



# โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ถอดรหัสพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์จากประเทศญี่ปุ่น

โดย

นางสาวภาณุมาศ ภูพันธ์

เลขประจำตัวนิสิต 5932723623

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี  
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2562

ถอดรหัสพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์จากประเทศญี่ปุ่น

นางสาวภาณุมาศ ภูพันธ์

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2562

DECODING OF DIATOMITE MAT FROM JAPAN

MISS PHANUMAS POOPAN

A Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Bachelor of Science Program in Geology  
Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University  
Academic Year 2019

หัวข้อโครงการ

ถอดรหัสพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์จากประเทศญี่ปุ่น

โดย

นางสาวภาณุมาศ ภูพันธ์

สาขาวิชา

ธรณีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก

รองศาสตราจารย์ ดร. ฐาสินี เจริญจิตรัตน์

วันที่ส่ง .....

วันที่อนุมัติ .....

.....

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. ฐาสินี เจริญจิตรัตน์)

Project Title                      DECODING OF DIATOMITE MAT FROM JAPAN  
By Miss                             Phanumas Poopan  
Field of Study                    Geology  
Project Advisor                  Associate Professor Dr. Thasinee Charoentitirat

---

Submitted date .....

Approval date .....

.....

Project Advisor

(Associate Professor Dr. Thasinee Charoentitirat)

ภาณุมาศ ภูพันธ์ : ถอดรหัสพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์จากประเทศญี่ปุ่น.

(DECODING OF DIATOMITE MAT FROM JAPAN)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก : รองศาสตราจารย์ ดร. ฐาสินี เจริญฐิติรัตน์, 34 หน้า

ดินเบา (Diatomite) มีความเบา มีรูพรุนมาก และมีไดอะตอมเป็นสมบัติเฉพาะ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆได้ เช่น อุตสาหกรรมประเภทการกรอง การเติม วัสดุผสมน้ำหนักเบา ฉนวนความร้อน และใช้ในการผลิตวัสดุดูดซับของเสีย เป็นต้น ผลิตภัณฑ์พรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์ เป็นผลิตภัณฑ์จากดินเบา ใช้ในการดูดซับน้ำ โดยมีการโฆษณาจากผู้ผลิตสินค้าว่า องค์ประกอบหลักของพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์คือดินเบาจากธรรมชาติ ด้วยเหตุนี้ ผู้ศึกษาจึงทำการวิเคราะห์ตัวอย่างพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์ด้วยวิธีการทางธรณีวิทยาเพราะต้องการรู้องค์ประกอบและปริมาณไดอะตอมที่ใช้ และวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติที่มีอยู่ในประเทศไทยควบคู่ไปพร้อมกัน นอกจากนี้ ผู้ศึกษาได้ปรับปรุงคุณภาพของดินเบาจากธรรมชาติที่มีอยู่ในประเทศไทย เพื่อให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆมากยิ่งขึ้น

จากการศึกษาตัวอย่างพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์ พบว่าองค์ประกอบหลักของพรมเช็ดเท้าที่ขายในท้องตลาดไม่พบส่วนประกอบที่เป็นไดอะตอม แต่ประกอบด้วยควอตซ์ (Quartz) แร่โครโซไทล์ (Chrysotile) และแร่โทเบอร์โมไรท์ (Tobermorite) มีธาตุองค์ประกอบหลักคือ ซิลิกอนไดออกไซด์ แคลเซียมออกไซด์ และแมกนีเซียมออกไซด์ สอดคล้องกับคุณสมบัติทางเคมีของแร่องค์ประกอบหลักทั้งสอง แร่ใยหินโครโซไทล์เป็นแร่ใยหินในกลุ่มเซอร์เพนไทน์ มีการใช้งานในอุตสาหกรรมต่างๆมากที่สุด เนื่องจากส่งผลเสียต่อสุขภาพน้อยกว่าแร่ใยหินชนิดอื่นๆ ทั้งนี้องค์ประกอบแร่ทั้งสองชนิด มักถูกใช้เป็นส่วนผสมของวัสดุก่อสร้าง เนื่องจากมีความทนทาน น้ำหนักเบา และเป็นฉนวนความร้อน

นอกจากนี้การศึกษาตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติในประเทศไทยพบว่า มีองค์ประกอบหลักคือไดอะตอม แร่ดินคาโอลินิต (Kaolinite), และแร่มอนต์มอริลโลไนต์ (Montmorillonite) ทำให้ตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติมีองค์ประกอบของไดอะตอมอยู่ในสัดส่วนที่ต่ำกว่ามาตรฐาน รวมถึงมีการปนเปื้อนของอะลูมิเนียมออกไซด์ และไอออนออกไซด์มากจนเกินไป หลังจากปรับปรุงคุณภาพและเปรียบเทียบตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติและดินเบาที่ผ่านปรับปรุงคุณภาพด้วยการหมუნเหวียงแล้ว พบว่าตัวอย่างดินเบาในส่วนที่ตกจม (Pellet) มีสัดส่วนของ ซิลิกอนไดออกไซด์ เพิ่มขึ้นเฉลี่ย ร้อยละ 5 และมีการปนเปื้อนของอะลูมิเนียมออกไซด์ และ ไอออนออกไซด์ ลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ดินเบาจากธรรมชาติที่ผ่านปรับปรุงคุณภาพแล้วแม้ว่าจะมีสัดส่วนของไดอะตอมเพิ่มขึ้น แต่ยังคงมีสัดส่วนของไดอะตอมต่ำกว่าปริมาณที่กำหนดสำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรมหลายชนิด จึงจำเป็นต้องวิจัยและพัฒนาปรับปรุงคุณภาพของไดอะตอมไมต์ต่อไป

ภาควิชา	ธรณีวิทยา	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา	ธรณีวิทยา	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก.....
ปีการศึกษา	2562	

# # 5932723623: MAJOR GEOLOGY

KEYWORDS: DIATOMITE / DIATOMITE MAT / DIATOMACEOUS CLAY

PHANUMAS POOPAN: DECODING OF DIATOMITE MAT FROM JAPAN.

ADVISOR: ASSOCIATE PROFESSOR DR.THASINEE CHAROENTITIRAT, 34 pp.

Diatomite is a porous, lightweight sedimentary rock. This properties can be used in various industries such as filtration aids, filler aids, lightweight aggregates, insulator aids, and absorbent materials. Nowadays, diatomite mat is a popular product made from diatomaceous earth which is very popular product. It is said that the natural diatomaceous earth is the main component of diatomite mat. For this reason, the study will focus on analysis of diatomite mat samples and natural diatomite in order to know their composition. In addition, the quality of natural diatomite will be improved for more suitable use in various industries.

For diatomite mat study, diatom grains are not observed. The principal components of the diatomite mat are quartz, chrysotile and tobermorite. The main elements contain  $\text{SiO}_2$ , CaO and MgO. Chrysotile is a type of asbestos in the serpentine group. It is the most commonly used form of asbestos in industries because it has less harmful than other types. Both mineral components are often used as building raw materials due to their durability, lightweight and insulation.

Furthermore, the study of natural diatomite samples in Thailand shows that the main components are quartz, kaolinite, and montmorillonite. Moreover, it is strongly contaminated by  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . That is the reason why Thailand's natural diatomite has low-standard of industrial uses. A centrifuge method has been used to improve natural diatomite's quality. It shows that  $\text{SiO}_2$  ratio in pellet has about 5% increased, and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  have few percentages decreased. After natural diatomite improvement, it still has a lower  $\text{SiO}_2$  ratio. Though, it can be used for some industrial purposes, the research on improve quality of diatomite must be examined in the future.

Department:	Geology	Student's Signature.....
Field of Study:	Geology	Advisor's Signature.....
Academic Year:	2019	

## กิตติกรรมประกาศ

การทำงานวิจัยครั้งนี้จะสำเร็จลุล่วงลงไม่ได้หากขาดคำแนะนำ ความรู้ และความช่วยเหลือต่างๆจากบุคคลหลายฝ่าย

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ฐาสินี เจริญฐิติรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงใส่ใจดูแล และให้กำลังใจตลอดระยะเวลาการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณบริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด มหาชน ที่ให้การอนุเคราะห์ตัวอย่างดินเบาจากจังหวัดลำปาง ซึ่งเป็นตัวอย่างที่สำคัญในงานวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนการให้ความรู้ คำแนะนำต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นางสาวรสสุคนธ์ มุสิกบุตร นางเบญจวรรณ เทพสถิตศิลป์ และ นายภูวินทร์ สามเพชรเจริญ บุคคลผู้ดูแล และให้ความช่วยเหลือ ตลอดระยะเวลาการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทั้งเหล่าคณาจารย์ รวมถึงบุคลากร ที่ได้ให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือในการใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นางจิระประภา เนียมปาน บุคคลผู้ดูแล และให้ความช่วยเหลือ ตลอดระยะเวลาการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ รุ่นน้องทุกคน ที่ให้คำปรึกษา รวมถึงกำลังใจที่ได้รับตลอดระยะเวลาในการทำงานวิจัยครั้งนี้

สุดท้าย ขอขอบคุณครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจ และคอยสนับสนุนอยู่เบื้องหลังเสมอมา ทำให้ผู้วิจัยสามารถทำสำเร็จลุล่วงไปได้เป็นอย่างดี

นางสาวภาณุมาศ ภูพันธ์

ผู้จัดทำ



## สารบัญ

บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
<b>บทที่ 1 : บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 จุดประสงค์	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย	2
1.5 พื้นที่ศึกษา	4
1.6 ธรณีวิทยาทั่วไป	4
1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
1.7.1 ข้อมูลทั่วไปของดินเบา	8
1.7.2 คุณสมบัติของดินเบา	8
1.7.3 ชนิดของไดอะตอม	10
1.7.4 ข้อมูลทั่วไปของพรมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์	10
1.7.5 ข้อมูลทั่วไปของเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)	11
1.7.6 ชนิดของเครื่องหมุนเหวี่ยง	12
<b>บทที่ 2 : ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล</b>	<b>13</b>
2.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติของพรมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์	13
2.1.1 ผลการเตรียมตัวอย่างพรมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์	13
2.1.2 ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบของพรมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์	14
2.1.3 ผลการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของพรมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์ โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-ray Fluorescence)	15
2.1.4 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างพรมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์ โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron microscope)	16

2.2	การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินเบาจากธรรมชาติ	18
2.2.1	การเก็บตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติ	18
2.2.2	ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบของดินเบาจากธรรมชาติ โดยเทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffractometer)	19
2.2.3	ผลการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของดินเบาจากธรรมชาติ โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอ็กซ์ (X-ray Fluorescence)	20
2.2.4	ผลการวิเคราะห์ไดอะตอมจากดินเบาธรรมชาติ โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron microscope)	20
2.3	การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินเบาจากธรรมชาติหลังผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยวิธีการหมุนเหวี่ยง	22
2.3.1	ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบของดินเบาจากธรรมชาติหลังผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธี การหมุนเหวี่ยง โดยเทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffractometer)	23
2.3.1.1	ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบของดินเบาจากธรรมชาติในตัวอย่างตะกอน ที่แขวนลอย (Supernatant) โดยเทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffractometer)	23
2.3.1.2	ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบของดินเบาจากธรรมชาติในตัวอย่างตะกอนที่ตกจม (Pellet) โดยเทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffractometer)	23
2.3.2	วิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของดินเบาจากธรรมชาติหลังผ่านการปรับปรุงคุณภาพ ด้วยวิธี การหมุนเหวี่ยง โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอ็กซ์ (X-ray Fluorescence)	25
2.3.2.1	ผลการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของดินเบาจากธรรมชาติในตัวอย่างตะกอนที่แขวนลอย (Supernatant) โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอ็กซ์ (X-ray Fluorescence)	25
2.3.2.2	ผลการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของดินเบาจากธรรมชาติในตัวอย่างตะกอนที่ใน ตัวอย่างตะกอนที่ตกจม (Pellet) โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอ็กซ์ (X-ray Fluorescence)	25
<b>บทที่ 3 : สรุปผลการศึกษา</b>		<b>27</b>
3.1	อภิปรายผลการศึกษา	27
3.1.1	องค์ประกอบของพรมเซ็ดเท้าไดอะตอมไม้ต์จากประเทศญี่ปุ่น	27
3.1.2	แร่ใยหินโครโซไทล์	27
3.1.3	องค์ประกอบของตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติของประเทศไทย	31
3.1.4	ผลการปรับปรุงคุณภาพตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติของประเทศไทยโดยวิธีการหมุนเหวี่ยง	32
3.2	สรุปผลการศึกษา	32
<b>เอกสารอ้างอิง</b>		<b>33</b>

## สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1.1	แผนภาพขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์และเปรียบเทียบสมบัติของดินเบา	3
รูปที่ 1.2	พื้นที่สำรวจดินเบา ตำบลน้ำโจ้ว อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง	4
รูปที่ 1.3	การสะสมสมตัวของแอ่งลำปาง	6
รูปที่ 1.4	ลำดับชั้นหินของแอ่งลำปาง	7
รูปที่ 1.5	ไดอะตอมชนิด <i>Melosira granulata</i>	10
รูปที่ 1.6	ไดอะตอมชนิด <i>Navicula</i>	10
รูปที่ 1.7	ไดอะตอมชนิด <i>Frafilaria</i>	10
รูปที่ 1.8	ตัวอย่างพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์	11
รูปที่ 1.9	เครื่องหมุนเหวี่ยงที่ใช้ในการทดลอง	11
รูปที่ 2.1	การแบ่งตัวอย่างตามความหนาพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์	13
รูปที่ 2.2	ความหนาของพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	13
รูปที่ 2.3	กราฟผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ โดยแสดงผลแรงแรงค์ประกอบของตัวอย่างพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์	14
รูปที่ 2.4	ภาพถ่ายตัวอย่างพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์ จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	17
รูปที่ 2.5	แหล่งดินเบาดำบลน้ำโจ้ว อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง	18
รูปที่ 2.6	กราฟผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ โดยแสดงผลแรงแรงค์ประกอบของตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติ	19
รูปที่ 2.7	ภาพตัวอย่างไดอะตอมไมต์จากธรรมชาติ โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	22
รูปที่ 2.8	เครื่องล้างความถี่สูง (Ultrasonic cleaning machine)	23
รูปที่ 2.9	เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)	23
รูปที่ 2.10	กราฟแสดงผลแรงแรงค์ประกอบของตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติที่แขวนลอยหลังผ่านการหมุนเหวี่ยง	24
รูปที่ 2.11	กราฟแสดงผลแรงแรงค์ประกอบของตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติที่ตกจมหลังผ่านการหมุนเหวี่ยง	25
รูปที่ 3.1	ลักษณะโครงสร้างและการสลายตัวของแร่ใยหินโครโซไทล์	28
รูปที่ 3.2	ลักษณะ Asbestiform ของแร่ใยหินโครโซไทล์ภายใต้กล้อง SEM	28
รูปที่ 3.3	ลักษณะ Asbestiform ของแร่ใยหินโครโซไทล์จากพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์ภายใต้กล้อง SEM	28

รูปที่ 3.4 ลักษณะโครงสร้างและการสลายตัวของแร่ใยหินกลุ่มแอมฟิโบล	29
รูปที่ 3.5 ลักษณะเป็นเส้นใยเหยียดตรงคล้ายเข็มภายใต้กล้อง SEM	29
รูปที่ 3.6 ลักษณะ Asbestiform ซึ่งมีความโค้งงอของแร่ใยหินโครโซไทล์จากพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์ ภายใต้กล้อง SEM	29
รูปที่ 3.7 ลักษณะของ Quartz grains ของตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติภายใต้กล้อง SEM	31
รูปที่ 3.8 ลักษณะของ Quartz grains ภายใต้กล้อง SEM	31

## สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1	ตารางแสดงร้อยละของปริมาณออกไซด์หลักในดินเบาจากแหล่งต่างๆ	9
ตารางที่ 1.2	ตารางแสดงข้อกำหนดพื้นฐานสำหรับการซื้อขายและนำไปใช้งานของดินเบา	9
ตารางที่ 2.1	ปริมาณแร่องค์ประกอบของดินเบาจากพรมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์	14
ตารางที่ 2.2	ปริมาณธาตุองค์ประกอบของดินเบาจากพรมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์	15
ตารางที่ 2.3	ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติ	19
ตารางที่ 2.4	ปริมาณแร่องค์ประกอบของดินเบาจากธรรมชาติ	19
ตารางที่ 2.5	ปริมาณธาตุองค์ประกอบของดินเบาจากธรรมชาติ	20
ตารางที่ 2.6	ปริมาณแร่องค์ประกอบของตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติที่แขวนลอยหลังผ่านการหมุนเหวี่ยง	24
ตารางที่ 2.7	ปริมาณแร่องค์ประกอบของตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติที่ตกจมหลังผ่านการหมุนเหวี่ยง	24
ตารางที่ 2.8	ตารางแสดงปริมาณธาตุองค์ประกอบของดินเบาในตัวอย่างตะกอนแขวนลอยหลังผ่านการหมุนเหวี่ยง	26
ตารางที่ 2.9	ปริมาณธาตุองค์ประกอบของดินเบาในตัวอย่างตะกอนที่ตกจม หลังผ่านการหมุนเหวี่ยง	26
ตารางที่ 3.1	ปริมาณธาตุองค์ประกอบของตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติเปรียบเทียบกันระหว่าง ก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพที่ตกจมหลังผ่านการหมุนเหวี่ยง	32

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญ (Introduction)

ดินเบา (Diatomite หรือ Diatomaceous earth) เป็นหินตะกอนที่มีความแตกต่างจากหินตะกอนชนิดอื่น เนื่องจากมีน้ำหนักเบา เนื้อหินเปราะ และมักมีสีอ่อน เช่น ขาว ครีมน้ำตาลอ่อน เหลืองอ่อน เป็นต้น ดินเบาเกิดจากการตกทับถมกันของโครงสร้างส่วนแข็ง (Frustules) ของไดอะตอม (Diatom) จำนวนมหาศาล ซึ่งไดอะตอม ประกอบด้วยซิลิกาไร้ผลึกในรูปของโอปอล (Opaline silica) ซึ่งมีรูปร่างแตกต่างกันออกไปในแต่ละสายพันธุ์ บ้างอาจเป็นท่อนกลม เป็นจาน เป็นสามเหลี่ยม หรือรูปทรงอื่นๆ เปลือกของไดอะตอมมีลักษณะเด่นคือมีรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมาก ประกอบกับการที่ไดอะตอมมีรูปร่างต่างกัน ทำให้การจัดเรียงตัวขณะทับถมเป็นไปอย่างไม่เป็นระเบียบ ดังนั้นดินเบาจึงมีความพรุน (Porosity) ค่อนข้างสูง เฉลี่ยประมาณร้อยละ 40-60 ของปริมาตรดินเบาทั้งหมด ส่งผลให้ดินเบามีคุณสมบัติเฉพาะ และสามารถใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติดังกล่าวในอุตสาหกรรมต่างๆได้ เช่น อุตสาหกรรมประเภทการกรอง (Filter aids) ใช้กรองของเหลวประเภท น้ำมันพืช น้ำผลไม้ เบียร์ หรือไวน์ เป็นต้น ในอุตสาหกรรมการเติม ทำหน้าที่เป็นตัวเติมปรับสภาพ (Filler) ใช้เติมลงในสีหรือพลาสติก ใช้ในอุตสาหกรรมวัสดุผสมน้ำหนักเบา (Lightweight aggregates) ใช้ในอุตสาหกรรมฉนวนความร้อน (Insulator) และใช้ในอุตสาหกรรมวัสดุดูดซับของเสีย (Absorbent) เป็นต้น (Inglethorpe & Pearce, 1999; Harben, 1992)

ดินเบาถือเป็นทรัพยากรที่สำคัญทางเศรษฐกิจเนื่องจากเป็นทรัพยากรหายาก จากการค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากดินเบาพบว่ามีกรณีนำไปใช้ประโยชน์ทั้งในรูปแบบดินเบาโดยตรงและการแปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์จากดินเบาในรูปแบบผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น การแปรรูปดินเบาเป็นผลิตภัณฑ์พรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์ ซึ่งมีกรกล่าวถึงคุณสมบัติของพรมเช็ดเท้าว่าสามารถซึมซับน้ำได้อย่างรวดเร็ว ดูแลรักษาง่าย ทั้งยังสามารถลดกลิ่นอับชื้นได้อีกด้วย เพื่อพิสูจน์ข้อเท็จจริงของคุณสมบัติดังกล่าว ผู้ศึกษาจึงออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพของพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์ และเลือกใช้พรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์จากประเทศญี่ปุ่นในการศึกษา เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรฐานและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย นอกจากนี้การตั้งสมมติฐานข้างต้นทำให้เกิดข้อสงสัยต่อไปว่า หากผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพตามกล่าวอ้างจริง จะสามารถใช้ดินเบาที่มีอยู่ในประเทศไทยเป็นวัตถุดิบทดแทนได้หรือไม่ ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาคุณสมบัติดินเบาในประเทศไทยควบคู่ไปพร้อมกัน

ดินเบาในประเทศไทยถือเป็นสิ่งที่น้อยคนจะให้ความสนใจหรือศึกษาอย่างละเอียด เนื่องจากดินเบาของไทยมีคุณภาพด้อยกว่าดินเบาที่ซื้อขายกันในตลาดโลก โดยมีการปนเปื้อนของเหล็กออกไซด์ และอะลูมิเนียมออกไซด์ สูงถึงร้อยละ 20-30 โดยประมาณ (Kumanchan & Traiyan, 1986) ดินเบาในประเทศไทยถูกใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษเป็นหลัก เช่น ใช้ใส่แมลง เติมลงในอาหารสัตว์ และพื้นฟูแหล่งน้ำ เนื่องจากการนำไปใช้งานโดยไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปอาจทำให้ไม่สามารถถึงประสิทธิภาพของดินเบาออกมาใช้ได้อย่างเต็มที่ ส่งผลให้ไม่สามารถตั้งราคาได้สูงเท่าที่ควร ปัจจุบันพบดินเบาเพียงแหล่งเดียวในประเทศไทยคือบริเวณจังหวัดลำปาง

ตัวอย่างดินเบาที่ใช้ในโครงการนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด(มหาชน) ผู้รับสัมปทานพื้นที่บริเวณแหล่งดินเบาบริเวณตำบลน้ำโจ้ว อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง โดยแหล่งดินเบาจัดอยู่ในหน่วยหินเกาะคา (Koh Kha Formation) สละสมตัวในยุคเทอร์เชียรีตอนปลาย (Late Tertiary) โดยสละสมตัวสลับกับตะกอนโคลน ความหนาของชั้นดินเบา มีมากถึง 35 เมตร (Sripongpan, 1985) เมื่อพิจารณาแนวโน้มการสละสมตัวของดินเบาในพื้นที่ศึกษา พบว่าดินเบามีการสละสมตัวเป็นชั้นหนามากขึ้นจากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก ดังนั้นจึงเลือกใช้ตัวอย่างจากหลุมเจาะ DH-3 เพื่อเป็นตัวแทนข้อมูลของพื้นที่ทั้งหมด เนื่องจากอยู่ทางทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษา และมีการสละสมตัวของดินเบาเป็นชั้นหนาสุด เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลจากหลุมเจาะสำรวจทั้งหมด 6 หลุมที่มีอยู่ในปัจจุบัน การศึกษานี้จะมุ่งเน้นการเปรียบเทียบดินเบาจากพรหมเช็ดเท้าจากประเทศญี่ปุ่นกับดินเบาที่ได้จากหลุมเจาะจากจังหวัดลำปาง เพื่อดูองค์ประกอบของทั้งสองตัวอย่าง หลังจากนั้นจะดูแนวโน้มและปรับปรุงคุณภาพดินเบาของไทยเพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมแต่ละชนิดในอนาคต

## 1.2 จุดประสงค์ (Objectives)

- 1.2.1 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบสมบัติของพรหมเช็ดเท้าไคอะตอมไมต์จากประเทศญี่ปุ่นและดินเบาจากประเทศไทย เช่น สัดส่วนธาตุองค์ประกอบ และไคอะตอมของดินเบาทั้งสองตัวอย่าง
- 1.2.2 ปรับปรุงสมบัติของดินเบาของไทยให้เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม

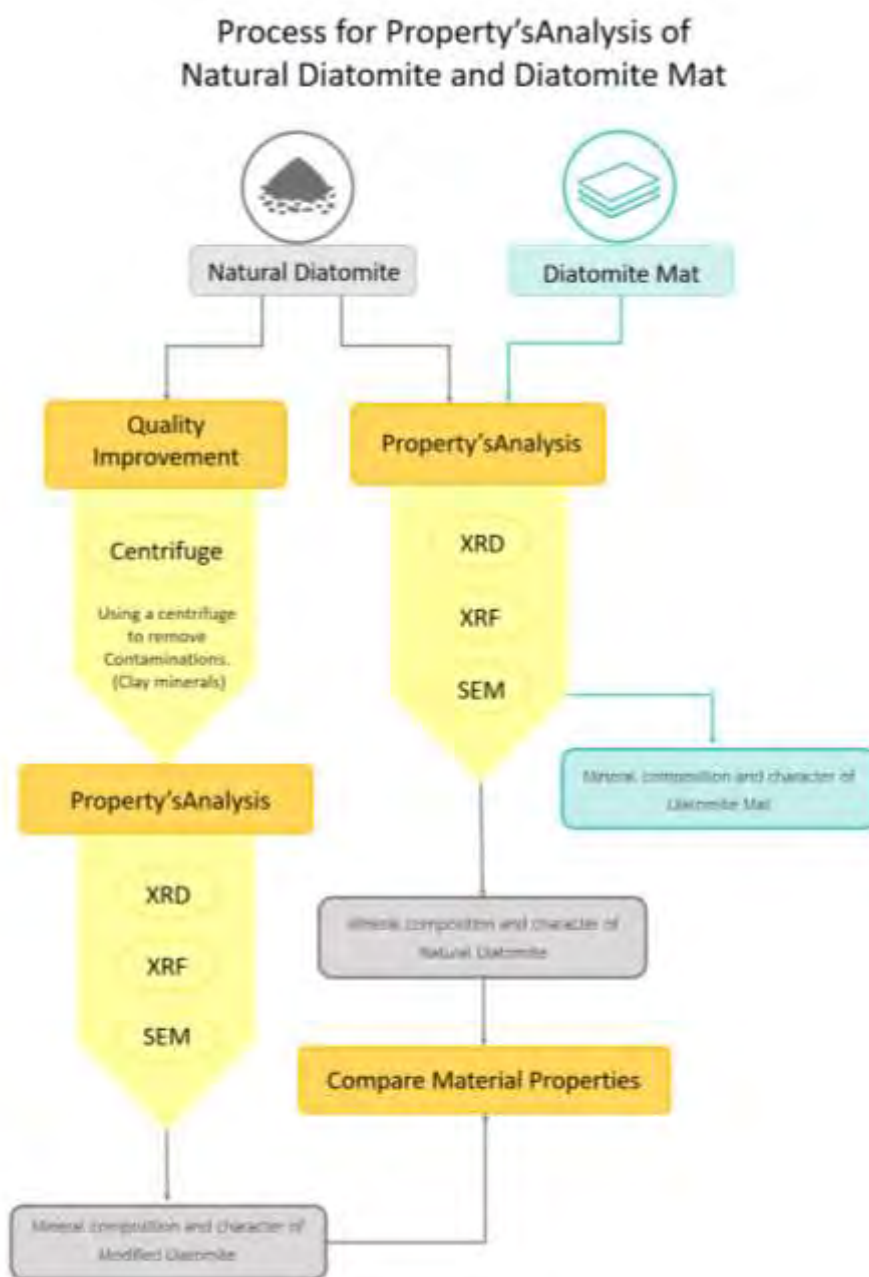
## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Benefits)

- 1.3.1 ข้อมูลคุณสมบัติของพรหมเช็ดเท้าไคอะตอมไมต์จากประเทศญี่ปุ่นและดินเบาจากประเทศไทย เช่น สัดส่วนธาตุองค์ประกอบ และไคอะตอมของดินเบาทั้งสองตัวอย่าง
- 1.3.2 สามารถนำผลการทดลองที่ได้ไปประยุกต์ใช้ หรือพัฒนาคุณภาพของดินเบาของไทยเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆอย่างเหมาะสมในอนาคต

## 1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

- 1.4.1 กำหนดหัวข้อโครงการ และศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลเชิงคุณภาพ ทฤษฎีการสละสมตัว ข้อมูลด้านการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆของดินเบา ทั้งในและต่างประเทศ รวมถึงออกแบบการทดลองโดยการนำวิธีการทางธรณีวิทยามาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม
- 1.4.2 วิเคราะห์คุณสมบัติของดินเบา โดยทำการวิเคราะห์ทั้งดินเบาจากธรรมชาติและพรหมเช็ดเท้าดินเบาด้วยวิธีการดังต่อไปนี้
  - ก. วิเคราะห์แร่องค์ประกอบของดินเบา โดยวิธี X-Ray Diffractometer (XRD)
  - ข. วิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของดินเบา โดยวิธี X-ray Fluorescence (XRF)
  - ค. พิจารณาไคอะตอม โดยวิธี Scanning Electron microscope (SEM)
- 1.4.3 นำผลวิเคราะห์ที่ได้จากข้อ 1.4.2 มาเปรียบเทียบคุณสมบัติของดินเบาทั้งสองแหล่ง เพื่อสังเกตความเหมือนและความแตกต่าง หรือแนวโน้มที่มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของดินเบา เพื่อออกแบบการปรับปรุงคุณสมบัติของดินเบาในขั้นตอนต่อไป

- 1.4.4 ปรับปรุงคุณสมบัติของดินเบา โดยทำการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติ ด้วยการใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) ซึ่งใช้หลักการหมุนรอบจุดหมุน (Center of rotation) เพื่อสร้างแรงหนีศูนย์กลาง ส่งผลให้อนุภาคชนิดต่างๆซึ่งแขวนลอยอยู่ในสารละลายตกตะกอนด้วยแรงนอนกัน (Sedimentation force) ในอัตราเร็วที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อให้สามารถแยกดินเบาบริสุทธิ์ออกจากตะกอนอื่นๆที่ปะปนอยู่ภายในรูปพรุนของดินเบา
- 1.4.5 รวบรวมข้อมูลทั้งหมด อภิปรายผลการศึกษา สรุปผลการศึกษา และจัดทำรายงานผลการศึกษา โดยนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์หามาเรียบเรียงและนำเสนอออกมาในรูปแบบกราฟและตาราง (รูปที่ 1.1)



รูปที่ 1.1 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์และเปรียบเทียบสมบัติของดินเบา



## 1.5 พื้นที่ศึกษา

การศึกษาโครงการนี้ มีการเปรียบเทียบตัวอย่างดินเบาสองประเภท นั่นคือดินเบาจากพรมเซ็ดทำไดอะตอมไมต์ และดินเบาจากธรรมชาติ ซึ่งมีแหล่งที่มาคือบริเวณ ตำบลน้ำโจ้ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง โดยมีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 500 ตารางเมตร (รูปที่ 1.2)



รูปที่ 1.2 พื้นที่สำรวจดินเบา ตำบลน้ำโจ้ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง

## 1.6 ธรณีวิทยาทั่วไป

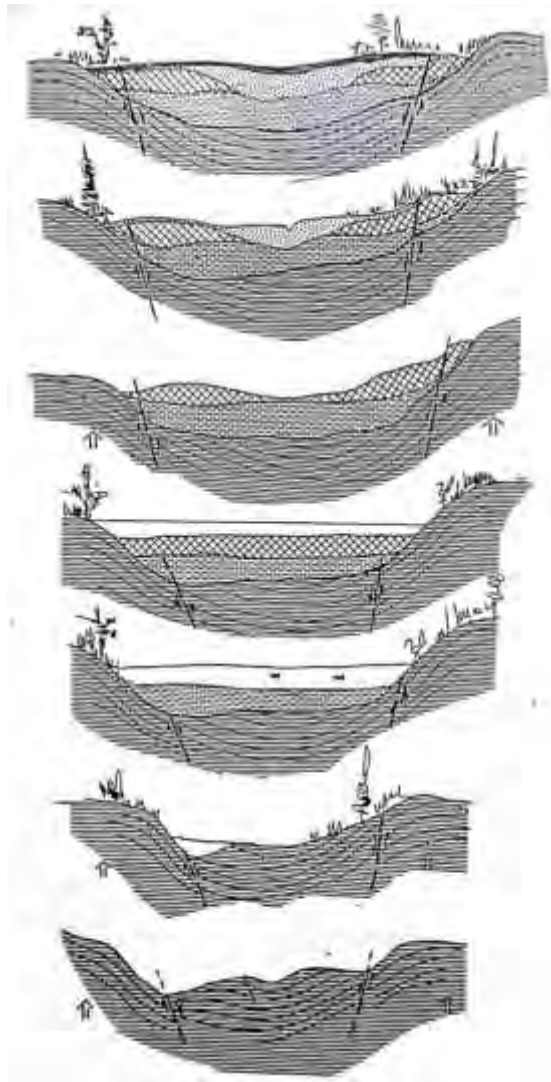
การทรุดตัวของแผ่นดินในช่วงยุคเทอร์เชียรีทำให้เกิดแอ่งสะสมตัวของตะกอนบนพื้นทวีปเป็นจำนวนหลายแห่ง ทางตอนเหนือของประเทศไทย โดยแต่ละแอ่งมีพัฒนาการเฉพาะตัวอยู่ภายใต้กรอบสภาวะแวดล้อมระดับภูมิภาคที่คล้ายคลึงกัน ตัวอย่างของแอ่งสะสมตัวที่เกิดจากปรากฏการณ์นี้ และเป็นที่รู้จักกันดีได้แก่ แอ่งเชียงใหม่ แอ่งลำปาง แอ่งแม่เมาะ แอ่งแม่ทาน แอ่งลี่ และแอ่งงาว ซึ่งสี่แอ่งหลักนั้นเป็นแหล่งถ่านหินที่สำคัญของประเทศ นอกเหนือจากการทรุดตัวแล้ว การเคลื่อนที่ของเปลือกโลกยังทำให้เกิดการระเบิดของภูเขาไฟเป็นบริเวณกว้างและเกิดขึ้นซ้ำกันหลายต่อหลายครั้ง ดังนั้นจึงสามารถพบเศษแก้วและหินตะกอนภูเขาไฟชนิดต่าง ๆ แทรกสลับอยู่ในชั้นหินตะกอนที่สะสมตัวอยู่ในแอ่งอีกด้วย (Rattanasthien, 1992)

หินที่อยู่รอบพื้นที่ที่มีดินเบาสะสมตัวประกอบไปด้วยหินตะกอนในกลุ่มหินลำปาง (Lampang Group) เป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหมวดหินพระธาตุ หมวดหินผาก้าน และหมวดหินฮ่องหอย มีเพียงบริเวณด้านตะวันตกเฉียงเหนือเท่านั้น ที่มีกลุ่มหินดอนชัยและกลุ่มหินแม่ทา ยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียนและคาร์บอนิเฟอรัสโผล่ให้เห็น นอกจากนี้ ยังมีหินภูเขาไฟยุคเพอร์โมไทรแอสซิกโผล่ให้เห็นเป็นบริเวณกว้างทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ และหินบะซอลต์ สมัยโพลสตซีนปกคลุมบางส่วนของพื้นที่ด้านตะวันออกและใต้ของพื้นที่ ซึ่งการวิจัยหาอายุของหินบะซอลต์ ในบริเวณนี้โดยวิธีเทียบเคียงทิศทางสนามแม่เหล็กโลกโบราณ (paleomagnetic correlation) พบว่ามีอายุ

ประมาณ 0.69-0.95 ล้านปี สอดคล้องกับการพบชั้นหินบะซอลต์ปิดทับอยู่บนชั้นกรวดยุคควอเทอร์นารี (Bar & Macdonald, 1981) (รูปที่ 1.4)

ด้านการสำรวจทางธรณีวิทยาภายในบริเวณแอ่งลำปางนั้น Piyasin (1978) รายงานผลการแปลความหมายจากผลสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงของโลกว่า สามารถแบ่งแอ่งลำปางออกเป็น 3 แอ่งย่อย และได้ตั้งชื่อไว้คือ แอ่งย่อยห้างฉัตร (Hang Chat Subbasin), แอ่งย่อยลำปาง (Lampang Subbasin) และแอ่งย่อยแม่ทะ (Mae Tha Subbasin) โดยพื้นที่ศึกษาในโครงการนี้มีการเก็บตัวอย่างจากพื้นที่สำรวจดินเบา ซึ่งตั้งอยู่ภายในแอ่งย่อยแม่ทะ (Mae Tha Subbasin) หน่วยหินเกาะคา (Ko Kha formation) ชุดหินแม่เมาะ (Mae Moh group) ซึ่งแอ่งย่อยแม่ทะนั้นประกอบด้วยลักษณะโครงสร้างที่สำคัญคือ เป็นโครงสร้างที่มีลักษณะรูปประทุนหงาย (Syncline) วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงใต้-ตะวันออกเฉียงเหนือ และมีรอยเลื่อนตัดผ่านในแนวเหนือ-ใต้ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของความสามารถในการกักเก็บทรัพยากรต่างๆในพื้นที่ มีชั้นหินฐานด้านล่างคือหน่วยหินแม่สอด (Mae sot formation) โดยเป็นส่วนหนึ่งของชุดหินแม่เมาะเช่นเดียวกับหน่วยหินเกาะคา

เริ่มแรกได้รับอิทธิพลจากภูเขาไฟในยุคเพอร์เมียน-ไทรแอสสิก จึงเกิดสารละลายจำพวกซิลิกา ภายหลังผุพังกลายเป็นตะกอนขนาดละเอียดจำพวก Clay จากนั้นเกิดการสะสมตัวในสภาพแวดล้อมแบบทะเลสาบ (Lacustrine) ตั้งแต่หน่วยหินแม่สอดเรื่อยมาจนถึงหน่วยหินเกาะคาในช่วงยุคเทอร์เชียรีถึงสมัยไพลสโตซีนตอนต้น และคาดว่ามีการสะสมตัวของดินเบาในสมัยไมโอซีน จากนั้นในช่วงสิ้นสุดของการสะสมตัวบนหน่วยหินเกาะคา เกิดรอยเลื่อน (Fault) และการยกตัว (Uplift) ส่งผลให้หน่วยหินเกาะคาไหลพันแหล่งน้ำ ปรากฏสู่พื้นดิน ต่อมาเกิดการสะสมตัวในสภาพแวดล้อมที่ได้รับอิทธิพลจากแม่น้ำ บริเวณตอนกลางของแอ่งทำให้หน่วยหินเกาะคาบางส่วนถูกตะกอนน้ำพาดกร่อนหายไป ปรากฏหลักฐานคือตะกอนน้ำพาประเภทหินกรวดและหินทรายซึ่งปิดทับอยู่ด้านบนของหน่วยหินเกาะคา และอยู่ในชั้นล่างสุดของหน่วยหินแม่แตง (Mae Tang formation) ซึ่งมีชั้นหนาบริเวณกลางแอ่ง จากนั้นจึงเริ่มมีชั้นดินปกคลุมพื้นที่ในสมัยโฮโลซีน (Sripongpan, 1985) (รูปที่ 1.3)



7. (Holocene) The area of Mae Tha Sub-basin had been covered by “Top soil” formation.

6. Later, Koh Kha formation was subject to partial erosion by fluvial action and subsequently infilled with fluvial sediment of Mae Tang formation.

5. (Pleistocene) Faulting and uplift, Koh Kha formation exposed sub-aerially.

4. (Upper Tertiary to Lower Pleistocene) Lacustrine environment continuous and Koh Kha formation deposited.

3. (Middle to Upper Tertiary) Lacustrine developed and Mae Sot formation deposited.

2. (Lower to Middle Tertiary) Tectonic uplifting, Extensional fault, horsts and grabens.

1. (Late Cretaceous to Lower Tertiary) Tectonic uplifting and developed N/S trending normal fault.



Lanpang Gp.



Mae Sot fm.



Ko Kha fm.

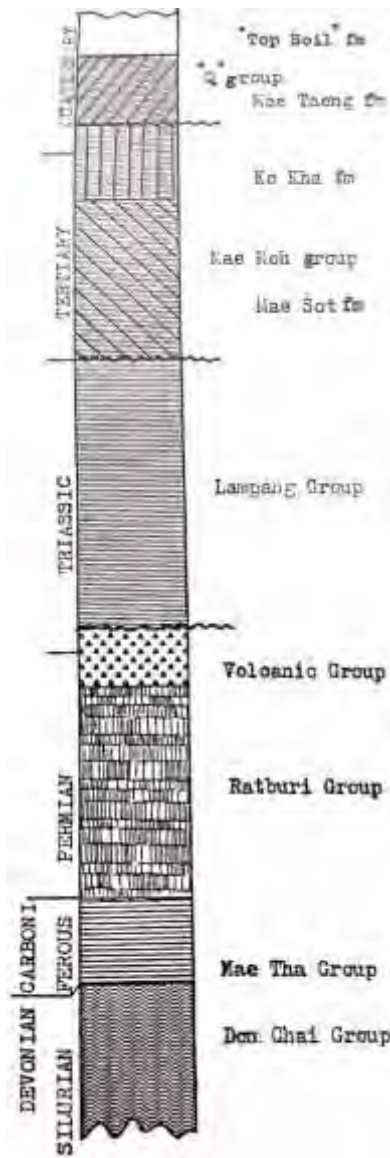


Mae Taeng fg.



Top soil

รูปที่ 1.3 การสะสมตัวของแอ่งลำปาง (Sripongpan, 1985)



- Gravel sand, river-borne sandy clay
- Unconsolidated cobble, gravel with sand and clay matrix
- Clay, diatomaceous clay
- Claystone, mudstone, oil shale, coal and fossils
- Shale, sandstone and conglomerate
- Limestone, limestone conglomerate
- Shale and thin-bedded fine grained sandstone
- Limestone, massive
- Tuff, agglomerate, shale, sandstone
- Rhyolite, andesite, tuff and agglomerate, with shale and tuffaceous sandstone intercalation
- Shale, sandstone
- Mainly limestone with intercalation of thin-bedded tuff
- Clastic and pyroclastic sediments with intercalation of thin-bedded limestone
- Quartzitic sandstone, feldspathic sandstone, shale, andesitic and rhyolitic tuff
- Phyllite, quartzite, schist (green-schist facie)

ชุดหินที่ให้ข้อมูลเกี่ยวข้องกับ Diatomite และ Diatomaceous clay ภายในพื้นที่

รูปที่ 1.4 ลำดับชั้นหินของแอ่งลำปาง (Sripongpan, 1985)



ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงร้อยละของปริมาณออกไซด์หลักในดินเบาจากแหล่งต่าง ๆ (Breese, 1994)

Element (%)	Lompoc, USA	Albacete, Spain	Moler, Denmark	Jilin, PR China
SiO <sub>2</sub>	89.7	88.6	67.8	90.1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.7	0.6	10.3	2.0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.1	0.2	6.9	0.7
CaO	0.3	3.0	1.4	0.4
MgO	0.6	0.8	1.6	0.3
Na <sub>2</sub> O	0.3	0.5	0.5	0.2
K <sub>2</sub> O	0.4	0.4	1.5	0.4
Ignition loss	3.7	5.2	7.9	6.3

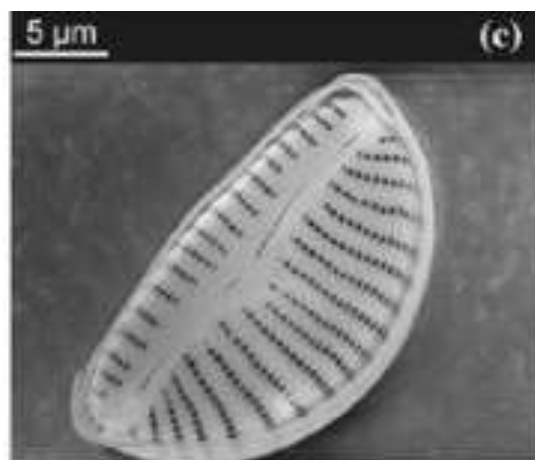
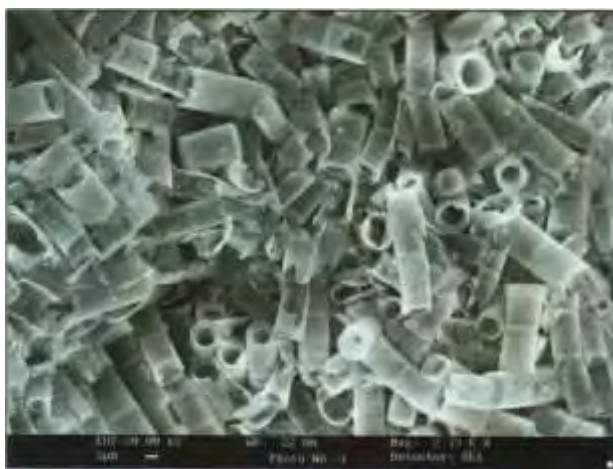
ตารางที่ 1.2 ตารางแสดงข้อกำหนดพื้นฐานสำหรับการซื้อขายและนำไปใช้งานของดินเบา (Breese, 1994)

Applications	Density ( gm/cc)		% Retained 150 mesh	pH (max)	Medium Pore Size (µm)
	Dry	Wet			
<b>Filter Aids</b>					
Vegetable oils	0.45	1.02	2.0	7.0	1.5
Wine	0.51	1.47	2.0	7.0	2.5
<b>Functional Filler</b>					
Paper	0.51	1.28	0.5	7.0	N/A
Paint	0.54	1.41	N/A	10.0	7.8
Rubber	0.55	1.79	0	7.0	5.1

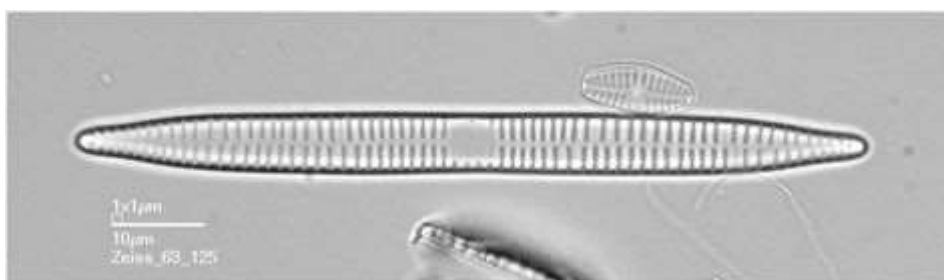
### 1.7.3 ชนิดของไดอะตอม

จากการศึกษาชนิดของไดอะตอมที่พบบริเวณจังหวัดลำปางพบว่าโดยส่วนใหญ่เป็นชนิด *Melosira granulata* เป็นหลัก (รูปที่ 1.5) รองลงมาได้แก่ *Navicula* (รูปที่ 1.6) และ *Frafilaria* (รูปที่ 1.7) ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่จะมีการสะสมตัวอยู่ในบริเวณที่มีสภาพเป็นน้ำนิ่ง มีความอุดมสมบูรณ์สูง ไม่ลึกเกินกว่า 35 เมตร และสะสมตัวอยู่ในน้ำจืด เช่นสภาพแวดล้อมแบบทะเลสาบ (Lacustrine) เป็นต้น (Akutsu, 1974)

ไดอะตอมชนิดดังกล่าวมีช่วงชีวิตอยู่ระหว่างยุคไพลโอซีน จนถึงปัจจุบัน สะสมตัวกระจายอยู่ทั่วพื้นที่บริเวณจังหวัดลำปาง เป็นชั้นหนาบางไม่แน่นอนในแต่ละบริเวณ โดยมากมีการสะสมตัวร่วมกับตะกอนชนิดอื่นๆทำให้มีการปะปนกัน เป็น Diatomaceous clay



รูปที่ 1.5 ไดอะตอมชนิด *Melosira granulata* (Akutsu, 1974) รูปที่ 1.6 ไดอะตอมชนิด *Navicula* (Zhang et al., 2011)



รูปที่ 1.7 ไดอะตอมชนิด *Frafilaria* (Cupp, 1943)

### 1.7.4 ข้อมูลทั่วไปของพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์

พรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์หรือพรมหินเช็ดเท้า (รูปที่ 1.8) มีลักษณะเป็นแผ่นหินบางประมาณหนึ่งเซนติเมตร ความกว้างและความยาวมีหลากหลายขนาดตามความเหมาะสม จากการสืบค้นพบว่าผู้ขายหลายแหล่งให้ข้อมูลตรงกันคือ พรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์มีคุณสมบัติดูดซับความชื้นได้ดี แห้งสนิทย่างรวดเร็ว ง่ายต่อการดูแลรักษา ลดกลิ่นอับชื้น ป้องกันเชื้อรา และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้พรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์ได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังมีข้อแนะนำในการใช้งานคือควรนำผลิตภัณฑ์ตากแดดก่อนใช้งาน 2-3 ชั่วโมงเพื่อไล่

ความชื้น และหากพรมหिनเซ็ดเท้ามีสีคล้ำหรือบริเวณที่สกปรก สามารถใช้แผ่นขัดทำความสะอาดขัดพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ให้สวยงามเหมือนใหม่ได้ อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบงานวิจัยที่ศึกษาลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติที่แน่นชัดของพรมเซ็ดเท้าได้อะตอมไมด์

### 1.7.5 ข้อมูลทั่วไปของเครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)

เครื่องหมุนเหวี่ยง (รูปที่ 1.9) เป็นเครื่องมือสำหรับเร่งอัตราการตกตะกอนของอนุภาค (Particle) ที่ไม่ละลายออกจากของเหลว หรือใช้แยกของเหลวหลาย ๆ ชนิดที่มีความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ต่างกันออกจากกัน โดยแรงหนีศูนย์กลางที่เกิดจากการหมุนรอบจุดหมุน (Center of rotation) ในความเร็วรอบที่สูงมาก โดยธรรมชาติอนุภาคชนิดต่าง ๆ ที่แขวนลอยอยู่ในสารละลายจะตกตะกอนด้วยแรงนอนกัน (Sedimentation force) ในอัตราเร็วที่ต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค น้ำหนักโมเลกุล ความหนาแน่น ความหนืดของสารละลาย และแรงโน้มถ่วงของโลกที่ทำต่ออนุภาค ในขณะที่เดียวกันจะมีแรงลอยตัว (Buoyancy force) และแรงเสียดทาน (Frictional resistance force) จากของเหลวภายในหลอดทดลองเพื่อต่อต้านการตกจมของอนุภาค ภายใต้สนามแรงหนีศูนย์กลางอนุภาคจะตกตะกอนด้วยอัตราเร็วที่ไม่เท่ากัน การปั่นแยกตะกอนจึงต้องใช้เวลาให้นานเพียงพอที่อนุภาคจะตกตะกอนทั้งหมด จนกลายเป็นก้อนตะกอน (Pellet) และของเหลวเหนือตะกอน (Supernatant) วิธีนี้เป็นที่นิยมสำหรับการปั่นแยกตะกอนออกจากของเหลว และสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับแยกสารแต่ละชนิดออกจากกัน โดยการกำหนดอัตราเร็วและระยะเวลาในการปั่นแยกที่ที่แตกต่างกันไปในแต่ละกรณีเพื่อแยกตะกอนออกจากของเหลว (Arakawa & Philo, 1999)



รูปที่ 1.8 ตัวอย่างพรมเซ็ดเท้าได้อะตอมไมด์

( <https://th.aliexpress.com> )



รูปที่ 1.9 เครื่องหมุนเหวี่ยงที่ใช้ในการทดลอง



### 1.7.6 ชนิดของเครื่องหมุนเหวี่ยง

เครื่องหมุนเหวี่ยงมีทั้งขนาดรูปแบบที่แตกต่างกันมีทั้งขนาดเล็ก ขนาดปานกลางที่สามารถตั้งบนโต๊ะได้ (bench model) ตลอดจนขนาดใหญ่ที่สามารถหมุนเหวี่ยงสารละลายได้ครั้งละมากๆ ซึ่งต้องตั้งบนพื้นขณะใช้งาน (floor model) แต่ปัจจุบันเครื่องหมุนเหวี่ยงมีการแบ่งชนิดด้วยความแตกต่างของแรงหนีศูนย์กลาง โดยแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

1.7.6.1 เครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วรอบต่ำ (low speed centrifuge) เป็นเครื่องหมุนเหวี่ยงขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่ นิยมใช้ในงานทั่ว ๆ ไปในห้องปฏิบัติการมีความเร็วรอบไม่เกิน 6,000 รอบต่อนาที มีแรงหนีศูนย์กลางสูงสุดในช่วง 1,800-7,000 g

1.7.6.2 เครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วรอบสูง (high speed centrifuge) มีความเร็วรอบไม่เกิน 28,000 รอบต่อนาที มีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางสูงสุดถึง 80,000 g จึงนิยมใช้เฉพาะงานที่ต้องการความแรงในการปั่นแยกปานกลาง ตัวอย่างเช่น การแยกอนุภาคขนาดเล็ก ๆ หรือมีน้ำหนักเบาออกจากของเหลว

1.7.6.3 เครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วรอบสูงมาก (ultra speed centrifuge) เป็นเครื่องหมุนเหวี่ยงที่มีขนาดใหญ่ที่มีความเร็วรอบของการหมุนสูงถึง 150,000 รอบต่อนาที สามารถสร้างแรงหนีศูนย์กลางได้สูงถึง 800,000 g บริษัท Spinco ผลิตเครื่องหมุนเหวี่ยงชนิดนี้ออกมาจำหน่ายตั้งตั้งแต่ปี ค.ศ.1950 เครื่องหมุนเหวี่ยงชนิดนี้สามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น 2 ชนิดคือ แบบวิเคราะห์ (analytical type) สร้างขึ้นเพื่อศึกษาองค์ประกอบของสารต่าง ๆ ในขณะที่หมุนเหวี่ยง และแบบเตรียมสาร (preparative type) สร้างขึ้นเพื่อใช้แยกองค์ประกอบของสาร

## บทที่ 2

### ผลการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล

#### 2.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของพรอมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์

##### 2.1.1 การเตรียมตัวอย่างพรอมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์

การวิเคราะห์ดินเบาจากพรอมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์สามารถทำได้โดยเริ่มจากการเตรียมตัวอย่าง ซึ่งผู้ศึกษาเลือกใช้พรอมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์จากประเทศญี่ปุ่นซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยแบ่งตัวอย่างออกเป็น 4 ตัวอย่าง โดยกำหนดตามความหนาของพรอมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์ ออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนบน ส่วนกลาง และ ส่วนล่าง โดยเก็บตัวอย่างชั้นละไม่มากกว่า 2 มิลลิเมตร (รูปที่ 2.1) และมีอีกหนึ่งตัวอย่างที่รวมทุกความหนาของพรอมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์เอาไว้ รวมทั้งหมด 4 ตัวอย่าง ได้อีก

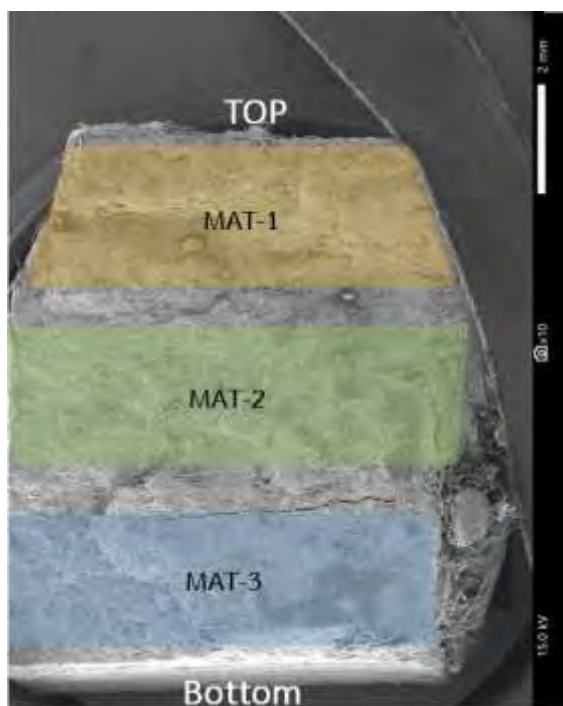


รูป a



รูป b

**รูปที่ 2.1** การแบ่งตัวอย่างตามความหนาพรอมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์ a) ลักษณะทั่วไปของพรอมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์  
b) การแบ่งตัวอย่างพรอมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์ออกเป็นสามส่วน



MAT-1 : ส่วนบน มีความหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร และ  
เว้นระยะห่างจากด้านบนสุด 1 มิลลิเมตร  
MAT-2 : ส่วนกลาง โดยมีความหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร  
และเว้นระยะห่างจากตัวอย่าง MAT-1 และ  
MAT-3 ประมาณ 1 มิลลิเมตร  
MAT-3 : ส่วนล่าง โดยมีความหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร  
และเว้นระยะห่างจากด้านล่างสุด 1 มิลลิเมตร  
MAT : เป็นตัวอย่างรวมทุกชั้นความหนาของพรอมเซ็ด  
เท้าไดอะตอมไมต์ (รูปที่ 2.2)

**รูปที่ 2.2** ความหนาของพรอมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

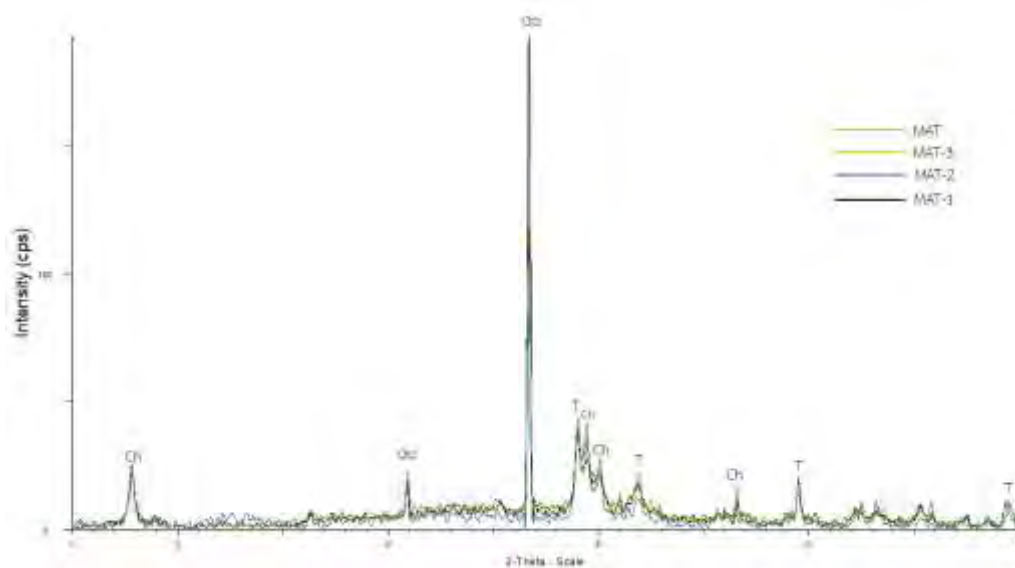
### 2.1.2 ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบของพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์ โดยเทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffractometer)

เทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffractometer) เป็นเทคนิคที่นำรังสีเอ็กซ์ (X-ray) มาใช้วิเคราะห์และระบุชนิดสารประกอบ โครงสร้างผลึกของสารประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง ทั้งในเชิงคุณภาพ (Qualitative) และเชิงปริมาณ (Quantitative) โดยอาศัยหลักการของการยิงรังสีเอ็กซ์ไปกระทบที่ชิ้นงาน ทำให้เกิดการเลี้ยวเบน และสะท้อนออกมาที่มุมต่างๆกันโดยมีหัววัดสัญญาณ (Detector) เป็นตัวรับข้อมูล องค์ประกอบและโครงสร้างของสารจะมีองค์ประกอบในการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ ในมุมที่แตกต่างกันออกไปขึ้นกับองค์ประกอบ รูปร่าง และลักษณะผลึกซึ่งผลที่ได้สามารถบ่งชี้ชนิดของสารประกอบที่มีอยู่ในสารตัวอย่างและสามารถนำมาใช้ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้างของผลึกของสารตัวอย่างนั้นๆ ได้ นอกจากนี้ยังสามารถวิเคราะห์ปริมาณความเป็นผลึก ขนาดของผลึก ความสมบูรณ์ของผลึก และความเค้นของสารประกอบในสารตัวอย่าง โดยการศึกษารังสีเอ็กซ์ X-Ray Diffractometer รุ่น D8 Advance: Bruker AXS ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

เมื่อนำตัวอย่างมาวิเคราะห์แร่องค์ประกอบโดยเทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ พบว่าดินเบาจากพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์ทั้ง 4 ตัวอย่าง มีแร่องค์ประกอบคล้ายคลึงกัน ซึ่งแตกต่างกันที่ปริมาณของแร่แต่ละชนิด โดยพบการปรากฏของรูปแบบแร่แต่ละชนิดที่ค่า 2-theta ประมาณ 26.78 5.82 และ 28.91 (ตารางที่ 2.1) โดยแร่องค์ประกอบหลักที่พบได้แก่ ควอตซ์ ไครโซไทล์ และ โทเบอร์โมไรต์ (รูปที่ 2.3)

ตารางที่ 2.1 ปริมาณแร่องค์ประกอบของดินเบาจากพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์

Sample No.	Quartz (%)	Chrysotile (%)	Tobermorite (%)
MAT - 1	50.63	23.24	24.68
MAT - 2	43.93	27.58	27.41
MAT - 3	35.46	32.92	28.62
MAT	51.14	21.17	25.66



รูปที่ 2.3 กราฟผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ โดยแสดงแร่องค์ประกอบของตัวอย่างพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์

### 2.1.3 ผลการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์ โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-ray Fluorescence)

เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์หรือ X-ray fluorescence เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับการศึกษาร่องรอยของธาตุที่อยู่ในตัวอย่าง โดยอาศัยความต่างของชั้นพลังงานของแต่ละธาตุ ดังนั้นเมื่ออะตอมถูกกระตุ้นด้วยพลังงานที่มากกว่าพลังงานยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอนชั้นใน ทำให้เกิดที่ว่าง และเมื่ออิเล็กตรอนในชั้นนอกลงมาแทนที่ อะตอมจะปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของรังสีเอกซ์ เรียกปรากฏการณ์ดังกล่าวว่า "การเรืองรังสีเอกซ์" ปรากฏการณ์นี้สามารถนำไปใช้ในการหาชนิดของธาตุที่อยู่ในตัวอย่างได้ ซึ่งข้อดีของเทคนิคนี้ก็คือ การเตรียมตัวอย่างที่ไม่ยุ่งยาก และเป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายคุณสมบัติของตัวอย่าง (non-destructive method) โดยทั่วไปจะใช้รังสีเอกซ์เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการคายพลังงานของอะตอมในตัวอย่าง ซึ่งการศึกษารังสีเอกซ์ X-ray Fluorescence รุ่น S4 Pioneer Wavelength dispersive X-Ray Fluorescence (WDXRF) Spectrometry ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

เมื่อนำตัวอย่างดินเบาจากพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์มาวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ พบว่าดินเบาพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์ทั้ง 4 ตัวอย่าง มีธาตุองค์ประกอบคล้ายคลึงกัน แตกต่างกันที่ปริมาณของธาตุแต่ละชนิด (ตารางที่ 2.2) โดยธาตุองค์ประกอบหลักที่พบได้แก่ ซิลิกอนไดออกไซด์ แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ อะลูมิเนียมออกไซด์

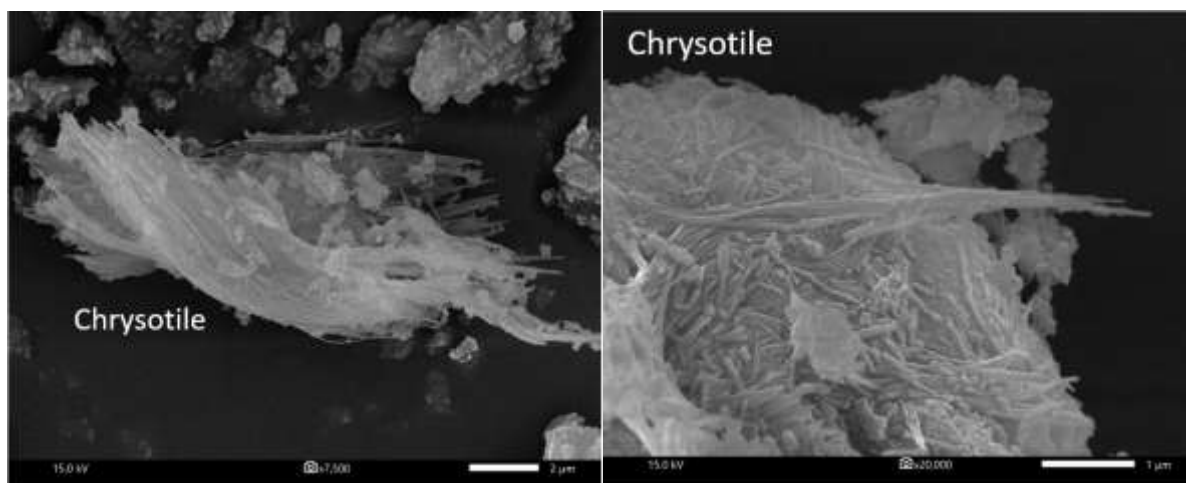
ตารางที่ 2.2 ปริมาณธาตุองค์ประกอบของดินเบาจากพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์

Element (%)	ตัวอย่างดินเบาจากพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์			
	MAT-1	MAT-2	MAT-3	MAT
SiO <sub>2</sub>	54.89	55.31	57.84	47.25
CaO	47.27	43.50	46.15	36.91
MgO	2.29	2.53	2.44	2.22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.69	1.70	2.19	1.72
K <sub>2</sub> O	0.79	0.66	0.77	0.60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05	0.05	0.05	0.04
TiO <sub>2</sub>	0.06	0.05	0.05	0.04

#### 2.1.4 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างพรมเช็ดเท้าไคอะตอมไมต์ โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope)

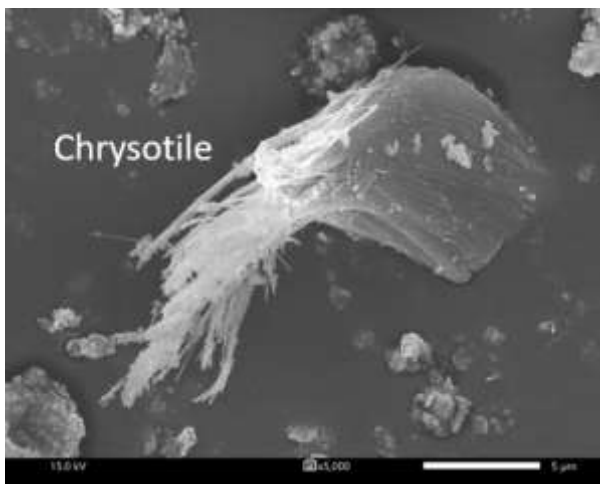
กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด หรือ Scanning Electron Microscope (SEM) เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ซึ่งสามารถศึกษาโครงสร้างขนาดเล็กระดับนาโนเมตรถึงไมโครเมตร สร้างภาพโดยการตรวจวัดอิเล็กตรอนที่สะท้อนจากพื้นผิวหน้าของตัวอย่างที่ทำการสำรวจ โดยภาพที่ได้จากเครื่อง SEM นี้จะเป็นภาพลักษณะของ 3 มิติ จึงถูกนำมาใช้ในการศึกษาสัณฐานและรายละเอียดของลักษณะพื้นผิวของตัวอย่าง นิยมนำมาตรวจสอบลักษณะผิวภายนอกของตัวอย่าง ตรวจสอบการเรียงตัวของผลึกด้วยระบบการรับสัญญาณลิ้นเบนของอิเล็กตรอนกระเจิงกลับ นอกจากนี้ยังสามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างได้โดยให้เทคนิค Energy Dispersive Spectrometry (EDS) เครื่องตรวจวัดรังสีเอ็กซ์ ใน SEM ซึ่งสามารถทำการวิเคราะห์ธาตุต่างๆ ที่มีอยู่ในสารตัวอย่างได้

เมื่อนำตัวอย่างดินเบาจากพรมเช็ดเท้าไคอะตอมไมต์มาวิเคราะห์ไคอะตอมโดยการใช้อุปกรณ์กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าดินเบาทั้ง 4 ตัวอย่าง มีลักษณะคล้ายคลึงกัน นั่นคือมีการปะปนกันระหว่างแร่ที่มีลักษณะคล้ายเส้นใย หรือ Asbestiform ของแร่ใยหินโครโซไทล์ (รูปที่ 2.4a-g) โดยเส้นใยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.1 - 1 ไมครอน ความยาวตั้งแต่ 1 - 20 ไมครอน ซึ่งจะพบลักษณะเช่นนี้ได้ไครโซไทล์ ปะปนกับแร่ควอตซ์ (รูปที่ 2.4d,h) แร่ดินและแร่ชนิดอื่นๆ

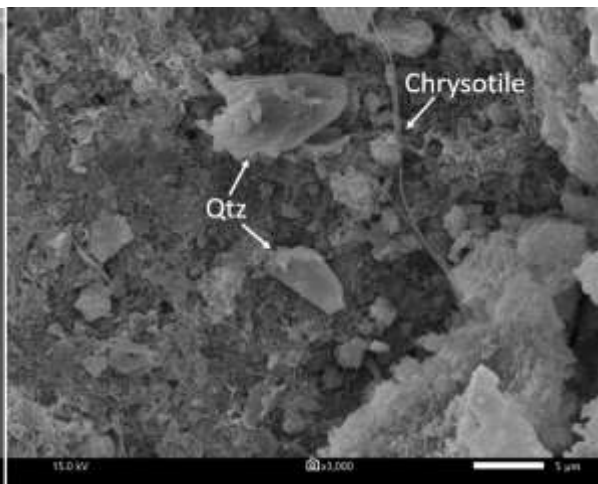


a) ลักษณะ Asbestiform ของแร่ใยหินโครโซไทล์ ตัวอย่างที่ MAT-2 กำลังขยาย 5,000 เท่า

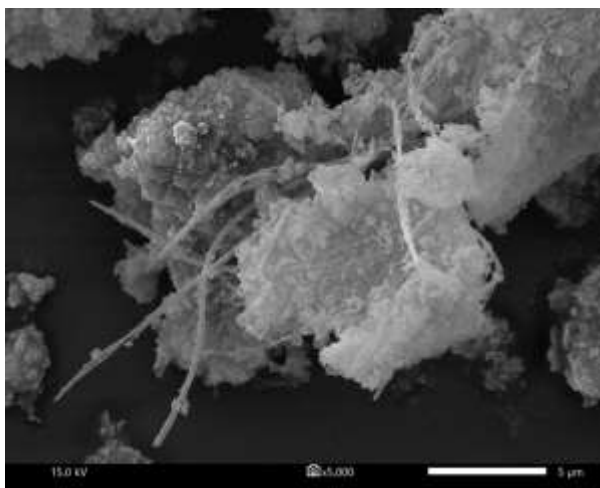
b) ลักษณะ Asbestiform ของแร่ใยหินโครโซไทล์ ตัวอย่างที่ MAT-2 กำลังขยาย 20,000 เท่า



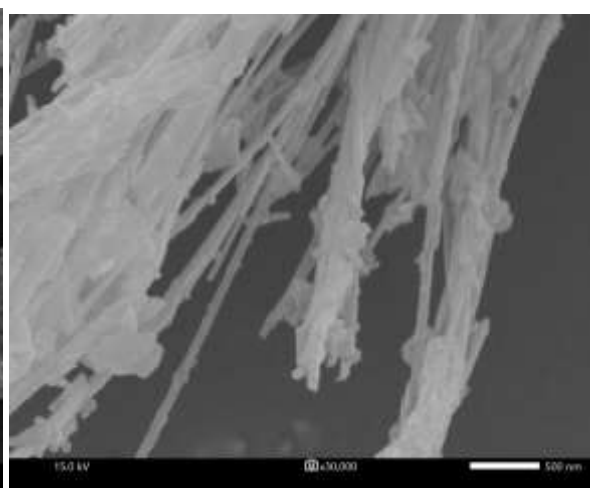
c) ลักษณะ Asbestiform ของแร่ใยหินโครโซไทล์ ตัวอย่างที่ MAT-2 กำลังขยาย 5,000 เท่า



d) ผลึกแร่ควอตซ์ และ Asbestiform ของแร่ใยหินโครโซไทล์ตัวอย่างที่ MAT-2 กำลังขยาย 3,000 เท่า



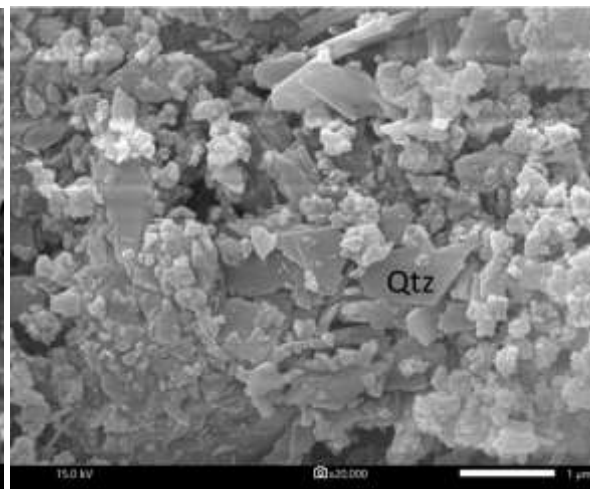
e) ลักษณะ Asbestiform ของแร่ใยหินโครโซไทล์ ตัวอย่างที่ MAT-3 กำลังขยาย 5,000 เท่า



f) ลักษณะ Asbestiform ของแร่ใยหินโครโซไทล์ ตัวอย่างที่ MAT-3 กำลังขยาย 30,000 เท่า



g) ลักษณะ Asbestiform ของแร่ใยหินโครโซไทล์ ตัวอย่าง MAT กำลังขยาย 3,000 เท่า



h) ผลึกแร่ควอตซ์ในตัวอย่าง MAT กำลังขยาย 3,000 เท่า

**รูปที่ 2.4** ภาพถ่ายตัวอย่างพรมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์ จากก้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

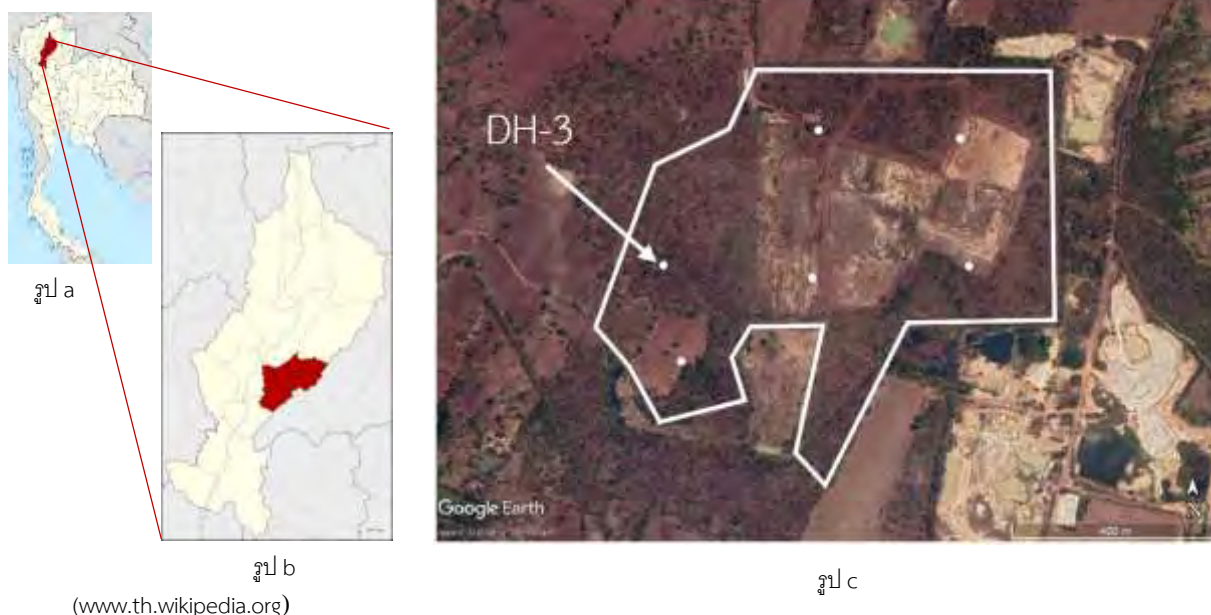
จากการวิเคราะห์คุณสมบัติของตัวอย่างพรมเช็ดเท้าไโดอะตอมไมต์ ทั้งข้อมูลจาก กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ และเทคนิคการเรืองรังสีเอ็กซ์ พบว่าพรมเช็ดเท้าไโดอะตอมไมต์ ไม่ปรากฏภาพชิ้นส่วนใดๆของไโดอะตอมในภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แต่พบเป็นลักษณะของเส้นใยคล้ายกับ Asbestiform ของแร่ใยหินโครโซไทล์ เมื่อวิเคราะห์รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์พบว่าค่า 2-theta จากกราฟตรงกับแร่ควอตซ์ ( $\text{SiO}_2$ ) แร่ใยหินโครโซไทล์ ( $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_9$  หรือ  $\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ ) และแร่โทเบอร์โมไลต์ ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )

และโทเบอร์โมไลต์ ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอ็กซ์พบว่ามีธาตุองค์ประกอบคล้ายคลึงกัน แตกต่างกันที่ปริมาณของธาตุแต่ละชนิด โดยธาตุองค์ประกอบหลักที่พบได้แก่ ซิลิกอนไดออกไซด์ แคลเซียมออกไซด์ และแมกนีเซียมออกไซด์

## 2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินเบาจากธรรมชาติ

### 2.2.1 การเก็บตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติ

การวิเคราะห์ดินเบาจากธรรมชาติเลือกใช้ตัวอย่างจากบริเวณแหล่งดินเบาตำบลน้ำโจ้ว อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง (รูปที่ 2.5) พื้นที่ทั้งหมดประมาณ 500 ตารางเมตร โดยได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด ซึ่งเลือกใช้ตัวอย่างจากหลุมเจาะ DH3 (รูปที่ 2.5c) จากนั้นแบ่งออกเป็น 5 ตัวอย่างตามความลึกของหลุมเจาะ (ตารางที่ 2.3)



**รูปที่ 2.5** แหล่งดินเบาตำบลน้ำโจ้ว อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง a) แผนที่แสดงที่ตั้งจังหวัดลำปาง b) แผนที่แสดงที่ตั้งอำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง c) พื้นที่ประทานบัตรเลขที่ 30490/16049 พื้นที่สำรวจดินเบา ของบริษัท ปูนซีเมนต์ไทยจำกัด

## 2.2.2 ผลการวิเคราะห์แร่ของประกอบของดินเบาจากธรรมชาติ โดยเทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffractometer)

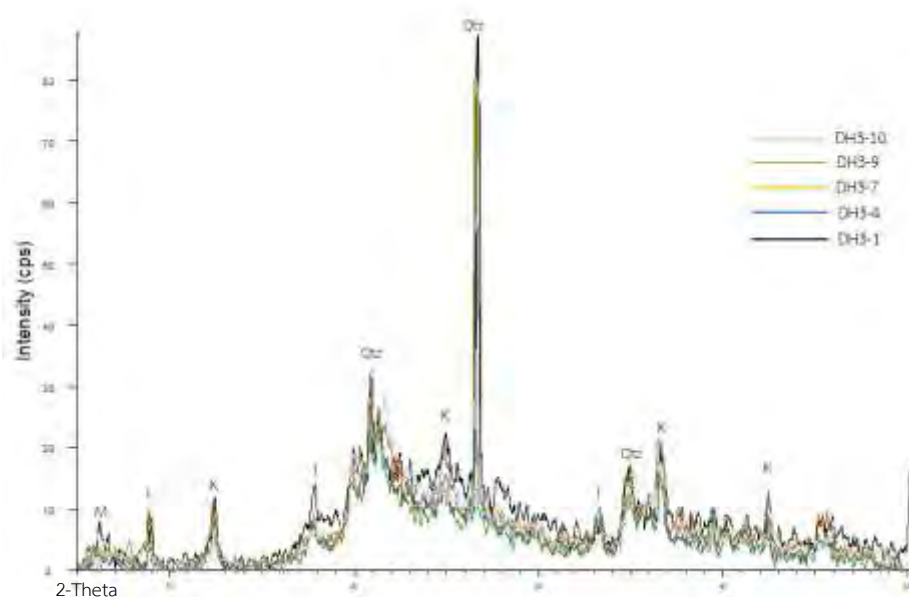
เมื่อนำตัวอย่างมาวิเคราะห์แร่ของประกอบโดยเทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ พบว่าดินเบาจากธรรมชาติทั้ง 5 ตัวอย่าง มีแร่ของประกอบคล้ายคลึงกัน ซึ่งแตกต่างกันที่ปริมาณของแร่แต่ละชนิด โดยพบการปรากฏของรูปแบบแร่แต่ละชนิดที่ค่า 2-theta ประมาณ 26.78 12.31 17.64 และ 7.88 (รูปที่ 2.6) โดยแร่ของประกอบหลักที่พบได้แก่ ควอตซ์ คาโอลิไนต์ อิลไลต์ และ มอนต์มอริลโลไนต์ (ตารางที่ 2.4)

ตารางที่ 2.3 ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติ

Sample No.	Sample Descriptions	Depth (m)	Thickness (m)
DH3 - 1	Diatomite ; Yellowish gray, yellowish brown, iron oxide fill in fracture	1.30 – 4.00	2.70
DH3 - 4	Diatomite ; Yellowish gray, yellowish brown, iron oxide fill in fracture	10.00 - 12.70	2.70
DH3 - 7	Diatomaceous clay ; Yellowish brown, iron oxide stain	17.50 – 19.50	2.00
DH3 - 9	Diatomite interbedded with claystone ; yellowish brown	22.20 – 24.00	1.80
DH3 - 10	Diatomite interbedded with claystone ; brown, yellowish brown, soft	24.00 – 27.00	3.00

ตารางที่ 2.4 ปริมาณแร่ของประกอบของดินเบาจากธรรมชาติ

Sample No.	Quartz (%)	Kaolinite (%)	Illite (%)	Montmorillonite (%)
DH3 - 1	68.60	16.50	8.13	6.77
DH3 - 4	73.45	16.80	4.84	4.91
DH3 - 7	77.00	14.85	4.33	3.82
DH3 - 9	74.59	16.04	8.29	1.07
DH3 - 10	79.32	16.31	3.13	1.25



รูปที่ 2.6 กราฟผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ โดยแสดงผลแร่ของประกอบของตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติ



### 2.2.3 ผลการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของดินเบาจากธรรมชาติ โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-ray Fluorescence)

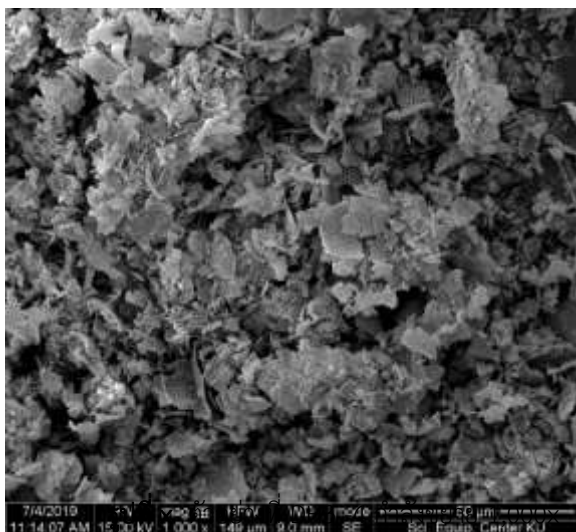
เมื่อนำตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติมาวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ พบว่าดินเบาจากธรรมชาติทั้ง 5 ตัวอย่าง มีธาตุองค์ประกอบคล้ายคลึงกัน แตกต่างกันในปริมาณของธาตุแต่ละชนิด โดยธาตุองค์ประกอบหลักที่พบได้แก่ ซิลิกอนไดออกไซด์ อะลูมิเนียมออกไซด์ และไอออนออกไซด์ (ตารางที่ 2.5)

ตารางที่ 2.5 ปริมาณธาตุองค์ประกอบของดินเบาจากธรรมชาติ

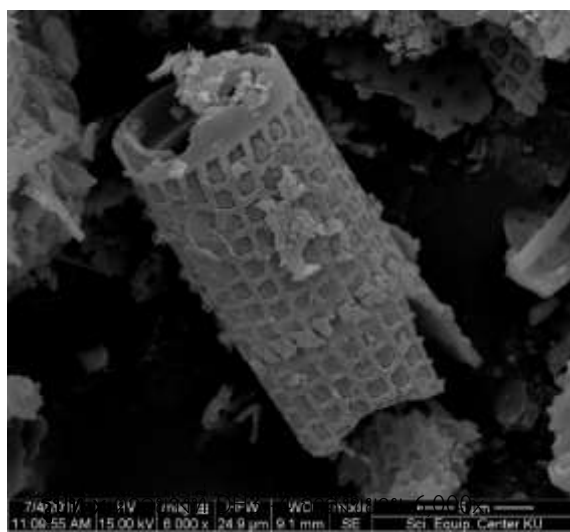
Element (%)	ตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติ				
	DH3-1	DH3-4	DH3-7	DH3-9	DH3-10
SiO <sub>2</sub>	74.48	68.69	69.71	68.18	77.42
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.03	14.14	17.34	14.49	13.01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.302	13.85	8.585	13.25	6.482
CaO	0.425	0.157	0.198	0.164	0.184
K <sub>2</sub> O	1.54	1.633	2.165	1.866	1.59
MgO	0.381	0.419	0.498	0.408	0.364
TiO <sub>2</sub>	0.461	0.458	0.733	0.634	0.501
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.077	0.293	0.235	0.423	0.160

### 2.2.4 ผลการวิเคราะห์ไดอะตอมจากดินเบาธรรมชาติ โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope)

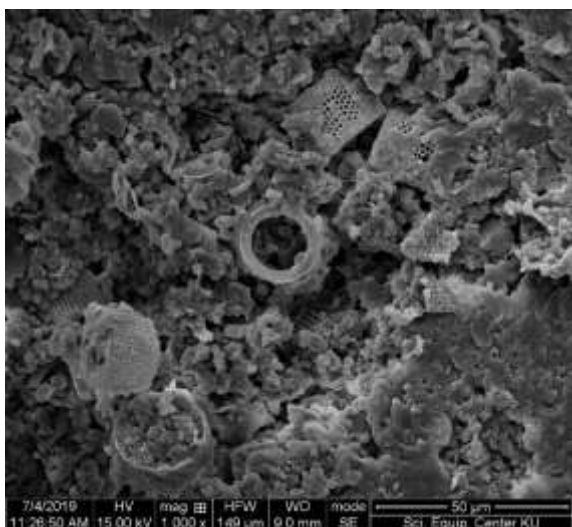
เมื่อนำตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติมาวิเคราะห์ไดอะตอมโดยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าดินเบาจากธรรมชาติทั้ง 5 ตัวอย่าง มีลักษณะของไดอะตอม (รูปที่ 2.7) แตกต่างกันในปริมาณของสิ่งเจือปนอื่นๆ โดยไดอะตอมที่พบมีลักษณะเป็นทอกลม กลวง ไดอะตอมมีขนาดประมาณ 20-30 ไมครอน เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าสามารถเทียบเคียงลักษณะได้กับไดอะตอมชนิด *Melosira granulata* ซึ่งมีช่วงชีวิตอยู่ระหว่างยุคไพลโอซีนจนถึงปัจจุบัน นอกจากนี้ยังพบแร่ควอตซ์ (รูปที่ 2.7f) และแร่ดินเป็นสิ่งเจือปนอยู่โดยรอบและมีบางส่วนเข้าไปติดอยู่ภายในช่องว่างของโครงสร้างไดอะตอม



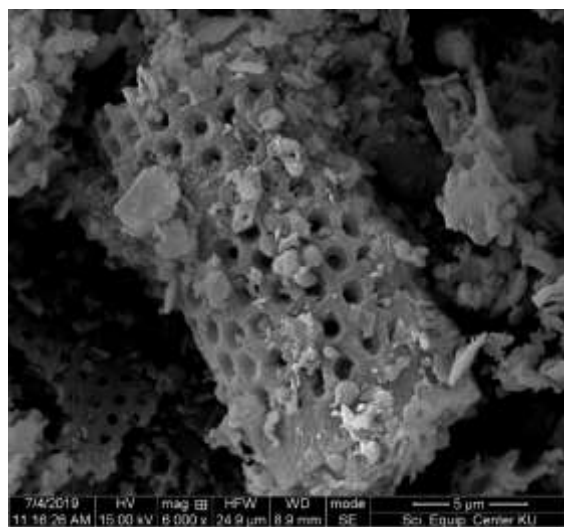
a) ตัวอย่างที่ DH3 -1 กำลังขยาย 1,000 เท่า



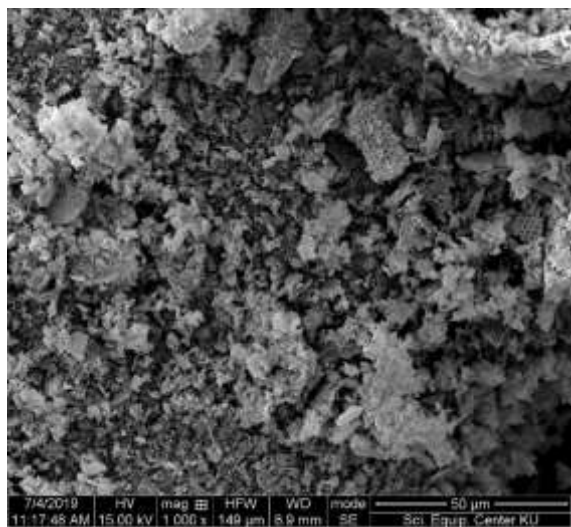
b) ไดอะตอมในตัวอย่างที่ DH3 -1 กำลังขยาย 6,000 เท่า



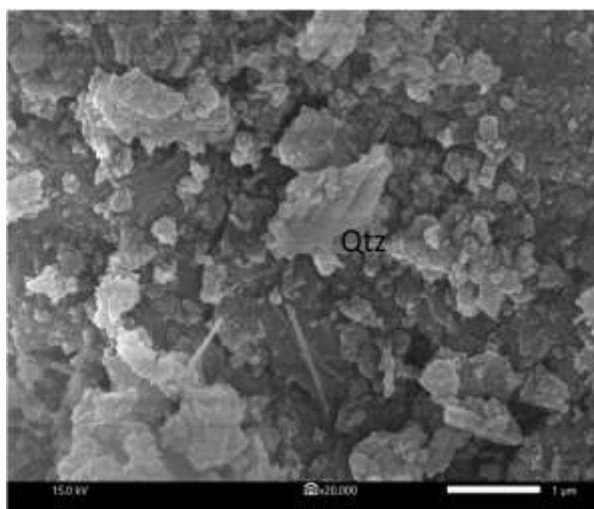
c) ตัวอย่างที่ DH3 -4 กำลังขยาย 1,000 เท่า



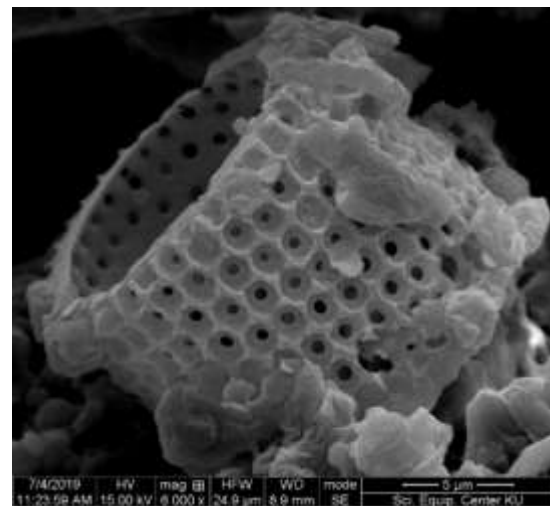
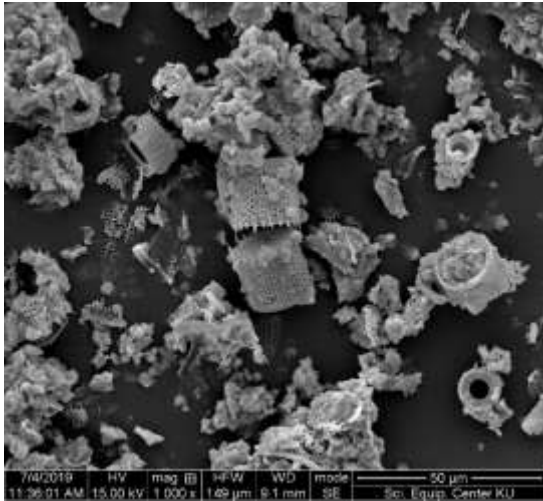
d) ไดอะตอมในตัวอย่างที่ DH3 -4 กำลังขยาย 6,000 เท่า



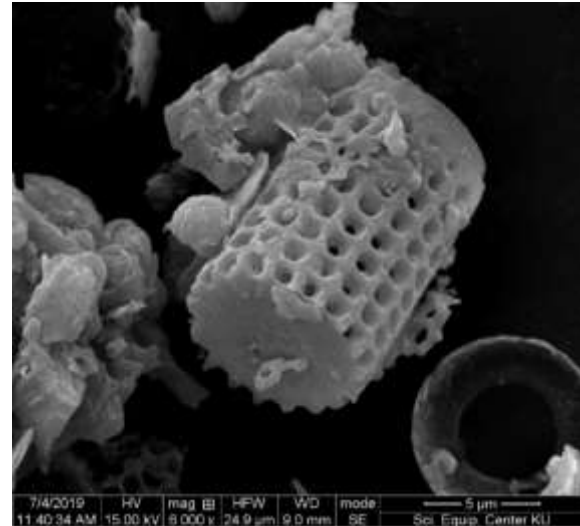
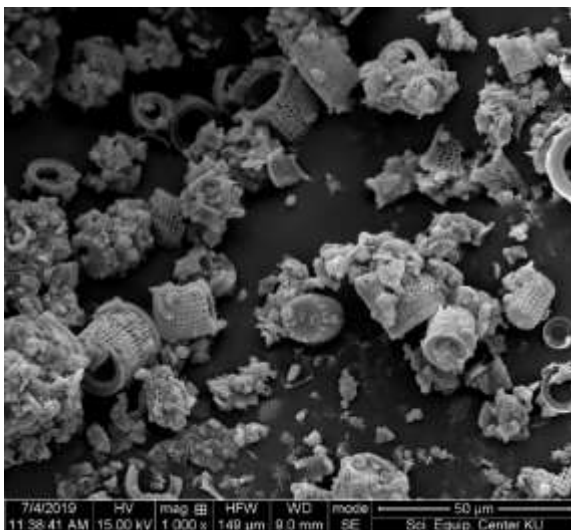
e) ตัวอย่างที่ DH3 -7 กำลังขยาย 1,000 เท่า



f) ผลึกแร่ควอตซ์ที่พบในตัวอย่างที่ DH3 -7 กำลังขยาย 20,000 เท่า



g) ไตอะตอมในตัวอย่างที่ DH3 -9 กำลังขยาย 1,000 เท่า h) ผลึกแร่ควอตซ์ที่พบในตัวอย่างที่ DH3 -9 กำลังขยาย 6,000 เท่า



i) ตัวอย่างที่ DH3 -10 กำลังขยาย 1,000 เท่า

j) ไตอะตอมในตัวอย่างที่ DH3 -10 กำลังขยาย 6,000 เท่า

รูปที่ 2.7 ภาพตัวอย่างไตอะตอมไม้จากธรรมชาติ โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

### 2.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินเบาจากธรรมชาติหลังผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยวิธีการหมุนเหวี่ยง

การวิเคราะห์ดินเบาจากธรรมชาติที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยวิธีการหมุนเหวี่ยง เป็นการใช้อย่างดินเบาจากธรรมชาติซึ่งมี 5 ตัวอย่าง นำไปผ่านการแยกอนุภาคด้วยเครื่องล้างความถี่สูง (Ultrasonic cleaning Machine) (รูปที่ 2.8) และการหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วรอบต่ำ (low speed centrifuge) (รูปที่ 2.9) ที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 40 วินาที ดินเบาจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ตกจมเรียกว่า Pellet ทั้งหมด 5 ตัวอย่าง และส่วนที่แขวนลอยอยู่ในของเหลวเรียกว่า Supernatant อีกทั้งหมด 5 ตัวอย่าง



รูปที่ 2.8 เครื่องล้างความถี่สูง (Ultrasonic cleaning machine) รูปที่ 2.9 เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)

2.3.1 ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบของดินเบาจากธรรมชาติหลังผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการหมุนเหวี่ยง โดยเทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffractometer)

2.3.1.1 ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบของดินเบาจากธรรมชาติในตัวอย่างตะกอนที่แขวนลอย (Supernatant) โดยเทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffractometer)

เมื่อนำตัวอย่างมาวิเคราะห์แร่องค์ประกอบโดยเทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์พบว่าตัวอย่างดินเบาที่แขวนลอย ทั้ง 5 ตัวอย่าง มีแร่องค์ประกอบคล้ายคลึงกัน ซึ่งแตกต่างกันที่ปริมาณของแต่ละชนิด โดยพบการปรากฏของรูปแบบแร่แต่ละชนิดที่ค่า  $2\text{-theta}$  ประมาณ 24.96 1.68 และ 22.26 (รูปที่ 2.10) โดยแร่องค์ประกอบหลักที่พบได้แก่ คาโอลิไนต์ ควอตซ์ และมอนต์มอริลโลไนต์ (ตารางที่ 2.6)

2.3.1.2 ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบของดินเบาจากธรรมชาติในตัวอย่างตะกอนที่ตกจม (Pellet) โดยเทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffractometer)

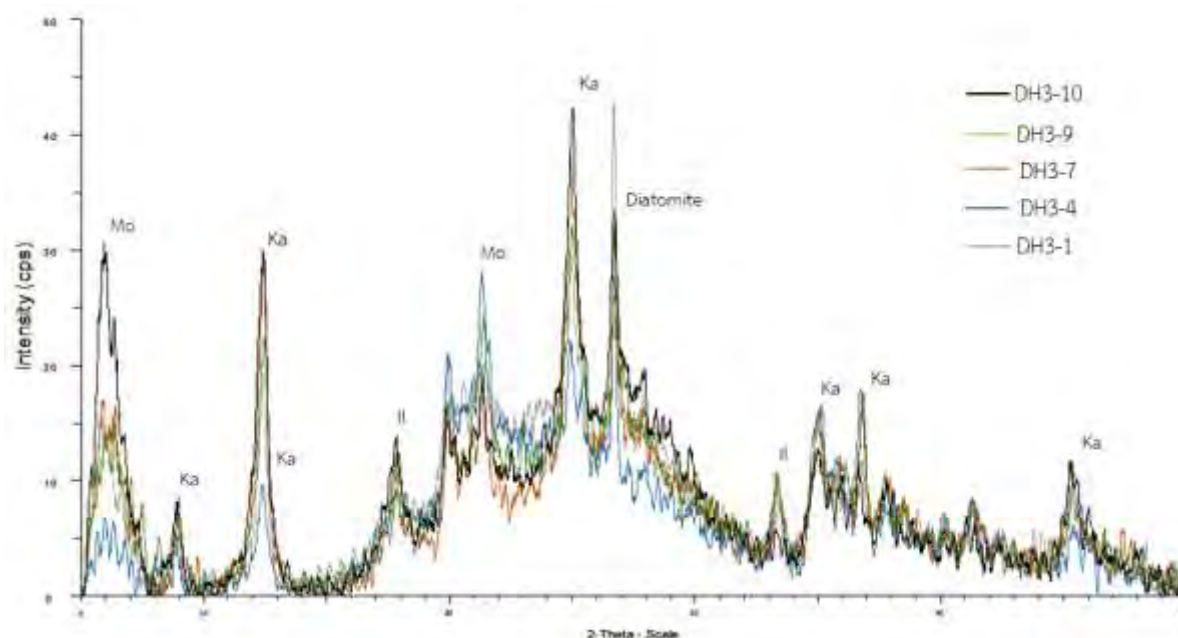
เมื่อนำตัวอย่างมาวิเคราะห์แร่องค์ประกอบโดยเทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์พบว่าตัวอย่างดินเบาที่ตกจม ทั้ง 5 ตัวอย่าง มีแร่องค์ประกอบคล้ายคลึงกัน ซึ่งแตกต่างกันที่ปริมาณของแต่ละชนิด โดยพบการปรากฏของรูปแบบแร่แต่ละชนิดที่ค่า  $2\text{-theta}$  ประมาณ 26.78 7.88 และ 12.34 (รูปที่ 2.11) โดยแร่องค์ประกอบหลักที่พบได้แก่ ควอตซ์ คาโอลิไนต์ และอิลไลต์ (ตารางที่ 2.7)

ตารางที่ 2.6 ปริมาณแร่องค์ประกอบของตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติที่แขวนลอยหลังผ่านการหมุนเหวี่ยง

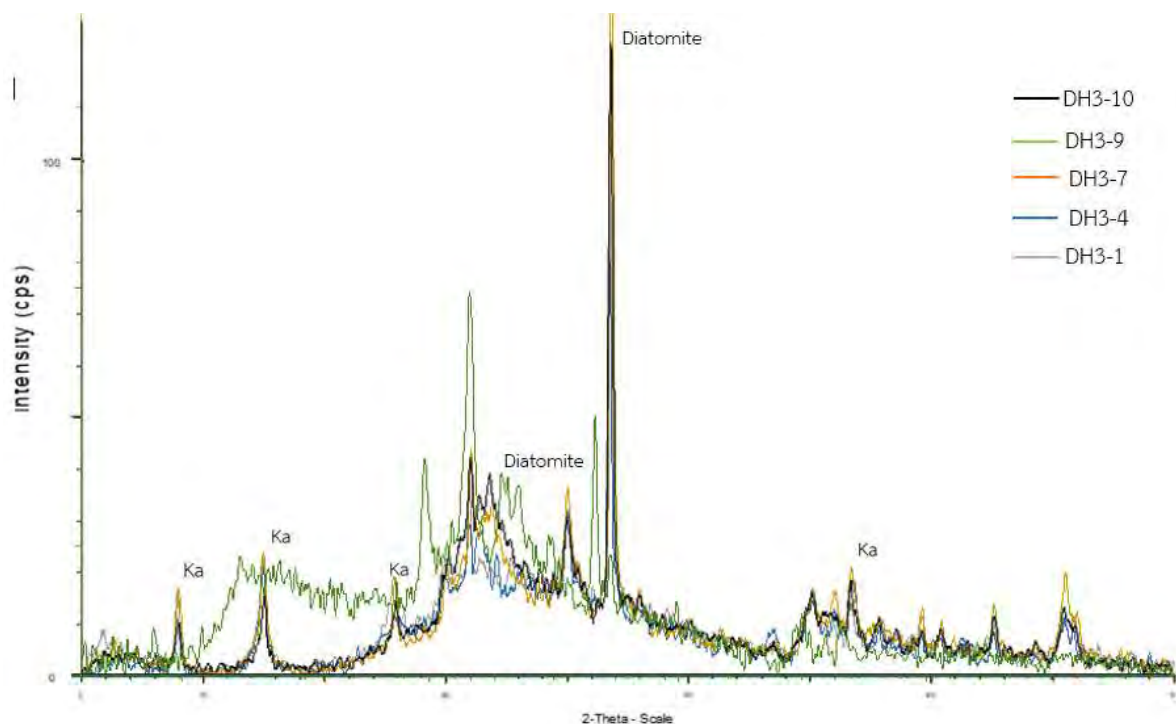
Sample No.	Kaolinite (%)	Quartz (%)	Montmorillonite (%)
DH3 - 1	52.10	43.80	4.10
DH3 - 4	55.93	36.54	7.53
DH3 - 7	70.02	23.07	6.91
DH3 - 9	64.60	29.55	5.84
DH3 - 10	59.77	32.68	6.55

ตารางที่ 2.7 ปริมาณแร่องค์ประกอบของตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติที่ตกจมหลังผ่านการหมุนเหวี่ยง

Sample No.	Quartz (%)	Kaolinite (%)	illite (%)
DH3 - 1	68.85	23.10	8.05
DH3 - 4	64.37	30.19	5.44
DH3 - 7	74.11	17.01	8.88
DH3 - 9	47.07	48.61	4.42
DH3 - 10	80.89	11.21	7.96



รูปที่ 2.10 กราฟแสดงผลแร่องค์ประกอบของตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติที่แขวนลอยหลังผ่านการหมุนเหวี่ยง



รูปที่ 2.11 กราฟแสดงผลแรงแรงค์ประกอบของตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติที่ตกจมหลังผ่านการหมุนเหวี่ยง

### 2.3.2 วิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของดินเบาจากธรรมชาติหลังผ่านการปรับปรุงคุณภาพ ด้วยวิธีการหมุนเหวี่ยง โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-ray Fluorescence)

#### 2.3.2.1 ผลการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของดินเบาจากธรรมชาติในตัวอย่างตะกอนที่แขวนลอย (Supernatant) โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-ray Fluorescence)

เมื่อนำตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติหลังผ่านการปรับปรุงคุณภาพในส่วนที่แขวนลอย (Supernatant) มาวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ พบว่าตัวอย่างดินเบาที่แขวนลอยทั้ง 5 ตัวอย่าง มีธาตุองค์ประกอบคล้ายคลึงกัน แตกต่างกันที่ปริมาณของธาตุแต่ละชนิด โดยธาตุองค์ประกอบหลักที่พบได้แก่ ซิลิกอนไดออกไซด์, อะลูมิเนียมออกไซด์ และไอออนออกไซด์ (ตารางที่ 2.8)

#### 2.3.2.2 ผลการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของดินเบาจากธรรมชาติในตัวอย่างตะกอนที่ตกจม (Pellet) โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-ray Fluorescence)

เมื่อนำตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติหลังผ่านการปรับปรุงคุณภาพในส่วนที่ตกจม (Pellet) มาวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ พบว่าตัวอย่างดินเบาที่แขวนลอยทั้ง 5 ตัวอย่าง มีธาตุองค์ประกอบคล้ายคลึงกัน แตกต่างกันที่ปริมาณของธาตุแต่ละชนิด โดยธาตุองค์ประกอบหลักที่พบได้แก่ ซิลิกอนไดออกไซด์, อะลูมิเนียมออกไซด์ และไอออนออกไซด์ (ตารางที่ 2.9)

ตารางที่ 2.8 ตารางแสดงปริมาณธาตุองค์ประกอบของดินเบาในตัวอย่างตะกอนแขวนลอย หลังผ่านการหมุนเหวี่ยง

Element (%)	ตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติส่วนที่แขวนลอย				
	DH3-1	DH3-4	DH3-7	DH3-9	DH3-10
SiO <sub>2</sub>	69.02	64.05	53.56	57.17	58.26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.5	16.98	25.41	20.86	21.11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.45	15.06	15.72	14.92	15.53
CaO	0.80	0.323	0.275	0.314	0.415
K <sub>2</sub> O	2.14	1.96	2.92	2.75	2.78
MgO	0.297	0.396	0.61	0.463	0.512
TiO <sub>2</sub>	0.543	0.447	0.713	0.633	0.756

ตารางที่ 2.9 ปริมาณธาตุองค์ประกอบของดินเบาในตัวอย่างตะกอนที่ตกจม หลังผ่านการหมุนเหวี่ยง

Element (%)	ตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติส่วนที่ตกจม				
	DH3-1	DH3-4	DH3-7	DH3-9	DH3-10
SiO <sub>2</sub>	79.83	74.11	73.76	68.23	80.54
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.33	11.82	16.04	15.4	11.81
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.011	11.09	6.421	11.91	4.74
CaO	0.373	0.163	1.66	0.216	0.197
K <sub>2</sub> O	1.58	1.75	2.133	2.55	1.65
MgO	0.261	0.268	0.404	0.355	0.287
TiO <sub>2</sub>	0.471	0.450	0.649	0.711	0.496

## บทที่ 3

### อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

#### 3.1 อภิปรายผลการศึกษา

จากการผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของพรมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์จากประเทศญี่ปุ่น และดินเบาจากธรรมชาติของประเทศไทย ด้วยกระบวนการวิเคราะห์ทั้งหมด 3 ขั้นตอน คือ เทคนิควิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ เทคนิคการเรืองรังสีเอ็กซ์ และการวิเคราะห์คุณสมบัติของตัวอย่างจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า

##### 3.1.1 องค์ประกอบของพรมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์จากประเทศญี่ปุ่น

พรมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์จากประเทศญี่ปุ่น มีการกล่าวอ้างว่าผลิตจากไดอะตอมไมต์จากธรรมชาติ เมื่อพิจารณาจากผลการวิเคราะห์พบว่า แท้จริงแล้วองค์ประกอบหลักของพรมเซ็ดเท้าคือแร่ควอตซ์ แร่ใยหินโครโซไทล์ และ แร่โทเบอร์โมไรต์ ในสัดส่วนร้อยละ 45.29 26.23 และ 26.59 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากข้อมูลการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ นอกจากนี้ ยังพบว่ามีธาตุองค์ประกอบหลักคือ ซิลิกา แคลเซียมออกไซด์ และ แมกนีเซียมออกไซด์ 53.71, 45.26 และ 2.37 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากข้อมูลเทคนิคการเรืองรังสีเอ็กซ์ ซึ่งแร่องค์ประกอบและธาตุองค์ประกอบที่พบมีความสอดคล้องกัน ทั้งแร่ควอตซ์ ( $\text{SiO}_2$ ) แร่ใยหินโครโซไทล์ ( $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{H}_4\text{O}_9$  หรือ  $\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ ) และแร่โทเบอร์โมไรต์ ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) และเมื่อประกอบกับผลการทดลองที่ได้จากการส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่ามีลักษณะเป็นเส้นใย มีความโค้งงอ หรือ Asbestiform ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแร่ใยหินโครโซไทล์ (รูปที่ 3.3)

แร่องค์ประกอบประกอบทั้งสามชนิดที่พบในพรมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์ ล้วนเป็นแร่ที่ใช้เป็นองค์ประกอบหลักในการผลิตวัสดุก่อสร้างต่างๆ เช่น ฝ้า เพดาน อิฐมวลเบา เป็นต้น แม้จะมีสัดส่วนของแร่ควอตซ์ และซิลิกอนไดออกไซด์ อยู่เป็นจำนวนมาก แต่กลับไม่พบไดอะตอมที่มีองค์ประกอบเป็นซิลิกอนไดออกไซด์ในภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ดังนั้นจึงแร่ควอตซ์ที่พบอาจเป็นสารเพิ่มความแข็งแรง ทนทานของตัวอย่างพรมเซ็ดเท้าไดอะตอมไมต์ หรืออาจใช้เป็นองค์ประกอบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการยึดติดของวัสดุ และเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับความชื้นให้ดียิ่งขึ้น (Konstantinos, 2015)

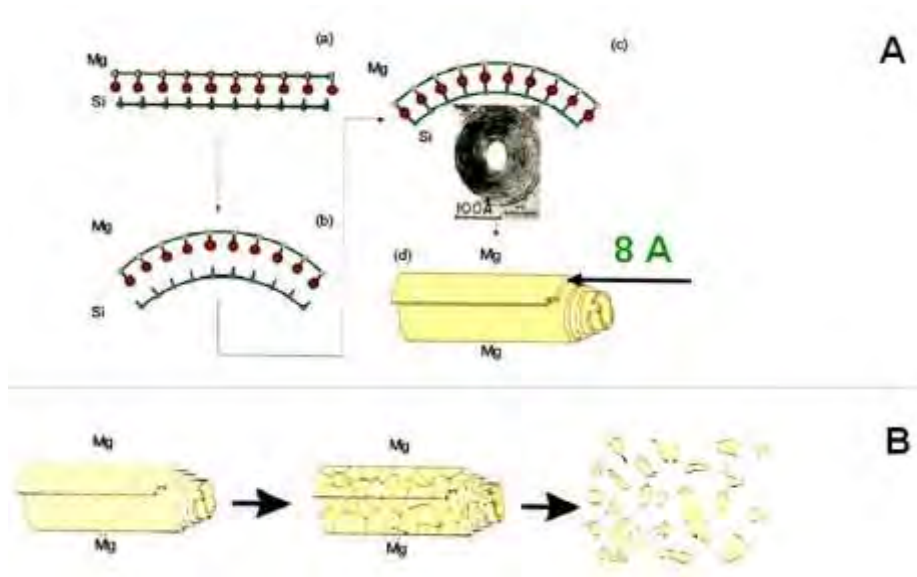
##### 3.1.2 แร่ใยหินโครโซไทล์

การค้นพบแร่ใยหินโครโซไทล์ ทำให้ผู้วิจัยจำเป็นต้องศึกษาลักษณะที่อาจเกิดขึ้นได้ต่อผู้บริโภค และพบว่าแร่ใยหินโครโซไทล์เป็นกลุ่มของแร่ในธรรมชาติ แบ่งออกเป็นสองประเภท ได้แก่ เส้นใยกลุ่มเซอร์เพนไทน์ (Serpentine group) และเส้นใยกลุ่มแอมฟิโบล (Amphibole group) แร่ใยหินโครโซไทล์จัดอยู่ในกลุ่มของแร่เซอร์เพนไทน์ แร่ใยหินโครโซไทล์มีลักษณะเป็นเส้นใยหรือเป็น Asbestiform (รูปที่ 3.2) โดยจะมีลักษณะที่สำคัญคือรูปร่างผลึกที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับรูปร่างของแร่ใยหินซึ่งมีลักษณะเด่น 6 ประการได้แก่ เป็นเส้นใยฝอย (Fibril) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าไมโครเมตร เส้นใยฝอยอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม (fiber bundle) ที่ปลายกลุ่มเส้นใยจะบานแตกออกจากกัน (splayed ends) เมื่อได้รับแรงขดสี กลุ่มเส้นใยจะไม่แตกจากกัน แต่จะพันกัน ยุ่งเหยิง (Matted) เส้นใยมีความอ่อนตัวโค้งงอได้ (curved) และกลุ่มเส้นใยมีความอ่อนตัวหักงอเหมือนข้อเข่าได้ การทดสอบแร่ใยหินโครโซไทล์ สามารถทดสอบด้วยวิธีอื่นได้เช่น การทำแผ่นหินบางจากนั้นนำไปส่องตัวอย่างด้วยกล้อง

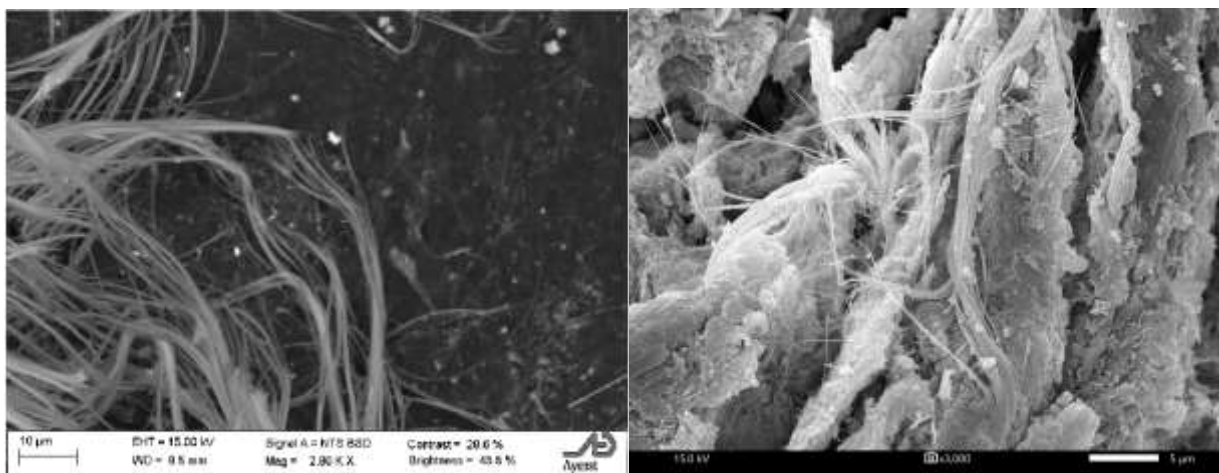


Polarized Light Microscope หรือใช้เครื่องมือ Transmission electron microscope (TEM) จะสามารถศึกษาโครงสร้างของแร่ใยหินโครโซไทล์ได้ดีขึ้น

แร่ใยหินโครโซไทล์ มีคุณสมบัติแตกต่างไปจากแร่ใยหินกลุ่มแอมฟีโบล ทั้งทางกายภาพและเคมี กล่าวคือ ในทางการค้าจึงเรียกเส้นใยชนิดนี้ว่า white asbestos คุณสมบัติที่สำคัญของแร่ใยหินโครโซไทล์ คือ เส้นใยละเอียด ยืดหยุ่นได้ แข็ง และเป็นมัน นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติต้านทานการดึงได้สูง (High tensile strength) ทนทานต่อการกัดกร่อนของด่างได้สูง ทนทานต่อความร้อน เมื่อถูกความร้อนเส้นใยจะไม่หัก แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกิน 450 องศาเซลเซียส หรืออยู่ในสภาวะที่ความเป็นกรดสูงกว่า pH4.5 เส้นใยจะสูญเสียน้ำ เปรอะ หัก และสลายออกเป็นชิ้นเล็กๆ ได้ง่าย จากนั้นจะสลายไปตามค่าครึ่งชีวิตของมัน โดยแร่ใยหินโครโซไทล์มีค่าครึ่งชีวิต 30 วัน (รูปที่ 3.1) (Sprynskyy, 2011)



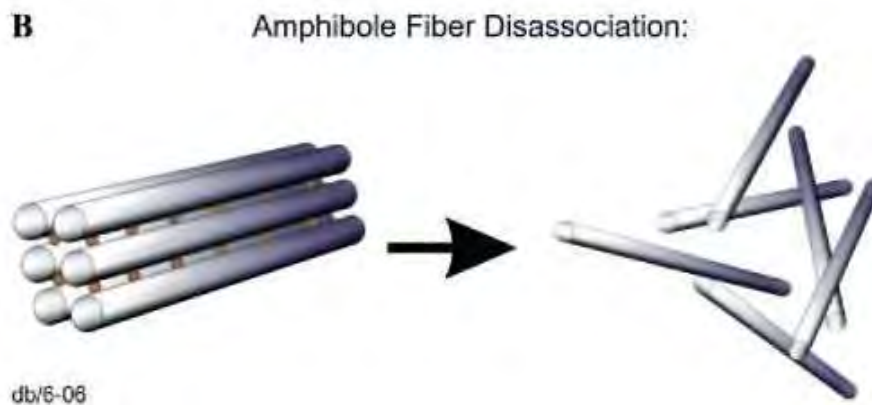
รูปที่ 3.1 ลักษณะโครงสร้างและการสลายตัวของแร่ใยหินโครโซไทล์ (Bernstein, 2005)



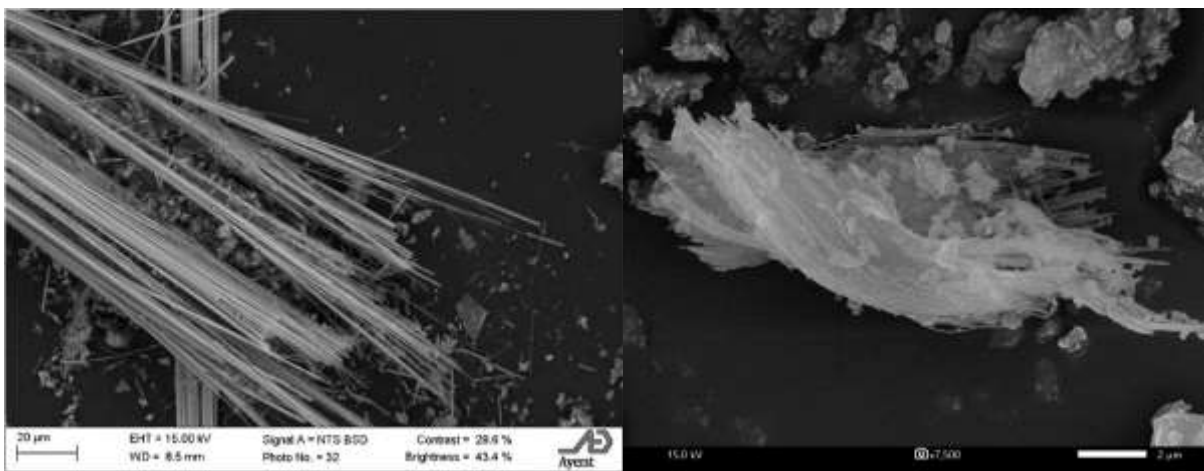
รูปที่ 3.2 ลักษณะ Asbestiform ของแร่ใยหินโครโซไทล์ ภายใต้กล้อง SEM (www.sem-ayerstenv.com)

รูปที่ 3.3 ลักษณะ Asbestiform ของแร่ใยหินโครโซไทล์ จากพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์ภายใต้กล้อง SEM

เมื่อเปรียบเทียบกับแร่ใยหินกลุ่มแอมฟีโบล แร่ใยหินกลุ่มแอมฟีโบลจะมีลักษณะโครงสร้าง คล้ายกับแร่ใยหินโครโซไทล์ แต่ลักษณะทางเคมีแตกต่างกัน มี 5 ชนิด คือ crocidolite, amosite, anthophyllite, tremolite และ actinolite ชนิดที่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรม คือ crocidolite และ amosite เนื่องจากคุณสมบัติที่มีความยืดหยุ่น และคงทนสูง ลักษณะของแร่ใยหินกลุ่มแอมฟีโบลแตกต่างไปจากแร่ใยหินโครโซไทล์ โดยมีเส้นใยเหยียดตรงคล้ายเข็ม โดยทั่วไปเส้นใยจะเปราะ หักได้ง่าย และแยกเส้นใยออกตามแนวยาวได้ง่ายกว่า และยังมีแนวโน้มที่จะกระจายในบรรยากาศได้ง่ายกว่าแร่ใยหินโครโซไทล์ นอกจากนี้แร่ใยหินกลุ่มแอมฟีโบล ยังมีคุณสมบัติทนทานต่อกรดได้ดีกว่าแร่ใยหินโครโซไทล์ มีคุณสมบัติทนทานต่อความร้อนได้ดีกว่า และยังมีค่าครึ่งชีวิตที่ยาวกว่าแร่ใยหินโครโซไทล์ ทำให้แร่ใยหินกลุ่มแอมฟีโบลยากต่อการสลายหายไป รวมถึงอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพมากกว่าแร่ใยหินโครโซไทล์ ดังนั้นปริมาณการใช้แร่ใยหินแต่ละชนิดที่ใช้ในปัจจุบันพบว่า แร่ใยหินโครโซไทล์เป็นแร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมมากที่สุดถึงร้อยละ 90 จากปริมาณการใช้แร่ใยหินทั้งหมด (Bernstein, 2005)



รูปที่ 3.4 ลักษณะโครงสร้างและการสลายตัวของแร่ใยหินกลุ่มแอมฟีโบล (Bernstein, 2005)



รูปที่ 3.5 ลักษณะเป็นเส้นใยเหยียดตรงคล้ายเข็ม ภายใต้อุปกรณ์ SEM (www.sem-ayerstenv.com)

รูปที่ 3.6 ลักษณะ Asbestiform ซึ่งมีความโค้งงอของแร่ใยหินโครโซไทล์จากพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์ ภายใต้อุปกรณ์ SEM

แร่ใยหินส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ที่ใช้ผลิตภัณฑ์ หรือมีความจำเป็นต้องทำงานอยู่กับแร่ใยหิน การสูดหายใจเอาเส้นใยของแร่ใยหินเข้าสู่ร่างกาย และจะส่งผลให้เกิดอันตราย ต่อร่างกายมากขึ้นอยู่กับจำนวนและขนาดของเส้นใยที่หายใจเข้าไป เส้นใยของแร่ใยหินที่มีความยาวมากกว่า 5 ไมครอน และมีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 1.5 ไมครอน จะเป็นอันตรายอย่างมากต่อสุขภาพของผู้ที่สูดหายใจเข้าไป เนื่องจากเส้นใยขนาดนี้สามารถแทงเข้าไปในเนื้อเยื่อของปอดได้ง่ายและถูกทำลายด้วยเซลล์ในปอด แต่เส้นใยที่สั้นจะถูกทำลายได้ง่ายกว่า ซึ่งเส้นใยของแร่ใยหินชนิด Crocidolite และ amosite มีอันตรายมากกว่าแร่ใยหินโครโซไทล์เพราะเส้นใยของ crocidolite และ amosite ยาวกว่าแร่ใยหินโครโซไทล์และ เส้นที่มีลักษณะเหยียดตรงและแหลม โดยแร่ใยหินจะส่งผลกระทบต่อร่างกายผ่านการสูดหายใจ การสัมผัส และการกิน เมื่อเส้นใยแอสเบสตอสเข้าสู่ร่างกาย จะก่อให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคแอสเบสโตซิส (Asbestosis) โรคมะเร็งเยื่อหุ้มปอด (Mesothelioma) มะเร็งปอด หรือมะเร็งบริเวณอื่นๆ เช่น มะเร็งปอด (lung cancer) (กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2541)

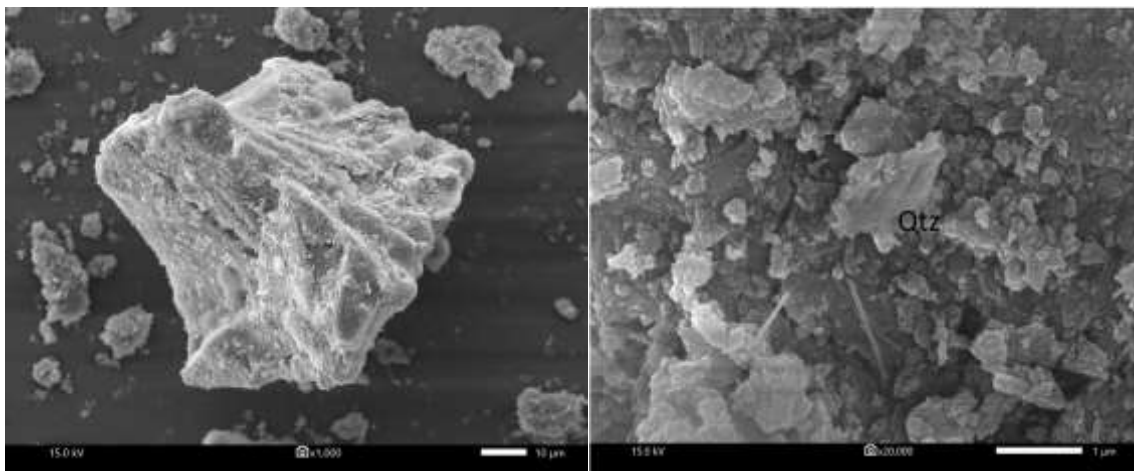
โรคแอสเบสโตซิส (Asbestosis) เป็นโรคปอดแข็งที่เกิดจากการหายใจเอาแร่ใยหินเข้าไปในปอด มักเกิดขึ้นในกลุ่มผู้ประกอบการอาชีพที่ต้องเกี่ยวข้องกับแร่ใยหินเช่น คนงานทำเบรครถยนต์ คนงานทำวัสดุทนไฟ คนงานโรงงานสิ่งทอ คนงานโรงงานผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ และกรรมกรท่าเรือ รวมทั้งผู้ที่อยู่อาศัยใกล้กับโรงงานต่างๆ ดังกล่าว โรคนี้เป็นโรคแบบเรื้อรัง เมื่อหายใจเอาฝุ่นหรือเส้นใยของแร่ใยหินเข้าไป เส้นใยที่มีขนาดใหญความยาวประมาณ 50 ไมครอน บางส่วนจะติดอยู่ในหลอดลมขนาดเล็ก ส่วนเส้นใยที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อย (ต่ำกว่า 3.5 ไมครอน) มีโอกาสลงไปได้ลึกในทางเดินหายใจและเข้าไปถึงถุงลมปอด (alveolar) ได้ในสัดส่วนที่ลดลง พบว่าเส้นใยโครโซไทล์ทำให้เกิดพังผืดในปอดได้น้อยกว่าเส้นใย amosite หรือ crocidolite ทั้งนี้เนื่องจากโครโซไทล์ถูกขับออกจากทางเดินลมหายใจได้เร็วกว่า

โรคมะเร็งเยื่อหุ้มปอด ( mesothelioma ) เป็นโรคเนื้องอกหรือมะเร็งชนิดหนึ่งที่เกิดบริเวณเยื่อหุ้มปอด และเยื่อช่องท้อง เนื้องอกชนิดนี้จะเกิดกับผู้สัมผัสกับแอสเบสตอส crocidolite และ amosite เนื้องอกนี้อาจลุกลามไปยังบริเวณอื่นๆ ได้ เช่น คอหอย กระเพาะ และ รังไข่ จากการศึกษาพบว่าการเกิดโรคมะเร็งเยื่อหุ้มปอด มีความสัมพันธ์กับชนิดของแอสเบสตอส ระยะเวลาของการสัมผัสและปริมาณที่ได้รับ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้หลังจากการสัมผัสแอสเบสตอสที่มีปริมาณมากในช่วงเวลาสั้นๆ โดยผู้ป่วยจะมีอาการหายใจขัด เจ็บหน้าอก

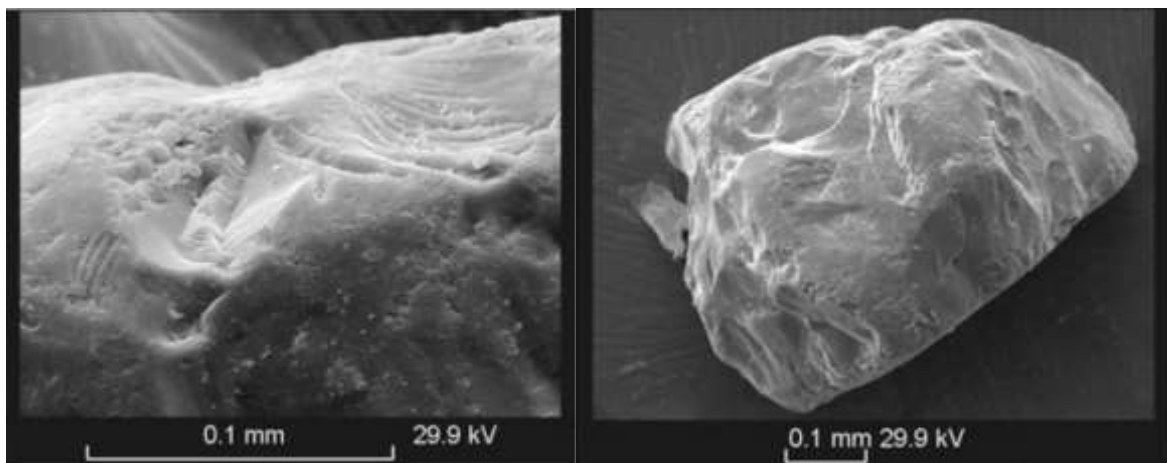
จากผลกระทบและความกังวลเรื่องสุขภาพ ทำให้หลายประเทศลดการใช้แร่ใยหินลง อนุสัญญาขององค์การแรงงานระหว่างประเทศเรื่องความปลอดภัยในการใช้แร่ใยหิน (ฉบับที่ 162) ห้ามใช้โครซิโดไลต์และผลิตภัณฑ์ที่มีเส้นใยแร่ชนิดนี้ รวมทั้ง ฟองพวยจากแร่ใยหินทุกชนิด ตั้งแต่ พ.ศ. 2529 อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันยังมีการใช้แร่ใยหินโครโซไทล์อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา (แผนงานพัฒนาวิชาการและกลไกคุ้มครองผู้บริโภคด้านสุขภาพ, 2559)

### 3.1.3 องค์ประกอบของตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติของประเทศไทย

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติของประเทศไทย ในขั้นตอนวิเคราะห์คุณสมบัติทั้งสามขั้นตอน พบว่าไดอะตอมที่พบจัดเป็นชนิด *Melosira granulata* และสัดส่วนแร่ประกอบเป็นไปในทิศทางเดียวกันเมื่อพิจารณากราฟระหว่างค่า 2-Theta และ Intensity คือมีแร่ควอตซ์เฉลี่ยร้อยละ 74.59 รองลงมาคือแร่ดินเช่น คาโอลิไนต์ อิลไลต์ และมอนต์มอริลโลไนต์ตามลำดับ แต่ไดอะตอมซึ่งมีโครงสร้างเป็นซิลิกาอสัณฐานจะไม่ส่งผลให้เกิดค่าดังกล่าวปรากฏลงบนกราฟ ดังนั้น จึงคาดว่าแร่ควอตซ์ที่ปรากฏ เกิดจากการปนเปื้อนของ Quartz grains ในบริเวณเดียวกันดังกล่าว (รูปที่ 3.7) ซึ่งเมื่อนำภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของ Quartz grains ในพื้นที่มาเทียบเคียงกับงานวิจัยก่อนหน้า พบว่ามีความคล้ายคลึงกัน แต่ Quartz grains ในตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติจะมีความสกปรกมากกว่าเนื่องจากปะปนกับแร่อื่น



รูปที่ 3.7 ลักษณะของ Quartz grains ของตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติภายใต้กล้อง SEM (Vologina, 2013)



รูปที่ 3.8 ลักษณะของ Quartz grains ภายใต้กล้อง SEM (Vologina, 2013)

### 3.1.4 ผลการปรับปรุงคุณภาพตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติของประเทศไทยโดยวิธีการหมุนเหวี่ยง

การปรับปรุงคุณภาพตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติของประเทศไทยโดยวิธีการหมุนเหวี่ยง พบว่าตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติในส่วนของที่ตกจมมีสัดส่วนซิลิกาในดินเบาจากธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น สัดส่วนอลูมิเนียมออกไซด์และเหล็กออกไซด์ลดลง โดยมีสัดส่วนธาตุซิลิกาเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 3.47 สัดส่วนอลูมิเนียมออกไซด์และเหล็กออกไซด์ลดลงโดยเฉลี่ยร้อยละ 1.32 และ 2.06 ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบสัดส่วนซิลิกาและองค์ประกอบอื่นๆของตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติของประเทศไทยแล้ว (ตารางที่ 3.1) พบว่ายังมีสัดส่วนซิลิกาในดินเบาว่ามาตรฐาน แต่มีแนวโน้มที่ดีสำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาวิธีการปรับปรุงคุณภาพดินเบาต่อไป เพื่อให้ดินเบาจากธรรมชาติของไทยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมได้มากขึ้นในอนาคต

**ตารางที่ 3.1** แสดงปริมาณธาตุองค์ประกอบของตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติเปรียบเทียบกันระหว่างก่อนและหลังปรับปรุงคุณภาพที่ตกจมหลังผ่านการหมุนเหวี่ยง

Element (%)	ตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติก่อนการปรับปรุงคุณภาพ					ตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติหลังการปรับปรุงคุณภาพส่วนที่ตกจม				
	DH3-1	DH3-4	DH3-7	DH3-9	DH3-10	DH3-1	DH3-4	DH3-7	DH3-9	DH3-10
SiO <sub>2</sub>	74.48	68.69	69.71	68.18	77.42	79.83	74.11	73.76	68.23	80.54
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.03	14.14	17.34	14.49	13.01	11.33	11.82	16.04	15.4	11.81
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.302	13.85	8.585	13.25	6.482	6.011	11.09	6.421	11.91	4.74

### 3.2 สรุปผลการศึกษา

3.2.1 ตัวอย่างพรมเช็ดเท้าไดอะตอมไมต์ไม่พบไดอะตอมเป็นส่วนประกอบ แต่พบองค์ประกอบของแร่ควอตซ์ แร่ใยหินโครโซไทล์และ แร่โทเบอร์โมไรต์ ในสัดส่วนร้อยละ 45.29 26.23 และ 26.59 ตามลำดับ

3.2.2 ตัวอย่างดินเบาจากธรรมชาติพบไดอะตอมชนิด *Melosira granulata* เมื่อพิจารณาจากข้อมูลการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ พบว่าประกอบด้วยแร่ควอตซ์เฉลี่ยร้อยละ 74.59 คาโอลิไนต์เฉลี่ยร้อยละ 16.10 อิลไลต์เฉลี่ยร้อยละ 5.74 และมอนต์มอริลโลไนต์เฉลี่ยร้อยละ 3.56 อีกทั้งเมื่อพิจารณาจากข้อมูลของเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์สัดส่วนธาตุซิลิกาเฉลี่ยร้อยละ 71.70 สัดส่วนแร่ดินและเหล็กออกไซด์เฉลี่ยร้อยละ 14.47 และ 8.90 ตามลำดับ

3.2.3 ค่ามาตรฐานสำหรับพิจารณาดินเบาในการนำไปใช้เชิงอุตสาหกรรม มักพิจารณาจากธาตุองค์ประกอบ ซึ่งจากการวิเคราะห์สมบัติดินเบาจากธรรมชาติที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้วพบว่า ดินเบาในส่วนของที่ตกจม มีสมบัติเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมมากกว่าส่วนที่แขวนลอย และเมื่อเปรียบเทียบผลวิเคราะห์จากเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ของดินเบา ก่อนและหลังปรับปรุงสมบัติ พบว่ามีสัดส่วนธาตุซิลิกาเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 3.47 สัดส่วนแร่ดินและเหล็กออกไซด์ลดลงโดยเฉลี่ยร้อยละ 1.32 และ 2.06 ตามลำดับ

## Reference

- กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2541. แอสเบสตอส(Asbestos). กรุงเทพฯ: บริษัท อินทิเกรเต็ด โพรโมชัน เทคโนโลยีจำกัด. น. 1-3
- เชิดศักดิ์ อรรถอรุณ. 2544. การสำรวจและวิจัยคุณสมบัติของดินเบสลำปางเพื่องานด้านสิ่งแวดล้อม. น. 25-29
- แผนงานพัฒนาวิชาการและกลไกคุ้มครองผู้บริโภคด้านสุขภาพ, 2014. แร่ใยหินโครโซไทล์ (Chrysotile Asbestos), กรุงเทพฯ: บริษัท เปนไท่ พับลิชชิ่ง จำกัด. น. 16-23
- Akutsu, J., 1974, On the fossil diatom of Amphoe Mea Chaem, Chaem, Changwat Lampang, Thailand, in *Geology and Paleontology of Southeast Asia*, p.161-163
- Arakawa, T., and Philo, J., 1999. Application of analytical ultracentrifuge to molecular biology and pharmaceutical science. *Yakugaku Zasshi*, p. 597-611.
- Bar, S.M., and Macdonald, A.S., 1981. Geochemistry and geochronology of Late Cenozoic Basalt of Southeast Asia. p. 1069-1124.
- Bernstein, D., 2005. The health effects of chrysotile: Current perspective based upon recent data, p. 2-3.
- Breese, O.Y., 1994, "Diatomite", *Industrial Minerals and Rocks*, 6th Ed., p. 397-412.
- Cupp, E., 1943. Marine Plankton Diatom of the West Coast of North America, p. 20-22.
- Harben, P.W., and Bates, P.L., 1992, Diatomite, in *Industrial Minerals, Geology and World Deposits*, Industrial Minerals Division, Metal Bulletin Pic, p.102-105.
- Inglethorpe, S.D.J., and Pearce, J.M., 1999, Mineralogy and Petrography of Diatomite from the Lampang Basin, Changwat Lanpang, Northern Thailand, Technical Report, British Geological Survey, WC/99/19, p. 23-27.
- Konstantinos, I., 2015. Market of high purity quartz innovative applications , p. 734-735.
- Kumanchan, P and Traian, A., 1986, Research on geologic environment, chemical compositions, physical properties and uses of diatomite from the Lampang basin, northern Thailand. Rprt. Thai Dept. Min. Resource. Economic Geology Division. 2nd Edition, p. 114.
- Piyasin, S., 1978, Geological Report of Petroleum Drillhole IL-3(15), Lampang Basin Project, Division of Exploration and Production, Defence Energy Department, Ministry of Defence, p. 42.
- Ratanasthien, B., 1992, Neogene events recorded in coalfield in northern Thailand, in *Proc. Of Technical Conference on Development Geology for Thailand into Year 2000*, Chulalongkorn University, 1990, p. 462-476.

Sem-ayerstenv. 2020. Elemental Analysis. [ONLINE] Available at: <https://www.sem-ayerstenv.com/elemental-analysis/>. [Accessed 1 April 2020].

Sripongpun, P., 1985. Lithostratigraphy and depositional environment of diatomite deposits in the Southeastern part of Lampang Basin, Changwat Lampang, p. 25-29, 73-80.

Sprynskyy, M., 2011. Structural features of natural and acid smodified chrysotile nanotubes, p. 1116, 1120.

Vologina, E.G., 2013. Chloritoid in the bottom sediments of the Akademichesky Ridge of Lake Baikal, an indicator of eolian transportation. p. 4-6.

Zhang D.Y., 2011. Enlargement of diatom frustules pores by hydrofluoric acid etching at room temperature, p.665–671.

