การดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน

คู่มือสำหรับผู้กำหนดนโยบาย

จดหมายเปิดผนึกจากรัฐมนตรีเรมอนโด

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นความท้าทายอย่างยิ่งในระดับโลก สหรัฐอเมริกายกระดับความพยายามที่จะรับมือกับความท้าทายนี้ ภายใต้คำสั่งฝ่ายบริหารที่ 14008 รัฐบาลตระหนักดีว่า ปัจจุบันเป็นเวลาที่ต้องลงมือปฏิบัติเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบอันเลวร้ายที่สุดจากวิกฤติการณ์ด้านสภาพภูมิอากาศ และแสวงหาโอกาสในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การดำเนินงานของกระทรวงพาณิชย์สหรัฐฯ เป็นส่วนหนึ่งของความพยายามของทุกหน่วยงานในรัฐบาลสหรัฐฯ ที่จะก้าวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และช่วยให้เกิดการเปลี่ยนผ่านที่เป็นธรรมและรวดเร็วไปสู่สังคมแห่งอนาคตที่ปล่อยคาร์บอนน้อยลง มีความยั่งยืน และมั่งคั่ง

นอกเหนือจากความพยายามในการลดปัญหาอย่างเต็มรูปแบบแล้ว รัฐบาลยังได้ชี้ให้เห็นว่า การจะบรรลุเป้าหมายในการรับมือกับสภาพอากาศทั่วโลก จะต้องมีการนำเทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture, Utilization and Storage: CCUS) ตลอดจนการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide Removal: CDR) มาใช้อย่างมีความรับผิดชอบ เทคโนโลยี CCUS มีบทบาทสำคัญอย่างมากในภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากการปล่อยคาร์บอนเป็นเรื่องที่ท้าทายที่ต้องได้รับการจัดการ ในทำนองเดียวกัน เทคโนโยลี CDR สามารถช่วยกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากอากาศโดยรอบได้ ขณะนี้สหรัฐฯ และภาคีเครือข่าย กำลังดำเนินการเพื่อช่วยให้ประเทศต่าง ๆ นำนโยบาย CCUS มาปรับใช้ ระดมเงินทุนเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พร้อมทั้งนำเทคโนโลยีและแนวปฏิบัติของ CCUS มาใช้ให้เกิดประโยชน์ ตลอดจนปฏิรูปกฎหมายและกฎระเบียบเพื่อดึงดูดการลงทุนด้าน CCUS อย่างมีความรับผิดชอบ

โครงการพัฒนากฎหมายการค้า (Commercial Law Development Program : CLDP) ของสำนักงานที่ปรึกษากฎหมาย (Office of the General Counsel) กระทรวงพาณิชย์สหรัฐฯ ได้ช่วยเหลือประเทศต่าง ๆ ในการปรับปรุงกฎหมายและข้อบังคับทางการค้ามากว่า 30 ปี ปัจจุบัน โครงการ CLDP ได้จัดทำคู่มือที่ผู้กำหนดนโยบายและหน่วยงานกำกับดูแลสามารถเข้าถึงได้ ตรงตามวัตถุประสงค์ โดยไม่มีค่าใช้จ่าย เพื่อหาวิธีกระตุ้นการลงทุนในการดักจับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อการใช้งานหรือการกักเก็บถาวร โดยได้รับเงินทุนและการสนับสนุนจากสำนักทรัพยากรพลังงาน (Bureau of Energy Resources: ENR) กระทรวงการต่างประเทศสหรัฐฯ

ในการพัฒนาคู่มือนี้ โครงการ CLDP ได้เรียกประชุมกลุ่มผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับ เทคโนโลยี CCUS จากรัฐบาลสหรัฐฯ สถาบันพหุภาคี องค์การนอกภาครัฐ ภาคอุตสาหกรรม และสถาบันวิชาการต่าง ๆ ผู้เขียนและผู้สนับสนุนอีกจำนวนมากได้สละเวลาหลายชั่วโมงเพื่อร่วมพัฒนาคู่มือฉบับนี้ เพื่อให้ผู้บัญญัติกฎหมาย เจ้าหน้าที่กระทรวง และหน่วยงานกำกับดูแลทั่วโลก นำคู่มือฉบับนี้ไปใช้ในการร่าง นำไปปฏิบัติ หรือบังคับใช้กฎหมายใหม่ ที่จะเร่งให้เกิดการปรับใช้เทคโนโลยี CCUS ได้เร็วยิ่งขึ้น

คู่มือฉบับนี้ยังขยายขอบเขตเพิ่มเติมจากชุดข้อมูลเดิมที่พัฒนาโดยโครงการ CLDP ข้อมูลชุดนี้เริ่มต้นด้วยแนวทางเรื่อง Understanding Power ซึ่งสนับสนุนโดย Power Africa ซึ่งเป็นคลังข้อมูลคู่มือแบบโอเพนซอร์สที่ใช้ภาษาธรรมดาอธิบายหัวข้อสำคัญต่าง ๆ เกี่ยวกับสัญญาโครงการ การสนับสนุนทางการเงิน และการจัดซื้อจัดจ้างด้านพลังงานไฟฟ้า ด้วยความร่วมมือกับสำนัก ENR ข้อมูลชุดนี้ยังคงมีการจัดทำอกมาอย่างต่อเนื่อง พร้อมกับแนวทางการลดการปล่อยคาร์บอนฉบับใหม่ ๆ แนวทางการลดการปล่อยคาร์บอนฉบับแรกคือเรื่องการลดก๊าซมีเทนจากน้ำมันและก๊าซ คู่มือเหล่านี้ส่งเสริมวัตถุประสงค์ด้านการค้าเทคโนโลยีสะอาดและการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของกระทรวงพาณิชย์และกระทรวงการต่างประเทศสหรัฐฯ นอกเหนือจากการสนับสนุนเป้าหมายด้านสภาพภูมิอากาศโลก

ดิฉันรู้สึกขอบคุณโครงการ CLDP และผู้เขียนทุกท่าน ตลอดจนผู้สนับสนุนเงินทุนและผู้สนับสนุนด้านอื่น ๆ ที่ช่วยกันพัฒนาคู่มืออันสำคัญนี้ ซึ่งจะเป็นคุณูปการที่มีความหมายต่อการร่วมมือกันสร้างประโยชน์จากโอกาสที่มีอยู่ การทำงานร่วมกันทำให้เราสามารถแก้ไขวิกฤติการณ์ด้านสภาพภูมิอากาศ พัฒนาวิธีแก้ปัญหาที่สร้างสรรค์ และก้าวข้ามความท้าทายได้

จีนา เอ็ม. เรมอนโด

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพาณิชย์สหรัฐฯ

สารบัญ

แนวทางการใช้คู่มือฉบับนี้ 7

บทสรุปผู้บริหาร 13

1. ทำไมต้องคาร์บอน 17

ก๊าซ CO_2 และการมีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 18
แนวทางการลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 21
การดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน (CCUS) คืออะไร 21

2. การดักจับ การขนส่ง การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน คืออะไร 25

บทนำ 26
การดักจับ 28
การขนส่ง 32
การกักเก็บ 33
การใช้ประโยชน์ 36
ข้อควรพิจารณาที่เกี่ยวข้อง 38

3. การมีส่วนร่วมในโครงการ CCUS 41

บทนำ 42
ผู้มีบทบาทสำคัญ 47
กระบวนการมีส่วนร่วมการมุ่งเน้นไปที่ชุมชน 52

4. การสร้างขีดความสามารถ 58

บทนำ 59
ความต้องการแรงงานในอุตสาหกรรม CCUS 60
การพัฒนาบุคลากรในอุตสาหกรรม CCUS 62
การวิจัย การพัฒนา และการนำไปใช้งาน 68

5. แผนยุทธศาสตร์เพื่อการพัฒนากรอบกฎหมายและกรอบการกำกับดูแล 76

บทนำ 77
แผนยุทธศาสตร์เพื่อการพัฒนากรอบงาน 78

6. ทรัพยากรและหน้าที่ความรับผิดชอบสำหรับการจัดทำกรอบงาน 84

บทนำ 85
มาตรฐานสากล 86
กรอบงานขององค์กรผู้นำ 89
อนุสัญญาระหว่างประเทศ 92

7. กรอบงานเฉพาะโครงการ 97

บทนำ 98
แนวปฏิบัติที่ดีที่สุดสำหรับกรอบงานเฉพาะโครงการ 105

8. การเงินและมาตรการจูงใจ **108**

บทนำ 109
แนวคิดเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการ CCUS 112
ความสามารถในการกู้ยืมเงินและการลดความเสี่ยงทางการเงิน ของโครงการ CCUS 113
สินเชื่อและการประกันทางการเงิน 123
ตลาดสำหรับผลิตภัณฑ์คาร์บอนต่ำ 124
ผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยไม่เจตนา 124
ปัจจัยผลักดันภายนอก 124

9. แหล่งข้อมูลเพิ่มเติม **128**

ตัวย่อและอักษรย่อ **135**

อภิธานศัพท์ **139**

บันทึก **146**

ปิดท้ายเล่ม **158**

แนวทางการใช้คู่มือฉบับนี้

คู่มือฉบับนี้เหมาะกับใคร

ประชาคมโลกมุ่งมั่นที่จะลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) อย่างรวดเร็วในภาคอุตสาหกรรมปิโตรเลียม พลังงาน การผลิต และภาคอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณสูง เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และเพิ่มความมั่นคงทางเศรษฐกิจและพลังงาน อย่างไรก็ตาม หลายประเทศยังคงพยายามทำความเข้าใจวิธีการบรรลุวัตถุประสงค์เหล่านี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผ่านการใช้และการจัดหาเทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน (CCUS) คู่มือฉบับนี้จะให้คำแนะนำแก่เจ้าหน้าที่ของรัฐเกี่ยวกับทางเลือกต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับเทคโนโลยี CCUS และเป็นแนวทางในการออกแบบและดำเนินการตามกรอบกฎหมายและกฎระเบียบ ที่จะกระตุ้นการลงทุนของภาคเอกชนแบบยั่งยืนในโครงการต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับ CCUS โดยถอดบทเรียนจากแผนการกำกับดูแลของประเทศต่าง ๆ ผู้กำหนดนโยบายและหน่วยงานกำกับดูแลจากเขตเศรษฐกิจเกิดใหม่ รวมถึงประเทศในเอเชีย[1] ที่พิจารณาหรือดำเนินการอย่างแข็งขันเกี่ยวกับส่วนใดส่วนหนึ่งของห่วงโซ่คุณค่า CCUS จะได้รับประโยชน์จากคู่มือฉบับนี้

ขอบเขตของหนังสือเล่มนี้

คู่มือฉบับนี้ให้ข้อมูลเพื่อสนับสนุนผู้กำหนดนโยบายในการพัฒนาและดำเนินการตามนโยบายและกฎระเบียบของ CCUS อย่างมีประสิทธิผล โดยจะอธิบายถึงเทคโนโลยี นโยบาย และกรอบกฎหมาย/ข้อบังคับ ตลอดจนการมีส่วนร่วมทั่วทั้งห่วงโซ่คุณค่า CCUS คู่มือฉบับนี้จะอธิบายเกี่ยวกับเทคโนโลยี CCUS บางประเภทแบบเฉพาะเจาะจง และมุ่งเน้นไปที่ประเด็นสำคัญในหัวข้ออื่น ๆ คู่มือฉบับนี้มิได้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสนับสนุนชุดนโยบาย CCUS ชุดใดชุดหนึ่งเป็นการเฉพาะ แต่เป็นการนำเสนอภาพรวมของทางเลือกต่าง ๆ

ผู้เขียนคู่มือฉบับนี้

ผู้เขียนประกอบด้วยนักปฏิบัติจากภาคพลังงานต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงเจ้าหน้าที่รัฐวิศวกร ผู้เชี่ยวชาญด้านนโยบายสาธารณะ นักกฎหมาย และนักวิชาการ คู่มือฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมประสบการณ์ภาคปฏิบัติและความรู้ที่เป็นปัจจุบันของผู้เขียน อย่างไรก็ตาม คู่มือฉบับนี้มิได้แสดงจุดยืนทางนโยบายขององค์กร สถาบัน ประเทศ และ/หรือบริษัทที่ผู้เขียนแต่ละคนมีส่วนเกี่ยวข้องหรือได้มีส่วนเกี่ยวข้อง หากท่านต้องการทราบเกี่ยวกับมุมมองดังกล่าว โปรด

อ้างอิงสิ่งพิมพ์และเว็บไซต์ขององค์กร สถาบัน ประเทศ และ/หรือบริษัทที่เกี่ยวข้อง

การรับมือกับวิกฤติการณ์ด้านสภาพภูมิอากาศเป็นประเด็นที่สำคัญยิ่งยวดในหลาย ๆ ประเทศ ผู้เชี่ยวชาญและองค์กรจำนวนมากระบุว่า กระบวนการสำคัญในการลดการปล่อย CO_2 และผลกระทบจากก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้อง คือ การใช้เทคโนโลยี CCUS ผู้เขียนหวังว่าคู่มือฉบับนี้จะช่วยขับเคลื่อนการพัฒนาและการดำเนินการตามนโยบายและกฎระเบียบของ CCUS และช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั่วโลกจากภาคส่วนที่ยากต่อการลด

คู่มือฉบับนี้ได้รับการพัฒนาอย่างไร

คู่มือฉบับนี้จัดทำขึ้นโดยใช้วิธีการทำงานแบบ Book Sprints (www.booksprints.net) ซึ่งช่วยให้สามารถร่าง แก้ไข และจัดพิมพ์ผลิตภัณฑ์ฉบับสมบูรณ์ได้ภายในเวลาเพียง 5 วัน

ผู้เขียนขอขอบคุณบาร์บารา รัลลิง (Barbara Rühling) และคุณแอนนา ร๊อกซัส (Anna Roxas) ผู้อำนวยความสะดวกของ Book Sprint อย่างจริงใจ ที่อดทนในการให้คำชี้แนะ และเป็นผู้นำที่ทุ่มเทในกระบวนการร่างเป็นเวลาร่วม 75 ชั่วโมง นอกจากนี้ ผู้เขียนขอขอบคุณคุณเฮนริก แวน ลีอูเวน (Henrik van Leeuwen) และคุณเลนนาร์ต วูล์ฟเฟิร์ต (Lennart Wolfert) สำหรับการปรับแก้งานเขียนที่เร่งรีบให้กลายเป็นภาพประกอบที่งดงามและมีความหมาย และขอขอบคุณคุณอากาเท เบซ (Agathe Baëz) สำหรับการออกแบบคู่มือฉบับนี้ อีกทั้ง ขอขอบคุณทีมบรรณาธิการของ Book Sprints ทั้งคุณเรวีน ไวต์ (Raewyn Whyte) และคุณคริสทีน เดวิส (Christine Davis) สำหรับการทำงานอย่างไม่รู้จักเหน็ดเหนื่อย

ผู้เขียนขอขอบคุณบุคคลและสถาบันต่อไปนี้ที่ช่วยส่งเสริมให้เกิดการหารือเพื่อให้ได้ฉันทามติเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของคู่มือฉบับนี้: สำนักทรัพยากรพลังงาน (Bureau of Energy Resources) ของกระทรวงการต่างประเทศสหรัฐฯ ตลอดจนคุณสตีเฟน การ์ดเนอร์ (Stephen Gardner) และคุณเคนยอน วีฟเวอร์ (Kenyon Weaver) (โครงการพัฒนากฎหมายการค้าของกระทรวงพาณิชย์สหรัฐฯ) (Commercial Law Development Program,U.S. Department of Commerce) ผู้เขียนขอขอบคุณผู้ที่ให้การสนับสนุนตลอดกระบวนการร่างคู่มือฉบับนี้ ซึ่งรวมถึงคุณเอียน ฮาเวอร์ครอฟต์ (Ian Havercroft) จากสถาบัน Global CCS Institute, คุณทิม ดิกสัน (Tim Dixon)

จาก IEAGHG, คุณซาวิทา โบว์แมน (Savita Bowman) จาก ClearPath, ดร.แซลลี กรีนเบิร์ก (Sallie Greenberg), ดร. ฌอน เบรนแนน (Dr. Sean Brennan) จาก U.S. Geological Survey, คุณอเล็ก มัลลี (Alec Mullee) และคุณวิลเลียม เบตส์ (William Bates) จากสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐ (U.S. Environmental Protection Agency), คุณโทบี ล็อกวูด (Toby Lockwood) จาก Clean Air Task Force, ดร.อุดายัน ซิงห์ (Udayan Singh), คุณอิซาเบลลา คอร์โพรา (Isabella Corpora) จากสภา Carbon Business Council, ดร.โอเวน ทักเกอร์ (Owain Tucker) จากบริษัท Shell International Petroleum Company Ltd., ดร. ซูซาน โฮวอร์กา (Susan Hovorka) จากสำนัก Bureau of Economy Geology มหาวิทยาลัยเทกซัส ออสติน (The University of Texas Austin) , โครงการ CLIMIT, คุณเมซีย์ เมเยส (Macey Mayes), และ Tara Wildlife (สถานที่ตั้งของ Book Sprint) ตลอดจนครอบครัวของเรา นอกจากนี้ กระบวนการสำคัญในการการจัดทำคู่มือฉบับนี้ คือ การวางแผนและการพัฒนาแนวคิด สุดท้ายนี้ ผู้เขียนขอขอบคุณโครงการ Energy and Mineral Governance Program (EMGP) สำนักทรัพยากรพลังงาน (Bureau of Energy Resources) กระทรวงการต่างประเทศสหรัฐฯ ที่กรุณาสนับสนุนเงินทุนทั้งหมดในการจัดทำคู่มือฉบับนี้

วิธีใช้คู่มือฉบับนี้

คู่มือฉบับนี้มุ่งที่จะสะท้อนกระบวนการทำงานอันแข็งขันของ Book Sprints และสามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง หรือเป็นจุดเริ่มต้นสำหรับการอภิปรายและการสนับสนุนทุนการศึกษาในอนาคต ซึ่งเป็นไปตามธรรมเนียมปฏิบัติทั่วไปของการแบ่งปันความรู้แบบโอเพนซอร์ส ออกภายใต้สัญญาอนุญาตของครีเอทีฟคอมมอนส์ ที่มีการอ้างอิงแหล่งที่มา ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า และให้อนุญาตต่อไปแบบเดียวกัน (Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License: CC BY NO SA) ภายใต้สัญญาอนุญาตการเผยแพร่ประเภทนี้ บุคคลใด ๆ สามารถคัดลอก ดึงข้อมูลบางส่วน ทำซ้ำ แปล และใช้ข้อความซ้ำ เพื่อวัตถุประสงค์ที่ไม่ใช่เพื่อการค้า โดยไม่ต้องขออนุญาตจากผู้เขียน ตราบใดที่ผลงานที่ออกมานั้นอยู่ภายใต้สัญญาอนุญาตของครีเอทีฟคอมมอนส์ (Creative Commons License) คู่มือฉบับนี้ได้รับการตีพิมพ์ครั้งแรกเป็นภาษาอังกฤษ ฉบับแปลอาจจะตามมาเร็ว ๆ นี้ สามารถดูคู่มือฉบับนี้ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ได้ที่ *https://cldp.doc.gov/resources* และในรูปแบบสิ่งพิมพ์ คู่มือฉบับนี้ยัง

สามารถใช้เป็นแหล่งข้อมูลเชิงโต้ตอบทางออนไลน์ได้อีกด้วย ผู้เขียนหลายท่านยังมุ่งมั่นที่จะทำงานกับองค์กรของตนในการปรับใช้แหล่งข้อมูลนี้เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการจัดทำหลักสูตรฝึกอบรมและโครงการความช่วยเหลือด้านเทคนิคต่าง ๆ

ขอแสดงความนับถือ

ผู้เขียน

ผู้เขียนในกระบวนการผลิตแบบ Book Sprint
จากซ้ายไปขวา ปรียา (Priya), อัตสึมาสะ (Atsumasa), วิกรม (Vikram), พาเมลา (Pamela), อิงวิลด์ (Ingvild), จอร์จ (George),
ริชาร์ด (Richard) และโฮเซ (José)

ดร.วิกรม วิชาล (Vikram Vishal) *ศูนย์ National Centre of Excellence in CCU* *สถาบันเทคโนโลยีแห่งอินเดีย (India Institute of Technology) เมืองบอมเบย์* *บริษัท UrjanovaC Private Limited* (อินเดีย)	**อัตสึมาสะ ซาคาอิ (Atsumasa Sakai)** *ธนาคารพัฒนาเอเชีย (Asian Development Bank)* (ฟิลิปปินส์)
ปรียา ปราสาด (Priya Prasad) *โครงการพัฒนากฎหมายการค้า (Commercial Law Development Program)* *กระทรวงพาณิชย์สหรัฐฯ* (สหรัฐฯ)	**โฮเซ เบนิเทซ ทอร์เรส (José Benítez Torres)** *สำนักงาน Office of Fossil Energy and Carbon Management* *กระทรวงพลังงานสหรัฐฯ* (สหรัฐฯ)
อิงวิลด์ ออมบุดสทเวดต์ (Ingvild Ombudstvedt) *สำนักกฎหมาย IOM Law* (นอร์เวย์)	**ดร.ริชาร์ด เอสโพสิโท (Richard Esposito)** *บริษัท Southern Company* *ศูนย์ National Carbon Capture Center แห่งสหรัฐฯ* (สหรัฐฯ)
จอร์จ โคเพอร์นา (George Koperna) *บริษัท Advanced Resources International, Inc.* (สหรัฐฯ)	**พาเมลา ทอมสกี (Pamela Tomski)** *บริษัท ENTECH Strategies, LLC* *ประสบการณ์การวิจัยด้านการกักเก็บคาร์บอน (RECS)* (สหรัฐฯ)

บทสรุปผู้บริหาร

เครื่องมือสำคัญในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ คือ การดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประเทศต่าง ๆ จึงพยายามเร่งการลงทุนในเทคโนโลยี CCUS อย่างรวดเร็ว การดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน มีตัวอย่างผลสำเร็จในการนำเทคโนโลยี CCUS มาใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ ความท้าทายในขณะนี้คือการกระตุ้นให้เกิดการลงทุนที่เพียงพอในเทคโนโลยี CCUS โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมที่ลดการปล่อยคาร์บอนได้ยาก เขตเศรษฐกิจเกิดใหม่มีความพร้อมที่จะได้ประโยชน์จากการลงทุนในเทคโนโลยี CCUS เนื่องจากมีต้นทุนที่ต่ำกว่าและมีการลงทุนข้ามพรมแดน

คู่มือฉบับนี้จะให้แนวทางแก่ผู้กำหนดนโยบายเกี่ยวกับวิธีการนำนโยบาย กฎหมาย และข้อบังคับต่าง ๆ มาใช้ เพื่อดึงดูดการลงทุนอย่างมีความรับผิดชอบของภาคเอกชน ในโครงการต่าง ๆ ที่ใช้เทคโนโลยี CCUS ได้อย่างประสบความสำเร็จ เรากำหนดชุดนโยบาย กฎหมาย และข้อบังคับของประเทศ เพื่อกำกับดูแลการลงทุนในโครงการ ด้วยรูปแบบของ "กรอบงาน" การกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเชิงพาณิชย์ มีมาเกือบ 30 ปีแล้ว หลายประเทศมีนโยบาย กฎหมาย และข้อบังคับที่กำกับดูแลน้ำมันและก๊าซมาอย่างยาวนาน และมักจะใช้อุตสาหกรรมน้ำมันและก๊าซของตนเป็นแนวทางในการกำหนดนโยบาย กฎหมาย และข้อบังคับที่กำกับดูแลเทคโนโลยี CCUS แต่เทคโนโลยี CCUS มีข้อพึงพิจารณาเกี่ยวกับการสร้างมูลค่า, เทคโนโลยี, การมีส่วนร่วมของชุมชน, การสร้างขีดความสามารถ, ความเสี่ยง, ตลอดจนบทลงโทษและมาตรการจูงใจทางการเงินต่าง ๆ ซึ่งสร้างความท้าทายให้แก่ผู้กำหนดนโยบาย ที่ต้องรับผิดชอบในการจัดทำกรอบการลงทุนสำหรับเทคโนโลยี CCUS และอาจก่อให้เกิดความล่าช้าในการลงทุนที่จำเป็น บริษัทที่เตรียมที่จะใช้เงินทุนจำนวนมากในโครงการ CCUS จะพิจารณานโยบาย กฎหมาย และข้อบังคับของประเทศ ซึ่งรวมถึง กรอบ CCUS ในประเทศ และจะเลือกลงทุนในประเทศที่มีกรอบ CCUS ที่เชื่อถือได้มากกว่าประเทศที่ไม่มี

ก่อนอื่นเทคโนโลยี CCUS ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงกันและกัน อันได้แก่ การดักจับ การขนส่ง การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน แต่ละส่วนประกอบเหล่านี้จำเป็นต้องมีโครงสร้างของตนเอง จึงทำให้ต้องมีข้อพึงพิจารณาด้านการกำกับดูแล องค์ประกอบในการดักจับคาร์บอนประกอบด้วยอุปกรณ์ดักจับที่โรงงานอุตสาหกรรม โรงไฟฟ้า และโรงงานกำจัดคาร์บอน หลังจากการดักจับแล้ว CO_2 มักจะถูกย้ายไปยังที่ที่จะใช้ประโยชน์หรือกักเก็บ การขนส่ง CO_2 สามารถทำได้โดยการขนส่งทาง ท่อ ราง เรือ/เรือบรรทุก และรถบรรทุกไปยังสถานที่กักเก็บและ/หรือใช้ประโยชน์ การใช้ประโยชน์ หมายถึง

การใช้ CO_2 ที่ดักจับได้ในการลดการปล่อย CO_2 สุทธิ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องจะกักเก็บ CO_2 ที่ดักจับไว้อย่างถาวรในชั้นหินทางธรณีวิทยาใต้ดิน บทที่ 2 จะอธิบายเกี่ยวกับเทคโนโลยี CCUS โดยละเอียด

เพื่อให้ผู้กำหนดนโยบายเตรียมความพร้อมในการสร้างกรอบ CCUS คู่มือฉบับนี้จึงแนะนำให้ผู้กำหนดนโยบาย จัดตั้งกระบวนการให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียได้มีส่วนร่วม และพัฒนาขีดความสามารถเสียก่อนเป็นอันดับแรก ซึ่งเนื้อหาตรงส่วนนี้จะเป็นหัวข้อของบทที่ 3 และ 4 เพื่อให้กรอบ CCUS มีความยั่งยืน และเพื่อให้โครงการ CCUS แต่ละโครงการถูกสร้างขึ้นตรงเวลา ตามงบประมาณ ผู้กำหนดนโยบายจะต้องให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีส่วนร่วมโดย "เป็นส่วนหนึ่ง" ของกระบวนการพัฒนากรอบงาน ตามที่อธิบายในบทที่ 3 ความเสี่ยงที่สำคัญที่สุดประการหนึ่งสำหรับโครงการ CCUS ใหม่ คือ การขาดการประสานงานระหว่างผู้มีบทบาทหลักในโครงการ CCUS อันได้แก่ ผู้กำหนดนโยบาย หน่วยงานกำกับดูแล ผู้พัฒนาโครงการ และสาธารณชน/ชุมชนท้องถิ่น ความเสี่ยงอีกประการหนึ่ง คือ ผู้มีบทบาทหลักขาดความรู้ในเทคโนโลยี CCUS บทที่ 4 จะให้รายละเอียดว่า ผู้กำหนดนโยบายสามารถพัฒนาขีดความสามารถของกลุ่มผู้มีบทบาทหลักแต่ละกลุ่มได้อย่างไร อาทิ ความสามารถของผู้กำหนดนโยบายในการปรับใช้กรอบ CCUS ที่ยั่งยืน, ความสามารถของหน่วยงานกำกับดูแลในการนำกฎ CCUS ไปใช้, ความสามารถของผู้พัฒนาโครงการในการสร้างโครงการ CCUS ให้สอดคล้องกับกฎเหล่านั้น และความสามารถของกำลังแรงงานท้องถิ่นของประเทศ ที่ตอบสนองต่อความต้องการต่าง ๆ ของโครงการ CCUS

เมื่อมีกระบวนการให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียได้มีส่วนร่วมแล้ว และมีการพัฒนาขีดความสามารถแล้ว รัฐบาลจึงพร้อมที่จะนำกรอบ CCUS มาใช้ บทที่ 5 กำหนดกระบวนการ 6 ขั้นตอนในการวางกรอบ CCUS ที่จะตอบสนองต่อความคาดหวังของภาคเอกชนและภาครัฐ และกระตุ้นการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานการดักจับ การขนส่ง การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอนแบบใหม่ ขั้นตอนแรก เริ่มต้นด้วยการนำนโยบายที่ระบุไว้อย่างชัดเจน (หรือกลยุทธ์) ซึ่งประกาศถึงเจตจำนงของประเทศในการลงทุนเทคโนโลยี CCUS อย่างมีความรับผิดชอบ และวิธีดำเนินการเพื่อนำกรอบงานมาปรับใช้สำหรับการลงทุน ขั้นตอนนี้ จะเป็นการปูทางให้แก่ผู้กำหนดนโยบายในการพิจารณาว่ากฎหมายและข้อบังคับใดจำเป็นต้องนำมาใช้ หรือแก้ไข เพื่อดึงดูดนักพัฒนาและจัดหาเงินทุนสนับสนุนโครงการ CCUS ใหม่

ซึ่งการปรับใช้ แก้ไขกฎหมายและข้อบังคับเหล่านี้ ผู้กำหนดนโยบายจะไม่ดำเนินการเพียงลำพัง บทที่ 6 อธิบายถึงวิธีที่ผู้กำหนดนโยบายสามารถเริ่มต้นโดยการทำความเข้าใจพันธกรณีของตนภายใต้กฎหมายระหว่างประเทศ และเข้าใจแนวทางและกฎระเบียบต่าง ๆ ตามมาตรฐานสากลที่มีอยู่ของเทคโนโลยี CCUS มีอนุสัญญาระหว่างประเทศอยู่หลายฉบับ ที่กำหนดให้ประเทศต่าง ๆ จะต้องมีวิธีกำกับดูแลการลงทุนในเทคโนโลยี CCUS ทั้งในและระหว่างประเทศ นอกจากนี้ องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (ISO) ยังมีมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี CCUS ซึ่งสามารถใช้มาตรฐานดังกล่าวเป็นแหล่งข้อมูลและแนวทางที่มีประโยชน์ ในการกำหนดกรอบ CCUS เพื่อกระตุ้นการลงทุนอย่างมีความรับผิดชอบ

การขยายการลงทุนในเทคโนโลยี CCUS เพื่อตอบสนองความท้าทายด้านสภาพอากาศอย่างแท้จริง จะต้องอาศัยการสนับสนุนด้านเงินทุน ดังนั้น จึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับผู้กำหนดนโยบายที่จะต้องเข้าใจกลไกทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ CCUS และวิธีที่รัฐบาลจะกำหนดจุดยืนที่เหมาะสม เพื่อดึงดูดให้เกิดการกู้ยืมอย่างมีความรับผิดชอบ บทที่ 7 อธิบายถึงวิธีที่ทำให้โครงการ CCUS น่าสนใจและสามารถ "กู้ยืมเงินจากธนาคารได้" กล่าวคือสินเชื่อที่ได้รับจากสถาบันการเงินต้องคุ้มค่ากับความเสี่ยงที่เกิดขึ้น ประเทศต่าง ๆ จำเป็นต้องพัฒนากรอบกฎหมายและข้อบังคับของ CCUS เพื่อการใช้เทคโนโลยี CCUS ที่ปลอดภัยและมั่นคง กรอบงานของ CCUS จะกำหนดว่า โครงการ CCUS สามารถกู้ยืมเงินจากธนาคารได้หรือไม่ เนื่องจากนโยบาย กฎหมาย และข้อบังคับภายในประเทศ จะบ่งบอกถึงความเสี่ยงทางกฎหมายที่มีต่อผู้พัฒนาโครงการและผู้ให้กู้

เทคโนโลยี CCUS กำลังกลายเป็นจุดหมายปลายทางสำหรับการลงทุนขนาดใหญ่อย่างรวดเร็ว สถาบัน สมาคม และทรัพยากรใหม่ ๆ กำลังเกิดขึ้น เพื่อให้ผู้กำหนดนโยบายและผู้มีบทบาทสำคัญอื่น ๆ ช่วยให้เทคโนโลยี CCUS บรรลุศักยภาพสูงสุด คู่มือฉบับนี้ปิดท้ายด้วยแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับผู้กำหนดนโยบาย และการย้ำเตือนว่ายังมีงานอีกมากมายที่ต้องได้รับการดำเนินการ

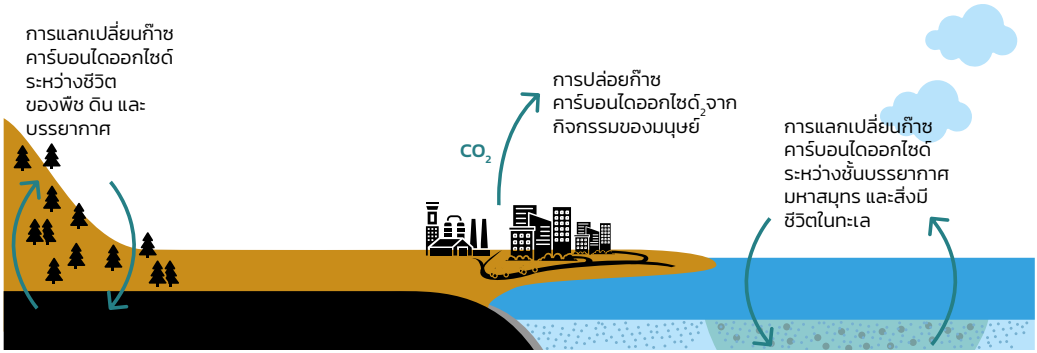
1. ทำไมต้องคาร์บอน

ประเด็นสำคัญที่ได้เรียนรู้

- เทคโนลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน (CCUS) คาดว่าจะมีบทบาทสำคัญยิ่งในการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
- การขยายผลเทคโนโลยี CCUS ยังมีประโยชน์ต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจที่สำคัญอีกด้วย เทคโนโลยี CCUS มีศักยภาพในการสร้างงาน กระตุ้นนวัตกรรม ขับเคลื่อนการค้า สร้างรายได้จากการผลิตสินค้าคาร์บอนต่ำ และรักษาอุตสาหกรรมที่มีอยู่ด้วยการลดการปล่อยคาร์บอน
- บริษัทต่าง ๆ พร้อมที่จะลงทุน และเทคโนโลยี CCUS ก็ได้แสดงให้เห็นถึงความสำเร็จเชิงพาณิชย์มานานหลายทศวรรษ โครงการ CCUS เชิงพาณิชย์แรกสุด ที่ไม่รวมการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการขุดเจาะน้ำมัน (enhanced oil recovery) เกิดขึ้นในปี 2509 และตั้งแต่นั้นมา โครงการ CCUS ก็ได้ขยายออกไปอย่างมีนัยสำคัญ ตัวอย่างเช่น ประเทศจีนเพียงประเทศเดียว มี 3 โครงการที่เริ่มดำเนินการในปี 2566
- ดังนั้น สำหรับหลายประเทศ ความท้าทายอยู่ที่การวางนโยบาย กฎหมาย และข้อบังคับ ที่จะเชิญชวนให้เกิดการลงทุนอย่างมีความรับผิดชอบใน เทคโนโลยี CCUS

ก๊าซ CO_2 และการมีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นก๊าซเรือนกระจก (GHG) และมีส่วนสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ก๊าซ CO_2 เป็นส่วนหนึ่งของวัฏจักรคาร์บอนตามธรรมชาติ กิจกรรมของมนุษย์ รวมถึงการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่เพิ่มขึ้น มีส่วนทำให้ปริมาณก๊าซ CO_2 ในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นอย่างไม่เคยปรากฏมาก่อน (ดังภาพประกอบด้านล่างในรูปที่ 1.1) ซึ่งวัฏจักรคาร์บอนตามธรรมชาติไม่สามารถดูดซับได้ เนื่องจากก๊าซ CO_2 ทำหน้าที่เป็นกลไกกักความร้อนที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ก๊าซ CO_2 ที่เพิ่มขึ้นจึงทำหน้าที่เพิ่มอุณหภูมิโลก ด้วยเหตุนี้ การลดและการกำจัดการปล่อยก๊าซ CO_2 จึงมีความจำเป็นเพื่อลดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก และบรรลุเป้าหมายสภาพภูมิอากาศเพื่อจำกัดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกไว้ที่ 1.5°C[1]



รูปที่ 1.1 แหล่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ

ความต้องการพลังงานทั่วโลกและปัจจัยขับเคลื่อนเพื่อลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ในทศวรรษต่อ ๆ ไป การพัฒนาในเขตเศรษฐกิจเกิดใหม่จะมีการใช้พลังงานต่อหัวเพิ่มขึ้นอย่างมาก ตัวอย่างเช่น ในปี 2565 ประเทศต่าง ๆ ในเอเชียปล่อยก๊าซ CO_2 โดยประมาณมากกว่าร้อยละ 58 ของการปล่อยคาร์บอนทั่วโลก[2] เมื่อประเทศต่าง ๆ ในภูมิภาคพัฒนามากขึ้น การปล่อยก๊าซ CO_2 ก็อาจเพิ่มขึ้นเช่นกัน

การจัดการกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนผ่านครั้งใหญ่ในภาคการใช้พลังงาน รวมถึงการลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการลดการไหลของก๊าซเรือนกระจกที่ดักจับความร้อน (รวมถึง CO_2) สู่ชั้นบรรยากาศ มีปัจจัยผลักดันหลายประการที่ลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป้าหมายในภาพรวม คือ ความจำเป็นในการลดหรือขจัดผลกระทบด้านสภาพภูมิอากาศในภูมิภาค (เช่น การเกิดอุณหภูมิสูง/ต่ำเป็นประวัติการณ์ และรูปแบบสภาพอากาศ) ปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่:

- นโยบายภายในและระหว่างประเทศเพื่อการบรรลุการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ตาม[3] เป้าหมายสภาพภูมิอากาศภายใต้ความตกลงปารีส (Paris Agreement)
- มาตรการปรับคาร์บอนก่อนข้ามพรมแดน (Carbon Border Adjustment Mechanism: CBAM) ของสหภาพยุโรปกำหนดอัตราภาษี CO_2 สำหรับ

การนำเข้าสินค้าบางประเภทจากประเทศที่อยู่นอกระบบการกำหนดราคาคาร์บอน[4]

- ➔ มาตรการจูงใจที่มีอยู่ ได้แก่ ตลาดคาร์บอนและการนำเครดิตภาษีมาใช้ประโยชน์
- ➔ ประชาชนต้องการที่จะเห็นการลดการปล่อยคาร์บอนและการรายงานที่โปร่งใสและตรวจสอบได้

เขตเศรษฐกิจเกิดใหม่ รวมถึงหลายประเทศในเอเชีย ได้ดำเนินการเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กรณีศึกษาด้านล่างแสดงถึงขั้นตอนการดำเนินการที่เกิดขึ้นในอินเดีย

อินเดียได้ประกาศวาระปัญจามฤต (Panchamrit Agenda) หรือแผนห้าข้อเพื่อต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ [5]

อินเดียได้ให้สัตยาบันในความตกลงปารีสในปี 2559 และต่อมาได้ประกาศวาระปัญจามฤตหรือแผนห้าข้อเพื่อต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การลดการปล่อยก๊าซ CO_2 เป็นส่วนสำคัญของวาระดังกล่าว มีการประกาศแผนนี้ในระหว่างการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาแห่งสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (COP26) ในปี 2564 แผนดังกล่าวประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ที่จะทำให้ประเทศบรรลุเป้าหมายดังนี้

- ➔ บรรลุกำลังการผลิตพลังงานที่ไม่ใช่ฟอสซิลให้ได้ 500 กิกะวัตต์ภายในปี 2573
- ➔ ตอบสนองความต้องการด้านพลังงานด้วยพลังงานหมุนเวียนให้ได้ร้อยละ 50 ภายในปี 2573
- ➔ ลดการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดลงหนึ่งพันล้านตันภายในปี 2573
- ➔ ลดความเข้มข้นของคาร์บอนในระบบเศรษฐกิจลงให้ได้ร้อยละ 45 ภายในปี 2573 เทียบกับระดับของปี 2548
- ➔ บรรลุการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ภายในปี 2613

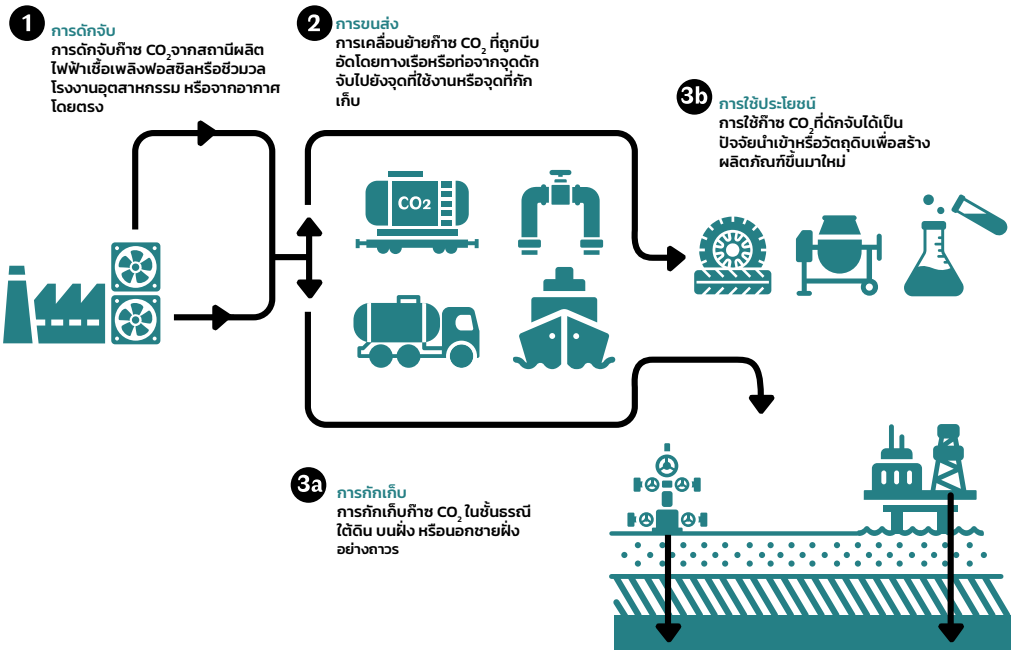
แนวทางการลดปัญหา การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ไม่มีแนวทางลดปัญหาใดเพียงแนวทางเดียว ที่จะสามารถจัดการกับความท้าทายด้านสภาพภูมิอากาศได้ แต่ละแนวทางมีทั้งจุดแข็งและข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับต้นทุน ความน่าเชื่อถือ การเข้าถึง ขนาด และประสิทธิภาพด้านสิ่งแวดล้อม ผู้เชี่ยวชาญเห็นพ้องกันอย่างกว้างขวางว่าการผสมผสานแนวทางการลดปัญหาแบบต่าง ๆ เข้าด้วยกัน จะทำให้เส้นทางสู่การบรรลุเป้าหมายว่าด้วยการลดปัญหาด้านสภาพภูมิอากาศมีราคาต่ำที่สุด และมีความยั่งยืนทางเศรษฐกิจมากที่สุด[6]

แม้ว่าแต่ละประเทศจะมีแนวทางในการลดปัญหาที่แตกต่างกันออกไป แต่ก็จำเป็นต้องมีชุดแนวทางแก้ไขที่เหมาะสม แนวทางแก้ไขบางประการรวมถึงการลดการปล่อยเชื้อเพลิงฟอสซิล การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน การขยายการใช้แหล่งพลังงานหมุนเวียน และการพัฒนาและใช้เชื้อเพลิงทางเลือก เช่น ไฮโดรเจน เป็นต้น นอกเหนือจากยุทธศาสตร์ในการการลดปัญหาเหล่านี้แล้ว ยังมีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน (CCUS) อีกด้วย

การดักจับ การใช้ประโยชน์ และ การกักเก็บคาร์บอน (CCUS) คืออะไร

ดังภาพประกอบด้านล่าง (รูปที่ 1.2) CCUS อาจรวมถึง (1) การดักจับก๊าซ CO_2 จากแหล่งกำเนิดหรือโดยตรงจากบรรยากาศ (2) การขนส่งก๊าซ CO_2 ที่ดักจับได้สำหรับ (3a) การกักเก็บทางธรณีวิทยาใต้ดิน หรือ (3b) การใช้ประโยชน์ CCUS มีส่วนลดการปล่อยก๊าซ CO_2 ได้อย่างมาก อีกทั้งยังลดค่าใช้จ่ายในการลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยรวมลงอีกด้วย ห่วงโซ่คุณค่าของ CCUS มีความโดดเด่นตรงที่ตัวเทคโนโลยีไม่ใช่เทคโนโลยีใหม่ แต่เกิดจากการเชื่อมโยงและผสมผสานของเทคโนโลยีที่มีอยู่เดิมเข้าด้วยกันในลักษณะเฉพาะ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก



รูปที่ 1.2 แผนภาพแสดงการดักจับ การขนส่ง การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน

จำเป็นต้องมีการนำเทคโนโลยี CCUS มาใช้ในทศวรรษนี้เพื่อบรรลุเป้าหมายภายใต้ความตกลงปารีสเพื่อจำกัดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกไว้ที่ 1.5°C ภายในปี 2573[7] ซึ่งเป็นทางเลือกในการลดปัญหาที่สำคัญสำหรับการปล่อยก๊าซ CO_2 จากโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงฟอสซิลและโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ในขณะเดียวกันก็ช่วยให้ประเทศต่าง ๆ บรรลุเป้าหมายด้านสภาพภูมิอากาศภายใต้ความตกลงปารีส แม้ว่าการประมาณการต้นทุนจะแตกต่างกันไป แต่ก็เป็นที่แน่ชัดว่าการบรรลุเป้าหมายด้านสภาพภูมิอากาศโดยไม่ใช้เทคโนโลยี CCUS จะมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่ากรณีที่ใช้เทคโนโลยี CCUS อย่างมาก (ในบางกรณีอาจมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าถึงร้อยละ 138)[8] การพัฒนาอุตสาหกรรมเทคโนโลยี CCUS ยังมีศักยภาพในการสร้างงาน กระตุ้นนวัตกรรม ขับเคลื่อนการค้า สร้างรายได้จากการผลิตสินค้าคาร์บอนต่ำ และรักษาอุตสาหกรรมที่มีอยู่ด้วยการลดคาร์บอน[9]

เทคโนโลยี CCUS พร้อมใช้งานในเชิงพาณิชย์แล้ว

การนำเทคโนโลยีการดักจับและกักเก็บคาร์บอนมาใช้ ได้ประสบความสำเร็จมาตั้งแต่ปี 2539[10] ในขณะที่เทคโนโลยีที่เป็นองค์ประกอบย่อย มีการนำมาใช้เชิงพาณิชย์ในวงกว้างมานานกว่ามาก ซึ่งรวมถึงการดักจับคาร์บอนในอุตสาหกรรมต่าง ๆ และการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการขุดเจาะน้ำมัน ทั่วโลกทำให้เกิดแรงผลักดันในเรื่องนี้และมีกิจกรรมที่สร้างความเชื่อมั่นในการนำเทคโนโลยี CCUS ที่ประสบความสำเร็จมาใช้ เมื่อเดือนมกราคม 2567 มีโครงการ CCUS มากกว่า 500 โครงการทั่วโลกซึ่งอยู่ในขั้นตอนต่าง ๆ ของการพัฒนาและการดำเนินการ[11] แม้ว่าอุตสาหกรรมน้ำมันและก๊าซจะเป็นอุตสาหกรรมที่นำเทคโนโลยี CCUS มาใช้แต่เดิม แต่อุตสาหกรรมอื่น ๆ อีกหลายอุตสาหกรรมก็มีส่วนร่วมในกิจกรรมของโครงการนี้ เช่น ผู้ผลิตไฟฟ้า ซีเมนต์ ปุ๋ย เหล็ก และเอทานอล

เอเชียมีโอกาสมากมายจากการใช้เทคโนโลยี CCUS

ภูมิภาคเอเชียมีโอกาสมากมายที่จะนำเทคโนโลยี CCUS มาใช้ ภายในปี 2593 มากกว่าครึ่งหนึ่งของเทคโนโลยี CCUS ทั่วโลก อาจเกิดขึ้นในภูมิภาคเอเชีย-แปซิฟิก[12] เครือข่าย CCUS ในเอเชียอาจประกอบด้วยกลุ่มศูนย์กลางการดักจับคาร์บอนและการกักเก็บใต้ดินมากกว่า 20 แห่ง[13]

ศักยภาพนี้มีโอกาสเกิดขึ้นจริงมากกว่าที่จะเป็นเพียงแค่ทฤษฎี มีโครงการและกิจกรรมมากมายที่ให้ความเชื่อมั่นว่าภูมิภาคนี้มีความสามารถในการนำเทคโนโลยี CCUS มาใช้ ตัวอย่างเช่น ในประเทศจีน มี 3 โครงการที่เริ่มดำเนินการในปี 2566 (ได้แก่ โรงงาน CCUS ซึ่งเป็นโรงไฟฟ้าถ่านหินที่ใหญ่ที่สุดในเอเชีย, โรงงานกักเก็บก๊าซ CO_2 นอกชายฝั่งแห่งแรก, และโรงงานดักจับคาร์บอนที่โรงกลั่นน้ำมัน)[14] ญี่ปุ่นได้ประกาศ 7 เครือข่าย CCUS ที่จะดักจับก๊าซ CO2 ในญี่ปุ่นเพื่อการกักเก็บ[15]

รากฐานของความร่วมมือระดับภูมิภาคในด้าน CCUS

เอเชียได้สร้างรากฐานความร่วมมือระดับภูมิภาคในด้าน CCUS ขีดความสามารถและศักยภาพในการนำเทคโนโลยี CCUS มาใช้ในเอเชีย-แปซิฟิก ช่วยขับเคลื่อนการประสานงานและความร่วมมือทั่วทั้งภูมิภาค ประเทศต่าง ๆ มีการเชิญประเทศเพื่อนบ้านมาเยี่ยมชมสถานที่ดำเนินการและเข้าร่วมการหารือด้านเทคนิคและนโยบาย เพื่อแบ่งปันการเรียนรู้ นอกเหนือจากโครงการต่าง ๆ แล้ว

ยังมีการเพิ่มกฎระเบียบและการพัฒนานโยบายในภูมิภาคอีกด้วย ซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้อุตสาหกรรมระหว่างประเทศนำเทคโนโลยี CCUS ไปใช้ในภูมิภาคได้[16]

นอกเหนือจากภูมิภาคเอเชีย-แปซิฟิกแล้ว แนวร่วมและกลุ่มพันธมิตรกำลังเกิดขึ้นทั่วโลก ซึ่งเป็นการรวมตัวกันของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเพื่อขับเคลื่อนการพัฒนากรอบ CCUS ต่อไป ดังที่จะอธิบายไว้ในบทที่ 6 ทรัพยากรและความรับผิดชอบสำหรับการจัดทำกรอบงาน (Resources and Responsibilities for Frameworks) หนึ่งในทรัพยากรดังกล่าวคือคณะกรรมการด้าน CCUS ขององค์การระหว่างประเทศเพื่อการมาตรฐาน (ISO) ซึ่งมีเกือบ 50 ประเทศมาประชุมร่วมกันเพื่อพัฒนามาตรฐานและการรายงานทางเทคนิคทั่วทั้งห่วงโซ่คุณค่าของ CCUS การประสานงานมีความสำคัญอย่างยิ่งในการขนส่งและการกักเก็บก๊าซ CO_2 ข้ามพรมแดน

2. การดักจับ การขนส่ง การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน คืออะไร

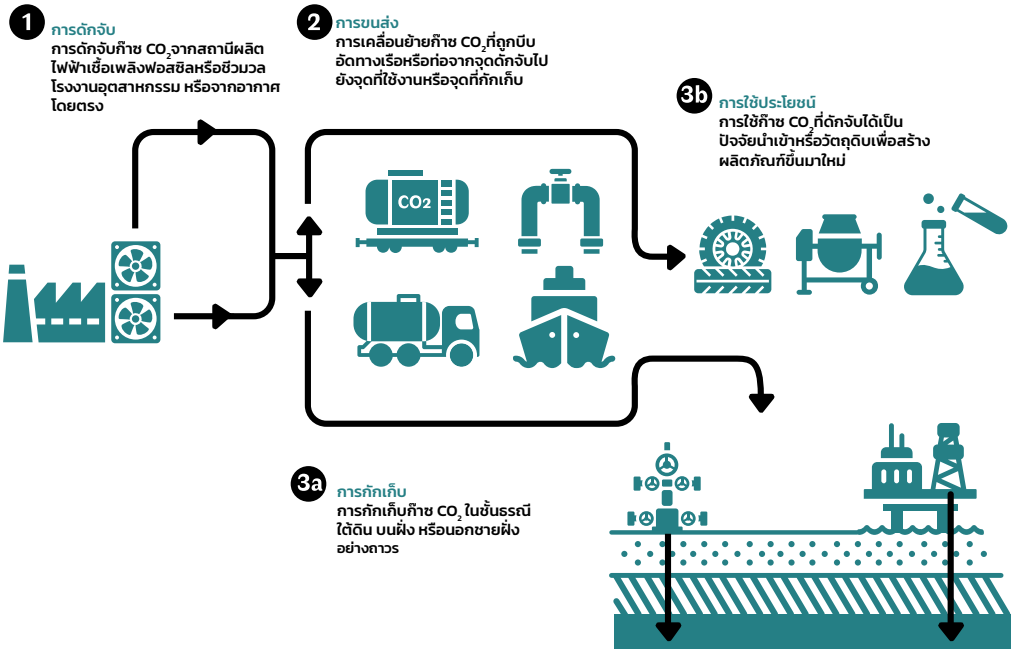
ประเด็นสำคัญที่ได้เรียนรู้

- โดยทั่วไปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกอื่น ๆ จะถูกปล่อยออกมาในบริเวณที่เกิดก๊าซดังกล่าว เทคโนโลยี CCUS คือการดักจับก๊าซ CO_2 ก่อนที่จะถูกปล่อยออกมา (หรือในกรณีของการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์โดยตรงจากอากาศ (Direct Air Capture) คือการนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากชั้นบรรยากาศโดยตรง) จากนั้นจึงทำการขนย้ายไปยังสถานที่ที่สามารถใช้ประโยชน์หรือกักเก็บไว้ใต้ดินได้อย่างถาวร
- กล่าวโดยง่ายคือ เทคโนโลยี CCUS มี 4 ส่วนประกอบที่ต้องพึ่งพาซึ่งกันและกัน นั่นคือ การดักจับ การขนส่ง การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน ผู้กำหนดนโยบายและหน่วยงานกำกับดูแลที่เกี่ยวข้องจะต้องพิจารณาแต่ละส่วนประกอบเหล่านี้
- ในตอนต้น ผู้กำหนดนโยบายและหน่วยงานกำกับดูแลจำเป็นต้องเข้าใจทางเลือกและเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งอยู่เบื้องหลังส่วนประกอบทั้ง 4 นี้ เช่น ตัวเลือกของพื้นที่รูพรุนสำหรับการกักเก็บก๊าซ CO_2 ในระยะยาวอย่างปลอดภัยและมั่นคง
- แม้ว่า "U" ใน CCUS ย่อมาจาก Utilization หรือการใช้ประโยชน์ แต่มีการคาดการณ์ว่า แม้จะมีความพยายามแปลงและ/หรือใช้ประโยชน์จากก๊าซ CO_2 ที่ดักจับได้ แต่ก๊าซ CO_2 ส่วนใหญ่จะต้องถูกฉีดลงใต้ดินเพื่อการกักเก็บอย่างถาวร
- ดังนั้น จึงมีข้อควรพิจารณาหลายประการที่คาบเกี่ยวกัน ตัวอย่างเช่น ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับโครงการ CCUS จะต้องบูรณาการข้อกำหนดด้านความปลอดภัยตลอดทั้งห่วงโซ่คุณค่า

บทนำ

เทคโนโลยี CCUS ประกอบด้วย 4 ส่วนประกอบที่พึ่งพาซึ่งกันและกัน ดังแสดงในบทที่แล้ว และนำมาอธิบายซ้ำด้านล่าง ดังรูปที่ 2.1 เริ่มต้นด้วย **การดักจับก๊าซ (1)** CO_2 ซึ่งอาจอยู่ที่โรงงานอุตสาหกรรม โรงไฟฟ้า และโรงงานที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (เช่น การดักจับคาร์บอนไดออกไซด์โดยตรงจากอากาศหรือโรงเผาไหม้ชีวมวล) จากนั้นก๊าซ CO_2 จะถูก **ขนส่ง (2)** ไปยังสถาน **ที่ใช้งาน** หรือสถาน **ที่กักเก็บ** ปลายทางได้ รูปแบบการขนส่งก๊าซ (2) CO_2 ได้แก่

ท่อ ราง เรือ และรถบรรทุก โดยสามารถกำหนดให้สถานที่ดักจับและกักเก็บหรือใช้ประโยชน์อยู่ในที่เดียวกันได้ตามความเหมาะสม เพื่อลดความต้องการด้านโครงสร้างพื้นฐานการขนส่ง



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของเทคโนโลยี CCUS

สำหรับการกักเก็บทางธรณีวิทยาใต้ดิน (3a) เป้าหมายคือการกักเก็บระยะยาวที่ปลอดภัย พื้นที่กักเก็บอาจประกอบด้วยสถานที่กักเก็บทางธรณีวิทยาใต้ดินตั้งแต่หนึ่งประเภทขึ้นไป สำหรับการใช้ประโยชน์ (3b) เป้าหมายคือการใช้ก๊าซ CO_2 อย่างมีประโยชน์เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะเป็นการลดปริมาณก๊าซ CO_2 ที่ปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศ ในบางครั้ง อาจมีการใช้ก๊าซ CO_2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการขุดเจาะน้ำมัน (EOR) ซึ่งทำหน้าที่ผลิตน้ำมันเพิ่มเติม

การดักจับ

การดักจับก๊าซ CO_2 สามารถทำได้โดยใช้เทคโนโลยีเชิงพาณิชย์ที่หลากหลาย การดักจับก๊าซ CO_2 สามารถดักจับได้จากแหล่งกำเนิดหรือจากชั้นบรรยากาศ โดยทั่วไป การเลือกใช้เทคโนโลยีการดักจับจะขึ้นอยู่กับเกณฑ์การคัดเลือกที่ครอบคลุมทั้งประเภทของโรงงานดักจับ ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ และต้นทุน โดยภาพรวม โรงงานดักจับมักแบ่งย่อยตามแหล่งกำเนิดก๊าซ CO_2 ที่มีความเข้มข้นต่ำและสูง ในแง่ของความบริสุทธิ์ของก๊าซที่ปล่อยออกมา ก่อนการดักจับ

ตารางที่ 2.1 ข้อควรพิจารณาในการดักจับที่สำคัญ

เกณฑ์การคัดเลือก	ปริมาณการปล่อยก๊าซ, ความเข้มข้นของก๊าซ CO_2, อายุการใช้งานคงเหลือของสินทรัพย์, ความดันและอุณหภูมิของก๊าซเผาไหม้, ระยะทางไปถึงพื้นที่กักเก็บ, พื้นที่ว่างสำหรับอุปกรณ์ดักจับ และปริมาณน้ำ (สำหรับการทำความเย็น)
ความปลอดภัย/ความสมบูรณ์	ลดการปล่อยก๊าซที่ไม่ใช่ก๊าซ CO_2 , การเสื่อมสภาพของวัสดุ, การกำจัดของเสีย, การออกแบบกระบวนการ, การปรับปรุงเพิ่มเติมเทียบกับการสร้างใหม่

การดักจับก๊าซที่มีความเข้มข้นสูง

การดักจับก๊าซ CO_2 จากแหล่งที่มีความเข้มข้นสูงอาจต้องมีการดำเนินการเพียงเล็กน้อยก่อนที่จะขนส่ง ตัวอย่างหนึ่ง คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงงานผลิตเอทานอลซึ่งผลิตก๊าซ CO_2 โดยพื้นฐานแล้วเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้บริสุทธิ์จากกระบวนการหมัก อาจมีการกำจัดออกซิเจนออกบางส่วนก่อนที่จะบีบอัดก๊าซ CO_2 เพื่อการขนส่ง

กระบวนการอื่น ๆ ที่ถือว่าเป็นแหล่งที่มาของการปล่อยก๊าซที่มีความเข้มข้นสูง ได้แก่ การกลั่นน้ำมัน การผลิตไฮโดรเจนจากก๊าซธรรมชาติ (การเปลี่ยนรูปของมีเทน) การผลิตแอมโมเนีย (การเปลี่ยนรูปของมีเทน) และการประยุกต์ใช้ก๊าซธรรมชาติ

การดักจับก๊าซที่มีความเข้มข้นต่ำ

การปล่อยก๊าซเผาไหม้จากสถานีพลังงานไฟฟ้าคือตัวอย่างที่ดีเยี่ยมของแหล่งกำเนิดก๊าซที่มีความเข้มข้นต่ำ ปริมาตรของก๊าซเผาไหม้มีขนาดเยอะมากและปริมาณรวมของก๊าซ CO_2 ในกระแสการปล่อยก๊าซอาจต่ำกว่าร้อยละ 10 ขึ้นอยู่กับแหล่งที่มา แหล่งกำเนิดก๊าซอื่น ๆ ที่มีความเข้มข้นต่ำ อาจมาจากกระบวนการต่าง ๆ เช่น การเผาปูนซีเมนต์ การผลิตเหล็ก การผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษ และการผลิตสารเคมี

ระบบดักจับก๊าซที่มีความเข้มข้นต่ำประกอบด้วยตัวทำละลายเคมี (มักใช้เอมีน) การแยกด้วยความเย็นจัด เมมเบรน และตัวดูดซับ โดยทั่ว จำเป็นต้องมีการออกแบบระบบประเภทนี้ สำหรับการนำไปประยุกต์ใช้กับโรงงานหรืออุตสาหกรรมแบบเฉพาะเจาะจง ความต้องการพลังงานและการทำความเย็นสำหรับระบบดังกล่าวสามารถใช้ประโยชน์จากโครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่ในโรงงานได้ (เช่น การสกัดไอน้ำ การใช้น้ำหล่อเย็น การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่)

โดยทั่วไปการขยายขนาดของเทคโนโลยีการดักจับก๊าซที่มีความเข้มข้นต่ำจะดำเนินการเป็นขั้นตอน ตั้งแต่การทดสอบ การสาธิต/การนำร่อง ไปจนถึงการนำไปใช้เชิงพาณิชย์ ตัวอย่างของโครงการสาธิต/นำร่องการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี CCUS สำหรับแหล่งกำเนิดก๊าซที่มีความเข้มข้นต่ำ คือ โรงงาน Plant Barry ของ Alabama Power ตามที่อธิบายไว้ด้านล่าง นอกจากนี้ ยังมีตัวอย่างนอกสหรัฐฯ ที่มีการนำเทคโนโลยี CCS ไปใช้เชิงพาณิชย์อีกด้วย ตัวอย่างเช่น ในปี 2557 เขื่อน SaskPower Boundary Dam ในแคนาดากลายเป็นโรงไฟฟ้าแห่งแรกในโลกที่ใช้เทคโนโลยี CCS ได้สำเร็จ

การขยายขนาดของโครงการดักจับก๊าซขนาด 25 เมกะ-วัตต์ของโรงงาน Plant Barry ของ Alabama Power

ในปี 2552 โครงการสาธิต CCUS ขนาด 25 เมกะวัตต์ที่โรงงาน Plant Barry ของบริษัท Alabama Power ในสหรัฐฯ ถือเป็นระบบการดักจับคาร์บอนที่ใหญ่ที่สุดในโลกในโรงไฟฟ้าถ่านหินบด (pulverized coal power plant) ก๊าซ CO_2 ถูกดับจับจากก๊าซเผาไหม้โดยใช้เทคโนโลยีการดักจับขั้นสูงด้วยตัวทำละลายเอมีนของ Mitsubishi Heavy Industries ก๊าซ CO_2 ถูกบีบอัดในพื้นที่ปฏิบัติการและขนส่งเป็นระยะทาง 19.31 กิโลเมตร ไปยังพื้นที่กักเก็บทางธรณีวิทยาใต้ดิน ก๊าซ CO_2 รวม 114 กิโลตัน ถูกดักจับ ขนส่ง กักเก็บ และตรวจสอบตลอดโครงการนำร่อง

ข้อมูลการทดสอบที่รวบรวมและถอดบทเรียนจากโครงการนี้ ถือเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ยอดเยี่ยมสำหรับการขยายผลการใช้เทคโนโลยีนี้ ตั้งแต่การดักจับสลิปสตรีม (slip stream capture) ขนาด 25 เมกะวัตต์ที่โรงงาน Plant Barry ใกล้เมืองโมบายล์ รัฐแอละแบมา ไปจนถึงระบบการดักจับขนาด 240 เมกะวัตต์ที่รัฐวอชิงตันของโครงการ NRG สถานี Parish Generating Station ใกล้เมืองฮิวสตัน รัฐเท็กซัส โครงการของ NRG ยังคงดำเนินการมาจนถึงปัจจุบัน

การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

การกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CDR) เป็นกระบวนการที่ก๊าซ CO_2 ถูกกำจัดออกจากชั้นบรรยากาศและกักเก็บไว้อย่างถาวร โดยมีสองกระบวนการ CDR ที่เชื่อมโยงกับเทคโนโลยี CCUS เนื่องจากความคล้ายคลึงกันในเทคโนโลยี ดังที่อธิบายไว้ด้านล่างนี้

การดักจับโดยตรงจากอากาศ

การดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยตรงจากอากาศ (Direct Air Capture: DAC) เป็น CDR ประเภทหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการใช้กระบวนการเพื่อกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ออกจากอากาศ โดยทั่วไปเกี่ยวข้องกับการใช้เทคโนโลยีที่ใช้ตัวทำละลายหรือตัวดูดซับ เมื่อความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ในอากาศถูกทำให้เจือจาง อากาศปริมาณมากจะต้องผ่านกรรมวิธีในการดักจับต่อทุกหน่วยของก๊าซ CO_2 ที่ดักจับได้ ทำให้กระบวนการนี้มีการใช้พลังงานอย่างเข้มข้นและมักมีราคาแพงกว่าระบบดักจับเชิงอุตสาหกรรม

CDR ประเภทที่เกิดขึ้นใหม่เป็นการดักจับก๊าซ CO_2 จากน้ำทะเลโดยตรง ความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 ในน้ำทะเลสูงกว่าในอากาศ ส่งผลให้มีการดำเนินโครงการนำร่องหลายโครงการเพื่อกำจัดก๊าซ CO_2 ออกจากน้ำทะเล

การดักจับและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แบบชีวมวล

CCS แบบชีวมวลเป็นการเปลี่ยนวัตถุดิบตั้งต้นให้เป็นพลังงานหรือผลิตภัณฑ์เคมีโดยตรง โดยกำจัดคาร์บอนที่ผลิตโดยกระบวนการ การแปลงพลังงานโดยตรงรวมถึงการเผาไหม้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและ/หรือการผลิตไอน้ำ โดยการดักจับที่แหล่งกำเนิดของก๊าซไอเสีย การแปลงทางเคมีเกิดขึ้นโดยการแปรสภาพชีวมวลให้เป็นก๊าซสังเคราะห์ (syngas) และแปรสภาพก๊าซสังเคราะห์ให้เป็นก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซ CO_2

การขนส่ง

หลังจากการดักจับ จะสามารถขนส่งก๊าซ CO_2 ผ่านท่อ ราง รถบรรทุก และเรือได้ การขนส่งทางท่อเป็นวิธีการขนส่งที่ใช้อย่างแพร่หลายที่สุดในการเคลื่อนย้ายก๊าซ CO_2 ในปริมาณมาก การขนส่งทางรถไฟ รถบรรทุก และเรือจำเป็นต้องมีการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกในการขนถ่ายเพื่อรองรับการขนส่ง

ตารางที่ 2.2 ข้อควรพิจารณาด้านการขนส่งที่สำคัญ

เกณฑ์การคัดเลือก	ปริมาณ ความบริสุทธิ์ของก๊าซ CO_2 ระยะทาง ภูมิศาสตร์ ต้นทุน และข้อจำกัดการใช้ที่ดิน
ความปลอดภัย/ความสมบูรณ์	ข้อจำกัดการใช้ที่ดิน, ข้อกำหนดด้านความดันและอุณหภูมิ, สิ่งเจือปน และระยะห่าง

ท่อ

การขนส่งทางท่อใช้ทั้งทางบกและนอกชายฝั่ง สำหรับการขนส่งทางบก โดยทั่วไปก๊าซ CO_2 จะถูกขนส่งโดยใช้ท่อเหล็กคาร์บอนที่ฝังอยู่ใต้ดิน สำหรับการขนส่งนอกชายฝั่ง โดยทั่วไปท่อส่งก๊าซจะวางอยู่บนพื้นดินใต้ทะเล หากต้องการขนส่งทางท่อ จะต้องบีบอัดก๊าซ CO_2 กระบวนการนี้ใช้พลังงานมาก และอาจนำไปสู่การปล่อยก๊าซ CO_2 ที่เกี่ยวข้องได้ หากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องอัดอากาศไม่ได้มาจากแหล่งกำเนิดคาร์บอนต่ำ มีการใช้งานท่อส่งก๊าซ CO_2 ในสหรัฐฯ มานานกว่า 50 ปี โดยปัจจุบันมีท่อส่งก๊าซที่ใช้งานอยู่มากกว่า 80,467.2 กิโลเมตร[1]

ราง

การขนส่งก๊าซ CO_2ทางรางส่วนใหญ่ เกิดขึ้นโดยการใช้รถบรรทุกถังปรับแรงดันที่ขนส่งก๊าซ CO_2 เหลว ในการขนส่งทางรถไฟ ผู้ประกอบการจะต้องพัฒนา

โครงสร้างพื้นฐานที่เหมาะสมเพื่อทำก๊าซให้เป็นของเหลว จัดเก็บ บรรทุก และถ่าย CO_2 ลงบนรถบรรทุกถัง ในพื้นที่กักเก็บ จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการขนถ่าย การจัดเก็บถัง และการบีบอัดซ้ำเพื่อจัดการกับ CO_2 การขนส่ง CO_2 ผ่านทางรางยังต้องพิจารณาถึงการระเหย (boiling off) ของ CO_2 บางส่วน หรือที่เรียกว่าการสูญเสียจากการระเหยออก (boil-off losses) ที่เกิดขึ้นระหว่างการขนส่ง

เรือ/เรือบรรทุก

การขนส่ง CO_2 โดยทางเรือ[2] ต้องมีสิ่งอำนวยความสะดวกในการขนถ่ายสินค้าบริเวณท่าเรือเพื่ออำนวยความสะดวกในการขนส่ง การขนส่งทางเรือถือเป็นทางเลือกที่เป็นไปได้สำหรับโครงการนอกชายฝั่งที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อจัดเก็บก๊าซในปริมาณน้อยหรือจากหลายแหล่ง และเป็นทางเลือกที่เป็นไปได้สำหรับการขนส่ง CO_2 ข้ามพรมแดน (ปัจจุบันมีการพิจารณาความเป็นไปได้และการศึกษานำร่องในยุโรปเหนือและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้) ญี่ปุ่นมีการสร้างเรือที่มีความจุ 1,450 ลบ.ม. ในปี 2566[3] เพื่อขนส่ง คาร์บอนไดออกไซด์เหลวเพื่อการสาธิตขนาดใหญ่ที่เมืองโทมาโกไม[4]

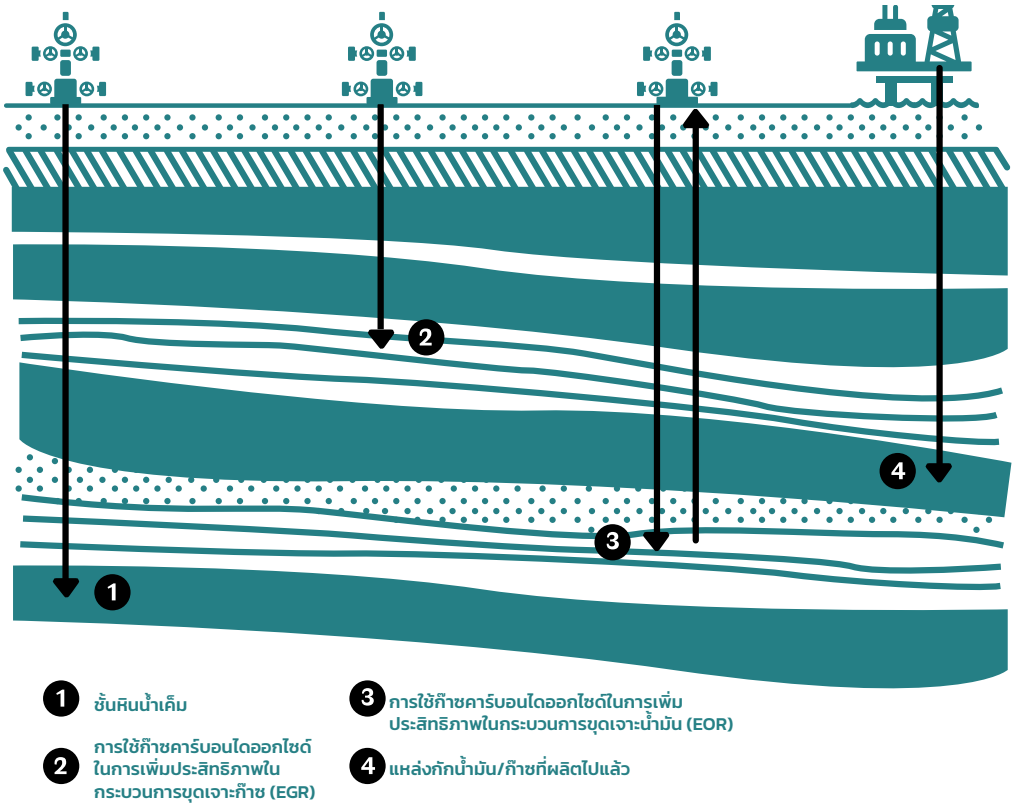
รถบรรทุก

การขน CO_2 ด้วยรถบรรทุกมีการใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการขนส่งปริมาณน้อยในระยะสั้น โดยทั่วไปแล้ว รถบรรทุกก๊าซเหลวโดยใช้เทคโนโลยีไครโอเจนิกหรือยานพาหนะปรับแรงดันที่มีปริมาตรบรรจุต่ำ จะใช้ในการเคลื่อนย้าย CO_2 เทคโนโลยีนี้ยังต้องมีสิ่งอำนวยความสะดวกในการขนถ่ายเพื่อถ่ายโอน CO_2 เข้าและออกจากรถบรรทุก

การกักเก็บ

หลังการขนส่ง สามารถกักเก็บ CO_2 ได้ทางธรณีวิทยาใต้ดินในแหล่งกักเก็บน้ำเค็มชั้นลึก ชั้นหินกักเก็บน้ำมันและก๊าซที่ผลิตไปแล้ว และรูปแบบชั้นหินอื่น ๆ ดังแสดงในรูปด้านล่าง (รูปที่ 2.3) การกักเก็บผ่านการใช้ประโยชน์ (1) สามารถเกิดขึ้นได้ที่ใต้ผิวดินในระหว่างกระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพการขุดเจาะน้ำมัน (EOR) และการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการขุดเจาะก๊าซ (EGR) และ (2)

สามารถนำมาใช้เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ เช่น วัสดุก่อสร้าง ผงเขม่า (carbon black) คาร์บอนไฟเบอร์ หรือพลาสติก



รูปที่ 2.3 ตัวเลือกพื้นที่กักเก็บก๊าซ CO_2 ทางธรณีวิทยาใต้ดิน

แม้ว่าจะมีการใช้ประโยชน์จากก๊าซ CO_2 ที่ดักจับได้หลายวิธี แต่การควบคุมก๊าซ CO_2 ที่ดักจับในปริมาณมาก จำเป็นต้องดำเนินการผ่านการกักเก็บ[5]

ตารางที่ 2.3 ข้อควรพิจารณาในการกักเก็บที่สำคัญ

เกณฑ์การคัดเลือก	ปริมาตรของก๊าซ CO_2 ความลึก ความดัน อุณหภูมิ ปริมาตรรูพรุนที่มีอยู่ การฉีด สภาพขอบเขตทางธรณีวิทยา ความซับซ้อนทางธรณีวิทยา ระดับความสามารถในการกักกันของชั้นหินที่ไม่ยอมให้ของเหลวหรือก๊าซไหลผ่าน (cap rock confinement) กลศาสตร์ของหิน ภูมิประเทศ ข้อจำกัดการใช้ที่ดิน หลุมดั้งเดิม ความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐานดั้งเดิม และต้นทุน
ความปลอดภัย/ความสมบูรณ์	ข้อกำหนดด้านความดันและอุณหภูมิ การควบคุม การเกิดแผ่นดินไหวในระดับที่ยอมรับไม่ได้ ข้อจำกัดการใช้ที่ดิน หลุมดั้งเดิม การปกป้องทรัพยากรธรรมชาติ และอุปกรณ์นิรภัย

การกักเก็บในชั้นหินอุ้มน้ำเค็ม (Saline Formation Storage)

ชั้นหินอุ้มน้ำเค็ม (Saline formations) เป็นชั้นตะกอนที่มีรูพรุนซึ่งอยู่ภายในแอ่งบนบกและนอกชายฝั่ง โดยทั่วไปประกอบด้วยหินทรายและคาร์บอเนตที่มีน้ำกร่อยอยู่ในช่องว่างของรูพรุน ชั้นหินเหล่านี้ทำให้การกักเก็บปริมาณ CO_2 ในเชิงพาณิชย์เป็นไปได้ คุณสมบัติที่เหมาะกับการกักเก็บก๊าซในชั้นหินอุ้มน้ำเค็ม ได้แก่ ความลึก การควบคุมตามลำดับชั้นหิน (stratigraphic containment) ความพรุน และความสามารถในการซึมผ่านได้ จำเป็นต้องมีการควบคุม CO_2 ที่ฉีดเข้าไปภายในชั้นหินที่ไม่สามารถซึมผ่านได้ เพื่อให้มีการกักเก็บ CO_2 ที่ฉีดเข้าไปได้อย่างปลอดภัยและเสถียร

แหล่งกักเก็บน้ำมัน/ก๊าซที่ผลิตไปแล้ว

แหล่งกักเก็บน้ำมันและก๊าซที่ใกล้จะหมดหรือสิ้นสุดอายุการใช้งานอาจเป็นตัวเลือกที่มีศักยภาพในการกักเก็บ CO_2 แหล่งกักเก็บเหล่านี้มีลักษณะคล้ายกับชั้นหินอุ้มน้ำเค็มตามที่ระบุไว้ข้างต้น แต่มีน้ำมันและก๊าซติดอยู่ ทั้งในชั้นตะกอน (sedimentary layers) หรือกับดักเชิงโครงสร้าง (structural traps) ด้วยการเติม CO_2 เข้าไป แรงดันในแหล่งกักเก็บสามารถกลับคืนสู่สภาพที่ใกล้เคียงกับสภาพเดิมผ่านบริเวณหลุมน้ำมันหรือหลุมก๊าซ (wellfield) ที่ผ่านการตรวจสอบ

หินอัคนีเมฟิก (Mafic Igneous Rocks)

หินเมฟิก เช่น หินบะซอลต์และเพอริโดไทต์ มีแร่ธาตุที่ทำปฏิกิริยากับ CO_2 ซึ่งก่อให้เกิดแร่คาร์บอเนตที่เสถียร (การทำให้เป็นแร่ในแหล่งกำเนิด) กระบวนการนี้อาจมีความสำคัญในสถานที่ที่มีหินประเภทนี้เป็นทรัพยากรในการกักเก็บ

การใช้ประโยชน์

หลังจากการขนส่ง สามารถใช้ CO_2 เพื่อช่วยในการสกัดไฮโดรคาร์บอนหรือการสร้างผลิตภัณฑ์ได้ การใช้ประโยชน์จากคาร์บอน มีส่วนสนับสนุนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน CCS โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการใช้เทคโนโลยี EOR หรือ EGR CO_2 ซึ่งสามารถนำมาใช้เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น วัสดุก่อสร้าง ผงเขม่า (carbon black) คาร์บอนไฟเบอร์ หรือพลาสติก

การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการขุดเจาะน้ำมัน (Enhanced Oil Recovery)

EOR เป็นเทคโนโลยีการผลิตน้ำมันที่มีมานานแล้ว โดยมีการใช้มาตั้งแต่ปี 2513[6] ก๊าซ CO_2 ที่อยู่ภายใต้ความดันในแหล่งกักเก็บ เป็นก๊าซที่มีสถานะหนาแน่น ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายของเหลวที่สามารถผสมกับน้ำมันได้ การผสมนี้จะช่วยลดความหนืดของไฮโดรคาร์บอนและช่วยดึงน้ำมันจากแหล่งกักเก็บออกมาได้อีก โดยทั่วไปแล้ว CO_2 จะถูกฉีดเข้าไปในแหล่งกักเก็บ แต่มีการใช้ระบบวงปิด (closed-loop system) เพื่อกำจัด CO_2 ออกจากขั้นตอนการผลิต บีบอัด และผสมกลับเข้ากับ CO_2 ใหม่ ที่อาจได้มาจากแหล่งดักจับ

การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการขุดเจาะก๊าซ (Enhanced Gas Recovery)

EGR เป็นเทคนิคการผลิตไฮโดรคาร์บอนที่สามารถใช้ได้ทั้งในแหล่งกักเก็บก๊าซธรรมชาติหรือแนวแร่ถ่านหิน (coal seams) เทคนิค EGR ทำงานโดยแทนที่ก๊าซธรรมชาติโดยตรง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้จะทำงานได้ดีที่สุดเมื่อสภาพตามธรรมชาติของแหล่งกักเก็บมีการควบคุมการแพร่กระจายของ CO_2 ที่ฉีดเข้าไปให้อยู่ภายในขอบเขตที่ต้องการ และป้องกันไม่ให้เกิดการซึมผ่านก่อน

กำหนด (premature breakthroughs) ในบางกรณี EGR สามารถใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการขุดเจาะมีเทนจากแหล่งถ่านหิน กระบวนการนี้ทำงานโดยใช้ CO_2 เพื่อทดแทนมีเทนภายในถ่านหิน

การแปลง CO_2 เป็นผลิตภัณฑ์

หากไม่รวมการสร้างเชื้อเพลิง ซึ่งนำไปสู่การปล่อย CO_2 ที่ใช้โดยตรง การใช้ประโยชน์จาก CO_2 ก็มีหลายทางเลือก สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ถือได้ว่าเป็นการกักเก็บระยะยาว การแปลง CO_2 ให้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้ประโยชน์ควรพิจารณาถึงผลกระทบโดยรวมของกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับบรรยากาศ หรือที่เรียกว่าการประเมินวงจรชีวิต (life cycle assessment)

กรณีศึกษาด้านล่างเน้นกระบวนการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่โรงงานปูนซีเมนต์ของอินเดีย เพื่อระบุตัวเลือกที่เป็นไปได้และสภาวะตลาดสำหรับการนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์

การประเมินผลิตภัณฑ์จาก CO_2 ที่ดักจับได้ในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ของอินเดีย[7]

ในปี 2564 ธนาคารพัฒนาเอเชีย (ADB) สนับสนุนการศึกษาปูนซีเมนต์ในอินเดียเพื่อประเมินความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์ที่แปลงมาจาก CO_2 ที่ถูกดักจับ การศึกษานี้ประเมินผลิตภัณฑ์ 6 รายการ ได้แก่ ยูเรีย โซดาแอช แร่ธาตุ เมทานอล สาหร่ายสำหรับการผลิตอาหารสัตว์ และสาหร่ายสำหรับการผลิตน้ำมัน การประเมินได้คัดเลือกยูเรียและกระบวนการเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นอนินทรีย์ (mineralization) ให้เป็นตัวเลือกอันดับต้น ๆ โรงงานดักจับ CO_2 อาจใช้เทคโนโลยีหลังการเผาไหม้ (post-combustion technology) ซึ่งมีกำลังการผลิต CO_2 ที่ระดับ 500 กิโลตันต่อปี CO_2 ที่ดักจับได้จำนวนนี้สามารถแปลงเป็นยูเรียได้ถึง 680 กิโลตัน การวิเคราะห์ทางการเงินแสดงให้เห็นถึงผลตอบแทนจากการลงทุนในระดับต่ำ ภายใต้สมมติฐานที่ใช้เงื่อนไขมาตรฐาน การศึกษาให้ข้อสรุปว่าการนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีสิ่งสำคัญต่อไปนี้

- การมีต้นทุนการดำเนินงานที่ต่ำสำหรับการใช้ไฟฟ้าและไอน้ำในพื้นที่ที่ดำเนินการ
- การกำหนดระดับราคาของคาร์บอนเครดิตแบบเฉพาะเจาะจงเพื่อปิดช่องโหว่ของโครงการที่ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

ข้อควรพิจารณาที่เกี่ยวข้อง

ความปลอดภัย

ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับโครงการ CCUS จะต้องบูรณาการข้อกำหนดด้านความปลอดภัยตลอดทั้งห่วงโซ่คุณค่า ข้อควรพิจารณาด้านความปลอดภัยสำหรับโครงการ CCUS ควรรวมถึง

- การป้องกันความปลอดภัยจากการปล่อย CO_2 ที่สำคัญ (การขาดอากาศหายใจ ผลกระทบจากสิ่งเจือปนของ CO_2 ผลกระทบต่อระบบนิเวศทางทะเล) ซึ่งรวมถึงข้อกำหนดสำหรับการตอบสนองในกรณีฉุกเฉินและระบบความปลอดภัยเชิงวิศวกรรม
- การติดตามการปล่อยมลพิษทางอากาศที่เป็นอันตรายเพิ่มขึ้น (ผลิตภัณฑ์ย่อยสลายของเอมีน แอมโมเนีย ฝุ่นละออง)
- การประเมินความสมบูรณ์ของการกักเก็บ (Assessing storage integrity) เส้นทางการรั่วไหลใต้ผิวดินหลัก สำหรับ CO_2 ที่ถูกแทนที่นั้นเกิดจากการเจาะหลุมแบบดั้งเดิมที่เสร็จสมบูรณ์ผ่านระบบกักกัน ตัวอย่างเช่น ในการปกป้องแหล่งน้ำดื่ม การเจาะหลุมควรมีความเที่ยงตรงเพื่อไม่ให้มีเส้นทางรั่วไหลของ CO_2 เข้าไปในหลุม นอกจากนี้ ควรตรวจสอบคุณลักษณะทางธรณีวิทยา เช่น รอยเลื่อน

การวิเคราะห์และการจัดการความเสี่ยง

ความเสี่ยงต่อความสำเร็จของโครงการ CCUS อาจรวมถึงการเงิน การปฏิบัติงาน การกักเก็บ สุขภาพ/ความปลอดภัย และการรับรู้ของสาธารณชน หน่วยงานกำกับดูแลจะต้องพิจารณาการพัฒนาและการใช้งานระบบการวิเคราะห์ความเสี่ยงและการลดปัญหา ในกรณีของความเสี่ยงด้านการปฏิบัติงาน สุขภาพ และความปลอดภัย ระบบบรรเทาผลกระทบ อาจรวมถึงการควบคุมดูแลและระบบการจัดเก็บและรวบรวมข้อมูล (SCADA) ที่ควบคุมระบบอัตโนมัติและระบบเตือนภัยเพื่อปกป้องส่วนประกอบต่าง ๆ ของ CCUS นอกจากนี้ ควรมีการจัดการประชุมเชิงปฏิบัติการด้านการจัดการและควบคุมความเสี่ยงเป็นประจำ เพื่อระบุ ติดตาม และปิดความเสี่ยง

ข้อมูลจำเพาะด้านคุณภาพ

CO_2 ที่ผลิตจากแหล่งดักจับที่แตกต่างกันอาจมีองค์ประกอบของสิ่งเจือปนที่แตกต่างกัน การขนส่งและการกักเก็บประเภทต่าง ๆ จะต้องมีการกำจัดสิ่งเจือปนบางส่วนออกเพื่อเป็นมาตรการปกป้องโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการขนส่งหรือการกักเก็บ จากความเสียหาย (เช่น การกัดกร่อนและความเสี่ยงต่อสาธารณชน) หลายประเทศกำลังพัฒนาข้อกำหนดด้านกฎระเบียบเพื่อจำกัดสิ่งเจือปนใน CO_2 ข้อกำหนดเหล่านี้จะต้องได้รับการพิจารณาโดยผู้ให้บริการ

ด้านการดักจับและขนส่ง เพื่อให้มั่นใจว่ามีการปฏิบัติตามข้อกำหนด การดักจับบางอย่าง อาจต้องใช้อุปกรณ์เพิ่มเติม

โครงสร้างพื้นฐานแบบบูรณาการ

เมื่อมีการสร้างโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับเทคโนโลยี CCUS การบูรณาการส่วนประกอบที่จำเป็นทั้งหมดสำหรับโครงการ CCUS เข้าไว้ด้วยกันเป็นสิ่งสำคัญ ตัวอย่างเช่น ข้อกำหนดในการดักจับ CO_2 ตามแหล่งกำเนิด อาจทำให้ต้องมีการพิจารณาระบบการขนส่งและการกักเก็บร่วมด้วย

3. การมีส่วนร่วมในโครงการ CCUS

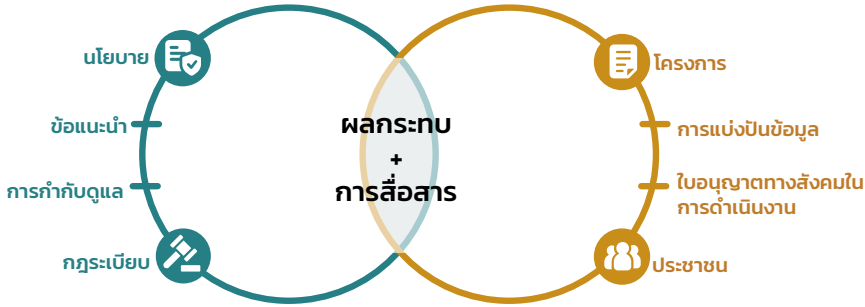
ประเด็นสำคัญที่ได้เรียนรู้

- โครงการ CCUS ต้องอาศัยการมีส่วนร่วมจึงจะประสบความสำเร็จ การมีส่วนร่วมคือการสื่อสารระหว่างผู้กำหนดนโยบาย หน่วยงานกำกับดูแล ผู้พัฒนาโครงการ และสาธารณชน ตลอดอายุโครงการ
- ผู้กำหนดนโยบายและหน่วยงานกำกับดูแลต้องเตรียมพร้อมที่จะมีส่วนร่วมตั้งแต่เริ่มแรกกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เป็นประชาชน ซึ่งรวมถึงชุมชนท้องถิ่น เพื่อหลีกเลี่ยงความล่าช้าและการยกเลิกที่อาจเกิดขึ้น
- ขั้นตอนแรกที่สำคัญคือการทำความเข้าใจผู้เล่นหลัก กิจกรรมที่เกี่ยวข้อง และระดับการมีส่วนร่วมที่เหมาะสม: การทำแผนที่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและการวางแผน (stakeholder mapping and planning)
- แม้แต่ชุมชนที่คุ้นเคยกับโครงการน้ำมันและก๊าซ หรือโครงการสกัดอื่น ๆ ก็อาจไม่มั่นใจในโครงการ CCUS โครงการ Barendrecht ในประเทศเนเธอร์แลนด์แสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงของการไม่ได้ให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในโครงการ CCUS

บทนำ

การมีส่วนร่วมเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับผู้กำหนดนโยบาย หน่วยงานกำกับดูแล ผู้พัฒนาโครงการ และสาธารณชนในการสื่อสารตลอดอายุของโครงการ การมีส่วนร่วมของชุมชนไม่ใช่แนวคิดใหม่สำหรับอุตสาหกรรมพลังงาน แต่การมีส่วนร่วมนั้นมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในทศวรรษที่ผ่านมาเพื่อให้ครอบคลุม ตอบสนอง และยั่งยืนมากขึ้น โครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่ รวมถึงโครงการพัฒนากังหันลมและเส้นทางรถไฟ ทำให้เข้าใจถึงความสำคัญของการให้สิทธิสาธารณชนได้เข้ามามีส่วนร่วมในโครงการตั้งแต่เนิ่น ๆ[1] ความเสี่ยงที่ไม่ให้ชุมชนท้องถิ่นและสาธารณชนได้เข้ามามีส่วนร่วมอย่างมีความหมายในวงกว้าง อาจเป็นสาเหตุให้โครงการเกิดความล่าช้าหรือแม้กระทั่งเกิดการยกเลิกโครงการก็เป็นได้ องค์ประกอบสำคัญของการมีส่วนร่วมที่ช่วยกำหนดกลยุทธ์/แนวทาง การกำกับดูแล การตัดสินใจ และการแบ่งปันข้อมูล มีดังต่อไปนี้ การผสมผสานระหว่างนโยบายและกฎหมาย/ข้อบังคับเพื่อขับเคลื่อนผลกระทบ ด้วยการไปยังสาธารณะ ถือ

เป็นองค์ประกอบของการมีส่วนร่วม บทนี้จะอธิบายถึงองค์ประกอบเหล่านี้และรายละเอียดเพิ่มเติมอีกหลายประการ



รูปที่ 3.1 องค์ประกอบการมีส่วนร่วมของ CCUS

ความไม่คุ้นเคยหรือขาดความตระหนักเกี่ยวกับเทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน (CCUS) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยในการลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อาจเป็นปัญหาต่อความสำเร็จและการดำเนินโครงการได้ กล่าวโดยง่ายคือ การีข้อมูลไม่เพียงพอเกี่ยวกับการพัฒนาโครงการ, เทคโนโลยี, ความเป็นมา หรือกระบวนการตัดสินใจ อาจนำไปสู่การไม่ยอมรับ หรือไม่ได้รับการสนับสนุนจากชุมชนโดยรอบ หลายโครงการการขาดข้อมูลดังกล่าวอาจส่งผลให้เกิดการยกเลิกโครงการได้ ดังนั้น การสื่อสารและการมีส่วนร่วมจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญในการดำเนินโครงการ CCUS

ความสำคัญของการมีส่วนร่วมและหลักการสำคัญ

การมีส่วนร่วมที่มีประสิทธิผลมีความสำคัญต่อการสร้างช่องทางการสื่อสารแบบเปิด การแจ้งผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเกี่ยวกับความเสี่ยงและผลประโยชน์ที่อาจ

เกิดขึ้น การตอบคำถาม ข้อกังวล และความเสี่ยงที่รับรู้ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การปลูกฝังความรู้ ตลอดจนการสร้างความสัมพันธ์ที่ไว้วางใจซึ่งกันและกัน และการมีส่วนร่วมในระยะยาว นอกจากนี้ การมีส่วนร่วมยังช่วยเพิ่มความตระหนักรู้ เพิ่มการสนับสนุน เกิดการจูงใจ สนับสนุนการพัฒนานโยบายและกฎระเบียบ ปรับปรุงกระบวนการตัดสินใจ และลดการต่อต้านที่อาจเกิดขึ้นในเชิงรุก โปรดสังเกตว่าวิธีการและระดับการมีส่วนร่วมของสาธารณชนจะค่อย ๆ ปรับเปลี่ยนตลอดอายุของโครงการ CCUS

หลักการสำคัญสำหรับการมีส่วนร่วมในโครงการ CCUS โดยสังเขป ซึ่งพิจารณาจากประสบการณ์ของผู้สนับสนุนในโครงการเหล่านี้ อธิบายได้ดังนี้

ความโปร่งใส แบ่งปันข้อมูล ข้อเท็จจริง การพัฒนาต่าง ๆ ผลกระทบต่อชุมชน ตลอดจนความเสี่ยงและผลประโยชน์ที่อาจเกิดขึ้น ในลักษณะที่ชัดเจน เปิดกว้าง และตรงไปตรงมา โดยจัดทำบันทึกสรุปเหตุการณ์ที่เปิดเผยต่อสาธารณชน

ความหลากหลาย การมีส่วนร่วมของคนทุกกลุ่ม และการเข้าถึงสิ่งอำนวยความสะดวก คำนึงถึงคนทุกกลุ่มและมีส่วนร่วมกับผู้คนที่มีมุมมองและประสบการณ์ชีวิตที่แตกต่างกัน เพื่อให้มั่นใจว่าทุกคนได้รับโอกาสในการมีส่วนร่วมได้อย่างเต็มที่ จัดหาสิ่งอำนวยความสะดวกที่เหมาะสมให้กับบุคคลที่มีความต้องการพิเศษ

การทำความเข้าใจชุมชน ผู้พัฒนาโครงการอาจตระหนักถึงปัญหาที่ชุมชนเผชิญ และในขณะที่มีการพัฒนาโครงการขึ้น โครงการดังกล่าวจะกลายเป็นส่วนหนึ่งของชุมชน ชุมชนที่ต่างกัน มีการให้ข้อมูลและการสื่อสารที่แตกต่างกัน ซึ่งในโครงการเดียวกัน อาจต้องใช้กลยุทธ์การสื่อสารและการมีส่วนร่วมที่หลากหลาย

ให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมตั้งแต่เนิ่น ๆ และบ่อย ๆ ระบุระดับความต้องการและความถี่/เวทีที่เหมาะสมสำหรับการมีส่วนร่วม

การตัดสินใจ รวมชุมชนไว้ในกระบวนการตัดสินใจและตรวจสอบโครงการร่วมกับภาคีด้านวิชาการในงานสัมมนาและงานวิชาการต่าง ๆ

แนวทางการมีส่วนร่วม วางแนวปฏิบัติเพื่อสนับสนุนการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นด้วยความเคารพเพื่อให้เกิดความเข้าใจร่วมกัน

การแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบสองทาง ส่งเสริมการแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบสองทาง สนับสนุนการฟังอย่างตั้งใจ รับทราบและนำมุมมองและแนวคิดใหม่ ๆ มาพิจารณา

ความร่วมมือและการเป็นหุ้นส่วน เสริมสร้างความร่วมมือและการความเป็นหุ้นส่วนระหว่างกลุ่มและบุคคลที่หลากหลายอย่างแข็งขัน เพื่อขับเคลื่อนเป้าหมายที่มีร่วมกัน

เชื่อมต่อกับภาพใหญ่ สื่อสารอย่างชัดเจนว่า 'ทำไมต้องใช้เทคโนโลยี CCUS' และเชื่อมโยงกิจกรรมเข้ากับภาพรวม

ประโยชน์ของชุมชน ภายใต้บริบทท้องถิ่น ควรทำงานร่วมกับผู้อยู่อาศัยในพื้นที่เพื่อกำหนดคุณค่าโดยตรงที่ชุมชนจะได้รับจากการพัฒนาโครงการ คำนึงถึงสมาชิกคนอื่น ๆ ในชุมชน นอกเหนือจากเจ้าของทรัพย์สิน ซึ่งรวมถึงวิธีที่โครงการ CCUS จะสร้างโอกาสให้แก่ผู้ที่ด้อยโอกาส เช่น ธุรกิจที่มีเจ้าของเป็นชนกลุ่มน้อย ธุรกิจที่มีผู้หญิงเป็นเจ้าของ และธุรกิจที่มีทหารผ่านศึกเป็นเจ้าของ

การวัดผล/การสำรวจผลกระทบ ควรมีตัวชี้วัดความสำเร็จเพื่อทำความเข้าใจว่ากิจกรรมการมีส่วนร่วมส่งผลกระทบต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอย่างไรเมื่อเวลาผ่านไป (ดูกรณีศึกษาของ Houston CCS Alliance ด้านล่าง) ประเมินเพื่อทำความเข้าใจว่าอะไรที่ได้ผลและอะไรที่ไม่ได้ผล และทำการแก้ไขในส่วนที่เกี่ยวข้องต่อไป

ความยืดหยุ่น มีความยืดหยุ่น ตลอดจนรับรู้ ปรับตัว และนำข้อเสนอแนะมาปฏิบัติจริง

ภาษา ระบุภาษาหลักที่ใช้ในชุมชนที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนพัฒนาเอกสารข้อมูลและจัดการประชุมโดยใช้ภาษาเหล่านี้ตามความจำเป็น

ความชัดเจน ใช้รูปภาพที่เข้าใจง่ายและชัดเจน รวมถึงมาตราส่วนความลึกที่ไม่เกินจริงเพื่อบ่งบอกระยะทาง

การสร้างขีดความสามารถ อธิบายถึงการพัฒนากำลังคนและการมีส่วนร่วมในโครงการกับนักวิชาการ (เช่น การจัดตั้งโครงการฝึกงาน)

ความพยายามในการมีส่วนร่วมของ Houston CCS Alliance

ปริมาณก๊าซ CO_2 ในเขตฮิวสตันที่สามารถดักจับและกักเก็บได้อย่างปลอดภัย (แทนที่จะปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม)
เทียบเท่ากับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ**นครนิวยอร์ก 2 เมือง**

รูปที่ 3.2 จากการวิเคราะห์ข้อมูลของกระทรวงพลังงานสหรัฐฯ (2561) และสำนักงานความยั่งยืน (Office of Sustainability) ของนายกเทศมนตรีนครนิวยอร์ก
(ภาพกราฟิกได้รับความอนุเคราะห์จากกลุ่มพันธมิตร Houston CCS Alliance)

พื้นที่เมืองฮิวสตันเป็นแหล่งปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เข้มข้นที่สุดแห่งหนึ่งในสหรัฐฯ และตั้งอยู่ใกล้ชั้นหินที่เป็นแหล่งกักเก็บทางธรณีวิทยาใต้ดินที่อุดมสมบูรณ์ ทำให้เหมาะสำหรับการพัฒนาโครงการ CCS ขนาดใหญ่ ในปี 2564 บริษัทที่ปล่อย CO_2 ทางอุตสาหกรรมมากที่สุด 11 แห่งในเมืองฮิวสตัน รัฐเท็กซัส ได้รวมตัวกันก่อตั้งกลุ่มพันธมิตร Houston CCS Alliance เพื่อตอบสนองต่อความจำเป็นในการยกระดับการมีส่วนร่วมของสาธารณชนให้ดียิ่งขึ้น และให้ความรู้แก่ชุมชนอย่างถี่ถ้วนมากขึ้นเกี่ยวกับผลประโยชน์ที่ท้องถิ่นจะได้รับจากการดักจับและการกักเก็บคาร์บอนในภูมิภาคชายฝั่งอ่าวเท็กซัส

สมาชิกต่าง ๆ ได้ทำงานร่วมกันเพื่อเป็นเจ้าภาพจัดการอภิปรายสาธารณะเกี่ยวกับ CCS มากกว่า 30 ครั้ง จัดทำสิ่งพิมพ์และวิดีโอเพื่อการศึกษาของชุมชนในรูปแบบสองภาษา สนับสนุนกิจกรรมในท้องถิ่นที่สำคัญ และจัดกิจกรรมอาสาสมัครเพื่อปรับปรุงทรัพยากรสาธารณะ ความพยายามเหล่านี้ส่งผลให้มีแถลงการณ์สนับสนุนมากกว่า 20 รายการจากเจ้าหน้าที่และองค์กรที่ได้รับการเลือกตั้ง การรายงานข่าวเชิงบวกของสื่อในตลาดท้องถิ่น มีการรับรองมติสองข้อจากรัฐบาลท้องถิ่นที่รับรองกลุ่มพันธมิตร Houston CCS Alliance และล่าสุดคือรางวัลจาก Harris County Commissioner ที่ยกย่องกลุ่มพันธมิตรในการช่วยเหลือชุมชนให้เติบโต กลุ่มพันธมิตรนี้ยังคงมีส่วนร่วมกับชุมชนจนถึงทุกวันนี้

ผู้มีบทบาทสำคัญ

ผู้มีบทบาทสำคัญในการมีส่วนร่วมแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มหลัก ได้แก่ ผู้กำหนดนโยบาย หน่วยงานกำกับดูแล ผู้พัฒนาโครงการ และสาธารณชน ตารางด้านล่าง (ตาราง 3.1) สรุปบทบาทสำคัญและลักษณะของการมีส่วนร่วมของแต่ละฝ่าย

ผู้กำหนดนโยบาย หน่วยงานภาครัฐสามารถมีส่วนร่วมในการพัฒนานโยบาย CCUS ซึ่งอาจต้องสร้างกระบวนการการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายฝ่าย กลไกหนึ่ง คือ คณะทำงานระหว่างหน่วยงานเพื่อประสานงานและจัดแนวทางพัฒนานโยบายให้สอดคล้องกัน แบ่งปันข้อมูล รวบรวมข้อเสนอแนะจากกระทรวงที่เกี่ยวข้องทั้งหมด พัฒนากรอบกฎหมาย และ/หรือมอบหมายการพัฒนากรอบงานให้กับหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนระบุตัวขับเคลื่อน เช่น บทลงโทษ/ข้อบังคับ รวมถึง การกำหนดเป้าหมายของประเทศในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามความเหมาะสม อีกกลไกหนึ่งคือการพัฒนาชุดข้อมูลหลัก เช่น ข้อมูลหลักโดยหน่วยงานวิทยาศาสตร์ของรัฐบาลและห้องปฏิบัติการของรัฐ ที่สนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบาย ซึ่งอาจรวมถึงการประเมินศักยภาพของ CCUS ในเขตอำนาจศาลนั้น ๆ และ/หรือแผนยุทธศาสตร์เพื่อสนับสนุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามที่อธิบายไว้ในบทที่ 5 แผนยุทธศาสตร์ในการพัฒนากรอบกฎหมายและกรอบการกำกับดูแล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่เศรษฐกิจเกิดใหม่ ผู้กำหนดนโยบายมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการระบุหน่วยงานที่นำทาง ซึ่งมิได้มีเพียงหน้าที่ในการออกแบบและดำเนินการตามกฎหมาย/กฎระเบียบ แต่ยังมีหน้าที่ในการประสานงานกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและมีส่วนร่วมในขั้นตอนการเตรียมการที่สนับสนุนกระบวนการกำกับดูแล

หน่วยงานกำกับดูแล หน่วยงานกำกับดูแลมีหน้าที่พัฒนากฎการกำกับดูแลการดำเนินการ (เช่น ผ่านการทบทวนการยื่นขอใบอนุญาต) และบังคับใช้กฎเหล่านี้ หน่วยงานกำกับดูแลมักถูกกำหนดให้เป็นผู้นำการมีส่วนร่วมของสาธารณะเกี่ยวกับกฎและโครงการที่เสนอ หน่วยงานกำกับดูแลอาจรวบรวมความคิดเห็นและข้อกังวลจากชุมชนท้องถิ่นผ่านการแสดงความคิดเห็นและการประชุมสาธารณะ หน่วยงานกำกับดูแลมักเป็นผู้ตอบความคิดเห็นของสาธารณะ อย่างไรก็ตาม ผู้พัฒนาโครงการก็อาจเป็นผู้ตอบเช่นกัน โดยทั่วไปแล้ว ควรมีการส่งเสริมให้ประชาชนมีส่วนร่วม/ให้คำปรึกษาในขั้นตอนที่สำคัญของโครงการ อันได้แก่ การเลือกสถานที่ การดำเนินงาน และการรื้อถอน

ผู้พัฒนาโครงการ ในการดำเนินการทางธุรกิจ นักพัฒนาโครงการจะแนะนำแนวทางในการดำเนินโครงการจนกว่าโครงการจะแล้วเสร็จ บ่อยครั้งที่ทีมพัฒนาโครงการภายในบริษัท จะจัดกิจกรรมให้บุคคลทั้งภายในและภายนอกองค์กรได้มีส่วนร่วมอย่างกว้างขวาง เพื่อให้แน่ใจว่าโครงการ CCUS จะได้รับการสนับสนุนจากทั้งหน่วยธุรกิจและผู้บริหารขององค์กร เมื่อมีการระบุสถานที่ตั้งของโครงการแล้ว ผู้พัฒนาโครงการสามารถดำเนินการจัดทำแผนที่การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและชุมชนที่รับผิดชอบ เพื่อพัฒนาและดำเนินการตามแผนการมีส่วนร่วม

ชุมชน ชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากโครงการ ถือเป็นส่วนสำคัญของการมีส่วนร่วมในโครงการ CCUS ชุมชนประกอบด้วยผู้นำท้องถิ่น เจ้าหน้าที่ที่ได้รับการเลือกตั้ง เจ้าของที่ดิน องค์การนอกภาครัฐ และประชาชนทั่วไป สิ่งสำคัญ คือ จะต้องจดบันทึกและทำความเข้าใจปัญหาเกี่ยวกับประชากรผู้ด้อยโอกาสและ/หรือกลุ่มคนชายขอบ รวมถึงสถานะความหลากหลายทางประชากรศาสตร์ในประเภทต่าง ๆ ที่จะได้รับผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญจากโครงการ CCUS นอกจากนี้ ยังต้องมีการพิจารณาที่สำคัญจากมุมมองทางกฎหมายเกี่ยวกับประเด็น 'การกำหนดผู้มีสิทธิ (standing)' หรือการกำหนดผู้ที่อาจมีส่วนร่วมในกระบวนการอุทธรณ์การตัดสินใจใด ๆ เกี่ยวกับโครงการต่าง ๆ อย่างเป็นทางการ

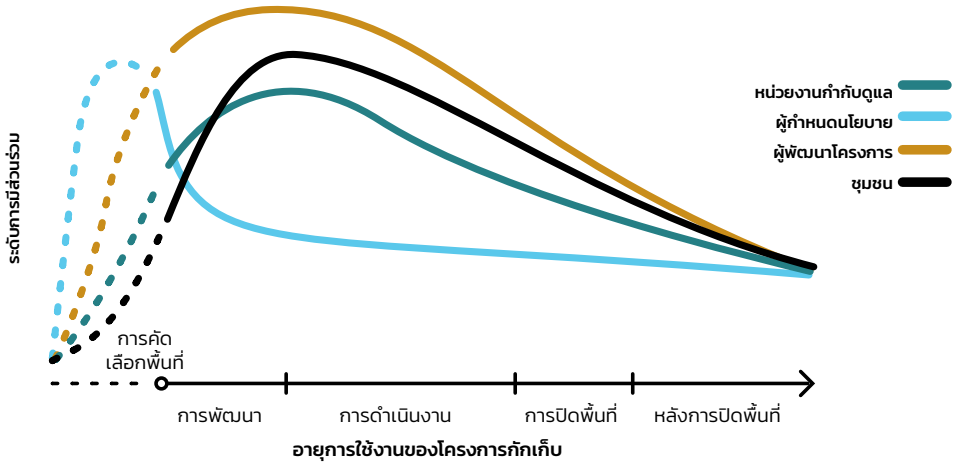
ผู้มีบทบาทสำคัญมารวมตัวกันเพื่อทำกิจกรรมต่าง ๆ ร่วมกัน ลักษณะของกิจกรรมเหล่านี้แสดงไว้ด้านล่าง

ตารางที่ 3.1 กิจกรรมและลักษณะของการมีส่วนร่วมของผู้มีบทบาทหลัก

	กิจกรรม	ลักษณะของการมีส่วนร่วม
ผู้กำหนดนโยบาย	→ พัฒนานโยบาย CCUS สนับสนุนนวัตกรรม และความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชน → ดำเนินกิจกรรมการมีส่วนร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายฝ่าย → มีส่วนร่วมในการประสานงานระหว่างหน่วยงาน	→ กำหนดระดับการมีส่วนร่วม → ผนวกกระบวนการให้เป็นส่วนหนึ่งขององค์กรผ่านการจัดตั้งคณะทำงานเฉพาะกิจต่าง ๆ
หน่วยงานกำกับดูแล	→ การสร้างกฎเกณฑ์ → ทบทวนการขออนุญาตต่าง ๆ → การกำกับดูแลผู้พัฒนาโครงการและการดำเนินกิจกรรมการมีส่วนร่วม → การบังคับใช้	→ สร้างกระบวนการมีส่วนร่วม → แสวงหาข้อมูลปัจจุบันจากผู้พัฒนาโครงการ → ประเมินผลกระทบ → ปรับปรุงระดับการมีส่วนร่วม
ผู้พัฒนาโครงการ	→ ดำเนินโครงการ → จัดทำแผนที่และประเมินผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย → มีส่วนร่วมในการสนทนาสองทาง → พัฒนาความสัมพันธ์ที่เท่าเทียมกันและสร้างความไว้วางใจ	→ ดำเนินการตามกระบวนการมีส่วนร่วม → ปรึกษาหารือและเจรจาต่อรอง → หารือเกี่ยวกับผลประโยชน์ ความเสี่ยง และการลดปัญหา
ชุมชน	→ มีส่วนร่วมในการหารือต่าง ๆ → แสวงหาข้อมูล → แบ่งปันข้อกังวลและหาทางแก้ไข → โน้มน้าวผู้กำหนดนโยบายและผู้พัฒนาโครงการ	→ หารืออย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่องกับผู้พัฒนาโครงการ → สื่อสารกับหน่วยงานกำกับดูแล → แสดงความเห็นเกี่ยวกับการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

กลุ่มเหล่านี้มีปฏิสัมพันธ์กันตลอดการดำเนินโครงการ CCUS เพื่อแลกเปลี่ยนแผน ความท้าทาย ประสบการณ์ และวิธีการ เพื่อให้มีข้อมูลในการตัดสินใจ การปฏิสัมพันธ์ระหว่าง 4 กลุ่มนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความปลอดภัยและความสำเร็จของโครงการ CCUS

ดังที่แสดงในภาพด้านล่าง (รูปที่ 3.3) ผู้มีบทบาทหลักควรมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่องตลอดอายุของโครงการ การมีส่วนร่วมเริ่มต้นตั้งแต่ขั้นก่อนการเลือกสถานที่ และดำเนินไปอย่างต่อเนื่องตลอดการพัฒนาโครงการ การดำเนินการ การสิ้นสุดโครงการ และภายหลังการสิ้นสุดโครงการ ผู้เขียนตระหนักดีว่า การมีส่วนร่วมอาจไม่เป็นไปตามเส้นโค้งดังที่แสดงในภาพ เนื่องจากเหตุการณ์ระหว่างการปฏิบัติงานอาจส่งผลให้ระดับการมีส่วนร่วมเพิ่มขึ้น หรือหลังจากที่โครงการได้พัฒนาไปแล้ว ระดับการมีส่วนร่วมอาจลดลงเนื่องจากอาจมีปัญหาอื่น ๆ ที่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียต้องเผชิญ อย่างไรก็ตาม การสร้างความสัมพันธ์ต้องใช้เวลา ความพยายาม ความโปร่งใส และการวางแผน



รูปที่ 3.3 ระดับการมีส่วนร่วมของผู้มีบทบาทหลักตลอดอายุโครงการ

กระบวนการมีส่วนร่วม การมุ่งเน้นไปที่ชุมชน

มีการพิจารณาถึงหลักการสำคัญและผู้มีบทบาทหลักของโครงการ CCUS แล้ว ในส่วนนี้จะอธิบายกระบวนการมีส่วนร่วมโดยเน้นที่ชุมชน ขั้นแรก ให้พิจารณาทำความเข้าใจว่าใครคือองค์ประกอบของชุมชนของคุณผ่านการทำแผนที่และการสำรวจ จากนั้น ปรับแต่งเทคนิคในการเข้าหาชุมชนเพื่อให้ข้อมูล (outreach techniques) ตามประเภทของข้อความที่จะสื่อสารและองค์ประกอบของชุมชน

การทำความเข้าใจองค์ประกอบของชุมชน

การมีส่วนร่วมมีแนวทางและทางเลือกมากมาย กระบวนการเหล่านี้ขึ้นอยู่กับการสร้างความเข้าใจอันดีในเรื่องที่สำคัญต่อชุมชนท้องถิ่นและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่ได้รับผลกระทบ การสำรวจแบบกำหนดเป้าหมาย ซึ่งเป็นการทำแผนที่หรือประเมินความรู้สึกของชุมชนที่มีต่อการกระทำหรือแผนสำคัญบางอย่าง จะช่วยพัฒนาแนวทางที่ผ่านการคิดวิเคราะห์มาแล้ว เทคนิคเหล่านี้ช่วยประเมินคนกลุ่มใหญ่ของชุมชนได้อย่างรวดเร็ว กระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน ซึ่งก็คือกระบวนการที่สมาชิกชุมชนระบุวิธีการมีส่วนร่วมและหัวข้อที่ชุมชนเห็นว่ามีความสำคัญที่สุด อาจเป็นเทคนิคที่ช่วยให้เข้าใจองค์ประกอบต่าง ๆ ของชุมชนได้ด้วย

การมีส่วนร่วมโดยตรงกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียสามารถดำเนินการได้โดยใช้การประชุมแบบซึ่งหน้า โดยจะมีการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการดำเนินการและหัวข้อที่หารือกับชุมชนเพื่อรับข้อเสนอแนะ โดยทั่วไป กิจกรรมการเข้าหาชุมชนเพื่อให้ข้อมูล ประกอบด้วยการรวมตัวในที่สาธารณะ ซึ่งอาจรวมถึงผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจำนวนมากและการนำเสนอที่หลากหลาย การถามตอบ การแสดงความคิดเห็นสาธารณะ และการสื่อสารแบบตัวต่อตัวกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

โดยทั่วไปแล้ว ไม่มีวิธีใดวิธีเดียวที่จะพิจารณาว่าผู้มีส่วนได้ส่วนเสียรู้สึกอย่างไรเกี่ยวกับปัญหา แนวปฏิบัติที่ดี คือ การมีส่วนร่วมกับกลุ่มคนเหล่านี้บ่อยครั้ง ในรูปแบบที่หลากหลาย เพื่อให้แน่ใจว่าได้รับความคิดเห็นจากกลุ่มคนที่หลากหลาย

ตารางต่อไปนี้ (ตาราง 3.2) สรุปวิธีการมีส่วนร่วมบางส่วน พร้อมกับข้อดีและข้อเสียทั่วไป ไม่ว่าในกรณีใด ๆ เมื่อนำหลักการการมีส่วนร่วมที่สำคัญมาใช้ กิจกรรมเหล่านี้จะมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการสร้างความไว้วางใจ

ตาราง 3.2 วิธีการเข้าหาชุมชนเพื่อให้ข้อมูลแบบต่าง ๆ และข้อดี-ข้อเสียที่อาจเกิดขึ้น

วิธีการเข้าหาชุมชนเพื่อให้ข้อมูล (Outreach Method)	คืออะไร	ข้อดี	ข้อเสีย
การสำรวจ	ชุดคำถามเพื่อวัดว่าชุมชนรู้สึกอย่างไรเกี่ยวกับกิจกรรมหรือประเด็นต่าง ๆ	สามารถเข้าถึงคนในชุมชนได้เป็นจำนวนมาก	ไม่มีปฏิสัมพันธ์โดยตรงและมักจะได้รับการตอบกลับในระดับต่ำ อาจเข้าถึงได้เพียงกลุ่มย่อยของชุมชนเท่านั้น
การชุมนุมสาธารณะ (Public Gathering)	กิจกรรมที่มีการนำเสนอข้อมูล โดยมีตัวแทนออกมาตอบคำถามจากชุมชนและรับฟังความคิดเห็น	ข้อความสามารถเข้าถึงชุมชนในวงกว้างได้ในคราวเดียว ความสามารถในการเข้าใจคำถามและข้อกังวลที่สำคัญ และบูรณาการข้อคิดเห็นที่ได้รับ	คนจำนวนไม่มากสามารถขับเคลื่อนการสนทนาได้
การเข้าหาชุมชนเพื่อให้ข้อมูลแบบกำหนดเป้าหมาย (Targeted Outreach)	กิจกรรมที่ตัวแทนนำเสนอรายละเอียดจากโครงการ ซึ่งอาจรวมการไปเยี่ยมชมสถานที่และการถาม-ตอบ	ปรับปรุงการสื่อสารสองทาง	มักเป็นกลุ่มตัวอย่างเล็ก ๆ ของชุมชน ซึ่งอาจเป็นกลุ่มผู้นำชุมชน

สำนักงาน/บูธสาธารณะ (Public Office/Booth)	สถานที่ประจำที่ซึ่งประชาชนสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับโครงการได้อย่างอิสระและมีส่วนร่วมกับตัวแทน	ส่งเสริมการสื่อสารแบบตัวต่อตัวและการแบ่งปันข้อมูล	การมีส่วนร่วมมากมายที่เข้าถึงคนจำนวนน้อยในชุมชน
การเข้าหาชุมชนเพื่อให้ข้อมูลเชิงเทคนิค (Technical Outreach)	การนำเสนอในที่ประชุม สัมมนา และเวทีสนทนาต่าง ๆ	การตรวจสอบโครงการเชิงเทคนิคโดยภาคีในอุตสาหกรรมเดียวกัน	การมีส่วนร่วมกับกลุ่มเฉพาะของชุมชนเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลทางเทคนิค
หนังสือพิมพ์/ข่าวท้องถิ่น	การเข้าหาชุมชนผ่านสื่อต่าง ๆ	เข้าถึงชุมชนท้องถิ่นและอาจมีบุคคลที่สาม (นักข่าว) เข้ามาเกี่ยวข้องในการสื่อสาร	ไม่มีปฏิสัมพันธ์โดยตรง ไม่ใช่ทุกคนที่สามารถเข้าถึงข่าวสาร และอาจมีบุคคลที่สาม (นักข่าว) เข้ามาเกี่ยวข้องในการสื่อสาร
เว็บไซต์	เว็บไซต์โครงการที่มีข้อมูลเกี่ยวกับโครงการ เทคโนโลยี ความเสี่ยง และกระบวนการตัดสินใจ	สามารถเข้าถึงคนในชุมชนจำนวนมาก เป็นแพลตฟอร์มที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา มีการอัปเดตความคืบหน้าของโครงการ และอาจแปลเป็นหลายภาษาได้	ไม่มีปฏิสัมพันธ์โดยตรง
ใบปลิว/โฆษณา	มีการนำข้อมูลเป้าหมายนำไปแขวนหรือแจกจ่ายในที่สาธารณะ	เข้าถึงชุมชนท้องถิ่น	ไม่มีปฏิสัมพันธ์โดยตรง

บ่อยครั้งที่ต้องใช้มากกว่าหนึ่งกระบวนการร่วมกัน เพื่อ ให้แน่ใจว่าการมีส่วนร่วมอยู่ในระดับที่เหมาะสม ดูกรณีศึกษาของกลุ่มพันธมิตร Houston CCS Alliance ด้านบน

เทคนิคการมีส่วนร่วม

การแบ่งปันและการแลกเปลี่ยนข้อมูลกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีหลายวิธี ก่อนที่จะมีส่วนร่วมกับชุมชน การพบปะกับผู้นำคนสำคัญก่อน อาจจะเป็นประโยชน์เพื่อทำความเข้าใจประเด็นสำคัญที่อาจต้องให้ความสนใจเพิ่มเติม ก่อนที่จะพบปะหารือกับชุมชนโดยตรง

การทำแผนที่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอาจเป็นเครื่องมือสำคัญในการสนับสนุนกิจกรรมการมีส่วนร่วมที่มีประสิทธิผล (ดูหัวข้อ แหล่งข้อมูลสำหรับการมีส่วนร่วม ในบทที่ 9: แหล่งข้อมูลเพิ่มเติม) แหล่งข้อมูลนี้จะให้กรอบในการระบุ ประเมิน และจัดทำแผนที่บุคคลและกลุ่มบุคคลที่มีศักยภาพในการมีส่วนร่วม ระบุบทบาทสำคัญ พิจารณาจุดร่วมและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้น กำหนดความถี่และลำดับความสำคัญของการมีส่วนร่วมที่อาจเกิดขึ้น และพัฒนาข้อความสำคัญ

พันธมิตรและผู้ดูแลในท้องถิ่นอาจช่วยในการระบุกลุ่มบุคคลเหล่านี้ อาจมีการเชิญผู้เชี่ยวชาญที่เป็นกลาง (เช่น นักวิชาการ) ให้เข้าร่วมแบ่งปันความคิดเห็นที่เป็นกลาง เกี่ยวกับความเหมาะสมของโครงการดังกล่าวภายในชุมชน องค์การนอกภาครัฐอาจมีบทบาทสำคัญในฐานะตัวแทนของผลประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น สิ่งแวดล้อม หรือสุขภาพและความปลอดภัยของชุมชน

นอกจากนี้ ยังมีเทคนิคการสื่อสารทางเดียวอีกมากมาย การใช้เว็บไซต์หรือโซเชียลมีเดียเพื่อดึงดูดผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเป็นช่องทางในการเข้าหาชุมชนที่กำลังเติบโตขึ้นเรื่อย ๆ อาจมีการให้สัมภาษณ์สื่อ (ไม่ว่าจะเป็นสิ่งพิมพ์ วิทยุ พอดแคสต์ หรือโทรทัศน์) เพื่อเผยแพร่ข้อความไปยังชุมชนในวงกว้าง

อย่างไรก็ตาม จากแนวปฏิบัติที่ดีทำให้ทราบว่า วิธีการสื่อสารแบบสองทาง ซึ่งทั้งสองฝ่ายสามารถรับรู้และเผยแพร่ข้อมูลได้นั้นให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า ความท้าทายของเทคนิคการมีส่วนร่วมนี้ คือ การทำให้ข้อความเกี่ยวกับโครงการเข้าถึงคนจำนวนมากในชุมชนได้

จึงเป็นไปได้ว่าผู้พัฒนาโครงการอาจต้องมีการแสดงตัวโดยตรงภายในชุมชน และเป็นส่วนหนึ่งของชุมชน การทำเช่นนี้ จะช่วยสร้างความไว้วางใจและช่วยให้เกิดการมีส่วนร่วมบ่อยขึ้นและต่อเนื่องมากขึ้น การพัฒนาความรู้สึกของ

ความเป็นชุมชนมีหลากหลายวิธี แต่ไม่มีวิธีการใดที่จะมาทดแทนวิธีการแสดงตัวโดยตรงภายในชุมชนได้ นักพัฒนาโครงการที่ประสบความสำเร็จบางรายเปิดสำนักงานประชาสัมพันธ์ภายในชุมชนเพื่อให้เกิดการปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันในแต่ละวัน

ตัวอย่างด้านล่างนี้ อธิบายว่า แผนการมีส่วนร่วมกับชุมชนที่ไม่มีประสิทธิภาพสามารถนำไปสู่การยกเลิกโครงการ CCUS ได้อย่างไร

โครงการ Barendrecht ในเนเธอร์แลนด์ถูกยกเลิก เนื่องจากขาดการมีส่วนร่วมกับชุมชนอย่างเพียงพอ

การขาดการยอมรับจากสาธารณชน อาจเป็นสาเหตุของการยกเลิกโครงการ ตัวอย่างหนึ่งคือโครงการ Barendrecht ที่เนเธอร์แลนด์ โครงการมีแผนที่จะแยกและดักจับ CO_2 ที่ปล่อยจากโรงกลั่นน้ำมัน ก่อนที่จะฉีดและกักเก็บ CO_2 ประมาณ 10 เมกะตัน ตลอดระยะเวลา 25 ปี ในแหล่งก๊าซที่ผลิตไปแล้วในเมือง Barendrecht ชุมชนมีความกังวลเกี่ยวกับความเสียหายของบ้านเรือนและมูลค่าทรัพย์สินที่อาจลดลงเนื่องจากอยู่ใกล้กับพื้นที่กักเก็บ นอกจากนี้ ชุมชนยังรู้สึกโกรธเคือง เนื่องจากไม่ได้รับแจ้งเกี่ยวกับพัฒนาการต่าง ๆ ของโครงการ และแทบไม่ได้รับสิทธิให้มีส่วนร่วมในกระบวนการตัดสินใจเลย นอกจากนี้ ยังมีความขัดแย้งระหว่างหน่วยงานกำกับดูแลระดับท้องถิ่นและระดับประเทศ เกี่ยวกับกระบวนการมีส่วนร่วมของสาธารณชนและการรับรู้ความเสี่ยงของโครงการ ในที่สุดโครงการก็ถูกยกเลิก[2]

ผู้พัฒนาโครงการมีส่วนร่วมกับชุมชน ทุ่มเทเวลาและทรัพยากรไปกับการมีส่วนร่วมกับชุมชน อย่างไรก็ตาม กระบวนการมีส่วนร่วมกับชุมชนเริ่มช้าเกินไป เนื่องจากโครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อการพาณิชย์โดยเฉพาะ[3] ดังนั้น ชุมชนจึงมีส่วนร่วมเพียงเล็กน้อยในกระบวนการกำหนดขอบเขตหรือการตัดสินใจในระยะเริ่มแรก หลังจากยกเลิกโครงการ ผู้พัฒนาโครงการแทบไม่มีข้อกังขาใด ๆ เกี่ยวกับบทเรียนที่เกี่ยวกับการมีส่วนร่วมของชุมชน พวกเขากล่าวว่า "บทเรียนที่สำคัญที่สุดที่ได้เรียนรู้จากโครงการ Barendrecht คือ การตระหนักว่าการสร้างความไว้วางใจระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และสัญญาที่มีต่อกันและกันและต่อโครงการเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งสามารถทำได้ด้วยการให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งหมดในกระบวนการ มีส่วนร่วมกับโครงการตั้งแต่ระยะเริ่มต้น ตลอดจนสื่อสารข้อมูลเกี่ยวกับโครงการและกระบวนการที่เกี่ยวข้องไปยังชุมชน"[4]

การมีส่วนร่วมรวมถึงการนำทักษะ ความรู้ ทรัพยากร และเครือข่ายที่จำเป็นมาขับเคลื่อนอุตสาหกรรม CCUS ดังรายละเอียดในบทที่ 4: การสร้างขีดความสามารถ

4. การสร้างขีดความสามารถ

ประเด็นสำคัญที่ได้เรียนรู้

- ประเทศต่าง ๆ จะต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าผู้มีบทบาทสำคัญทั้งหมด ซึ่งได้แก่ ผู้กำหนดนโยบาย หน่วยงานกำกับดูแล ผู้พัฒนาโครงการ และชุมชน มีขีดความสามารถที่เหมาะสม การเสริมสร้างขีดความสามารถเป็นกระบวนการพัฒนาและปรับปรุงทักษะ ความรู้ ทรัพยากร และเครือข่ายในท้องถิ่นที่จำเป็นต่อการพัฒนาอุตสาหกรรม CCUS
- อุตสาหกรรม CCUS ที่เกิดขึ้นใหม่สามารถสร้างงานที่ยั่งยืนได้ แต่บุคลากรด้าน CCUS ต้องการทักษะที่หลากหลาย ทั้งด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ กฎหมาย และทักษะอื่น ๆ
- กิจกรรมเสริมสร้างขีดความสามารถ ได้แก่ การจัดตั้งศูนย์ทดสอบและฝึกอบรม CCUS การสนับสนุนกิจกรรม RD&D การส่งเสริมการฝึกงาน และการอำนวยความสะดวกด้านเครือข่ายอาชีพ
- กรณีศึกษาจากสหรัฐฯ และนอร์เวย์แสดงให้เห็นถึงความสำคัญและศักยภาพของสิ่งอำนวยความสะดวกในการเสริมสร้างขีดความสามารถ

บทนำ

การสร้างขีดความสามารถสำหรับ CCUS มีเป้าหมายเพื่อให้องค์กรและบุคคลมีทักษะ ความรู้ ทรัพยากร และเครือข่ายที่จำเป็นในการดำเนินการและพัฒนาอุตสาหกรรม CCUS นอกจากนี้ การสร้างขีดความสามารถควรมุ่งสนับสนุนการเติบโตของเครือข่ายที่แข็งแกร่ง และสรรหาบุคลากรที่มีความสามารถเพื่อกระตุ้นอุตสาหกรรมเกิดใหม่นี้ การเสริมสร้างขีดความสามารถ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การถ่ายโอนความรู้ การฝึกอบรม การพัฒนาบุคลากร การฝึกงาน และการวิจัย

เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วเทคโนโลยี CCUS ยังไม่เป็นที่รู้จัก การมีส่วนร่วมในกิจกรรมเสริมสร้างขีดความสามารถอาจเป็นประโยชน์กับใครก็ตามที่ทำงานในสาขานั้นทั้งทางตรงและทางอ้อม การพัฒนาขีดความสามารถในประเทศที่เพิ่งจะมีโครงการและกรอบการดำเนินงาน มักจะเน้นกิจกรรมที่เกี่ยวกับโครงการสาธิต ที่พัฒนาไปสู่โครงการเชิงพาณิชย์ ในประเทศเกิดใหม่ การแลก

เปลี่ยนความรู้จากโครงการที่เพิ่งเริ่มดำเนินการ ทำให้ได้เรียนรู้การดำเนินงานที่ทำไปแล้วของประเทศอื่น ๆ บทนี้กล่าวถึงความต้องการแรงงาน ความท้าทาย การพัฒนา การวิจัยทางวิชาการ และการวิจัย/การพัฒนา/การใช้งาน (RD&D)

ความต้องการแรงงานในอุตสาหกรรม CCUS

แม้ว่าทักษะจำนวนหนึ่งที่จำเป็นสำหรับเทคโนโลยี CCUS จะสามารถถ่ายทอดจากอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้ แต่เทคโนโลยี CCUS มีข้อควรพิจารณาเฉพาะที่จำเป็นสำหรับการฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ปฏิบัติงานที่จะทำงานในอุตสาหกรรม CCUS รุ่นต่อไป อุตสาหกรรม CCUS ที่เกิดขึ้นใหม่ มีศักยภาพในการสร้างงานที่มีคุณภาพมากมาย และเป็นส่วนสำคัญของภาคพลังงานระดับโลกที่ยั่งยืนมากขึ้น ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีผู้ปฏิบัติงานตลอดอายุโครงการ CCUS ตั้งแต่ขั้นตอนของการดักจับ (ซึ่งจะต้องใช้ผู้ฝึกสอนและอุปกรณ์มากขึ้น) การคัดกรองสถานที่ การเลือก และการกำหนดลักษณะเฉพาะ ไปจนถึงการออกแบบและการอนุมัติสถานที่ การก่อสร้าง การปฏิบัติงาน การตรวจสอบหลังการฉีด และการปิดสถานที่ (ดูตาราง 4.1 ด้านล่าง)

นอกเหนือจากความต้องการด้านแรงงานที่เฉพาะแล้ว ผู้กำหนดนโยบาย หน่วยงานกำกับดูแล ผู้นำชุมชน และเจ้าหน้าที่ที่ได้รับการเลือกตั้งที่ต้องการทำความเข้าใจวิธีเพิ่มโอกาสในการใช้เทคโนโลยี CCUS จะต้องสร้างขีดความสามารถและพัฒนาความรู้เกี่ยวกับ CCUS ในระดับหนึ่งด้วย การวิจัยเชิงวิชาการสามารถสนับสนุนความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน การบรรจุหัวข้อ CCUS ไว้ในหลักสูตรการศึกษา จะช่วยสร้างความสนใจและความสามารถ ในการใช้เทคโนโลยี CCUS ได้

ตารางที่ 4.1 ความต้องการแรงงานในโครงการ CCUS

ครอบคลุมทุกสาขา	ผู้จัดการโครงการ, ผู้เชี่ยวชาญด้านสุขภาพ ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม, นักอุทกวิทยา, วิศวกรไฟฟ้า, วิศวกรโยธา, นักเศรษฐศาสตร์, ทนายความ, ช่างไฟฟ้า, ช่างเชื่อม, ช่างวางท่อ, คนขับรถบรรทุก, ผู้ควบคุมเครื่องจักรกลหนัก, เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยประจำสถานที่, นักวิเคราะห์ทางการเงิน, นักบัญชี, เจ้าหน้าที่กำกับดูแล, และผู้เชี่ยวชาญด้านชุมชนสัมพันธ์
การดักจับ	วิศวกรเคมี, วิศวกรเครื่องกล, ผู้สร้างแบบจำลองการปล่อยก๊าซในอากาศ (air emission modelers) และวิศวกรกระบวนการ
การขนส่ง	วิศวกรระบบราง ผู้ควบคุมราง พนักงานควบคุม นักบินกัปตัน ลูกจ้างท่าเรือ ลูกเรือพาณิชย์นาวี บุคลากรก่อสร้างและบำรุงรักษาท่อส่ง
การใช้ประโยชน์	นักเคมี, พนักงานขายและการตลาด, และวิศวกรวัสดุ
การกักเก็บ	นักธรณีวิทยา, นักธรณีฟิสิกส์, นักปิโตรฟิสิกส์, นักธรณีกลศาสตร์, วิศวกรปิโตรเลียม, นักวิทยาแผ่นดินไหว, นักอุทกธรณีวิทยา, นักธรณีเคมี, ผู้เชี่ยวชาญด้านบริการน้ำมันและก๊าซ, ช่างและทีมขุดเจาะหลุม, วิศวกรหลุมผลิต, และวิศวกรขุดเจาะหลุม

ความท้าทายด้านแรงงานในอุตสาหกรรม CCUS

อุตสาหกรรม CCUS จำเป็นต้องผู้ปฏิบัติงานด้านเทคนิคและไม่ใช่ด้านเทคนิคที่หลากหลาย ในด้านเทคนิค บุคลากรด้านน้ำมันและก๊าซมีทักษะพื้นฐานหลายประการในการขนส่งและกักเก็บ CO_2 และอุตสาหกรรมแปรรูปสารเคมีและก๊าซก็มีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการดักจับ CO_2 ดังที่อธิบายไว้ในบทที่ 2: การดักจับ การขนส่ง การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอนคืออะไร ข้อกำหนดสำหรับอุตสาหกรรม CCUS นั้นไม่ได้จำกัดเฉพาะอุตสาหกรรมในปัจจุบัน ดังนั้น จึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องกระตุ้นอุตสาหกรรม CCUS ให้เชื่อมโยงกับการพัฒนาบุคลากรที่แข็งแกร่ง ทั้งในมหาวิทยาลัย วิทยาลัยของชุมชน สถาบันอาชีวศึกษา และโครงการฝึกอบรมเฉพาะทาง การสร้างเครือข่ายที่แข็งแกร่ง

ยังช่วยให้เกิดการทำงานร่วมกันในโครงการที่ซับซ้อนซึ่งครอบคลุมทั้งห่วงโซ่คุณค่าของอุตสาหกรรม CCUS

การพัฒนาบุคลากรในอุตสาหกรรม CCUS

เนื้อหาต่อไปนี้จะอธิบายพอเป็นสังเขปเกี่ยวกับแนวทางต่าง ๆ ในการพัฒนาขีดความสามารถด้านเทคโนโลยี CCUS และบุคลากรด้าน CCUS รวมถึงการผนวกการเสริมสร้างขีดความสามารถเข้าเป็นส่วนหนึ่งของการเข้าหาชุมชนเพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับโครงการ การสร้างเครือข่ายที่แข็งแกร่ง การจัดตั้งศูนย์ทดสอบและฝึกอบรมเทคโนโลยี CCUS และการสนับสนุนการวิจัยทางวิชาการ

การผนวกการเสริมสร้างขีดความสามารถเข้าเป็นส่วนหนึ่งของการเข้าหาชุมชนเพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับโครงการ

ในโลกของความเป็นจริง โครงการต่าง ๆ ของ CCUS สามารถเป็นจุดศูนย์กลางของการเสริมสร้างขีดความสามารถได้ ความร่วมมือระหว่างภาครัฐและภาคอุตสาหกรรมช่วยสนับสนุนการพัฒนาองค์ความรู้และแนวปฏิบัติที่ดีผ่านการดำเนินโครงการ CCUS ที่ประสบความสำเร็จ โดยเริ่มจากการสาธิตภาคสนามขนาดเล็กและขยายขนาดการสาธิตออกไป การสาธิตภาคสนามทั้งหมดควรรวมกิจกรรมการให้ความรู้และการเข้าหาชุมชนเพื่อให้ข้อมูล และเป็นจุดศูนย์กลางในการเสริมสร้างขีดความสามารถ

สร้างเครือข่ายที่แข็งแกร่ง

ในห่วงโซ่คุณค่าของอุตสาหกรรม CCUS มีหลายสิ่งที่จะต้องได้รับการบูรณาการเพื่อให้การดำเนินโครงการประสบความสำเร็จ สิ่งสำคัญ คือ ต้องสร้างเครือข่ายที่แข็งแกร่ง ซึ่งสนับสนุนการทำงานและการสื่อสารร่วมกันในทุกบทบาทที่จำเป็นสำหรับโครงการ CCUS และอุตสาหกรรมในภาพรวม

จัดตั้งศูนย์ทดสอบและฝึกอบรมเทคโนโลยี CCUS

ศูนย์ทดสอบเทคโนโลยีเปิดโอกาสให้ทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยี CCUS (โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการดักจับ) โดยการจัดหาแพลตฟอร์มสำหรับการ

ทดสอบและการพัฒนาที่คุ้มค่า และกระตุ้นการใช้งานในระดับที่ใหญ่ขึ้น ศูนย์ดังกล่าว ยังช่วยเสริมสร้างขีดความสามารถและฝึกอบรมบุคลากรในอนาคต และเป็นสถานที่ให้นักพัฒนาเทคโนโลยีและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลากหลายกลุ่ม รวมถึงภาคอุตสาหกรรม ผู้กำหนดนโยบาย หน่วยงานกำกับดูแล เจ้าหน้าที่ของรัฐ และสาธารณชนได้เข้ามามีส่วนร่วม ตัวอย่างของศูนย์ฝึกอบรมตามที่อธิบายด้านล่าง คือ ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการดักจับและใช้ประโยชน์คาร์บอนของอินเดีย (National Centre of Excellence in Carbon Capture and Utilization: NCoE-CCU)

ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการดักจับและใช้ประโยชน์คาร์บอนของอินเดีย (National Centre of Excellence in Carbon Capture and Utilization)

รูปที่ 4.1 พิธีเปิดศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการดักจับและใช้ประโยชน์คาร์บอนของอินเดีย (NCoE-CCU) (ได้รับความอนุเคราะห์จากวิกรม วิชาล (Vikram Vishal))

ในปี 2564 กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของรัฐบาลอินเดียได้จัดตั้งศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติฯ (NCoE) แห่งแรกที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งอินเดีย (India Institute of Technology) เมืองบอมเบย์ NCoE ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางการวิจัยระยะยาว การพัฒนาการออกแบบ การทำงานร่วมกัน และการเสริมสร้างขีดความสามารถจากหลากหลายสาขาวิชาชีพ เพื่อการวิจัยที่ล้ำสมัยและความคิดริเริ่มที่มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้งานในสาขาการดักจับและการใช้ประโยชน์คาร์บอน NCoE มีหน้าที่ในการกำหนดหมุดหมายที่สำคัญและเป็นหัวหอกในการริเริ่มด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับนวัตกรรม CCUS ที่มุ่งเน้นอุตสาหกรรมในอินเดีย ในขณะเดียวกันก็พัฒนาวิธีการใหม่ ๆ เพื่อยกระดับความพร้อมทางเทคโนโลยี CCUS NCoE กำลังทำการแปลง CO_2 ที่ดักจับให้เป็นสารเคมี การขนส่ง CO_2 การบีบอัดและการใช้งาน รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการขุดเจาะน้ำมันและก๊าซเพื่อเป็นแนวทางให้เกิดประโยชน์ร่วมกัน NCoE ได้พัฒนาวิธีการใหม่ที่มีต้นทุนต่ำ ยั่งยืน และสามารถปรับขนาดได้ในการดักจับ CO_2 โดยใช้ระบบดักจับที่ใช้น้ำ และการแปลงเกลือคาร์บอเนตและคาร์บอนมอนอกไซด์ตลอดจนวิธีการอื่น ๆ NCoE ทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษาและพันธมิตรด้านความรู้ให้กับกระทรวงต่าง ๆ ภายในรัฐบาลอินเดีย ในขณะเดียวกันก็ให้การเข้าถึงสิ่งอำนวยความสะดวกด้านการวิจัยและพัฒนาแก่หน่วยงานอื่น ๆ ในประเทศ โดยปกติ NCoE จะจัดอบรมหลักสูตรต่าง ๆ เป็นประจำ เช่น หลักสูตรระยะสั้นสำหรับภาคอุตสาหกรรมและภาคส่วนอื่นๆ

สนับสนุนการวิจัยทางวิชาการ

ในขณะที่อุตสาหกรรม CCUS ยังอยู่ในช่วงเริ่มต้น การสนับสนุนจากรัฐบาลอย่างยั่งยืนเพื่อการวิจัยเทคโนโลยี CCUS ในระดับบัณฑิตศึกษาถือเป็นรากฐานของการเสริมสร้างขีดความสามารถและการพัฒนาบุคลากรเพื่อรองรับอุตสาหกรรม CCUS นอกเหนือจากการสนับสนุนของรัฐบาลในการพัฒนาบุคลากร CCUS แล้ว สมาคมธรณีศาสตร์และวิศวกรรมที่สำคัญ ๆ ก็ดำเนินกิจกรรมเสริมสร้างขีดความสามารถด้าน CCUS (เช่น การประชุมเชิงปฏิบัติการที่มุ่งเน้น CCUS หรือการประชุมทางเทคนิคในการประชุมระหว่าง

ประเทศที่สำคัญ ๆ) ดูหัวข้อ การมีส่วนร่วม ในบทที่ 9: แหล่งข้อมูลเพิ่มเติม สำหรับรายละเอียด

พัฒนาประสบการณ์การฝึกอบรมเฉพาะทางและเครือข่ายอาชีพ

การฝึกอบรมและการศึกษาเฉพาะทางอาจเป็นวิธีการที่ดีเยี่ยมในการเรียนรู้แบบมีเป้าหมาย โรงเรียน IEAGHG International Interdisciplinary CCS Summer School ซึ่งเริ่มดำเนินการมาตั้งแต่ปี 2550 มีศิษย์เก่ากว่า 700 คน จาก 60 ประเทศ ได้มอบโอกาสทางการศึกษาให้แก่นักวิทยาศาสตร์และนักวิจัยรุ่นเยาว์ที่ต้องการเรียนรู้และทำความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยี CCS มากขึ้น เป็นเวลาหนึ่งสัปดาห์เต็ม[1] กรณีศึกษาต่อไปนี้จะให้รายละเอียดเกี่ยวกับโปรแกรมนานาชาติเพื่อการเสริมสร้างขีดความสามารถสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาและผู้ประกอบวิชาชีพขั้นต้นในสหรัฐฯ

โครงการเสริมสร้างประสบการณ์ด้านการวิจัยการกักเก็บคาร์บอน รูปแบบในการเสริมสร้างขีดความสามารถเพื่อพัฒนาความเป็นผู้นำ กลุ่มผู้มีความสามารถเป็นเลิศ และเครือข่ายอาชีพในอุตสาหกรรม CCUS

รูปที่ 4.2 ผู้เข้าร่วมในโครงการ RECS เยี่ยมชมโครงการ Citronelle Project ในรัฐแอละแบมา สหรัฐฯ ซึ่งมีการขนส่ง CO_2จากโรงไฟฟ้า Barry รัฐแอละแบมาทางท่อและถูกอัดฉีดที่ระดับความลึก 3-3.4 กม. (ด้วยความอนุเคราะห์จาก พาเมลา ทอมสกี้ (Pamela Tomski))

ในปี 2547 สำนักงาน Office of Fossil Energy and Carbon Management ของกระทรวงพลังงานสหรัฐฯ ได้ให้การสนับสนุนการเปิดตัวโครงการ RECS โดยมีวิสัยทัศน์ที่จะสร้างบุคลากรระดับโลกด้าน CCUS และสร้างชุมชนผู้ประกอบวิชาชีพรุ่นเยาว์เพื่อช่วยนำอุตสาหกรรม CCUS ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมเกิดใหม่และส่งเสริมการเปลี่ยนผ่านสู่พลังงานสะอาด

โครงการ RECS ได้รับการยอมรับในวงกว้างว่าเป็นโครงการที่ให้ประสบการณ์เหนือชั้นด้านการศึกษาและการฝึกอบรมเทคโนโลยี CCUS รวมทั้งเครือข่ายอาชีพสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาและผู้ประกอบวิชาชีพขั้นต้นในสหรัฐฯ โครงการ RECS มีแผนการอบรมประจำปีแบบเข้มข้นเป็นระยะเวลา 8 วัน ที่ผสมผสานการเรียนการสอนในชั้นเรียน แบบฝึกหัดกลุ่ม การเยี่ยมชมพื้นที่โครงการ CCUS การอบรมด้านการสื่อสาร และกิจกรรมภาคสนามแบบลงมือปฏิบัติจริงที่โครงการ CCUS กิจกรรมเหล่านี้ครอบคลุมหัวข้อที่หลากหลาย เช่น วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี นโยบาย การมีส่วนร่วม และธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการนำเทคโนโลยี CCUS ไปปรับใช้ โครงการ RECS ยังเปิดโอกาสในการสร้างเครือข่าย การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และการสร้างทีม เพื่อพัฒนาทักษะการมีส่วนร่วม และส่งเสริมความรู้และการทำงานร่วมกันแบบสหวิทยาการ

หลักการสำคัญของโครงการ RECS คือการเน้นที่กิจกรรมการเรียนรู้ ณ สถานที่ของโครงการ CCUS สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับวงจรอายุโครงการและข้อควรพิจารณาเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีดังกล่าวไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ผู้เข้าร่วมโครงการ RECS จะได้รับประสบการณ์ตรงอันล้ำค่าและสัมผัสกับโครงการ CCUS ในโลกแห่งความเป็นจริง ซึ่งจะเสริมสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความท้าทายและโอกาสของงานในด้านนี้ พร้อมทั้งเสริมสร้างทักษะที่จำเป็นให้แก่ผู้เข้าร่วม และให้โอกาสผู้เข้าร่วมได้พบปะกับเครือข่ายที่จำเป็นต่อภูมิทัศน์ของอุตสาหกรรม CCUS ที่มีความซับซ้อน และผลักดันให้เกิดการนำเทคโนโลยี CCUS ไปใช้งาน

โครงการ RECS เป็นตัวเร่งในการสร้างความเป็นผู้นำและการเติบโตในเส้นทางอาชีพของอุตสาหกรรม CCUS นอกจากนี้ ศิษย์เก่าจากโครงการ RECS ถือเป็นบุคลากรแนวหน้าที่นำเทคโนโลยี CCUS ไปใช้ในสหรัฐฯ และทั่วโลก โครงการ RECS อำนวยความสะดวกในการสร้างเครือข่ายและทำงานร่วมกับกลุ่มศิษย์เก่ากว่า 700 คน ซึ่งต่างมีส่วนร่วมอย่างแข็งขันในทุก ๆ ด้านของอุตสาหกรรม CCUS ตั้งแต่ภาครัฐและอุตสาหกรรมไปจนถึงองค์กรนอกภาครัฐและการวิจัยทางวิชาการ ศิษย์เก่ามีส่วนในการเป็นบุคลากรด้าน CCUS ผ่านบทบาทที่หลากหลาย เช่นการบริหารโครงการ บทบาทต่าง ๆ ทางเทคนิคและวิศวกรรม การพัฒนาธุรกิจ นโยบายและการกำกับดูแล รวมทั้งการพัฒนานวัตกรรมและการเป็นผู้ประกอบการผ่านบริษัทสตาร์ตอัปของตน

โครงการ RECS เป็นโครงการต้นแบบที่ประสบความสำเร็จให้ประเทศและเขตอำนาจอื่น ๆ ได้พิจารณา โครงการเช่น RECS อาจมีบทบาทสำคัญในการผลิตบุคลากรด้าน CCUS ที่มีทักษะและมีความหลากหลาย รวมทั้งสร้างและเสริมสร้างเครือข่ายอุตสาหกรรม CCUS ที่มีประสิทธิผล เสริมสร้างขีดความสามารถ และพัฒนาผู้นำด้าน CCUS ซึ่งจะผลักดันให้เกิดการนำไปใช้งานและสร้างอนาคตที่ยั่งยืน

การวิจัย การพัฒนา และการนำไปใช้งาน

การลงทุนในการวิจัย การพัฒนา และการนำไปใช้งาน (research, development, and deployment: RD&D) เป็นสิ่งที่สนับสนุนกลยุทธ์การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ลดต้นทุน เพิ่มประสิทธิภาพ ลดความเสี่ยง และลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีต่อเทคโนโลยี CCUS ได้โดยตรง กิจกรรม RD&D ยังช่วยเร่งการบูรณาการส่วนประกอบของเทคโนโลยี CCUS และมีความสำคัญต่อการเสริมสร้างขีดความสามารถ

โครงการ RD&D ควรใช้ประโยชน์จากความร่วมมือระหว่างภาครัฐกับเอกชนในกิจกรรมที่เกี่ยวกับการพัฒนาและการนำไปใช้งานในอนาคต ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องให้ความสำคัญกับการทำ RD&D มากขึ้น เพื่อการพัฒนาเทคโนโลยี CCUS เชิงพาณิชย์ ด้วยแนวทางใหม่ ๆ ที่มีค่าใช้จ่ายไม่สูง ปรับขนาดได้ และมีความยั่งยืน ข้อเสนอแนะในการทำ RD&D ของเทคโนโลยี CCUS ที่มีประสิทธิผล ได้แก่

- **การสนับสนุนเทคโนโลยีในทุกขั้นของการพัฒนา** ความสำเร็จเชิงพาณิชย์ต้องอาศัยเทคโนโลยีที่เป็นตัวช่วยตลอดทุกขั้นของการพัฒนาและการต่อยอดประสบการณ์ เพื่อมุ่งสู่โครงการที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น การทำ RD&D ของ CCUS ควรสนับสนุนการบุกเบิกเทคโนโลยีที่มีนวัตกรรมเฉพาะตัว ไปจนถึงการใช้เทคโนโลยีที่มีการปรับปรุงและพัฒนามาแล้ว เพื่อให้ภาคเอกชนได้รับประโยชน์จากต้นทุนทางเทคโนโลยีที่ลดลง และเกิดการนำเทคโนโลยี CCUS ไปใช้งานในเชิงพาณิชย์มากขึ้น

- **การวิจัยอย่างต่อเนื่องและการพัฒนางานวิจัยตั้งแต่ช่วงแรกเริ่ม** สำหรับเขตเศรษฐกิจเกิดใหม่ที่สนใจและเร่งการนำเทคโนโลยี CCUS ไปใช้ (เช่น เวียดนาม ไทย อินโดนีเซีย มาเลเซีย) การวิจัยที่สนับสนุนการค้นพบทางเทคโนโลยีเป็นสิ่งสำคัญในการลดการติดกับดักทางเทคโนโลยี และสร้างโอกาสใหม่ ๆ ในการนำเทคโนโลยี CCUS ไปใช้
- **การขยายขอบเขตงานวิจัยและการประยุกต์ใช้** เทคโนโลยี CCUS สามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิผลในแหล่งกำเนิดก๊าซ CO_2 ที่หลากหลาย การทำ RD&D ไม่ควรจำกัดอยู่กับหัวข้อใดหัวข้อหนึ่ง แต่ควรเปิดรับทุกการประยุกต์ใช้ที่เป็นไปได้ เพื่อส่งเสริมให้มีการนำเทคโนโลยีไปใช้อย่างแพร่หลาย และบูรณาการเข้ากับกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่กว้างขึ้น เนื่องจากเขตเศรษฐกิจเกิดใหม่ให้ความสำคัญกับส่วนใดส่วนหนึ่งของห่วงโซ่มูลค่า CCUS มากกว่า ดังนั้น การทำ RD&D ในหัวข้อนั้น ๆ อาจเป็นไปได้ในทางปฏิบัติมากกว่า
  - **การทำ RD&D เพื่อการดักจับคาร์บอน** การวิจัยเกี่ยวกับการดักจับคาร์บอนที่มากขึ้น เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการลดต้นทุนและปรับปรุงผลการดำเนินงาน เนื่องจากมีการนำการดักจับคาร์บอนไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลและอุตสาหกรรมการผลิต แม้ว่าเทคโนโลยีการดักจับคาร์บอนรุ่นแรกจะมีให้ใช้อย่างแพร่หลายและมีให้ใช้ในเชิงพาณิชย์ ทว่า การทำ RD&D สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนของเทคโนโลยีเชิงพาณิชย์ที่มีอยู่ได้ รวมทั้งยังช่วยพัฒนาเทคโนโลยีรุ่นที่สอง ที่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และผลการดำเนินงานทางเทคนิคที่ดีขึ้นกว่าเดิม
  - **การทำ RD&D เพื่อหาแนวทางในการใช้ประโยชน์** แม้ว่าการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการขุดเจาะน้ำมัน (EOR) ยังเป็นทางเลือกที่เป็นไปได้และประหยัดสำหรับการกักเก็บ CO_2 ในระยะยาว แต่แหล่งปล่อยก๊าซ CO_2 ขนาดใหญ่จำนวนมาก ไม่ได้อยู่ใกล้กับพื้นที่ที่ทำ EOR รายได้จากการทำ EOR ยังขึ้นอยู่กับราคาน้ำมันอย่างมาก และอาจลดลงเมื่อโลกมีการเปลี่ยนผ่านสู่แหล่งพลังงานอื่น ๆ ด้วยเหตุผลดังกล่าวการทำ RD&D เกี่ยวกับทางเลือกในการกักเก็บและการไม่ใช้ EOR จึงจำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาตลาดและโอกาสใหม่ ๆ ในการใช้ CO_2 นอกจากนี้ ยังมีโอกาสอื่น ๆ ที่ได้จากการทำ RD&D เกี่ยวกับการใช้คาร์บอนและการนำคาร์บอนกลับมาใช้ซ้ำ ด้วยการวิจัยที่มีห้องปฏิบัติการสนับสนุน โดยการจัดให้มีกลไกทางเทคโนโลยีสำหรับการ

ใช้ก๊าซ CO_2 และสร้างโอกาสทางเศรษฐกิจโดยการสร้างผลิตภัณฑ์ส่งออกใหม่ ๆ

- **การทำ RD&D เพื่อการขนส่ง** การขนส่ง CO_2 เป็นกิจกรรมที่ค่อนข้างเติบโตเต็มที่แล้ว แต่ก็อาจได้รับประโยชน์จากการทำ RD&D กิจกรรม RD&D อาจมุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงเรื่องความปลอดภัย การลดต้นทุน การค้นหาหนทางใหม่ ๆ และปรับปรุงประสิทธิภาพของวิธีการขนส่ง นอกจากนี้ การวิจัยเกี่ยวกับวัสดุใหม่ ๆ ยังเป็นโอกาสที่ทำให้เกิดการลดต้นทุนได้อย่างมีนัยสำคัญและเพิ่มความปลอดภัยในการขนส่ง
- **การทำ RD&D เพื่อการกักเก็บคาร์บอน** การอัดฉีดก๊าซ CO_2 ใต้ผิวดินต้องอาศัยความเข้าใจอย่างละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการกักเก็บและสภาพทางธรณีวิทยาในท้องถิ่น ความก้าวหน้าในการวิจัยเป็นสิ่งจำเป็นต่อการพัฒนาเทคนิคการกำหนดลักษณะของสถานที่เชิงพาณิชย์ เครื่องมือคำนวณขั้นสูงเพื่อการจัดการข้อมูลปริมาณมากและระบบติดตามตรวจสอบที่ดีขึ้น
- **การทำ RD&D สำหรับประเด็นที่มีความคาบเกี่ยว** ค่าใช้จ่ายของการทำ RD&D ตามหลักวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน สามารถกระตุ้นนวัตกรรมและการค้นพบครั้งสำคัญเกี่ยวกับเทคโนโลยี CCUS การสนับสนุนการวิเคราะห์ตลาดและการวิเคราะห์แบบบูรณาสามารถช่วยให้ประเทศต่าง ๆ ได้เข้าใจว่าเทคโนโลยี CCUS และกลยุทธ์อื่น ๆ สามารถช่วยสนับสนุนเป้าหมายการลดคาร์บอน และกำหนดเส้นทางการแก้ปัญหาที่มีความคุ้มค่าในเชิงต้นทุนได้อย่างไร

กรณีศึกษาต่อไปนี้ในส่วนของศูนย์ National Carbon Capture Center (NCCC) ในสหรัฐฯ และศูนย์ Test Center Mongstad (TCM) ในนอร์เวย์ แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของศูนย์วิจัย/ทดสอบ เพื่อการพัฒนาเทคโนโลยี CCUS

ศูนย์ National Carbon Capture Center (NCCC) ในแอละแบมา

รูปที่ 4.3 ศูนย์ National Carbon Capture Center
(ด้วยความอนุเคราะห์จากบริษัท Southern Company)

ห้องปฏิบัติการ National Energy Technology Laboratory (NETL) สังกัดกระทรวงพลังงานสหรัฐฯ และบริษัท Southern Company ดำเนินการศูนย์ NCCC ซึ่งเป็นศูนย์วิจัยที่เป็นกลาง ทำหน้าที่พัฒนาเทคโนโลยีในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโรงไฟฟ้าพลังงานฟอสซิลและกระบวนการทางอุตสาหกรรม รวมถึงส่งเสริมนวัตกรรมการเปลี่ยนคาร์บอนเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และการกำจัดคาร์บอน เช่นการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์โดยตรงจากอากาศ (DAC) เป็นต้น

ศูนย์แห่งนี้ตั้งอยู่ ณ เมืองวิลสันวิลล์ รัฐแอละแบมา ให้บริการทดสอบที่มีลักษณะเฉพาะเพื่อการประเมินความคุ้มค่าโดยบุคคลที่สามในเทคโนโลยีด้านการดักจับ CO_2, การเปลี่ยน CO_2 ให้เป็นเชื้อเพลิง และการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์โดยตรงจากอากาศ (DAC) ซึ่งจะอุดช่องว่างระหว่างการวิจัยในห้องปฏิบัติการ กับการสาธิตและการนำไปใช้งานในโครงการขนาดใหญ่ เฉพาะในปี 2566 มีองค์กรผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกว่า 50 องค์กรเข้าเยี่ยมชมศูนย์ NCCC

ศูนย์ NCCC ให้สิทธิประโยชน์แก่ผู้พัฒนาเทคโนโลยีโดยเปิดโอกาสให้มีการทดสอบในสภาพการปฏิบัติงานจริงของพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม ซึ่งจะช่วยเร่งให้เกิดการนำกระบวนการดักจับและการเปลี่ยนคาร์บอนเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆต้นทุนต่ำ รวมถึงเทคโนโลยี DAC ที่เกิดขึ้นใหม่ ไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ด้วยการทดสอบทางเทคโนโลยีกว่า 75 รายการ ศูนย์ได้มีส่วนร่วมโดยตรงในการลดต้นทุนการดักจับ CO_2 มากกว่าร้อยละ 40 จากการผลิตพลังงานฟอสซิล ให้แก่นักนวัตกรรมในสหรัฐฯ และอีก 6 ประเทศ ศูนย์ NCCC สนับสนุนการประเมินเทคโนโลยีขั้นสูงจากผู้พัฒนาในประเทศและต่างประเทศ การประเมินดังกล่าวมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการระบุและแก้ไขปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม สุขภาพและความปลอดภัย การปฏิบัติงาน ส่วนประกอบ และการพัฒนาระบบ รวมทั้งมีความสำคัญยิ่งต่อการขยายขนาดและการปรับปรุงกระบวนการ โดยทำงานร่วมกับผู้พัฒนาเทคโนโลยี โครงการที่ได้รับการสนับสนุนจากกระทรวงพลังงานสหรัฐฯ รวมทั้งโครงการจากภาคอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย และสถาบันอื่น ๆ ที่ทำงานร่วมกัน ได้จัดหาเทคโนโลยีทุกรูปแบบเพื่อใช้ในการทดสอบที่ศูนย์

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบที่ศูนย์ NCCC จะใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจากห้องปฏิบัติการ ซึ่งช่วยในการขยายขนาดของโครงการทางวิศวกรรม และในทางกลับกัน ก็ช่วยผลักดันให้เกิดการค้นพบแนวทางที่สำคัญในการจัดการคาร์บอนอีกด้วย ศูนย์ NCCC ยังให้ความช่วยเหลือในการหาพันธมิตรในประเทศและต่างประเทศ
เพื่อขยายขนาดของโครงการ ศูนย์ NCCC ให้บริการทดสอบเอนไซม์ เมมเบรน วัสดุดูดซับ ตัวทำละลาย ไฮบริด และระบบที่เกี่ยวข้องสำหรับการดักจับคาร์บอนหลังการสันดาป รวมถึงเทคโนโลยีการเปลี่ยนก๊าซ CO_2 และเทคโนโลยี DAC มากกว่า 150,000 ชั่วโมง

จนถึงตอนนี้ ศูนย์ NCCC ได้ดำเนินการทดสอบการเปลี่ยนคาร์บอนเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ แล้วเสร็จจำนวนสามครั้ง เช่น การสาธิตกระบวนการเคมีความร้อนของ Southern Research เพื่อผลิตเอทิลีนโดยใช้ก๊าซ CO_2 จากก๊าซเผาไหม้ที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหินและอีเทน และการสาธิตกระบวนการเปลี่ยน CO_2 เป็นแร่ธาตุ CarbonBuilt Reversa™ ซึ่งใช้ CO_2 ในก๊าซเผาไหม้และสิ่งตกค้างที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหินเพื่อผลิตคอนกรีตคาร์บอนต่ำ นอกจากนี้ ศูนย์ NCCC ยังได้ดำเนินการทดสอบหลายครั้งในปี 2566 กับ Helios-NRG LLC ในส่วนของเทคโนโลยีตัวแรกที่เปลี่ยนสาหร่ายเป็นพลังงาน ซึ่งเป็นระบบใหม่แบบต่อเนื่องหลายขั้นตอนโดยใช้สาหร่ายดักจับ CO_2 จากก๊าซเผาไหม้ของโรงไฟฟ้า ในปี 2566 ศูนย์ NCCC ได้ทำการทดสอบ DAC ในสถานที่เป็นครั้งแรกได้สำเร็จ โดยทำงานร่วมกับองค์กร Southern States Energy Board และ Aircapture และกำลังทำการทดสอบเพิ่มเติม

ศูนย์ Technology Center Mongstad (TCM) เพื่อการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของนอร์เวย์

รูปที่ 4.4 ศูนย์ Technology Center (TCM) เพื่อการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของนอร์เวย์
(ด้วยความอนุเคราะห์จากศูนย์ Technology Center Mongstad, tcmda.com)

ศูนย์ TCM มีรัฐนอร์เวย์และภาคอุตสาหกรรมเป็นเจ้าของร่วม (Equinor, Shell, และ TotalEnergies) ตั้งแต่ปี 2555 เป็นต้นมา ศูนย์ TCM เปิดให้บริการแก่นักวิจัยและผู้พัฒนาเทคโนโลยีระดับชาติและนานาชาติที่ต้องการทดสอบและตรวจสอบยืนยันเทคโนโลยีการดักจับก๊าซ CO_2 การทดสอบองค์ประกอบ และการแก้ปัญหา ศูนย์ TCM ยังให้บริการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการดักจับและคำแนะนำในด้านต่าง ๆ เช่น การสลายของตัวทำละลาย การกัดกร่อน ประเด็นเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซ และการจัดการของเสีย ซึ่งล้วนเป็นด้านที่สำคัญของกระบวนการดักจับ

การสนับสนุนที่สำคัญอันดับต้น ๆ ของศูนย์ทดสอบอย่าง TCM คือสอบและตรวจสอบยืนยันเทคโนโลยีก่อนนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ จนถึงปัจจุบัน มีการทดสอบทั้งหมด 23 กิจกรรม ณ ศูนย์ TCM ตัวอย่าง เช่น เทคโนโลยีการดักจับที่ใช้สำหรับโครงการสาธิต Longship ของนอร์เวย์ได้รับการทดสอบครั้งแรกที่ศูนย์ TCM[2]

ประโยชน์ข้อหนึ่งของศูนย์ TCM และศูนย์ทดสอบอื่น ๆ ที่มักได้รับการประเมินค่าต่ำเกินไป คือ การเสริมสร้างขีดความสามารถ ศูนย์ TCM ได้ผลิตสิ่งพิมพ์และรายงานที่เปิดเผยต่อสาธารณะหลายฉบับซึ่งเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรม หน่วยงานกำกับดูแล และนักวิชาการ[3] ศูนย์ TCM ได้เปิดโอกาสให้นักวิจัยจากนอร์เวย์และต่างประเทศเข้าร่วมการฝึกอบรมเพื่อสร้างขีดความสามารถอย่างกว้างขวาง โดยมีข้อตกลงต่าง ๆ ที่รับประกันว่าจะเกิดการทำงานร่วมกันกับสถาบันวิจัยผ่านการให้ข้อมูล[4] และการอนุญาตให้นักวิจัยดำเนินการทดสอบเทคโนโลยี ณ ศูนย์ทดสอบได้[5] ศูนย์ TCM ได้ริเริ่มและมีส่วนร่วมใน International Test Center Network ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการให้ความรู้ที่อาจมีความสำคัญต่อการปรับ และการใช้เทคโนโลยี CCS ในเชิงพานิชย์ทั่วโลก[6] เครือข่ายนี้ประกอบด้วยประเทศสมาชิกที่เข้าร่วมการทดสอบจาก จีน ญี่ปุ่น และเกาหลีใต้[7] ซึ่งทำให้ภูมิภาคเอเชียได้รับประโยชน์จากการดำเนินงานของศูนย์ TCM มานานกว่า 10 ปี ตลอดจนได้ประโยชน์จากความรู้และความเชี่ยวชาญจากศูนย์ทดสอบอื่นในยุโรป สหรัฐฯ แคนาดา และออสเตรเลีย

ผู้กำหนดนโยบายและหน่วยงานกำกับดูแล

ข้อมูลที่อธิบายไว้ข้างต้นไม่ได้จำกัดเพียงการใช้งานในประเทศเท่านั้น แต่ยังสามารถนำไปใช้เพื่อสร้างความเชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องภายในรัฐบาล (เช่น กับผู้กำหนดนโยบายและหน่วยงานกำกับดูแล) โครงการริเริ่มเพื่อการแลกเปลี่ยนแบบทวิภาคีและพหุภาคีมีอยู่ทั่วทุกที่ทั้งในสหรัฐฯ และรัฐบาลของประเทศอื่น ๆ ซึ่งให้ความช่วยเหลือและความร่วมมือทางเทคนิค

การแบ่งปันความรู้ระหว่างองค์กรผู้นำ (early movers) ไม่เพียงแต่มีความสำคัญต่อพัฒนาการด้านเทคนิคของเทคโนโลยี CCUS แต่ยังมีความสำคัญต่อการพัฒนากรอบกฎหมายและกรอบการกำกับดูแลด้วย ตามที่ให้รายละเอียดไว้ในบทที่ 5 แผนยุทธศาสตร์เพื่อการพัฒนากรอบกฎหมายและกรอบการกำกับดูแล

5. แผนยุทธศาสตร์เพื่อการพัฒนากรอบกฎหมายและกรอบการกำกับดูแล

ประเด็นสำคัญที่ได้เรียนรู้

- เพื่อสร้างอุตสาหกรรม CCUS ที่ประสบความสำเร็จและปลอดภัย ประเทศต่างๆ จำเป็นต้องพัฒนากรอบงาน กรอบ CCUS ประกอบด้วยนโยบาย กฎหมาย พระราชบัญญัติ/รัฐบัญญัติ ระเบียบ รวมถึงเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดเงื่อนไขให้แก่ผู้มีบทบาทหลักในการจัดทำโครงการ CCUS
- ในการสร้างกรอบงานที่ประสบความสำเร็จ คู่มือฉบับนี้ได้เสนอกระบวนการ 6 ขั้นตอน โดยเริ่มจากการประเมินนโยบายที่มีอยู่ของประเทศเพื่อสร้างนโยบาย (หรือยุทธศาสตร์) ของประเทศสำหรับเทคโนโลยี CCUS
- ขั้นตอนที่ 4 ในกระบวนการ 6 ขั้นตอนนี้ คือ การสร้างกรอบงาน ประเทศต่าง ๆ สามารถตัดสินใจได้ว่าต้องการนำกฎหมายใหม่ทั้งหมดมาใช้ในการสร้างกรอบ CCUS ที่เป็นอิสระหรือไม่ หรือต้องการปรับแก้กฎหมายที่มีอยู่ให้เข้ากับกรอบงานที่มี (เช่น น้ำมันและก๊าซ) นอกจากนี้ ประเทศต่าง ๆ อาจใช้หรือไม่ใช้มาตรฐานและแหล่งข้อมูลต่าง ๆ จากภายนอก ไม่มีวิธีการใดที่ "ถูกต้อง" เพียงวิธีการเดียว
- แม้จะไม่มีวิธีการที่ถูกต้องเพียงวิธีการเดียว ทว่ากรอบ CCUS ที่จะประสบความสำเร็จนั้น จะต้องแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวกับเทคโนโลยี CCUS ในทุก ๆ ด้าน เพื่อให้แน่ใจว่ากิจกรรมด้านการกำกับดูแลโดยหน่วยงานภาครัฐต่าง ๆ สามารถทำงานประสานกันได้อย่างดี
- ญี่ปุ่นและนอร์เวย์เป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นว่าโครงการ CCUS จะเดินหน้าไปอย่างไรได้บ้าง แม้ไม่มีกรอบ CCUS ที่พัฒนาไว้อย่างสมบูรณ์

บทนำ

กรอบ CCUS คือชุดนโยบาย กฎหมาย พระราชบัญญัติ/รัฐบัญญัติ ระเบียบ รวมทั้งชุดตราสารที่มีผลผูกพันทางกฎหมาย ซึ่งเป็นโครงสร้างที่สนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรม CCUS และการคุ้มครองสิ่งแวดล้อม กรอบงานมีความจำเป็นต่อทั้งภาครัฐและภาคเอกชนในการรับประกันว่าโครงการ CCUS เป็นโครงการที่คาดการณ์ได้ ให้บริการได้ ตรวจสอบได้ มีความโปร่งใส และสามารถกู้ยืมเงินจากธนาคารได้

แผนยุทธศาสตร์เพื่อการพัฒนากรอบงาน

วิธีในการสร้างกรอบ CCUS มีอยู่หลากหลายวิธี แนวทางหนึ่งอาจประกอบด้วย 6 ขั้นตอนต่อไปนี้รวมกัน ดังแสดงด้านล่างนี้[1] ประเมินและแก้ไขนโยบายหรือยุทธศาสตร์ระดับชาติของประเทศ ระบุช่องว่างและอุปสรรคในกรอบงานที่มีอยู่ ทำผังกรอบงานที่เกี่ยวข้องและกำหนดแนวปฏิบัติที่ดีโดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ พัฒนากรอบงานที่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ ร่างกฎหมายและระเบียบ และนำกรอบงานไปใช้

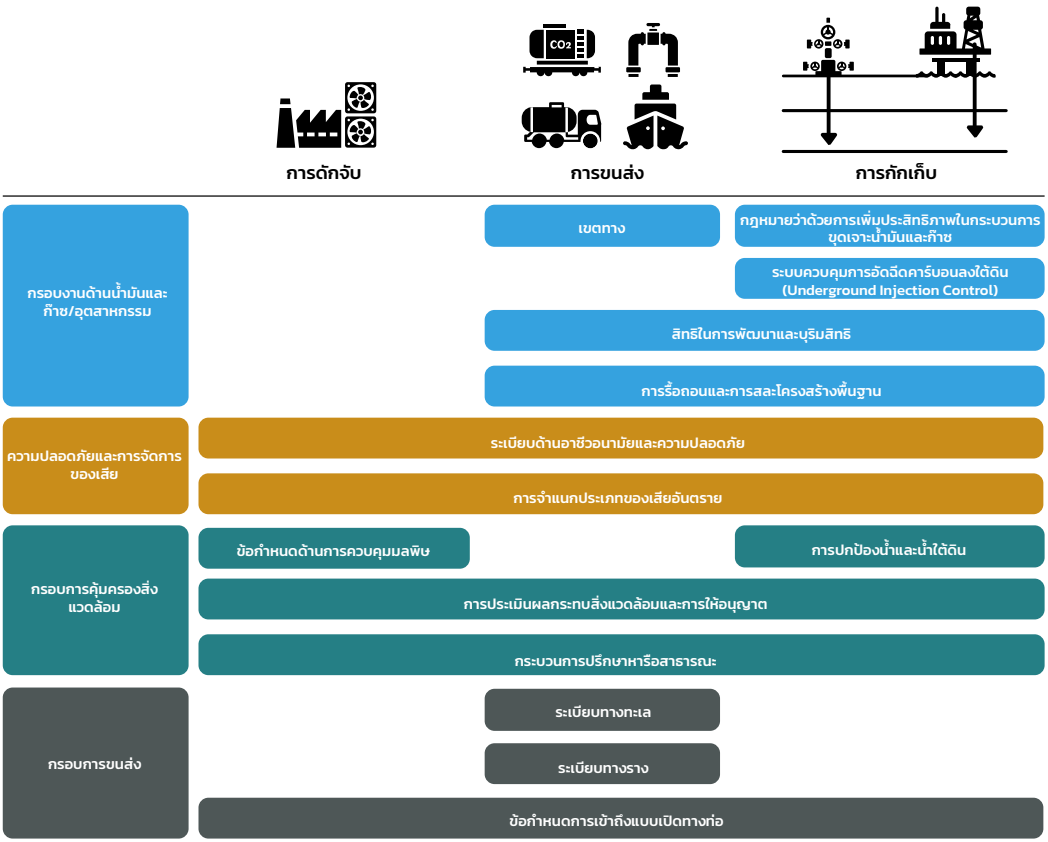
ขั้นตอนที่ 1 นโยบาย/ยุทธศาสตร์ของประเทศ

จำเป็นต้องรวมเอา CCUS ไว้ในเอกสารนโยบายและยุทธศาสตร์ระดับชาติ จุดนี้จะเป็นการกำหนดทิศทางในการพัฒนากรอบ CCUS นอกจากนี้ ในหลาย ๆ ประเทศ รัฐบาลจะต้องอนุมัติก่อนที่จะมีการบัญญัติและตรากฎหมาย ดังนั้น ในนโยบายระดับชาติ (หรือ 'เอกสารยุทธศาสตร์') ที่ประกอบด้วยแนวทาง CCUS จะต้องมีการระบุชื่อกระทรวง/หน่วยงานที่เป็นต้นเรื่อง เนื่องจากเป็นสิ่งสำคัญต่อการสนับสนุนพัฒนาการด้านกรอบกฎหมายและกรอบการกำกับดูแล ขอเสนอแนะให้มีการกำหนดกลยุทธ์ในการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเพื่อการพัฒนาและให้ข้อมูลเกี่ยวกับนโยบายหรือยุทธศาสตร์

ขั้นตอนแรกในการสร้างกรอบ CCUS คือการประเมินนโยบายและยุทธศาสตร์ของประเทศที่มีอยู่ เพื่อพิจารณาดูว่ามีการรวมเรื่อง CCUS เข้าไว้ในเอกสารหรือไม่ เนื่องจาก CCUS เป็นเทคโนโลยีที่ช่วยลดปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จึงอาจมีการนำ CCUS มารวมไว้เป็นส่วนหนึ่งของยุทธศาสตร์การลดปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในฐานะที่เป็นส่วนหนึ่งของเป้าหมายด้านสภาพภูมิอากาศของประเทศ ตัวอย่างเช่น รัฐบาลมาเลเซียระบุให้โครงการ CCUS เป็นโครงการริเริ่มที่สำคัญภายใต้ แนวทางเพื่อการเปลี่ยนผ่านไปสู่การใช้พลังงานที่ยั่งยืน (Energy Transition Levers)[2] ในอินเดีย NITI Aayog ซึ่งเป็นหน่วยงานคลังสมอง ด้านนโยบายของรัฐบาลอินเดีย ได้ออกรายงานเชิงยุทธศาสตร์ที่สรุปเกี่ยวกับการแทรกแซงเชิงนโยบายในระดับกว้างที่จำเป็นสำหรับภาคส่วนต่าง ๆ ในการนำเทคโนโลยี CCUS ไปใช้[3]

ในการพัฒนานโยบาย/ยุทธศาสตร์ของประเทศ ข้อควรพิจารณาจะประกอบด้วย การระบุอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง การกำหนดบทบาทของรัฐ การจัดการเกี่ยวกับกรรมสิทธิ/ความรับผิด/การเข้าถึง การรวบรวมทรัพยากร และการกำหนดตัวเลือกทางการเงิน

- **อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง** ผู้ผลิตไฟฟ้า น้ำมันและก๊าซ เคมีภัณฑ์ ปูนซีเมนต์ และเหล็กกล้า บ่อยครั้ง แนวทางการพัฒนากรอบงานที่แบ่งเป็นระยะ ๆ จะช่วยเน้นความพยายามและเร่งการกำหนดเวลาเพื่อให้เกิดการออกกฎหมาย/ระเบียบที่ไม่ได้จำกัดอยู่ที่อุตสาหกรรมใดอุตสาหกรรมหนึ่ง ในภายหลัง
- **บทบาทของรัฐ** การกำกับดูแลหรือมอบหมายอำนาจหน้าที่ให้องค์กรปกครองส่วนภูมิภาค
- **กรรมสิทธิ ความรับผิด การเข้าถึง** สำหรับการขนส่งและการกักเก็บ ให้รวมบทบาทของสัญญาภาคเอกชนเข้าไว้ด้วย พิจารณาว่ารัฐจะรับผิดชอบในการดูแลพื้นที่กักเก็บในระยะยาวหรือไม่ และจะกำหนดสิทธิในที่ดินและการเข้าถึงที่ดิน (ผิวดิน/ใต้ผิวดิน) อย่างไร
- **ทรัพยากร** ในประเทศและต่างประเทศ บทที่ 6 จะกล่าวถึงทรัพยากรและหน้าที่ความรับผิดชอบด้านกรอบงานส่วนนี้ในรายละเอียดเพิ่มเติม
- **มาตรการจูงใจทางการเงิน/คำสั่ง** เพื่อช่วยกระตุ้นให้เกิดการนำเทคโนโลยี CCUS ไปใช้ บทที่ 7 จะกล่าวถึงเรื่องนี้ในรายละเอียดเพิ่มเติม



รูปที่ 5.2 ตัวอย่างของระเบียบที่มีอยู่ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับกิจกรรม CCUS (ปรับและขยายความจาก IEA 2022: CCUS Legal and Regulatory Handbook, หน้า 24)

ขั้นตอนที่ 2 ช่องว่างและอุปสรรค

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ช่องว่างและอุปสรรคของเครื่องมือทางกฎหมายและการกำกับดูแลที่มีอยู่เกี่ยวกับโครงการ CCUS เพื่อพิจารณาว่ากรอบงานที่มีอยู่ (เช่น ที่ใช้กับเทคโนโลยี EOR โดยใช้ CO_2) สามารถนำมาปรับใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่น หรือเพื่อสนับสนุนกิจกรรม CCUS ได้หรือไม่ หรือกรอบการกำกับดูแลใหม่มีความจำเป็นหรือไม่ การศึกษาของธนาคารโลกพบว่าหลายประเทศมีตราสารที่มีผลผูกพันทางกฎหมายจำนวนมาก ซึ่งจำเป็นต่อการสนับสนุนกรอบ CCUS อยู่แล้ว เช่น การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (environmental impact assessment) การจำแนกประเภทก๊าซ CO_2 ตามกรอบกฎหมาย เกณฑ์การอนุญาตสำหรับท่อส่ง การปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการจัดการของเสีย เป็นต้น[4]

เครื่องมือเหล่านี้อาจประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ของกรอบ CCUS ตัวอย่าง เช่น รัฐบาลนอร์เวย์พบว่าพระราชบัญญัติและระเบียบด้านปิโตรเลียม (Petroleum Act and Regulation) ที่มีอยู่นั้นมีความยืดหยุ่นเพียงพอที่จะรวมการดักจับ การขนส่ง และการกักเก็บก๊าซ CO_2 จากการผลิตก๊าซธรรมชาตินอกชายฝั่งโดยไม่ต้องมีการแก้ไขเพิ่มเติมใด ๆ ในญี่ปุ่น หน่วยงานกำกับดูแลของประเทศพบว่า สามารถปิดช่องว่างบางประการในกรอบงานเพื่อรองรับกิจกรรมใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นได้ รูปก่อนหน้านี้ (รูปที่ 5.2) แสดงให้เห็นตัวอย่างของระเบียบที่อาจเกี่ยวข้องกับกรอบ CCUS

ขั้นตอนที่ 3 ทรัพยากรสำหรับการพัฒนากรอบงาน

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการทำผังกรอบกฎหมาย/การกำกับดูแลที่เกี่ยวข้อง และระบุแนวปฏิบัติที่ดี โดยสามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรต่าง ๆ ที่เป็นสาธารณะในช่วงการจัดทำผังตามที่อธิบายไว้ในบทที่ 6 ทรัพยากรและหน้าที่รับผิดชอบสำหรับการจัดทำกรอบงาน

ขั้นตอนที่ 4 การสร้างกรอบงานที่เป็นไปตามวัตถุประสงค์

ขั้นตอนที่ 4 เป็นการสร้างกรอบ CCUS ที่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ โดยใช้ทรัพยากรที่ให้รายละเอียดไว้ในขั้นตอนที่ 3 อาจมีการพัฒนากรอบงานที่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ให้เป็นกรอบ CCUS ที่เป็นอิสระ หรือเป็นการแก้ไขกรอบงานที่มีอยู่เดิม หากไม่มีกรอบงานมาก่อน อาจใช้ประโยชน์จากทรัพยากรภายนอกเพื่อพัฒนากรอบงานที่ปรับให้เหมาะสมกับความต้องการได้

ขั้นตอนที่ 5 การร่างกฎหมายและระเบียบ

จากผลการวิเคราะห์ช่องว่าง (ขั้นตอนที่ 2) เป็นไปได้ที่จะบังคับใช้หรือแก้ไขกฎหมายที่มีอยู่ โดยทำให้ประเด็นด้านการบังคับใช้กับโครงการ CCUS มีความชัดเจน บางครั้ง อาจจำเป็นต้องมีกระบวนการที่รัดกุมมากขึ้นในการร่างกฎหมาย/ระเบียบใหม่ ๆ

ขั้นตอนที่ 6 การนำกรอบงานไปใช้

ขั้นตอนสุดท้ายคือการนำกรอบงานไปใช้ มีกิจกรรมหลายอย่างและข้อควรพิจารณาหลายประการที่เกี่ยวข้องในระยะนี้ ได้แก่

- การระบุหน่วยงานที่จะต้องปฏิบัติตามและบังคับใช้กฎหมาย/ระเบียบ
- การพัฒนาเครื่องมือในการให้การอนุญาต ติดตามตรวจสอบ รายงานผล และการตรวจสอบยืนยัน
- การให้ข้อมูลและแบบฟอร์มทางออนไลน์เพื่อจัดทำข้อกำหนดในการยื่นคำขอและรายงานผล
- การพัฒนาและจัดเตรียมข้อมูลต่าง ๆ ให้พร้อมใช้ เช่น แผนที่ทางธรณีวิทยา ข้อมูลการให้ใบอนุญาต

- การจัดให้มีการพัฒนาขีดความสามารถและการฝึกอบรมแก่หน่วยงานกำกับดูแล ภาคอุตสาหกรรม และฝ่ายอื่น ๆ
- การทดสอบการนำร่องในส่วนของกรอบงาน เช่น การดำเนินการผ่านโครงการสาธิตควบคู่กับแผนการมีส่วนร่วม

สุดท้ายแล้ว แม้ว่ากิจกรรมเหล่านี้จะระบุไว้ในขั้นตอนที่ 6 แต่ก็มีความสำคัญอย่างยิ่งในการนำโครงการ CCUS ไปใช้ให้ประสบความสำเร็จ ตัวอย่างเช่น ความสำเร็จของโครงการดักจับคาร์บอนที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ขึ้นอยู่กับความสามารถในการได้ใบอนุญาตอย่างทันท่วงที ความล่าช้าในการให้อนุญาตก่อให้เกิดความเสี่ยงอย่างมีนัยสำคัญต่อโครงการ เนื่องจากความไม่แน่นอนด้านเวลาในการได้รับอนุมัติโครงการ ซึ่งจะส่งผลเสียต่อการจัดหาเงินทุนของโครงการและการนำไปใช้งานโดยรวม การกำหนดเวลาที่ชัดเจนเกี่ยวกับการให้อนุญาตจะเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการและทำให้เกิดความแน่นอนมากขึ้นแก่ผู้พัฒนาโครงการ

บทที่ 6 ทรัพยากรและหน้าที่ความรับผิดชอบสำหรับการจัดทำกรอบงาน จะทำให้เกิดทรัพยากรต่าง ๆ ที่พร้อมใช้ ตั้งแต่การใช้มาตรฐาน การเกิดองค์กรผู้นำ และอนุสัญญาระหว่างประเทศ ที่อาจมีการนำไปใช้เมื่อพัฒนากรอบกฎหมายและกรอบการกำกับดูแล

6. ทรัพยากรและหน้าที่ความรับผิดชอบสำหรับการจัดทำกรอบงาน

ประเด็นสำคัญที่ได้เรียนรู้

- เมื่อสร้างกรอบ CCUS ผู้กำหนดนโยบายสามารถใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งรวมถึงมาตรฐานสากล อาทิ มาตรฐานที่พัฒนาขึ้นโดยองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (ISO) รวมทั้ง กฎหมายที่เกี่ยวกับ CCUS จากสหรัฐฯ สหภาพยุโรป และประเทศอื่น ๆ
- นอกจากนี้ เมื่อสร้างกรอบงานแล้ว ผู้กำหนดนโยบายควรให้ความสนใจกับอนุสัญญาระหว่างประเทศที่มีอยู่ อนุสัญญาเหล่านี้อาจไม่เพียงแต่กำหนดให้ประเทศต้องกำกับดูแลโครงการ CCUS ในลักษณะใดลักษณะหนึ่งเท่านั้น แต่ยังอาจเป็นที่มาของแนวทางการดำเนินงาน
- โครงการ Greensand เป็นตัวอย่างหนึ่งที่แสดงให้เห็นถึงวิธีที่ทั้งสองประเทศใช้มาตรฐานสากลและอนุสัญญาระหว่างประเทศในโครงการ CCUS

บทนำ

มีข้อมูลสาธารณะจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น มาตรฐานสากลและกรอบงานขององค์กรผู้นำ ที่สามารถนำไปใช้เพื่อช่วยสร้างกรอบ CCUS ในบทนี้ จะนำเสนอทรัพยากรเหล่านี้บางส่วน

- มาตรฐานสากล โดยเฉพาะอย่างยิ่งมาตรฐานที่พัฒนาโดย ISO/TC 265 ว่าด้วยการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์ การขนส่ง และการกักเก็บคาร์บอนในชั้นหินธรณีวิทยาใต้ดิน (Carbon Dioxide Capture, Transportation, and Geological Storage) สามารถช่วยพัฒนากรอบ CCUS เฉพาะของประเทศได้
- กรอบงานขององค์กรผู้นำอาจให้แนวทางในการพัฒนากรอบการกำกับดูแล เช่น กรอบกฎหมายและกรอบการกำกับดูแล CCUS ของ IEA[1]
- นอกจากนี้ ยังมีต้นแบบการกำกับดูแลสำหรับการขนส่งและการกักเก็บก๊าซ CO_2 ข้ามพรมแดน
- อนุสัญญาระหว่างประเทศอาจเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงการ CCUS

มาตรฐานสากล

มาตรฐานสากล โดยเฉพาะอย่างยิ่งมาตรฐานที่พัฒนาโดย ISO/TC 265 ว่าด้วยการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์ การขนส่ง และการกักเก็บคาร์บอนในชั้นหินธรณีวิทยาใต้ดิน สามารถช่วยพัฒนากรอบ CCUS เฉพาะของประเทศได้

มาตรฐานดังกล่าวพัฒนาขึ้นผ่านฉันทามติของสมาชิกขององค์กรระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (ISO) สมาชิกของ ISO ประกอบด้วยประเทศต่าง ๆ และผู้ประสานงานซึ่งมีผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางจากนานาชาติเป็นตัวแทน โดยมีการประชุมกันภายใต้คณะกรรมการด้านเทคนิค เพื่อกำหนด ข้อมูลจำเพาะ/ แนวทาง/ นิยาม ตามแนวปฏิบัติที่ชี้แนะ(leading practices) จากนั้นสมาชิกจะลงคะแนนเสียงเกี่ยวกับมาตรฐานผ่านบัตรลงคะแนน และหากมาตรฐานหนึ่งได้รับความเห็นชอบแล้ว โดยปกติก็จะมีการทบทวนและปรับปรุงมาตรฐานดังกล่าวให้เป็นปัจจุบันทุก 5 ปี มาตรฐานต่าง ๆ เป็นไปตามความสมัครใจและไม่สามารถใช้แทนระเบียบหรือกฎหมายที่มีอยู่ได้ อย่างไรก็ตาม อาจมีการนำมาตรฐานต่าง ๆ ไปอ้างอิง ผนวกรวม หรือนำไปบัญญัติไว้ในระเบียบ เมื่อเขตอำนาจอื่น ๆ รับมาตรฐานหนึ่งมาใช้ ก็อาจช่วยให้ระเบียบและกฎหมายทั่วทุกเขตอำนาจมีความสอดคล้องกัน

ISO/TC 265 ก่อตั้งขึ้นในปี 2554 และปัจจุบันยังคงดำเนินการอยู่ คณะทำงานหลายกลุ่มดูแลเรื่องการดักจับ CO_2, การขนส่งทางท่อ, การกักเก็บทางธรณีวิทยาใต้ดิน, ประเด็นที่คาบเกี่ยว, EOR และการขนส่ง ประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการหาปริมาณและการตรวจสอบยืนยันจะถูกแบ่งออกตามคณะทำงานชุดต่าง ๆ ณ วันที่เผยแพร่คู่มือฉบับนี้ ISO/TC 265 มีประเทศสมาชิกที่เข้าร่วม 28 ประเทศ ประเทศสมาชิกที่สังเกตการณ์ 16 ประเทศ และผู้ประสานงานหลายราย[2] เมื่อ ISO/TC 265 ประกาศใช้มาตรฐาน หน่วยงานมาตรฐานแห่งชาติของประเทศใด ๆ ก็สามารถนำมาตรฐานดังกล่าวไปใช้ทั้งหมดหรือบางส่วนได้ (ดูกรณีศึกษาใน ISA 27914 ด้านล่าง) การรับเอามาตรฐานมาใช้นี้ไม่ได้หมายความว่า จะต้องรวมมาตรฐานดังกล่าวไว้ในกรอบกฎหมายแล้ว การนำมาตรฐานไปปฏิบัติขึ้นอยู่กับหน่วยงานกำกับดูแล

ISO 27914

ISO 27914 ได้รับการพัฒนาขึ้นในปี 2560 และครอบคลุมการกักเก็บก๊าซ CO_2 ทางธรณีวิทยาใต้ดิน ณ ปัจจุบัน กำลังมีการแก้ไขมาตรฐานดังกล่าวภายใต้ ISO/TC 265 เพื่อเพิ่มส่วนของการวัดปริมาณและการตรวจสอบยืนยันในด้านการกักเก็บโดยไม่มีการผลิตไฮโดรคาร์บอน และรวมเอาประสบการณ์ต่าง ๆ ที่มีนับตั้งแต่ที่ได้มีการเผยแพร่มาไว้รวมกัน คาดว่ากระบวนการทบทวนแก้ไขจะแล้วเสร็จในปี 2568

ญี่ปุ่นและแคนาดาได้รับเอามาตรฐาน ISO 27914 ไปใช้ และมีการอ้างอิงโดยหน่วยงานกำกับดูแลของนอร์เวย์ในคู่มือว่าด้วยระเบียบด้านความปลอดภัยของก๊าซ CO_2 นอกจากนี้ หลายโครงการได้นำมาตรฐานดังกล่าวไปอ้างอิงและใช้ รวมถึงโครงการ Greensand เพื่อการกักเก็บก๊าซ CO_2 บนไหล่ทวีปเดนมาร์ก[3]และในโครงการต่าง ๆ ที่มีการกักเก็บในชั้นหินทางธรณีวิทยาใต้ดินของรัสเซีย ภายในพื้นที่ที่ได้รับใบอนุญาตยามัลและกีดาน พื้นที่ที่ได้รับใบอนุญาตทั้งสองนี้ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน ISO 27914 ซึ่งเป็นการยืนยันว่าพื้นที่ดังกล่าว ได้ปฏิบัติตามมาตรฐาน 27914 เช่น กระบวนการเลือกพื้นที่ และการประมาณความจุในการกักเก็บ[4]

ตัวอย่างด้านล่างนี้อธิบายวิธีที่ศูนย์ดักจับและกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture and Storage Center: CCS) ของอินโดนีเซียใช้ประโยชน์จากทรัพยากรต่างประเทศ ในการผลักดันโครงการ CCUS ในประเทศ เช่น โดยการเข้าร่วม ISO/TC 265 ในฐานะสมาชิกที่สามารถลงคะแนนเสียง

ศูนย์ดักจับและกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture and Storage Center) ของอินโดนีเซีย ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรต่างประเทศเพื่อผลักดันโครงการ CCUS

รูปที่ 6.1 ผู้บริหารศูนย์ Carbon Capture and Storage Center ของอินโดนีเซีย (ด้วยความอนุเคราะห์จากศูนย์)

ในปี 2566 ได้มีการเปิดตัวศูนย์ CCS Center ของอินโดนีเซีย (ศูนย์ฯ) นำโดยทีมผู้เชี่ยวชาญครอบคลุมสาขาวิศวกรรม วิทยาศาสตร์ นโยบาย และธุรกิจ สมาชิกหลายรายได้รับการสนับสนุนจากสถาบันที่สำคัญของอินโดนีเซีย เช่นบริษัทน้ำมันแห่งชาติ Pertamina และกระทรวงประสานงานด้านกิจการทางทะเลและการลงทุน (Ministry for Maritime Affairs and Investment) การก่อตั้งศูนย์ฯ นี้ได้รับแรงผลักดันอันเนื่องมาจากความจำเป็นในการทำหน้าที่เป็นทรัพยากรเฉพาะด้านเพื่อเร่งรัดการพัฒนาเทคโนโลยี CCUS ในอินโดนีเซียผ่านการวิจัย นวัตกรรม และการผลักดันเชิงนโยบาย

ศูนย์ฯ ได้อำนวยความสะดวกในการหารือระหว่างรัฐบาลกับรัฐบาลหลายครั้งเกี่ยวกับความร่วมมือโครงการ CCUS ข้ามพรมแดน รวมทั้งเข้าร่วมในกิจกรรมการมีส่วนร่วมเพื่อหารือในระดับนานาชาติหลายครั้ง เป็นเจ้าภาพการประชุมนานาชาติด้าน CCUS ครั้งแรกของประเทศ และสนับสนุนการมีส่วนร่วมของหน่วยงานมาตรฐานของประเทศในฐานะสมาชิกที่สามารถลงคะแนนเสียงของ ISO/TC 265 ศูนย์ฯ มีส่วนร่วมอย่างแข็งขันในการพัฒนากรอบการกำกับดูแล CCUS และสนับสนุนโครงการริเริ่มระหว่างธุรกิจกับธุรกิจในประเทศและภูมิภาค

กรอบงานขององค์กรผู้นำ

กรอบงานที่พัฒนาโดยผู้ที่ทำหน้าที่กำกับดูแลโครงการ CCUS ที่มีมาแต่เดิม (องค์กรผู้นำ) อาจนำมาใช้เป็นแนวทางในการสร้างกฎหมายและระเบียบใหม่ ตัวอย่างของกรอบงานขององค์กรผู้นำประกอบด้วย

- สหภาพยุโรปได้เผยแพร่กรอบงานที่ครอบคลุมสำหรับการกักเก็บก๊าซ CO_2 ในปี 2552 ผ่านคำสั่งว่าด้วยการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทางธรณีวิทยาใต้ดินที่ 2009/31/EC (Directive 2009/31/EC on the geological storage of carbon dioxide) (EU CCS Directive)
- สำนักงานพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency: IEA) ได้เผยแพร่กรอบการกำกับดูแลที่เป็นต้นแบบสำหรับโครงการ CCS โดยใช้กรอบงานจากออสเตรเลีย ยุโรป และสหรัฐฯ[5]
- จะมีการกล่าวถึงโปรแกรมควบคุมการอัดฉีดลงใต้ดินประเภทที่ 6 (Underground Injection Control Class VI program) ของสหรัฐฯ ในกรณีศึกษาด้านล่างนี้

U.S. UIC Class VI 'Primacy'

เครื่องมือหลักในการกำกับดูแลสำหรับการกักเก็บก๊าซ CO_2 ในชั้นหินใต้ดินของสหรัฐฯ คือ โปรแกรม Underground Injection Control (UIC) Class VI (ตามรัฐบัญญัติ Safe Water Drinking Act) เป้าหมายของโครงการ UIC คือการปกป้องแหล่งน้ำดื่มใต้ดินจากกิจกรรมการอัดฉีด โปรแกรม Class VI ให้ข้อกำหนดในการอัดฉีดก๊าซ CO_2 เพื่อการกักเก็บทางธรณีวิทยาใต้ดินแบบถาวร ปัจจุบัน มีการบริหารจัดการการกำกับดูแลในระดับรัฐบาลกลาง ยกเว้นใน 3 รัฐ (รัฐนอร์ทดาโกตา ไวโอมิง และลุยเซียนา) ซึ่งได้รับการอนุมัติจาก EPA ในการบริหารโปรแกรม Class VI (เรียกว่าเป็นการอนุมัติแบบ 'primacy' ซึ่งเป็นการอนุมัติให้รัฐทั้ง 3 สามารถกำกับดูแลและบังคับใช้กฎหมายในระดับรัฐได้) EPA มีเอกสารที่เป็นคู่มือจำนวนมากเกี่ยวกับ UIC Class VI ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ในการพัฒนากรอบ CCUS ในเขตอำนาจอื่น ๆ[6]

ความรับผิดและการดูแลพื้นที่กักเก็บก๊าซ CO_2 เป็นประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณาเมื่อตรากรอบกฎหมายเกี่ยวกับ CCUS กรอบงานต้นแบบ (Model Framework) ของ IEA ให้คำแนะนำบางส่วนเกี่ยวกับหัวข้อนี้

กรอบ IEA Model Framework ความรับผิดและการดูแลในระยะยาว

กรอบ IEA Model Framework เป็นตัวอย่างหนึ่งของกรอบงานขององค์กรผู้นำ ประเด็นที่เชื่อมโยงกับความรับผิดมีอยู่หลายประเด็น เช่น การจัดสรรความเสี่ยงและความรับผิดในระหว่างการขนส่งจากจุดดักจับไปยังพื้นที่กักเก็บ ประเด็นปัญหาที่ซับซ้อนมากและหัวข้อที่มีการถกเถียงมากเป็นพิเศษ คือความรับผิดในระยะยาว

กรอบ IEA Model Framework ตั้งข้อสังเกตว่า โดยทั่วไปแล้ว ประเด็นความรับผิดในระยะยาวได้รับการแก้ไขด้วยในวิธีใดวิธีหนึ่งจากสามวิธี ได้แก่ การมีข้อกำหนดเกี่ยวกับการถ่ายโอนความรับผิดชอบไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ความรับผิดในระยะยาวตกอยู่กับผู้ดำเนินการอย่างชัดเจน หรือความรับผิดในระยะยาวไม่ได้ถูกระบุไว้อย่างชัดเจน[7] ในกรณีที่ไม่มีการระบุความรับผิดไว้อย่างชัดเจน จะถือว่าผู้ดำเนินการจะคงความรับผิดชอบต่อพื้นที่กักเก็บตลอดไป[8] กฎ Class VI กำหนดให้มีการดูแลพื้นที่หลังอัดฉีดเป็นระยะเวลา 50 ปีซึ่งเป็นค่าเริ่มต้น โดยในระหว่างนั้น ผู้ดำเนินการต้องติดตามตรวจสอบกลุ่มก๊าซ CO_2 เพื่อให้แน่ใจว่าสิ่งต่าง ๆ เป็นไปตามที่วางแผนไว้ ผู้ดำเนินการจะต้องคงความรับผิดชอบทางการเงินในช่วงเวลาดังกล่าว บางรัฐได้พัฒนากรอบความรับผิดในระยะยาวซึ่งจะมีผลหลังระยะการดูแลพื้นที่หลังอัดฉีด (เช่น รัฐลุยเซียนา)

ใน 30 ประเทศที่มีการใช้คำสั่ง EU CCS Directive ในบริบทที่ต่างออกไป ก็มีสถานการณ์ที่แตกต่างกันออกไป คำสั่ง CCS Directive กำหนดว่าผู้ดำเนินการต้องรับผิดชอบต่อพื้นที่กักเก็บจนถึงจุดขนถ่ายอย่างเคร่งครัด ซึ่งจะเกิดขึ้นทันทีภายใน 20 ปีหลังจากหยุดอัดฉีดและปิดพื้นที่ กรอบเวลาสำหรับการขนถ่ายอาจสั้นกว่า 20 ปีที่กำหนดไว้ในคำสั่ง CCS Directive ในกรณีที่เจ้าหน้าที่ผู้มีอำนาจเห็นชอบว่ามีการปฏิบัติตามเงื่อนไขหลักในการขนถ่ายตั้งแต่วันแรก การถ่ายโอนดังกล่าวสื่อว่าหน่วยงานกำกับดูแลต้องรับผิดและดูแลพื้นที่กักเก็บ อย่างไรก็ตาม ขึ้นอยู่กับผู้ดำเนินการที่แสดงให้เห็นว่า "ก๊าซ CO_2 ที่กักเก็บไว้จะถูกควบคุมอย่างสมบูรณ์และถาวร"[9] ส่วนจะทำการสาธิตออกมาอย่างไรนั้น ไม่ได้มีการออกคำสั่งอย่างเป็นทางการ แต่ด้านหนึ่งที่สำคัญ คือ การสาธิตให้เห็นว่าพื้นที่กักเก็บและกลุ่มก๊าซ CO_2 มีพฤติกรรมและเสถียรภาพตามที่คาดการณ์ไว้ หน่วยงานกำกับดูแลอาจใช้รายการตรวจสอบในใบอนุญาต มาตรฐานทางเทคนิค และแนวปฏิบัติที่ดี เพื่อให้การสาธิตมีแนวทางในการคาดการณ์ได้ดีขึ้นและโปร่งใสมากขึ้น

อนุสัญญาระหว่างประเทศ

กฎหมาย ระเบียบระหว่างประเทศ และสนธิสัญญาว่าด้วยการขนส่งข้ามพรมแดนหลายฉบับ อาจเกี่ยวข้องกับโครงการ CCUS ข้ามพรมแดน และการพัฒนากรอบงานระดับชาติ ทั้งหมดนี้ ไม่ได้มีการให้สัตยาบันหรือมีความเกี่ยวข้องทางภูมิศาสตร์กับผู้กำหนดนโยบายที่คู่มือฉบับนี้กล่าวถึง อย่างไรก็ตาม ส่วนนี้อาจประกอบด้วยกลไกหรือข้อความที่อาจให้ข้อมูลหรือเป็นจุดเริ่มต้นที่เป็นไปได้ในการดำเนินการตามกรอบ CCUS ตารางด้านล่างนี้ (ตาราง 6.1) สรุปกรอบงานระหว่างประเทศที่สำคัญบางส่วน

ตารางที่ 6.1 อนุสัญญาระหว่างประเทศ

อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยกฎหมายทะเล ค.ศ. 1982 (The United Nations Convention on the Law of the Sea) (1982) (UNCLOS)	อนุสัญญา UNCLOS ไม่ได้ควบคุมกิจกรรม CCUS อย่างชัดเจน บทบัญญัติของอนุสัญญา UNCLOS อาจมีผล หากพิจารณาเห็นว่ากิจกรรม CCUS ก่อให้เกิด "มลภาวะ" ตามข้อ 210 ของอนุสัญญา UNCLOS การทิ้งถือเป็นมลภาวะรูปแบบหนึ่ง ในปัจจุบัน ยังไม่มีความเห็นอันเป็นที่ยุติว่าการขนส่งก๊าซ CO_2 ไปยังแท่นอัดฉีดนอกชายฝั่ง หรือการอัดฉีดก๊าซ CO_2 เข้าไปในชั้นหินทางธรณีวิทยาใต้ทะเล เป็นการทิ้งและ/หรือการสร้างมลภาวะตามอนุสัญญา UNCLOS หรือไม่ นอกจากนี้ ข้อ 195 ของอนุสัญญา UNCLOS กำหนดให้รัฐ “ห้ามถ่ายโอนความเสียหายหรืออันตรายจากพื้นที่หนึ่งไปยังอีกพื้นที่หนึ่งไม่ว่าโดยตรงหรือโดยอ้อม”

พิธีสาร ค.ศ. 1996 ของอนุสัญญาว่าด้วยการป้องกันมลภาวะทางทะเลเนื่องจากการทิ้งวัสดุเหลือใช้และวัสดุอย่างอื่น ค.ศ. 1972 (1996 Protocol to the Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter, 1972) พิธีสารลอนดอน (London Protocol)

พิธีสารลอนดอนเป็นตราสารระหว่างประเทศที่มีผลผูกพันทางกฎหมายเพื่อการคุ้มครองสิ่งแวดล้อมทางทะเลซึ่งมีความครอบคลุม นอกจากนี้ ยังเป็นสนธิสัญญาระหว่างประเทศที่มีการกล่าวถึงอย่างแพร่หลายที่สุดในบริบทของการขนส่งก๊าซ CO_2 ข้ามพรมแดน แม้ว่าเขตเศรษฐกิจเกิดใหม่หลายเขต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเอเชียแปซิฟิก จะไม่ได้เป็นภาคีผู้ทำสัญญาในพิธีสารนี้ แต่ก็ไม่ได้เป็นการห้ามเขตเศรษฐกิจเหล่านี้นำเข้า/ส่งออกก๊าซ CO_2 กับภาคีผู้ทำสัญญา[10] ในตอนแรก พิธีสารลอนดอนห้ามการส่งออกก๊าซ CO_2 เพื่อกักเก็บนอกชายฝั่ง เนื่องจากถือว่าเป็นการนำไปทิ้งทะเล ซึ่งเป็นสิ่งที่ห้ามกระทำ (ข้อ 6 ระบุว่า "ภาคีผู้ทำสัญญาจะต้องไม่อนุญาตให้มีการส่งออกวัสดุเหลือใช้ หรือวัสดุอย่างอื่นไปยังประเทศอื่นเพื่อการทิ้งหรือการเผาในทะเล") ในปี 2552 มีการเสนอให้แก้ไขพิธีสารลอนดอนเพื่ออนุญาตให้มีการส่งออกก๊าซ CO_2 เพื่อนำไปกำจัดหากประเทศที่เกี่ยวข้องได้ทำข้อตกลง (ไม่จำเป็นต้องเป็นสัญญา) พิธีสารฉบับแก้ไขเพิ่มเติมนี้ ยังไม่มีผลใช้บังคับ อย่างไรก็ดี ภาคีต่าง ๆ ได้รับรองมติเกี่ยวกับการนำไปใช้ชั่วคราวแล้ว ดังนั้น การดำเนินการเช่นนี้สนับสนุนการขนถ่ายก๊าซ CO_2 ข้ามพรมแดน ประเทศผู้ส่งออกที่เป็นภาคีผู้ทำสัญญาในพิธีสารลอนดอนมีหน้าที่ในการแสดงให้เห็นว่ากรอบกฎหมาย/กรอบการกำกับดูแลของประเทศผู้นำเข้าเป็นไปตามข้อกำหนดของพิธีสารลอนดอน

หลายประเทศที่ไม่มีกรอบงานด้านการกักเก็บก๊าซ CO_2 กำลังพิจารณาให้ภาคยานุวัติในพิธีสารลอนดอน และพิจารณาใช้บทบัญญัติของพิธีสารดังกล่าวเป็นองค์ประกอบของกรอบงานระดับชาติ

องค์การทางทะเลระหว่างประเทศ (The International Maritime Organization: IMO) เป็นสำนักเลขาธิการของพิธีสารลอนดอนและบรรดาภาคี องค์การทางทะเลระหว่างประเทศ อำนวยความสะดวกในการให้ความรู้ผ่านทางเว็บไซต์โดยอนุญาตให้เข้าถึงเอกสารที่เป็นข้อแนะนำและมติต่าง ๆ [11]รวมทั้งให้ความช่วยเหลือโดยตรงแก่ผู้ที่อาจเป็นภาคีผู้ทำสัญญารายใหม่ และอำนวยความสะดวกในการติดต่อกับภาคีผู้ทำสัญญารายอื่น ๆ ความช่วยเหลือดังกล่าวอาจเป็นคำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการเข้าเป็นภาคีผู้ทำสัญญาและวิธีในการนำกรอบงานไปปฏิบัติให้สอดคล้องกับพิธีสาร องค์การทางทะเลระหว่างประเทศยังมีเอกสารที่เป็นข้อแนะนำจำนวนมากในฐานข้อมูลเพื่อจำหน่าย ซึ่งหลายฉบับเกี่ยวข้องกับกิจกรรม CCS[12] พิธีสารลอนดอนมีภาคีผู้ทำสัญญา 54 ราย หลายรายอยู่ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก[13]

อนุสัญญาบาเซล ค.ศ. 1989 (Basel Convention) (1989)	อนุสัญญาบาเซล กำหนดว่าการค้าระหว่างประเทศที่เกี่ยวกับของเสียอันตรายจะต้องได้รับความยินยอม หรือปฏิเสธล่วงหน้าจากประเทศผู้รับ ยังไม่ชัดเจนว่าก๊าซ CO_2 ถือเป็นของเสียอันตรายตามขอบเขตของอนุสัญญาบาเซิลหรือไม่ หากไม่มีความกระจ่างเพิ่มเติม สิ่งนี้อาจเพิ่มความท้าทายในเชิงขั้นตอนจากการกำหนดเงื่อนไขที่เข้มงวดขึ้น ในการขนส่งก๊าซ CO_2 ข้ามพรมแดน
อนุสัญญาว่าด้วยการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในบริบทข้ามพรมแดน (Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context) "อนุสัญญาเอสปู" ("Espoo Convention")	อนุสัญญาเอสปูกำหนดให้ภาคีประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของกิจกรรมข้ามพรมแดนของตนตั้งแต่ขั้นต้น ๆ ของการวางแผนโครงการ และนำมาตรการที่เหมาะสมทุกรูปแบบมาใช้ในการลดผลกระทบเชิงลบข้ามพรมแดนให้มากที่สุด ทั้งนี้ ไม่มีการระบุอย่างชัดเจนว่ากิจกรรมเกี่ยวกับ CCUS และก๊าซ CO_2เป็นกิจกรรมที่รวมอยู่ในอนุสัญญาฯ ด้วยหรือไม่ ทว่าโครงการ CCUS อาจขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของอนุสัญญาฯ นี้ หากดำเนินการภายในอาณาเขตของหรือโดยภาคีอนุสัญญา และเป็นไปตามเกณฑ์ภายใต้ภาคผนวก III ของอนุสัญญาฯ อนุสัญญาเอสปูมีภาคีผู้ทำสัญญา 45 ราย ปัจจุบัน ไม่มีรายใดอยู่ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก[14]
อนุสัญญาว่าด้วยการเข้าถึงข้อมูลข่าวสาร การมีส่วนร่วมของประชาชนในการตัดสินใจ และการเข้าถึงกระบวนการยุติธรรมในเรื่องสิ่งแวดล้อม (Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-Making, and Access to Justice in Environmental Matters) อนุสัญญาอาร์ฮูส (Aarhus Convention)	อนุสัญญาอาร์ฮูสบังคับใช้ข้อกำหนดด้านการมีส่วนร่วมของสาธารณชน ต่อภาคีสมาชิกภายในขอบเขตของอนุสัญญาสำหรับกิจกรรมที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญ อนุสัญญาอาร์ฮูสมีภาคีผู้ทำสัญญา 48 ราย ปัจจุบัน ไม่มีรายใดอยู่ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก[15]

พิธีสารลอนดอนมีการกล่าวถึงกันมากที่สุดในบริบทของการขนส่งก๊าซ CO_2 ข้ามพรมแดนในภูมิภาคเอเชีย สองตัวอย่างด้านล่างแสดงให้เห็นว่าประเทศที่

ให้สัตยาบันในพิธีสารลอนดอน (ในฐานะภาคีผู้ทำสัญญา) สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างไร และแสดงให้เห็นว่าประเทศที่ให้สัตยาบันในพิธีสารฯ (ในฐานะภาคีผู้ทำสัญญา) กับประเทศที่ไม่ให้สัตยาบัน (ในฐานะผู้ที่ไม่ใช่ภาคีผู้ทำสัญญา) สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างไร

การขนส่งก๊าซ CO_2 ระหว่างภาคีผู้ทำสัญญาสองฝ่ายของพิธีสารลอนดอน

โครงการ Greensand เริ่มอัดฉีดก๊าซ CO_2 ในเดือนมีนาคม 2566 ถือเป็นโครงการ CCS ข้ามพรมแดนนอกชายฝั่งโครงการแรกของโลก CO_2 ที่ดักจับได้ในเมืองแอนต์เวิร์ป ประเทศเบลเยียม ถูกส่งไปยังแหล่งน้ำมัน Nini West ที่ผลิตไปแล้ว บนไหล่ทวีปเดนมาร์กเพื่อทำการอัดฉีด[16] ระยะแรก เป็นการนำร่องโครงการ มีการเลือกพื้นที่และการกำหนดลักษณะพื้นที่ตามมาตรฐาน ISO 27914 ว่าด้วยการกักเก็บทางธรณีวิทยาใต้ดิน (อ้างอิงข้างต้น) หลังจากที่มีการนำร่อง[17] การตัดสินใจขั้นสุดท้ายในการลงทุนยังอยู่ในระกว่างกระบวนการ หากโครงการมีความคืบหน้า จะต้องมีใบอนุญาตกักเก็บเต็มรูปแบบ โครงการนี้กักเก็บก๊าซ CO_2 ได้ถึง 1.5 เมตริกตันต่อปี โดยเริ่มในปี 2568/2569 และอาจกักเก็บก๊าซ CO_2เพิ่มถึง 8 เมตริกตันต่อปี ในปี 2573[18] ทั้งประเทศเดนมาร์กและเบลเยียมเป็นภาคีผู้ทำสัญญาในพิธีสารลอนดอน บันทึกความเข้าใจ (Memorandum of Understanding: MoU) ระหว่างประเทศเบลเยียมกับประเทศเดนมาร์กถือเป็นข้อตกลงฉบับแรกตามข้อ 6.2 ของพิธีสารลอนดอน[19] บันทึกความเข้าใจที่ไม่มีผลผูกพันทางกฎหมายมุ่งเน้นที่หลักการและวัตถุประสงค์โดยทั่วไป โดยมีการระบุหน่วยงานที่ให้อนุญาตในทั้งสองประเทศ พร้อมทั้งยืนยันวัตถุประสงค์และขอบเขต ตลอดจนยืนยันเจตจำนงในการดำเนินกิจกรรมตามกฎหมายและระเบียบที่เกี่ยวข้อง โดยไม่ลงรายละเอียดเฉพาะของโครงการ[20] บันทึกความเข้าใจนี้ถือว่าเป็นไปตามข้อกำหนดของ

ข้อ 6.2 และมีการเลือกรูปแบบดังกล่าวในการทำบันทึกความเข้าใจระหว่างประเทศเนเธอร์แลนด์กับประเทศเดนมาร์กหลังจากนั้นเช่นกัน ภาคีผู้ทำสัญญารายอื่น ๆ กำลังพิจารณาข้อตกลงที่ครอบคลุมและมีผลผูกพันทางกฎหมายมากขึ้น

การขนส่งระหว่างภาคีผู้ทำสัญญากับผู้ไม่ใช่ภาคีผู้ทำสัญญาตามพิธีสารลอนดอน

Timor Gap (บริษัทน้ำมันที่เป็นรัฐวิสาหกิจของติมอร์-เลสเต) นำโดยบริษัท Santos ของออสเตรเลีย ได้ลงนามในบันทึกความเข้าใจกับบริษัทร่วมค้า Bayu-Undan[21] แหล่งน้ำมัน Bayu-Undan อยู่นอกชายฝั่งบนไหล่ทวีปติมอร์-เลสเต โดยมีความจุในการกักเก็บที่เป็นไปได้ถึง 10 ล้านตันต่อปี ออสเตรเลียเป็นภาคีผู้ทำสัญญาของพิธีสารลอนดอน ในขณะที่ติมอร์-เลสเตไม่ได้เป็น ข้อ 6.2 มีลักษณะที่ชัดเจนมากกว่าสำหรับกรณีระหว่างภาคีผู้ทำสัญญากับผู้ที่ไม่ใช่ภาคีผู้ทำสัญญา มากกว่าแค่สัญญาหรือข้อตกลงระหว่างภาคีผู้ทำสัญญาสองฝ่าย ในฐานะภาคีผู้ทำสัญญา ออสเตรเลียต้องทำให้แน่ใจว่าข้อตกลง/สัญญาที่ทำกับติมอร์-เลสเตมี “บทบัญญัติขั้นต่ำเทียบเท่ากับบทบัญญัติที่มีอยู่ในพิธีสารฯ นี้ เช่น บทบัญญัติเกี่ยวกับการออกใบอนุญาตและเงื่อนไขของใบอนุญาตในการปฏิบัติตามบทบัญญัติของภาคผนวก 2 เพื่อให้แน่ใจว่าข้อตกลงหรือสัญญาจะไม่ด้อยความสำคัญจากพันธกรณีของภาคีผู้ทำสัญญาภายใต้พิธีสารนี้ในการคุ้มครองและดูแลสิ่งแวดล้อมทางทะเล” ดังนั้น ออสเตรเลียจะต้องดำเนินกระบวนการตรวจสอบกรอบกฎหมายของติมอร์-เลสเตในด้านการกักเก็บก๊าซ CO_2 แบบรอบด้าน เพื่อยืนยันแก่ภาคีผู้ทำสัญญาอื่น ๆ ว่าในการส่งออกก๊าซ CO_2 ไปยังติมอร์-เลสเตนั้น ออสเตรเลียจะยังคงปฏิบัติตามพันธกรณีภายใต้พิธีสารลอนดอน ปัจจุบันติมอร์-เลสเตยังคงพัฒนากรอบการกำกับดูแลสำหรับการกักเก็บก๊าซ CO_2[22] ซึ่งทำให้กระบวนการตรวจสอบแบบรอบด้านนี้มีความท้าทาย

7. กรอบงานเฉพาะโครงการ

ประเด็นสำคัญที่ได้เรียนรู้

- ในระดับโครงการ ผู้กำหนดนโยบายและหน่วยงานกำกับดูแลควรทำความเข้าใจชุดสัญญาที่โครงการ CCUS โดยทั่วไปต้องมี และควรทำความเข้าใจว่าสัญญาเหล่านี้มีการจัดสรรความเสี่ยงอย่างไร
- สัญญาเหล่านี้ส่วนใหญ่ จะอ้างอิงกฎหมายและระเบียบของประเทศหนึ่ง ๆ แม้ว่าจะไม่ได้เกี่ยวข้องกับโครงการ CCUS เป็นการเฉพาะก็ตาม
- ความสามารถในการกู้ยืมเงินของโครงการ CCUS มักพิจารณาจากลักษณะของสิทธิ์ในทรัพย์สินที่ได้มาจากกรอบงานภายในประเทศ เช่น สิทธิ์ในพื้นที่รูพรุน หรือสิทธิ์ในคาร์บอนเครดิตที่โครงการสร้างขึ้น

บทนำ

บทที่ 6 ให้รายละเอียดเกี่ยวกับทรัพยากรต่าง ๆ ในการพัฒนากรอบงาน เช่นมาตรฐาน กรอบงานขององค์กรผู้นำ และอนุสัญญาระหว่างประเทศ เขตเศรษฐกิจเกิดใหม่บางแห่งกำลังมุ่งสร้างกรอบกฎหมายและกรอบการกำกับดูแล CCUS ในระดับโครงการ โดยทั่วไป วิธีการนี้สามารถให้แนวทางที่มีความคล่องตัวโดยจัดการกับประเด็นสำคัญ ๆ ของกรอบ CCUS ที่ไม่ต้องมีกระบวนการอนุมัติระหว่างกระทรวงซึ่งใช้เวลานาน ที่อาจจำเป็นสำหรับกฎหมาย/ระเบียบใหม่ ๆ ที่เกี่ยวกับกิจกรรม CCUS โดยเฉพาะ ประเทศที่ใช้ระเบียบเฉพาะโครงการยังคงสามารถดำเนินการแก้ไขกฎหมาย/ระเบียบที่มีอยู่ควบคู่กันไป และใช้ระเบียบเฉพาะโครงการเป็นการนำร่อง

การใช้กรอบงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ อาจเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติตามมาตรฐาน ขั้นตอนหรือแนวทางใหม่ ๆ ในการให้อนุญาต รายการข้อควรพิจารณาบางส่วนสำหรับกรอบ CCUS มีดังต่อไปนี้

ข้อควรพิจารณาสำคัญ ๆ สำหรับกรอบ CCUS

- วัตถุประสงค์ในการนำ CCUS ไปใช้งานในประเทศ
- ข้อกำหนดในการรายงานผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (การดักจับก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยในอากาศ การรั่วไหลของก๊าซ CO_2 ของเสียอันตราย ฯลฯ)
- สิทธิ์ในทรัพย์สิน การใช้ที่ดิน รวมถึงการเข้าถึงการขนส่งและการกักเก็บ
- ความรับผิดในการกักเก็บ
- การให้อนุญาตห่วงโซ่อุปทาน CCUS
- การติดตามตรวจสอบ การตรวจสอบยืนยัน การหาปริมาณ
- ข้อกำหนดในการรายงานผลและการเก็บรักษาเอกสาร
- การจำแนกประเภทก๊าซ CO_2 (ของเสีย สินค้า อันตราย/สารพิษ)
- ข้อกำหนดด้านองค์ประกอบและการกำหนดลักษณะของกระแสก๊าซ CO_2
- การดูแลในระยะสั้นและระยะยาวและความรับผิดต่อพื้นที่ที่อาจเป็นพื้นที่กักเก็บ
- กรรมสิทธิในก๊าซ CO_2 และสัญญากับภาคเอกชน
- การประเมินด้านสิ่งแวดล้อม
- การมีส่วนร่วมของชุมชน เช่น ข้อควรพิจารณาเรื่องความยุติธรรมด้านสิ่งแวดล้อม แผนผลประโยชน์ของชุมชน
- การจับคู่แหล่งก๊าซ CO_2 กับพื้นที่กักเก็บทางธรณีวิทยาใต้ดินแบบถาวร (หรือที่เรียกว่า 'Hubs and Clusters')
- ข้อกำหนดในการใช้วัตถุดิบหรือชิ้นส่วนที่มีแหล่งกำเนิดในประเทศ
- ภาษีสำหรับโครงการ CCUS (เช่น กฎเกี่ยวกับค่าเสื่อมราคาและมาตรการจูงใจทางภาษี)

โครงการ Sleipner ของประเทศนอร์เวย์ และ โครงการ Tomakomai ของประเทศญี่ปุ่น

โครงการ CCUS ในเชิงพาณิชย์ดำเนินไปโดยไม่มีกรอบกฎหมาย/การกำกับดูแลที่ครอบคลุม ซึ่งรวมถึงโครงการ Tomakomai ในญี่ปุ่น และโครงการ Sleipner ในนอร์เวย์

รูปที่ 7.1 โครงการสาธิต Tomakomai CCUS Demonstration Project (ด้วยความอนุเคราะห์รูปจาก IEA (2021), CCUS around the world in 2021, IEA, Paris https://www.iea.org/reports/ccus-around-the-world-in-2021, License: CC BY 4.0)

เอเชีย Tomakomai ซึ่งเป็นโครงการสาธิต CCUS นอกชายฝั่ง นำโดยบริษัท Japan CCS Co. Ltd. ได้รับการว่าจ้างในปี 2555 โดย กระทรวงเศรษฐกิจ การค้า และอุตสาหกรรม (Ministry of Economy, Trade, and Industry: METI) และในปี 2561 โดยองค์การพัฒนาพลังงานใหม่และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (New Energy and Industrial Technology Development Organization)[1] เนื่องจากญี่ปุ่นไม่มีกฎหมาย CCUS เป็นการเฉพาะ เมื่อโครงการ Tomakomai เปิดตัว จึงมีการใช้หรือแก้ไขกฎหมายและกฎระเบียบที่ใช้กำกับดูแลอยู่ ณ ตอนนั้น

ตัวอย่างเช่นพระราชบัญญัติ Act on Prevention of Marine Pollution and Maritime Disaster ได้รับการแก้ไขเพิ่มเติมเพื่อควบคุมการกักเก็บก๊าซ CO_2 นอกชายฝั่งให้สอดคล้องกับพิธีสารลอนดอน ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม ค.ศ. 2006[2] พระราชบัญญัตินี้กำหนดให้ต้องได้รับใบอนุญาตจากรัฐมนตรีว่าการกระทรวงสิ่งแวดล้อมในการกักเก็บก๊าซ CO_2 ในชั้นดินใต้ทะเล และการยื่นขอใบอนุญาตจำเป็นต้องมีแผนงานโครงการ แผนติดตามตรวจสอบ และรายงานการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม[3] นอกจากนี้ พระราชบัญญัติ Mining Act และพระราชบัญญัติ Mining Safety Act ถูกนำมาบังคับใช้เพื่อให้แน่ใจว่า การอัดฉีดและการกักเก็บก๊าซ CO_2 เป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัย[4] METI ยังได้พัฒนาแนวทาง 'การปฏิบัติงานอย่างปลอดภัยของโครงการสาธิต CCS' ('Safe Operations of a CCS Demonstration Project') [5] และมีการจัดทำและใช้ 'คู่มือมาตรฐานการจัดการแหล่งกักเก็บระหว่างการอัดฉีดก๊าซ CO_2 ('Reservoir Management Standards Manual During CO_2 injection') คู่มือฉบับนี้คำนึงถึงระเบียบ มาตรฐานทางเทคนิค และแนวปฏิบัติระหว่างประเทศด้าน CCUS[6] ญี่ปุ่นยังไม่ได้จัดทำข้อกำหนดเกี่ยวกับความรับผิดในระยะยาว การปิดพื้นที่ และการถ่ายโอนความรับผิดดังกล่าว ทว่าการพัฒนาในส่วนนี้ ถือเป็นส่วนหนึ่งของแผนการกำกับดูแลที่รัฐบาลกำลังดำเนินอยู่ ประเทศญี่ปุ่นยังคงมุ่งดำเนินการจัดทำกรอบ CCUS ที่ครอบคลุมมากขึ้น

รูปที่ 7.2 โครงการ Sleipner Project (ด้วยความอนุเคราะห์รูปจาก Gullfaks B. Av Ole Jørgen Bratland. CC BY SA 3.0. https://snl.no/Equinor)

ยุโรป ในโครงการ Sleipner ของนอร์เวย์ ก๊าซ CO_2 จะถูกอัดฉีดนอกชายฝั่งในชั้นหินน้ำเค็มใต้ทะเลมากกว่า 25 ปี[7] โครงการ Sleipner แยกก๊าซ CO_2 ออกจากก๊าซธรรมชาติที่ผลิตที่แท่นขุดเจาะนอกชายฝั่ง จากนั้นก๊าซ CO_2 จะถูกอัดฉีดและกักเก็บในไว้ในชั้นหินใต้ทะเล ที่ติดกับบริเวณนอกชายฝั่ง Utsira[8] โครงการนี้ริเริ่มขึ้นในปี 2539 นานก่อนที่นอร์เวย์จะใช้กรอบการกำกับดูแล CCUS เป็นการเฉพาะในปี 2557[9] โครงการนี้เริ่มต้นภายใต้กรอบงานด้านน้ำมันและก๊าซที่มีอยู่ อย่างไรก็ตาม มีการดำเนินกิจกรรม CCUS ตามแผนพัฒนาและดำเนินการ (Plan for Development and Operation) ก่อนเริ่มดำเนินงานด้านก๊าซ หลังจากกรอบงานใหม่ผ่าน ผู้อุปถัมภ์โครงการได้ยื่นขอใบอนุญาตและได้รับใบอนุญาตที่เป็นปัจจุบัน[10] โครงการได้เปลี่ยนผ่านตามกรอบงานใหม่ได้สำเร็จ[11]

กรณีศึกษาข้างต้น แสดงให้เห็นถึงการใช้กรอบงานที่มีอยู่ ซึ่งไม่ใช่กรอบ CCUS ในการดำเนินโครงการ CCUS ในประเทศญี่ปุ่นและนอร์เวย์

เมื่อเริ่มต้นกระบวนการร่างกรอบกฎหมาย/กรอบการกำกับดูแลด้าน CCUS ควรเชิญผู้เชี่ยวชาญด้านสุขภาพและความปลอดภัย สิ่งแวดล้อม และอุตสาหกรรม ที่มีประสบการณ์ทั้งในด้านเทคโนโลยีและกรอบกฎหมายมาเข้าร่วมกระบวนการ แม้ว่าการร่างกฎหมายจะมีวิธีที่หลากหลาย แต่โดยทั่วไปมักมีองค์ประกอบสำคัญอยู่ 5 ประการ

- ทำให้ถูกกฎหมาย (เกิดผลทางกฎหมายตามที่เจตนา)
- ทำให้เป็นทางการ (เลือกวิธีการผลักดันกฎหมายที่เหมาะสม)
- บูรณาการ (เชื่อมโยงกฎหมายใหม่เข้ากับกฎหมายที่มีอยู่)
- จัดระเบียบ (จัดเรียงตัวบทกฎหมายอย่างเหมาะสม)
- ทำให้ชัดเจน (มีการบัญญัติที่ชัดเจน)[12]

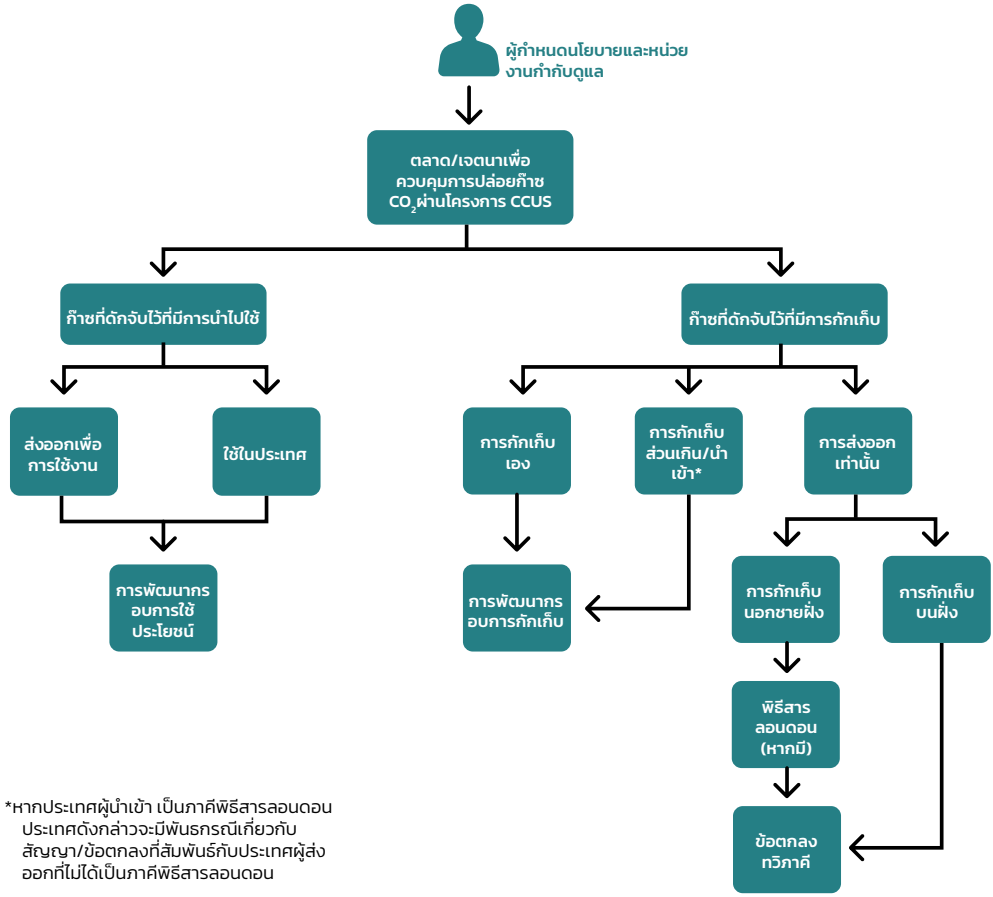
ร่างระเบียบหรือกฎหมายต้องเป็นไปตามวัตถุประสงค์ เข้าใจง่าย และบังคับใช้ได้ในเขตอำนาจที่มีผลใช้บังคับ กระบวนการร่างอาจมีลักษณะเป็นการกำหนดว่าต้องกระทำ (กำหนดข้อกำหนดหรือมาตรฐานที่ผู้ดำเนินการต้องปฏิบัติตาม) หรือตามผลการดำเนินงาน (กำหนดเกณฑ์ที่ผู้ดำเนินการต้องปฏิบัติตาม) มีทรัพยากรข้อมูลจำนวนมากที่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการร่าง

เช่น มาตรฐานสากล กรอบงานที่มีอยู่ ฯลฯ ซึ่งมีการนำเสนอในรายละเอียดเพิ่มเติมในบทที่ 6 ทรัพยากรและหน้าที่รับผิดชอบสำหรับการจัดทำกรอบงาน

การพัฒนากรอบงานควรเป็นกระบวนการที่ทำซ้ำ ประกอบด้วยข้อมูลและการถอดบทเรียนที่ได้จากโครงการที่มีการปฏิบัติจริง การใช้ทรัพยากร กรอบต้นแบบ แนวปฏิบัติที่ดี รวมทั้งบทเรียนที่ได้รับจากประเทศอื่น ๆ อาจเป็นสิ่งที่เร่งกระบวนการร่างและจัดทำผังปัญหาและแนวทางแก้ไขที่เป็นไปได้เพื่อจัดกับการความท้าทายเชิงเทคนิคและเชิงพาณิชย์ในอุตสาหกรรม CCUS อย่างไรก็ตาม ทุกประเทศต่างมีลักษณะและความท้าทายเฉพาะ ดังนั้นการทดสอบการนำร่องกรอบงานใด ๆ จึงเป็นส่วนสำคัญของการดำเนินการ

โครงการสาธิตจะทดสอบความยืดหยุ่นและความเหมาะสมของเครื่องมือทางกฎหมายและระบบในการให้อนุญาต และช่วยหาช่องว่างด้านการกำกับดูแล[13] โครงการสาธิตยังทำให้เกิดการมีส่วนร่วมระหว่างผู้พัฒนาโครงการ หน่วยงานกำกับดูแล และเจ้าหน้าที่อื่น ๆ ของรัฐ ซึ่งสามารถเสริมส่งการทำงานร่วมกันและสนับสนุนการนำบทเรียนที่ได้มาปรับใช้ โครงการสาธิต Norwegian Longship ของนอร์เวย์ เป็นหนึ่งตัวอย่างของโครงการสาธิตที่ถูกใช้ในการทดสอบกรอบกฎหมายใหม่สำหรับโครงการ CCUS โครงการสาธิต Longship เป็นโครงการแรกที่ได้รับการพัฒนาตามกรอบ CCUS โดยเฉพาะ มีการระบุความท้าทายและประเด็นต่าง ๆ ที่ไม่ได้คาดคิดไว้ล่วงหน้า และมีการจัดการแก้ไขตามผลของโครงการในระดับหนึ่ง[14]

รูปที่ 7.1 เป็นภาพประกอบของผังการตัดสินใจแบบต้นไม้ สำหรับการพัฒนากรอบการใช้ประโยชน์หรือการกักเก็บ ร่วมกับขั้นตอนที่ 1 ถึง 6 ดังที่อธิบายไว้ในบทที่ 5, 6 และ 7 ของคู่มือฉบับนี้



รูปที่ 7.1 เส้นทางการตัดสินใจในการสร้างกรอบงาน (จะมีการกล่าวถึงพิธีสารลอนดอนใน บทที่ 6: ทรัพยากรและหน้าที่ความรับผิดชอบสำหรับการจัดทำกรอบงาน)

แนวปฏิบัติที่ดีที่สุดสำหรับกรอบงานเฉพาะโครงการ

ข้อมูลที่ให้รายละเอียดไว้ข้างต้นสามารถสนับสนุนการพัฒนากรอบกฎหมายและกรอบการกำกับดูแลระหว่างประเทศหรือภายในประเทศ ในระดับโครงการยังมีชุดตราสารทางกฎหมายและสัญญาที่ต้องพิจารณาอีกด้วย

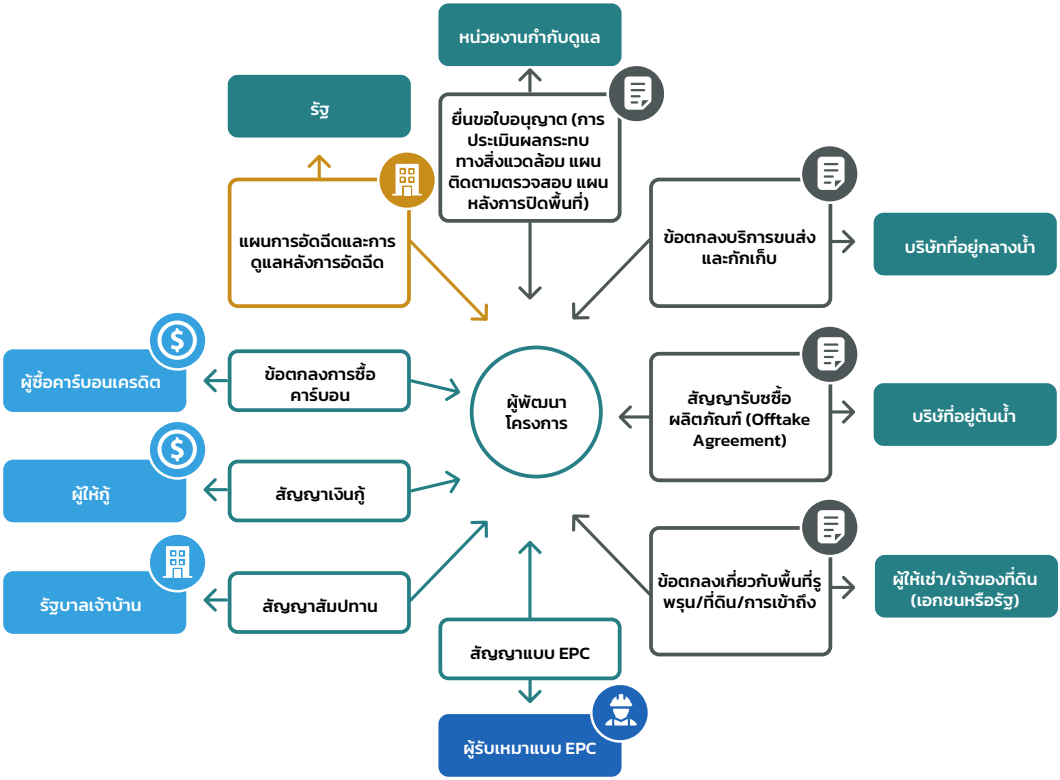
ดังที่แสดงในภาพด้านล่าง (รูปที่ 7.2) มีผู้เล่นรายหลักหลายรายและสัญญาประเภทต่าง ๆ ที่มักมีความจำเป็นต่อโครงการกักเก็บ สิ่งนี้เป็นเพียงแบบจำลองประเภทหนึ่งสำหรับโครงการ บริษัทใดก็ตามที่ดำเนินโครงการ CCUS จะต้องพิจารณาว่า จะบูรณาการสิ่งเหล่านี้ในแนวดิ่ง ในห่วงโซ่มูลค่าได้อย่างไร ผู้พัฒนาโครงการ ซึ่งแยกจากผู้ปล่อยก๊าซ อาจกำกับดูแลห่วงโซ่มูลค่า CCUS บางส่วนหรือทั้งหมด เช่น บริษัทที่ดักจับ/ขนส่ง/กักเก็บ (ต้นน้ำ/กลางน้ำ/ปลายน้ำ) อาจมีหลายหน่วยงานหรือหน่วยงานเดียว หลายเครื่องมือมีความคล้ายคลึงกับสัญญาที่ใช้ในภาคการผลิตไฟฟ้า ดังที่แสดงไว้ในคู่มือการทำความเข้าใจข้อตกลงซื้อขายพลังงานไฟฟ้า (Understanding Power Purchase Agreements Handbook) ของ CLDP[15]

- **ใบอนุญาตและเอกสารที่เกี่ยวข้อง** ให้สิทธิแก่ผู้พัฒนาโครงการ (เจ้าของ/ผู้ดำเนินการ) ในการอัดฉีดก๊าซ CO_2 เพื่อการกักเก็บแบบถาวร โดยปกติหน่วยงานกำกับดูแลจะกำหนดให้ผู้พัฒนาให้ข้อมูลเกี่ยวกับการกำหนดลักษณะของพื้นที่ การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม แผนการติดตามตรวจสอบพื้นที่ในระหว่างที่อัดฉีด และแผนการดูแลเมื่อปิดพื้นที่
- **ข้อตกลงบริการขนส่งและกักเก็บ** กำหนดให้ผู้พัฒนาต้องได้รับใบอนุญาตที่จำเป็น เช่นใบอนุญาตที่ต้องใช้สำหรับการวางท่อในพื้นที่ ซึ่งเป็นเงื่อนไขหนึ่งของบริษัทกลางน้ำที่จัดหาก๊าซ CO_2 นอกจากนี้ ข้อตกลงอาจกำหนดให้ผู้พัฒนาปฏิบัติตามพิธีสารหรือเกณฑ์วิธีต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาตรการจูงใจต่าง ๆ เช่น เครดิตภาษีการผลิตเพื่อกักเก็บ หรือมาตรการจูงใจอื่น ๆ ในการกักเก็บ
- **สัญญารับซื้อผลิตภัณฑ์ (Offtake Agreement)** กำหนดให้บริษัทที่อยู่ต้นน้ำ (เช่น หน่วยงานที่ดักจับก๊าซ CO_2) จัดหาก๊าซ CO_2 ตามข้อกำหนดและในปริมาณเฉพาะ ข้อตกลงนี้อาจรวมถึงข้อกำหนดในการ 'รับหรือจ่าย' (take or pay) เพื่อให้ผู้พัฒนา/ผู้ดำเนินการกักเก็บ จะต้องจ่ายชดเชยให้

บริษัทที่อยู่ต้นน้ำ แม้ว่าการขนส่งหรือการกักเก็บก๊าซ CO_2 จะหยุดชะงักก็ตาม

- **ข้อตกลงพื้นที่รูพรุน/ที่ดิน/การเข้าถึง** ควบคุมการเช่า/สัมปทาน ในการเข้าถึงที่ทรัพย์สินบนผิวดิน หรือพื้นที่รูพรุนที่จะพัฒนาไปเป็นพื้นที่กักเก็บ สิ่งนี้อาจเกิดขึ้นได้จากการจัดซื้อ การเช่า หรือสามารถออกโดยเจ้าของพื้นที่รูพรุน ผ่านการปล่อยทรัพยากรการกักเก็บที่วางแผนไว้ล่วงหน้า หรือโดยการประมูล
- **สัญญาวิศวกรรม การจัดซื้อ และการก่อสร้าง (Engineering, Procurement, and Construction: EPC)** กำหนดข้อกำหนดและเงื่อนไขการออกแบบพื้นที่กักเก็บ การจัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์ และการก่อสร้างพื้นที่ ภาระผูกพันที่เกิดขึ้นภายใต้ข้อตกลงนี้ อาจแบ่งออกเป็นสัญญาหลายฉบับที่ประกอบด้วยขอบเขตเหล่านี้ตั้งแต่หนึ่งขอบเขตขึ้นไป
- **สัญญาเงินกู้** ทำให้เกิดภาระผูกพันของผู้ให้กู้ในการจัดหาเงินทุนสำหรับโครงการกักเก็บ รวมทั้งภาระผูกพันของผู้พัฒนาโครงการในการปฏิบัติตามข้อตกลงต่าง ๆ ตามสัญญาเงินกู้
- **ข้อตกลงการซื้อคาร์บอน** ควบคุมข้อกำหนดระหว่างผู้พัฒนากับผู้ซื้อคาร์บอนเครดิตที่เกิดจากโครงการกักเก็บ การใช้ตลาดคาร์บอนจะกล่าวถึงเพิ่มเติมในบทที่ 6 ทรัพยากรและหน้าที่รับผิดชอบสำหรับการจัดทำกรอบงาน
- **สัญญาสัมปทาน** ให้สิทธิแก่ผู้พัฒนาโครงการในการพัฒนา จัดหาเงินทุน ก่อสร้าง และดำเนินโครงการกักเก็บ ส่วนนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งเมื่อผู้พัฒนาโครงการไม่ได้เป็นคนในประเทศนั้น
- **แผนการอัดฉีดและการดูแลหลังการอัดฉีด** ก่อนการอัดฉีด ผู้พัฒนาโครงการอาจต้องแสดงหลักฐานความมั่นคงทางการเงินต่อรัฐ รัฐอาจใช้เงินที่ต้องมีการชำระดอกเบี้ย เพื่อครอบคลุมค่าใช้จ่ายในการดูแลหลังการปิดพื้นที่หลายปี ในบางกรณี รัฐอาจอนุญาตให้มีการถ่ายโอนการดูแลในระยะยาวจากผู้พัฒนาไปยังรัฐเอง หลังจากที่ผู้พัฒนาดำเนินการตามข้อกำหนดบางข้อหลังปิดพื้นที่

เครื่องมือทางการเงินยังเป็นกุญแจสำคัญในการช่วยให้โครงการ CCUS ประสบความสำเร็จ เมื่อดำเนินการร่วมกับการมีส่วนร่วมของชุมชน กรอบกฎหมายและกรอบการกำกับดูแล



รูปที่ 7.2 ชุดสัญญาสำหรับผู้พัฒนาโครงการกักเก็บ

8. การเงินและมาตรการจูงใจ

ประเด็นสำคัญที่ได้เรียนรู้

- คาร์บอนที่ผลิตได้ส่วนใหญ่จะต้องถูกกำจัดอย่างถาวร นักลงทุนและผู้ดำเนินการโครงการ CCUS จะมีแรงจูงใจในการก่อสร้างและดำเนินโครงการ CCUS เมื่อมีเหตุผลทางเศรษฐกิจในการดักจับ ขนส่ง และกักเก็บคาร์บอนที่เป็นของเสีย คาร์บอนที่ดักจับได้จะต้องมีมูลค่า
- สำหรับผู้กำหนดนโยบายและหน่วยงานกำกับดูแลที่หาทางสร้างแรงจูงใจในการลงทุนในโครงการ CCUS การสร้างมูลค่าจากคาร์บอนที่ดักจับ/กักเก็บไว้ ซึ่งมีหลายวิธีซึ่งมีหลายวิธี ซึ่งรวมถึงเครดิตภาษี ภาษีคาร์บอนจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ระบบการค้าคาร์บอนแบบกำหนดเพดานการลดและจัดสรรสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (cap-and-trade) และข้อกำหนดในการกำกับดูแลที่จำกัดปริมาณการปล่อยคาร์บอน (โดยจะเป็นการกระตุ้นให้เกิดการลงทุนใน CCUS เพื่อให้เป็นไปตามระดับดังกล่าว) ตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจอาจเป็นที่มาของมูลค่าสำหรับโครงการ CCUS
- อย่างไรก็ตาม ผู้กำหนดนโยบายควรตระหนักถึงผลที่อาจเกิดขึ้นจากนโยบายที่รัฐบาลเลือก และเตรียมพร้อมที่จะปรับมาตรการจูงใจทางการคลังเมื่อผลที่ตามมาเหล่านี้มีความชัดเจน
- เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการลงทุน นักลงทุนและผู้ดำเนินการโครงการ CCUS อาจเข้าถึงสินเชื่อและเครื่องมือทางการเงินอื่น ๆ ที่เชื่อมโยงกับวัตถุประสงค์ด้านสภาพภูมิอากาศ

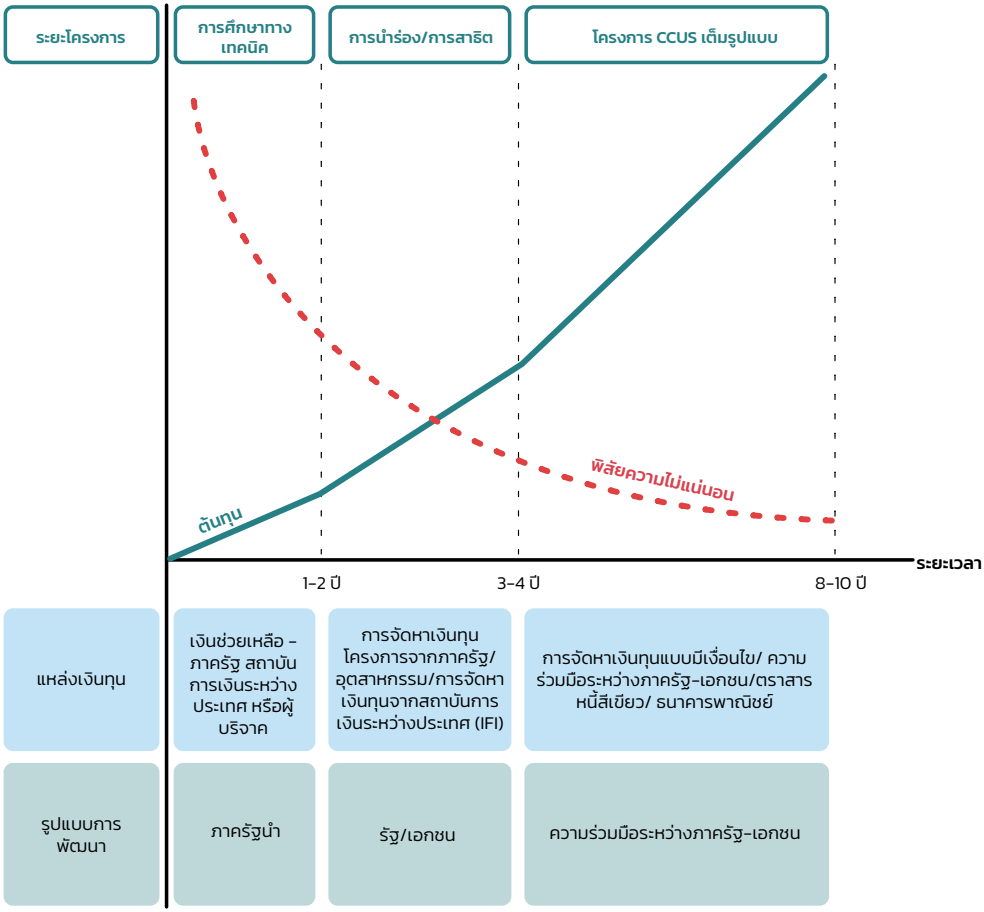
บทนำ

บทนี้จะกล่าวถึงเครื่องมือและกลไกทางการเงินให้ผู้กำหนดนโยบายได้พิจารณาเมื่อกำหนดกลยุทธ์และกรอบ CCUS บทนี้ยังสรุปเครื่องมือทางการเงินจำนวนมากที่ประเทศและผู้พัฒนาโครงการรายต่าง ๆ อาจนำมาพิจารณาเพื่อผลักดันโครงการ CCUS เช่นสินเชื่อจากธนาคาร ภาษี/มาตรการจูงใจเกี่ยวกับคาร์บอน การปรับราคาคาร์บอนก่อนข้ามพรมแดน (border adjustment) และตลาดคาร์บอน

เมื่อพัฒนาเครื่องมือและกลไกเหล่านี้ จำเป็นต้องพิจารณาขั้นต่าง ๆ ของการพัฒนาโครงการ และพิจารณาดูว่ามาตรการจูงใจต่าง ๆ จะช่วยผลักดันแต่ละ

ขั้นอย่างไรได้บ้าง ส่วนใหญ่ เช่น การลดต้นทุนและความเสี่ยง รูปต่อไปนี้แสดงให้เห็นถึงการขยายขนาดตามปกติของโครงการ ตั้งแต่การศึกษาด้านเทคนิคและการนำร่อง ไปจนถึงการสาธิตและการนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์เต็มรูปแบบ นอกจากนี้ ยังแสดงระยะต่าง ๆ คู่กับกับบทบาทของความร่วมมือระหว่างภาครัฐกับเอกชนที่แตกต่างกัน รวมถึงมาตรการจูงใจและกลไกการให้เงินอุดหนุนประเภทต่าง ๆ ที่สามารถนำไปใช้ในแต่ละระยะ นอกจากนี้ มีความเป็นไปได้ที่อุตสาหกรรมอาจดำเนินโครงการเหล่านี้โดยไม่ได้รับการสนับสนุนด้านการวิจัยและพัฒนา เช่น การอาศัยประสบการณ์ด้านการวิจัยและพัฒนาจากประเทศอื่น ๆ

จากมุมมองของโครงการสาธิตและโครงการเชิงพาณิชย์ การวางแผนทางการเงินสำหรับโครงการ CCUS จะครอบคลุมระยะต่าง ๆ ดังที่ระบุไว้ในรูปที่ 8.1 ในช่วงเริ่มแรกของระยะเวลาโครงการ จะมีการประมาณการต้นทุนและมีการปรับปรุงค่าใช้จ่ายในการลงทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน โดยอิงจากแนวทางการวางแผนและออกแบบทางวิศวกรรม (Front End Engineering Study: FEED) เมื่อโครงการครบกำหนด จะมีการปรับปรุงต้นทุนโครงการที่คาดไว้อีกตลอดทุกระยะของโครงการ โดยทั่วไป เนื่องจากโครงการ CCUS ไม่ได้สร้างผลิตภัณฑ์โดยตรง หรือสร้างรายได้ให้แก่โครงการ ดังนั้น คำสั่งในการกำกับดูแลอาจจำเป็นเพื่อให้สามารถตัดสินใจลงทุนได้



รูปที่ 8.1 วิธีที่ RD&D สนับสนุนการพัฒนาในช่วงเริ่มต้น ในความร่วมมือระหว่างภาครัฐกับเอกชน Harshit Agrawal, The World Bank Group, November 2023, Catalyzing CCUS Deployment in Developing Countries (PowerPoint slides)

แนวคิดเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการ CCUS

ความเข้าใจในแนวคิดเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการ CCUS เป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้ผู้กำหนดนโยบายกำหนดมาตรการจูงใจเพื่อกระตุ้นให้เกิดการนำไปใช้งาน โครงการ CCUS อาจต้องใช้เงินลงทุนตั้งต้น (initial capital) ที่มากอย่างมีนัยสำคัญ และมีต้นทุนการดำเนินงานและบำรุงรักษา (O&M) ในระยะยาวเป็นรายปี การทำความเข้าใจเกี่ยวกับต้นทุนเหล่านี้ มีความสำคัญยิ่งต่อการระบุมูลค่าของระดับมาตรการจูงใจในระยะต่าง ๆ ของโครงการ เพื่อสนับสนุนการพัฒนาเชิงพาณิชย์ในวงกว้าง ตัวอย่างเช่น เงินลงทุนตั้งต้นและการก่อสร้างโรงงานดักจับคาร์บอนอาจมีมูลค่าระหว่าง 50 ล้านถึง 1 พันล้านดอลาร์สหรัฐฯ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดและปริมาณก๊าซ CO_2 ที่ต้องกักเก็บ[1] โดยทั่วไป เงินส่วนนี้เป็นค่าใช้จ่ายก้อนใหญ่ที่สุดสำหรับโครงการ CCUS นอกจากนี้ การขนส่งและการกักเก็บทางท่อทางไกลยังต้องใช้เงินลงทุนจำนวนมาก โดยทั่วไป การเข้าถึงพื้นที่กักเก็บใกล้กับโครงการดักจับคาร์บอนเป็นสิ่งที่ดีที่สุดจากมุมมองด้านต้นทุนรวมของโครงการ เนื่องจากสามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งได้ แต่ละโครงการจะมีคุณสมบัติเฉพาะตัว ซึ่งจะทำให้องค์ประกอบของต้นทุนแตกต่างกันไปบ้าง

ควรมีการประเมินโครงการ CCUS ในลักษณะที่สอดคล้องกับหลักการทางเศรษฐศาสตร์และสินเชื่อโครงการ (project finance) ทั่วไป เป้าหมายของการวิเคราะห์โครงการ คือ การค้นหาให้แน่ใจเกี่ยวกับรายได้ในอนาคต เงินลงทุนรวม (total capital) และต้นทุนการดำเนินงานและบำรุงรักษา (O&M) เมื่อเวลาผ่านไป นอกจากรายได้และต้นทุนแล้ว การประเมินประวัติความเสี่ยงของแต่ละองค์ประกอบยังมีความจำเป็น เพื่อทำความเข้าใจว่าการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นในตลาดและเงื่อนไขในการกำกับดูแล จะส่งผลต่อกระแสเงินสดของโครงการอย่างไรบ้าง

รายได้ของโครงการส่วนใหญ่มาจากแรงผลักดันของรัฐบาล การดำเนินการเหล่านี้อาจอยู่ในรูปแบบของคำสั่ง (เช่น ภาษีคาร์บอนและคำสั่งด้านสิ่งแวดล้อม) หรือมาตรการจูงใจ (เช่น ค่าใช้จ่ายโดยตรงของรัฐบาล เครดิตภาษี และบริการทางการเงิน) ในบางกรณีซึ่งไม่บ่อยครั้งนัก รายได้จากการขายก๊าซ CO_2 เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ อาจช่วยอธิบายความสมเหตุสมผลของต้นทุน

โครงการ เช่น ในกรณีของโครงการ CCUS ในยุคแรก ผ่านการพัฒนาการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำมันดิบ (CO_2EOR) ในสหรัฐฯ

ความสามารถในการกู้ยืมเงินและการลดความเสี่ยงทางการเงินของโครงการ CCUS

การดำเนินการของรัฐบาลในโครงการ CCUS

รัฐบาลสามารถนำทฤษฎีต่าง ๆ ทางเศรษฐศาสตร์มาใช้เพื่อสร้างแรงจูงใจในการลด หรือขจัดการปล่อยก๊าซ CO_2 ผ่านโครงการ CCUS ได้ คำสั่งต่าง ๆ ประกอบด้วยการบังคับใช้ภาษีคาร์บอนหรือการออกระเบียบเกี่ยวกับกระบวนการทางอุตสาหกรรม/การผลิตไฟฟ้า เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มาตรการจูงใจ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายด้านการวิจัยและพัฒนา เงินช่วยเหลือหรือเงินอุดหนุนจากรัฐบาลผ่านข้อตกลงความร่วมมือ มาตรการจูงใจในการลงทุนโดยตรงและในการผลิต เครดิตภาษีการผลิต (production tax credits: PTC) และเครดิตภาษีการลงทุน (investment tax credits: ITC) และการสร้างอุปสงค์ในผลิตภัณฑ์ที่ลดคาร์บอน ผ่านระเบียบหรือมาตรการจูงใจ

ภาษีคาร์บอน

ภาษีคาร์บอนเป็นกลไกในการเก็บภาษีการปล่อยก๊าซ CO_2 ตามปริมาณผลกระทบ และ/หรือแหล่งกำเนิด ข้อพิจารณาที่สำคัญในนโยบายภาษีคาร์บอน คือ การรวมมาตรการลดก๊าซเรือนกระจก เช่น กิจกรรม CCUS หรือกิจกรรมที่เป็นลบสุทธิ เช่น กิจกรรมการกำจัดก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ ไว้ในนโยบาย

รัฐบาลสามารถกำหนดระดับภาษีได้ ซึ่งจะต้องมีความโปร่งใสและคาดการณ์ได้ และกำหนดราคาที่คงที่ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อย่างไรก็ตาม นโยบายประเภทนี้อาจส่งผลให้มีการประมาณการการตอบสนองของตลาดต่อภาษีที่ต่ำ หรือสูงเกินไป และมีความเสี่ยงต่อการรั่วไหลของคาร์บอน (เช่น การย้ายฐานดำเนินการออกจากประเทศ หรือภูมิภาคไปยังเขตอำนาจหนึ่ง ๆ โดยไม่ต้องจ่ายภาษีหรือเสียภาษีที่ต่ำกว่า)

ในปี 2555 ญี่ปุ่นนำภาษีคาร์บอนมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของนโยบายการปฏิรูปภาษีโดยรวม[2] ภาษีของญี่ปุ่นใช้กับภาคส่วนเชื้อเพลิงฟอสซิล อย่างไรก็ตาม รัฐบาลได้ขยายมาตรการยกเว้น และคืนเงินหลายมาตรการในส่วนของอัตราภาษีคาร์บอนสำหรับผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานสูงบางประเภท เช่น เกษตรกรรม การขนส่งสาธารณะ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี และโรงไฟฟ้าพลังงานถ่านหิน สิงคโปร์ยังได้ออกภาษีคาร์บอนในปี 2562 โดยเริ่มต้นที่ 5 ดอลลาร์ต่อตัน CO_2เทียบเท่า โดยจะเพิ่มขึ้นเป็น 50–85 ดอลลาร์ต่อตัน CO_2เทียบเท่าภายในปี 2573[3]

ระบบการค้าคาร์บอนแบบกำหนดเพดานการลดและจัดสรรสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Cap-and-trade)

ระบบ cap-and-trade กำหนดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดที่อนุญาต โดยจะมีการขายสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (allowance) หรือการอนุญาตปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้ตลาดที่มีการแข่งขัน ให้แก่ผู้ที่สร้างก๊าซเรือนกระจกสูงสุด (highest builder) มาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอาจเป็นส่วนหนึ่งของระบบตลาดภาคบังคับ ซึ่งธุรกรรมระหว่างผู้ปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับผู้ลดก๊าซเรือนกระจกสามารถเกิดขึ้นได้ (ดูกรณีศึกษาเกี่ยวกับระบบการซื้อขายสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Trading Scheme) ของสหภาพยุโรปด้านล่างนี้) ระบบ cap-and-trade มีประโยชน์ในการทำให้มูลค่าคาร์บอนเปลี่ยนแปลงไปตามอุปสงค์ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและอุปทานในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ข้อเสียของระบบดังกล่าวคือความเป็นไปได้ที่จะเกิดความผันผวนในตลาด ซึ่งจะทำให้ความแน่นอนด้านความเสี่ยงและรายได้สำหรับโครงการ CCUS ลดลง

การกำหนดเพดานการลดและจัดสรรสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (cap-and-trade) ของระบบการซื้อขายสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Trading Scheme: ETS) ของสหภาพยุโรป

ETS ของสหภาพยุโรปมีการดำเนินการในประเทศสมาชิกสหภาพยุโรปครบทั้ง 27 ประเทศ รวมทั้งประเทศในสมาคมการค้าเสรียุโรป (European Free Trade Association) (ไอซ์แลนด์ ลิกเตนสไตน์ และนอร์เวย์)[4] ระบบ ETS กำหนดเพดานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่อนุญาตหนึ่งตันจะแสดงเป็นหนึ่งใบอนุญาตในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผู้ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะต้องคืน (และชำระเงิน) ค่าสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เทียบเท่ากับก๊าซเรือนกระจกที่ตนปล่อย หากไม่ดำเนินการ จะถูกปรับ[5] หากผู้ปล่อยปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าสิทธิที่ได้รับในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ระบบ ETS จะอนุญาตให้ผู้ปล่อยค้า (ขาย) สิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนเกินให้แก่ผู้ปล่อยรายอื่น ๆ หากผู้ปล่อยลดหรือกำจัดก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาผ่านกิจกรรม CCUS แล้ว ETS จะถือว่าก๊าซ CO_2 ไม่ได้ถูกปล่อยออกมา จุดนี้ จะทำให้ผู้ปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่ต้องคืนสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่กำจัดหรือลดลง ความเสี่ยงของการขนถ่ายก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผู้ปล่อยเมื่อมีการขนถ่ายก๊าซ CO_2 ไปยังโรงดักจับ ขนถ่าย หรือกักเก็บ หรือหากมีการขนถ่ายก๊าซ CO_2 ออกไปโดยการดักจับทางเคมีอย่างถาวรในตัวผลิตภัณฑ์ (กล่าวคือ ก๊าซ CO_2 ไม่สามารถเข้าสู่ชั้นบรรยากาศได้ภายใต้การใช้งานผลิตภัณฑ์แบบปกติ)[6]

ETS ไม่ได้ครอบคลุมก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยทุกประเภท และหลายประเทศใช้ภาษีคาร์บอนในการจูงใจให้มีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนอกระบบ ETS อย่างไรก็ตาม ETS ไม่ได้กีดกันประเทศสมาชิกสหภาพยุโรปในการใช้ภาษีคาร์บอน นอกเหนือจากการ cap-and-trade สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ ETS รวมเข้าไว้ ในนอร์เวย์ ใบอนุญาต ETS ทับซ้อนกับภาษี CO_2 ของนอร์เวย์สำหรับภาคการผลิตน้ำมันและก๊าซนอกชายฝั่ง ซึ่งสร้างมาตรการจูงใจที่น่าสนใจในการดำเนินกิจกรรม CCUS แทนที่จะปล่อยก๊าซ CO_2 ออกไป[7]

ระเบียบเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการทางอุตสาหกรรม/โรงไฟฟ้า

อาจใช้การควบคุมโดยตรงผ่านการกำกับดูแลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่เพียงอย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับกลไกอื่น ๆ เช่น cap-and-trade ตามที่อธิบายไว้ข้างต้น สิ่งนี้จะทำให้ผู้ปล่อยต้องใช้มาตรการควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก[8]หรือลดหรือกำจัดแหล่งที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจก (เช่น การบังคับตัดจำหน่ายทรัพย์สิน หรือ CCUS) และกำหนดให้ต้องปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติงาน ระเบียบประเภทนี้สามารถทำได้บนฐานสมดุลมวลสาร (มวลก๊าซเรือนกระจกที่อนุญาตให้ปล่อย/เชื้อเพลิงที่นำเข้าในกระบวนการ) รวมถึงบนฐานของประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย (มวลก๊าซเรือนกระจกที่อนุญาตให้ปล่อย/หน่วยผลผลิตที่ได้จากการผลิต) หรือฐานสมดุลรวม (มวลก๊าซเรือนกระจกที่อนุญาตให้ปล่อยต่อช่วงเวลา) ตัวอย่างหนึ่งของระเบียบประเภทนี้คือกฎของสหรัฐฯ ที่เสนอขึ้นมา ได้แก่ มาตรฐานใหม่ว่าด้วยประสิทธิภาพของแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากหน่วยผลิตไฟฟ้าแบบใหม่ที่ดัดแปลง และสร้างขึ้นใหม่โดยใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล" ("New Source Performance Standards for Greenhouse Gas Emissions from New, Modified, and Reconstructed Fossil Fuel-Fired Electric Generating Units")[9] กฎดังกล่าวประกอบด้วยข้อกำหนดในการติดตั้งอุปกรณ์ดักจับคาร์บอนที่โรงไฟฟ้า อีกตัวอย่างหนึ่ง ซาอุดิอาระเบียกำลังพิจารณาที่จะออกคำสั่งให้โรงก๊าซใหม่ทุกแห่งต้องมีการทำ CCS หรืออย่างน้อยต้อง 'พร้อมที่จะดักจับก๊าซ CO_2[10]

ค่าใช้จ่ายในการทำการวิจัย การพัฒนา และการนำไปใช้งาน (RD&D)

แนวทางที่เป็นไปได้ในการกระตุ้นการนำเทคโนโลยี CCUS ไปใช้ คือ การที่รัฐบาลดำเนินการวิจัย การพัฒนา และการนำไปใช้ เพื่อพัฒนาความรู้ในระดับประเทศและนานาชาติเกี่ยวกับเทคโนโลยี CCUS ในปัจจุบัน มีโปรแกรม RD&D ที่สมบูรณ์ในสหรัฐฯ ยุโรป แคนาดา ออสเตรเลีย และญี่ปุ่น เพื่อให้ความช่วยเหลือในการนำเทคโนโลยี CCUS ไปใช้ บางโปรแกรมได้เงินทุนสนับสนุนบางส่วนจากมาตรการจูงใจ เช่น ภาษีหรือสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนเกิน[11]

การนำโปรแกรม RD&D ใหม่ ๆ ไปใช้ควรมีการระบุความต้องการและโอกาสที่เป็นเป้าหมายไว้อย่างรัดกุมเสียก่อน อาจจำเป็นต้องมีการทบทวนอย่างสม่ำเสมอโดยผู้เชี่ยวชาญภายนอกเพื่อให้แน่ใจว่ามีการใช้เงินทุนอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดผล โปรแกรมเหล่านี้มีประโยชน์ในการสนับสนุนให้อุตสาหกรรมดำเนินการอย่างที่ต้องการ องค์กรผู้นำอาจได้รับเงินช่วยเหลือในการดำเนินการด้าน RD&D การได้สิทธิพิเศษเพื่อลดหย่อนภาษี ฯลฯ เพื่อผลักดันให้เกิดการนำไปใช้งาน มีความเป็นไปได้ที่จะใช้โครงสร้างพื้นฐานจากโครงการ RD&D เพื่อการพาณิชย์ในอนาคต ตัวอย่างหนึ่งอาจเป็นการใช้หลุมที่ได้มีการเจาะแล้ว เพื่อศึกษาคุณลักษณะของพื้นที่ทางธรณีวิทยาใต้ดิน

ธนาคารเพื่อการพัฒนาในระดับพหุภาคี

ธนาคารเพื่อการพัฒนาในระดับพหุภาคี เช่น ธนาคารพัฒนาเอเชีย (ADB) และกลุ่มธนาคารโลก (World Bank Group) ได้จัดหาทรัพยากรต่าง ๆ แก่ประเทศกำลังพัฒนาเพื่ออำนวยความสะดวกในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน CCUS (ดูกรณีศึกษาต่อไปนี้ เกี่ยวกับการสนับสนุนโครงการ CCUS ของธนาคาร ADB ในสาธารณรัฐประชาชนจีน) ตามที่สรุปด้านล่าง ทรัพยากรเหล่านี้ประกอบด้วยเงินช่วยเหลือเพื่อทำการศึกษาความเป็นไปได้และร่างนโยบายที่เกี่ยวข้อง การจัดทำสิ่งพิมพ์ให้ความรู้ การจัดงานต่าง ๆ เช่น ทัศนศึกษา การให้สินเชื่อแบบมีเงื่อนไข และการจัดตั้งกองทุนพิเศษเพื่อระดมเงินทุนเกี่ยวกับคาร์บอน

แนวปฏิบัติที่ดีที่สุดในการระดมการสนับสนุนจากธนาคาร คือ การแสดงออกอย่างชัดเจนว่าประเทศต้องการให้ธนาคารมีส่วนร่วมในการเร่งรัดเรื่อง CCUS และขอความช่วยเหลือจากธนาคารตลอดวงจรอายุโครงการ ตั้งแต่งานเตรียมการ ไปจนถึงการให้ทุนสนับสนุนโครงการสาธิต CCUS ตัวแทนจากธนาคารต่าง ๆ เหล่านี้ ยังมีความเต็มใจที่จะพูดคุยกับรัฐบาลโดยตรงก่อนที่จะรับแบบคำขอสินเชื่ออย่างเป็นทางการ

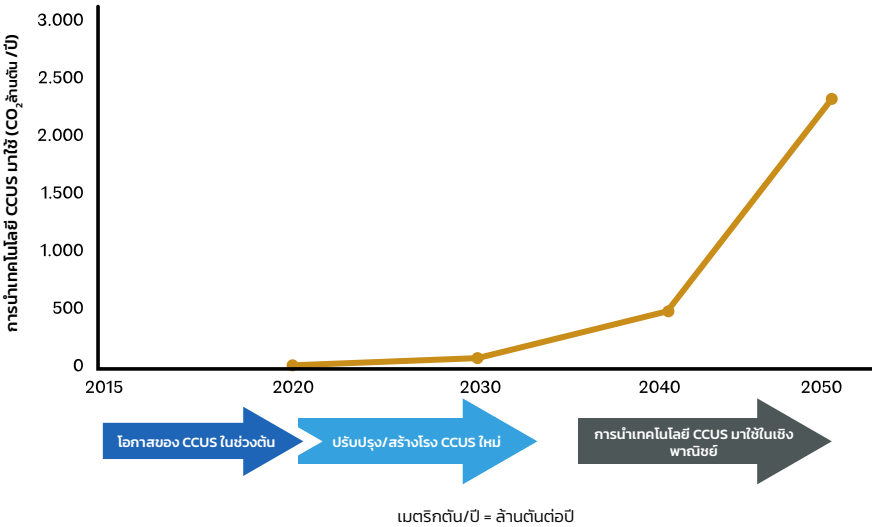
ธนาคาร ADB ให้การสนับสนุนโครงการ CCUS ในสาธารณรัฐประชาชนจีน

ตั้งแต่ปี 2552 สาธารณรัฐประชาชนจีนได้ร่วมมือกับธนาคารพัฒนาเอเชีย (ADB) ในการสร้างความตระหนักรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี CCUS ผ่านผลิตภัณฑ์ให้ความรู้ การประชุมเชิงปฏิบัติการ และการจัดตั้งศูนย์ความเป็นเลิศด้าน CCUS (CCUS Centers of Excellence) จากการสนับสนุนนี้ ในปี 2555 เทคโนโลยีการดักจับหลังการสันดาปในโรงไฟฟ้าพลังงานถ่านหิน (ซึ่งมีขีดความสามารถในการดักจับอยู่ที่ 20,000 ตัน/ปี) ได้เริ่มดำเนินการขึ้นในเมืองเทียนจิน

สาธารณรัฐประชาชนจีนเป็นผู้นำด้านเทคโนโลยี CCUS ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก โดยมี 11 โครงการ จาก 21 โครงการ ที่กำลังดำเนินการ ณ ปี 2566 (อ้างอิงจาก GCCSI)[12] กุญแจดอกสำคัญสู่ความสำเร็จที่ทำให้เกิดการนำไปใช้ตลอด 2 ทศวรรษที่ผ่านมา มาจากหลายปัจจัย ประการแรก ประเทศได้พัฒนา (2558) แผนยุทธศาสตร์เบื้องต้นสำหรับการสาธิตและการนำ CCUS ไปใช้ (Initial Roadmap for CCUS Demonstration and Deployment) ซึ่งได้รับการปรับปรุงในภายหลัง (2565) สิ่งนี้สนับสนุนให้เกิดพัฒนาการมากมายในด้านนโยบาย เทคโนโลยี และการจัดหาเงินทุนสำหรับโครงการ CCUS

ประการที่สอง มีการก่อตั้งศูนย์วิจัยการดักจับและการกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture and Storage Research Center) ในเมืองเซี่ยงไฮ้ (2559) เพื่อส่งเสริมนวัตกรรม CCUS และการเสริมสร้างขีดความสามารถทางอุตสาหกรรมในพื้นที่สามเหลี่ยมปากแม่น้ำเซี่ยงไฮ้และแยงซี นอกจากนี้ ศูนย์ความเป็นเลิศด้าน CCS แห่งมณฑลกวางตุ้ง (Guandong CCS Center for Excellence) ยังได้พัฒนาขีดความสามารถเชิงสถาบันในด้านเทคโนโลยีการวิจัยและสาธิต นโยบาย และกลไกทางการเงินเพื่อนำเทคโนโลยี CCUS ไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ประการที่สาม ประเทศยังคงพัฒนาและปรับปรุงนโยบายและระเบียบด้าน CCUS อย่างต่อเนื่อง โดยมีการเผยแพร่นโยบาย "การดักจับและการกักเก็บคาร์บอน — นโยบายที่พร้อมอำนวยความสะดวกในการนำ CCS มาใช้ในสาธารณรัฐประชาชน

จีนในอนาคต" ("Carbon Capture and Storage — Ready Policy to Facilitate Future CCS Deployment in the People's Republic of China") (ธันวาคม 2557) ประการสุดท้าย สาธารณรัฐประชาชนจีนยังคงสนับสนุนการมีส่วนร่วมแบบเชิงรุกในโครงการ CCUS นับตั้งแต่แผนห้าปีฉบับที่ 11 (2548–2553)



รูปที่ 8.2 แผนยุทธศาสตร์สำหรับการสาธิตและการนำเทคโนโลยี CCUS ไปใช้งานในสาธารณรัฐประชาชนจีน (ปรับจาก ADB 2015: Roadmap for Carbon Capture and Storage Demonstration and Deployment in the People's Republic of China)

มาตรการจูงใจโดยตรงในการลงทุนและการผลิต

ในอเมริกาเหนือ เครดิตภาษีการลงทุน (Investment Tax Credits: ITC) และเครดิตภาษีการผลิต (Production Tax Credits: PTC) เป็นมาตรการจูงใจโดยตรงสองมาตรการหลัก ITC จะมีการกระจายตามค่าใช้จ่ายในโครงสร้าง

พื้นฐานและการก่อสร้าง และโดยทั่วไปจะมีให้ทันทีหลังจากนำอุปกรณ์ไปให้บริการ โดยไม่ขึ้นกับการใช้อุปกรณ์ PTC มีการกระจายตัวตามการผลิตวัสดุ (เช่น ดอลลาร์/ตัน) จะมีการชำระเครดิตหลังการผลิตสินค้าและส่งมอบตรงตามเงื่อนไขเท่านั้น PTC ไม่ได้คำนึงถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นในการผลิตหน่วยของผลผลิต ที่ได้รับประโยชน์จากมาตรการจูงใจ แต่จะมีผลในการรับประกันว่ามีการใช้ประโยชน์จากการลงทุน ในสหรัฐฯ มาตรา 45Q ว่าด้วย PTC ได้ส่งผลกระทบอย่างมากต่อการประกาศและการพัฒนาโครงการ CCUS (ดูกรณีศึกษาต่อไปนี้เกี่ยวกับ PTC — มาตรา 45Q) ในแคนาดา (อัลเบอร์ตา) มาตรการกระตุ้นที่คล้ายกันถูกจัดตั้งขึ้นเพื่อการพัฒนาโครงการ CCUS ในรูปแบบของ ITC (ดังที่อธิบายไว้ด้านล่าง)

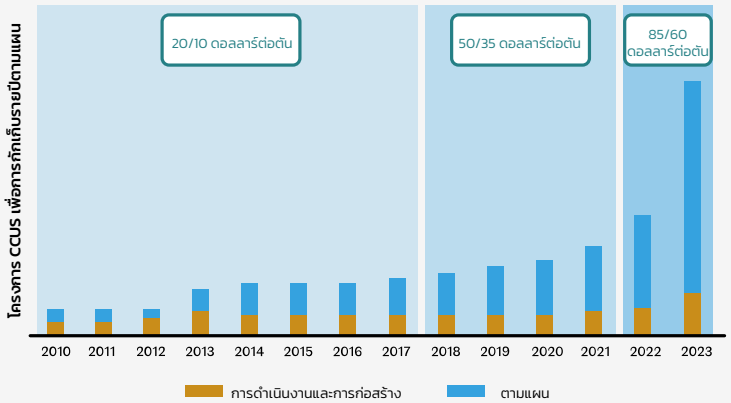
ในยุโรป มีมาตรการจูงใจโดยตรงสำหรับการลงทุนและการผลิตอื่น ๆ ความช่วยเหลือดังกล่าวบางส่วน อยู่ในรูปแบบเงินช่วยเหลือโดยตรง เพื่อครอบคลุมค่าใช้จ่ายในการลงทุน และ/หรือค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (บ่อยครั้ง มักได้รับการอุดหนุนจากรายได้ที่เกิดจาก ETS) รวมถึงการค้ำประกันเงินกู้ และภาระด้านการกำกับดูแลที่ลดลง ในประเทศนอร์เวย์ โครงการสาธิต Longship ได้รับความช่วยเหลือจากรัฐมูลค่าประมาณสองในสามของต้นทุนรวมของโครงการ ซึ่งจะครอบคลุมต้นทุนต่าง ๆ ในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของโครงการ มาตรการจูงใจสำหรับปริมาณก๊าซ CO_2ไบโอเจนิก (ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีมาตรการจูงใจจากภาษีคาร์บอนหรือสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก) ต้นทุนในการดำเนินงานในช่วงเวลาหนึ่ง ความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการเชื่อมโยงระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในห่วงโซ่มูลค่า และสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่อาจมี[13]

PTC — มาตรา 45Q ของรัฐบัญญัติ Inflation Reduction Act (IRA) ของสหรัฐฯ ค.ศ. 2022

มีการกำหนดเครดิตภาษีภายใต้มาตรา 45Q ตั้งแต่ปี 2551 อย่างไรก็ตาม มูลค่า ระดับข้อจำกัด และวันที่เริ่มก่อสร้าง (Commence Construction Date) เป็นตัวจำกัดการนำไปใช้เชิงพาณิชย์ในวงกว้าง ในปี 2565 การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ทำให้เกิดมาตรการจูงใจในระดับที่จำเป็น และกรอบเวลาที่สามารถกระทำได้สำหรับการนำไปใช้งาน ซึ่งเป็นไปตามกลไกที่ขับเคลื่อนด้วยตลาดในภูมิทัศน์ของภูมิรัฐศาสตร์ที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวประกอบด้วย (1) การเพิ่มมูลค่าเครดิตภาษีจาก 50 เป็น 85 ดอลลาร์ต่อตันหากมีการกักเก็บทางธรณีวิทยาใต้ดิน (2) การเพิ่มมูลค่าเครดิตภาษีจาก 35 เป็น 60 ดอลลาร์ในกรณีของ CO_2-EOR (3) มูลค่าเครดิตภาษีในกรณีของ DAC ที่ 180 ดอลลาร์ต่อตันสำหรับการกักเก็บทางธรณีวิทยาใต้ดิน และ 130 ดอลลาร์ต่อตันในกรณีที่มีการนำก๊าซ CO_2 ไปใช้ประโยชน์ รวมถึง CO_2-EOR (4) การลดระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามเกณฑ์ของโครงการที่เข้าเกณฑ์คุณสมบัติ และ (5) การอนุญาตให้จ่ายโดยตรงในขณะที่ยังคงความสามารถในการโอนเครดิตภาษีเพื่อเป็นทางเลือกด้านสภาพคล่อง (ซึ่งจะทำให้ผู้พัฒนาโครงการสามารถหลีกเลี่ยงกระบวนการเพิ่มความเสมอภาคทางภาษี (tax equity) ซึ่งเป็นภาระและมักมีค่าใช้จ่ายสูงในการสร้างรายได้จากเครดิตภาษีแบบเดิมที่เกิดขึ้นตามมาตรา 45Q)[14]

จากมุมมองของอุตสาหกรรม การเปลี่ยนแปลงที่มีนัยสำคัญอันดับต้น ๆ ใน IRA คือการขยายวันที่เริ่มก่อสร้าง (Commence Construction Date) จนถึงวันที่ 1 มกราคม 2576 ก่อนหน้านี้ "การก่อสร้าง" โรงดักจับต้องเริ่มภายในวันที่ 1 มกราคม 2569 ไม่ว่าจะเป็นการเริ่มงานทางกายภาพที่สำคัญหรือการเพิ่มค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นร้อยละ 5 หรือสูงกว่าของต้นทุนรวมของโรงดักจับที่เข้าเกณฑ์คุณสมบัติ

มาตรา 45Q ให้เครดิตภาษีสำหรับการกักเก็บก๊าซ CO_2 ไม่ว่าการกักเก็บนั้นจะเป็นส่วนหนึ่งของห่วงโซ่มูลค่าของ CCS หรือการใช้งานด้าน EOR/อุตสาหกรรมหรือไม่ แนวทางของ IRS อนุญาตให้หน่วยงานที่ดำเนินโครงการ CO_2-EOR ใช้มาตรฐาน ISO 27916 เป็นเครื่องมือในการวัดปริมาณและตรวจสอบยืนยันก๊าซ CO_2 ที่กักเก็บไว้ในระหว่างที่ดำเนินโครงการ CO_2-EOR เพื่อรับเครดิตภาษี สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency: EPA) สหรัฐฯ กำหนดให้ต้องส่งแผนการติดตามตรวจสอบ การรายงานผล และการตรวจสอบยืนยัน (MRV) ตามหลัก Subpart RR ของโปรแกรมการรายงานก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas Reporting Program) และได้ให้ข้อแนะนำบางประการ[15] โดยทั่วไป แผนจะประกอบด้วยรายละเอียดของสถานที่และลักษณะทางธรณีวิทยา พื้นที่ตรวจสอบ แผนการติดตามและความถี่ และเส้นทางการรั่วไหลที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่ตรวจสอบ หากได้รับอนุญาต จะต้องรายงานต่อสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อม (EPA) สหรัฐฯ ทุกปี เกี่ยวกับมวล CO_2 ที่ฉีด/ผลิตจากพื้นที่กักเก็บในแต่ละปี และมวลคาร์บอนที่รั่วไหลบนผิวดินที่หลุมและอุปกรณ์ใกล้หลุม รวมทั้งมูลค่าสุทธิของคาร์บอนที่กักเก็บไว้ และมวลสะสมที่กักเก็บไว้ตลอดอายุโครงการ



รูปที่ 8.3: การพัฒนาโครงการตามวิวัฒนาการของมาตรา 45Q เครดิตภาษี (ดัดแปลงมาจาก IEA CCUS Projects Tracker 2023)

ตัวอย่างเครดิตภาษีเพื่อการลงทุน: ประเทศแคนาดา

ในเดือนพฤศจิกายน 2566 รัฐบาลแคนาดาและรัฐแอลเบอร์ตาประกาศโครงการเครดิตภาษีเพื่อการลงทุน (ITC) ในเทคโนโลยี CCUS โดยมีเป้าหมายเพื่อจูงใจให้เกิดการพัฒนาโครงการ CCUS ITC สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ดักจับคาร์บอนจะกำหนดไว้ที่ร้อยละ 50 และร้อยละ 37.5 สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ขนส่งและกักเก็บคาร์บอน นอกจากนี้ ร่างกฎหมายที่ออกมาเมื่อเดือนสิงหาคมปีที่แล้วได้ขยายเครดิตภาษีเพื่อการลงทุนในเทคโนโลยี CCUS เพื่อให้โครงการ EOR ส่วนหนึ่งมีสิทธิได้รับเครดิตภาษีดังกล่าว มีการให้เครดิตภาษีเพื่อการลงทุนในเทคโนโลยี CCUS ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2565

สินเชื่อและการประกันทางการเงิน

นอกเหนือจากข้อบังคับและมาตรการจูงใจแล้ว โครงการดอกเบี้ยต่ำของรัฐบาลยังช่วยให้เกิดโครงการริเริ่มต่าง ๆ อีกด้วย แม้ว่าเขตเศรษฐกิจเกิดใหม่จะไม่ได้ใช้กลไกเหล่านี้อย่างแพร่หลาย แต่กลไกเหล่านี้มักจะพบได้ทั่วไปในสหรัฐอเมริกา เช่น สำนักงาน Loan Programs Office ของกระทรวงพลังงานสหรัฐฯ สำนักงาน Loan Programs Office ของกระทรวงพลังงานโดยความร่วมมือกับ Fossil Energy and Carbon Management ภายใต้รัฐบัญญัติ Carbon Dioxide Transportation Infrastructure Finance and Innovation Act (CIFIA) ให้การสนับสนุนทางการเงินแก่โครงการขนส่ง CO_2 ของผู้ขนส่งทั่วไปที่มีกำลังส่งมาก (เช่น ท่อส่ง รถไฟ การขนส่งทางเรือ และวิธีการขนส่งอื่น ๆ) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการริเริ่มจาก CIFIA ที่บูรณาการและบังคับใช้ภายใต้รัฐบัญญัติ Infrastructure Investment and Jobs Act (IIJA)[16]

ในเอเชีย มีกองทุนเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่สนับสนุนการลงทุนในทรัพย์สินประเภททุน กองทุนที่เป็นไปได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการออกแบบ ได้แก่ กองทุน Climate Action Catalyst ของธนาคาร ADB และ

กองทุน Japan Fund for the Joint Crediting Mechanism ของรัฐบาลญี่ปุ่น โดยทั่วไปแล้ว ธนาคารเพื่อการพัฒนาแบบพหุภาคีจะคิดดอกเบี้ยเงินกู้ต่ำกว่าดอกเบี้ยของธนาคารพาณิชย์

ตลาดสำหรับผลิตภัณฑ์คาร์บอนต่ำ

การสร้างตลาดสำหรับผลิตภัณฑ์คาร์บอนต่ำซึ่งจำหน่ายเป็นวัสดุระดับพรีเมียม ยังช่วยเร่งการนำเทคโนโลยี CCUS ไปใช้ได้อีกด้วย ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ได้แก่ ซีเมนต์ เหล็ก และสารเคมีคาร์บอนต่ำ ซึ่งหาซื้อได้จากทั้งภาครัฐและเอกชนในปริมาณมาก (โดยเฉพาะในเขตเศรษฐกิจเกิดใหม่ซึ่งยังคงต้องการวัสดุเหล่านี้อยู่)

ผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยไม่เจตนา

ผลกระทบที่เกิดขึ้นโดยไม่เจตนาอาจเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาโครงการหรือส่งผลให้ยกเลิกโครงการได้ ตัวอย่างเช่นการกำหนดเครดิตที่ไม่สนับสนุนหรือขัดขวางการปรับใช้เทคโนโลยี CCUS เพิ่มเติม อีกกรณีหนึ่ง คือ การขายคาร์บอนเครดิตให้ผู้ปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อดักจับคาร์บอน ซึ่งอาจเป็นเหตุให้ผู้ปล่อยก๊าซไม่กล้าลงทุนในเทคโนโลยีอื่น ๆ ที่จะจำกัดการปล่อยก๊าซโดยรวมของตน[17]

ปัจจัยผลักดันภายนอก

รัฐบาลอาจได้รับผลกระทบจากปัจจัยที่ยู่นอกพรมแดนด้วย ซึ่งได้แก่ ภาษีคาร์บอนข้ามพรมแดน (cross-border carbon tax) (เช่น มาตรการปรับคาร์บอนก่อนข้ามพรมแดน (CBAM) ของสหภาพยุโรป) การรายงานและการเปิดเผยการปล่อยก๊าซ CO_2 ในระดับภาคส่วนหรืออุตสาหกรรม และตลาดคาร์บอนทั้งแบบสมัครใจหรือภาคบังคับ

ภาษีคาร์บอนในต่างประเทศ

ในปี 2566 สหภาพยุโรปใช้ภาษีคาร์บอนกับผลิตภัณฑ์นำเข้าที่ปล่อยคาร์บอนสูงในกระบวนการผลิต หรือที่เรียกว่ามาตรการปรับคาร์บอนก่อนข้ามพรมแดน (CBAM) แม้ว่ากฎหมายจะบังคับใช้ในปี 2569 แต่มีการบังคับให้ผู้ผลิตเริ่มรายงานแล้ว วัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อลดโอกาสในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการจัดเก็บภาษีตามความเข้มข้นของการปล่อยคาร์บอนที่ผลิตภัณฑ์นำเข้าบางประเภทมี ได้แก่ เหล็ก เหล็กกล้า ซีเมนต์ ปุ๋ย อลูมิเนียม ไฟฟ้า และไฮโดรเจนสำหรับผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าไปยังสหภาพยุโรป จากเขตอำนาจที่ไม่มีภาษีคาร์บอนหรือสิทธิในการปล่อยคาร์บอน (carbon allowance) ประเทศอื่น ๆ ที่นำเข้าผลิตภัณฑ์ที่ปล่อยคาร์บอนสูงเหล่านี้มาจากเอเชียแปซิฟิก กำลังพิจารณาใช้ภาษีข้ามพรมแดนที่คล้ายคลึงกัน ดังนั้น ภาคส่วนที่ลดคาร์บอนได้ยากตามที่ CBAM กำหนด กำลังพิจารณาดักจับ CO_2 เพื่อช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ (และลดภาษีคาร์บอนที่จะเรียกเก็บระหว่างการส่งออก)

การทำบัญชี/การเปิดเผย/การรายงานการปล่อยคาร์บอน

อุตสาหกรรมและองค์กรต่าง ๆ ถูกกดดันมากขึ้นให้เปิดเผยและรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างโปร่งใส แม้ว่าอุตสาหกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงหลายแห่ง มักต้องรายงานเรื่องนี้ตามกฎระเบียบด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศ แต่เมื่อเร็ว ๆ นี้หน่วยงานของ รัฐบาลกลาง และประชาชนทั่วไปเรียกร้องให้อุตสาหกรรมเปิดเผยข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในกรณีของบริษัทที่มีการซื้อขายหุ้นในตลาดหลักทรัพย์ ผู้ถือหุ้นเรียกร้องให้บริษัทรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งทางตรงและทางอ้อมมากขึ้น หน่วยงาน International Sustainability Standards Board (ISSB) ซึ่งก่อตั้งขึ้นที่การประชุม COP26 ในเมืองกลาสโกว์ กำลังพัฒนามาตรฐานการเปิดเผยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความยั่งยืน

แม้ว่าจะเห็นแนวโน้มนี้เพิ่มขึ้นในเขตเศรษฐกิจตะวันตก แต่บริษัทข้ามชาติที่ทำธุรกิจในเขตเศรษฐกิจเกิดใหม่ (รวมถึงเอเชีย) ได้ถูกร้องขอให้จัดทำบัญชีความเข้มข้นในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ชัดเจนของผลิตภัณฑ์และกระบวนการที่วางแผนจะนำเข้าทั้งหมด ด้วยเหตุนี้ การตรวจสอบปริมาณก๊าซ CO_2 ที่โปร่งใสและพิสูจน์ได้ตลอดห่วงโซ่คุณค่าของ CCUS จึงเป็นเรื่องสำคัญ

การใช้ผู้ตรวจสอบภายนอกมาสอบทานข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะช่วยให้ผู้ดำเนินการ/ผู้พัฒนา และประชาชนมีความเป็นอิสระระดับหนึ่ง ในอินเดีย บริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์ ซึ่งมีมูลค่าหลักทรัพย์ตามราคาตลาดสูง 1,000 อันดับแรก จะต้องเปิดเผยข้อมูล ESG ทั้งทางตรงและทางอ้อม ภายใต้กรอบการรายงานความรับผิดชอบทางธุรกิจและความยั่งยืน (Business Responsibility and Sustainability Reporting) ที่กำหนดภายใต้ระเบียบ (ข้อบังคับการจดทะเบียนและข้อกำหนดในการเปิดเผยข้อมูล (Listing Obligations and Disclosure Requirements) ของคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์แห่งอินเดีย ค.ศ. 2015

ตลาดคาร์บอน

ประเทศในภูมิภาค เช่น มาเลเซีย อินโดนีเซีย อินเดีย เวียดนาม และไทย ต่างก็หาทางใช้ตลาดคาร์บอนเช่นกัน เพื่อให้เกิดการดำเนินโครงการ CCUS คาร์บอนเครดิตแสดงถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยน้อยลง ถูกกำจัด หรือเลี่ยงการปล่อย โดยทั่วไปจะวัดเป็น 1 ตัน CO_2 หรือ CO_2เทียบเท่า แผนการตลาดคาร์บอนมีสองประเภท — ภาคสมัครใจและภาคบังคับ/การปฏิบัติตามระเบียบตามที่อธิบายไว้ข้างต้น EU ETS เป็นตัวอย่างของกรณีหลัง ในทั้งสองแผน ผู้ซื้อ (เช่น บุคคล บริษัท รัฐบาล) ซื้อคาร์บอนเครดิตจากผู้ขาย (เช่น ผู้พัฒนาโครงการ เจ้าของ สถาบันการเงิน) เพื่อชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของตน

เพื่อช่วยให้ตลาดคาร์บอนมีความสมบูรณ์ จำเป็นต้อง (1) กำหนดบรรทัดฐานที่ทำได้จริง (ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนการลด กำจัด หรือเลี่ยงการปล่อยก๊าซเรือนกระจก) (2) วัดส่วนที่ลดได้ เทียบกับบรรทัดฐานที่กำหนดไว้ เพื่อรับรองว่ากิจกรรมดังกล่าวเกิดขึ้นจริงและเป็นส่วนเพิ่มเติมจากกิจกรรมที่มีอยู่ (กิจกรรมได้เกิดขึ้นจริงและจะไม่เกิดขึ้นหากไม่มีกลไกคาร์บอนเครดิต) (3) การทำให้กิจกรรมมีผลถาวร (กิจกรรมลด กำจัด และเลี่ยงการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะไม่ทำให้ปริมาณคาร์บอนเพิ่มขึ้นในอนาคต) และ (4) ไม่นับกิจกรรมซ้ำ (กิจกรรมลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกควรนับเพียงครั้งเดียว) นอกจากนี้ ผู้ปล่อยก๊าซเรือนกระจกยังต้องจัดลำดับความสำคัญของการปล่อยก๊าซทั้งทางตรงและทางอ้อมภายในห่วงโซ่คุณค่าของตน หากทำได้ คาร์บอนเครดิตจะช่วยให้อุตสาหกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกตกค้าง บรรลุเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์

มาตรการจูงใจและรายได้รัฐ

เช่นเดียวกับโครงการอุตสาหกรรมอื่น ๆ การควบคุม อนุญาต และดูแลกิจกรรม CCUS มีค่าใช้จ่ายหลายประเภท ประเทศต่าง ๆ ชดเชยค่าใช้จ่ายเหล่านี้ได้ด้วยการผนวกกลไกการคืนทุนไว้ในกรอบงาน CCUS กลไกเหล่านี้อาจมีหลายรูปแบบ เช่น การคิดค่าธรรมเนียมการออกใบอนุญาต ซึ่งช่วยให้รัฐเก็บ "ค่าเช่า" ในบริเวณที่ได้รับอนุญาตให้ดำเนินกิจกรรม ค่าธรรมเนียมเพื่อเป็นหลักประกันการปฏิบัติตามกระบวนการ และภาษีการฉีด

ประเทศต่าง ๆ ยังกำหนดให้รัฐวิสาหกิจมีส่วนร่วมในใบอนุญาตการกักเก็บคาร์บอน ในฐานะภาคี เช่น บริษัท Nordsøfonden ซึ่งเป็นรัฐวิสาหกิจของเดนมาร์ก จะมีส่วนร่วมร้อยละ 20 ในใบอนุญาตกักเก็บคาร์บอน ทั้งหมด[18] ดังนั้น รัฐบาลของเดนมาร์กจะรับผิดชอบร้อยละ 20 ของต้นทุน ความเสี่ยง และรายได้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำและดำเนินการออกใบอนุญาตกักเก็บคาร์บอน ในภูมิภาคอื่นของโลก รัฐวิสาหกิจ (โดยเฉพาะบริษัทน้ำมันของประเทศ) มีแนวโน้มที่จะมีบทบาทสำคัญ ในการพัฒนาทั้งห่วงโซ่มูลค่าของ CCUS เมื่อเทียบกับรัฐวิสาหกิจในยุโรป ตัวอย่างเช่น Aramco ในซาอุดีอาระเบีย และ China National Offshore Oil Corporation ในประเทศจีน

9. แหล่งข้อมูลเพิ่มเติม

เหตุผลที่ต้องดำเนินโครงการ CCUS

ยุทธศาสตร์ระยะยาวของสหรัฐอเมริกาเพื่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์

www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/10/US-Long-Term-Strategy.pdf

ลิงก์นี้จะนำไปสู่รายงานยุทธศาสตร์ระยะยาวของสหรัฐอเมริกาในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ รายงานฉบับนี้ใช้เป็นตัวอย่างการวิเคราะห์เชิงบูรณาการและแผนยุทธศาสตร์เพื่อบรรลุเป้าหมายการลดการปล่อยคาร์บอนให้เป็นศูนย์

รายงานการประเมินของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) ฉบับที่หก (IPCC Sixth Assessment Report)

www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/

ลิงก์นี้นำไปสู่รายงานการประเมินของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) ฉบับที่หก ซึ่งมีข้อมูลที่มีประโยชน์เกี่ยวกับความจำในการบรรลุเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้ ยังมีข้อมูลทางเทคนิคที่จำเป็นเพื่อให้ประเทศต่าง ๆ พิจารณาเมื่อพัฒนายุทธศาสตร์การลดการปล่อยคาร์บอน

แผนงานลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นศูนย์ขององค์การพลังงานระหว่างประเทศพัฒนา (IEA)

www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-0c-goal-in-reach

แผนงานที่ EIA จัดทำขึ้นเพื่อให้โลกลดการปล่อยคาร์บอนได้สำเร็จ แผนนี้เน้นถึงความจำเป็นในการปรับใช้เทคโนโลยี CCUS

เทคโนโลยี CCUS ในยุทธศาสตร์การลดการปล่อยคาร์บอนของจีน

www.sciencedirect.com/science/article/am/pii/S1750583617307570

ตัวอย่างการวิเคราะห์การใช้เทคโนโลยี CCUS ของประเทศจีนโดยใช้แบบจำลอง Global Change Analysis Model (GCAM) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงวิธีที่ใช้แบบจำลอง Integrated Assessment Model ในการศึกษาบทบาทของเทคโนโลยี CCUS ในการลดการปล่อยคาร์บอนให้เป็นศูนย์

สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ ภายในปี 2593 (ค.ศ. 2050) ของสหรัฐอเมริกา
www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2666278723000119
ตัวอย่างการใช้แบบฝึกหัดเปรียบเทียบแบบจำลองต่าง ๆ ช่วยให้เข้าใจว่าแบบจำลองอาจมิได้นำเสนอสถานการณ์การลดคาร์บอนให้เป็นศูนย์ได้อย่างแม่นยำเสมอไป เอกสารฉบับนี้ยังนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของเทคโนโลยี CCUS ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกลยุทธ์การลดการปล่อยคาร์บอน

สถานะโครงการ/เครื่องมือติดตามโครงการ

เครื่องมือติดตามโครงการดักจับคาร์บอนของ Clean Air Task Force ของสหรัฐฯ
www.catf.us/ccsmapus
แผนที่เชิงปฏิสัมพันธ์ของโครงการ CCUS ที่กำลังพัฒนาในสหรัฐอเมริกา

โครงการ Global CCUS ของสมาคมผู้ผลิตน้ำมันและก๊าซนานาชาติ (IOGP)
www.iogp.org/bookstore/wp-content/uploads/sites/2/woocommerce_uploads/2020/03/GRA002_220131.pdf
รายชื่อโครงการ CCUS โดยสมาคมผู้ผลิตน้ำมันและก๊าซนานาชาติ (IOGP)

ฐานข้อมูลโรงดักจับและกักเก็บคาร์บอนของสถาบัน Global CCS Institute
www.globalccsinstitute.com/co2re/
ฐานข้อมูลของโครงการ CCUS ติดตามโดยสถาบัน Global CCS Institute

เครื่องมือติดตามโครงการ CCS ของ IEA
www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/ccus-projects-explorer
Projects Explorer – Data Tools - IEA ฐานข้อมูลทั่วโลกของโครงการ CCUS ที่องค์การพลังงานระหว่างประเทศพัฒนา

เครื่องมือติดตามการออกใบอนุญาตหลุมกักเก็บคาร์บอน (Permit Well Tracker) ของสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (EPA)
www.epa.gov/uic/table-epas-draft-and-final-class-vi-well-permits
ตารางแสดงใบอนุญาตฉบับร่างและฉบับสมบูรณ์ของ EPA สำหรับหลุมประเภทที่ 6 ตารางออนไลน์ที่ EPA ดูแล พร้อมใบอนุญาตฉบับร่างและฉบับสมบูรณ์สำหรับหลุมประเภทที่ 6

ข้อมูลทางเทคนิคของ CCUS

IEAGHG
https://ieaghg.org/
IEAGHG ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาและใช้เทคโนโลยี CCS

แผนที่การกักเก็บคาร์บอนของกระทรวงพลังงานสหรัฐฯ
https://netl.doe.gov/carbon-management/carbon-storage/atlas-data
เว็บไซต์ที่ห้องปฏิบัติการ National Energy Technology Laboratory ของกระทรวงพลังงานสหรัฐฯ เป็นผู้ดูแล โดยมีข้อมูลทรัพยากรการกักเก็บคาร์บอนตาม GIS ในสหรัฐอเมริกา

Draft 2030 Roadmap for CCUS for Upstream E&P Companies
https://mopng.gov.in/files/article/articlefiles/Draft_UFCC_Roadmap_2030_v3.pdf
รายงานทางเทคนิคโดยกระทรวงปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติของอินเดีย อธิบายเทคโนโลยี CCUS ในแง่มุมทางเทคนิคต่าง ๆ

Feasibility of Accelerating the Deployment of CCUS in Developing APEC Economies
www.apec.org/docs/default-source/Publications/2014/3/Feasibility-of-Accelerating-the-Deployment-of-Carbon-Capture-Utilization-and-Storage-in-Developing-A/Final-EWG_24_2011-ARI-APEC-CCUS-EOR-Report.pdf
รายงานของความร่วมมือทางเศรษฐกิจเอเชียแปซิฟิก (เอเปค) เกี่ยวกับความเป็นไปได้ที่จะเร่งใช้เทคโนโลยี CCUS-EOR ในประเทศกำลังพัฒนาที่ได้รับคัดเลือกในเอเปค

ศูนย์การเรียนรู้ International CCS Knowledge Center
https://ccsknowledge.com/
ศูนย์การเรียนรู้ International CCS Knowledge Center ซึ่งจัดตั้งโดย Sask Power ในแคนาดา เป็นองค์กรที่เน้นเสริมสร้างขีดความสามารถในการพัฒนากรอบการดักจับและการกักเก็บคาร์บอนระหว่างประเทศ ศูนย์ความรู้เน้นเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เทคโนโลยี CCUS ขนาดใหญ่ในโรงงานเหล็ก ซีเมนต์ และโรงไฟฟ้าพลังความร้อน (ก๊าซธรรมชาติและถ่านหิน) ผ่านโครงการลดต้นทุนและเทคโนโลยีที่ทันสมัย

กรอบงาน

London Convention Protocol
www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/London-Convention-Protocol.aspx
เว็บไซต์เกี่ยวกับอนุสัญญาลอนดอน (London Convention Protocol) ที่องค์การทางทะเลระหว่างประเทศ (IMO) เป็นผู้ดูแล

กรอบการกำกับดูแลแบบจำลอง CCS (CCS Model Regulatory Framework) ของ IEA
www.iea.org/reports/carbon-capture-and-storage-model-regulatory-framework
รายงาน IEA ที่มีข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบที่จำเป็นในการสร้างตัวอย่างกรอบการกำกับดูแลสำหรับพัฒนาเทคโนโลยี CCUS

ข้อกำหนดการรายงานของสหรัฐอเมริกาสำหรับผู้ได้รับใบอนุญาตในโครงการ UIC
www.law.cornell.edu/cfr/text/40/146.92
ลิงก์นี้มีข้อบังคับที่ใช้ในปัจจุบันสำหรับการรายงานก๊าซ CO_2 ที่ฉีดเข้าไปในแหล่งกักเก็บทางธรณีวิทยาใต้ดินและได้รับใบอนุญาตประเภท 6

กรอบนโยบาย CCUS และกลไกการใช้งานในประเทศอินเดีย
www.niti.gov.in/sites/default/files/2022-12/CCUS-Report.pdf
รายงานของรัฐบาลอินเดียเกี่ยวกับกรอบนโยบายสำหรับ CCUS

Asia CCUS Network
www.asiaccusnetwork-eria.org/
เว็บไซต์ของ Asia CCUS Network ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มสำหรับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในเรื่อง CCUS ในภูมิภาคเอเชีย

การมีส่วนร่วม

WRI Guidelines for Community Engagement in Carbon Dioxide Capture, Transport, and Storage Projects
www.wri.org/research/guidelines-community-engagement-carbon-dioxide-capture-transport-and-storage-projects
รายงานแนวปฏิบัติของสถาบันทรัพยากรโลกเพื่อให้ชุมชนมีส่วนร่วมกับโครงการ CCUS

U.S. DOE Public Outreach and Education for Carbon Storage Projects
https://netl.doe.gov/node/5828
คู่มือของกระทรวงพลังงานสหรัฐฯ สำหรับออกแบบกรอบการสื่อสารกับประชาชนเรื่องโครงการกักเก็บคาร์บอน

Guidance for Creating Community Benefits Plans for Regional Direct Air Capture Hubs
www.energy.gov/oced/articles/community-benefits-plan-guidance
เอกสารคู่มือที่สำนักงาน Office of Clean Energy Demonstrations (OCED) ของกระทรวงพลังงานสหรัฐฯ เขียนขึ้นเพื่อจัดทำแผนสร้างผลประโยชน์ให้ชุมชนโดยเน้นโครงการของศูนย์ Direct Air Capture Hub

รายชื่อองค์กรวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเทคโนโลยี CCUS

- สมาคมนักธรณีวิทยาปิโตรเลียมอเมริกา (American Association of Petroleum Geologists: AAPG)
- สมาคมเคมีอเมริกัน (American Chemical Society)
- สหภาพธรณีฟิสิกส์อเมริกา (American Geophysical Union)

- สถาบันวิศวกรเคมีแห่งอเมริกา (American Institute of Chemical Engineers หรือ AIChE)
- สถาบันวิศวกรเหมืองแร่ โลหการ และปิโตรเลียมแห่งอเมริกา (American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers หรือ AIME)
- Association for Iron and Steel Technology (AIST)
- สถาบันวิชาชีพวิศวกรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Institute of Electrical and Electronics Engineers หรือ IEEE)
- ศูนย์ความเป็นเลิศ National Centre of Excellence in Carbon Capture and Utilization สถาบันเทคโนโลยีบอมเบย์แห่งอินเดีย
- สมาคม European Association of Geoscientists and Engineers (EAGE)
- สมาคมธรณีวิทยาแห่งอเมริกา (Geological Society of America หรือ GSA)
- สมาคม The Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME)
- สมาคมวิศวกรปิโตรเลียม (Society of Petroleum Engineers หรือ SPE)
- สมาคม The Minerals, Metals, and Materials Society (TMS)

ตัวย่อและอักษรย่อ

ADB	ธนาคารพัฒนาเอเชีย (Asian Development Bank)
BECCS	การดักจับและการกักเก็บคาร์บอน (Biomass Carbon Capture and Storage)
CAPEX	ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Capital Costs)
CBAM	มาตรการปรับคาร์บอนก่อนเข้าพรมแดน (Carbon Border Adjustment Mechanism)
CCS	การดักจับและการกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture and Storage)
CCUS	การดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture, Utilization, and Storage)
CDR	การกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide Removal)
CIFIA	รัฐบัญญัติ Carbon Dioxide Transportation Infrastructure Finance and Innovation Act
CO_2	คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide)
EOR	การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการขุดเจาะน้ำมัน (Enhanced Oil Recovery)
DAC	การดักจับโดยตรงจากอากาศ (Direct Air Capture)
DFI	การลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ (Direct Foreign Investment)
EGR	การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการขุดเจาะก๊าซ (Enhanced Gas Recovery)
EHR	การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการขุดเจาะไฮโดรคาร์บอน (Enhanced Hydrocarbon Recovery)
EOR	การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการขุดเจาะน้ำมัน (Enhanced Oil Recovery)

EOR/EGR	การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการขุดเจาะน้ำมัน/ก๊าซ (Enhanced Oil/Gas Recovery)
ETS	โครงการซื้อขายสิทธิการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสหภาพยุโรป (European Trading Scheme)
FECM	การจัดการพลังงานฟอสซิลและคาร์บอน (Fossil Energy and Carbon Management)
FEED	การศึกษาแนวทางการออกแบบทางวิศวกรรมที่ใช้ควบคุมค่าใช้จ่ายและวางแผนโครงการ (Front End Engineering Studies)
FOM	ต้นทุนคงที่ในการดำเนินงานและบำรุงรักษา (Fixed Operation and Maintenance Cost)
GCSSI	สถาบัน Global CCS Institute
GHG	ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas)
IEA	องค์การพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency)
IIJA	รัฐบัญญัติ Infrastructure Investment and Jobs Act
IPCC	คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change)
IRA	กฎหมายเพื่อปรับลดอัตราเงินเฟ้อ (Inflation Reduction Act)
ISO	องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization)
ISO/TC	คณะกรรมการคณะกรรมการวิชาการขององค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization For Standardization Technical Committee)
ITC	เครดิตภาษีเพื่อการลงทุน (Investment Tax Credits)
LCA	การวิเคราะห์วัฏจักรชีวิต (Life-cycle Analysis)

MoU	บันทึกความเข้าใจ (Memorandum of Understanding)
MRV	การวัดผล การรายงาน และการตรวจสอบ (Measurement, Reporting, and Verification)
MTPA	ล้านตันต่อปี (Million Tonnes Per Annum)
NCCC	ศูนย์ National Carbon Capture Center
NGO	องค์การนอกภาครัฐ (Non-governmental organization)
NCoE	ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติ (National Centre of Excellence)
NDC	การมีส่วนร่วมที่ประเทศกำหนด (Nationally Determined Contribution)
PTC	เครดิตภาษีการผลิต (Production Tax Credits)
R&D	การวิจัยและพัฒนา (Research and Development)
RD&D	การวิจัย การพัฒนา และการนำไปใช้งาน
RECS	ประสบการณ์การวิจัยด้านการกักเก็บคาร์บอน (Research Experience in Carbon Sequestration)
SCADA	ระบบควบคุมกำกับดูแลและเก็บข้อมูล (Supervisory Control and Data Acquisition)
TCM	ศูนย์ Test Center Mongstad
UIC	ระบบควบคุมการอัดฉีดคาร์บอนลงใต้ดิน (Underground Injection Control)
UNCLOS	อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยกฎหมายทะเล (United Nations Convention on the Law of the Sea)
VOM	ต้นทุนผันแปรด้านการดำเนินงานและบำรุงรักษา (Variable Operating and Maintenance Costs)

อภิธานศัพท์

การละทิ้ง
กระบวนการที่ใช้เพื่อยุติการดำเนินการอย่างถาวร ใช้คำที่มีความหมายจำเพาะในอุตสาหกรรมเพื่อแสดงถึงการยุติการดำเนินงานที่หลุม

หน่วยงาน
หน่วยงานของรัฐหนึ่งหน่วยงานหรือมากกว่านั้นที่มีอำนาจตามกฎหมายในการควบคุมกิจกรรมหรืออนุญาตให้ดำเนินกิจกรรม

เรือ
สิ่งลอยน้ำที่บรรทุกสินค้าซึ่งใช้เรือลากจูงบนผิวน้ำ

โรงงานดักจับคาร์บอน
กระบวนการและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแยกและจัดการก๊าซ CO_2 ที่ปล่อยออกมาจากแหล่ง

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)
ก๊าซไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ประกอบด้วยคาร์บอนหนึ่งโมเลกุลและออกซิเจนสองโมเลกุล จัดเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยทั่วไป เกิดจากการเผาไหม้หรือการแปลงผลิตภัณฑ์ที่มีคาร์บอนเป็นส่วนประกอบหลัก

คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เทียบเท่า
มาตรการที่เปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเภทต่าง ๆ ตามศักยภาพที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกเหล่านั้น โดยเทียบกับศักยภาพที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซ CO_2

กระแสคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)
ของไหลประกอบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เป็นส่วนใหญ่

การปิดพื้นที่
การปิดพื้นที่กักเก็บคาร์บอนที่ไม่ได้ใช้งานอีกต่อไป โดยทั่วไปจะต้องได้รับอนุญาตจากหน่วยงานที่มีเขตอำนาจ

การลดการปล่อยคาร์บอน
การคำนวณการลดการปล่อยก๊าซ CO_2 สุทธิสำหรับกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง จำเป็นต้องใช้วิธีวิเคราะห์ที่ซับซ้อน เช่น การประเมินวัฏจักรโครงการ เพื่อให้มั่นใจถึงปริมาณคาร์บอนสุทธิที่ลดลงได้

การบีบอัด
การใช้อุปกรณ์เพิ่มความดัน CO_2 โดยปกติคอมเพรสเซอร์จะใช้การแทนที่เชิงกลในการอัดก๊าซให้มีแรงดันสูงขึ้น เพื่อให้ก๊าซไหลลงท่อและอุปกรณ์อื่น ๆ

การควบคุม
สถานะของ CO_2 ที่ถูกกักขังอยู่ในแหล่งกักเก็บ โดยใช้เครื่องดักจับประเภทเดียวหรือหลายประเภทรวมกันอย่างมีประสิทธิภาพ

การรื้อถอน
กระบวนการนำระบบหรือส่วนประกอบทางวิศวกรรมออกจากการให้บริการและทำให้พื้นที่กลับคืนสู่สภาพเดิม

เฟสหนาแน่นของ CO_2
CO_2 ในสถานะของไหลหรือของไหลวิกฤตยิ่งยวด

การมีส่วนร่วม
กระบวนการให้คำปรึกษา ซึ่งให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียระบุและแก้ไขปัญหาสำคัญร่วมกันและแลกเปลี่ยนข้อมูล

การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการขุดเจาะน้ำมันโดยใช้การฉีดก๊าซ CO_2 (CO_2-EOR)
กระบวนการที่ออกแบบมาเพื่อผลิตไฮโดรคาร์บอนจากก๊าซ CO_2 จากแหล่งกักเก็บทางธรณีวิทยาโดยใช้การฉีดก๊าซ CO_2

การปล่อยก๊าซเรือนกระจก
การปล่อยสารเคมีจากกระบวนการทางอุตสาหกรรมเข้าสู่สิ่งแวดล้อม

ก๊าซเผาไหม้
ส่วนผสมของก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ก๊าซนี้ประกอบด้วยผลพลอยได้จากการเผาไหม้และสารเคมีอื่น ๆ ที่เกิดจากปฏิกิริยาทุติยภูมิ

การก่อตัว
หิน ตะกอน หรือสิ่งที่ทับถม

การกักเก็บทางธรณีวิทยาใต้ดิน
การควบคุมก๊าซ CO_2 ในระยะยาวไว้ในชั้นใต้ดิน ภายในรูที่อยู่ภายในชั้นหิน

ก๊าซเรือนกระจก (GHG)
ก๊าซเรือนกระจกเป็นก๊าซในชั้นบรรยากาศ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ก๊าซฟลูออริเนต และไนตรัสออกไซด์ ที่ดูดซับรังสีอินฟราเรด และกักเก็บความร้อนในชั้นบรรยากาศได้

สิ่งเจือปน
สารปริมาณน้อยมากที่เก็บอยู่ในวัตถุ ดังที่ใช้ในหนังสือเล่มนี้ สารที่ไม่ใช่คาร์บอน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกระแสคาร์บอน ที่อาจเติมจากวัตถุดิบต้นทางหรือกระบวนการดักจับ ถูกเติมเข้าไปเพราะปะปนเข้ามากับการขนส่ง หรือปล่อยออกมาหรือก่อตัวอันเป็นผลมาจากการกักเก็บคาร์บอนใต้ดิน และ/หรือการรั่วไหลของคาร์บอน

การรั่วไหล
การปล่อยก๊าซ CO_2 โดยไม่เจตนา

การประเมินวัฏจักรโครงการ (LCA)
การรวบรวมและประเมินปัจจัยนำเข้า ผลลัพธ์ และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นตลอดวัฏจักรของโครงการ CCUS

ความรับผิดหรือการดูแลระยะยาว
ความรับผิดชอบตามกฎหมายและทางการเงินที่มีต่อพื้นที่กักเก็บทางธรณีวิทยาใต้ดินทุกด้าน นอกเหนือจากการขยายระยะเวลาปิดทำการ

การติดตามตรวจสอบ
การตรวจสอบ ดูแล สังเกต วัด หรือกำหนดสถานะของระบบเป็นประจำหรืออย่างต่อเนื่อง เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงจากเส้นฐานหรือการผันแปรจากระดับประสิทธิภาพที่คาดไว้

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์
ความสมดุลโดยรวมระหว่างการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำออกจากชั้นบรรยากาศ

ผู้ดำเนินการ
บุคคลหรือหน่วยงานที่มีหน้าที่ดำเนินโครงการ CCUS ตามกฎหมาย

การกักเก็บบนบก
แหล่งกักเก็บทางธรณีวิทยาซึ่งอยู่ใต้ดิน

การกักเก็บนอกชายฝั่ง
แหล่งกักเก็บทางธรณีวิทยาซึ่งอยู่ใต้ทะเล

ความตกลงปารีส
ความตกลงนี้นำมาใช้ในปี 2558 เป็นสนธิสัญญาระหว่างประเทศที่ครอบคลุมเรื่องการลดปัญหาและปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมถึงการเงินเพื่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จำเป็นต้องดำเนินการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคมโดยอาศัยวิทยาศาสตร์ที่เหมาะที่สุดที่มีอยู่

แหล่งที่มีจุดกำเนิดแน่นอน
แหล่งปล่อยก๊าซ CO_2 จากกระบวนการทางอุตสาหกรรมและการเผาไหม้แบบอยู่กับที่จากอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า

ช่วงหลังปิดพื้นที่
ระยะเวลาที่เริ่มต้นหลังจากแสดงให้เห็นว่า ผู้พัฒนาปฏิบัติตามหลักเกณฑ์การปิดพื้นที่

การดักจับก๊าซ CO_2 หลังการเผาไหม้
การดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากก๊าซเผาไหม้ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล

ความบริสุทธิ์ของก๊าซ CO_2
ร้อยละโดยมวลของก๊าซ CO_2 ซึ่งเป็นส่วนประกอบของก๊าซ CO_2

หน่วยงานกำกับดูแล
หน่วยงานหนึ่งหน่วยหรือหลายหน่วยที่มีอำนาจในการอนุมัติ และ/หรืออนุญาตให้ดำเนินโครงการ CCUS หนึ่งโครงการขึ้นไป

การประเมินความเสี่ยง
กระบวนการโดยรวมในการระบุความเสี่ยง การวิเคราะห์ความเสี่ยง และการประเมินความเสี่ยง

ความปลอดภัยในระยะยาว
ระยะเวลาที่จำเป็นสำหรับกักเก็บคาร์บอนเพื่อให้มีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมตามโครงการที่วัดปริมาณคาร์บอน ซึ่งอาจเป็นไปตามมาตรฐานหรือข้อตกลง

ลักษณะเฉพาะของพื้นที่
การประเมินพื้นที่แห่งหนึ่งหรือหลายแห่งซึ่งจะใช้กักเก็บก๊าซ CO_2 มีการระบุไว้ในขั้นตอนการคัดกรองและคัดเลือกโครงการกักเก็บก๊าซ CO_2 เพื่อยืนยันและปรับการกักเก็บให้มีความสมบูรณ์ รวมถึงทรัพยากรการกักเก็บ และการประมาณการอัดฉีดคาร์บอน อีกทั้งให้ข้อมูลพื้นฐานสำหรับสร้างแบบจำลองเบื้องต้นเพื่อคาดการณ์การเคลื่อนตัวของของไหล ปฏิกิริยาธรณีเคมี ผลกระทบทางธรณีกลศาสตร์ การประเมินความเสี่ยง และการออกแบบโปรแกรมการติดตามและตรวจสอบความถูกต้อง

การคัดกรองและคัดเลือกสถานที่
กระบวนการประเมินและจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่กักเก็บทางธรณีวิทยา

การดูแลสถานที่
หน้าที่ดูแลหรือควบคุมดูแลพื้นที่กักเก็บ

ใบอนุญาตทางสังคมในการดำเนินงาน
การที่พนักงาน ชุมชนท้องถิ่น กลุ่มชนพื้นเมืองที่ได้รับผลกระทบ และประชาชนทั่วไป ยอมรับการดำเนินธุรกิจและขั้นตอนการปฏิบัติงานตามมาตรฐานของบริษัทหรืออุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง

ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย
บุคคล กลุ่มบุคคล หรือองค์กรที่โครงการ CCUS ส่งผลหรืออาจส่งผลกระทบต่อผลประโยชน์ของตน

โครงการกักเก็บคาร์บอน
ขอบเขตทางกายภาพและห้วงเวลาของกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับโครงการ ซึ่งใช้กักเก็บก๊าซ CO_2 ทางธรณีวิทยา รวมถึงการเลือกสถานที่และลักษณะเฉพาะ การรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน การออกใบอนุญาต การออกแบบและการก่อสร้างสิ่งต่าง ๆ ในสถานที่นั้น (ท่อส่ง เครื่องอัดอากาศ ฯลฯ) การขุดเจาะหลุม การรับก๊าซ CO_2 ที่พื้นที่กักเก็บและการฉีดก๊าซ CO_2 ในช่วงการฉีดที่กำลังดำเนินการอยู่ และการปิดสถานที่ (รวมถึงการละทิ้งหลุมและอุปกรณ์ต่าง ๆ)

พื้นที่กักเก็บ
พื้นที่อันประกอบด้วยโรงกักเก็บและหลุมกักเก็บคาร์บอนของโครงการ

ก๊าซ CO_2ที่วิกฤตยิ่งยวด
ก๊าซ CO_2 ที่ความดันและอุณหภูมิสูงกว่าความดันวิกฤตและอุณหภูมิวิกฤต

การตรวจสอบยืนยัน
การยืนยันด้วยการตรวจสอบและจัดเตรียมหลักฐานที่เป็นรูปธรรมว่าดำเนินการตามเกณฑ์ที่กำหนด

หลุมหรือหลุมเจาะ
หลุมที่สร้างขึ้นในพื้นดินซึ่งมีทั้งการฝังท่อ หุ้มท่อ และโบกปูนซีเมนต์เพื่อลำเลียงของเหลวเข้าหรือออกจากใต้ดิน

บันทึก

แนวทางการใช้คู่มือฉบับนี้

1 ในปี 2565 เอเชียปล่อยก๊าซ CO_2 มากกว่าร้อยละ 58 ของทั่วโลก Ritchie, Hannah and v Roser 2020: "CO_2 emissions", *https://ourworldindata.org/co2-emissions*

บทที่ 1

1 IPCC 2023: Sections. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35–115, *https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf*

2 Ritchie, Hannah and Roser, Max 2020: CO_2 emissions, *https://ourworldindata.org/co2-emissions*

3 United Nations Framework Convention on Climate Change (กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ) (UNFCCC) 2016: ความตกลงปารีส *https://unfccc.int/sites/default/files/resource/parisagreement_publication.pdf*

4 European Commission 2023: Carbon Border Adjustment Mechanism, *https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en*

5 Ministry of Environment, Forest and Climate Change 2022: India's Stand at COP-26, *https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1795071*

6 IPCC 2023: Sections. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35–115, *https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf*

7 IEA 2023: Net Zero Roadmap, *https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-0c-goal-in-reach/making-the-net-zero-scenario-a-reality*

8 Budinis, Sara et. al. 2018: An assessment of CCS costs, barriers and potential, Energy Strategy Reviews, Volume 22, 2018, Pages 61–81, ISSN 2211-467X, *https://doi.org/10.1016/j.esr.2018.08.003*.

9 Chen, Darius; Lock, Ed; and Low, Jess Lyn 2023: Unlocking Asia-Pacific's vast carbon-capture potential, *https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/unlocking-asia-pacifics-vast-carbon-capture-potential*

10 Equinor. The Sleipner area, *https://www.equinor.com/energy/sleipner*

11 Global CCS Institute 2023: Global Status of CCS 2023 — Report & Executive Summary, *https://www.globalccsinstitute.com/resources/publications-reports-research/global-status-of-ccs-2023-executive-summary*

12 McKinsey & Company 2023: Corralling carbon, *https://www.mckinsey.com/featured-insights/sustainable-inclusive-growth/chart-of-the-day/corralling-carbon*

13 Chen, Darius; Lock, Ed; and Low, Jess Lyn 2023: Unlocking Asia-Pacific's vast carbon-capture potential, *https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/unlocking-asia-pacifics-vast-carbon-capture-potential*

14 Global CCS Institute 2023: Insight: Institute Launched a China CCUS Progress Report, *https://www.globalccsinstitute.com/news-media/insights/insight-institute-launched-a-china-ccus-progress-report/*

15 Global CCS Institute 2023: Seven CCS Projects to Receive Support from the Japanese Government, *https://www.globalccsinstitute.com/news-media/latest-news/seven-ccs-projects-to-receive-support-from-the-japanese-government/*

16 Indonesia says Exxon Mobil plans to invest up to $15 bln in the country, November 15, 2023, *https://www.reuters.com/business/energy/indonesia-says-exxon-mobil-plans-invest-up-15-bln-country-2023-11-16/*

บทที่ 2

1 *carboncapturecoalition.org/coalition-publishes-fact-sheet-on-co2-pipeline-safety-federal-safety-authority/*

2 Yara International, 17 August 2015: New liquid CO_2 ship for Yara, *www.yara.com/news-and-media/news/archive/2015/new-liquid-co2-ship-for-yara*

3 New Energy and Industrial Technology Development Organization, Japan, 28 November 2023: ข่าวประชาสัมพันธ์ (ภาษาญี่ปุ่น): 世界初、低温・低圧の液化CO_2大量輸送に向けた実証試験船「えくすくぅる」が完成。*https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101705.html*

4 Offshore Energy, Bahtic, Fatima 28 March 2023: World's 1st liquid CO_2 carrier intended for CCUS launched, *https://www.offshore-energy.biz/worlds-1st-liquid-co2-carrier-intended-for-ccus-launched/*

5 Herzog, Howard 2023: Carbon Capture, *https://climate.mit.edu/explainers/carbon-capture#:~:text=Using%20the%20CO2&text=Other%20possible%20uses%20of%20CO,of%20the%20%20 captured%20CO2*

6 Office of Fossil Energy and Carbon Management: Enhanced Oil Recovery, *https://www.energy.gov/fecm/enhanced-oil-recovery*

7 ADB 2021: Prefeasibility Study on Carbon Capture and Utilization Cement Industry of India. Consultant's report. Manila (TA 9686-REG).

บทที่ 3

1 CCUS Projects Network: Parmiter, Philippa; Bell, Rebecca 2020: Public perception of CCS: A Review of Public Engagement for CCS Projects, *https://www.ccusnetwork.eu/sites/default/files/TG1_Briefing-Report-Public-Perception-of-CCS.pdf*

2 CCUS Projects Network: Parmiter, Philippa; Bell, Rebecca 2020: Public perception of CCS: A Review of Public Engagement for CCS Projects, *https://www.ccusnetwork.eu/sites/default/files/TG1_Briefing-Report-Public-Perception-of-CCS.pdf*

3 Bellona, 11 November 2010: CCS communication: lessons learnt from Barendrecht, *https://bellona.org/news/ccs/2010-11-ccs-communication-lessons-learnt-from-barendrecht*

4 Brunsting, Suzanne; Best-Waldhober, Marjolein de; Feenstra, Ynke; Mikunda, Tom (2011) as referred in CCUS Projects Network, Parmiter, Philippa; Bell, Rebecca May 2020: Public perception of CCS: A Review of Public Engagement for CCS Projects, *https://www.ccusnetwork.eu/sites/default/files/TG1_Briefing-Report-Public-Perception-of-CCS.pdf*

บทที่ 4

1 IEA Greenhouse Gas R&D Programme Summer School Program, *https://ieaghg.org/summer-school*

2 Technology Centre Mongstad, 19 December 2023: TCM to continue under the same ownership,*https://tcmda.com/tcm-to-continue-under-the-same-ownership/*

3 Technology Centre Mongstad, 6 May 2022: Sharing our findings, *https://tcmda.com/sharing-our-findings/*

4 Project ACCSESS, 2024: Introducing TCM, *https://www.projectaccsess.eu/partners/technology-centre-mongstad/*

5 Technology Centre Mongstad, 25 January 2024: Collaboration with SINTEF, *https://tcmda.com/collaboration-with-sintef/*

6 International Test Center Network 2024: About the ITCN: *https://itcn-global.org/about-the-itcn/#%20*

7 Ibid

บทที่ 5

1 Donelan, Edward 2022: Regulatory Governance: Policy Making, Legislative Drafting and Law Reform

2 Ministry of Economy 2023: National Energy Transition Roadmap, *https://www.ekonomi.gov.my/sites/default/files/2023-09/National%20Energy%20Transition%20Roadmap_0.pdf*

3 PIB Delhi 2022: NITI Aayog releases study report on 'Carbon Capture, Utilisation, and Storage (CCUS) Policy Framework and its Deployment Mechanism in India', *https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1879865*

4 Kulichenko, Natalia; Ereira, Eleanor 2012: Carbon Capture and Storage in Developing Countries. A Perspective on Barriers to Deployment, *https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/615481468315295070/carbon-capture-and-storage-in-developing-countries-a-perspective-on-barriers-to-deployment*

บทที่ 6

1 *https://www.iea.org/reports/legal-and-regulatory-frameworks-for-ccus*

2 ISO/TC 265, 2011: การดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การขนส่ง และการกักเก็บทางธรณีวิทยาใต้ดิน *https://www.iso.org/committee/648607.html*

3 DNV, Schoon, Barbara 14 June 2023: DNV ได้ตรวจสอบความปลอดภัยในทุกด้านของการจัดเก็บก๊าซ CO_2 ของ Project Greensand ในทะเลเหนือ *https://www.dnv.com/news/dnv-has-verified-the-safety-of-all-aspects-of-project -greensand-s-co2-storage-in-the-north-sea-244503* ; ดู Europetrole, 26 November 2020: Project Greensand: แหล่งกักเก็บปิโตรเลียมและโครงสร้างพื้นฐานในทะเลเหนือได้รับการรับรองในการจัดเก็บ CO_2 , *https://www.euro-petrole.com/project-greensand-north-sea-reservoir-and-infrastructure-certified-for-co2-storage-ni-21438*

4 NOVATEK, 3 February 2022: NOVATEK Obtains International Certification for CO_2 Underground Storage Sites in Yamal and Gydan, *https://www.novatek.ru/en/press/releases/index.php?id_4=4861*

5 IEA 2022: Legal and Regulatory Frameworks for CCUS *https://www.iea.org/reports/legal-and-regulatory-frameworks-for-ccus*

6 เว็บไซต์ของ EPA มีเอกสารคำแนะนำที่เกี่ยวข้องกับ UIC Class VI สามารถดูได้ที่ *www.epa.gov/uic/final-class-vi-guidance-documents* ใบอนุญาตที่มีผลบังคับใช้อยู่และใบอนุญาตฉบับร่างรวมอยู่ในเว็บไซต์นี้: *www.epa.gov/uic/current-class-vi-projects-under-review-epa* สามารถดูเครื่องมือการอนุญาตเพิ่มเติมได้จากเว็บไซต์ EPA UIC Class VI: *www.epa.gov/uic/class-vi-wells-used-geologic-sequestration-carbon-dioxide#ClassVITools*

7 IEA 2010: CCS Model Regulatory Framework 6.11.1 *https://www.iea.org/reports/legal-and-regulatory-frameworks-for-ccus*

8 Ibid.

9 Directive 2009/31/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009, Article 18

10 The International Maritime Organization's website includes an active list of countries that are Contracting Parties to the London Protocol: *https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/StatusOfConventions.aspx*.

11 International Maritime Organization, 2024: The London Convention and Protocol, *https://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/ConferencesMeetings/Pages/London-Convention-Protocol.aspx*

12 International Maritime Organization Publishing, November 2023: Catalogue, *https://indd.adobe.com/view/92aa64cd-a96c-45c5-ad0b-26671c21be13*

13 International Maritime Organization (องค์การทางทะเลระหว่างประเทศ): Status of Conventions, *https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/StatusOfConventions.aspx*

14 United Nations Treaty Collection 10 September 1997: Chapter XXVII Environment 4. Convention on Environmental Impact Assessment in a Transboundary Context, UNTC *https://treaties.un.org/pages/ViewDetails.aspx?src=IND&mtdsg_no=XXVII-4&chapter=27&clang=_en*

15 United Nations Treaty Collection 30 October 2001: Chapter XXVII Environment 13. Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-Making and Access to Justice in Environmental Matters, *https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=IND&mtdsg_no=XXVII-13&chapter=27*

16 Greensand 2024: First Carbon Storage — Greensand paving the way for mitigating climate change with CCS, *https://www.projectgreensand.com/en/first-carbon-storage*

17 Energi Forskning 2024: Project Greensand Phase 1, *https://energiforskning.dk/files/media/document/64020-1080%20-%20Project%20Greensand%20Phase%201%20-%20End%20of%20Phase%20Report.pdf*

18 Greensand 2024: What is Project Greensand?, *https://www.projectgreensand.com/en/hvad-er-project-greensand*

19 State of Green 30 September 2022: Denmark, Flanders and Belgium sign groundbreaking arrangement on cross-border transportation of CO_2 for geological storage, *https://stateofgreen.com/en/news/denmark-flanders-and-belgium-sign-groundbreaking-arrangement-on-cross-border-transportation-of-co2-for-geological-storage/*

20 Memorandum of Understanding Between the Minister for Environment of the Flemish Region and the Federal Minister for the North Sea of Belgium and the Minister for Climate, Energy and Utilities of Denmark on Cross Border Transportation of CO_2 with the Purpose of Permanent Geological Storage, *https://kefm.dk/Media/638000596525014193/Bilateral%20arrangement%20DK-BE.pdf*

21 Santos 7 August 2023: Bayu-Undan Joint Venture and Timor Gap sign MOU to cooperate on carbon capture and storage, *https://www.santos.com/news/bayu-undan-joint-venture-and-timor-gap-sign-mou-to-cooperate-on-carbon-capture-and-storage/*

22 Government of Timor-Leste 13 October 2023: Ministry of Petroleum and Mineral Resources Promotes Seminar on Legal and Regulatory Framework for Carbon Capture and Storage in Timor-Leste, *http://timor-leste.gov.tl/?p=34678&lang=en&n=1*

บทที่ 7

1 International Energy Agency (IEA), Tomakomai CCS Demonstration Project, *https://www.iea.org/reports/ccus-around-the-world/tomakomai-ccs-demonstration-project*

2 Act on Prevention of Marine Pollution and Maritime Disaster 1970: Law No. 136

3 Global CCS Institute 2016: Japan's legal and regulatory framework for CCS, *https://www.globalccsinstitute.com/news-media/insights/japans-legal-and-regulatory-framework-for-ccs*

4 Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO), and Japan CCS Co., Ltd. (JCCS) 2023: Report of Tomakomai CCS Demonstration Project at 300 thousand tonnes cumulative injection, *https://www.meti.go.jp/english/press/2020/pdf/0515_004a.pdf*

5 Id. Slide 13

6 Id. Slide 13

7 Equinor 2019: Sleipner partnership releases CO_2 storage data, *https://www.equinor.com/news/archive/2019-06-12-sleipner-co2-storage-data*

8 Ibid.

9 กฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากแหล่งกักเก็บปิโตรเลียมใต้ทะเลบนไหล่ทวีปเพื่อกักเก็บก๊าซCO_2 และเกี่ยวข้องกับการขนส่งก๊าซ CO_2 บนไหล่ทวีป FOR-2014-12-05-1517. ดูคำแปลภาษาอังกฤษได้ที่นี่: *https://www.sodir.no/en/regulations/regulations/exploitation-of-subsea-reservoirs-on-the-continental-shelf-for-storage-of-and-transportation-of-co /*

10 Norwegian Pollution Control Regulation §35-16, FOR-2004-06-01-931 §35-16

11 Miljødirektoratets 2016: Tillatelse etter forurensningsloven for Injeksjon og lagring av CO_2 på Sleipnerfeltet Statoil Petroleum, *https://www.norskeutslipp.no/WebHandlers/PDFDocumentHandler.ashx?documentID=301400&documentType=T&companyID=16802&aar=0&epslanguage=en*

12 Rynearson, Arthur J. 2013: Legislative Drafting Step by Step. International Law Institute

13 Ombudstvedt, Ingvild and Koperna, George 2023: Comparing Permitting Regimes for CO_2 Storage, Like Comparing Apples and Oranges?, *https://www.ogel.org/article.asp?key=4091*

14 Gassnova 2020: Developing Longship Key Lessons Learned, *https://gassnova.no/app/uploads/sites/6/2022/06/Gassnova-Developing-Longship-FINAL.pdf*

15 Commercial Law Development Program: Understanding Power Purchase Agreements, *https://cldp.doc.gov/sites/default/files/PPA%20Second%20Edition%20Update.pdf*

บทที่ 8

1 Almendra, Francisco et. al. 2011: CCS Demonstration in Developing Countries: Priorities for a Financing Mechanism for Carbon Dioxide Capture and Storage, *https://www.wri.org/publication/ccs-demonstration-in-developing-countries*

2 Lewis, Jangira 2022: Assessing Japan's Carbon Tax, *https://earth.org/japan-carbon-tax/*

3 National Climate Change Secretariat Singapore, Carbon Tax, *www.nccs.gov.sg/singapores-climate-action/mitigation-efforts/carbontax/*

4 European Commission, Scope of the EU Emissions Trading System, *https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/scope-eu-emissions-trading-system_en*

5 European Commission, What is the EU ETS?, https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/what-eu-ets_en

6 Commission Implementing Regulation (EU) 2018/2066 of 19 December 2018 on the monitoring and reporting of greenhouse gas emissions pursuant to Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council and amending Commission Regulation (EU) No 601/2012 (Text with EEA relevance)

7 Norwegian Petroleum 2023: Emissions to Air, *https://www.norskpetroleum.no/en/environment-and-technology/emissions-to-air/*

8 สำหรับวัตถุประสงค์ของการอภิปรายนี้ คำว่า "มาตรการควบคุมการปล่อยคาร์บอน" หมายถึงการนำโครงการดักจับ การขนส่ง และการกักเก็บคาร์บอนไปใช้ ยังมีมาตรการควบคุมการปล่อยก๊าซอื่น ๆ เช่น การปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงาน ซึ่งอาจต้องใช้เพื่อลดการปล่อยก๊าซ CO_2 จากอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า

9 EPA 2023: NSPS for GHG Emissions from New, Modified, and Reconstructed Electric Utility Generating Units, *https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/nsps-ghg-emissions-new-modified-and-reconstructed-electric-utility*

10 *https://www.utilities-me.com/news/all-new-power-plants-in-saudi-arabia-to-add-carbon-capture-facility*

11 European Commission, Innovation Fund projects, *https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-funding-climate-action/innovation-fund/innovation-fund-projects_en*

12 Global CCS Institute 2023: Global Status of CCS 2023 — Scaling up through 2030, *https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2024/01/Global-Status-of-CCS-Report-1.pdf*

13 Gassnova 2020: Regulatory Lessons Learned from Longship, *https://gassnova.no/app/uploads/sites/6/2022/07/Regulatory-lessons-learned-from-Longship-FINAL-WEB-1.pdf*

14 IRA อนุญาตให้จ่ายโดยตรงเป็นเวลา 5 ปี และจ่ายโดยตรงแบบเต็มจำนวนเป็นเวลา 12 ปี สำหรับนิติบุคคลที่ไม่เสียภาษี 26 U.S. Code § 6417

15 Mawalkar, Sanjay; Haagsma, Autumn; and Gupta, Neeraj 2020: Monitoring, Reporting, and Verification (MRV) Plan — Meeting EPA Guidelines for GHGRP and Subpart RR, *https://www.osti.gov/servlets/purl/1773379*

16 The IIJA allocates $600 million for the CIFIA program for each federal fiscal year 2022 and 2023, along with $300 million for each federal fiscal year from 2024 through 2026. U.S. Department of Energy, Carbon Dioxide Transportation Infrastructure, *https://www.energy.gov/lpo/carbon-dioxide-transportation-infrastructure*

17 U.S. Congressional Research Service 2020: The Tax Credit for Carbon Sequestration (Section 45Q), *https://crsreports.congress.gov/product/pdf/IF/IF11455/1*

18 Nordsøfonden also participates in upcoming licenses for carbon storage with 20 percent, *https://eng.nordsoefonden.dk/news/2023/september/nordsoefonden-also-participates-in-upcoming-licenses-for-carbon-storage-with-20-percent*

ปิดท้ายเล่ม

ผลงานชิ้นนี้ได้รับอนุญาตให้ใช้ภายใต้สัญญาอนุญาตสากลของ Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 **(CC BY NO SA)**

หนังสือเล่มนี้เขียนโดยใช้วิธีร่วมกันแต่งในเวลาอันสั้นของ Book Sprints (*www.booksprints .net*) ตั้งแต่วันที่ 29 มกราคม ถึง 2 กุมภาพันธ์ 2567

ผู้แต่ง: วิกรม วิชาล (Vikram Vishal), อัตสึมาสะ ซาไก (Atsumasa Sakai), ปรียา ปราสาด (Priya Prasad), โฮเซ่ เบนิเตซ ตอร์เรส (José Benítez Torres), อิงวิลด์ ออมบุดสเวดต์ (VIngvild Ombudstvedt), ริชาร์ด เอสโปซิโต (Richard Esposito), จอร์จ โคเปอร์นา (George Koperna), พาเมลา ทอมสกี้ (Pamela Tomski)

ผู้เอื้ออำนวยกระบวนการ Book Sprints: บาร์บารา รูห์ลิง (Barbara Rühling), แอนนา ร็อคซัส(Anna Roxas)

บรรณาธิการต้นฉบับ: เรวิน ไวท์ (Raewyn Whyte), คริสติน เดวิส (Christine Davis)

ผู้ออกแบบหนังสือออนไลน์: อากาเต้ บาเอซ (Agathe Baëz)

ผู้วาดภาพประกอบและออกแบบปก: เลนนาร์ต วูลเฟิร์ต (Lennart Wolfert), เฮนริก ฟาน เลเวน (Henrik van Leeuwen)

ภาพปก: Southern Company / National Carbon Capture Center

แบบอักษร: Inria โดย The Black [Foundry], Techna โดย Carl Enlund, Faune โดย Alice Savoie

เอกสารฉบับนี้ควรใช้อ้างในชื่อว่า: การดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน คู่มือสำหรับผู้กำหนดนโยบาย (2024)

ได้รับทุนจาก:

Bureau of Energy Resources
U.S. DEPARTMENT of STATE

จัดทำโดย:

CLDP
COMMERCIAL LAW DEVELOPMENT PROGRAM

สถาบันภาคี

ADB
USGS science for a changing world
Carbon Business Council
CATF CLEAN AIR TASK FORCE
CLEARPATH
GLOBAL CCS INSTITUTE
ieaghg
TEXAS Geosciences Bureau of Economic Geology Jackson School of Geosciences The University of Texas at Austin
UNIVERSITY of WYOMING School of Energy Resources