Tech Update

V.07-2567

Carbon Capture, Utilization, and Storage เทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์และการกักเก็บคาร์บอน

Carbon capture, utilization, and storage (CCUS) involves capturing carbon dioxide (CO2) emissions from sources such as fossil power plants and industrial processes, preventing CO2 from entering the atmosphere, for storage or utilization.

Bio-CCS refers to processes in which CO2 produced from biomass conversion is captured and stored. This can occur in energy production or other industrial processes using biomass feedstocks. As biomass grows, it absorbs CO2 from the atmosphere. When the biomass is converted, this carbon is released as CO2. By capturing and storing these emissions, Bio-CCS achieves a net removal of CO2 from the atmosphere, making it a carbon-negative solution.

Both CCUS and Bio-CCS are vital for reducing greenhouse gas emissions, mitigating climate change, and achieving net zero goals.

เทคโนโลยีการดักจับ การใช้ประโยชน์ และการกักเก็บคาร์บอน (CCUS) เป็นกระบวนการการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) ที่แหล่งกำเนิด เช่น โรงไฟฟ้าพลังงานฟอสซิลและกระบวนการอุตสาหกรรมต่างๆ เพื่อป้องกันไม่ให้ CO2 เข้าสู่บรรยากาศ และนำไปกักเก็บหรือใช้ประโยชน์ต่อไป

Bio-CCS คือกระบวนการการดักจับและกักเก็บ CO2 ที่เกิดจากการผลิตพลังงานหรือกระบวนการอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่ใช้ชีวมวลเป็นวัตถุดิบ โดยปกติต้นไม้จะดูดซับ CO2 จากบรรยากาศไปใช้ในการสังเคราะห์แสง เมื่อชีวมวลนี้ถูกนำไปแปรรูปเป็นพลังงานหรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ จะมีการปลดปล่อย CO2 ออกมา การดักจับและกักเก็บ CO2 นี้ส่งผลให้ Bio-CCS เป็นกระบวนการดึงคาร์บอนออกจากบรรยากาศ หรือที่เรียกว่า Carbon negative

ทั้ง CCUS และ Bio-CCS มีความสำคัญต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และส่งเสริมเป้าหมายการปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์

Carbon Capture

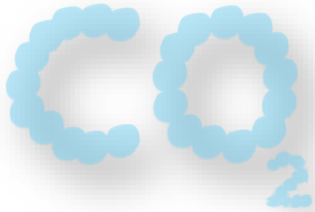
CO2 is captured from major sources, including fossil fuel power plants and industrial processes such as cement and steel manufacturing. Primary methods for capturing CO2 from fossil fuel combustion are:

* **Pre-combustion**: CO2 is removed from fossil fuels before combustion is completed. For example, in gasification processes a feedstock (such as coal) is partially oxidized in steam and oxygen/air under high temperature and pressure to form syngas, a mixture of hydrogen, carbon monoxide (CO), and other gases. The syngas undergoes a water-gas shift reaction to convert CO and water into hydrogen and CO2. The CO2 is then captured, while the hydrogen is separated and used as fuel.
* **Post-combustion**: CO2 is captured from flue gases after the fossil fuel has been burned.
* **Oxyfuel combustion**: Fossil fuel is burned in pure oxygen, or a mixture of oxygen and recirculated flue gas, instead of air, producing flue gas mainly composed of water vapour and CO2 that can be captured.

Common capture technologies include chemical absorption and physical separation, while emerging technologies under

Tech Update

V.07-2567



การดักจับคาร์บอน

การดักจับ CO2 จะดำเนินการที่แหล่งกำเนิด เช่น โรงไฟฟ้าพลังงานฟอสซิลและกระบวนการอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การผลิตปูนซีเมนต์และเหล็ก การดักจับ CO2 จากการเผาเชื้อเพลิงฟอสซิลสามารถทำได้ 3 วิธี ได้แก่:

- **การดักจับคาร์บอนก่อนการเผาไหม้ (Pre-combustion):** เป็นกระบวนที่กำจัด CO2 ออกจากเชื้อเพลิงฟอสซิลก่อนการเผาไหม้จะสมบูรณ์ ตัวอย่างเช่น ในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันเชื้อเพลิง (เช่นถ่านหิน) จะถูกออกซิไดซ์ในไอน้ำและออกซิเจน/อากาศภายใต้อุณหภูมิและความดันสูง เกิดเป็นก๊าซสังเคราะห์ (syngas) ซึ่งเป็นส่วนผสมของไฮโดรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซอื่นๆ จากนั้นก๊าซสังเคราะห์จะเข้าสู่กระบวนการ water-gas shift reaction ที่จะเปลี่ยน CO และน้ำเป็นไฮโดรเจนและ CO2 จากนั้น CO2 จะถูกดักจับ และไฮโดรเจนจะถูกแยกออกไปใช้เป็นเชื้อเพลิง
- **การดักจับคาร์บอนหลังการเผาไหม้ (Post-combustion):** CO2 ถูกดักจับจากก๊าซไอเสียหลังจากเชื้อเพลิงฟอสซิลถูกเผาไหม้แล้ว
- **การดักจับโดยการอัดออกซิเจนขณะเผาไหม้ (Oxyfuel combustion):** เชื้อเพลิงฟอสซิลถูกเผาในสภาวะออกซิเจนที่มีความบริสุทธิ์สูง หรือในไอเสียหมุนเวียนที่มีออกซิเจนผสม ทำให้เกิดก๊าซไอเสียที่ประกอบด้วยไอน้ำและ CO2 ที่สามารถดักจับได้

เทคโนโลยีการดักจับที่ใช้อย่างแพร่หลาย ได้แก่ การดูดซับทางเคมีและการแยกทางกายภาพ ส่วนเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่อยู่ในระหว่างการพัฒนา ได้แก่ การใช้เมมเบรนและ Looping cycles (เช่น Chemical Looping และ Calcium Looping)

Carbon Storage

Captured CO2 can be injected into deep underground for long-term storage. First, the CO2 is compressed into a supercritical fluid, then injected into underground rock formations, such as depleted oil and gas fields or aquifers.

Injecting CO2 into partially depleted oil fields provides dual benefits. It improves oil recovery – a process known as enhanced oil recovery (EOR), while also storing CO2 in underground reservoirs.

การกักเก็บคาร์บอน

CO2 ที่ถูกดักจับจะถูกนำไปเก็บไว้ใต้ดินอย่างถาวร โดยเริ่มจากเปลี่ยนสภาพ CO2 ให้เป็นของไหลวิกฤติยิ่งยวด (supercritical fluid) แล้วฉีดเข้าไปในชั้นหินใต้ดิน ซึ่งอาจเป็นบ่อน้ำมันที่หมดแล้วหรือชั้นหินอุ้มน้ำ (aquifers)

การฉีด CO2 เข้าไปในบ่อน้ำมันที่ใกล้หมดแล้วมีข้อดีสองประการ คือ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำมันดิบ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เรียกว่า CO2 Enhanced Oil Recovery หรือ CO2 EOR ในขณะเดียวกันก็เป็นการกักเก็บ CO2 ไว้ใต้ดินอย่างถาวร

Tech Update

V.07-2567

Carbon Utilization

Instead of storage, CO2 can be converted into valuable products, offsetting some of the costs associated with capture. CO2 EOR is a prominent example of carbon utilization and is the most widely practiced form today. Other options include:

Construction Materials: CO2 can be incorporated into concrete through mixing and curing. In mixing, CO2 binds with calcium silicate in cement to form calcium carbonate – a process called CO2 mineralization, which remains in the concrete. As a curing agent, CO2 accelerates the fabrication of precast concrete.

Fuels and Chemicals: CO2 can be coverted into various hydrocarbon products through hydrogenation reactions. These products encompass high-value fuels and chemicals, including methane, methanol, dimethyl ether (DME), and olefins.

Algae-based Products: Algae are highly efficient photosynthetic organisms. They are rich in vitamins, minerals and bioactive compounds, with potential uses as feed additives and food supplements. Using CO2 to cultivate algae is a promising form of carbon utilization.

การใช้ประโยชน์จากคาร์บอน

CO2 สามารถแปลงให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าได้ ซึ่งแนวทางนี้จะช่วยลดต้นทุนในการดักจับ โดย CO2 EOR จัดเป็นวิธีใช้ประโยชน์จากคาร์บอนที่แพร่หลายที่สุดในปัจจุบัน สำหรับทางเลือกอื่นๆ ได้แก่:

วัสดุก่อสร้าง: CO2 สามารถผสมเข้าไปในคอนกรีตผ่านกระบวนการผสม (mixing) และการบ่ม (curing) ในกระบวนการผสม CO2 จะจับกับแคลเซียมซิลิเกตในปูนซีเมนต์ เกิดเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต (เรียกกระบวนการนี้ว่า CO2 Mineralization) ฝังอยู่ในคอนกรีต นอกจากนี้ CO2 ยังเป็นสารที่ใช้ในการบ่มคอนกรีต (curing agent) อีกด้วย

เชื้อเพลิงและเคมีภัณฑ์: CO2 สามารถแปรรูปไปเป็นผลิตภัณฑ์ไฮโดรคาร์บอนต่างๆ ผ่านปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีทั้งเชื้อเพลิงและเคมีภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูง เช่น มีเทน เมทานอล ไดเมทิลอีเทอร์ (DME) และโอเลฟินส์

ผลิตภัณฑ์จากสาหร่าย: สาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีประสิทธิภาพการแสงสังเคราะห์สูง อุดมไปด้วยสารอาหาร วิตามิน และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ซึ่งสามารถใช้เป็นอาหารเสริมของมนุษย์และสัตว์ การใช้ CO2 เลี้ยงสาหร่ายจึงเป็นวิธีการใช้ประโยชน์จากคาร์บอนที่มีศักยภาพสูง

Current Developments

According to the International Energy Agency (IEA), approximately 45 carbon capture facilities are currently operating worldwide, including the Blue Flint Ethanol facility in the US and the Taizhou thermal coal power plant in Jiangsu, China.

In Thailand, PTT Exploration and Production (PTEP) launched the country's first CCS project study in 2021, with plans to deploy the technology at Arthit Field, an offshore gas exploration field in the Gulf of Thailand, by 2027.

In 2023, the Electricity Generation Authority of Thailand (EGAT) announced plans to implement CCUS at the Mae Moh and Nam Phong power plants in Lampang and Khon Kaew provinces, respectively. EGAT has also funded research at Chulalongkorn University to investigate the direct hydrogenation of CO2 to methanol in power plants. In addition, reforestation initiatives by various organizations in Thailand support CCS efforts by leveraging the natural ability of forest trees to absorb and store atmospheric CO2.

Tech Update

V.07-2567

สถานภาพปัจจุบัน

International Energy Agency (IEA) รายงานว่าปัจจุบันมีโรงงานที่ติดตั้งระบบดักจับคาร์บอนประมาณ 45 แห่งทั่วโลก อาทิเช่น โรงผลิตเอทานอลของบริษัท Blue Flint Ethanol ในประเทศสหรัฐอเมริกา และโรงไฟฟ้าพลังงานถ่านหิน Taizhou ในมณฑลเจียงซู ประเทศจีน

ในประเทศไทย บริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) หรือ ปตท.สผ. ได้ริเริ่มศึกษาและพัฒนาโครงการ CCS เป็นครั้งแรกในประเทศไทย ตั้งแต่ปี 2564 โดยคาดว่าจะสามารถเริ่มใช้เทคโนโลยี CCS ที่แหล่งอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย ได้ในปี 2570

ในปี 2566 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้ประกาศแผนพัฒนาเทคโนโลยี CCUS ที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง และโรงไฟฟ้าน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น กฟผ. ยังได้ให้ทุนวิจัยแก่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเพื่อศึกษาการแปลง CO_2 เป็นเมทานอลในโรงไฟฟ้า นอกจากนี้ แคมเปญการปลูกป่าที่ริเริ่มโดยหลายองค์กรในประเทศไทยก็จัดเป็นกิจกรรม CSS ซึ่งใช้ต้นไม้ดูดซับและกักเก็บ CO_2 จากบรรยากาศ

Challenges

CCS' key challenges include cost, technical difficulties, safety, storage capacity, and regulatory requirements. Public perception can also be an issue, with critics raising concerns about its safety and effectiveness. This reality led the IEA to observe in its latest net zero roadmap that "removing carbon from the atmosphere is costly and uncertain and that CCUS deployment would remain well below what is required in the Net Zero Scenario".

ความท้าทาย

ความท้าทายที่สำคัญของ CCS ประกอบด้วยต้นทุน ความยุ่งยากเชิงเทคนิค ความปลอดภัย ความจุของที่การกักเก็บ และกฎระเบียบที่จำเป็น เป็นอีกประเด็นหนึ่งคือความเข้าใจของสาธารณชน โดยมีผู้ตั้งแง่ในเรื่องความปลอดภัยและประสิทธิผลในการกักเก็บ ข้อเท็จจริงเหล่านี้ ทำให้ IEA ตั้งข้อสังเกตในรายงานแผนที่นำทางสู่ Net Zero ว่า "การดึงคาร์บอนออกจากชั้นบรรยากาศเป็นกระบวนการที่มีค่าใช้จ่ายและความไม่แน่นอนสูง และคาดว่าการใช้เทคโนโลยี CCUS จะยังคงต่ำกว่าที่ควรจะเป็นภายใต้ฉากทัศน์ Net Zero"