



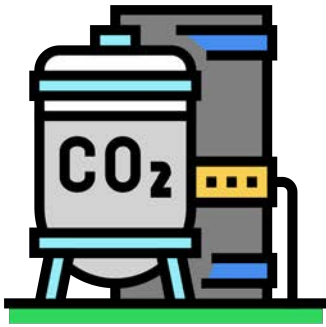
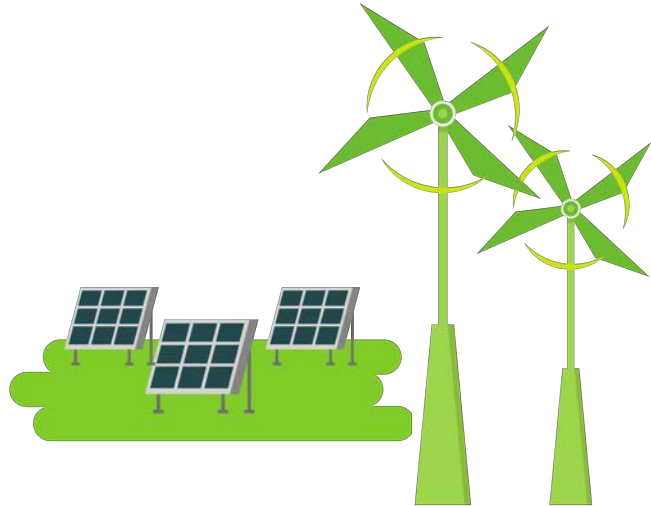
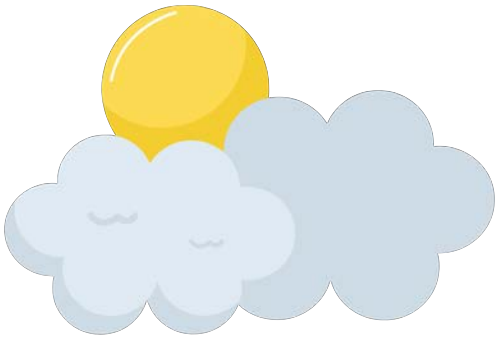
บทที่ 8 คาร์บอนเยอะไปทำไม ? แอบดูเทคนิคดักจับ CO₂

คำถามสำคัญ

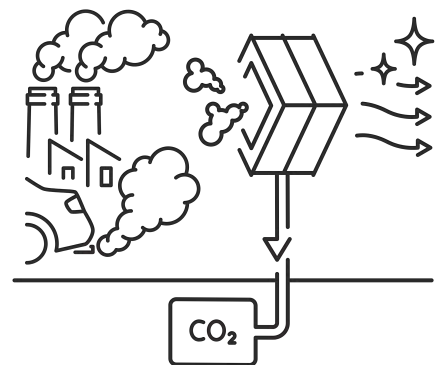
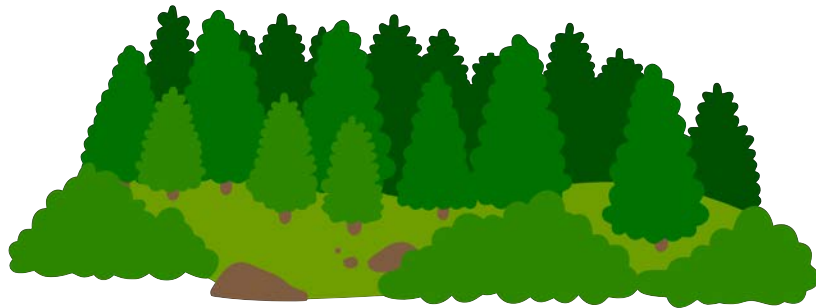
1. เทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอนคืออะไร และมีความสำคัญต่อการแก้ไขปัญหาสภาพภูมิอากาศโลกอย่างไร
2. กระบวนการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน มีขั้นตอนสำคัญอะไรบ้าง
3. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดักจับได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมใดบ้าง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เข้าใจความหมายและความสำคัญของเทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน
2. เข้าใจขั้นตอนต่าง ๆ ของกระบวนการเทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน พร้อมทั้งยกตัวอย่างการใช้งานในชีวิตจริงได้
3. สามารถยกตัวอย่างการนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดักจับได้ไปใช้ประโยชน์

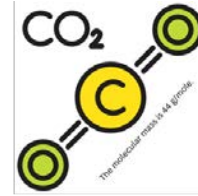


ลองสังเกตรอบตัวเรามี
เทคโนโลยีหรือ
กระบวนการดักจับ
คาร์บอนอะไรบ้าง





คาร์บอน (Carbon: C) เป็นธาตุลำดับที่ 6 สัญลักษณ์ C เป็นอโลหะ ลักษณะเป็นของแข็ง ในธรรมชาติพบ 2 ัญรูป คือ เพชร และแกรไฟต์ และเป็นองค์ประกอบสำคัญในสิ่งมีชีวิต



คาร์บอนคืออะไร?



คาร์บอนมีอยู่ที่ไหนบ้าง?

- ◆ ในร่างกายของคน สัตว์ และพืช
- ◆ ในอากาศ (ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์)
- ◆ ในดิน หิน น้ำ และเชื้อเพลิงฟอสซิล (น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ)

☀ ก๊าซ CO₂ ทำให้โลกร้อนขึ้นได้อย่างไร?

เมื่อบุคคลเผาเชื้อเพลิง เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซ CO₂ จะถูกปล่อยออกมาในอากาศ

- ◆ ก๊าซ CO₂ ทำหน้าที่เป็น "ครอบแก้ว" ห่อหุ้มโลก
- ◆ เก็บความร้อนจากดวงอาทิตย์ไว้ ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น
- ◆ เมื่อ CO₂ มีมากเกินไป โลกจะร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว



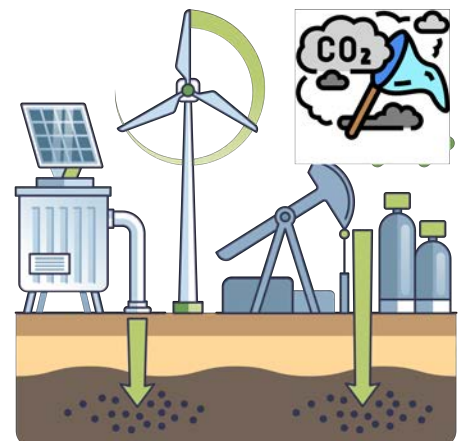
☁ แหล่งกำเนิดก๊าซ CO₂ ที่เกิดจากมนุษย์

1. โรงงานอุตสาหกรรม – ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล
2. การขนส่ง (รถยนต์ เครื่องบิน เรือ) – เผาเชื้อเพลิงฟอสซิล
3. การผลิตไฟฟ้า – ใช้ถ่านหินและก๊าซธรรมชาติ
4. การตัดไม้ทำลายป่า – ต้นไม้ช่วยดูดซับ CO₂ เมื่อถูกตัดลง CO₂ จึงสะสมในอากาศมากขึ้น



ลดคาร์บอนได้ด้วยวิธีใดบ้าง

- ✓ 1. ใช้พลังงานสะอาด
- ✓ 2. ปลูกต้นไม้ช่วยดูดซับ CO₂
- ✓ 3. ใช้รถยนต์ไฟฟ้าลดการปล่อยมลภาวะจากน้ำมัน
- ✓ 4. ประหยัดพลังงานลดการใช้พลังงานไม่จำเป็น
- ✓ 5. ใช้เทคโนโลยีดักจับคาร์บอน





ภาวะโลกร้อน (Global Warming) คือ การที่อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น อย่างต่อเนื่อง เพราะมีก๊าซเรือนกระจกสะสมในชั้นบรรยากาศมากเกินไป หนึ่งในตัวการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนที่สำคัญและมีปริมาณมากคือ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) การเกิดของคาร์บอนไดออกไซด์มีได้หลากหลายแหล่งกำเนิด แบ่งเป็น 2 แหล่งดังนี้

เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์

1. การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuels)



จากกิจกรรมของมนุษย์ ก่อให้เกิด ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้โลกร้อน

- โรงงานและโรงไฟฟ้าเผาถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ
- รถยนต์ เครื่องบิน และเรือที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน

และกิจกรรมในชีวิตประจำวันจากการใช้พลังงานของมนุษย์

2. การตัดไม้ทำลายป่า (Deforestation)

- 🌳 ต้นไม้ช่วยดูดซับ CO_2 จากอากาศ
- 🪓 เมื่อป่าถูกทำลาย CO_2 จะสะสมในชั้นบรรยากาศมากขึ้น
- 🔥 บางที่การเผาป่าเพื่อทำพื้นที่เกษตรกรรม ทำให้เกิด CO_2 เพิ่มขึ้นอีก



3. การทำปศุสัตว์และเกษตรกรรม (Livestock & Agriculture)



วัวและสัตว์เคี้ยวเอื้องปล่อย ก๊าซมีเทน (CH_4) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้โลกร้อน

🚜 การใช้ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลงก็ทำให้เกิดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x)
ซึ่งรุนแรงกว่า CO_2 หลายเท่า

4. การเผาขยะและของเสีย (Waste Burning & Landfills)

- 🔥 การเผาขยะพลาสติกและของเสียทำให้เกิด CO_2 และสารพิษ
- 🗑️ กองขยะปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดจากการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ



เกิดจากธรรมชาติ



1. ภูเขาไฟระเบิด (Volcanic Eruptions)

☗ การระเบิดของภูเขาไฟปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ขึ้นไปในอากาศ ☒ ฝุ่นละอองจากภูเขาไฟบางครั้งช่วยให้โลกเย็นลงชั่วคราว แต่ในระยะยาว CO₂ ทำให้โลกร้อนขึ้น

2. การเปลี่ยนแปลงของดวงอาทิตย์ (Solar Activity)

- ☀️ ดวงอาทิตย์มีช่วงที่พลังงานเพิ่มขึ้นและลดลง
- ☀️ เมื่อดวงอาทิตย์แผ่พลังงานมากขึ้น โลกจะร้อนขึ้น
- เมื่อดวงอาทิตย์มีกิจกรรมลดลง โลกจะเย็นลง



3. กระแสน้ำทะเลเปลี่ยนแปลง (Ocean Currents)



- * ปรากฏการณ์ เอลนีโญ (El Niño) ทำให้พื้นที่บางส่วนของโลกมีอากาศร้อนผิดปกติ
- * ปรากฏการณ์ ลานีญา (La Niña) ทำให้บางพื้นที่เย็นลง

4. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากธรรมชาติ

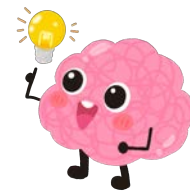
ก๊าซมีเทน (CH₄) ถูกปล่อยออกจากพื้นที่ชื้น เช่น

- หอนงน้ำ และบึง
- แบคที่เรียวยในดินและมหาสมุทร

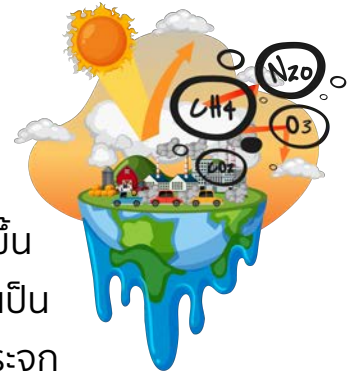


ชวนคิด

- 1 ทำไมการกระทำของมนุษย์ทำให้โลกร้อนเร็วขึ้นกว่าปกติ?
- 2 เราจะช่วยลดผลกระทบจากภาวะโลกร้อนที่เกิดจากธรรมชาติได้อย่างไร?



ก๊าซตัวการโลกร้อนมีอะไรบ้าง



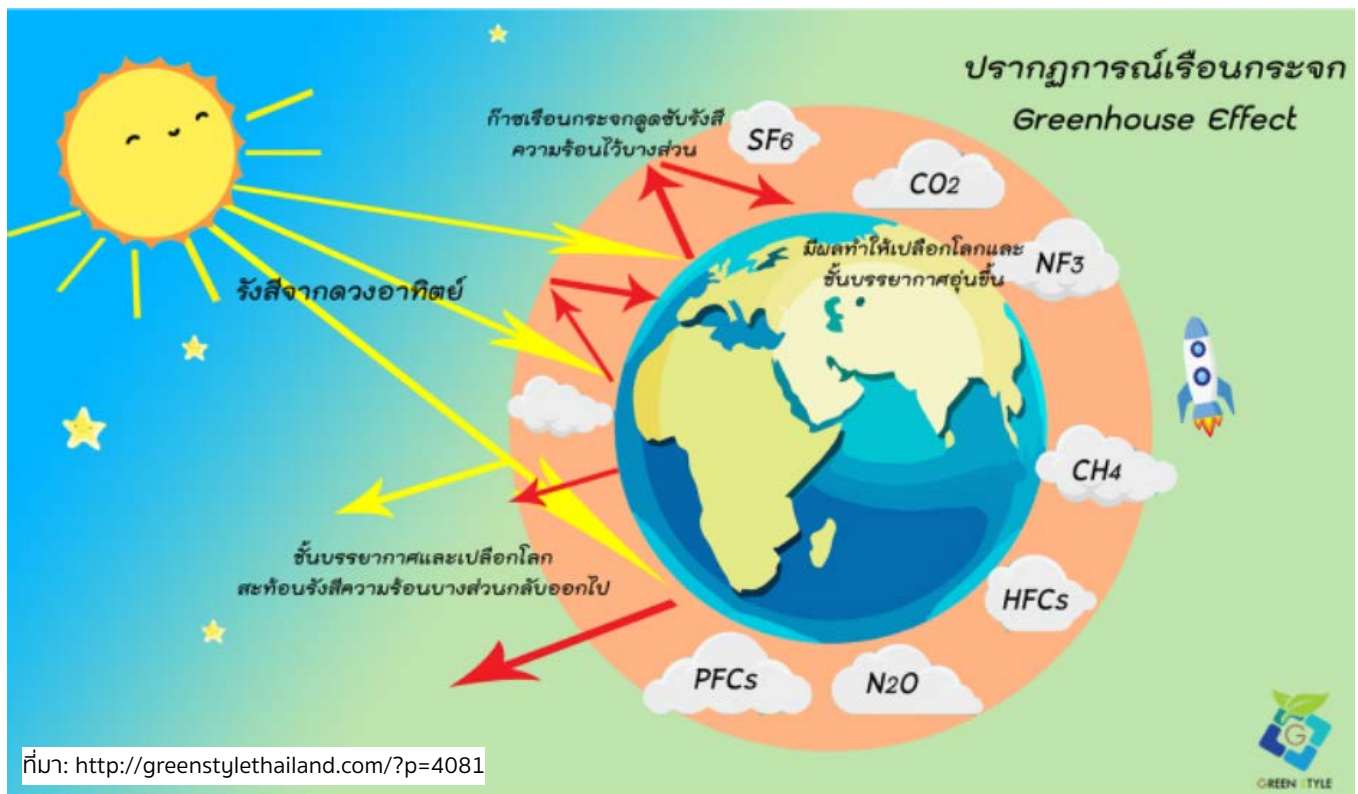
ภาวะโลกร้อน เกิดจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเข้าสู่ชั้นบรรยากาศในปริมาณมหาศาล ส่งผลให้ชั้นบรรยากาศกักเก็บและสะสมความร้อนมากขึ้น ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แม้ว่าคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซเรือนกระจกหลักที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนมากที่สุด แต่ยังมีก๊าซเรือนกระจกชนิดอื่น ๆ อีกหลายชนิดที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect)

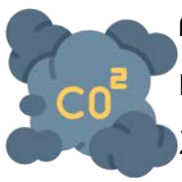
ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) คือกระบวนการที่ ก๊าซในชั้นบรรยากาศของโลกดักจับความร้อนจากดวงอาทิตย์ ทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น

เปรียบเทียบง่ายๆ

เรือนกระจก คือสิ่งก่อสร้างที่ทำจากกระจกเพื่อให้พืชได้รับแสงแดดและเก็บความร้อนไว้ข้างใน

โลกของเรา ก็เหมือนเรือนกระจก เพราะมีก๊าซในชั้นบรรยากาศช่วยกักเก็บความร้อน





คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมามากที่สุดจากทั้งแหล่งธรรมชาติ และจากกิจกรรมของมนุษย์ ก๊าซนี้มีอายุในชั้นบรรยากาศได้นานถึง 200 ปี

ก๊าซมีเทน (CH₄) มีความสามารถในการสร้างภาวะเรือนกระจกได้มากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 28 แต่มีอายุในชั้นบรรยากาศเพียง 12 ปี



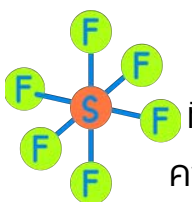
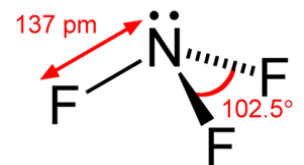
ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N₂O) มีความสามารถในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจกได้มากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 265 เท่า และสามารถคงอยู่ในบรรยากาศได้นานกว่า 100 ปี

ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) ใช้เป็นสารทำความเย็นในเครื่องทำความเย็น มีความสามารถในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจกได้มากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์หลายพันเท่า และมีอายุในชั้นบรรยากาศได้นานกว่า 100 ปี



ก๊าซเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) ใช้ในกระบวนการผลิตอะลูมิเนียมและอุปกรณ์กึ่งตัวนำไฟฟ้า มีอายุในชั้นบรรยากาศได้นานถึง 50,000 ปี และเป็นก๊าซที่มีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจกสูงมาก ก๊าซชนิดนี้สามารถดักจับและกำจัดได้ในกระบวนการผลิต

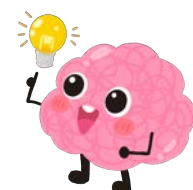
ก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF₃) สามารถกักเก็บความร้อนได้มากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์หลายพันเท่า และมีอายุการคงอยู่ในบรรยากาศยาวนาน ก๊าซชนิดนี้สามารถดักจับและกำจัดได้ในกระบวนการผลิต



ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF₆) ใช้ในการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ และสวิตช์เกียร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้าแรงสูงมีความสามารถในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจกได้มากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 17,400 พันเท่า และอยู่ในชั้นบรรยากาศได้นานกว่า 3,200 ปี

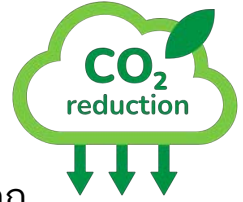
ชวนหา

ลองสังเกตแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกรอบ ๆ ตัวเรา

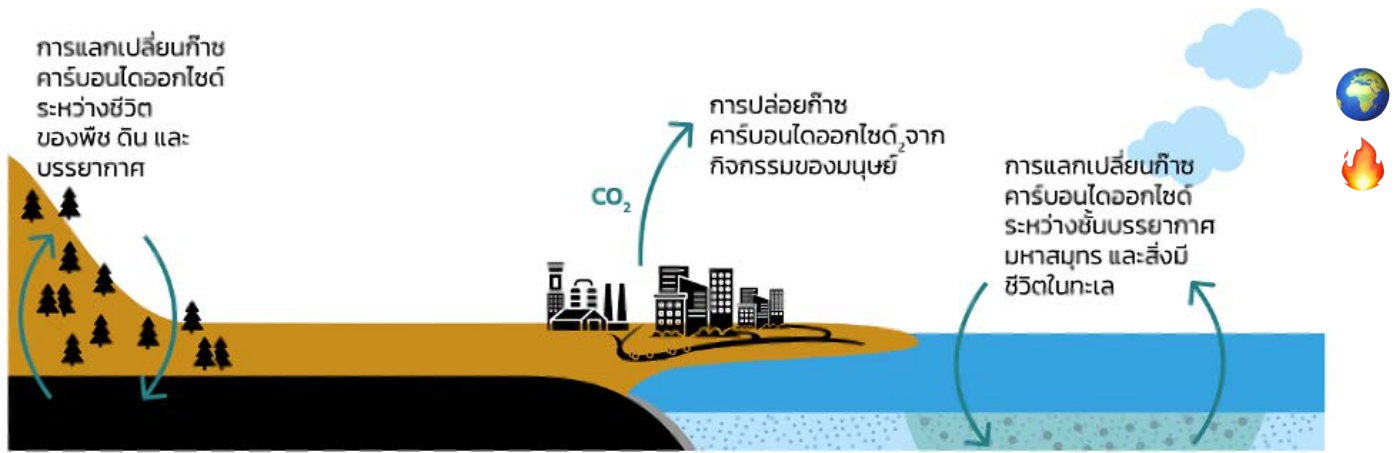


ก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก โดยเฉพาะกิจกรรมของมนุษย์ที่สร้างก๊าซชนิดนี้เพิ่มขึ้น เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้นซึ่งเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน



ปกติแล้วธรรมชาติสามารถช่วยดูดซับก๊าซชนิดนี้ได้ผ่านการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช แต่เมื่อปริมาณมีมากเกินไปธรรมชาติจึงไม่สามารถดูดซับได้หมด นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น **การละลายของน้ำแข็งขั้วโลก ระดับน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้น และสภาพอากาศที่รุนแรงขึ้น** ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องหาวิธีลดและกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและรักษาสมดุลของโลก



ที่มา: https://cldp.doc.gov/sites/default/files/2024-04/CLDP-CCUS%20Handbook_TH-Web.pdf

แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจก

ในระดับโลก ประเทศต่าง ๆ ได้ร่วมมือกันเพื่อแก้ปัญหาภาวะโลกร้อน โดยได้มีการจัดประชุมภายใต้กรอบอนุสัญญาแห่งสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) UN ในการประชุมครั้งที่ 26 (CoP 26) ณ กรุงปารีส ในปี พ.ศ. 2564 ได้กำหนดเป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อม และส่งเสริมการลงทุนในกิจกรรมที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างเป็นรูปธรรม (UNFCCC, 2021) โดยทั่วโลกได้ดำเนินการตามแนวทางที่แต่ละประเทศได้นำมาใช้ ตัวอย่างเช่น

การพัฒนาด้านพลังงานสะอาด การลงทุนในพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม และพลังงานชีวภาพ

การเก็บภาษีคาร์บอน (Carbon Tax) กำหนดให้ผู้ประกอบการหรือองค์กรที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกินเกณฑ์ที่กำหนดต้องจ่ายภาษีตามปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

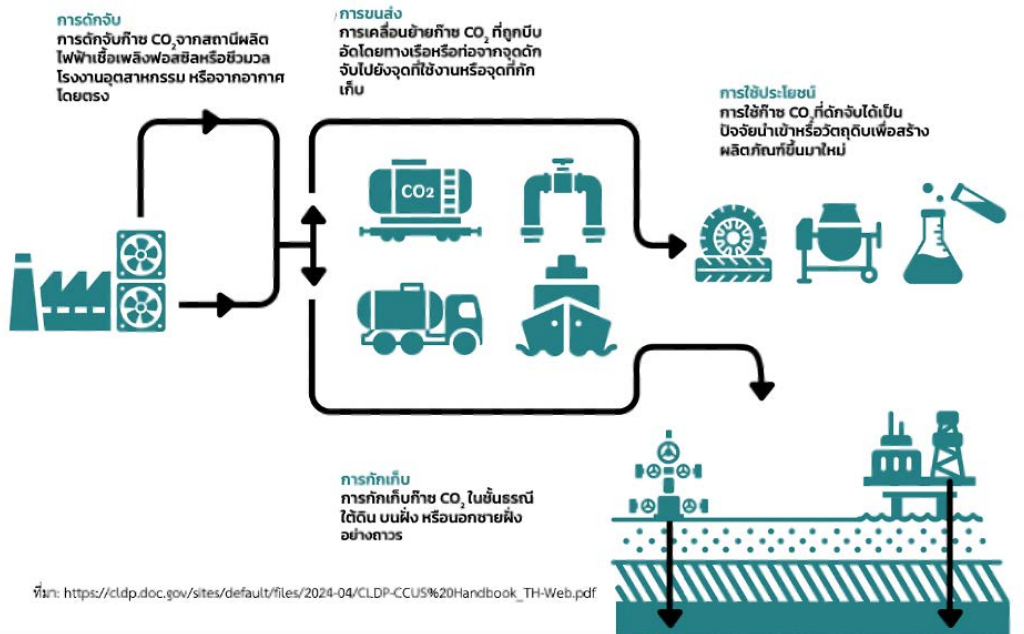
การกำหนดเพดานการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรม เพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ

การใช้เทคโนโลยีกระบวนการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture Utilization and Storage – CCUS) เป็นที่ยอมรับว่ามีประสิทธิภาพในการลดคาร์บอนไดออกไซด์ได้

เทคโนโลยีกระบวนการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน

(Carbon Capture Utilization and Storage – CCUS)

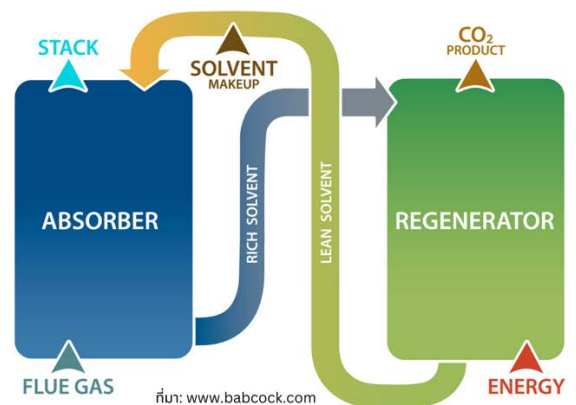
✅ เทคโนโลยี CCUS (Carbon Capture Utilization and Storage)! คือเทคโนโลยีที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) โดยการดักจับ นำไปใช้ประโยชน์ และกักเก็บไว้ในที่ปลอดภัย หลักการทำงานของเทคโนโลยีนี้มี 3 ขั้นตอนหลัก คือ การดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บที่ปลอดภัย



ขั้นตอนที่ 1 การดักจับคาร์บอน (Carbon Capture)

สำหรับการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์เป็นกระบวนการที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งในบรรยากาศและจากแหล่งกำเนิด โดยกระบวนการหลักในการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

⚠️ การดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หลังจากการเผาไหม้ (post-combustion capture process) หลักการทำงาน คือ อากาศหลังเผาไหม้ (Flue gas) ไหลผ่านตัวดูดซับ (Absorber) ซึ่งสารละลายนี้มีคุณสมบัติในการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์โดยเฉพาะ เมื่อสารละลายจับกับคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว จะถูกนำไปผ่านกระบวนการแยกโดยใช้ไอน้ำ เพื่อแยกคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากสารดูดซับ สารดูดซับที่ผ่านการแยกแล้วสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ ช่วยลดต้นทุนและลดของเสียจากกระบวนการ

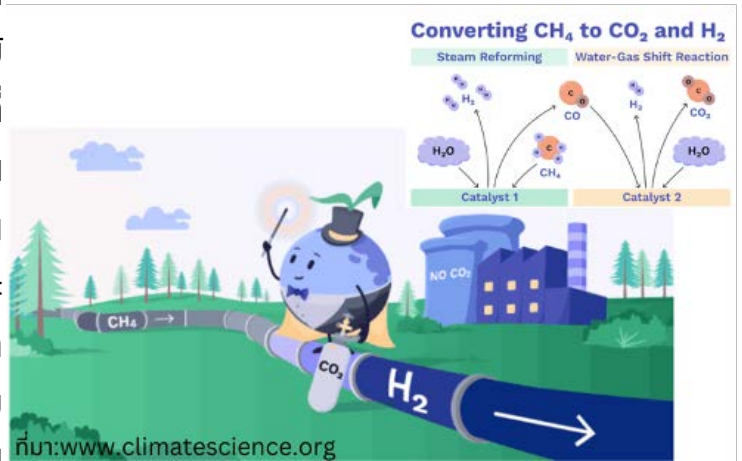


ข้อดี ของกระบวนการนี้คือ สามารถปรับใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมเดิมที่มีอยู่แล้ว

ข้อจำกัด ของกระบวนการนี้คือ มีต้นทุนสูงทั้งในแง่ของการติดตั้งอุปกรณ์และค่าดำเนินการ

การดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก่อนจากการเผาไหม้ (pre-combustion capture process)

เป็นกระบวนการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์ก่อนการนำวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการเผาไหม้ ส่วนใหญ่กระบวนการนี้จะใช้กับการผลิตที่ต้องการเผาไหม้ที่ใช้เชื้อเพลิงจำพวก ถ่านหิน ชีวมวล เริ่มจากการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งเป็นก๊าซสังเคราะห์ (syngas) ภายใต้สภาวะอุณหภูมิและแรงดันสูงร่วมกับการใช้ออกซิเจน จากนั้นแยกคาร์บอนไดออกไซด์ออก ด้วยวิธีการการดูดซึมทางเคมี (Chemical Absorption) โดยใช้สารดูดซึม และการแยกด้วยเมมเบรน (Membrane Separation) มีการนำกระบวนการนี้ไปใช้งานในอุตสาหกรรมเช่น โรงงานไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติและถ่านหิน การใช้ในอุตสาหกรรมเคมีที่ต้องการใช้อิโอรเจนในกระบวนการผลิต

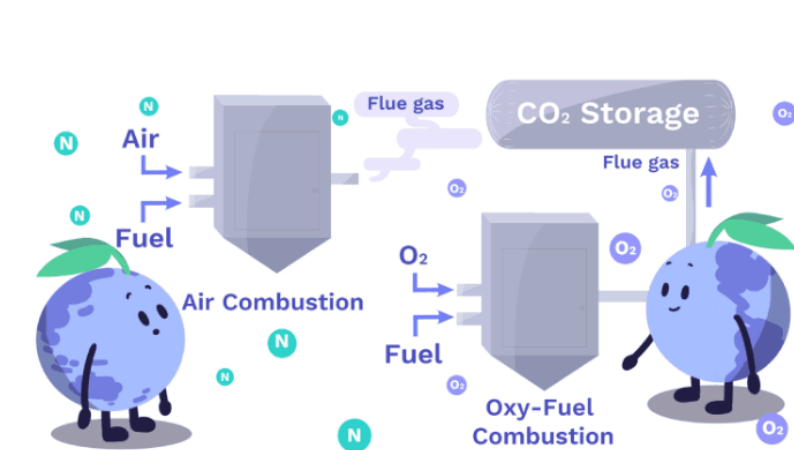


ที่มา: www.climate-science.org

ข้อดี มีประสิทธิภาพการดักจับสูงคาร์บอนไดออกไซด์สูง

ข้อจำกัด ต้นทุนการติดตั้งสูงต้องมีการเปลี่ยนแปลงระบบการผลิตพลังงานและติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม มีความซับซ้อนของกระบวนการ

การเผาไหม้โดยการใช้ออกซิเจนเพียงอย่างเดียว (Oxy-fuel combustion process)



ที่มา: www.climate-science.org

เป็นกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยใช้ ออกซิเจนบริสุทธิ์แทนอากาศ กระบวนการนี้มีการนำไปใช้ใน อุตสาหกรรมเช่น การผลิตไฟฟ้าจาก ก๊าซธรรมชาติ อุตสาหกรรมผลิตเหล็ก และซีเมนต์ และอุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน

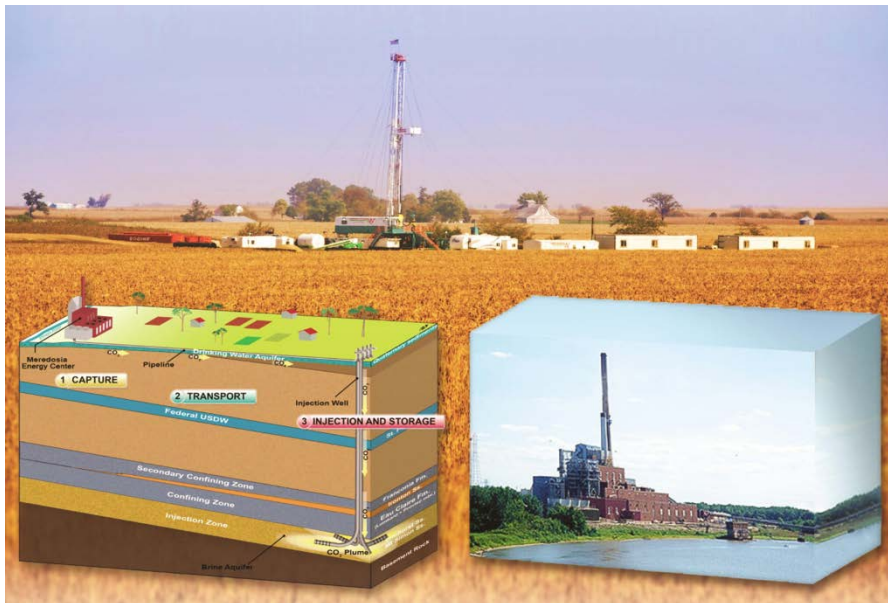
ข้อดี สามารถดักจับ คาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการปล่อยไนโตรเจน ออกไซด์

และสามารถผลิตพลังงานความร้อนที่สูง เนื่องจากการใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์ ทำให้กระบวนการเผาไหม้มีประสิทธิภาพมากขึ้นคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้นำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ง่าย

ข้อจำกัด เป็นกระบวนการที่ต้องมีการลงทุนสูง และต้องใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์ในการเผาไหม้ ซึ่งมีราคาสูง ไม่สามารถดัดแปลงระบบเพิ่มเติมในระบบผลิตเดิมได้



โครงการที่ใช้การดักจับคาร์บอนด้วยการเผาไหม้โดยการใช้ออกซิเจนเพียงอย่างเดียวเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ชื่อโครงการ Callide Oxyfuel Project ที่ประเทศออสเตรเลีย ที่มา: <https://esdnews.com.au/callide-oxyfuel-project-throwing-coal-a-lifeline/>



โครงการที่ใช้การดักจับคาร์บอนด้วยการเผาไหม้โดยการใช้ออกซิเจนเพียงอย่างเดียวเพื่อดักจับและกักเก็บคาร์บอนอย่างเต็มรูปแบบ ชื่อโครงการ FutureGen 2.0 ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มา: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2013/10/f4/EIS-0460-FEIS-Volume_I-2013.pdf

การดักจับคาร์บอนไดออกไซด์โดยตรง (Direct Air Capture - DAC)

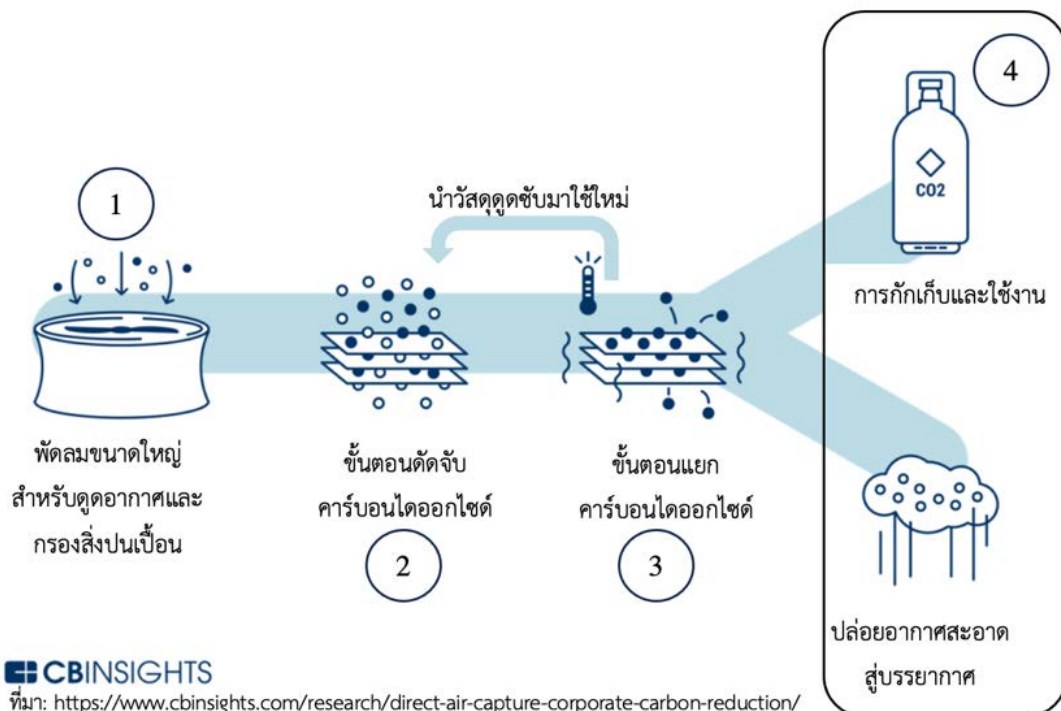
การดักจับคาร์บอนโดยตรง คือ เทคโนโลยีที่ดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศโดยตรงด้วยระบบกลไกที่ออกแบบมาโดยเฉพาะ เทคโนโลยีนี้ช่วยลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศซึ่งเป็นสาเหตุหลักของภาวะโลกร้อน โดยสามารถนำคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดักจับได้ไปใช้ประโยชน์ เช่น การผลิตเชื้อเพลิงสังเคราะห์ การเก็บกักใต้ดิน หรือการใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ การทำงานของเทคโนโลยีนี้แบ่งขั้นตอนหลักได้ 4 ขั้นตอน เริ่มต้นด้วย

ขั้นตอนที่ 1 อากาศจะถูกดูดเข้าสู่ระบบโดยใช้พัดลมขนาดใหญ่ ผ่านระบบกรองอากาศขั้นต้นเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่จะเข้าไปรบกวนการทำงานของเครื่อง

ขั้นตอนที่ 2 อากาศที่ไหลมาในส่วนนี้จะถูกดักจับด้วยสารดูดซับ เช่น ไฮดรอกไซด์ของโลหะ ซีโอไลต์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ สารละลายเอมีน เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ถูกดักจับไว้ในสารดูดซับจนอิ่มตัว สารดูดซับจะถูกส่งไปขั้นตอนการแยกออกจากสารดูดซับ

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการแยกและปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากตัวดูดซับ ในขั้นตอนนี้มีการใช้พลังงานความร้อนหรือแรงดัน เพื่อแยกคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา คาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จะนำไปเก็บกักไว้ในแหล่งกักเก็บหรือนำไปใช้งาน

ขั้นตอนที่ 4 การจัดเก็บหรือการนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ประโยชน์ โดยคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้สามารถนำไปเก็บกักใต้ดินเพื่อป้องกันการปล่อยกลับสู่ชั้นบรรยากาศ หรือใช้ในอุตสาหกรรม

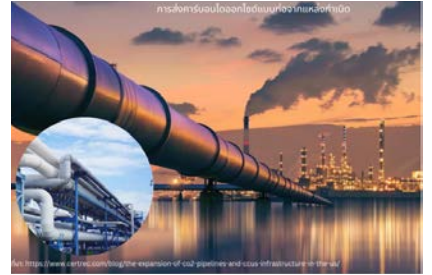


การขนส่งคาร์บอน (carbon dioxide transport)

การขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์เป็นขั้นตอนสำคัญในกระบวนการจัดการคาร์บอนที่ช่วยนำคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งกำเนิดหรือแหล่งดักจับไปยังแหล่งกักเก็บที่ปลอดภัยหรือนำไปใช้ประโยชน์ การขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์มี 4 ประเภทหลัก

1. การขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านท่อ (Pipelines)

การขนส่งนี้จะทำการส่งผ่านท่อ โดยคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกบีบอัดให้อยู่ในสถานะของเหลวหรือก๊าซที่มีความดันสูง จากนั้นจึงส่งผ่านเครือข่ายท่อไปยังแหล่งกักเก็บหรือพื้นที่ที่นำไปใช้ต่อ



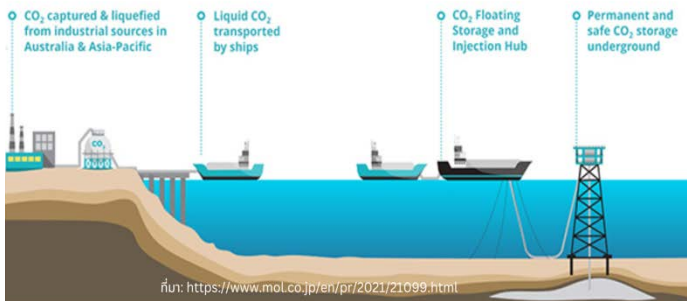
ข้อดี

เหมาะสำหรับแหล่งกำเนิดคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดใหญ่ที่มีการผลิตอย่างต่อเนื่อง เช่น โรงไฟฟ้าและโรงงานอุตสาหกรรม จะมีต้นทุนในการติดตั้งเครือข่ายท่อสูงในช่วงเริ่มโครงการ แต่เมื่อใช้งานในระยะยาวและขนส่งปริมาณมาก ต้นทุนต่อหน่วยจะลดลงอย่างมาก

ข้อจำกัด

ต้องมีการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานและการวางท่อที่ครอบคลุมพื้นที่จากแหล่งกำเนิดไปยังแหล่งกักเก็บ มีความเสี่ยงที่ท่ออาจเกิดการรั่วไหล ต้องมีระบบตรวจสอบและบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ การบำรุงรักษาและการตรวจสอบเครือข่ายท่อต้องใช้ทรัพยากรและเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมีค่าใช้จ่ายที่สูง

2. การขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์ทางเรือ (Ships)



กระบวนการเริ่มต้นด้วยการบีบอัดและทำให้คาร์บอนไดออกไซด์เย็นลงจนอยู่ในสถานะของเหลว จากนั้นบรรจุลงในถังเก็บที่มีความปลอดภัยบนเรือ การขนส่งทางเรือเหมาะสำหรับการขนส่งระยะไกล เช่น ข้ามประเทศหรือข้ามทวีป

ข้อดี มีความยืดหยุ่นในการปรับเส้นทางและสามารถขนส่งได้ปริมาณมากในคราวเดียวรวม

ไม่จำเป็นต้องสร้างโครงสร้างระบบท่อเครือข่ายเหมือนการขนส่งผ่านท่อ

ข้อจำกัด

ต้องสร้างโครงสร้างพื้นฐานของท่าเรือ เช่น ระบบการขนถ่ายและการจัดเก็บในสถานที่ปลายทาง ต้องใช้พลังงานมากในการบีบอัดและรักษาสถานะของให้เป็นของเหลว การขนส่งทางเรือมักนำไปใช้ในกรณีที่แหล่งกำเนิดและพื้นที่กักเก็บอยู่ห่างไกลกัน

3. การขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยรถบรรทุก (Trucks)

เป็นวิธีที่ยืดหยุ่นและเหมาะสำหรับการขนส่งในระยะสั้น หรือในปริมาณที่ไม่มาก การขนส่งนี้เริ่มต้นด้วยการบีบอัดคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในสถานะของเหลวหรือก๊าซที่มีความดันสูง จากนั้นบรรจุลงในถังเก็บที่ออกแบบมาเป็นพิเศษเพื่อติดตั้งบนรถบรรทุกและขนส่งไปยังแหล่งกักเก็บหรือพื้นที่ใช้งาน

ข้อดี สามารถเข้าถึงพื้นที่ห่างไกลหรือพื้นที่ที่ไม่มีโครงสร้างพื้นฐาน



เช่น ท่อส่งหรือท่าเรือได้อย่างง่ายดาย และยังช่วยลดความจำเป็นในการลงทุนเริ่มต้นสูง

ข้อจำกัด มีต้นทุนการดำเนินงานที่สูงหากมีการขนส่งปริมาณมาก อีกทั้งยังมีข้อจำกัดในปริมาณการขนส่งต่อครั้ง และมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุหรือปัญหาด้านความปลอดภัย การขนส่งด้วยรถบรรทุกมักนำไปใช้ในกรณีที่แหล่งกำเนิดอยู่ใกล้กับพื้นที่กักเก็บ

4. การขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์ทางรถไฟ (Train) การขนส่งทางรถไฟเป็นอีกหนึ่งวิธีที่มีประสิทธิภาพสำหรับการขนส่ง ในปริมาณปานกลางถึงมากในระยะไกล โดยคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกบีบอัดให้อยู่ในสถานะของเหลวหรือก๊าซที่มีความดันสูง จากนั้นบรรจุลงในถังเก็บที่ติดตั้งบนตู้รถไฟที่ออกแบบมาเฉพาะสำหรับการขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์



ข้อดี สามารถรองรับการขนส่งในปริมาณมากต่อรอบ มีต้นทุนที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการขนส่งด้วยรถบรรทุก และเหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีโครงสร้างพื้นฐานของทางรถไฟรองรับ

ข้อจำกัด ต้องการฝั่งพาเส้นทางรถไฟที่มีอยู่ ซึ่งอาจไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ห่างไกลได้โดยตรง และยังต้องมีโครงสร้างพื้นฐานเพิ่มเติม เช่น สถานีโหลดและถ่ายคาร์บอนไดออกไซด์สู่ที่กักเก็บหรือสถานที่นำไปใช้

ตารางเปรียบเทียบวิธีการขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์

วิธีขนส่ง	ปริมาณการขนส่ง	ต้นทุน	ระยะทาง	ข้อจำกัด
ท่อขนส่ง	ปริมาณมากและต่อเนื่อง	ต่ำ	ระยะไกล	การลงทุนเริ่มต้นสูง
เรือขนส่ง	ปริมาณปานกลาง - มาก	ปานกลาง - สูง	ข้ามประเทศ	ต้องมีโครงสร้างพื้นฐานท่าเรือ
รถบรรทุก	ปริมาณน้อย	ปานกลาง	ระยะสั้น	ไม่เหมาะกับปริมาณมาก
รถไฟ	ปริมาณปานกลาง	ปานกลาง	ระยะกลาง	ต้องมีโครงสร้างพื้นฐานรางรถไฟ

ขั้นตอนที่ 2 การกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide storage)

คาร์บอนไดออกไซด์จะถูกส่งไปยังที่กักเก็บที่ปลอดภัยในระยะยาว เช่น ชั้นหินใต้ดิน แหล่งน้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติที่หมดสภาพ และชั้นเกลือใต้ทะเล การกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์มีข้อดีคือ ช่วยลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ป้องกันไม่ให้คาร์บอนไดออกไซด์ปล่อยกลับสู่ชั้นบรรยากาศ และเป็นการใช้ประโยชน์ของคาร์บอนไดออกไซด์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันจากหลุมน้ำมัน (Enhanced Oil Recovery) อย่างไรก็ตามก็ยังมีข้อเสียคือ การกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ต้องใช้การลงทุนสูงและต้องมีการตรวจสอบอย่างต่อเนื่องเพื่อป้องกันการรั่วไหล วิธีการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ ได้แก่

1. การเก็บในชั้นใต้ดิน (Geological Storage) เป็นกระบวนการที่ทำการอัดฉีดคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในชั้นหินใต้ดิน เช่น แหล่งน้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติที่ใช้หมดแล้วหรือน้ำเกลือใต้พิภพ (Saline Aquifers) โดยคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกกักไว้ในนี้ ตัวอย่างการใช้วิธีการกักเก็บนี้ เช่น โครงการ Sleipner ในทะเลเหนือของนอร์เวย์ ที่กักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ไว้ในชั้นหินเกลือใต้ทะเล แหล่งกักเก็บนี้มีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากถึง 600,000 ล้านตัน ปัจจุบันมีการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ไปแล้วประมาณ 23 ล้านตัน

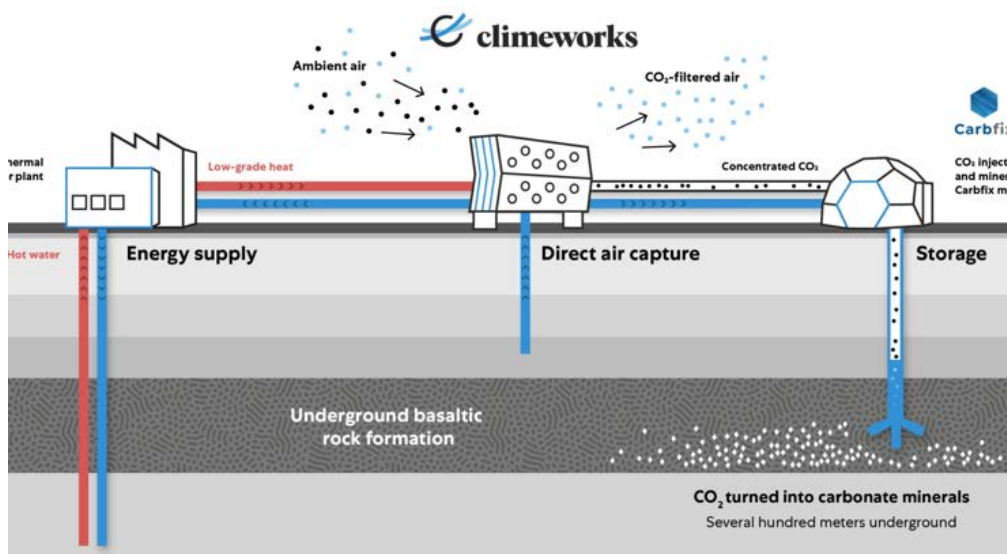
ข้อดี สามารถกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในปริมาณมาก เนื่องจากมีแหล่งกักเก็บ เช่น แหล่งน้ำมันเก่าและแหล่งก๊าซธรรมชาติเก่าอยู่ทั่วโลก และเป็นเทคโนโลยีที่ทดสอบแล้วว่าสามารถใช้ได้จริง

ข้อจำกัด อาจมีความเสี่ยงจากการรั่วไหล หากชั้นหินที่กักเก็บไม่แข็งแรงพอ คาร์บอนไดออกไซด์อาจรั่วกลับสู่ชั้นบรรยากาศ และมีค่าใช้จ่ายสูง เนื่องจากต้องใช้งบประมาณมากในการสำรวจและติดตั้งโครงสร้างใต้ดิน และต้องมีระบบติดตามระยะยาวเพื่อป้องกันปัญหาด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม



แหล่งกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ Sleipner ประเทศนอร์เวย์

2. การทำให้คาร์บอนกลายเป็นแร่ (Carbon Mineralization) เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นสารประกอบคาร์บอเนต กระบวนการนี้สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งตามธรรมชาติและในรูปแบบที่มนุษย์สร้างขึ้น สำหรับวิธีที่มนุษย์สร้างขึ้นจะทำการจับคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในชั้นหินใต้ดินเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์กับแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบในหิน มีการนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ในโครงการขนาดใหญ่ เช่น การกักเก็บคาร์บอนใต้ดินในประเทศไอซ์แลนด์ภายใต้โครงการ Carbfix

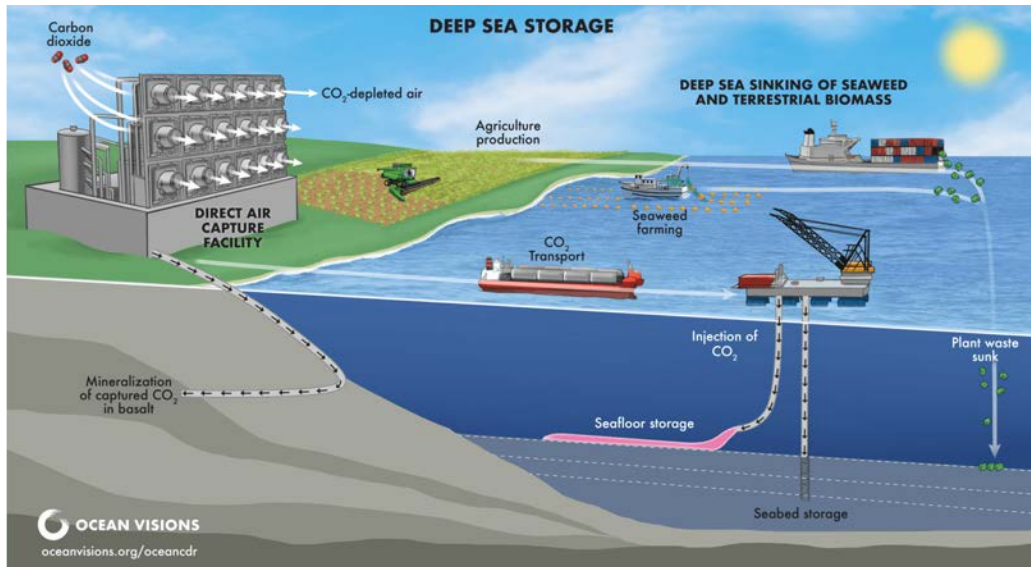


การกักเก็บคาร์บอนใต้ดินในประเทศไอซ์แลนด์ภายใต้โครงการ Carbfix

3. การกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในมหาสมุทร (Ocean Storage) เป็นการอาศัยศักยภาพของมหาสมุทรที่สามารถดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในปริมาณมหาศาล โดยมีการดำเนินการผ่านสองวิธีหลัก ได้แก่ การจับคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปชั้นใต้ท้องทะเลลึกของมหาสมุทรในรูปแบบของเหลว เพื่อให้คาร์บอนไดออกไซด์ถูกกักเก็บไว้ใต้ความดันสูง และอีกวิธีคือการกระตุ้นให้คาร์บอนไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับน้ำทะเลใต้มหาสมุทรลึกเพื่อสร้างสารประกอบที่เสถียร เช่น ไบคาร์บอเนต

ข้อดี มหาสมุทรที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่และสามารถกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในปริมาณมหาศาลในระยะยาว อีกทั้งยังสามารถนำวิธีนี้ไปใช้ในพื้นที่ห่างไกล ลดผลกระทบต่อมนุษย์โดยตรง

ข้อจำกัด ทำให้น้ำทะเลมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทางทะเลและสิ่งมีชีวิต เช่น ปะการังและสัตว์น้ำ

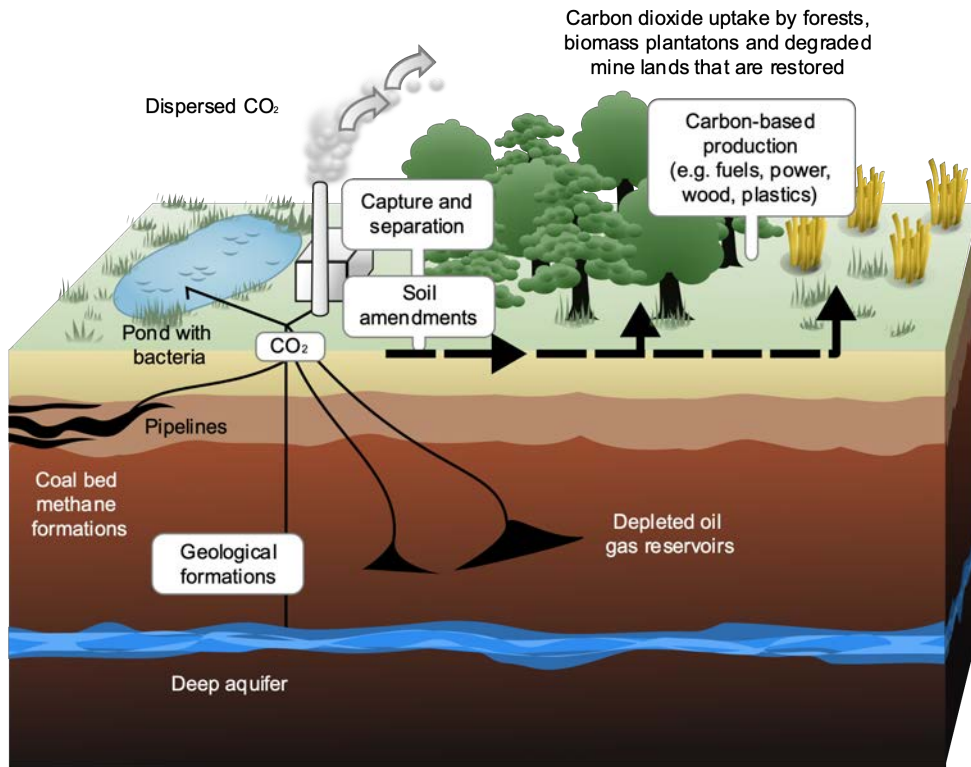


4. การกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยวิธีชีวภาพ (Bio-based Storage of Carbon Dioxide) เป็นกระบวนการผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) คาร์บอนไดออกไซด์จะถูกกักเก็บไว้ในเนื้อเยื่อของพืช ดิน หรือสารอินทรีย์อื่น ๆ ซึ่งทำหน้าที่เสมือนเป็น "แหล่งกักเก็บคาร์บอน" เป็นวิธีที่ช่วยลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศอย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อดี ช่วยฟื้นฟูระบบนิเวศ เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน และช่วยลดการพังทลายของดินที่มีค่าใช้จ่ายสูง นอกจากนี้ยังเป็นวิธีที่ยั่งยืนและเหมาะสมกับการนำไปใช้ในหลายพื้นที่ อย่างไรก็ตาม

ข้อเสีย ของการกักเก็บแบบชีวภาพคือ ต้องใช้พื้นที่ขนาดใหญ่ ซึ่งอาจแย่งพื้นที่สำหรับการเกษตรหรือการพัฒนาอื่น ๆ และผลลัพธ์อาจใช้เวลานานกว่าที่จะเห็นประสิทธิภาพในการลดคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างชัดเจน

ตัวอย่างการนำไปใช้ ได้แก่ โครงการปลูกป่าในพื้นที่ที่ถูกทำลาย ซึ่งช่วยฟื้นฟูระบบนิเวศและกักเก็บคาร์บอนในระยะยาว นอกจากนี้ยังมีการนำไปใช้โออาร์หรือถ่านชีวภาพ ซึ่งผลิตจากเศษพืชมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดิน คาร์บอนในถ่านชีวภาพจะถูกกักเก็บในดินได้ในระยะยาว กระบวนการกักเก็บคาร์บอนด้วยวิธีชีวภาพเป็นแนวทางที่ไม่เพียงช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แต่ยังสร้างประโยชน์เชิงสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจในระยะยาวได้อย่างยั่งยืน



การกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยวิธีชีวภาพ

ที่มา: <https://www.researchgate.net/publication/343859071>

ขั้นตอนที่ 3 การใช้ประโยชน์คาร์บอน (Carbon Utilization)

การนำคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ประโยชน์เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มถือเป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยทำให้การจัดการมีความยั่งยืนมากยิ่งขึ้น เช่น การใช้ประโยชน์โดยตรงในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม ใช้ในกระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดน้ำมัน (Enhanced Oil Recovery - EOR) การเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดก๊าซธรรมชาติ (Enhanced Gas Recovery - EGR) นอกจากนี้ยังสามารถนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูง เช่น คาร์บอนแบล็ค (Carbon Black) คาร์บอนไฟเบอร์ หรือพลาสติก ซึ่งไม่เพียงช่วยเพิ่มมูลค่าแต่ยังช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมอีกด้วย



การใช้ประโยชน์ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยตรง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่มีประโยชน์ในหลายอุตสาหกรรม เนื่องจากคุณสมบัติที่หลากหลายซึ่งช่วยในกระบวนการผลิตและเพิ่มคุณภาพของสินค้า โดยตัวอย่างการใช้คาร์บอนไดออกไซด์โดยตรงในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มีดังนี้

1. อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม ในอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในหลายบทบาท เช่น

- ใช้เป็นตัวทำให้เกิดฟองในน้ำอัดลมและเครื่องดื่มอัดแก๊ส เพื่อสร้างฟองและทำให้เครื่องดื่มมีรสชาติช่วยเพิ่มความสดชื่นขณะดื่ม
- ใช้สำหรับก๊าซในบรรจุภัณฑ์ คาร์บอนไดออกไซด์ถูกใช้ในบรรจุภัณฑ์เพื่อช่วยรักษาคุณภาพอาหาร เช่น เนื้อสัตว์ ผลไม้ และผัก ให้สดนานขึ้น
- ใช้สำหรับเป็นสารตั้งต้นในการการผลิตฟองฟู น้ำแข็งแห้ง
- ใช้ในกระบวนการสกัด คาร์บอนไดออกไซด์ถูกใช้เป็นตัวทำละลายที่ใช้ในกระบวนการสกัด เช่น การดองกลั่นและสรรรรมชาติออกจากพืช หรือการสกัดคาเฟอีนออกจากเมล็ดกาแฟ ซึ่งเป็นวิธีที่ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

2. อุตสาหกรรมยาและการแพทย์ มีตัวอย่างการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ ดังนี้

- กระบวนการหายใจ คาร์บอนไดออกไซด์ถูกใช้ในทางการแพทย์เพื่อกระบวนการหายใจของผู้ป่วยที่มีภาวะการหายใจผิดปกติเช่น การหายใจเร็วเกินไป
- ใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตยา คาร์บอนไดออกไซด์ถูกใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ยาบางชนิด

3. อุตสาหกรรมเคมีและเชื้อเพลิง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยการแปรรูปและเปลี่ยนเป็นสารเคมีหรือเชื้อเพลิง

- กระบวนการเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารเคมีกระบวนการนี้สามารถทำได้ผ่านปฏิกิริยาคาร์บอกซิเลชัน (Carboxylation Reactions) โดยโมเลกุลคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกใช้ป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตสารประกอบอินทรีย์ เช่น คาร์บอนเตตระไฮไดรด์ใช้ในวัสดุเคลือบผิวหรือแบตเตอรี่ อะคริลิกใช้ในกาวและพลาสติกพอลิเมอร์สังเคราะห์ต่าง ๆ นอกจากปฏิกิริยาคาร์บอกซิเลชัน ยังมีการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตสารเคมีจากปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction Reactions) โดยในกระบวนการนี้พันธะ

การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการขุดเจาะน้ำมัน (Enhanced Oil Recovery) โดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งอยู่ในสภาวะที่มีความหนาแน่นสูงและมีคุณสมบัติคล้ายของเหลว ฉีดเข้าไปในแหล่งน้ำมันใต้ดินที่เหลืออยู่เพื่อช่วยเพิ่มปริมาณน้ำมันที่สามารถสกัดออกมาได้ ซึ่งคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาวะดังกล่าวช่วยลดความหนืดของน้ำมันในแหล่งกักเก็บ และช่วยให้น้ำมันไหลออกมาจากแหล่งใต้ดินได้ง่ายขึ้น เทคโนโลยีนี้เป็นเทคโนโลยีที่มีความสำคัญสำหรับการสกัดน้ำมันในแหล่งที่การขุดเจาะแบบดั้งเดิมไม่สามารถถึงทรัพยากรที่เหลือน้ำมันได้ โดยช่วยเพิ่มปริมาณน้ำมันที่สามารถสกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพและทำให้เกิดคุณค่าทางเศรษฐกิจ

การเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดก๊าซธรรมชาติ (Enhanced Gas Recovery) เป็นวิธีที่ช่วยดึงก๊าซธรรมชาติหรือก๊าซมีเทนที่เหลืออยู่ในแหล่งกักเก็บใต้ดินออกมาให้ได้มากที่สุด ซึ่งการขุดเจาะแบบปกติไม่สามารถทำได้ วิธีนี้ใช้การฉีดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในแหล่งกักเก็บ เพื่อเพิ่มแรงดันและช่วยให้ก๊าซที่ติดอยู่ในชั้นใต้ดินไหลออกมาได้ง่ายขึ้น ในบางกรณีคาร์บอนไดออกไซด์จะเข้าไปแทนที่ก๊าซมีเทนในชั้นถ่านหินที่ไม่สามารถขุดได้ วิธีนี้ไม่เพียงช่วยให้การสกัดก๊าซมีเทนมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ยังช่วยลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ เพราะเป็นการนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปกักเก็บไว้ใต้ดิน อย่างไรก็ตามวิธีนี้ยังอยู่ในระหว่างการทดลองและพัฒนาเพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยในอนาคต

การใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการเลี้ยงสาหร่ายเพื่อผลิตพลังงานชีวภาพ (Biofuels from microalgae) เป็นวิธีที่ช่วยลดก๊าซเรือนกระจกและสร้างพลังงานสะอาดควบคู่กันไป โดยนำคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้เป็นแหล่งอาหารให้กับสาหร่ายที่เลี้ยงในบ่อ สาหร่ายจะดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านการสังเคราะห์แสง จากนั้นนำสาหร่ายที่ได้ไปผ่านกระบวนการแปรรูปเป็นเชื้อเพลิง กระบวนการนี้นอกจากจะช่วยลดมลพิษในอากาศแล้วยังช่วยสร้างพลังงานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แต่สิ่งที่ยังเป็นความท้าทายในเรื่องต้นทุนในการผลิตและการจัดการระบบที่ยังต้องพัฒนาให้มีความคุ้มค่าและใช้งานได้จริงในอนาคต

ประโยชน์ ความท้าทาย และข้อจำกัด ของเทคโนโลยีดักจับคาร์บอน กักเก็บ และใช้ประโยชน์

ปัญหาโลกร้อนที่เกิดจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากโรงงานอุตสาหกรรมและการใช้พลังงานฟอสซิล เช่น น้ำมันและถ่านหิน เป็นหนึ่งในปัญหาใหญ่ของโลก เทคโนโลยีดักจับ กักเก็บ และใช้ประโยชน์จากคาร์บอน ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยลดการปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะปล่อยสู่บรรยากาศ ซึ่งประโยชน์ ความท้าทาย และข้อจำกัดของเทคโนโลยี มีดังนี้

ประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยีนี้ ได้แก่

- สามารถลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศได้ในปริมาณมาก
- ช่วยลดปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากอุตสาหกรรมที่ยากต่อการลดการปล่อย เช่น อุตสาหกรรมเหล็ก ซีเมนต์ และเคมี
- สามารถช่วยลดการปล่อยคาร์บอนที่หลีกเลี่ยงไม่ได้จากกระบวนการผลิต นอกจากนี้ยังสามารถเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ให้มีมูลค่า โดยการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเชื้อเพลิงสังเคราะห์ หรืออุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเคมี ตลอดจนอุตสาหกรรมทางการแพทย์และยา เป็นต้น

ความท้าทายและข้อจำกัด ได้แก่

- ด้านการลงทุนในเทคโนโลยีมีต้นทุนสูงในด้านการติดตั้งอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ
- ความไม่แน่นอนด้านกฎระเบียบ นโยบายจากภาครัฐ เช่น แรงจูงใจด้านภาษีหรือการสนับสนุนการลงทุน ที่ยังมีความไม่ชัดเจน
- ความเสี่ยงและความปลอดภัยในการกักเก็บระยะยาว ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น อาจเกิดการรั่วไหลของคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งกักเก็บซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนโดยรอบ

สรุปเนื้อหาท้ายบทเรียน

- ความหมายและความสำคัญของเทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน เป็นกระบวนการสำคัญในการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นต้นเหตุของภาวะโลกร้อน โดยการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ จากนั้นนำไปใช้ประโยชน์หรือกักเก็บไว้อย่างปลอดภัย เทคโนโลยีนี้ช่วยลดผลกระทบจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีนัยสำคัญ
- ขั้นตอนของกระบวนการ เทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การดักจับ (Capture) การขนส่งและการกักเก็บ (Transport and storage) การใช้ประโยชน์ (Utilization) ในขั้นตอนการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์สามารถทำได้โดยใช้เทคโนโลยี เช่น การดูดซึมด้วยสารเคมี (Chemical Absorption) ซึ่งนิยมใช้ในโรงไฟฟ้าถ่านหินหรือโรงงานอุตสาหกรรม ขั้นตอนที่สองการขนส่งและการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ทำได้หลากหลายวิธี เช่น ผ่านท่อส่ง เรือ รถไฟ หรือรถบรรทุก เพื่อขนส่งก๊าซไปยังแหล่งกักเก็บ โดยเก็บไว้ใต้ดินในชั้นหินเกลือ แหล่งน้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติที่หมดสภาพหรือใต้มหาสมุทร ขั้นตอนสุดท้ายคือการใช้ประโยชน์จากคาร์บอนไดออกไซด์ มีการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เพื่อเพิ่มมูลค่า ตัวอย่างเช่น ในอุตสาหกรรมอาหาร และเครื่องดื่ม คาร์บอนไดออกไซด์ถูกใช้ในกระบวนการผลิตน้ำอัดลม หรือเป็นตัวทำละลายในการสกัดสารสำคัญจากพืช นอกจากนี้คาร์บอนไดออกไซด์ยังสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นได้ เช่น คาร์บอนแบล็ค พลาสติก อีกทั้งยังนำไปใช้ในอุตสาหกรรมพลังงาน เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ รวมถึงการเลี้ยงสาหร่ายเพื่อผลิตพลังงานชีวภาพ กระบวนการเหล่านี้ไม่เพียงช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ยังเป็นการนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กลับมาใช้ประโยชน์และสร้างมูลค่าเพิ่มเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน
- เทคโนโลยีการดักจับคาร์บอนเป็นแนวทางที่สำคัญในการลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเทคโนโลยีนี้มีความหลากหลายขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งกำเนิดคาร์บอนไดออกไซด์ และแหล่งกักเก็บการนำคาร์บอนที่ดักจับได้มาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ สามารถช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับคาร์บอนไดออกไซด์และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว อย่างไรก็ตาม ความท้าทายสำคัญยังคงเป็นเรื่องของต้นทุนและการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้มีความคุ้มค่าและมีความปลอดภัยในระยะยาว



ตรวจสอบความรู้พื้นฐานท้ายบทเรียน

ให้นักเรียนพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ถูกต้อง หรือเครื่องหมาย ✗ ลงในช่องคำตอบของข้อความที่ผิด

ข้อที่	ความรู้พื้นฐาน	คำตอบ
1	เทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน ช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ	
2	เทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การดักจับและการขนส่งคาร์บอน	
3	การขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านท่อเป็นวิธีที่มีต้นทุนสูงที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่น	
4	การกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในมหาสมุทรไม่มีผลกระทบต่อระบบนิเวศทางทะเล	
5	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดักจับได้สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มได้	
6	การดักจับคาร์บอนไดออกไซด์ไม่สามารถทำได้ในกระบวนการหลังการเผาไหม้เชื้อเพลิง	
7	คาร์บอนไดออกไซด์ที่ดักจับได้สามารถแปรรูปเป็นพลาสติกและเชื้อเพลิงสังเคราะห์ได้	
8	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดักจับได้ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีก	
9	เทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน เป็นเทคโนโลยีที่มีความเสี่ยงในด้านความปลอดภัยในกรณีระบบกักเก็บมีการรั่วไหล	
10	คาร์บอนไดออกไซด์ที่ดักจับได้ไม่สามารถกักเก็บในใต้ชั้นดิน	