



บันทึกข้อความ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายธุรการ สถาบันวิจัยและพัฒนา โทรศัพท์ 4702/4757 โทรสาร 4750
 ที่ ศธ 5621/ ๗82 วันที่ - 7 พ.ค. 2557
 เรื่อง นำส่งหลักฐานค่าใช้จ่ายของโครงการวิจัยและเงินโอนเข้าบัญชีมหาวิทยาลัย

เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี

สถาบันวิจัยและพัฒนา ขอส่งหลักฐานค่าใช้จ่ายของโครงการวิจัยที่ดำเนินการแล้วเสร็จ และหลักฐานการโอนเงินเข้าบัญชีมหาวิทยาลัย โครงการวิจัยการประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555-2556 โดย ศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ เป็นหัวหน้าโครงการ มีรายละเอียดดังนี้

งบประมาณที่ได้รับจัดสรร	ค่าใช้จ่ายทั้งสิ้นของโครงการ	จำนวนเงินคงเหลือ	ดอกเบี้ย	วันที่โอนเงิน และจำนวนเงินที่โอนเข้ามหาวิทยาลัย
520,000.00 บาท	519,917.91 บาท	82.09 บาท	712.48 บาท	โอนเงิน 28/4/2557 จำนวนเงิน 794.57 บาท ส่วนเกิน 0.91- บาท

*หมายเหตุ:- 1. ตรวจสอบเบื้องต้น ยังไม่มีการออกใบเสร็จ

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
เลขที่ 1215/2557
วันที่ ๕.1 พ.ค. 2557
เวลา 13.00 น. 2

หน่วยงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ 4441 โทรสาร 4616
ที่ ศร 5614(19)/1๙๙ วันที่ 29 เมษายน 2557
เรื่อง ขอส่งหลักฐานทางการเงินหลังปิดบัญชีโครงการวิจัย

SUT7-719-55-24-32

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (ผ่านคณบดี และหัวหน้าสถานวิจัย)

ตามที่กระผม ศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555-2556 เพื่อดำเนินการวิจัยเรื่อง “การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์” รหัสโครงการ SUT7-719-55-24-32 ซึ่งขณะนี้ได้ดำเนินการวิจัยเสร็จสิ้น โดยได้ดำเนินการปิดบัญชีและโอนเงินส่วนเหลือพร้อมดอกเบี้ยเข้าบัญชีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่บัญชี 707-2-14444-2 ประเภทบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ สาขาย่อย มทส. แล้ว นั้น

กระผมใคร่ขอส่งหลักฐานทางการเงินเพื่อปิดโครงการวิจัย ประกอบด้วย

1. หลักฐานการโอนเงิน
2. สำเนาสมุดบัญชีเงินฝากโครงการวิจัยหน้าที่มีความเคลื่อนไหวทางการเงินหลังปิดบัญชี

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(ศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าโครงการวิจัย

เรียน ฝ่ายธุรการ

เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

(ศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐ หอระอา)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

- 2 พ.ค. 2557

รองศาสตราจารย์ รศ.ดร.ณัฐ หอระอา
หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ปฏิบัติการแทนคณบดี

(นางจุไรรัตน์ พุ่มโพธิ์สุวรรณ)

เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป

0 6 พ.ค. 2557



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายธุรการ สถาบันวิจัยและพัฒนา โทรศัพท์ 4702/4757 โทรสาร 4750
ที่ ศธ 5621/ 634 วันที่ ๒2 เม.ย. 2557
เรื่อง การตรวจสอบหลักฐานโครงการวิจัย

เรียน ศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์)

ตามที่ท่านได้ส่งเอกสารหลักฐานค่าใช้จ่าย โครงการวิจัยการประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย สำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2555 จำนวนเงิน 520,000.00 บาท (ห้าแสนสองหมื่นบาทถ้วน) นั้น สถาบันวิจัยและพัฒนา ได้ตรวจสอบเอกสารหลักฐานการใช้จ่ายเงินเพื่อการวิจัยดังกล่าวแล้ว ในการนี้จึงใคร่ขอแจ้งผลการตรวจสอบหลักฐานดังกล่าว ดังต่อไปนี้

1. หลักฐานการเงินที่เกิดขึ้นจากการวิจัยเป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 519,917.91 บาท (ห้าแสนหนึ่งหมื่นเก้าพันเก้าร้อยสิบเจ็ดบาทเก้าสิบเอ็ดสตางค์) โดยมี

1.1 จำนวนเงินคงเหลือจากการวิจัย จำนวน 82.09 บาท (แปดสิบสองบาทเก้าสตางค์)

1.2 จำนวนเงินดอกเบี้ยจากบัญชีโครงการทั้งหมด ที่เกิดขึ้นระหว่างการค้าดำเนินงานวิจัยถึง ณ วันที่ ปิดบัญชีโครงการ

2. จากข้อ 1.1 และ 1.2 หัวหน้าโครงการดำเนินการปิดบัญชีโครงการ และโอนเข้าบัญชีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่บัญชี 707-2-14444-2 ประเภทบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ สาขามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. จัดส่งสำเนาสมุดบัญชีเงินฝากโครงการหลังปิดบัญชี และหลักฐานการโอนเงินเข้าบัญชีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มายังสถาบันวิจัยและพัฒนา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดดำเนินการด้วยจกขอบคุณยิ่ง

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

โครงการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัย

รหัสโครงการ SUT7-719-55-24-32

ชื่อ สกุลหัวหน้าโครงการ ศ.ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร

สำนักวิชา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สาขาวิชา สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี

ชื่อโครงการภาษาไทย การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ชื่อโครงการภาษาอังกฤษ Performance assessment of rock salt formation in the northeast of Thailand for CO2 storage

ชื่อชุดโครงการภาษาไทย

ชื่อชุดโครงการภาษาอังกฤษ

ประเภทแหล่งทุน สำนักงบประมาณ

ระยะเวลาที่ดำเนินการ ปี 2555 จน 240,000.00

ปี 2556 จน 280,000.00

และงบประมาณที่ได้รับในแต่ละปี รวม 520,000

สถานภาพโครงการ สรุปรายงานแล้ว ✓

ประเภทโครงการ 1 ประยุกต์

ประเภทโครงการ 2 โครงการต่อเนื่อง ✓

หมายเหตุ สรุปรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์แล้วเมื่อวันที่ 2 สิงหาคม 2556 ที่ ศธ 5614(22)/362 ลงวันที่ 2 สิงหาคม 2556

keyword ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, การกักเก็บ, โพร่งเกลือ, สภาวะเรือนกระจก, การปลดปล่อยคาร์บอน Carbon Dioxide, Sequestration, Salt Cavern, Green House Effect, Carbon Emission

เพิ่มข้อมูลโดย admin

วันที่เพิ่มข้อมูล 2011-10-28 11:15:02

แก้ไขข้อมูลโดย namfon

วันที่แก้ไขข้อมูล 2014-01-24 08:27:25

๑/๑๐๑/๒๕๕๖ : ๕๑๙,๙๑๘.๙๑. ๓๓

๒/๑๐๑/๒๕๕๖ : ๘๒.๐๙ ๓

๓/๑๐๑/๒๕๕๖ : ๕,๐๐๐ - ๓๓

๑๐๑/๒๕๕๖ + ๑๐๑/๒๕๕๖

(นางจุไรรัตน์ พุ่มโพธิ์สุวรรณ)
เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป
๐ ๒ เม.ย. ๒๕๕๗

ศธ 5621/ว. 164

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย
ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง
จังหวัดนครราชสีมา 30000

Δ เมษายน 2557

เรื่อง ขอมอบรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรียน สำเนาแจ้งท้าย

สิ่งที่ส่งมาด้วย รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ด้วยสถาบันวิจัยและพัฒนา ได้รวบรวมรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของโครงการวิจัยที่
ดำเนินการแล้วเสร็จในช่วงเดือนเมษายน 2557 จำนวน 2 เรื่อง ได้แก่ รายงานการวิจัย เรื่อง

1. การจำลองการทรุดตัวของผิวดินในสามมิติโดยใช้แบบจำลองเชิงกายภาพย่อส่วน
2. การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์.

เพื่อเป็นการเผยแพร่ผลงานวิจัยดังกล่าว สถาบันวิจัยและพัฒนาจึงขอมอบรายงานวิจัยฉบับ
สมบูรณ์มาเพื่อใช้ประโยชน์ตามที่เห็นสมควรต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ



(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ฝ่ายเผยแพร่ผลงานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา

โทรศัพท์ 044-224756 โทรสาร 044-224750

ศธ 5621/ว. ...164..... ลงวันที่๕ 4 เม.ย. 2557

สำเนาแจ้งท้าย

1. ผู้อำนวยการศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา
2. ผู้อำนวยการเทคโนโลยี
3. บรรณารักษ์หอสมุดแห่งชาติ (5 เล่ม)
4. หัวหน้า หอสมุดแห่งชาติ เฉลิมพระเกียรติ ร.9 นครราชสีมา (2 เล่ม)
5. บรรณารักษ์ห้องสมุดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (1 เล่ม)



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
เลขที่..... 932/2557
วันที่ 8 มี.ค. 2557
เวลา..... 10.30

หน่วยงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ 4441 โทรสาร 4616
ที่ ศธ 5614(19)/152 วันที่ 27 มีนาคม 2557
เรื่อง ขอส่งเอกสารและรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (ผ่านคณบดี และหัวหน้าสถานวิจัย)

ตามที่กระผม ศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555-2556 เพื่อดำเนินการวิจัยเรื่อง “การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์” รหัสโครงการ SUT7-719-55-24-32 ซึ่งได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการพิจารณากลั่นกรองและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัยแล้ว โดยมีมติเห็นชอบร่างรายงานดังกล่าว ตามหนังสือที่ ศธ 5621/543 ลงวันที่ 18 มีนาคม 2557 นั้น

เนื่องจากโครงการวิจัยนี้มียอดค่าตอบแทน ใช้น้อย และวัสดุสูงกว่าที่กำหนดไว้ กระผมใคร่ขออนุมัตินำเงินในหมวดค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยมาใช้ในหมวดค่าตอบแทน ใช้น้อยและวัสดุ จำนวน 13,000 บาท พร้อมนี้กระผมใคร่ขอส่งเอกสารและหลักฐานต่างๆ ตามรายการดังนี้

1. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 15 เล่ม
2. แผ่น CD รายงานการวิจัย บทคัดย่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษ จำนวน 1 แผ่น
3. รายงานการใช้จ่ายเงินงวดสุดท้าย (แบบ สบพ.ง-02)
4. หลักฐานใบเสร็จรับเงินที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการวิจัยตลอดโครงการ (4 งวด)
5. สำเนาสมุดบัญชีเงินฝากโครงการวิจัยหน้าที่มีความเคลื่อนไหวทางการเงิน

4) รับรายงานวิจัยจำนวน 15 เล่ม และ
☒ CD 1 แผ่น ☐ อื่นๆ.....

ได้พิมพ์
8/4/57

3) เรียน ฝ่ายเผยแพร่ผลงานวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการต่อไป

เพื่อทราบพร้อมนี้ได้นำส่งรายงานการวิจัย

จำนวน 15 เล่ม และ ☒ CD 1 แผ่น ☐ อื่นๆ.....

2) เรียน ฝ่ายประสานงานการวิจัย/ธุรการ
เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

ศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร
(ศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าโครงการวิจัย

ศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร
(ศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ทองระอา)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

28 มี.ค. 2557

รองศาสตราจารย์ ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล
หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มีหน้าที่ กศ. เทคโนโลยีสารสนเทศ

cc: ใบปะติดภาพเอกสารส่งให้ ศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร



บันทึกข้อความ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศธ 5621/ 543

วันที่ 18 มีนาคม 2557

เรื่อง แจ้งผลการพิจารณา (ร่าง) รายงานการวิจัยของคณะอนุกรรมการฯ

เรียน คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัย)

ตามที่ ศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ได้ส่ง (ร่าง) รายงานการวิจัย เรื่อง การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มาเพื่อเสนอต่อคณะอนุกรรมการพิจารณาถ่วงดุลและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัยนั้น

คณะอนุกรรมการฯ ตามหนังสือแจ้งเวียนที่ ศธ 5621/ว117 ลงวันที่ 7 มีนาคม 2557 มีมติเห็นชอบ (ร่าง) รายงานการวิจัยดังกล่าวแล้ว

สถาบันวิจัยฯ จึงขอความร่วมมือจากท่านในการแจ้งหัวหน้าโครงการวิจัยดังกล่าวเพื่อทราบมติของคณะอนุกรรมการฯ และส่งรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ พร้อมทั้งจัดส่งเอกสารที่เกี่ยวข้องให้สถาบันวิจัยฯ ภายในวันที่ 25 เมษายน 2557 ตามรายการดังต่อไปนี้

1. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 15 เล่ม ตามรูปแบบที่กำหนดคือ ปกสีฟ้า และเข้าเล่มแบบไสกาว สำเนาแบบหน้าเดียว ยกเว้น กรณีที่มีจำนวนหน้ามากกว่า 100 หน้าขึ้นไปให้สำเนาแบบหน้า/หลัง ทั้งนี้ เพื่อนำไปเผยแพร่ให้หน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป กรณีที่มีข้อจำกัดในการเผยแพร่ โปรดแจ้งให้สถาบันวิจัยและพัฒนาทราบด้วย
2. ไฟล์รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ทั้งฉบับ (ไฟล์ pdf) และไฟล์บทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ (ไฟล์ MS-Word) ส่งไปยัง e-mail: jittanan@gs.sut.ac.th หรือบันทึกไฟล์ลงแผ่น CD
3. รายงานการใช้จ่ายเงินงวดสุดท้าย (ตามแบบ สบวพ.-ง-02) พร้อมหลักฐานใบเสร็จรับเงินที่เกิดจากการดำเนินงานวิจัยตลอดโครงการ
4. กรณีที่มีการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัยในการซื้อครุภัณฑ์หรือหนังสือ ต้องส่งครุภัณฑ์หรือหนังสือดังกล่าวคืนสถาบันวิจัยและพัฒนาด้วย
5. สำเนาบัญชีเงินฝากของโครงการวิจัยเฉพาะหน้าที่มีการเคลื่อนไหวของเงิน (เพื่อตรวจสอบเบื้องต้นโดยสถาบันวิจัยและพัฒนา จะแจ้งให้หัวหน้าโครงการวิจัยทราบอีกครั้งเพื่อดำเนินการโอนเงินคงเหลือและดอกเบี้ยที่เกิดขึ้นทั้งหมดให้มหาวิทยาลัยต่อไป)

(สำหรับข้อ 3-5 โปรดสอบถามรายละเอียดเพิ่มเติมที่ฝ่ายธุรการของสถาบันฯ โทร. 4702)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และโปรดแจ้งหัวหน้าโครงการวิจัยดำเนินการต่อไปด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ประทับเวลา	การพิจารณา (ร่าง) รายงานการวิจัย เรื่อง การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหิน (SUT7-719-55-24-32)	อนุกรรมการฯ ผู้พิจารณา
6/3/2557, 23:57:21	เห็นชอบรับรอง	ศาสตราจารย์ ดร.หนึ่ง เตียอำรุง
7/3/2557, 15:00:37	เห็นชอบรับรอง	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตติกกร ปิรมนิรัญ
7/3/2557, 15:44:02	เห็นชอบรับรอง	รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ทองระอา
7/3/2557, 16:11:00	เห็นชอบรับรอง	รองศาสตราจารย์ ดร.พิระพงษ์ อุฑารสกุล
7/3/2557, 16:46:00	เห็นชอบรับรอง	อาจารย์ ดร.ธรา อังสกุล
7/3/2557, 18:42:55	เห็นชอบรับรอง	อาจารย์ ดร.ณัฐริตา เพชรประไพ
17/3/2557, 13:17:49	เห็นชอบรับรอง	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นเรศ เชื้อสุวรรณ
ศธ 5621/ว117 ลงวันที่ 7 มีนาคม 2557		

ขั้นรวบรวมข้อมูล

☐ เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

- ☐ OPAC ของห้องสมุด
- ☐ ฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์
- ☐ อินเทอร์เน็ต

5

ขั้นรวบรวมข้อมูล

☐ การอ่านเบื้องต้น

- ☐ เป็นการอ่านอย่างคร่าว ๆ เพื่อสำรวจว่าเป็นเอกสารที่มีเนื้อหาตรงตามความต้องการหรือไม่
- ☐ การอ่านเบื้องต้นส่วนใหญ่อ่านจาก
 - ☐ สารบัญ
 - ☐ ดรรชนีท้ายเล่ม
 - ☐ บรรณานุกรม
 - ☐ ย่อหน้าแรกและย่อหน้าสุดท้าย

6

ขั้นเรียบเรียง

- ☐ การวางโครงเรื่องเบื้องต้น
- ☐ การอ่านเพื่อจดบันทึก
- ☐ การปรับปรุงโครงเรื่องสุดท้าย
- ☐ การเรียบเรียงเนื้อหาตามโครงเรื่อง
- ☐ การเรียบเรียงรายการบรรณานุกรม

7

ขั้นเรียบเรียง

☐ การวางโครงเรื่องเบื้องต้น

- ☐ เป็นการกำหนดกรอบของเรื่อง เพื่อจัดลำดับการนำเสนอและเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้า และการเขียนรายงาน
- ☐ โครงเรื่องไม่ใช้การนำหัวข้อต่าง ๆ มาต่อกัน แต่ต้องบ่งบอกความสัมพันธ์ของหัวข้อไปพร้อม ๆ กัน

8



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศธ 5621/ว ๑๑๗

วันที่ ๗ มีนาคม 2557

เรื่อง ขอมติคณะกรรมการพิจารณาการขึ้นเครื่องและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย

เรียน คณะกรรมการพิจารณาการขึ้นเครื่องและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย

ด้วย ศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งได้รับเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555-2556 วงเงินรวม 520,000 บาท ได้ส่ง (ร่าง) รายงานการวิจัย เรื่อง การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (SUT7-719-55-24-32) ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ มาเพื่อขอความเห็นชอบจากคณะกรรมการพิจารณาการขึ้นเครื่องและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย รายละเอียดตามไฟล์เอกสารที่แนบมาพร้อมนี้

สถาบันวิจัยและพัฒนา จึงขอความร่วมมือจากท่านในการพิจารณา (ร่าง) รายงานการวิจัยตามที่ได้เรียนให้ทราบข้างต้น และโปรดแจ้งผลการพิจารณารับรอง (ร่าง) รายงานการวิจัย หรือความเห็นอื่นๆ ไปยังสถาบันวิจัยฯ ทางระบบออนไลน์ ภายในวันที่ 14 มีนาคม 2557 ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
เลขที่ 516/2557
วันที่ 20 ก.พ. 2557
เวลา 12.30 น. ร

หน่วยงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ 4441 โทรสาร 4616
ที่ ศธ 5614(19)/78 วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2557
เรื่อง ขอส่งร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เพื่อเสนอต่อคณะกรรมการพิจารณากลั่นกรองฯ

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัยสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์)

ตามที่กระผม ศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555-2556 เพื่อดำเนินการวิจัยเรื่อง “การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์” รหัสโครงการ SUT7-719-55-24-32 ซึ่งขณะนี้ได้ดำเนินการวิจัยเสร็จสิ้นและผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว ตามหนังสือที่ ศธ 5621/295 ลงวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2557 นั้น

กระผมใคร่ขอส่งร่างรายงานการวิจัยฯ ในรูปแบบไฟล์ PDF (ตามแนบ) เพื่อให้สถาบันวิจัยและพัฒนา นำเสนอต่อคณะกรรมการพิจารณากลั่นกรองและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย เพื่อพิจารณารับรองรายงานต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

เรียน ฝ่ายประสานงานการวิจัย
เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

ศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร
(ศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)
อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี

ศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร
(ศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)
หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ทองระยง)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

21 ก.พ. 2557

รองศาสตราจารย์ ดร.พีระพงษ์ อุซารสกุล
หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ปฏิบัติการแทนคนบตี

เรียน ฝ่ายเผยแพร่ผลงานวิจัย (แจ้งไว้)
เพื่อทราบ พร้อมนี้ได้นำส่งรายงานการวิจัย
จำนวน 15 เล่ม และ ☐ CD 1 แผ่น ☐ อื่นๆ.....

65/57



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศธ 5621/ 2๕๖

วันที่ ๕ กุมภาพันธ์ 2557

เรื่อง แจ้งผลการพิจารณา (ร่าง) รายงานการวิจัยของผู้ทรงคุณวุฒิ

เรียน คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัย)

ตามที่ ศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ได้ส่ง (ร่าง) รายงานการวิจัย เรื่อง การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555-2556 มายังสถาบันวิจัยและพัฒนา จำนวน 1 ชุด เพื่อส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณา นั้น

บัดนี้ (ร่าง) รายงานการวิจัยเรื่องดังกล่าวได้ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้ ผู้ทรงคุณวุฒิได้แจ้งผลการประเมินโดยไม่มีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม รายละเอียดผลการประเมินตามเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้ สถาบันวิจัยฯ จึงขอความร่วมมือในการแจ้งให้หัวหน้าโครงการวิจัยเพื่อทราบผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ และขอให้จัดส่งร่างรายงานการวิจัยที่แก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิเรียบร้อยแล้ว เป็นไฟล์ pdf สำหรับแจ้งเวียนเพื่อขอความเห็นชอบจากคณะกรรมการพิจารณากลั่นกรองและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย ไปยังสถาบันวิจัยฯ ภายในวันที่ 7 มีนาคม 2557

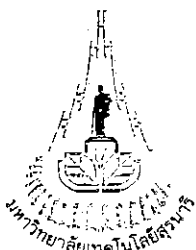
ทั้งนี้ การส่งไฟล์ (ร่าง) รายงานการวิจัย (pdf) สามารถบันทึกลงแผ่น CD หรือส่งไฟล์ไปที่ e-mail: jittanan@g.sut.ac.th และมีหนังสือส่งจากนักวิจัยเพื่อเป็นหลักฐานในการอ้างอิง พร้อมนี้ได้แนบขั้นตอนใหม่ที่มีการเปลี่ยนแปลงมาด้วยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และโปรดแจ้งหัวหน้าโครงการดำเนินการต่อไปด้วย จักขอบคุณยิ่ง

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ศร 5621/344



สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี
อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

๑๐ ก.พ. 2557

เรื่อง ขอบขอบคุณ

เรียน รองศาสตราจารย์ลัดดา วรรณขาว

ตามที่ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้ขอความอนุเคราะห์จากท่านในการอ่าน
ร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง

1. การจำลองการทรุดตัวของผิวดินในสามมิติโดยใช้แบบจำลองเชิงกายภาพแบบย่อส่วน
2. การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บ
ก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ นั้น

สถาบันวิจัยและพัฒนา ได้รับผลการอ่านร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ดังกล่าวแล้ว และได้โอนเงิน
ค่าตอบแทนผู้ทรงคุณวุฒิ เข้าบัญชีธนาคารไทยพาณิชย์ เลขที่บัญชี 551-212694-4 จำนวนเงิน 2,000 บาท (สอง
พันบาทถ้วน) เมื่อวันที่ 7 ก.พ. 2557 จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ และหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์
จากท่านอีกในโอกาสต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

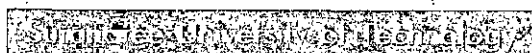
(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สถาบันวิจัยและพัฒนา

โทรศัพท์ 044-224702 /โทรสาร 044-224750

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



111 ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000 Tel. 0-4422-3000 Fax. 0-4422-4070
111 University Avenue, Sub District Suranaree, Muang District, Nakhon Rajchasiua 30000, Thailand

แบบแจ้งผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ข้าพเจ้าได้พิจารณาสาระทางวิชาการของร่างรายงานการวิจัย จำนวน 2 เรื่อง ประกอบด้วยเรื่อง (1) การจำลองการทรุดตัวของผิวดินในสามมิติโดยใช้แบบจำลองเชิงกายภาพแบบย่อส่วน และ (2) การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นที่เรียบร้อยแล้ว และขอแจ้งผลการพิจารณาพร้อมทั้งส่งคืนเอกสารที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- | | | | |
|--|-------|---|------|
| 1. แบบตอบรับเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ | จำนวน | 1 | แผ่น |
| 2. แบบแจ้งผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัย | จำนวน | 1 | แผ่น |
| 3. ผลการพิจารณาร่างรายงานการวิจัย | จำนวน | 2 | ชุด |
| 4. แบบเสนอโครงการวิจัย | จำนวน | 2 | ชุด |
| 5. ร่างรายงานการวิจัย | จำนวน | 2 | ชุด |

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ลงนาม.....

(Signature)

(รองศาสตราจารย์ลัดดา วรรณขาว)

๕ / ๖๓ / ๕๗

สำหรับเจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยและพัฒนา

1) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา เพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติให้ฝ่ายธุรการดำเนินการเบิกจ่ายค่าตอบแทนให้แก่ผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เป็นเงิน 2,000 บาท (สองพันบาทถ้วน) พร้อมค่าธรรมเนียมในการจัดส่งเงินดังกล่าว (ถ้ามี) <i>(Signature)</i> (นางสาวจิตตานันท์ ติกุล) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป ฝ่ายประสานงานการวิจัย ๕ / ๖๓ / ๕๗	2) อนุมัติ (รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา / /
---	---

รับ ๕ ก.พ. ๒๕๕๗

แบบตอบรับเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ข้าพเจ้าขอแจ้งความประสงค์ในการรับเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาร่างรายงานการวิจัยและให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ของโครงการวิจัย จำนวน 2 เรื่อง ประกอบด้วย เรื่อง

- (1) การจำลองการหลุดตัวของผิวดินในสามมิติโดยใช้แบบจำลองเชิงกายภาพแบบย่อส่วน
- (2) การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

☐ ยินดีรับเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาร่างรายงานการวิจัยเรื่องนี้ และประสงค์ให้ส่งค่าตอบแทนโดย

☐ ส่งชดเชยเงิน 2,000 บาท ส่งจ่าย ปณ.

☐ โอนเงินวงเงิน 2,000 บาท เพื่อเข้าบัญชีเงินฝาก (ยกเว้นธนาคารออมสิน)

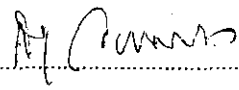
ธนาคาร.....

เลขที่บัญชี

ชื่อบัญชี

☐ ไม่สะดวกในการรับเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาร่างรายงานการวิจัยเรื่องนี้ และขอแนะนำให้ติดต่อ

หน่วยงาน.....

ลงนาม 

(รองศาสตราจารย์ลัดดา วรรณขาว)

31 / ๑๒ / ๕๖

การประเมินผลหลังสิ้นสุดการวิจัย

โครงการวิจัย เรื่อง การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
สำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

หัวข้อ	ไม่สามารถ ประเมินผล ได้*	ความเห็นในการ ประเมินผล (P) (ระดับคะแนน A=1.0, B=0.8, C=0.6, D=0.4, E=0.2, F=0.0)	น้ำหนัก คะแนน (X)	คะแนน รวม (PX)
1. การบรรลุวัตถุประสงค์หลักของการวิจัย		A	20	20
2. ความมีคุณค่าของผลการวิจัย		A	20	20
3. ความคุ้มค่าของผลการวิจัย		A	20	20
4. ผลลัพธ์ของการนำผลการวิจัยไปใช้ ประโยชน์		A	15	15
5. การเผยแพร่ผลการวิจัยและทรัพย์สิน ทางปัญญาที่เกิดจากการวิจัย		B	15	12
6. ผลกระทบ (Impacts) ที่เกิดจากการ นำผลการวิจัยไปใช้		B	10	8
รวม			100	95

หมายเหตุ : * โปรดระบุสาเหตุที่ไม่สามารถประเมินได้

ผลสรุปคุณภาพโดยรวมของผลการวิจัย

ΣPX	=	88 - 100	☐ ดีมาก
		75 - 87	☐ ดี
		62 - 74	☐ ดีพอใช้
		50 - 61	☐ พอใช้
		< 50	☐ ควรปรับปรุง

(ระบุประเด็น/เรื่องที่จะพัฒนางานวิจัยต่อไป และแนวทางการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์)

ลงชื่อผู้ประเมิน

My Comm

(รองศาสตราจารย์ลัดดา วรรณขาว)

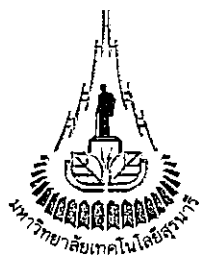
ลงชื่อผู้บริหารหน่วยงาน.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ทองระอา)

ตำแหน่ง ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

...../...../.....

ศธ 5621/ 1323



สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี
อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

13 สิงหาคม 2556

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณา ร่างรายงานการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ลัดดา วรรณขาว

สิ่งที่ส่งมาด้วย	1. แบบตอบรับเป็นผู้ทรงคุณวุฒิ	จำนวน 1 แผ่น
	2. แบบแจ้งผลการพิจารณา ร่างรายงานการวิจัย	จำนวน 1 แผ่น
	3. แบบประเมินผลหลังสิ้นสุดการวิจัยรายโครงการ	จำนวน 2 ชุด
	4. แบบเสนอโครงการวิจัย	จำนวน 2 ชุด
	5. ร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์	จำนวน 2 ชุด

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในฐานะหน่วยงานกลางที่ทำหน้าที่บริหารจัดการเกี่ยวกับงานวิจัยของคณาจารย์ในมหาวิทยาลัย พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความสามารถและประสบการณ์ในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเรื่อง (1) “การจำลองการหลุดตัวของผิวดินในสามมิติโดยใช้แบบจำลองเชิงกายภาพแบบย่อยส่วน” และ (2) การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นอย่างดี จึงขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณา ร่างรายงานการวิจัยและให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ทั้งนี้ มหาวิทยาลัยกำหนดอัตราค่าตอบแทนในการพิจารณา ร่างรายงานการวิจัย เรื่องละ 1,000 บาท (หนึ่งพันบาทถ้วน)

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่าน ดังนี้

1. ขอความกรุณาแจ้งให้สถาบันวิจัยฯ ทราบทันทีหลังจากที่ท่านได้รับเอกสารเรียบร้อยแล้ว หรือภายในวันที่ 19 สิงหาคม 2556 โดยแจ้งผ่านทาง e-mail: jittanan@g.sut.ac.th

2. โปรดกรอรายละเอียดและลงนามในสิ่งที่ส่งมาด้วย 1 และ 2 และโปรดประเมินร่างรายงานการวิจัยทั้ง 3 เรื่องในสิ่งที่ส่งมาด้วย 3

ทั้งนี้ ขอความกรุณาส่งเอกสารทั้งหมด (สิ่งที่ส่งมาด้วย 1, 2, 3, 4 และ 5) คืนไปยังสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ภายในวันที่ 31 ตุลาคม 2556

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและขอขอบคุณที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

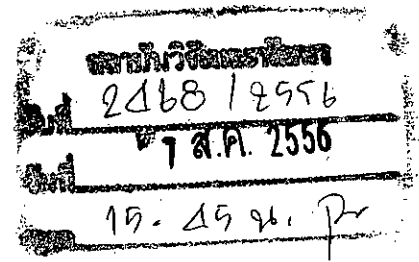
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ฝ่ายประสานงานการวิจัย

โทรศัพท์ 0-4422-4753 โทรสาร 0-4422-4750 e-mail: jittanan@g.sut.ac.th



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



หน่วยงาน สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ 4229 โทรสาร 4220
ที่ ศธ 5614(22)/ 362 วันที่ 2 สิงหาคม 2556
เรื่อง ขอส่งร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เพื่อเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ

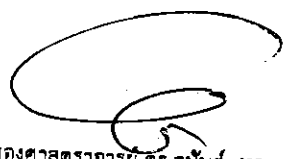
๑) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัยสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์)

ตามที่กระผม รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555-2556 เพื่อดำเนินการวิจัยเรื่อง “การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์” รหัสโครงการ SUT7-719-55-24-32 ซึ่งขณะนี้ดำเนินการวิจัยเสร็จสิ้นแล้ว กระผมใคร่ขอส่งร่างรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ จำนวน 1 ชุด เพื่อให้ผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องพิจารณา

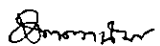
จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการต่อไป

๒) เรียน ฝ่ายประสานงานการวิจัย
เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป


(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)
หัวหน้าหน่วยวิจัยกลศาสตร์ธรณี


(รองศาสตราจารย์ ดร.อภินันท์ ทองระอา)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
- 8 ส.ค. 2556


(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)
หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ปฏิบัติการแทนคนบตี

๓) เรียน ฝ่ายสารสนเทศการวิจัย
เพื่อทราบ

3 ส.ค. 56

รับแล้ว
พิณ
9 ส.ค. 56

10 กรกฎาคม 2556 12 สิงหาคม 2556 12



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

SUT7-719-55-24-32

หน่วยงาน ฝ่ายธุรการ สถาบันวิจัยและพัฒนา

โทรศัพท์ 4702/4757 โทรสาร 4750

ที่ ศร 5621/ A38

วันที่ 11 มี.ค. 2556

เรื่อง ขอนำส่งเอกสารหลักฐานค่าใช้จ่ายของโครงการวิจัยกลับคืน

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร (ผ่านหัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์)

ตามที่ท่านได้ส่งเอกสารหลักฐานค่าใช้จ่ายของ “โครงการวิจัยการประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์” ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555-2556 งวดที่ 1/2556 ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยเป็นจำนวนทั้งสิ้น 120,000.00 บาท (หนึ่งแสนสองหมื่นบาทถ้วน) มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นจริงจำนวน 132,329.13 บาท (หนึ่งแสนสามหมื่นสองพันสามร้อยยี่สิบเก้าบาทสิบสามสตางค์) นั้น

สถาบันวิจัยและพัฒนาได้ดำเนินการตรวจสอบเอกสารหลักฐานค่าใช้จ่ายของโครงการวิจัยดังกล่าวเรียบร้อยแล้ว จึงขอส่งคืนเอกสารเพื่อดำเนินการแก้ไขหรือใช้เอกสารเพิ่มเติม (ตามเอกสารแนบ) และเมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้นแล้วให้นำเอกสารทางการเงินทั้งหมดส่งมาในคราวเดียว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

รหัสโครงการ

507 7-7/9-55-24-

เรียน/หัวหน้าโครงการ

ตรวจสอบเอกสารโครงการวิจัยแล้ว มีการแก้ไข/เพิ่มเติมเอกสารดังนี้

เรื่อง 9 'เมฆ' มีค่าสัมประสิทธิ์ 2 ใน 10 เมตร ออกให้พิมพ์ 10/10/55
พิมพ์ 10/10/55

ค่าเฉลี่ย = 132,399.13

(จุไรรัตน์ พุ่มโพธิ์สุวรรณ)

เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป

0/8 ธ.ค. 2556

สถาบันวิจัยและพัฒนา มทส.

โทร 4702 โทรสาร 4750



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

SUT-7-719-55-24-32
สัญญาเลขที่ 3/2555

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศธ 5621/20๕๖

วันที่ 1๙ ตุลาคม 2555

เรื่อง การทำสัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 (โครงการต่อเนื่องปีที่ 2)

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนา ขอส่งเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการทำสัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 ของโครงการวิจัย เรื่อง การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จำนวน 2 ชุด (ต้นฉบับ/คู่มือ) และเพื่อให้การจัดทำสัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัยเป็นไปอย่างถูกต้องและสมบูรณ์ จึงขอความร่วมมือจากท่านในการลงนามในสัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งต้นฉบับและคู่มือ พร้อมด้วยพยาน 1 ท่าน ตามที่ระบุ

สำหรับแบบฟอร์มประกอบการรายงานความก้าวหน้าและรายงานการใช้จ่ายเงินเพื่อประกอบการขออนุมัติเบิกเงินงวดต่อไป สามารถ download ได้จากเว็บไซต์ของสถาบันวิจัยฯ <http://www.sut.ac.th/ird/> แบบฟอร์ม ได้แก่

1. หัวข้อรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย (แบบ สบวพ.-ง-03)
2. แบบรายงานแสดงการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย (แบบ สบวพ.-ง-02)
3. แบบขออนุมัติเบิกเงิน (แบบ สบวพ.-ง-01)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดดำเนินการต่อไป และโปรดส่งสัญญาทั้งต้นฉบับและคู่มือคืนให้สถาบันวิจัยฯ ภายในวันที่ 31 ตุลาคม 2555 เมื่อผู้เกี่ยวข้องลงนามในสัญญาครบถ้วนและอนุมัติให้เบิกจ่ายเงินงวดที่ 1/2556 แล้ว สถาบันวิจัยฯ จะส่งสัญญาคู่มือพร้อมทั้งสำเนาแบบขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยที่ได้รับอนุมัติแล้วให้ท่านเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐานต่อไป

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนาเรียน หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์



บันทึกข้อความ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

U-561507 6

แบบ สบพ.-ง-01
FORM IRD-B-01

การบันทึกรายการ

ที่ 819 / 2556

วันที่ 08 มิ.ย. 2556

10.30 น. 1

โทร 4229

หน่วยงาน.....สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ที่ ศธ. 5614(22)/ 121

วันที่ 8 มิ.ย. 2556

เรื่อง ขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 งวดที่ 2

SUT 7-719-55-24-32

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ตามที่ข้าพเจ้า.....รศ.ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร.....สังกัดสำนักวิชา.....วิศวกรรมศาสตร์.....
ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 เพื่อใช้จ่ายในโครงการวิจัยเรื่อง
การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับักเก็บก๊าซ
คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น.....280,000.....บาท นั้น

ข้าพเจ้าขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อดำเนินงานวิจัยโครงการ ดังกล่าว ประจำปีงวดที่ 2.....
เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น.....140,000.....บาท (.....หนึ่งแสนสี่หมื่นบาทถ้วน.....) ตามประมาณการรายจ่าย ดังนี้

ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....ปริญญาโท.....อัตราเดือนละ.....10,000.....บาท	
ระยะเวลา.....6.....เดือน จำนวน.....1.....คน เป็นเงิน.....60,000.....บาท	
ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....อัตราเดือนละ.....บาท	
ระยะเวลา.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท	
ค่าจ้างคนงานเดือน/รายวัน อัตราเดือนละ/วันละ.....บาท	
ระยะเวลา.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท	
รวม.....60,000.....บาท	

ค่าตอบแทนใช้สอย และวัสดุ ประกอบด้วย

ค่าจ้างเหมานักศึกษาทดสอบหิน.....เป็นเงิน.....36,000.....บาท	
ค่าใช้สอยและค่าใช้จ่ายอื่นๆ.....เป็นเงิน.....5,000.....บาท	
ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ.....เป็นเงิน.....16,500.....บาท	
ค่าวัสดุสำนักงานและค่าวัสดุอื่นๆ.....เป็นเงิน.....12,500.....บาท	
ค่าเดินทางนำเสนองาน.....เป็นเงิน.....10,000.....บาท	
.....เป็นเงิน.....บาท	
.....เป็นเงิน.....บาท	
.....เป็นเงิน.....บาท	
รวม.....80,000.....บาท	

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าโครงการวิจัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าสถานวิจัย

(รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ชัยนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
คอนบิต

8 มิ.ค. 2556

(2) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ☒ คณะอนุกรรมการฯ ได้รับรองรายงานความก้าวหน้าและการใช้จ่ายเงินฯ งวดที่ 1 / 56 แล้ว 18 มิ.ค. 56 ☒ ถูกต้อง ครบถ้วน เห็นสมควรอนุมัติตามรายการที่เสนอในวงเงิน 140,000 - บาท (ศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร) (นางจุไรรัตน์ พงษ์ไพฑูริย์) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป 18 มิ.ค. 2556	(3) ☒ อนุมัติให้เบิกเงินอุดหนุนการวิจัยตามรายการและ เงินไขข้างต้นได้ ☐ โปรดแก้ไขตามข้อ (2) และ..... (รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 19 มิ.ค. 2556
(4.1) ☐ เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี เพื่อโปรดดำเนินการโอนเงินอุดหนุนการวิจัยจำนวน 140,000 บาท (หนึ่งแสนสี่หมื่นบาทถ้วน) เข้าบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ธนาคารไทยพาณิชย์สาขาอยุธยา มทส. ชื่อบัญชี มทส. โครงการศึกษาค้นคว้าวิจัยนวัตกรรม/รศ.กิตติเทพ เฟื่องขจร เลขที่บัญชี 107-247360-5 ด้วย จักขอคุณถึง (รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 19 มิ.ค. 2556	(4.2) ☐ เรียน หัวหน้าโครงการวิจัย สวท. ขอส่งสำเนาบันทึกขออนุมัติเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน สำหรับบันทึกขออนุมัติฉบับจริง ได้ส่งให้ส่วนการเงินและบัญชีเก็บไว้เป็นหลักฐานเพื่อใช้ในการดำเนินการโอนเงินเข้าบัญชีโครงการวิจัยแล้ว เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป (นางจุไรรัตน์ พงษ์ไพฑูริย์) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป 19 มิ.ค. 2556



บันทึกข้อความ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศธ 5621/ว 116

วันที่ 12 มีนาคม 2556

เรื่อง ขอมติคณะอนุกรรมการพิจารณากันกรองและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย

เรียน <<สำเนาแจ้งท้าย>>

ด้วยคณาจารย์ซึ่งได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ได้ส่งรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย จำนวน 2 โครงการ มาเพื่อขอความเห็นชอบจากคณะอนุกรรมการฯ ดังนี้

1. ชุดโครงการวิจัย เรื่อง การจำลองการหลุดตัวของผิวดินในสามมิติโดยใช้แบบจำลองเชิงกายภาพแบบย่อยส่วน (SUT7-719-55-24-29)

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

2. ชุดโครงการวิจัย เรื่อง การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (SUT7-719-55-24-32)

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนา จึงขอความร่วมมือจากท่านในการพิจารณาเรื่องที่แจ้งเวียนดังกล่าวตามรายละเอียดในเอกสารแนบท้าย และโปรดแจ้งผลการพิจารณารับรองเรื่องที่แจ้งเวียน หรือความเห็นอื่นๆ แก่สถาบันฯ ตามแบบแจ้งผลการพิจารณาฯ ด้านหลังของหนังสือฉบับนี้ ภายในวันที่ 19 มีนาคม 2556 จักขอบคุณยิ่ง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนาแจ้งท้าย

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาแพทยศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

แบบแจ้งผลการพิจารณาเรื่องที่แจ้งเวียน

ของคณะกรรมการพิจารณากลับกรองและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย
ตามหนังสือที่ ศธ 5621/ว 116 ลงวันที่ 12 มีนาคม 2556

ข้าพเจ้า <<ชื่อ-สกุล>>

ขอแจ้งผลการพิจารณาเรื่องที่แจ้งเวียนขอมติคณะกรรมการฯ ดังนี้

1. รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การจำลองการหลุดตัวของผิวดินในสามมิติโดยใช้
แบบจำลองเชิงกายภาพแบบย่อส่วน (SUT7-719-55-24-29)

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

- ☐ เห็นชอบรับรองรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย ตามที่เสนอ
☐ มีความเห็นอื่น ๆ ดังนี้

2. รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาค
ตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (SUT7-719-55-24-32)

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

- ☐ เห็นชอบรับรองรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัยตามที่เสนอ
☐ มีความเห็นอื่น ๆ ดังนี้

(ลงชื่อ)

(<<ชื่อ-สกุล>>)

...../...../.....

รายละเอียดเพิ่มเติมประกอบการพิจารณารับรองรายงานความก้าวหน้า
(ตามที่ระบุในแบบเสนอโครงการวิจัย)

รหัสโครงการ SUT7-719-55-24-32

ชื่อโครงการวิจัย การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

หัวหน้าโครงการวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ระยะเวลาดำเนินการตลอดโครงการ

2 ปี (2555-2556)

วงเงินที่ได้รับจัดสรร

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 จำนวน 240,000.00 บาท

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 จำนวน 280,000.00 บาท

ขออนุมัติเบิกจ่ายไปแล้ว

งวดที่ 1/2555 จำนวน 120,000.00 บาท ใช้จ่ายจริง ณ วันที่รายงาน 109,240.09 บาท

งวดที่ 2/2555 จำนวน 120,000.00 บาท ใช้จ่ายจริง ณ วันที่รายงาน 123,927.62 บาท

งวดที่ 1/2556 จำนวน 140,000.00 บาท ใช้จ่ายจริง ณ วันที่รายงาน 132,319.13 บาท

ความก้าวหน้าตั้งแต่เริ่มโครงการวิจัยจนถึงปัจจุบัน ร้อยละ 75

ยื่นเสนอขออนุมัติครั้งนี้

งวดที่ 2/2556 จำนวน 140,000.00 บาท

เอกสารประกอบการพิจารณาอื่น ๆ

- | | |
|---|--------------|
| 1. แบบรายงานความก้าวหน้าของการวิจัย | จำนวน 7 หน้า |
| 2. รายงานแสดงการใช้จ่ายเงินประจำงวดที่ 1/2556 | จำนวน 1 หน้า |
-

Research Expenditure Report

1. โครงการวิจัยเรื่อง	การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย		
Name of Project	สำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์		
2. ชื่อหัวหน้าโครงการ	รศ.ดร.กิตติเทพ เพื่องขจร	สำนักวิชา	วิศวกรรมศาสตร์
Name of head of project		Institute of	
3. ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.		2556	ทั้งสิ้น
Received University Research Fund for Fiscal Year			for the amount of
140,000 240,000 บาท		140,000 240,000 บาท	
โดยได้รับเงินจากมหาวิทยาลัยครั้งล่าสุดและใช้จ่ายไปแล้ว ดังนี้			
baht with the most recent payment from the university and actual expense as follows:			
☒	งวดที่ 1	ได้รับเงิน	140,000 บาท
			ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น 132,329.13 บาท
	Installment No.	Total amount received	baht
			baht
☐	ค่าครุภัณฑ์	ได้รับเงิน	- บาท
			ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น - บาท
	Equipment (expense) allocation		baht
			baht

ดังรายละเอียดต่อไปนี้ as follows :

รายการค่าใช้จ่าย Expenditures	งบประมาณ (บาท) Budget (baht)				หมายเหตุ Notes
	ได้รับจัดสรร ตลอดปี Allocation for the whole year	เบิกจ่ายแล้ว ในงวดก่อน Previous installment activated	เบิกจ่ายในงวดนี้ Installment to be activated this time	คงเหลือเบิกจ่าย ครั้งต่อไป Remaining funds to be activated	
ค่าจ้างชั่วคราว ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย (นักศึกษาปริญญาโท)	120,000.00	-	48,000.00	72,000.00	
รวม (Total)	120,000.00	-	48,000.00	72,000.00	
ค่าตอบแทน ใช้สอย และวัสดุ ค่าตอบแทน ใช้สอย ค่าใช้สอยและค่าจ้างเหมาต่างๆ	82,000.00	-	51,818.00	30,182.00	
ค่าวัสดุ ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ และค่าวัสดุอื่นๆ	78,000.00	-	32,511.13	45,488.87	
รวม (Total)	160,000.00	-	84,329.13	75,670.87	
ค่าครุภัณฑ์	-	-	-	-	
รวม (Total)	-	-	-	-	
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น (Grand total)	280,000.00	-	132,329.13	147,670.87	

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อความดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

คณาจารย์และบุคลากร

ลงชื่อ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กตติเทพ โพธิ์งาม)

หัวหน้าโครงการ

เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป

รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย
เพื่อประกอบการพิจารณาอนุมัติเงินงวดที่ 2/2555

ผลการดำเนินงานระหว่างวันที่ 1 กันยายน 2555 ถึงวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2556

1. ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์

(ภาษาอังกฤษ) Performance Assessment of Rock Salt Formation in the Northeast of Thailand for CO₂

2. หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เพ็ญขจร

3. หน่วยงาน

หน่วยวิจัยกลศาสตร์ธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ (044) 223-363 โทรสาร (044) 223-363 E-mail: kittitep@sut.ac.th

4. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) เพื่อศึกษาคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์พื้นฐานของตัวอย่างเกลือหินในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิใกล้เคียง 0°C เพื่อสร้างเกณฑ์การแตก (ความแข็ง) ของเกลือหิน อุณหภูมิที่ทำการทดสอบนี้จะเป็นสถานะเดียวกันกับโพรงเกลือที่อยู่ภายใต้ความดันต่ำ
- 2) ศึกษาการเคลื่อนไหลในแกนเดียวของตัวอย่างเกลือหินในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิต่ำในช่วง 0 ถึง 30°C (ซึ่งสัมพันธ์กับช่วงอุณหภูมิที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีสถานะเป็นของเหลวในสถานะกักเก็บ) เพื่อศึกษาคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของตัวอย่างเกลือหินที่ขึ้นกับเวลา (Time dependent) โดยพิจารณาผลกระทบจากอุณหภูมิด้วย
- 3) สอบเทียบค่าตัวแปรจากสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (การหดและขยายตัว) ของเกลือหินในเชิงเวลา โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป คือ SPSS ค่าที่ได้จะนำไปใช้กำหนดคุณสมบัติของเกลือหินในขั้นตอนการวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข
- 4) เปรียบเทียบทดสอบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์และพฤติกรรมของเกลือหินในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้องและภายใต้สภาวะการกักเก็บ

5. แผนการดำเนินงานตลอดทั้งโครงการ

ขั้นตอน	ปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2554)						ปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2555)					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1. ทบทวนวรรณกรรมวิจัย	↔											
2. การจัดเตรียมหินตัวอย่างเกลือหิน	↔	↔										
3. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ		↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
4. การวิเคราะห์ผลการทดสอบและสอบเทียบค่าตัวแปร				↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
5. การออกแบบโครงเกลือและการศึกษาเปรียบเทียบวิธีเชิงตัวเลข							↔	↔	↔	↔	↔	↔
6. การถ่ายทอดเทคโนโลยี											↔	↔
7. การสรุปผลและเขียนรายงาน			↔			↔			↔			↔

6. แผนการดำเนินงานหรือกิจกรรมที่วางแผนว่าจะทำในช่วงที่รายงานนี้

ขั้นตอน	ปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2555)					
	1	2	3	4	5	6
1. การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง						
2. การจัดเตรียมหินตัวอย่างเกลือหิน						
3. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ				→		
4. การวิเคราะห์ผลการทดสอบและสอบเทียบค่าตัวแปร				→		
5. การออกแบบโครงเกลือและการศึกษาเปรียบเทียบวิธีเชิงตัวเลข	←					
6. การถ่ายทอดเทคโนโลยี						
7. การสรุปผลและเขียนรายงาน						↔

7. ผลการดำเนินงานวิจัยที่ทำได้จริง

ขั้นตอน	ปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2555)					
	1	2	3	4	5	6
1. การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง						
2. การจัดเตรียมหินตัวอย่างเกลือหิน						
3. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ				100%		
4. การวิเคราะห์ผลการทดสอบและสอบเทียบค่าตัวแปร				100%		
5. การออกแบบโครงเกลือและการศึกษาเปรียบเทียบวิธีเชิงตัวเลข	←					60%
6. การถ่ายทอดเทคโนโลยี						
7. การสรุปผลและเขียนรายงาน						100%

8. ความก้าวหน้าตั้งแต่เริ่มโครงการจนถึงปัจจุบันคิดเป็นร้อยละ 75 โดยประมาณ (โครงการต่อเนื่อง 2 ปี)

งานวิจัยได้ดำเนินการเป็นไปตามแผนงานที่แบ่งไว้ 4 ขั้นตอนสำหรับช่วงเวลา 6 เดือนแรกของปีที่ 2 ซึ่งสามารถสรุปความก้าวหน้าได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

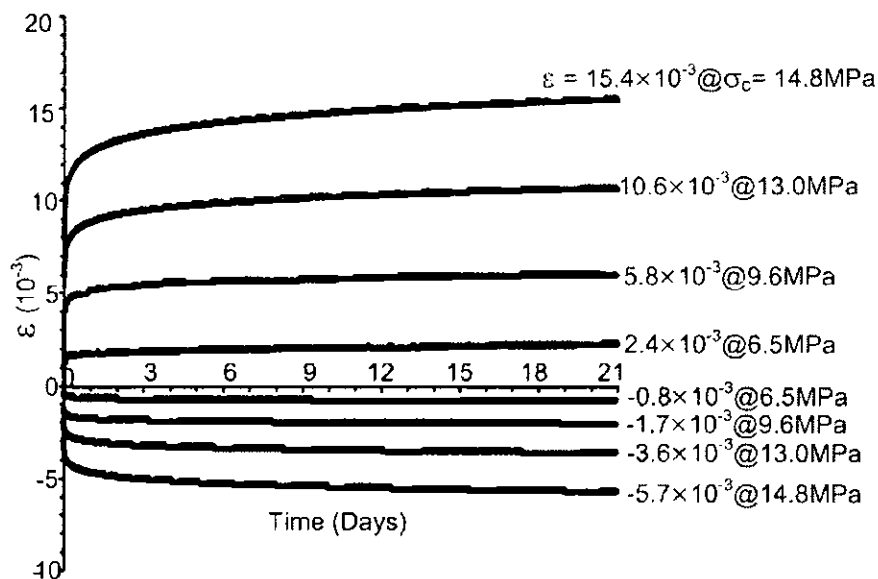
ดำเนินการเสร็จ 100%

ขั้นตอนที่ 2 การจัดเตรียมตัวอย่างหินเพื่อใช้ในการทดสอบ

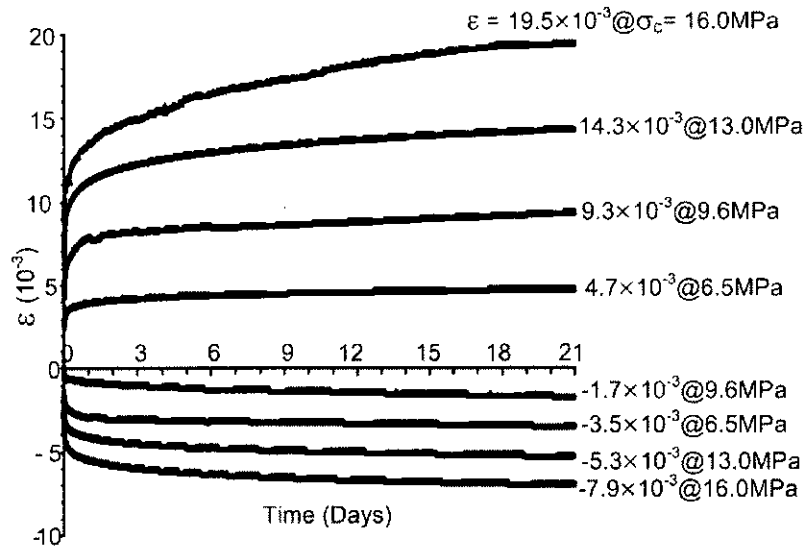
ดำเนินการเสร็จ 100%

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

โครงการวิจัยนี้แบ่งกลุ่มการทดสอบออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) ทดสอบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์พื้นฐานของเกลือหิน และ 2) ทดสอบคุณสมบัติการเปลี่ยนรูปในเชิงเวลาของเกลือหิน ซึ่งผลการทดสอบในกลุ่มแรกได้ดำเนินการเสร็จสิ้นและรายงานผลไปแล้ว สำหรับการทดสอบคุณสมบัติการเปลี่ยนรูปในเชิงเวลาของเกลือหิน จากผลการทดสอบสามารถนำมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของตัวอย่างเกลือทั้งในแนวแกนและแนวรัศมีทั้ง 2 ช่วงอุณหภูมิ ซึ่งประกอบด้วยผลการทดสอบที่สภาวะความดันในแนวแกนคงที่ 6.5, 9.6, 13.0, 14.8 และ 16.0 MPa โดยใช้เวลาในการทดสอบ 21 วันต่อ 1 ตัวอย่างซึ่งผลการทดสอบได้แสดงไว้ในรูปที่ 1 ถึงรูปที่ 2



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของตัวอย่างเกลือหินในแนวแกนและในแนวรัศมีเทียบกับเวลาที่อุณหภูมิ 0°C ภายใต้ความดันกดในแกนเดียวที่ 6.5, 9.6, 13.0 และ 14.8 MPa หรือที่ 20, 30, 40 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังรับแรงกดสูงสุดในแกนเดียว (σ_c) ของเกลือหิน



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของตัวอย่างเกลือหินในแนวแกนและในแนวรัศมีเทียบกับเวลาที่อุณหภูมิ 30°C ภายใต้ความเค้นกดในแกนเดียวที่ 6.5, 9.6, 13.0 และ 16.0 MPa หรือคิดเป็น 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซนต์ ของกำลังรับแรงกดสูงสุดในแกนเดียว (σ_c) ของเกลือหิน

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบและสอบเทียบค่าตัวแปร

ผลที่ได้จากการทดสอบการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเชิงเวลาหรือการเคลื่อนไหลในแกนเดียวภายใต้ความเค้นกดในแกนเดียวที่ 6.5, 9.6, 13.0, 14.8 และ 16.0 MPa มาสอบเทียบค่าตัวแปรที่ใช้อธิบายพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในเชิงเวลาของหิน เพื่อนำค่าตัวแปรไปใช้ในแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ โดยการสอบเทียบค่าตัวแปรได้ใช้โปรแกรมเชิงสถิติ (SPSS) (Wendai, L., 2000)

ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเฉือนรวมหกด้าน (τ_{oct}) กับความเครียดเฉือนรวมหกด้าน (γ_{oct}) ดังกล่าวได้ถูกดัดแปลงเพื่อให้เข้ากับสมการของ Exponential laws ผลที่ได้คือสมการสำหรับคำนวณพฤติกรรมของหินในช่วงที่ 1 ซึ่งเป็นช่วงที่อัตราความเครียดหรือการเคลื่อนไหลเปลี่ยนแปลงเชิงเวลา (Transient phase) และช่วงที่ 2 เป็นช่วงที่อัตราการเปลี่ยนแปลงความเครียดหรือการเคลื่อนไหลต่อช่วงเวลาคงที่ (Steady-state phase)

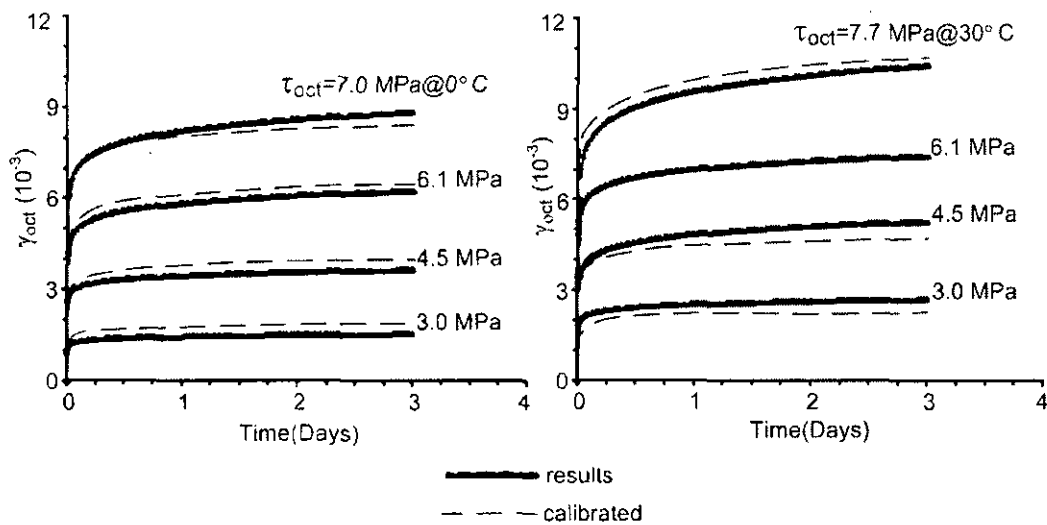
$$\gamma_{oct}(t) = \frac{\tau_{oct}}{G} + \alpha \tau_{oct}^\beta t^\gamma \exp\left(\frac{-\lambda}{T}\right) \quad \text{ช่วง Transient creep}$$

$$\dot{\gamma}_{oct}(t) = k \tau_{oct}^\beta t^{\gamma-1} \exp\left(\frac{-\lambda}{T}\right) \quad \text{ช่วง Steady-state creep}$$

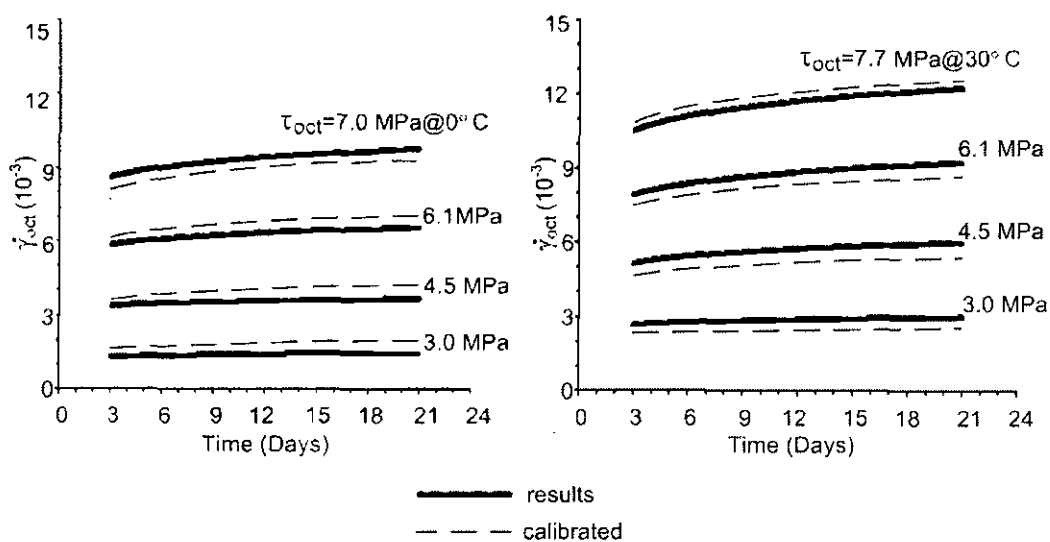
โดยที่ γ_{oct} คือ ความเครียดเฉือนรวมหกด้าน $\dot{\gamma}_{oct}$ คือ อัตราความเครียดรวมหกด้าน τ_{oct} คือ ความเค้นเฉือนรวมหกด้าน G คือ ค่าสัมประสิทธิ์เฉือน (Shear Modulus) t คือ เวลา T คือ อุณหภูมิ (เคลวิน) α , k , β , γ และ λ ค่าคงที่หรือตัวแปรที่ต้องการสอบเทียบ ผลการทดสอบเทียบค่าตัวแปรที่ใช้อธิบายพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในเชิงเวลาของเกลือหินได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ในรูปที่ 3 และ รูปที่ 4 แสดงผลการคาดคะเนโดยใช้โปรแกรม SPSS เทียบกับผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการในช่วง Transient และ Steady-state phase

ตารางที่ 1 ผลการสอบเทียบค่าตัวแปรโดยโปรแกรม SPSS

Creep parameters	Transient creep	Steady-state creep
α	1.238	-
κ	-	1.890
β	1.581	1.620
γ	0.063	0.072
λ	347.267	493.468
A	-21.5×10^{-3}	-
B	16.200	-
R^2	0.967	0.964



รูปที่ 3 การสอบเทียบค่าตัวแปรของพฤติกรรมการณ์เปลี่ยนรูปร่างเชิงเวลาของตัวอย่างเกลือหิน transient creep



รูปที่ 4 การสอบเทียบค่าตัวแปรของพฤติกรรมการณ์เปลี่ยนรูปร่างเชิงเวลาของตัวอย่างเกลือหิน Steady state creep

ขั้นตอนที่ 5 การออกแบบโพรงเกลือและการศึกษาระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

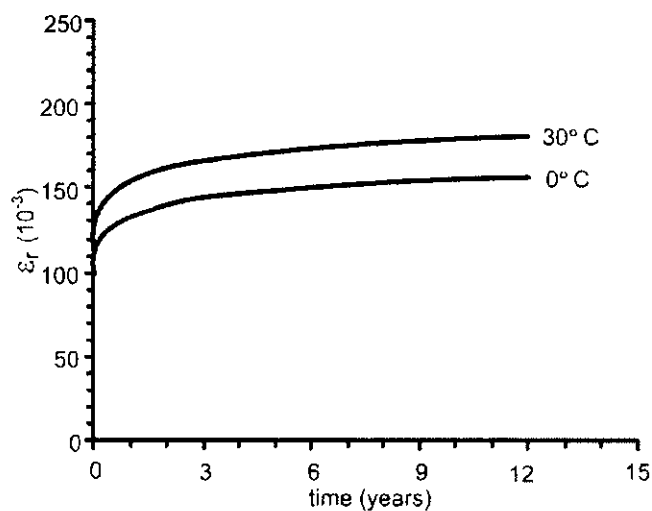
ในขั้นตอนนี้ได้ดำเนินการแล้ว 60% โดยมีการคำนวณการเปลี่ยนรูปร่างของโพรงเกลือภายใต้อุณหภูมิและได้นำค่าตัวแปรที่ได้จากการสอบเทียบตัวแปรในขั้นตอนที่ 4 มาใช้ในการคำนวณ โดยใช้สมการการวิเคราะห์การกระจายตัวของความเค้นและการเคลื่อนตัวของหินรอบรูกลมทรงกระบอกในแผ่นหินที่ไม่มีขอบเขตภายใต้สภาวะความหนืดแบบยืดหยุ่นเชิงเส้นตรง (Circular hole in infinite plate of linear viscoelastic material) (Obert and Duvall, 1967) ซึ่งได้อธิบายเกี่ยวกับการรวมความเครียดในแนวรัศมีในฟังก์ชันของ Exponential laws และกระทบของอุณหภูมิ

$$\varepsilon_r = \frac{1}{E} \left\{ (1 - \nu^2) \sigma_r - \nu(1 + \nu) \sigma_\theta \right\} + \frac{3}{2} \alpha (\sigma^*)^{(\beta-1)} t^\gamma \exp\left(\frac{-\lambda}{T}\right) \cdot S_r$$

เมื่อ ε_r คือ ความเครียดในแนวรัศมี E คือ ค่าสัมประสิทธิ์ยืดหยุ่น ν คือ อัตราส่วนปัวซอง σ_r คือ ความเค้นในแนวรัศมี (radial stress) σ_θ คือ ความเค้นในแนวสัมผัส (tangential stress) σ^* คือความเค้นเทียบเท่า (equivalent stress) S_r คือความเค้นเบี่ยงเบนในแนวรัศมี (deviatoric radial stresses) α , β , γ และ λ คือ ค่าคงที่หรือพารามิเตอร์การคืบ ผลการคำนวณการเปลี่ยนรูปร่างของโพรงเกลือได้แสดงไว้ในรูปที่ 5

ขั้นตอนที่ 6 การถ่ายทอดเทคโนโลยี

- ยังไม่ได้ดำเนินการ จะดำเนินการในช่วงเดือนที่ 9-12 ของปีที่ 2 -



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดในแนวรัศมีกับเวลาจากการคำนวณสมการของ Circular hole

ขั้นตอนที่ 7 สรุปผลและเขียนรายงาน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสรุปผลและเขียนรายงานในส่วนที่ได้ดำเนินการไปแล้วดังนี้

- การทบทวนวรรณกรรมวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- การจัดเตรียมตัวอย่างเกลือหิน
- การทดสอบในห้องปฏิบัติการ
- การวิเคราะห์ผลการทดสอบและสอบเทียบค่าตัวแปร
- การการออกแบบโพรงเกลือและการศึกษาเปรียบเทียบเชิงตัวเลข
- บรรณานุกรม

โดยขั้นตอนและผลการศึกษาทั้งหมดจะนำมาสรุปในรายงานฉบับสมบูรณ์ต่อไป

9. การถ่ายทอดเทคโนโลยี การเผยแพร่ผลงานวิจัย การจดสิทธิบัตร ผลตอบแทนทางธุรกิจ เป็นต้น

- ยังไม่ได้ดำเนินการ -

10. ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข

- ไม่มี -

11. แผนการดำเนินงานหรือกิจกรรมที่จะทำในช่วงต่อไป

ขั้นตอน	ปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2555)					
	7	8	9	10	11	12
1. การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง						
2. การจัดเตรียมหินตัวอย่างเกลือหิน						
3. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ						
4. การวิเคราะห์ผลการทดสอบและสอบเทียบค่าตัวแปร						
5. การออกแบบโพรงเกลือและการศึกษาเปรียบเทียบวิธีเชิงตัวเลข						
6. การถ่ายทอดเทคโนโลยี						
7. การสรุปผลและเขียนรายงาน						

โดยการวิจัยจะดำเนินการต่อไปตามที่ได้เสนอไว้ ซึ่งคาดว่าจะกิจกรรมโครงการวิจัยทั้งหมดจะเสร็จสิ้นภายในระยะเวลาที่กำหนด

12. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

ไม่มี



(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าโครงการวิจัย



U-560187

บันทึกข้อความ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบ สอ.พ.บ. 501
FORM IRD-B-01
วันที่ 31.10.2555
วันที่ 25 ต.ค. 2555
ที่ 11.002. 26

หน่วยงาน.....สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์.....โทร.....4229
ที่ ศธ. 5614(22)/ 640.....วันที่ 25 ตุลาคม 2555
เรื่อง ขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556.....งวดที่ 1

SUT-719-55-24-32

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ตามที่ข้าพเจ้า.....รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร.....สังกัดสำนักวิชา.....วิศวกรรมศาสตร์.....
ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556.....เพื่อใช้จ่ายในโครงการวิจัยเรื่อง
การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือวินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซ
คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น.....280,000.....บาท นั้น

ข้าพเจ้าขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อดำเนินงานวิจัยโครงการ ดังกล่าว ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556.....
เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น.....140,000.....บาท (.....หนึ่งแสนสี่หมื่นบาทถ้วน.....) ตามประมาณการรายจ่าย ดังนี้

ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....ปริญญาโท.....อัตราเดือนละ.....10,000.....บาท	
ระยะเวลา.....6.....เดือน จำนวน.....1.....คน เป็นเงิน.....60,000.....บาท	
ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....อัตราเดือนละ.....บาท	
ระยะเวลา.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท	
ค่าจ้างคนงานเดือน/รายวัน อัตราเดือนละ/วันละ.....บาท	
ระยะเวลา.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท	
รวม.....60,000.....บาท	

ค่าตอบแทนใช้สอย และวัสดุ ประกอบด้วย

ค่าจ้างเหมานักศึกษาค้นคว้าอิสระ.....เป็นเงิน.....36,000.....บาท	
ค่าใช้สอยและค่าใช้จ่ายอื่นๆ.....เป็นเงิน.....5,000.....บาท	
ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ.....เป็นเงิน.....16,500.....บาท	
ค่าวัสดุสำนักงานและค่าวัสดุอื่นๆ.....เป็นเงิน.....12,500.....บาท	
ค่าเดินทางนำเสนองาน.....เป็นเงิน.....10,000.....บาท	
.....เป็นเงิน.....บาท	
.....เป็นเงิน.....บาท	
.....เป็นเงิน.....บาท	
รวม.....80,000.....บาท	

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ



(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

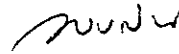
หัวหน้าโครงการวิจัย



(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าสถานวิจัย

...../...../.....

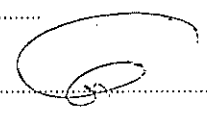
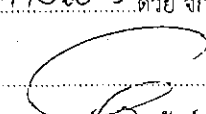
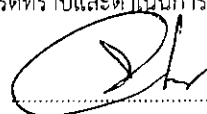


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พริศรี จงสกุล)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ คณบดี วิชาวิศวกรรมศาสตร์

ปทุมธานี

24 ต.ค. 2555

(2) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ☐ คณะอนุกรรมการฯ ได้รับรองรายงานความก้าวหน้าและการใช้จ่ายเงินฯ งวดที่...../.....แล้ว ☒ ถูกต้อง ครบถ้วน เห็นสมควรอนุมัติตามรายการที่เสนอในวงเงิน <u>140,000 -</u> บาท (ขอใช้สิทธิ์เงินใน/นอก) <u>นอก</u>  (นางจุไรรัตน์ สุทธิโชคศิริ)	(3) ☒ อนุมัติให้เบิกเงินอุดหนุนการวิจัยตามรายการและ เงื่อนไขข้างต้นได้ ☐ โปรดแก้ไขตามข้อ (2) และ.....  (รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)
เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป 01 พ.ย. 2555	ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 2 พ.ย. 2555
(4.1) ☐ เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี เพื่อโปรดดำเนินการโอนเงินอุดหนุนการวิจัยจำนวน <u>140,000</u> บาท (ขอใช้สิทธิ์เงินใน/นอก) <u>นอก</u> เข้าบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ธนาคารไทยพาณิชย์สาขาย่อย มทส. ชื่อบัญชี <u>มทส. โครงการ กักเก็บกษณม 1000/20</u> เลขที่บัญชี <u>77-349360-5</u> ด้วย จักขอบคุณยิ่ง  (รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 2 พ.ย. 2555	(4.2) ☐ เรียน หัวหน้าโครงการวิจัย สวพ. ขอส่งสำเนาบันทึกขออนุมัติเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน สำหรับบันทึกขออนุมัติฉบับจริงได้ส่งให้ส่วนการเงินและบัญชีเก็บไว้เป็นหลักฐานเพื่อใช้ในการดำเนินการโอนเงินเข้าบัญชีโครงการวิจัยแล้ว เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป  (นางจุไรรัตน์ สุทธิโชคศิริ) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป 2 พ.ย. 2555



ต้นฉบับ

SUT7-719-55-24-32

สัญญาแก้ไขเพิ่มเติม

สัญญารับเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เลขที่ 3/2555 ลงวันที่ 11 พฤศจิกายน 2554

สัญญานี้ทำขึ้น ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบล
สุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อวันที่ 31 ตุลาคม 2555 ระหว่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
สุรนารี โดย รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ซึ่งได้รับมอบ
อำนาจจากอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ตามคำสั่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 6/2552
ลงวันที่ 26 กันยายน 2552 และคำสั่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ 633/2540 ลงวันที่ 10 ตุลาคม 2540
ซึ่งต่อไปในสัญญานี้เรียกว่า “ผู้ให้ทุน” ฝ่ายหนึ่ง กับ รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร สังกัดสำนัก
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งต่อไปในสัญญานี้เรียกว่า “ผู้รับทุน” อีกฝ่ายหนึ่ง

คู่สัญญาได้ตกลงแก้ไขเพิ่มเติมสัญญาเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
สุรนารี เลขที่ 3/2555 ลงวันที่ 11 พฤศจิกายน 2554 มีข้อความดังต่อไปนี้

ข้อ 1. ผู้ให้ทุนตกลงขยายเวลาและให้ทุนอุดหนุนการวิจัยเพิ่มเติม สำหรับโครงการวิจัย เรื่อง
“การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซ
คาร์บอนไดออกไซด์” ตามเอกสารหมายเลข 1 ออกไปอีกมีกำหนดระยะเวลาประมาณ 11 เดือน นับตั้งแต่วันที่
10 พฤศจิกายน 2555 ถึงวันที่ 31 ตุลาคม 2556 เป็นจำนวนเงิน 280,000 บาท (สองแสนแปดหมื่น
บาทถ้วน) โดย ผู้ให้ทุน จะจ่ายให้แก่ ผู้รับทุน เป็นงวดตามรายละเอียด ดังนี้

งวดที่ 1 จ่ายให้เป็นเงินไม่เกินร้อยละ 50 ของเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการ ทั้งนี้ จ่ายให้
เป็นเงิน 140,000 บาท (หนึ่งแสนสี่หมื่นบาทถ้วน) ภายใน 2 สัปดาห์ นับแต่วันลงนามในสัญญา

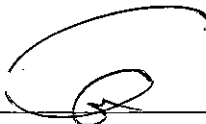
งวดที่ 2 จ่ายส่วนที่เหลือของเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการ ทั้งนี้ จ่ายให้เป็นเงิน 140,000
บาท (หนึ่งแสนสี่หมื่นบาทถ้วน) ภายหลังจากที่ ผู้รับทุน ส่งรายงานความก้าวหน้าของโครงการพร้อมรายงาน
การเงินงวดที่ 1 โดยรายงานดังกล่าวผ่านการพิจารณาและได้รับการรับรองจากคณะกรรมการประจำ
สถาบันวิจัยและพัฒนาเรียบร้อยแล้ว

ข้อ 2. ผู้รับทุนจะนำส่งผลงานเพิ่มเติม ดังนี้

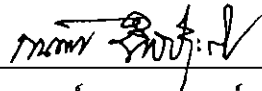
- (1) รายงานความก้าวหน้าของการวิจัยตามที่ผู้ให้ทุนกำหนดเป็นคราวๆ ไป
- (2) รายงานการวิจัยพร้อมรายงานการเงินงวดที่ 2/2556 เดือนตุลาคม 2556

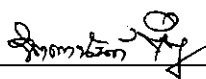
ข้อ 3. เงื่อนไขอื่นๆ ซึ่งไม่ได้กำหนดไว้ในสัญญานี้ ให้เป็นไปตามเดิมทุกประการ

สัญญานี้ทำขึ้นสองฉบับมีข้อความตรงกัน คู่สัญญาได้อ่านและเข้าใจข้อความในสัญญานี้โดยตลอดแล้ว จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน และต่างเก็บไว้ฝ่ายละหนึ่งฉบับ

(ลงชื่อ)  ผู้ให้ทุน
(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา
ผู้รับมอบอำนาจจากอธิการบดี

(ลงชื่อ)  ผู้รับทุน
(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)
หัวหน้าโครงการวิจัย

(ลงชื่อ)  พยาน
(รองศาสตราจารย์ ร.อ. ดร. กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
คณบดี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

(ลงชื่อ)  พยาน
(นางสาวจิตตานันท์ ติกุล)
เจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยและพัฒนา

แผนการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

โครงการวิจัยเรื่อง การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

สำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

รายการค่าใช้จ่าย	งบประมาณ (บาท)		
	งวดที่ 1	งวดที่ 2	รวม
ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด)			
ค่าจ้างนักศึกษาระดับปริญญาโท	60,000.00	60,000.00	120,000.00
(1 คน x 10,000 บาท)			
รวม	60,000.00	60,000.00	120,000.00
ค่าตอบแทน ใช้สอย และวัสดุ ประกอบด้วย			
1) ค่าจ้างเหมาจ่ายนักศึกษาปริญญาตรีทดสอบหิน	36,000.00	36,000.00	72,000.00
2) ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์ ค่าถ่ายเอกสาร ค่าเข้าปกเย็บเล่ม	5,000.00	5,000.00	10,000.00
ค่าจ้างเหมาพิมพ์รายงานการวิจัย ค่าจ้างเหมาสืบค้นข้อมูล			
และค่าจ้างเหมาอื่นๆ			
3) ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ	24,000.00	24,000.00	48,000.00
4) ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าวัสดุสำนักงาน แผ่น CD	5,000.00	5,000.00	10,000.00
กระดาษ และค่าวัสดุอื่นๆ			
5) ค่าเดินทางนำเสนองผลงาน	10,000.00	10,000.00	20,000.00
รวม	80,000.00	80,000.00	160,000.00
ค่าครุภัณฑ์ ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด)	-	-	-
รวม	140,000.00	140,000.00	280,000.00

(ลงชื่อ)

K. Guanhian

รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าโครงการ

5 ต.ค. 55

(นางจุไรรัตน์ พุ่มโพธิ์สุวรรณ)

แบบเสนอโครงการวิจัย (research project)

ประกอบการเสนอของบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 ตามมติคณะรัฐมนตรี

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
สำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

(ภาษาอังกฤษ) Performance Assessment of Rock Salt Formation in the Northeast of
Thailand for CO₂ Storage

ส่วน ก : ลักษณะโครงการวิจัย

☐ โครงการวิจัยใหม่☒ โครงการวิจัยต่อเนื่องระยะเวลา...2...ปี ปีนี้เป็นปีที่...2... รหัสโครงการวิจัย.....

I ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2555-2559)

ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 4 การเสริมสร้างและพัฒนาทุนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กลยุทธ์การวิจัยที่ 1 บริหารจัดการและการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

แผนงานวิจัยที่ 9 การวิจัยเกี่ยวกับมลพิษ การจัดการมลพิษ และผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากมลพิษ

II ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับกลุ่มเรื่องที่ควรวิจัยเร่งด่วนตามนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2555-2559)

5. ภาวะโลกร้อนและพลังงานทางเลือก

III ระบุความสอดคล้องของแผนงานวิจัยกับนโยบายรัฐบาล

1. นโยบายเร่งด่วนที่จะเริ่มดำเนินการในปีแรก เรื่อง

- 1.1 การสร้างความเชื่อมั่นและกระตุ้นเศรษฐกิจในภาพรวมเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นแก่ภาค
ประชาชนและเอกชนในการลงทุนและการบริโภค
- 1.1.7 เร่งลงทุนเพื่อการพัฒนาประเทศ

2. นโยบายระยะการบริหารราชการ 3 ปี ของรัฐบาล

- 2.3 นโยบายเศรษฐกิจ ได้แก่ เรื่อง
- 2.3.4 นโยบายพลังงาน

ส่วน ข : องค์ประกอบในการจัดทำโครงการวิจัย

1. ผู้รับผิดชอบ และหน่วยงาน ประกอบด้วย หน่วยงานหลักและหน่วยงานสนับสนุน

หัวหน้าโครงการ: รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร (รับผิดชอบ 100%)

หน่วยวิจัยกลศาสตร์ธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ 044-224443, 044-224448, 044-224441 โทรสาร 044-224448, 044-224611

2. ประเภทของการวิจัย

การวิจัยประยุกต์ (Applied research)

3. สาขาวิชาการและกลุ่มวิชาที่ทำการวิจัย

สาขาวิชาการ	วิศวกรรมธรณี	วิศวกรรมโยธา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
กลุ่มวิชา	กลศาสตร์ดิน	ปฐพีกลศาสตร์	

4. คำสำคัญ (keywords) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ของโครงการวิจัย

Carbon Dioxide	Sequestration	Salt Cavern	Green House Effect	Carbon Emission
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	การกักเก็บ	โพรงเกลือ	สภาวะเรือนกระจก	การปลดปล่อยคาร์บอน

5. ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปรากฏการณ์โลกร้อน (Global Warming) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทั่วโลก ก่อให้เกิดผลกระทบ เช่น ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 ถึง 2°C น้ำแข็งขั้วโลกละลาย ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ฤดูกาลเปลี่ยนแปลง เกิดความแปรปรวนของสภาพอากาศที่รุนแรงและบ่อยครั้ง การสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต และการเพิ่มของพายุไต้ฝุ่น เป็นต้น สาเหตุหลักประการหนึ่งของสภาวะโลกร้อนคือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูงขึ้น โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่มาจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงธรรมชาติ โรงงานอุตสาหกรรม การเผาขยะมูลฝอย และของเสียจากปศุสัตว์

การลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมจากภาคอุตสาหกรรม อาจทำได้โดยการอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เก็บไว้ในโพรงเกลือหิน นักวิจัยในประเทศแคนาดาได้ศึกษาศักยภาพของโพรงเกลือที่ระดับความลึกมากกว่า 1000 ฟุต เพื่อใช้กักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยออกแบบให้โพรงเป็นรูปทรงกลมรีมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 เมตร มีปริมาตร 500,000 ลูกบาศก์เมตร สามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 0.5 – 1.0 ล้านตัน (Shi and Durucan, 2005) สาเหตุที่นักวิจัยเหล่านี้ได้เลือกชั้นเกลือหินเพื่อสร้างโพรงเกลือสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพราะมีความเหมาะสมในหลายประการคือ เกลือหินมีความชื้นผ่านต่ำมาก (น้อยกว่า 10⁻⁹ m²) จึงไม่ทำให้เกิดการรั่วไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่กักเก็บไว้ในโพรงเกลือหินภายนอก ประกอบกับผนังโพรงเป็นเกลือหินมีคุณสมบัติที่สามารถเชื่อมประสานรอยแตกและรอยร้าวที่เกิดขึ้นเองได้ และการกักเก็บในลักษณะเช่นนี้สามารถนำเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ประโยชน์ได้ในอนาคต ตลอดระยะเวลาที่กักเก็บอยู่สามารถตรวจสอบว่ามีการรั่วไหลหรือไม่ด้วยการวัดค่าความดันที่บริเวณปาก

ท่อเหนือโพรงเกลือได้อย่างสม่ำเสมอ หากพบว่ามีการรั่วไหลสามารถป้องกันและแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างทัน่วงที (Dusseault et al, 2001)

ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีชั้นเกลือหินอยู่ 2 แห่ง ได้แก่ แอ่งสกลนครและแอ่งโคราช ดังนั้นเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากการใช้แหล่งทรัพยากรเกลือหินและลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ การสร้างโพรงเกลือในชั้นเกลือหินสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงเป็นอีกเทคโนโลยีหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับประเทศไทย โพรงเกลือสำหรับเทคโนโลยีกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในต่างประเทศนั้น ได้มีการออกแบบในเชิงขนาด รูปร่าง และการวางตัวของโพรง ซึ่งผลการออกแบบขึ้นกับลักษณะทางธรณีวิทยาโครงสร้าง (ความลึกและความหนาของชั้นเกลือหิน) และคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของเกลือหิน (ความแข็งของเกลือหินและการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง) ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบข้างต้นนี้ ในแต่ละพื้นที่จะมีความแตกต่างกันไป ดังนั้นการนำเอาเทคโนโลยีนี้มาประยุกต์ใช้ในประเทศไทยจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาคุณสมบัติของเกลือหินด้วยการทดสอบเชิงกลศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ และลักษณะทางธรณีวิทยาโครงสร้างอย่างละเอียด เพื่อให้การออกแบบโพรงเกลือมีความเหมาะสมและมีเสถียรภาพในระยะยาว สามารถนำเอาไปใช้ได้จริงอย่างเป็นรูปธรรม

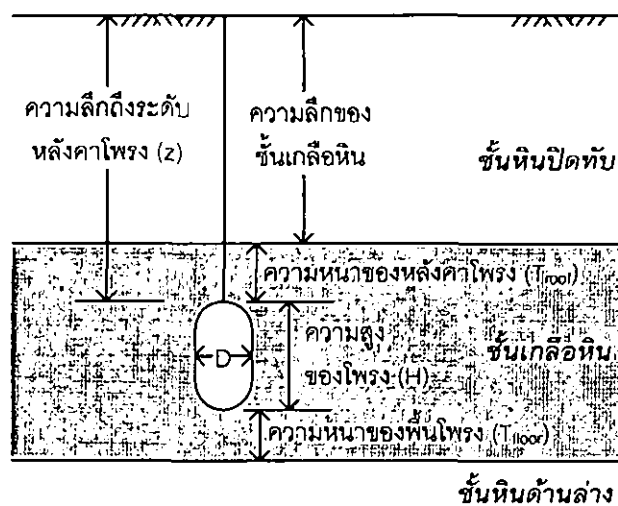
6. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ เพื่อประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับสร้างโพรงเกลือและใช้กักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของเหลว และออกแบบโพรงเกลือให้มีเสถียรภาพสำหรับเทคโนโลยีนี้ โดยพิจารณาความเหมาะสมในเชิงของรูปร่าง ขนาด ความลึก และการวางตัวของโพรงเกลือในชั้นเกลือหิน โดยจะมีการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของเกลือหินในห้องปฏิบัติการภายใต้สภาวะการกักเก็บ การพัฒนาสมการเชิงคณิตศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงค่าคุณสมบัติที่ทดสอบได้และนำไปสู่การออกแบบในภาคสนาม และมีการศึกษาด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขเพื่อจำลองสภาวะของการกักเก็บในโพรงเกลือ

7. ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1) ศึกษาและประมวลข้อมูลทางด้านธรณีวิทยาและธรณีวิทยาโครงสร้างของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่เหมาะสมกับการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งโพรงดังกล่าวสามารถอยู่ที่ระดับตื้นได้ ดังนั้นในการศึกษาธรณีวิทยาจะเน้นที่โครงสร้างทางธรณีวิทยาในระดับตื้น
- 2) แต่งตัวอย่างเกลือหินที่ใช้ในการทดสอบจะขอความอนุเคราะห์มาจากองค์กรต่างๆ เช่น บริษัทเกลือพิมาย จำกัด บริษัทสยามทรัพยากรธรณี จำกัด และกรมทรัพยากรธรณี เพื่อนำมาจัดเตรียมสำหรับการหาคุณสมบัติทางด้านกลศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากโครงการนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้น ดังนั้นจะไม่มีการขุดเจาะหลุมใหม่ในภาคสนาม ตำแหน่งและความลึกของหินตัวอย่างที่นำมาศึกษาจะถูกบันทึกเพื่อใช้ในการอ้างอิงในการศึกษาโดยละเอียดต่อไป
- 3) อุณหภูมิภายในโพรงจะมีค่าต่ำโดยผันแปรในช่วง 0°C ถึง 30°C ซึ่งสัมพันธ์กับช่วงอุณหภูมิที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีสถานะเป็นของเหลวภายใต้ความดันประมาณ 10 MPa ซึ่งเป็นระดับความดันภายในโพรงที่เกิดขึ้นเมื่อมีการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของเหลวภายใต้แรงดันที่ 80% ของความดันบริเวณหลังคาโพรง เมื่อหลังคาโพรงอยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 500 เมตร

- 4) ทดสอบการเคลื่อนไหลในแกนเดียวของตัวอย่างเกลือหินในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิต่ำในช่วง 0°C ถึง 30°C (สัมพันธ์กับช่วงอุณหภูมิที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีสถานะเป็นของเหลวในสภาวะกักเก็บ) เพื่อศึกษาคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของตัวอย่างเกลือหินที่ขึ้นกับเวลา (Time dependent) โดยพิจารณาผลกระทบจากอุณหภูมิด้วย
- 5) สอบเทียบค่าตัวแปรจากสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (การหดและขยายตัว) ของเกลือหินในเชิงเวลา โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เช่น SPSS ค่าที่ได้จะนำไปใช้กำหนดคุณสมบัติของเกลือหินในขั้นตอนการวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข
- 6) ออกแบบโครงเกลือเบื้องต้นโดยใช้ฐานข้อมูลการออกแบบในต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้ การกำหนดรูปร่างของโครงเกลือให้เป็นรูปทรงกระบอกที่มีส่วนบนและส่วนล่างเป็นรูปครึ่งทรงกลม และกำหนดระดับความลึกของหลังกาโครง (Z) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (D) ความสูง (H) ความหนาของหลังกาโครง (T_{roof}) ความหนาของพื้นโครง (T_{floor}) และอัตราส่วนของระยะห่างระหว่างโครงกับเส้นผ่าศูนย์กลางโครง (Spacing-to-Diameter Ratio) ค่าที่กำหนดนี้จะนำไปจำลองโดยใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข รูปที่ 1 แสดงตัวแปรที่ต้องพิจารณาในการออกแบบโครงเกลือเพื่อให้มีความปลอดภัยและมีเสถียรภาพในระยะยาว
- 7) การศึกษาและวิเคราะห์เสถียรภาพของโครงเกลือที่ได้ออกแบบไว้ในเบื้องต้นด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่มีอยู่ ได้แก่ โปรแกรม GEO และโปรแกรม FLAC2D เวอร์ชัน 4.0 โปรแกรมทั้งสองนี้มีการควบคุมที่สามารถอธิบายพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัสดุในเชิงเวลาได้
- 8) ผลงานวิจัยจะนำไปเผยแพร่องค์ความรู้ในรูปของบทความในการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ และวารสารทางวิชาการในระดับนานาชาติ



รูปที่ 1 ตัวแปรในการออกแบบโครงเกลือเพื่อใช้กักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เหลว

8. ทฤษฎี สมมติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย (Conceptual Framework)

ประเด็นสำคัญประการหนึ่งที่จะระบุถึงความเป็นไปได้หรือศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย สำหรับการขุดเจาะโพรงเพื่อกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของเหลว คือพฤติกรรมเชิงกลศาสตร์ของเกลือหินที่อยู่รอบโพรงกักเก็บภายใต้สภาวะอุณหภูมิและความเค้นที่เสมือนจริงในระหว่างการบรรจุและกักเก็บ เพื่อให้ได้พฤติกรรมของเกลือหินภายใต้สภาวะดังกล่าว งานวิจัยนี้จะมีการทดสอบเพื่อหาความแข็งแรงและการเปลี่ยนรูปร่างในเชิงยืดหยุ่นและในเชิงเวลา (Creep) ภายใต้ความเค้นสูงและใช้อุณหภูมิต่ำใกล้ศูนย์องศาเซลเซียส โดยจะมีการลดอุณหภูมิของแท่งตัวอย่างเกลือหินรูปทรงกระบอกด้วยการใช้น้ำแข็งแห้ง สำหรับการทดสอบหาค่ากำลังกดจะใช้เวลาค่อนข้างสั้น แต่จะมีการวัดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในขณะที่เพิ่มแรงกดถึงจุดวิบัติด้วย สำหรับการทดสอบการเปลี่ยนรูปร่างในเชิงเวลา แท่งตัวอย่างเกลือหินจะถูกบรรจุอยู่ในภาชนะที่มีน้ำแข็งแห้งล้อมรอบเพื่อให้อุณหภูมิที่ทดสอบมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาการทดสอบ การเปลี่ยนรูปร่างจะมีการตรวจวัดในเชิงเวลาโดยละเอียดและจะใช้เวลาทดสอบ 30 วัน จะมีการทดสอบที่ระดับอุณหภูมิต่างกันระหว่าง 0 ถึง 25°C ผลที่ได้จากการทดสอบภายใต้อุณหภูมิต่ำจะนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากอุณหภูมิห้อง (25°C) ซึ่งผู้วิจัยได้เคยทดสอบมาก่อนแล้วหลายครั้ง (Fuenkajorn and Phueakphum, 2010) ความแตกต่างของผลจะระบุถึงความอ่อนไหวของคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของเกลือหินต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ทดสอบ

ผลการทดสอบที่ได้จากห้องปฏิบัติการจะนำมาสอบเทียบคุณสมบัติค่าคงที่ (ความยืดหยุ่น อัตราส่วน ปัวซอง ค่าความหนืดเชิงยืดหยุ่น ค่าความหนืดเชิงพลาสติก ฯลฯ) ของตัวอย่างเกลือหิน โดยใช้โปรแกรมทางสถิติขั้นสูง (SPSS) จากนั้นงานวิจัยนี้จะนำค่าที่สอบเทียบได้มาใส่ในโปรแกรม FLAC เพื่อจำลองเสถียรภาพของพฤติกรรมและเสถียรภาพของโพรงเกลือที่บรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลวที่อุณหภูมิต่ำ และจะมีการผันแปรขนาด รูปร่าง และความลึกของโพรงกักเก็บด้วย เนื่องจาก FLAC เป็นระเบียบวิธีคำนวณเชิงตัวเลขขั้นสูง สามารถพิจารณาค่าความเค้น ความเครียด และอุณหภูมิในเชิงเวลาได้ ดังนั้นผลที่ได้จากการจำลองดังกล่าวจะสามารถนำมาใช้ประเมินเสถียรภาพเชิงกลศาสตร์ของโพรงกักเก็บในชั้นเกลือหินและสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบโพรงกักเก็บเบื้องต้นในแต่ละพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยได้อีกด้วย

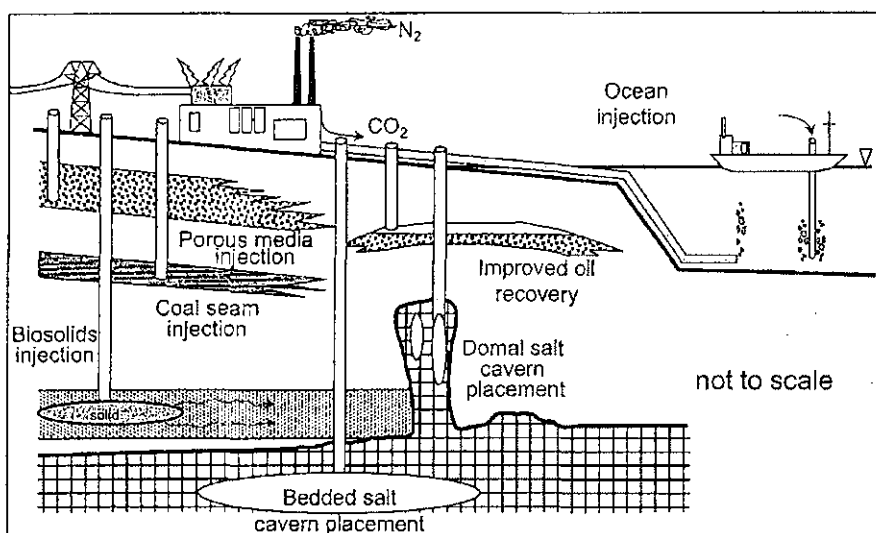
ผลการทดสอบเชิงกลศาสตร์ของเกลือหินที่อุณหภูมิต่ำจะนับว่าเป็นองค์ความรู้ใหม่ ที่ไม่เคยมีผู้ใดทำมาก่อนแม้แต่ในต่างประเทศ ดังนั้นคุณสมบัติค่าคงที่ที่สอบเทียบมาได้จะมีประโยชน์ต่อวงการวิชาการในวงกว้างด้วย นอกจากนี้การจำลองพฤติกรรมของเกลือหินรอบโพรงกักเก็บที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้องก็ยังไม่เคยมีผู้ใดทำมาก่อน

9. การทบทวนวรรณกรรม (Reviewed literature) / สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

9.1 แนวทางการจัดการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การจัดการกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นการเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในรูปของแข็งหรือของเหลวที่ไม่แผ่คลื่นความร้อนจากสภาวะเรือนกระจก ในด้านเทคนิคนั้นปัจจุบันนักวิจัยสามารถจัดการกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้แล้ว แต่มีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก (อยู่ในช่วง 100 - 300 เหรียญสหรัฐฯ/ตันคาร์บอน) ในระดับสากลได้มีการคิด (Global Scale) วิธีการสูบหรืออัดไปเก็บไว้ใต้ดินลึกจากผิวโลก ซึ่งปัจจุบันบริษัทผลิตปิโตรเลียมได้มีการสูบน้ำอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้ความดันลงไปใบบ่อน้ำมันเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันดิบในระยะเวลา 30 ปี และเมื่อเร็วๆ นี้ได้มีการพัฒนาสูบน้ำอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปสู่แหล่งชั้นถ่านหินใต้ดินเพื่อให้ได้ก๊าซมีเทน นอกจากนี้วิธีนี้แล้วการใช้พืชและจุลินทรีย์เป็นตัวจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อนำไปสร้างเป็นสารชีวโมเลกุล โดยเฉพาะในระบบนิเวศป่าไม้ ก็เป็นวิธีที่มีการศึกษาที่ Oak Ridge National Laboratory สำหรับวิธีการอื่น เช่น การดูดจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้ทะเลหรือมหาสมุทรก็มีการวิจัยเพื่อศึกษาความเป็นไปได้เช่นกัน เนื่องจากตามธรรมชาติก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศประมาณ 90% จะใช้เวลาประมาณ 1,000 ปี เพื่อถูกพัดพาลงสู่ทะเลและมหาสมุทรเป็นแห่งสุดท้าย การวิจัยจึงพยายามหาหนทางที่จะทำให้กระบวนการดังกล่าวใช้เวลาน้อยลง (Chemical & Engineering News, Vol. 78, No. 38, September 18, 2000)

การกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นโครงสร้างทางธรณีวิทยา (รูปที่ 2) ก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งสำหรับการจัดการกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศได้ โดยที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อาจจะมีอยู่ในรูปของก๊าซ ของเหลว หรือของเหลวเหนือจุดวิกฤติ (Supercritical state) ซึ่งมีการกักเก็บในแหล่งโครงสร้างทางธรณีวิทยาดังต่อไปนี้ 1) กักเก็บไว้ในแหล่งน้ำมันดิบเก่า 2) อัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นถ่านหินเพื่อให้ได้ก๊าซมีเทน 3) กักเก็บในชั้นน้ำบาดาลหรือชั้นน้ำบาดาลเค็มที่มีชั้นหินที่บอยุ่ด้านบนและด้านล่าง 4) การกักเก็บในโครงสร้างชั้นหินใต้มหาสมุทร และ 5) การกักเก็บไว้ในโพรงเกลือที่เป็นโดมเกลือหรือชั้นเกลือ (Bachu et al., 1994; Bergman et al., 1997; Freund and Ormerod, 1997; Hitchon et al. 1999; Dusseault et al., 2001; Shi and Durucan, 2005; and Maul et al., 2007)



รูปที่ 2 การกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นโครงสร้างธรณีวิทยา (จาก Bachu, 2001)

การใช้โพรงเกลือในการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์มีความเหมาะสมในหลายประการคือ เกลือหินมีค่าความซึมผ่านต่ำมาก (น้อยกว่า 10^{-9} m^2) จึงไม่ทำให้เกิดการรั่วไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่กักเก็บไว้สู่สิ่งแวดล้อมภายนอกได้ ประกอบกับผนังโพรงเป็นเกลือหิน มีคุณสมบัติที่สามารถเชื่อมประสานรอยแตกและรอยร้าวที่เกิดขึ้นเองได้ และการกักเก็บในลักษณะเช่นนี้ยังสามารถนำเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ประโยชน์ได้ในอนาคต ตลอดระยะเวลาที่กักเก็บอยู่สามารถตรวจสอบว่ามีการรั่วไหลด้วยการอ่านค่าความดันที่บริเวณปากท่อเหนือโพรงเกลือได้อย่างสม่ำเสมอ หากพบว่าการรั่วไหลก็สามารถป้องกันและแก้ไขปัญหาได้อย่างทัน่วงที (Dusseault et al, 2001)

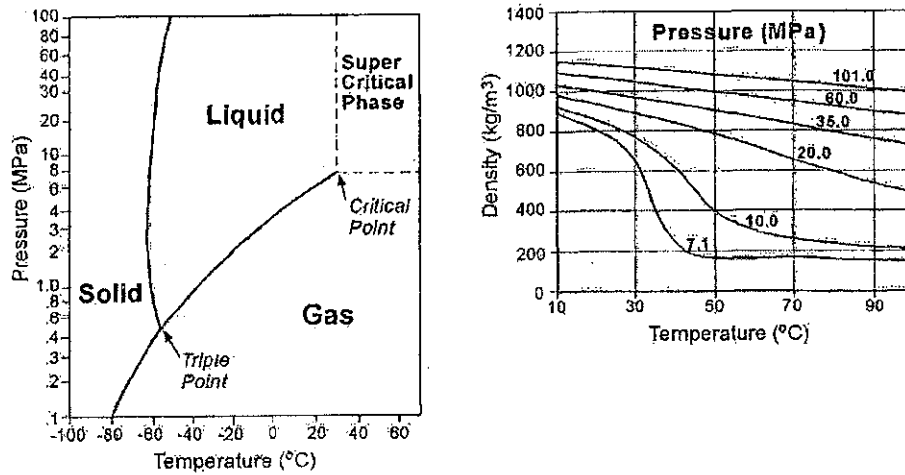
9.2 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความสำคัญ ทั้งนี้เพื่อเป็นการกำหนดสถานะของความดันและอุณหภูมิให้มีความเหมาะสมในการกักเก็บนั่นเอง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่มีสี ซึ่งหากหายใจเข้าเข้าไปในปริมาณมากจะรู้สึกเปรี้ยวที่ปาก เกิดการระคายเคืองที่จมูกและคอเนื่องจากอาจเกิดการละลายของแก๊สนี้ของเมือกในอวัยวะ ก่อให้เกิดกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) อย่างอ่อน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความหนาแน่น 1.98 kg/m^3 ซึ่งเป็นประมาณ 1.5 เท่าของอากาศ (เท่ากับ 1,562 กรัมต่อลิตร ในสถานะของแข็งที่ความดัน 1 บรรยากาศ ภายใต้อุณหภูมิ -78.5°C เท่ากับ 770 กรัมต่อลิตร ในสถานะของเหลวที่ความดัน 56 บรรยากาศ ภายใต้อุณหภูมิ 20°C เท่ากับ 1,977 กรัมต่อลิตร ในสถานะก๊าซที่ความดัน 1 บรรยากาศ ภายใต้อุณหภูมิ 0°C และเท่ากับ 849.6 g/L ในสถานะของเหลวเหนือจุดวิกฤต (Supercritical fluid) ที่ความดัน 150 บรรยากาศ ภายใต้อุณหภูมิ 30°C) (Holloway and Savage, 1993; Hendriks and Blok, 1993)

คาร์บอนไดออกไซด์จะกลายเป็นของแข็งที่มีสีขาวอุณหภูมิ -78.5°C โดยไม่ผ่านการเป็นของเหลวก่อน และมีจุดเดือดที่อุณหภูมิ -56.6°C (ต้องใช้ความดันไม่น้อยกว่า 5.185 บรรยากาศ) หากต้องการทำให้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นของเหลวจะต้องอยู่ภายใต้ความดันเท่ากับ 5.185 บรรยากาศ ที่อุณหภูมิ -56.6°C คาร์บอนไดออกไซด์สามารถละลายน้ำได้ 1 เปอร์เซ็นต์ (หรือ 1.45 g/L ที่อุณหภูมิ 25°C ภายใต้ความดัน 100 kPa) ของสารละลายนั้นจะกลายเป็นกรดคาร์บอนิกซึ่งจะเปลี่ยนรูปเป็นไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนตในภายหลัง รูปที่ 3 แสดงสถานะและความหนาแน่นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้ความดันและอุณหภูมิ

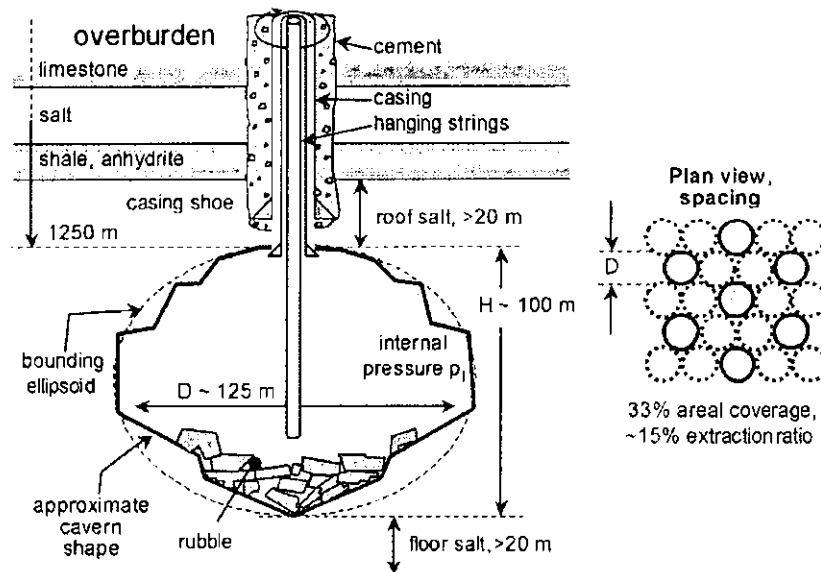
9.3 การออกแบบโพรงเกลือสำหรับเก็บกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การออกแบบโพรงเกลือมีจุดประสงค์หลักเพื่อให้โพรงเกลือมีความมั่นคงแข็งแรง มีเสถียรภาพ ไม่เกิดกับวิบัติหรือมีการรั่วไหลของคาร์บอนไดออกไซด์ไปสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก ตัวแปรในการออกแบบประกอบไปด้วยความลึกของระดับหลังคาโพรง ขนาด (ความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลาง) และรูปร่างของโพรง ความหนาของเกลือหินที่เหลืทิ้งไว้เป็นหลังคาโพรง (Salt roof) และพื้นโพรง (Salt floor) การวางตัวของโพรงเกลือ (ระยะห่างจากโพรงเกลือข้างเคียง) การออกแบบข้างต้นนี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของเกลือหิน และลักษณะทางธรณีวิทยาโครงสร้างของแหล่งเกลือหิน



รูปที่ 3 คุณสมบัติภายใต้ความดันและอุณหภูมิ (ซ้าย) และความหนาแน่นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ขวา)
(จาก Dusseault et al, 2001)

Dusseault et al. (2001) ได้ศึกษาศักยภาพของโพรงเกลือสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในเมือง Alberta ประเทศแคนาดา คณะผู้วิจัยได้ออกแบบโพรงเกลือเป็นรูปทรงรี มีความสูงของโพรงประมาณ 100 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางโพรงประมาณ 125 เมตร โดยให้หลังคาโพรงอยู่ที่ระดับความลึก 1,250 เมตร ทั้งนี้ได้ กำหนดความหนาของเกลือหินบริเวณส่วนบนของโพรงเกลือต้องมากกว่า 20 เมตร และความหนาของเกลือ บริเวณส่วนล่างของโพรงเกลือต้องมากกว่า 20 เมตร รูปที่ 4 แสดงการออกแบบโพรงสำหรับใช้กักเก็บก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ที่เมือง Alberta ประเทศแคนาดา



รูปที่ 4 การออกแบบโพรงเกลือสำหรับใช้เป็นที่พักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (จาก Dusseault et al., 2001)

- ASTM D2938-95, 1998, Standard test method for unconfined compressive strength of intact rock core specimens, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04.08.
- ASTM D3148-96, 1998, Standard test method for Elastic Moduli of intact rock core specimens in uniaxial compression, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04.08.
- ASTM D3967-95, 1998, Standard test method for splitting tensile strength of intact rock core specimens, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04.08.
- ASTM D4405-93, 1998, Standard test method for creep of cylindrical soft rock core specimens in uniaxial compressions, *In Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04.08.
- ASTM D4406-93, 1998, Standard test method for creep of cylindrical rock core specimens in triaxial compression, *In Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04.08.
- ASTM D4543-85, 1998, Standard practice for preparing rock core specimens and determining dimensional and shape tolerances, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04.08.
- Bachu, B. and Dusseault, M.B., (2005). Underground injection of carbon dioxide in salt beds. *Developments in Water Science*, Volume 52, Pages 637-648.
- Bachu, S. (2001). Geological sequestration of anthropogenic carbon dioxide: applicability and current issues. In *Geological Perspectives of Global Climate Change* (Gerhard, L., W. E. Harrison and B.M. Hanson, eds.), American Association of Petroleum Geologists Studies in Geology # 47, AAPG, Tulsa, OK, pp. 285-304.
- Bachu, S. and Rothenburg, L., 2003. Carbon dioxide sequestration in salt caverns: Capacity and long term fate, Proceedings of the 2nd Annual Conference on Carbon Dioxide Sequestration, Alexandria, VA, May 5–8, 2003.
- Bachu, S. and Stewart, S. (2002). Geological sequestration of anthropogenic carbon dioxide in the Western Canada Sedimentary Basin, *J. Can. Petrol. Tech.*, 41(2): 32–40.
- Bachu, S., Gunter, W.D., and Perkins, E.H. (1994). Aquifer disposal of CO₂: hydrodynamic and mineral trapping. *Energy Conversion & Management* 35: 269–279.
- Berest, P., Brouard, B.L., and Durup, J.G., (2000). Shut-in pressure tests: Case studies. Proceedings 2000 SMRI Fall Meeting.
- Bergman, P.D., Winter, E.M., and Chen, Z.Y. (1997). Disposal of power plant CO₂ in depleted oil and gas reservoirs in Texas. *Energy Conversion & Management* 38(SS): S211–S216.
- Bachu, S., and Burwash, R.A., (1991). Regional-scale analysis of the geothermal regime in the Western Canada Sedimentary Basin. *Geothermics*, Volume 20, pp. 387-407.
- Chemical & Engineering News, Vol. 78, No. 38, September 18, 2000
- Dusseault, M.B., Bachu, S., and Davidson, B.C., (2001). Carbon dioxide sequestration potential in salt solution caverns in Alberta, Canada. Proceedings 2001 SMRI Fall Meeting.
- Freund, P. and Ormerod, W.G. (1997). Progress toward storage of carbon dioxide. *Energy Conversion & Management* 38: 199–204.

- Freund, P. and Ormerod, W.G. (1997). Progress toward storage of carbon dioxide. *Energy Conversion & Management* 38(SS): S199–S204.
- Fuenkajorn, K. and Phueakphum, D. (2010). Effects of cyclic loading on mechanical properties of Maha Sarakham salt. *Engineering Geology* 112 (1-4): 43-52.
- Hendriks, C.A. and Blok, K. (1993). Underground storage of carbon dioxide. *Energy Conversion & Management* 34:949–57.
- Hitchon, B., Gunter, W.D., Gentzis, T. and Bailey, R.T. (1999). Sedimentary basin sand greenhouse gases: a serendipitous association. *Energy Conversion & Management* 40: 825–843.
- Holloway, S. and Savage, D. (1993). The potential for aquifer disposal of carbon dioxide in the UK. *Energy Conversion & Management* 34:925–32.
- Itasca, *User Manual for FLAC—Fast Lagrangian Analysis of Continua, Version 4.0*, Itasca Consulting Group Inc, Minneapolis, Minnesota (1992) 256 pp.
- Kaszuba, J.P., Janecky, D.R. and Snow, M.G. (2003). Carbon dioxide reaction processes in a model brine aquifer at 200°C and 200 bars: implications for geologic sequestration of carbon. *Applied Geochemistry* 18: 1065–1080.
- Liang, W.G., Xu, S.G., and Zhao, Y.S., (2006). Experimental study of temperature effects on physical and mechanical characteristics of salt rock. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 39 (5): 469-482.
- Maul, P.R., Metcalfe, R., Pearce, J., Savage, D. and West, J.M. (2007). Performance assessments for the geological storage of carbon dioxide: Learning from the radioactive waste disposal experience. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, pp. 444-455.
- Shi, J.Q. and Durucan, S. (2005). CO₂ Storage in Caverns and Mines. *Oil & Gas Science and Technology* 60 (3): 569-571.

11. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

11.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยที่เสนอนี้มีประโยชน์อย่างมากกับงานด้านวิศวกรรมธรณีและวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถสรุปเป็นหัวข้อได้ดังนี้

1) เป็นองค์ความรู้ในการวิจัยต่อไป

เพื่อเป็นองค์ความรู้เริ่มและสร้างสรรค์ในการพัฒนาระบบและวิธีการการกักเก็บหรือการจัดการ กับ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยสู่บรรยากาศในประเทศไทย และสามารถพัฒนาต่อยอดให้เป็น ธุรกรรมได้ต่อไป

2) บริการความรู้แก่ประชาชนและหน่วยงานราชการ

การเผยแพร่ความรู้ในการประชุมวิชาการและการตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ จะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงาน อาทิ กรมทรัพยากรธรณีและสิ่งแวดล้อม กระทรวงอุตสาหกรรม กรมควบคุมมลพิษและกรมส่งเสริมธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อเกิดความเข้าใจในเทคโนโลยีการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างถูกต้อง และประกอบการตัดสินใจในเชิงนโยบายต่อไป

3) บริการความรู้แก่ภาคธุรกิจ

เป็นแหล่งข้อมูลให้ความรู้แก่หน่วยงานในภาคธุรกิจ อาทิ ภาคอุตสาหกรรมโรงงานที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิต การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ในส่วนของโรงงานผลิตไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงธรรมชาติ และหน่วยงานอื่นที่มีกิจกรรมในลักษณะเดียวกันนี้

4) นำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์

หากเทคโนโลยีนี้ถูกสร้างอย่างเป็นรูปธรรมโดยองค์กรของรัฐที่เกี่ยวข้องหรือหน่วยงานเอกชนที่สนใจ หน่วยงานดังกล่าวสามารถให้บริการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรม หรือหน่วยงานอื่นในประเทศข้างเคียงที่สนใจ

5) เป็นประโยชน์ต่อประชากรกลุ่มเป้าหมาย

เป็นการให้ความรู้แก่ผู้ประกอบการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในด้านการจัดการกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตของตัวผู้ประกอบการเอง ซึ่งทำให้ผู้ประกอบการมีการจัดการปัญหาที่จะเกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

6) ผลิตนักวิจัยรุ่นใหม่

การศึกษาในวิจัยนี้ได้มีนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาเข้ามามีส่วนร่วมในการวิจัยด้วย จึงทำให้เกิดการเรียนรู้การทำวิจัยที่ถูกต้อง สร้างวิสัยทัศน์ในการวางแผนแนวทางการทำวิจัยต่อไปในอนาคต ซึ่งผลสัมฤทธิ์ในการวิจัยนี้จะผลิตนักวิจัยระดับปริญญาโทจำนวน 2 คน

11.2 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยที่เสนอมานี้จะมีประโยชน์อย่างมากและโดยตรงกับหลายหน่วยงาน ทั้งภาครัฐและเอกชน ที่มีส่วนเกี่ยวข้องด้านเป็นผู้ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผู้วางนโยบายในการจัดการกับปัญหาสิ่งแวดล้อมจากก๊าซเรือนกระจก หน่วยงานเหล่านี้ได้แก่

- 1) กองธรณีเทคนิค กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- 2) กองธรณีเทคนิค กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
- 3) กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม และกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- 4) สถาบันการศึกษาที่เปิดสอนทางด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม วิศวกรรมเหมืองแร่ และวิศวกรรมธรณี
- 5) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
- 6) ผู้ประกอบการด้านปิโตรเลียม

7) โรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าเอกชน

8) โรงงานอุตสาหกรรม

12. แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี หรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

แผนการการถ่ายทอดเทคโนโลยีนี้ คือ การจัดอบรมหลักสูตรระยะสั้นให้แก่บุคลากรขององค์กรภาครัฐ ภาคเอกชน ประชาชนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย หรือผู้ที่สนใจ และนำผลงานวิจัยชิ้นนี้ลงตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติและนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติเพื่อเผยแพร่ความรู้ในวงกว้างต่อไป

13. วิธีดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

การวิจัยแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ค้นคว้าและศึกษาวารสาร รายงาน และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแง่มุมที่หลากหลาย รวมไปถึงปัญหาก๊าซเรือนกระจก ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศไทย รูปแบบการจัดการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันทั้งในและต่างประเทศ การออกแบบและวิเคราะห์เสถียรภาพของโพรงเกลียวเพื่อใช้กักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ธรณีวิทยาหินเกี่ยวกับความหนาและความลึก และคุณสมบัติด้านกลศาสตร์ของหินเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในงานวิจัยนี้

ขั้นตอนที่ 2 การจัดเตรียมตัวอย่างเกลียวหิน

ในขั้นตอนนี้ตัวอย่างเกลียวหินที่ได้รับความอนุเคราะห์มาจากหน่วยงานต่างๆ จะถูกตัดและกลึงให้อยู่ในรูปแบบเพื่อใช้ในการทดสอบคุณสมบัติและพฤติกรรมที่เกี่ยวข้อง (ASTM D4543) ตัวอย่างจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว และมีความยาวตามชนิดของการทดสอบ จะมีการเตรียมตัวอย่างทั้งสิ้น 9 ตัวอย่าง ความลึกและตำแหน่งของแท่งตัวอย่างเกลียวหินซึ่งได้ขุดเจาะมาจากชั้นเกลียวหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยจะถูกบันทึก วิเคราะห์ และเสนออยู่ในรายงานเพื่อให้ทราบถึงความแปรปรวนทางด้านพฤติกรรมและคุณสมบัติในชั้นเกลียวหินของประเทศไทย

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้มาซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น ความเครียด และเวลา ในการทดสอบ จะมีการผันแปรอุณหภูมิระหว่าง 0 ถึง 25°C ใช้ตัวอย่างเกลียวหินอย่างน้อย 18 ตัวอย่าง โดยทดสอบที่อุณหภูมิ 3 ระดับ (ระดับละ 6 ตัวอย่าง) และภายใต้ความเค้นกดในแกนเดียวในช่วง 20 ถึง 50 เปอร์เซนต์ ของกำลังรับแรงกดในแกนเดียว (σ_c) ผลที่ได้จากการทดสอบภายใต้ความเค้นที่ต่างกันจะนำมาใช้ในการสอบเทียบค่าคงที่ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนรูปร่างของหินที่ขึ้นกับเวลา (Time dependent deformation) ค่าคงที่เหล่านี้ คือ ความเปราะพลาสติก (Plastic) ความเหนียว (Ductile) ความหนืดเชิงยืดหยุ่น (Visco-elastic) และความหนืดเชิงพลาสติก (Visco-plastic) เป็นต้น ตัวอย่างหินอย่างน้อย 5 ตัวอย่าง จะนำมาใช้ในการทดสอบภายใต้ขนาดของความเค้นกดคงที่ในระดับที่ต่างกัน เส้นความสัมพันธ์ ความเครียดและเวลาจากการทดสอบเหล่านี้จะนำมาใช้ในการสอบเทียบดังกล่าวข้างต้น

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบและสอบเทียบค่าตัวแปร

ผลที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติหินในขั้นตอนที่ 3 จะนำมาสอบเทียบค่าตัวแปรที่ใช้อธิบายพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในเชิงเวลาของหินสำหรับแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ การสอบเทียบจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ในการสอบเทียบค่าตัวแปร จะมีการตรวจสอบความสอดคล้องและความเป็นเหตุเป็นผลของผลการทดสอบในขั้นตอนนี้ ถ้าพบว่าผลที่ได้มีความขัดแย้งกันก็จะมีทดสอบเพิ่มเติม

ขั้นตอนที่ 5 การออกแบบโพรงเกลือและการศึกษาด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

ในขั้นตอนนี้จะรวมไปถึงการกำหนดพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างโพรงเกลือเพื่อเทคโนโลยีกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกแบบโพรงเกลือเบื้องต้น โดยการกำหนดรูปร่างของโพรงเกลือให้เป็นรูปทรงกลมรีในแนวตั้ง มีส่วนบนและส่วนล่างเป็นรูปครึ่งทรงกลม มีการออกแบบระดับความลึกของหลังกาโพรง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง ความหนาของหลังกาโพรง ความหนาของพื้นโพรง และอัตราส่วนของระยะห่างระหว่างโพรงกับเส้นผ่าศูนย์กลางโพรง (Spacing-to-Diameter Ratio) ขนาดความลึกของโพรงถูกกำหนดเมื่อมีการอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในโพรงด้วยความดันสูงสุดประมาณ 80 บาร์เซ็นต์ ของความเค้นบริเวณหลังกาโพรง

รูปแบบที่ได้กำหนดแล้วข้างต้นจะถูกนำมาวิเคราะห์เสถียรภาพและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข ในแบบจำลองจะมีการคำนวณความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นรอบโพรงในชั้นเกลือหินในขณะที่โพรงกำลังกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เหลว จำนวนของแบบจำลองจะขึ้นกับจำนวนของพื้นที่หรือจำนวนของธรณีวิทยาโครงสร้างต่างๆ ที่เหมาะสมกับเทคโนโลยีการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลว โดยจะนำโปรแกรม GEO (Fuenkajorn and Serata, 1992) หรือโปรแกรม FLAC version 4.0 (Itasca, 2006) มาใช้ในการคำนวณ โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรม Finite element ซึ่งสามารถคำนวณความเค้นและความเครียดของวัตถุในสองมิติ และสามารถคาดคะเนพฤติกรรมของวัตถุนั้นในอนาคต โปรแกรมนี้ได้ถูกเขียนขึ้นโดยมีโครงสร้างทางด้านคณิตศาสตร์เพื่อจำลองคุณสมบัติของวัตถุแบบ Elasticity, Visco-elasticity, Visco-plasticity, Brittle และ Ductile การคำนวณจะมีเวลาเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ผลที่ได้จากการคำนวณจะนำมาวิเคราะห์เพื่อเลือกสรรขนาดและรูปร่างของโพรงที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่

ขั้นตอนที่ 6 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมาย

ผลงานวิจัยจะนำไปเผยแพร่องค์ความรู้ในรูปของบทความในการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ และวารสารทางวิชาการในระดับนานาชาติ เช่น Environment International (JIF = 2.856), Energy Conversion & Management (JIF = 1.244) และ Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering (JIF = 0.673) เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 7 การสรุปผลและเขียนรายงาน

แนวคิด ขั้นตอนโดยละเอียด การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการศึกษาทั้งหมด และข้อสรุปจะนำเสนอโดยละเอียดในรายงานฉบับสมบูรณ์ เพื่อที่จะส่งมอบเมื่อเสร็จโครงการ

สถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

สถานที่ทำการทดลอง: ห้องปฏิบัติการกลศาสตร์ธรณี อาคารเครื่องมือ 4 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
จังหวัดนครราชสีมา

สถานที่เก็บตัวอย่าง: ตัวอย่างหินที่ใช้จะขอความอนุเคราะห์จากหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนที่ได้ทำการ
เจาะสำรวจเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

14. ระยะเวลาที่ทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

14.1 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย 2 ปี (ตุลาคม 2554 – กันยายน 2556)

14.2 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ขั้นตอน	ปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2555)						ปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2556)					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1. ทบทวนวรรณกรรมวิจัย	↔											
2. การจัดเตรียมตัวอย่างเกลือหิน	↔	↔										
3. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ		↔	↔	↔	↔	↔		↔				
4. การวิเคราะห์ผลการทดสอบและ สอบเทียบค่าตัวแปร				↔	↔	↔		↔				
5. การออกแบบโครงเกลือและ การศึกษาด้วยระเบียบวิธีเชิง ตัวเลข							↔	↔	↔	↔		
6. การถ่ายทอดเทคโนโลยี											↔	↔
7. สรุปผลและเขียนรายงาน			↔			↔			↔			↔

15. ปัจจัยที่เอื้อต่อการวิจัย (อุปกรณ์การวิจัย โครงสร้างพื้นฐาน ฯลฯ)

15.1 ที่มีอยู่แล้ว

- 1) เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง และเครื่องพิมพ์ 1 เครื่อง
- 2) โปรแกรมคอมพิวเตอร์: Geo Code, FLAC2D version 4.0 และ SPSS
- 3) เครื่องตัดตัวอย่าง 3 เครื่อง และเครื่องขัดผิวเรียบ 1 เครื่อง
- 4) เครื่องทดสอบการเคลื่อนไหล (Consolidation machine) 3 เครื่อง

15.2 ที่ต้องการเพิ่มเติม

- ไม่มี -

16. งบประมาณของโครงการวิจัย

16.1 รายละเอียดงบประมาณที่เสนอขอ (เฉพาะปีที่เสนอขอ) ตามหมวดเงินประเภทต่าง ๆ

รายการค่าใช้จ่าย	งบฯ ที่เสนอขอ ปีงบประมาณ 2556 (บาท)
1. ค่าจ้างชั่วคราว ผู้ช่วยวิจัย นักศึกษาระดับปริญญาโท 1 คน (10,000 บาท/เดือน/ คน)	120,000
2. ค่าใช้สอย ได้แก่ 2.1 ค่าจ้างเหมาจ่ายนักศึกษาปริญญาตรี 3 คน (2,000 บาท/เดือน) 2.2 ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์ ค่าถ่ายเอกสาร ค่าจ้างเหมาพิมพ์ รายงานการวิจัย และค่าจ้างเหมาอื่นๆ	72,000 10,000
3. ค่าวัสดุ ได้แก่ 3.1 ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ - ค่าวัสดุที่ใช้ในการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ น้ำแข็งแห้ง เจลรักษาระดับอุณหภูมิ แผ่นยางหุ้มกันละลาย เป็นต้น) - ค่าอุปกรณ์สิ้นเปลืองสำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ 3.2 ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าวัสดุสำนักงาน แผ่น CD กระดาษ และค่าวัสดุอื่นๆ 3.3 ค่าเดินทางนำเสนองาน	33,000 15,000 10,000 20,000
รวมทั้งสิ้น	280,000

16.2 รายละเอียดงบประมาณที่เสนอขอในปีต่อไป ตามหมวดเงินประเภทต่างๆ แต่ละปีตลอดการวิจัย

- ไม่มี -

16.3 งบประมาณที่ได้รับจัดสรรในแต่ละปีที่ผ่านมา (กรณีเป็นโครงการวิจัยต่อเนื่อง)

รายการค่าใช้จ่าย	งบฯ ที่เสนอขอ ปีงบประมาณ 2555 (บาท)
1. ค่าจ้างชั่วคราว ผู้ช่วยวิจัย นักศึกษาระดับปริญญาโท 1 คน (10,000 บาท x 12 เดือน)	120,000
2. ค่าใช้สอย ได้แก่ 2.1 ค่าจ้างเหมาจ่ายนักศึกษาปริญญาตรี 1 คน (2,000 บาท/เดือน) 2.2 ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์ ค่าถ่ายเอกสาร ค่าจ้างเหมาพิมพ์ รายงานการวิจัย และค่าจ้างเหมาอื่นๆ	24,000 23,000
3. ค่าวัสดุ ได้แก่ 3.1 ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ - ค่าวัสดุที่ใช้ในการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ น้ำแข็งแห้ง เจลรักษาระดับอุณหภูมิ แผ่นยางหุ้มกันละลาย เป็นต้น) - ค่าอุปกรณ์สิ้นเปลืองสำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ 3.2 ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าวัสดุสำนักงาน แผ่น CD กระดาษ และค่าวัสดุอื่นๆ	33,000 20,000 20,000
รวมทั้งสิ้น	240,000

17. ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

โครงการนี้เป็นโครงการวิจัยใหม่ในขณะที่ส่งมอบข้อเสนอโครงการนี้ยังไม่ได้ดำเนินการ อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยคาดว่าเนื่องจากเป็นงานวิจัยประยุกต์ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อโครงสร้างพื้นฐานในการพัฒนาประเทศที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศจากผลการศึกษานี้คาดว่าจะ

- 1) ผลการทดสอบจะทำให้ทราบถึงพฤติกรรมเชิงกลศาสตร์ของเกลื้อหินในสภาวะอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้องซึ่งจะเป็นองค์ความรู้ใหม่ ผลที่ได้จากการทดสอบนี้ถือเป็นผลสำเร็จเบื้องต้น (P)
- 2) ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เมื่อนำมาสอบเทียบคุณสมบัติของเกลื้อหินจะได้เป็นค่าคงที่สำหรับการจำลองหรือคาดคะเนพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเกลื้อหินรอบโพรงเกลื้อหินในขณะที่มีการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาวะจริงด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข ผลที่ได้จากขั้นตอนนี้เป็นผลสำเร็จกึ่งกลาง (I)
- 3) โพรงเกลื้อหินที่ได้ออกแบบไว้ในงานวิจัยนี้ได้ใช้หลักการทางกลศาสตร์อย่างถูกต้องและมีเสถียรภาพสูงสุด ดังนั้นหากมีหน่วยงานที่สนใจนำการออกแบบไปใช้หรือสร้างขึ้นมาอย่างเป็นรูปธรรมก็จะเกิดประโยชน์อย่างสูงสุด นั่นคือสามารถใช้กักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และให้บริการในเชิงพาณิชย์ได้ นอกจากนี้ในการศึกษาวิจัยยังผลิตนักวิจัยระดับปริญญาโทจำนวน 2 คน ด้วย ซึ่งเป็นไปตามนโยบายของสภาวิจัยแห่งชาติอีกด้วย ผลที่ได้ถือเป็นผลสำเร็จตามเป้าประสงค์ (G)

18. โครงการวิจัยต่อเนื่องปีที่ 2 ขึ้นไป

18.1 คำรับรองจากหัวหน้าโครงการวิจัยว่าโครงการวิจัยได้รับการจัดสรรงบประมาณในปีงบประมาณที่ผ่านมาจริง

โครงการวิจัยนี้ได้รับจัดสรรงบประมาณในปีงบประมาณ 2555 จำนวน 240,000 บาท จริง

18.2 โปรดระบุว่าการวิจัยนี้อยู่ระหว่างเสนอขอของบประมาณจากแหล่งเงินทุนอื่น หรือเป็นการวิจัยต่อยอดจากโครงการวิจัยอื่น (ถ้ามี)

- ไม่มี -

18.3 รายงานความก้าวหน้าของโครงการวิจัย (ตามแบบ ต-1ด)

ตามเอกสารแนบ

19. คำชี้แจงอื่น ๆ (ถ้ามี)

- ไม่มี -

น. กิตติเทพ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เพ็องขจร)

หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่ 23 เดือน กย พ.ศ. 55

เกรียงไกร ไตรสาร

(รองศาสตราจารย์ เกรียงไกร ไตรสาร)

หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี

วันที่ 24 ก.ย. 2555
เดือน พ.ศ.

น. กิตติเทพ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เพ็องขจร)

หัวหน้าสถานวิจัย

วันที่ 24 เดือน ก.ย. พ.ศ. 2555

ส่วน ค : ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นาย, นาง, นางสาว..... กิตติเทพ..... นามสกุล..... เพ็ญขจร.....
(ภาษาอังกฤษ) Mr., Mrs., Miss. KITTITEP FUENKAJORN.....
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน
5 1009 99 084 72 1.....
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
รองศาสตราจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี..... สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์..... มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.....
4. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail
สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์..... มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ : 044-224448, 224441, 224443
โทรสาร : 044-22448, 224611
E-mail : kittitep@sut.ac.th
5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับปริญญา (ตรี โท เอก และ ประกาศนียบัตร)	อักษรย่อ ปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันศึกษา	ประเทศ
1979	Bachelor of Science	B.S.	Geology	Engineering Geology	Chulalongkorn University	Thailand
1985	Master of Science	M.S	Mining Engineering	Rock Mechanics	University of Arizona	U.S.A.
1988	Doctor of Philosophy	Ph.D.	Geological Engineering	Rock and Soil Mechanics	University of Arizona	U.S.A.
1990	Postdoctoral Fellows	Post.Doc.	Geological Engineering	Geomechanics	University of Arizona	U.S.A.

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- 1) การทดสอบในห้องทดลองและในภาคสนามทางด้านกลศาสตร์หิน
- 2) การเขียนคอมพิวเตอร์ Software เพื่อวิเคราะห์และออกแบบสิ่งก่อสร้างทางด้านวิศวกรรมธรณี
- 3) การวิเคราะห์และออกแบบทางเสถียรภาพของสิ่งก่อสร้างในหิน โดยใช้การคำนวณเชิงตัวเลข
- 4) การออกแบบเหมืองในชั้นเกลือหินและโพแทช

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยและงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ :

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย ...

- ไม่มี -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย...

เป็นหัวหน้าโครงการวิจัยที่ดำเนินการเสร็จแล้วดังต่อไปนี้

- 1) "Finite Element Analysis on 34/44 LPG Gallery, Gallery 10 and Caverns 33 and 43 of Finger Lakes LPG Storage, LLC"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
March 2010 – May 2010
Funded by: International Gas Consulting, Houston, Texas
- 2) "Design and Study of Mae Tan Lignite Mine, Lampang Province"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
April 2010 – June 2010
Funded by: Siam Cement Group (SCG) Siam Cement Road, Bangkok 10800
- 3) "Invention of Salt Core Leaching Device"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
February 2010 – July 2010
Funded by: Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn's Innovation Fund, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
- 4) "Invention of Compression-to-Tension Load Converter"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
October 2009 – March 2010
Funded by: Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn's Innovation Fund, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

- 5) "Finite Element Analysis on Arcadia Gas Storage Caverns E-5, E-6, E-7 and E-8"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
July 2009 – October 2009
Funded by: International Gas Consulting, Houston, Texas
- 6) "Finite Element Analysis on Kinder Morgan Storage Caverns C-2, C-4 and C-5, North Dayton Salt Dome, North Texas"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
September 2009 – February 2010
Funded by: Kinder Morgan, Houston, Texas
- 7) "Development of Computer Program to Determine Size, Shape and Depth of Salt Caverns Using Surface Subsidence as Data Input" (Already submitted draft final report)
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: October 2007 – September 2009
Funding: 605,500 Baht
- 8) "Invention of True Triaxial Compression Apparatus for Rock Testing"
(Already submitted draft final report)
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: October 2007 – September 2009
Funding: 682,500 Baht
- 9) "Finite Element Analysis for Gas Storage Caverns Joy Station Storage Project" Kiowa County, Kansas
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Golden Gas Services Company, Tulsa, Oklahoma.
Period: July 2008 – September 2008
Funding: US\$ 20,000

- 10) "Inergy Savona LPG Storage Facility: Finite Element Analysis"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: International Gas Consulting, Houston, Texas.
Period: January 2008 – March 2008
Funding: US\$ 25,000

- 11) "Design and Analysis of Final Pit Walls of SCCC Limestone Quarry"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Siam City Cement PCL., Saraburi
Period: 15 July – 15 August 2008
Funding: 643,588 Baht

- 12) "Study of Mechanical Stability of Rock Slope and Tunnel as Affected by Earthquake Vibration and Joint Characteristics by using Physical Modeling"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: October 2006 – September 2008
Funding: 654,000 Baht

- 13) "Mississippi Hub, LLC Gas Storage Caverns: Finite Element Analysis"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: International Gas Consulting, Inc., Houston, Texas
Period: May 2007 – August 2007
Funding: US\$ 20,000

- 14) "Design Evaluation of Canatxx Presall Gas Storage Facility"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Canatxx Inc., Houston, USA
Period: August 2005 – September 2005
Funding: US\$ 15,000

- 15) "Study of Surface Subsidence of Potash Mine at Bamnet Narong District, Chaiyaphum Province"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: ASEAN Potash Mining Public Company Limited, Bangkok

Period: August – October 2005

Funding: 462,000 Baht

- 16) "Tuz Golu Underground Gas Storage Facility in Turkey: Finite Element Analysis"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: World Bank, USA

Period: April – June 2005

Funding: US\$ 15,000

- 17) "Design of Mine Panels at Udon South Potash Project"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Asia Pacific Potash Corp., Udon Thani

- 18) "Design of Rock Slope in Thailand for Long Term Stability by Incorporating Rock Mass Degradation"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: October 2005 – September 2007

Funding: 650,900 Baht

- 19) "Design of Salt Solution Mining for Siam Submanee Co., Ltd., Nakhon Ratchasima"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Siam Submanee Co., Ltd., Nakhon Ratchasima

Period: 22 April – 21 November 2004

Funding: 1,368,400 Baht

20) "Solar Thermal Energy Storage in Rock Fills"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2004 – November 2006

Funding: 810,000 Baht

21) "Development of a Shear Strength Criterion for Rock Joints Using Field-Determined Parameters"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2003 – November 2005

Funding: 461,250 Baht

22) "Prediction of Mechanical Properties of Rock Salt from Petrographic Features Using Neural Network"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2003 – November 2005

Funding: 460,000 Baht

23) "Geomechanics Performance of Salt Formation for Compressed-Air Energy Storage in the Northeast of Thailand"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Department of Alternative Energy and Development of Efficiency

Period: May 2003 – November 2004

Funding: 2,443,750 Baht

24) "Development of Computer Expert System for Design of Borehole Seals in Rocks"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2002 – November 2003

Funding: 262,000 Baht

- 25) "Determination of Elastic Modulus of Intact Rock by Modified Point Load Testing"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: November 2002 – January 2005
Funding: 564,000 Baht
- 26) "Experimental Assessment of Rock Salt Mechanics for Compressive Air Energy Storage in Northeastern Thailand"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: November 2001 – November 2002
Funding: 274,000 Baht
- 27) "Development of Computer Software for Analysis and Design of Rock Slopes Based on Expert's Knowledge and Experience"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: November 2001 – October 2003
Funding: 560,400 Baht
- 28) "Theoretical and Experimental Studies to Determine Compressive and Tensile Strengths of Rocks Using Modified Point Load Testing"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Thailand Research Fund (สทว), Bangkok
Period: December 2000 – December 2001
Funding: 652,000 Baht
- 29) "Mechanical Performance of Rock Salt Formations for Nuclear Waste Disposal"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Thailand Research Fund (สทว), Bangkok
Period: June 2001 – June 2003
Funding: 1,397,800 Baht

- 30) "Theoretical and Experimental Assessment to Determine the Relationships between Point Load Index and Elasticity, Compressive and Tensile Strengths of Rock"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: November 2000 – November 2001
Funding: 135,000 Baht
- 31) "Design and Analysis of the Keystone Gas Storage Project, Salado Salt Formation Texas"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Unocal Corporation, Sugar Land, Texas, USA
- 32) "Derivation of Design Guidelines for Salt Solution Mining for Small and Medium Sized Enterprises in Northeastern Thailand"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: June 2000 – January 2001
Funding: 43,480
- 33) "Design Optimization and Analysis of Solution Cavern Field in Salt Formations, Northeastern Thailand"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: November 1999 – November 2000
Funding: 91,000 Baht
- 34) "Analytical and Numerical Assessment of the Potential Waste Repository in Rock Salt Formations in Northeastern"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: July 1999 – July 2000
Funding: 48,900

- 35) "Design and Analysis of Liquefied Petroleum Gas Storage Caverns of Amoco Wells"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: International Gas Consulting, Inc., Houston, Texas
- 36) "Feasibility Design of Gas Storage Caverns of UNOCAL in Hutchinson Salt Formations"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: International Gas Consulting, Inc., Houston, Texas
- 37) "Feasibility Design of Pit Slope and Underground Supports for Don Mario Mine, Bolivia"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Orvana Empresa Minera Paititi S.A., Santa Cruz, Bolivia
- 38) "Feasibility Design of the Underground Supports and Layout for Pegasus Gold Mine"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Diamond Hill Mining, Inc., Townsend, Montana
- 39) "Development of the Quality Assurance Program for the Nuclear Waste Repository Seals at Yucca Mountain, Nevada"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Southwest Research Institute, San Antonio, TX
- 40) "Analysis and Design of the Supports for Rock Slope at Morenci Copper Mine"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: The Winters Company, Tucson, Arizona
- 41) "Design of Fracture Grouting in Anhydrite Bed"
Principal Investigator: Jaak J.K. Daemen
Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: Sandia National Laboratories, Waste Isolation Pilot Plant, New Mexico

- 42) "Salt Permeability in Relation to Stress State and Cavern Design"
Principal Investigator: Shosei Serata
Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: Solution Mining Research Institute, Woodstock, Illinois
- 43) "Geomechanics Investigation of Compresses-Air Energy Storage in Salt Cavern"
Principal Investigator: Shosei Serata
Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: Electric Power Research Institute, Generation / Storage Division, CA
- 44) "Laboratory and Field Studies of Tuff Sealing Performance"
Principal Investigator: Jaak J.K. Daemen
Project Manager: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: US Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C.

เป็นผู้ร่วมวิจัยจำนวน 4 โครงการ ดังต่อไปนี้

- 1) "Design of Fracture Grouting in Anhydrite Bed"
Principal Investigator: Jaak J.K. Daemen
Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: Sandia National Laboratories, Waste Isolation Pilot Plant, New Mexico
Amount: US\$ 203,000; Period: July 1991 - June 1993
- 2) "Salt Permeability in Relation to Stress State and Cavern Design"
Principal Investigator: Shosei Serata
Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: Solution Mining Research Institute, Woodstock, Illinois
Amount: US\$ 60,000; Period: August 1991 - January 1992
- 3) "Geomechanics Investigation of Compresses-Air Energy Storage in Salt Cavern"
Principal Investigator: Shosei Serata
Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: Electric Power Research Institute, Generation / Storage Division, CA
Amount: US\$ 22,000; Period: July - December 1991
- 4) "Laboratory and Field Studies of Tuff Sealing Performance"
Principal Investigator: Jaak J.K. Daemen
Project Manager: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: US Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C.
Amount: US\$ 180,000; Period: January - December 1990

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อแผนงานวิจัย และ/หรือ โครงการวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และ
สถานภาพในการทำวิจัย และแหล่งทุน

Book:

- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen (authors & editors), 1996, *Sealing of Boreholes and Underground Excavations in Rock*, Chapman & Hall, London, 322 pp.
- กิตติเทพ เพื่องขจร (2546) “กลศาสตร์หินพื้นฐาน” บริษัทฮีชินเพ้นโปรดักส์ กรุงเทพฯ, 210 หน้า (ISBN 974-90898-8-X)
- Fuenkajorn, K. and Phien-Wej, N. (authors & editors). 2007, *Proceedings of the First Thailand Symposium on Rock Mechanics*, September, 13-14, Geomechanics Research Unit, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 323 pp.
- Fuenkajorn, K. and Phien-Wej, N. (authors & editors). 2009, *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics*, March, 12-13, Geomechanics Research Unit, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 372 pp.

Technical Papers:

- Fuenkajorn, K. and Kenkhunthod, N., 2010, Influence of Loading Rate on Deformability and Compressive Strength of Three Thai Sandstones. *Geotechnical and Geological Engineering*, Volume 28, pp. 707-715 (DOI 10.1007/s10706-010-9331-7).
- Fuenkajorn, K., 2010, Experimental Assessment of Long-Term Durability of Some Weak Rocks. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. DOI 10.1007/s10064-010-0297-8.
- Fuenkajorn, K. and Archeeploha, S., 2010, Estimation of Salt Cavern Configurations from Subsidence Data. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. DOI 10.1007/s10064-010-0269-z.
- Fuenkajorn, K. and Phueakphum, D., 2010, Physical Model Simulation of Shallow Openings in Jointed Rock Mass under Static and Cyclic Loadings. *Engineering Geology*. 113 (1-4) 81-89.
- Fuenkajorn, K. and Phueakphum, D., 2010, Effects of Cyclic Loading on Mechanical Properties of Maha Sarakham Salt. *Engineering Geology*. 112 (1-4) 43-52.
- Fuenkajorn, K. and Archeeploha, S., 2009, Prediction of Salt Cavern Configurations from Subsidence Data. *Engineering Geology*. 110 (1-2) 21-29.
- Fuenkajorn, K. and Klanphumeesri, S., 2010, “Direct Tension Tests of Intact Rocks using Compression-to-Tension Load Converter,” *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, Vol. 21, No. 2, pp. 51-57.

- Phueakphum, D. and **Fuenkajorn, K.**, 2010, "Physical Model Simulation of Solar Thermal Energy Storage in Basaltic Rock Fills," *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, (accepted for publication).
- Fuenkajorn, K.**, Sakulnitichai, C. and Pangpetch, P., 2009, "Physical Model Simulation of Shallow Openings in Jointed Rock", *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, (accepted for publication)
- Fuenkajorn, K.** and Sri-In, T., 2009, "Prediction of Long-Term Strength of Some Weak Rocks", *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, (accepted for publication)
- Fuenkajorn, K.** and Aracheeploha, S., 2009, "Prediction of Cavern Configurations from Subsidence Data", *Suranaree Journal of Science and Technology*, (accepted for publication)
- Fuenkajorn, K.** and Phueakphum, D., 2009, "Effects of Loading on Mechanical Properties of Maha Sarakham Salt", *Suranaree Journal of Science and Technology*, (accepted for publication)
- Pangpetch, P. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Simulation of Jointed Rock Slope under Dynamic Loadings and Submerged Condition using Physical Models", *The 14th National Convention on Civil Engineering*; NCCE14, 13-15 May 2009, Nakhon Ratchasima, (accepted for publication)
- Sakulnitichai, C., Pangpetch, P. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Simulation of Shallow Openings in Jointed Rock Mass under Static and Dynamic Loading using Physical Model", *The 14th National Convention on Civil Engineering*; NCCE14, 13-15 May 2009, Nakhon Ratchasima, (accepted for publication)
- Phueakphum, D. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Effects of Cyclic Loading Rate on Mechanical Properties of Salt", *International Symposium on Rock Mechanics*; SINOROCK2009, 19-22 May 2009, Hong Kong, (accepted for publication)
- Thosuwan, R., Walsri, C., Poonprakon, P. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Effect of Intermediate Principal Stress on Compressive and Tensile Strengths of Sandstones", *International Symposium on Rock Mechanics*; SINOROCK2009, 19-22 May 2009, Hong Kong, (accepted for publication)
- Phueakphum, D. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Effects of Cyclic Loading on Mechanical Properties of Maha Sarakham Salt", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 107-120.
- Pangpetch, P. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Physical Model Simulation of Jointed Rock Slopes under Dynamic Loads", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 131-146.

- Sakulnitichai, C., Pangpetch, P. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Physical Model Simulation of Shallow Openings in Jointed Rock Mass under Static and Dynamic Loads", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 147-159.
- Aracheeploha, S., Horkaew, P. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Prediction of Cavern Configurations from Subsidence Data", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 161-176.
- Walsri, C., Poonprakon, P., Thosuwat, R. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Compressive and Tensile Strengths of Sandstones under True Triaxial Stresses", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 199-218.
- Kenkhunthod, N. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Loading Rate Effects on Strength and Stiffness of Sandstones under Confinement", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 271-282.
- Choochang, S., Boonbatr, A. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Stability Analysis and Design of the Final Pit Walls of SCCC Limestone Quarry", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 293-308.
- Intaraprasit, C., Phueakphum, D., Tepnarong, P. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Modified Point Load Testing of Volcanic Rocks from Chatree Gold Mine", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 309-318.
- Akkrachattrarat, N., Suanprom, P., Buaboocha, J. and **Fuenkajorn, K.**, 2009, "Flow Testing of Sandstone Fractures under Normal and Shear Stresses", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 319-334.
- Fuenkajorn, K.** and Pangpetch, P., 2008, "Simulation of Plane Sliding and Toppling Failure using Scaled-Down Rock Slope Models," *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, Vol. 19, No. 3, pp. 31-38.
- Phueakphum, D., Sri-in, T. and **Fuenkajorn, K.**, 2008, "Strength and Stiffness of Claystone Specimens Tested with Neoprene Capping," *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, Vol. 19, No. 4, pp. 1-7.
- Fuenkajorn, K.**, 2008, "Prediction of Long-Term Strength of Some Weak Rocks in Thailand," *Proceedings of the First Southern Hemisphere International Rock mechanics Symposium*, September 16- 19, Perth, Australia, pp. 157-168.
- Fuenkajorn, K.**, 2008, "Intrinsic Variability of the Mechanical Properties of Maha Sarakham Salt," *Suranaree Journal of Science and Technology*, Vol. 15, No. 1, pp. 33-48.

- Kensakoo, T., Phueakphum, D. and **Fuenkajorn, K.**, 2007, "Mechanical Properties of Maha Sarakham Salt as Affected by Inclusions," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 103-118.
- Sri-in, T. and **Fuenkajorn, K.**, 2007, "Sake Durability Index and Strength Testing of Some Rocks in Thailand," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 145-160.
- Kemtong, R. and **Fuenkajorn, K.**, 2007, "Prediction of Joint Shear Strength of Ten Rock Types Using Field-Identified Parameters," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 195-210.
- Klayvimut, K., Wetchasat, K. and **Fuenkajorn, K.**, 2007, "Preliminary Study of Geomechanical Performance of Maha Sarakham Salt for Nuclear Waste Repository," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 211-226.
- Pangpetch, P. and **Fuenkajorn, K.**, 2007, "Simulation of Rock Slope Failure Using Physical Model," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 227-244.
- Fuenkajorn, K.**, 2007, "Design Process for Sealing of boreholes in Rock Mass," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 245-252.
- Kamutchat, S., Sri-in, T. and **Fuenkajorn, K.**, 2007, "Verifications of Rock Slope Rating (RSR) and Slope Mass Rating (SMR) Systems," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 285-298.
- Fuenkajorn, K.**, 2006, "Experimental Assessment of Healing of Fractures in Rock Salt," *ISRM International Symposium 2006, Rock Mechanics in Underground Construction*, 8-10 November, Singapore, pp.402. (Published in CD-ROM).
- Phueakphum, D. and **Fuenkajorn, K.**, 2006, "Experimental Assessment of Solar Thermal Energy Storage in Rock Fills" *In the 2nd Conference on Energy Technology Network of Thailand; E-NETT*, 27-29 July 2006, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 7 pp.
- Fuenkajorn, K.**, 2006, "Healing of Fractures in Rock Salt," *Suranaree Journal of Science and Technology*, Vol. 13, No. 4, pp. 304-316.
- Fuenkajorn, K.**, 2005, "Predictability of Barton's Joint Shear Strength Criterion with Field-Identification Parameters," *Suranaree Journal of Science and Technology*, Vol. 12, No. 4, pp. 296-308.
- Fuenkajorn, K.** and R. Kemthong, 2005, "Assessment of Barton's Joint Shear Strength Criterion Using Field-Determined Parameters," *International Conference on Geology, Geotechnology and Mineral Resources of INDOCHINA (GEOINDO 2005)*, Khon Kaen, November 28-30, pp. 171-176.

- Tepnarong, P. and Fuenkajorn, K., 2004, "Determination of Elasticity and Strengths of Intact Rocks using Modified Point Load Test," *Proceedings of the 3rd Asian Rock Mechanics Symposium*, Kyoto, November 30 - December 2.
- Fuenkajorn, K. and A Warin, 2004, "Design of Borehole Seals in Rock: Methodology and Process," *Proceedings of the 4th Asian Symposium on Engineering Geology and the Environment*, Hong Kong, May 3-5, pp. 137-142.
- Fuenkajorn, K. and K. Klayvimut, 2004, "Geomechanical Performance of Salt Formation for Nuclear Waste Repository in Thailand," *Proceedings of the 9th Australia New Zealand Conference on Geomechanics*, Auckland, February 8-11, pp. 604-611.
- Fuenkajorn, K. and S. Kamutchat, 2003, "Neural Network for Rock Slope Stability Evaluation," *Proceedings of the 4th Regional Symposium on Infrastructure Development in Civil Engineering*, Bangkok, April 4-8, pp. 655-664.
- Fuenkajorn, K. and M Jandakaew, 2003, "Compressed-Air Energy Storage in Salt Dome at Borabu District, Thailand: Geotechnical Aspects," *Proceedings of the 38th Symposium on Engineering Geology and Geotechnical Engineering*, University of Nevada, Reno, Nevada, March 19-21, pp. 377-392.
- Fuenkajorn, K., D. Phuakpoom, and M. Jandakaew, 2003, "Healing of Rock Salt Fractures," *Proceedings of the 38th Symposium on Engineering Geology and Geotechnical engineering*, University of Nevada, Reno, Nevada, March 19-21, pp. 393-408.
- Fuenkajorn, K. and P. Thongtiengdee, 2002, "Slope Failure along Lomsak-Chumpae Highway, Thailand," *Proceedings of the 3rd International Conference on Landslides, Slope Stability and the Safety of Infra-Structures*, Singapore, July 11-12, pp. 205-213.
- Fuenkajorn, K., 2002, "Design Guideline for Salt Solution Mining in Thailand," *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, Vol. 13, No. 1, pp. 1-8.
- Fuenkajorn, K., 2002, "Modified Point Load Test Determining Uniaxial Compressive Strength of Intact Rocks," *Proceedings of the North American Rock Mechanics Symposium*, Toronto, Ontario, Canada, July 7-10, pp. 457-465.
- Fuenkajorn, K. and P. Tepnarong, 2001, "Size and Stress Gradient Effects on the Modified Point Load Strengths of Saraburi Marble," *Sixth Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineering Conference*, Chulalongkorn University, Bangkok, Oct 24-26. (Published in CD Rom)
- Fuenkajorn, K. and S. Kamutchat, 2001 "Rock Slope Design using Expert System: ROSES Program," *6th Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineering Conference*, Chulalongkorn University, Bangkok, Oct. 24-26. (Published in CD Rom)

- Fuenkajorn, K. and K. Wetchasat, 2001 "Rock Salt Formations as Potential Nuclear Waste Repository," *6th Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineering Conference*, Chulalongkorn University, Bangkok, Oct. 24-26. (Published in CD Rom)
- Fuenkajorn, K., 1999, "Geohydrological Integrity of Storage Caverns in Salt Formations," *Symposium on Mineral, Energy and Water Resources of Thailand*, October 23-24, Chulalongkorn University, Bangkok, pp. 270-275.
- Fuenkajorn, K. and J.C. Stormont, 1997, "Geomechanics and Geohydrological Issues in, Mine Sealing," *1997 SME Annual Meeting & Exhibit*, Denver, Colorado, February 24-27.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1997, "Mine Sealing: Design Guidelines and Considerations," *Tailings and Mine Waste'97*, Colorado State University, Fort Collins, January 13-17, pp. 59-68.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1996, "Design Guideline for Mine Sealing," *The 1996 Arizona Conference*, Tucson, Arizona, December 8-9.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1996, "Sealing of Boreholes in Rock - An Overview," *Proceedings of the 2nd North American Rock Mech. Symposium*, Montreal, Quebec, Canada, pp. 1447-1454.
- South, D.L. and Fuenkajorn, K., 1996, "Laboratory Performance of Cement Boreholes Seals," *Sealing of Boreholes and Underground Excavations in Rock*, Chapman & Hall, London, pp. 9-27.
- Daemen, J.J.K. and Fuenkajorn, K., 1996, "Design of Boreholes Seals - Processes, Criteria and Considerations," *Sealing of Boreholes and Underground Excavations in Rock*, Chapman & Hall, London, pp. 267-279.
- Fuenkajorn, K., 1996, "Overview of Research Effort on Sealing of Boreholes, Shafts and Ramps in Welded Tuff," *Proceedings of the Workshop on Rock Mechanics Issues in Repository Design and Performance Assessment*, Washington, DC., September 19-20.
- Ghosh, A., Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1995, "Tensile Strength of Welded Apache Leap Tuff: Investigation of Scale Effects," *Proceedings of the 35th U.S. Rock Mech. Symposium*, University of Nevada, Reno, June 5-7, pp. 459-464.
- Fuenkajorn, K. and S. Serata, 1994, "Dilation-Induced Permeability Increase around Caverns in Rock Salt," *Proceedings of the 1st North American Rock Mechanics Symposium*, University of Texas at Austin, June 1-3, pp. 648-656.
- Stormont, J.C. and Fuenkajorn, K., 1994, "Dilation-Induced Permeability Changes in Rock Salt," *Proceedings of the 8th International Conference Computer Methods and Advances in Geomechanics*, Morgantown, West Virginia, May 22-28, pp. 1296-1273.

- Fuenkajorn, K. and S. Serata, 1993, "Numerical Simulation of Strain-Softening and Dilation of Rocks Salt," *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Vol. 30, pp. 1303-1306, presented at the 34th U.S. Symposium on Rock Mechanics, June 27-30, University of Wisconsin, Madison.
- Crouthamel, D.R., Fuenkajorn, K., and J.J.K. Daemen, 1993, "In Situ Flow Testing of Cement Borehole Plug in Welded Tuff," *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Vol. 30, pp. 1503-1506, presented at the 34th U.S. Symposium on Rock Mechanics, June 27-30, University of Wisconsin, Madison.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1992, "An Empirical Strength Criterion for Heterogeneous Tuff," *Engineering Geology: An International Journal*, Elsevier Science Publishing Co., Vol. 32, pp. 209-223.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1992, "Drilling-Induced Fractures in Borehole Walls," *Journal of Petroleum Technology*, Society of Petroleum Engineers, February, Vol. 44, No. 2, pp. 210-216.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1992, "Borehole Sealing," *Compressed-Air Energy Storage: Proceedings of the 2nd International Conference*, Electric Power Research Institute, San Francisco, CA, July 7-9, pp. 5.1-5.21.
- Fuenkajorn, K. and S. Serata, 1992, "Geohydrological Integrity of CAES in Rock Salt," *Compressed-Air Energy Storage: Proceedings of the 2nd International Conference*, Electric Power Research Institute, San Francisco, CA, July 7-9, pp. 4.1-4.21.
- Serata, S. and Fuenkajorn, K., 1992, "Discussion on 'Engineering to Reduce the Cost of Roof Support in a Coal Mine Experiencing Complex Ground Control Problems' by A.W. Khair and S.S. Peng," *Mining Engineering*, Vol. 44, No. 11, p. 1369.
- Serata, S. and Fuenkajorn, K., J. Townsend, and M. Silverman, 1992, "Development and Applicability of Stress Control Method in Underground Coal Mining," *Proceedings of the 4th Conferences on Ground Control for Midwest U.S. Coal Mines*, November 2-4, Mt. Vernon, IL.
- Fuenkajorn, K. and S. Serata, 1992, "Finite Element Model to Predict Permeability Increase around Salt Cavern," SMRI Paper, presented at the Solution Mining Research Institute, Fall Meeting, Houston, Texas, October 19-22, 34 pp.
- Serata, S. and Fuenkajorn, K., 1992, "Finite Element Program 'GEO' for Modeling Brittle-Ductile Deterioration of Aging Earth Structures," SMRI Paper, presented at the Solution Mining Research Institute, Fall Meeting, Houston, Texas, October 19-22, 24 pp.
- Serata S. and Fuenkajorn, K., 1992, "Formulation of A Constitutive Equation for Salt," *Proceedings of the 7th International Symposium on Salt*, April 6-9, Kyoto, Japan, published by Elsevier Science Publishers, B.V, Amsterdam, Vol. 1, pp. 483-488.

- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1991, "An Empirical Strength Criterion for Heterogeneous Welded Tuff," *ASME Applied Mechanics and Biomechanics Summer Conference*, June 16-19, Ohio State University, Columbus.
- Serata S. and Fuenkajorn, K., 1991, "Recent Advancement of Stress Control Method," *Longwall USA - International Conference*, Pittsburgh, PA, June 2-6, pp. 265-283.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1991, "Cement Borehole Plug Performance in Welded Tuff," *Rock Mechanics as a Multidisciplinary Science: Proceedings of the 32nd U.S. Symposium*, June 10-12, University of Oklahoma, Norman, pp. 723-732.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1991, "Brine-Mixed Bentonite Borehole Plugs," *Proceedings of Waste Management'91 Symposium*, Tucson, Arizona, February 24-28.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1988, "Borehole Closure in Salt," *Key Questions in Rock Mechanics: Proceedings of the 29th U.S. Symposium*, June 13-15, University of Minnesota, Minneapolis, pp. 191-198.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1987, "Mechanical Interaction between Rock and Multi-component Shaft or Borehole Plugs," *Rock Mechanics: Proceedings of the 28th U.S. Symposium*, June 29 - July 1, University of Arizona, Tucson, pp. 165-172.
- Kulatilake, P.H.S.W. and Fuenkajorn, K., 1987, "Factor of Safety of Tetrahedral Wedges: A Probabilistic Study," *International Journal of Surface Mining*, Vol. 1, pp. 147-153.
- Kulatilake, P.H.S.W. and Fuenkajorn, K., 1986, "Calculation of Minimum Rock Bolt Force and Static Acceleration in Tetrahedral Wedge Stability," *Geotechnical Stability in Surface Mining*, Calgary, Canada, November 6-7.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1986, "Shape Effect on Ring Test Tensile Strength," *Key to Energy Production: Proceedings of the 27th U.S. Symposium on Rock Mechanics*, June 23-25, University of Alabama, Tuscaloosa, pp. 155-163.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1986, "Rock-Cement Interface Effects on Borehole Plug Permeability," *Waste Management'86: Proceedings of Waste Management Symposium*, March 2-6, Tucson, Arizona, Vol. 2 - High Level Waste, pp. 251-256.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1984, "Experimental Assessment of Borehole Wall Drilling Damage in Basaltic Rocks," *Rock Mechanics in Productivity and Protection: Proceedings of the 25th U.S. Symposium*, June 25-27, Northwestern University, Evanston, IL, pp. 774-783.

Published Reports:

กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2543) "การศึกษาเกี่ยวกับการทิ้งของเสียในหินเกลือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงตัวเลข" รหัสโครงการ SUT7-719-42-12-16 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 44 หน้า

- กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2543) “การวิเคราะห์และออกแบบโครงที่เกิดจากการผลิตเกลือโดยใช้วิธีละลายในชั้นหินเกลือที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย” รหัสโครงการ SUT7-719-43-12-46 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 82 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2544) “การค้นคว้าทางทฤษฎีและปฏิบัติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีจุดกดของหินกับความต้านแรงกดและแรงดึงของหิน” รหัสโครงการ SUT7-719-44-12-30 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 116 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2544) “การร่างคู่มือการทำเหมืองเกลือแบบละลายสำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็ก ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย” รหัสโครงการ SUT7-719-43-12-59 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 130 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2545) “การดัดแปลงการทดสอบแบบจุดกดเพื่อคำนวณหาความต้านแรงกดและแรงดึงของหิน” สัญญาเลขที่ RDG5/0001/2544 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 150 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2546) “การประเมินศักยภาพทางด้านกลศาสตร์ของเกลือหินเพื่อทิ้งกากนิวเคลียร์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ” สัญญาเลขที่ RDG5/0024/2544 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย กรุงเทพฯ, 315 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2545) “การทดสอบคุณสมบัติทางด้านกลศาสตร์ของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อใช้เก็บพลังงานไฟฟ้าในรูปอากาศภายใต้แรงดัน” รหัสโครงการ SUT7/719/45/12/01 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 216 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2546) “การพัฒนาคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบความลาดชันของชั้นหิน โดยใช้กรณีศึกษาความรู้และประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญ” รหัสโครงการ SUT7-719-45-24-04 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 280 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2547) “การประเมินศักยภาพทางด้านกลศาสตร์ของชั้นเกลือหินเพื่อใช้เก็บพลังงานไฟฟ้าในรูปอากาศภายใต้แรงดันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ” กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2547) “การพัฒนาซอฟต์แวร์ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อใช้ในการออกแบบการอุดหลุมเจาะในชั้นหิน” รหัสโครงการ SUT7-719-46-12-25 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 149 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2548) “การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน” รหัสโครงการ SUT7-719-46-24-24 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 184 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2548) “การประเมินคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของเกลือหินจากลักษณะทางสีลาวิทยา” รหัสโครงการ SUT7-719-47-24-18 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 154 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2548) “การพัฒนากฎกำลังรับแรงเฉือนของรอยแตกในหินโดยใช้คุณสมบัติของหินที่วัดได้ในภาคสนาม” รหัสโครงการ SUT7-719-47-24-31 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 155 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2549) “การกักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อนในหินถม” รหัสโครงการ SUT7-719-48-24-65 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 223 หน้า

- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2550) “การออกแบบความลาดเอียงมวลหินในประเทศไทยให้มีเสถียรภาพในระยะยาวโดยเพิ่มการพิจารณาการผุกร่อนของมวลหิน” รหัสโครงการ SUT7-719-49-24-50 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 147 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2551) “การศึกษาเสถียรภาพเชิงกลศาสตร์ของมวลหินบนความลาดชันและรอบอุโมงค์ภายใต้คลื่นสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวและคุณลักษณะของรอยแตกโดยใช้แบบจำลองเชิงกายภาพ” รหัสโครงการ SUT7-719-50-24-59 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 179 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2552) “การพัฒนาคอมพิวเตอร์โปรแกรมเพื่อใช้คำนวณขนาด รูปร่าง และความลึกของโพรงเกลือ โดยใช้ข้อมูลการหลุดตัวบนผิวดิน” รหัสโครงการ SUT7-719-51-24-37 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 99 หน้า (ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์แล้ว)
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2552) “การประดิษฐ์เครื่องทดสอบหินในสามแกนจริง” รหัสโครงการ SUT7-719-51-24-36 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 97 หน้า (ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์แล้ว)
- Manteufel, R.D., K. Fuenkajorn, E.J. Bonano, and A.B. Gureghian, 1994, *Review Comments on SAND93-1184: A Strategy to Seal Exploratory Boreholes in Unsaturated Tuff*, Technical Report, published by Center for Nuclear Waste Regulatory Analyses, for the US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1992, *Borehole Deformation and Stability in Welded Tuff*, Technical Report, NUREG/CR-5687, published by Office of Nuclear Regulatory Research, US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 58 pp.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1991, *Mechanical Characterization of the Densely Welded Apache Leap Tuff*, Technical Report, NUREG/CR-5688, published by Office of Nuclear Regulatory Research, Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 110 pp.
- Serata S. and K. Fuenkajorn, 1991, *Permeability Studies in Relation to Stress State and Cavern Design - Phases I & II*, Research Project Report, SMRI91-0001-S, prepared for the Solution Mining Research Institute, by Serata Geomechanics, Inc., California.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1988, *Borehole Closure in Salt*, Technical Report, NUREG/CR-5243, published by Office of Nuclear Regulatory Research, US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 450 pp.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1986, *Experimental Assessment of Borehole Wall Drilling Damage in Basaltic Rocks*, Technical Report, NUREG/CR-4641, published by Office of Nuclear Regulatory Research, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington D.C., 265 pp.
- Daemen, J.J.K., W.B. Greer, K. Fuenkajorn, H. Akgun, A. Schaffer, A.F. Kimbrell, T.S. Avery, J.R. Williams, and R.O. Roko, 1986, *Experimental Assessment of Borehole Plug Performance*, Annual Report NUREG/CR-4642, published by US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 478 pp.

Daemen, J.J.K., W.B. Greer, G.S. Adisoma, K. Fuenkajorn, W.D. Sawyer, Jr., H. Akgun, and B. Kousari, 1985, *Rock Mass Sealing - Annual Report June 1983 - May 1984*, NUREG/CR-4174, published by Office of Nuclear Regulatory Research, US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 360 pp.

Daemen, J.J.K., D.L. South, W.B. Greer, J.C. Stormont, S.A. Dischler, G.S. Adisoma, N.I. Colburn, K. Fuenkajorn, D.E. Miles, B. Kousari, and J. Bertuca, 1983, *Rock Mass Sealing - Annual Report June 1983 - May 1984*, NUREG/CR-3473, published by US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 281 pp.

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อแผนงานวิจัย และ/หรือโครงการวิจัย และสถานภาพในการทำวิจัย

- 1) “Experimental Assessment of Rock Fracture Permeability under Confining Pressure”

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period:

Funding:

7.5 สิทธิบัตร

ได้ยื่นขอจดสิทธิบัตรดังนี้

- 1) เครื่องทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน
- 2) เครื่องกดตัวอย่างหินในสามแกนด้วยระบบคานทดแรง
- 3) เครื่องจำลองการเคลื่อนตัวของมวลหินบนความลาดเอียงภายใต้แรงสั่นสะเทือน
- 4) อุปกรณ์วัดการยุบตัวของเพดานและผนังอุโมงค์
- 5) อุปกรณ์วัดค่าความแข็งของหินด้วยแรงกระแทกของค้อนธรณี
- 6) อุปกรณ์สำหรับทดสอบคุณสมบัติกำลังดึงของหินภายใต้แรงกด
- 7) อุปกรณ์สำหรับทดสอบความสามารถในการละลายของแท่งตัวอย่างเกลือหิน



SUT7-719-55-24-32

บันทึกข้อความ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายธุรการ สถาบันวิจัยและพัฒนา โทรศัพท์ 4702/4757 / โทรสาร 4750
ที่ ศร 5621/ 2088 วันที่ 12 มิ.ย. 2555
เรื่อง ขอนำส่งเอกสารหลักฐานค่าใช้จ่ายของโครงการวิจัยกลับคืน

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร

ตามที่ท่านได้ส่งเอกสารหลักฐานค่าใช้จ่ายของ “โครงการวิจัยการประเมินศักยภาพของ
ชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์”
ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 วงดที่ 2 ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัย จำนวนเงินทั้งสิ้น 120,000.00 บาท (หนึ่งแสน
สองหมื่นบาทถ้วน) มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นจริงจำนวน 123,927.62 บาท (หนึ่งแสนสองหมื่นสามพันเก้าร้อยยี่สิบ
เจ็ดบาทหกสิบสองสตางค์) นั้น

สถาบันวิจัยและพัฒนาได้ดำเนินการตรวจสอบเอกสารหลักฐานค่าใช้จ่ายของโครงการวิจัย
เรียบร้อยแล้ว จึงขอส่งคืนเอกสารดังกล่าว และเมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้นแล้วให้นำเอกสารทางการเงิน
ทั้งหมดส่งมาในคราวเดียว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศธ 5621/ว ๕๖๒

วันที่ 12 ตุลาคม 2555

เรื่อง ขอมติคณะกรรมการพิจารณาแผนการวิจัยและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย

เรียน <<สำเนาแจ้งท้าย>>

เนื่องด้วยคณาจารย์ที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ได้ส่งรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย จำนวน 4 โครงการ มาเพื่อขอความเห็นชอบจากคณะกรรมการฯ ประกอบด้วย

1. โครงการวิจัย เรื่อง การจำลองการทรุดตัวของผิวดินในสามมิติโดยใช้แบบจำลองเชิงกายภาพแบบย่อส่วน (SUT7-719-55-24-29)

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

2. ชุดโครงการวิจัย เรื่อง การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กัดตัวอย่างหินในสองแกน (SUT7-719-55-24-30)

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

3. โครงการวิจัย เรื่อง ผลกระทบของแรงแบบวัฏจักรต่อกำลังเฉือนของรอยแตกในหิน (SUT7-719-55-24-31)

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

4. โครงการวิจัย เรื่อง การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (SUT7-719-55-24-32)

โดย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนา จึงขอความร่วมมือจากท่านในการพิจารณาเรื่องที่แจ้งเวียนเพื่อขอความเห็นชอบดังกล่าว ตามรายละเอียดในเอกสารแนบท้าย และโปรดแจ้งผลการพิจารณา หรือความเห็นอื่นๆ แก่สถาบันวิจัยฯ ตามแบบแจ้งผลการพิจารณาด้านหลังของบันทึกข้อความฉบับนี้ ภายในวันที่ 18 ตุลาคม 2555 ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนาแจ้งท้าย

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาแพทยศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

รายละเอียดเพิ่มเติมประกอบการพิจารณารับรองรายงานความก้าวหน้า
(ตามที่ระบุในแบบเสนอโครงการวิจัย)

รหัสโครงการ SUT7-719-55-24-32

ชื่อโครงการวิจัย การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
สำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

หัวหน้าโครงการวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ระยะเวลาดำเนินการตลอดโครงการ

2 ปี (2555-2556)

วงเงินที่ได้รับจัดสรร

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 จำนวน 240,000.00 บาท

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 จำนวน 280,000.00 บาท

ขออนุมัติเบิกจ่ายไปแล้ว

งวดที่ 1/2555 จำนวน 120,000.00 บาท **ใช้จ่ายจริง ณ วันที่รายงาน** 109,240.09 บาท

งวดที่ 2/2555 จำนวน 120,000.00 บาท **ใช้จ่ายจริง ณ วันที่รายงาน** 123,927.62 บาท

ความก้าวหน้าตั้งแต่เริ่มโครงการวิจัยจนถึงปัจจุบัน ร้อยละ 50

ยื่นเสนอขออนุมัติครั้งนี้

งวดที่ 1/2556 จำนวน 140,000.00 บาท

เอกสารประกอบการพิจารณาอื่น ๆ

- | | |
|---|---------------|
| 1. แบบรายงานความก้าวหน้าของการวิจัย | จำนวน 12 หน้า |
| 2. รายงานแสดงการใช้จ่ายเงินประจำงวดที่ 2/2555 | จำนวน 1 หน้า |

รายงานแสดงการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Research Expenditure Report

1. โครงการวิจัยเรื่อง การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
Name of Project สำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
2. ชื่อหัวหน้าโครงการ รศ.ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์
Name of head of project Institute of
3. ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 ทั้งสิ้น
Received University Research Fund for Fiscal Year for the amount of

240,000

บาท โดยได้รับเงินจากมหาวิทยาลัยครั้งล่าสุดและใช้จ่ายไปแล้ว ดังนี้

baht with the most recent payment from the university and actual expense as follows:

งวดที่ 2 ได้รับเงิน 120,000.00 บาท ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น 123,927.62 บาท

Installment No. Total amount received baht Total amount spent baht

ค่าครุภัณฑ์ ได้รับเงิน - บาท ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น - บาท

Equipment (expense) allocation baht Total amount spent baht

ดังรายละเอียดต่อไปนี้ as follows :

รายการค่าใช้จ่าย Expenditures	งบประมาณ (บาท) Budget (baht)				หมายเหตุ Notes
	ได้รับจัดสรร ตลอดปี Allocation for the whole year	เบิกจ่ายแล้ว ในงวดก่อน Previous installment activated	เบิกจ่ายในงวดนี้ Installment to be activated this time	คงเหลือเบิกจ่าย ครั้งต่อไป Remaining funds to be activated	
ค่าจ้างชั่วคราว ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย (นักศึกษาปริญญาโท)	120,000.00	66,000.00	47,000.00	7,000.00	
รวม (Total)	120,000.00	66,000.00	47,000.00	7,000.00	
ค่าตอบแทน ใช้สอย และวัสดุ ค่าตอบแทน ใช้สอย ค่าใช้สอยและค่าจ้างเหมาต่างๆ	47,000.00	6,221.00	58,303.00	(17,524.00)	
ค่าวัสดุ ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ และค่าวัสดุอื่นๆ	73,000.00	37,019.09	18,624.62	17,356.29	
รวม (Total)	120,000.00	43,240.09	76,927.62	- 167.71	
ค่าครุภัณฑ์	-	-	-	-	
รวม (Total)	-	-	-	-	
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น (Grand total)	240,000.00	109,240.09	123,927.62	6,832.29	

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อมูลความดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

ตรวจสอบแล้วถูกต้อง

(นางจุไรรัตน์ พุ่มโพธิ์สุวรรณ)

ลงชื่อ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร)
หัวหน้าโครงการ

หัวข้อรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย
เพื่อประกอบการพิจารณาอนุมัติเงินงวดที่ 1/2556

ผลการดำเนินงานระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2554 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2555

1. ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับ
การกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์

(ภาษาอังกฤษ) Performance Assessment of Rock Salt Formation in the Northeast of Thailand for
CO₂

2. หัวหน้าโครงการ

หัวหน้าโครงการ: รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร (รับผิดชอบ 100%)

3. หน่วยงาน

หน่วยวิจัยกลศาสตร์ธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ 044-224443, 044-224448, 044-224441 โทรสาร 044-224448, 044-224611

E-mail : kittitep@sut.ac.th

4. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) เพื่อศึกษาคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์พื้นฐานของตัวอย่างเกลือหินในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิใกล้ 0°C เพื่อ
สร้างเกณฑ์การแตก (ความแข็ง) ของเกลือหิน อุณหภูมิที่ทำการทดสอบนี้จะเป็นสถานะเดียวกันกับโพรง
เกลือที่อยู่ภายใต้ความดันต่ำ
- 2) ศึกษาการเคลื่อนไหลในแกนเดียวของตัวอย่างเกลือหินในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิต่ำในช่วง 0 ถึง 30°C (ซึ่ง
สัมพันธ์กับช่วงอุณหภูมิที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีสถานะเป็นของเหลวในสถานะกักเก็บ) เพื่อศึกษา
คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของตัวอย่างเกลือหินที่ขึ้นกับเวลา (Time dependent) โดยพิจารณา
ผลกระทบจากอุณหภูมิด้วย
- 3) สอบเทียบค่าตัวแปรจากสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (การหดและ
ขยายตัว) ของเกลือหินในเชิงเวลา โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เช่น SPSS ค่าที่ได้จะนำไปใช้กำหนดคุณสมบัติ
ของเกลือหินในขั้นตอนการวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข
- 4) เปรียบเทียบทดสอบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์และพฤติกรรมของเกลือหินในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้องและ
ภายใต้สภาวะการกักเก็บ

5. แผนการดำเนินงานตลอดทั้งโครงการ

ขั้นตอน	ปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2554)						ปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2555)					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1. ทบทวนวรรณกรรมวิจัย	↔											
2. การเตรียมหินตัวอย่างเกลือหิน	↔	↔										
3. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ		↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔			
4. การวิเคราะห์ผลการทดสอบและ สอบเทียบค่าตัวแปร				↔	↔	↔	↔	↔	↔			
5. การออกแบบโพรงเกลือและ การศึกษาระเบียบวิธีเชิงตัวเลข							↔	↔	↔	↔	↔	
6. การถ่ายทอดเทคโนโลยี											↔	↔
7. การสรุปผลและเขียนรายงาน			↔			↔			↔			↔

6. แผนการดำเนินงานหรือกิจกรรมที่วางแผนว่าจะทำในช่วงที่รายงานนี้

ขั้นตอน	ปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2554)					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1. ทบทวนวรรณกรรมวิจัย	↔					
2. การเตรียมหินตัวอย่างเกลือหิน	↔	↔				
3. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ		↔	↔	↔	↔	↔
4. การวิเคราะห์ผลการทดสอบและสอบเทียบค่าตัวแปร				↔	↔	↔
5. การออกแบบโพรงเกลือและการศึกษาระเบียบวิธีเชิง ตัวเลข						
6. การถ่ายทอดเทคโนโลยี						
7. การสรุปผลและเขียนรายงาน			↔			↔

7. ผลการดำเนินงานวิจัยที่ทำได้จริง

ขั้นตอน	ปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2554)					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1. ทบทวนวรรณกรรมวิจัย	100%					
2. การจัดเตรียมหินตัวอย่างเกลือหิน		100%				
3. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ						70%
4. การวิเคราะห์ผลการทดสอบและสอบเทียบค่าตัวแปร						60%
5. การออกแบบโพรงเกลือและการศึกษาระเบียบวิธีเชิงตัวเลข						
6. การถ่ายทอดเทคโนโลยี						
7. การสรุปผลและเขียนรายงาน			100%			100%

8. ความก้าวหน้าตั้งแต่เริ่มโครงการวิจัยจนถึงปัจจุบันคิดเป็นร้อยละ 50

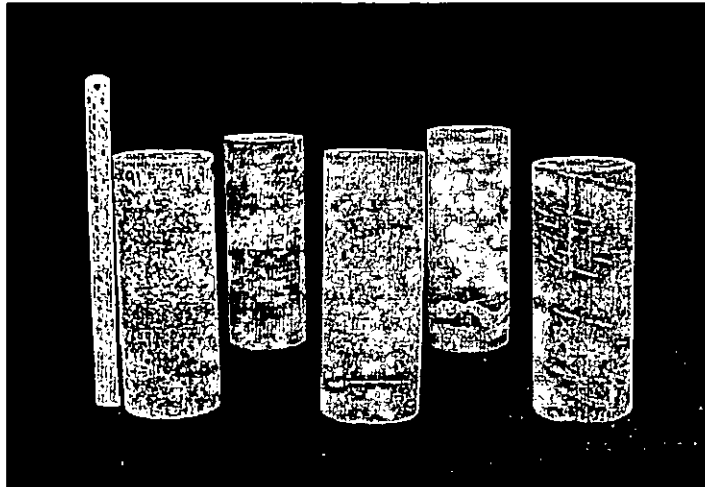
งานวิจัยนี้ได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

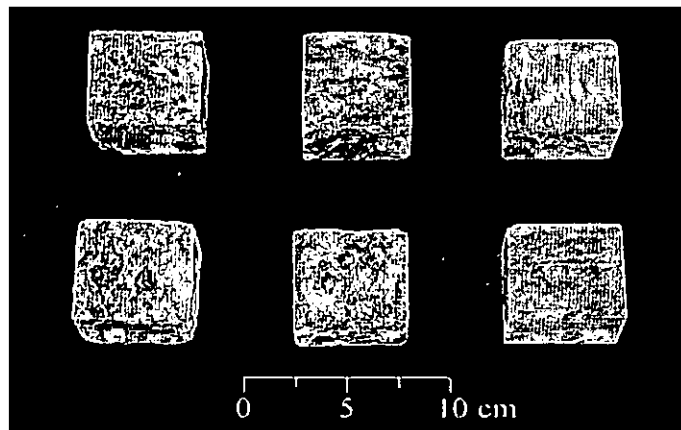
มีการทบทวนวรรณกรรมวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้ดำเนินการแล้วเสร็จ 100% ซึ่งได้ค้นคว้าและศึกษาวารสาร รายงาน และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาพฤติกรรมของเกลือหินและผลกระทบของอุณหภูมิในเชิงเวลา เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในงานวิจัยนี้

ขั้นตอนที่ 2 การจัดเตรียมตัวอย่างหินเพื่อใช้ในการทดสอบ

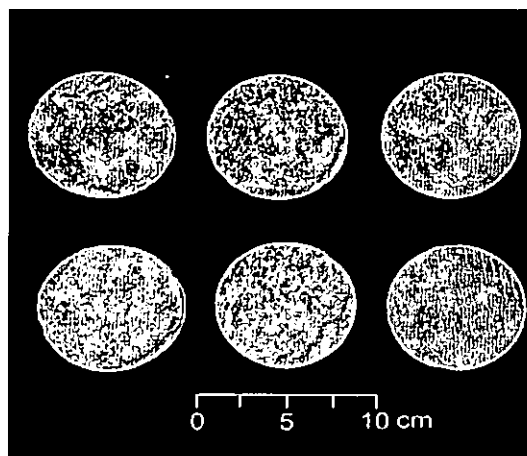
ขั้นตอนนี้ได้ดำเนินการแล้วเสร็จ 100% แท่งตัวอย่างเกลือหินที่ใช้ในการทดสอบได้รับความอนุเคราะห์จากองค์กรต่างๆ เช่น บริษัท เกลือพิมาย จำกัด และ บริษัท เหมืองแร่โปแตชบ่าเหน็จณรงค์ จำกัด ตัวอย่างเกลือหินจะถูกตัดและกลึงให้อยู่ในรูปแบบเพื่อใช้ในการทดสอบคุณสมบัติและพฤติกรรมที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยตัวอย่างเกลือหินรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร ยาว 250 มิลลิเมตร ($L/D = 2.5$) สำหรับการทดสอบคุณสมบัติการเปลี่ยนรูปในเชิงเวลา (Uniaxial creep test) ของเกลือหินดังรูปที่ 1 สำหรับตัวอย่างเกลือหินรูปลูกบาศก์ขนาด $54 \times 54 \times 54$ มิลลิเมตร จะใช้ในการทดสอบแรงกดในแกนเดียวและการทดสอบแรงกดในสามแกนดังรูปที่ 2 และตัวอย่างเกลือหินรูปกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 48 มิลลิเมตร ความยาว 24 มิลลิเมตร ($L/D = 0.5$) ใช้สำหรับการทดสอบแรงดึงแบบบราซิลดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 1 ตัวอย่างเกลื่อหินสำหรับการทดสอบคุณสมบัติการเปลี่ยนรูปในเชิงเวลาของเกลื่อหิน
(Uniaxial creep test) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร ยาว 250 มิลลิเมตร ($L/D = 2.5$)



รูปที่ 2 ตัวอย่างเกลื่อหินขนาด $54 \times 54 \times 54$ มิลลิเมตร ที่ได้เตรียมไว้สำหรับการทดสอบแรงกด
ในแกนเดียวและในสามแกน



รูปที่ 3 ตัวอย่างเกลื่อหินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 48 มิลลิเมตร ยาว 24 มิลลิเมตร ($L/D = 0.5$)
ที่ได้เตรียมไว้สำหรับการทดสอบกำลังแรงดึงแบบบราซิล

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

โครงการวิจัยนี้แบ่งกลุ่มการทดสอบออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) ทดสอบการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์เหลวกับเกลือหิน 2) ทดสอบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์พื้นฐานของเกลือหิน และ 3) ทดสอบคุณสมบัติการเปลี่ยนรูปในเชิงเวลาของเกลือหิน ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการแล้วร้อยละ 35 คือ การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์พื้นฐานของเกลือหิน ประกอบด้วย การทดสอบแรงกดในแกนเดียว การทดสอบแรงกดในสามแกนและการทดสอบแรงดึงแบบบราซิล ซึ่งแต่ละการทดสอบได้แปรผันอุณหภูมิ 2 ระดับ อยู่ในช่วง 0–30°C ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งเป็นผลการทดสอบกำลังกดสูงสุดในแกนเดียวของตัวอย่างเกลือหิน ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบกำลังกดสูงสุดในสามแกนของตัวอย่างเกลือหิน และตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบกำลังแรงดึงแบบบราซิลของตัวอย่างเกลือหิน สำหรับการทดสอบคุณสมบัติการเปลี่ยนรูปในเชิงเวลาของเกลือหินโดยพิจารณาอุณหภูมิที่เข้าใกล้ 0°C มีรูปแบบการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 4 ส่วนรูปที่ 5 แสดงรูปแบบการติดตั้งการทดสอบการเคลื่อนไหลในแกนเดียวที่อุณหภูมิใกล้ 0°C ซึ่งตัวอย่างที่ 1 ใช้เวลาในการทดสอบ 21 วัน ผลการทดสอบคุณสมบัติการเปลี่ยนรูปในเชิงเวลา (Uniaxial creep test) ได้แสดงไว้ในรูปที่ 6 ซึ่งประกอบด้วยผลการทดสอบที่สภาวะให้ความเค้นในแนวแกนคงที่เป็น 20, 30 และ 40 เปอร์เซนต์ของกำลังแรงกดในแกนเดียว (σ_c)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบแรงกดในแกนเดียวของตัวอย่างเกลือหิน

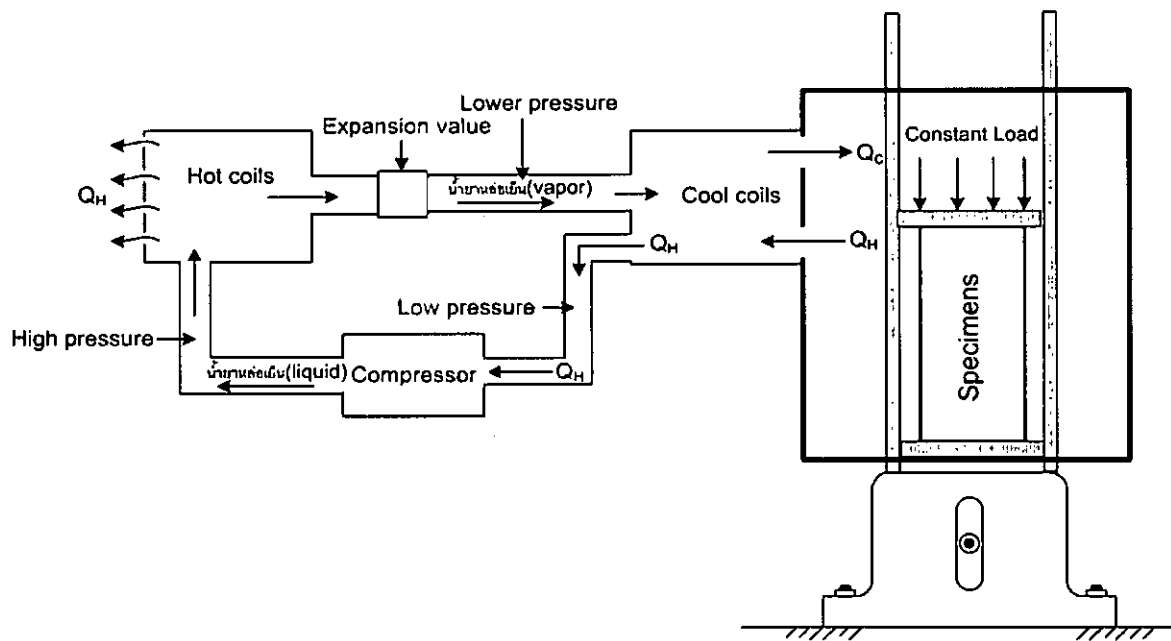
Specimen no.	ρ (g/cc)	Temperature (Celsies)	σ_c (MPa)
UCS 45-47	2.12 ± 0.03	0 ± 2.3	37.9 ± 3.0
UCS 81,87,90	2.00 ± 0.05	30 ± 0.6	37.0 ± 2.5

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบแรงกดในสามแกนของตัวอย่างเกลือหิน

σ_3 (MPa)	σ_1 (MPa)	
	Testing Temperature	
	0°C	30°C
1.6	49.0	45.9
3	63.6	60.9
5	77.9	76.8
10	96.6	93.0
15	109.5	105.0
20	118.6	113.3
30	135.0	128.5

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบแรงดึงแบบบราซิลของตัวอย่างเกลือหิน

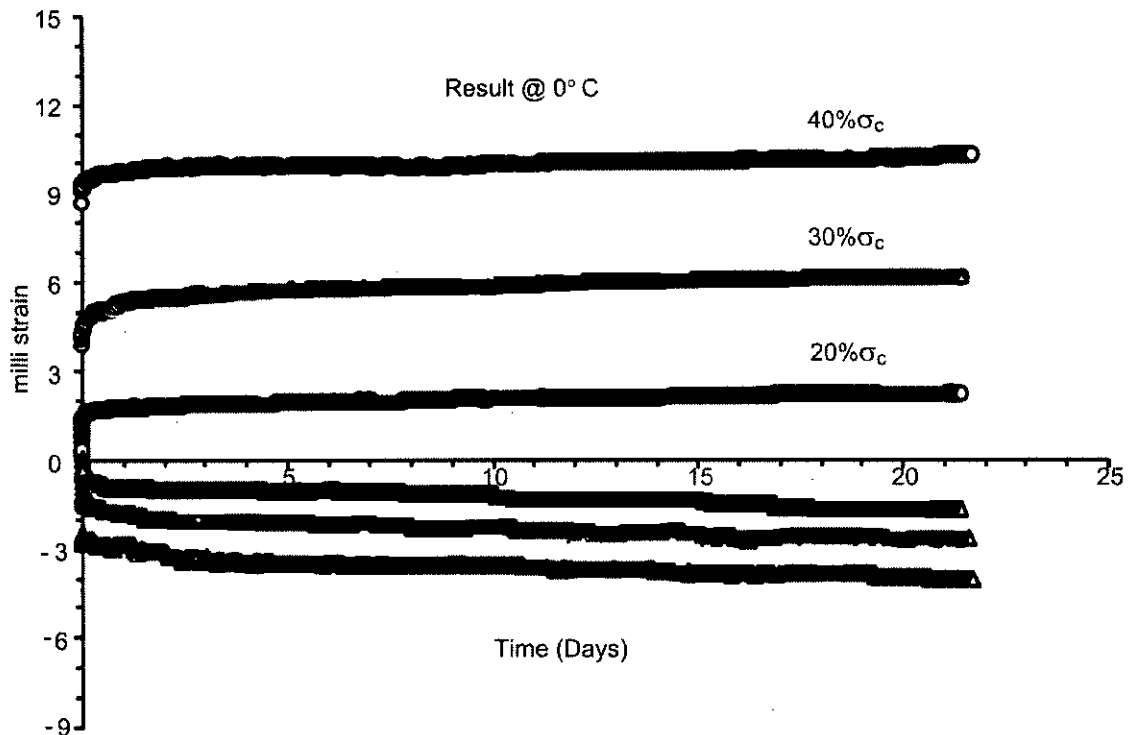
Specimen no.	p (g/cc)	Temperature (Celsius)	σ_B (MPa)
BZ 1-10	2.12 ± 0.01	0 ± 3.1	7.3 ± 0.51
BZ 11-20	2.10 ± 0.05	30 ± 0.8	6.0 ± 0.60



รูปที่ 4 แผนผังการทำงานของเครื่องทำความเย็นและการทดสอบการเคลื่อนไหลในแกนเดียว (Uniaxial creep test) ของตัวอย่างเกลือหินในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 0°C (สัมพันธ์กับช่วงอุณหภูมิที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีสถานะเป็นของเหลวในสภาวะกักเก็บ)



รูปที่ 5 ตัวอย่างเกลือหินที่อยู่ภายในเครื่องทดสอบขณะทำการทดสอบการเคลื่อนไหลในแกนเดียวของตัวอย่างเกลือหินในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 0°C



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของตัวอย่างเกลือหินในแนวแกนและในแนวรัศมีเทียบกับเวลาที่อุณหภูมิภายใต้ความเค้นกดในแกนเดียวที่ 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังรับแรงกดสูงสุดในแกนเดียว (σ_c) ของเกลือหิน

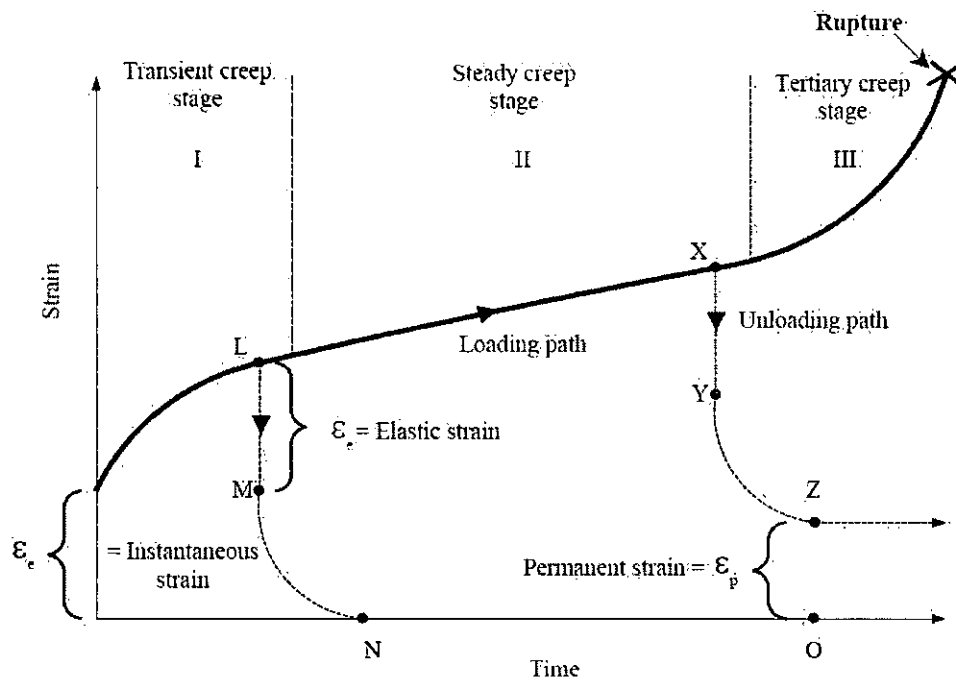
ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบและสอบเทียบค่าตัวแปร

ผลที่ได้จากการทดสอบการเปลี่ยนรูปร่างเชิงเวลาหรือการเคลื่อนไหลในแกนเดียวภายใต้ความเค้นกดในแกนเดียวที่ 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังรับแรงกดสูงสุดในแกนเดียว (σ_c) ของเกลือหิน ในขั้นตอนที่ 2 (กลุ่มที่ 3) จะนำมาสอบเทียบค่าตัวแปรที่ใช้อธิบายพฤติกรรมของการเปลี่ยนรูปร่างในเชิงเวลาของหินสำหรับแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ การสอบเทียบจะใช้โปรแกรมเชิงสถิติ (SPSS) ในการสอบเทียบค่าตัวแปร จะมีการตรวจสอบความสอดคล้องและความเป็นเหตุเป็นผลของผลการทดสอบในขั้นตอนนี้ ซึ่งในทางทฤษฎีการศึกษาหรืออธิบายพฤติกรรมของการเปลี่ยนรูปร่างเชิงเวลาของหินภายใต้แรงกดคงที่จะถูกแบ่งเป็น 3 ช่วง ที่แตกต่างกันตามเวลาที่เปลี่ยนไป คือ ช่วงที่ 1 เป็นช่วงที่อัตราความเครียดหรือการเคลื่อนไหลเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ช่วงที่ 2 เป็นช่วงที่อัตราการเปลี่ยนแปลงความเครียดหรือการเคลื่อนไหลต่อช่วงเวลาคงที่ และช่วงที่ 3 เป็นช่วงที่เริ่มเข้าสู่การแตกหรือการวิบัติดังแสดงในรูปที่ 7 และสมการของ empirical laws ทั้ง potential laws และ exponential laws ซึ่งประกอบด้วย ความเครียด ความเค้น อุณหภูมิ เวลาที่ผันแปรและค่าคงที่ต่างๆ สามารถอธิบายพฤติกรรมของการเปลี่ยนรูปร่างในเชิงเวลาของหินในแต่ละช่วงเวลาหรือช่วงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของหิน

สมการของ potential laws ประกอบด้วย

$$\varepsilon(t) = K'\sigma^B t^Y T^\alpha \quad \text{ช่วงอัตราความเครียดที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา (Transient phase)}$$

$$\dot{\varepsilon}(t) = A'\sigma^B T^C \quad \text{ช่วงอัตราการเปลี่ยนแปลงความเครียดคงที่ (Steady state phase)}$$



รูปที่ 7 แบบจำลองการเปลี่ยนรูปตามเวลาภายใต้แรงกดคงที่ของหินซึ่งถูกแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ 1) ช่วงอัตราความเครียดที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (Transient phase, I) 2) ช่วงอัตราการเปลี่ยนแปลงความเครียดคงที่ (Steady-state phase, II) 3) ช่วงที่จะนำไปสู่การแตก (Tertiary phase, III)

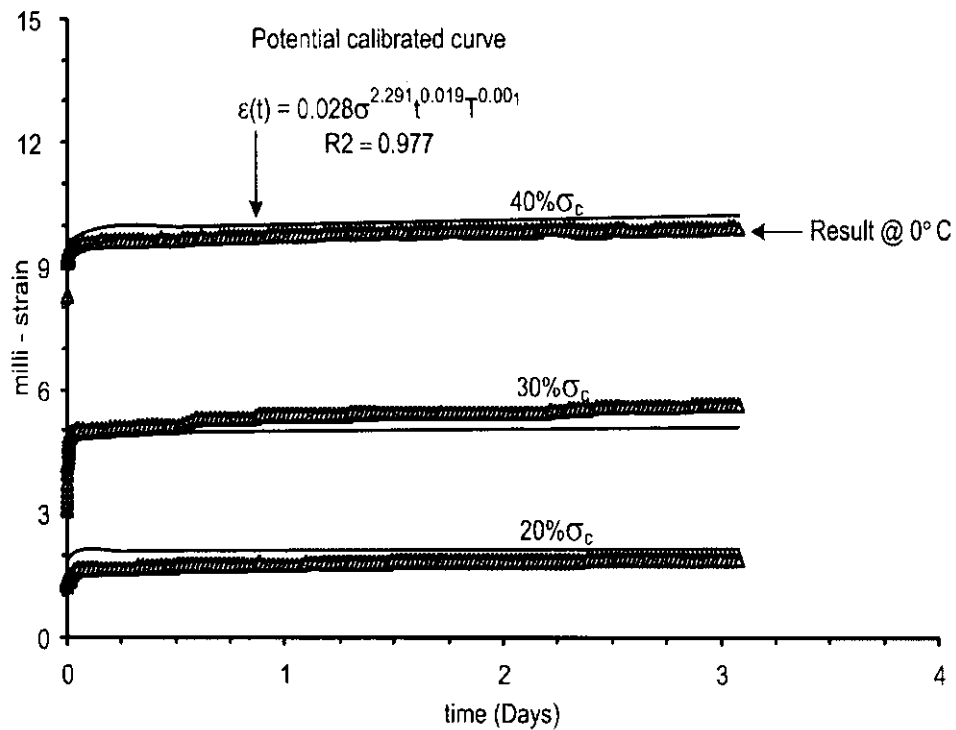
สมการของ exponential laws คือ

$$\epsilon(t) = \sigma' \sigma^m t^n \exp(-\lambda/T) \quad \text{ช่วงอัตราความเครียดเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา (Transient phase)}$$

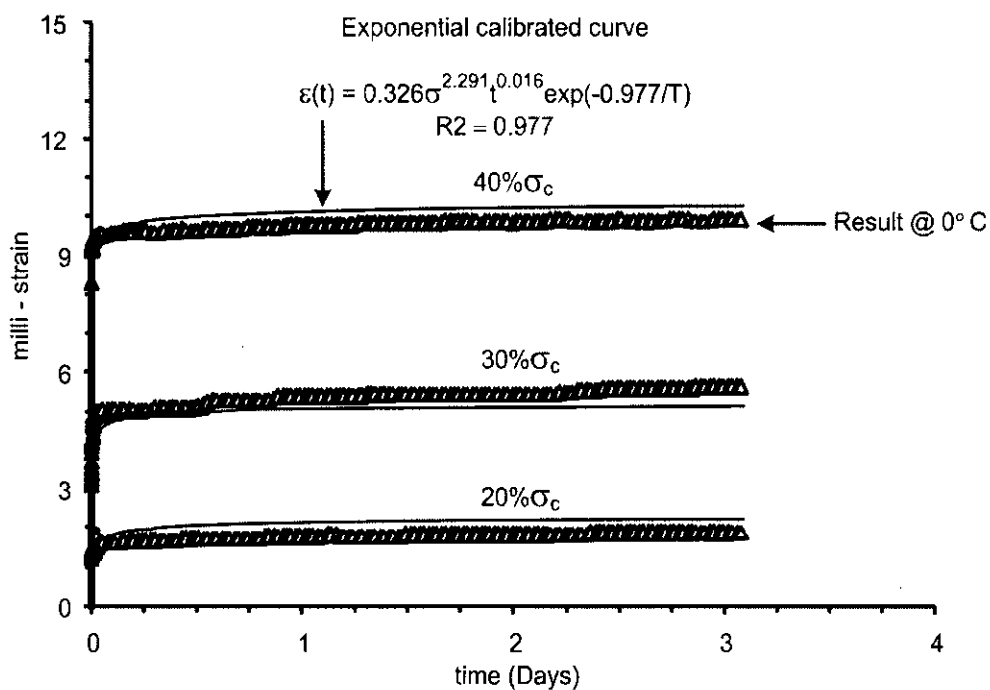
เมื่อ ϵ คือ ความเครียด σ คือความเค้นในแนวนอน t คือเวลา T คืออุณหภูมิ (องศาเคลวิน) และ $K', \beta, \gamma, \alpha, A', B, C, B', m, n, \lambda$ คือค่าคงที่ (Creep parameter) เมื่อนำผลการทดสอบมาเทียบค่าตัวแปรที่ใช้อธิบายพฤติกรรม การเปลี่ยนแปลงรูปร่างในเชิงเวลาของเกลือหินได้ผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 4 ส่วนรูปที่ 8 แสดงสมการของการสอบเทียบค่าตัวแปรของพฤติกรรม การเปลี่ยนรูปร่างเชิงเวลาของตัวอย่างเกลือหิน transient phase โดยใช้สมการ Potential laws ของผลการทดสอบการเคลื่อนไหลในแกนเดียว (Uniaxial creep test) ภายใต้อุณหภูมิ 0°C ที่สภาวะการให้ความเค้นในแนวนอนที่ 20, 30 และ 40 เปอร์เซนต์ ของกำลังรับแรงกดสูงสุดในแกนเดียว (σ_c) รูปที่ 9 แสดงสมการการสอบเทียบค่าตัวแปรของพฤติกรรม การเปลี่ยนรูปร่างเชิงเวลาของตัวอย่างเกลือหินช่วง transient phase โดยใช้สมการ Exponential laws ของผลการทดสอบการเคลื่อนไหลในแกนเดียว (Uniaxial creep test) ภายใต้อุณหภูมิ 0°C ที่สภาวะการให้ความเค้นในแนวนอนที่ 20, 30 และ 40 เปอร์เซนต์ ของกำลังรับแรงกดสูงสุดในแกนเดียว (σ_c) และรูปที่ 10 แสดงสมการของการสอบเทียบค่าตัวแปรของพฤติกรรม การเปลี่ยนรูปร่างเชิงเวลาของตัวอย่างเกลือหินช่วง steady state phase โดยใช้สมการ Potential laws ของผลการทดสอบการเคลื่อนไหลในแกนเดียว (Uniaxial creep test) ภายใต้ อุณหภูมิ 0°C ที่สภาวะการให้ความเค้นในแนวนอนที่ 20, 30 และ 40 เปอร์เซนต์ ของกำลังรับแรงกดสูงสุดในแกนเดียว (σ_c)

ตารางที่ 4 ผลการสอบเทียบค่าตัวแปรโดยโปรแกรม SPSS

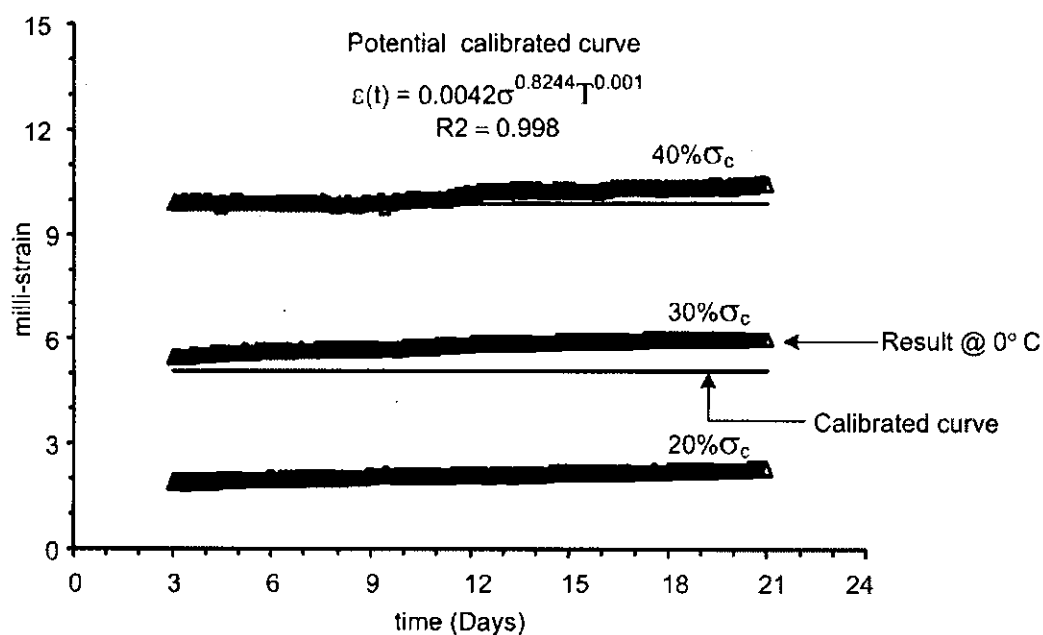
ช่วงของการเปลี่ยนรูปร่าง	Empirical laws	ค่า Creep parameter	ค่า R^2
Transient phase	Potential laws	$K' = 0.028$ $\beta = 2.291$ $\gamma = 0.016$ $\alpha = 0.001$	0.977
	Exponential laws	$B' = 0.326$ $m = 2.291$ $n = 0.016$ $\lambda = 0.977$	0.977
Steady state phase	Potential laws	$A' = 0.0042$ $B = 0.8244$ $C = 0.001$	0.998



รูปที่ 8 การสอบเทียบค่าตัวแปรของพฤติกรรมเปลี่ยนรูปร่างเชิงเวลาของตัวอย่างเกลือหิน transient phase โดยใช้สมการ Potential laws



รูปที่ 9 การสอบเทียบค่าตัวแปรของพฤติกรรมกาเปลี่ยนรูปร่างเชิงเวลาของตัวอย่างเกลือหินช่วง transient phase โดยใช้สมการ Exponential laws



รูปที่ 10 การสอบเทียบค่าตัวแปรของพฤติกรรมกาเปลี่ยนรูปร่างเชิงเวลาของตัวอย่างเกลือหินช่วง steady state phase โดยใช้สมการ Potential laws

ขั้นตอนที่ 5 การออกแบบโครงงานและการศึกษาระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

- ยังไม่ดำเนินการ จะดำเนินการช่วงเดือนที่ 1-10 ของปีที่ 2 -

ขั้นตอนที่ 6 การถ่ายทอดเทคโนโลยี

- ยังไม่ดำเนินการ จะดำเนินการช่วงเดือนที่ 9-12 ของปีที่ 2 -

ขั้นตอนที่ 7 การสรุปผลและการเขียนรายงาน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสรุปผลและเขียนรายงานในส่วนที่ได้ดำเนินการไปแล้วดังนี้

- การทบทวนวรรณกรรมวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- การจัดเตรียมตัวอย่างเกลือหิน
- การทดสอบในห้องปฏิบัติการ
- การวิเคราะห์ผลการทดสอบและสอบเทียบค่าตัวแปร
- บรรณานุกรม

โดยขั้นตอนและผลการศึกษาทั้งหมดจะนำมาสรุปในรายงานฉบับสมบูรณ์ต่อไป

9. การถ่ายทอดเทคโนโลยี การเผยแพร่ผลงานวิจัย การจดสิทธิบัตร ผลตอบแทนทางธุรกิจ เป็นต้น
จะดำเนินการช่วงเดือนที่ 9-12 ของปีที่ 2

10. ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข
ไม่มี

11. แผนการดำเนินงานหรือกิจกรรมที่จะทำในช่วงต่อไป

ขั้นตอน	ปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2554)						ปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2555)					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1. ทบทวนวรรณกรรมวิจัย	↔											
2. การจัดเตรียมหินตัวอย่างเกลือหิน	↔	→										
3. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ		←						→				
4. การวิเคราะห์ผลการทดสอบและ สอบเทียบค่าตัวแปร				←				→				
5. การออกแบบโครงงานและ การศึกษาระเบียบวิธีเชิงตัวเลข							↔				→	
6. การถ่ายทอดเทคโนโลยี											↔	
7. การสรุปผลและเขียนรายงาน			↔			↔			↔		↔	



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
ปีที่ 3178/2555
วันที่ ๑ ต.ค. 2555
เลข 1030

หน่วยงาน : สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ 4229 โทรสาร 4220
ที่ ศร 5614(22)/ ๕80 วันที่ 8 ตุลาคม 2555
เรื่อง ขอส่งเอกสารทำสัญญาโครงการต่อเนื่อง
เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ขอส่งเอกสารทำสัญญาโครงการต่อเนื่อง ที่ได้รับจัดสรรงบประมาณจากสำนักงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ 2556 ของ รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร จำนวน 4 โครงการๆ ละ 2 ชุด พร้อมแผนการใช้จ่ายเงิน ดังนี้

ชื่อโครงการ	หัวหน้าโครงการ	งบประมาณ
1. การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร SUT7-719-55-24-32	280,000
2. การจำลองการทรุดตัวของผิวดินในสามมิติโดยใช้แบบจำลองเชิงกายภาพแบบย่อส่วน	รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร SUT7-719-55-24-39	250,000
3. ผลกระทบของแรงแบบวัฏจักรต่อกำลังเฉือนของรอยแตกในหิน	รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร SUT7-719-55-24-31	240,000
4. การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน	รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร SUT7-719-55-24-30	220,000

แนบ : เอกสาร ๓๖-๓
พ.๒๕๕๕

พร้อมนี้ได้แนบ รายงานการเงินงวดที่ 2 ของปีที่ 1 พร้อมใบเสร็จทุกโครงการ

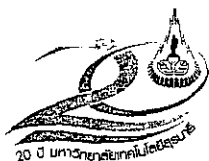
จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา ดำเนินการต่อไป

เรียน ฝ่ายธุรการ
เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

(รศ.ดร.อนันต์ ทองอ้วน)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

๑๐ ต.ค. 2555

(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)
หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ปฏิบัติการแทนคณบดี



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

SUT7-719-55-24-32

หน่วยงาน ฝ่ายธุรการ งานการเงินสถาบันวิจัยและพัฒนา

โทรศัพท์ 4702/4757 / โทรสาร 4750

ที่ ศธ 5621/ ๗๙๗

วันที่ 23 เม.ย. 2555

เรื่อง ขอส่งเอกสารด้านการเงินกลับคืน

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร

ตามที่ท่านได้ส่งเอกสารทางการเงินของชุดโครงการการจัดการด้านความปลอดภัยและอนุรักษ์พลังงาน
ในงานอุตสาหกรรมโครงการวิจัยการประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
สำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ งบประมาณ พ.ศ. 2555 งวดที่ 1 ได้รับเงินเป็นจำนวนทั้งสิ้น
120,000.00 บาท (หนึ่งแสนสองหมื่นบาทถ้วน) มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้นจริงจำนวน 109,240.09 บาท (หนึ่งแสนเก้าพันสอง
ร้อยสี่สิบบาทเก้าสตางค์) นั้น สถาบันวิจัยและพัฒนาได้ดำเนินการตรวจสอบเอกสารทางการเงินเรียบร้อยแล้ว และต้องม
ีการแก้ไขหรือใช้เอกสารเพิ่มเติม (ตามเอกสารแนบ)

และเนื่องจากในปัจจุบันสถาบันวิจัยและพัฒนาไม่มีพื้นที่เพียงพอในการเก็บเอกสาร ซึ่งอาจเกิดการสูญ
หายของใบเสร็จรับเงินได้ จึงขอส่งคืนเพื่อแก้ไขใบเสร็จที่ไม่ถูกต้อง(ถ้ามี) เมื่อท่านพร้อมปิดโครงการวิจัยแล้ว ให้นำ
เอกสารทางการเงินทั้งหมดส่งมาในคราวเดียว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

จุไรรัตน์ พุ่มโพธิ์สุวรรณ

ฝ่ายธุรการ สถาบันวิจัยและพัฒนา

โทร 4702/4757 โทรสาร 4750

ส่งเอกสาร 18/04/2555

คำอธิบายการจัดทำรายงานผลการศึกษา
และความก้าวหน้าด้านวิทยานิพนธ์ของผู้รับทุน

ผู้รับทุนจะต้องส่งรายงานความคิดเห็นต่อผลการศึกษาและความก้าวหน้าด้านวิทยานิพนธ์ของนักศึกษาผู้ได้รับทุน ให้ผู้ให้ทุนทราบทุก 6 เดือน จนกว่านักศึกษาผู้ได้รับทุนจะสำเร็จการศึกษาโดยมีรายละเอียดในการจัดทำ ดังนี้

1. หน้า 4 / 5 โปรดให้ความเห็นเกี่ยวกับผลการศึกษาของนักศึกษาผู้ได้รับทุน โดยเฉพาะเมื่อผลการเรียนได้เกรดต่ำกว่า 3.25 หรือติด X I หรือ U ตลอดจนแนวทางการแก้ไขปัญหา อนึ่ง ถ้านักศึกษามีปัญหาด้านวิชาการหรือปัญหาส่วนตัวที่น่าวิตก ขอให้รีบแจ้งด้วย เพื่อจักได้หาทางแก้ไขได้อย่างเหมาะสมและทันการณ์
2. หน้า 4 / 5 โปรดให้ความเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของแผนการลงทะเบียนเรียน แผนการดำเนินการด้านวิจัย และการไปต่างประเทศ ตามที่นักศึกษาผู้ได้รับทุนเสนอ
3. หน้า 4 / 5 ขอให้รายงานเกี่ยวกับกิจกรรมพิเศษ (ถ้ามี) ที่ได้จัดไว้สำหรับนักศึกษาผู้ได้รับทุน เช่น การจัดให้นักศึกษาผู้ได้รับทุนนำเสนอรายงานผลการวิจัยในเวทีต่างๆ การจัดบรรยายโดยผู้เชี่ยวชาญต่างประเทศ ตลอดจนการได้นำผลงานวิจัยไปเสนอในที่ประชุมวิชาการ หรือนำไปตีพิมพ์ในวารสาร ฯลฯ (ถ้ามี โปรดแนบสำเนา)



0-5514265

บันทึกข้อความ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบ สบวพ.-จ-01
FORM-JRD-B-01

สถาบันวิจัยและพัฒนา
รับที่ 1072/2555
วันที่ 4 เม.ย. 2555
1000/

หน่วยงาน.....สถาบันวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์.....โทรเลข 4229
ที่ ศธ. 5614(22)/ 180.....วันที่ 3 มิถุนายน 2555
เรื่อง ขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555.....งวดที่ 2

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

007-716 คร-24-32

ตามที่ข้าพเจ้า.....รศ.ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร.....สังกัดสำนักวิชา.....วิศวกรรมศาสตร์.....
ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 เพื่อใช้จ่ายในโครงการวิจัยเรื่อง
การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับักเก็บก๊าซ
คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น.....240,000.....บาท นั้น

ข้าพเจ้าขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อดำเนินงานวิจัยโครงการ ดังกล่าว ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555
เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น.....120,000.....บาท (.....หนึ่งแสนสองหมื่นบาทถ้วน.....) ตามประมาณการรายจ่าย ดังนี้

ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....ปริญญาโท.....อัตราเดือนละ.....10,000.....บาท

ระยะเวลา.....6.....เดือน จำนวน.....1.....คน เป็นเงิน.....60,000.....บาท

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....อัตราเดือนละ.....บาท

ระยะเวลา.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท

ค่าจ้างคนงานเดือน/รายวัน อัตราเดือนละ/วันละ.....บาท

ระยะเวลา.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท

รวม.....บาท

ค่าตอบแทนใช้สอย และวัสดุ ประกอบด้วย

.....ค่าจ้างเหมานักศึกษาทดสอบหิน.....เป็นเงิน.....12,000.....บาท

.....ค่าใช้สอยและค่าใช้จ่ายอื่นๆ.....เป็นเงิน.....11,500.....บาท

.....ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ.....เป็นเงิน.....26,500.....บาท

.....ค่าวัสดุสำนักงานและวัสดุอื่นๆ.....เป็นเงิน.....10,000.....บาท

.....เป็นเงิน.....บาท

.....เป็นเงิน.....บาท

.....เป็นเงิน.....บาท

.....เป็นเงิน.....บาท

รวม.....60,000.....บาท

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ



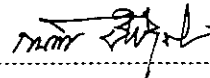
(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าโครงการวิจัย



(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

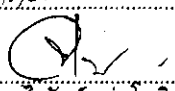
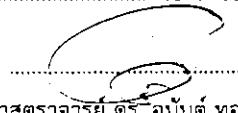
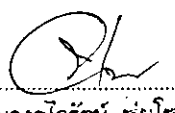
หัวหน้าสถานวิจัย



(รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กันตธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

- 3 มี.ย. 2555

(2) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ☒ คณะอนุกรรมการฯ ได้รับรองรายงานความก้าวหน้าและการใช้จ่ายเงินฯงวดที่ 1/2555 แล้ว 2 มี.ย. 55 ☐ ถูกต้อง ครบถ้วน เห็นสมควรอนุมัติตามรายการที่เสนอในวงเงิน 120,000 - บาท (หนึ่งแสนสองหมื่นบาทถ้วน)  (นางจุไรรัตน์ พุ่มไสิสุวรรณ) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป 2 มี.ย. 2555	(3) ☒ อนุมัติให้เบิกเงินอุดหนุนการวิจัยตามรายการและเงื่อนไขข้างต้นได้ ☐ โปรดแก้ไขตามข้อ (2) และ.....  (รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 2 มี.ย. 2555
(4.1) ☐ เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี เพื่อโปรดดำเนินการโอนเงินอุดหนุนการวิจัยจำนวน 120,000 บาท (หนึ่งแสนสองหมื่นบาทถ้วน) - เข้าบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ธนาคารไทยพาณิชย์สาขาย่อย มทส. ชื่อบัญชี มทส. โครงการกักกันพืชตามโครงการวิจัย เลขที่บัญชี 407-249360-5 ด้วย จักขอบคุณยิ่ง  (รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ ทองระอา) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 2 มี.ย. 2555	(4.2) ☐ เรียน หัวหน้าโครงการวิจัย สวพ. ขอส่งสำเนาบันทึกขออนุมัติเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน สำหรับบันทึกขออนุมัติฉบับจริงได้ส่งให้ส่วนการเงินและบัญชีเก็บไว้เป็นหลักฐานเพื่อใช้ในการดำเนินการโอนเงินเข้าบัญชีโครงการวิจัยแล้ว เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป  (นางจุไรรัตน์ พุ่มไสิสุวรรณ) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป 2 มี.ย. 2555



บันทึกข้อความ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

หน่วยงาน ฝ่ายประสานงานการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา โทร. 4753 โทรสาร 4750

ที่ ศธ 5621/ว | 87

วันที่ ๖ เมษายน 2555

เรื่อง ขอมติคณะอนุกรรมการพิจารณาถ้อยแถลงและจัดสรรงบประมาณโครงการวิจัย

เรียน <<สำเนาแจ้งท้าย>>

เนื่องด้วยคณาจารย์ที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ได้ส่งรายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย จำนวน 4 โครงการ มาเพื่อขอความเห็นชอบจากคณะอนุกรรมการฯ ประกอบด้วย

1. โครงการวิจัย เรื่อง การประเมินศักยภาพทางด้านกลศาสตร์ของชั้นเกลือหินเพื่อใช้กักเก็บก๊าซธรรมชาติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (SUT7-719-54-24-30)
โดย รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
2. โครงการวิจัย เรื่อง การจำลองการทรุดตัวของผิวดินในสามมิติโดยใช้แบบจำลองเชิงกายภาพแบบย่อส่วน (SUT7-719-55-24-29)
โดย รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
3. โครงการวิจัย เรื่อง การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กักตัวอย่างหินในช่องแกน (SUT7-719-55-24-30)
โดย รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
4. โครงการวิจัย เรื่อง การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย สำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (SUT7-719-55-24-32)
โดย รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนา จึงขอความร่วมมือจากท่านในการพิจารณาเรื่องที่แจ้งเรียนเพื่อขอความเห็นชอบดังกล่าว ตามรายละเอียดในเอกสารแนบท้าย และโปรดแจ้งผลการพิจารณา หรือความเห็นอื่นๆ แก่สถาบันวิจัยฯ ตามแบบแจ้งผลการพิจารณาด้านหลังของบันทึกข้อความฉบับนี้ ภายในวันที่ 17 เมษายน 2555 ด้วย จักขอบคุณยิ่ง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สำเนาแจ้งท้าย

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาแพทยศาสตร์

หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาพยาบาลศาสตร์

**ผลงานวิจัย (ผลิตภัณฑ์/ชิ้นงาน/งาน) สู่การใช้ประโยชน์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี**

ข้อมูลทั่วไป

- ชื่อ ClusterSub-cluster (RU) ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตของภาคอุตสาหกรรม
ชื่อหัวหน้า RU รองศาสตราจารย์ ร.อ. ดร. กนต์ธร ขำนิประศาสน์
- ผู้ประดิษฐ์หลัก/ผู้ที่สามารถให้รายละเอียดเพิ่มเติม ชื่อ.....
สาขาวิชา.....สำนักวิชา.....อีเมล.....
โทร.....

รายละเอียดผลงาน

- ชื่อผลิตภัณฑ์/ชิ้นงาน/งาน ชุดจับยึดสำหรับการผลิตโครงสร้างหลักรถยนต์โดยสารชนิดที่ 3
- ลักษณะของผลิตภัณฑ์/ (ผลิตภัณฑ์อะไร มีลักษณะสำคัญอย่างไร ใช้ประโยชน์อะไร 5-10 บรรทัด)
เป็นเครื่องที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรมรถยนต์
- หน่วยงาน/ชุมชน/เอกชนที่สามารถใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์/ผลงานวิจัย (เลือกข้อใดข้อหนึ่ง)
[] ยังไม่มีผู้นำไปใช้
[V] นำไปใช้แล้วโดย (ระบุชื่อ ที่อยู่ของบุคคล/หน่วยงาน).
บริษัท เซิตชัย อุตสาหกรรม จำกัด
- การจดสิทธิบัตร (เลือกข้อใดข้อหนึ่ง)
[] ยังไม่ได้ยื่นจด [] ยื่นจดแล้วเมื่อปี พ.ศ.....ได้เลขที่แล้วคือ.....
- จำนวนบทความ/การเสนอผ่านสื่อต่าง ๆ ที่เกิดจากผลงานนี้ (ถ้ามี)
[] ระดับชาติ.....บทความ [] นานาชาติ.....บทความ
[] ในสิ่งพิมพ์ในมหาวิทยาลัย.....บทความ (ระบุ).....
[] ในสิ่งพิมพ์ภายนอกมหาวิทยาลัย.....บทความ (ระบุ).....
[] ผ่านวิทยุ/โทรทัศน์ (ระบุ).....

รูป/ภาพถ่ายผลิตภัณฑ์ (2-3 รูป)

.....

หมายเหตุ

- 1) ผลิตภัณฑ์/ชิ้นงาน/งาน หมายถึง ผลิตภัณฑ์หรือผลงานที่ใช้ประโยชน์/แก้ปัญหา
รวมถึงเป็นองค์ความรู้หรือการค้นพบที่มีเอกชน หน่วยงาน หรือชุมชนนำไปใช้ เช่น นำไปใช้เพื่อให้ประชาชนมี
สุขภาพดีขึ้น องค์ความรู้ที่ทำให้ผลผลิตเกษตรกรรมสูงขึ้น หรือการก่อให้เกิดรายได้ เป็นต้น
- 2) หนึ่ง Cluster อาจจะมีผลงานหลายชิ้น ขอให้ใช้ 1 แบบฟอร์ม สำหรับผลิตภัณฑ์/
ชิ้นงาน/งาน 1 ชิ้น
- 3) แต่ละ Cluster ส่งแบบฟอร์ม ในรูปของ MS word ส่งมหาวิทยาลัยเพื่อส่งต่อให้ สกอ.

รายละเอียดเพิ่มเติมประกอบการพิจารณารับรองรายงานความก้าวหน้า
(ตามที่ระบุในแบบเสนอโครงการวิจัย)

รหัสโครงการ SUT7-719-55-24-32

ชื่อโครงการวิจัย การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
สำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ระยะเวลาดำเนินการตลอดโครงการ

2 ปี (2555-2556)

วงเงินที่ได้รับจัดสรร

ปีงบประมาณ 2555 จำนวน 240,000.00 บาท

ขออนุมัติเบิกจ่ายไปแล้ว

งวดที่ 1/2555 จำนวน 120,000.00 บาท ใช้จ่ายจริง ณ วันที่รายงาน 109,240.09 บาท

ยื่นเสนอขออนุมัติครั้งนี้

งวดที่ 2/2555 จำนวน 120,000.00 บาท

ความก้าวหน้าตั้งแต่เริ่มโครงการวิจัยจนถึงปัจจุบันคิดเป็น ร้อยละ 25

เอกสารประกอบการพิจารณาอื่น ๆ

- | | | | |
|---|-------|---|------|
| 1. แบบรายงานความก้าวหน้าของการวิจัย | จำนวน | 9 | หน้า |
| 2. รายงานแสดงการใช้จ่ายเงินประจำงวดที่ 1/2555 | จำนวน | 1 | หน้า |
-

SUT7-719-๓๓-๒4-32

รายงานแสดงการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Research Expenditure Report

1. โครงการวิจัยเรื่อง การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
Name of Project สำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
2. ชื่อหัวหน้าโครงการ รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์
Name of head of project Institute of
3. ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 ทั้งสิ้น
Received University Research Fund for Fiscal Year for the amount of

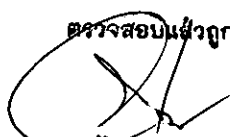
240,000 บาท โดยได้รับเงินจากมหาวิทยาลัยครั้งล่าสุดและใช้จ่ายไปแล้ว ดังนี้
baht with the most recent payment from the university and actual expense as follows:

- ☒ งวดที่ 1 ได้รับเงิน 120,000.00 บาท ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น 109,240.09 บาท
Installment No. Total amount received baht Total amount spent baht
- ☐ ค่าครุภัณฑ์ ได้รับเงิน - บาท ใช้จ่ายจริงไปทั้งสิ้น - บาท
Equipment (expense) allocation baht Total amount spent baht

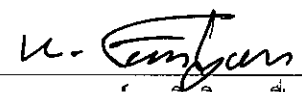
ดังรายละเอียดต่อไปนี้ as follows :

รายการค่าใช้จ่าย Expenditures	งบประมาณ (บาท) Budget (baht)				หมายเหตุ Notes
	ได้รับจัดสรร ตลอดปี Allocation for the whole year	เบิกจ่ายแล้ว ในงวดก่อน Previous installment activated	เบิกจ่ายในงวดนี้ Installment to be activated this time	คงเหลือเบิกจ่าย ครั้งต่อไป Remaining funds to be activated	
ค่าจ้างชั่วคราว ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัย (นักศึกษาปริญญาโท)	120,000.00		66,000.00	54,000.00	
รวม (Total)	120,000.00	-	66,000.00	54,000.00	
ค่าตอบแทน ใช้สอย และวัสดุ ค่าตอบแทน ใช้สอย ค่าใช้สอยและค่าจ้างเหมาต่างๆ	47,000.00		6,221.00	40,779.00	
ค่าวัสดุ ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ และค่าวัสดุอื่นๆ	73,000.00		37,019.09	35,980.91	
รวม (Total)	120,000.00	-	43,240.09	76,759.91	
ค่าครุภัณฑ์	-	-	-	-	
รวม (Total)	-	-	-	-	
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น (Grand total)	240,000.00	-	109,240.09	130,759.91	

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าข้อมูลความดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

ตรวจสอบแล้วถูกต้อง

(นางรุโรจน์ พุ่มโพธิ์สุวรรณ)
เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป

ลงชื่อ


(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)
หัวหน้าโครงการ

รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย
เพื่อประกอบการพิจารณาอนุมัติเงินงวดที่ 1/2555

ผลการดำเนินงานระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2554 ถึงวันที่ 29 กุมภาพันธ์ 2555

1. ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับ
กักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

(ภาษาอังกฤษ) Performance Assessment of Rock Salt Formation in the Northeast of Thailand for
CO₂ Storage

2. หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร

3. หน่วยงาน

หน่วยวิจัยกลศาสตร์ธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ (044) 223-363 โทรสาร (044) 223-363 E-mail: kittitep@sut.ac.th

4. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) เพื่อศึกษาคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์พื้นฐานของตัวอย่างเกลือหินในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิใกล้ 0°C เพื่อ
สร้างเกณฑ์การแตก (ความแข็ง) ของเกลือหิน อุณหภูมิที่ทำการทดสอบนี้จะเป็นสถานะเดียวกันกับโพรง
เกลือที่อยู่ภายใต้ความดันต่ำ
- 2) ศึกษาการเคลื่อนไหลในแกนเดียวของตัวอย่างเกลือหินในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิต่ำในช่วง 0 ถึง 30°C
(ซึ่งสัมพันธ์กับช่วงอุณหภูมิที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีสถานะเป็นของเหลวในสถานะกักเก็บ)_เพื่อศึกษา
คุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของตัวอย่างเกลือหินที่ขึ้นกับเวลา (Time dependent) โดยพิจารณา
ผลกระทบจากอุณหภูมิด้วย
- 3) สอบเทียบค่าตัวแปรจากสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (การหดและ
ขยายตัว) ของเกลือหินในเชิงเวลา โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เช่น SPSS ค่าที่ได้จะนำไปใช้กำหนดคุณสมบัติ
ของเกลือหินในขั้นตอนการวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข
- 4) เปรียบเทียบทดสอบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์และพฤติกรรมของเกลือหินในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้องและ
ภายใต้สถานะการกักเก็บ

5. แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ขั้นตอน	ปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2555)						ปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2556)					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1. ทบทวนวรรณกรรมวิจัย	↔											
2. การจัดเตรียมตัวอย่างเกลือหิน	↔	↔										
3. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ		↔	↔	↔	↔	↔						
4. การวิเคราะห์ผลการทดสอบและ สอบเทียบค่าตัวแปร				↔	↔	↔						
5. การออกแบบโปรแกรมเกลือและ การศึกษาด้วยระเบียบวิธีเชิง ตัวเลข							↔	↔	↔	↔		
6. การถ่ายทอดเทคโนโลยี											↔	↔
7. สรุปผลและเขียนรายงาน			↔			↔			↔			↔

6. แผนการดำเนินงานหรือกิจกรรมที่วางแผนว่าจะทำในช่วงที่รายงานนี้

ขั้นตอน	ปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2555)					
	1	2	3	4	5	6
1. การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	↔	↔				
2. การจัดเตรียมตัวอย่างเกลือหิน เพื่อใช้ในการ ทดสอบ	↔	↔	↔	↔		
3. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ			↔	↔	↔	↔
4. การวิเคราะห์ผล						
5. การคำนวณด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์						
6. การถ่ายทอดเทคโนโลยี						
7. การสรุปผลและเขียนรายงาน						↔

7. ผลการดำเนินงานวิจัยที่ทำได้จริง

ขั้นตอน	ปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2555)					
	1	2	3	4	5	6
1. การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	← 100 % →					
2. การจัดเตรียมตัวอย่างเกลือหิน เพื่อใช้ในการทดสอบ	←			100 % →		
3. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ			←			35 %
4. การวิเคราะห์ผล						
5. การคำนวณด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์						
6. การถ่ายทอดเทคโนโลยี						
7. การสรุปผลและเขียนรายงาน						← 100 % →

8. ความก้าวหน้าตั้งแต่เริ่มโครงการจนถึงปัจจุบันคิดเป็นร้อยละ 25 โดยประมาณ (โครงการ 2 ปี)

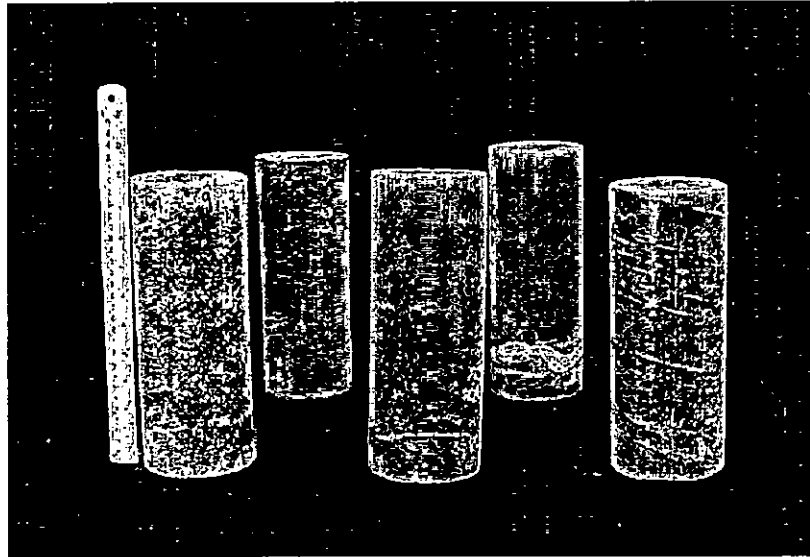
งานวิจัยได้ดำเนินการเป็นไปตามแผนงาน สำหรับช่วงเวลา 6 เดือนแรก ซึ่งสามารถสรุปความก้าวหน้าได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

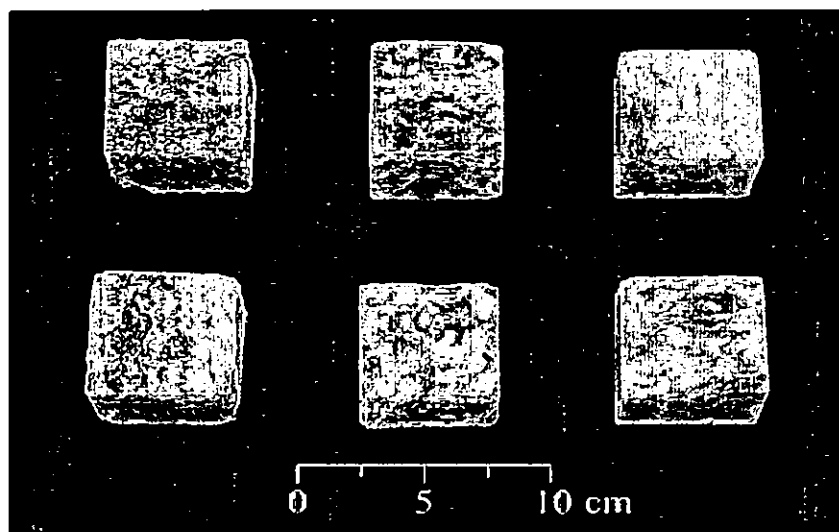
มีการทบทวนวรรณกรรมวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยทำการค้นคว้าและศึกษาวารสาร รายงาน และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาพฤติกรรมของเกลือหินและผลกระทบของอุณหภูมิ ในเชิงเวลา เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในงานวิจัยนี้ ซึ่งดำเนินการแล้วเสร็จ 100%

ขั้นตอนที่ 2 การจัดเตรียมตัวอย่างหินเพื่อใช้ในการทดสอบ

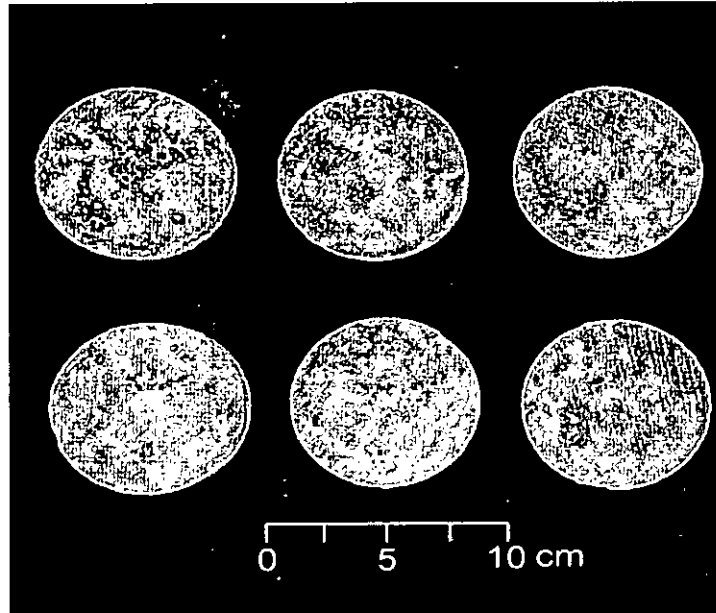
ขั้นตอนนี้ได้ดำเนินการแล้วเสร็จ 100% โดยแท่งตัวอย่างเกลือหินที่ใช้ในการทดสอบได้รับความอนุเคราะห์มาจากองค์กรต่างๆ เช่น บริษัท เกลือพิมาย จำกัด และบริษัท เหมืองแร่โปแตชบำเหน็จณรงค์ ตัวอย่างเกลือหินจะถูกตัดและกลึงให้อยู่ในรูปแบบเพื่อใช้ในการทดสอบคุณสมบัติและพฤติกรรมที่เกี่ยวข้อง คือ ตัวอย่างเกลือหินรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ยาว 250 มิลลิเมตร ($L/D = 2.5$) ใช้สำหรับทดสอบคุณสมบัติการเปลี่ยนรูปในเชิงเวลา (Uniaxial creep test) ดังรูปที่ 1 ตัวอย่างเกลือหินรูปลูกบาศก์ ขนาด $54 \times 54 \times 54$ มิลลิเมตร ใช้สำหรับทดสอบแรงกดในแกนเดียวและการทดสอบแรงกดในสามแกน ดังรูปที่ 2 ตัวอย่างเกลือหินรูปกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 48 มิลลิเมตร ยาว 24 มิลลิเมตร ($L/D = 0.5$) ใช้สำหรับทดสอบแรงดึงแบบบราซิลดังรูปที่ 3



รูปที่ 1 ตัวอย่างเกลื่อนหินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร ยาว 250 มิลลิเมตร ($L/D = 2.5$) สำหรับใช้ในการทดสอบคุณสมบัติการเปลี่ยนรูปในเชิงเวลาของเกลื่อนหิน (Uniaxial creep test);



รูปที่ 2 ตัวอย่างเกลื่อนหินขนาด 54×54×54 มิลลิเมตร ที่เตรียมไว้สำหรับการทดสอบค่ากำลังกดสูงสุด ในสามแกนและในแกนเดียว



รูปที่ 3 ตัวอย่างเกลือหินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 48 มิลลิเมตร ยาว 24 มิลลิเมตร ($L/D = 0.5$)
ที่เตรียมไว้สำหรับการทดสอบกำลังแรงดึงแบบบราซิล

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

โครงการวิจัยนี้แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) การทดสอบการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์เหลวกับแท่งตัวอย่างเกลือหิน 2) การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์พื้นฐานของเกลือหิน และ 3) การทดสอบคุณสมบัติการเปลี่ยนรูปในเชิงเวลาของเกลือหิน ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการแล้วร้อยละ 35 คือ การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์พื้นฐานของเกลือหิน ประกอบด้วย การทดสอบแรงกดในแกนเดียว การทดสอบแรงกดในสามแกน และการทดสอบแรงดึงแบบบราซิล ซึ่งแต่ละการทดสอบได้แปรผันอุณหภูมิที่ 2 ระดับ ในช่วง $0-30^{\circ}\text{C}$ ผลการทดสอบกำลังกดสูงสุดในแกนเดียวของตัวอย่างเกลือหินดังแสดงในตารางที่ 1 ส่วนตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบกำลังกดสูงสุดในสามแกนของตัวอย่างเกลือหิน และตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบกำลังแรงดึงแบบบราซิลของตัวอย่างเกลือหิน สำหรับการทดสอบคุณสมบัติการเปลี่ยนรูปในเชิงเวลาของเกลือหินโดยพิจารณาที่อุณหภูมิเข้าใกล้ 0°C มีรูปแบบการทดสอบที่อุณหภูมิใกล้ 0°C ในเชิงเวลาดังแสดงในรูปที่ 4 รูปที่ 5 แสดงรูปแบบการติดตั้งการทดสอบการเคลื่อนไหลในแกนเดียวที่อุณหภูมิใกล้ 0°C ซึ่งตัวอย่างที่ 1 ใช้เวลาในการทดสอบ 21 วัน ภายได้ความเค้นกดในแกนเดียวที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังรับแรงกดในแกนเดียว (σ_c) ของเกลือหิน คิดเป็น 9.6 MPa ผลการทดสอบได้แสดงไว้ในรูปที่ 6

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ผล

จะเริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือนที่ 7 ของปีที่ 1

ขั้นตอนที่ 5 การคำนวณด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

จะเริ่มดำเนินการในปีที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบแรงกดในแกนเดียวของตัวอย่างเกลือหิน

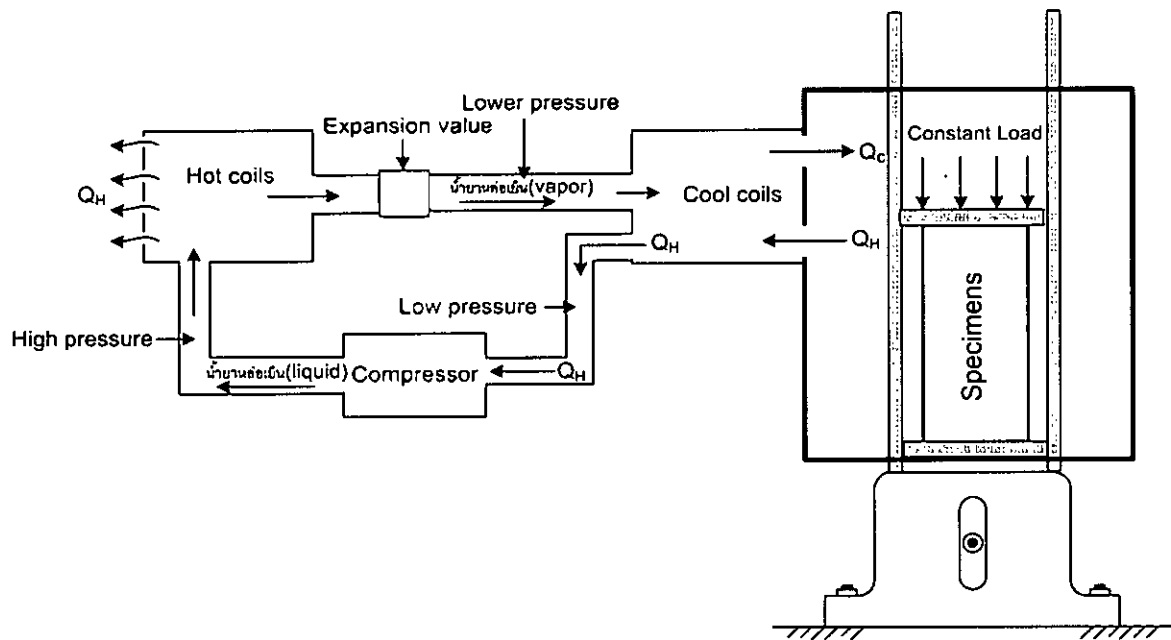
Specimen no.	ρ (g/cc)	Temperature (Kelvin)	σ_c (MPa)
UCS 45-47	2.12 ± 0.03	277.0 ± 2.3	37.9 ± 3.0
UCS 81,87,90	2.00 ± 0.05	298.0 ± 0.6	37.0 ± 2.5

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบแรงกดในสามแกนของตัวอย่างเกลือหิน

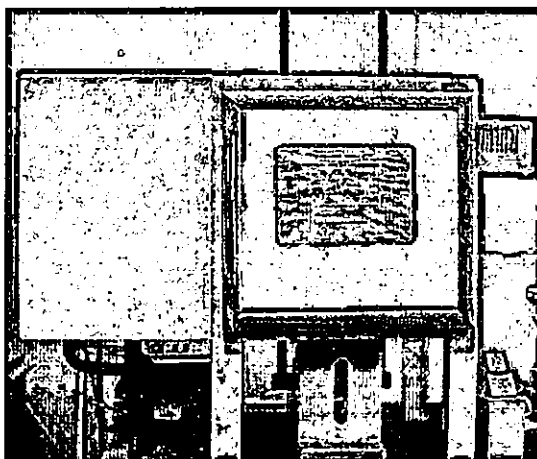
σ_3 (MPa)	σ_1 (MPa)	
	Testing Temperature	
	274 K	280 K
1.6	49.0	45.9
3	63.6	60.9
5	77.9	76.8
10	96.6	93.0
15	109.5	105.0
20	118.6	113.3
30	135.0	128.5

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบแรงดึงแบบบราซิลของตัวอย่างเกลือหิน

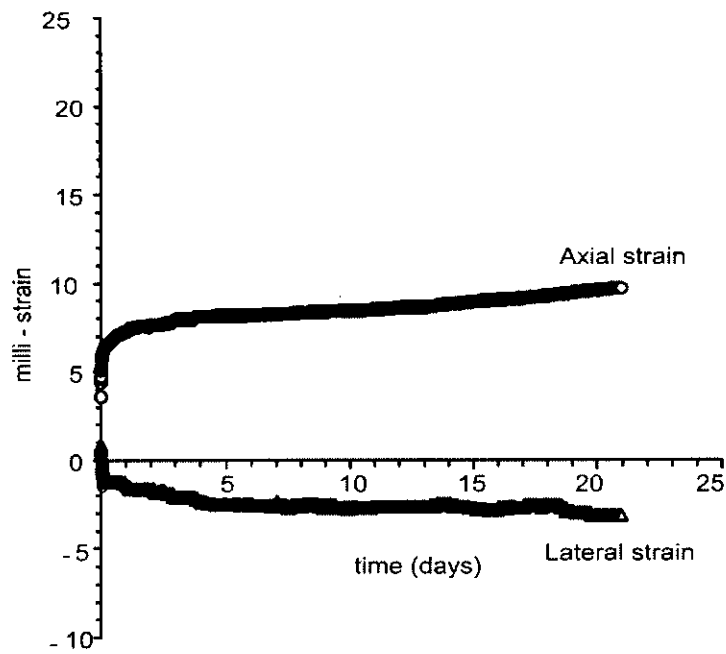
Specimen no.	ρ (g/cc)	Temperature (Kelvin)	σ_B (MPa)
BZ 1-10	2.12 ± 0.01	274.0 ± 3.1	7.3 ± 0.51
BZ 11-20	2.10 ± 0.05	297.5 ± 0.8	6.0 ± 0.60



รูปที่ 4 แผนผังการทำงานของเครื่องทำความเย็นและการทดสอบการเคลื่อนไหลในแกนเดียว (Uniaxial creep test) ของตัวอย่างเกลือหินในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 0°C (ซึ่งสัมพันธ์กับช่วงอุณหภูมิที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีสถานะเป็นของเหลวในสภาวะกักเก็บ)



รูปที่ 5 ตัวอย่างเกลือหินขณะทำการทดสอบภายในเครื่องทดสอบการเคลื่อนไหลในแกนเดียวของตัวอย่างเกลือหินในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 0°C



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของตัวอย่างเกลือหินในแนวแกนและในแนวรัศมีเทียบกับเวลาที่อุณหภูมิ 0°C ภายใต้ความเค้นกดในแกนเดียวที่ 30 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังรับแรงกดในแกนเดียว (σ_c) ของเกลือหิน คิดเป็น 9.6 MPa

ขั้นตอนที่ 6 การสรุปผลและเขียนรายงาน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสรุปผลและเขียนรายงานในส่วนที่ได้ดำเนินการไปแล้วดังนี้

- การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- การจัดเตรียมตัวอย่างหินเพื่อใช้ในการทดสอบ
- การทดสอบในห้องปฏิบัติการในส่วนที่แล้วเสร็จ
- บรรณานุกรม

โดยขั้นตอนและผลการศึกษาทั้งหมดจะนำมาสรุปในรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ต่อไป

ขั้นตอนที่ 7 การถ่ายทอดเทคโนโลยี

จะเริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือนที่ 9 ของปีที่ 2

9. ปัญหา อุปสรรค และแนวทางแก้ไข

- ไม่มี -

10. แผนการดำเนินงานหรือกิจกรรมที่จะทำในช่วงต่อไป

ขั้นตอน	ปีที่ 1 (2555)					
	7	8	9	10	11	12
1. การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง						
2. การจัดเตรียมตัวอย่างหินและรอยแตกเพื่อใช้ในการทดสอบ						
3. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ						
4. การวิเคราะห์ผล	←					
5. การคำนวณด้วยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์						
6. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการ						
7. สรุปผลและเขียนรายงาน						→

โดยการวิจัยจะดำเนินการต่อไปตามที่ได้เสนอไว้ ซึ่งคาดว่าจะกิจกรรมโครงการวิจัยทั้งหมดจะเสร็จสิ้นภายในระยะเวลาที่กำหนด

11. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ

- ไม่มี -



(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เพ็องขจร)

หัวหน้าโครงการวิจัย



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบ สบพ.-ง-01
FORM IRD-B-01

สถาบันวิจัยและพัฒนา
วันที่ 1160/2554
09 พ.ย. 2554

หน่วยงาน.....สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์.....โทร.....4229.....
ที่ ศธ. 5614(22)/ 562.....วันที่ 8 พฤศจิกายน 2554.....
เรื่อง ขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555.....งวดที่ 1.....

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

U-5602142

๒๔๗-๗๑-๕๕-๒๔-๒๒

ตามที่ข้าพเจ้า.....รศ.ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร.....สังกัดสำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์.....
ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 เพื่อใช้จ่ายในโครงการวิจัยเรื่อง
การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับักเก็บก๊าซ
คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 240,000 บาท นั้น

ข้าพเจ้าขออนุมัติเบิกเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อดำเนินงานวิจัยโครงการ ดังกล่าว ประจำปีงบที่ 1
เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 120,000 บาท (หนึ่งแสนสองหมื่นบาทถ้วน) ตามประมาณการรายจ่าย ดังนี้

ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย

ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....ปริญญาโท.....อัตราเดือนละ.....10,000.....บาท	
ระยะเวลา.....6.....เดือน จำนวน.....1.....คน เป็นเงิน.....60,000.....บาท	
ค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยคุณวุฒิ.....อัตราเดือนละ.....บาท	
ระยะเวลา.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท	
ค่าจ้างคนงานเดือน/รายวัน อัตราเดือนละ/วันละ.....บาท	
ระยะเวลา.....เดือน จำนวน.....คน เป็นเงิน.....บาท	
รวม.....60,000.....บาท	

ด.มว

ค่าตอบแทนใช้สอย และวัสดุ ประกอบด้วย

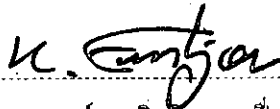
ค่าจ้างเหมานักศึกษาทดสอบหิน.....เป็นเงิน.....12,000.....บาท	
ค่าใช้สอยและค่าใช้จ่ายอื่นๆ.....เป็นเงิน.....11,500.....บาท	
ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ.....เป็นเงิน.....26,500.....บาท	
ค่าวัสดุสำนักงานและค่าวัสดุอื่นๆ.....เป็นเงิน.....10,000.....บาท	
.....เป็นเงิน.....บาท	
.....เป็นเงิน.....บาท	
.....เป็นเงิน.....บาท	
.....เป็นเงิน.....บาท	
รวม.....60,000.....บาท	

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ

น. 

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าโครงการวิจัย

น. 

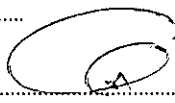
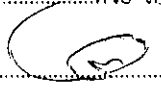
(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าสถานวิจัย

นาย 

(รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

(2) เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ☐ คณะอนุกรรมการฯ ได้รับรองรายงานความก้าวหน้าและการใช้จ่ายเงินฯ งวดที่...../.....แล้ว ☒ ถูกต้อง ครบถ้วน เห็นสมควรอนุมัติตามรายการที่เสนอในวงเงิน - 120,000 - บาท (- ฉบับนี้ให้เงินอุดหนุนโครงการ -)  (นางสุวิมล นิตเกตุโกศล) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป 11 พ.ย. 2554	(3) ☒ อนุมัติให้เบิกเงินอุดหนุนการวิจัยตามรายการและเงื่อนไขข้างต้นได้ ☐ โปรดแก้ไขตามข้อ (2) และ.....  (รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 11 พ.ย. 2554
(4.1) ☒ เรียน หัวหน้าส่วนการเงินและบัญชี เพื่อโปรดดำเนินการโอนเงินอุดหนุนการวิจัยจำนวน - 120,000 - บาท (- ฉบับนี้ให้เงินอุดหนุนโครงการ -) เข้าบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ธนาคารไทยพาณิชย์สาขาย่อย มทส. ชื่อบัญชี วมท. โฉมทองแก้วเกษกิจ ด.ปิ่นเงิน 1000000 เลขที่บัญชี 704-249360-5 ด้วย-จัดขอบคุณยิ่ง  (รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา) ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา 11 พ.ย. 2554	(4.2) ☒ เรียน หัวหน้าโครงการวิจัย, สวพ. ขอส่งสำเนาบันทึกขออนุมัติเงินอุดหนุนการวิจัยเพื่อเก็บไว้เป็นหลักฐาน สำหรับบันทึกขออนุมัติฉบับจริง ได้ส่งให้ส่วนการเงินและบัญชีเก็บไว้เป็นหลักฐานเพื่อใช้ในการดำเนินการโอนเงินเข้าบัญชีโครงการวิจัยแล้ว เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป  (นางสุวิมล นิตเกตุโกศล) เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป 11 พ.ย. 2554



ต้นฉบับ

สัญญาฉบับเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สัญญาฉบับนี้ทำขึ้น ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อวันที่ 11 พฤศจิกายน 2554 ระหว่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดย รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ซึ่งได้รับมอบอำนาจจากอธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ตามคำสั่งสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ 6/2552 ลงวันที่ 26 กันยายน 2552 และคำสั่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ 633/2540 ลงวันที่ 10 ตุลาคม 2540 ซึ่งต่อไปในสัญญานี้เรียกว่า “ผู้ให้ทุน” ฝ่ายหนึ่ง กับ รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร สังกัดสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เลขที่ 111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งต่อไปในสัญญานี้ เรียกว่า “ผู้รับทุน” อีกฝ่ายหนึ่ง

คู่สัญญาได้ตกลงกันมีข้อความดังต่อไปนี้

ข้อ 1. ผู้ให้ทุนตกลงให้ทุนอุดหนุนโครงการวิจัย “การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์” ตามเอกสารหมายเลข 3 ตั้งแต่วันที่ 11 พฤศจิกายน 2554 ถึงวันที่ 10 พฤศจิกายน 2555 เป็นจำนวนเงิน 240,000 บาท (สองแสนสี่หมื่นบาทถ้วน) โดย ผู้ให้ทุน จะจ่ายให้แก่ ผู้รับทุน เป็นงวดตามรายละเอียดดังนี้

งวดที่ 1 จ่ายให้เป็นเงินไม่เกินร้อยละ 50 ของเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการ ทั้งนี้ จ่ายให้เป็นเงิน 120,000 บาท (หนึ่งแสนสองหมื่นบาทถ้วน) ภายใน 2 สัปดาห์ นับแต่วันลงนามในสัญญา

งวดที่ 2 จ่ายส่วนที่เหลือของเงินอุดหนุนการวิจัยทั้งโครงการ ทั้งนี้ จ่ายให้เป็นเงิน 120,000 บาท (หนึ่งแสนสองหมื่นบาทถ้วน) ภายหลังจากที่ ผู้รับทุน ส่งรายงานความก้าวหน้าของโครงการพร้อมรายงานการเงินงวดที่ 1 โดยรายงานดังกล่าวผ่านการพิจารณาและได้รับการรับรองจากคณะกรรมการประจำสถาบันวิจัยและพัฒนาเรียบร้อยแล้ว

ข้อ 2. เอกสารอันเป็นสรณหนึ่งของสัญญา ได้แก่

- (1) คำสั่งสภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ 6/2552 ลงวันที่ 26 กันยายน 2552
- (2) คำสั่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ 633/2540 ลงวันที่ 10 ตุลาคม 2540
- (3) โครงการวิจัยเรื่อง “การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์”
- (4) ระเบียบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีว่าด้วยเงินอุดหนุนการวิจัย พ.ศ. 2539

- (5) หลักเกณฑ์การใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- (6) หมายเลขบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ ชื่อบัญชีโครงการวิจัย ธนาคารไทยพาณิชย์ (มหาชน) จำกัด สาขามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พร้อมรายชื่อผู้มีอำนาจสั่งจ่ายเงิน และสำเนาหน้าแรกของสมุดบัญชีดังกล่าว

ข้อ 3. **ผู้รับทุน**จะดำเนินการตามวัตถุประสงค์และรายละเอียดของโครงการวิจัยที่กำหนดไว้ให้ครบถ้วนสมบูรณ์ ตามเอกสารหมายเลข 3 หากเกิดอุปสรรคไม่สามารถดำเนินการได้ด้วยประการใดก็ตาม **ผู้รับทุน**จะรีบรายงานให้ผู้ให้ทุนทราบทันทีเพื่อพิจารณาหาทางแก้ไขหรือดำเนินการตามที่เห็นสมควรต่อไป

ข้อ 4. รายชื่อหัวหน้าโครงการ ผู้ร่วมทำการวิจัย และรายละเอียดของโครงการตามที่ปรากฏแนบท้ายสัญญา **ผู้รับทุน**จะเปลี่ยนแปลงไม่ได้ นอกจากจะได้รับ ความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจาก **ผู้ให้ทุน**ก่อน

ข้อ 5. **ผู้รับทุน**จะปฏิบัติตามระเบียบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ว่าด้วย เงินอุดหนุนการวิจัย พ.ศ. 2539 รวมทั้งหลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติในการขอรับเงินอุดหนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งกำหนดขึ้นใช้ในขณะนี้และจะกำหนดขึ้นใช้ในภายหน้า

ทั้งนี้ โดยถือว่าระเบียบรวมทั้งหลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติข้างต้นนั้น เป็นส่วนหนึ่งของสัญญา

ข้อ 6. **ผู้รับทุน**จะควบคุมการใช้เงินทุนให้เป็นไปอย่างประหยัดและจัดเตรียมหลักฐานบัญชีการจ่ายเงินเพื่อให้ **ผู้ให้ทุน**ตรวจสอบได้ทุกโอกาส

ข้อ 7. **ผู้รับทุน**ยินยอมให้ **ผู้ให้ทุน** หรือผู้ที่ให้ทุนมอบหมายเข้าไปในสถานที่ทำงานของ **ผู้รับทุน** หรือสถานที่ที่ **ผู้รับทุน**ทำการวิจัยอยู่ เพื่อประโยชน์ในการติดตามและประเมินโครงการได้

ข้อ 8. **ผู้รับทุน**จะนำส่งผลงานดังนี้

- (1) รายงานความก้าวหน้าพร้อมรายงานการเงินงวดที่ 1/2555
- (2) รายงานการวิจัยพร้อมรายงานการเงินงวดที่ 2/2555 เดือนพฤศจิกายน 2555
- (3) เอกสารสรุปผลงานวิจัย ในรูปแบบและภาษาที่เหมาะสมสำหรับการประชาสัมพันธ์ เผยแพร่ต่อประชาชนทั่วไป โดยส่งพร้อมกับรายงานฉบับสมบูรณ์และตามที่ **ผู้ให้ทุน**กำหนดเป็นคราว ๆ ไป
- (4) การเสนอผลงานด้วยวาจา (Oral Presentation) ตามที่ **ผู้ให้ทุน**กำหนดเป็นคราว ๆ ไป

ข้อ 9. กรรมสิทธิ์ในผลงานวิจัย เป็นกรรมสิทธิ์ของ **ผู้ให้ทุน** (เว้นแต่จะมีการตกลงเป็นอย่างอื่นในภายหลัง) ส่วนผลประโยชน์ซึ่งเกิดจากการนำผลการวิจัยและพัฒนาไปใช้ในเชิงพาณิชย์ให้แบ่งกันระหว่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี กับ **ผู้รับทุน**

ข้อ 10. ในการเผยแพร่ข้อมูล ข่าวสารอันเกี่ยวกับผลงานวิจัย ในสิ่งพิมพ์ใดหรือสื่อใดในแต่ละครั้ง **ผู้รับทุน**ต้องระบุข้อความว่า “ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี” หรือข้อความอื่นที่มีความหมายเหมือนกัน

ข้อ 11. ในกรณีที่**ผู้ร่วมวิจัย**หลายคน **ผู้รับทุน**จะต้องเป็นผู้ตรวจสอบดูแล**ผู้ร่วมวิจัย**ทุกคนให้ปฏิบัติตามระเบียบ หลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติที่เกี่ยวข้องของ**ผู้ให้ทุน**อย่างเคร่งครัด

ข้อ 12. การระงับงานชั่วคราวและการบอกเลิกสัญญา

- (1) **ผู้ให้ทุน**มีสิทธิระงับงานชั่วคราวหรือบอกเลิกสัญญาได้ ถ้า**ผู้ให้ทุน**เห็นว่า**ผู้รับทุน**ไม่ได้ปฏิบัติงานด้วยความชำนาญหรือด้วยความเอาใจใส่ในวิชาชีพเท่าที่พึงคาดหมายได้จากนักวิจัยในระดับเดียวกัน หรือมิได้ปฏิบัติตามข้อสัญญาและเงื่อนไขที่กำหนดในสัญญานี้ ในกรณีเช่นนี้ **ผู้ให้ทุน**จะมีหนังสือแจ้งให้**ผู้รับทุน**ทราบ และการระงับงานชั่วคราวหรือบอกเลิกสัญญาดังกล่าวจะมีผลในเวลาไม่น้อยกว่า 60 วัน นับถัดจากวันที่**ผู้รับทุน**ได้รับหนังสือบอกกล่าวนั้น
- (2) **ผู้รับทุน**มีสิทธิบอกเลิกสัญญาได้ ถ้า**ผู้ให้ทุน**มิได้ปฏิบัติหน้าที่ความรับผิดชอบตามที่สัญญาระบุไว้ ในกรณีเช่นนี้ **ผู้รับทุน**จะต้องมีหนังสือถึง**ผู้ให้ทุน** ระบุรายละเอียดถึงสาเหตุและเหตุผลในการขอเลิกสัญญา ถ้า**ผู้ให้ทุน**มิได้ดำเนินการแก้ไขให้เป็นที่น่าพอใจในระยะเวลา 30 วัน นับถัดจากวันที่ได้รับหนังสือบอกกล่าวนั้น **ผู้รับทุน**มีสิทธิบอกเลิกสัญญาได้
- (3) ในกรณีที่**ผู้รับทุน**ไม่สามารถทำการวิจัยให้เสร็จตามที่ได้ตกลงไว้ **ผู้รับทุน**ยินยอมคืนเงินอุดหนุนการวิจัยพร้อมทั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ และครุภัณฑ์ที่รับไปแล้วทั้งหมดหรือบางส่วนทั้งนี้ให้อยู่ในดุลพินิจของ**ผู้ให้ทุน**

ข้อ 13. **ผู้ให้ทุน**เป็นเจ้าของเครื่องมือ อุปกรณ์ หรือครุภัณฑ์ใด ๆ ที่**ผู้รับทุน**ได้จัดซื้อโดยทุนทรัพย์ของ**ผู้ให้ทุน** จนกว่าจะมีการตกลงเป็นอย่างอื่น

ข้อ 14. **ผู้รับทุน**จะใช้และบำรุงรักษาครุภัณฑ์การวิจัยของ**ผู้ให้ทุน**ให้อยู่ในสภาพดี ใช้งานได้ อยู่เสมอ และ**ผู้รับทุน**ยินยอมให้**ผู้ให้ทุน**หรือผู้ที่ได้รับมอบหมายจาก**ผู้ให้ทุน**ตรวจตราครุภัณฑ์การวิจัยซึ่งเป็นทรัพย์สินของ**ผู้ให้ทุน**ได้ทุกขณะและทุกโอกาส และเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยตามโครงการแล้ว **ผู้รับทุน**จะส่งคืนครุภัณฑ์ให้แก่ **ผู้ให้ทุน**ทันที นอกจากนี้จะมีการตกลงกันเป็นอย่างอื่น

ข้อ 15. การบอกกล่าว

บรรดาคำบอกกล่าวหรือการให้ความยินยอมหรือความเห็นชอบใด ๆ ตามสัญญานี้ต้องทำเป็นหนังสือและจะถือว่าได้ส่งไปโดยชอบแล้ว หากได้จัดส่งทางหนึ่งทางใดดังต่อไปนี้ คือ

- (1) ส่งมอบโดยบุคคลแก่ผู้แทนที่ได้รับมอบหมายของคู่สัญญาแต่ละฝ่าย
- (2) ทางไปรษณีย์ลงทะเบียน
- (3) ทางโทรสารแล้วยืนยันเป็นหนังสือโดยเร็วไปยังชื่อและที่อยู่ของคู่สัญญา ดังต่อไปนี้

ก. ที่อยู่ของผู้ให้ทุน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี

อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

ข. ที่อยู่ของผู้รับทุน

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี

อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

สัญญานี้ทำขึ้นสองฉบับมีข้อความตรงกัน คู่สัญญาได้อ่านและเข้าใจข้อความในสัญญานี้โดยตลอดแล้ว จึงได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน และต่างเก็บไว้ฝ่ายละหนึ่งฉบับ

(ลงชื่อ)



ผู้ให้ทุน

(รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ทองระอา)

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

ผู้รับมอบอำนาจจากอธิการบดี

(ลงชื่อ)



ผู้รับทุน

(รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าโครงการวิจัย

(ลงชื่อ)

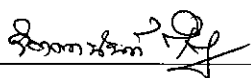


พยาน

(รองศาสตราจารย์ ร.อ. ดร. กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

(ลงชื่อ)



พยาน

(นางสาวจิตตานันท์ ติกุล)

เจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยและพัฒนา

แบบเสนอโครงการวิจัย (research project)

ประกอบการเสนอของบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 ตามมติคณะรัฐมนตรี

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
สำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
(ภาษาอังกฤษ) Performance Assessment of Rock Salt Formation in the Northeast of
Thailand for CO₂ Storage

ส่วน ก : ลักษณะโครงการวิจัย

☐ โครงการวิจัยใหม่

☒ โครงการวิจัยต่อเนื่องระยะเวลา...2...ปี ปีนี้เป็นปีที่...1... รหัสโครงการวิจัย.....

I ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2555-2559)

ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 4 การเสริมสร้างและพัฒนาทุนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กลยุทธ์การวิจัยที่ 1 บริหารจัดการและการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

แผนงานวิจัยที่ 9 การวิจัยเกี่ยวกับมลพิษ การจัดการมลพิษ และผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากมลพิษ

II ระบุความสอดคล้องของโครงการวิจัยกับกลุ่มเรื่องที่ควรวิจัยเร่งด่วนตามนโยบายและยุทธศาสตร์

การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2555-2559)

5. ภาวะโลกร้อนและพลังงานทางเลือก

III ระบุความสอดคล้องของแผนงานวิจัยกับนโยบายรัฐบาล

1. นโยบายเร่งด่วนที่จะเริ่มดำเนินการในปีแรก เรื่อง

1.1 การสร้างความเชื่อมั่นและกระตุ้นเศรษฐกิจในภาพรวมเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นแก่ภาค

ประชาชนและเอกชนในการลงทุนและการบริโภค

1.1.7 เร่งลงทุนเพื่อการพัฒนาประเทศ

2. นโยบายระยะการบริหารราชการ 3 ปี ของรัฐบาล

2.3 นโยบายเศรษฐกิจ ได้แก่เรื่อง

2.3.4 นโยบายพลังงาน

ส่วน ข : องค์ประกอบในการจัดทำโครงการวิจัย

1. ผู้รับผิดชอบ และหน่วยงาน ประกอบด้วย หน่วยงานหลักและหน่วยงานสนับสนุน

หัวหน้าโครงการ: รองศาสตราจารย์ ดร. กิตติเทพ เฟื่องขจร (รับผิดชอบ 100%)

หน่วยวิจัยกลศาสตร์ธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ 044-224443, 044-224448, 044-224441 โทรสาร 044-224448, 044-224611

2. ประเภทของการวิจัย

การวิจัยประยุกต์ (Applied research)

3. สาขาวิชาการและกลุ่มวิชาที่ทำการวิจัย

สาขาวิชาการ	วิศวกรรมธรณี	วิศวกรรมโยธา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
กลุ่มวิชา	กลศาสตร์ดิน	ปฐพีกลศาสตร์	

4. คำสำคัญ (keywords) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ของโครงการวิจัย

Carbon Dioxide Sequestration Salt Cavern Green House Effect Carbon Emission

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การกักเก็บ โพร่งเกลือ สภาวะเรือนกระจก การปลดปล่อยคาร์บอน

5. ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปรากฏการณ์โลกร้อน (Global Warming) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นทั่วโลก ก่อให้เกิดผลกระทบ เช่น ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 ถึง 2°C น้ำแข็งขั้วโลกละลาย ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ฤดูกาลเปลี่ยนแปลง เกิดความแปรปรวนของสภาพอากาศที่รุนแรงและบ่อยครั้ง การสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต และการเพิ่มของพายุไต้ฝุ่น เป็นต้น สาเหตุหลักประการหนึ่งของสภาวะโลกร้อนคือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูงขึ้น โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่มาจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงธรรมชาติ โรงงานอุตสาหกรรม การเผาขยะมูลฝอย และของเสียจากปศุสัตว์

การลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมจากภาคอุตสาหกรรม อาจทำได้ โดยการอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เก็บไว้ในโพร่งเกลือหิน นักวิจัยในประเทศแคนาดาได้ศึกษาศักยภาพของโพร่งเกลือที่ระดับความลึกมากกว่า 1000 ฟุต เพื่อใช้กักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยออกแบบให้โพร่งเป็นรูปทรงกลมรีมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 เมตร มีปริมาตร 500,000 ลูกบาศก์เมตร สามารถกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 0.5 – 1.0 ล้านตัน (Shi and Durucan, 2005) สาเหตุที่นักวิจัยเหล่านี้ได้เลือกชั้นเกลือหินเพื่อสร้างโพร่งเกลือสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพราะมีความเหมาะสมในหลายประการคือ เกลือหินมีความซึมผ่านต่ำมาก (น้อยกว่า 10⁻⁹ m²) จึงไม่ทำให้เกิดการรั่วไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่กักเก็บไว้สู่สิ่งแวดล้อมภายนอก ประกอบกับผนังโพร่งเป็นเกลือหินมีคุณสมบัติที่สามารถเชื่อมประสานรอยแตกและรอยร้าวที่เกิดขึ้นเองได้ และการกักเก็บในลักษณะเช่นนี้สามารถนำเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ประโยชน์ได้ในอนาคต ตลอดระยะเวลาที่กักเก็บอยู่สามารถตรวจสอบว่ามีการรั่วไหลหรือไม่ด้วยการวัดค่าความดันที่บริเวณปาก

ท่อเหนือโพรงเกลือได้อย่างสม่ำเสมอ หากพบว่ามีสารรั่วไหลสามารถป้องกันและแก้ไขปัญหาได้อย่างทัน่วงที่ (Dusseault et al, 2001)

ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีชั้นเกลือหินอยู่ 2 แอ่ง ได้แก่ แอ่งสกลนครและแอ่งโคราช ดังนั้นเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดจากการใช้แหล่งทรัพยากรเกลือหินและลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ การสร้างโพรงเกลือในชั้นเกลือหินสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จึงเป็นอีกเทคโนโลยีหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับประเทศไทย โพรงเกลือสำหรับเทคโนโลยีกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในต่างประเทศนั้น ได้มีการออกแบบในเชิงขนาด รูปร่าง และการวางตัวของโพรง ซึ่งผลการออกแบบขึ้นกับลักษณะทางธรณีวิทยาโครงสร้าง (ความลึกและความหนาของชั้นเกลือหิน) และคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของเกลือหิน (ความแข็งแรงของเกลือหินและการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง) ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบข้างต้นนี้ ในแต่ละพื้นที่จะมีความแตกต่างกันไป ดังนั้นการนำเอาเทคโนโลยีนี้มาประยุกต์ใช้ในประเทศไทยจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาคุณสมบัติของเกลือหินด้วยการทดสอบเชิงกลศาสตร์ในห้องปฏิบัติ และลักษณะทางธรณีวิทยาโครงสร้างอย่างละเอียด เพื่อให้การออกแบบโพรงเกลือมีความเหมาะสมและมีเสถียรภาพในระยะยาว สามารถนำไปใช้ได้จริงอย่างเป็นรูปธรรม

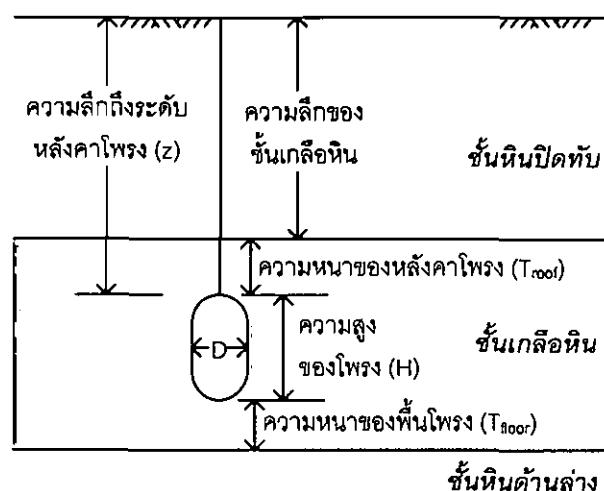
6. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ เพื่อประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับสร้างโพรงเกลือและใช้กักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของเหลว และออกแบบโพรงเกลือให้มีเสถียรภาพสำหรับเทคโนโลยีนี้ โดยพิจารณาความเหมาะสมในเชิงของรูปร่าง ขนาด ความลึก และการวางตัวของโพรงเกลือในชั้นเกลือหิน โดยจะมีการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของเกลือหินในห้องปฏิบัติการภายใต้สภาวะการกักเก็บ การพัฒนาสมการเชิงคณิตศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงค่าคุณสมบัติที่ทดสอบได้และนำไปสู่การออกแบบในภาคสนาม และมีการศึกษาด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขเพื่อจำลองสภาวะของการกักเก็บในโพรงเกลือ

7. ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1) ศึกษาและประมวลข้อมูลทางด้านธรณีวิทยาและธรณีวิทยาโครงสร้างของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่เหมาะสมกับการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งโพรงดังกล่าวสามารถอยู่ที่ระดับตื้นได้ ดังนั้นในการศึกษาธรณีวิทยาจะเน้นที่โครงสร้างทางธรณีวิทยาในระดับตื้น
- 2) แต่งตัวอย่างเกลือหินที่ใช้ในการทดสอบจะขอความอนุเคราะห์มาจากองค์กรต่างๆ เช่น บริษัทเกลือพิมาย จำกัด บริษัทสยามทรัพย์มณีจำกัด และกรมทรัพยากรธรณี เพื่อนำมาจัดเตรียมสำหรับการหาคุณสมบัติทางด้านกลศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากโครงการนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้น ดังนั้นจะไม่มี การขุดเจาะหลุมใหม่ในภาคสนาม ตำแหน่งและความลึกของหินตัวอย่างที่นำมาศึกษาจะถูกบันทึกเพื่อใช้ในการอ้างอิงในการศึกษาโดยละเอียดต่อไป

- 3) อุณหภูมิภายในโพรงจะมีค่าต่ำโดยผันแปรในช่วง 0 ถึง 30°C ซึ่งสัมพันธ์กับช่วงอุณหภูมิที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีสถานะเป็นของเหลวภายใต้ความดันประมาณ 10 MPa ซึ่งเป็นระดับความดันภายในโพรงที่เกิดขึ้นเมื่อมีการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของเหลวภายใต้แรงดันที่ 80% ของความเค้นบริเวณหลังคาโพรง เมื่อหลังคาโพรงอยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 500 เมตร
- 4) ทดสอบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์พื้นฐานของตัวอย่างเกลือหินในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิใกล้ 0°C เพื่อสร้างเกณฑ์การแตก (ความแข็ง) ของเกลือหิน อุณหภูมิที่ทำการทดสอบนี้จะใกล้เคียงกับโพรงเกลือที่อยู่ภายใต้ความดันต่ำ ซึ่งทำให้หินเปราะและเกิดการวิบัติได้ง่ายขึ้น ส่งผลให้เกลือหินมีกำลังรับแรงต่ำกว่าเกลือหินในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง
- 5) ทดสอบการเคลื่อนไหลในแกนเดียวของตัวอย่างเกลือหินในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิต่ำในช่วง 0 ถึง 30°C (สัมพันธ์กับช่วงอุณหภูมิที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีสถานะเป็นของเหลวในสภาวะกักเก็บ) เพื่อศึกษาคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของตัวอย่างเกลือหินที่ขึ้นกับเวลา (Time dependent) โดยพิจารณาผลกระทบจากอุณหภูมิด้วย
- 6) สอบเทียบค่าตัวแปรจากสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายพฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (การหดและขยายตัว) ของเกลือหินในเชิงเวลา โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เช่น SPSS ค่าที่ได้จะนำไปใช้กำหนดคุณสมบัติของเกลือหินในขั้นตอนการวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข
- 7) ออกแบบโพรงเกลือเบื้องต้นโดยใช้ฐานข้อมูลการออกแบบในต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนี้ การกำหนดรูปร่างของโพรงเกลือให้เป็นรูปทรงกระบอกที่มีส่วนบนและส่วนล่างเป็นรูปครึ่งทรงกลม และกำหนดระดับความลึกของหลังคาโพรง (Z) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (D) ความสูง (H) ความหนาของหลังคาโพรง (T_{roof}) ความหนาของพื้นโพรง (T_{floor}) และอัตราส่วนของระยะห่างระหว่างโพรงกับเส้นผ่าศูนย์กลางโพรง (Spacing-to-Diameter Ratio) ค่าที่กำหนดนี้จะนำไปจำลองโดยใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข รูปที่ 1 แสดงตัวแปรที่ต้องพิจารณาในการออกแบบโพรงเกลือเพื่อให้เกิดความปลอดภัยและมีเสถียรภาพในระยะยาว



รูปที่ 1 ตัวแปรในการออกแบบโพรงเกลือเพื่อใช้กักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เหลว

- 8) การศึกษาและวิเคราะห์เสถียรภาพของโพรงเกลือที่ได้ออกแบบไว้ในเบื้องต้นด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่มีอยู่ ได้แก่ โปรแกรม GEO และโปรแกรม FLAC2D เวอร์ชัน 4.0 โปรแกรมทั้งสองนี้มีความสามารถที่สามารถอธิบายพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัสดุในเชิงเวลาได้
- 9) ผลงานวิจัยจะนำไปเผยแพร่องค์ความรู้ในรูปของบทความในการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ และวารสารทางวิชาการในระดับนานาชาติ

8. ทฤษฎี สมมติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย (Conceptual Framework)

ประเด็นสำคัญประการหนึ่งที่จะระบุถึงความเป็นไปได้หรือศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย สำหรับการขุดเจาะโพรงเพื่อกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในรูปของเหลวคือพฤติกรรมเชิงกลศาสตร์ของเกลือหินที่อยู่รอบโพรงกักเก็บภายใต้สภาวะอุณหภูมิและความเค้นที่เสมือนจริงในระหว่างการบรรจุและกักเก็บ เพื่อให้ได้พฤติกรรมของเกลือหินภายใต้สภาวะดังกล่าว งานวิจัยนี้จะมีการทดสอบเพื่อหาความแข็งแรงและการเปลี่ยนรูปร่างในเชิงยืดหยุ่นและในเชิงเวลา (Creep) ภายใต้ความเค้นสูงและใช้อุณหภูมิต่ำใกล้เคียงศูนย์องศาเซลเซียส โดยจะมีการลดอุณหภูมิของแท่งตัวอย่างเกลือหินรูปทรงกระบอกด้วยการใช้น้ำแข็งแห้ง สำหรับการทดสอบหาค่ากำลังกดจะใช้เวลาค่อนข้างสั้น แต่จะมีการวัดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในขณะที่เพิ่มแรงกดถึงจุดวิบัติด้วย สำหรับการทดสอบการเปลี่ยนรูปร่างในเชิงเวลา แท่งตัวอย่างเกลือหินจะถูกบรรจุอยู่ในภาชนะที่มีน้ำแข็งแห้งล้อมรอบเพื่อให้อุณหภูมิที่ทดสอบมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาการทดสอบ การเปลี่ยนรูปร่างจะมีการตรวจวัดในเชิงเวลาโดยละเอียดและจะใช้เวลาทดสอบ 30 วัน จะมีการทดสอบที่ระดับอุณหภูมิต่างกันระหว่าง 0 ถึง 25°C ผลที่ได้จากการทดสอบภายใต้อุณหภูมิต่ำจะนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากอุณหภูมิห้อง (25°C) ซึ่งผู้วิจัยได้เคยทดสอบมาก่อนแล้วหลายครั้ง (Fuenkajorn and Phueakphum, 2010) ความแตกต่างของผลจะระบุถึงความอ่อนไหวของคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของเกลือหินต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ทดสอบ

ผลการทดสอบที่ได้จากห้องปฏิบัติการจะนำมาสอบเทียบคุณสมบัติค่าคงที่ (ความยืดหยุ่น อัตราส่วน ปัวซอง ค่าความหนืดเชิงยืดหยุ่น ค่าความหนืดเชิงพลาสติก ฯลฯ) ของตัวอย่างเกลือหิน โดยใช้โปรแกรมทางสถิติขั้นสูง (SPSS) จากนั้นงานวิจัยนี้จะนำค่าที่สอบเทียบได้มาใส่ในโปรแกรม FLAC เพื่อจำลองเสถียรภาพของพฤติกรรมและเสถียรภาพของโพรงเกลือที่บรรจุก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลวที่อุณหภูมิต่ำ และจะมีการผันแปรขนาด รูปร่าง และความลึกของโพรงกักเก็บด้วย เนื่องจาก FLAC เป็นระเบียบวิธีคำนวณเชิงตัวเลขขั้นสูง สามารถพิจารณาค่าความเค้น ความเครียด และอุณหภูมิในเชิงเวลาได้ ดังนั้นผลที่ได้จากการจำลองดังกล่าวจะสามารถนำมาใช้ประเมินเสถียรภาพเชิงกลศาสตร์ของโพรงกักเก็บในชั้นเกลือหินและสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบโพรงกักเก็บเบื้องต้นในแต่ละพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยได้อีกด้วย

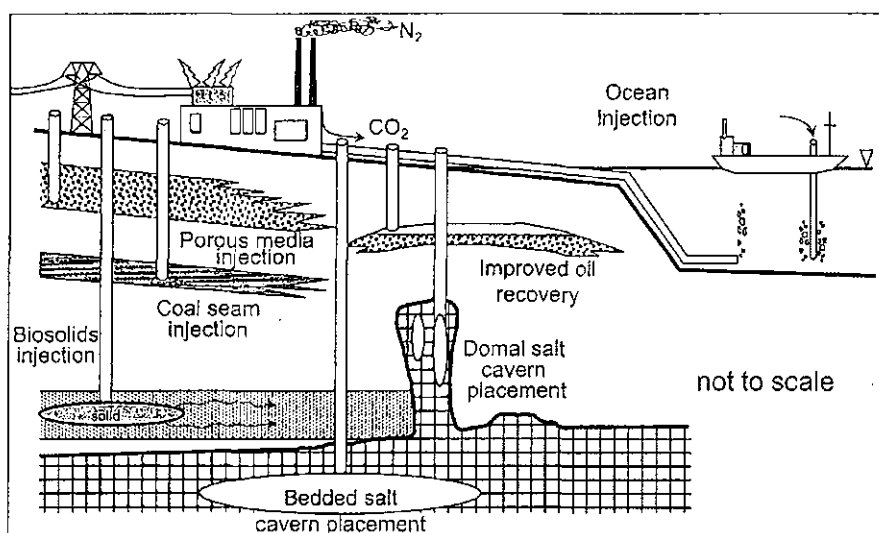
ผลการทดสอบเชิงกลศาสตร์ของเกลือหินที่อุณหภูมิต่ำจะนับว่าเป็นองค์ความรู้ใหม่ ที่ไม่เคยมีผู้ใดทำมาก่อนแม้แต่ในต่างประเทศ ดังนั้นคุณสมบัติค่าคงที่ที่สอบเทียบมาได้จะมีประโยชน์ต่อวงการวิชาการในวงกว้างด้วย นอกจากนั้นการจำลองพฤติกรรมของเกลือหินรอบโพรงกักเก็บที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้องก็ยังไม่เคยมีผู้ใดทำมาก่อน

9. การทบทวนวรรณกรรม (Reviewed literature) / สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

9.1 แนวทางการจัดการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การจัดการกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นการเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในรูปของแข็งหรือของเหลวที่ไม่แผ่คลื่นความร้อนจากสภาวะเรือนกระจก ในด้านเทคนิคนั้นปัจจุบันนักวิจัยสามารถจัดการกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้แล้ว แต่มีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก (อยู่ในช่วง 100 - 300 เหรียญสหรัฐ/ตันคาร์บอน) ในระดับสากลได้มีการคิด (Global Scale) วิธีการสูบหรืออัดไปเก็บไว้ใต้ดินลึกจากผิวโลก ซึ่งปัจจุบันบริษัทลิตปิโตรเลียมได้มีการสูบน้ำอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้ความดันลงไปใบบ่อน้ำมันเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันดิบในระยะเวลา 30 ปี และเมื่อเร็วๆ นี้ได้มีการพัฒนาสูบน้ำอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปสู่แหล่งชั้นถ่านหินใต้ดินเพื่อให้ได้ก๊าซมีเทน นอกจากนี้วิธีนี้แล้วการใช้พืชและจุลินทรีย์เป็นตัวจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อนำไปสร้างเป็นสารชีวโมเลกุล โดยเฉพาะในระบบนิเวศป่าไม้ ก็เป็นวิธีที่มีการศึกษาที่ Oak Ridge National Laboratory สำหรับวิธีการอื่น เช่น การดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้ทะเลหรือมหาสมุทรก็มีการวิจัยเพื่อศึกษาความเป็นไปได้เช่นกัน เนื่องจากตามธรรมชาติก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศประมาณ 90% จะใช้เวลาประมาณ 1,000 ปี เพื่อถูกพัดพาไปสู่ทะเลและมหาสมุทรเป็นแห่งสุดท้าย การวิจัยจึงพยายามหาหนทางที่จะทำให้กระบวนการดังกล่าวใช้เวลาน้อยลง (Chemical & Engineering News, Vol. 78, No. 38, September 18, 2000)

การกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นโครงสร้างทางธรณีวิทยา (รูปที่ 2) ก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งสำหรับการจัดการกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศได้ โดยที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อาจจะอยู่ในรูปของก๊าซ ของเหลว หรือของเหลวเหนือจุดวิกฤติ (Supercritical state) ซึ่งมีการกักเก็บในแหล่งโครงสร้างทางธรณีวิทยาดังต่อไปนี้ 1) กักเก็บไว้ในแหล่งน้ำมันดิบเก่า 2) อัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นถ่านหินเพื่อให้ได้ก๊าซมีเทน 3) กักเก็บในชั้นน้ำบาดาลหรือชั้นน้ำบาดาลเค็มที่มีชั้นหินที่บอยุ่ด้านบนและด้านล่าง 4) การกักเก็บในโครงสร้างชั้นหินใต้มหาสมุทร และ 5) การกักเก็บไว้ในโพรงเกลือที่เป็นโดมเกลือหรือชั้นเกลือ (Bachu et al., 1994; Bergman et al., 1997; Freund and Ormerod, 1997; Hitchon et al. 1999; Dusseault et al., 2001; Shi and Durucan, 2005; and Maul et al., 2007)



รูปที่ 2 การกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นโครงสร้างธรณีวิทยา (จาก Bachu, 2001)

การใช้โพรงเกลือในการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์มีความเหมาะสมในหลายประการคือ เกลือหินมีค่าความซึมผ่านต่ำมาก (น้อยกว่า 10^{-9} m²) จึงไม่ทำให้เกิดการรั่วไหลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่กักเก็บไว้สู่สิ่งแวดล้อมภายนอกได้ ประกอบกับผนังโพรงเป็นเกลือหิน มีคุณสมบัติที่สามารถเชื่อมประสานรอยแตกและรอยร้าวที่เกิดขึ้นเองได้ และการกักเก็บในลักษณะเช่นนี้ยังสามารถนำเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ประโยชน์ได้ในอนาคต ตลอดระยะเวลาที่กักเก็บอยู่สามารถตรวจสอบว่าการรั่วไหลด้วยการอ่านค่าความดันที่บริเวณปากท่อเหนือโพรงเกลือได้อย่างสม่ำเสมอ หากพบว่ามีรั่วไหลก็จะสามารถป้องกันและแก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงที (Dusseault et al, 2001)

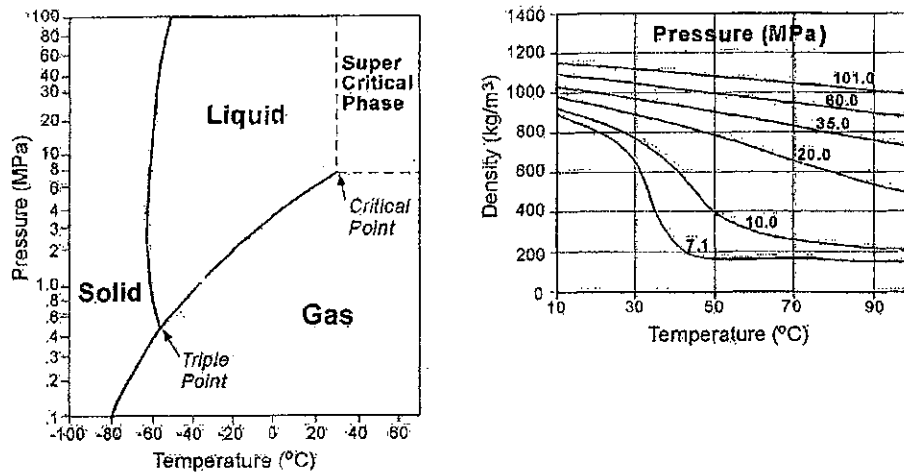
9.2 คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความสำคัญ ทั้งนี้เพื่อเป็นการกำหนดสถานะของความดันและอุณหภูมิให้มีความเหมาะสมในการกักเก็บนั่นเอง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่มีสี ซึ่งหากหายใจเอาก๊าซนี้เข้าไปในปริมาณมากจะรู้สึกเปรี้ยวที่ปาก เกิดการระคายเคืองที่จมูกและคอเนื่องจากอาจเกิดการละลายของแก๊สนี้ของเมือกในอวัยวะ ก่อให้เกิดกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) อย่างอ่อน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความหนาแน่น 1.98 kg/m³ ซึ่งเป็นประมาณ 1.5 เท่าของอากาศ (เท่ากับ 1,562 กรัมต่อลิตร ในสถานะของแข็งที่ความดัน 1 บรรยากาศ ภายใต้อุณหภูมิ -78.5 °C เท่ากับ 770 กรัมต่อลิตร ในสถานะของเหลวที่ความดัน 56 บรรยากาศ ภายใต้อุณหภูมิ 20 °C เท่ากับ 1,977 กรัมต่อลิตร ในสถานะก๊าซที่ความดัน 1 บรรยากาศ ภายใต้อุณหภูมิ 0°C และเท่ากับ 849.6 g/L ในสถานะของเหลวเหนือจุดวิกฤต (Supercritical fluid) ที่ความดัน 150 บรรยากาศ ภายใต้อุณหภูมิ 30°C) (Holloway and Savage, 1993; Hendriks and Blok, 1993)

คาร์บอนไดออกไซด์จะกลายเป็นของแข็งที่มีสีขาวอุณหภูมิ -78.5°C โดยไม่ผ่านการเป็นของเหลวก่อน และมีจุดเดือดที่อุณหภูมิ -56.6°C (ต้องใช้ความดันไม่น้อยกว่า 5.185 บรรยากาศ) หากต้องการทำให้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นของเหลวจะต้องอยู่ภายใต้ความดันเท่ากับ 5.185 บรรยากาศ ที่อุณหภูมิ -56.6°C คาร์บอนไดออกไซด์สามารถละลายน้ำได้ 1 เปอร์เซ็นต์ (หรือ 1.45 g/L ที่อุณหภูมิ 25 °C ภายใต้ความดัน 100 kPa) ของสารละลายนั้นจะกลายเป็นกรดคาร์บอนิกซึ่งจะเปลี่ยนรูปเป็นไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนตในภายหลัง รูปที่ 3 แสดงสถานะและความหนาแน่นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้ความดันและอุณหภูมิ

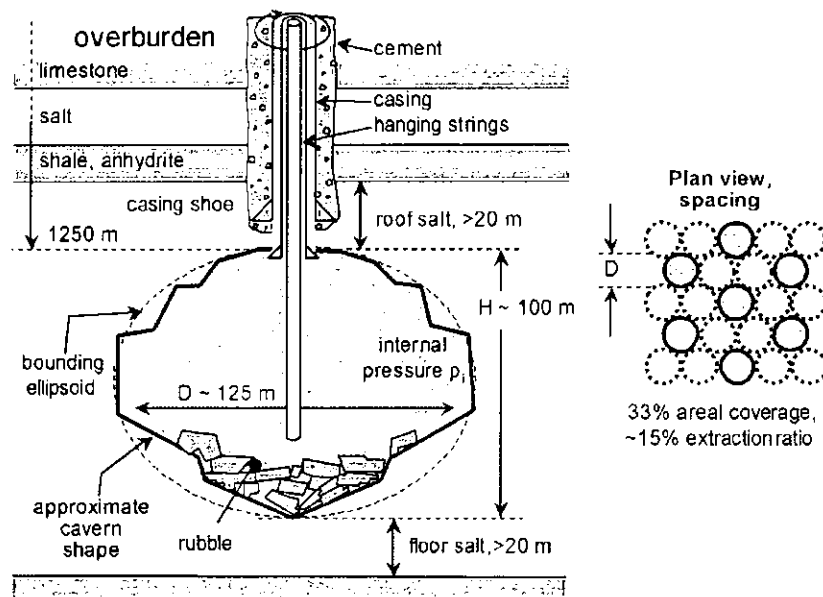
9.3 การออกแบบโพรงเกลือสำหรับเก็บกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การออกแบบโพรงเกลือมีจุดประสงค์หลักเพื่อให้โพรงเกลือมีความมั่นคงแข็งแรง มีเสถียรภาพ ไม่เกิดกับวิบัติหรือมีการรั่วไหลของคาร์บอนไดออกไซด์ไปสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก ตัวแปรในการออกแบบประกอบไปด้วยความลึกของระดับหลังคาโพรง ขนาด (ความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลาง) และรูปร่างของโพรง ความหนาของเกลือหินที่เหลือนิ่งไว้เป็นหลังคาโพรง (Salt roof) และพื้นโพรง (Salt floor) การวางตัวของโพรงเกลือ (ระยะห่างจากโพรงเกลือข้างเคียง) การออกแบบข้างต้นนี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของเกลือหิน และลักษณะทางธรณีวิทยาโครงสร้างของแหล่งเกลือหิน



รูปที่ 3 คุณสมบัติภายใต้ความดันและอุณหภูมิ (ซ้าย) และความหนาแน่นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ขวา)
(จาก Dusseault et al, 2001)

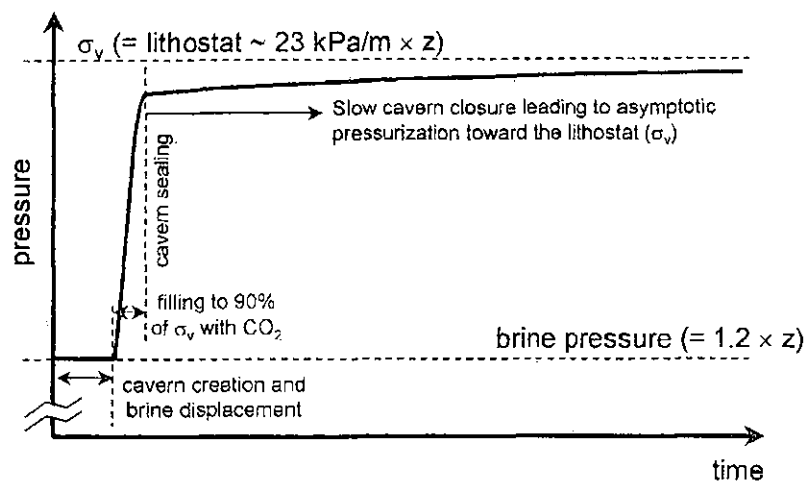
Dusseault et al. (2001) ได้ศึกษาศักยภาพของโพรงเกลือสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในเมือง Alberta ประเทศแคนาดา คณะผู้วิจัยได้ออกแบบโพรงเกลือเป็นรูปทรงรี มีความสูงของโพรงประมาณ 100 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางโพรงประมาณ 125 เมตร โดยให้หลังคาโพรงอยู่ที่ระดับความลึก 1,250 เมตร ทั้งนี้ได้ กำหนดความหนาของเกลือหินบริเวณส่วนบนของโพรงเกลือต้องมากกว่า 20 เมตร และความหนาของเกลือ บริเวณส่วนล่างของโพรงเกลือต้องมากกว่า 20 เมตร รูปที่ 4 แสดงการออกแบบโพรงสำหรับใช้กักเก็บก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ที่เมือง Alberta ประเทศแคนาดา



รูปที่ 4 การออกแบบโพรงเกลือสำหรับใช้เป็นกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (จาก Dusseault et al., 2001)

ความดันภายในโพรงเกลือมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา (รูปที่ 5) โดยเริ่มตั้งแต่เริ่มมีการละลายโพรงเกลือแล้วเสร็จ ความดันจะเกิดจากน้ำเกลือที่อยู่ภายในโพรง (มีค่าประมาณ $1.2 \text{ kPa/m} \times \text{ความลึก}$) หลังจากอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลวเข้าไปในโพรงเพื่อแทนที่น้ำเกลือ ความดันจะเปลี่ยนไป โดยมีค่าประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของความเค้นในแนวตั้งที่ระดับหลังคาโพรง) และเมื่อมีการปิดบ่อด้วยการอุดซีเมนต์หรือวัสดุอื่นที่มีความเหมาะสม ความดันภายในโพรงเกลืออาจมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้เนื่องจากปัจจัย 5 ประการ (Berest et al., 2000) ดังต่อไปนี้

- 1) การเคลื่อนไหลของเกลือหินรอบอุโมงค์ (Salt creep)
- 2) การขยายตัวจากความร้อน (Thermal expansion) ของคาร์บอนไดออกไซด์เหลวในโพรง เนื่องจากที่ระดับความลึกเพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตร อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น $20\text{-}30^\circ\text{C}$ (Buchu and Burwash, 1991)
- 3) การแพร่กระจาย (Transport) ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลวออกจากโพรงเกลือสู่ชั้นหินข้างเคียงที่มีความพรุน (Porous strata)
- 4) การรั่วไหล (Leakage) ผ่านส่วนต่างๆ ของหลุมเจาะและ
- 5) การละลายเพิ่ม (Addition dissolution) ของเกลือหินที่เป็นผนังโพรง จากการทำปฏิกิริยาเคมีระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลวกับเกลือหินแล้วเกิดการตกผลึก (Precipitation) ของเกลือภายในโพรง ซึ่งมีปัจจัยเสริมจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงและเกิดการกวนของก๊าซเหลวในโพรงเกลือ



รูปที่ 5 ความดันภายในโพรงเกลือตั้งแต่เริ่มมีการละลายโพรงเสร็จสิ้น ต่อมา มีการบรรจุคาร์บอนไดออกไซด์เหลว และมีการปิดโพรงเกลือ (จาก Dusseault et al., 2001)

10. เอกสารอ้างอิง (references) ของโครงการวิจัย

ASTM D2664-95, 1998, Standard test method for triaxial compressive strength of untrained rock core specimens without pore pressure measurements, *In Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04.08.

- ASTM D2938-95, 1998, Standard test method for unconfined compressive strength of intact rock core specimens, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04.08.
- ASTM D3148-96, 1998, Standard test method for Elastic Moduli of intact rock core specimens in uniaxial compression, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04.08.
- ASTM D3967-95, 1998, Standard test method for splitting tensile strength of intact rock core specimens, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04.08.
- ASTM D4405-93, 1998, Standard test method for creep of cylindrical soft rock core specimens in uniaxial compressions, *In Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04.08.
- ASTM D4406-93, 1998, Standard test method for creep of cylindrical rock core specimens in triaxial compression, *In Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04.08.
- ASTM D4543-85, 1998, Standard practice for preparing rock core specimens and determining dimensional and shape tolerances, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04.08.
- Bachu, B. and Dusseault, M.B., (2005). Underground injection of carbon dioxide in salt beds. *Developments in Water Science*, Volume 52, Pages 637-648.
- Bachu, S. (2001). Geological sequestration of anthropogenic carbon dioxide: applicability and current issues. In *Geological Perspectives of Global Climate Change* (Gerhard, L., W. E. Harrison and B.M. Hanson, eds.), American Association of Petroleum Geologists Studies in Geology # 47, AAPG, Tulsa, OK, pp. 285-304.
- Bachu, S. and Rothenburg, L., 2003. Carbon dioxide sequestration in salt caverns: Capacity and long term fate, Proceedings of the 2nd Annual Conference on Carbon Dioxide Sequestration, Alexandria, VA, May 5-8, 2003.
- Bachu, S. and Stewart, S. (2002). Geological sequestration of anthropogenic carbon dioxide in the Western Canada Sedimentary Basin, *J. Can. Petrol. Tech.*, 41(2): 32-40.
- Bachu, S., Gunter, W.D., and Perkins, E.H. (1994). Aquifer disposal of CO₂: hydrodynamic and mineral trapping. *Energy Conversion & Management* 35: 269-279.
- Berest, P., Brouard, B.L., and Durup, J.G., (2000). Shut-in pressure tests: Case studies. Proceedings 2000 SMRI Fall Meeting.
- Bergman, P.D., Winter, E.M., and Chen, Z.Y. (1997). Disposal of power plant CO₂ in depleted oil and gas reservoirs in Texas. *Energy Conversion & Management* 38(SS): S211-S216.
- Bachu, S., and Burwash, R.A., (1991). Regional-scale analysis of the geothermal regime in the Western Canada Sedimentary Basin. *Geothermics*, Volume 20, pp. 387-407.
- Chemical & Engineering News, Vol. 78, No. 38, September 18, 2000
- Dusseault, M.B., Bachu, S., and Davidson, B.C., (2001). Carbon dioxide sequestration potential in salt solution caverns in Alberta, Canada. Proceedings 2001 SMRI Fall Meeting.
- Freund, P. and Ormerod, W.G. (1997). Progress toward storage of carbon dioxide. *Energy Conversion & Management* 38: 199-204.

- Freund, P. and Ormerod, W.G. (1997). Progress toward storage of carbon dioxide. *Energy Conversion & Management* 38(5S): S199–S204.
- Fuenkajorn, K. and Phueakphum, D. (2010). Effects of cyclic loading on mechanical properties of Maha Sarakham salt. *Engineering Geology* 112 (1-4): 43-52.
- Hendriks, C.A. and Blok, K. (1993). Underground storage of carbon dioxide. *Energy Conversion & Management* 34:949–57.
- Hitchon, B., Gunter, W.D., Gentzis, T. and Bailey, R.T. (1999). Sedimentary basin sand greenhouse gases: a serendipitous association. *Energy Conversion & Management* 40: 825–843.
- Holloway, S. and Savage, D. (1993). The potential for aquifer disposal of carbon dioxide in the UK. *Energy Conversion & Management* 34:925–32.
- Itasca, *User Manual for FLAC—Fast Lagrangian Analysis of Continua, Version 4.0*, Itasca Consulting Group Inc, Minneapolis, Minnesota (1992) 256 pp.
- Kaszuba, J.P., Janecky, D.R. and Snow, M.G. (2003). Carbon dioxide reaction processes in a model brine aquifer at 200°C and 200 bars: implications for geologic sequestration of carbon. *Applied Geochemistry* 18: 1065–1080.
- Liang, W.G., Xu, S.G., and Zhao, Y.S., (2006). Experimental study of temperature effects on physical and mechanical characteristics of salt rock. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 39 (5): 469-482.
- Maul, P.R., Metcalfe, R., Pearce, J., Savage, D. and West, J.M. (2007). Performance assessments for the geological storage of carbon dioxide: Learning from the radioactive waste disposal experience. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, pp. 444-455.
- Shi, J.Q. and Durucan, S. (2005). CO₂ Storage in Caverns and Mines. *Oil & Gas Science and Technology* 60 (3): 569-571.

11. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

11.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยที่เสนอนี้มีประโยชน์อย่างมากกับงานด้านวิศวกรรมธรณีและวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถสรุปเป็นหัวข้อได้ดังนี้

1) เป็นองค์ความรู้ในการวิจัยต่อไป

เพื่อเป็นองค์ความรู้เริ่มและสร้างสรรค์ในการพัฒนาระบบและวิธีการการกักเก็บหรือการจัดการ กับ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยสู่บรรยากาศในประเทศไทย และสามารถพัฒนาต่อยอดให้เป็นรูปธรรมได้ต่อไป

2) บริการความรู้แก่ประชาชนและหน่วยงานราชการ

การเผยแพร่ความรู้ในการประชุมวิชาการและการตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ จะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงาน อาทิ กรมทรัพยากรธรณีและสิ่งแวดล้อม กระทรวงอุตสาหกรรม กรมควบคุมมลพิษและกรมส่งเสริมธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อเกิดความเข้าใจในเทคโนโลยีการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างถูกต้อง และประกอบการตัดสินใจในเชิงนโยบายต่อไป

3) บริการความรู้แก่ภาคธุรกิจ

เป็นแหล่งข้อมูลให้ความรู้แก่หน่วยงานในภาคธุรกิจ อาทิ ภาคอุตสาหกรรมโรงงานที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการผลิต การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ในส่วนของโรงงานผลิตไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงธรรมชาติ และหน่วยงานอื่นที่มีกิจกรรมในลักษณะเดียวกันนี้

4) นำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์

หากเทคโนโลยีนี้ถูกสร้างอย่างเป็นรูปธรรมโดยองค์กรของรัฐที่เกี่ยวข้องหรือหน่วยงานเอกชนที่สนใจ หน่วยงานดังกล่าวสามารถให้บริการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคอุตสาหกรรม หรือหน่วยงานอื่นในประเทศข้างเคียงที่สนใจ

5) เป็นประโยชน์ต่อประชากรกลุ่มเป้าหมาย

เป็นการให้ความรู้แก่ผู้ประกอบการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในด้านการจัดการกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตของตัวผู้ประกอบการเอง ซึ่งทำให้ผู้ประกอบการมีการจัดการปัญหาที่จะเกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

6) ผลิตนักวิจัยรุ่นใหม่

การศึกษาในวิจัยนี้ได้มีนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาเข้ามามีส่วนร่วมในการวิจัยด้วย จึงทำให้เกิดการเรียนรู้การทำวิจัยที่ถูกต้อง สร้างวิสัยทัศน์ในการวางแผนแนวทางการทำวิจัยต่อไปในอนาคต ซึ่งผลสัมฤทธิ์ในการวิจัยนี้จะผลิตนักวิจัยระดับปริญญาโทจำนวน 2 คน

11.2 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยที่เสนอมานี้จะมีประโยชน์อย่างมากและโดยตรงกับหลายหน่วยงาน ทั้งภาครัฐและเอกชน ที่มีส่วนเกี่ยวข้องด้านเป็นผู้ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผู้วางนโยบายในการจัดการกับปัญหาสิ่งแวดล้อมจากก๊าซเรือนกระจก หน่วยงานเหล่านี้ได้แก่

- 1) กองธรณีเทคนิค กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- 2) กองธรณีเทคนิค กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
- 3) กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม และกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- 4) สถาบันการศึกษาที่เปิดสอนทางด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม วิศวกรรมเหมืองแร่ และวิศวกรรมธรณี

- 5) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
- 6) ผู้ประกอบการด้านปิโตรเลียม
- 7) โรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าเอกชน
- 8) โรงงานอุตสาหกรรม

12. แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี หรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

แผนการการถ่ายทอดเทคโนโลยีนี้ คือ การจัดอบรมหลักสูตรระยะสั้นให้แก่บุคลากรขององค์กรภาครัฐ ภาคเอกชน ประชาชนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย หรือผู้ที่สนใจ และนำผลงานวิจัยชิ้นนี้ลงตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติและนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติเพื่อเผยแพร่ความรู้ในวงกว้างต่อไป

13. วิธีดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

การวิจัยแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนมีดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การค้นคว้าและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ค้นคว้าและศึกษาวารสาร รายงาน และสิ่งตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแง่มุมที่หลากหลาย รวมไปถึงปัญหาก๊าซเรือนกระจก ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศไทย รูปแบบการจัดการก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันทั้งในและต่างประเทศ การออกแบบและวิเคราะห์เสถียรภาพของโครงเหล็กเพื่อใช้กักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ธรณีวิทยาหินเกี่ยวกับความหนาและความลึก และคุณสมบัติด้านกลศาสตร์ของหินเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในงานวิจัยนี้

ขั้นตอนที่ 2 การจัดเตรียมตัวอย่างเกลียวหิน

ในขั้นตอนนี้ตัวอย่างเกลียวหินที่ได้รับความอนุเคราะห์มาจากหน่วยงานต่างๆ จะถูกตัดและกลึงให้อยู่ในรูปแบบเพื่อใช้ในการทดลองคุณสมบัติและพฤติกรรมที่เกี่ยวข้อง (ASTM D4543) ตัวอย่างจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว และมีความยาวตามชนิดของการทดสอบ จะมีการเตรียมตัวอย่างทั้งสิ้น 90 ตัวอย่าง ความลึกและตำแหน่งของแท่งตัวอย่างเกลียวหินซึ่งได้ขุดเจาะมาจากชั้นเกลียวหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยจะถูกบันทึก วิเคราะห์ และเสนออยู่ในรายงานเพื่อให้ทราบถึงความแปรปรวนทางด้านพฤติกรรมและคุณสมบัติในชั้นเกลียวหินของประเทศไทย

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

จุดประสงค์ของการทดสอบเชิงกลศาสตร์ของเกลียวหินในห้องปฏิบัติการ คือ เพื่อหาคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการแตกหรือการวิบัติ และที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนรูปร่างหรือการวิรูปของเกลียวหินในเชิงเวลาและภายใต้อุณหภูมิที่ระหว่าง 0 ถึง 30°C ซึ่งสัมพันธ์กับช่วงอุณหภูมิที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีสถานะเป็นของเหลวในสภาวะกักเก็บ คุณสมบัติเหล่านี้ได้ถูกประเมินออกมาเป็นเชิงตัวเลขจากผลที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะเป็นผลในการกำหนดค่าคงที่และตัวแปรในสูตรและกฎเกณฑ์ที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์เสถียรภาพและในการออกแบบโครงในชั้นเกลียวหิน

โครงการวิจัยนี้แบ่งกลุ่มการทดสอบออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) การทดสอบการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์เหลวกับแท่งตัวอย่างเกลือหิน 2) การทดสอบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์พื้นฐานของเกลือหิน และ 3) การทดสอบคุณสมบัติการเปลี่ยนรูปในเชิงเวลาของเกลือหิน

กลุ่มที่ 1 การทดสอบการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์เหลวกับเกลือหิน ในการทดสอบจะอยู่ภายใต้อุณหภูมิที่ผันแปรตั้งแต่ 0 ถึง 25°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่จะทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีสภาพเป็นของเหลวภายใต้สภาวะความดันประมาณ 10 MPa โดยค่าความดันดังกล่าวเทียบได้กับระดับความดันภายในโพรงเมื่อกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลวภายใต้ความดัน 80% ของความเค้นบริเวณหลังคาโพรง โดยโพรงเกลือมีความลึกที่ 500 เมตร ที่ระดับหลังคาโพรง

กลุ่มที่ 2 การทดสอบคุณสมบัติด้านกลศาสตร์พื้นฐาน ซึ่งรวมไปถึงการทดสอบแรงกดในแกนเดียว (ASTM D2938) การทดสอบแรงดึงแบบบราซิล (ASTM D3967) การทดสอบแรงกดในสามแกน (ASTM D2664) และความยืดหยุ่นของเกลือหิน วิธีการทดสอบจะดำเนินการตามวิธีมาตรฐานของ ASTM โดยหินตัวอย่างอย่างน้อย 60 ตัวอย่าง จะถูกนำมาทดสอบในกลุ่มนี้ (ทดสอบที่อุณหภูมิ 3 ระดับ ระดับละ 20 ตัวอย่าง คือ 5 ตัวอย่างสำหรับทดสอบแรงกดในแกนเดียว 5 ตัวอย่าง สำหรับทดสอบแรงกดในสามแกน และ 10 ตัวอย่างสำหรับทดสอบแรงดึงแบบบราซิล) ในการทดสอบภายใต้อุณหภูมิใกล้ 0°C เนื่องจากหินในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำจะมีกำลัง (Strength) ต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง ดังนั้น จึงเป็นการประเมินเกณฑ์การแตกของหินที่เป็นไปในเชิงอนุรักษ์ ผลที่ได้จากการทดสอบในกลุ่มนี้จะใช้ในการสอบเทียบค่าคงที่ที่เกี่ยวข้องกับการวิบัติของเกลือหิน และยังมีประโยชน์ในการนำมาใช้เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของเกลือหินที่ถูกตีพิมพ์ในต่างประเทศ (ที่เป็นเทคโนโลยีเดียวกันนี้)

กลุ่มที่ 3 การทดสอบคุณสมบัติด้านกลศาสตร์เชิงเวลา มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้มาซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น ความเครียด และเวลา ในการทดสอบจะมีการผันแปรอุณหภูมิระหว่าง 0 ถึง 25°C ใช้ตัวอย่างเกลือหินอย่างน้อย 18 ตัวอย่าง โดยทดสอบที่อุณหภูมิ 3 ระดับ (ระดับละ 6 ตัวอย่าง) และภายใต้ความเค้นกดในแกนเดียวในช่วง 40 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ของกำลังรับแรงกดในแกนเดียว (σ_c) ผลที่ได้จากการทดสอบภายใต้ความเค้นที่ต่างกันจะนำมาใช้ในการสอบเทียบค่าคงที่ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนรูปร่างของหินที่ขึ้นกับเวลา (Time dependent deformation) ค่าคงที่เหล่านี้ คือ ความเป็นพลาสติก (Plastic) ความเหนียว (Ductile) ความหนืดเชิงยืดหยุ่น (Visco-elastic) และความหนืดเชิงพลาสติก (Visco-plastic) เป็นต้น ตัวอย่างหินอย่างน้อย 5 ตัวอย่าง จะนำมาใช้ในการทดสอบภายใต้ขนาดของความเค้นกดคงที่ในระดับที่ต่างกัน เส้นความสัมพันธ์ความเครียดและเวลาจากการทดสอบเหล่านี้จะนำมาใช้ในการสอบเทียบดังกล่าวข้างต้น

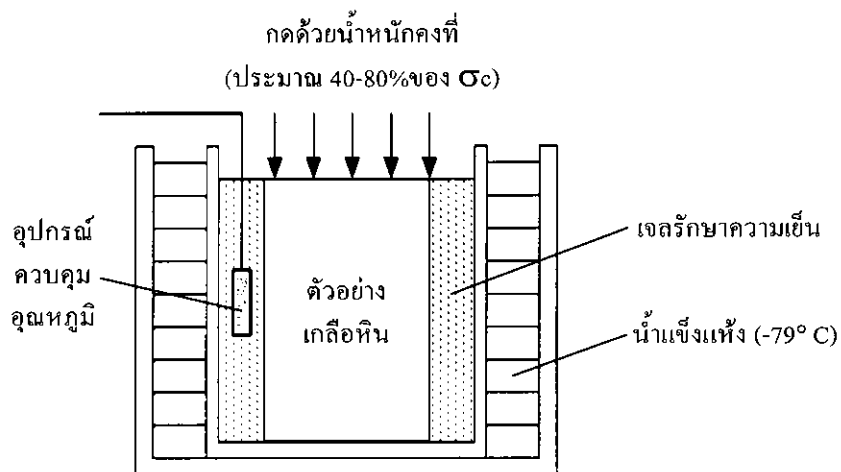
รูปที่ 6 แสดงการติดตั้งตัวอย่างในถังให้ความเย็นที่ประกอบเป็นสองชั้น ชั้นแรกจะบรรจุน้ำแข็งแห้ง ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำถึง -79 องศาเซลเซียส ในชั้นที่ 2 จะบรรจุด้วยเจลสามารถรักษาอุณหภูมิให้คงที่ได้ และมีอุปกรณ์ปรับอุณหภูมิเพื่อทำให้อุณหภูมิรอบตัวอย่างเกลือหินคงที่ ตัวอย่างจะถูกห่ออย่างดีไม่ให้สัมผัสกับเจล เมื่อมีการจัดเตรียมเสร็จแล้วชุดทดสอบจะถูกกดด้วยความเค้นกดคงที่เป็นระยะเวลาประมาณ 21 วัน (หรือตัวอย่างเกิดการวิบัติ) ระหว่างการทดสอบจะมีการตรวจวัดค่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของตัวอย่างเกลือหิน ทั้งนี้รูปแบบของการทดสอบอาจมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้เกิดความเหมาะสมได้

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบและสอบเทียบค่าตัวแปร

ผลที่ได้จากการทดสอบคุณสมบัติหินในขั้นตอนที่ 2 (กลุ่มที่ 3) จะนำมาสอบเทียบค่าตัวแปรที่ใช้อธิบายพฤติกรรม การเปลี่ยนแปลงรูปร่างในเชิงเวลาของหินสำหรับแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ การสอบเทียบจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ในการสอบเทียบค่าตัวแปร จะมีการตรวจสอบความสอดคล้องและความเป็นเหตุเป็นผลของผลการทดสอบในขั้นตอนนี้ ถ้าพบว่าผลที่ได้มีความขัดแย้งกันก็จะมี การทดสอบเพิ่มเติม

ขั้นตอนที่ 5 การออกแบบโครงเกลื่อและการศึกษาด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข

ในขั้นตอนนี้จะรวมไปถึงการกำหนดพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างโครงเกลื่อเพื่อเทคโนโลยีกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกแบบโครงเกลื่อเบื้องต้น โดยการกำหนดรูปร่างของโครงเกลื่อให้เป็นรูปทรงกลมรีในแนวดิ่ง มีส่วนบนและส่วนล่างเป็นรูปครึ่งทรงกลม มีการออกแบบระดับความลึกของหลังคาโครง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความสูง ความหนาของหลังคาโครง ความหนาของพื้นโครง และอัตราส่วนของระยะห่างระหว่างโครงกับเส้นผ่าศูนย์กลางโครง (Spacing-to-Diameter Ratio) ขนาดความลึกของโครงถูกกำหนดเมื่อมีการอัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในโครงด้วยความดันสูงสุดประมาณ 80 บาร์เซ็นต์ ของความเค้นบริเวณหลังคาโครง



รูปที่ 6 แนวคิดสำหรับอุปกรณ์ทดสอบการเคลื่อนไหลในแกนเดียวภายใต้อุณหภูมิต่ำ

รูปแบบที่ได้กำหนดแล้วข้างต้นจะถูกนำมาวิเคราะห์เสถียรภาพและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข ในแบบจำลองจะมีการคำนวณความเค้นและความเครียดที่เกิดขึ้นรอบโครงในชั้นเกลื่อหินในขณะที่โครงกำลังกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์เหลว จำนวนของแบบจำลองจะขึ้นกับจำนวนของพื้นที่หรือจำนวนของธรณีวิทยาโครงสร้างต่างๆ ที่เหมาะสมกับเทคโนโลยีการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหลว โดยจะนำโปรแกรม GEO (Fuenkajorn and Serata, 1992) หรือโปรแกรม FLAC version 4.0 (Itasca, 2006) มาใช้ในการคำนวณ โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรม Finite element ซึ่งสามารถคำนวณความเค้นและความเครียดของวัตถุในสองมิติ และสามารถคาดการณ์พฤติกรรมของวัตถุนั้นในอนาคต โปรแกรมนี้ได้ถูกเขียนขึ้นโดยมีโครงสร้างทางด้านคณิตศาสตร์เพื่อจำลองคุณสมบัติของวัตถุแบบ Elasticity, Visco-elasticity, Visco-plasticity, Brittle และ Ductile การคำนวณจะมีเวลาเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ผลที่ได้จากการคำนวณจะนำมาวิเคราะห์เพื่อเลือกสรรขนาดและรูปร่างของโครงที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่

ขั้นตอนที่ 6 การถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมาย

ผลงานวิจัยจะนำไปเผยแพร่องค์ความรู้ในรูปของบทความในการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ และวารสารทางวิชาการในระดับนานาชาติ เช่น Environment International (JIF = 2.856), Energy Conversion & Management (JIF = 1.244) และ Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering (JIF = 0.673) เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 7 การสรุปผลและเขียนรายงาน

แนวคิด ขั้นตอนโดยละเอียด การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการศึกษาทั้งหมด และข้อสรุปจะนำเสนอโดยละเอียดในรายงานฉบับสมบูรณ์ เพื่อที่จะส่งมอบเมื่อเสร็จโครงการ

สถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

สถานที่ทำการทดลอง: ห้องปฏิบัติการกลศาสตร์ธรณี อาคารเครื่องมือ 4 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

สถานที่เก็บตัวอย่าง: ตัวอย่างหินที่จะขอความอนุเคราะห์จากหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนที่ได้ทำการเจาะสำรวจเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

14. ระยะเวลาที่ทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

14.1 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย 2 ปี (ตุลาคม 2554 – กันยายน 2556)

14.2 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ขั้นตอน	ปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2555)						ปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2556)					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1. ทบทวนวรรณกรรมวิจัย	↔											
2. การจัดเตรียมตัวอย่างเกลือหิน	↔	→										
3. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ		←	→	→	→	→		→				
4. การวิเคราะห์ผลการทดสอบและ สอบเทียบค่าตัวแปร				←	→	→		→				
5. การออกแบบโพรงเกลือและ การศึกษาด้วยระเบียบวิธีเชิง ตัวเลข							←	→	→	→		
6. การถ่ายทอดเทคโนโลยี											↔	↔
7. สรุปผลและเขียนรายงาน			↔			↔			↔			↔

15. ปัจจัยที่เอื้อต่อการวิจัย (อุปกรณ์การวิจัย โครงสร้างพื้นฐาน ฯลฯ)

15.1 ที่มีอยู่แล้ว

- 1) เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง และเครื่องพิมพ์ 1 เครื่อง
- 2) โปรแกรมคอมพิวเตอร์: Geo Code, FLAC2D version 4.0 และ SPSS
- 3) เครื่องตัดตัวอย่าง 3 เครื่อง และเครื่องขัดผิวเรียบ 1 เครื่อง
- 4) เครื่องทดสอบการเคลื่อนไหล (Consolidation machine) 3 เครื่อง

15.2 ที่ต้องการเพิ่มเติม

- ไม่มี -

16. งบประมาณของโครงการวิจัย

16.1 รายละเอียดงบประมาณที่เสนอขอ (เฉพาะปีที่เสนอขอ) ตามหมวดเงินประเภทต่าง ๆ

รายการค่าใช้จ่าย	งบฯ ที่เสนอขอ ปีงบประมาณ 2555 (บาท)
1. ค่าจ้างชั่วคราว ผู้ช่วยวิจัย นักศึกษาระดับปริญญาโท 1 คน (10,000 บาท x 12 เดือน)	120,000
2. ค่าใช้สอย ได้แก่ 2.1 ค่าจ้างเหมาจ่ายนักศึกษาปริญญาตรี 1 คน (2,000 บาท/เดือน) 2.2 ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์ ค่าถ่ายเอกสาร ค่าจ้างเหมาพิมพ์ รายงานการวิจัย และค่าจ้างเหมาอื่นๆ	24,000 23,000
3. ค่าวัสดุ ได้แก่ 3.1 ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ - ค่าวัสดุที่ใช้ในการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ น้ำแข็งแห้ง เจลรักษาระดับอุณหภูมิ แผ่นยางหุ้มกันละลาย เป็นต้น) - ค่าอุปกรณ์สิ้นเปลืองสำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ 3.2 ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าวัสดุสำนักงาน แผ่น CD กระดาษ และค่าวัสดุอื่นๆ	33,000 20,000 20,000
รวมทั้งสิ้น	240,000

16.2 รายละเอียดงบประมาณที่เสนอขอในปีต่อไป ตามหมวดเงินประเภทต่างๆ แต่ละปีตลอดการวิจัย

รายการค่าใช้จ่าย	งบฯ ที่เสนอขอ ปีงบประมาณ 2556 (บาท)
1. ค่าจ้างชั่วคราว ผู้ช่วยวิจัย นักศึกษาระดับปริญญาโท 2 คน (10,000 บาท/เดือน/ คน)	240,000
2. ค่าใช้สอย ได้แก่ 2.1 ค่าจ้างเหมาจ่ายนักศึกษาปริญญาตรี 3 คน (2,000 บาท/เดือน) 2.2 ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์ ค่าถ่ายเอกสาร ค่าจ้างเหมาพิมพ์ รายงานการวิจัย และค่าจ้างเหมาอื่นๆ	72,000 40,000
3. ค่าวัสดุ ได้แก่ 3.1 ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ - ค่าวัสดุที่ใช้ในการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ น้ำแข็งแห้ง เจลรักษาระดับอุณหภูมิ แผ่นยางหุ้มกันละลาย เป็นต้น) - ค่าอุปกรณ์สิ้นเปลืองสำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ 3.2 ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าวัสดุสำนักงาน แผ่น CD กระดาษ และค่าวัสดุอื่นๆ 3.3 ค่าเดินทางนำเสนอผลงาน	33,000 20,000 40,000 40,000
รวมทั้งสิ้น	485,000

16.3 งบประมาณที่ได้รับจัดสรรในแต่ละปีที่ผ่านมา (กรณีเป็นโครงการวิจัยต่อเนื่อง)

- ไม่มี -

17. ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

โครงการนี้เป็นโครงการวิจัยใหม่ในขณะที่ยังไม่ได้ดำเนินการ อย่างไรก็ตามผู้วิจัยคาดว่าเนื่องจากเป็นงานวิจัยประยุกต์ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อโครงสร้างพื้นฐานในการพัฒนาประเทศที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศจากผลการศึกษานี้คาดว่าจะ

- 1) ผลการทดสอบจะทำให้ทราบถึงพฤติกรรมเชิงกลศาสตร์ของเกลียวหินในสภาวะอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้องซึ่งจะเป็นองค์ความรู้ใหม่ ผลที่ได้จากการทดสอบนี้ถือเป็นผลสำเร็จเบื้องต้น (P)
- 2) ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เมื่อนำมาสอบเทียบคุณสมบัติของเกลียวหินจะได้เป็นค่าคงที่สำหรับการจำลองหรือคาดคะเนพฤติกรรมและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเกลียวหินรอบโพรงเกลียวในขณะที่มีการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาวะจริงด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข ผลที่ได้จากขั้นตอนนี้ถือเป็นผลสำเร็จกึ่งกลาง (I)
- 3) โพรงเกลียวที่ได้ออกแบบไว้ในงานวิจัยนี้ได้ใช้หลักการทางกลศาสตร์อย่างถูกต้องและมีเสถียรภาพสูงสุด ดังนั้นหากมีหน่วยงานที่สนใจนำการออกแบบไปใช้หรือสร้างขึ้นมาอย่างเป็นรูปธรรมก็จะเกิดประโยชน์อย่างสูงที่สุดนั้นคือสามารถไขกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และให้บริการในเชิงพาณิชย์ได้ นอกจากนี้ในการศึกษาวิจัยยัง

ผลิตนักวิจัยระดับปริญญาโทจำนวน 2 คน ด้วย ซึ่งเป็นไปตามนโยบายของสภาวิจัยแห่งชาติอีกด้วย ผลที่ได้ถือเป็นผลสำเร็จตามเป้าประสงค์ (G)

18. โครงการวิจัยต่อเนื่องปีที่ 2 ขึ้นไป

18.1 คำรับรองจากหัวหน้าโครงการวิจัยว่าโครงการวิจัยได้รับการจัดสรรงบประมาณในปีงบประมาณที่ผ่านมาจริง

- ไม่มี -

18.2 โปรดระบุว่าโครงการวิจัยนี้อยู่ระหว่างเสนอขอของบประมาณจากแหล่งเงินทุนอื่น หรือเป็นการวิจัยต่อยอดจากโครงการวิจัยอื่น (ถ้ามี)

- ไม่มี -

18.3 รายงานความก้าวหน้าของโครงการวิจัย (ตามแบบ ต-1ด)

- ไม่มี เนื่องจากเป็นโครงการวิจัยใหม่ -

19. คำชี้แจงอื่น ๆ (ถ้ามี)

- ไม่มี -

น. กิตติเทพ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าโครงการวิจัย

วันที่ 10 เดือน ต.ค. พ.ศ. 2554

เกรียงไกร ไตรสาร

รองศาสตราจารย์

(รองศาสตราจารย์ เกรียงไกร ไตรสาร)

หัวหน้าสาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี

วันที่ เดือน พ.ศ.

น. กิตติเทพ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าสถานวิจัย

วันที่ 21 เดือน ต.ก. พ.ศ. ๒๕๕๔

ส่วน ค : ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นาย, นาง, นางสาว.....กิตติเทพ.....นามสกุล.....เฟื่องขจร.....
(ภาษาอังกฤษ) Mr., Mrs., Miss.KITTITEP FUENKAJORN.....
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน
5.1009.99.084.72.1.....
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
รองศาสตราจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี.....สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์.....มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.....
4. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail
สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ : 044-224448, 224441, 224443
โทรสาร : 044-22448, 224611
E-mail : kittitep@sut.ac.th
5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ระดับปริญญา (ตรี โท เอก และ ประกาศนียบัตร)	อักษรย่อ ปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันศึกษา	ประเทศ
1979	Bachelor of Science	B.S.	Geology	Engineering Geology	Chulalongkorn University	Thailand
1985	Master of Science	M.S	Mining Engineering	Rock Mechanics	University of Arizona	U.S.A.
1988	Doctor of Philosophy	Ph.D.	Geological Engineering	Rock and Soil Mechanics	University of Arizona	U.S.A.
1990	Postdoctoral Fellows	Post.Doc.	Geological Engineering	Geomechanics	University of Arizona	U.S.A.

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- 1) การทดสอบในห้องทดลองและในภาคสนามทางด้านกลศาสตร์หิน
- 2) การเขียนคอมพิวเตอร์ Software เพื่อวิเคราะห์และออกแบบสิ่งก่อสร้างทางด้านวิศวกรรมธรณี
- 3) การวิเคราะห์และออกแบบทางเสถียรภาพของสิ่งก่อสร้างในหิน โดยใช้การคำนวณเชิงตัวเลข
- 4) การออกแบบเหมืองในชั้นเกลือหินและโพแทช

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยและงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ :

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย ...

- ไม่มี -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย...

เป็นหัวหน้าโครงการวิจัยที่ดำเนินการเสร็จแล้วดังต่อไปนี้

- 1) “Finite Element Analysis on 34/44 LPG Gallery, Gallery 10 and Caverns 33 and 43 of Finger Lakes LPG Storage, LLC”
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
March 2010 – May 2010
Funded by: International Gas Consulting, Houston, Texas
- 2) “Design and Study of Mae Tan Lignite Mine, Lampang Province”
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
April 2010 – June 2010
Funded by: Siam Cement Group (SCG) Siam Cement Road, Bangkok 10800
- 3) “Invention of Salt Core Leaching Device”
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
February 2010 – July 2010
Funded by: Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn’s Innovation Fund, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
- 4) “Invention of Compression-to-Tension Load Converter”
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
October 2009 – March 2010
Funded by: Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn’s Innovation Fund, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

- 5) "Finite Element Analysis on Arcadia Gas Storage Caverns E-5, E-6, E-7 and E-8"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
July 2009 – October 2009
Funded by: International Gas Consulting, Houston, Texas
- 6) "Finite Element Analysis on Kinder Morgan Storage Caverns C-2, C-4 and C-5, North Dayton Salt Dome, North Texas"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
September 2009 – February 2010
Funded by: Kinder Morgan, Houston, Texas
- 7) "Development of Computer Program to Determine Size, Shape and Depth of Salt Caverns Using Surface Subsidence as Data Input" (Already submitted draft final report)
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: October 2007 – September 2009
Funding: 605,500 Baht
- 8) "Invention of True Triaxial Compression Apparatus for Rock Testing"
(Already submitted draft final report)
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: October 2007 – September 2009
Funding: 682,500 Baht
- 9) "Finite Element Analysis for Gas Storage Caverns Joy Station Storage Project" Kiowa County, Kansas
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Golden Gas Services Company, Tulsa, Oklahoma.
Period: July 2008 – September 2008
Funding: US\$ 20,000

- 10) "Inergy Savona LPG Storage Facility: Finite Element Analysis"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: International Gas Consulting, Houston, Texas.
Period: January 2008 – March 2008
Funding: US\$ 25,000
- 11) "Design and Analysis of Final Pit Walls of SCCC Limestone Quarry"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Siam City Cement PCL., Saraburi
Period: 15 July – 15 August 2008
Funding: 643,588 Baht
- 12) "Study of Mechanical Stability of Rock Slope and Tunnel as Affected by Earthquake Vibration and Joint Characteristics by using Physical Modeling"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: October 2006 – September 2008
Funding: 654,000 Baht
- 13) "Mississippi Hub, LLC Gas Storage Caverns: Finite Element Analysis"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: International Gas Consulting, Inc., Houston, Texas
Period: May 2007 – August 2007
Funding: US\$ 20,000
- 14) "Design Evaluation of Canatxx Presall Gas Storage Facility"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Canatxx Inc., Houston, USA
Period: August 2005 – September 2005
Funding: US\$ 15,000

- 15) "Study of Surface Subsidence of Potash Mine at Bamnet Narong District, Chaiyaphum Province"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: ASEAN Potash Mining Public Company Limited, Bangkok
Period: August – October 2005
Funding: 462,000 Baht

- 16) "Tuz Golu Underground Gas Storage Facility in Turkey: Finite Element Analysis"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: World Bank, USA
Period: April – June 2005
Funding: US\$ 15,000

- 17) "Design of Mine Panels at Udon South Potash Project"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Asia Pacific Potash Corp., Udon Thani

- 18) "Design of Rock Slope in Thailand for Long Term Stability by Incorporating Rock Mass Degradation"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: October 2005 – September 2007
Funding: 650,900 Baht

- 19) "Design of Salt Solution Mining for Siam Submanee Co., Ltd., Nakhon Ratchasima"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Siam Submanee Co., Ltd., Nakhon Ratchasima
Period: 22 April – 21 November 2004
Funding: 1,368,400 Baht

20) "Solar Thermal Energy Storage in Rock Fills"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2004 – November 2006

Funding: 810,000 Baht

21) "Development of a Shear Strength Criterion for Rock Joints Using Field-Determined Parameters"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2003 – November 2005

Funding: 461,250 Baht

22) "Prediction of Mechanical Properties of Rock Salt from Petrographic Features Using Neural Network"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2003 – November 2005

Funding: 460,000 Baht

23) "Geomechanics Performance of Salt Formation for Compressed-Air Energy Storage in the Northeast of Thailand"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Department of Alternative Energy and Development of Efficiency

Period: May 2003 – November 2004

Funding: 2,443,750 Baht

24) "Development of Computer Expert System for Design of Borehole Seals in Rocks"

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2002 – November 2003

Funding: 262,000 Baht

- 25) “Determination of Elastic Modulus of Intact Rock by Modified Point Load Testing”

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2002 – January 2005

Funding: 564,000 Baht

- 26) “Experimental Assessment of Rock Salt Mechanics for Compressive Air Energy Storage in Northeastern Thailand”

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2001 – November 2002

Funding: 274,000 Baht

- 27) “Development of Computer Software for Analysis and Design of Rock Slopes Based on Expert's Knowledge and Experience”

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima

Period: November 2001 – October 2003

Funding: 560,400 Baht

- 28) “Theoretical and Experimental Studies to Determine Compressive and Tensile Strengths of Rocks Using Modified Point Load Testing”

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Thailand Research Fund (สทว), Bangkok

Period: December 2000 – December 2001

Funding: 652,000 Baht

- 29) “Mechanical Performance of Rock Salt Formations for Nuclear Waste Disposal”

Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn

Co-Investigator: -none-

Funded by: Thailand Research Fund (สทว), Bangkok

Period: June 2001 – June 2003

Funding: 1,397,800 Baht

- 30) "Theoretical and Experimental Assessment to Determine the Relationships between Point Load Index and Elasticity, Compressive and Tensile Strengths of Rock"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: November 2000 – November 2001
Funding: 135,000 Baht
- 31) "Design and Analysis of the Keystone Gas Storage Project, Salado Salt Formation Texas"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Unocal Corporation, Sugar Land, Texas, USA
- 32) "Derivation of Design Guidelines for Salt Solution Mining for Small and Medium Sized Enterprises in Northeastern Thailand"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: June 2000 – January 2001
Funding: 43,480
- 33) "Design Optimization and Analysis of Solution Cavern Field in Salt Formations, Northeastern Thailand"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: November 1999 – November 2000
Funding: 91,000 Baht
- 34) "Analytical and Numerical Assessment of the Potential Waste Repository in Rock Salt Formations in Northeastern"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period: July 1999 – July 2000
Funding: 48,900

- 35) "Design and Analysis of Liquefied Petroleum Gas Storage Caverns of Amoco Wells"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: International Gas Consulting, Inc., Houston, Texas
- 36) "Feasibility Design of Gas Storage Caverns of UNOCAL in Hutchinson Salt Formations"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: International Gas Consulting, Inc., Houston, Texas
- 37) "Feasibility Design of Pit Slope and Underground Supports for Don Mario Mine, Bolivia"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Orvana Empresa Minera Paititi S.A., Santa Cruz, Bolivia
- 38) "Feasibility Design of the Underground Supports and Layout for Pegasus Gold Mine"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Diamond Hill Mining, Inc., Townsend, Montana
- 39) "Development of the Quality Assurance Program for the Nuclear Waste Repository Seals at Yucca Mountain, Nevada"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Southwest Research Institute, San Antonio, TX
- 40) "Analysis and Design of the Supports for Rock Slope at Morenci Copper Mine"
Principal Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: The Winters Company, Tucson, Arizona
- 41) "Design of Fracture Grouting in Anhydrite Bed"
Principal Investigator: Jaak J.K. Daemen
Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: Sandia National Laboratories, Waste Isolation Pilot Plant, New Mexico

- 42) "Salt Permeability in Relation to Stress State and Cavern Design"
Principal Investigator: Shosei Serata
Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: Solution Mining Research Institute, Woodstock, Illinois
- 43) "Geomechanics Investigation of Compresses-Air Energy Storage in Salt Cavern"
Principal Investigator: Shosei Serata
Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: Electric Power Research Institute, Generation / Storage Division, CA
- 44) "Laboratory and Field Studies of Tuff Sealing Performance"
Principal Investigator: Jaak J.K. Daemen
Project Manager: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: US Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C.

เป็นผู้ร่วมวิจัยจำนวน 4 โครงการ ดังต่อไปนี้

- 1) "Design of Fracture Grouting in Anhydrite Bed"
Principal Investigator: Jaak J.K. Daemen
Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: Sandia National Laboratories, Waste Isolation Pilot Plant, New Mexico
Amount: US\$ 203,000; Period: July 1991 - June 1993
- 2) "Salt Permeability in Relation to Stress State and Cavern Design"
Principal Investigator: Shosei Serata
Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: Solution Mining Research Institute, Woodstock, Illinois
Amount: US\$ 60,000; Period: August 1991 - January 1992
- 3) "Geomechanics Investigation of Compresses-Air Energy Storage in Salt Cavern"
Principal Investigator: Shosei Serata
Co-Investigator: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: Electric Power Research Institute, Generation / Storage Division, CA
Amount: US\$ 22,000; Period: July - December 1991
- 4) "Laboratory and Field Studies of Tuff Sealing Performance"
Principal Investigator: Jaak J.K. Daemen
Project Manager: Kittitep Fuenkajorn
Funded by: US Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C.
Amount: US\$ 180,000; Period: January - December 1990

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อแผนงานวิจัย และ/หรือ โครงการวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และสถานภาพ
ในการทำวิจัย และแหล่งทุน

Book:

- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen (authors & editors), 1996, *Sealing of Boreholes and Underground Excavations in Rock*, Chapman & Hall, London, 322 pp.
- กิตติเทพ เพ็ญขจร (2546) “กลศาสตร์หินพื้นฐาน” บริษัทฮีชีนเพ้นโปรดักส์ กรุงเทพฯ, 210 หน้า (ISBN 974-90898-8-X)
- Fuenkajorn, K. and Phien-Wej, N. (authors & editors). 2007, *Proceedings of the First Thailand Symposium on Rock Mechanics*, September, 13-14, Geomechanics Research Unit, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 323 pp.
- Fuenkajorn, K. and Phien-Wej, N. (authors & editors). 2009, *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics*, March, 12-13, Geomechanics Research Unit, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 372 pp.

Technical Papers:

- Fuenkajorn, K. and Kenkhunthod, N., 2010, Influence of Loading Rate on Deformability and Compressive Strength of Three Thai Sandstones. *Geotechnical and Geological Engineering*, Volume 28, pp. 707-715 (DOI 10.1007/s10706-010-9331-7).
- Fuenkajorn, K., 2010, Experimental Assessment of Long-Term Durability of Some Weak Rocks. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. DOI 10.1007/s10064-010-0297-8.
- Fuenkajorn, K. and Archeeploha, S., 2010, Estimation of Salt Cavern Configurations from Subsidence Data. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. DOI 10.1007/s10064-010-0269-z.
- Fuenkajorn, K. and Phueakphum, D., 2010, Physical Model Simulation of Shallow Openings in Jointed Rock Mass under Static and Cyclic Loadings. *Engineering Geology*. 113 (1-4) 81-89.
- Fuenkajorn, K. and Phueakphum, D., 2010, Effects of Cyclic Loading on Mechanical Properties of Maha Sarakham Salt. *Engineering Geology*. 112 (1-4) 43-52.
- Fuenkajorn, K. and Archeeploha, S., 2009, Prediction of Salt Cavern Configurations from Subsidence Data. *Engineering Geology*. 110 (1-2) 21-29.
- Fuenkajorn, K. and Klanphurmeesri, S., 2010, “Direct Tension Tests of Intact Rocks using Compression-to-Tension Load Converter,” *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, Vol. 21, No. 2, pp. 51-57.

- Phueakphum, D. and Fuenkajorn, K., 2010, "Physical Model Simulation of Solar Thermal Energy Storage in Basaltic Rock Fills," *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, (accepted for publication).
- Fuenkajorn, K., Sakulnitichai, C. and Pangpetch, P., 2009, "Physical Model Simulation of Shallow Openings in Jointed Rock", *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, (accepted for publication)
- Fuenkajorn, K. and Sri-In, T., 2009, "Prediction of Long-Term Strength of Some Weak Rocks", *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, (accepted for publication)
- Fuenkajorn, K. and Aracheeploha, S., 2009, "Prediction of Cavern Configurations from Subsidence Data", *Suranaree Journal of Science and Technology*, (accepted for publication)
- Fuenkajorn, K. and Phueakphum, D., 2009, "Effects of Loading on Mechanical Properties of Maha Sarakham Salt", *Suranaree Journal of Science and Technology*, (accepted for publication)
- Pangpetch, P. and Fuenkajorn, K., 2009, "Simulation of Jointed Rock Slope under Dynamic Loadings and Submerged Condition using Physical Models", *The 14th National Convention on Civil Engineering*; NCCE14, 13-15 May 2009, Nakhon Ratchasima, (accepted for publication)
- Sakulnitichai, C., Pangpetch, P. and Fuenkajorn, K., 2009, "Simulation of Shallow Openings in Jointed Rock Mass under Static and Dynamic Loading using Physical Model", *The 14th National Convention on Civil Engineering*; NCCE14, 13-15 May 2009, Nakhon Ratchasima, (accepted for publication)
- Phueakphum, D. and Fuenkajorn, K., 2009, "Effects of Cyclic Loading Rate on Mechanical Properties of Salt", *International Symposium on Rock Mechanics*; SINOROCK2009, 19-22 May 2009, Hong Kong, (accepted for publication)
- Thosuwan, R., Walsri, C., Poonprakon, P. and Fuenkajorn, K., 2009, "Effect of Intermediate Principal Stress on Compressive and Tensile Strengths of Sandstones", *International Symposium on Rock Mechanics*; SINOROCK2009, 19-22 May 2009, Hong Kong, (accepted for publication)
- Phueakphum, D. and Fuenkajorn, K., 2009, "Effects of Cyclic Loading on Mechanical Properties of Maha Sarakham Salt", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 107-120.
- Pangpetch, P. and Fuenkajorn, K., 2009, "Physical Model Simulation of Jointed Rock Slopes under Dynamic Loads", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 131-146.

- Sakulnitichai, C., Pangpetch, P. and Fuenkajorn, K., 2009, "Physical Model Simulation of Shallow Openings in Jointed Rock Mass under Static and Dynamic Loads", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 147-159.
- Aracheeploha, S., Horkaew, P. and Fuenkajorn, K., 2009, "Prediction of Cavern Configurations from Subsidence Data", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 161-176.
- Walsri, C., Poonprakon, P., Thosuwan, R. and Fuenkajorn, K., 2009, "Compressive and Tensile Strengths of Sandstones under True Triaxial Stresses", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 199-218.
- Kenkhunthod, N. and Fuenkajorn, K., 2009, "Loading Rate Effects on Strength and Stiffness of Sandstones under Confinement", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 271-282.
- Choochang, S., Boonbatr, A. and Fuenkajorn, K., 2009, "Stability Analysis and Design of the Final Pit Walls of SCCC Limestone Quarry", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 293-308.
- Intaraprasit, C., Phueakphum, D., Tepnarong, P. and Fuenkajorn, K., 2009, "Modified Point Load Testing of Volcanic Rocks from Chatree Gold Mine", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 309-318.
- Akkrachattrarat, N., Suanprom, P., Buaboocha, J. and Fuenkajorn, K., 2009, "Flow Testing of Sandstone Fractures under Normal and Shear Stresses", *Proceedings of the Second Thailand Symposium on Rock Mechanics*, 12-13 March 2009, Chonburi, pp. 319-334.
- Fuenkajorn, K. and Pangpetch, P., 2008, "Simulation of Plane Sliding and Toppling Failure using Scaled-Down Rock Slope Models," *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, Vol. 19, No. 3, pp. 31-38.
- Phueakphum, D., Sri-in, T. and Fuenkajorn, K., 2008, "Strength and Stiffness of Claystone Specimens Tested with Neoprene Capping," *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, Vol. 19, No. 4, pp. 1-7.
- Fuenkajorn, K., 2008, "Prediction of Long-Term Strength of Some Weak Rocks in Thailand," *Proceedings of the First Southern Hemisphere International Rock mechanics Symposium*, September 16- 19, Perth, Australia, pp. 157-168.
- Fuenkajorn, K., 2008, "Intrinsic Variability of the Mechanical Properties of Maha Sarakham Salt," *Suranaree Journal of Science and Technology*, Vol. 15, No. 1, pp. 33-48.

- Kensakoo, T., Phueakphum, D. and Fuenkajorn, K., 2007, "Mechanical Properties of Maha Sarakham Salt as Affected by Inclusions," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 103-118.
- Sri-in, T. and Fuenkajorn, K., 2007, "Sake Durability Index and Strength Testing of Some Rocks in Thailand," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 145-160.
- Kemthong, R. and Fuenkajorn, K., 2007, "Prediction of Joint Shear Strength of Ten Rock Types Using Field-Identified Parameters," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 195-210.
- Klayvimut, K., Wetchasat, K. and Fuenkajorn, K., 2007, "Preliminary Study of Geomechanical Performance of Maha Sarakham Salt for Nuclear Waste Repository," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 211-226.
- Pangpetch, P. and Fuenkajorn, K., 2007, "Simulation of Rock Slope Failure Using Physical Model," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 227-244.
- Fuenkajorn, K., 2007, "Design Process for Sealing of boreholes in Rock Mass," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 245-252.
- Kamutchat, S., Sri-in, T. and Fuenkajorn, K., 2007, "Verifications of Rock Slope Rating (RSR) and Slope Mass Rating (SMR) Systems," *Rock Mechanics Proceedings of the First Thailand Symposium; ThaiRock2007*, 13-14 September 2007, Nakhon Ratchasima, pp. 285-298.
- Fuenkajorn, K., 2006, "Experimental Assessment of Healing of Fractures in Rock Salt," *ISRM International Symposium 2006, Rock Mechanics in Underground Construction*, 8-10 November, Singapore, pp.402. (Published in CD-ROM).
- Phueakphum, D. and Fuenkajorn, K., 2006, "Experimental Assessment of Solar Thermal Energy Storage in Rock Fills" *In the 2nd Conference on Energy Technology Network of Thailand; E-NETT*, 27-29 July 2006, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 7 pp.
- Fuenkajorn, K., 2006, "Healing of Fractures in Rock Salt," *Suranaree Journal of Science and Technology*, Vol. 13, No. 4, pp. 304-316.
- Fuenkajorn, K., 2005, "Predictability of Barton's Joint Shear Strength Criterion with Field-Identification Parameters," *Suranaree Journal of Science and Technology*, Vol. 12, No. 4, pp. 296-308.
- Fuenkajorn, K. and R. Kemthong, 2005, "Assessment of Barton's Joint Shear Strength Criterion Using Field-Determined Parameters," *International Conference on Geology, Geotechnology and Mineral Resources of INDOCHINA (GEOINDO 2005)*, Khon Kaen, November 28-30, pp. 171-176.

- Tepnarong, P. and Fuenkajorn, K., 2004, "Determination of Elasticity and Strengths of Intact Rocks using Modified Point Load Test," *Proceedings of the 3rd Asian Rock Mechanics Symposium*, Kyoto, November 30 - December 2.
- Fuenkajorn, K. and A Warin, 2004, "Design of Borehole Seals in Rock: Methodology and Process," *Proceedings of the 4th Asian Symposium on Engineering Geology and the Environment*, Hong Kong, May 3-5, pp. 137-142.
- Fuenkajorn, K. and K. Klayvimut, 2004, "Geomechanical Performance of Salt Formation for Nuclear Waste Repository in Thailand," *Proceedings of the 9th Australia New Zealand Conference on Geomechanics*, Auckland, February 8-11, pp. 604-611.
- Fuenkajorn, K. and S. Kamutchat, 2003, "Neural Network for Rock Slope Stability Evaluation," *Proceedings of the 4th Regional Symposium on Infrastructure Development in Civil Engineering*, Bangkok, April 4-8, pp. 655-664.
- Fuenkajorn, K. and M. Jandakaew, 2003, "Compressed-Air Energy Storage in Salt Dome at Borabu District, Thailand: Geotechnical Aspects," *Proceedings of the 38th Symposium on Engineering Geology and Geotechnical Engineering*, University of Nevada, Reno, Nevada, March 19-21, pp. 377-392.
- Fuenkajorn, K., D. Phuakpoom, and M. Jandakaew, 2003, "Healing of Rock Salt Fractures," *Proceedings of the 38th Symposium on Engineering Geology and Geotechnical engineering*, University of Nevada, Reno, Nevada, March 19-21, pp. 393-408.
- Fuenkajorn, K. and P. Thongtiengdee, 2002, "Slope Failure along Lomsak-Chumpae Highway, Thailand," *Proceedings of the 3rd International Conference on Landslides, Slope Stability and the Safety of Infra-Structures*, Singapore, July 11-12, pp. 205-213.
- Fuenkajorn, K., 2002, "Design Guideline for Salt Solution Mining in Thailand," *Research and Development Journal of the Engineering Institute of Thailand*, Vol. 13, No. 1, pp. 1-8.
- Fuenkajorn, K., 2002, "Modified Point Load Test Determining Uniaxial Compressive Strength of Intact Rocks," *Proceedings of the North American Rock Mechanics Symposium*, Toronto, Ontario, Canada, July 7-10, pp. 457-465.
- Fuenkajorn, K. and P. Tepnarong, 2001, "Size and Stress Gradient Effects on the Modified Point Load Strengths of Saraburi Marble," *Sixth Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineering Conference*, Chulalongkorn University, Bangkok, Oct 24-26. (Published in CD Rom)
- Fuenkajorn, K. and S. Kamutchat, 2001 "Rock Slope Design using Expert System: ROSES Program," *6th Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineering Conference*, Chulalongkorn University, Bangkok, Oct. 24-26. (Published in CD Rom)

- Fuenkajorn, K. and K. Wetchasat, 2001 "Rock Salt Formations as Potential Nuclear Waste Repository," *6th Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineering Conference*, Chulalongkorn University, Bangkok, Oct. 24-26. (Published in CD Rom)
- Fuenkajorn, K., 1999, "Geohydrological Integrity of Storage Caverns in Salt Formations," *Symposium on Mineral, Energy and Water Resources of Thailand*, October 23-24, Chulalongkorn University, Bangkok, pp. 270-275.
- Fuenkajorn, K. and J.C. Stormont, 1997, "Geomechanics and Geohydrological Issues in, Mine Sealing," *1997 SME Annual Meeting & Exhibit*, Denver, Colorado, February 24-27.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1997, "Mine Sealing: Design Guidelines and Considerations," *Tailings and Mine Waste'97*, Colorado State University, Fort Collins, January 13-17, pp. 59-68.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1996, "Design Guideline for Mine Sealing," *The 1996 Arizona Conference*, Tucson, Arizona, December 8-9.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1996, "Sealing of Boreholes in Rock - An Overview," *Proceedings of the 2nd North American Rock Mech. Symposium*, Montreal, Quebec, Canada, pp. 1447-1454.
- South, D.L. and Fuenkajorn, K., 1996, "Laboratory Performance of Cement Boreholes Seals," *Sealing of Boreholes and Underground Excavations in Rock*, Chapman & Hall, London, pp. 9-27.
- Daemen, J.J.K. and Fuenkajorn, K., 1996, "Design of Boreholes Seals - Processes, Criteria and Considerations," *Sealing of Boreholes and Underground Excavations in Rock*, Chapman & Hall, London, pp. 267-279.
- Fuenkajorn, K., 1996, "Overview of Research Effort on Sealing of Boreholes, Shafts and Ramps in Welded Tuff," *Proceedings of the Workshop on Rock Mechanics Issues in Repository Design and Performance Assessment*, Washington, DC., September 19-20.
- Ghosh, A., Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1995, "Tensile Strength of Welded Apache Leap Tuff: Investigation of Scale Effects," *Proceedings of the 35th U.S. Rock Mech. Symposium*, University of Nevada, Reno, June 5-7, pp. 459-464.
- Fuenkajorn, K. and S. Serata, 1994, "Dilation-Induced Permeability Increase around Caverns in Rock Salt," *Proceedings of the 1st North American Rock Mechanics Symposium*, University of Texas at Austin, June 1-3, pp. 648-656.
- Stormont, J.C. and Fuenkajorn, K., 1994, "Dilation-Induced Permeability Changes in Rock Salt," *Proceedings of the 8th International Conference Computer Methods and Advances in Geomechanics*, Morgantown, West Virginia, May 22-28, pp. 1296-1273.

- Fuenkajorn, K. and S. Serata, 1993, "Numerical Simulation of Strain-Softening and Dilation of Rocks Salt," *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Vol. 30, pp. 1303-1306, presented at the 34th U.S. Symposium on Rock Mechanics, June 27-30, University of Wisconsin, Madison.
- Crouthamel, D.R., Fuenkajorn, K., and J.J.K. Daemen, 1993, "In Situ Flow Testing of Cement Borehole Plug in Welded Tuff," *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, Vol. 30, pp. 1503-1506, presented at the 34th U.S. Symposium on Rock Mechanics, June 27-30, University of Wisconsin, Madison.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1992, "An Empirical Strength Criterion for Heterogeneous Tuff," *Engineering Geology: An International Journal*, Elsevier Science Publishing Co., Vol. 32, pp. 209-223.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1992, "Drilling-Induced Fractures in Borehole Walls," *Journal of Petroleum Technology*, Society of Petroleum Engineers, February, Vol. 44, No. 2, pp. 210-216.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1992, "Borehole Sealing," *Compressed-Air Energy Storage: Proceedings of the 2nd International Conference*, Electric Power Research Institute, San Francisco, CA, July 7-9, pp. 5.1-5.21.
- Fuenkajorn, K. and S. Serata, 1992, "Geohydrological Integrity of CAES in Rock Salt," *Compressed-Air Energy Storage: Proceedings of the 2nd International Conference*, Electric Power Research Institute, San Francisco, CA, July 7-9, pp. 4.1-4.21.
- Serata, S. and Fuenkajorn, K., 1992, "Discussion on 'Engineering to Reduce the Cost of Roof Support in a Coal Mine Experiencing Complex Ground Control Problems' by A.W. Khair and S.S. Peng," *Mining Engineering*, Vol. 44, No. 11, p. 1369.
- Serata, S. and Fuenkajorn, K., J. Townsend, and M. Silverman, 1992, "Development and Applicability of Stress Control Method in Underground Coal Mining," *Proceedings of the 4th Conferences on Ground Control for Midwest U.S. Coal Mines*, November 2-4, Mt. Vernon, IL.
- Fuenkajorn, K. and S. Serata, 1992, "Finite Element Model to Predict Permeability Increase around Salt Cavern," SMRI Paper, presented at the Solution Mining Research Institute, Fall Meeting, Houston, Texas, October 19-22, 34 pp.
- Serata, S. and Fuenkajorn, K., 1992, "Finite Element Program 'GEO' for Modeling Brittle-Ductile Deterioration of Aging Earth Structures," SMRI Paper, presented at the Solution Mining Research Institute, Fall Meeting, Houston, Texas, October 19-22, 24 pp.
- Serata S. and Fuenkajorn, K., 1992, "Formulation of A Constitutive Equation for Salt," *Proceedings of the 7th International Symposium on Salt*, April 6-9, Kyoto, Japan, published by Elsevier Science Publishers, B.V, Amsterdam, Vol. 1, pp. 483-488.

- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1991, "An Empirical Strength Criterion for Heterogeneous Welded Tuff," *ASME Applied Mechanics and Biomechanics Summer Conference*, June 16-19, Ohio State University, Columbus.
- Serata S. and Fuenkajorn, K., 1991, "Recent Advancement of Stress Control Method," *Longwall USA - International Conference*, Pittsburgh, PA, June 2-6, pp. 265-283.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1991, "Cement Borehole Plug Performance in Welded Tuff," *Rock Mechanics as a Multidisciplinary Science: Proceedings of the 32nd U.S. Symposium*, June 10-12, University of Oklahoma, Norman, pp. 723-732.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1991, "Brine-Mixed Bentonite Borehole Plugs," *Proceedings of Waste Management'91 Symposium*, Tucson, Arizona, February 24-28.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1988, "Borehole Closure in Salt," *Key Questions in Rock Mechanics: Proceedings of the 29th U.S. Symposium*, June 13-15, University of Minnesota, Minneapolis, pp. 191-198.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1987, "Mechanical Interaction between Rock and Multi-component Shaft or Borehole Plugs," *Rock Mechanics: Proceedings of the 28th U.S. Symposium*, June 29 - July 1, University of Arizona, Tucson, pp. 165-172.
- Kulatilake, P.H.S.W. and Fuenkajorn, K., 1987, "Factor of Safety of Tetrahedral Wedges: A Probabilistic Study," *International Journal of Surface Mining*, Vol. 1, pp. 147-153.
- Kulatilake, P.H.S.W. and Fuenkajorn, K., 1986, "Calculation of Minimum Rock Bolt Force and Static Acceleration in Tetrahedral Wedge Stability," *Geotechnical Stability in Surface Mining*, Calgary, Canada, November 6-7.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1986, "Shape Effect on Ring Test Tensile Strength," *Key to Energy Production: Proceedings of the 27th U.S. Symposium on Rock Mechanics*, June 23-25, University of Alabama, Tuscaloosa, pp. 155-163.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1986, "Rock-Cement Interface Effects on Borehole Plug Permeability," *Waste Management'86: Proceedings of Waste Management Symposium*, March 2-6, Tucson, Arizona, Vol. 2 - High Level Waste, pp. 251-256.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1984, "Experimental Assessment of Borehole Wall Drilling Damage in Basaltic Rocks," *Rock Mechanics in Productivity and Protection: Proceedings of the 25th U.S. Symposium*, June 25-27, Northwestern University, Evanston, IL, pp. 774-783.

Published Reports:

กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2543) "การศึกษาเกี่ยวกับการทิ้งของเสียในหินเกลือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงตัวเลข" รหัสโครงการ SUT7-719-42-12-16 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 44 หน้า

- กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2543) “การวิเคราะห์และออกแบบโครงที่ เกิดจากการผลิตเกลือโดยใช้วิธีละลายในชั้นหินเกลือที่ ภาควิชาธรณีวิทยาของประเทศไทย” รหัสโครงการ SUT7-719-43-12-46 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี สุรนารี นครราชสีมา, 82 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2544) “การค้นคว้าทางทฤษฎีและปฏิบัติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีจุดกดของหินกับความ ด้านแรงกดและแรงดึงของหิน” รหัสโครงการ SUT7-719-44-12-30 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 116 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2544) “การร่างคู่มือการทำเหมืองเกลือแบบละลายสำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาด เล็ก ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย” รหัสโครงการ SUT7-719-43-12-59 มหาวิทยาลัย- เทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 130 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร, (2545) “การดัดแปลงการทดสอบแบบจุดกดเพื่อคำนวณหาความต้านแรงกดและแรงดึงของหิน” สัญญาเลขที่ RDG5/0001/2544 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 150 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2546) “การประเมินศักยภาพทางด้านกลศาสตร์ของเกลือหินเพื่อทิ้งกากนิวเคลียร์ในภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ” สัญญาเลขที่ RDG5/0024/2544 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย กรุงเทพฯ, 315 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2545) “การทดสอบคุณสมบัติทางด้านกลศาสตร์ของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อ ใช้เก็บพลังงานไฟฟ้าในรูปอากาศภายใต้แรงดัน” รหัสโครงการ SUT7/719/45/12/01 มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 216 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2546) “การพัฒนาคอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบความลาดชันของ ชั้นหิน โดยใช้กรณีศึกษาความรู้และประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญ” รหัสโครงการ SUT7-719-45-24-04 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา, 280 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2547) “การประเมินศักยภาพทางด้านกลศาสตร์ของชั้นเกลือหินเพื่อใช้เก็บพลังงานไฟฟ้าในรูป อากาศภายใต้แรงดันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ” กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2547) “การพัฒนาซอฟต์แวร์ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อใช้ในการออกแบบการอุดหลุมเจาะในชั้นหิน” รหัสโครงการ SUT7 719-46-12-25 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 149 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2548) “การหาสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของหินด้วยการทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน” รหัส โครงการ SUT7-719-46-24-24 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 184 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2548) “การประเมินคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ของเกลือหินจากลักษณะทางสีลาวิทยา” รหัส โครงการ SUT7-719-47-24-18 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 154 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2548) “การพัฒนาอุปกรณ์กำลังรับแรงเฉือนของรอยแตกในหินโดยใช้คุณสมบัติของหินที่วัดได้ใน ภาควิชาธรณีวิทยา” รหัสโครงการ SUT7-719-47-24-31 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 155 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2549) “การกักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อนในหินถม” รหัสโครงการ SUT7-719-48- 24-65 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 223 หน้า

- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2550) “การออกแบบความลาดเอียงมวลหินในประเทศไทยให้มีเสถียรภาพในระยะยาวโดยเพิ่มการพิจารณาการผุกร่อนของมวลหิน” รหัสโครงการ SUT7-719-49-24-50 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 147 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2551) “การศึกษาเสถียรภาพเชิงกลศาสตร์ของมวลหินบนความลาดชันและรอบอุโมงค์ภายใต้คลื่นสั่นสะเทือนแผ่นดินไหวและคุณลักษณะของรอยแตกโดยใช้แบบจำลองเชิงกายภาพ” รหัสโครงการ SUT7-719-50-24-59 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 179 หน้า
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2552) “การพัฒนาคอมพิวเตอร์โปรแกรมเพื่อใช้คำนวณขนาด รูปร่าง และความลึกของโพรงเกลือ โดยใช้ข้อมูลการทรุดตัวบนผิวดิน” รหัสโครงการ SUT7-719-51-24-37 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 99 หน้า (ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์แล้ว)
- กิตติเทพ เฟื่องขจร (2552) “การประดิษฐ์เครื่องทดสอบหินในสามแกนจริง” รหัสโครงการ SUT7-719-51-24-36 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 97 หน้า (ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์แล้ว)
- Manteufel, R.D., K. Fuenkajorn, E.J. Bonano, and A.B. Gureghian, 1994, *Review Comments on SAND93-1184: A Strategy to Seal Exploratory Boreholes in Unsaturated Tuff*, Technical Report, published by Center for Nuclear Waste Regulatory Analyses, for the US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1992, *Borehole Deformation and Stability in Welded Tuff*, Technical Report, NUREG/CR-5687, published by Office of Nuclear Regulatory Research, US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 58 pp.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1991, *Mechanical Characterization of the Densely Welded Apache Leap Tuff*, Technical Report, NUREG/CR-5688, published by Office of Nuclear Regulatory Research, Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 110 pp.
- Serata S. and K. Fuenkajorn, 1991, *Permeability Studies in Relation to Stress State and Cavern Design - Phases I & II*, Research Project Report, SMRI91-0001-S, prepared for the Solution Mining Research Institute, by Serata Geomechanics, Inc., California.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1988, *Borehole Closure in Salt*, Technical Report, NUREG/CR-5243, published by Office of Nuclear Regulatory Research, US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 450 pp.
- Fuenkajorn, K. and J.J.K. Daemen, 1986, *Experimental Assessment of Borehole Wall Drilling Damage in Basaltic Rocks*, Technical Report, NUREG/CR-4641, published by Office of Nuclear Regulatory Research, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington D.C., 265 pp.
- Daemen, J.J.K., W.B. Greer, K. Fuenkajorn, H. Akgun, A. Schaffer, A.F. Kimbrell, T.S. Avery, J.R. Williams, and R.O. Roko, 1986, *Experimental Assessment of Borehole Plug Performance*, Annual Report NUREG/CR-4642, published by US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 478 pp.

- Daemen, J.J.K., W.B. Greer, G.S. Adisoma, K. Fuenkajorn, W.D. Sawyer, Jr., H. Akgun, and B. Kousari, 1985, *Rock Mass Sealing - Annual Report June 1983 - May 1984*, NUREG/CR-4174, published by Office of Nuclear Regulatory Research, US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 360 pp.
- Daemen, J.J.K., D.L. South, W.B. Greer, J.C. Stormont, S.A. Dischler, G.S. Adisoma, N.I. Colburn, K. Fuenkajorn, D.E. Miles, B. Kousari, and J. Bertuca, 1983, *Rock Mass Sealing - Annual Report June 1983 - May 1984*, NUREG/CR-3473, published by US Nuclear Regulatory Commission, Washington DC, 281 pp.

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อแผนงานวิจัย และ/หรือโครงการวิจัย และสถานภาพในการทำวิจัย

- 1) “Experimental Assessment of Rock Fracture Permeability under Confining Pressure”
Principal Investigator: Kittiteo Fuenkajorn
Co-Investigator: -none-
Funded by: Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
Period:
Funding:

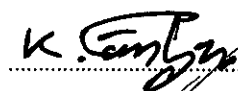
7.5 สิทธิบัตร

ได้ยื่นขอจดสิทธิบัตรดังนี้

- 1) เครื่องทดสอบจุดกดแบบปรับเปลี่ยน
- 2) เครื่องกดตัวอย่างหินในสามแกนด้วยระบบคานทดแรง
- 3) เครื่องจำลองการเคลื่อนตัวของมวลหินบนความลาดเอียงภายใต้แรงสั่นสะเทือน
- 4) อุปกรณ์วัดการยุบตัวของเพดานและผนังอุโมงค์
- 5) อุปกรณ์วัดค่าความแข็งของหินด้วยแรงกระแทกของค้อนธรณี
- 6) อุปกรณ์สำหรับทดสอบคุณสมบัติกำลังดึงของหินภายใต้แรงกด
- 7) อุปกรณ์สำหรับทดสอบความสามารถในการละลายของแท่งตัวอย่างเกลือหิน

แผนการใช้จ่ายเงินอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555
โครงการวิจัยเรื่อง การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
สำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

รายการค่าใช้จ่าย	งบประมาณ (บาท)		
	งวดที่ 1	งวดที่ 2	รวม
ค่าจ้างชั่วคราว ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด)			
ค่าจ้างนักศึกษาระดับปริญญาโท	60,000.00	60,000.00	120,000.00
(1 คน x 10,000 บาท)			
รวม	60,000.00	60,000.00	120,000.00
ค่าตอบแทน วัสดุ และวัสดุ ประกอบด้วย			
1) ค่าจ้างเหมาจ่ายนักศึกษาปริญญาตรีทดสอบหิน	12,000.00	12,000.00	24,000.00
2) ค่าโทรศัพท์ ค่าไปรษณีย์ ค่าถ่ายเอกสาร ค่าเข้าปกเย็บเล่ม	11,500.00	11,500.00	23,000.00
ค่าจ้างเหมาพิมพ์รายงานการวิจัย ค่าจ้างเหมาสืบค้นข้อมูล			
และค่าจ้างเหมาอื่นๆ			
3) ค่าวัสดุสิ้นเปลืองในห้องปฏิบัติการ	26,500.00	26,500.00	53,000.00
4) ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าวัสดุสำนักงาน แผ่น CD	10,000.00	10,000.00	20,000.00
กระดาษ และค่าวัสดุอื่นๆ			
รวม	60,000.00	60,000.00	120,000.00
ค่าครุภัณฑ์ ประกอบด้วย (โปรดแสดงรายละเอียด)			
รวม	120,000.00	120,000.00	240,000.00

(ลงชื่อ) 

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

หัวหน้าโครงการ

ตรวจสอบแล้ว

๓ มิย

29 ต.ค. 2554

การเปิดบัญชีเงินฝากโครงการวิจัย

เอกสารประกอบสัญญาที่ 3 / 2555

โครงการวิจัยเรื่อง การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของ
ประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ชื่อบัญชี มทล. โครงการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

เลขที่บัญชี 707-2 44460-5

ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน) สาขาย่อย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
รายนามผู้มีอำนาจสั่งจ่าย

1. รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ขำนิประศาสน์ คณบดี
2. รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร หัวหน้าโครงการวิจัย

เงื่อนไขการสั่งจ่าย

ผู้มีอำนาจสั่งจ่าย 2 ใน 2

ลงนาม รศ.ดร.กิตติเทพ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)

ผู้รับทุน



บันทึกข้อความ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันวิจัยและพัฒนา
วันที่ 1010/2554
วันที่ 26 ต.ค 2554
เวลา 10.30

หน่วยงาน สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โทรศัพท์ 4229 โทรสาร 4287
ที่ ศธ.5614(22)/๒๒๒ วันที่ 25 ตุลาคม 2554
เรื่อง ขอส่งเอกสารเพื่อทำสัญญาโครงการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

สถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ ขอส่งเอกสารเพื่อทำสัญญาโครงการวิจัยที่ได้รับจัดสรร
งบประมาณจากสำนักงบประมาณ ปี 2555 จำนวน 3 โครงการๆ ละ 2 ชุด ดังนี้

ชื่อเรื่อง	หัวหน้าโครงการ	จำนวนเงิน	
✓ 1. การประเมินศักยภาพของชั้นเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยสำหรับกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร	240,000	3/๒๓๕๕
✓ 2. ผลกระทบของแรงแบบวัฏจักรต่อกำลังเฉือนของรอยแตกในหิน	รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร	210,000	4/๒๓๕๕
✓ 3. การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์เพื่อใช้กดตัวอย่างหินในสองแกน	รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร	310,000	๖/๒๓๕๕

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

② เรียน ฝ่ายประสานงานการวิจัย/ฝ่ายธุรการ
เพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

(รศ.ดร.อนันต์ ทองระอา)
ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

27 ต.ค. 2554

รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร
(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร)
หัวหน้าสถานวิจัย สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ปฏิบัติการแทนคณบดี

สำเนาเรียน รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร



พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาจุฬาลงกรณ์พระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว
ได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าโปรดกระหม่อมพระราชทานพระบรมราชานุญาตให้
บริษัทแบงก์สยามกัมมาจด จำกัด
ใช้ตราแผ่นดินนี้ เป็นตราประจำธนาคาร เมื่อ ร.ศ.125 (พ.ศ. 2449)

ชื่อบัญชี
NAME

มทส. โครงการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน)
SIAM COMMERCIAL BANK PUBLIC COMPANY LIMITED

0707 สาขามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เลขที่บัญชี
ACCOUNT NO.

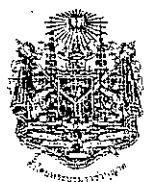
707-249360-5

บัญชีเงินฝากออมทรัพย์
SAVINGS ACCOUNT

0007804633

7804633

- กรุณาดำเนินการตรวจสอบยอดคงเหลือโดยเครื่องปรับยอดอัตโนมัติ
- การทำรายการโดยไมใช้สมุดฝากที่มีระยะเวลาเกินกว่า 6 เดือนขึ้นไป ธนาคารจะสรุปรวมรายการฝากและรายการถอนอย่างละรายการโดยจะรวมรายการเป็นรายเดือน



พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาจุฬาลงกรณ์พระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว
ได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าโปรดกระหม่อมพระราชทานพระบรมราชานุญาตให้
บริษัทเบงกอลสยามกัมมาจล ทนจำกัถ
ใช้ตราแผ่นดินนี้ เป็นตราประจำธนาคาร เมื่อ ร.ศ.125 (พ.ศ. 2449)

ชื่อบัญชี
NAME
พล. โตรงการหักเก็บภาษีอากรธนได้ออกใช้

ธนาคารไทยพาณิชย์ จำกัด (มหาชน)
SIAM COMMERCIAL BANK PUBLIC COMPANY LIMITED

0707 สาขามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เลขที่บัญชี
ACCOUNT NO. 707-249360-5

บัญชีเงินฝากออมทรัพย์
SAVINGS ACCOUNT

0007804633

7804633

- สมุดเล่มนี้สามารถตรวจสอบยอดคงเหลือโดยเครื่องปรับยอดสมุดอัตโนมัติได้
- การทำรายการโดยไม่ใช้สมุดคู่ฝากที่มีระยะเวลาเกินกว่า 6 เดือนขึ้นไป ธนาคารจะสรุปรวมรายการฝากและรายการถอนอย่างละรายการโดยจะรวมรายการเป็นรายเดือน

K. Sanger

วันที่ DATE	ประเภท T/C	ยอด WITHDRAWAL	ฝาก DEPOSIT	คงเหลือ BALANCE	จำนวน M.T. ID
26/10/11	CO	+++++++500.00	+++++++500.00	1058B	
22/11/11	X1	+++++120,000.00	+++++120,500.00	1183B	
28/11/11	CW	-----20,000.00	+++++100,500.00	1183B	
25/12/11	IN	+++++++84.63	+++++100,584.63	0000A	
26/12/11	CW	-----15,000.00	+++++85,584.63	1192B	
27/01/12	CW	-----20,000.00	+++++65,584.63	1183E	
28/02/12	CW	-----40,000.00	+++++25,584.63	1059E	
27/03/12	CW	-----25,000.00	+++++584.63	1059E	
15/05/12	X1	+++++120,000.00	+++++120,584.63	1059A	
17/05/12	CW	-----25,000.00	+++++95,584.63	3263A	
24/05/12	CW	-----5,000.00	+++++90,584.63	1059A	
25/06/12	IN	+++++++209.44	+++++90,794.07	0000A	
26/06/12	CW	-----20,000.00	+++++70,794.07	1059A	
27/07/12	CW	-----30,000.00	+++++40,794.07	1182A	
31/08/12	CW	-----40,000.00	+++++794.07	1059A	
14/11/12	X1	+++++140,000.00	+++++140,794.07	1182B	
27/11/12	CW	-----50,000.00	+++++90,794.07	1182B	
25/12/12	CW	-----35,000.00	+++++55,794.07	1059A	
25/12/12	IN	+++++++166.65	+++++55,960.72	0000A	
29/01/13	CW	-----25,000.00	+++++30,960.72	1059A	
20/02/13	CW	-----30,500.00	+++++460.72	1182B	

Account information is provided for informational purposes only. It is not intended to be used for any other purpose. The information is provided as a service to our customers and is not intended to be used for any other purpose. The information is provided as a service to our customers and is not intended to be used for any other purpose.

Account information is provided for informational purposes only. It is not intended to be used for any other purpose. The information is provided as a service to our customers and is not intended to be used for any other purpose. The information is provided as a service to our customers and is not intended to be used for any other purpose.

Account information is provided for informational purposes only. It is not intended to be used for any other purpose. The information is provided as a service to our customers and is not intended to be used for any other purpose. The information is provided as a service to our customers and is not intended to be used for any other purpose.