

ลักษณะทางธรณีวิทยาที่สัมพันธ์กับศักยภาพการเกิดกรดของเหมืองถ่านหิน: กรณีศึกษาเหมือง
ถ่านหินลิทไนต์และดินบอเคลย์ จังหวัดลำปาง



นางสาว ปิยะธิดา แสงทอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต


สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรธรณี ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE GEOLOGICAL CHARACTERISTIC ASSOCIATED TO POTENTIAL ACIDITY OF
COAL MINE: A CASE STUDY OF LIGNITE COAL AND BALL CLAY MINE LAMPANG
PROVINCE



Miss Piyatida Sangtong

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Georesources Engineering

Department of Mining and Petroleum Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ลักษณะทางธรณีวิทยาที่สัมพันธ์กับศักยภาพการเกิดกรด
ของเหมืองถ่านหิน: กรณีศึกษาเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดิน
บอเคลย์ จังหวัดลำปาง

โดย

นางสาว ปิยะธิดา แสงทอง

สาขาวิชา

วิศวกรรมทรัพยากรธรณี

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุนทร พุ่มจันทร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

อาจารย์ ดร. ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ภิญโญ มีขำนะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุนทร พุ่มจันทร์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร. ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. จุฬาลักษณ์ ชาญกุล)

ปิยะธิดา แสงทอง : ลักษณะทางธรณีวิทยาที่สัมพันธ์กับศักยภาพการเกิดกรดของเหมืองถ่านหิน: กรณีศึกษาเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอลลเคลย์ จังหวัดลำปาง. (THE GEOLOGICAL CHARACTERISTICS ASSOCIATED TO POTENTIAL ACIDITY OF COAL MINE: A CASE STUDY OF LIGNITE COAL AND BALL CLAY MINE LAMPANG PROVINCE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร. สุนทร พุ่มจันทร์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม อ.ดร. ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์, 110 หน้า.

การศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาที่สัมพันธ์กับศักยภาพการเกิดกรดของเหมืองถ่านหินมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อระบุพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด (Acid Mine Drainage, AMD) ของพื้นที่ศึกษา รวมถึงประเมินศักยภาพการเกิดกรดของพื้นที่เสี่ยง โดยทำการศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาของแหล่งถ่านหินในภาคเหนือเปรียบเทียบกับลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา และทำการทดสอบและประเมินศักยภาพการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดของตัวอย่างด้วยวิธีสแตติก (Static Tests) ซึ่งประกอบด้วยวิธี Acid Base Accounting Test (ABA Test) และ Net Acid Generation Test (NAG Test) ผลจากการเปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยาพบว่า พื้นที่ที่มีศักยภาพในการเกิดกรดของแหล่งถ่านหินมากที่สุดคือแอ่งแม่ทะ พื้นที่ที่มีศักยภาพการเกิดกรดรองลงมาคือแอ่งวังเหนือ และแอ่งเสริมงาม และพื้นที่ที่มีศักยภาพการเกิดกรดน้อยสุดคือ แอ่งแจ้ห่มและแอ่งงาว และจากการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพค่าการเกิดกรดของเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอลลเคลย์ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง พบว่าจากตัวอย่างที่นำมาทดสอบทั้งหมด 199 ตัวอย่าง พบตัวอย่างที่มีโอกาสในการเกิดกรดจากการทดสอบแบบ ABA Test จำนวน 31 ตัวอย่าง จากการทดสอบแบบ NAG Test จำนวน 17 ตัวอย่าง และจากการเปรียบเทียบระหว่าง ABA Test กับ NAG Test จำนวน 9 ตัวอย่าง โดยภาพรวมตัวอย่างที่มีศักยภาพในการเกิดกรดของพื้นที่ศึกษามีทั้งหมด 42 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 21.11 เปอร์เซ็นต์ โดยชั้นหินที่แสดงศักยภาพในการเกิดกรดมาจากชั้นถ่านหินชั้นที่ 1 (Coal I) ชั้นถ่านหินชั้นที่ 2 (Coal II) ชั้นแร็ดดินบอลลเคลย์ (Ball Clay) ชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน (Interburden) และชั้นล่างชั้นถ่านหิน (Underburden) กล่าวโดยสรุปการศึกษาในครั้งนี้ได้บ่งบอกถึงศักยภาพการเกิดกรดของพื้นที่เหมือง ซึ่งจะนำไปสู่การศึกษามาตรการการจัดการเพื่อลดผลกระทบของการเกิดกรดอย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนมาตรการการป้องกันและแก้ไขต่อไป

ภาควิชา วิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม ลายมือชื่อนิสิต.....ปิยะธิดา แสงทอง
สาขาวิชา ..วิศวกรรมทรัพยากรธรณี.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
ปีการศึกษา2553.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ..

5270395021 : MAJOR GEORESOURCES ENGINEERING

KEYWORDS : AMD / ABA / Potential Acid Forming / Geological of Acid Forming / NAG

PIYATIDA SANGTONG : THE GEOLOGICAL CHARACTERISTICS ASSOCIATED TO POTENTIAL ACIDITY OF COAL MINE: A CASE STUDY OF LIGNITE COAL AND BALL CLAY MINE LAMPANG PROVINCE. ADVISOR : SUNTHORN PUMJAN, Ph.D.. CO-ADVISOR : SRILERT CHOTPANTARAT, Ph.D.. 110 pp.

The geological characteristics associated to potential acidity of coal mine study mainly aims to identify risk areas of acid mine drainage (AMD) and potential occurrence of acid-risk areas. The study involves the identification and geological comparison of coal basins located in the Northern of Thailand to the Lignite Coal and Ball Clay Mine, Lampang Province. This study also includes the evaluation of potential AMD by adopting two static tests which are Acid Base Accounting Test (ABA Test) and Net Acid Generation (NAG Test). The geological comparison study of coal basin geology reveals that the coal basin with the highest potential of AMD is Mae Ta basin, coal basin with moderate potential of AMD are Wang Nue and Serm Ngarm basin and coal basin with the least potential of AMD are Jae Hom and Ngao basin. Moreover, the results from the evaluation of the potential of AMD in the Lignite Coal and Ball Clay Mine show that the number of samples displaying potential of AMD from ABA Test, NAG Test and the comparison between ABA – NAG Test are 31, 17 and 9 samples, respectively. In overall, a total of 42 samples out of 199 tested samples show the potential of AMD accounting for 21.11 percents. The geological units with the potential of AMD are Coal I, Coal II, Ball Clay, Interburden and Underburden. In conclusion, this study has identified the acid generated potential areas, consequently this leads to the effective AMD management and its preventive measures.

Department : Mining and Petroleum Engineering

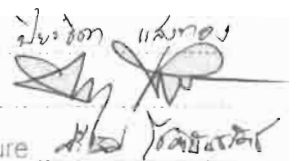
Field of Study : GeoResources Engineering

Academic Year : 2010

Student's Signature

Advisor's Signature

Co-advisor's Signature



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ เนื่องด้วยความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ จากหลายๆ ฝ่าย ทางผู้วิจัยต้องขอขอบคุณบุคคลและองค์กรต่างๆ ซึ่งให้ความสนับสนุนและช่วยเหลือในทุกด้าน จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ดังต่อไปนี้

ผศ.ดร.สุนทร พุ่มจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษาแนะนำ และคอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ทั้งด้านวิชาการ การออกภาคสนาม รวมถึงการตรวจแก้ไขข้อผิดพลาดในการทำวิจัย ตลอดจนคอยให้คำแนะนำและกำลังใจในการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น

อ.ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่ช่วยให้คำปรึกษาแนะนำด้านวิชาการ การติดต่อประสานงาน ข้อเสนอแนะในการทำวิทยานิพนธ์ รวมไปถึงการตรวจแก้ไขข้อผิดพลาดต่างๆ ตลอดจนให้คำแนะนำในการทำวิจัยและการทำเล่มวิทยานิพนธ์เสมอ

ดร. จุฬาลักษณ์ ชาญกุล คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำตั้งแต่การหาข้อมูล การออกภาคสนาม การทำวิจัย ตลอดจนตรวจแก้และข้อเสนอแนะต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์

คุณพงศ์ธร รุ่งเจริญ และคุณระวิน อยุธยา เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม ที่คอยให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำในการทำงานวิจัยและวิเคราะห์ตัวอย่างเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

บริษัท เอสซีจี ซีเมนต์ จำกัด เจ้าของโครงการสำรวจศักยภาพการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด ซึ่งอนุญาตให้ใช้พื้นที่สัมปทานของบริษัทเป็นพื้นที่ทำการศึกษาริวิจัย รวมถึงให้ข้อมูลและอำนวยความสะดวกในการออกภาคสนามเก็บตัวอย่างเป็นอย่างดี ตลอดจนให้การสนับสนุนด้านงบประมาณในการวิจัย

ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม คณะวิศวกรรมศาสตร์ และภาควิชาธรณี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัยจนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดีมาโดยตลอด

น้องๆ ปริญญาตรี ภาควิชาธรณีวิทยา และเพื่อนๆ ปริญญาโท ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัย และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่ที่คอยดูแลให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้าน รวมทั้งคอยเป็นกำลังใจที่สำคัญมาโดยตลอดจนงานวิจัยนี้สำเร็จด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐาน.....	2
1.4 พื้นที่ศึกษา.....	3
1.5 ขั้นตอนระเบียบการวิจัย.....	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 เหมืองแร่และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม.....	8
2.2 น้ำเหมืองเป็นกรด.....	8
2.3 การเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด.....	9
2.4 การประเมินศักยภาพการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด.....	12
2.5 วิธีการทดสอบศักยภาพความเป็นกรด.....	14
2.6 เทคนิคการป้องกันและกำจัดน้ำเหมืองเป็นกรด.....	20
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	24
3.1 ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางด้านธรณีวิทยา.....	24
3.1.1 ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยาของแอ่งถ่านหิน.....	24
3.1.2 การวิเคราะห์ลักษณะทางธรณีวิทยา.....	24

3.2 การวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการเกิดกรดของเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอลล เคลย์ อ.แม่ทะ จ.ลำปาง.....	25
3.2.1 การเก็บตัวอย่าง.....	25
3.2.2 การเตรียมตัวอย่างก่อนทำการทดลอง.....	31
3.2.3 การทดสอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการ.....	32
3.2.4 การวิเคราะห์ผลการทดลองจากห้องปฏิบัติการ.....	37
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	41
4.1 ผลการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยา.....	41
4.1.1 ข้อมูลธรณีวิทยาถ่านหินของแหล่งถ่านหินในจังหวัดลำปาง.....	44
4.1.2 ลักษณะทางธรณีวิทยาของเหมืองถ่านหิน.....	50
4.2 ผลการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการเกิดกรดของเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดิน บอลลเคลย์ อ.แม่ทะ จ.ลำปาง.....	58
4.2.1 ผลการทดสอบด้วยวิธี Acid Base Accounting (ABA Test).....	58
4.2.2 ผลการทดสอบด้วยวิธี Net Acid Generation (NAG Test).....	68
4.2.3 ผลการพิจารณาศักยภาพการเกิดกรดจากวิธี Net Acid Generation (NAG Test) และวิธี Acid Base Accounting (ABA Test).....	70
4.3 อภิปรายผลการศึกษา.....	74
4.3.1 อภิปรายผลการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยา.....	74
4.3.2 อภิปรายผลการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดของ เหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอลลเคลย์ อ.แม่ทะ จ.ลำปาง.....	77
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	80
5.1 การเปรียบเทียบลักษณะทางด้านธรณีวิทยาแห่งถ่านหินและเหมืองถ่านหินในพื้นที่ จังหวัดลำปาง และจังหวัดลำพูน.....	80
5.2 การวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการเกิดกรด.....	81
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	82
รายการอ้างอิง.....	84

	หน้า
ภาคผนวก.....	88
ภาคผนวก ก.	89
ภาคผนวก ข.	94
ภาคผนวก ค.	104
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	110



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงลำดับการตกตะกอนของแร่ที่สอดคล้องกับศักยภาพการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด (AMD)	13
2.2 เปรียบเทียบเทคนิคการวิเคราะห์แต่ละวิธี.....	15
2.3 สรุปเกณฑ์คุณภาพน้ำจากการศึกษาในพื้นที่ตะวันตกของรัฐเวอร์จิเนีย และเพนซิลเวเนีย.....	18
2.4 ตารางเปรียบเทียบค่า Acid Base Accounting (ABA Test).....	18
2.5 แสดงเกณฑ์ในการทำนายศักยภาพการเกิดกรด.....	19
2.6 แสดงหลักเกณฑ์การจำแนกศักยภาพการเกิดกรดด้วยวิธี ABA Test	19
2.7 แสดงเกณฑ์การพิจารณาศักยภาพความเป็นกรดด้วยการเปรียบเทียบผลของ ABA Test และ NAG Test	20
2.8 รายละเอียดการใช้สารเคมีในการบำบัดน้ำเหมืองเป็นกรด.....	21
2.9 รายละเอียดการใช้กระบวนการทางธรรมชาติในการบำบัดน้ำเหมืองเป็นกรด.....	22
3.1 แสดงชนิด และจำนวนตัวอย่างหินจากพื้นที่บ่อเหมือง.....	27
3.2 จำนวนตัวอย่างหินจากบริเวณกองหินทิ้ง.....	29
3.3 แสดงปริมาณและความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่ใช้ในการทดลอง.....	34
3.4 แสดงค่าความเข้มข้นของไฮโดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต.....	37
3.5 แสดงเกณฑ์การพิจารณาศักยภาพความเป็นกรดจากการทดสอบด้วยวิธี ABA Test	39
3.6 แสดงเกณฑ์การพิจารณาศักยภาพความเป็นกรดจากการทดสอบด้วยวิธี NAG Test	39
3.7 แสดงเกณฑ์การพิจารณาศักยภาพความเป็นกรดจากการเปรียบเทียบผลของ ABA Test และ NAG Test.....	40
4.1 แสดงลำดับชั้นหินภายในแอ่งสะสมของแต่ละพื้นที่.....	43
4.2 คุณภาพถ่านหินแต่ละแหล่งในแอ่งงาว.....	44
4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพถ่านหินแต่ละแหล่งในแอ่งวังเหนือ.....	45
4.4 คุณภาพถ่านหินในแต่ละแหล่งถ่านหินของแอ่งแจ้ห่ม.....	46
4.5 คุณภาพถ่านหินแต่ละแหล่งในแอ่งเสริมงาม.....	47
4.6 คุณภาพถ่านหินของแอ่งแม่ทะ.....	48

ตารางที่	หน้า
4.7 สรุปคุณภาพถ่านหินแต่ละแอ่งในจังหวัดลำปาง.....	49
4.8 แสดงช่วงของค่าความเป็นกรดต่าง และจำนวนตัวอย่างของแต่ละชั้นหินที่มีค่าความเป็นกรดต่างช่วงต่างๆ ของพื้นที่บ่อเหมือง.....	59
4.9 แสดงช่วงของค่าความเป็นกรดต่าง และจำนวนตัวอย่างของแต่ละชั้นหินที่มีค่าความเป็นกรดต่างช่วงต่างๆ ของพื้นที่กองหินทิ้ง.....	60
4.10 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าศักยภาพความเป็นกลาง (NP) และศักยภาพการเกิดกรดสูงสุด (AP) ของแต่ละชั้นหินและกองหินทิ้ง.....	61
4.11 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และต่ำสุด ของค่า NNP และ NPR ของแต่ละชั้นหิน.....	66
4.12 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และต่ำสุด ของค่า NNP และ NPR ของแต่ละพื้นที่กองหินทิ้ง.....	67
4.13 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณกรดซัลฟิวริกของแต่ละชั้นหิน.....	68
4.14 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณกรดซัลฟิวริกของพื้นที่กองหินทิ้ง.....	69
5.1 แสดงจำนวนตัวอย่างที่มีศักยภาพก่อให้เกิดกรดของแต่ละเกณฑ์การพิจารณา.....	81

สารบัญญภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 ตำแหน่งของแอ่งถ่านหินในจังหวัดลำปาง และแหล่งเหมืองถ่านหินที่ศึกษา.....	3
1.2 พื้นที่ศึกษาเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอลลเคลย์ อ.แม่ทะ จ. ลำปาง	4
1.3 แผนภาพแสดงแผนการดำเนินงานวิจัย.....	7
2.1 แผนภาพอย่างง่ายแสดงทิศทางปฏิกิริยาออกซิเดชันของไฟไรต์.....	12
3.1 แสดงบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่าง.....	26
3.2 ภาพแสดงพื้นที่บ่อเหมืองและกองหินทิ้งบริเวณเหมือง.....	27
3.3 แสดงลักษณะการเก็บตัวอย่าง.....	30
3.4 แสดงการเก็บรักษาตัวอย่างหลังจากเก็บมาจากภาคสนาม.....	30
3.5 ตัวอย่างที่ใช้ในการอบตัวอย่างให้แห้ง.....	31
3.6 ภาพเครื่องย่อยแบบกระแทก (Jaw Crusher) และขนาดตัวอย่างหลังผ่านเครื่องย่อย.....	31
3.7 ภาพแสดงเครื่องบดแบบถ้วย (Vibrating Cup Mill) และขนาดตัวอย่างหลังบด.....	32
3.8 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทดสอบแบบ ABA Test	33
3.9 แสดงการทดสอบการวัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH).....	33
3.10 แสดงการทดสอบศักยภาพความเป็นกลางของเปลือกดินและชั้นหิน.....	35
3.11 แสดงเครื่องวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์.....	35
3.12 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทดสอบโดยวิธี Net Acid Generation (NAG Test).....	36
3.13 แสดงการทดสอบหาค่ากรดต่างสุดท้าย (NAG pH).....	36
3.14 แสดงการทดสอบหาปริมาณกรดซัลฟิวริก.....	37
4.1 ลำดับชั้นหินพื้นที่ศึกษาบริเวณเหมืองถ่านหินและดินบอลลเคลย์บ้านแม่ทาน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง.....	52
4.2 ลำดับชั้นหินของพื้นที่เหมืองถ่านหินบ้านโฮ้ง อ. ลี้ จ.ลำพูน.....	55
4.3 ลำดับชั้นหินของพื้นที่เหมืองถ่านหินแม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง.....	57
4.4 กราฟค่าผลต่างของปริมาณเบสกับกรด (Net Neutralization Potential, NNP).....	63
4.5 กราฟแสดงอัตราส่วนศักยภาพความเป็นกลาง (Neutralization Potential Ratio, NPR).....	64

รูปที่	หน้า
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) กับปริมาณความเป็นกรด (NAG).....	70
4.7 กราฟเปรียบเทียบค่าระหว่างศักยภาพความเป็นกรดสุทธิ (NAPP) กับค่าความเป็นต่างสุดท้าย (NAG pH) บริเวณบ่อเหมือง.....	72
4.8 กราฟเปรียบเทียบค่าระหว่างศักยภาพความเป็นกรดสุทธิ (NAPP) กับค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) บริเวณกองหินทิ้ง.....	73
4.9 เปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยาแหล่งถ่านหินแม่ทาน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง และแหล่งถ่านหินบ้านโฮ้ง อ.ดู่ จ.ลำพูน.....	76
4.10 เปรียบเทียบแหล่งถ่านหินบ้านแม่ทาน แหล่งถ่านหินบ้านโฮ้ง กับแหล่งถ่านหินแม่เมาะ.....	77



 ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันสังคมได้ให้ความสนใจกับการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมจากการทำเหมืองเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดจากการประกอบกิจการเหมืองแร่เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ และเป็นปัญหาหลักของการประกอบกิจการเหมืองแร่ถ่านหิน โดยน้ำเหมืองเป็นกรด (Acid Mine Drainage, AMD) คือน้ำที่ขุดจากเหมืองแร่ กล่าวคือน้ำที่ระบายออกจากบริเวณโครงการเหมืองแร่ซึ่งมีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ต่ำ (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2551) โดยปกติการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดสามารถเกิดขึ้นได้เองอย่างช้าๆ เนื่องจากการสีกกร่อนตามธรรมชาติของชั้นดินและชั้นหิน แต่อัตราการเกิดน้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อมีการเปิดหน้าดินทำให้ชั้นดินและหินที่มีกลุ่มแร่ซัลไฟด์ (Sulfides group) เป็นองค์ประกอบสัมผัสกับบรรยากาศและน้ำบนผิวดินซึ่งมีปริมาณออกซิเจนสูงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เป็นกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) และผลึกของเหล็กซัลไฟด์ ($FeSO_4$) ซะลงในระบบน้ำ (นุชนาท นาคำ, 2550)

แบบจำลองทางธรณีวิทยา (geological modeling) เป็นเทคนิคขั้นต้นในการประเมินศักยภาพการเกิดกรดของหินทิ้งที่มีซัลไฟด์ โดยการจำแนกการสะสมตัวของมันจะเกี่ยวข้องกับการพิจารณาศักยภาพการเกิดกรด ซึ่งชนิดการสะสมตัวที่เหมือนกันจะมีสินแร่และแร่ประกอบที่เหมือนกัน กล่าวคือมีวัสดุในการก่อให้เกิดกรดและวัสดุที่ยังการเกิดกรดเหมือนกัน แต่อย่างไรก็ตามเทคนิคนี้ก็ไม่สามารถใช้ในการประเมินค่าที่แน่นอนของการเกิดกรดได้ (Lottermoser, 2003: 57 - 58) เนื่องจากปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดนั้นมียังมีองค์ประกอบด้วยกันหลายด้าน เช่น พื้นที่ผิวของไฟไรต์ ปริมาณของซัลไฟด์ หรือแม้แต่ลักษณะของที่ทิ้งดิน นอกจากนี้ยังรวมถึงปัจจัยด้านชีววิทยาด้วย (Rose and Carvotta, 2000; Lottermoser, 2003) ซึ่งเทคนิคแบบจำลองทางธรณีวิทยานี้อาจนำมาประยุกต์ใช้กับลำดับชั้นหินที่เหมือนกันของเหมืองถ่านหินหรือลำดับการสะสมตัวของตะกอนหินภูเขาไฟ (Volcano Sedimentary) โดยพบว่าการสะสมตัวของถ่านหินโดยเฉพาะถ่านหินที่มีกลุ่มแร่ซัลไฟด์เป็นองค์ประกอบนั้นมีศักยภาพในการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดสูงกว่าการสะสมตัวแบบอื่นๆ (Lottermoser, 2003: 58) โดยการสะสมตัวของแหล่งถ่านหินที่กระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย มีการสะสมตัวอยู่ใน 2 ช่วงอายุ คือยุคเทอร์เชียรี (Tertiary Period) และยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous Period) โดยแหล่งถ่านหินส่วนใหญ่อยู่

ทางภาคเหนือมีการสะสมตัวในยุคเทอร์เชียรี (กรมทรัพยากรธรณี, 2550: 447 - 448) ดังนั้น ศักยภาพการเกิดกรดในแหล่งถ่านหินแต่ละแหล่งของประเทศไทยน่าจะมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน โดยในที่นี้ได้ทำการศึกษาถึงศักยภาพการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดของเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอกลเคลย์ บริษัท เอสซีซี ซีเมนต์ จำกัด อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง

การศึกษาศักยภาพการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดจึงมีความจำเป็นอย่างมาก เพื่อทำการระบุพื้นที่ที่ก่อให้เกิดน้ำเหมืองเป็นกรดและประเมินศักยภาพการเกิดกรดของพื้นที่นั้นๆ ตลอดจนเสนอแนวทางจัดการและป้องกันผลกระทบจากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่ก่อให้เกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในอนาคต ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาถึงลักษณะทางธรณีวิทยาและศักยภาพการเกิดกรดของเหมืองถ่านหินด้วยวิธีสแตติก (Static Test) ที่นิยมกันทั่วไปคือวิธี Acid Base Accounting (ABA Test) (Liao et al., 2007 cited in Soek et al., 1978) และการออกซิเดชันด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide, H_2O_2) เช่นวิธี Net Acid Generation (NAG Test) (Liao et al., 2007 cited in Miller, 1998; Stewart et al., 2006) โดยวิธี NAG Test นิยมใช้คู่กับวิธี ABA Test เพื่อประเมินศักยภาพการเกิดกรดของหินตัวอย่าง (Changul et al., 2009) และหาความสัมพันธ์ทางธรณีวิทยาของแต่ละพื้นที่เหมืองถ่านหินในประเทศต่อ ศักยภาพการเกิดกรด เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินศักยภาพการเกิดกรดเบื้องต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 วัตถุประสงค์หลักคือ

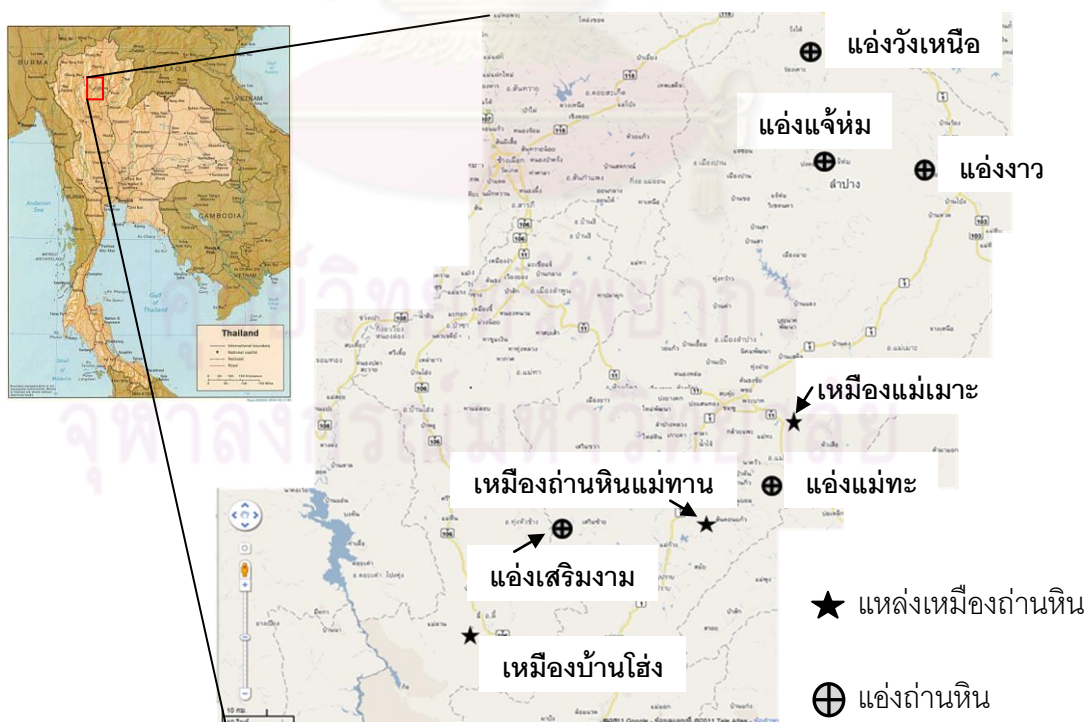
1. เพื่อระบุพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด (AMD) และประเมินศักยภาพการเกิดกรดของพื้นที่เสี่ยง
2. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของลักษณะทางธรณีวิทยาที่มีต่อศักยภาพการเกิดกรด

1.3 สมมติฐาน

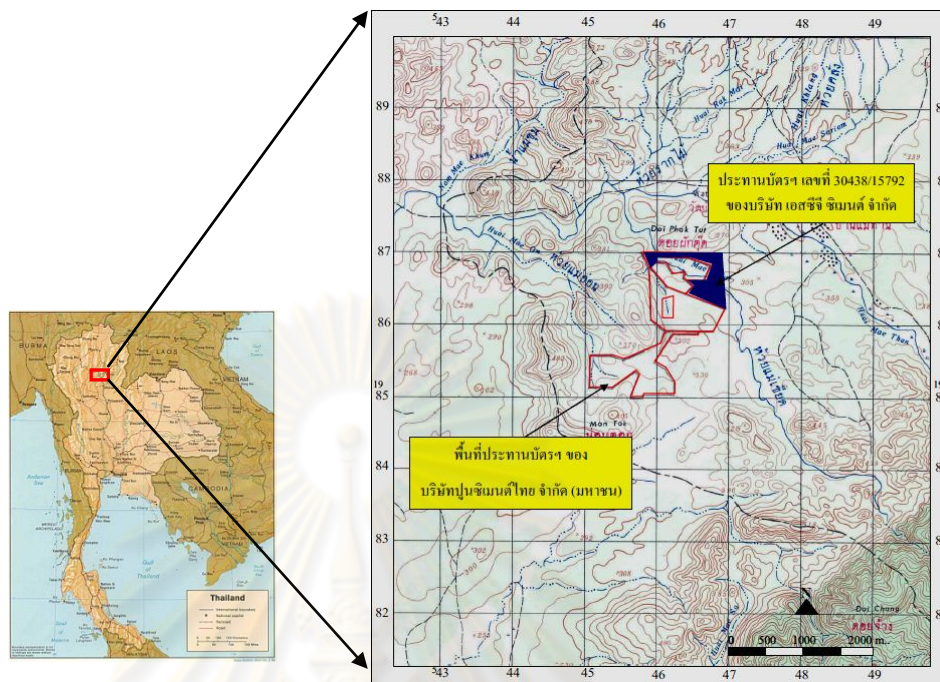
1. ชั้นถ่านหินและชั้นหินใกล้เคียงเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด (AMD)
2. ชนิดของหินหรือดินมีความสัมพันธ์กับศักยภาพการเกิดกรด

1.4 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ศึกษาระณีวิทยาทั่วไป ศึกษาระณีวิทยาลำดับชั้นหิน และ ศึกษาเก็บตัวอย่างดินและหินเพื่อวิเคราะห์ศักยภาพความเป็นกรด โดยการศึกษาระณีวิทยาทั่วไปเป็นการศึกษาของพื้นที่แหล่งถ่านหินในจังหวัดลำปางจำนวน 5 แหล่งได้แก่ แอ่งแจ้ห่ม – เมืองปาน แอ่งวังเหนือ แอ่งงาว แอ่งเสริมงาม และแอ่งแม่ทะ การศึกษาระณีวิทยาลำดับชั้นหินเป็นการศึกษาพื้นที่แหล่งถ่านหินที่อยู่ใกล้เคียงกันได้แก่ เหมืองถ่านหินบ้านโง้ง ตำบลลี อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน เหมืองถ่านหินแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง และเหมืองถ่านหินหินลิกลงไนต์ และดินบอเคลย์ ตำบลสันดอกแก้ว อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง (รูปที่ 1.1) และการศึกษาตัวอย่างดินและหินจากแหล่งถ่านหินหินลิกลงไนต์และดินบอเคลย์นี้เป็นพื้นที่ของบริษัท เอส ซีจี ซีเมนต์ จำกัด ซึ่งมีพื้นที่ประทานบัตรฯ เลขที่ 30438/15792 ปราบกฏบนแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทางทหาร ลำดับชุด L7017 ระวัง 4844 I อำเภอสบปราบ ระหว่างพิกัดที่ 545800 mE ถึง 546950 mE และ 1986200 mN ถึง 1987050 mN ดังรูปที่ 1.2 โดยได้ศึกษาตัวอย่างดินและหินจากบริเวณหน้าเหมืองถ่านหิน และพื้นที่ที่ฝังดิน



รูปที่ 1.1 ตำแหน่งของแอ่งถ่านหินในจังหวัดลำปาง และแหล่งเหมืองถ่านหินที่ศึกษา



รูปที่ 1.2 พื้นที่ศึกษาเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอลลเคลย์ อ.แม่ทะ จ.ลำปาง

1.5 ระเบียบวิธีการวิจัย

1. ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- ความสัมพันธ์ของลักษณะทางธรณีกับศักยภาพการเกิดกรด
- การวิเคราะห์และวิธีทดสอบศักยภาพการเกิดกรดของดินและหินในเหมือง

2. รวบรวมข้อมูลพื้นฐาน

- ลักษณะทางธรณี องค์ประกอบ และปัจจัยการเกิดสภาวะกรดของเหมืองถ่านหิน
- รวบรวมข้อมูลด้านธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา
- ระบุขอบเขตพื้นที่ในการเก็บตัวอย่าง

3. งานสำรวจภาคสนามและเก็บตัวอย่าง

- เก็บตัวอย่างหินในชั้นหินบริเวณหน้าเหมืองตามชนิดหินในแต่ละหน่วยหิน (7 หน่วยหิน) และจากกองหินทิ้งที่เกิดจากการเปิดหน้าเหมืองซึ่งมีทั้งหมด 6 แห่ง โดยทำการเก็บแบบสุ่มให้ครอบคลุมพื้นที่เหมือง

4. การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

- การทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อทดสอบศักยภาพความเป็นกรดของตัวอย่าง ใช้วิธีการทดสอบ 2 วิธีคือ วิธี ABA Test และวิธี NAG Test ซึ่งแต่ละวิธีมีขั้นตอนย่อยดังนี้

การทดลองด้วยวิธี Acid Base Accounting (ABA Test)

ขั้นตอนที่ 1: ค่าความเป็นกรดต่าง (Paste pH)

- เติมน้ำกลั่นในตัวอย่างที่บดแล้ว ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที
- วัดค่าความเป็นกรดของสารละลายตัวอย่าง ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH meter)

ขั้นตอนที่ 2: ศักยภาพความเป็นกลางของเปลือกดินชั้นหิน (Neutralization Potential, NP)

- หาอัตราการทำปฏิกิริยาของคาร์บอเนตกับกรด (Carbonate rating) ด้วยการหยดกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric, HCl) เข้มข้น 1:3 ลงในตัวอย่าง
- สังเกตอัตราการทำปฏิกิริยาของคาร์บอเนตกับกรดของแต่ละตัวอย่างเพื่อเลือกปริมาณและความเข้มข้นของกรดที่เหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยา แล้วนำไปต้มจนปฏิกิริยาเสร็จสมบูรณ์ (หมดฟอง)
- นำสารละลายดังกล่าวมาไทเทรต (Titrate) กับโซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate, NaOH) และนำค่าไปคำนวณหาปริมาณคาร์บอเนต

ขั้นตอนที่ 3: ศักยภาพความเป็นกรดสูงสุดของเปลือกดินชั้นหิน (Acid Potential, AP)

- วิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์รวมในตัวอย่างด้วยเครื่องวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ (Sulfur analyzer)
- นำค่าเปอร์เซ็นต์ซัลเฟอร์ (Percent sulfur, %S) ที่ได้มาคำนวณหาค่าความเป็นกรด

การทดลองด้วยวิธี Net Acid Generation (NAG Test)

ขั้นตอนที่ 1: ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) สุดท้าย

- เทไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 15 เปอร์เซ็นต์ ลงในตัวอย่างแล้วนำไปต้มจนเกิดฟอง
- ทิ้งไว้ให้เย็นแล้ววัดค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH)

ขั้นตอนที่ 2: ปริมาณกรดซัลฟิวริก

- นำสารละลายข้างต้นมาไทเทรตกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จนได้ค่าความเป็นกรดต่าง เท่ากับ 4.5 หรือ 7 (pH = 4.5, 7)
- คำนวณหาปริมาณกรดซัลฟิวริก

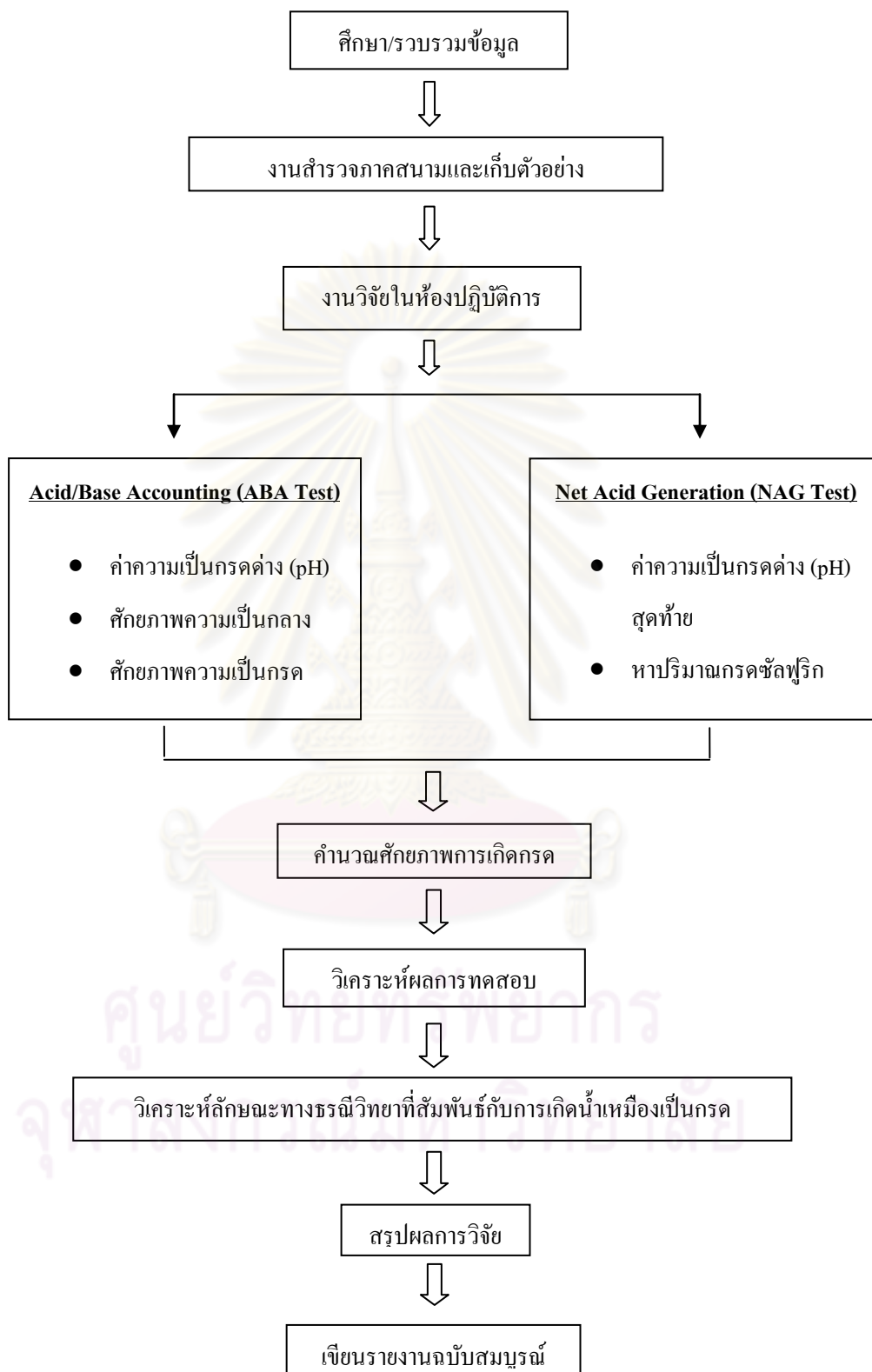
5. งานวิเคราะห์และประมวลผล

- คำนวณค่าศักยภาพความเป็นกลางสุทธิ (Net Neutralization Potential, NNP) และค่าอัตราส่วนศักยภาพความเป็นกลาง (Neutralization Potential Ratio, NPR) จากผลต่างและอัตราส่วนของค่า AP และ NP ตามลำดับ
 - คำนวณค่า NAG และสร้างกราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง NAG กับ NAG pH
 - สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง NAG Test กับ ABA Test
 - เปรียบเทียบลักษณะทางธรณีของพื้นที่ที่มีศักยภาพในการกำเนิดกรดของพื้นที่ศึกษากับแอ่งถ่านหิน และเหมืองถ่านหินในพื้นที่จังหวัดลำปาง และจังหวัดลำพูน
 - วิเคราะห์ศักยภาพการเกิดกรดของแอ่งถ่านหิน และเหมืองถ่านหินในพื้นที่จังหวัดลำปาง และจังหวัดลำพูน
6. วิเคราะห์ลักษณะทางธรณีวิทยาที่สัมพันธ์กับลักษณะการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดของเหมืองถ่านหิน และแอ่งถ่านหินในพื้นที่จังหวัดลำปาง และจังหวัดลำพูน
7. จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบขอบเขตพื้นที่อันเป็นแหล่งกำเนิด และศักยภาพการเกิดกรด เพื่อเสนอแนวทางการจัดการและป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในพื้นที่เหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอเคลย์อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง
2. ทราบความสัมพันธ์ของสภาพทางธรณีวิทยาของเหมืองถ่านหินที่ศึกษามีผลต่อศักยภาพการเกิดกรดในแอ่งถ่านหินบริเวณจังหวัดลำปาง และจังหวัดลำพูน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.3 แผนภาพแสดงแผนการดำเนินงานวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เหมืองแร่และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Mining and Environmental Impacts)

Lottermoser (2003) กล่าวว่า ผลกระทบหลักของเหมืองบนดินสามารถเกิดได้ทั้งก่อน ระหว่าง และหลังการประกอบกิจการซึ่งผลกระทบจากกิจกรรมการทำเหมืองประกอบไปด้วย การตัดต้นไม้เตรียมพื้นที่ การสร้างถนน โครงสร้าง การสำรวจ การขุดเจาะและการระเบิด การวางท่อระบายน้ำ บ่อดักตะกอน และการขุดขน เป็นต้น โดยผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของเหมืองส่วนใหญ่จะเป็นอันตรายที่มาจากของเสียจากการทำเหมือง บ่อกักเก็บของเสียของเหมืองจะส่งผลโดยตรงต่อระบบนิเวศของเหมือง ผลการศึกษาพบว่าของเสียของเหมืองหลายพื้นที่ต้องได้รับการแยก รักษา และลดปริมาณการออกซิเดชัน ความเป็นพิษ และการผูกมัดสีกร่อน เพื่อให้พื้นที่เก็บของเสียดังกล่าวสามารถนำมาใช้ประโยชน์อื่น ๆ ได้หลังสิ้นสุดโครงการ หากไม่มีการควบคุมปริมาณของเสีย น้ำเสีย ศักยภาพการเกิดวัสดุที่เป็นอันตราย วัสดุที่เป็นกรด หรือวัสดุที่ก่อสารกัมมันตรังสีก็จะเพิ่มขึ้น การปนเปื้อนนี้จะกระจายไปในชั้นบรรยากาศ ระบบน้ำ ระบบนิเวศ อันเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น โดยปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เลวร้ายที่สุดด้านปัญหาคุณภาพน้ำคือ น้ำเหมืองเป็นกรด (Acid Mine Drainage, AMD)

2.2 น้ำเหมืองเป็นกรด (Acid Mine Drainage, AMD)

นุชนาท นาคำ (2550) ให้ความหมาย น้ำเหมืองเป็นกรด (AMD) คือ น้ำที่ระบายออกจากบริเวณโครงการเหมืองแร่ที่ถูกทิ้งร้าง ซึ่งมีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ต่ำ และยังสามารถประกอบด้วยโลหะหนักต่างๆ เช่น อะลูมิเนียม (Al) สังกะสี (Zn) สารหนู (As) และแมงกานีส (Mn) ละลายอยู่ในปริมาณสูง โดยปกติการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดสามารถเกิดขึ้นได้เองอย่างช้าๆ เนื่องจากการสึกกร่อนผูกมัดตามธรรมชาติของชั้นดินและชั้นหิน แต่อัตราการเกิดน้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรดนี้จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อชั้นดินและหินซึ่งมีแร่ซัลไฟด์เป็นองค์ประกอบได้รับการรบกวน

Todd and Reddick (1997) ศึกษา น้ำเหมืองเป็นกรด โดยการรวบรวมงานวิจัยที่เคยมีผู้ทำการศึกษาเกี่ยวกับน้ำเหมืองเป็นกรดในหลายๆด้าน เริ่มตั้งแต่ให้คำจำกัดความ น้ำเหมืองเป็นกรด การเกิดออกซิเดชันของแร่ไพไรต์ องค์ประกอบที่ทำให้เกิดน้ำเหมืองเป็นกรด พื้นที่ที่จะเกิด

ปัญหาจากน้ำเหมืองเป็นกรด รวมไปถึงวิธีการทดลอง การแก้ไข และการป้องกันน้ำเหมืองเป็นกรด สรุปได้ว่ารูปแบบของการจัดการน้ำเหมืองเป็นกรดกำลังมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งดูได้จากงานวิจัยและเทคโนโลยีใหม่ๆที่เกิดขึ้น ทำให้เกิดการร่วมมือระหว่างรัฐบาลและเอกชนในการจัดสรรงบประมาณให้กับพื้นที่ที่ถูกวางกรอบว่าจะได้รับความเสียหายในอนาคต แม้ว่าต้นทุนในการจัดการน้ำเหมืองเป็นกรดนี้จะสูงมาก แต่มันก็คุ้มค่าต่อสภาพแวดล้อมและสังคมในระยะยาว

2.3 การเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด

น้ำเหมืองเป็นกรด (AMD) เกิดจากผลการออกซิเดชันของแร่ซัลไฟด์ที่สัมผัสกับชั้นบรรยากาศ เนื่องจากกิจกรรมของเหมืองทำให้เกิดกรดซัลฟิวริก และผลิตผลจากการออกซิเดชัน (Changul, 2008: 16) การสะสมของโลหะในเหมือง (เช่น Cu, Pb, Zn, Au, Ni, U และ Fe) แร่ฟอสเฟต ชั้นถ่านหิน หินน้ำมัน และทราย ต่างก็มีศักยภาพการออกซิเดชันของแร่ซัลไฟด์ที่ก่อให้เกิดน้ำเหมืองเป็นกรดได้ โดยถ่านหิน และกองเก็บถ่านหิน พื้นที่เก็บหางแร่ กองหินทิ้ง และพื้นที่ชะล้างต่างๆ ที่กล่าวมามีศักยภาพเป็นต้นกำเนิดกรดได้ทั้งใต้ดิน หน้าเหมือง และพื้นที่บริเวณรอบเหมือง โดยน้ำเหมืองเป็นกรดมักแสดงลักษณะดังนี้

- น้ำมีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) น้อยกว่า 5.5
- พบพืชและสัตว์ในพื้นที่ถูกรบกวนหรือมีอากาศขาดน้ำ
- เกิดตะกอนทั่วไปทั้งในท้องน้ำและพื้นดิน
- น้ำมีสีขุ่น หรือสะอาดเป็นพิเศษ
- พบสาหร่ายมากมายและแบคทีเรียตระกูลสไลม์ (slimes)

อย่างไรก็ตามไม่ใช่ทุกเหมืองที่มีซัลไฟด์เป็นองค์ประกอบในหินแล้วจะก่อให้เกิดน้ำเหมืองเป็นกรด เนื่องจากการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมไม่ได้จำกัดเฉพาะการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด มันอาจเกิดขึ้นในธรรมชาติ ที่มีการระบายอัลคาไลลงสู่สิ่งแวดล้อมได้ด้วย (Lottermoser, 2003: 85 - 87)

Rawat and Singh (1982) ได้ทำการศึกษาการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของเหมืองถ่านหินในอินเดีย โดยได้ศึกษาตัวอย่างถ่านหินเพื่อหาค่าผลรวมซัลเฟอร์ ซัลเฟอร์ในรูปของไพไรต์ ซัลเฟอร์ในรูปซัลเฟต และค่าซัลเฟอร์ในรูปอินทรีย์โมเลกุล จากตัวอย่างด้วยกล้องจุลทรรศน์ ศึกษาการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย และการชะล้างของเหล็กและซัลเฟอร์ออกไซด์โดยแบคทีเรีย ที่สัมพันธ์กับค่าความเป็นกรด ซึ่งผลที่ได้ทำให้ทราบว่าอัตรา

ความเป็นกรดของชั้นหินนั้นไม่ขึ้นกับปริมาณซัลเฟอร์รวมในถ่านหิน และซัลเฟอร์ในรูปของอินทรีย์โมเลกุลที่เป็นซัลเฟอร์หลัก แต่ทิศทางของมันจะเกี่ยวข้องกับซัลเฟอร์ที่อยู่ในไฟไรต์ และแบคทีเรีย *Thiobacillus ferrooxidans* (Iron and sulfur-oxidizing bacteria) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยพบเป็นองค์ประกอบหลักจากการสังเกตระบบน้ำในเหมืองที่มีสภาพเป็นกรด

Atkins and Pooley (1982) ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของกลไกทางชีวภาพที่ส่งผลต่อการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดในเหมืองถ่านหิน โดยศึกษาเปรียบเทียบการออกซิเดชันของไฟไรต์ที่เปลี่ยนซัลเฟอร์เป็นกรดซัลฟิวริกระหว่างไฟไรต์ที่มีและไม่มีแบคทีเรียในสภาวะกรดที่อุณหภูมิ 35°C พบว่าแบคทีเรียมีส่วนช่วยในการเกิดออกซิเดชัน เนื่องจากเอนไซม์ของมันจะเข้าไปช่วยย่อยไฟไรต์ผ่านทางเมมเบรน (Membrane) หากไฟไรต์ยังมีขนาดเล็กการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันก็จะมีได้มาก ซึ่งแบคทีเรียที่ออกซิเดชันกลุ่มแร่ซัลไฟด์ได้แก่ *Thiobacillus thiooxidans* และ *Thiobacillus ferrooxidans* ไฟไรต์จากอินทรีย์ธรณีที่ต่างกันเมื่อชะล้างสมบูรณ์จะให้ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) อยู่ในช่วง 1 – 2 เหมือนกัน โดยปฏิกิริยาออกซิเดชันที่สมบูรณ์ของไฟไรต์ที่แสดงในกลไกทางชีวภาพมีอยู่สองส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งเป็นขบวนการซัลไฟด์ไฟไลต์ที่เป็นตัวแทนของธาตุซัลเฟอร์ออกจากพื้นผิวซัลไฟด์ ส่วนที่สองคือแบคทีเรียมีการสร้างเฟอริกซัลไฟด์ขึ้นใหม่ในปฏิกิริยาออกซิเดชันลำดับแรกของไฟไรต์และมีครึ่งชีวิตเท่ากับชั้นตะกอนเหล็ก แต่แบคทีเรียที่ช่วยในการชะล้างไฟไรต์นั้นเป็นเพียงตัวเร่งปฏิกิริยาเท่านั้นเพราะมันไม่เพียงพอที่จะเป็นต้นกำเนิดในการทำให้เกิดน้ำเหมืองเป็นกรดแม้ว่ามันจะมีมากในธรรมชาติก็ตาม

Lottermoser (2003) กล่าวว่า ซัลไฟด์ (Sulfide) เป็นองค์ประกอบย่อยที่พบได้ทั่วไปบนพื้นผิวโลก ในบางสภาพแวดล้อมทางธรณีเป็นองค์ประกอบหลักในหิน ซัลไฟด์จะถูกทำลายด้วยกลไกการออกซิเดชันต่างๆ โดยไฟไรต์ (Pyrite) เป็นแร่ที่พบมากในกลุ่มแร่ซัลไฟด์ และเกิดในเกือบทุกชนิดสภาพแวดล้อมทางธรณี โดยทั่วไปมันเกิดพร้อมกับการสะสมตัวของถ่านหินและแร่โลหะ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาถึงปฏิกิริยาออกซิเดชันของไฟไรต์กันอย่างแพร่หลาย ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไฟไรต์เกิดขึ้นเมื่อแร่สัมผัสกับออกซิเจน โดยการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันนี้สามารถเกิดได้ทั้งที่มีจุลินทรีย์และไม่มีจุลินทรีย์ในสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตตามกระบวนการทางเคมี ซึ่งกลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไฟไรต์นั้นสามารถสรุปได้ดังนี้

- การออกซิเดชันโดยออกซิเจน ซึ่งเป็นการออกซิเดชันทางตรงในสิ่งไม่มีชีวิต

- การออกซิเดชันโดยออกซิเจน ซึ่งเป็นการออกซิเดชันทางตรงด้วยจุลินทรีย์ในสิ่งมีชีวิต
- การออกซิเดชันโดยออกซิเจนและเหล็ก ซึ่งเป็นการออกซิเดชันทางอ้อมในสิ่งไม่มีชีวิต
- การออกซิเดชันโดยออกซิเจนและเหล็ก ซึ่งเป็นการออกซิเดชันทางอ้อมด้วยจุลินทรีย์ในสิ่งมีชีวิต

ปฏิกิริยาเคมีของการเกิดน้ำเหม็นเป็นกรดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไพไรต์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน (นุชนาท นาคำ, 2550) ดังนี้

ขั้นตอนแรกเกิดจากไพไรต์เกิดการออกซิเดชันด้วยออกซิเจนทำให้ซัลเฟอร์ (Sulfur, S) ถูกออกซิไดซ์กลายเป็นซัลเฟต (Sulfate, SO_4^{2-}) และเหล็กเฟอรัส (Ferrous, Fe^{2+}) ถูกปล่อยเป็นอิสระ



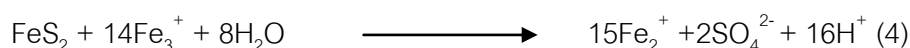
ขั้นตอนที่สองเป็นการเปลี่ยนเหล็กเฟอรัส (Fe^{2+}) เป็นเหล็กเฟอริก (Ferric, Fe^{3+}) โดยปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด (pH 2 – 3) แต่อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 5 (pH = 5) รวมถึงแบคทีเรียบางชนิดมีผลช่วยในการเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยา ดังนั้นปฏิกิริยานี้จึงเป็นขั้นตอนที่กำหนดอัตราเร็วในการสลายตัวของไพไรต์



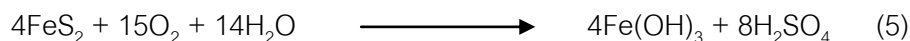
ขั้นตอนที่สามปฏิกิริยาอาจเกิดการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ของเหล็ก โดยการแตกตัวของโมเลกุลของน้ำ เกิดเป็นตะกอนของเหล็กเฟอริก (Ferric hydroxide, $\text{Fe}(\text{OH})_3$) ซึ่งมีสีส้มเหลือง เรียกว่า “Yellowboy” ซึ่งตะกอนนี้จะเกิดขึ้นที่ค่าความเป็นกรดต่างสูงกว่า 3.5 (pH > 3.5)



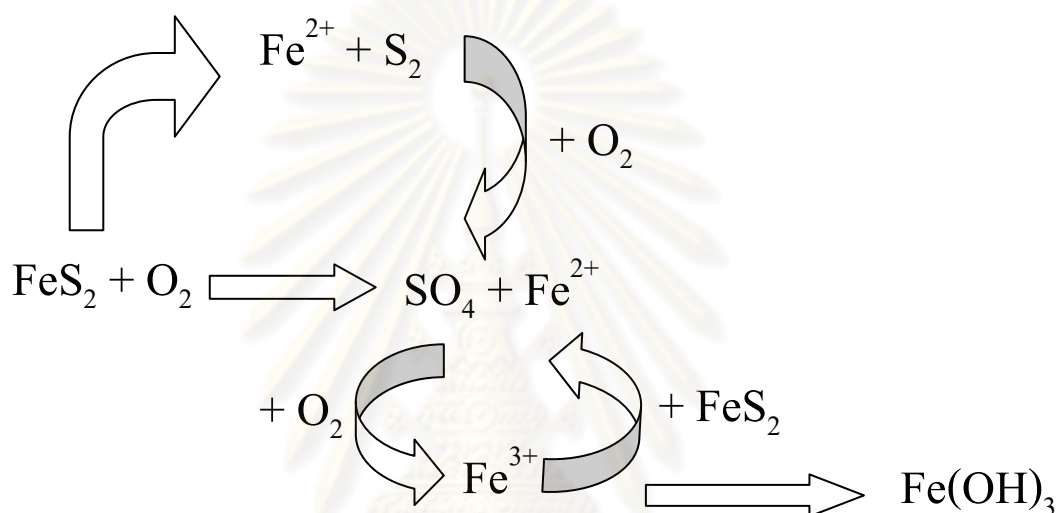
ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการรวมระหว่างปฏิกิริยาที่ 1 ถึง 3 คือการออกซิเดชันไพไรต์เป็นเหล็กเฟอริก โดยปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นเป็นวัฏจักรอย่างต่อเนื่องและรวดเร็วจนกว่าเหล็กเฟอริกหรือไพไรต์จะหมด



สรุปภาพรวมของการเกิดปฏิกิริยาจะได้ดังนี้



จากสมการจะได้กรดซัลฟิวริกซึ่งจะชะล้างสู่แหล่งน้ำบริเวณใกล้เคียงทำให้เกิดน้ำเหม็นองเป็นกรด (AMD) และการปนเปื้อนของโลหะหนัก ส่งผลกระทบต่อพืชและสัตว์ในบริเวณนั้นๆ โดยทิศทางการเกิดปฏิกิริยาแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แผนภาพอย่างง่ายแสดงทิศทางการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไพไรต์ (Lottermoser, 2003)

2.4 การประเมินศักยภาพการเกิดน้ำเหม็นองเป็นกรด (Acid Generation Potential)

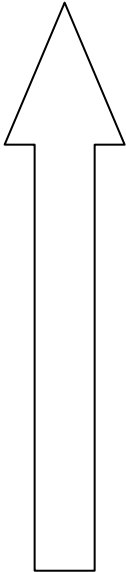
Lottermoser (2003) กล่าวถึงความถูกต้องในการทำนายศักยภาพการเกิดกรดจากของเสียประเภทซัลไฟด์จำเป็นต้องมีความเข้าใจที่ดีเกี่ยวกับทฤษฎี กายภาพทางธรณี ธรณีเคมี และลักษณะของแร่ซัลไฟด์ โดยข้อมูลต่างๆที่นำมาทำนายศักยภาพการเกิดกรดนั้นประกอบไปด้วย

- แบบจำลองทางธรณีวิทยา
- ข้อมูลรายละเอียดจากธรณีวิทยา ธรณีเคมี แร่วิทยา และจากกล้องจุลทรรศน์
- การทดสอบทางธรณีเคมีทั้งด้านสแตติก (Static Test) และด้านจลศาสตร์ (Kinetic Test)
- แบบจำลองการเคลื่อนตัวของออกซิเจน และกระบวนการทางธรณีเคมี

แบบจำลองทางธรณีวิทยา (Geological Modeling)

แบบจำลองทางธรณีเป็นเทคนิคพื้นฐานในการประเมินศักยภาพการเกิดกรดของของเสียซัลไฟด์ ซึ่งเกี่ยวเนื่องกับการตกตะกอน และแบบจำลองทางธรณีวิทยายังถูกนำมาใช้ในการศึกษาการลดปัญหาการเกิดกรด ซึ่ง Lottermoser (2003) ได้สรุปชนิดการตกตะกอนของแร่และศักยภาพการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงชนิดการตกตะกอนของแร่ที่สอดคล้องกับศักยภาพการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด (AMD) (Lottermoser, 2003)

ลำดับที่	ชนิดการตกตะกอน	ศักยภาพการเกิดกรด
1	Sedimentary exhalative massive sulfide	
2	deposits; Coal	
3	Volcanogenic massive sulfide deposits	
4	Epithermal gold deposits	
5	Mesothermal gold deposits	
6	Polymetallic vein deposits	
7	Calc – alkaline porphyry copper deposits	
8	Alkalic porphyry copper deposits	
9	Orthomagmatic chromium – nickel deposits	
10	Broken Hill type lead – zinc deposits	
11	Greisen tin deposits	
12	Kimberlites and lamproite diamond deposits	
13	Mississippi Valley type lead – zinc deposits	
14	Skarn deposits	
	Carbonatite deposits	Least AMD prone

อย่างไรก็ตามวิธีการย่อมมีข้อจำกัดในหลายๆด้านเช่น พื้นที่ผิวของไพไรต์ ปริมาณของซัลไฟด์ในกองหินทิ้งหรือองค์ประกอบแร่ในน้ำเหมือง และการตกสะสมของแร่ การเปรียบเทียบมีความน่าเชื่อถือต่ำ

การทดสอบทางธรณีเคมี (Geochemical Tests)

การทดสอบทางธรณีเคมีควรดำเนินการโดยตรวจสอบรายละเอียดทางธรณีเคมีและแร่ของวัสดุ โดยเฉพาะรายละเอียดข้อมูลองค์ประกอบแร่ของของเสียจากการทดสอบทางสแตติก (Static Test) และไคเนติก (Kinetic Test)

สแตติก (Static Test) เป็นการทดสอบทางธรณีเคมีของวัสดุซัลไฟด์เพื่อใช้ทำนายศักยภาพการเกิดกรดของตัวอย่าง ซึ่งการทดสอบนี้จะค่อนข้างซับซ้อนเนื่องจากสามารถวัดได้ทั้งผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรด และการกลับมาเป็นกลาง ประกอบกับมีตัวย่อใช้แทนค่าหลายตัว เช่น อเมริกาเหนือใช้เป็น Acid Potential (AP) Neutralization Potential (NP) Net Neutralization Potential (NNP) Neutralization Potential Ratio (NPR) ในออสเตรเลีย และเอเชียแปซิฟิกใช้เป็น Maximum Potential Acidity (MPA) Acid Neutralizing Capacity (ANC) และ Net Acid Production Potential (NAPP) ซึ่งการทดสอบแบบสแตติกนี้แบ่งได้เป็น 3 ส่วนหลักคือ

- ค่าการอิ่มตัวของความเป็นกรดต่าง (Saturated paste pH) และค่าความเหนียวนำไฟฟ้า (electrical conductivity)
- Acid Base Accounting (ABA Test)
- Net Acid Generation (NAG Test) หรือ Net Acid Production (NAP Test)

ไคเนติก (Kinetic Test) เป็นการลอกเลียนแบบการสึกกร่อนและการออกซิเดชันของตัวอย่างที่เป็นของเสียซัลไฟด์ ซึ่งทั่วไปจะใช้เพื่อติดตามผลของการทดสอบสแตติก โดยการทดสอบแบบไคเนติกนี้จะเปิดให้ของเสียซัลไฟด์สัมผัสกับอากาศและน้ำตลอดเวลาโดยระยะเวลาทดสอบเป็นเดือนจนถึง 2 – 3 ปี การทดลองนี้เป็นการเร่งปฏิกิริยาเพื่อทำแบบจำลองการสึกกร่อนในระยะยาวของวัสดุให้ได้ผลในระยะเวลาอันสั้น โดยจะเพิ่มน้ำให้กับตัวอย่างของเสียมากกว่าในภาคสนาม

2.5 วิธีการทดสอบศักยภาพความเป็นกรด (Methods of Acid Generation Potential)

Bradham and Caruccio (1990) ทำการศึกษาเปรียบเทียบการวิเคราะห์ทางแร่ด้วยวิธี Acid Base Accounting, Cells, Columns และ Soxhlets โดยได้ทำการเปรียบเทียบอัตราส่วนศักยภาพความเป็นกรด จากการทดสอบ 10 ตัวอย่าง ใน 60 ครั้ง เป็นเวลา 8 เดือน ซึ่งผลที่ปรากฏ

มีทั้งการชะล้างกรดและการชะล้างต่าง ที่แสดงในทุกตัวอย่าง ยกเว้นใน air locked ของการทดสอบแบบ columns ซึ่งค่าความเป็นกรดของมันจะขึ้นอยู่กับปริมาณของต่างและวัสดุกรดในตัวอย่างโดยไม่มีการชะล้าง และจากการเปรียบเทียบสรุปได้ว่าการทำนายโดยวิธี columns มีความแม่นยำน้อยที่สุด (ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือวิธี Acid Base Accounting ตามด้วยวิธี Soxhlet และวิธี Cell มีความแม่นยำมากที่สุด (100 เปอร์เซ็นต์) การเปรียบเทียบแต่ละวิธีการทดสอบดังแสดงตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบเทคนิคการวิเคราะห์แต่ละวิธี (Bradham and Caruccio, 1990)

Tests	Method	Advantages	Disadvantages
Acid Base Accounting (Sobek et al., 1978)	Whole rock analyses completed on a pulverized sample. Acid potential related to sulfur content, neutralization potential determined by hot acid digestion with HCl.	Easy to perform, quick turn-around time, useful in areas that are acid or alkaline prone. Relatively inexpensive.	Does not relate to kinetic data. Assumes parallel release of acidity and alkalinity.
Soxhlet Reactor (Renton et al., 1988)	Leachate generated on pulverized sample which is cycled in a soxhlet reactor. During interim, sample is stored at 105°C	Easy to perform quick turn-around time, purported kinetic data.	Expensive apparatus, extremely aggressive oxidation of sample.

Tests	Method	Advantages	Disadvantages
Humidity Cells (Caruccio, 1968)	Crushed rock is placed in humidified atmosphere and leached periodically. Volume and character of leachate related to rock weight to produce alkaline/acid production potential.	Produces kinetic data, rates of acidity per unit weight of sample obtained, approximates field conditions.	Long time required, large data base generated. Relatively expensive.
Colum Weathering Test (Hood and Oerter, 1984)	Field sample placed in large columns and leached periodically. Leachate is analyzed and related to rock weight.	Best approximator of field conditions.	Same as above, in addition, large volume of samples required channelization problem encountered.

Lapakko and Lawrence (1993) ปรับปรุงการทดสอบวิธี Net Acid Production (NAP Test) โดยเปรียบเทียบคุณภาพการทำนายหลายวิธีคือ 1) เปรียบเทียบคุณภาพระหว่างวิธี NAP Test กับวิธี ABA Test 2) เปรียบเทียบคุณภาพระหว่างวิธี ABA ประยุกต์ กับวิธี B.C. Research Initial 3) เปรียบเทียบคุณภาพของค่า NP สุทธิ โดยการทดสอบ NAP Test กับวิธีการทดสอบอื่นๆ และ 4) เปรียบเทียบคุณภาพของค่า NP สุทธิ กับการวิเคราะห์แร่ในตัวอย่าง ซึ่งผลที่ได้คือค่า NP สุทธิ ในการทดสอบ NAP จะมีค่าสูงกว่าในการทดสอบอื่นๆ เนื่องจากการย่อยของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่มีมากคือ 95 – 99 เปอร์เซ็นต์ ของซัลไฟด์จะมีการออกซิไดซ์ขณะทำการทดสอบ การทดสอบด้วย NAP มีข้อดีคือไม่ต้องใช้ค่าซัลเฟอร์รวม และค่า NP สุทธิ ที่สูงนั้นก็อยู่ในปริมาณที่ยอมรับได้

Monterroso and Macias (1998) ทำนายศักยภาพการเกิดกรดของหน้าดินเหมืองถ่านหิน โดยการวัดค่าความเป็นกรดของตัวอย่างที่ละลายน้ำ ค่าร้อยละของซัลเฟต และค่าความเป็นกรดต่าง (pH) หลังจากทำปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เสร็จสมบูรณ์แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณคาร์บอนเนตในดิน เพื่อจำแนกชนิดของวัสดุตามศักยภาพการเกิดกรด และหาปริมาณอัตราส่วนของคาร์บอนเนต (ในที่นี้คือหินปูน) ที่เหมาะสมต่อการป้องกันหรือแก้ไขปัญหการเกิดกรด ซึ่งผลที่ได้คือความสัมพันธ์ระหว่างค่าร้อยละของซัลเฟตกับค่า NAP เป็นส่วนช่วยในการทำนายค่าความเป็นกรด โดยค่าร้อยละซัลเฟตรวมอยู่ในช่วง 0.01- 3.00 และค่า NAP อยู่ระหว่าง 1.2 – 85.00 กิโลกรัมคาร์บอนเนต ($kg CaCO_3$) และในทางการค้านิยมใช้ปูนขาว (Lime) ในการควบคุมค่าการเกิดกรดของดินที่มีค่าซัลเฟตรวมสูง

Campbell, Lindsay and Clemens (2001) ศึกษาศักยภาพการเกิดกรดของหินทิ้งและถ่านหินในเหมืองถ่านหิน ประเทศนิวซีแลนด์ โดยการศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาจากลำดับชั้นหินของพื้นที่ แล้ววิเคราะห์องค์ประกอบของถ่านหินด้วยสัดส่วนต่ำสุดของเบส (CNK) จากกราฟ A-CNK-FM และหาค่าความเป็นกรดจากค่า Chemical Index of Alteration (CIA) ค่ารีแอคทีฟซัลเฟต (Reactive sulfur) ด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence (XRF) แล้วใช้ ABA Test ในการระบุศักยภาพการเกิดกรดด้วยกราฟที่แบ่งตามอัตราส่วนของเบสต่อกรด สรุปได้ว่าวัสดุหินทิ้งที่ก่อให้เกิดกรดคือหินทรายแข็งที่สะสมตัวแบบทะเลสาบ และวัสดุหลักที่ให้อัลคาไลต์เป็นชั้นหินตะกอนภูเขายุคมีโซโซอิก (Mesozoic)

Skousen et al. (2002) ศึกษาการใช้ ABA Test เพื่อการทำนายคุณภาพการระบายน้ำของพื้นที่หลังการทำเหมือง โดยการนำตัวอย่างจาก 56 แห่งของเหมืองทางตะวันตกของรัฐเวอร์จิเนียมาทดสอบหาปริมาณมวลดิน และหาค่า MPA NP NNP และอัตราส่วนของ NP กับ MAP ที่สัมพันธ์กับการทำนายคุณภาพน้ำเหมืองเป็นกรดหลังการทำเหมือง ซึ่งผลที่ได้พบว่าวิธีการคิดปริมาณมวลดินแบบ Pennsylvania Department of Environmental Protection (PADEP) ให้ค่าที่ใกล้เคียงที่สุด และค่า NNP กับค่า NP/MPA มีความสัมพันธ์ที่ดีต่อการทำนายคุณภาพน้ำเท่ากับการวิเคราะห์น้ำจากผิวดิน จากการเปรียบเทียบพบว่า ABA Test เป็นเครื่องมือที่ดีในการใช้ตรวจวัดคุณภาพผิวดินก่อนการทำเหมืองและคุณภาพน้ำหลังการทำเหมือง โดยในการศึกษานี้สรุปเกณฑ์ที่บอกค่าศักยภาพการเกิดกรดของแต่ละบุคคลไว้ดังตารางที่ 2.3 และเลือกใช้เกณฑ์ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.3 สรุปเกณฑ์คุณภาพน้ำจากการศึกษาในพื้นที่ตะวันตกของรัฐเวอร์จิเนีย และเพนซิลเวเนีย (Skousen et al., 2002)

ABA parameter	Calculated value (Mg/1000Mg)	Predicted water quality	Source
NP	<20	Net acid	Pretoro and Rauch, 1988
	>40	Net alkaline	
	<10	Net acid	Brady et., 1994
	>21	Net alkaline	
Net NP (NNP)	<10	Net acid	diPretoro and Rauch, 1988
	>30	Net alkaline	1988
	<20	Net acid	Erickson and Hedin, 1988
	>80	Net alkaline	
	<0	Net acid	Brady et., 1994
	>12	Net alkaline	
	<0	Net acid	Skousen et al., 1987
	>15	Net alkaline	
NP to MPA ratio (NPR)	<1	Net acid	Perry, 1998
	>2	Net alkaline	

ตารางที่ 2.4 ตารางเปรียบเทียบค่า Acid Base Accounting (ABA Test) (Skousen et al., 2002)

ABA parameter	Calculated value (Kg CaCO ₃ /ton)	Predicted water quality
NP	<10	Net acid
	>21	Net alkaline
Net NP (NNP)	<0	Net acid
	>12	Net alkaline
NP to MPA ratio (NPR)	<1	Net acid
	>2	Net alkaline

Liao et al. (2007) ศึกษาถึงขอบเขตของค่า NAG Test ในการทำนายศักยภาพการเกิดกรดในกองหินทิ้งของเหมือง โดยทำการศึกษาค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ค่าซัลเฟอร์รวม ค่าซัลเฟอร์ในรูปของไพไรต์ ค่า NAG ค่า ANC และค่า NAG pH ของ 180 ตัวอย่าง จาก 17 เหมืองในประเทศจีน แล้วนำมาเขียนกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่า NAG และค่า NAG pH จากกราฟทำให้ทราบถึงขอบเขตของการเกิดกรดเป็นดังแสดงในตารางที่ 2.5 ส่วนค่า ANC และค่าซัลเฟอร์นั้นจะใช้ร่วมกันในการตัดสินค่าความเป็นกรดในกรณีวัสดุเป็นกรดมีค่ามากกว่า 50 กิโลกรัมซัลฟิวริกต่อตัน ($\text{kg H}_2\text{SO}_4/\text{t}$) และจะแบ่งชนิดของวัสดุเกิดกรดได้ละเอียดกว่าวิธีการ NAG Test

ตารางที่ 2.5 แสดงเกณฑ์ในการทำนายศักยภาพการเกิดกรด (Liao et al., 2007)

NAG pH	Calculated NAG	Predicted quality
≥ 5	0 – 2	Low or Nonacid forming
$2.5 < \text{NAG pH} < 5$	2 – 50	Moderate acid forming
≤ 2.5	>50	High acid forming

Changul et al. (2009) ประเมินศักยภาพความเป็นกรดของหินทิ้งในเหมืองทองอัคราประเทศไทย โดยการประเมินนี้ใช้วิธีการตรวจสอบความเป็นกรดต่างของเปลือกดินและชั้นหินด้วยการใช้วิธี ABA Test และค่าการเกิดกรดสุทธิ (Net Acid Generate, NAG) โดยการคำนวณค่า NAPP ที่ได้จากผลต่างของ MAP กับ ANC เพื่อระบุพื้นที่และชั้นหินที่ก่อให้เกิดกรด โดยพื้นที่ทดสอบคือชั้นหินบริเวณบ่อเหมือง และพื้นที่หินทิ้ง เพื่อสรุปผลประเมินพื้นที่ก่อให้เกิดกรด (Potential Acid Forming, PAF) และพื้นที่ไม่ก่อให้เกิดกรด (Non Acid Forming, NAF) ซึ่งผลที่ได้คือหินที่มีศักยภาพในการเกิดกรด (PAF) ได้แก่ หินซิลิซิไฟล์ ลาปีลี ทัฟฟ์ (Silicified Lapilli Tuff) และหินเชียร์ทัฟฟ์ (Sheared Tuff) โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการสรุปผลแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 แสดงหลักเกณฑ์การจำแนกศักยภาพการเกิดกรดด้วยวิธี ABA test (Changul et al., 2009 cited in Hutchison and Ellison, 1992 cited in Lei and Watkins, 2005)

Category	NAPP ($\text{kg H}_2\text{SO}_4/\text{ton}$)
Potentially acid generating	>20
Non-acid generating	< - 20
Zone of uncertainty	-20 < NAPP < + 20

Stewart, Miller and Smart (2006) ศึกษาถึงความก้าวหน้าของลักษณะการเกิดกรดของหินทิ้งในเหมือง จากการทดลองด้วยวิธี ABA Test NAG Test Acid Buffering Characteristic Curve Test (ABCC Test) และวิธี Leach Column โดยทำการเปรียบเทียบผล ANC ที่คำนวณค่าแคลเซียม ค่าแมกนีเซียมคาร์บอเนตจากแร่ซิเดอไรต์ (Siderite) กับแร่ตัวอย่างโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เป็นตัวช่วยในการออกซิไดซ์ แล้วนำกราฟไปใช้แปลความหมายในวิธี ABCC Test และสุดท้ายทำการเปรียบเทียบค่า Kinetic NAG Test กับค่าการทดลองแบบ Leach Column ซึ่งผลที่ได้คือค่า NAPP และ NAG เป็นวิธีที่น่าเชื่อถือมากกว่าวิธีอื่น และจากกราฟของ ABCC ช่วยบอกความสัมพันธ์ของหินทิ้งสำหรับบางตัวอย่างที่ผลจาก ANC ไม่ชัดเจน และวิธี Kinetic NAG Test สามารถทำนายผลได้เหมือนกับ Leach Column ในระยะเวลาที่สั้นกว่า และทำการเปรียบเทียบค่าระหว่าง NAG Test กับ ABA Test โดยกราฟระหว่าง NAG pH กับ NAPP เพื่อแยกศักยภาพของหินที่ก่อให้เกิดกรดตามเกณฑ์ที่แสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 แสดงเกณฑ์การพิจารณาศักยภาพความเป็นกรดด้วยการเปรียบเทียบผลของ ABA Test และ NAG Test (Stewart, Miller and Smart, 2006)

NAPP	NAG pH	Predicted Quality
> 0	< 4.4	Potential Acid Forming (PAF)
≤ 0	< 4.5	Uncertainty
> 0	≥ 4.5	
≤ 0	≥ 4.4	Non Acid Forming (NAF)

2.6 เทคนิคการป้องกันและกำจัดน้ำเหมืองเป็นกรด (Treatment Programs)

นุชนาท นาคำ (2550) กล่าวถึงวิธีการในการบำบัดน้ำเหมืองมีฤทธิ์เป็นกรดมีหลักการคือการเติมวัสดุเพื่อช่วยเพิ่มค่าความเป็นกรด่างให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม และลดความสามารถในการละลายของโลหะที่ทำให้เกิดการตกตะกอน ซึ่งวิธีหลักในการบำบัดมีด้วยกัน 2 ด้านคือการบำบัดทางเคมี (Active Treatment) และการบำบัดด้วยกระบวนการทางธรรมชาติ (Passive Treatment)

การบำบัดทางเคมี (Active Treatment) เป็นการใส่สารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นด่างเติมลงไปให้น้ำเพื่อทำให้น้ำที่เป็นกรดมีความเป็นกลาง ซึ่งสารเคมีที่นิยมใช้ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) และแอมโมเนีย (NH_3) เป็นต้น โดยมีวิธีการดังแสดงในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 รายละเอียดการใส่สารเคมีในการบำบัดน้ำเหมืองเป็นกรด (นุชนาท นาคำ, 2550)

วัสดุ/วิธีการ	รายละเอียด
หินปูน (Limestone หรือ calcium carbonate; CaCO_3)	เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมวิธีหนึ่ง เนื่องจากหินปูนมีราคาถูก การใช้งานไม่ยุ่งยาก และตะกอนที่ได้จับตัวเป็นก้อนทำให้ง่ายในการกำจัด แต่มีข้อเสียคือ ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานานและระบบการกำจัดมีประสิทธิภาพต่ำ เนื่องจากโมเลกุลของหินปูนอาจถูกเคลือบด้วยเหล็กที่เกิดจากการตกตะกอน ทำให้การบำบัดน้ำเหมืองเป็นกรดที่มีปริมาณเหล็กสูงไม่สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงไม่สามารถกำจัดแมงกานีสได้
ปูนขาว (Hydrated lime หรือ calcium hydroxide; Ca(OH)_2)	เป็นสารเคมีที่นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเหมืองเป็นกรด โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมเหมืองแร่ถ่านหิน เพราะมีราคาถูก การใช้งานง่าย ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ แต่หลังการบำบัดอาจทำให้เกิดตะกอนปริมาณสูงมาก (เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้หินปูน) และต้องใช้งบลงทุนเริ่มต้นที่สูงเนื่องจากโรงบำบัดมีขนาดใหญ่
โซดาแอส (Soda ash หรือ sodium carbonate; Na_2CO_3)	นิยมใช้บำบัดน้ำเหมืองเป็นกรดที่เป็นลำนํ้าสายเล็กๆ ซึ่งอยู่ในพื้นที่ห่างไกล ข้อเสียคือ สารเคมีที่ใช้มีราคาแพง (เมื่อเทียบกับหินปูน) และตะกอนไม่ค่อยตกตะกอน
โซดาไฟ (Caustic soda หรือ sodium hydroxide; NaOH)	เป็นสารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเหมืองเป็นกรดที่มีปริมาณแมงกานีสสูง และกระแสนํ้าไหลอย่างช้าๆ แต่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงและมีอันตรายในการจัดการสารเคมี

วัสดุ/วิธีการ	รายละเอียด
แอมโมเนีย (Ammonia; NH_3)	เป็นสารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเหมืองเป็นกรดที่มีปริมาณเหล็กและแมงกานีสสูง รวมถึงมีราคาถูกกว่าโซดาไฟ และทำได้ยากและมีอันตราย ดังนั้นการใช้แอมโมเนียจึงไม่เป็นที่นิยม และถ้ามีการนำไปใช้จะต้องมีมาตรการเฝ้าระวังที่เหมาะสม

การบำบัดด้วยกระบวนการทางธรรมชาติ (Passive Treatment) คือการใช้สารเคมีและปฏิกิริยาทางชีวภาพที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติมาช่วยในการบำบัด ซึ่งมีเทคนิคดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 รายละเอียดการใช้กระบวนการทางธรรมชาติในการบำบัดน้ำเหมืองเป็นกรด (นุชนาท นาคำ, 2550)

วัสดุ/วิธีการ	รายละเอียด
Constructed Wetland	เป็นการใช้จุลชีพที่อาศัยในดินและน้ำรวมทั้งการใช้พืชที่ขึ้นในบริเวณพื้นที่เปียก (Wetland) ในการกำจัดโลหะที่ละลายในน้ำ โดยวิธีนี้สามารถกำจัดเหล็กได้ดีกว่าแมงกานีส และจะให้ประสิทธิภาพสูงเมื่อใช้บำบัดกระแสน้ำที่ไหลช้า (ประมาณ 1-2 แกลลอนต่อนาที) แต่จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดโลหะขึ้นอยู่กับฤดูกาล เช่น ประสิทธิภาพการกำจัดจะลดลงในฤดูหนาว
Open Limestone channel/Anoxic Limestone Drain	เป็นเทคนิคที่ไม่ยุ่งยาก ก่อสร้างโดยการขุดคูแล้วเติมหินปูน การละลายของหินปูนจะช่วยเพิ่มความเป็นด่างและทำให้มีค่าความเป็นกรดสูงขึ้น แต่การตกตะกอนของเหล็กและอะลูมิเนียมที่เกิดขึ้นอาจเคลือบปูนไว้ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดลง

วัสดุ/วิธีการ	รายละเอียด
<i>Diversion Well</i>	เป็นการนำน้ำที่เป็นกรดไปใส่ในบ่อที่บรรจุด้วยหินปูนบดหยาบ ซึ่งการเคลือบของเหล็กที่ตกตะกอนจะไม่เกิดขึ้นเนื่องจากการจัดให้มีกระแสที่เชี่ยวไหลผ่านบ่อตลอดเวลา ทำให้ระบบการบำบัดมีประสิทธิภาพสูง แต่ต้องมีการเติมหินปูนแทนที่อย่างสม่ำเสมอ

โดยวิธีการบำบัดด้วยกระบวนการธรรมชาติ มีข้อดีกว่าระบบบำบัดทั่วไป (Conventional Active Treatment) เนื่องจากไม่ต้องมีการเติมสารเคมี และเป็นกระบวนการที่ไม่สิ้นเปลืองตลอดจนมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและการบำรุงรักษาระบบน้อยกว่า การบำบัดทางเคมี แต่มีข้อเสียคือต้องใช้ระยะเวลาในการบำบัด และทราบพื้นที่ขอบเขตรวมถึงปริมาณกรดที่เกิดขึ้นชัดเจน หากพื้นที่มีปัญหาเป็นกรดมากและขยายบริเวณกว้างแล้วควรเลือกใช้วิธีการบำบัดทางเคมีจะดีกว่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาในที่นี่ประกอบด้วย 2 หัวข้อหลักคือ 1) การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางด้านธรณีแอ่งถ่านหิน และเหมืองถ่านหินในพื้นที่จังหวัดลำปาง และจังหวัดลำพูน 2) การศึกษาศักยภาพการเกิดกรดของเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอแลเคลย์ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง

3.1 ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางด้านธรณีวิทยา

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการเปรียบเทียบลักษณะทางด้านธรณีวิทยาแอ่งถ่านหิน และเหมืองถ่านหินในเขตพื้นที่จังหวัดลำปาง และจังหวัดลำพูน เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของลักษณะทางธรณีวิทยาที่มีต่อศักยภาพการเกิดกรด

3.1.1 ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยาของแอ่งถ่านหิน

ทำการศึกษาถึงลักษณะทางธรณีวิทยา การเกิดสะสมตัวของถ่านหินแหล่งต่างๆ ในประเทศไทย และทำการศึกษาเปรียบเทียบแหล่งถ่านหินที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษา คือ แหล่งถ่านหินในแอ่งลำปาง ซึ่งอยู่ในชุดหินแม่เมาะ อันได้แก่แหล่งถ่านหินบ้านไธสง อ. ลี้ จ. ลำพูน และแหล่งถ่านหินแม่เมาะ อ. แม่เมาะ จ. ลำปาง เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพโดยรวมของการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดของแอ่งโดยการเปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษากับพื้นที่ใกล้เคียง จากนั้นจึงนำลักษณะทางธรณีวิทยาดังกล่าวมาหาความสัมพันธ์ถึงโอกาสการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดของแหล่งถ่านหินในเขตภาคเหนือของประเทศต่อไป

3.1.2 การวิเคราะห์ลักษณะทางธรณีวิทยา

ถ่านหินมีองค์ประกอบหลักคือ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ไนโตรเจน (N) ออกซิเจน (O) และกำมะถัน (S) และจากองค์ประกอบเหล่านี้ กำมะถันเป็นสาเหตุหลักของการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นในการศึกษาถึงลักษณะทางธรณีวิทยาจึงต้องดูองค์ประกอบของถ่านหินที่เป็นกำมะถันหรือซัลเฟอร์เป็นหลัก ซึ่งกำมะถันในถ่านหินพบได้ทั้งในรูปกำมะถันอินทรีย์ (Organic Sulfur) และกำมะถันอนินทรีย์ (Inorganic Sulfur) โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ได้แก่

1. **กำมะถันอินทรีย์ (Organic Sulfur)** เป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างพันธะทางเคมีระหว่างกำมะถัน (Sulfur) กับสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) โดยทั่วไปถ่านหินจะมีกำมะถันอินทรีย์ในปริมาณที่น้อยกว่ากำมะถันอนินทรีย์ กล่าวคือมีสารประกอบซัลไฟด์ (Sulfide compound) มาก
2. **กำมะถันอนินทรีย์ (Inorganic Sulfur)** คือสารประกอบซัลไฟด์ (Sulfide) ที่พบมากในถ่านหิน ได้แก่ กาลีนา (Galena, PbS) ซาโคไพไรต์ (Chalcopyrite, CuFeS₂) อาซิโนไพไรต์ (Arsenopyrite, FeAsS) แต่ที่พบมากคือสารประกอบเหล็กซัลไฟด์ (FeS₂) ซึ่งจัดเป็นกำมะถันที่พบส่วนใหญ่ในถ่านหิน
3. **สารประกอบซัลเฟต (Sulphate Compound)** ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการเกิดออกซิเดชันของกำมะถันอินทรีย์และสารประกอบซัลไฟด์ในถ่านหินนั้นๆ โดยสารประกอบซัลเฟตที่มักพบในถ่านหิน ได้แก่ แร่แบไรต์ (Barite, BaSO₄) แคลเซียมซัลเฟต (Gypsum, CaSO₄·2H₂O ; Anhydrite, CaSO₄) และเฟอร์รัสซัลเฟต (FeSO₄) ดังนั้นถ่านหินมีปริมาณสารประกอบซัลเฟตมากกว่าปกติแสดงว่าถ่านหินนั้นถูกออกซิไดซ์ (Oxidize) จึงมีโอกาสในการเกิดกรดมาก

ดังนั้น หลักเกณฑ์การศึกษาค่าคุณภาพการเกิดกรดจากลักษณะทางธรณีวิทยาจึงพิจารณาจากธาตุองค์ประกอบที่เกิดในพื้นที่ร่วมกับความหนาของชั้นถ่านหิน จำนวนชั้นถ่านหิน ตลอดจนชั้นหินบริเวณรอบพื้นที่ เป็นตัวชี้วัดค่าคุณภาพเบื้องต้นของการเกิดกรดของแต่ละแหล่งถ่านหิน

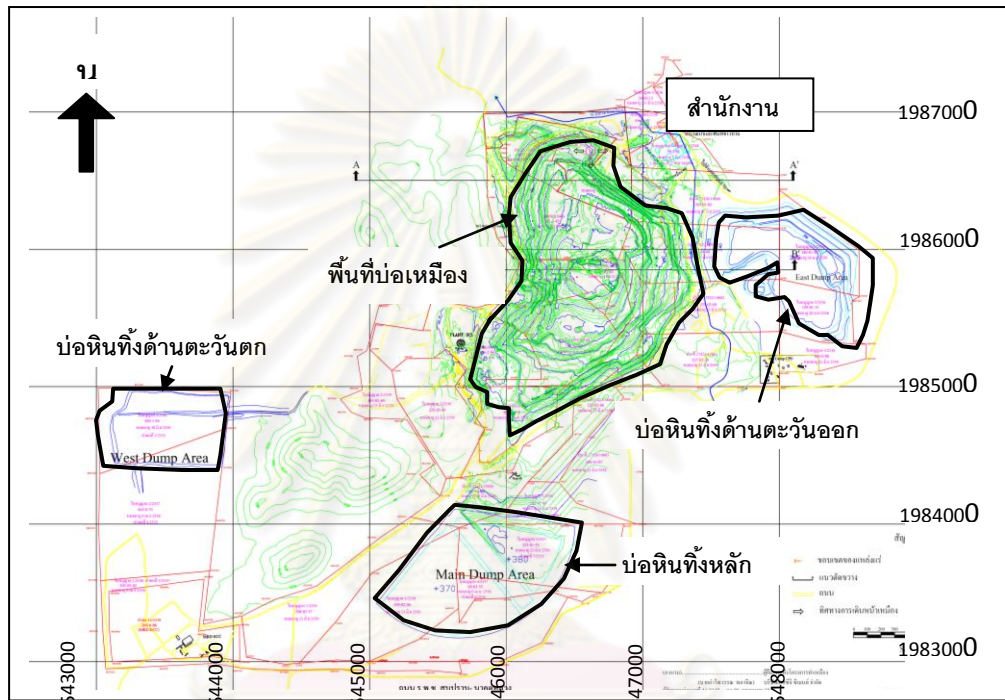
3.2 การวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการเกิดกรดของเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอลลเคลย์ อ.แม่ทะ จ.ลำปาง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการเกิดกรดของเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอลลเคลย์ อ.แม่ทะ จ.ลำปาง จากการวิเคราะห์ทางธรณีเคมีด้วยวิธีสแตติก (Static Test) สองวิธีคือ Acid Base Accounting (ABA Test) และ Net Acid Generation (NAG Test)

3.2.1 การเก็บตัวอย่าง

พื้นที่ดำเนินการศึกษารวบรวมตัวอย่างเป็นพื้นที่เหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอลลเคลย์ ของบริษัท เอสซีจี ซิเมนต์ จำกัด (รูปที่ 3.1) โดยบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างแบ่งเป็น 2 พื้นที่ ได้แก่ ชั้นหินบริเวณพื้นที่บ่อเหมือง (Pit Mine) และพื้นที่กองหินทิ้ง (Waste dump) (รูปที่ 3.2) ซึ่งได้เก็บ

ตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 202 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างหินในพื้นที่บ่อเหมืองจำนวน 142 ตัวอย่าง และ ตัวอย่างหินบริเวณกองหินทิ้งจำนวน 60 ตัวอย่าง ตามชนิดหินและความหนาของชั้นหิน ดังสรุปใน ตารางที่ 3.1 – 3.2



รูปที่ 3.1 แสดงบริเวณพื้นที่การเก็บตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 ภาพแสดงพื้นที่บ่อเหมืองและกองหินทิ้งบริเวณเหมือง

ตารางที่ 3.1 แสดงชนิด และจำนวนตัวอย่างหินจากพื้นที่บ่อเหมือง

ชื่อชั้นหิน	ชนิดหิน	จำนวน
เปลือกดินชั้นบน (Top Overburden; TOB)	ตะกอนหน้าดิน (Unconsolidated Sediment, US)	7
	หินเถ้าภูเขาไฟไรโอไลต์ (Rhyolitic Tuff, Tuff)	4
	หินควอร์ต (Quartzite, Qtz)	4
	หินโคลน (Mudstone, MS)	1
	ไม่สามารถระบุได้ (Unknown)	1

ชื่อชั้นหิน	ชนิดหิน	จำนวน
เปลือกดินชั้นล่าง (Overburden; OB)	หินทราย (Sandstone, SS)	11
	แคลกรีต (Calcrete, Cal)	6
	หินกรวดมน (Conglomerate)	10
	หินโคลน (Mudstone, MS)	9
ชั้นแรบอลเคลย์ (Ball Clay; BC)	ดินอุตสาหกรรม (Ball Clay, BC)	5
	หินโคลน (Mudstone, MS)	5
	หินทราย (Sandstone, SS)	6
	ดินเหนียวคาร์บอนเนต (Carbonaceous Claystone, CC)	5
ถ่านหินชั้นที่ 1 (Coal 1; CI)	ถ่านหิน (Coal, C)	7
	ถ่านหินที่มีไพไรต์แทรกสลับ (Coal/Pyrite, Py)	5
	หินเคลย์ที่มีคาร์บอนสูง (Carbonaceous Claystone, CC)	4
ชั้นหินระหว่างชั้นถ่าน หิน (Interburden; IB)	หินทราย (Sandstone, SS)	5
	หินดินเหนียว (Claystone, CS)	5
	หินโคลน (Mudstone, MS)	5
	ไม่สามารถระบุได้ (Unknown)	1
ถ่านหินชั้นที่ 2 (Coal 2; CII)	ถ่านหิน (Coal, C)	6
	ถ่านหินที่มีไพไรต์แทรกสลับ (Coal/Pyrite, Py)	8
ชั้นหินใต้ชั้นถ่านหิน (Underburden; UB)	หินดินเหนียว (Claystone, CS)	5
	หินทราย (Sandstone; SS)	7
	หินทรายแป้ง (Siltstone, Silt)	5
	หินเถ้าภูเขาไฟไรโอไลต์ (Rhyolitic Tuff, Tuff)	3
	ไม่สามารถระบุได้ (Unknown)	2

ตารางที่ 3.2 จำนวนตัวอย่างหินจากบริเวณกองหินทิ้ง

ชื่อพื้นที่เก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง
กองหินทิ้งฝั่งตะวันตก (West dump, WD)	10
กองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านใต้ (Inside pit south dump, InS)	10
กองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านตะวันตก (Inside pit west dump, InW)	10
กองหินทิ้งด้านตะวันออก (East dump, ED)	10
กองหินทิ้งหลัก (Main dump, MD)	10
กองหินทิ้งในบ่อเหมือง (Inside pit dump, ID)	10

โดยมีรายละเอียดวิธีการเก็บตัวอย่าง ดังนี้

1. กำหนดขอบเขตและวางแผนการเก็บตัวอย่าง
2. เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง ได้แก่ ค้อนธรณี เสียมหรือช้อนตักดิน เครื่องวัดพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Global Positioning System, GPS) ถุงเก็บตัวอย่าง ปากกาเคมี กล้องถ่ายภาพ และสมุดบันทึก เป็นต้น
3. เก็บตัวอย่างโดยใช้ค้อนธรณีกะเทาะเอาดินผิวหน้าออกประมาณ 5 เซนติเมตร
4. ชูดินที่อยู่ด้านในออกมาประมาณ 1 กก. ใส่ถุงเก็บตัวอย่าง ขนาด 10 x 15 นิ้ว (รูปที่ 3.3)
5. เขียนชื่อตัวอย่าง ชั้นหิน ชนิดหิน และพิกัดจุดเก็บตัวอย่างที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง GPS พร้อมทั้งเขียนชื่อชั้นหินและชนิดหินกำกับไว้ที่ข้างถุงตัวอย่างด้วย เพื่อความสะดวกในการนำตัวอย่างกลับไปทดสอบ (รูปที่ 3.3 และ 3.4)



รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะการเก็บตัวอย่าง



รูปที่ 3.4 แสดงการเก็บรักษาตัวอย่างหลังจากเก็บมาจากภาคสนาม

3.2.2 การเตรียมตัวอย่างก่อนทำการทดลอง

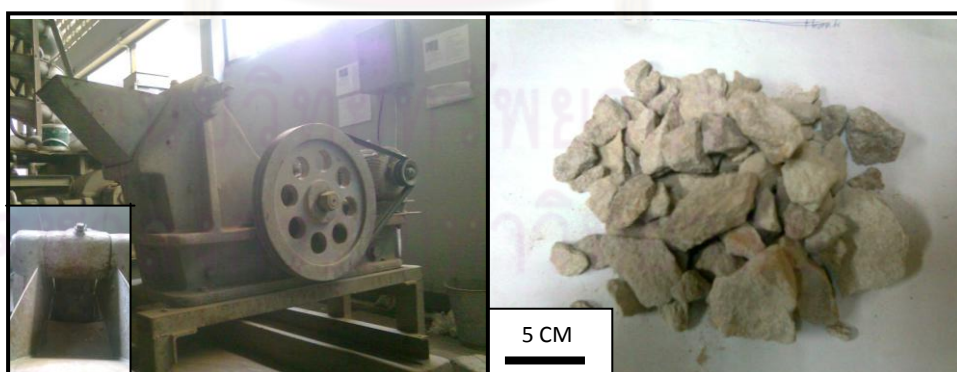
ก่อนจะนำตัวอย่างที่เก็บจากภาคสนามมาทำการทดสอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการนั้น จำเป็นต้องทำให้ทุกตัวอย่างอยู่ในสถานะที่เหมือนกันเพื่อควบคุมปัจจัย อันจะมีผลต่อการทำปฏิกิริยาทางเคมี เช่น เรื่องของขนาด ความชื้น และปริมาณ เป็นต้น โดยรายละเอียดวิธีการเตรียมตัวอย่างมีดังนี้

1. นำตัวอย่างมาอบ (รูปที่ 3.5) ที่ อุณหภูมิประมาณ 50° จนกว่าตัวอย่างจะแห้ง (ประมาณ 24 ชั่วโมง)



รูปที่ 3.5 ตู้อบที่ใช้ในการอบตัวอย่างให้แห้ง

2. นำตัวอย่างที่แห้งแล้วมาย่อยด้วยเครื่องย่อยแบบกระแทก (Jaw Crusher) (รูปที่ 3.6)



รูปที่ 3.6 ภาพเครื่องย่อยแบบกระแทก (Jaw Crusher) และขนาดตัวอย่างหลังจากผ่านเครื่องย่อย

3. นำตัวอย่างที่ย่อยแล้วมาบดจนมีขนาด 60 เมช (mesh) ด้วยเครื่องบดแบบถ้วย (Vibrating cup mill) ดังรูปที่ 3.7 แล้วจึงนำตัวอย่างมาทำการทดสอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการตามขั้นตอนที่จะกล่าวต่อไป



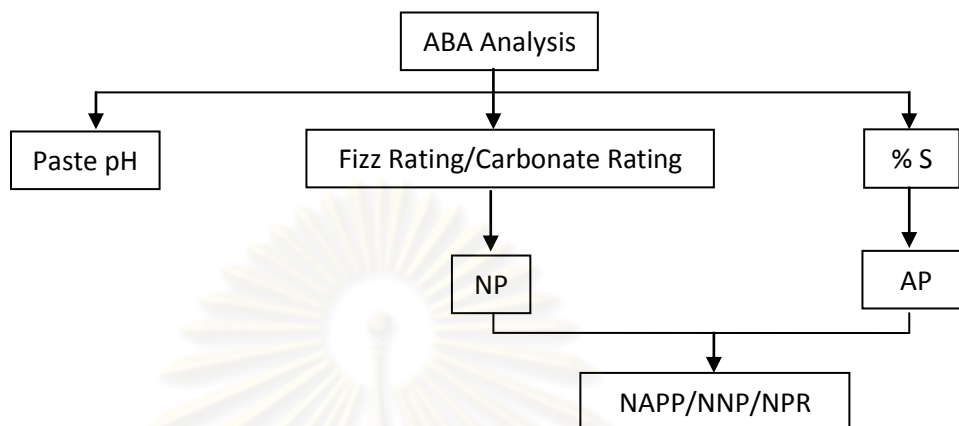
รูปที่ 3.7 ภาพแสดงเครื่องบดแบบถ้วย (Vibrating cup mill) และขนาดตัวอย่างหลังบด

3.2.3 การทดสอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบด้วยวิธี Acid Base Accounting (ABA Test)

วิธี Acid Base Accounting (ABA Test) เป็นวิธีการทดสอบเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการเกิดน้ำเหม็นเป็นกรดซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ค่าความเป็นกรดต่าง (Paste pH) ซึ่งวัดโดยเครื่องวัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH meter) ค่าศักยภาพความเป็นกรดของเปลือกดินชั้นหิน (Acid Potential, AP) ซึ่งได้จากการนำค่าร้อยละของซัลเฟอร์คูณด้วย 31.25 (ร้อยละ 1 ของซัลเฟอร์ในดินต้องใช้คาร์บอนเนต 3.125 กรัม ในการทำให้เป็นกลาง) และค่าศักยภาพความเป็นกลางของเปลือกดินชั้นหิน (Neutralization Potential, NP) ได้จากการหาอัตราการทำปฏิกิริยาของคาร์บอนเนตกับกรด (Carbonate Rating) โดยการทำให้ปฏิกิริยาระหว่างตัวอย่างกับกรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric, HCl) และการไทเทรตเพื่อหาค่าคาร์บอนเนตที่เหลืออยู่ แล้วจึงนำมาหาค่า AP และ NP เพื่อนำไปคำนวณศักยภาพความเป็นกลางสุทธิ (Net Neutralization Potential, NNP) และค่าศักยภาพความเป็นกรดสุทธิ (Net Acid Production Potential, NAPP) จากผลต่างของ NP กับ AP ($NNP = NP - AP$, $NAPP = AP - NP$) (Lottermoser, 2003) และอัตราส่วนศักยภาพความเป็นกลาง (Neutralization Potential Ratio, NPR) จากผลหารของ NP กับ AP ($NPR = NP/AP$) (Skousen et al, 2002 ; นุชนาท นาคำ, 2550.) โดยมีขั้นตอนดังแสดงใน

รูปที่ 3.8 ซึ่งการพิจารณาเป็นไปตามเกณฑ์ศักยภาพการเกิดน้ำเหม็นองเป็นกรดดังที่จะกล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 3.2.4

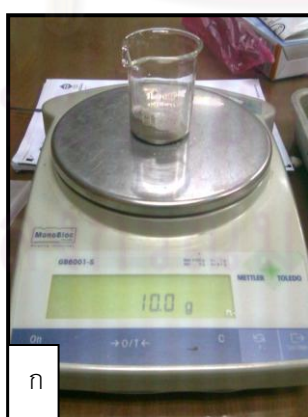


รูปที่ 3.8 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทดสอบแบบ ABA Test (นุชนาท นาคำ, 2550)

ขั้นตอนการทดลองด้วยวิธี Acid Base Accounting (ABA Test)

ขั้นตอนที่ 1: ค่าความเป็นกรดต่าง (Paste pH)

- ชั่งตัวอย่างที่บดแล้ว 10 กรัม ในบีกเกอร์ (beaker) ขนาด 50 มิลลิลิตร (รูปที่ 3.9 ก.)
- เติมน้ำกลั่นลงในบีกเกอร์ 10 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันกับตัวอย่าง ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
- วัดค่าความเป็นกรดของสารละลาย วัดค่าความเป็นกรดต่างด้วยเครื่อง pH meter (รูปที่ 3.9 ข.)



ก



ข

รูปที่ 3.9 แสดงการทดสอบการวัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH)

ขั้นตอนที่ 2: ศักยภาพความเป็นกลางของเปลือกดินชั้นหิน (Neutralization Potential, NP)

- หาอัตราการทำปฏิกิริยาของคาร์บอนเนตกับกรด (Carbonate rating) ด้วยการหยด

- กรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 1 ส่วนในน้ำกลั่น 3 ส่วน ลงในตัวอย่าง (รูปที่ 3.10 ก)
- สังเกตอัตราการทำปฏิกิริยาของคาร์บอนเนตกับกรด (Carbonate rating) ของแต่ละตัวอย่าง เพื่อเลือกปริมาณและความเข้มข้นของกรดที่เหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยาตามตารางที่ 3.3
 - เตรียมสารละลายมาตรฐาน (Blank) โดยการนำกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH) ตามความเข้มข้นและปริมาณในตารางที่ 3.3
 - เตรียมตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ปริมาณและความเข้มข้นตามอัตราการทำปฏิกิริยาของแต่ละตัวอย่าง (ตารางที่ 3.3)
 - นำสารละลายที่ได้ไปต้ม 2 ชั่วโมง โดยกวนสารทุกๆ 5 นาที
 - ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร แล้วต้มต่อ 1 นาที ก่อนทิ้งไว้ให้เย็น
 - นำสารละลายที่เย็นแล้วมาไทเทรตกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จนค่าความเป็นกรดต่างมีค่าเท่ากับ 7 (pH = 7) ดังรูปที่ 3.10 ข
 - บันทึกค่าโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ แล้วจึงนำไปคำนวณหาค่า NP ตามสูตรที่จะกล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 3.2.4

ตารางที่ 3.3 แสดงปริมาณและความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่ใช้ในการทดลอง (Mills et al., online)

อัตราการฟู	HCl (ml)	HCl (N)
ไม่ทำปฏิกิริยา	20	0.1
ทำปฏิกิริยาเล็กน้อย	40	
ทำปฏิกิริยาปานกลาง	40	0.5
ทำปฏิกิริยาอย่างมาก	80	



รูปที่ 3.10 แสดงการทดสอบศักยภาพความเป็นกลางของเปลือกดินและขี้เถ้า

ขั้นตอนที่ 3 : ศักยภาพความเป็นกรดสูงสุดของเปลือกดินขี้เถ้า (Acid Potential, AP)

- วิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์รวม ด้วยเครื่องวิเคราะห์ซัลเฟอร์ (Elemental Analyser, LECO CHNS-932) (รูปที่ 3.11)
- นำค่าเปอร์เซ็นต์ซัลเฟอร์ (%S) ที่ได้มาคำนวณหาค่าความเป็นกรดตามสูตรที่กล่าวในหัวข้อ 3.2.4



รูปที่ 3.11 แสดงเครื่องวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์

(<http://www.biorefinery.uga.edu/facilities%20I.html>)

การทดสอบด้วยวิธี Net Acid Generation (NAG Test)

วิธี NAG Test เป็นการวัดค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) และค่าศักย์ภาพการเกิดกรดซัลฟิวริก (Sulfuric Acid, H_2SO_4) ของซัลไฟต์ในตัวอย่าง (รูปที่ 3.12) โดยการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide, H_2O_2) ลงในตัวอย่างและต้มเพื่อเร่งปฏิกิริยาจนปฏิกิริยาเสร็จสมบูรณ์ (หมดฟอง) ทิ้งไว้ให้เย็นแล้ววัดค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) ด้วยเครื่อง pH meter และวัดค่ากรดซัลฟิวริกด้วยการนำสารละลายไปไทเทรตกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า NAG (Mills et al., online) และพิจารณาแยกศักย์ภาพตามเกณฑ์ที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.2.4



รูปที่ 3.12 แผนภาพแสดงขั้นตอนการทดสอบโดยวิธี Net Acid Generation (NAG Test)

ขั้นตอนการทดลองด้วยวิธี NAG Test

ขั้นตอนที่ 1: ค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH)

- ชั่งตัวอย่าง 2.5 กรัม ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร
- เติมไฮโดรเจนไดเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ ลงในตัวอย่าง ปิดด้วยกระดาษฟีกา ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง (รูปที่ 3.13 ก)
- นำสารละลายไปต้มจนปฏิกิริยาเสร็จสมบูรณ์ (ประมาณ 2 ชั่วโมง) ดังรูปที่ 3.13 ข ทิ้งไว้ให้เย็นแล้ววัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH) เรียกค่าความเป็นกรดต่างนี้ว่า “ค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย” (NAG pH)



รูปที่ 3.13 แสดงการทดสอบหาค่ากรดต่างสุดท้าย (NAG pH)

ขั้นตอนที่ 2: ปริมาณกรดซัลฟิวริก (NAG)

- นำสารละลายที่วัดค่าความเป็นกรดต่างสุดท้ายแล้วในขั้นตอนที่ 1 มาไทเทรตกับ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ตามค่าความเป็นกรดต่างสุดท้ายและความเข้มข้นดัง ตารางที่ 3.4 จนค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 4.5 หรือ 7 (pH = 4.5, 7) (รูปที่ 3.14)
- คำนวณหาค่าปริมาณกรดซัลฟิวริก (NAG) ตามสูตรที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.2.4

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไทเทรต (Mills et al., online)

NAG pH	pH	NaOH CONCENTRATION
2 < pH < 4.5	4.5	0.10 N
2 < pH > 4.5	7	
pH < 2	4.5	0.50 N



รูปที่ 3.14 แสดงการทดสอบหาปริมาณกรดซัลฟิวริก

3.2.4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการ

การทดสอบด้วยวิธี ABA Test

ศักยภาพความเป็นกลางของเปลือกดินชั้นหิน (Neutralization Potential, NP)

คำนวณได้จากสูตร
$$NP = [A - (B \times C/D)] \times 25 \times N \quad (1)$$

- เมื่อ
- NP = ปริมาณคาร์บอเนต (กิโลกรัมของแคลเซียมคาร์บอเนตต่อตันของหิน, Kg CaCO₃/t)
 - A = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่ใช้ (มล.)
 - B = ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ใช้ไทเทรต (มล.)
 - C = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่เติมในสารละลายมาตรฐาน (มล.)

D = ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ใช้ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน (มล.)

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ที่ใช้ (Normality, N)

ศักยภาพความเป็นกรดสูงสุดของเปลือกดินชั้นหิน (Acid Potential, AP)

คำนวณได้จากสูตร $AP = 31.25 \times (\% S)$ (2)

เมื่อ AP = ปริมาณกรด (กิโลกรัมของแคลเซียมคาร์บอเนตต่อตันของหิน, Kg CaCO₃/t)

% S = ค่าร้อยละของซัลเฟอร์จากเครื่องวัดปริมาณซัลเฟอร์แต่ละตัวอย่างที่ทดสอบ

31.25 = ค่าคงที่ของกรดที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับคาร์บอเนต

ศักยภาพความเป็นกลางสุทธิ (Net Neutralization Potential, NNP) ศักยภาพความเป็นกรดสุทธิ (Net Acid Production Potential, NAPP) และอัตราส่วนศักยภาพความเป็นกลางสุทธิ (Neutralization Potential Ratio, NPR)

ค่าศักยภาพความเป็นกลางสุทธิ (NNP) และค่าศักยภาพความเป็นกรดสุทธิ (NAPP) ได้จากผลต่างระหว่างค่าศักยภาพความเป็นกลางของเปลือกดิน (NP) กับค่าศักยภาพความเป็นกรดสูงสุดของเปลือกดิน (AP) โดยมีหลักการคือหากค่าความเป็นกลางของเปลือกดินน้อยกว่าค่าความเป็นกรดสูงสุดของเปลือกดิน ($NP < AP$) จะได้ว่าค่า NNP ติดลบ (-) ในขณะที่ค่า NAPP เป็นบวก (+) แสดงว่าเปลือกดินชั้นหินนั้นมีศักยภาพในการเกิดกรด แต่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับผลต่างของค่าความเป็นกลางกับค่าความเป็นกรดของเปลือกดินนั้นๆ

ค่าอัตราส่วนศักยภาพความเป็นกลางสุทธิ (NPR) จะได้จากอัตราส่วนระหว่างค่าศักยภาพความเป็นกลางของเปลือกดิน (NP) กับค่าศักยภาพความเป็นกรดสูงสุดของเปลือกดิน (AP) โดยมีหลักการคือหากค่าความเป็นกลางน้อยกว่าค่าความเป็นกรด (ผลหารน้อยกว่า 1) แสดงว่าเปลือกดินชั้นหินนั้นมีศักยภาพในการเกิดกรด แต่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสัดส่วนที่เกิดขึ้น หากมีค่าน้อยแสดงว่ามีค่าความเป็นกรดมากซึ่งเกณฑ์การพิจารณาค่าความเป็นกรดของเปลือกดินจากค่าทั้งสองที่กล่าวมานั้นแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงเกณฑ์การพิจารณาศักยภาพความเป็นกรดจากการทดสอบด้วยวิธี ABA Test (Skousen et al., 2002)

ABA parameter	Calculated value	Predicted quality
NNP	< 0	Net acid
(NP – AP)	>12	Net alkaline
NPR	< 1	Net acid
(NP/AP)	>2	Net alkaline

การทดสอบด้วยวิธี NAG Test

การทดสอบด้วยวิธี NAG Test นั้นจะพิจารณาจากค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) ควบคู่กับค่าปริมาณกรดซัลฟิวริก (NAG) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$\text{NAG} = 49 \times V \times M/W \quad (3)$$

เมื่อ

- NAG = ศักยภาพการเกิดกรด (กิโลกรัมของกรดซัลฟิวริกต่อตันของหิน, kg H₂SO₄/t)
- V = ปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ใช้ไทเทรต (มล.)
- M = โมลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (โมล/ลิตร)
- W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาศักยภาพในการเกิดกรดจากทั้งสองค่าที่แสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 แสดงเกณฑ์การพิจารณาศักยภาพความเป็นกรดจากการทดสอบด้วยวิธี NAG Test (Laio et al., 2007)

NAG pH	Calculated NAG	Predicted quality
≥ 5	0 – 2	ไม่มีศักยภาพเป็นกรด
2.5 < NAG pH < 5	2 – 50	ศักยภาพเป็นกรดปานกลาง
≤ 2.5	>50	ศักยภาพเป็นกรด

การเปรียบเทียบการทดสอบด้วยวิธี ABA Test กับวิธี NAG Test

เมื่อได้ค่าศักยภาพความเป็นกรดจากทั้ง 2 วิธีการทดสอบแล้ว สามารถนำค่าทั้งสองที่ได้มาทำการเปรียบเทียบเพื่อความถูกต้องแม่นยำ โดยการนำค่าศักยภาพการเกิดกรดสุทธิ (Net Acid Production Potentials, NAPP) ที่ได้จากการนำต่างระหว่างศักยภาพความเป็นกรดสูงสุด (AP) และความเป็นกลางของเปลือกดิน (NP) ($NAPP = AP - NP$) จากการทดสอบด้วยวิธี ABA Test มาทำการเปรียบเทียบกับค่าความเป็นกรดต่ำสุดท้าย (NAG pH) จากการทดสอบด้วยวิธี NAG Test โดยมีเกณฑ์การพิจารณาดังแสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 แสดงเกณฑ์การพิจารณาศักยภาพความเป็นกรดจากการเปรียบเทียบผลของ ABA Test และ NAG Test (Stewart et al., 2006)

NAPP (AP – NP)	NAG pH	Predicted Quality
> 0	< 4.4	Potential Acid Forming (PAF)
≤ 0	< 4.5	Uncertainty
> 0	≥ 4.5	
≤ 0	≥ 4.4	Non Acid Forming (NAF)

จากเกณฑ์ดังกล่าวจะพบว่าผลของตัวอย่างที่ได้จะแบ่งเป็น 3 ประเภทคือ ไม่มีศักยภาพในการเกิดกรด (Non Acid Forming, NAF) มีศักยภาพในการเกิดกรด (Potential Acid Forming, PAF) และไม่สามารถระบุได้ชัดเจน (Uncertainty)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นผลการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางด้านธรณีวิทยาแอ่งถ่านหิน และเหมืองถ่านหินในเขตพื้นที่จังหวัดลำปาง และจังหวัดลำพูน ส่วนที่สองคือผลการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการเกิดกรดของเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอลลเคลย์อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง

4.1 ผลการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยา

จากข้อมูลของกรมทรัพยากรธรณี (2550) แอ่งถ่านหินในประเทศไทยสามารถจำแนกตามอายุทางธรณีวิทยาได้เป็น 2 ช่วงอายุ คือแอ่งถ่านหินที่เกิดในยุคเทอร์เชียรี (Tertiary Period) และแอ่งถ่านหินที่เกิดในยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous Peiod) โดยส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 99 จัดเป็นแอ่งถ่านหินในยุคเทอร์เชียรี

แอ่งถ่านหินยุคคาร์บอนิเฟอรัส

เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศเพื่อนบ้านหรือทั่วโลกพบว่าแอ่งถ่านหินในประเทศไทยนี้เกิดในช่วงยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนปลาย (Upper Carboniferous) ซึ่งเทียบได้กับหน่วยหินวังสะพุง และหน่วยหินห้วยส้ม จัดอยู่ในชั้น Coal Measure ซึ่งชั้นถ่านหินนี้จะแทรกสลับอยู่ในหินดินดาน (Shale) หินทราย (Sandstone) และหินกรวดมน (Conglomerate) และมีการสะสมตัวในสภาวะแวดล้อมแบบที่ราบดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำตอนล่าง (Lower delta plain) พบซากดึกดำบรรพ์ชนิด brachiopod, gastropod และ crinoids stems เป็นต้น ส่วนแอ่งถ่านหินที่ผลิตถ่านหินในยุคนี้มีอยู่ 2 เหมืองคือ เหมืองนาด้วง จังหวัดเลย และเหมืองนากลาง จังหวัดอุดรธานี

แอ่งถ่านหินยุคเทอร์เชียรี

แอ่งสะสมตะกอนส่วนใหญ่มักมีรูปร่างยาวรีวางตัวในแนวเหนือ – ใต้ และมักมีแนวรอยเลื่อนอยู่ในแนวเหนือ – ใต้หรือใกล้เคียงกำกับอยู่ ส่วนใหญ่เป็นรอยเลื่อนแบบปกติ (normal fault) และมีลักษณะเป็นแอ่ง (basin) แบบกึ่งกราเบน (half – garben basin) มีบางแอ่งที่อาจได้รับอิทธิพลจากแรงเฉือนจากรอยเลื่อนตามแนวระดับ (strike slip fault) ซึ่งเป็นผลให้เกิดแอ่งแบบถูกดึงให้แยก (pull – apart basin) หน่วยหินยุคเทอร์เชียรีแบ่งเป็น 3 หน่วย เรียงลำดับตามอายุแก่ไป

หาอ่อน คือหน่วยหิน A หน่วยหิน B และหน่วยหิน C โดย**หน่วยหิน A** ประกอบด้วย หินกรวดมน หินทราย หินโคลน (Mudstone) สีน้ำตาล สีน้ำตาลแดง บางครั้งสีเขียวเทา มีถ่านหินชั้นบาง (Coal Laminae) แทรกสลับเล็กน้อย **หน่วยหิน B** ส่วนใหญ่ประกอบด้วย หินดินดานชั้นบาง แทรกสลับด้วยหินทราย หินทรายแป้ง (Siltstone) ชั้นไม่หนานัก และมีถ่านหินแทรกสลับ หรือบางพื้นที่มีหินน้ำมัน (oil shale) แทรกสลับ **และหน่วยหิน C** ประกอบด้วย หินทราย หินทรายแป้ง หินกรวดมน หรือหินโคลนชั้นหนา บางชั้นมีถ่านหินชั้นบางแทรกด้วย จากการสำรวจถ่านหินทุกภูมิภาคของประเทศไทยประมาณ 45 พื้นที่ พบแอ่งตะกอนที่มีการสะสมตัวของถ่านหินประมาณ 27 พื้นที่ เป็นแหล่งถ่านหินในภาคเหนือ 21 พื้นที่ และจังหวัดลำปางมีพื้นที่สะสมตัวของแหล่งถ่านหินมากที่สุดถึง 7 พื้นที่ รองลงมาคือบริเวณจังหวัดตาก 5 พื้นที่ และจังหวัดเชียงใหม่ 4 พื้นที่ ดังแสดงในภาคผนวก ก. โดยข้อมูลตะกอนและลำดับชั้นหินที่ตกสะสมภายในพื้นที่แต่ละแอ่งแสดงในตารางที่

4.1



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 แสดงลำดับชั้นหินภายในแอ่งสะสมของแต่ละพื้นที่

แอ่งงาว	แอ่งวังเหนือ	แอ่งแจ้ห่ม	แอ่งเสริมงาม	แอ่งแม่ทะ
<p>ชั้นหินตอนล่าง; หินทราย หินโคลนสีน้ำตาลแดง เกิดจากตะกอนจากแม่น้ำและตะกอนรูปพัด (Fluvial & Fan Deposit)</p> <p>ชั้นหินตอนกลาง; หินโคลน มีหินทรายแทรกสลับ พบชั้นถ่านหินหลายชั้น เกิดจากตะกอนในทะเลสาบและที่ราบลุ่มมีน้ำขัง (Lacustrine & Swamp Deposit)</p> <p>ชั้นหินตอนบน; หินกรวดมน หินทราย และหินโคลน เกิดจากการทับถมของตะกอนแม่น้ำและรูปพัด (Fluvial & Fan Deposit)</p>	<p>ชั้นหินตอนล่าง; หินโคลนแทรกสลับด้วยหินทราย เนื้อดินเหนียว</p> <p>ชั้นหินตอนกลาง; หินทราย มีชั้นถ่านแทรกสลับ ถูกปิดทับด้วยหินโคลนมีเหล็กออกไซด์แทรกสลับ</p> <p>ชั้นหินตอนบน; หินทราย พบชั้นถ่านหินบาง มีชั้นยางไม้อยู่ในชั้นถ่านหิน</p> <p>ปิดทับด้วยหินดินเหนียวเนื้อทรายแป้ง</p>	<p>ชั้นหินตอนล่าง; หินดินดาน หินโคลน ถ่านหิน หินดินดานปนถ่านหิน และหินน้ำมัน</p> <p>ชั้นหินตอนบน; หินกรวดมน หินทราย หินทรายแป้ง หินโคลน</p>	<p>ชั้นหินตอนล่าง; หินดินดาน หินน้ำมัน หินโคลน มีชั้นดินดานปนถ่านหิน ชั้นดินเหนียว และชั้นถ่านหินเกิดแทรกสลับ</p> <p>ชั้นหินตอนบน; หินกรวดมน หินทรายแป้ง หินโคลน หินปูน น้ำจืด และชั้นตะกอนร่วน</p>	<p>ชั้นหินตอนล่าง; ชั้นดินเบา (Diatomite) หินเคลย์เนื้อดินเบา (Diatomaceous claystone)</p> <p>ชั้นหินตอนบน; ตะกอนลานตะพักลำน้ำ (Terrace deposit) และตะกอนลำน้ำพา (Alluvial deposit)</p>

4.1.1 ข้อมูลธรณีวิทยาถ่านหินของแหล่งถ่านหินในจังหวัดลำปาง

แอ่งงาว

แหล่งถ่านหินแอ่งงาวเป็นที่ลุ่มอยู่กลางหุบเขา ในชั้นถ่านหินประกอบด้วยลิกไนต์ ลิกเนียส เคลย์ (Lignite Ligneous Clay) และคาร์บอนีเชียส เคลย์ (Carbonaceous Clay) ชั้นถ่านหินมี 2 ชั้น คือตอนบนมีความหนา 2 – 50 เมตร และชั้นตอนล่างหนาระหว่าง 8 – 18 เมตร อยู่ที่ระดับความลึกแตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์คุณภาพถ่านหินแสดงในตารางที่ 4.2 (วอเตอร์ รัชอร์ช เอ็นจิเนียริง จำกัด, 2540)

ตารางที่ 4.2 คุณภาพถ่านหินแต่ละแหล่งในแอ่งงาว (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551)

รายการ	บ้านแหงเหนือ	บ้านแหงใต้	บ้านป่อเสือ	เจดีย์
ชนิดของถ่านหิน	Lig B – Subb A	Lig B – Subb B	Lignite B	Lig B – Subb B
ค่าความร้อน (Cal/g)	1,041 – 3,896	1,190 – 3,972	1,143 – 1,302	1,041 – 3,972
ปริมาณคาร์บอน (%)	3.12 – 27.40	3.06 – 29.60	5.81 – 6.11	3.06 – 29.60
ปริมาณซัลเฟอร์ (%)	1.83 – 8.85	0.90 – 6.57	1.91 – 4.87	0.90 – 8.85
ปริมาณสารระเหย (%)	12.31 – 39.01	19.33 – 37.07	19.11 – 23.11	12.31 – 39.01
ความชื้น (%)	8.10 – 37.41	9.27 – 29.69	9.00 – 13.06	8.10 – 37.41
เถ้า (%)	14.45 – 66.01	8.90 – 62.77	59.87 – 64.48	8.90 – 66.01
ความถ่วงจำเพาะ	1.2 – 1.9	1.3 – 1.7	1.9 – 2.0	1.2 – 2.0

หมายเหตุ; Lig = Lignite Subb = Sub-bituminous

Lignite A	6,300 – 8,300 บีทียู/ปอนด์	Sub-bituminous A	10,500 – 11,500 บีทียู/ปอนด์
Lignite B	น้อยกว่า 6,300 บีทียู/ปอนด์	Sub-bituminous B	9,500 – 10,500 บีทียู/ปอนด์
		Sub-bituminous C	8,300 – 9,500 บีทียู/ปอนด์

แอ่งวังเหนือ

แหล่งถ่านหินแอ่งวังเหนือสามารถแบ่งเป็นบริเวณที่มีศักยภาพได้ 3 แหล่ง คือ แหล่งบ้านแจ้คอน อยู่ทางตอนใต้ของแอ่ง แหล่งบ้านดอแก้ว อยู่ทางตอนใต้ด้านตะวันออกของแอ่ง และแหล่งบ้านแม่พริก อยู่ทางตะวันตกของแอ่ง พบถ่านหินในระดับตื้น การวางตัวของถ่านหินอยู่ในแนวเหนือ – ใต้ แต่ละแอ่งกว้าง 2 ตารางกิโลเมตร สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพถ่านหินแสดงในตารางที่ 4.3 (ฐปณี อุณาภิรักษ์กุล, 2548)

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพถ่านหินแต่ละแหล่งในแอ่งวังเหนือ (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551)

รายการ	บ้านแจ้คอน	บ้านดอแก้ว	บ้านแม่พริก	เฉลี่ย
ชนิดของถ่านหิน	Lig A – Subb A	Lignite A	Lignite A	Lig A – Subb A
ค่าความร้อน (Cal/g)	1,545 – 4,824	2,510 – 3,315	2,174 – 3,332	1,545 – 4,824
ปริมาณคาร์บอน (%)	5.10 – 42.42	15.05 – 20.83	13.26 – 19.96	5.10 – 42.42
ปริมาณซัลเฟอร์ (%)	0.94 – 9.95	0.92 – 3.10	1.39 – 1.73	0.92 – 9.95
ปริมาณสารระเหย (%)	19.62 – 38.67	25.89 – 31.45	24.12 – 32.90	19.62 – 38.67
ความชื้น (%)	8.82 – 46.34	21.47 – 23.46	13.11 – 30.43	8.82 – 46.34
เถ้า (%)	10.21 – 27.30	24.94 – 27.59	17.75 – 39.11	10.21 – 39.11
ความถ่วงจำเพาะ	1.33 – 1.89	1.47 – 1.60	1.39 – 1.73	1.33 – 1.89

หมายเหตุ; Lig = Lignite Subb = Sub-bituminous

Lignite A 6,300 – 8,300 บีทียู/ปอนด์ Sub-bituminous A 10,500 – 11,500 บีทียู/ปอนด์

Lignite B น้อยกว่า 6,300 บีทียู/ปอนด์ Sub-bituminous B 9,500 – 10,500 บีทียู/ปอนด์

Sub-bituminous C 8,300 – 9,500 บีทียู/ปอนด์

แอ่งแจ้ห่ม

แหล่งถ่านหินแอ่งแจ้ห่มแบ่งเป็นแหล่งถ่านหินในเขตอำเภอแจ้ห่ม และแหล่งถ่านหินในเขตอำเภอเมืองปาน พื้นที่ศักยภาพถ่านหินแบ่งเป็น 6 แหล่ง ลักษณะถ่านหินเป็นชั้นบางๆ สลับกับชั้นหินโคลนหรือหินดินดานปนถ่านหิน มีความหนาโดยรวมประมาณ 0.1 – 1.5 เมตร ที่ระดับความลึกประมาณ 20 – 220 เมตร สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพถ่านหินแสดงในตารางที่ 4.4 (อัศวิน ไตรญาณ และอดุลย์ ใจตาบุตร, 2530)

ตารางที่ 4.4 คุณภาพถ่านหินในแต่ละแหล่งของแอ่งเจ้าหมื่น (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551)

รายการ	บ้านสา	บ้านแป้น	บ้านปงคอบ	บ้านแม่ตา หลวง	สวนป่าแม่สุก	บ้านปางด้อม	เมืองปาน	เจดีย์
ชนิดถ่านหิน	Lig A – Subb B	Lig A – Subb C	Lig B – Subb A	Lig B – Subb C	Lig A – Subb A	Lig B – Subb B	Lig B – Subb C	Lig A – Subb C
ค่าความร้อน (Cal/g)	1,157 – 4,427	1,246 – 3,670	1,140 – 3,168	1,013 – 3,735	1,105 – 2,391	1,253 – 3,419	1,428 – 2,086	1,013 – 4,427
ปริมาณคาร์บอน (%)	4.18 – 31.65	7.44 – 21.34	4.37 – 22.38	0.30 – 29.87	0.00 – 18.12	2.24 – 23.82	10.17 – 11.45	0.30 – 31.65
ปริมาณซัลเฟอร์ (%)	1.38 – 5.32	2.27 – 4.48	1.36 – 4.54	1.00 – 7.31	1.34 – 6.96	1.17 – 7.46	1.84 – 7.96	1.17 – 7.96
ปริมาณสารระเหย (%)	16.08 – 38.42	20.61 – 36.88	18.27 – 33.73	15.09 – 34.74	17.22 – 36.35	14.28 – 39.36	21.73 – 25.32	14.28 – 39.36
ความชื้น (%)	7.74 – 24.09	9.84 – 18.19	5.42 – 16.75	7.70 – 20.76	5.41 – 18.88	11.05 – 20.72	11.74 – 21.01	11.05 – 24.09
เถ้า (%)	12.00 – 67.36	23.59 – 60.30	36.26 – 64.97	17.71 – 70.54	32.02 – 70.50	24.31 – 69.66	51.49 – 54.67	12.00 – 70.54
ความถ่วงจำเพาะ	1.40 – 2.05	1.47 – 1.87	1.61 – 2.29	1.46 – 2.01	1.39 – 2.06	1.40 – 2.08	1.67 – 1.85	1.39 – 2.29

หมายเหตุ; Lig = Lignite Subb = Sub-bituminous

Lignite A 6,300 – 8,300 บีทียู/ปอนด์ Sub-bituminous A 10,500 – 11,500 บีทียู/ปอนด์

Lignite B น้อยกว่า 6,300 บีทียู/ปอนด์ Sub-bituminous B 9,500 – 10,500 บีทียู/ปอนด์

Sub-bituminous C 8,300 – 9,500 บีทียู/ปอนด์

แอ่งเสริมงาม

บริเวณแอ่งเป็นพื้นที่ราบลุ่มล้อมรอบด้วยเทือกเขาสูง มีลักษณะคล้ายรูปสามเหลี่ยม ชั้นถ่านหินที่พบเกิดร่วมกับหินโคลน และหินดินดาน มีความหนาตั้งแต่ 0.05 – 2.7 เมตร และมีความหนารวม 0.3 – 5.5 เมตร พบที่ความลึก 5.5 – 360.7 เมตร สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพถ่านหินแสดงในตารางที่ 4.5 (อัศวิน ไตรญาณ และอดุลย์ ใจตาบุตร, 2534)

ตารางที่ 4.5 คุณภาพถ่านหินแต่ละแหล่งในแอ่งเสริมงาม (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551)

รายการ	ห้วยหลวง	บ้านศรีลังกา	บ้านดอนแก้ว	บ้านนาเดา	เฉลี่ย
ชนิดของถ่านหิน	Lig A – Subb B	Lig B – Subb C	Lig A – Subb B	Subb A	Lig A – Subb C
ค่าความร้อน (Cal/g)	2,060 – 4,915	2,172 – 4,160	1,798 – 4,234	2,358– 2,857	1,798 – 4,915
ปริมาณคาร์บอน (%)	11.91 – 39.65	12.91 – 33.51	10.92 – 32.46	17.13– 21.98	10.92 – 39.65
ปริมาณซัลเฟอร์ (%)	0.53 – 5.70	1.74 – 3.51	0.99 – 2.60	0.74 – 1.68	0.53 – 5.70
ปริมาณสารระเหย (%)	21.89 – 38.92	23.78 – 32.31	20.07 – 32.47	21.30– 24.31	20.07 – 38.92
ความชื้น (%)	9.09 – 36.92	15.76 – 34.05	11.45 – 26.80	5.75 – 8.36	5.75 – 36.92
เถ้า (%)	9.75 – 53.52	13.24 – 52.89	11.84 – 51.18	48.68– 55.82	9.75 – 55.82
ความถ่วงจำเพาะ	1.29 – 1.87	1.34 – 1.64	1.36 – 1.73	1.63 – 1.77	1.29 – 1.87

หมายเหตุ; Lig = Lignite Subb = Sub-bituminous

Lignite A 6,300 – 8,300 บีทียู/ปอนด์ Sub-bituminous A 10,500 – 11,500 บีทียู/ปอนด์

Lignite B น้อยกว่า 6,300 บีทียู/ปอนด์ Sub-bituminous B 9,500 – 10,500 บีทียู/ปอนด์
 Sub-bituminous C 8,300 – 9,500 บีทียู/ปอนด์

แอ่งแม่ทะ

แอ่งแม่ทะมีลักษณะเป็นแอ่งเปิด (Opened Basin) เกิดจากการทรุดตัวลงจากแนวรอยเลื่อนบริเวณแอ่งหลายแนว เกิดเป็นชั้นถ่านหินชั้นบาง และมีชั้นดินแทรกสลับค่อนข้างสูง โดยชั้นถ่านหินมีลักษณะเป็นชั้นบางหลายชั้น ที่ความลึกตั้งแต่ 10.8 – 423.24 เมตร ที่ช่วงความลึก 0 – 100 เมตร ชั้นถ่านหินจะมีความหนาน้อยกว่า 1 เมตร และที่ความลึกมากกว่า 100 เมตร ความหนา

จะมากกว่า 1 เมตร ซึ่งจะพบบริเวณตอนกลางและบริเวณขอบแอ่งด้านใต้ สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพถ่านหินแสดงในตารางที่ 4.6 (ฐปณี อุ่นอารีย์กุล, 2548)

ตารางที่ 4.6 แสดงคุณภาพถ่านหินของแอ่งแม่ทะ (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551)

รายการ	คุณภาพถ่าน
ชนิดของถ่านหิน	Lignite A – Sub – bituminous B
ค่าความร้อน (Cal/g)	1,466 – 5,542
ปริมาณคาร์บอน (%)	11.14 – 46.84
ปริมาณซัลเฟอร์ (%)	0.53 – 14.09
ปริมาณสารระเหย (%)	11.08 – 56.13
ความชื้น (%)	4.23 – 41.57
เถ้า (%)	7.07 – 69.06
ความถ่วงจำเพาะ	1.25 – 2.38

หมายเหตุ; Lig = Lignite Subb = Sub-bituminous

Lignite A 6,300 – 8,300 บีทียู/ปอนด์ Sub-bituminous A 10,500 – 11,500 บีทียู/ปอนด์

Lignite B น้อยกว่า 6,300 บีทียู/ปอนด์ Sub-bituminous B 9,500 – 10,500 บีทียู/ปอนด์

Sub-bituminous C 8,300 – 9,500 บีทียู/ปอนด์

โดยสรุปคุณภาพถ่านหิน จำนวนชั้น และความหนาของชั้นถ่านหินแต่ละแอ่งที่กล่าวมาข้างต้นแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 สรุปคุณภาพถ่านหินของแต่ละแอ่งในจังหวัดลำปาง

รายการ/แอ่ง	แอ่งงาว	แอ่งวังเหนือ	แอ่งแจ้ห่ม	แอ่งเสริมงาม	แอ่งแม่ทะ
ชนิดของถ่านหิน	Lig B – Subb B	Lig A – Subb A	Lig A – Subb C	Lig A – Subb C	Lig A – Subb B
ค่าความร้อน (Cal/g)	1,041 – 3,972	1,545 – 4,824	1,013 – 4,427	1,798 – 4,915	1,466 – 5,542
ปริมาณคาร์บอน (%)	3.06 – 29.60	5.10 – 42.42	0.30 – 31.65	10.92 – 39.65	11.14 – 46.84
ปริมาณซัลเฟอร์ (%)	0.90 – 8.85	0.92 – 9.95	1.17 – 7.96	0.53 – 5.70	0.53 – 14.09
ปริมาณสารระเหย (%)	12.31 – 39.01	19.62 – 38.67	14.28 – 39.36	20.07 – 38.92	11.08 – 56.13
ความชื้น (%)	8.10 – 37.41	8.82 – 46.34	11.05 – 24.09	5.75 – 36.92	4.23 – 41.57
เถ้า (%)	8.90 – 66.01	10.21 – 39.11	12.00 – 70.54	9.75 – 55.82	7.07 – 69.06
ความถ่วงจำเพาะ	1.2 – 2.0	1.33 – 1.89	1.39 – 2.29	1.29 – 1.87	1.25 – 2.38
ความหนา (เมตร)	2 – 50	N	0.1 – 1.5	0.3 – 5.5	1, > 1
จำนวนชั้น	2	N	N	N	หลายชั้น
องค์ประกอบอื่นๆ	คาร์บอน	โคลน, ดินดาน	ชั้นเหล็กออกไซด์	โคลน, ดินดาน	ดิน

หมายเหตุ; Lig = Lignite Subb = Sub-bituminous

Lignite A 6,300 – 8,300 บีทียู/ปอนด์ Sub-bituminous A 10,500 – 11,500 บีทียู/ปอนด์

Lignite B น้อยกว่า 6,300 บีทียู/ปอนด์ Sub-bituminous B 9,500 – 10,500 บีทียู/ปอนด์ Sub-bituminous C 8,300 – 9,500 บีทียู/ปอนด์

4.1.2 ลักษณะทางธรณีวิทยาของเหมืองถ่านหิน

เหมืองถ่านหินและดินบอลลเคลย์บ้านแม่ทาน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง (บริษัท เอสซีจี ซีเมนต์ จำกัด, 2552)

พื้นที่ศึกษาเป็นแหล่งถ่านหินในแอ่งย่อยแม่ทะซึ่งเป็นแอ่งย่อยหนึ่งของแอ่งลำปาง ซึ่งเกิดจากการ ยุบตัวลงของชั้นหินเปลือกโลกในยุคเทอร์เทียรี (Tertiary) ในลักษณะของกราเบน (Graben) และกึ่งกราเบน (Half Graben) ซึ่งเกิดอยู่ในโครงสร้างรูปประทุนหงาย (Synclinal Basin) วางตัวอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้ เชียงเทไปทางทิศตะวันออกด้วยมุมประมาณ 10-15 องศา มีความกว้างประมาณ 4-5 กิโลเมตร ยาว 10-12 กิโลเมตร การเรียงลำดับของชั้นหินเทียบเคียงได้กับกลุ่มหินแม่เกาะและแบ่งได้เป็น 3 ส่วน ส่วนล่างสุดวางตัวแบบมีรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง อยู่บนหินภูเขาไฟและหินของกลุ่มหินลำปางประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้ง สีออกน้ำตาลแดง และหินกรวดมน เป็นส่วนใหญ่ ลำดับชั้นหินส่วนกลางเกิดการสะสมตัวในสภาพแวดล้อมแบบหนองน้ำ และบึง ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินโคลน หินทราย มีถ่านหินชั้นหนาแทรกสลับ ถ่านหินเป็นชนิดลิกไนต์ เอ (Lignite A) ถึงซับบิทูมินัส ซี (Sub-bituminous C) ส่วนบนเป็นตะกอนยุคเทอร์เทียรี บริเวณด้านใต้ของแอ่งส่วนใหญ่มีถ่านหิน 2 ชั้น ความหนาของชั้นถ่านหินจะหนามากไปทางทิศตะวันออกของแอ่ง ด้านทิศตะวันตกล้อมรอบด้วยเทือกเขาของหินภูเขาไฟไรโอไลต์ (Rhyolitic Tuff) สีขาว อายุไทรแอสสิก (Triassic) ที่ถูกยกตัวขึ้นมาปิดกั้นทางด้านตะวันออก รองรับด้วยหินภูเขาไฟไรโอไลต์ (Basement Rocks) ลำดับชั้นของชั้นดินและชั้นถ่านหินเรียงจากบนลงล่างได้แก่ชั้นเปลือกดิน (Overburden) ชั้นแร่บอลเคลย์ (Ball Clay) ถ่านหินชั้นที่ 1 (Coal I) ชั้นระหว่างถ่านหิน (Interburden) ถ่านหินชั้นที่ 2 (Coal II) ชั้นใต้ถ่านหิน (Underburden) และชั้นหินรองรับ (Basement rocks) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.1

ชั้นเปลือกดิน (Overburden)

ตอนบนเป็นชั้นหินกึ่งแข็งตัว (Unconsolidated Sediments) สีน้ำตาลแดง มีความหนาประมาณ 6-9 เมตร ประกอบด้วยกรวดขนาดใหญ่พวกหินทราย (Sandstone) หินภูเขาไฟไรโอไลต์ (Rhyolitic tuff) และหิน ควอร์ตไซต์ (Quartzite) ซึ่งมีขนาดประมาณ 1-10 เซนติเมตร ตอนล่างเป็นชั้นหินตะกอนสีน้ำตาลแดง น้ำตาลม่วง เทาเขียว และเทา มีความหนาประมาณ 80-162 เมตร ประกอบด้วยการแทรกสลับของหินโคลน (Mudstone) หินทราย (Sandstone) และหินกรวดมน (Conglomerate) จับตัวกันแน่น ความแข็งปานกลาง พบเหล็กออกไซด์ (Iron oxide) และแคลกริต

(Calcrete) สะสมตัวแทรกสลับ และบางบริเวณพบแร่ซีเดอไรต์ (Siderite) สะสมตัวอยู่ในลักษณะเลนส์ (Lens)

ชั้นแรบอลเคลย์ (Ball clay)

สีน้ำตาลเทาสลับกับน้ำตาล มีความหนาประมาณ 11 เมตร มีความเหนียวและความละเอียดของเนื้อดินสูง เกิดเป็นชั้นไม่ต่อเนื่องซึ่งแทรกสลัبد้วยหินโคลน (Mudstone) หินทราย (Sandstone) และหินเคลย์ที่มีส่วนผสมคาร์บอนสูง (Carbonaceous Claystone) พบเหล็กออกไซด์ (Iron oxide) แทรกตามรอยแตก และแร่ซีเดอไรต์แทรกบางบริเวณโดยมีขนาด 5-10 เซนติเมตร สะสมตัวในลักษณะเป็นเลนส์

ถ่านหินชั้นที่ 1 (Coal I)

สีน้ำตาลดำถึงดำ มีความหนาประมาณ 1-3 เมตร ความแข็งน้อยถึงปานกลาง แทรกสลัبد้วยหินเคลย์ที่มีส่วนผสมคาร์บอนสูง (Carbonaceous Claystone) โดยบางบริเวณพบเป็นชั้นหินเคลย์ที่มีส่วนผสมของคาร์บอนสูงทั้งชั้น คุณภาพของถ่านหินโดยรวมค่อนข้างต่ำ

ชั้นหินระหว่างชั้นถ่านหิน (Interburden)

สีน้ำตาลเทาสลับทาอ่อน มีความหนาประมาณ 2-6 เมตร ประกอบด้วยหินโคลน (Mudstone) หินทราย (Sandstone) และหินเคลย์ (Claystone) ที่มีความเหนียวปานกลางถึงสูง และเนื้อดินละเอียด บางบริเวณสามารถใช้เป็นดินอุตสาหกรรมได้

ถ่านหินชั้นที่ 2 (Coal II)

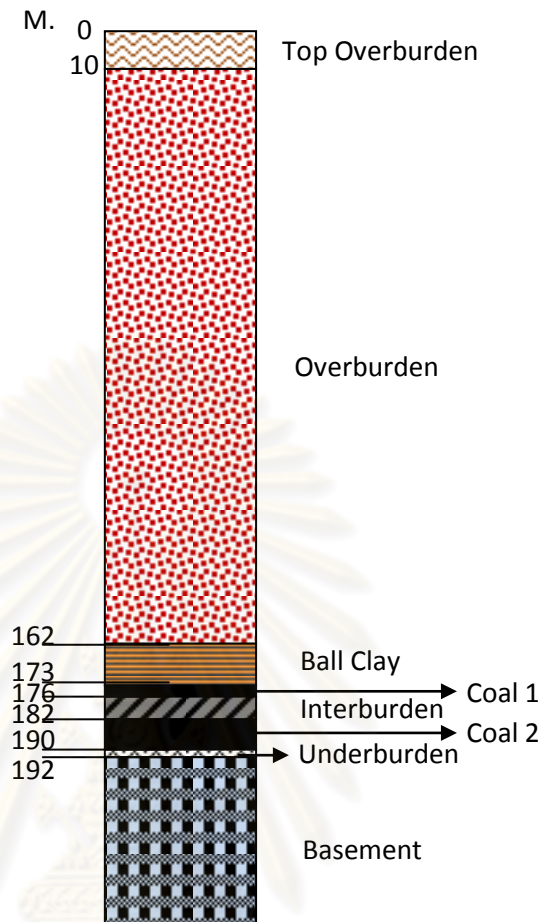
สีน้ำตาลดำถึงดำ ค่อนข้างแข็ง มีความหนาประมาณ 2-8 เมตร เนื้อถ่านหินมีการแตกเป็นชั้นๆ ในบางบริเวณมีซีเดอไรต์แทรกในเนื้อถ่านหินบางชั้น และพบไพไรต์ (Pyrite) แทรกตามรอยแตก พบชั้นดินเนื้อละเอียดแทรกสลับบางบริเวณ

ชั้นหินใต้ชั้นถ่านหิน (Underburden)

หินโคลน (Mudstone) สีเทาอ่อนถึงเทา มีความหนาประมาณ 1-2 เมตร มีความเหนียวต่ำ เนื้อแน่น มีทรายปนในปริมาณสูง พบชั้นหินทรายและหินทรายแป้งแทรกเป็นบางบริเวณ

หินภูเขาไฟไรโอไลต์ (Basement rock)

เป็นหินรองรับของแอ่ง มีสีเทาอ่อนถึงสีเทาฟ้า มีการฝังสูง เนื้อละเอียดปนเม็ดควอตซ์ (Quartz) ขนาดทรายหยาบประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ บางบริเวณพบเนื้อผลึกดอก (Porphyry Texture) และหินกรวดเหลี่ยม (Breccia) เนื้อหินมีความแข็งปานกลาง



รูปที่ 4.1 ลำดับชั้นหินพื้นที่ศึกษาบริเวณเหมืองถ่านหินและดินบอลเคลย์บ้านแม่ทาน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง

เหมืองถ่านหินบ้านโง้ง อ.ลี้ จ. ลำพูน (บริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน), 2541)

พื้นที่เป็นแอ่งถ่านหินขนาดเล็ก (Sub Basin) วางตัวอยู่ด้านใต้ของแอ่งขนาดใหญ่ รูปประทุนหงาย (Synclinal Basin) เป็นหินในชุดแม่มาะ (Mae Mo Group) อายุระหว่างไพลโอซีนถึงไมโอซีน (Pliocene – Miocene) แอ่งถ่านหินบ้านโง้งวางตัวในแนวเหนือ – ใต้ ประกอบด้วยการสะสมตัวของตะกอนเคลย์ขนาดละเอียด (Fine grain – Silt grain) สลับกับตะกอนหยาบ (Very fine – Very Coarse sand) หินตะกอนในแอ่งนี้มีอายุอยู่ในช่วงเทอเชียรี (Tertiary) และได้มาจากขบวนการผุพังของหินควอตไซต์ (Quartzite) และหินควอร์ต-ชีส (Quartz – Schist) ของชุดหินเด่นชัย (Denchai) อายุไซลูเรียน-ดีโวเนียน (Silurian – Devonian) ซึ่งกระจายตัวอยู่ด้านตะวันออกและด้านเหนือของพื้นที่ วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้ มุมเอียงประมาณ 40 องศา ไปทางตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนด้านตะวันตกเป็นหินปูน (Limestone) ชุดทุ่งสง

(Thungsong Group) วางตัวแนวเดียวกับหินชุดเด่นชัย (Denchai) และมักพบเศษหิน (Rock fragments) เป็นหินตะกอนชั้นล่าง (Basement) ที่รองรับตะกอนในแอ่งนี้

ลำดับชั้นดินและชั้นถ่านหินเรียงจากอายุอ่อน (Quaternary) จนถึงแก่ (Tertiary) ได้แก่ ชั้นดินปกคลุม (Top Soil) ชั้นเปลี่ยนแปลงก่อนชั้นถ่านหินชั้นบน (Transition – Zone C) ชั้นถ่านหินชั้นบน (Seam C) ชั้นเปลี่ยนแปลงระหว่างชั้นถ่านหินชั้นบนกับชั้นถ่านหินชั้นกลาง (Transition – Zone B) ชั้นถ่านหินชั้นกลาง (Seam B) ชั้นเปลี่ยนแปลงระหว่างชั้นถ่านหินชั้นกลางและชั้นถ่านหินชั้นล่าง (Transition – Zone A) ชั้นถ่านหินชั้นล่าง (Seam A) ชั้นดินปนทราย (Clayey sandstone) ชั้นหินกรวดมน (Sandstone Conglomerate) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.2

ชั้นดินปกคลุม (Top Soil)

ชั้นดินปนทรายละเอียดปริมาณทราย 60 – 80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือเป็นเศษหินพวก ควอร์ต ควอร์ตไซต์ สีนํ้าตาลแดง สีแดงอ่อน และสีเหลืองแดง ด้านเหนือและด้านตะวันออกเป็นดิน และดินลูกรัง (Lateritic Soil) ปะปนอยู่ มีความหนาตั้งแต่ 2.0 – 6.1 เมตร ส่วนใหญ่ด้านเหนือและด้านตะวันออกจะหนามากกว่าด้านใต้และด้านตะวันตกของพื้นที่

ชั้นเปลี่ยนแปลงก่อนชั้นถ่านหินชั้นบน (Transition – Zone C)

ชั้นดินปนทรายสีเหลืองเทา สีเทาอ่อน สีขาวขุ่น และสีนํ้าตาล จับตัวกันไม่ดี มีปริมาณ ทราย 60 – 80 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเป็นปริมาณของดิน ขนาดตะกอนมีตั้งแต่เล็กมากจนถึงใหญ่มาก มักพบแร่ควอตซ์สีขาวยขุ่น (Milky Quartz) ขนาดใหญ่ปะปนอยู่ ชั้นมีความหนา 1.0 – 38.9 เมตร พบปรากฏตั้งแต่บริเวณตอนกลางของพื้นที่และจะหนาขึ้นทางด้านใต้และด้านตะวันตก และพบ ชั้นถ่านหินชั้นบาง (Coal Lamination) และชั้นถ่านหิน (Coal Bed) หนาประมาณ 10 – 40 เซนติเมตร และชั้นดินสีนํ้าตาลเข้มแทรกสลับประมาณ 1 – 5 เปอร์เซ็นต์

ชั้นถ่านหินชั้นบน (Seam C)

ถ่านหินสีดำและสีนํ้าตาลแดงเข้ม แข็งปานกลางถึงแข็งมาก ไม่มีควมวาวถึงวาวเล็กน้อย (Dull to Low Luster) มีความหนาตั้งแต่ 0.6 – 7.9 เมตร พบเฉพาะบริเวณด้านใต้และตะวันตกเฉียงใต้ มีความหนามากขึ้นมาทางด้านใต้และตะวันตก

ชั้นเปลี่ยนแปลงระหว่างชั้นถ่านหินชั้นบนกับชั้นถ่านหินชั้นกลาง (Transition – Zone B)

ลักษณะคล้ายกับชั้น Transition – Zone C คือ เป็นชั้นดินปนทราย ทรายมีขนาดเล็กมาก ปริมาณทราย 60 – 80 เปอร์เซ็นต์ มีสีเหลืองเทา สีนํ้าตาลอ่อน และสีนํ้าตาล จับตัวกันไม่ดี ชั้นมี

ความหนา 1.5 – 38.0 เมตร อาจมีชั้นถ่านหินชั้นบาง และชั้นหินเคลย์ (Claystone) แทรกสลับอยู่บ้าง บางบริเวณจะพบการสลับกันระหว่างชั้นทรายละเอียดและชั้นหินเคลย์ ซึ่งชั้นหินจะหนา 5 – 10 เซนติเมตร

ชั้นถ่านหินชั้นกลาง (Seam B)

ถ่านหินที่มีลักษณะคล้ายถ่านหินชั้นบน ถ่านหินชั้นนี้มีคุณภาพดี มีปริมาณดินแทรกปนประมาณ 5 – 10 เปอร์เซ็นต์ มีความหนาตั้งแต่ 0.55 – 6.30 เมตร พบเฉพาะบริเวณด้านใต้และด้านตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ โดยจะมีความหนาเพิ่มขึ้นมาทางด้านใต้และตะวันตก

ชั้นเปลี่ยนแปลงระหว่างชั้นถ่านหินชั้นกลางและชั้นถ่านหินชั้นล่าง (Transition – Zone A)

ลักษณะคล้ายกับ Transition – Zone B สีน้ำตาล เหลืองน้ำตาล เขียวเข้ม และสีน้ำตาลเข้ม จับตัวกันดี เป็นชั้นดินปนทราย ทรายมีขนาดเล็กมาก มีปริมาณ 60 – 70 เปอร์เซ็นต์ ชั้นนี้มีความหนาตั้งแต่ 1.15 – 28.75 เมตร กระจายครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ โดยจะมีความหนาเพิ่มขึ้นไปทางด้านใต้ ในชั้นนี้จะมีชั้นดินหนาประมาณ 0.5 – 2 เซนติเมตร และชั้นถ่านหินบางๆ (Coal lamination) แทรกสลับอยู่ในชั้นดินปนทราย บริเวณด้านใต้ของพื้นที่จะมีชั้นดิน (Claystone) สีเขียวเข้มถึงสีเขียวน้ำตาล หนาประมาณ 4 – 20 เมตร แทรกสลับกับชั้นดินปนทรายละเอียด

ชั้นถ่านหินชั้นล่าง (Seam A)

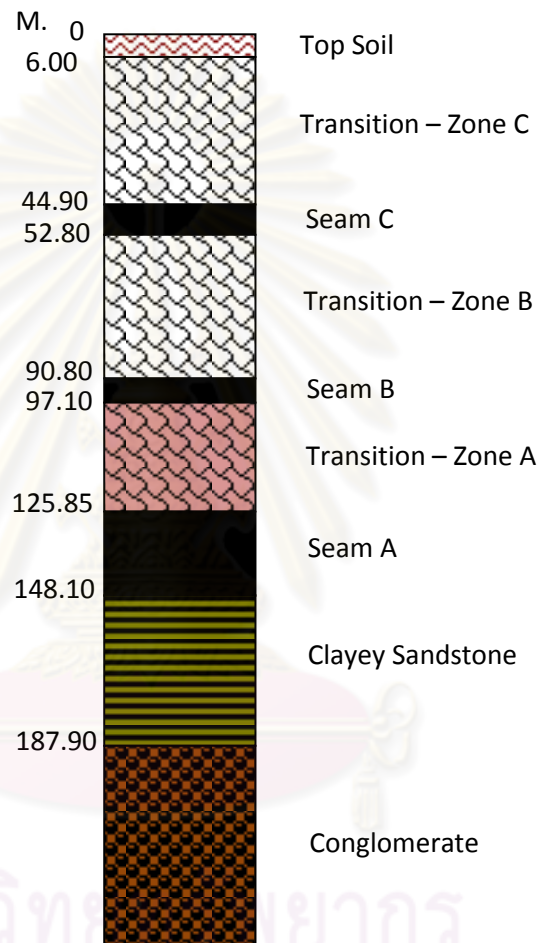
ลักษณะทั่วไปคล้ายถ่านหินชั้นบน มีความหนาตั้งแต่ 0.50 – 22.25 เมตร โดยจะมีความหนาเพิ่มขึ้นมาทางด้านใต้และตะวันตก และจะพบในระดับลึกเพิ่มขึ้นจากด้านเหนือและตะวันออกมาทางด้านใต้และตะวันตก ตอนบนของชั้นถ่านหินเป็นถ่านหินคุณภาพดี ไม่มีดินแทรกปนหนาประมาณ 2 – 5 เมตร ตอนล่างเป็นชั้นถ่านหินมีดินแทรกประมาณ 20 – 40 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะบางและหนา 0.3 – 1.0 เมตร สลับกับชั้นดิน

ชั้นดินปนทราย (Clayey sandstone)

ประกอบด้วยทรายละเอียดถึงละเอียดมาก 60 – 80 เปอร์เซ็นต์ จับตัวกันดี มีสีเทาอ่อน น้ำตาลอ่อน และสีเขียวน้ำตาล บางบริเวณเป็นชั้นดิน (Claystone) สีเขียวเข้มถึงน้ำตาลเข้ม ชั้นนี้มีความหนาตั้งแต่ 1.85 – 39.80 เมตร อาจพบชั้นถ่านหินบางๆ ความหนาตั้งแต่น้อยกว่า 1 เซนติเมตร จนถึง 20 เซนติเมตร แทรกสลับบ้างในบางบริเวณ

ชั้นหินกรวดมน (Sandstone Conglomerate)

เป็นชั้นล่างสุดของหินตะกอนในแอ่งถ้ำหิน มีสีเทาอ่อนถึงน้ำตาล ประกอบด้วย เศษหินทรายละเอียด ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่กว่า 3 เซนติเมตร ถูกล้อมรอบด้วยทรายละเอียด (Matrix) การจับตัวหรือตัวเชื่อมประสาน (Cementing) ไม่ดี



รูปที่ 4.2 ลำดับชั้นหินของพื้นที่เหมืองถ้ำหินบ้านโง้ง อ.ลี้ จ.ลำปาง

เหมืองถ้ำหินแม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง (พิธา ศรีบุญศรีดี, 2553)

แอ่งแม่เมาะเป็นแอ่งระหว่างหุบเขาสะสมตะกอนยุคเทอร์เชียรี วางตัวแนวเหนือ-ใต้ ด้านตะวันตกของพื้นที่ตามแนวเทือกเขาแม่ทะ-ผาลาด พบหินอัคนียุคเพอร์โม-ไทรแอสสิก (Permo-Triassic Volcanic Rocks) ประกอบด้วยหินแอนดีไซต์ (Andesite) หินภูเขาไฟไรโอไลต์ (Rhyorite Tuff) และหินกรวดภูเขาไฟ ถูกปิดทับแบบชั้นไม่ต่อเนื่องด้วยหินตะกอนที่สะสมตัวในทะเลของกลุ่มหินลำปางยุคไทรแอสสิก (Marine Triassic Sediment) ซึ่งพบเป็นเนินเขาและภูเขาสูงล้อมรอบ

แอ่งแม่เกาะทั้งทางด้านเหนือ ด้านตะวันออก และด้านตะวันตก ประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน และหินกรวดมน ของหมวดหินพระธาตุ (Phra That Formation) หินปูนมีสีเทาถึงเทาเข้มสลับด้วยหินดินดานสีเทาเขียวในหมวดหินผาก้าน (Pha Kan Formation) พบเป็นแนวอยู่ทางตะวันตกของแอ่ง หินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน และหินอาร์จิลไลต์ ของหมวดหินฮอย (Hong Hoi Formation) ที่พบทั้งด้านเหนือ ตะวันออก และตะวันตกเฉียงใต้ของแอ่ง หินปูนเนื้อละเอียดสีเทาถึงเทาขาวของหมวดหินดอยลอง (Doi Long Formation) พบทางด้านเหนือและด้านตะวันออกของแอ่ง หินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน และหินกรวดมน สีแดงถึงสีม่วงแดงของหมวดหินผาแดง (Pha Daeng Formation) พบทางตะวันออกเฉียงเหนือของแอ่ง กลุ่มหินลำปางวางตัวเป็นหินฐานรองรับแอ่งสะสมตะกอนแบบชั้นไม่ต่อเนื่องของกลุ่มหินแม่เกาะยุคเทอร์เชียรี ซึ่งประกอบด้วย หินโคลน หินทราย หินทรายแป้ง หินกรวดมน และชั้นถ่านหิน ด้านใต้ของแอ่งถูกปิดทับด้วยตะกอนตะกั่ว น้ำ และตะกอนน้ำพา พวกกรวดทรายสมัยปัจจุบัน ชั้นหินยุคเทอร์เชียรีของแอ่งจัดอยู่ในกลุ่มหินแม่เกาะ (Mae Moh Group) แบ่งออกเป็น 3 หมวดหิน เรียงลำดับจากอายุแก่ไปหาอ่อน (รูปที่ 4.3) ได้แก่

หมวดหินห้วยคิง (Huai King Formation)

หนาประมาณ 15-320 เมตร วางตัวแบบมีรอยชั้นไม่ต่อเนื่องกับหินดินดาน หินทราย หินปูน และหินอาร์จิลลาเซียส (Argillaceous) ของกลุ่มหินลำปาง หินหมวดห้วยคิงประกอบด้วย หินโคลน หินทราย หินทรายแป้ง และหินกรวดมน มีหลายสีทั้งสีน้ำตาล สีแดง สีเทา และสีเทาอมเขียว มีลักษณะเด่นคือ ขนาดของตะกอนจะมีขนาดเล็กลงเมื่อไล่ชั้นสู่ส่วนบน (Fining Upward)

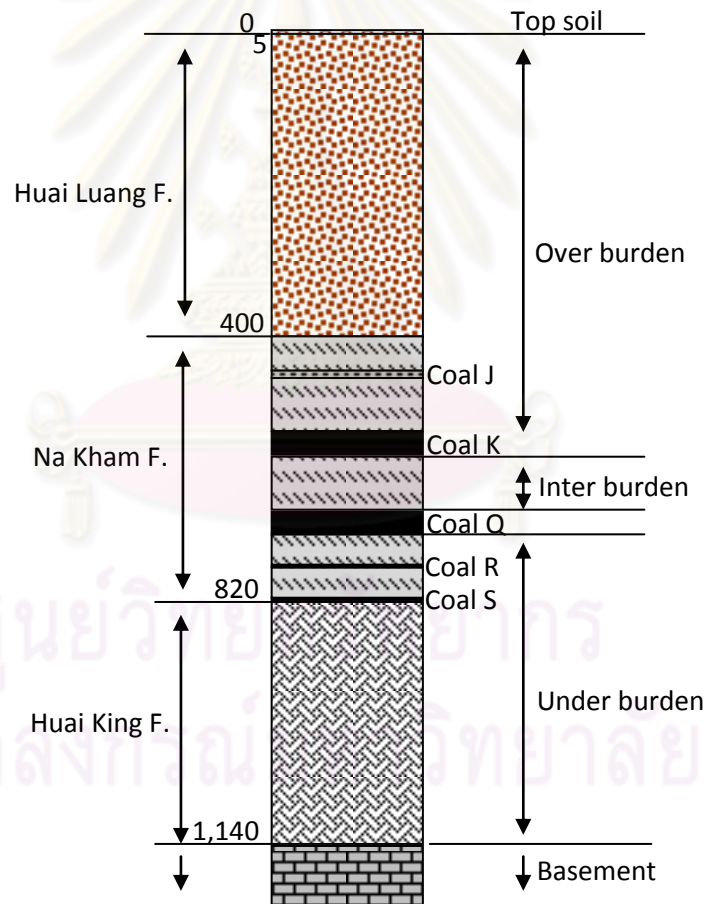
หมวดหินนาแถม (Na Kham Formation)

หนาประมาณ 300-420 เมตร ส่วนใหญ่เป็นหินโคลนสีเทาถึงสีน้ำตาลเทา เนื้อหินมีสารปูนปน ลักษณะของหินหมวดนี้คือมีสีเทา ในทางการทำเหมืองจึงนิยมเรียกหินหมวดนี้ว่า ชั้นดินสีเทา (Grey Bed) มีชั้นถ่านหินชนิดลิกไนต์ถึงซับบิทูมินัสแทรกสลับอยู่ 5 ชั้น มีชื่อเรียกจากล่างขึ้นบน คือ ถ่านหินชั้น S R Q K และ J ซึ่งถ่านหินที่คุ้มค่าต่อการทำเหมืองคือ

ถ่านหินชั้น Q หนาประมาณ 25-30 เมตร ซึ่งเป็นถ่านหินชั้นหลักที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ทำเหมืองทางด้านเหนือของพื้นที่ ลักษณะเป็นชั้นหนาชั้นเดียวต่อเนื่องกัน (Compact Seam) มีชั้นหินโคลนแทรกสลับบาง ๆ อยู่บ้าง จากนั้นถ่านหินชั้น Q จะค่อย ๆ แยกออกเป็นชั้นย่อย (Split Seam) คือ Q1 Q2 Q3 และ Q4 โดยมีชั้นหินโคลนแทรกสลับหนามากขึ้นเมื่อไปทางใต้ของพื้นที่

ถ่านหินชั้น K หนาประมาณ 25-30 เมตร ซึ่งเป็นถ่านหินชั้นหลักอีกชั้นหนึ่งที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ทำเหมือง พบถัดขึ้นมาจากถ่านหินชั้น Q โดยมีชั้นหินโคลนสีเทาถึงสีเทาเขียวหนาประมาณ 25-30 เมตร คั่นอยู่ตรงกลาง (Interburden) ถ่านหินชั้น K ทางด้านเหนือจะพบเป็นชั้นหนาชั้นเดียวต่อเนื่องกัน มีชั้นหินโคลนแทรกสลับบาง ๆ อยู่บ้าง จากนั้นถ่านหินชั้น K จะค่อย ๆ แยกออกเป็นชั้นย่อย คือ K1 K2 K3 และ K4 โดยมีชั้นหินโคลนแทรกสลับหนามากขึ้นเมื่อไปทางใต้ของพื้นที่เหมือนกับถ่านหินชั้น Q

ถ่านหินชั้น J พบเห็นเป็นแนวทางด้านทางตะวันตกของพื้นที่ ถ่านหินชั้นนี้เป็นถ่านหินบาง ๆ หลายชั้นหนาประมาณ 0.15-1.0 เมตร และแทรกสลับด้วยหินโคลน ถ่านหิน J บริเวณนี้ไม่ได้ทำเหมืองเนื่องจากเป็นถ่านหินชั้นบางและมีคุณภาพต่ำ



รูปที่ 4.3 ลำดับชั้นหินของพื้นที่เหมืองแม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง

หมวดหินห้วยหลวง (Huai Luang Formation)

หนาประมาณ 5-400 เมตร โดยหนาที่สุดบริเวณกลางแอ่ง หินส่วนใหญ่ประกอบด้วย หินโคลนและหินทรายแป้งสีน้ำตาลแดง มีหินทรายและหินกรวดมนบ้างบางแห่ง ด้านบนสุดถูกปิดทับด้วยตะกอนกรวดทราย อายุควอเทอร์นารี แบบมีรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง ในหมวดหินนี้พบชั้นถ่านหินบาง 1 ชั้น เรียกว่าถ่านหินชั้น I ลักษณะเด่นของหินหมวดนี้คือมีสีน้ำตาลแดง เรียกว่า ชั้นดินแดง (Red Bed)

4.2 ผลการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการเกิดกรดของเหมืองถ่านหิน

ลิกไนต์และดินบอแลเคลย์ อ.แม่ทะ จ.ลำปาง

ผลการทดลองที่นำเสนอในหัวข้อนี้เป็นการวิเคราะห์ตัวอย่างจากพื้นที่ศึกษาทั้งสิ้น 199 ตัวอย่าง โดยเป็นตัวอย่างจากหน้าบ่อเหมืองจำนวน 139 ตัวอย่าง (ตารางที่ 3.1) จากกองหินทิ้งจำนวน 60 ตัวอย่าง (ตารางที่ 3.2) โดยตัวอย่างทั้งหมดจะนำมาทำการทดลองด้วยวิธี ABA Test ได้ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของดินหลังจากทำปฏิกิริยากับน้ำกลั่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ค่า NP และค่า AP จากการทำปฏิกิริยาของกรดกับตัวอย่างได้ค่าอยู่ในรูปของกิโลกรัมคาร์บอนต่อตันหิน (kg CaCO₃ /t) และทำการทดสอบด้วยวิธี NAG Test โดยการนำตัวอย่างมาเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H₂O₂) เพื่อเร่งปฏิกิริยาการเกิดกรด ได้ค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) แล้วทำการไทเทรตหาค่าปริมาณกรด (NAG) ในรูปของกิโลกรัมของกรดซัลฟิวริกต่อตันของหิน (Kg H₂SO₄ /t) แล้วนำค่า ABA Test เปรียบเทียบกับ NAG Test เพื่อหาข้อสรุปที่แน่นอน

4.2.1 ผลการทดสอบด้วยวิธี Acid Base Accounting (ABA Test)

ค่าความเป็นกรดต่าง (Paste pH)

จากการทดสอบพบว่าตัวอย่างส่วนใหญ่มีค่าความเป็นกรดต่างมากกว่า 7 (pH > 7) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.10 – 10.09 ซึ่งค่าความเป็นกรดต่างสูงสุดคือ 10.11 และค่าต่ำสุดคือ 3.26 โดยมีรายละเอียดของค่าความเป็นกรดต่างในแต่ละชั้นหินดังแสดงในตารางที่ 4.8 และตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 แสดงช่วงของค่าความเป็นกรดต่าง และจำนวนตัวอย่างของแต่ละชั้นหินที่มีค่าความเป็นกรดต่างช่วงต่างๆ ของพื้นที่บ่อเหมือง

ชื่อชั้นหิน	ช่วงค่ากรดต่าง (pH)	จำนวนตัวอย่าง
เปลือกดินชั้นบน (Top Over burden, TOB)	0.00 - 4.59	0
	4.60 - 7.09	1
	7.10 - 10.09	16
	10.10 - 14.00	0
เปลือกดินชั้นล่าง (Overburden, OB)	0.00 - 4.59	0
	4.60 - 7.09	0
	7.10 - 10.09	34
	10.10 - 14.00	2
ชั้นแร่ดินบอลเคลย์ (Ball Clay, BC)	0.00 - 4.59	1
	4.60 - 7.09	12
	7.10 - 10.09	6
	10.10 - 14.00	0
ชั้นถ่านหินชั้นที่ 1 (Coal 1, C I)	0.00 - 4.59	1
	4.60 - 7.09	13
	7.10 - 10.09	2
	10.10 - 14.00	0
ชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน (Interburden, IB)	0.00 - 4.59	1
	4.60 - 7.09	3
	7.10 - 10.09	11
	10.10 - 14.00	0
ชั้นถ่านหินชั้นที่ 2 (Coal 2, C II)	0.00 - 4.59	1
	4.60 - 7.09	10
	7.10 - 10.09	3
	10.10 - 14.00	0

ชื่อชั้นหิน	ช่วงค่ากรดต่าง (pH)	จำนวนตัวอย่าง
ชั้นล่างชั้นถ่านหิน (Underburden, UB)	0.00 - 4.59	0
	4.60 – 7.09	10
	7.10 – 10.09	9
	10.10 – 14.00	0

ตารางที่ 4.9 แสดงช่วงของค่าความเป็นกรดต่าง และจำนวนตัวอย่างของแต่ละชั้นหินที่มีค่าความเป็นกรดต่างช่วงต่างๆ ของพื้นที่กองหินทิ้ง

ชื่อชั้นหิน	ช่วงค่ากรดต่าง (pH)	จำนวนตัวอย่าง
กองหินทิ้งด้านทิศใต้ (West dump, WS)	0.00 - 4.59	1
	4.60 – 7.09	0
	7.10 – 10.09	9
	10.10 – 14.00	0
กองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านทิศใต้ (Inside pit south dump, InS)	0.00 - 4.59	1
	4.60 – 7.09	1
	7.10 – 10.09	8
	10.10 – 14.00	0
กองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านทิศตะวันตก (Inside pit west dump, InW)	0.00 - 4.59	0
	4.60 – 7.09	0
	7.10 – 10.09	10
	10.10 – 14.00	0
กองหินทิ้งด้านทิศตะวันออก (East dump, ED)	0.00 - 4.59	0
	4.60 – 7.09	0
	7.10 – 10.09	10
	10.10 – 14.00	0
กองหินทิ้งหลัก (Main dump, MD)	0.00 - 4.59	1
	4.60 – 7.09	0
	7.10 – 10.09	9
	10.10 – 14.00	0

ชื่อชั้นหิน	ช่วงค่ากรดต่าง (pH)	จำนวนตัวอย่าง
กองหินทิ้งในบ่อเหมือง (Inside pit dump, ID)	0.00 - 4.59	0
	4.60 - 7.09	1
	7.10 - 10.09	9
	10.10 - 14.00	0

ศักยภาพความเป็นกลางและความเป็นกรดสูงสุดของเปลือกดินชั้นหิน (NP and AP)

ผลการทดสอบตัวอย่างในบ่อเหมืองพบว่าค่าเฉลี่ยของค่าศักยภาพการเกิดกรดสูงสุด (AP) มีค่า 9.88 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันหิน (Kg CaCO₃ / t) และมีค่าเฉลี่ยของศักยภาพความเป็นกลาง (NP) เท่ากับ 73.80 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันหิน ส่วนตัวอย่างจากกองหินทิ้งนั้นมีค่าศักยภาพความเป็นกรดสูงสุด (AP) เฉลี่ยเท่ากับ 3.22 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันหิน และมีค่าเฉลี่ยของศักยภาพความเป็นกลาง (NP) เท่ากับ 170.31 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตันหิน โดยค่าเฉลี่ยจำแนกตามพื้นที่เก็บตัวอย่างและชั้นหินแสดงในตารางที่ 4.10

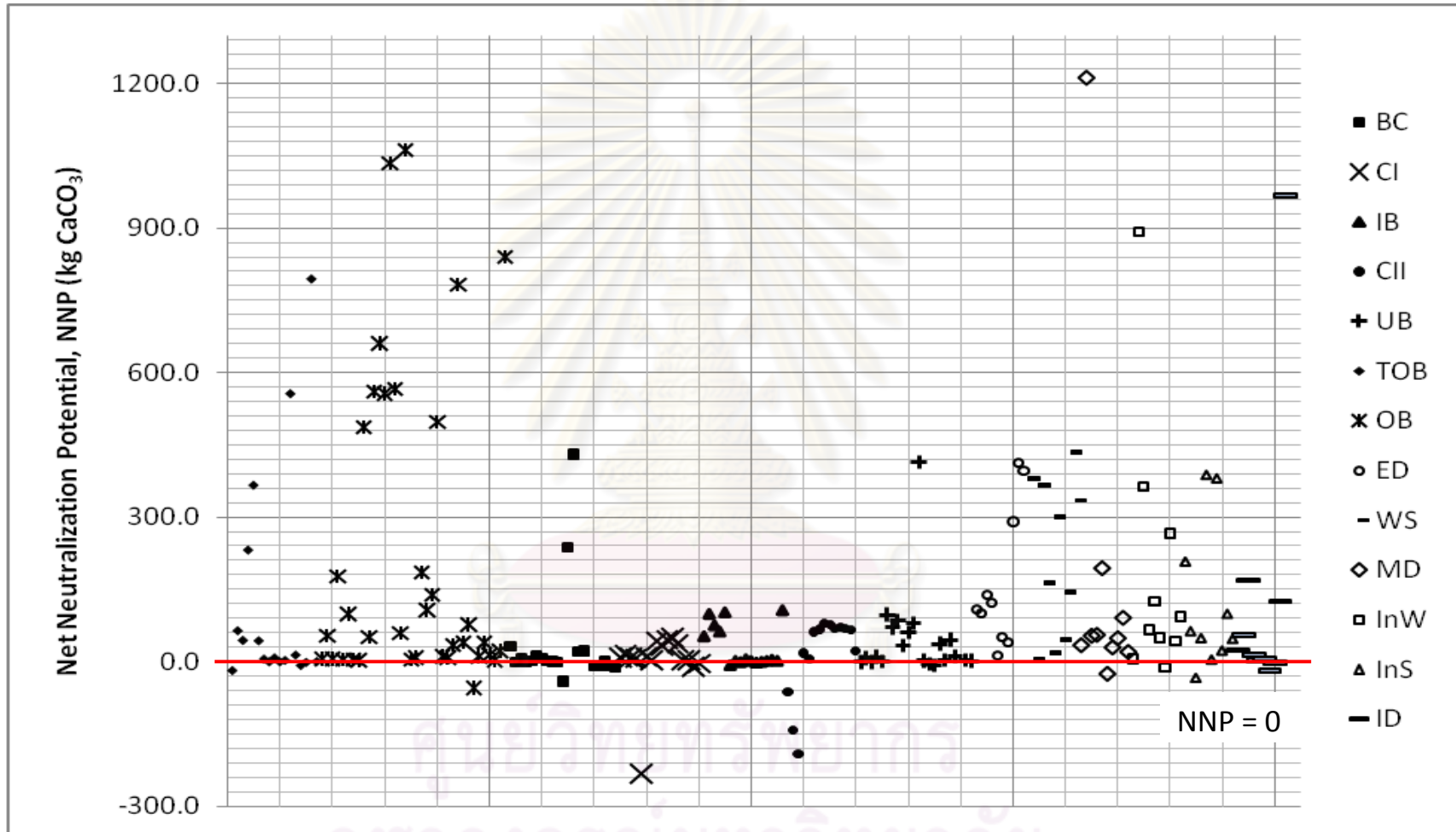
ตารางที่ 4.10 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าศักยภาพความเป็นกลาง (NP) และศักยภาพการเกิดกรดสูงสุด (AP) ของแต่ละชั้นหินและกองหินทิ้ง

ชื่อชั้นหิน	ค่าเฉลี่ย NP (Kg CaCO ₃ / t)	ค่าเฉลี่ย AP (Kg CaCO ₃ / t)
เปลือกดินชั้นบน (Tob Overburden, TOB)	125.93	2.03
เปลือกดินชั้นล่าง (Overburden, OB)	230.53	3.87
ชั้นแรบอลเคลย์ (Ball Clay, BC)	34.84	5.22
ถ่านหินชั้นที่ 1 (Coal 1, CI)	19.30	18.27
ชั้นหินระหว่างชั้นถ่านหิน (Inter burden, IB)	37.29	3.20
ถ่านหินชั้นที่ 2 (Coal 2, CII)	48.87	34.07
ชั้นหินใต้ชั้นถ่านหิน (Under burden, UB)	19.81	2.47

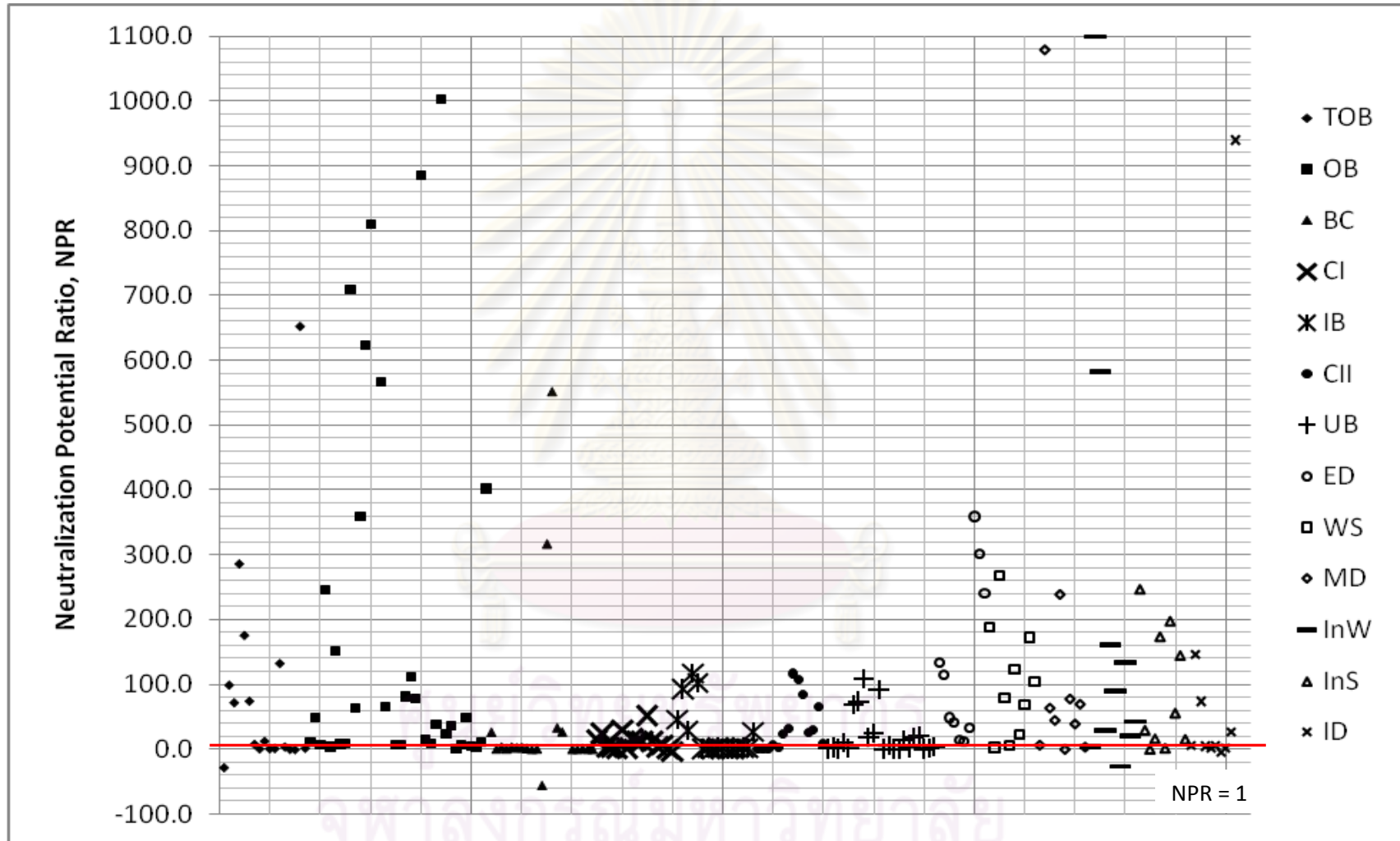
ชื่อชั้นหิน	ค่าเฉลี่ย NP (Kg CaCO ₃ / t)	ค่าเฉลี่ย AP (Kg CaCO ₃ / t)
กองหินทิ้งทิศใต้ (West dump, WS)	221.47	2.53
กองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านใต้ (Inside pit south dump, InS)	127.75	5.33
กองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านตะวันตก (Inside pit west dump, InW)	190.63	1.46
กองหินทิ้งด้านตะวันออก (East dump, ED)	169.05	1.84
กองหินทิ้งหลัก (Main dump, MD)	175.52	4.77
กองหินทิ้งในบ่อเหมือง (Inside pit dump, ID)	137.44	3.40

เมื่อนำผลจากการทดลองในส่วนของ NP และ AP มาคำนวณและแบ่งตามเกณฑ์ในการประเมินศักยภาพการเกิดกรดด้วยค่าศักยภาพความเป็นกลางสุทธิ (NNP) (จากผลต่างของปริมาณ NP กับ AP) และอัตราส่วนศักยภาพความเป็นกลาง (NPR) (จากอัตราส่วนของ NP ต่อ AP) ตามเกณฑ์ที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 แล้วนำมาพล็อตกราฟดังรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าผลต่างของปริมาณเบสกับกรด (Net Neutralization Potential, NNP)



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงอัตราส่วนศักยภาพความเป็นกลาง (Neutralization Potential Ratio, NPR)

จากรูปที่ 4.4 และ 4.5 พบว่าตัวอย่างโดยส่วนมากไม่มีศักยภาพในการเกิดกรด โดยพิจารณาจากเกณฑ์ของค่า NNP และ NPR พบว่ามีจำนวนหินตัวอย่างที่มีศักยภาพในการเกิดกรดจำนวน 31 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 15.58 ของทั้งหมด โดยเป็นตัวอย่างจากหน้าเหมืองจำนวน 26 ตัวอย่าง คิดเป็น 13.07 เปอร์เซ็นต์ และเป็นตัวอย่างจากกองหินทิ้ง 5 ตัวอย่าง คิดเป็น 2.51 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งตัวอย่างที่มีศักยภาพในการเกิดกรดแบ่งเป็นตัวอย่างจากหน้าเหมืองคือ จากชั้นเปลือกดินชั้นบน (TOB) 3 ตัวอย่าง จากชั้นเปลือกดินชั้นล่าง (OB) 1 ตัวอย่าง จากชั้นแร่บอแลคเลย์ (BC) จำนวน 8 ตัวอย่าง จากถ่านหินชั้นที่ 1 (C I) และถ่านหินชั้นที่ 2 (C II) ชั้นละ 3 ตัวอย่าง จากชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน (IB) และชั้นหินใต้ชั้นถ่านหิน (UB) ชั้นละ 4 ตัวอย่าง ตัวอย่างจากกองหินทิ้งที่มีศักยภาพในการเกิดกรด จำแนกเป็นตัวอย่างจากกองหินทิ้งในบ่อเหมือง (ID) 2 ตัวอย่าง และจากกองหินทิ้งหลัก (MD) กองหินทิ้งในบ่อด้านตะวันตก (InW) และกองหินทิ้งในบ่อด้านใต้ (InS) แห่งละ 1 ตัวอย่าง โดยค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด ของแต่ละชั้นหินและพื้นที่กองหินทิ้งแสดงในตารางที่ 4.11 และตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และต่ำสุด ของค่า NNP และ NPR ของแต่ละชั้นหิน

Location	NAG pH		NAG		%S		NAPP		NNP		NPR	
	Mean \pm SD	Min, Max	Mean \pm SD	Min, Max	Mean \pm SD	Min, Max	Mean \pm SD	Min, Max	Mean \pm SD	Min, Max	Mean \pm SD	Min, Max
Top Overburden, TOB	9.46 \pm 2.27	6.13, 12.22	0.48 \pm 1.13	0.00, 3.35	0.065 \pm 0.079	0.019, 0.311	-123.93 \pm 233.75	-793.59, 18.07	123.89 \pm 233.75	-18.09, 793.56	88.04 \pm 166.89	-27.93, 652.13
Overburden, OB	9.56 \pm 1.56	6.86, 11.90	0.02 \pm 0.10	0.00, 0.61	0.124 \pm 0.500	0.012, 3.040	-226.74 \pm 323.34	- 1061.27, 52.70	226.66 \pm 323.39	-54.60, 1061.26	255.23 \pm 395.92	0.43, 1380.91
Ball Clay, BC	6.93 \pm 1.86	4.54, 9.67	15.05 \pm 24.43	0.00, 73.64	0.176 \pm 0.180	0.021, 0.496	-34.58 \pm 108.08	-430.63, 40.70	34.48 \pm 108.11	-40.71, 430.61	21.90 \pm 142.75	-55.64, 552.18
Coal 1, C I	4.20 \pm 1.37	2.75, 7.85	77.30 \pm 73.47	0.00, 192.63	0.585 \pm 1.940	0.011, 7.830	-1.39 \pm 63.97	-49.17, 228.05	1.03 \pm 65.13	-232.94, 49.15	11.73 \pm 14.04	-3.94, 51.74
Interburden, IB	7.35 \pm 1.48	4.23, 9.52	1.72 \pm 3.03	0.00, 11.13	0.102 \pm 0.095	0.017, 0.420	-30.57 \pm 43.31	-105.56, 8.17	30.50 \pm 43.34	-8.43, 105.47	28.29 \pm 41.68	0.36, 116.45
Coal 2, C II	4.79 \pm 1.45	2.73, 6.53	55.84 \pm 59.06	3.36, 190.64	1.090 \pm 2.196	0.022, 6.780	-15.48 \pm 85.73	-79.52, 187.90	14.80 \pm 87.06	-192.14, 79.50	36.05 \pm 40.93	0.09, 116.64
Underburden, UB	7.00 \pm 1.67	4.12, 9.43	1.40 \pm 2.49	0.00, 9.82	0.087 \pm 0.066	0.014, 0.223	-45.07 \pm 90.69	-413.30, 7.62	45.02 \pm 90.71	-7.75, 413.30	23.28 \pm 33.62	-0.14, 108.64

ตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และต่ำสุด ของค่า NNP และ NPR ของแต่ละพื้นที่กองหินทิ้ง

Location	NAG pH		NAG		%S		NAPP		NNP		NPR	
	Mean \pm SD	Min, Max	Mean \pm SD	Min, Max	Mean \pm SD	Min, Max	Mean \pm SD	Min, Max	Mean \pm SD	Min, Max	Mean \pm SD	Min, Max
Main dump, MD	9.64 \pm 2.20	3.87, 11.48	0.64 \pm 2.03	0.00, 6.42	0.153 \pm 0.265	0.012, 0.875	-170.75 \pm 370.62	-1212.89, 26.17	170.75 \pm 370.62	-26.17, 1212.89	162.93 \pm 329.41	0.04, 1079.13
East dump, ED	9.89 \pm 0.83	7.82, 10.73	0.00	0.00	0.054 \pm 0.041	0.026, 0.151	-167.21 \pm 146.22	-412.23, -12.31	167.21 \pm 146.22	12.31, 412.13	129.80 \pm 127.12	11.92, 359.05
West south dump, WS	10.01 \pm 1.28	6.97, 11.14	0.00	0.00	0.081 \pm 0.027	0.044, 0.140	-218.94 \pm 162.97	-433.74, -5.35	218.94 \pm 162.97	5.35, 433.74	103.28 \pm 86.57	2.78, 267.43
Inside pit dump, ID	8.76 \pm 2.56	4.67, 11.03	0.61 \pm 1.93	0.00, 6.10	0.109 \pm 0.090	0.012, 0.328	-134.04 \pm 299.14	-967.96, 18.24	134.04 \pm 299.14	-18.24, 967.96	119.96 \pm 291.82	-5.14, 939.63
Inside pit west dump, InW	10.05 \pm 1.85	5.43, 11.84	0.00	0.00	0.047 \pm 0.028	0.015, 0.081	-189.17 \pm 273.77	-892.35, 13.00	189.17 \pm 273.77	-13.00, 892.35	213.42 \pm 357.10	-26.73, 1099.27
Inside pit south dump, InS	8.59 \pm 2.46	3.56, 11.77	1.53 \pm 3.24	0.00, 8.01	0.171 \pm 0.248	0.013, 0.770	-122.42 \pm 152.64	-388.60, 34.93	122.42 \pm 152.64	-34.23, 388.60	88.01 \pm 93.28	-0.45, 247.12

4.2.2 ผลการทดสอบด้วยวิธี Net Acid Generation (NAG Test)

ผลการทดสอบพบว่าตัวอย่างทั้งหมดจากเหมืองมีค่ากรดเฉลี่ยเท่ากับ 12.05 กิโลกรัม ซัลฟิวริกต่อตันของหิน (H_2SO_4/t) โดยตัวอย่างจากหน้าบ่อเหมืองมีค่ากรดเฉลี่ย 20.65 กิโลกรัม ซัลฟิวริกต่อตันของหิน และตัวอย่างจากกองหินทิ้งมีค่ากรดเฉลี่ย 0.46 กิโลกรัมซัลฟิวริกต่อตันของ หิน โดยค่าเฉลี่ยในแต่ละชั้นหินแสดงในตารางที่ 4.13 และ 4.14

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณกรดซัลฟิวริกของแต่ละชั้นหิน

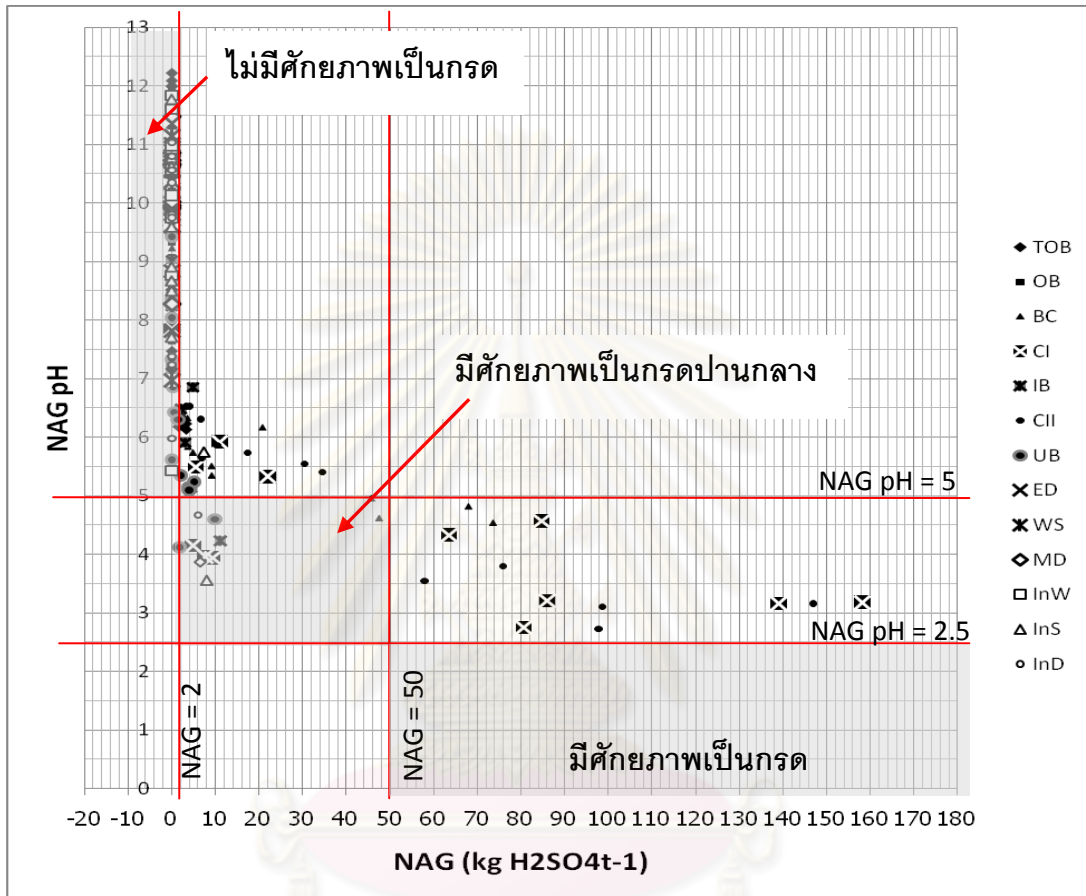
ชื่อชั้นหิน	ปริมาณกรด (kg H_2SO_4 /t)			
	เฉลี่ย	± SD	มากที่สุด	น้อยสุด
เปลือกดินชั้นบน (Tob Overburden, TOB)	0.48	1.13	3.35	0.00
เปลือกดินชั้นล่าง (Overburden, OB)	0.02	0.10	0.61	0.00
ชั้นแรบอลเคลย์ (Ball Clay, BC)	22.66	24.43	73.64	0.00
ถ่านหินชั้นที่ 1 (Coal 1, CI)	77.30	73.41	192.63	0.00
ชั้นหินระหว่างชั้นถ่านหิน (Interburden, IB)	1.44	3.03	11.13	0.00
ถ่านหินชั้นที่ 2 (Coal 2, CII)	40.01	59.09	190.64	3.36
ชั้นหินใต้ชั้นถ่านหิน (Underburden, UB)	2.64	2.49	9.82	0.00

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณกรดซัลฟิวริกของพื้นที่กองหินทิ้ง

ชื่อชั้นหิน	ปริมาณกรด (kg H ₂ SO ₄ /t)			
	เฉลี่ย	± SD	มากที่สุด	น้อยสุด
กองหินทิ้งทิศใต้ (West dump, WS)	0.00	0.00	0.00	0.00
กองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านใต้ (Inside pit south dump, InS)	0.00	3.22	8.01	0.00
กองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านตะวันตก (Inside pit west dump, InW)	0.64	0.00	0.00	0.00
กองหินทิ้งด้านตะวันออก (East dump, ED)	0.00	0.00	0.00	0.00
กองหินทิ้งหลัก (Main dump, MD)	1.53	2.03	6.42	0.00
กองหินทิ้งในบ่อเหมือง (Inside pit dump, ID)	0.61	1.93	6.10	0.00

จากเกณฑ์การพิจารณาของ Laio et al. (2007) ที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 เมื่อนำค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) ของตัวอย่างที่ทำการทดลองมาพล็อตกับปริมาณค่าความเป็นกรดของตัวอย่าง (NAG) จะได้ว่าตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่มีศักยภาพในการเกิดกรด โดยมีจำนวนตัวอย่างที่มีศักยภาพในการเกิดกรดทั้งสิ้น 55 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 27.64 แบ่งเป็นตัวอย่างที่มีศักยภาพในการเกิดกรดจำนวน 17 ตัวอย่าง (8.54 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเป็นตัวอย่างที่มาจากหน้าบ่อเหมืองทั้งหมด ได้แก่ จากชั้นดินบอลลเคลย์ (BC) จำนวน 2 ตัวอย่าง จากชั้นถ่านหินชั้นที่ 1 (CI) จำนวน 9 ตัวอย่าง และจากชั้นถ่านหินชั้นที่ 2 (CII) จำนวน 6 ตัวอย่าง และตัวอย่างที่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดกรดปานกลางจำนวน 38 ตัวอย่าง (19.10 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเป็นตัวอย่างจากชั้นเปลือกดินชั้นบน (TOB) จำนวน 2 ตัวอย่าง จากชั้นดินบอลลเคลย์ (BC) จำนวน 7 ตัวอย่าง จากชั้นถ่านหินชั้นที่ 1 (CI) จำนวน 6 ตัวอย่าง จากชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน (IB) จำนวน 6 ตัวอย่าง จากชั้นถ่านหินชั้นที่ 2 (CII) จำนวน 8 ตัวอย่าง จากชั้นล่างชั้นถ่านหิน (UB) จำนวน 5 ตัวอย่าง จากกองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านใต้ (InS) จำนวน 2 ตัวอย่าง จากกองหินทิ้งหลัก (MD)

และกองหินทิ้งในบ่อเหมือง (ID) แห่งละจำนวน 1 ตัวอย่าง และเมื่อนำตัวอย่างทั้งหมดมาพล็อตระหว่างค่า NAG pH และค่า NAG จะได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) กับปริมาณกรด (NAG)

4.2.3 ผลการพิจารณาศักยภาพการเกิดกรดจากวิธี Net Acid Generation (NAG Test) และวิธี Acid Base Accounting (ABA Test)

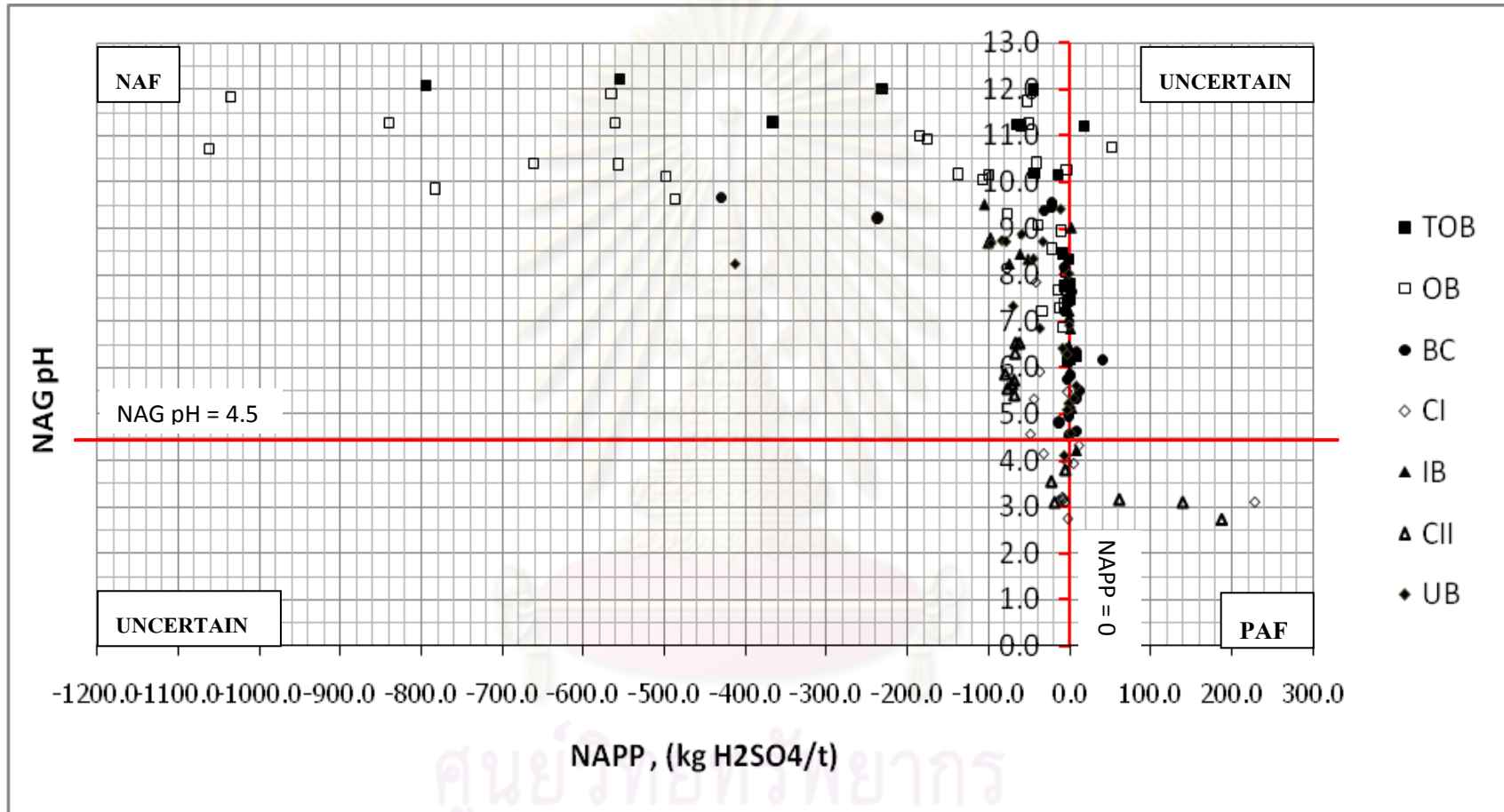
จากตัวอย่างทั้งหมดที่นำมาทำการทดสอบด้วย ABA Test และ NAG Test สามารถนำผลการทดสอบทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบเพื่อพิจารณาหาศักยภาพการเกิดกรดที่แน่นอน ซึ่งจะได้ค่าศักยภาพความเป็นกรดสุทธิ (NAPP) จาก ABA Test และค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) จาก NAG Test โดยจากการพิจารณาตามเกณฑ์ที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 ตารางที่ 3.7 เมื่อนำผลมาพล็อตกราฟจะได้ดังรูปที่ 4.7 และ 4.8 โดยค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุด

ของแต่ละชั้นหินและพื้นที่กองหินทั้งแสดงในตารางที่ 4.11 และตารางที่ 4.12 และผลการวิเคราะห์ของแต่ละตัวอย่างแสดงในตารางภาคผนวก ค.

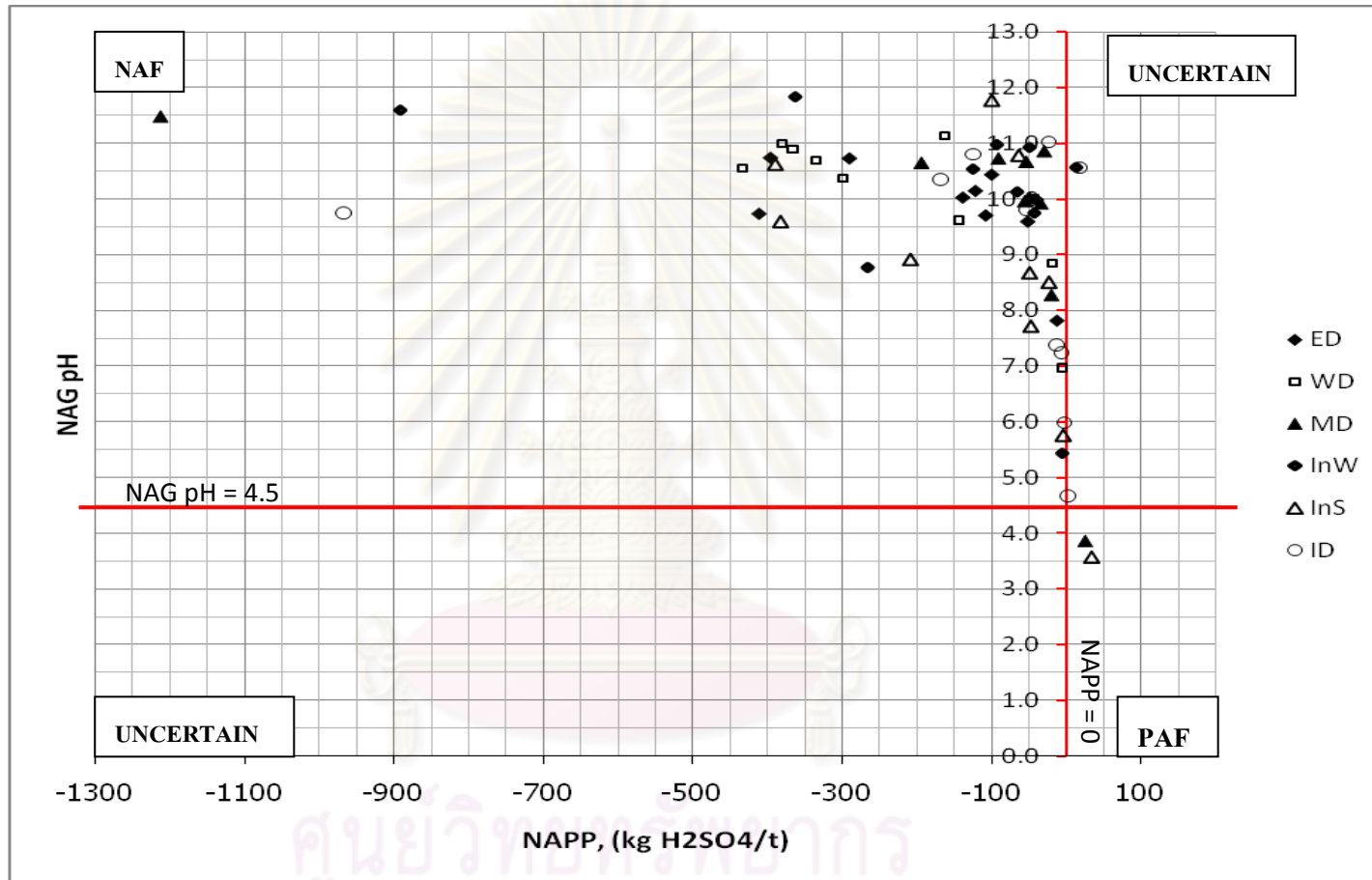
ผลการพิจารณาพบว่าตัวอย่างส่วนใหญ่**ไม่มีศักยภาพในการเกิดกรด (NAF) จำนวน 157 ตัวอย่าง** โดยคิดเป็นร้อยละ 78.89 ของทั้งหมด **ส่วนตัวอย่างที่มีศักยภาพความเป็นกรด (PAF) มีทั้งสิ้น 9 ตัวอย่าง** คิดเป็นร้อยละ 4.55 โดยเป็นตัวอย่างจากหน้าบ่อเหมืองจำนวน 7 ตัวอย่าง (3.54 เปอร์เซ็นต์) จำแนกเป็นตัวอย่างจากชั้นถ่านหินชั้นที่ 1 (CI) จำนวน 3 ตัวอย่าง จากชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน (IB) จำนวน 1 ตัวอย่าง จากชั้นถ่านหินชั้นที่ 2 (CII) จำนวน 3 ตัวอย่าง และตัวอย่างจากกองหินทิ้งจำนวน 2 ตัวอย่าง (1.01 เปอร์เซ็นต์) จำแนกเป็นตัวอย่างจากกองหินทิ้งหลัก (MD) และจากกองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านทิศใต้ (InS) แห่งละจำนวน 1 ตัวอย่าง และที่เหลือเป็น**ตัวอย่างที่ไม่สามารถระบุได้ (Uncertain) จำนวน 33 ตัวอย่าง** คิดเป็นร้อยละ 16.58 ของทั้งหมด



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าศักยภาพความเป็นกรดสุทธิ (NAPP) กับค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) บริเวณบ่อเหมือง



รูปที่ 4.8 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าศักยภาพความเป็นกรดสุทธิ (NAPP) กับค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) บริเวณกองหินทิ้ง

4.3 อภิปรายผลการศึกษา

4.3.1 อภิปรายผลการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยา

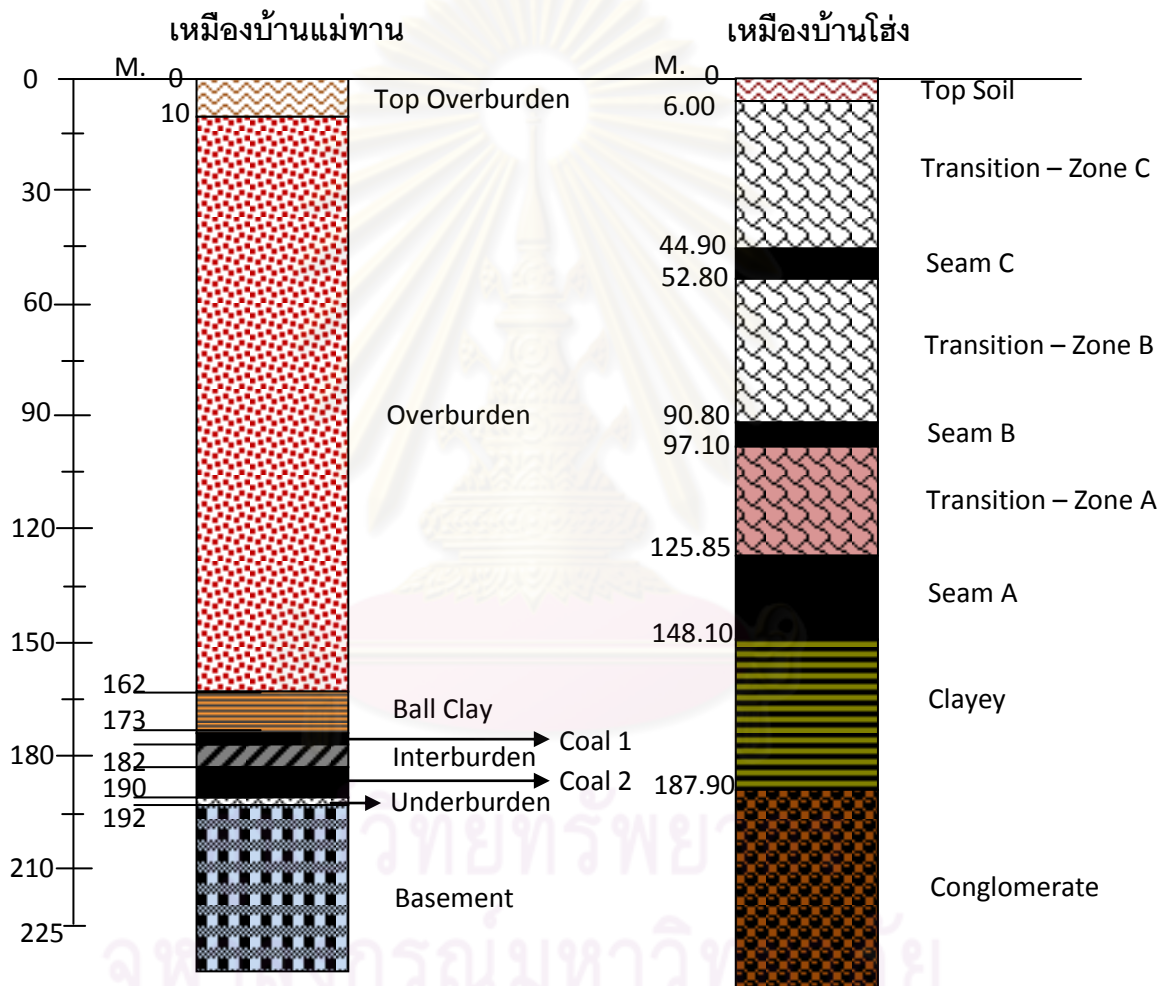
แร่ดิน (Clay minerals) นั้นเป็นองค์ประกอบที่เป็นอุปสรรคต่อการลดการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด (Nugraha et al., 2009) และหินที่มีขนาดละเอียดมักจะมีแร่ไพไรต์เป็นองค์ประกอบ ซึ่งแร่ไพไรต์นั้นมีผลโดยตรงกับค่าของซัลเฟอริในหินเนื่องจากเป็นสารประกอบซัลไฟด์ของถ่านหิน (Pope et al., 2010) โดยแร่ซัลไฟด์ในเปลือกดินเป็นองค์ประกอบหลักของการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด (นุชนาท นาคำ, 2550) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ชนิดหินที่มีขนาดละเอียด จะมีปริมาณของซัลไฟด์สูง อันส่งผลโดยตรงต่อการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด จากพื้นที่ศึกษาจะพบว่าชนิดหินที่มีลักษณะดังกล่าวในพื้นที่ศึกษาได้แก่ ถ่านหิน (Coal) แร่บอลเคลย์ (Ball Clay) หินโคลน (Mudstone) หินเคลย์ (Claystone) และหินทรายแป้ง (Siltstone) ซึ่งหินเหล่านี้มักสะสมตัวอยู่ในชั้นใต้ชั้นเปลือกดินได้แก่ ชั้นดิบบอลเคลย์ (BC) ชั้นถ่านหิน (C) ชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน (IB) และชั้นล่างชั้นถ่านหิน (UB) โดยพบว่าชั้นหินที่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดกรดมากที่สุดคือชั้นถ่านหินทั้ง 2 ชั้น (CI และ CII) ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากในชั้นถ่านหินมีองค์ประกอบของแร่ไพไรต์ซึ่งเป็นแร่ซัลไฟด์เกิดแทรกสลับในเนื้อถ่านหินส่งผลให้มีปริมาณซัลไฟด์สูงกว่าชั้นอื่นๆ ดังนั้นการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดจะเริ่มที่ชั้นถ่านหินและขยายวงกว้างไปยังชั้นใกล้เคียง ประกอบกับชั้นโดยรอบชั้นถ่านหินได้แก่ ชั้นดิบบอลเคลย์ (BC) ชั้นถ่านหิน (C) ชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน (IB) และชั้นล่างชั้นถ่านหิน (UB) ซึ่งเป็นหินตะกอนขนาดละเอียดจำพวก หินโคลน (Mudstone) หินเคลย์ (Claystone) และหินทรายแป้ง (Siltstone) ดังที่ได้กล่าวมา ทำให้บริเวณดังกล่าวมีศักยภาพในการเกิดกรดตามไปด้วย

สภาพแวดล้อมการสะสมตัวของแหล่งถ่านหินส่วนใหญ่จะเกิดจากตะกอนในทะเลสาบ (Lacustrine Deposit) ตะกอนที่ราบลุ่มมีน้ำขัง (Swamp Deposit) ตะกอนจากแม่น้ำ (Fluvial Deposit) และตะกอนรูปพัด (Fan Deposit) ซึ่งตะกอนที่สะสมในสภาพแวดล้อมดังกล่าวมักเป็นตะกอนขนาดละเอียด จำพวกดินโคลน ทรายแป้ง และตะกอนที่มีสีเข้มมีส่วนผสมของคาร์บอน ซึ่งตะกอนเหล่านี้จะก่อให้เกิดกรดได้ง่าย โดยมักจะพบตะกอนเหล่านี้บริเวณช่วงรอยต่อระหว่างชั้นถ่านหิน และกันแอ่ง จากการเปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยาของแหล่งถ่านหินพบว่าแหล่งถ่านหินบ้านแม่ทาน และแหล่งถ่านหินบ้านโฮ้ง มีลักษณะการวางตัวของแอ่ง และความลึกที่ใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.9 เริ่มจากชั้นเปลือกดินด้านบน (Top soil) ถัดมาเป็นชั้นก่อนชั้นถ่านหิน (Overburden) ชั้นถ่านหิน (Coal) ชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน (Interburden) และชั้นใต้ชั้นถ่านหิน (Underburden) โดยชั้นถ่านหินแหล่งบ้านโฮ้งจะมีชั้นก่อนชั้นถ่านหินที่บางกว่าของแหล่ง

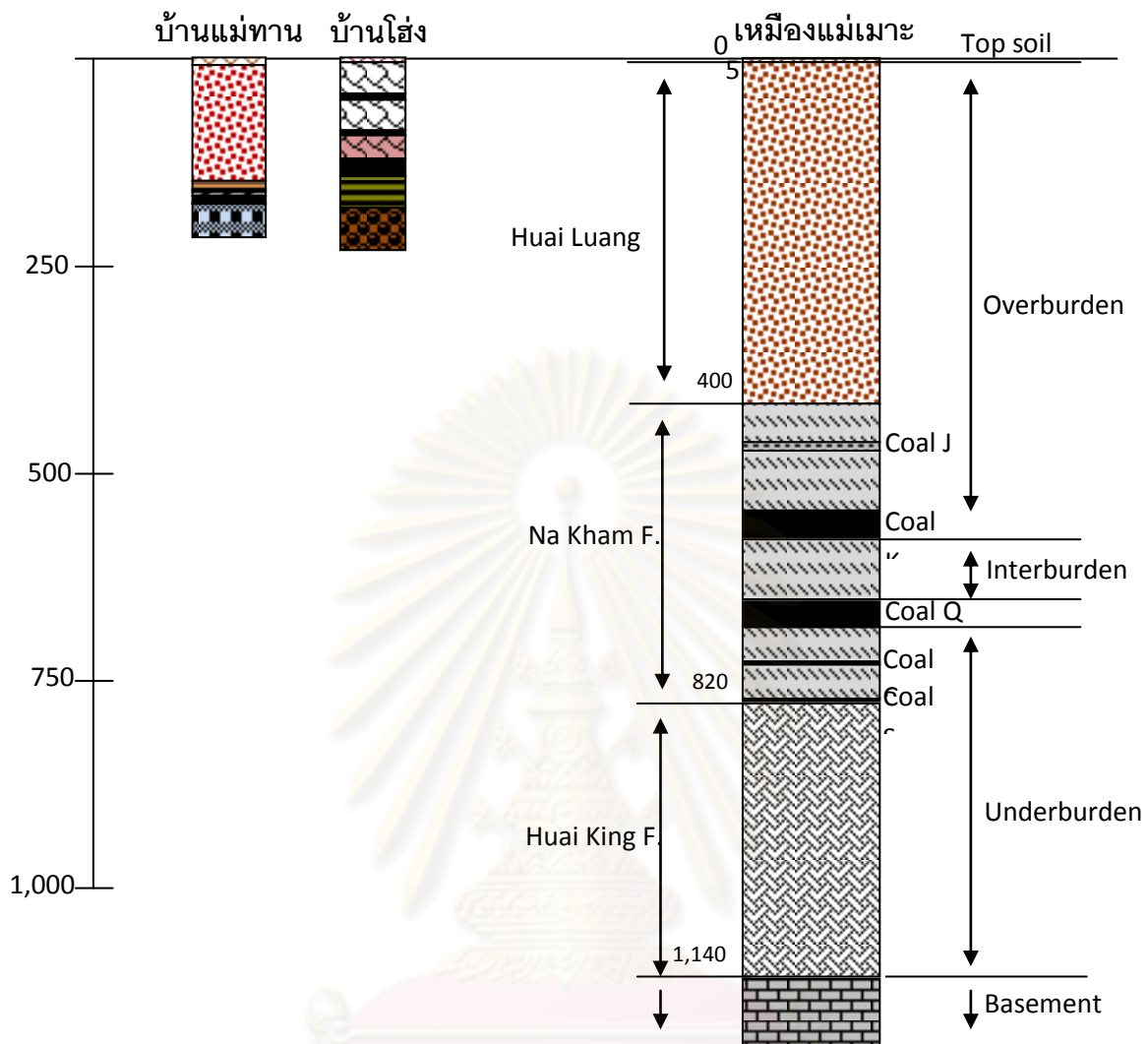
ถ่านหินบ้านแม่ทาน และมีจำนวนชั้นถ่านหินและชั้นระหว่างชั้นถ่านหินมากกว่าแหล่งถ่านหินบ้านแม่ทาน ได้แก่ ชั้นเปลี่ยนแปลงระหว่างชั้นถ่านหินชั้นบนกับชั้นถ่านหินชั้นกลาง (Transition – Zone B) และชั้นเปลี่ยนแปลงระหว่างชั้นถ่านหินชั้นกลางกับชั้นถ่านหินชั้นล่าง (Transition – Zone A) ส่วนชั้นก่อนชั้นถ่านหินนั้นมีลักษณะของตะกอนดินปนทรายที่แสดงลักษณะรอยต่อการเปลี่ยนแปลงที่เข้าสู่ชั้นถ่านหิน โดยเรียกชั้นนี้ว่า ชั้นเปลี่ยนแปลงก่อนชั้นถ่านหินชั้นบน (Transition – Zone C) ในขณะที่ชั้นก่อนชั้นถ่านหินของแหล่งถ่านหินบ้านแม่ทาน เป็นชั้นหินกรวดทรายขนาดใหญ่ หินไรโอไลต์ ทัพฟ์ และหินควอร์ตไซต์ นอกจากนี้ยังพบแคลกริต (Calcareous) ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ในการผสมหรือปกคลุมบนหินทิ้งที่มีซัลเฟอร์เพื่อเป็นการลดผลิตพันธ์ที่จะก่อให้เกิดกรด (U.S. Environmental Protection Agency, 1994: online) กระจายอยู่ทั่วไปบริเวณหน้าเหมือง ส่วนชั้นล่างชั้นถ่านหินนั้นเป็นการสะสมตัวของตะกอนที่ขนาดละเอียดถึงละเอียดมากจำพวกเคลย์ หรือโคลนคล้ายกัน ดังนั้นจากการเปรียบเทียบที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่าแหล่งถ่านหินบ้านโง่งมีศักยภาพในการเกิดกรดมากกว่าแหล่งถ่านหินแม่ทาน ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของบ้านโง่งที่ต่ำกว่าของแม่ทานประมาณ 0.5 – 1.0 (ภาคผนวก ข)

การเปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยาของแหล่งถ่านหินบ้านแม่ทาน แหล่งถ่านหินบ้านโง่ง กับแหล่งถ่านหินแม่เมาะ พบว่าแหล่งถ่านหินแม่เมาะนั้นเกิดสะสมตัวในช่วงระยะเวลาเดียวกับแหล่งถ่านหินทั้งสองแหล่งข้างต้นที่ได้กล่าวมา แต่แหล่งถ่านหินแม่เมาะนั้นจะมีความลึกและการตกสะสมของชั้นถ่านหินที่มากกว่าทั้งสองแหล่ง (รูปที่ 4.10) โดยชั้นก่อนชั้นถ่านหินของแหล่งถ่านหินแม่เมาะมีความหนาโดยประมาณเท่ากับความหนาทั้งหมดของแหล่งถ่านหินบ้านแม่ทาน และแหล่งถ่านหินบ้านโง่ง โดยเป็นชั้นหินแข็งประเภทหินโคลนและหินทรายแบ่งในหมวดหินห้วยหลวง ส่วนชั้นถ่านหินนั้นเป็นชั้นหินในหมวดหินนาแวมซึ่งมีชั้นถ่านหินหลายชั้นแต่เป็นชั้นบางๆ และแทรกสลับด้วยโคลน (Interburden) และมีชั้นล่างชั้นถ่านหินเป็นหินดินดาน หินทราย หินปูน และหินอาร์จิลไลต์ในหมวดหินห้วยคิงของกลุ่มหินลำปาง จากลักษณะทางกายภาพของชั้นหินของแหล่งถ่านหินแม่เมาะที่เป็นชั้นหินตะกอนแข็งตัว (Consolidated) เกือบทั้งหมด จึงมีโอกาสเกิดการแตกหักได้ยากกว่าตะกอนกึ่งแข็งตัว (Semi-Consolidated) ของแหล่งถ่านหินบ้านแม่ทาน และบ้านโง่ง ซึ่งหินที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกหักได้ง่ายทำให้เกิดพื้นที่ผิวรวมที่สัมผัสอากาศได้ง่าย อันเป็นปัจจัยสำคัญของการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด (Nugraha et al., 2009) ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้ว่าแหล่งถ่านหินแม่เมาะมีโอกาสในการเกิดกรดได้น้อยกว่าสองแหล่งที่กล่าวมา ประกอบกับชั้นหินฐานเป็นหินปูนซึ่งมีคุณสมบัติเป็นวัสดุที่ใช้ในการบำบัดเหมืองเป็นกรด (นุชนาท นาคำ, 2550) จึงทำให้แหล่งถ่านหินแม่เมาะมีศักยภาพในการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดได้ต่ำ

อย่างไรก็ตามการจัดการก็เป็นอีกปัจจัยที่สำคัญในการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด ซึ่งอาจเป็นอีกเหตุผลที่ทำให้แหล่งถ่านหินแม่เมาะไม่เกิดปัญหาน้ำเหมืองเป็นกรดในตอนนี้อย่างไรก็ตามหากต่อไปในระยะยาวหลังการปิดเหมืองไม่มีการจัดการดูแลที่ดีก็อาจเกิดปัญหาน้ำเหมืองเป็นกรดขึ้นได้ และจะแก้ไขได้ยากกว่าแหล่งแม่ทาน และบ้านโฮ้งเนื่องจากชั้นหินต้นกำเนิดนั้นอยู่ลึก และมีความหนาแน่นมากกว่าทั้งสองแหล่งที่กล่าวมานี้มาก



รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยาแหล่งถ่านหินแม่ทาน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง และแหล่งถ่านหินบ้านโฮ้ง อ.ลี้ จ.ลำพูน



รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบแหล่งถ่านหินบ้านแม่ทาน แหล่งถ่านหินบ้านโฮ้ง กับแหล่งถ่านหินแม่เมาะ

4.3.2 อภิปรายผลการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดของเหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอลลเคลย์ อ.แม่ทะ จ.ลำปาง

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีศักยภาพเป็นกรดตามเกณฑ์การทดสอบแต่ละวิธีทดสอบพบว่าตัวอย่างที่มีศักยภาพเป็นกรดจากการทดสอบด้วย ABA Test นั้นมีจำนวน 31 ตัวอย่าง โดยเป็นตัวอย่างจากหน้าบ่อเหมืองจำนวน 26 ตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างที่มีศักยภาพเป็นกรดส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างจากชั้นบอลลเคลย์ ชั้นถ่านหินชั้นที่ 1 ชั้นที่ 2 และชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน โดยหินที่มีศักยภาพในการเกิดกรดส่วนใหญ่เป็นหินที่มีตะกอนขนาดละเอียดจำพวก หินโคลน หินเคลย์ และ หินทรายแป้ง โดยเฉพาะหินเคลย์ที่มีคาร์บอนสูงนั้นมีศักยภาพในการเกิดกรดเกือบทุกตัวอย่างหิน โดยตัวอย่างที่มีศักยภาพเป็นกรดทั้ง 31 ตัวอย่างนี้ให้ผลตามเกณฑ์ศักยภาพการเกิดกรดของ NNP และ NPR ที่ตรงกัน แต่จะมีจำนวนตัวอย่างที่ไม่สามารถระบุได้ตามเกณฑ์ของ NNP

มากกว่าจำนวนตัวอย่างที่ไม่สามารถระบุได้ตามเกณฑ์ของ NPR โดยตัวอย่างที่ให้ผลของ NNP กับ NPR ไม่ตรงกันส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างหินทราย หินกรวดมน ถ่านหินชั้นที่ 1 และหินภูเขาไฟไรโอไลต์ เนื่องจากมีค่าศักยภาพความเป็นกรดสูงสุด (AP) และค่าศักยภาพความเป็นกลาง (NP) ที่ใกล้เคียงกันมาก

ผลจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี NAG Test พบว่าตัวอย่างที่มีศักยภาพในการเกิดกรดมีจำนวน 17 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างจากชั้นถ่านหินชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 ซึ่งตัวอย่างที่มีศักยภาพในการเกิดกรดนี้จะมีปริมาณกรดซัลฟูริก (NAG) มากกว่า 50 กิโลกรัมซัลฟูริกต่อตันของหินตามเกณฑ์ของ Liao et al., 2007 แต่จะมีค่าความเป็นกรดต่างที่สูงกว่าเกณฑ์ของศักยภาพการเกิดกรด ($\text{pH} > 2.5$) ซึ่งหินที่มีศักยภาพดังกล่าวนี้เป็นตัวอย่างจากชั้นถ่านหินทั้งหมด บางตัวอย่างเป็นถ่านหินที่มีไพไรต์/ซีเดอไรต์แทรก และบางตัวอย่างเป็นหินเคลย์ที่มีส่วนผสมของคาร์บอน และตัวอย่างที่มีศักยภาพเป็นกรดปานกลางจำนวน 38 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างถ่านหินที่มีแร่ไพไรต์/ซีเดอไรต์แทรกของชั้นถ่านหินชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 ตัวอย่างหินเคลย์ที่มีส่วนผสมของคาร์บอนในชั้นบอลเคลย์ และบางส่วนจากตัวอย่างหินโคลน และหินเคลย์ของชั้นระหว่างชั้นถ่านหินและชั้นใต้ชั้นถ่านหิน ซึ่งตัวอย่างที่มีศักยภาพเกิดกรดปานกลางนี้ส่วนมากจะมีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ที่สูงกว่าเกณฑ์ ($2.5 \geq \text{pH} < 5$) เช่นเดียวกับตัวอย่างที่มีศักยภาพเป็นกรด โดยคาดว่าประการแรกเป็นผลจากชั้นถ่านหินที่มีดินแทรกสลับอลอยู่มาก ทำให้ค่าความเป็นกรดต่างมีค่าใกล้เคียงกับค่าความเป็นกรดต่างของชั้นดิน และประการที่สองเนื่องจากแร่ซีเดอไรต์ที่แทรกอยู่ในชั้นถ่านหิน เนื่องจากแร่ซีเดอไรต์มีคุณสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ชั่วคราวที่ทำให้ค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 5 ($\text{pH} = 5$) (Molson et al., 2004)

จากการเปรียบเทียบวิธีทดสอบแบบ ABA Test และ NAG Test พบตัวอย่างที่มีศักยภาพในการเกิดกรดจำนวน 9 ตัวอย่าง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างจากชั้นถ่านหินชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 ส่วนและตัวอย่างที่ไม่มีศักยภาพเป็นกรดจำนวน 157 ตัวอย่าง ส่วนที่เหลือเป็นตัวอย่างที่ไม่สามารถระบุแน่นอนได้ (Uncertain) จำนวน 33 ตัวอย่าง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างจากชั้นถ่านหิน และตัวอย่างเคลย์ที่มีส่วนผสมของคาร์บอนในชั้นบอลเคลย์ และตัวอย่างบางส่วนที่เป็นหินโคลน และหินทรายแป้งของชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน และชั้นล่างชั้นถ่านหิน ซึ่งตัวอย่างที่ไม่สามารถระบุได้นี้เป็นตัวอย่างที่มีศักยภาพความเป็นกรด จากการทดสอบด้วย NAG Test แต่ไม่สามารถระบุได้ใน การทดสอบแบบ ABA Test และตัวอย่างที่มีศักยภาพความเป็นกรดปานกลาง จากการทดสอบด้วย NAG Test แต่มีศักยภาพเป็นกรดในการทดสอบแบบ ABA Test ทั้งนี้เนื่องจากการทดสอบ

ด้วยวิธี NAG Test นี้จะพิจารณาปริมาณกรด (NAG) ร่วมกับค่าความเป็นกรดต่างสุดท้าย (NAG pH) ซึ่งค่าความเป็นกรดต่างของพื้นที่ศึกษานั้นมีค่าค่อนข้างสูงกว่าความเป็นจริงเนื่องจากเหตุผลดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น และเมื่อนำค่าจากการทดสอบ NAG Test มาเปรียบเทียบกับ การทดสอบ ABA Test จึงได้ผลที่ไม่ตรงกันจึงกลายเป็นตัวอย่างที่มีศักยภาพอยู่ในพื้นที่ที่ไม่สามารถระบุได้ (Uncertain)

ตัวอย่างที่ไม่มีศักยภาพการเกิดกรดเลยทั้งการทดสอบแบบ ABA Test และ NAG Test นั้นส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างของชั้นเปลือกดินชั้นบน (TOB) และชั้นเปลือกดิน (OB) ซึ่งเป็นหินจำพวกตะกอนกึ่งแข็งตัว หินควอร์ต หินทราย หินกรวดมน หินโคลน และแคลกริต และตัวอย่างหินทรายบางส่วนจากชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน และชั้นล่างชั้นถ่านหิน ซึ่งหินเหล่านี้มีตะกอนขนาดหยาบมีการแตกหักเพื่อให้เกิดพื้นผิวช่วยให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้น้อย และมีปริมาณคาร์บอนและซัลเฟอร์ที่สะสมในชั้นหินต่ำจึงทำให้ไม่มีศักยภาพในการเกิดกรด ส่วนแคลกริตนั้นมีศักยภาพเป็นเบส (Alkaline) หรือบัพเฟอร์ที่ช่วยลดค่าความเป็นกรด

เนื่องจากชั้นเปลือกดิน (OB) ของพื้นที่ศึกษานั้นมีความหนา (ประมาณ 162 เมตร) ประกอบกับมีค่าเป็นด่าง (เฉลี่ย 226.66 กิโลกรัมของแคลเซียมคาร์บอเนต) ชั้นเปลือกดินจะถูกขุดขนนำไปกองไว้ที่พื้นที่กองหินทิ้ง ดังนั้นกองหินทิ้งของเหมืองจึงมีวัสดุส่วนใหญ่เป็นหินทรายของชั้นเปลือกดินที่มีค่าความเป็นกรดต่ำ ทำให้กองหินทิ้งโดยทั่วไปไม่มีศักยภาพในการเกิดกรดต่ำหรือไม่มีเลย ยกเว้นบางพื้นที่ที่ขณะนั้นเหมืองอยู่ในช่วงของการตักเก็บกองชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน (IB) ก่อนที่จะตักถ่านหินชั้นที่ 2 จึงทำให้กองหินทิ้งดังกล่าวมีตัวอย่างชั้นดินชั้นหินที่มีศักยภาพความเป็นกรด เช่นกองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านใต้ (InS) และกองหินทิ้งในบ่อเหมืองด้านตะวันตก (InW) แต่ทั้งนี้เมื่อนำตัวอย่างจากชั้นระหว่างชั้นถ่านหินมากองรวมกับชั้นเปลือกดินทำให้ค่าศักยภาพความเป็นกรดลดลงอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่มีศักยภาพเป็นกรด (< 15 เปอร์เซ็นต์) เนื่องจากอัตราส่วนปริมาณคาร์บอนในชั้นเปลือกดินทั้งหมดจะมีค่ามากกว่าปริมาณกรดของชั้นระหว่างชั้นถ่านหินรวมกับชั้นรองรับชั้นถ่านหิน

เนื่องจากแต่ละชั้นหินประกอบด้วยหินหลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดหินมีค่าศักยภาพในการเกิดกรดที่แตกต่างกัน ดังนั้นส่งผลให้ภาพรวมด้านสถิติของผลการวิเคราะห์มีความแปรปรวนสูง โดยเฉพาะค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยแต่ละชั้นหินดังที่พบในตารางที่ 4.11 – 4.14

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 การเปรียบเทียบลักษณะทางด้านธรณีวิทยาแอ่งถ่านหินและเหมืองถ่านหิน ในพื้นที่จังหวัดลำปาง และจังหวัดลำพูน

จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าลักษณะทางธรณีวิทยาของเหมืองถ่านหินในเขตพื้นที่ภาคเหนือพบว่ามีลักษณะการสะสมตัวในยุคเทอเชียรีซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่คล้ายกันจึงทำให้พื้นที่แหล่งถ่านหินของภาคเหนือมีศักยภาพในการเกิดกรดที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งศักยภาพของเหมืองในการเกิดกรดนั้นสัมพันธ์กับปัจจัยในหลายๆ ด้าน คือปัจจัยปฐมภูมิ ปัจจัยทุติยภูมิ และปัจจัยตติยภูมิ ที่ควบคุมการระบายกรด โดยปัจจัยปฐมภูมิจะเกี่ยวข้องกับผลผลิตของกรดซึ่งก็คือการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปัจจัยทุติยภูมิทำหน้าที่ในการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาทั้งการปรับสภาพเป็นกรดหรือการตอบสนองของแร่ ส่วนปัจจัยตติยภูมินั้นกล่าวถึงลักษณะทางกายภาพของวัสดุและการจัดการเหมือง (U.S. Environmental Protection Agency, 1994: online cited in Ferguson and Erickson, 1988) ดังนั้นลำดับศักยภาพการเกิดกรดจึงดูจากโอกาสการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของวัสดุในเหมืองเป็นหลัก โดยปัจจัยแรกของการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดนี้คือแร่ซัลไฟด์ น้ำ ออกซิเจน เหล็กออกไซด์ แบคทีเรียที่เป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และความร้อนที่เกิดขึ้น (U.S. Environmental Protection Agency, 1994: online) จากตารางที่ 4.7 จะเห็นว่าแอ่งถ่านหินแม่ทะนั้นมีค่าความร้อน ปริมาณคาร์บอน และปริมาณซัลเฟอร์ รวมถึงจำนวนชั้นถ่านหินอยู่ในช่วงกว้างและมีค่ามากกว่าแหล่งอื่นๆ ในขณะที่แอ่งเสริมงามและแอ่งวังเหนือมีค่าความร้อนและคาร์บอนรองลง โดยแอ่งเสริมงามนั้นมีค่าความร้อนและคาร์บอนที่มากกว่าแอ่งวังเหนือ แต่มีค่าปริมาณซัลเฟอร์และความชื้นที่ต่ำกว่าแอ่งวังเหนือ ส่วนแอ่งงาวและแอ่งแจ้ห่มนั้นมีค่าความร้อน ปริมาณคาร์บอน ปริมาณซัลเฟอร์ และความชื้นที่ต่ำกว่าทั้งสามแอ่งที่กล่าวมา และส่วนของปริมาณเถ้าอันเป็นปัจจัยหนึ่งในการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดหากมีมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ (Campbell et al., 2000) ซึ่งในที่นี้ทุกแอ่งมีค่าเถ้ามากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ โดยแอ่งแจ้ห่มนั้นจะมีเถ้ามากกว่าแอ่งงาว และมีชั้นเหล็กออกไซด์อันเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน

แทรกอยู่ด้วย ซึ่งพื้นที่ที่คาดว่าจะมีศักยภาพในการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดได้แก่ แอ่งแม่ทะ รongลงมาคือแอ่งวังเหนือและแอ่งเสริมงาม ส่วนแอ่งที่มีศักยภาพน้อยคือแอ่งแจ้ห่มและ แอ่งงาวตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยในการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรดนั้นมีด้วยกันหลายด้าน และ พื้นที่แต่ละแอ่งจะมีแหล่งถ่านหินย่อยๆ กระจายตัวอยู่ที่บริเวณแอ่งผลการวิเคราะห์จึงมีค่า เปลี่ยนแปลงในช่วงกว้าง อย่างไรก็ตามหากจะดำเนินกิจการเหมืองในพื้นที่เหล่านี้ก็จำเป็นต้องมี การศึกษารายละเอียดและองค์ประกอบอื่นของแต่ละพื้นที่ให้แน่ชัด

5.2 การวิเคราะห์และประเมินศักยภาพการเกิดกรด

จากผลการทดสอบสามารถสรุปจำนวนตัวอย่างที่มีศักยภาพในการก่อให้เกิดกรดตาม เกณฑ์การพิจารณา 4 แบบ คือค่า NNP NPR NAG และ ABA – NAG Test แสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงจำนวนตัวอย่างที่มีศักยภาพก่อให้เกิดกรดของแต่ละเกณฑ์การพิจารณา

เกณฑ์การพิจารณา ศักยภาพการเกิดกรด	จำนวนตัวอย่าง				ไม่มี ศักยภาพ เกิดกรด
	มีศักยภาพเกิดกรด		ศักยภาพเกิดกรดปาน กลาง/ ไม่สามารถระบุได้		
	ต.ย.จาก หน้าเหมือง	ต.ย.จาก กองหินทิ้ง	ต.ย.จาก หน้าเหมือง	ต.ย.จาก กองหินทิ้ง	
NNP (ABA Test)	26	5	44	5	119
NPR (ABA Test)	26	5	12	2	154
NAG Test	17	0	34	4	144
ABA – NAG Test	7	2	31	2	157

โดยตัวอย่างที่แสดงศักยภาพในการเกิดกรดตามเกณฑ์ของทั้ง 4 เกณฑ์ที่กล่าวมาข้างต้น นั้นโดยส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างที่เก็บมาจาก ชั้นถ่านหินซึ่งได้แก่ ชั้นถ่านหินชั้นที่ 1 (Coal I) ชั้นถ่าน หินชั้นที่ 2 (Coal II) ชั้นแร่ดินบอลเคลย์ (Ball Clay) ชั้นระหว่างชั้นถ่านหิน (Interburden) และชั้น

ล่างชั้นถ่านหิน (Underburden) สำหรับชนิดหินที่มีศักยภาพในการเกิดกรดได้แก่ ถ่านหิน และดินเหนียวที่มีส่วนผสมของคาร์บอน ส่วนหินที่มีศักยภาพในการเกิดกรดต่ำคือหินโคลน หินเคลย์ และหินทรายแข็ง

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาพบว่ามีความเสี่ยงที่ตัวอย่างที่ไม่สามารถระบุศักยภาพที่แน่นอนได้หลายตัวอย่าง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะจำแนกให้ตัวอย่างเหล่านี้มีศักยภาพในการเกิดกรด และทำการป้องกันไปพร้อมๆ กับตัวอย่างที่มีศักยภาพในการเกิดกรด ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยในด้านสิ่งแวดล้อม แต่หากต้องการทราบค่าศักยภาพการเกิดกรดที่แท้จริงของพื้นที่แล้ว ก็ควรนำตัวอย่างดังกล่าวไปทำการศึกษาศักยภาพการเกิดกรดโดยวิธีทางจลศาสตร์ (Kinetic Test) ต่อไป เนื่องจากวิธีดังกล่าวจะใช้เวลาในการทดสอบนาน ในเบื้องต้นจึงอาจใช้การทดสอบด้วยวิธี CIA ซึ่งเป็นการนำผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRF มาพล็อตลงในตารางสามเหลี่ยม A – CNK – FM (Campbell et al, 2000) เพื่อหาศักยภาพการเกิดกรดเบื้องต้นก่อนทำการทดสอบด้วย Kinetic NAG test (Stewart et al., 2006) ต่อไป

2. ข้อเสนอแนะในการป้องกันการเกิดน้ำเหม็นกรดในพื้นที่เหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอลลเคลย์ บ้านแม่ทาน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง พื้นที่ศึกษาหรือตัวอย่างที่ควรได้รับการป้องกันและดูแลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนของถ่านหินที่ไม่สามารถขุดตักออกมาได้หมดหลังจากการทำเหมือง ถ่านหินที่มีส่วนประกอบแร่ไฟโรต์/ซีเดอไรต์แทรกอยู่และไม่ถูกตัดไปใช้ และชั้นระหว่างชั้นถ่านหินที่ต้องนำไปกองไว้บริเวณกองหินทิ้งต่างๆ วิธีการป้องกันสำหรับถ่านหินที่เหลือทิ้งไว้ในบ่อเหมืองคือวิธีฝังไว้ใต้น้ำ (Submergence Technique) โดยการปล่อยให้ระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้นมาปิดทับชั้นถ่านหินดังกล่าว แล้วควบคุมไม่ให้ระดับน้ำเปลี่ยนแปลงขึ้นลงจนชั้นถ่านหินเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน วิธีแยกและฝังเดี่ยว (Segregation Technique) ใช้สำหรับถ่านหินที่มีไฟโรต์/ซีเดอไรต์แทรก โดยการแยกเก็บไว้ในพื้นที่ที่อยู่เหนือระดับน้ำใต้ดินแล้วฝังกลบด้วยวัสดุที่เป็นเบส เช่นชั้นเปลือกดิน หรือหินปูน เป็นต้น ส่วนชั้นระหว่างชั้นถ่านหินที่เก็บกองในกองหินทิ้งและกองหินทิ้งที่อาจมีศักยภาพในการเกิดควรทำการผสมด้วยวัสดุที่เป็นเบส (Handing of Acid and Alkalie

materials Technique) ซึ่งอาจทำการผสมโดยการนำตัวอย่างทั้งหมดมาผสมรวมกัน ทำการปิดทับด้วยวัสดุที่เป็นเบส หรือทำการผสมโดยการแทรกสลับระหว่างวัสดุที่เป็นกรดกับวัสดุที่เป็นเบสชั้นต่อชั้นก็ได้ โดยหลังการผสมแล้วจำเป็นต้องมีการตรวจสอบและควบคุมปริมาณกรดไม่ให้เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ หากมีปริมาณเกินกว่าที่กล่าวมาจำเป็นต้องทำการผสมวัสดุที่เป็นเบสเพิ่มขึ้น และถึงแม้ว่าพื้นที่ศึกษาจะมีศักยภาพในการเกิดกรดต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ แต่การป้องกันก็เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับกระบวนการฟื้นฟูเหมืองในระยะยาว

3. การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางธรณีวิทยาแอ่งถ่านหินโดยอ้างอิงข้อมูลจากการศึกษาที่ผ่านมานั้นอาจจะไม่ครอบคลุมในหลายประเด็น ดังนั้นเพื่อเพิ่มระดับความเชื่อมั่นของข้อมูลเห็นควรให้มีการเก็บตัวอย่างจากแอ่งถ่านหินนั้นมาทำการวิเคราะห์หาศักยภาพการเกิดกรดเพิ่มเติม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ฐปณี อุ๋นอารีย์กุล. คุณภาพถ่านหินแ่งวังเหนือและแ่งแม่ทะ. รายงานวิชาการ. 2 สำนักวิชาการ

เชื้อเพลิงธรรมชาติ กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กรุงเทพมหานคร, 2548

ทรัพยากรธรณี, กรม. ธรณีวิทยาประเทศไทย. 2,000. พิมพ์ครั้งที่ 2 (ฉบับปรับปรุง). ฉบับปี

2550. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ดอกเบี๋ย, 2550

ธรณีวิทยาแห่งประเทศไทย, สมาคม. ธรณีวิทยาน้ำรู้ ระดับมัธยมศึกษา. 16,000. พิมพ์ครั้งที่ 2.

กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2546

นุชนาท นาคำ. การตรวจสอบความเป็นกรด – ต่าง ของเปลือกดินชั้นหิน (Acid – Base

Accounting : ABA) เพื่อประเมินศักยภาพการเกิดน้ำเหมืองเป็นกรด. พิมพ์ครั้งที่ 1.

รายงานวิชาการ ลำดับที่ สอพ. 4. กรมพื้นฐานและการเหมืองแร่: กลุ่มอุตสาหกรรมพื้นฐาน
4, 2550.

ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน), บริษัท. ฝ่ายทรัพยากรธรณีและเหมือง พศจิกายน 2541

“รายงานโครงการเจาะสำรวจเพื่อทำเหมืองแหล่งถ่านหิน” บริเวณประทานบัตรถ่านหิน
บ้านโง่ง ต.ลี อ.ลี จ.ลำพูน

พิธา ศรีบุญยดี. การศึกษาปัจจัยที่ควบคุมการเกิดตระกันในหม้อไอน้ำของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ.

วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมทรัพยากรธรณี ภาควิชาวิศวกรรม
เหมืองแร่และปิโตรเลียม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552

ราชบัณฑิตยสถาน. พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา. 3,000. พิมพ์ครั้งที่ 1. ฉบับราชบัณฑิตยสถาน.

กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์, 2544

วอเตอร์ ริชอร์ช เอ็นจิเนียริง จำกัด, บริษัท. งานสำรวจและประเมินศักยภาพแหล่งถ่านหินแ่งงาว

จังหวัดลำปาง. โครงการสำรวจและประเมินศักยภาพถ่านหิน. กองเชื้อเพลิงธรรมชาติ

กรมทรัพยากรธรณี กรุงเทพฯ, 2540

ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. รายงานฉบับสมบูรณ์. โครงการจัดทำแผนการ

พัฒนาแหล่งแร่ถ่านหินของประเทศไทย. กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่.

กรุงเทพฯ, 2551

อนงค์ ไพจิตรประภาภรณ์. การจัดการสิ่งแวดล้อมเหมืองถ่านหิน กรณีตัวอย่างจากประเทศ
สหรัฐอเมริกา. กรมทรัพยากรธรณี : กองสิ่งแวดล้อมทรัพยากรธรณี, 2544.

เอสซีจี ซีเมนต์ จำกัด, บริษัท. ฝ่ายวิศวกรรมและเทคนิค ตุลาคม 2552 “รายงานธรณีวิทยาแหล่ง
แร่ถ่านหินและแร่บอแลคไซต์” ประทานบัตรเลขที่ 30438/15792 บริเวณตำบลสันดอกแก้ว
อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง

อัศวิน ไตรญาณ และอดุลย์ ใจตาบุตร. การสำรวจธรณีวิทยาถ่านหินแอ่งแจ้ห่ม อำเภอแจ้ห่ม
จังหวัดลำปาง. รายงานเศรษฐกิจธรณีวิทยา. 2 (2530) กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา กรมทรัพยากร
ธรณี กรุงเทพฯ, 2535

อัศวิน ไตรญาณ และอดุลย์ ใจตาบุตร. การสำรวจธรณีวิทยาถ่านหินแอ่งเสริมงาม อำเภอเสริมงาม
จังหวัดลำปาง. รายงานเศรษฐกิจธรณีวิทยา. 66 (2531) กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา กรม
ทรัพยากรธรณี กรุงเทพฯ, 2534

ภาษาอังกฤษ

Atkins, A.S. and Pooley, F. D. The Effects of Bio-Mechanisms on Acidic Mine Drainage
in Coal Mining. International Journal of Mine Water 1 (1982): 31 – 44. Spain,
www.IMWA.info, 2006

Bradham, W.S. Caruccio, F.T. A Comparative Study of Tailings Analysis Using
Acid/Base Accounting, Cell, Columns and Soxhlets. Reclamation Conference
and Exhibition, Charleston (April 1990): 23 – 26

Campbell, R.N. Lindsay, P. and Clemens, A.H. Acid generating potential of waste rock
and coal ash in New Zealand coal mines. International Journal of Coal Geology
45(2001) : 163 – 179

Chulalak Changul. Heavy Metals and Acid Generation Potentials of Solid Mining Wastes
from Akara Gold Mine, Pichit Province. Doctor's Thesis, Department of
Philosophy Program in Environmental Management Graduate School
Chulalongkorn University, 2009

- Changul, C. Sutthirat, C. Padmanahban, G. and Tongcumpou, C. Assessing the acidic potential of waste rock in the Akara gold mine, Thailand. Environment Earth Science Springer – Verlag (July 2009)
- Lapakko, K. and Lawrence, R.W. Modification of The Net Acid Production (NAP) Test. The Technical and Research Committee on Reclamation. Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium in Port Hardy, BC, 17 (1993)
- Liao, B. Huang, L.N. Ye, Z.H. Lan, C.Y. and Shu, W.S. Cut-off Net Acid Generation pH in Predicting Acid-Forming Potential in Mine Spoils. Journal of Environmental Quality 36 (2007): 887 – 891
- Lottermoser, B. Min Wastes Characterization, Treatment and Environmental Imposts. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2003.
- Mills, C. M.Sc. and Eng, P. Acid Base Accounting (ABA) Test Procedures [online] <http://technology.infomine.com/enviromine/ard/home.htm> [1998]
- Molson, J.W. Aubertin, M. Bussiere, B. and Joanes, A.M. Simulating Acid Mine Drainage Through Mine Wastes Constructed with Capillary Barrier Covers. Canadian Geotechnical Conference 57 (2004): 29 – 36
- Monterroso, C. and Maclas, F. Prediction of the acid generating potential of coal mining spoils. International Journal of Mining, Reclamation and Environment, 12(1998): 5 – 9
- Nugraha, C. Shimada, H. Sasaoka T. Ichinose M. Matsui, K. and Manege I. Waste rock characteristics at tropical coal mine area: A case study of PT. Kaltim Prima Coal, Indonesia. International Journal of the JCRM, 5 (2009): 77 – 82
- Pope, J. Weber, P. Mackenzie, A. Newman, N. and Rait, R. Correlation of Acid Base Accounting Characteristics with The Geology of Commonly mined Coal measures, West Coast and Southland, New Zealand. New Zealand Journal of Geology and Geophysics. Taylor & Francis 53 (September 2010): 153 – 166

- Rawat, N.S. and Singh, G. Occurrence of Acid Mine Drainage in Northeastern Coal Mine of India. Symposium of Surface Mining Hydrology, Sedimentology and Reclamation (December 5 – 10, 1982)
- Rose, A.W. and Carvotta, C. A. Coal Mine Drainage Prediction and Pollution Prevention in Pennsylvania. Geochemistry of Coal Mine Drainage. pp 1 – 22. Pennsylvania : Tom Ridge.Governor, 1998
- Skousen, J. Simmons, J. McDonald, L.M. and Ziemkiewicz, P. Acid-Base Accounting to predict Post-Mining Drainage Quality on Surface Mines. Journal of Environmental Quality 31(2002): 2034 – 2044
- Stewart, W. A. Miller, S. D. and Smart, R. Advances In Acid Rock Drainage (ARD) Characterisation of Mine Wastes. International Conference on Acid Rock Drainage (ICARD), March (2006): 26-30
- Todd, J. and Reddick, K. Acid Mine Drainage. Fall, 1997
- U.S. Environmental Protection Agency. Acid Mine Drainage Prediction. Technical Document (December 1994): 13 – 16



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก/1 แสดงพื้นที่แหล่งถ่านหิน

ลำดับ ที่	สถานที่		ปริมาณทรัพยากร (ล้านตัน)	คุณภาพ
	ชื่อแอ่ง	จังหวัด		
ภาคเหนือ				
1	ปาย	แม่ฮ่องสอน	0.17	ลิกไนต์ – ซับบิทูมินัส
2	เวียงแหง	เชียงใหม่	93.02	ลิกไนต์ – ซับบิทูมินัส
3	ฝาง	เชียงใหม่	1.12	ลิกไนต์
4	สันป่าตอง	เชียงใหม่	0.50	ลิกไนต์
5	บ่อสลี	เชียงใหม่	0.43	ซับบิทูมินัส
6	วังเหนือ	ลำปาง	9.01	ลิกไนต์ – ซับบิทูมินัส
7	แจ้ห่ม – เมืองปาน	ลำปาง	16.19	ลิกไนต์ – ซับบิทูมินัส
8	งาว	ลำปาง	48.40	ลิกไนต์ – ซับบิทูมินัส
9	แม่ทะ	ลำปาง	30.45	ลิกไนต์ – ซับบิทูมินัส
10	เสริมงาม	ลำปาง	6.19	ลิกไนต์ – ซับบิทูมินัส
11	ห้างฉัตร	ลำปาง	10.32	ลิกไนต์ – ซับบิทูมินัส
12	แม่จาง	ลำปาง	5.03	ลิกไนต์ – ซับบิทูมินัส
13	เชียงม่วน	พะเยา	25.28	ลิกไนต์ – ซับบิทูมินัส
14	แม่ระมาด	ตาก	28.82	ลิกไนต์ – ซับบิทูมินัส
15	แม่ละเมา	ตาก	36.79	ลิกไนต์ – ซับบิทูมินัส
16	พบพระ	ตาก	2.33	ลิกไนต์
17	อุ้มผาง	ตาก	3.42	ลิกไนต์ – ซับบิทูมินัส
18	ปะละทะ	ตาก	4.63	ลิกไนต์ – ซับบิทูมินัส
19	เมือง	แพร่	2.13	ลิกไนต์
20	บึงสามพัน	เพชรบูรณ์	1.60	ลิกไนต์ – ซับบิทูมินัส
21	วิเชียรบุรี	เพชรบูรณ์	4.77	ลิกไนต์

ลำดับ ที่	สถานที่		ปริมาณทรัพยากร (ล้านบาท)	คุณภาพ
	ชื่อแหล่ง	จังหวัด		
ภาคกลาง				
22	หนองหญ้าปล้อง	เพชรบุรี	3.75	ชัยภูมิ – ภูมิ
23	หนองพลับ	ประจวบคีรีขันธ์	8.35	ลีกไนต์ – ชัยภูมิ
ภาคใต้				
24	เคียนซา	สุราษฎร์ธานี	15.41	ลีกไนต์ – ชัยภูมิ
25	สินปุน	นครศรีธรรมราช	48.75	ลีกไนต์ – ชัยภูมิ
26	สบ้าย้อย	สงขลา	349.86	ลีกไนต์
27	กันตัง	ตรัง	3.42	ลีกไนต์ – ชัยภูมิ

ที่มา; กรมทรัพยากรธรณี, 2550

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลักษณะทางธรณีวิทยาของแอ่งในจังหวัดลำปาง

แอ่งแจ้ห่ม – เมืองปาน

แอ่งแจ้ห่มถูกล้อมรอบด้วยเทือกเขาหินยุคไทรแอสสิกเกือบทุกด้าน ในบริเวณไกลออกไปจากขอบแอ่งพบหินมหายุคพาลีโอโซอิกก่อตัวเป็นเทือกเขาสูงเป็นแนวยาวทิศทางเหนือ – ใต้ ส่วนภายในแอ่งพบหินในมหายุคซีโนโซอิก (Cenozoic basin) แผ่กระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นหินยุคเทอร์เชียรี และหินยุคควอเทอร์นารี โดยสามารถเรียงลำดับชั้นหินจากอายุแก่ไปอ่อนได้ดังนี้

หินยุคเทอร์เชียรีตอนล่าง (Lower Tertiary rocks) ซึ่งเทียบได้กับชั้น Middle และ Upper Tertiary Association ซึ่งประกอบด้วยชั้นหินตะกอนขนาดละเอียด ได้แก่ หินดินดาน ถ่านหิน หินโคลน หินดินดานปนถ่านและหินน้ำมัน มีสภาพแวดล้อมการทับถมเป็นแบบ Lacustrine environment

หินยุคเทอร์เชียรีตอนบน (Upper Tertiary rocks) พบว่าแผ่กระจายในบริเวณขอบแอ่งและกลางแอ่ง ประกอบด้วยหินกรวดมน หินทราย หินทรายแป้ง และหินโคลน ลักษณะกึ่งแข็งตัว (Semi - consolidated) แต่ชั้นมักมีแถบชั้นเหล็กออกไซด์ (Fe – oxide band)

หินยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) หินยุคนี้ประกอบด้วยชั้นตะกอนร่วน ได้แก่ ชั้นกรวดทราย และมูลดิน ที่ยังไม่แข็งตัวพบตามตะพัก (Terrace) และที่ราบลุ่มแม่น้ำต่างๆ

แอ่งวังเหนือ

ถูกล้อมรอบด้วยภูเขาหินตะกอนมหายุคพาลีโอโซอิก (ช่วงยุคเพอร์เมียน และไทรแอสสิก) ทางด้านตะวันออกและตะวันตก แอ่งมีรูปร่างยาวรีตามแนวเหนือ – ใต้ ลักษณะของแอ่งเป็นกราเบน และกึ่งกราเบน ตะกอนเป็นยุคเทอร์เชียรี วางตัวไม่ต่อเนื่องกับหินยุคเพอร์เมียนทางเหนือของแอ่ง ส่วนบริเวณตอนกลางและตอนล่างของแอ่งจะวางตัวไม่ต่อเนื่องกับหินยุคไทรแอสสิก โดยทั่วไปประกอบด้วยหินตะกอน ตะกอนกึ่งร่วนของหินทราย หินทรายแป้ง หินดินเหนียว และหินกรวดมน แทรกสลับด้วยชั้นถ่าน ลักษณะการทับถมแบ่งเป็น 2 แบบ ดังนี้

แบบธารน้ำพา (fluvia deposit) เป็นตะกอนชั้นล่างของหินชุดนี้ วางตัวไม่ต่อเนื่องกับ หินดินดานยุคไทรแอสซิก โดยทั่วไปประกอบด้วยชั้นของหินกรวดมน เชื่อมประสานด้วยเหล็กออกไซด์และดินเหนียว แทรกสลับด้วยหินทราย และชั้นดินเหนียว

ทับถมในทะเลสาบ (lacustrine deposit) วางตัวต่อเนื่องกับชุดตะกอนน้ำพา ชุดหิน ประกอบด้วยหินดินเหนียว หินดินดาน แทรกสลับด้วยชั้นทราย และทรายแป้ง มีชั้นกรวดมนแทรก สลับบ้าง ในชุดนี้มักพบชั้นถ่านหินแทรกสลับ

แอ่งงาว

หินที่พบปรากฏทั่วไปรอบแอ่งนี้เป็นหินยุคไทรแอสซิก และเพอร์โม – ไทรแอสซิก และมีหินฐาน (Basement) เป็นหินทราย และหินปูน คล้ายกับหินที่พบรอบๆแอ่ง ตะกอนหินที่สะสมตัวใน แอ่งเป็นตะกอนยุคเทอร์เชียรีแบ่งออกได้เป็น 3 หน่วย คือ

หน่วยหิน A เป็นหน่วยหินที่มีอายุแก่ที่สุดของแอ่ง ประกอบด้วยหินทราย หินโคลนสี น้ำตาลแดง ไม่พบชั้นถ่านหิน มักพบใกล้พื้นผิวในด้านเหนือและตะวันตกของแอ่ง เกิดจากการทับถมของตะกอนจากแม่น้ำ (Fluvial Deposit) และตะกอนรูปพัด (Fan Deposit)

หน่วยหิน B เป็นหินที่ทับถมต่อเนื่องจากหน่วยหิน A ประกอบด้วยหินโคลนสีเทา และมี หินทรายแทรกสลับอยู่บ้าง พบชั้นถ่านหินหลายชั้นในตอนบน หน่วยหินนี้เกิดจากการทับถมของ ตะกอนในทะเลสาบและที่ราบลุ่มน้ำขัง (Lacustrine & Swamp Deposit) และอาจมีการทับถม จากตะกอนแม่น้ำ (Fluvial Deposit) แทรกสลับอยู่

หน่วยหิน C เป็นหน่วยหินที่ทับถมต่อเนื่องจากหน่วย B มีอายุอ่อนที่สุด ประกอบด้วย หินกรวดมน หินทราย และหินโคลนที่มีก้อนกรวดแทรกอยู่บนเนื้อหิน หินหมวดนี้อยู่ในระดับต้น กลางแอ่งแผ่ลงไปทางใต้และตะวันออก ส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยตะกอนยุคปัจจุบัน

แอ่งเสรีมงาม

แอ่งวางตัวในแนวเหนือ – ใต้ และหินภายในแอ่งเป็นหินยุคเทอร์เชียรีแผ่กระจายอยู่ทั่วไป ในบริเวณตอนใต้ของแอ่ง และมักมีชั้นตะกอนร่วน (unconsolidated sediments) ชั้นบางๆ ปิดทับ แอ่งออกเป็น 2 ชั้น

หินยุคเทอร์เชียรีตอนล่าง (Lower Tertiary rocks) พบในบริเวณกลางแอ่งตอนใต้ ประกอบด้วยหินดินดาน และหินน้ำมัน หินโคลน มีชั้นหินดินดานปนถ่าน ชั้นดินเหนียว และชั้นถ่านหินแทรกสลับเป็นชั้นบางๆ สะสมตัวแบบ Lacustrine environment

หินยุคเทอร์เชียรีตอนบน (Upper Tertiary rocks) พบโผล่เป็นกลุ่มเนินเขาสูงกว่าเนินเขาหินยุคเทอร์เชียรีตอนล่าง ซึ่งประกอบด้วยหินกรวดมน หินทรายแป้ง หินโคลน และหินปูนน้ำจืด มีลักษณะกึ่งแข็งตัว (semi - consolidated) และชั้นตะกอนร่วนพวกชั้นดินเหนียว กรวด ทราย และทรายแป้ง ที่ยังไม่มีการแข็งตัว

การจัดแบ่งหินออกเป็นกลุ่มและหมวดย่อยต่างๆ ตลอดจนการกำหนดอายุของหินอาศัยข้อมูลพื้นฐานจากรายงานการวิจัยของกรมทรัพยากรธรณี การเลียงลำดับชั้นหินแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนของหินบริเวณรอบขอบแอ่งอายุก่อนเทอร์เชียรี ส่วนของหินในแอ่งเป็นหินยุคเทอร์เชียรี และส่วนของหินปิดทับเป็นหินยุคควอเทอร์นารี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข/1 แสดงผลค่าความเป็นกรดต่างของแต่ละตัวอย่าง

Station	UTM		pH
	mE	mN	
TOB-US1	547043	1986345	9.58
TOB-US2	547035	1986347	9.24
TOB-US3	547018	1986355	8.91
TOB-US4	546999	1986370	9.96
TOB-US5	546968	1986388	9.99
TOB-US6	546968	1986388	9.59
TOB-tuff1	547162	1985481	8.36
TOB-tuff2	547167	1985462	7.60
TOB-tuff3	547143	1985440	7.83
TOB-tuff4	546975	1986385	8.44
TOB-Qtz1	547167	1985462	7.69
TOB-Qtz2	547154	1985438	9.69
TOB-Qtz3	546964	1986389	9.36
TOB-Qtz4	546931	1986410	8.42
TOB-MS	547167	1985462	5.05
TOB-Cal	547154	1985438	8.51
TOB-Uncon1	547167	1985462	8.73
ค่าเฉลี่ย			8.64

Station	UTM		pH
	mE	mN	
OB-SS1	547132	1985882	9.83
OB-SS2	547154	1985915	9.98
OB-SS3	547139	1985992	9.92
OB-SS4	547124	1986130	9.94
OB-SS5	546893	1986303	9.69
OB-SS6	546853	1986329	9.67
OB-SS7	546841	1986328	9.69
OB-SS8 (L)	546824	1986332	9.35
OB-SS9 (UB)	546824	1986332	8.95
OB-SS10	546796	1986346	9.08
OB-Cal1	547132	1985882	9.75
OB-Cal2	547134	1986018	10.01
OB-Cal3	547136	1986056	10.02
OB-Cal4	547082	1986158	9.80
OB-Cal5	547028	1986203	10.11
OB-Cal6	546893	1986303	9.98
OB-CG1	547140	1985895	10.07

Station	UTM		pH
	mE	mN	
OB-CG2	547153	1985935	9.77
OB-CG3	547139	1985992	9.84
OB-CG4	547144	1986077	10.03
OB-CG5	547124	1986130	9.78
OB-CG6	547028	1986203	9.84
OB-CG7	546939	1986272	10.10
OB-CG8	546847	1986323	9.39
OB-CG9	546820	1986336	9.55
OB-CG10	546807	1986342	9.46
OB-MS1	547121	1986132	10.02
OB-MS2	547098	1986147	9.78
OB-MS3	547098	1986147	9.94
OB-MS4	547045	1986164	9.53
OB-MS5	547028	1986203	10.03
OB-MS6	546990	1986239	9.30
OB-MS7	546921	1986281	8.50
OB-MS8	546814	1986337	8.78
OB-MS9	546781	1986351	9.44
OB-Silt/SS	547109	1986140	9.08
ค่าเฉลี่ย			9.67
BC-1	546571	1986369	7.68
BC-2	546705	1986388	6.33
BC-3	546612	1986456	6.21
BC-4	546584	1986475	6.51
BC-5	546525	1986539	6.61
BC-MS1	546564	1986368	4.68
BC-MS2	546613	1986354	7.04
BC-MS3	546632	1986347	4.60
BC-MS4	546626	1986446	
BC-MS5	546584	1986475	6.44
BC-SS1	546613	1986354	7.93
BC-SS2	546639	1986345	8.20
BC-SS3	546655	1986338	8.10
BC-SS4	546721	1986299	8.55
BC-SS5	546772	1986360	8.89
BC-CC1	546677	1986328	5.90
BC-CC2	546697	1986389	4.67
BC-CC3	546626	1986446	4.96
BC-CC4	546549	1986520	5.30
BC-CC5	546525	1986539	4.14
ค่าเฉลี่ย			6.46

Station	UTM		pH
	mE	mN	
CI-1	546467	1986504	5.58
CI-2	546502	1986538	5.21
CI-3	546501	1986379	5.30
CI-4	546490	1986314	5.15
CI-5	546474	1986212	4.85
CI-6	546468	1986168	4.55
CI-7	546564	1986368	4.98
CI-Py1	546461	1986495	7.70
CI-Py2	546502	1986538	6.06
CI-Py3	546501	1986379	7.02
CI-Py4	546490	1986314	6.83
CI-Py5	546474	1986212	7.26
CI-CC1	546496	1986359	5.55
CI-CC2	546490	1986314	6.68
CI-CC3	546487	1986286	5.33
CI-CC4	546468	1986168	5.37
ค่าเฉลี่ย			5.84
IB-SS1	546438	1986460	7.91
IB-SS2	546453	1986488	8.10
IB-SS3	546461	1986492	7.92
IB-SS4	546500	1986538	8.06
IB-SS5	546490	1986350	8.04
IB-CS1	546438	1986460	3.96
IB-CS2	546453	1986488	7.02
IB-CS3	546500	1986538	
IB-CS4	546437	1986101	7.89
IB-CS5	546448	1986113	6.85
IB-MS1	546443	1986473	4.82
IB-MS2	546472	1986400	8.37
IB-MS3	546501	1986379	7.77
IB-MS4	546469	1986202	7.63
IB-MS5	546453	1986138	7.43
IB?	546472	1986208	8.12
ค่าเฉลี่ย			7.33

Station	UTM		pH
	mE	mN	
CII-1	546316	1985969	5.21
CII-2	546321	1986001	4.64
CII-3	546354	1986076	4.94
CII-4	546451	1986298	4.83
CII-5	546438	1986460	3.26
CII-Py1	546319	1986015	6.93
CII-Py2	546329	1986041	6.92
CII-Py3	546341	1986065	6.92
CII-Py4	546401	1986189	6.26
CII-Si1	546444	1986291	6.80
CII-PySi4	546451	1986298	7.41
CII-PySi5	546438	1986460	7.42
CII?-Py	546482	1986546	7.25
CII?-cc	546482	1986546	5.06
ค่าเฉลี่ย			5.99
UB-1	546355	1986104	6.02
UB-2	546350	1986097	6.16
UB-3	546330	1986084	6.46
UB-4	546329	1986067	6.12
UB-5	546310	1986016	5.94
UB-SS1	546310	1986016	7.48
UB-SS2	546298	1985983	6.73
UB-SS3	546294	1985454	7.86
UB-SS4	546051	1985577	7.92
UB-SS5?	546093	1985480	8.33
UB-SS4(New)	546351	1986085	7.46
UB-SS1(New)	546311	1986012	7.01
UB-Silt1	546085	1985607	4.80
UB-Silt2	546037	1985585	4.55
UB-Silt3	546027	1985581	4.48
UB-Silt4	546093	1985480	4.76
UB-Silt5	546073	1985468	8.17
UB-tuff1	546067	1985566	8.01
UB-tuff2	546073	1985468	8.07
UB-fe	546027	1985581	
UB-??	546027	1985581	7.65
tuff?	546037	1985585	7.33
ค่าเฉลี่ย			6.73

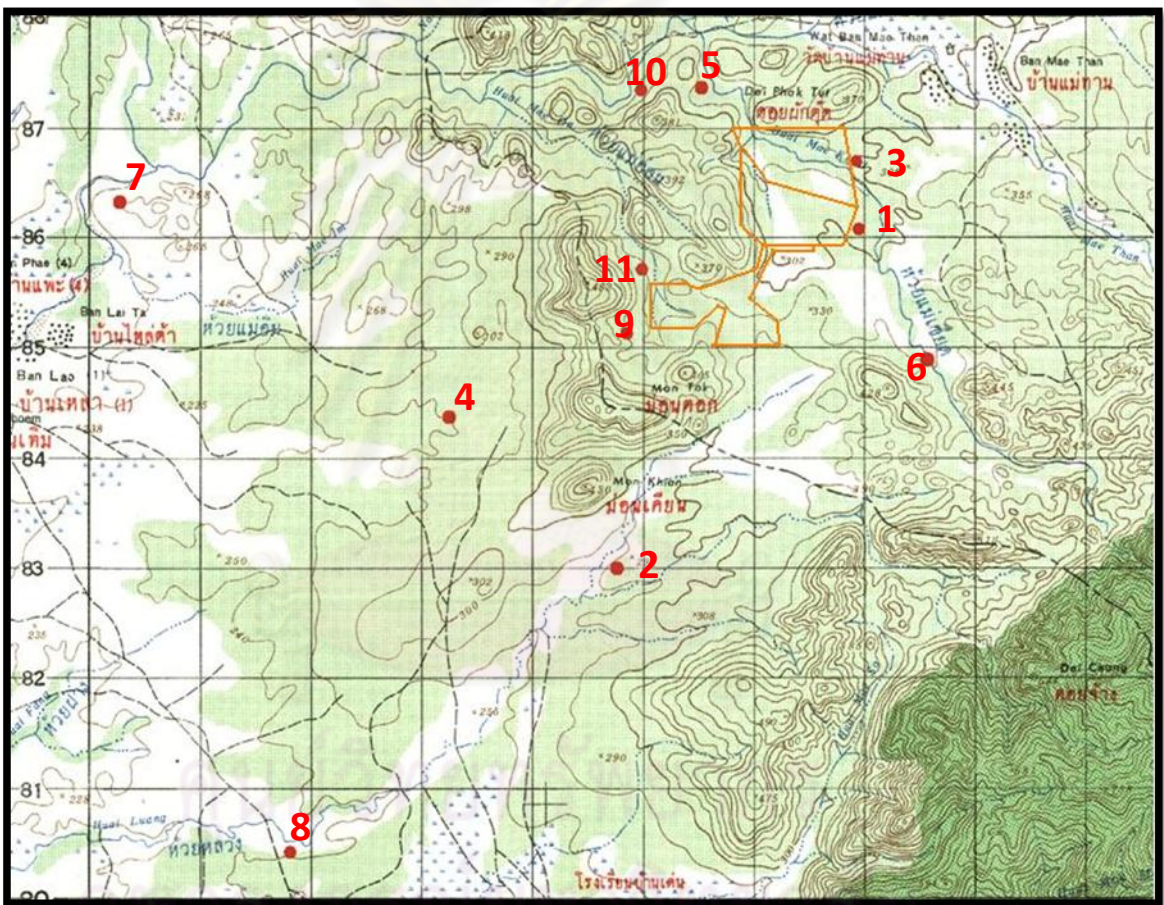
Location	LABEL	UTM		pH
		mE	mN	
wast dump	WD-1	0543315	1984406	9.74
	WD-2	0543288	1984440	9.34
	WD-3	0543283	1984442	4.08
	WD-4	0543281	1984445	9.72
	WD-5	0543268	1984586	9.45
	WD-6	0543336	1984794	9.09
	WD-7	0543823	1984808	9.71
	WD-8	0543814	1984809	9.72
	WD-9	0543808	1984822	9.27
	WD-10	0543829	1984780	9.36
Inside pit south	InS-1	0546416	1985024	9.71
	InS-2	0546306	1985037	10.08
	InS-3	0546214	1985050	3.63
	InS-4	0546139	1985077	9.61
	InS-5	0546054	1985123	9.86
	InS-6	0545987	1985181	6.34
	InS-7	0545854	1985064	9.72
	InS-8	0545866	1985072	9.98
	InS-9	0545866	1985072	9.64
	InS-10	0545892	1985232	7.74
Inside pit west	InW-1	0546026	1986126	7.30
	InW-2	0546049	1986273	9.32
	InW-3	0546103	1986414	9.38
	InW-4	0546139	1986508	9.36
	InW-5	0546194	1986627	9.86
	InW-6	0546209	1986674	9.46
	InW-7	0546206	1986542	9.63
	InW-8	0546206	1986331	9.60
	InW-9	0546230	1986193	9.95
	InW-10	0546238	1986185	9.84

Location	LABEL	UTM		pH
		mE	mN	
East dump	ED-1	0547453	1986234	9.54
	ED-2	0547461	1986255	9.62
	ED-3	0547422	1986038	9.40
	ED-4	0547440	1986031	9.39
	ED-5	0547446	1986025	9.11
	ED-6	0547455	1985802	8.06
	ED-7	0547470	1985806	8.17
	ED-8	0547595	1985860	9.61
	ED-9	0547637	1985855	9.77
	ED-10	0547660	1985862	9.54
Main dump	MD-1	0545794	1984195	9.07
	MD-2	0545808	1984183	9.23
	MD-3	0545858	1984142	9.44
	MD-4	0545932	1984092	8.65
	MD-5	0545716	1984204	9.19
	MD-6	0545649	1984099	4.10
	MD-7	0545469	1983974	8.75
	MD-8	0545355	1983840	9.19
	MD-9	054938	1983440	8.85
	MD-10	0544955	1983410	8.54
Inside dump	InD-1	0545417	1985608	8.08
	InD-2	0545505	1985613	9.84
	InD-3	0545000	1985022	9.75
	InD-4	0545020	1985090	8.16
	InD-5	0545033	1985158	8.51
	InD-6	0545052	1985200	8.22
	InD-7	0545247	1985429	9.26
	InD-8	05445192	1985442	5.79
	InD-9	0545455	1985260	8.79
	InD-10	0545434	1985245	9.91

คุณภาพน้ำผิวดิน

เหมืองถ่านหินลิกไนต์และดินบอเคลย์ บ้านแม่ทาน อ.แม่ทะ จ.ลำปาง

ในการสำรวจภาคสนามระหว่างวันที่ 27 – 28 กันยายน 2553 เพื่อเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน จำนวน 11 ตัวอย่างตามจุดศึกษา ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำผิวดินดังแสดงในตารางที่ ข/2 และ รูปที่ 1-ข



รูปที่ 1-ข แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษา และตำแหน่งเก็บตัวอย่าง

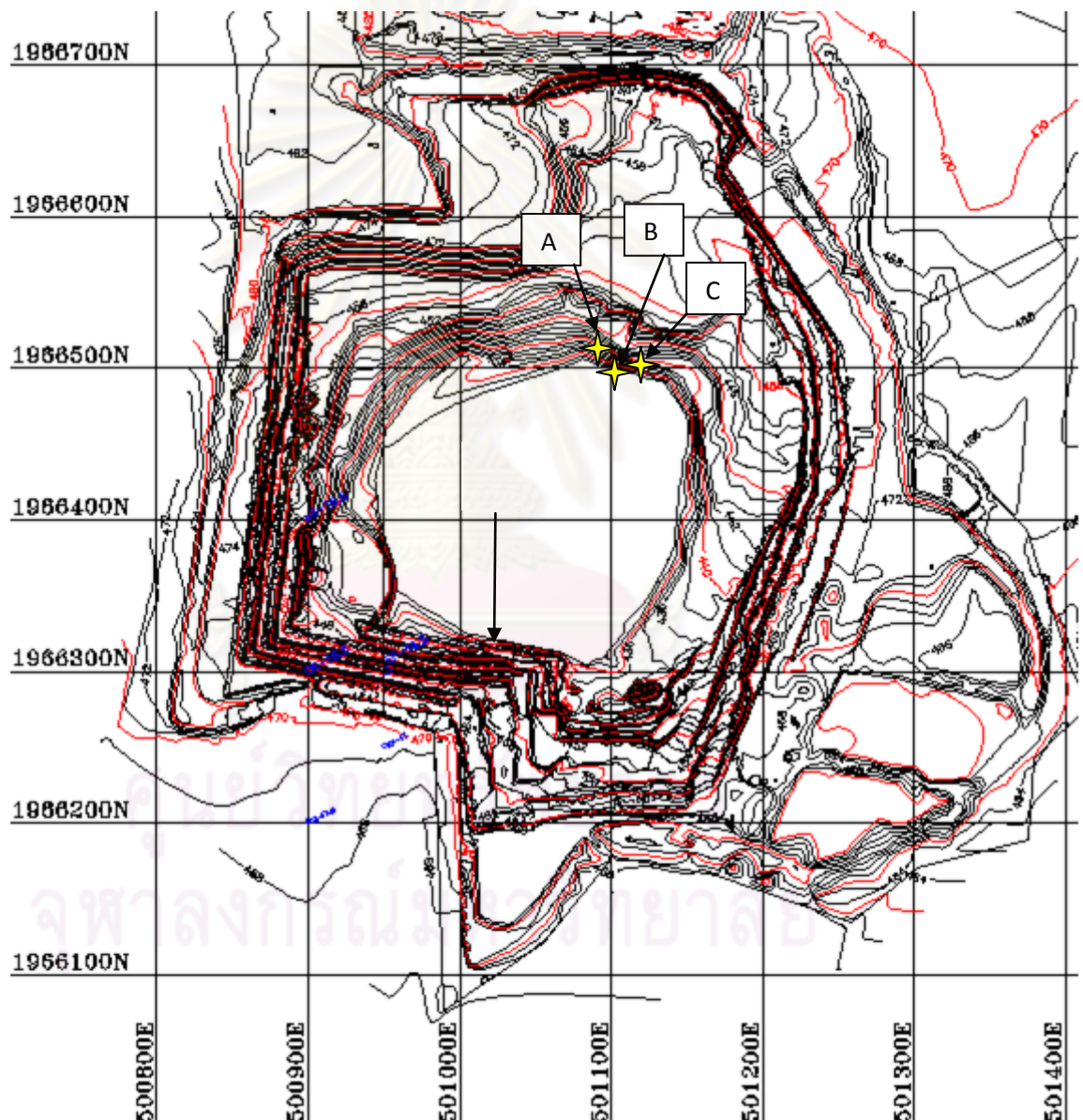
ตารางที่ ข/2 ค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และแอนไอออนในน้ำผิวดินที่ตำแหน่งต่างๆ

Location	Name	pH	ความเข้มข้น (mg/L)							
			Ca	Mg	Na	K	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻
1	บ่อในเหมือง	8.00	95.53	36.04	19.30	6.69	3.19	6.00	213.56	317.00
2	บ่อดักตะกอน Main dump	7.90	65.35	26.82	15.20	4.68	ND	ND	85.42	238.23
3	บ่อข้าง Office	8.52	37.38	40.27	16.40	3.32	2.13	ND	122.03	35.06
4	บ่อดักตะกอน West dump	7.66	33.38	17.81	11.70	5.04	ND	6.00	122.03	76.85
5	บ่อเก็บน้ำของโครงการ	7.90	40.73	12.93	16.20	3.19	ND	ND	109.83	70.60
6	ห้วยแม่เขียดขาเข้า	N/A	35.33	8.10	8.90	3.56	2.13	ND	115.93	37.94
7	อ่างเก็บน้ำแม่ทาน	8.19	33.98	8.00	6.70	3.97	ND	ND	97.63	55.71
8	อ่างเก็บน้ำแม่กัวะ	8.22	40.63	20.08	11.60	5.72	ND	ND	109.83	70.12
9	อ่างเก็บน้ำข้าง Inside dump	7.90	32.63	9.47	13.00	4.17	2.13	ND	79.32	133.52
10	ห้วยแม่เขียดขาออก	8.07	27.08	6.03	10.90	2.74	ND	ND	134.24	4.80
11	น้ำจากห้วยแม่อ่อนหลังผ่านบ่อดักตะกอน inside dump	7.70	74.25	28.89	61.00	5.38	1.06	ND	176.95	146.01

หมายเหตุ ND: Not detected

เหมืองถ่านหินบ้านโสัง อ.ลี้ จ.ลำพูน

เมื่อวันที่ 3 ตุลาคม 2553 หน่วยวิจัยกลศาสตร์ธรณีได้เก็บตัวอย่างน้ำในบ่อเหมืองที่ระดับความลึกต่างกัน 3 จุด ดังแสดงในรูปที่ 2-ข และนำตัวอย่างน้ำมาทดสอบความเป็นกรดเป็นด่างในห้องปฏิบัติการ โดยใช้เครื่อง Metrohm 173 pH meter ผลจากการตรวจวัดแสดงในตารางที่ ข/3



รูปที่ 2-ข แสดงตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อเหมืองถ่านหินบ้านโสัง

ตารางที่ ข/3 ผลจากการตรวจวัดค่าความเป็นกรดต่าง

Location 1 Depth = 4 m		Location 2 Depth = 5 m		Location 3 Depth = 5 m	
Samples	pH	Samples	pH	Samples	pH
A1	6.07	B1	5.71	C1	5.36
A2	5.92	B2	5.68	C2	5.39
A3	5.88	B3	5.46	C3	5.49
A4	5.80	B4	5.55	C4	5.34
Avg.	5.9	Avg.	5.6	Avg.	5.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค/1 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี ABA-Test เทียบกับ NAG-Test

NAME	ABA			NAG	
	NNP	NAPP	NPR	NAG pH	NAG (H ₂ SO ₄)
	NP-AP	MPA-ANC	NP/AP		
TOB-US1	-18.08521	18.07271	-27.93634	11.21000	0.00000
TOB-US2	64.54052	-64.55364	99.34745	11.24000	0.00000
TOB-US3	44.54498	-44.55748	72.27197	11.99000	0.00000
TOB-US4	231.68163	-231.69788	286.14662	12.00000	0.00000
TOB-US5	366.15476	-366.19663	175.87988	11.29000	0.00000
TOB-US6	43.70077	-43.71264	74.60129	10.20000	0.00000
TOB-tuff1	5.87000	-5.88625	8.22462	7.76000	0.00000
TOB-tuff2	0.05231	-0.06668	1.07278	7.82000	0.00000
TOB-tuff3	8.53394	-8.54832	12.87331	8.46000	0.00000
TOB-tuff4	0.20612	-0.21800	1.34715	7.47000	0.00000
TOB-Qtz1	3.12371	-3.22308	1.62867	6.13000	3.35014
TOB-Qtz2	555.78809	-555.87247	132.74236	12.22000	0.00000
TOB-Qtz3	14.17038	-14.26288	4.06387	10.15000	0.00000
TOB-Qtz4	-7.36933	7.17495	0.24174	6.23000	3.27350
TOB-MS	-0.96875	0.94938	0.00000	6.18000	1.53130
TOB-Cal	793.56220	-793.58658	652.12796	12.09000	0.00000
TOB-Uncon1	0.66010	-0.67260	2.05615	8.33000	0.00000
OB-SS1	5.80048	-5.81298	10.28077	7.29000	0.00000
OB-SS2	53.00062	-53.02312	48.11166	11.75000	0.00000
OB-SS3	5.65118	-5.66868	7.45849	7.38000	0.00000
OB-SS4	176.22062	-176.23499	246.17651	10.93000	0.00000
OB-SS5	4.02675	-4.06050	3.38622	10.25000	0.00000
OB-SS6	99.22954	-99.24266	152.20692	10.15000	0.00000
OB-SS7	4.70990	-4.72365	7.85077	8.07000	0.00000
OB-SS8 (L)	2.75756	-2.76506	8.35350	7.44000	0.00000
OB-SS9 (UB)	487.09583	-487.10958	709.50303	9.62000	0.00000
OB-SS10	50.85286	-50.86911	63.58814	11.26000	0.00000
OB-Cal1	560.60584	-560.63709	359.78774	11.27000	0.00000
OB-Cal2	660.74618	-660.76743	622.87876	10.39000	0.00000
OB-Cal3	556.56033	-556.57408	810.54230	10.38000	0.00000
OB-Cal4	1034.93324	-1034.94824	1380.91099	11.84000	0.00000
OB-Cal5	565.59516	-565.61516	566.59516	11.90000	0.00000
OB-Cal6	59.80288	-59.82163	64.78974	11.22000	0.00000
OB-CG1	1061.25526	-1061.27088	1359.40673	10.72000	0.00000
OB-CG2	4.35542	-4.37229	6.16198	7.69000	0.00000
OB-CG3	8.03596	-8.06721	6.14302	8.47000	0.00000
OB-CG4	185.19041	-185.23666	81.08234	10.99000	0.00000

NAME	ABA			NAG	
	NNP	NAPP	NPR	NAG pH	NAG (H ₂ SO ₄)
	NP-AP	MPA-ANC	NP/AP		
OB-CG5	106.97160	-106.99098	111.42230	10.06000	0.00000
OB-CG6	138.00950	-138.04512	78.47902	10.17000	0.00000
OB-CG7	497.76821	-497.77946	885.92126	10.13000	0.00000
OB-CG8	11.71804	-11.73617	13.93026	7.30000	0.00000
OB-CG9	9.02559	-9.05059	8.22047	6.86000	0.61374
OB-CG10	34.32434	-34.34246	38.87513	7.23000	0.00000
OB-MS1	782.50652	-782.52215	1002.60835	9.86000	0.00000
OB-MS2	40.62159	-40.65784	23.41191	10.42000	0.00000
OB-MS3	76.54853	-76.59291	35.50075	9.32000	0.00000
OB-MS4	-54.60176	52.70176	0.42524	10.75000	0.00000
OB-MS5	11.08647	-11.12897	6.21716	8.95000	0.00000
OB-MS6	39.67143	-39.68830	48.01799	9.07000	0.00000
OB-MS7	14.47138	-14.54013	5.20986	7.66000	0.00000
OB-MS8	3.27801	-3.32989	2.26381	7.69000	0.00000
OB-MS9	22.02407	-22.07095	10.39694	8.56000	0.00000
OB-Silt/SS	839.89301	-839.93488	402.14293	11.27000	0.00000
BC-1	31.04275	-31.06712	26.47097	9.38000	0.00000
BC-2	-0.82313	0.78001	0.61826	7.43000	0.00000
BC-3	5.70641	-5.74891	3.68537	7.23000	0.00000
BC-4	-0.61017	0.56142	0.74967	5.84000	3.67658
BC-5	2.42486	-2.44424	3.50308	5.74000	4.80806
BC-MS1	13.49216	-13.68091	2.42963	4.82000	68.04398
BC-MS2	6.30259	-6.37384	2.76915	8.16000	0.00000
BC-MS3	0.70149	-0.76211	1.23142	4.96000	45.72394
BC-MS4					
BC-MS5	-1.65489	1.53114	0.73254	7.64000	0.00000
BC-SS1	-40.71234	40.69796	-55.64326	6.17000	20.77592
BC-SS2	237.14223	-237.15723	317.18964	9.23000	0.00000
BC-SS3	430.61184	-430.62747	552.18316	9.67000	0.00000
BC-SS4	21.30075	-21.31387	33.45828	9.56000	0.00000
BC-SS5	21.91655	-21.93343	26.97517	9.47000	0.00000
BC-SS6					
BC-CC1	-8.73402	8.47402	0.32815	5.35000	9.12227
BC-CC2	-8.91952	8.64514	0.34983	4.62000	47.52716
BC-CC3	0.83719	-1.11907	1.05940	4.54000	73.64467
BC-CC4	-8.71739	8.45239	0.34208	6.33000	3.54225
BC-CC5	-11.76726	11.45726	0.24082	5.51000	9.07749
CI-1	9.23205	-9.24580	14.42843	3.16000	138.98492
CI-2	13.76349	-13.77536	24.18061	3.15000	183.58289

NAME	ABA			NAG	
	NNP	NAPP	NPR	NAG pH	NAG (H ₂ SO ₄)
	NP-AP	MPA-ANC	NP/AP		
CI-3	7.95454	-8.02517	3.25261	3.18000	158.18434
CI-4	6.85892	-6.93579	2.78443	3.10000	188.14887
CI-5	-232.94067	228.04692	0.04801	3.11000	192.63014
CI-6	9.83684	-9.84371	29.61626	3.21000	85.95854
CI-7	2.83497	-2.96622	1.43199	2.75000	80.59785
CI-Py1	42.41005	-42.46505	16.42183	7.85000	0.00000
CI-Py2	32.78279	-32.83716	13.05804	4.15000	4.91192
CI-Py3	44.88816	-44.97191	11.71956	5.33000	22.01556
CI-Py4	49.15107	-49.17044	51.73659	4.57000	84.69876
CI-Py5	37.68193	-37.75318	11.57739	5.92000	11.00846
CI-CC1	3.74102	-3.76540	4.06956	3.96000	7.66874
CI-CC2	3.58290	-3.59478	7.03436	5.49000	5.52149
CI-CC3	-11.01085	10.70710	0.27501	4.33000	63.49932
CI-CC4	-4.32067	4.30317	-3.93791	3.94000	9.40771
IB-SS1	51.56975	-51.59288	45.60086	8.34000	0.00000
IB-SS2	97.95950	-97.98075	93.19718	8.80000	0.00000
IB-SS3	74.58216	-74.63591	28.75150	8.24000	0.00000
IB-SS4	61.33408	-61.34471	116.45239	8.45000	0.00000
IB-SS5	101.17855	-101.19855	102.17855	8.69000	0.00000
IB-CS1	-8.42759	8.16509	0.35790	4.23000	11.13172
IB-CS2	0.76114	-0.83989	1.19331	7.23000	0.00000
IB-CS3	-1.90625	1.86813	0.00000	9.02000	0.00000
IB-CS4	4.23362	-4.28987	2.50529	6.42000	1.80373
IB-CS5	0.55902	-0.60527	1.24174	5.91000	3.06833
IB-MS1	-2.80726	2.70726	0.43855	5.14000	4.43463
IB-MS2	-1.15063	1.08063	0.67125	6.85000	4.89625
IB-MS3	0.63614	-0.71739	1.15659	7.10000	0.00000
IB-MS4	3.13911	-3.19536	2.11613	7.24000	0.00000
IB-MS5	0.90088	-0.92463	1.75863	6.48000	2.11346
IB?	105.47345	-105.55533	26.76451	9.52000	0.00000
CII-1	-63.08044	61.44294	0.22955	3.16000	147.02816
CII-2	-143.08341	139.87091	0.10921	3.10000	98.57631
CII-3	-192.14071	187.90321	0.09314	2.73000	97.76027
CII-4	18.33324	-18.40511	6.10142	3.10000	190.64377
CII-5	5.20697	-5.26572	2.77259	3.80000	75.83503
CII-Py1	61.99878	-62.05566	22.80177	6.53000	4.19719
CII-Py2	67.07038	-67.11351	32.10510	6.31000	6.58017
CII-Py3	79.50423	-79.51798	116.64252	5.86000	10.35202
CII-Py4	76.65374	-76.66811	107.64868	5.55000	30.49617

NAME	ABA			NAG	
	NPP	NAPP	NPR	NAG pH	NAG (H ₂ SO ₄)
	NP-AP	MPA-ANC	NP/AP		
CII-Si1	68.10089	-68.11714	84.81648	5.41000	34.60978
CII-PySi4	71.08300	-71.13988	25.99622	5.65000	6.95183
CII-PySi5	68.45051	-68.49739	30.20555	5.73000	17.46892
CII?-Py	66.62917	-66.64979	65.61010	6.53000	3.35814
CII?-cc	22.43492	-22.48742	9.54663	3.55000	57.92910
UB-1	-0.99176	0.90301	0.77650	4.60000	9.82383
UB-2	7.26494	-7.33369	3.11344	4.12000	1.84197
UB-3	-1.05426	0.96426	0.76572	5.15000	3.89739
UB-4	9.27559	-9.29559	10.27559	6.43000	0.61276
UB-5	0.94799	-1.01674	1.27578	6.93000	0.15084
UB-SS1	97.49894	-97.52769	68.82535	8.69000	0.00000
UB-SS2	70.37319	-70.39257	73.64329	7.34000	0.00000
UB-SS3	84.09475	-84.11038	108.64128	8.75000	0.00000
UB-SS4	33.59614	-33.63427	18.62421	8.73000	0.00000
UB-SS5?	59.80404	-59.85467	24.62629	8.89000	0.00000
UB-SS4(New)	79.11420	-79.13170	91.41623	8.73000	0.00000
UB-SS1(New)	413.29867	-413.29867	#DIV/0!	8.25000	0.00000
UB-Silt1	2.06849	-2.07724	5.72798	5.24000	5.19812
UB-Silt2	-4.68525	4.57275	0.16707	5.35000	2.07589
UB-Silt3	-7.75223	7.61598	-0.13794	5.62000	0.00000
UB-Silt4	37.22159	-37.28159	13.40720	6.86000	0.30529
UB-Silt5	3.62176	-3.66676	2.60967	6.30000	1.48049
UB-tuff1	45.04339	-45.09839	17.37941	8.36000	0.00000
UB-tuff2	11.71192	-11.72442	19.73908	9.43000	0.00000
UB-fe					
UB-??	3.68150	-3.82088	1.52829	5.10000	3.93894
tuff?	1.19158	-1.20221	3.24298	8.04000	0.00000
DUMP					
ED-1	107.92485	-107.92485	133.83058	9.70	0.00000
ED-2	99.90596	-99.90596	115.17824	10.43	0.00000
ED-3	138.70567	-138.70567	48.72668	10.02	0.00000
ED-4	121.80012	-121.80012	41.60004	10.14	0.00000
ED-5	12.31279	-12.31279	13.31279	7.82	0.00000
ED-6	51.54654	-51.54654	11.92377	9.59	0.00000
ED-7	40.06927	-40.06927	33.05542	9.98	0.00000
ED-8	290.91760	-290.91760	359.05243	10.72	0.00000
ED-9	412.13182	-412.13182	300.73223	9.73	0.00000
ED-10	396.74530	-396.74530	240.54433	10.73	0.00000
WS-1	380.75079	-380.75079	188.44654	11.00	0.00000

NAME	ABA			NAG	
	NNP	NAPP	NPR	NAG pH	NAG (H ₂ SO ₄)
	NP-AP	MPA-ANC	NP/AP		
WS-2	5.35313	-5.35313	2.78438	6.97	0.00000
WS-3	366.39598	-366.39598	267.46980	10.89	0.00000
WS-4	162.52896	-162.52896	79.80192	11.14	0.00000
WS-5	18.59609	-18.59609	5.25054	8.84	0.00000
WS-6	299.58371	-299.58371	122.35037	10.37	0.00000
WS-7	44.28728	-44.28728	21.84107	10.00	0.00000
WS-8	143.61773	-143.61773	68.58481	9.62	0.00000
WS-9	433.74421	-433.74421	172.35574	10.55	0.00000
WS-10	334.49886	-334.49886	103.92273	10.70	0.00000
MD-1	33.46385	-33.46385	6.57731	9.92	0.00000
MD-2	1212.89450	-1212.89450	1079.12845	11.48	0.00000
MD-3	52.97333	-52.97333	63.78321	10.67	0.00000
MD-4	54.86260	-54.86260	44.89008	9.96	0.00000
MD-5	193.45183	-193.45183	239.09456	10.65	0.00000
MD-6	-26.16903	26.16903	0.04296	3.87	6.42377
MD-7	28.79843	-28.79843	77.79583	10.86	0.00000
MD-8	47.81441	-47.81441	39.25153	10.02	0.00000
MD-9	90.18600	-90.18600	69.71314	10.73	0.00000
MD-10	19.25198	-19.25198	3.61044	8.28	0.00000
InW-1	5.69179	-5.69179	3.24861	5.43	0.00000
InW-2	892.34559	-892.34559	1099.27149	11.60	0.00000
InW-3	363.29685	-363.29685	582.27496	11.84	0.00000
InW-4	65.98034	-65.98034	28.78120	10.13	0.00000
InW-5	125.19495	-125.19495	161.24953	10.54	0.00000
InW-6	49.55625	-49.55625	89.10000	10.93	0.00000
InW-7	-12.99844	12.99844	-26.73000	10.57	0.00000
InW-8	266.30098	-266.30098	134.15049	8.77	0.00000
InW-9	43.10607	-43.10607	20.42809	9.75	0.00000
InW-10	93.22670	-93.22670	42.43409	10.98	0.00000
InS-1	207.66663	-207.66663	247.12342	8.91	0.00000
InS-2	62.64263	-62.64263	29.23330	10.78	0.00000
InS-3	-34.92526	34.92526	-0.45144	3.56	8.00701
InS-4	48.07735	-48.07735	15.93665	8.67	0.00000
InS-5	388.59891	-388.59891	173.71063	10.62	0.00000
InS-6	3.21455	-3.21455	1.22314	5.75	7.34145
InS-7	381.50635	-381.50635	197.90650	9.59	0.00000
InS-8	22.20004	-22.20004	55.64626	8.50	0.00000
InS-9	98.76739	-98.76739	144.66166	11.77	0.00000
InS-10	46.44856	-46.44856	15.15575	7.71	0.00000

NAME	ABA			NAG	NAG (H ₂ SO ₄)
	NNP	NAPP	NPR	NAG pH	
	NP-AP	MPA-ANC	NP/AP		
InD-1	23.42624	-23.42624	6.35457	11.03	0.00000
InD-2	54.21406	-54.21406	145.57083	9.81	0.00000
InD-3	168.64011	-168.64011	73.92545	10.35	0.00000
InD-4	13.00858	-13.00858	4.78431	7.38	0.00000
InD-5	2.71152	-2.71152	1.89452	5.98	0.00000
InD-6	6.08971	-6.08971	5.87176	7.24	0.00000
InD-7	-18.23534	18.23534	-5.14243	10.56	0.00000
InD-8	-2.41853	2.41853	0.76405	4.67	6.09843
InD-9	124.95439	-124.95439	25.99088	10.80	0.00000
InD-10	967.96007	-967.96007	939.62795	9.75	0.00000

หมายเหตุ



ไม่มีศักยภาพเป็นกรด



มีศักยภาพเป็นกรด



ไม่สามารถระบุได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวปิยะธิดา แสงทอง เกิดเมื่อวันอาทิตย์ที่ 15 เดือนกุมภาพันธ์ ปีพุทธศักราช 2530 ที่จังหวัดพิษณุโลก สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนชัชวาทพิทยาคม จังหวัดชัชวาท ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ และระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาธรณีวิทยา ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ในปีการศึกษา 2551

ปัจจุบันได้เข้ารับการศึกษาคณะในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมทรัพยากรธรณี ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย