คุณลักษณะทางคลื่นไหวสะเทือนของแก๊สไฮเดรตในฮิคุรางกิ ประเทศนิวซีแลนด์

นายวฤธ สิริวิภาส

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559

Seismic Characteristics of Gas Hydrates at Hikurangi Margin, New Zealand

Mr. Warit Sirivipas

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 2016

หัวข้อโครงงาน	คุณลักษณะทางคลื่นไหวสะเทือนของแก๊สไฮเดรตใน ฮิคุรางกิ ประเทศนิวซีแลนด์
โดย	นายวฤธ สิริวิภาส
สาขาวิชา	ธรณีวิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานหลัก	อาจารย์ ดร.ปิยพงษ์ เชนร้าย

วันที่ส่ง.....

วันที่อนุมัติ.....

.....

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานหลัก

(อ. ดร.ปิยพงษ์ เชนร้าย)

วฤธ สิริวิภาส : คุณลักษณะทางคลื่นไหวสะเทือนของแก๊สไฮเดรตในฮิคุรางกิ ประเทศนิวซีแลนด์. (SEISMIC CHARACTERISTICS OF GAS HYDRATES AT HIKURANGI MARGIN, NEW ZEALAND) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร.ปิยะพงษ์ เชนร้าย, 29 หน้า

ขอบทวีปฮิคุรางิ ประเทศนิวซีแลนด์ เป็นพื้นที่หนึ่งที่มีแก๊สไฮเดรตสะสมตัวอยู่มากของโลก โดยแก๊สไฮเดรตคือของแข็งผลึกที่ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำและแก๊สอื่น ๆ ซึ่งในปัจจุบันได้รับความสนใจมากขึ้นเรื่อย ๆ ในสถานะที่มีประสิทธิภาพในการเป็นพลังงานเชื้อเพลิงในอนาคตได้ โดยการผลิตเชื้อเพลิงจากแก๊สไฮเดรตเพื่อนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันนั้นสามารถเป็นไปได้อย่างมากในไม่กี่ทศวรรษข้างหน้า ซึ่งการศึกษาคุณลักษณะของแก๊สไฮเดรตนี้จึงเป็นประโยชน์สำหรับพลังงานที่สามารถมาทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลชนิดอื่น ๆ ที่กำลังจะหมดไปได้

แก๊สไฮเดรตสามารถเกิดได้ในสภาวะแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจง จะพบได้ที่ที่มีอุณหภูมิต่ำและความดันสูง แตกต่างกันไปแต่ละพื้นที่ทั่วโลก แต่โดยส่วนใหญ่มักจะพบที่ทะเลลึก ใต้พื้นมหาสมุทร รวมถึงน้ำแข็งผิวดิน (permafrost) โดยการจะศึกษาหาแก๊สไฮเดรตได้ในปัจจุบัน สามารถศึกษาได้จากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ซึ่งจะสะท้อนลักษณะของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่อยู่ใต้พื้นมหาสมุทรขึ้นมาได้

ได้นำข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนของขอบทวีปฮิคุรางิ ในโครงงาน ที่แสดงลักษณะของ Bottom Simulating Reflections (BSRs) ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญที่บ่งชี้ถึงแก๊สไฮเดรตมาเป็นตัวบอกคุณลักษณะวัตถุประสงค์เพื่อหาลักษณะการเกิด สภาวะแวดล้อมของระบบแก๊สไฮเดรตในพื้นที่ศึกษานี้ การปรากฏของแก๊สไฮเดรตนี้สัมพันธ์กับความเร็วคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านลักษณะผิดปกติ (anomaly) และความลึกของ BSRs ซึ่งเป็นตัวบอกแก๊สไฮเดรตในการศึกษาครั้งนี้ และเป็นประโยชน์ในการค้นหาพื้นที่ทั้งแก๊สอิสระและแก๊สไฮเดรต รวมทั้งคลื่นไหวสะเทือนยังบอกลักษณะทางธรณีวิทยาใต้พื้นมหาสมุทร

จากภาพคลื่นไหวสะเทือนที่มีคุณภาพสูง สามารถทำให้หาการกระจายตัวของแก๊สไฮเดรตในพื้นที่ศึกษา ซึ่งผลการศึกษาปรากฏทั้งแก๊สอิสระและแก๊สไฮเดรตอยู่อย่างหนาแน่น ขนานกับพื้นมหาสมุทร แก๊สเหล่านี้ถูกกักเก็บไว้ในหินกักเก็บที่มีประสิทธิภาพคือ หินทรายกระแสน้ำขุ่นยุคไมโอซีน นอกจากนี้จากการแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน ยังสามารถหาสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมในการเกิดแก๊สไฮเดรต ทั้งความดันและอุณหภูมิของขอบทวีปฮิคุรางิ

ภาควิชา ธรณีวิทยา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ธรณีวิทยา ลายมือชื่อ อที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2559

5632741623 : MAJOR GEOLOGY
KEYWORDS : BOTTOM SIMULATION REFLECTION / GAS HYDRATE / SEISMIC CHARACTERISTICS / HIKURANGI MARGIN

WARIT SIRIVIPAS: SEISMIC CHARACTERISTICS OF GAS HYDRATES AT HIKURANGI MARGIN, NEW ZEALAND. ADVISOR: DR. PIYAPONG CHENRAI, Ph.D., 29 pp.

Hikurangi Margin of New Zealand, is one of the areas where hydrates are found in relatively high concentration. Gas hydrate is an ice-like substance that contains low molecular weight gases in a lattice of water molecules. Nowadays, gas hydrates are significant material because they are increasingly being viewed as a potential future source of natural gas. However, economic production of gas from hydrates is a realistic possibility within the next decade.

Gas hydrates are stable at relatively low temperature and high pressure conditions. Thus, they are often widely appeared in permafrost and deep oceanic environments below seafloor around the world. Small amounts of free gas are often present below the gas-hydrate stability zone (GHSZ). The hydrate-to-free-gas contact has been indicated by high amplitude Bottom Simulating Reflection (BSR) which gives a strong acoustic impedance contrast, exists at the lower boundary of the region of gas hydrate stability.

This project focused on a detail of hydrate seismic profiles analysis in terms of reflection character by using BSRs to indicate the distribution of free gas, underlying BSRs. This study also informed that continuous-looking BSRs in seismic profiles are highly segmented in detail. Other influences for example change in reflection characteristics in sediments and amplitude blanking, which have not been investigated in detail, are also related with hydrated sediments and potentially revealed more information about the nature of hydrate sediments and the amount of hydrate present.

Department : Geology Student's Signature .....
Field of Study : Geology Advisor's Signature .....
Academic Year : 2016

กิตติกรรมประกาศ

ผมขอขอบคุณมือของผู้คนจำนวนมากที่ฉุดให้ผมลุกขึ้นและทำศึกษาต่อไป จนโครงงานนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ดี ทั้งความอนุเคราะห์และน้ำใจจากคณาจารย์หลายท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนกำลังใจและการสนับสนุนจากบุคคลรอบข้างอีกมากมาย

เริ่มต้นโครงงานนี้คงไม่อาจเกิดขึ้นและสำเร็จสมบูรณ์ขึ้นมาได้ หากปราศจากความเมตตาอย่างสูงจากท่านอาจารย์ ดร. ปิยะพงษ์ เชนร้าย ที่กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของผม ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับความปราณีของอาจารย์ตลอดระยะเวลาในการศึกษาและจัดทำโครงงาน ตั้งแต่ให้หัวข้อในการทำโครงงาน ให้ข้อมูลความรู้ คำแนะนำ รวมถึงข้อคิดและให้สติแก่ผมตลอดมาอย่างอดทน ล้วนเป็นประโยชน์แก่ตัวผมอย่างยิ่งที่สามารถนำมาใช้ในการศึกษาและการดำเนินชีวิตประจำวัน ทั้งยังได้สละเวลาอันมีค่าตรวจสอบความถูกต้องของงาน ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องผิดพลาดต่าง ๆ ผมรู้สึกซาบซึ้งและสำนึกในความกรุณาของอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ไว้ ณ ที่นี่

อีกส่วนหนึ่งสำคัญอย่างมากที่ทำให้รายงานเล่มนี้บรรลุผลสำเร็จได้ด้วยดี ผมขอขอบพระคุณภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ท่านอาจารย์และพี่บุคลากรทุก ๆ ท่าน อันผมมิได้เอ่ยนาม ที่ได้อบรมสั่งสอน มอบความรู้ทางด้านวิชาการในห้องเรียน และคอยดูแลชี้แนะและให้ความช่วยเหลือผมนอกห้องเรียนเสมอมา ผมได้รับความรู้ แง่คิด มุมมองและประสบการณ์ต่าง ๆ อย่างมากมายตลอดระยะเวลาในการศึกษาและจัดทำโครงงาน รวมถึงขอบคุณที่ชี้แนะแนวทาง ให้คำแนะนำ และข้อสังเกตต่าง ๆ ตั้งแต่เสนอโครงร่างงานวิจัยตลอดจนถึงวันเสนอผลงานวิจัย ซึ่งทำให้ผมได้พัฒนาแนวความคิดและไตร่ตรองปัญหาได้อย่างรอบคอบมากยิ่งขึ้น จนนำมาแก้ไขให้โคงงานเล่มนี้สำเร็จลงได้

ผมขอขอบคุณกัลยาณมิตรของผมทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือเกื้อกูลและเป็นกำลังใจเสมอมา โดยเฉพาะคอยเตือนถึงกำหนดกรอบเวลาในการเสนอความคืบหน้าของงาน ซึ่งถือเป็นแรงกระตุ้นในการทำงานให้ผมได้อย่างดียิ่ง

เหนือสิ่งอื่นใดที่เป็นพระคุณอย่างสูง ผู้ที่มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในโครงงานเล่มนี้ คือ ครอบครัวสิริวิภาสของผม ขอกราบขอบพระคุณคุณแม่และคุณพ่อที่ช่วยสนับสนุนผมในด้านการศึกษาเล่าเรียนและการว่ายน้ำที่ผมรักเสมอมาตั้งแต่วัยเยาว์จนถึงวันนี้ ผมขอกราบขอบพระคุณสำหรับความรัก ความเอ็นดูห่วงใย ความเข้าใจและเป็นกำลังใจเสมอมา ที่ทำให้ผมเติบโตทางวิชาการและทางชีวิตจริงจนสามารถมีตัวตนดังเช่นทุกวันนี้ได้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 พื้นที่ศึกษา 2

1.3 วัตถุประสงค์ 2

1.4 ขอบเขตการศึกษา 2

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 ลักษณะของแก๊สไฮเดรต 3

2.2 โครงสร้างของแก๊สไฮเดรต 4

2.3. แก๊สไฮเดรตในธรรมชาติ 5

2.4. ความสำคัญของแก๊สไฮเดรต 6

2.5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

2.5.1. งานวิจัยของ Shuang et al. (2015) 9

2.5.2. งานวิจัยของ Popescu et al. (2007) 9

2.6. ระเบียบวิธีการวิจัย (Methodology) 10

บทที่ 3 วิธีจำแนกแก๊สไฮเดรตโดยคลื่นไหวสะเทือน 11

3.1. Bottom-Simulating Reflector (BSR) 11

3.2. แก๊สไฮเดรตในคลื่นไหวสะเทือน 12

บทที่ 4 ธรณีวิทยาโครงสร้าง 15

4.1. ธรณีแปรสัณฐานของขอบทวีปฮิคุรางิ 15

4.2. ลำดับชั้นหิน 16

4.3. ระบบแก๊สไฮเดรต 16

4.3.1 หินต้นกำเนิด 16

4.3.2 หินกักเก็บ 17

บทที่ 5 การวิเคราะห์และผลการศึกษา 18

5.1. การกระจายตัวของ BSRs 18

5.2. ลักษณะของแก๊สไฮเดรตที่พบโดยวิธีการทางคลื่นไหวสะเทือนในพื้นที่ศึกษา 19

5.3. การแปลความหมายคลื่นไหวสะเทือน 23

บรรณานุกรม 28

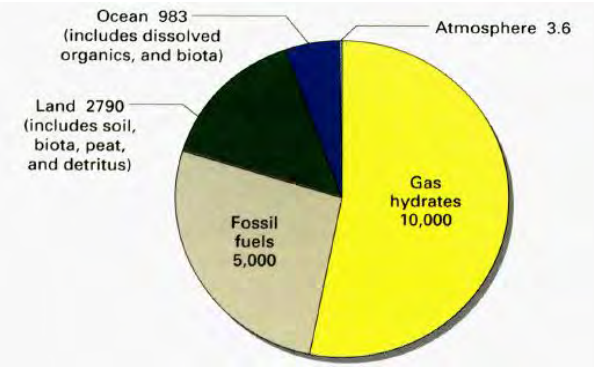
บทที่ 1
บทนำ
(INTRODUCTION)

1.1. ที่มาและความสำคัญ (Theme and Background)

เนื่องด้วยจากที่การผู้ศึกษาทำการค้นคว้าเกี่ยวกับพลังงานทางเลือกที่จะนำมาทดแทนเชื้อเพลิงที่ใช้ในปัจจุบัน เช่น แก๊สธรรมชาติ น้ำมัน และพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น ผมจึงพบกับแก๊สไฮเดรตที่เป็นองค์ความรู้ใหม่ที่พึ่งได้รับการศึกษาจริงจังเมื่อไม่นานมานี้ แก๊สไฮเดรตถูกค้นพบเมื่อประมาณปีพ.ศ.2544 โดยสหรัฐอเมริกา แต่ด้วยหลายๆปัจจัยทั่วโลกจึงยังไม่ทำการค้นคว้าและศึกษาต่ออย่างจริงจัง เนื่องด้วยการผลิตนั้นไม่คุ้มทุนเพราะยังมีเทคโนโลยีไม่มากพอที่จะตอบสนองการใช้แก๊สไฮเดรต

แต่เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการสำรวจและค้นคว้าเพิ่มขึ้นอย่างมากอาจเป็นเพราะเชื่อเพลิงที่ใช้ในปัจจุบันอาจจะไม่เพียงพอที่จะใช้ในอนาคต จากการศึกษาและสำรวจพบว่าปริมาณแก๊สไฮเดรตที่กระจายตามส่วนต่างๆ ของโลกมีมากกว่าปริมาณเชื้อเพลิงอื่น ๆ รวมกันถึงสองเท่าตัว (รูป1.1) ในปัจจุบัน จากรูปจะเห็นว่าในประเทศไทยไม่มีแก๊สไฮเดรต อาจจะเพราะว่าไม่ที่ที่ความดันและอุณหภูมิที่แก๊สไฮเดรตจะสามารถเกิดขึ้นได้ด้วยข้อดีของแก๊สไฮเดรตที่สามารถใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ และเนื่องด้วยแก๊สไฮเดรตยังคงเป็นองค์ความรู้ใหม่ของประเทศไทย จึงได้จัดทำการศึกษานี้ขึ้นเพื่อการศึกษาต่อยอดในอนาคตต่อไป

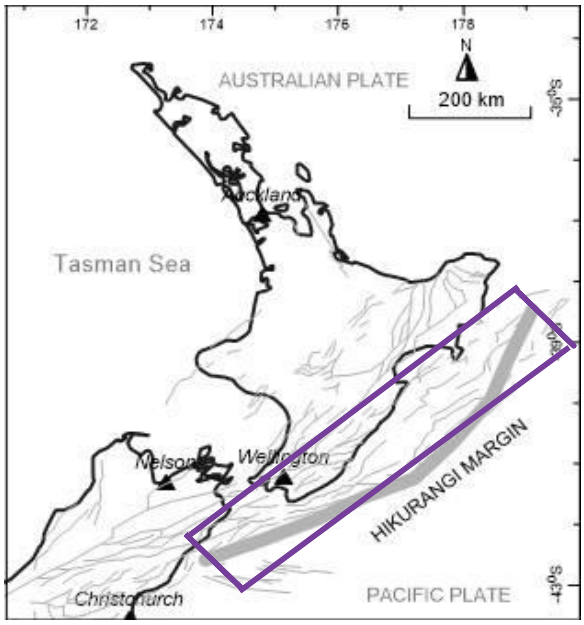
ในการศึกษานี้จะมุ่งเน้นไปในด้านการวิเคราะห์แก๊สไฮเดรตโดยใช้ลักษณะทางคลื่นไหวสะเทือน ในขอบฮิคุรางกิ ประเทศนิวซีแลนด์ โดยทำการศึกษาคุณลักษณะ และนำลักษณะต่าง ๆมารวมกันทำเป็นแผนที่การกระตัวของแก๊สไฮเดรตในขอบฮิคุรางกิ ประเทศนิวซีแลนด์ เพื่อให้เกิดความรู้รู้และความเข้าใจเกี่ยวกับแก๊สไฮเดรตมากขึ้นว่ามีการสะสมในลักษณะไหน ปัจจัยใดบ้างที่เป็นตัวทำให้แก๊สไฮเดรตสะสมตัว ซึ่งจะสามารถนำไปศึกษาต่อได้ เช่น ถ้าพบว่าจุดไหนที่มีการพบแก๊สไฮเดรตมากกว่าบริเวณอื่นก็อาจจะเป็นอันตรายต่อการพังทลายของขอบทวีป



รูปที่ 1.1. การกระจายตัวของเชื้อเพลิงคาร์บอนที่ถูกค้นพบในปัจจุบัน หน่วยเป็น gigaton (10^{15})

1.2 พื้นที่ศึกษา (Study Area)

โครงงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาบริเวณขอบทวีปฮิคุรางิ ประเทศนิวซีแลนด์ ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ละติจูดที่ 173 ถึง 180 องศาตะวันออกและลองติจูดที่ 38 ถึง 43 องศาใต้ โดยเป็นแนวรอยต่อระหว่างแผ่นออสเตรเลียและแผ่นแปซิฟิก ดังรูป 1.2



รูปที่ 1.2. แสดงพื้นที่ศึกษาของโครงงานที่บริเวณขอบทวีปฮิคุรางิ ประเทศนิวซีแลนด์ (กรอบสีม่วง)

1.3 วัตถุประสงค์ (Objective)

เพื่อศึกษาและประเมินคุณลักษณะของแก๊สไฮเดรตในฮิคุรางกิ ประเทศนิวซีแลนด์ โดยใช้คลื่นไหวสะเทือน

1.4 ขอบเขตการศึกษา (Scope of study)

วิเคราะห์คุณลักษณะของแก๊สไฮเดรตในฮิคุรางกิ ประเทศนิวซีแลนด์ ครอบคลุมพื้นที่ระหว่างละติจูดที่ 173 ถึง 180 องศาตะวันออกและลองติจูดที่ 38 ถึง 43 องศาใต้ โดยใช้ฐานข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ (Expected output)

แผนภาพคลื่นไหวสะเทือนแสดงคุณลักษณะของแก๊สไฮเดรตในฮิคุรางกิ ประเทศนิวซีแลนด์

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
(THEORY AND LITERATURE REVIEW)

2.1 ลักษณะของแก๊สไฮเดรต (Gas Hydrate Features)

แก๊สไฮเดรต หรือที่นิยมเรียกในชื่อ มีเทนไฮเดรต (Methane hydrate) หรือ คาลเธรตไฮเดรต (Clathrate hydrate) หรือในภาษาไทยเรียก"น้ำแข็งไฟ"(Combustible ice) มีลักษณะคล้ายน้ำแข็งแต่สีขุ่น สามารถติดไฟได้ ได้ไฟที่มีสีฟ้าอ่อน (รูปที่ 2.1) พบได้ในบริเวณพื้นมหาสมุทรลึก เช่น บริเวณไหล่ทวีปนอร์เวย์ (Norwegian continental shelf) เป็นต้น หรือยังสามารถพบได้ที่น้ำแข็งผิวดิน (permafrost) อย่างเช่นที่พื้นที่แก๊สไฮเดรตมัลลิก (Mallik gas hydrate site) ในดินดอนสามเหลี่ยมแมกแคนซี่ ตะวันตกเฉียงเหนือของแคนาดา

แก๊สไฮเดรตในธรรมชาติเหล่านี้ถูกมองว่าเป็นแหล่งพลังงานขนาดใหญ่ที่มีศักยภาพอย่างมาก แต่ในปัจจุบันยังคงมีข้อจำกัดในทางเศรษฐกิจ จึงมีการศึกษาและพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อความพร้อมในการนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์ นอกจากจะมีประโยชน์แล้ว ในบางครั้งแก๊สไฮเดรตก็ก่อให้เกิดปัญหาในทางอุตสาหกรรมปิโตรเลียม เนื่องจากสามารถเข้าไปอุดตันอยู่ในท่อแก๊สได้ นอกจากนี้การสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์คาลเธรตใต้พื้นมหาสมุทรก็ยังเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของโลก นักวิทยาศาสตร์สงสัยว่าอาจมีการสะสมตัวของคาลเธรตจำนวนมากในดาวเคราะห์ชั้นนอก ดวงจันทร์ และวัตถุพ้นดาวเนปจูน (trans-Neptunian objects)

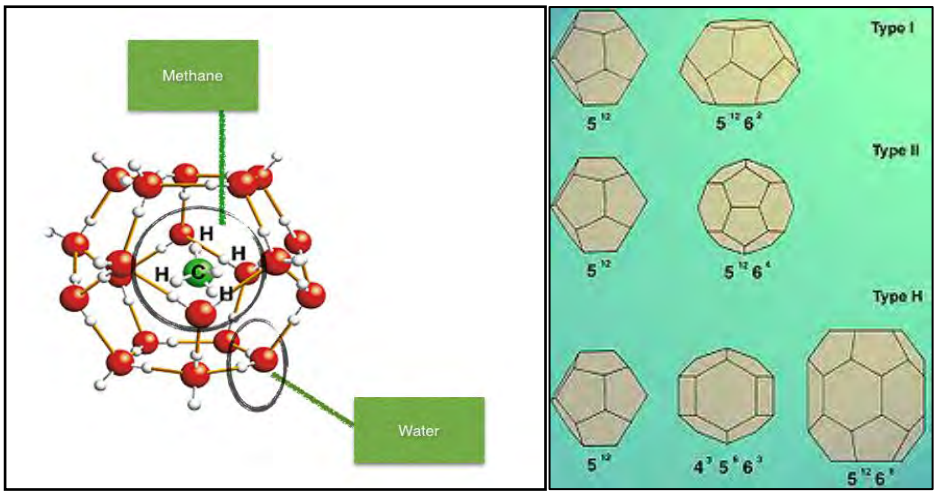
รูปที่ 2.1. รูปแสดงมีเทนไฮเดรต (Methane hydrate) (www.gns.cri.nz/Our-Science/Energy-Resources/Gas-Hydrates)

2.2. โครงสร้างของแก๊สไฮเดรต (Structure of Gas Hydrate)

แก๊สไฮเดรตมีโครงสร้างเป็นผลึกแข็งประกอบด้วยน้ำและโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น CO_2, N_2, CH_4, H_2 หรือสารประกอบไฮโดรคาร์บอนอื่นๆ โดยปกติแล้วเกิดจากที่น้ำหกโมเลกุลจับตัวกับแก๊สหนึ่งโมเลกุล (รูป 2.2 ก) ภายใต้อุณหภูมิต่ำ และความดันสูงที่เฉพาะต่อสภาพแวดล้อม โดยทั่วไปอุณหภูมิต่ำกว่าหรือประมาณศูนย์องศาเซลเซียส และความดันเกินหนึ่งบรรยากาศ (Eslamimanesh A et al.,2012)

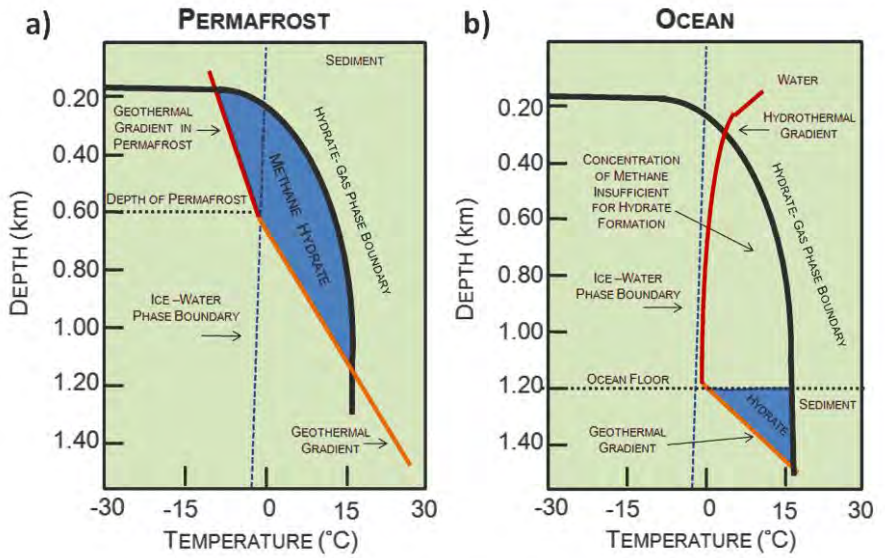
โดยปกติแก๊สไฮเดรตมีโครงสร้างคิวบิกสองรูปแบบ คือ โครงสร้างแบบที่ 1 (Type I: sI) และโครงสร้างแบบที่ 2 (Type II: sII) บางครั้งก็พบโครงสร้างแบบหกเหลี่ยม (Hexagonal: Type H) (รูป 2.2ข) ซึ่งโครงสร้างแบบที่ 1 ประกอบด้วยน้ำ 46 โมเลกุล หน่วยเซลล์ประกอบด้วยเคจ (cage) ชนิดเล็กสองอัน ซึ่งมีรูปร่างทรงห้าเหลี่ยมสิบสองหน้า (5^{12}) และชนิดใหญ่หกอัน รูปร่างแบบทรงสี่หน้า โดยเฉพาะเทรปโซเฮดรอนทรงหกเหลี่ยม ($5^{12}6^2$) เมื่อรวมกันมีรูปร่างแบบโครงสร้างแวร์-ฟีลาน (Weaire-Phelan structure) ปกติโครงสร้างแบบที่หนึ่งจะประกอบด้วย CO_2 ในคาร์บอนไดออกไซด์คลาเธรต และ CH_4 ในมีเทนคลาเธรต

ส่วนโครงสร้างแบบที่ 2 ประกอบด้วยน้ำ 136 โมเลกุล หน่วยเซลล์ประกอบด้วยเคจชนิดเล็ก 5^{12} สิบหกอัน และชนิดใหญ่ $5^{12}6^4$ แปดอัน โครงสร้างแบบที่สองเกิดจากแก๊ซออกซิเจนและไนโตรเจน ส่วนโครงสร้างแบบหกเหลี่ยม ประกอบด้วยน้ำ 34 โมเลกุล ประกอบด้วย 5^{12} สองอัน $4^3 5^6 6^3$ สามอัน และ $5^{12}6^8$ หนึ่งอัน โครงสร้าง Type H ต้องประกอบด้วยแก๊สโครงสร้างใหญ่และเล็กรวมกันเพื่อให้เสถียร โดยพบที่อ่าวเม็กซิโก



รูปที่ 2.2. ก) โมเลกุลของแก๊สฮเดรต และ ข) โครงสร้างของแก๊สไฮเดรตทั้งสามชนิด (en.wikipedia.org/wiki/Clathrate_hydrate)

เมื่อโมเลกุลเหล่านี้จับตัวกันในที่ความดันและอุณหภูมิที่เหมาะสมจะกลายเป็นของแข็ง เราจะเรียกว่า”แก๊สไฮเดรต” จากการสำรวจส่วนมากแก๊สที่จับตัวกับน้ำจะเป็นแก๊สมีเทนเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากมีเทนเป็นไฮโดรคาร์บอนที่พบง่ายที่สุด ส่วนใหญ่จึงเรียก”มีเทนไฮเดรต” กราฟความเสถียรของมีเทนไฮเดรต (รูป 2.3) ที่ทำขึ้นจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของแก๊สที่ให้ความร้อน (Thermogenic gas) จะพบว่ามีเทนไฮเดรตจะพบที่ระดับความลึกต่ำกว่าพื้นมหาสมุทรประมาณ 225-345 เมตร

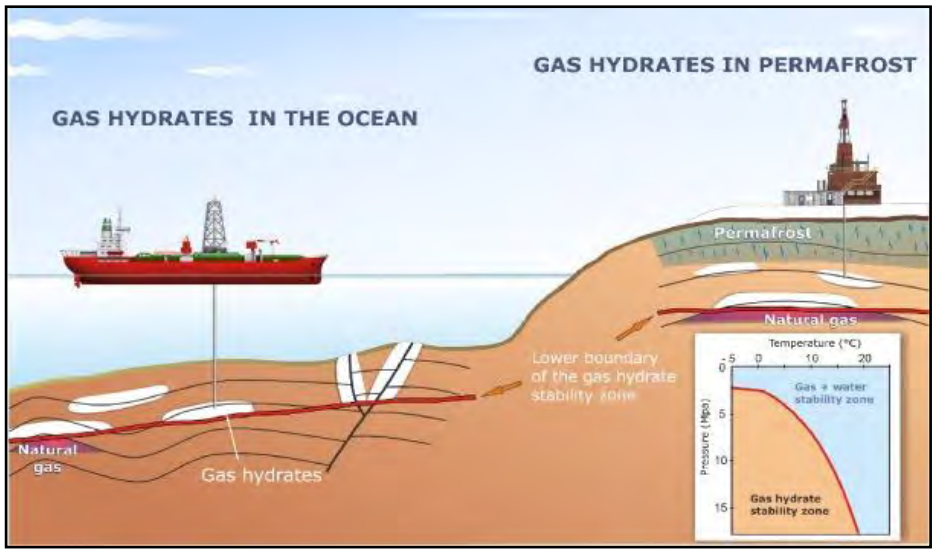


รูปที่ 2.3. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึก และความดัน ที่แก๊สไฮเดรตสามารถเกิดขึ้นได้

2.3. แก๊สไฮเดรตในธรรมชาติ (Natural Gas Hydrates)

แก๊สไฮเดรตตามธรรมชาติพบใต้พื้นมหาสมุทร ในตะกอนมหาสมุทร รวมถึงในตะกอนทะเลสาบลึก เช่น ทะเลสาบไบคาล ซึ่งสะสมอยู่ในธรรมชาติจำนวนมากประมาณ 10^{15} ถึง 10^{17} คิวบิกเมตร ซึ่งทำให้กลายเป็นที่สนใจในสถานะแหล่งพลังงานในอนาคต รวมถึงแก๊สที่รั่วจากการสะสมอาจทำให้เกิดภาวะโลกร้อน เพราะมีเทนเป็นก๊าซเรือนกระจกที่รุนแรงกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ และการสลายแก๊สอย่างกะทันหันสามารถทำให้เกิดมหันตภัยได้ เช่น ดินถล่ม แผ่นดินไหว และสึนามิ

จากการสำรวจพบว่ามีเทนไฮเดรตไม่ได้พบเพียงใต้พื้นมหาสมุทรเท่านั้น แต่ยังพบที่ใต้ชั้นดินเยือกแข็งคงตัว หรือน้ำแข็งผิวดิน (Permafrost) อีกด้วย เช่นในประเทศรัสเซียที่ได้ตั้งแท่นเจาะมีเทนไฮเดรตบนบก ซึ่งต่างจากประเทศญี่ปุ่นที่ใช้เรือเจาะมีเทนไฮเดรตกลางมหาสมุทร (รูป 2.4) ซึ่งจะพบมีเทนไฮเดรตมากในบริเวณที่อากาศเย็นจัด เช่น มหาสมุทรอาร์คติก รัฐอลาสก้า อ่าวเม็กซิโก และประเทศนิวซีแลนด์



รูปที่ 2.4. แสดงการขุดเจาะแก๊สไฮเดรตที่ต่างบริเวณกันของประเทศญี่ปุ่น และรัสเซีย

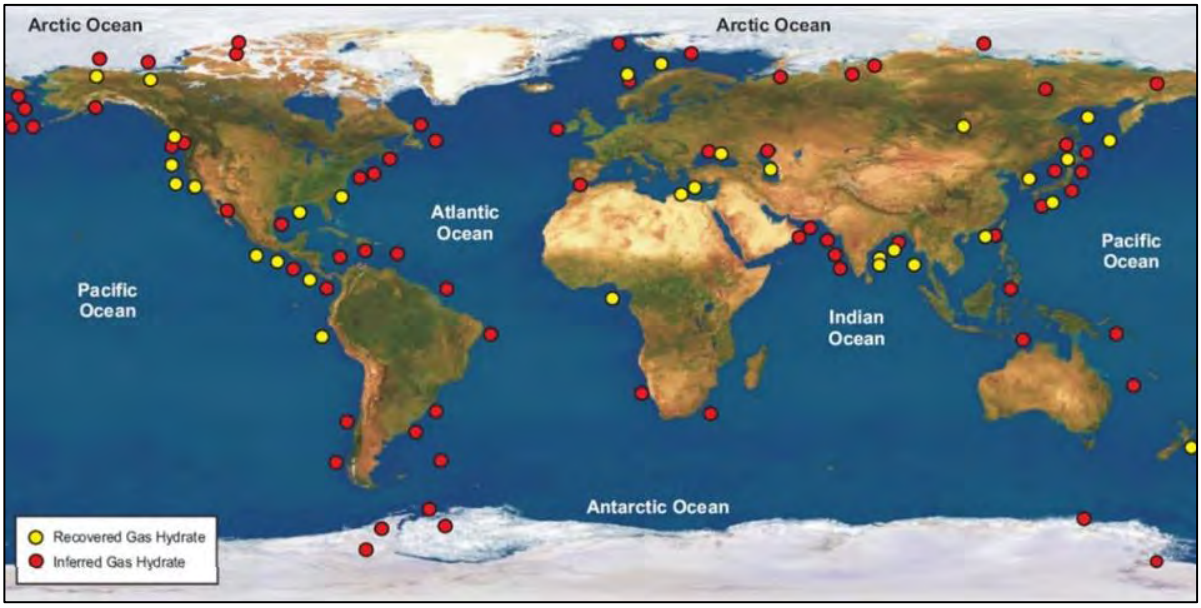
ประเทศญี่ปุ่นนั้นได้เล็งเห็นว่ามีเทนไฮเดรตจะเป็นพลังงานทดแทนที่สำคัญมากในอนาคตจึงได้ให้งบการศึกษาอย่างไม่จำกัด และในปีพ.ศ.2556 ประเทศญี่ปุ่นเป็นประเทศแรกที่สามารถแยกมีเทนออกจากน้ำได้สำเร็จ โดยการใช้ความดันสูงที่ระดับความลึก หลังจากที่มีเทนจะแยกตัวจากน้ำก็จะใส่สารแยกโมเลกุลของมีเทนในท่อลำเลียงเพื่อเลี่ยงการชนการของโมเลกุลมีเทน เนื่องจากมีเทนมีคุณสมบัติติดไฟได้ ประทศญี่ปุ่นได้ประกาศว่าจะมีเทคโนโลยีที่รองรับพลังงานทดแทนตัวใหม่นี้ประมาณปีพ.ศ.2561

จากคุณสมบัติของมีเทน ทั่วโลกจึงเห็นว่าจะนำใช้เป็นพลังงานความร้อนได้ เช่น นำมาใช้เป็นพลังงานในการขับเคลื่อนรถยนต์แทนน้ำมัน การให้ความอบอุ่นในบ้านเรือน หรืออาจจะนำมาแปรรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น โดยทางกรมทรัพยากรธรณีของสหรัฐอเมริกาเผยว่าสามารถสกัดแก๊สธรรมชาติลาดเขาอลาสก้า(Alaska)ด้านทิศเหนือได้ถึง85.4ล้านล้านลูกบาศก์ฟุต ซึ่งเพียงพอต่อการใช้ทำความอบอุ่นในบ้านเรือนได้มากกว่า 100 ล้านหลังคาเรือนเป็นระยะเวลานานกว่า 10 ปี

2.4. ความสำคัญของแก๊สไฮเดรต (Importance of Gas Hydrate)

การศึกษาแก๊สไฮเดรตในปัจจุบันมุ่งเน้นไปที่สามเรื่องหลัก ได้แก่ การเป็นพลังงานทางเลือกในอนาคต การเป็นปัจจัยสำคัญในการทำในการมีแก๊สมีเทนซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจก และ การเป็นตัวการที่ทำให้เกิดการถล่มของทวีปลาด

การกระจายตัวของแก๊สไฮเดรตมักอยู่ตามขอบทวีป ขอบเขตน้ำแข็งผิวดิน และทะเลสาบลึก เนื่องจากมีอุณหภูมิและความดันที่เหมาะสม (Kvenvolden and Rogers, 2005) อย่างไรก็ตามข้อมูลทางธรณีวิทยาของแก๊สไฮเดรตยังจำกัด จึงไม่สามารถประเมินปริมาณที่แน่นอนของแหล่งแก๊สไฮเดรตทั่วโลกได้ (Klauda and Sandler, 2005; Kvenvolden et al., 1998; Milkov, 2004) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาของคุณสโลน (Sloan, 2003) ได้กล่าวว่าปริมาณไฮเดรตมีมากกว่าสองเท่าของปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลอื่น ๆ รวมกัน



รูปที่ 2.5. ภาพการกระจายตัวของแก๊สไฮเดรตทั่วโลก (courtesy of Council of Canadian Academies (2008), Kvenvolden and Rogers (2005).

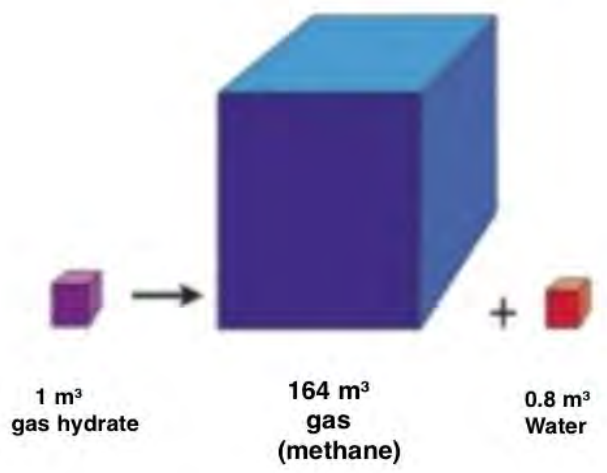
ถึงแม้ว่ามีเทนไฮเดรตจะได้รับการพูดถึงอย่างมากว่าเป็นพลังงานทางเลือกที่ดีที่สุดในปัจจุบัน แต่เนื่องด้วยมีข้อเสียหลายประการ ซึ่งยุ่งยากต่อการนำไปใช้งานจริง อาจจะเพราะยังได้รับการศึกษาไม่มากพอ สาเหตุที่ยังนำมาใช้งานจริงไม่ได้มาจาก

1. มีเทนยุ่งยากในการเก็บรักษา เพราะทันทีที่อุณหภูมิเปลี่ยนน้ำแข็งก็จะละลาย มีเทนที่เคยรวมตัวกับน้ำก็จะหลุดไปทันที
2. ด้านความปลอดภัยของผู้ผลิต เนื่องจากมีเทนเป็นแก๊สที่ระเบิดง่าย เช่น ถ้าปล่อยให้โมเลกุลของมีเทนอิสระอยู่ในภาชนะปิด ซึ่งไม่ได้ควบคุมเป็นอย่างดี ก็จะมีโอกาสที่โมเลกุลของมีเทนเกิดการชนกันจนติดไฟ และอาจเกิดระเบิดได้
3. ต้นทุนการผลิตสูง นั่นคือการผลิตมีเทนไฮเดรตหนึ่งลูกบาศก์เมตรใช้ราคาหนึ่งดอลล่าห์สหรัฐ ซึ่งสูงกว่าาคาการผลิตแก๊สธรรมชาติทั่วไปถึง 0.125ดอลล่าห์สหรัฐต่อลูกบาศก์เมตร

4. ความปลอดภัยต่อระบบนิเวศน์ ถ้าช่วงเวลาตลอดการผลิต การศึกษา หรือการขนส่ง มีเมนได้หลุดออกจากโครงสร้างของแข็ง มีเทนก็จะหลุดลอยขึ้นไปจับตัวกับความร้อนในชั้นบรรยากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้โลกร้อน

ปัจจุบันประเทศญี่ปุ่นได้คิดวิธีการที่จะนำมีเทนไฮเดรตมาใช้ได้โดยการแยกมีเทนออกจากโมเลกุลของน้ำโดยใช้ความดันสูงที่ระดับความลึก และนำมีเทนที่แยกได้ส่งต่อท่อลำเลียงสู่โรงงานผลิต และในการเก็บรักษาทางประเทศญี่ปุ่นได้ผลิตตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งใช้ป้องกันการจับตัวกันของมีเทนที่จะทำให้ท่อลำเลียงอุดตัน และป้องกันการชนกันอย่างอิสระของโมเลกุลมีเทน

นอกจากมีข้อดีที่ใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ มีเทนไฮเดรตยังมีข้อเสียในการเป็นสาเหตุที่ทำให้โลกร้อนจากแก๊สมีเทน และอาจจะเป็นสาเหตุทำให้พื้นที่บางแห่งของขอบทวีปพังทลายได้อีกด้วย เนื่องจากในบริเวณนั้นที่เขตหนาวอาจจะมีการสะสมตัวของมีเทนไฮเดรตตามขอบทวีป เช่น ในขอบฮิคุรางกิประเทศนิวซีแลนด์เป็นบริเวณที่มีรอยเลื่อนผ่ากลางประเทศ ทำให้คาดการว่าสมมติรอยเลื่อนได้มีการเคลื่อนตัวอีกครั้ง อาจจะส่งผลกระทบต่อบริเวณขอบฮิคุรางกิที่มีเทนไฮเดรตสะสมตัวอยู่ และทำให้อุณหภูมิหรือความดันเปลี่ยน โดยมันจะส่งผลทำให้เกิดการพังทลายของขอบฮิคุรางกิบางแห่ง อันเนื่องมาจากมีเทนไฮเดรตหนึ่งลูกบาศก์เมตรบรรจุแก๊สมีเทนอยู่ถึง 164 ลูกบาศก์ (รูป 2.5) ซึ่งถ้าความดันและอุณหภูมิเปลี่ยนอย่างรวดเร็วจะทำให้โมเลกุลของมีเทนขยายตัวอย่างรวดเร็ว และอาจเกิดการระเบิดตัวเนื่องจากชนกันของโมเลกุลมีเทน

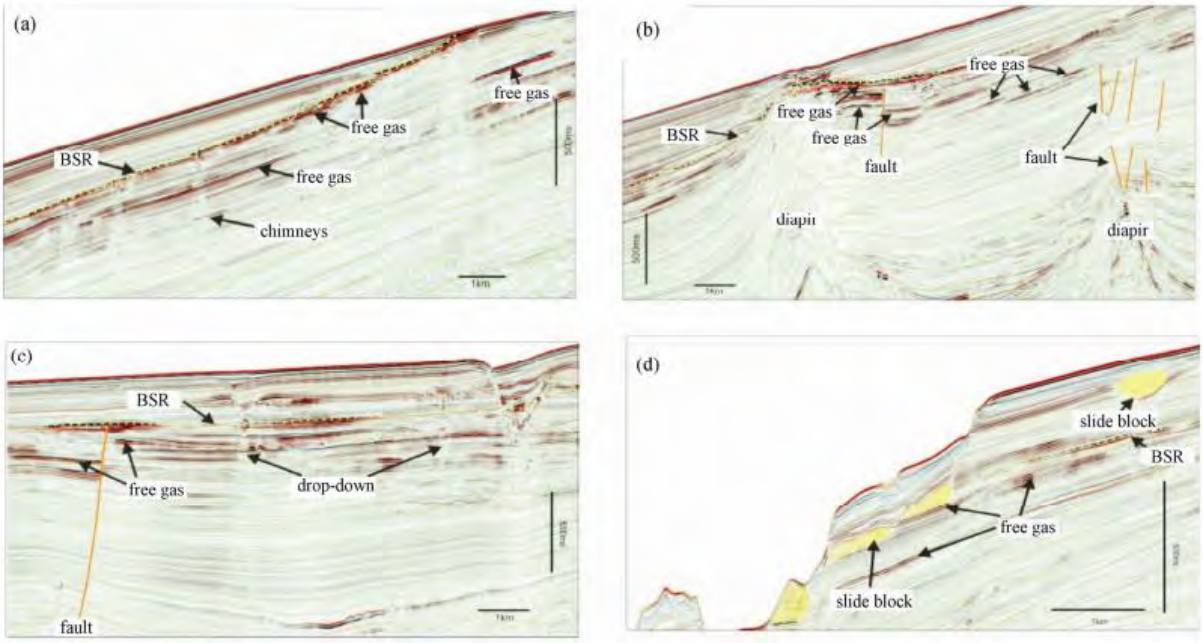


รูปที่ 2.6. รูปแสดงแบบจำลองของส่วนประกอบแก๊สไฮเดรต

2.5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Liiterature Review)

2.5.1. งานวิจัยของ Shuang et al. (2015)

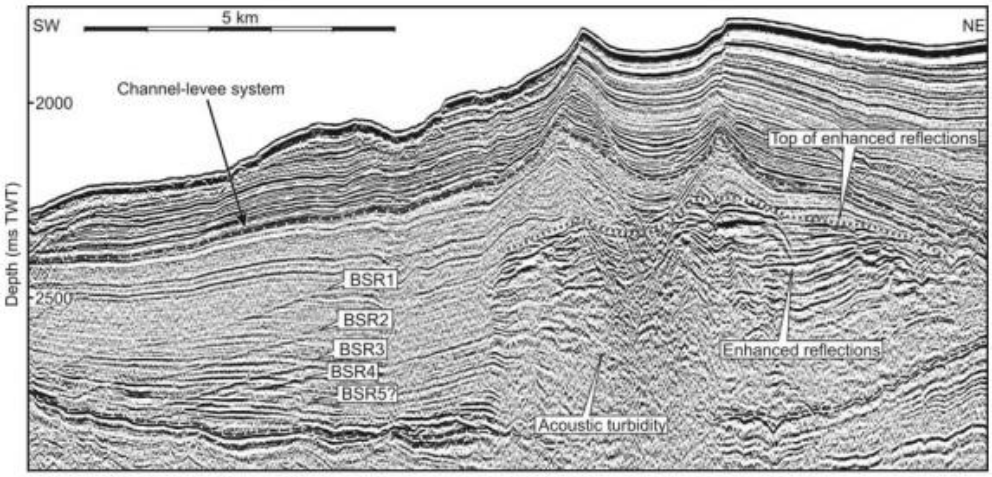
Shuang et al. (2015) ได้ทำการศึกษาคุณลักษณะคลื่นไหวสะเทือนของแก๊สไฮเดรตบริเวณนอกชายฝั่งตะวันตกเฉียงเหนือของทวีปแอฟริกา ผลการศึกษาพบว่ามีการสะท้อนคลื่นไหวสะเทือน 4 ลักษณะ (a) บริเวณความชันต่ำ BSR ตัดผ่านชั้นหินและพื้นมหาสมุทรที่ประมาณ 880 ms ใน TWT (b) บริเวณ Mud diaper จะพบว่า BSR แสดงลักษณะของชั้นโดม (c) ในบริเวณหุบเขา BSR แสดงลักษณะโค้งเว้าอย่างชัดเจนและจะโค้งมากขึ้นหาก BSR อยู่ใกล้ผนังหุบเขา และ (d) ในบล็อกใกล้กับหุบเขาใต้ทะเล BSR จะไม่ชัดเจนและไม่ต่อเนื่อง อาจเกิดจากการถล่มของหิน ดังรูป 2.6



รูปที่ 2.7. แผนภาพแสดงคุณลักษณะคลื่นไหวสะเทือนของแก๊สไฮเดรตของทะเลทางเหนือของแอ่งเมาริทาเนีย (Mauritania basin) (Shuang et al., 2015)

2.5.2. งานวิจัยของ Popescu et al. (2007)

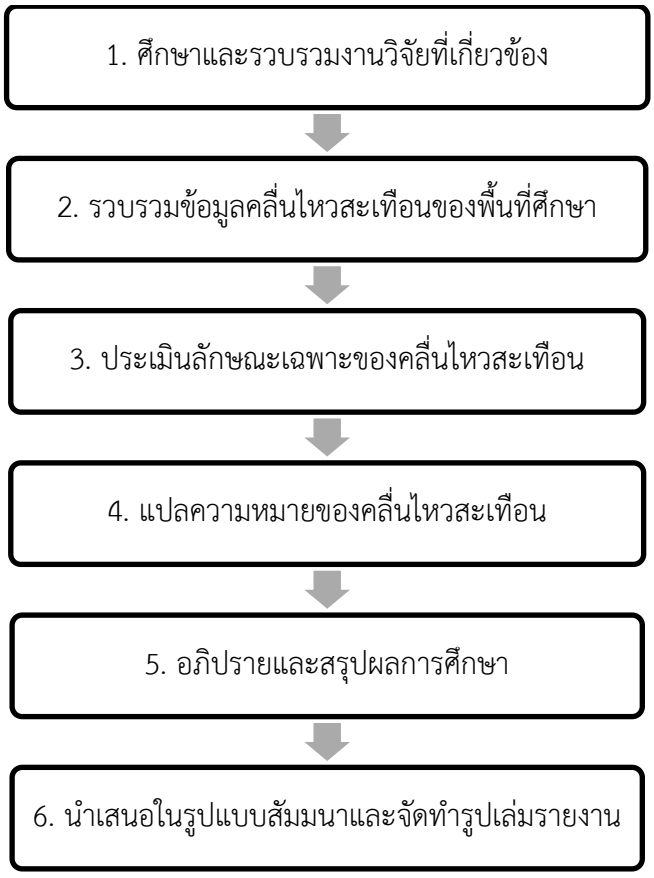
Popescu et al. (2007) ได้ทำการวิจัยคุณลักษณะเฉพาะของคลื่นไหวสะเทือนของแก๊สไฮเดรตของบริเวณตะวันตกของทะเลดำ จากการศึกษาพบว่าจากการศึกษาลักษณะ BSRs ที่ปรากฏแก๊สไฮเดรตบริเวณนี้ส่วนใหญ่สะสมตัวอยู่ใกล้กับพื้นมหาสมุทรในชายฝั่ง โดยแก๊สไฮเดรตมีการเคลื่อนตัวขึ้นมาด้านบนและมีบางส่วนปรากฏอยู่บริเวณที่มีความชันต่ำ โดยแสดงดังรูป 2.8



รูปที่ 2.8. แผนภาพแสดงคุณลักษณะคลื่นไหวสะเทือนของแก๊สไฮเดรตของตะวันตกของทะเลดำ (Popescu et al., 2007)

2.6. ระเบียบวิธีการวิจัย (Methodology)

เพื่อให้เป็นไปตามจุดประสงค์ โครงงานวิจัยนี้จัดแบ่งระเบียบวิธีวิจัยเป็น 6 ขั้นตอน ดังรูป 2.8



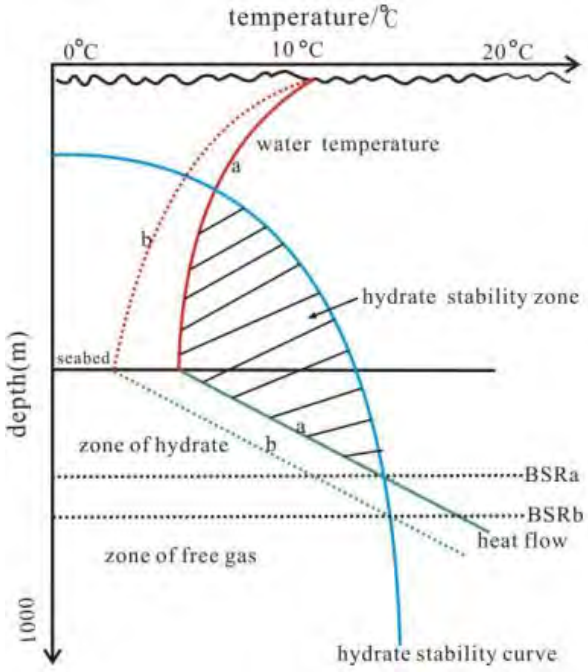
รูปที่ 2.8. แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานวิจัยทั้งหมด 6 ขั้นตอนของการศึกษานี้

บทที่ 3
วิธีจำแนกแก๊สไฮเดรตโดยคลื่นไหวสะเทือน
(Seismic Features of Gas Hydrates)

3.1. Bottom-Simulating Reflector (BSR)

การจำแนกแก๊สไฮเดรตโดยการใช้ข้อมูลทางคลื่นไหวสะเทือนนั้น เราจะอาศัยความเข้าใจในนิยามหรือความหมายของแก๊สไฮเดรต และอาศัยการสังเกตุลักษณะเฉพาะของมันในข้อมูลทางคลื่นไหวสะเทือน เช่น เราทราบว่าแก๊สไฮเดรตจะสะสมตัวขนานกับพื้นมหาสมุทรหากไม่มีปัจจัยอื่น ๆมากระทำ ปัจจัยอื่น ๆที่ว่าอาจหมายถึงรอยเลื่อน เป็นต้น ซึ่งขอบเขตเสถียรภาพของแก๊สไฮเดรต (Hydrates Stability Zone หรือ HSZ) นั้นก็ขึ้นอยู่กับสองปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิและความดัน แต่ก็ยังมีปัจจัยย่อยอื่น ๆ เช่น องค์ประกอบของแก๊ส และความไม่บริสุทธิ์ของไอออนในน้ำ ที่ส่งผลต่อขอบเขตเสถียรภาพ ซึ่งความลึกการสะสมตัวของแก๊สไฮเดรตในข้อมูลทางคลื่นไหวสะเทือนสามารถสังเกตุได้จาก Bottom-Simulating Reflector (BSR)

Bottom-Simulating Reflector (BSR) คือ คลื่นสะท้อนที่บ่งบอกถึงขอบเขตล่างสุดที่แก๊สไฮเดรตจะสามารถเสถียรได้ในชั้นตะกอน เนื่องจากความแตกต่างของค่าความหนาแน่นของความอิ่มตัวของแก๊สไฮเดรตในชั้นตะกอน ชั้นตะกอนนั้นจะมีช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอนหรือบางที่อาจจะเป็นโพรง ซึ่งถ้าโพรงหรือช่องว่างในชั้นตะกอนนั้นถูกน้ำเข้าไปแทรก เราก็จะเรียกลักษณะนี้ว่า” ความอิ่มตัวของน้ำในชั้นตะกอน”

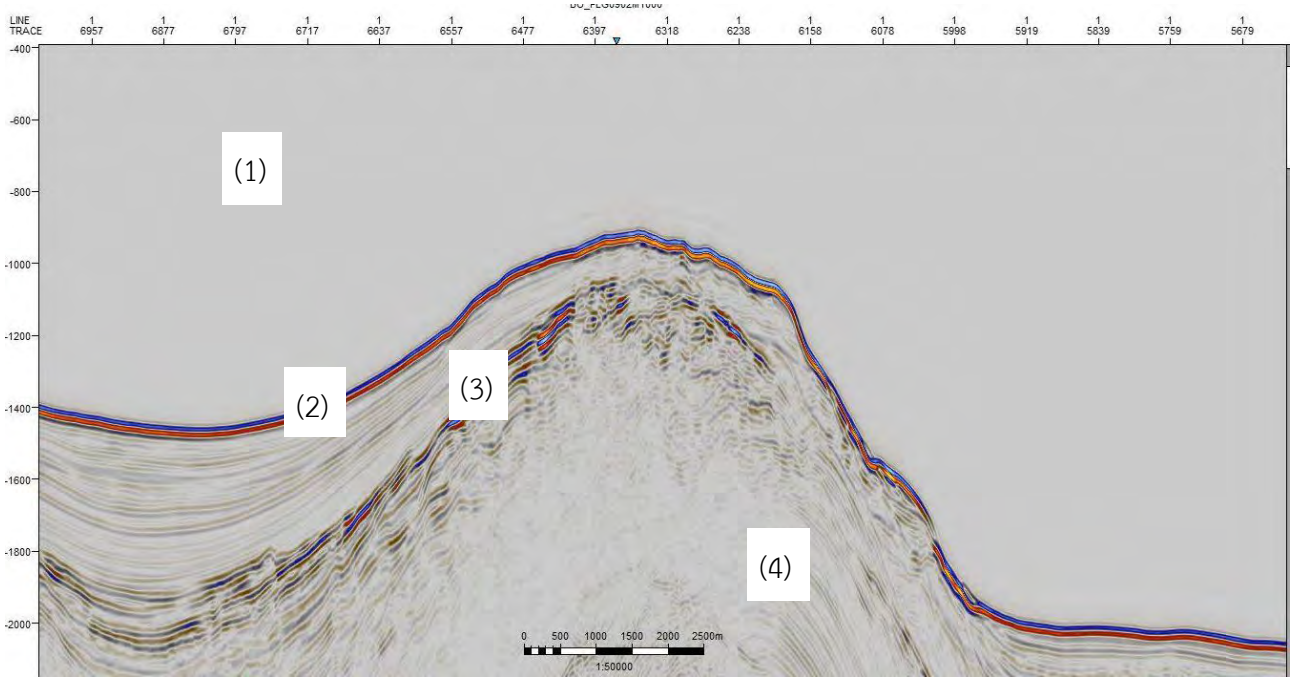


รูปที่ 3.1. แบบจำลองสถานะบริเวณที่แก๊สไฮเดรตเสถียร (Xu และ Ruppel, 1999)

BSR เป็นลักษณะที่ชัดเจนของฐานของแก๊สไฮเดรตบนขอบทวีป ซึ่งขนานกับภูมิประเทศของพื้นมหาสมุทร BSR มีประโยชน์ในการบ่งชี้เพื่อค้นหาขอบเขตที่เสถียรของแก๊สไฮเดรต เกิดเนื่องจากความต่างของความต้านทานอะคูสติก (acoustic impedance) ระหว่างตะกอนไฮเดรตที่วางตัวอยู่ข้างบนและแก๊สอิสระ (free gas) ที่วางตัวข้างล่าง (Shipley T H et al., 1979; Bünz S et al., 2003)

3.2. แก๊สไฮเดรตในคลื่นไหวสะเทือน (Seismic Features of Gas Hydrate)

รูปแบบและการกระจายตัวของแก๊สไฮเดรตถูกควบคุมโดยธรรมชาติของแก๊สธรรมชาติ อุณหภูมิ ความดันและความเค็ม (Fan Shuanshi et al., 2004) แก๊สอื่นๆที่เป็นส่วนประกอบของแก๊สไฮเดรตส่งผลต่อความเสถียร เช่น หากมีไนโตรเจนมากขึ้น จะลดความเสถียรของแก๊สเดรต ส่วนถ้ามีแก๊สชนิดอื่นมาก จะเพิ่มความเสถียรแทน หากความเค็มเพิ่มขึ้น จะลดความเสถียรลงเช่นกัน เนื่องจากแก๊สไฮเดรตไม่เสถียรในน้ำทะเล โดยโซนเสถียรของไฮเดรตจะอยู่ระหว่างพื้นมหาสมุทรและ BSR เท่านั้น

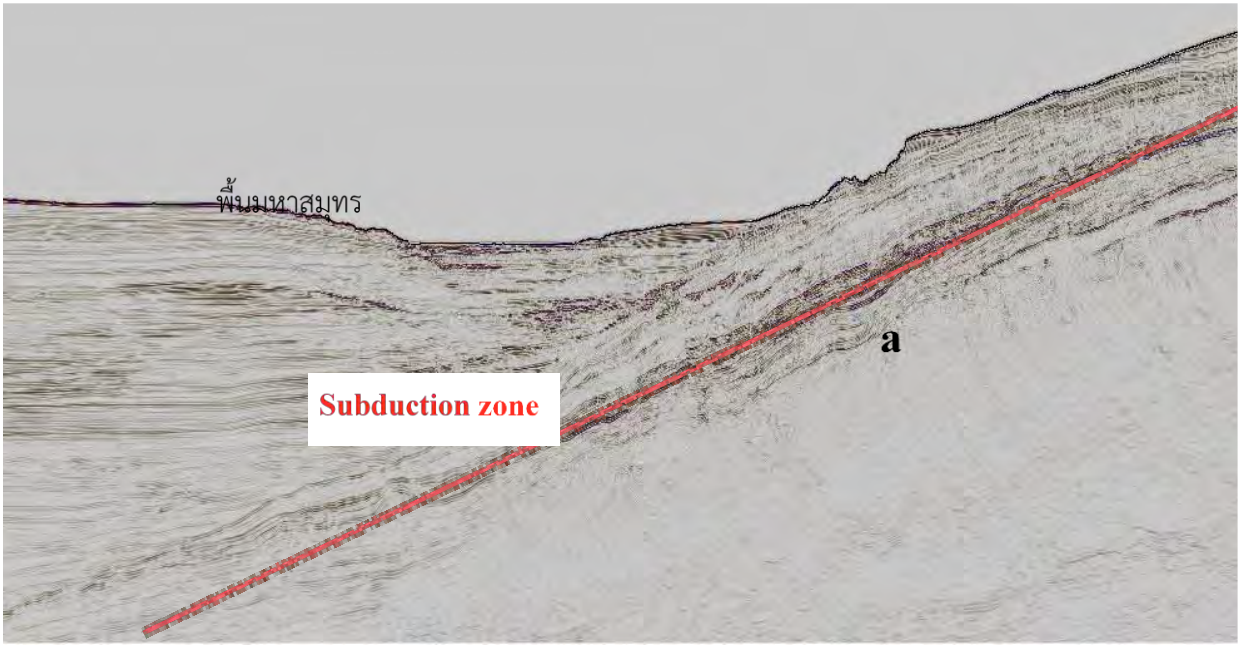


รูปที่ 3.2. ข้อมูลทางคลื่นไหวสะเทือนส่วนที่ 1 ของขอบทวีปฮิคุรางิ ประเทศนิวซีแลนด์

จากรูป 3.2 เป็นภาพที่ได้จากการเก็บข้อมูลทางคลื่นไหวสะเทือนในขอบทวีปฮิคุรางกิ ประเทศนิวซีแลนด์ หมายเลข1คือ บริเวณที่เป็นน้ำทะเล ,หมายเลข2 คือ พื้นมหาสมุทร(Seafloor) ,หมายเลข3 คือ บริเวณของแก๊สไฮเดรต ซึ่งถ้าสังเกตุจากหมายเลข2และ3 จะพบว่ามีความต่างกันของสี คือ หมายเลข2จะเป็นสีน้ำเงินและตามด้วยสีแดง(น้ำเจอหิน หรืออ่อนมาแข็ง)

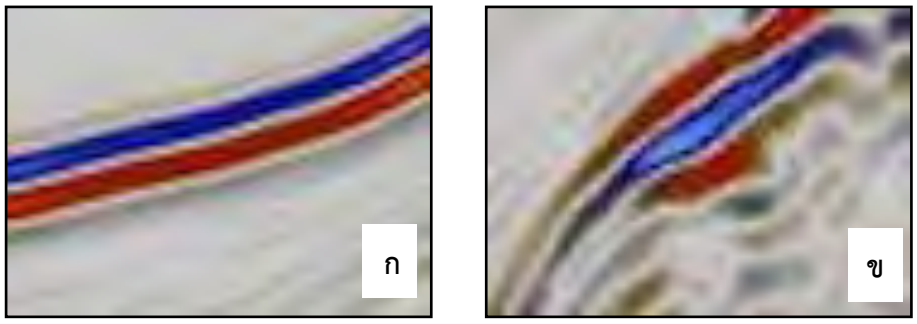
ส่วนหมายเลข 3 จะเป็นสีแดงแล้วตามด้วยสีน้ำเงิน (หินเจอแก๊ส หรือแข็งมาอ่อน) เราเรียกลักษณะนี้ว่า”การกลับเฟส” ซึ่งแถบสีแสดงถึงค่าความหนาแน่นที่แตกต่างกันระหว่างชั้นในแต่ละชั้น เช่น ในทีนี้เราพบว่าจากหมายเลข1มาหมายเลข2เกิดแถบน้ำเงินแดง เนื่องจากน้ำมีค่าความหนาแน่นที่ต่ำกว่าพื้นมหาสมุทร จึงเกิดลักษณะแบบแอมพลิจูดสูง (ลักษณะที่คลื่นผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกันมาก ๆ ถ้าตัวกลางเป็นชนิดเดียวกัน หรือความหนาแน่นต่างกันไม่มากนัก จะแสดงลักษณะแอมพลิจูด ดังหมายเลข 4 จะสังเกตุได้ว่าแทบจะไม่พบความต่างของแอมพลิจูดแม้ชั้นหินจะคนละกัน ทั้งนี้อาจบ่งบอกถึงชั้นหินในบริเวณหมายเลข4เป็นหินชนิดเดียวกันก็ได้)

ต่อมาระหว่างหมายเลข2และ3 พบว่าไม่มีลักษณะแอมพลิจูดสูง อาจเพราะว่าบริเวณนี้เป็นชั้นหินชนิดเดียวกัน จนถึงหมายเลข3 เกิดลักษณะแอมพลิจูดสูงเนื่องจากบริเวณเหนือหมายเลข3เป็นหินแข็งแล้วมาพบกับบริเวณที่เป็นแก๊สไฮเดรตในหมายเลข3(หินเจอแก๊ส หรือแข็งเจออ่อน) สรุปคือเราจะสังเกตุแก๊สไฮเดรตในข้อมูลทางคลื่นไหวสะเทือนโดยดูจากลักษณะ”การกลับเฟส”ซึ่งกันและกันระหว่างพื้นมหาสมุทรและแก๊สไฮเดรต ซึ่งแก๊สไฮเดรตจะวางตัวขนานกับพื้นมหาสมุทรเสมอ ถ้าไม่มีปัจจัยอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น มีรอยเลื่อนตัดผ่าน หรือบริเวณเขตมุดตัว (รูป 3.2 Subduction zone)



รูปที่ 3.3. ข้อมูลทางคลื่นไหวสะเทือนส่วนที่ 2 ของขอบฮิคุรางิ ประเทศนิวซีแลนด์ แก๊สไฮเดรต (a) ไม่ได้วางตัวขนานกับพื้นมหาสมุทร

ทั้งนี้เพื่อเป็นการมั่นใจว่าแก๊สไฮเดรตที่เราพบให้ข้อมูลทางคลื่นไหวสะเทือนเป็นแก๊สไฮเดรตจริงหรือไม่ เราต้องตรวจควบคู่ไปกับกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึก และความดันที่แก๊สไฮเดรตสามารถเกิดขึ้นได้



รูปที่ 3.4. แสดงลักษณะของแอมพลิจูดสูงบริเวณพื้นมหาสมุทร (ก) ชั้นรอยต่อของพื้นมหาสมุทรและน้ำทะเล (ข) ชั้นรอยต่อของแก๊สไฮเดรตและแก๊สอิสระ

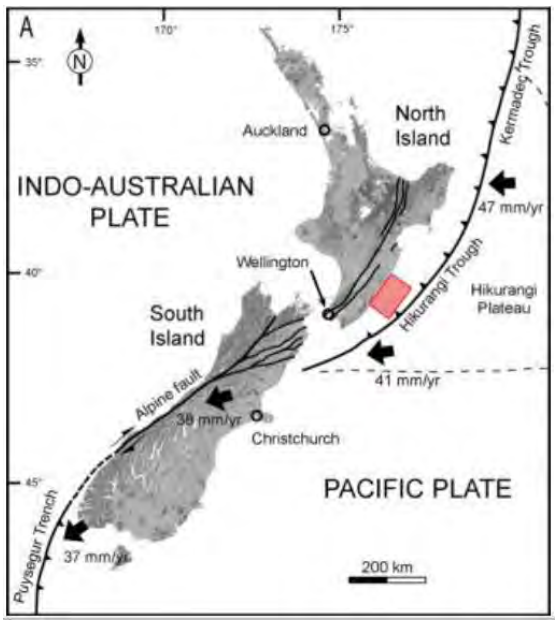
การ"กลับเฟส"ซึ่งกันและกันระหว่างพื้นมหาสมุทร (รูป3.4ก) และแก๊สไฮเดรต (รูป3.4ข) โดยอ้างอิงจากรูป 3.2 โดยรูป 3.4ก คือบริเวณหมายเลข 2 และรูป 3.4ข คือบริเวณหมายเลข 3 จากรูป 3.4ก เกิดจากความต่างของค่าความหนาแน่นของน้ำทะเล และพื้นมหาสมุทร ส่วนรูป3.4ข เกิดจากความต่างของค่าความหนาแน่นของชั้นหินที่แก๊สอิสระและบริเวณที่เป็นแก๊สไฮเดรต

บทที่ 4
ธรณีวิทยาโครงสร้าง
(GEOLOGICAL SETTING)

4.1. ธรณีแปรสัณฐานของขอบทวีปฮิคุรางิ

ขอบทวีปฮิคุรางิตั้งอยู่บริเวณทางใต้สุดของเขตมุดตัวตองกา-เคอร์มาเดค-ฮิคุรางิ (Tonga-Kermadec-Hikurangi subduction system) ถัดจากตะวันออกของเกาะเหนือไปประมาณ 600 กิโลเมตร (Barnes et al., 2002) โดยร่องลึกมหาสมุทรของฮิคุรางิจะอยู่ลึกกว่าร่องลึกมหาสมุทรเคอร์มาเดค และมีพื้นมหาสมุทรแบนราบ ซึ่งยาวประมาณ 720 กิโลเมตร และกว้างน้อยกว่า 70 กิโลเมตร (Lewis et al., 1998) ขอบทวีปฮิคุรางิถือเป็นขอบเขตระหว่างแผ่นเปลือกโลกแปซิฟิกที่มุดตัวลงใต้แผ่นเปลือกโลกออสเตรเลีย (Barnes et al., 2010) จากแบบจำลองแรงโน้มถ่วงของแผ่นฮิคุรางิบ่งชี้ว่าพื้นที่ของแผ่นเปลือกโลกมหาสมุทรกำลังมุดตัวลงใต้เกาะเหนือที่ความหนาประมาณ 10 กิโลเมตรทางเหนือราว 15 กิโลเมตร (Davy and Wood, 1994)

ขอบทวีปฮิคุรางิเป็นขอบทวีปที่ไม่สงบนิ่งมาตั้งแต่ ~24 or 30 ล้านปีก่อนและได้พัฒนาจนเป็นเขตมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกขึ้นมา (Stern et al., 2006) มากกว่า 80% ของการเคลื่อนตัวเกิดที่เขตมุดตัวรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำ (Nicol and Beavan, 2003) และการเคลื่อนตัวแนวขนานส่วนใหญ่อยู่บริเวณแผ่นเปลือกโลกส่วนบน ประกอบด้วยรอยเลื่อยย้อน รอยเลื่อนตามแนวระดับ และเคลื่อนที่หมุนตามเข็มนาฬิกา (Nicol et al., 2007)



รูปที่ 4.1. แผนภาพแสดงธรณีแปรสัณฐานของขอบทวีปฮิคุรางิ (Bailleul et al., 2007) พื้นที่สีแดงคือพื้นที่ศึกษา

การเปลี่ยนแปลงของขอบทวีปฮิคุรางิมีความซับซ้อนที่เกิดจากหลายปัจจัย รวมถึงจากความต่างของอัตราเร็วในการชน การเลื่อนตัวจากการชนของแผ่นเปลือกโลก ปริมาณตะกอนที่สะสม และความเรียบของการมุดตัว (Lewis et al., 1998) โดยทางเหนือของขอบทวีปนั้น ประกอบไปด้วยภูเขาใต้ทะเลจำนวนมาก โดยถูกกำหนดลักษณะโดยการเกิดการกัดกร่อนและการจำกัดการพอก (Pecher et al., 2005) และการซ้อนทับกันของรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำมีการพัฒนาการพอกไปทางใต้ของขอบ (Lewis and Barnes, 1999) ทางใต้สุดของขอบทวีปฮิคุรางิเป็นเขตเปลี่ยนสภาพ (transition zone) จากเขตมุดตัวเฉียงเป็นแผ่นธรณีแนวระดับ (continental strike-slip) (Barnes et al., 2010)

4.2. ลำดับชั้นหิน (Stratigraphy)

ลำดับชั้นหินและโครงสร้างของขอบทวีปฮิคุรางิประกอบไปด้วยทั้งระบบมุดตัวยุคนีโอจีนและก่อนการมุดตัว (Barnes et al., 2010) มีการซ้อนทับของการพอกพูนและเปลี่ยนสภาพของหินทรายตะพักทอเลส (Torlesse terrane greywacke) ในยุคมีโซโซอิก (Lewis and Pettinga, 1993) บริเวณลิ่มพอกพูนประกอบด้วยกลุ่มหินสามกลุ่มหลัก ได้แก่ ฐานด้านในของระบบก่อนเกิดการมุดตัว เป็นหินยุคครีเทเชียสตอนปลายและยุคพาลีโอจีน ต่อมาคือ ส่วนนอกของลิ่มเป็นร่องลึกมหาสมุทรที่ถูกเติมด้วยตะกอนกระแสน้ำขุ่นนุตไพลโอซีนและไพลสโตซีน สุดท้ายคือการเปลี่ยนสภาพของลำดับด้านบนยุคไมโอซีนจนถึงปัจจุบันของไหล่ทวีปและลาดทวีป (Barnes et al., 2010; Lewis และ Pettinga, 1993) มีหินที่ถูกแปรสภาพมากมาย ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำและชั้นหินคดโค้งของยุคไมโอซีน

4.3. ระบบแก๊สไฮเดรต (Gas hydrate system)

การศึกษาระบบแก๊สไฮเดรตคล้ายคลึงกับการศึกษาระบบปิโตรเลียม นั้นคือต้องทำการศึกษาหาแหล่งกำเนิดแก๊ส ชั้นหินกักเก็บ และเส้นทางที่ไฮโดรคาร์บอนเคลื่อนที่ผ่าน โดยจะต้องทำความเข้าใจถึงปัจจัยสำคัญอื่น ๆ เช่น ค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามความลึก (geothermal gradient) ส่วนประกอบของฮเดรตและความดันที่ควบคุมความเสถียรของแก๊สไฮเดรต (Collett et al., 2009)

4.3.1 หินต้นกำเนิด (Source rocks)

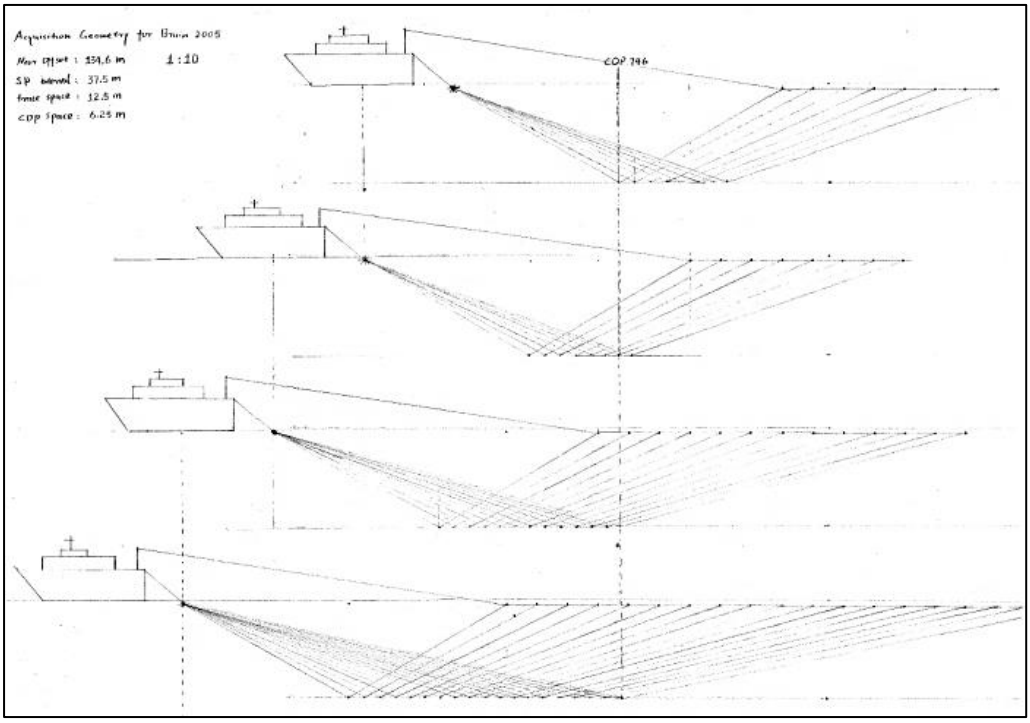
ทั้งแก๊สไบโอเจนิกและแก๊สเทอมอล (biogenic and thermogenic gas) ต่างก็สามารถเป็นแหล่งกำเนิดของแก๊สไฮเดรตได้ (Collett, 2002) หินดินดานที่มี TOC (total organic carbon) ต่ำยุคไพลโอซีนและยุคไมโอซีน (Uruski and Bland, 2011) สามารถให้แก๊สไบโอเจนิกได้ ในกรณีนี้จะได้อินทรีย์วัตถุมาก มีการเคลื่อนที่ขึ้นข้างบนของมีเทนจากแหล่งกำเนิดที่อยู่ลึก จนเกิดการสะสมตัวของแก๊สไฮเดรต (Paull et al., 1993)

ส่วนกรณีของแก๊สเทอโมเจนิก หินต้นกำเนิดมีศักยภาพประกอบด้วยหินโคลนและหินดินดานที่มีอินทรียวัตถุเยอะ ในยุคครีเทเชียสตอนปลายถึงยุคพาลีโอซีน ของหมวดหินหวังไกและหมวดหินวาอิพาวะ (Whangai และ Waipawa formations) และหินดินดานทะเลในยุคครีเตเชียสตอนต้น (Rogers et al., 1999; Uruski และ Bland, 2011) ซึ่งพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณ fore-arc basin ซึ่งมีการไหลเวียนของความร้อนต่ำ ซึ่งหินต้นกำเนิดที่มีศักยภาพในที่นี้คือหินดินดานทะเลในยุคครีเตเชียสตอนต้น (Uruski and Bland, 2011)

4.3.2 หินกักเก็บ (Reservoirs)

ปัจจุบันมีระบบปิโตรเลียมสี่ระบบของแก๊สไฮเดรตที่เป็นที่รู้จัก แต่ระบบที่มีแนวโน้มที่จะมีผลในอนาคตคือหินกักเก็บที่เป็นหินทรายเป็นหลัก และดินเหนียวที่มีรอยแตกเป็นหลัก (Collett et al., 2009) ซึ่งสามารถให้ช่องว่างที่เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการสะสมตัวของแก๊สเดรต (Boswell, 2013) โดยข้อมูลเกี่ยวกับหินกักเก็บในพื้นที่ศึกษาค่อนข้างจำกัดเนื่องจากไม่มีหลุมเจาะในพื้นที่ อย่างไรก็ตาม สามารถได้ข้อมูลบางส่วนจากหลุมเจาะที่อยู่ใกล้ที่สุด

ตามรายงานก่อนหน้านี้ หินกักเก็บที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในพื้นที่ศึกษาสามารถเป็นหินทรายจากกระแสน้ำขุ่นยุคนีโอจีน ยกตัวอย่างเช่น หินทรายตะกอนน้ำขุ่นยุคไมโอซีนตอนกลางแสดงความพรุนอยู่ในช่วงที่ดี (17% to 24%) (Uruski and Bland, 2011) ส่วนช่องว่างปฐมภูมิ รอยแตก สามารถเพิ่มความพรุนและช่องว่างที่เป็นปัจจัยสำคัญในการสะสมตัวของแก๊สไฮเดรตได้เช่นกัน (Collett et al., 2009) ดังนั้นแก๊สไฮเดรตจึงมีแนวโน้มที่จะพบใกล้กับรอยเลื่อนและชั้นหินคดโค้ง

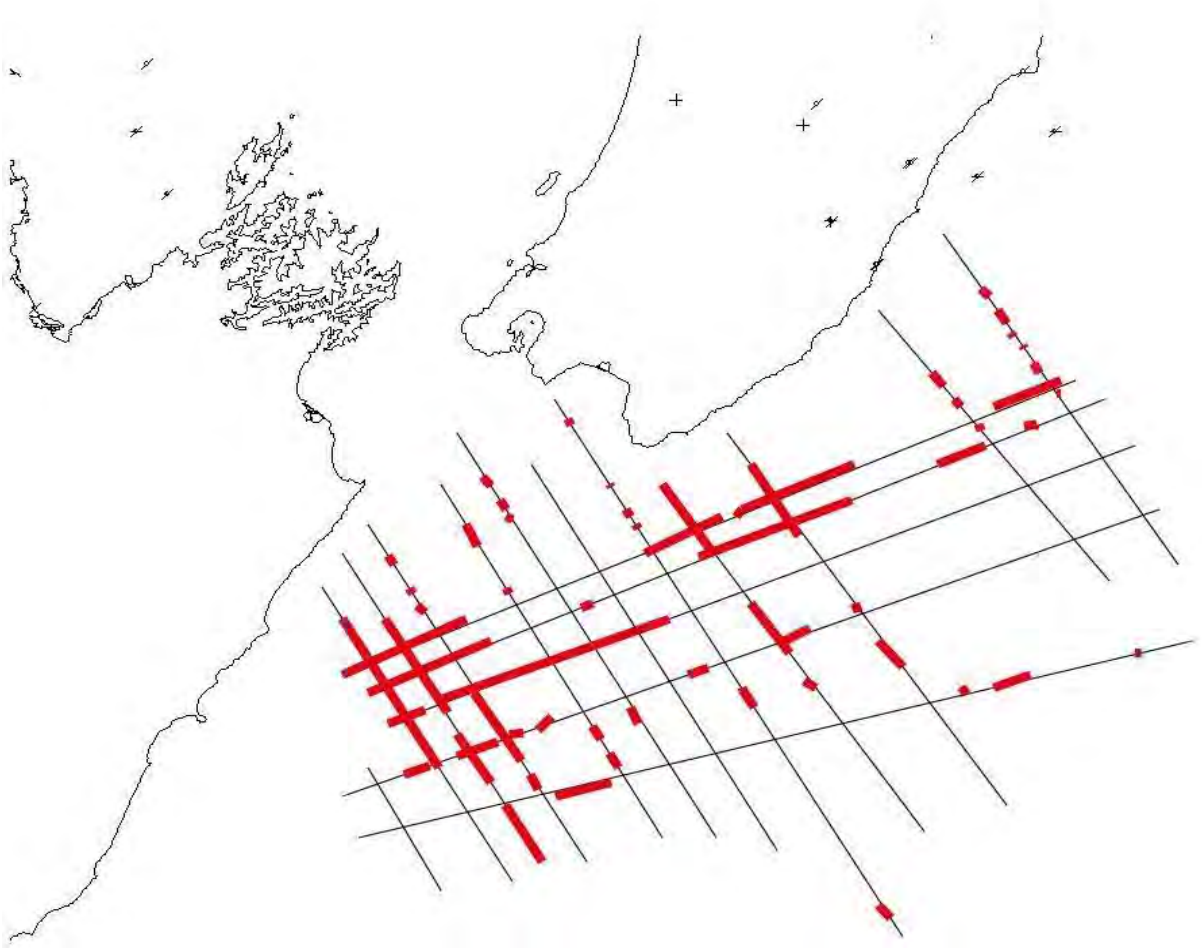


รูปที่ 4.2. ภาพการสำรวจคลื่นไหวสะเทือนของขอบทวีปฮิคุรางิ (Bruin ,2005)

บทที่ 5
การวิเคราะห์และผลการศึกษา
(ANALYYSIS AND RESULT)

5.1. การกระจายตัวของ BSRs (Distribution of BSRs)

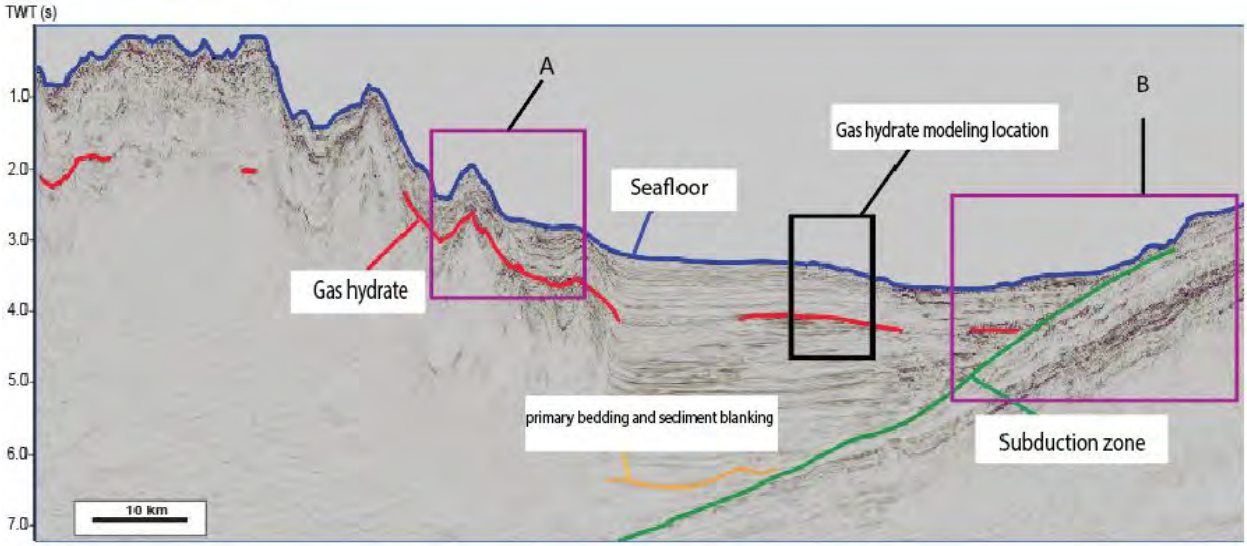
การกระจายตัวของแก๊สไฮเดรตที่เกี่ยวข้องกับ BSRs ขึ้นอยู่กับหลายเงื่อนไข ยกตัวอย่างเช่น การกระจายตัวของแก๊สและน้ำ ค่าความร้อนของอุณหภูมิใต้พิภพ และความลึกของระดับน้ำ รูปที่ 5.1 แสดงการกระจายตัวของ BSRs โดยเส้นตรงคือคลื่นไหวสะเทือนของพื้นที่ศึกษา ซึ่ง BSRs ของพื้นที่ศึกษานั้นตั้งอยู่ในบริเวณน้ำลึก จากผลการศึกษายังสังเกตได้ว่า BSRs มักสัมพันธ์กับลักษณะทางธรณีวิทยาที่มีการไหลของของไหล เช่น ชั้นหินชัน และ ชั้นหินคดโค้งรูปประทุนคว่ำ นอกจากนั้น กลุ่มแก๊ส ซึ่งปรากฏให้เห็นโดยการสะท้อนของคลื่นที่สูงขึ้น หรือ bright spots มักปรากฏบน BSRs ที่มีแอมพลิจูดสูง



รูปที่ 5.1. แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของ BSRs ของขอบทวีปฮิคุรางิ ประเทศนิวซีแลนด์

5.2. ลักษณะของแก๊สไฮเดรตที่พบโดยวิธีการทางคลื่นไหวสะเทือนในพื้นที่ศึกษา

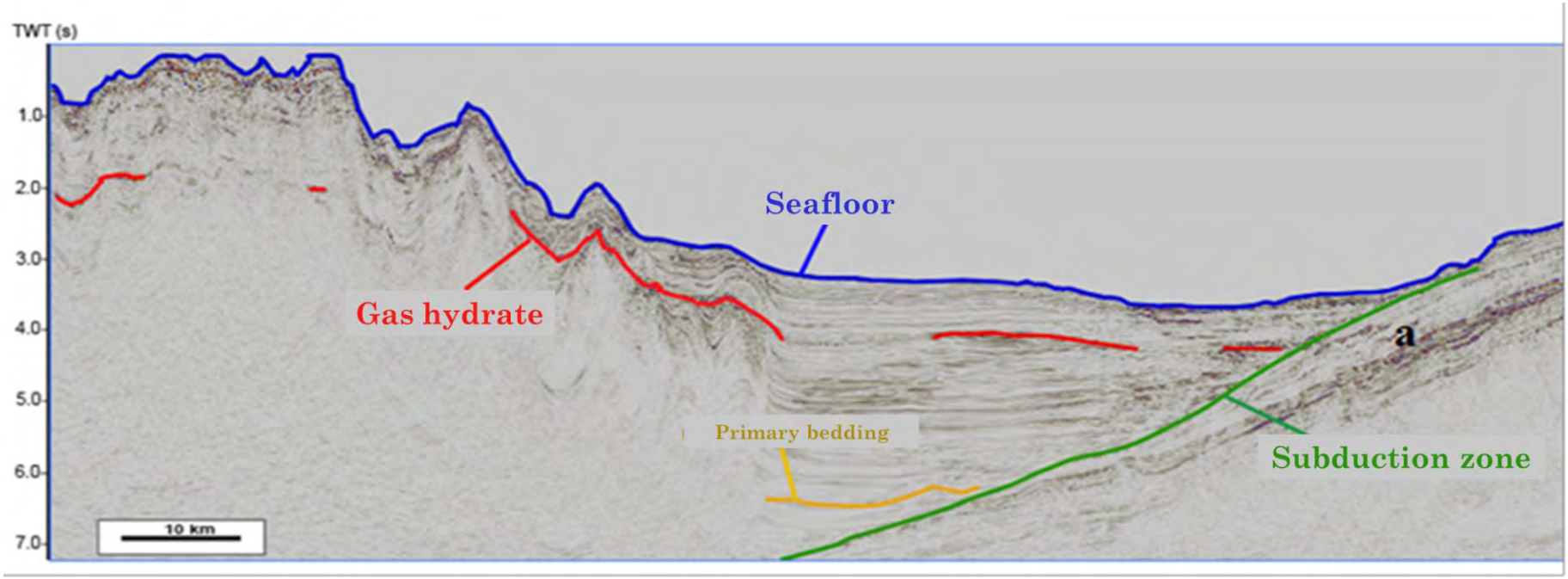
หลังจากนำข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่ได้จากฐานข้อมูลของขอบฮิคุรางิ ประเทศนิวซีแลนด์มาทำการศึกษาและวิเคราะห์โดยใช้หลักการ Bottom Simulating Reflector จะสามารถแบ่งลักษณะของคลื่นไหวสะเทือนในพื้นที่ศึกษาได้ดังนี้



รูปที่ 5.2. รูปแสดงลักษณะทางธรณีวิทยาของส่วนหนึ่งของฮิคุรางิจากคลื่นไหวสะเทือน

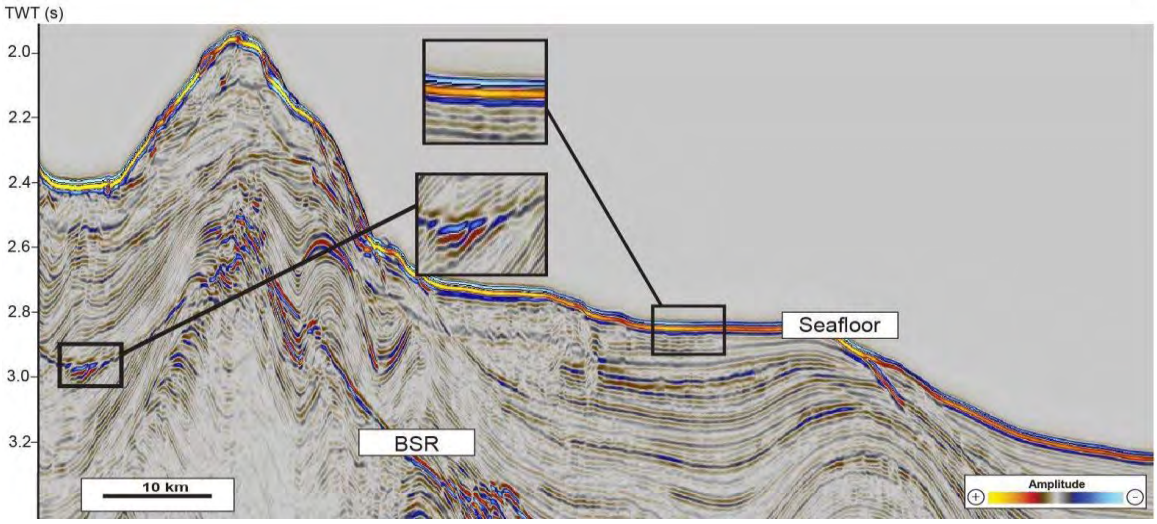
จากรูป 5.2 แสดงลักษณะต่าง ๆ ทางธรณีวิทยาที่ได้จากคลื่นไหวสะเทือนของพื้นที่ศึกษา ซึ่งบริเวณ A ในภาพสามารถนำมาขยายได้เป็นรูป 5.4 ซึ่งแสดงลักษณะของพื้นมหาสมุทรที่ไม่แบนราบ มีรูปร่างเป็นชั้นหินคดโค้งประทุนคว่ำ โดยจากลักษณะ BSRs แสดงให้เห็นถึงการสะสมตัวของแก๊สไฮเดรตที่วางตัวขนานกับพื้นมหาสมุทร ส่วนบริเวณ B จากรูป 5.2 สามารถขยายได้เป็นรูป 5.5 ซึ่งแสดงลักษณะของรอยต่ออย่างชัดเจนระหว่างเขตมุดตัว (Subduction zone) กับพื้นมหาสมุทร (Seafloor) ซึ่งปรากฏร่องรายของแก๊สไฮเดรตที่วางตัวขนานกับพื้นมหาสมุทรในแนวราบ อย่างไม่ต่อเนื่อง และขาดหายไปช่วงเขตมุดตัว

ในส่วนของรูป 5.3 เป็นบริเวณที่มีเขตมุดตัว (Subduction zone ,สีเขียว) โดยการที่มีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง(เขตมุดตัว)จะทำให้แนวการวางตัวของแก๊สไฮเดรตนั้นไม่ต่อเนื่อง และอยู่ต่างแนวกัน โดยสังเกตุจากเส้นสีแดง และแนวของ a โดยจากการแปลข้อมูลคาดว่าจากเดิมแก๊สไฮเดรตนั้นวางตัวอยู่ในแนวเดียวกัน จนในช่วงเวลาหนึ่งเกิดการมุดตัวกันของแผ่นมหาสมุทร ทำให้จากเดิมที่แก๊สไฮเดรตเคยวางตัวอยู่ในแนวเดียวกันต้องวางตัวคนละแนวตามที่พบในรูป

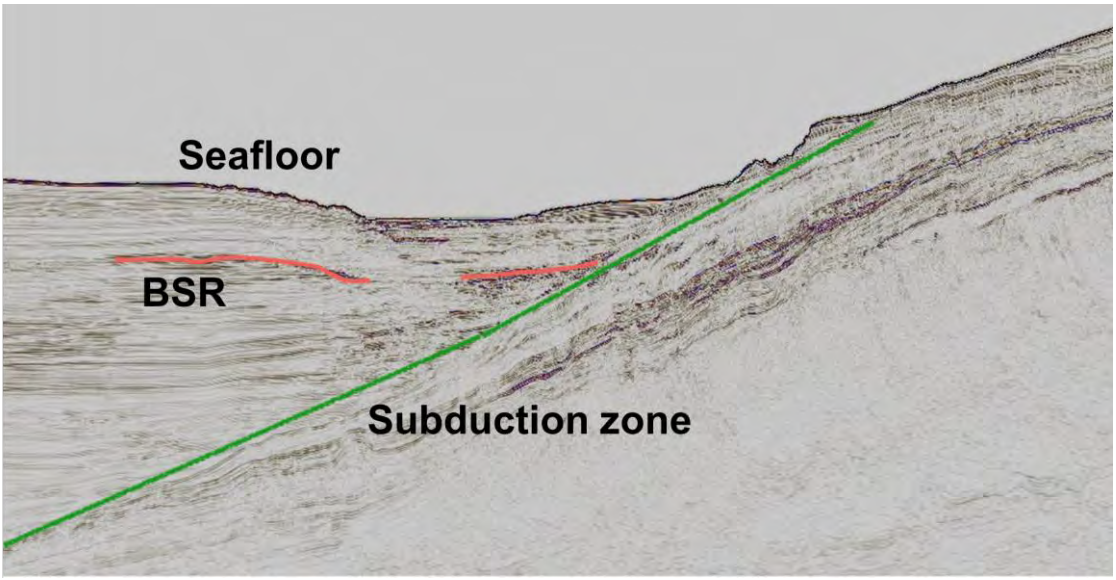


รูปที่ 5.3. รูปแสดงลักษณะของแก๊สไฮเดรตบริเวณที่มีเขตมุดตัว (Subduction zone) ปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง(เขตมุดตัว)จะทำให้แนวการวางตัวของแก๊สไฮเดรตนั้นไม่ต่อเนื่อง สังเกตุจากเส้นสีแดง และแนวของ a คาดว่าจากเดิมแก๊สไฮเดรตนั้นวางตัวอยู่ในแนวเดียวกัน

สาเหตุที่แก๊สไฮเดรต(เส้นสีแดง)ไม่ต่อเนื่องกัน หรือขาดช่วงนั้นอาจเป็นเพราะว่าก่อนการแข็งตัว จากเดิมเคยเป็นแก๊สอิสระ(Free gas)จึงมีความเป็นไปได้ว่าจะแทรกตัวไปตามชั้นหินที่มีช่องว่างไปเรื่อยๆ จนกระทั่ง ณ เวลาหนึ่งมีน้ำเข้ามารวมอยู่ในบริเวณนี้ด้วยเกิดการเปลี่ยนแปลงอุณภูมิ และความดันที่เหมาะสม จึงทำให้แก๊สอิสระเกิดการฟอร์มตัวกัน จากเดิมที่เป็นสถานะแก๊สกลายเป็นของแข็ง หรือที่เรียกว่าแก๊สไฮเดรต



รูปที่ 5.4. ลักษณะของแก๊สไฮเดรตบริเวณ รูป 5.6A ปรากฏลักษณะของชั้นหินคดโค้งรูปประทุนคว่ำ

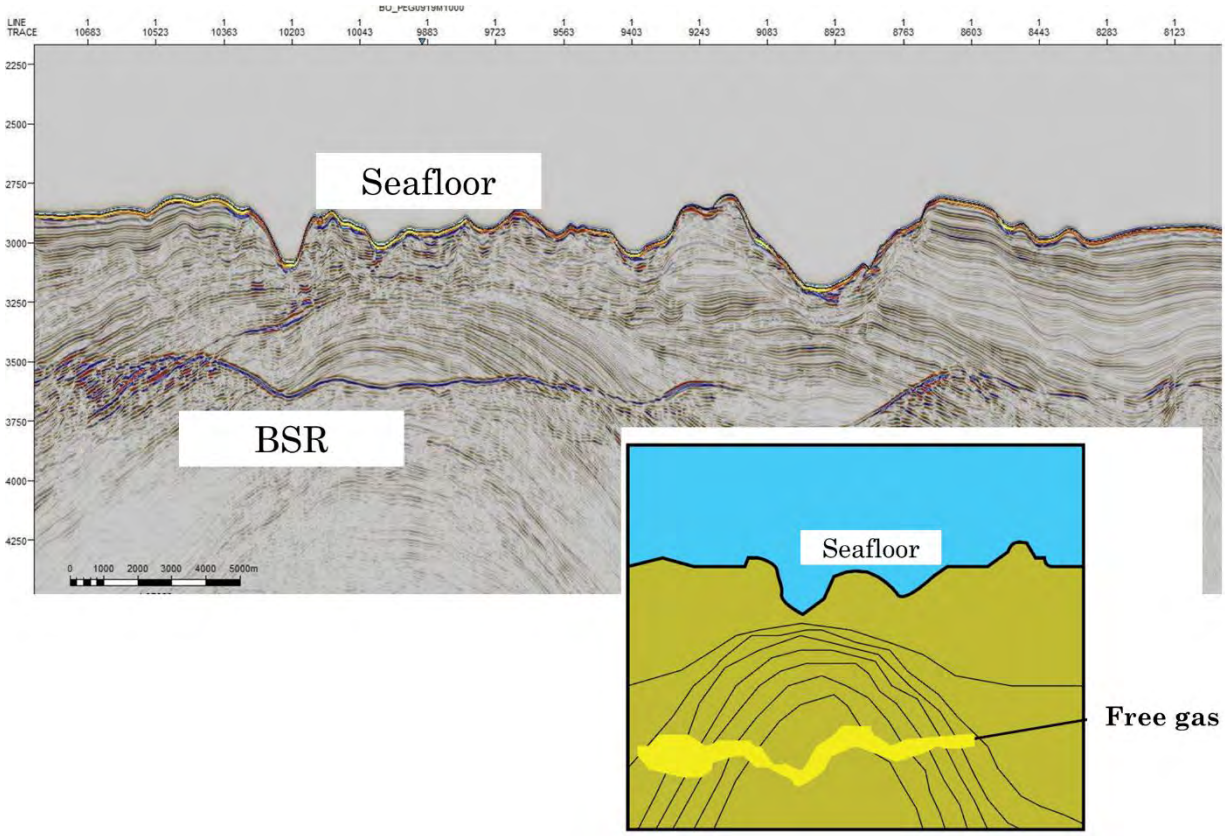


รูปที่ 5.5. รูปแสดงลักษณะของแก๊สไฮเดรตของรูป 5.6B โดยแสดงลักษณะของเขตมุดตัว

5.3. การแปลความหมายคลื่นไหวสะเทือน (Seismic Interpretation)

เมื่อนำข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนมาใช้หลักการของ Bottom Simulating Reflection เพื่อหาลักษณะของแก๊สไฮเดรตที่ปรากฏอยู่ใต้พื้นมหาสมุทรของพื้นที่ศึกษา และยังสามารถดูสภาพทางธรณีวิทยาที่เกิดขึ้นได้ โดยเราสามารถนำข้อมูลทั้งหมดมาแปลความหมายได้ดังนี้

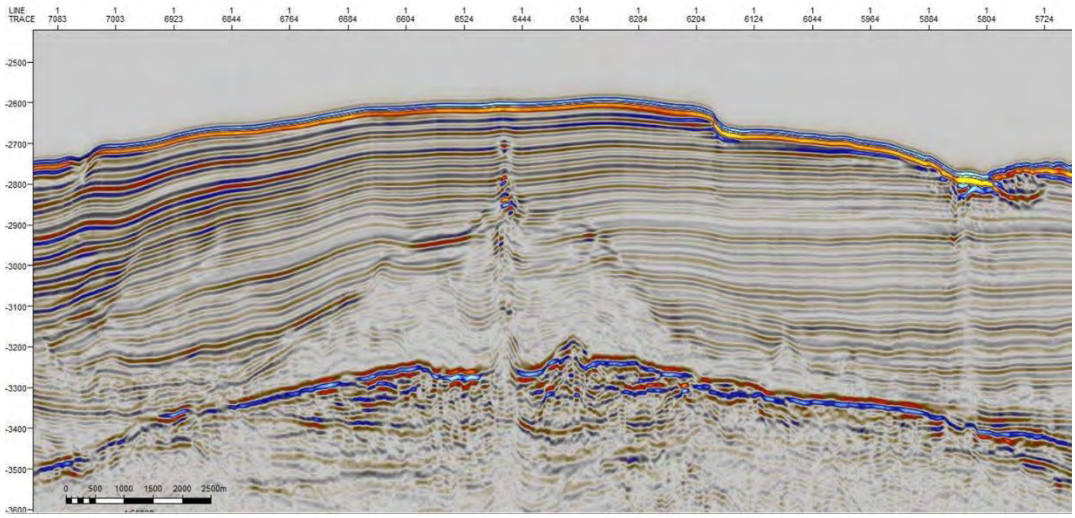
จากรูป 5.9 การสะท้อนของคลื่นไหวสะเทือนปรากฏให้เห็นลักษณะของแก๊สไฮเดรตที่ค่อนข้างขนานกับพื้นที่มหาสมุทร โดยลักษณะของพื้นมหาสมุทรไม่แบนราบ แต่ปรากฏลักษณะการกัดกร่อนจำนวนมาก และจะเห็นลักษณะร่องรอยของชั้นหินที่ไม่วางตัวเป็นแนวราบ แต่มีความคดโค้ง โดยคาดว่าเป็นชั้นหินคดโค้งรูปประทุนคว่ำ เป็นโดม ซึ่งตรงตามที่กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ว่าบริเวณที่ปรากฏชั้นหินลักษณะนี้สามารถเป็นชั้นหินกักเก็บที่มีประสิทธิภาพในการกักเก็บแก๊สไฮเดรตได้ โดยจะเห็นว่าแก๊สจะสะสมตัวอยู่บริเวณด้านบนของโดม และมีชั้นหินปิดกั้นไม่ให้แก๊สรั่วไหลออกไปสู่พื้นมหาสมุทร



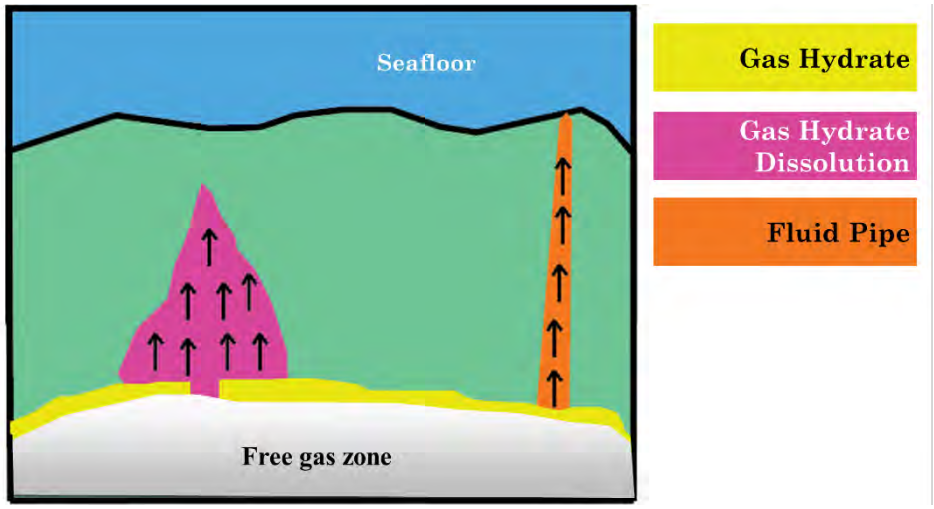
รูปที่ 5.9. รูปแสดงลักษณะของแก๊สไฮเดรตที่สะสมตัวอยู่ด้านบนของชั้นหินคดโค้งเป็นโดม

ส่วนในบริเวณอื่น ๆ ก็ปรากฏแก๊สไฮเดรตสะสมตัวอยู่เช่นกัน โดยจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนในภาพ 5.11 จากลักษณะ BSRs สามารถแปลความหมายและออกมาเป็นแผนภาพดังรูป 5.11 ซึ่งจากรูป 5.10 ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนแสดงให้เห็นถึงแก๊สไฮเดรตที่สะสมตัวขนานกับพื้นมหาสมุทรเช่นกัน แต่ลักษณะพื้นมหาสมุทรค่อนข้างมีความราบเรียบมากกว่าที่ปรากฏในรูป 5.9

จากภาพคลื่นไหวสะเทือนจะแสดงลักษณะผิดปกติ (anomalies) บริเวณตรงกลาง ที่มีรูปร่างโค้งคว่ำ ความชัดของ BSRs ค่อนข้างต่ำและไม่ต่อเนื่อง ซึ่งลักษณะนี้เป็นลักษณะที่บ่งชี้ถึงสิ่งที่คาดว่าเป็นแก๊สไฮเดรตที่ละลาย (Gas hydrate dissolutions) ซึ่งอาจเกิดจากการมีช่องว่างทำให้แก๊สรั่วไหล ส่วนลักษณะผิดปกติอีกที่หนึ่งคือด้านขวาของรูป 5.10 หรือสีส้มในรูป 5.11 ที่แสดงลักษณะ BSRs ที่ความชัดต่ำเป็นแนวตั้งตรงแคบ คาดว่าเป็นท่อส่งของเหลว (fluid pipe) ที่เกิดจากการขุดเจาะของเครื่องมือ



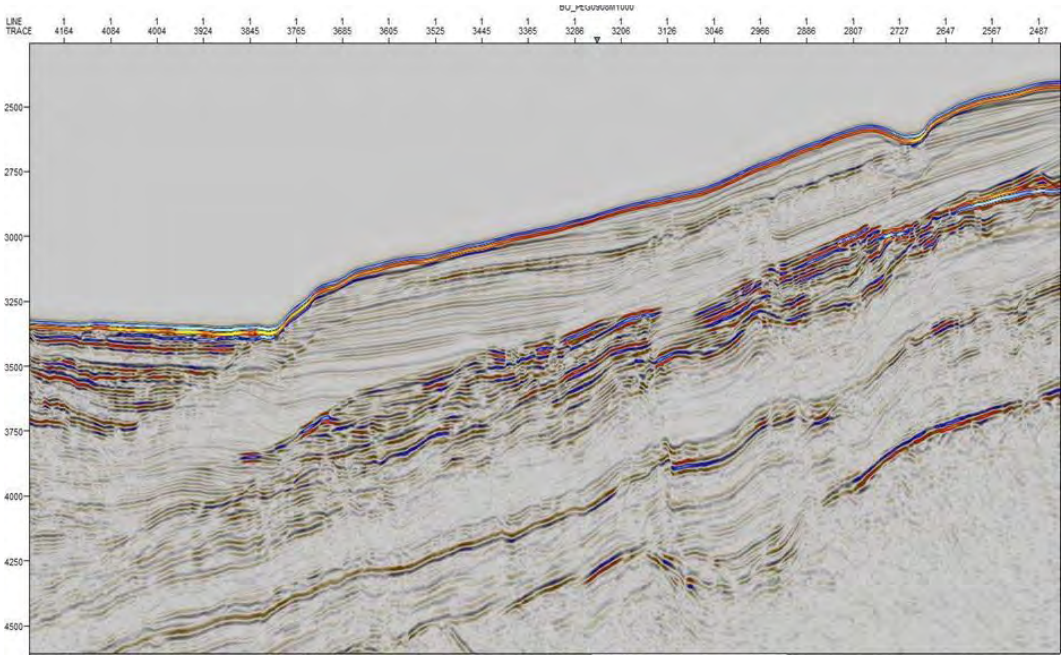
รูปที่ 5.10. รูปแสดงลักษณะของแก๊สไฮเดรต โดยปรากฏลักษณะผิดปกติตรงกลาง ที่มีความชัดต่ำ



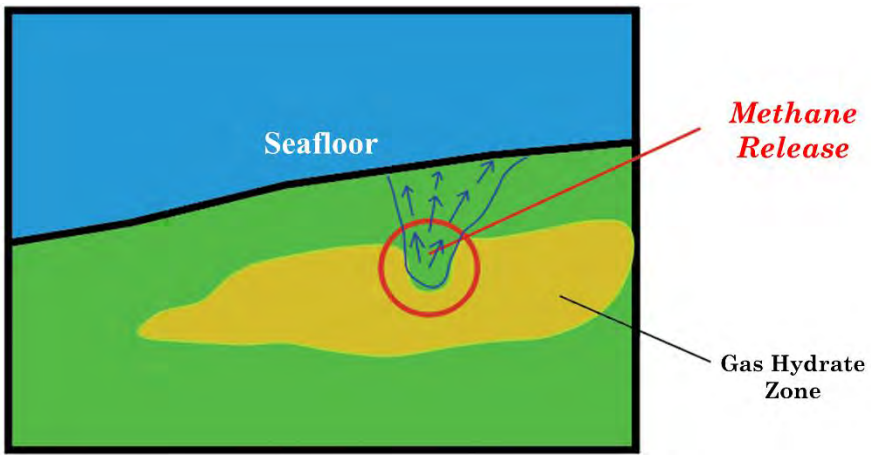
รูปที่ 5.11. รูปแสดงการแปลความหมายจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนของรูป 5.10

โดยทั่วไปแล้วหากชั้นหินกักเก็บและชั้นหินปิดกั้นมีประสิทธิภาพจะทำให้เกิดการสะสมตัวของแก๊สไฮเดรต โดยส่วนมากจะขนานไปกับพื้นมหาสมุทรอย่างที่ได้เห็นมาก่อนหน้านี้ ในทางตรงกันข้าม หากชั้นหินที่กักเก็บหรือชั้นหินปิดกั้นไม่มีประสิทธิภาพมากพอ หรือเกิดช่องว่าง สามารถทำให้เกิดการรั่วของแก๊สไฮเดรตได้เช่นเดียวกับที่เกิดกับปิโตรเลียมอื่น ๆ

จากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนของรูป 5.12 แสดงลักษณะของแก๊สไฮเดรตที่วางตัวขนานกับพื้นมหาสมุทรในแนวลาดเอียง แต่ปรากฏลักษณะผิดปกติบริเวณตรงกลาง คือ BSRs มีลักษณะวางตัวไม่ต่อเนื่องและโค้งเว้าลงไป ซึ่งคาดว่าเกิดลักษณะทางธรณีวิทยาที่ทำให้เกิดช่องว่างจนทำแก๊สไฮเดรตมีการรั่วไหลออกไปจากชั้นหินกักเก็บ ออกไปยังพื้นมหาสมุทรได้

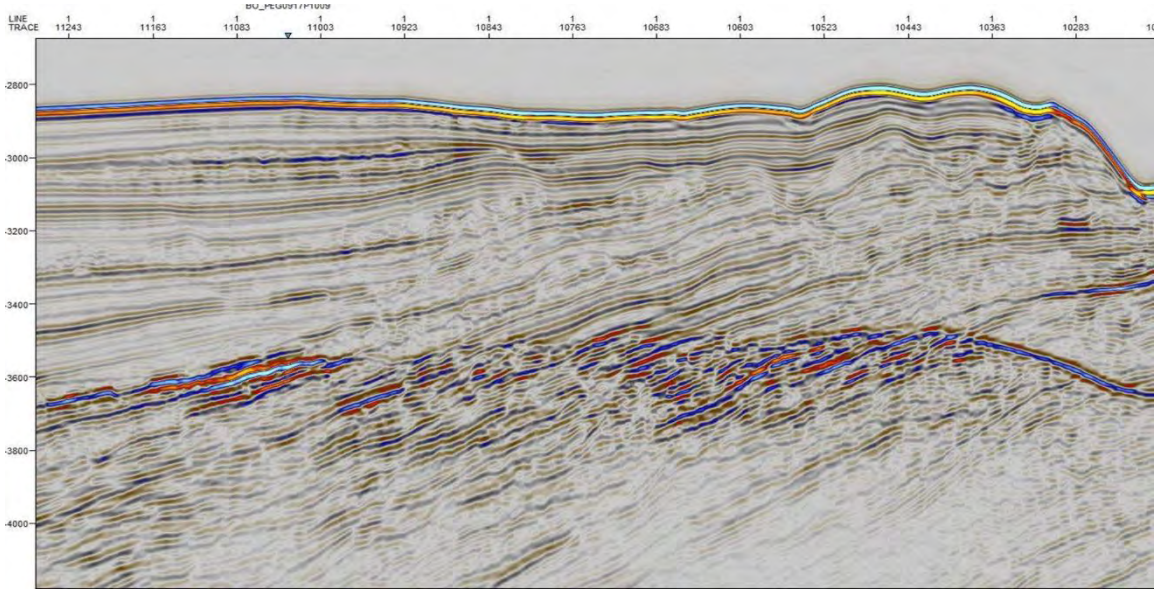


รูปที่ 5.12. รูปแสดงลักษณะของแก๊สไฮเดรต ซึ่งปรากฏลักษณะผิดปกติของ BSRs ที่ไม่ต่อเนื่อง

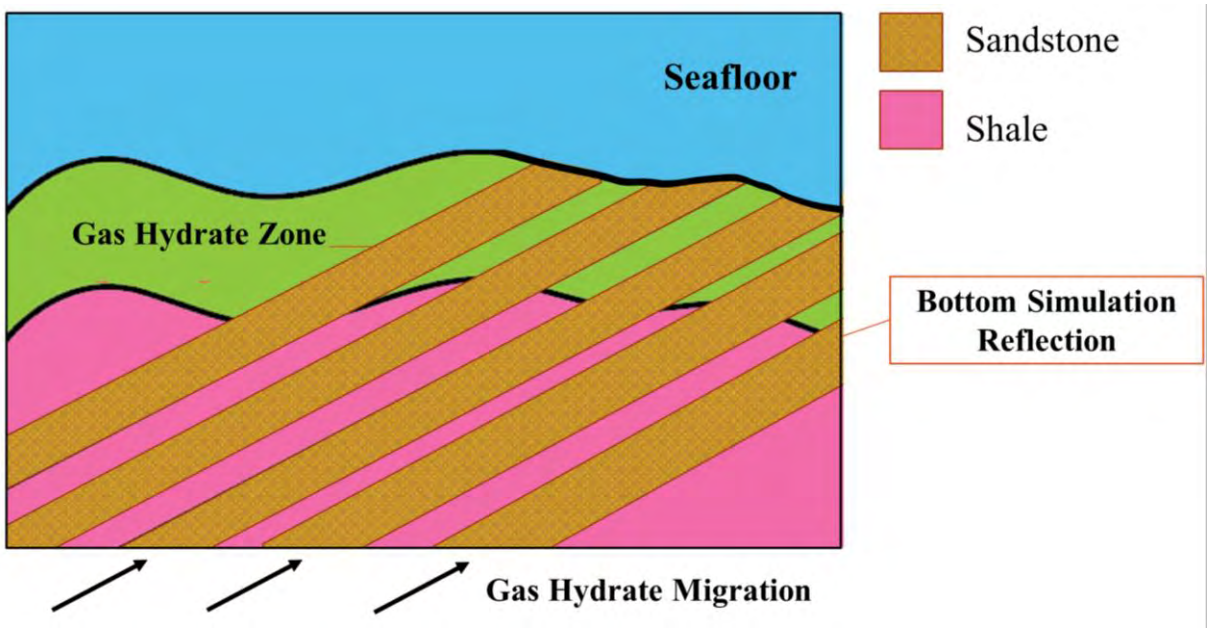


รูปที่ 5.13. แปลความหมายจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนรูป 5.12 โดยแสดงการรั่วไหลของแก๊สไฮเดรต

จากรูป 5.14 ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนที่สะท้อน BSRs ปรากฏลักษณะของแก๊สไฮเดรตที่ค่อนข้างขนานกับพื้นมหาสมุทร โดยมีลักษณะผิดปกติที่แสดงคลื่นไหวสะเทือนวางตัวในแนวเฉียง ซึ่งคาดว่าเป็นลักษณะของหินทราย ซึ่งเป็นชั้นหินกักเก็บของแก๊สไฮเดรต โดยวางตัวสลับกับชั้นหินดินดาน



รูปที่ 5.14. รูปแสดงลักษณะของแก๊สไฮเดรตที่วางตัวในแนวเฉียงตามลักษณะชั้นหินกักเก็บ

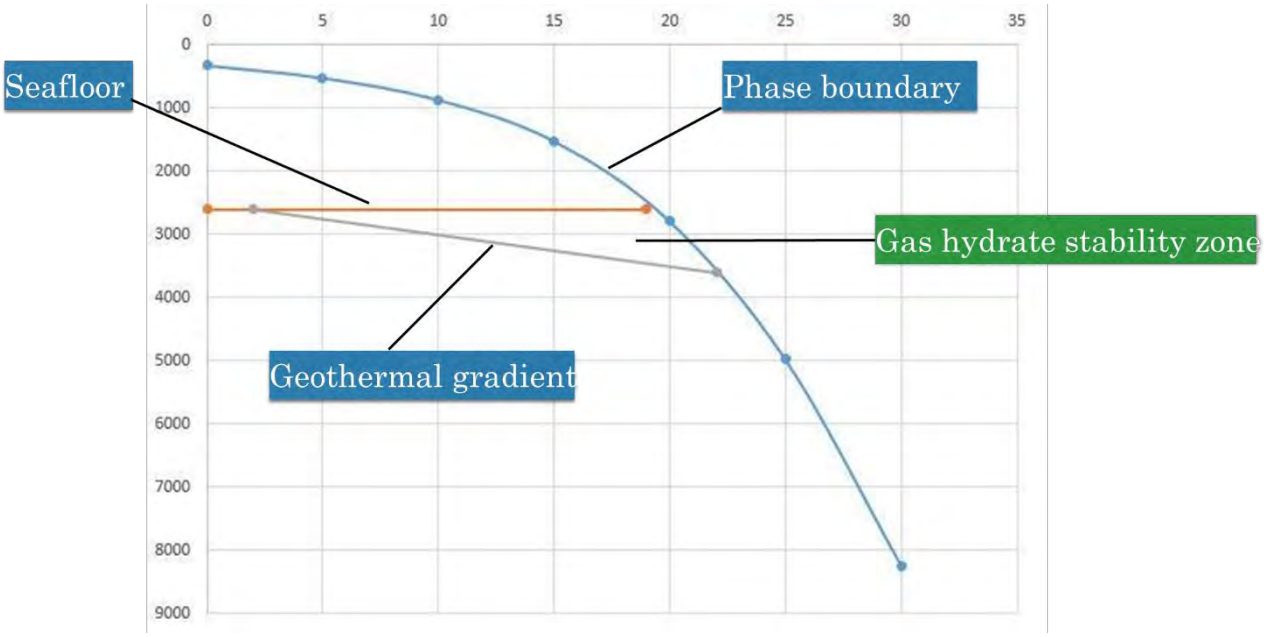


รูปที่ 5.15. แปลความหมายจากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนรูป 5.14

Gas hydrate stability zone (GHSZ) อยู่ในสภาวะอุณหภูมิต่ำและความดันสูง อุณหภูมิต่ำจะถูกควบคุมโดยกระแสน้ำอุ่นการไหลเวียนความร้อน (heat flow) ซึ่งขึ้นอยู่กับธรณีแปรสัณฐานของแต่ละพื้นที่ ขอบเขตเสถียรของแก๊สไฮเดรตในตะกอนสามารถวิเคราะห์ได้จากกราฟอุณหภูมิและความดัน ซึ่งขึ้นกับค่าความร้อนใต้ผิวน้ำ (Hydrothermal gradient) ค่าความร้อนใต้พิภพ (geothermal gradient) และขอบเขตสถานะของไฮเดรต (hydrate phase boundary) ของแต่ละสภาพแวดล้อม

ตำแหน่ง gas hydrate phase boundary ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของแก๊ส บางครั้งก็ถูกควบคุมโดยส่วนประกอบของช่องว่างของของไหล ขนาดของช่องว่าง และชนิดของแร่ (Mestdagh, 2015) อย่างไรก็ตามองค์ประกอบของแก๊สมักจะไม่ทราบจึงคำนวณ phase boundary จาก hydrostatic pressures สำหรับแก๊สมีเทนบริสุทธิ์ (CH_4) และน้ำทะเล seawater (Crutchley, 2009). Hydrothermal gradients ลดลงเมื่อความลึกของน้ำทะเลเพิ่มขึ้น และ geothermal gradients เพิ่มขึ้น เมื่อความลึกของผิวดินเพิ่มขึ้น

จากการนำข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนมาแปลความหมาย ผลการศึกษานั้นสามารถนำมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างขอบเขตที่แก๊สไฮเดรตเสถียรของบริเวณขอบทวีปฮิคุราง ประเทศนิวซีแลนด์ได้ดังรูป 5.16 ซึ่งพบว่าพื้นมหาสมุทรอยู่ที่ความลึกประมาณ 2700 เมตร ซึ่งขอบเขตที่สามารถพบแก๊สไฮเดรตได้จะอยู่ระหว่างพื้นมหาสมุทรและค่าความร้อนใต้พิภพ ซึ่งอยู่ในช่วงความลึกระหว่างประมาณ 2700 ถึง 3700 เมตร หมายความว่า หากอยู่สภาวะที่ตื้นกว่าหรือลึกกว่านั้นอาจจะไม่พบแก๊สไฮเดรตเนื่องจากมีสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม ทั้งอุณหภูมิและความดันในการเกิด เมื่อระดับความลึกของน้ำทะเลเพิ่มมากขึ้น อุณหภูมิจะลดลงอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้น BSR จะลึกตามไปด้วยเช่นกัน



รูปที่ 5.16. แผนภาพแสดงขอบเขตที่แก๊สไฮเดรตมีความเสถียร (GHSZ) ของพื้นที่ศึกษา

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผล

(DISCUSSION AND CONCLUSION)

แก๊สไฮเดรต คือ ของแข็งผลึกที่ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำและแก๊สอื่น ๆ ซึ่งมีความสำคัญและจะกลายเป็นตัวแปรที่สำคัญของพลังงานทางเลือกและเชื้อเพลิงในอนาคต โดยมีความเป็นไปได้อย่างมากในไม่กี่ทศวรรษข้างหน้า

ขอบทวีปฮิคุรางิ ประเทศนิวซีแลนด์ เป็นพื้นที่หนึ่งที่มีแก๊สไฮเดรตสะสมตัวอยู่มากของโลก แก๊สไฮเดรตสามารถเกิดได้ในสภาวะแวดล้อมที่เฉพาะเจาะจง จะพบได้ที่ที่มีอุณหภูมิต่ำและความดันสูง แตกต่างกันไปแต่ละพื้นที่ทั่วโลก แต่โดยส่วนใหญ่มักจะพบที่ทะเลลึก ใต้พื้นมหาสมุทร รวมถึงน้ำแข็งผิวดิน (permafrost) โดยการจะศึกษาหาแก๊สไฮเดรตได้ในปัจจุบัน

จากการศึกษาคลื่นไหวสะเทือนโดยดูจากลักษณะของ Bottom Simulat-ing Reflections (BSRs) ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญที่บ่งชี้ถึงแก๊สไฮเดรตมาเป็นตัวบอกคุณลักษณะ การปรากฏของแก๊สไฮเดรตนี้สัมพันธ์กับความเร็วคลื่นไหวสะเทือนที่เคลื่อนที่ผ่านลักษณะผิดปกติ และความลึกของ BSRs ซึ่งเป็นตัวบอกแก๊สไฮเดรตในการศึกษาครั้งนี้ และเป็นประโยชน์ในการค้นหาพื้นที่ทั้งแก๊สอิสระและแก๊สไฮเดรต รวมทั้งคลื่นไหวสะเทือนยังบอกลักษณะทางธรณีวิทยาใต้พื้นมหาสมุทร

จากภาพคลื่นไหวสะเทือนที่มีคุณภาพสูง สามารถทำให้หาการกระจายตัวของแก๊สไฮเดรตในพื้นที่ศึกษา ซึ่งผลการศึกษาปรากฏทั้งแก๊สอิสระและแก๊สไฮเดรตอยู่อย่างหนาแน่น ขนานกับพื้นมหาสมุทร แก๊สเหล่านี้ถูกกักเก็บไว้ในหินกักเก็บที่มีประสิทธิภาพคือ หินทรายกระแสน้ำขุ่นยุคไมโอซีน นอกจากนี้จากการแปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน

นอกจากนี้ยังสามารถหาสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมในการเกิดแก๊สไฮเดรต โดยพื้นมหาสมุทรอยู่ที่ความลึกประมาณ 2700 เมตร ซึ่งขอบเขตที่สามารถพบแก๊สไฮเดรตได้จะอยู่ระหว่างพื้นมหาสมุทรและค่าความร้อนใต้พิภพ ซึ่งอยู่ในช่วงความลึกระหว่างประมาณ 2700 ถึง 3700 เมตร หมายความว่า หากอยู่สภาวะที่ตื้นกว่าหรือลึกกว่านั้นอาจจะไม่พบแก๊สไฮเดรตเนื่องจากมีสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม ทั้งอุณหภูมิและความดันในการเกิด

บรรณานุกรม

Barnes et al., 2010, Tectonic and geological framework for gas hydrates and cold seeps on the Hikurangisubduction margin, New Zealand: Marine Geology, p. 26-48.

Collett, T. S., 2002, Energy resource potential of natural gas hydrates: Aapg Bulletin, v. 86, no. 11, p. 1971-1992.

Fugro, 2006, PR 3414: Bruin 2D Seismic Survey.

HARDAGE B.A, ROBERTS H.H., 2006, Gas hydrate in the Gulf of Mexico: What and where is the seismic target ?, THE LEADING EDGE, p. 556-571

Grauls, D., 2001, Gas hydrates: importance and applications in petroleum exploration: Marine and Petroleum Geology, v. 18, no. 4, p. 519-523.

Hammerschmidt, E., 1934, Formation of gas hydrates in natural gas transmission lines: Industrial & Engineering Chemistry, v. 26, no. 8, p. 851-855.

Kumar D., Mrinal K. Sen, and Nathan L. Bangs (2006). "Seismic characteristics of gas hydrates at Hydrate Ridge, offshore Oregon." The Leading Edge, 25(5), 610-614. doi: 10.1190/1.2202665

Lee, M.W., Hutchinson, D.R., Agena, W.F. et al. Mar Geophys Res (1994) 16: 163. doi:10.1007/BF01237512

LIU Shuang, LU Shuangfang, YANG Jinxiu and ZHANG Yanian, 2015. Seismic Features of Marine Gas Hydrates in Offshore Northwest Africa . Acta Geologica Sinica (English Edition), 89(supp.): 353-354.

Milkov V. A., George E. Claypool, Young-Joo Lee, Wenyue Xu, Gerald R. Dickens, Walter S. Borowski, ODP Leg 204 Scientific Party

Nicol, A., Mazengarb, C., Chanier, F., Rait, G., Uruski, C., and Wallace, L., 2007, Tectonic evolution of the active Hikurangi subduction margin, New Zealand, since the Oligocene: Tectonics, v. 26, no. 4.

Paull, C., Ussler III, W., and Borowski, W., 1993, Sources of biogenic methane to form marine gas hydrates: In situ production or upward migration?: North Carolina Univ., Chapel Hill, NC (United States).

Pecher, I.A.; Gorman, A.R.; Henrys, S.A.; Stagpoole, V.M.; Fohrman, M.; Toulmin, S.J. 2010 Gas hydrates exploration on the Hikurangi Margin, New Zealand, 2010 Lower Hutt, N.Z.: GNS Science. GNS Science report 2010/10 31 p.

Sloan, E. D., 1998, Physical/chemical properties of gas hydrates and application to world margin stability and climate change: Geological Society of London Special Publications, 137, 31-50.

Wallace, L.M. and J. Beavan (2010) Diverse slow slip behaviour at the Hikurangi subduction margin, New Zealand, in press, J. Geophys. Res. doi:10.1029/2010JB007717, in press.