

**出國報告（出國類別：開會）**

**出席 2017 IERE-TNB  
Putrajaya Workshop**

**服務機關：台灣電力公司 綜合研究所**

**姓名職稱：楊明偉 化學資深研究專員**

**派赴國家：馬來西亞**

**出國期間：106 年 11 月 20 日至 106 年 11 月 24 日**

**報告日期：107 年 1 月 19 日**

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

出席 2017 IERE-TNB Putrajaya Workshop

頁數 23 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台電公司人資處/陳德隆/23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

楊明偉/台電公司/綜合研究所/資深研究專員

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他 (開會)

出國期間：106 年 11 月 20 日至 106 年 11 月 24 日 出國地區：馬來西亞

報告日期：107 年 1 月 19 日

分類號/目

關鍵詞：二氧化碳、捕集、電廠、再利用

內容摘要：

在電力生產、傳輸、與使用等議題上全球電力業者都面臨到許多挑戰，如何更環保、更永續的產生電力也是很大的難題。對電力業者而言如何利用更先進的技術與工具來降低成本、提高效率，以因應未來電力市場的改革與重塑也是永續經營的要點。除此之外，在未來電力市場客戶對於電力品質與可靠度的要求可能與傳統不同，唯有透過不斷研發新技術才可以重塑與整新電力事業。

IERE (International Electric Research Exchange)為了增進電力業者永續經營並朝向低碳經濟發展，將於 2017 年 11 月 20 日~23 日於馬來西亞布城(Putrajaya, Malaysia)辦理「2017 IERE-TNB Putrajaya Workshop」，會議主題為重塑電力事業的新技術。會議將分為四個議題場次，包含：Session 1：低碳經濟、Session 2：客戶經驗與新世代電力事業操作模式、Session 3：數位世界的電力事業、Session 4：先進技術。本公司綜研所楊明偉資深研究專員應 IERE 大會邀請擔任 Session 1 主持人與總結報告的與談人，參與本會議有助於增加本公司於低碳研發的國際形象，並收集相關低碳技術之國際最新發展，可作為本公司火力電廠設置低碳技術的效能風險評估參考，以利本公司後續低碳試驗計畫的規劃、推行與完成。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.nat.gov.tw/reportwork>)

## 目錄

摘要 .....	i
1. 任務目的 .....	1
2. 過程 .....	2
3. 心得與感想 .....	6

## 1. 任務目的

在電力生產、傳輸、與使用等議題上全球電力業者都面臨到許多挑戰，如何更環保、更永續的產生電力也是很大的難題。對電力業者而言如何利用更先進的技術與工具來降低成本、提高效率，以因應未來電力市場的改革與重塑也是永續經營的要點。除此之外，在未來電力市場客戶對於電力品質與可靠度的要求可能與傳統不同，唯有透過不斷研發新技術才可以重塑與整新電力事業。

IERE (International Electric Research Exchange)為了增進電力業者永續經營並朝向低碳經濟發展，將於 2017 年 11 月 20 日~23 日於馬來西亞布城(Putrajaya, Malaysia)辦理「2017 IERE-TNB Putrajaya Workshop」，會議主題為重塑電力事業的新技術。會議將分為四個議題場次，包含：Session 1：低碳經濟、Session 2：客戶經驗與新世代電力事業操作模式、Session 3：數位世界的電力事業、Session 4：先進技術。

本公司綜研所推行二氧化碳捕集與封存(CCS)先導試驗等研發工作，已獲得相當多經驗，在低碳發電技術發展上也逐漸受到重視，本次研討會 IERE 特邀請本公司相關計畫負責人參與討論，分享推動 CCS 計畫之經驗，並擔任「Session 1：低碳經濟」之主持人與「總結報告」與談人。

因此，綜研所楊明偉資深研究專員應 IERE 大會邀請，前往擔任 Session 1 主持人與總結報告的與談人，參與本會議有助於增加本公司於低碳研發的國際形象，並收集相關低碳技術之國際最新發展，可作為本公司火力電廠設置低碳技術的效能風險評估參考，以利本公司後續低碳試驗計畫的規劃、推行與完成。

## 2. 過程

本次行程於 2017 年 11 月 20 日～24 日進行，詳細行程如下：

11 月 20 日 去 程：(台北→馬來西亞 布城) 2017 IERE-TNB Putrajaya Workshop/ Technologies reshaping the electricity supply industry

11 月 21～23 日 2017 IERE-TNB Putrajaya Workshop  
Technologies reshaping the electricity supply industry

12 月 24 日 返 程：(馬來西亞 布城→台北)

### **2017 IERE-TNB Putrajaya Workshop: Technologies reshaping the electricity supply industry**

全球電力事業正在面臨許多挑戰，其中包含：電力生產技術改革、電力傳輸系統更新、如何更清淨與更永續的使用能源等問題。這些問題都是以前沒有經歷過的事，我們一方面要考慮提升發電效率及操作效率，也要考量使用數位化技術來革新電力事業之經營模式，也要降低相關成本來維持公司的成長與獲利。這些新技術與新市場，都必須採行新的思維與營運模式的變革。傳統的電力事業是保持穩定，市場的要求著重在穩定供電及電力品質；但現在的電力市場不同了，客戶的要求已經改變，他們要求多樣化了，需求也更多了。

在多元的市場環境下，例如：更永續更環保的發電技術、更具彈性的供電與售電模式、新式與分散式的發電系統等都可能存在不同的需求，不同類型的客戶所關切的議題也不會相同，當今電力業者經營上的問題都來自這些不同需求，如何回應需求？以什麼方式回應？都是維繫企業成長的因素，在這激烈競爭下的電力事業，只有維持客戶的高滿意度才可以生存與成長。所以經營的面向也會逐漸改變，因為考慮的事情變多了，電力事業需採行數位化技術與新科技來減少經營風險。

最近，因為數位技術高度發展，電力業者如何採行新的數位與資訊技術增進市場效益，都成為電力業者需要考慮的事情。因為新技術蓬勃發展，不同技術間很難互相採用，因此，標準化相當重要，藉由標準化可以降低研發時程與整合障礙。

全世界的：石油、天然氣、及金屬等大宗商品市場在過去的 15 年中已經顯示出非常大的破壞，這些現象顯示我們的經濟發展趨勢正在改變。隨著近來的機器人、人工智能、物聯網 (IoT) 和數據分析等技術的快速發展，最終也將改變我們的能源使用與自然資源的利用方

法。

最近，隨著更多的能源效率提升技術在需求端發生，能源消耗變得不那麼強烈。此外，因為技術的進步，幫助降低太陽能 and 風能等可再生能源的成本，並為再生能源在全球能源結構中發揮更大作用，預期再生能源可以在可見的未來為我們的電力供給做出更大貢獻。由於這些在能源供應端與需求端的新技術持續的進步與更新，提高了電力事業未來部署更多新式發電技術與輸配電技術的可能性。

由於各類新技術快速發展，成本不一，預計未來幾年將出現明顯的能源價格波動，價格差異性可能很大。未來能源價格的趨勢變化，將大部分取決於技術創新程度、能源生產方式、政策制定等條件。這些因素都將重塑未來的電力事業供應業，為了充分理解未來電力事業之經營挑戰本研討會針對各項議題進行討論。

會議之詳細議程如下：

<p><b>Program :</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p><b>IERE Welcome Reception</b></p> <p><i>Monday, November 20, 2017</i></p> <p><i>Putrajaya Shangri-La, Grand Garden Pavilion/Garden, Level 1, Putrajaya</i></p> </div> <p>17:30 – Registration</p> <p>18:00 – 20:00 IERE Welcome Reception</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p><b>2017 IERE-TNB Putrajaya Workshop</b></p> <p>- Workshop Day 1 -</p> <p><i>Tuesday, November 21, 2017</i></p> <p><i>Putrajaya Shangri-La, Dewan Putra Perdana, Level 1, Putrajaya</i></p> </div> <p>08:30 – 09:00 Registration</p> <p><b>Opening Session</b></p> <p>09:00 – 09:15 O-1 <b>Opening Address</b> <i>Dr. Sung Hwan Bae</i> <i>(Vice Chair of IERE, President of KEPCO Research Institute, Korea)</i></p> <p>09:15 – 09:30 O-2 <b>Welcome Address</b> <i>Mr. Loo Kok Seng</i> <i>(Senior General Manager (Corporate Planning and Sustainability), TNB, Malaysia)</i></p> <p><b>Keynote Addresses</b></p> <p>09:30 – 10:00 K-1 <b>'Ocean Energy: The New Frontier in South East Asia'</b> <i>Prof. Omar Yaakob</i> <i>(Marine Technology Centre, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia)</i></p> <p>10:00 – 10:30 <u>Coffee Break</u></p>	<p><b>Session 1 : The road to low carbon economy</b></p> <p><i>Chair person: Dr. Ming-Wei Yang, Senior Research Specialist, Taiwan Power Research Institute (TPRI), Taiwan</i></p> <p>10:30 – 10:55 S1-1 <b>'Technology Adoption Strategy for improving Electricity Utility Company's performance'</b> <i>Dr. Zainal Arifin</i> <i>(Senior Manager, Technology Development and Standardization, PLN, Indonesia)</i></p> <p>10:55 – 11:20 S1-2 <b>'OSAKI CoolGen Project - Demonstration of Integrated Coal Gasification Fuel Cell Combined Cycle'</b> <i>Mr. Kazuya Egusa</i> <i>(Staff Deputy Manager, General Affairs &amp; Planning Dept., Osaka CoolGen Corporation, Japan)</i></p> <p>11:20 – 11:45 S1-3 <b>'Improvement of CO<sub>2</sub> Dissolution in Microalgae Culture by Applications of Nano-Material'</b> <i>Mr. Affi Zainal</i> <i>(Researcher, Green Technology &amp; Renewable Energy Unit, TNB Research, Malaysia)</i></p> <p>11:45 – 12:10 S1-4 <b>'Promoting Circular Economy to a Coal-fired Power Plant: Opportunities and Challenges'</b> <i>Ms. Liyana Yahya</i> <i>(Researcher, Green Technology &amp; Renewable Energy, TNB Research, Malaysia)</i></p> <p>12:10 – 12:35 S1-5 <b>'Enhancement of Post-combustion Carbon Capture via Adsorption Technology'</b> <i>Ms. Noraziah Muda</i> <i>(Principal Researcher, Low Carbon Power Generation, Advanced Research Program, TNB Research, Malaysia)</i></p> <p>12:35 – 12:50 S1-6 <b>'Energy saving and CO<sub>2</sub> reduction by boiler control optimization system "ULTY-V plus"'</b> <i>Dr. Toru Yamashita</i> <i>(Manager, Coal &amp; Environment Research Laboratory, Coal Business Department, Idemitsu Kosan Co., Ltd., Japan)</i></p> <p>12:50 – 14:00 <u>Lunch Break</u></p>
--	---

<p>Session 1 : The road to low carbon economy (continued)</p> <p><i>Chair person: Dr. Ming-Wei Yang, Senior Research Specialist, Taiwan Power Research Institute (TPRI), Taiwan</i></p> <p>14:00 – 14:25 S1-7 'Development of an Auto-Milling Control System to Improve Coal Power Plant Combustion Efficiencies' <i>Mr. Hamdan Hassan (Specialist Combustion &amp; Performance, Generation Unit, TNB Research, Malaysia)</i></p> <p>14:25 – 14:50 S1-8 'Co-firing with a high-ratio of wood biomass to make the most existing coal-fired power plant' <i>Ms. Emi Ohno (Manager, Boiler Basic Design Department, IHI Corporation, Japan)</i></p> <p>14:50 – 15:10 <u>Coffee Break</u></p> <p>Session 2 : Customer experience at the heart of next generation operating model</p> <p><i>Chair person: Prof. Hideo Ishii, Waseda Univ., Japan</i></p> <p>15:10 – 15:35 S2-1 'Smart Meter and Distribution Data Integration and Practices' <i>Dr. Wenpeng Luan (Professor, Power Distribution Department, China EPRI, China)</i></p> <p>S2-2 (missing number)</p> <p>15:35 – 16:00 S2-3 'Smart Energy House Project to aim at optimizing domestic energy consumption' <i>Mr. Nobuhisa Sakai (Senior research engineer, R&amp;D Center, Kansai EPCO, Japan)</i></p> <p>16:00 – 16:25 S2-4 'Smart Sizing: A tool for long term planning of smart distribution networks' <i>Mr. François Depierreux (Product Manager, Energy Transition, Tractebel Engineering Ltd., Thailand)</i></p>	<p>16:25 – 16:50 S2-5 'Wireless Virtual Private Network Technologies for Smart Distribution and Utilization Service' <i>Mr. DeLong Yang (Engineer, Information &amp; communication Department, China EPRI, China)</i></p> <p>16:50 – 17:15 S2-6 'Recent examples of efforts by low-carbon countries to expand their renewable energy growth rate' <i>Dr. Joji Kawano (Deputy Senior Research Associate, Research Department, JEPIC, Japan)</i></p> <p>19:30 – 22:30 <u>Dinner</u> [Putrajaya Shangri-La, Grand Garden Pavilion, Level 1]</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p><b>2017 IERE-TNB Putrajaya Workshop</b> - Workshop Day 2 -</p> <p><i>Wednesday, November 22, 2017</i> <i>Putrajaya Shangri-La, Dewan Putra Perdana, Level 1, Putrajaya</i></p> </div> <p>Keynote Addresses</p> <p>08:30 – 09:00 K-2 'Decentralization and Cooperative Management in Electric Energy System' <i>Prof. Hideo Ishii (Secretary General, Advanced Collaborative Research Organization for Smart Society (ACROSS), Waseda University, Japan)</i></p> <p>Session 3 : Next generation operating model for the digital world</p> <p><i>Chair person: Dr. Zaimul Asri Mamat, Managing Director, TNB Research, Malaysia</i></p> <p>09:00 – 09:25 S3-1 'Direct Load Analysis and Modeling System' <i>Mr. Azlan Abdul Rahim (Head of Unit, Utility Automation Unit, TNB Research, Malaysia)</i></p> <p>09:25 – 09:50 S3-2 'Operation Big Data based Failure Probability Assessment for Risk Based Maintenance of Fossil Power Boiler Tube' <i>Mr. Myungsoo Park (Senior Researcher, Clean Power Generation Lab., KEPSCO RI, Korea)</i></p>
<p>09:50 – 10:15 S3-3 'Development of Metrology for Digital Measurement Technology in SGCC' <i>Mr. Zili Xu (R&amp;D Senior Engineer, Metrology Department, China EPRI, China)</i></p> <p>10:15 – 10:40 S3-4 'R&amp;D of energy Internet of Things in Korea -Towards KEPSCO IoT technology.' <i>Ms. Myung-hye Park (General Researcher, Smart Power Distribution Lab., KEPSCO RI, Korea)</i></p> <p>10:40 – 11:05 S3-5 'How to Promote Energy Conservation Behaviors based on Smart Meter Data Analytics: Case Studies on Energy Advice Reports for Residential and Commercial Customers' <i>Dr. Hidenori Komatsu (Research Scientist, Energy Innovation Center, CRIEPI, Japan)</i></p> <p>11:05 – 11:25 <u>Coffee Break</u></p> <p>Session 4 : Enabling technologies &amp; Others</p> <p><i>Chair person: Dr. Wenpeng Luan, China EPRI, China</i></p> <p>11:25 – 11:50 S4-1 'Effect factors of sandstorm on Power Transmissions in Deserts' <i>Dr. &amp; Prof. Chaohai Zhang (Chief Scientist, Wuhan Nari, NARI Group, China)</i></p> <p>11:50 – 12:15 S4-2 'A Dynamic Optimization Sizing Tool for Waste Heat Recovery-Gas Turbine Inlet Cooling' <i>Mr. Saiful Adilin Bin Shokri (Researcher, Generation Unit, TNB Research, Malaysia)</i></p> <p>12:15 – 12:40 S4-3 'Forecasting and Component Investigation of Respirable Particulate Matter (PM10 and PM2.5) from Dust Dispersion' <i>Ms. Radin Diana R. Ahmad (Principal Researcher, Built Environment and Climate Change Unit, TNB Research, Malaysia)</i></p> <p>12:40 – 14:00 <u>Lunch Break</u></p>	<p>Session 4 : Enabling technologies &amp; Others (continued)</p> <p><i>Chair person: Dr. Wenpeng Luan, China EPRI, China</i></p> <p>14:00 – 14:25 S4-4 'Maximizing Energy with Power to Gas' <i>Mr. Alan Kneisz (Director Business Development, Hydrogenics Corp., Canada)</i></p> <p>14:25 – 14:50 S4-5 'Research on Tar Reduction in Syngas from Biomass Gasification for Power Generation' <i>Dr. Nor Fadzilah Othman (Principal Researcher, Renewable Energy Section, TNB Research, Malaysia)</i></p> <p>14:50 – 15:15 S4-6 'Applications of secondary-battery technologies to realizing a low-carbon society' <i>Dr. Tomohiko Ikeya (Associate Vice President, Materials Science Research Laboratory, CRIEPI, Japan)</i></p> <p>15:15 – 15:40 S4-7 'Research of SOC Estimation Algorithm for LiFePO<sub>4</sub> Battery based on Differential Curves' <i>Mr. Shouping Xu (Senior Engineer, Energy Storage and Electrotechnics Department, China EPRI, China)</i></p> <p>15:40 – 16:05 S4-8 'A study on detection of distribution facilities deterioration with the active thermography method' <i>Mr. Akimori Matsuo (Chief, Customer Supply Network Group, Energy applications Research and Development Center, Chubu EPCO, Japan)</i></p> <p>16:05 – 16:30 S4-9 'Early Detection and Localization of Thermal Faults from Acoustic Emission Measurement for TNB In-Service Power Transformers' <i>Dr. Yasmin Hanum Md Thayoob (Senior Engineer, Asset Management (Strategy &amp; Design Standard), Tenaga Nasional Berhad, Malaysia)</i></p> <p>16:30 – 16:50 <u>Coffee Break</u></p>

Moderated panel discussion by session chairs  
16:50 – 17:40

Moderated panel discussion on the various approaches as shown in the sessions

Moderator:

*Dr. Mohd Hariffin Boosroh*  
(General Manager (Generation & Environment), TNB Research, Malaysia)

Panelist:

Session Chairs

Session 1: *Dr. Ming-Wei Yang, TPRI, Taiwan*  
Session 2: *Prof. Hideo Ishii, Waseda Univ., Japan*  
Session 3: *Dr. Zainul Asri Mamat, TNB Research, Malaysia*  
Session 4: *Dr. Wengpeng Luan, China EPRI, China*

Closing Remarks

17:40 – 17:45 *Dr. Zainul Asri Mamat*  
(Managing Director, TNB Research, Malaysia)  
17:45 – 17:50 *Dr. Takao Watanabe*  
(Secretary General, IERE Central Office, Japan)

**Technical Tour (Optional) - Workshop Day 3 -**

*Thursday, November 23, 2017*  
Visiting TNBR research facilities

(For participants who have booked the optional Technical Tour)

07:30-08:00 Gathered at Level 2, Shangri-La Hotel for bus arrival  
**Bus will depart at 08:00**  
08:30-09:00 Arrival of visitors at TNB Research  
Welcome speech and Safety briefing  
09:00-10:40 Visit to laboratories  
Gas Insulation Analysis Laboratory  
Cable Laboratory  
High Voltage and Testing Laboratory  
IEC 61850 System Verification & Simulation Laboratory  
Materials Laboratory  
10:40-11:30 Enjoying some light refreshments the exhibition booth  
11:30-12:30 Visit to Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC) Pilot Plant  
12:30-13:30 Lunch at D'Tasik Restaurant (Floating restaurant)  
Moving back to Putrajaya Shangri-La Hotel  
Around 14:00 Arriving at Putrajaya Shangri-La Hotel



### 3. 心得與感想

#### 3.1 參加 2017 IERE-TNB Putrajaya Workshop: Technologies reshaping the electricity supply industry

本次會議是由 TNB Research 與 IERE 合辦之研討會。TNB Research 是 TNB 公司(馬來西亞國家能源有限公司)的專責研究機構，提供 TNB 相關的技術服務，也進行有關電力事業新技術的研發與引進。

IERE 是一個非營利性的國際組織，致力於進行電力與能源事業的新技術和相關資訊之交流活動。其成員包含：電力業者、能源業者、設備商、學校及學術研究機構、政府機構等。本公司亦為 IERE 的成員之一。

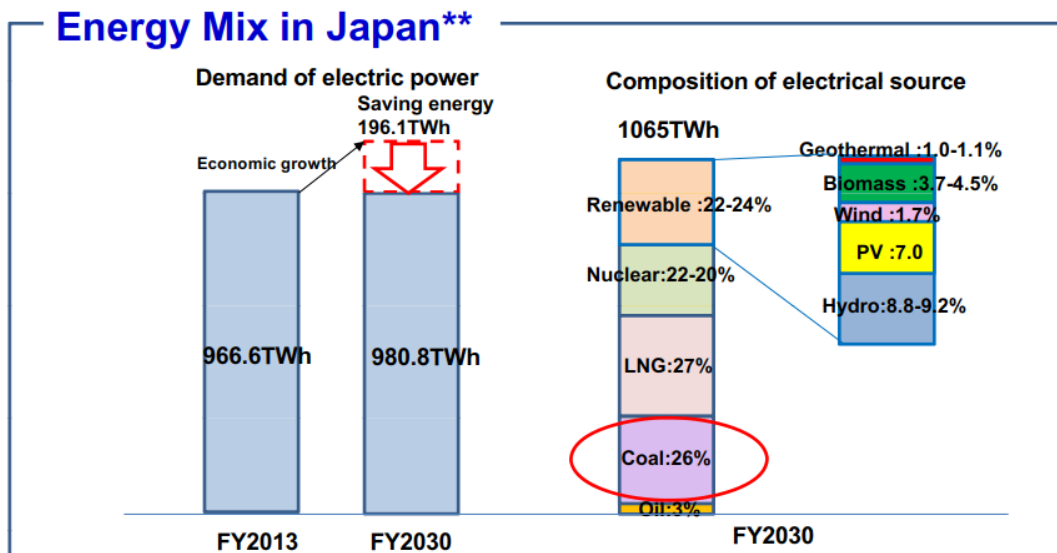
IERE (International Electric Research Exchange)為了增進電力業者永續經營並朝向低碳經濟發展，將於 2017 年 11 月 20 日~23 日於馬來西亞布城(Putrajaya, Malaysia)辦理「2017 IERE-TNB Putrajaya Workshop」，會議主題為重塑電力事業的新技術。會議將分為四個議題場次，包含：Session 1：低碳經濟、Session 2：客戶經驗與新世代電力事業操作模式、Session 3：數位世界的電力事業、Session 4：先進技術。

本公司綜研所推行二氧化碳捕集與封存(CCS)先導試驗等研發工作，已獲得相當多經驗，在低碳發電技術發展上也逐漸受到重視，本次研討會 IERE 特邀請本公司相關計畫負責人參與討論，分享推動 CCS 計畫之經驗，並擔任「Session 1：低碳經濟」之主持人與「總結報告」與談人。

因此，以下將就 Session 1 所見內容提出心得及感想：

##### a. 'OSAKI CoolGen Project - Demonstration of Integrated Coal Gasification Fuel Cell Combined Cycle' 大崎 CoolGen 計畫 (IGCC+IGFC+CCS)

由於日本為能源及資源十分缺乏，其能源的 94%都需要倚賴國外進口，而就世界之觀點來看煤碳仍為蘊藏量充足且具有經濟競爭力的能源來源，且為了因應未來日本能源佔比之政策以及減緩溫室氣體的排放(圖 1)，因此日本政府機關(METI)及日本法人機構(NEDO)在 2012-2021 陸續投資 CoolGen 計畫，旨在發展高效率的 IGFC 發電技術與合適的 CO<sub>2</sub> 分離及回收技術，期望藉由技術的結合，大幅減少由燃煤發電排放的 CO<sub>2</sub>，最終實現新型的超低碳排放燃煤發電技術。



\*Source : Japan's Energy White Paper 2016

\*\*Source : METI Long-term energy supply-demand outlook(2015.7)

圖 1 未來日本能源佔比

CoolGen 計畫分為三階段(圖 2)，第一階段為吹氧式整合煤氣化複循環發電系統 (Oxygen-blown IGCC) 進行驗證試驗 (2013~2018)；第二階段為增加 CO2 分離系統進行驗證試驗 (2016~2020)；第三階段為整合煤氣化燃料電池複循環發電系統 (IGFC) 進行驗證試驗 (2018~2021)。

Fiscal	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Environmental assessment			[Grey bar]										
Feasibility study			Feasibility Study				Feasibility Study		Feasibility Study				
1st step Oxygen-blown IGCC				Design, manufacturing, construction				Demonstration					
2nd step IGCC with CO <sub>2</sub> capture unit								Design, manufacturing, construction		Demonstration			
3rd step IGFC with CO <sub>2</sub> capture unit									Design, manufacturing, construction		Demonstration		

圖 2 CoolGen 計畫之三階段進程

開發吹氧式整合煤氣化複循環發電系統 (Oxygen-blown IGCC) 之目的，是為了能通過高效能發電實現清潔發電之可行性，以達到環境保護與化石能源的有效利用。利用 Oxygen-blown IGCC 整合 IGFC 發電技術，相較於 USC 發電之效率可提高 14% 以上，可減少約 30% 的 CO2 排放。

並且可從燃燒前的高壓煤氣中有效的分離並回收 CO2。CoolGen 中使用 EAGLE 煤氣化爐

(圖 3)：氣化段配置採用 1 室 2 段旋流式的上下 2 段之燃煤碳氣化器。通過適當控制上段與下段的氧氣供給量，可實現高效率氣化與廢渣的穩定排放。這種設計之氣化爐，不僅對低灰熔點煤有利，即使是高灰熔點煤也可實現高效率氣化。由於是吹氧氣化爐，合成氣中 N<sub>2</sub> 很少，燃料中(合成氣)可燃成分 (CO, H<sub>2</sub>) 的比例較高，因此比空氣氣化爐(Air-blown IGCC)之合成氣有更高的熱值，發熱量較高。

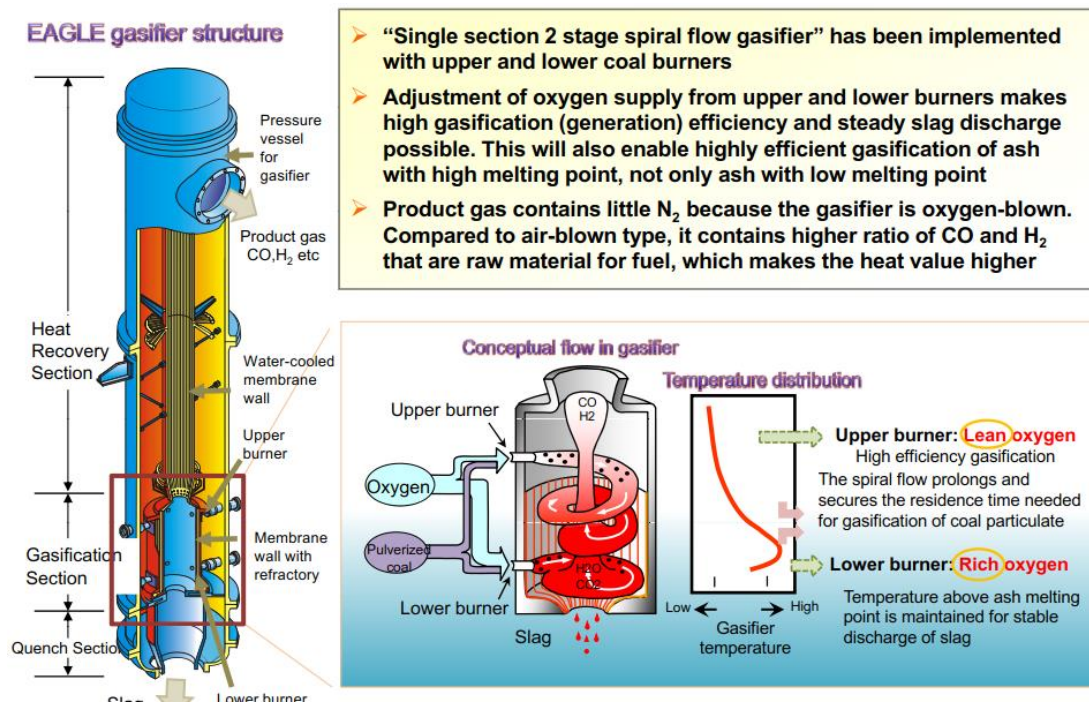


圖 3 EAGLE 氣化爐

第一階段試驗裝置 (Oxygen-blown IGCC)：參照國內外煤氣化技術開發實例，以先導試驗裝置(煤碳處理能力：150 t/d)的 10 倍以內的規模(煤碳處理能力：1,180 t/d、輸出：166 MW ) 進行驗證試驗(圖 4)。以便將來可比例擴大至商用裝置規模 (煤碳處理能力：3,000 t/d 規模)。

第一階段試驗目標及結果：

1. IGCC 發電效率：目標值為 40.5%(HHV)，實際值為 40.8%(HHV)。
2. SO<sub>x</sub> 排放：目標值為 8ppm，實際值為 <8ppm。  
NO<sub>x</sub> 排放：目標值為 5ppm，實際值為 <5ppm。  
煤塵排放：目標值為 3mg/m<sup>3</sup>N，實際值為 <3mg/m<sup>3</sup>N。
3. 負荷變化率：目標值為 1~3%/分，實際值為 1~5%/分。



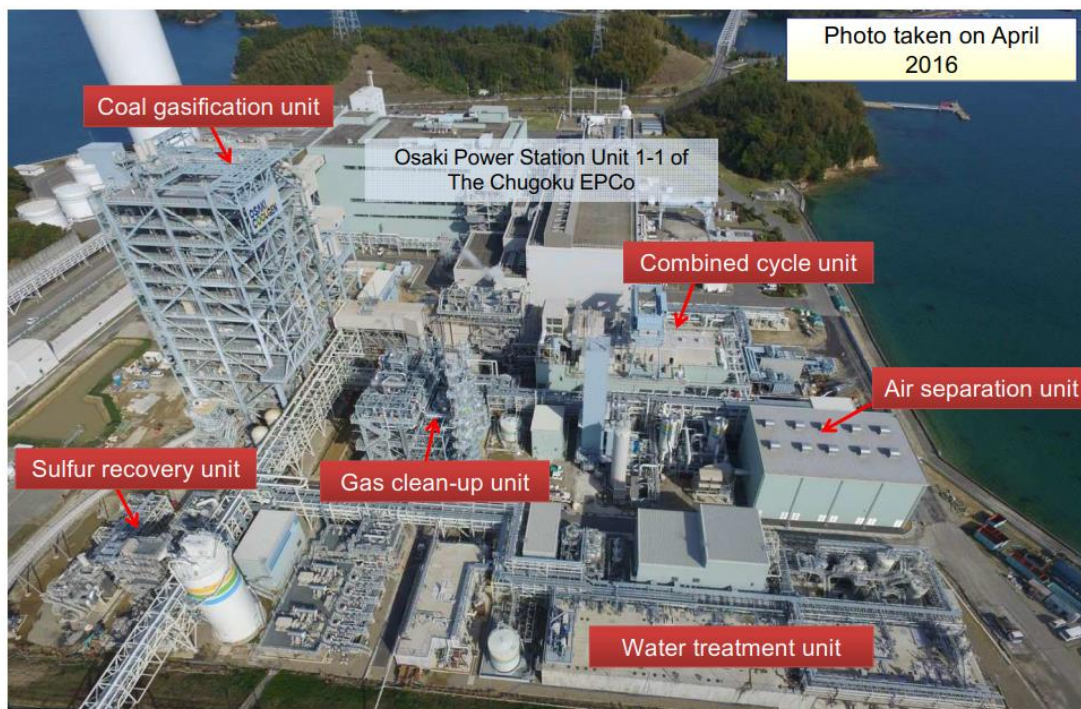
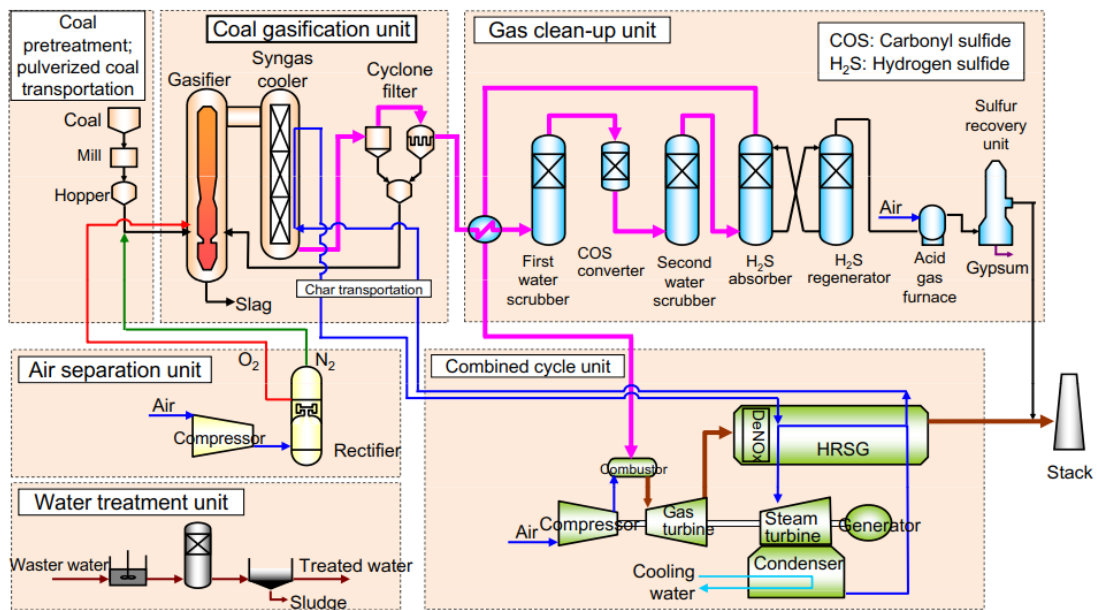


圖 4 CoolGen 計畫第一階段程序與配置

第二階段驗證試驗裝置設計 (Oxygen-blown IGCC with CO<sub>2</sub> capture)：驗證在 IGCC 設備中加裝 CO<sub>2</sub> 分離回收設備時，也可確保穩定高效發電，同時穩定分離 CO<sub>2</sub> 的技術。以 IGCC 合成氣的 CO<sub>2</sub> 回收率 15% 之規模進行回收率 90% 以上，純度 99% 以上之基本性能進行驗證

試驗。(圖 5)

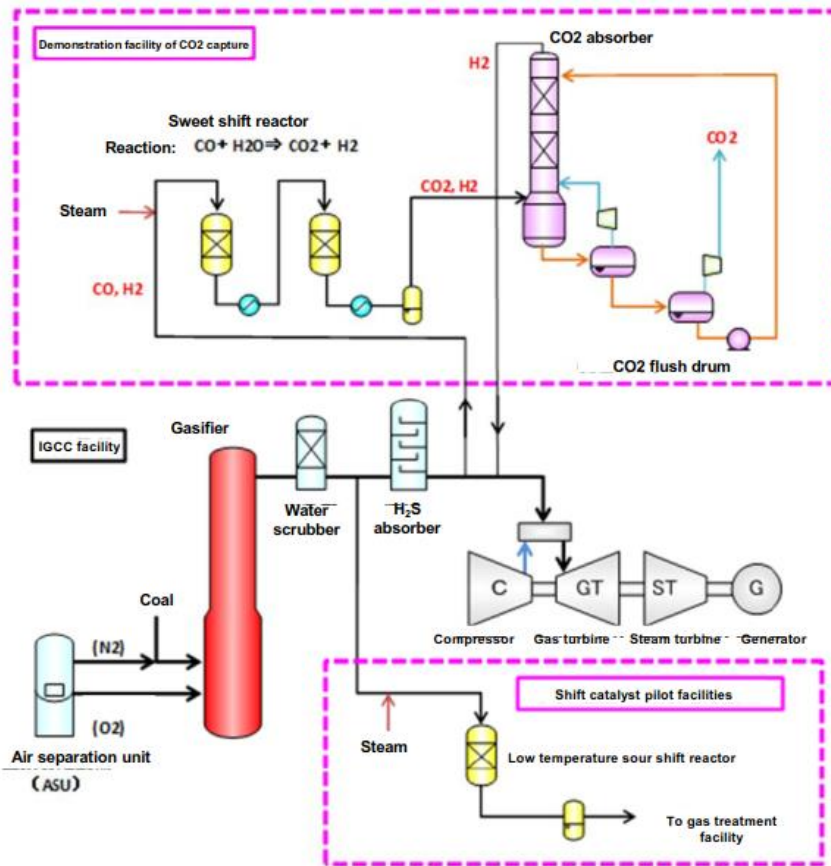


圖 5 CoolGen 計畫第二階段程序規劃

b. 'Improvement of CO<sub>2</sub> Dissolution in Microalgae Culture by Applications of Nano-Material' 利用奈米物質改善微藻養殖過程中之二氧化碳溶解度

19 世紀以來的工業化，造就了人類社會的繁榮與便利，但帶給環境的危害也日益嚴重，特別是工業活動產生的溫室氣體急遽增加，導致全球氣候變化，不僅影響生態平衡，甚至危害生存環境。因此，各先進國家無不把溫室氣體減量當成永續發展的重要政策。

CCUS (CO<sub>2</sub> Capture, Utilization, Storage; CCU) 是指碳排放的捕獲、再利用及封存，由於加入了「再利用」的可能性，不僅體現了循環經濟，也創造出全新的產業鏈與經濟模式。TNBR 也針對 CCUS 擬定發展藍圖發展相關技術 (圖 6)。

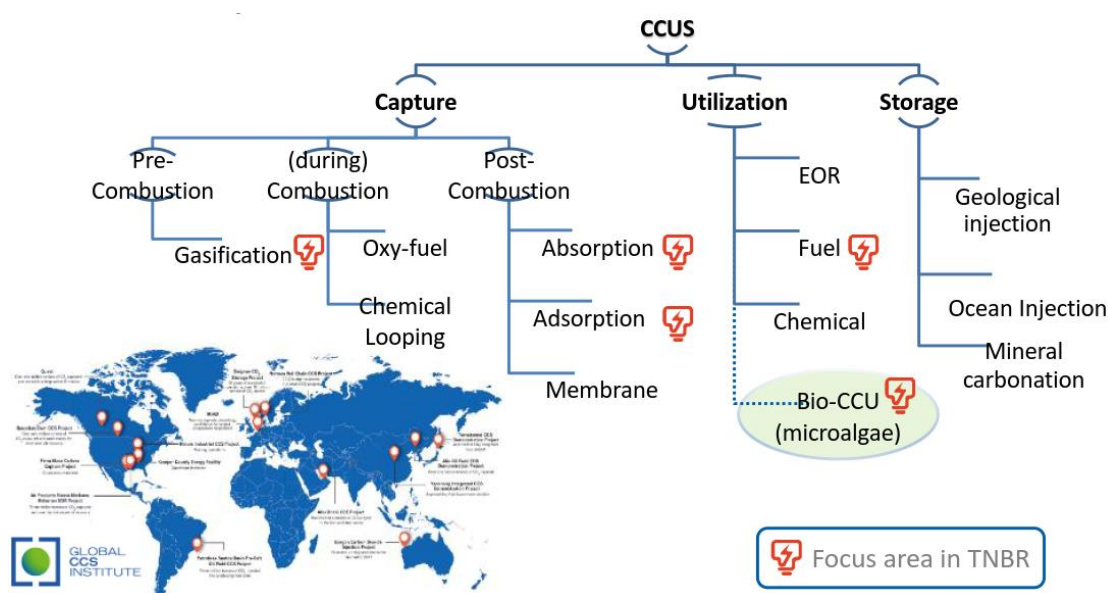


圖 6 TNBR 的 CCUS 技術發展路徑圖

在工業排放的溫室氣體中，以二氧化碳為最大宗。微藻因光合作用效率高、成長快速，藉由微藻培養進行二氧化碳減量效率是一般植物的數十倍以上。運用生物科技與工程技術養殖微藻進行有效的二氧化碳減量，更是其中關鍵。

而直接引用電廠發電後所產生的煙道氣來培養藻類，讓藻類吸收 CO<sub>2</sub> 轉化為有機體以及氧氣，減少 CO<sub>2</sub> 的排放量，更是值得發展。因此 TNBR 也進行相關的試驗工作 (圖 7)。

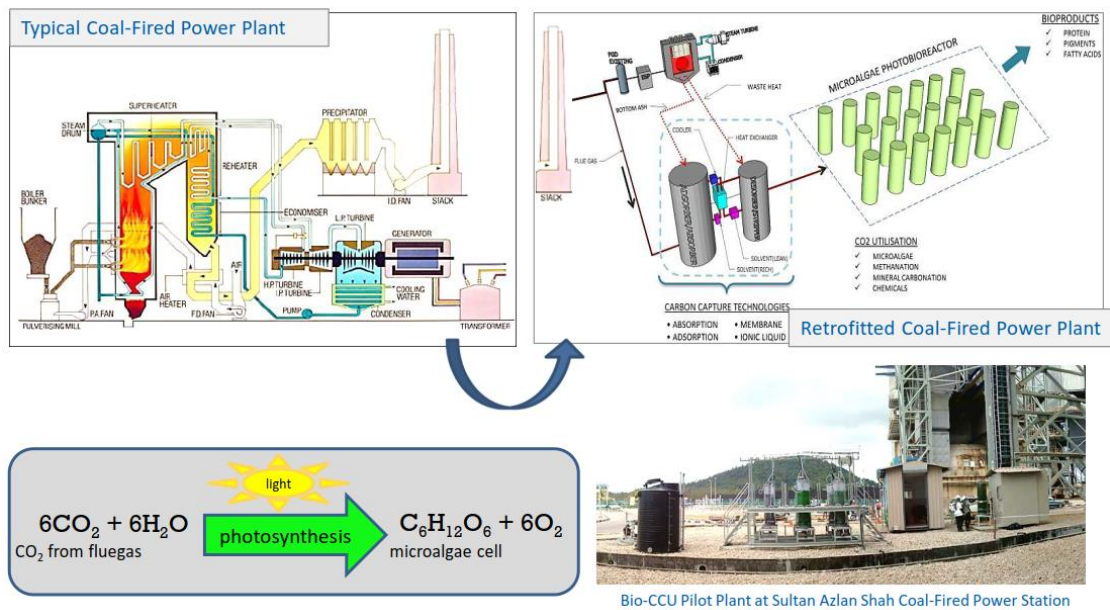


圖 7 TNBR 的微藻養殖設施

由於微藻的成長需要吸收二氧化碳，而氣相的二氧化碳需要先溶解在水溶液中才可以被藻類吸收，如何增進 CO<sub>2</sub> 溶解速率是增進固碳速率的關鍵。TNBR 利用不同的奈米物質來增進 CO<sub>2</sub> 溶解速率，研究於不同 CO<sub>2</sub> 曝露的時間以及不同奈米物質應用於微藻之可行性，發現奈米物質可以增加 CO<sub>2</sub> 的溶解度，因此可加速固碳速率至 0.88 g CO<sub>2</sub>/L-Day (圖 8)。

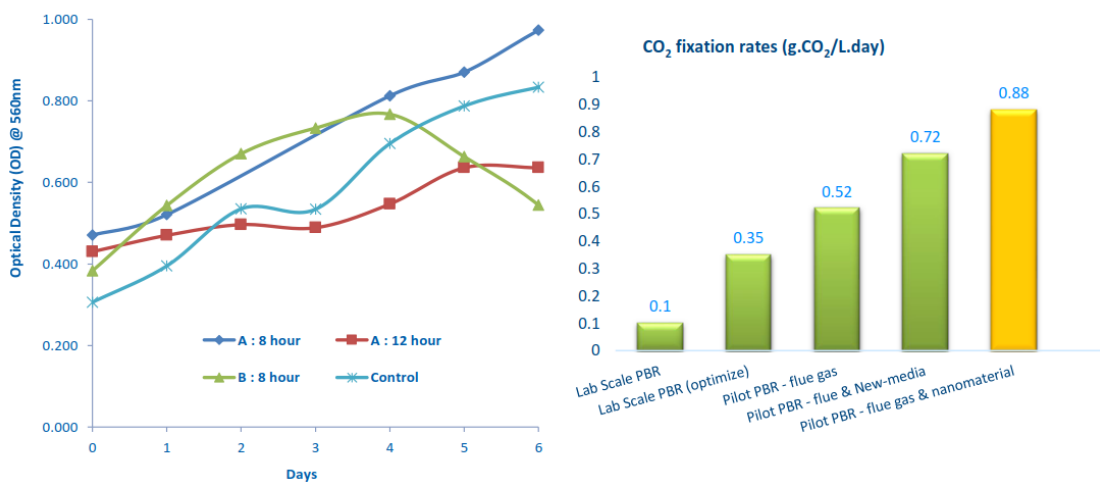


圖 8 不同奈米物質對微藻生長速率之影響



藻類養殖到一定的數量之後，將其中的營養成份如醣類、蛋白質、礦物質萃取出來，應用於營養食品或保養品上等高經濟之產品，並開發低耗能光合反應器、低成本養殖技術探討、藻體資源化應用等核心技術的建立，奠定微藻減碳未來擴大應用之基礎 (圖 9)。

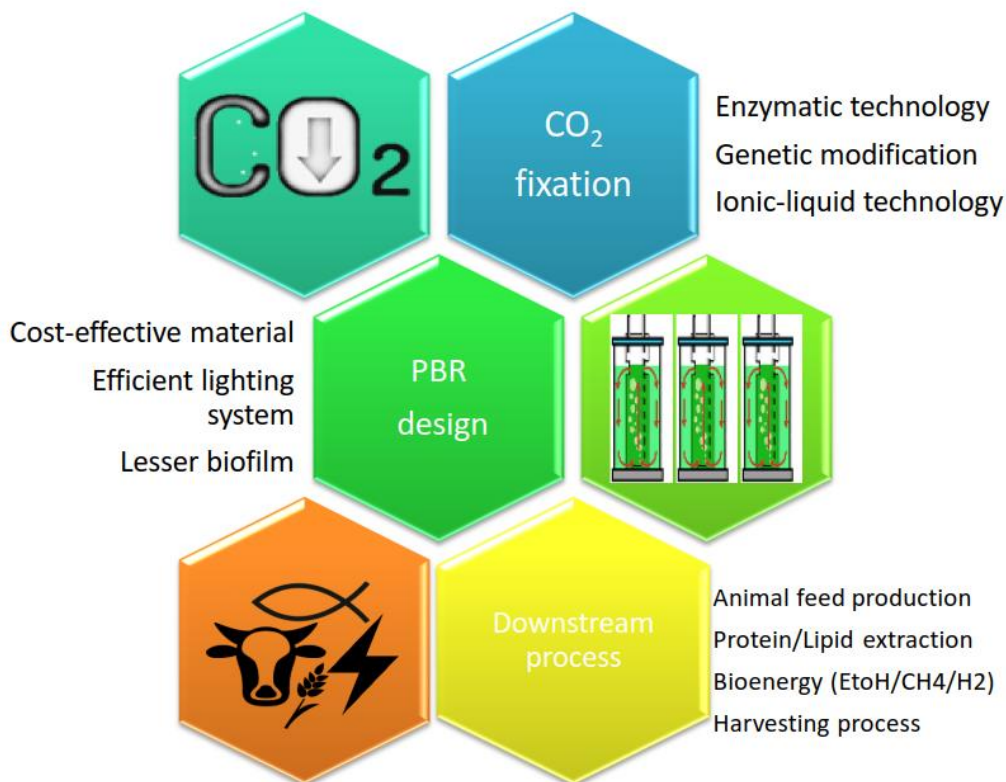


圖 9 微藻固定二氧化碳與再利用之途徑

**c. “Promoting Circular Economy to a Coal-fired Power Plant: Opportunities and Challenges”**

提升火力電廠循環經濟之機會與挑戰

循環經濟 (Circular Economy) 是一種再生的系統概念，將“恢復與再生”的理念融入經濟循環之中，它將與現有的線性經濟完全不同，實現資源的重覆利用與新的經濟模式。為了達成循環經濟，從產品設計、生產、銷售、維修、到產品退場的整個過程的營運模式都要重新思考。在整個供應鏈中的成員，包含：原物料供應商、生產商、分銷商、零售商、以及終端消費者，皆需要以永續循環為基礎來思考其能源與資源的有效利用。相關的考量與實際作為，包含：投入原物料的選擇、製造與銷售過程中資源消耗的減量、終端消費者產品使用的汰換與廢棄流程等等(圖 10)。



循環經濟的運用，可以有效降低資源的投入、減少廢棄物的產出、以及增進回收再利用等。讓產品實踐搖籃到搖籃（cradle to cradle）的生態循環，強調資源的可循環與可恢復性，取代資源的消耗，並在過程中創造新的經濟價值。

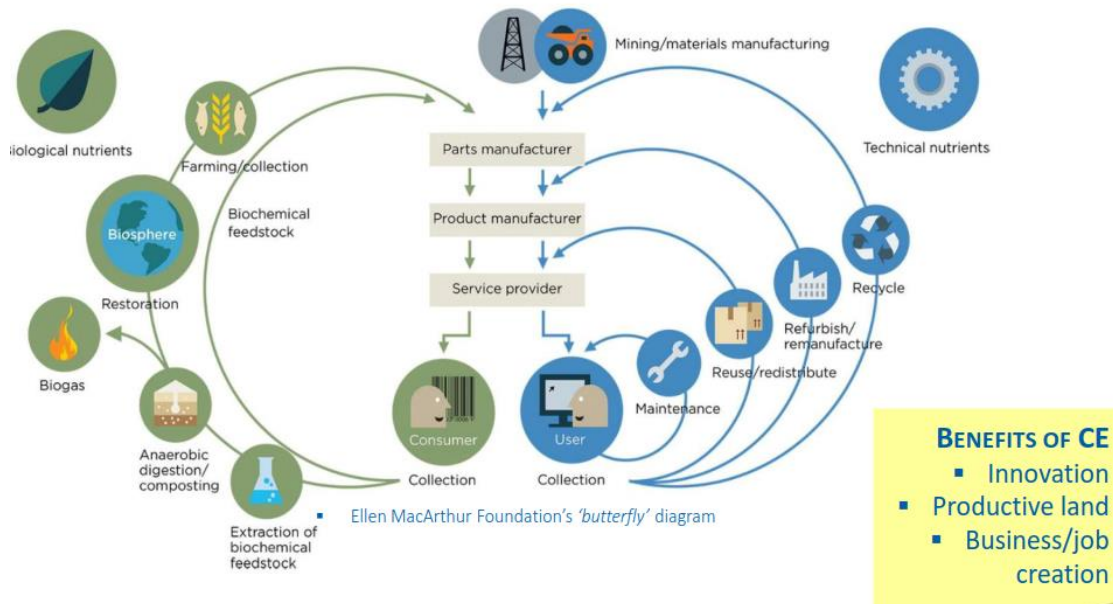


圖 10 循環經濟概念與途徑

在全球氣候變遷衝擊及環保壓力下，節能減碳與發展綠色生態循環生產模式之永續主張，已成各國電業經營的共同發展目標。而近年來，藻類被視為極具潛力的生物燃料，養藻減碳技術(圖 11)可提供電力公司落實減碳，並帶動電業發展出新的循環經濟生產模式。

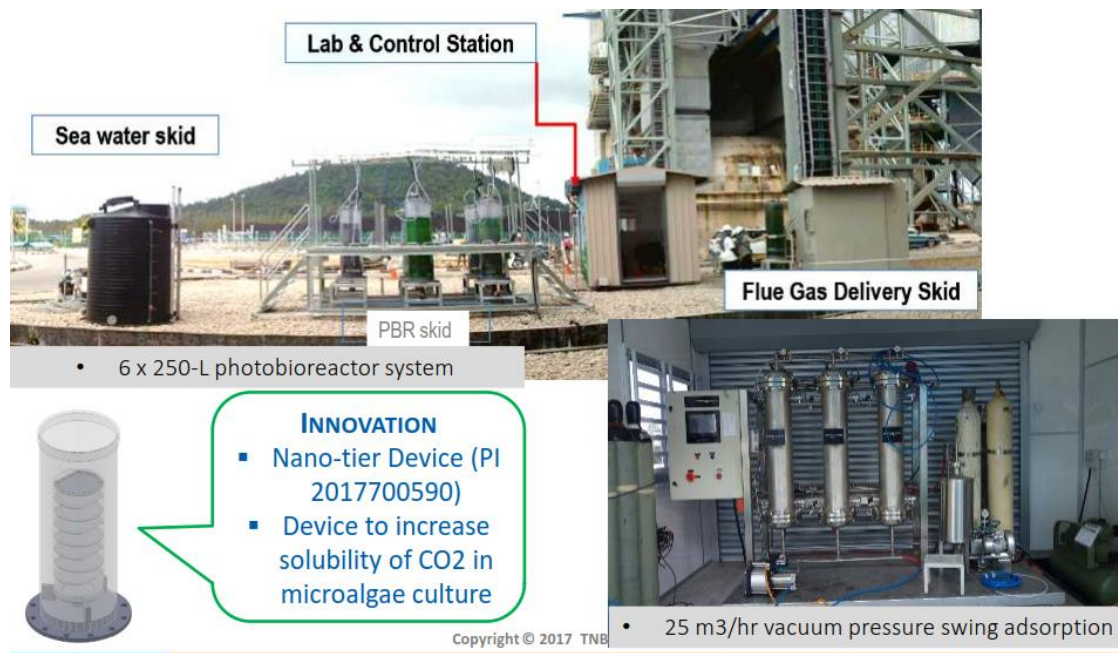


圖 11 利用微藻養殖進行煙氣二氧化碳再利用

以藻類養殖固定燃煤電廠排放的二氧化碳，屬於生物法的碳捕捉技術策略之一，原理是利用煙氣中的二氧化碳做為藻類生長所需的營養源，在煙氣的供應下，能加速藻類的分裂及生長，達到減少煙氣中二氧化碳的排放（圖 11、12）。經由養殖系統所生產出的藻體經轉化可做為副產品及生物燃料，轉化過程中須包含萃取分離、燃料轉化及副產品生產等。

在萃取分離方面，研究的策略主要為嘗試不同萃取方法以增加目標萃取物的產量，並能降低能耗及廢棄物的產生及克服擴大規模的障礙；在燃料的轉化方面，燃料的種類及轉化率都是現階段最熱門的議題。因此，利用藻類固定二氧化碳所產生的副產品生產，則需評估其在市場上之經濟價值及安全性。

體現綠色消費是全球消費市場發展的趨勢，而永續、共生、循環、減量等（圖 12），都是經濟發展的重點。循環經濟發展的路很長，要形成產業、甚至經濟規模，都需要縝密的規畫與研發的投入。企業要從本質思維上改變，政府則應在基礎環境上，如稅務與法規等的協助，才能幫助企業發展永續的循環經濟。

## Research focus in biological CO<sub>2</sub> utilisation

TNB RESEARCH

Total of 7 projects, RM 9.5 million

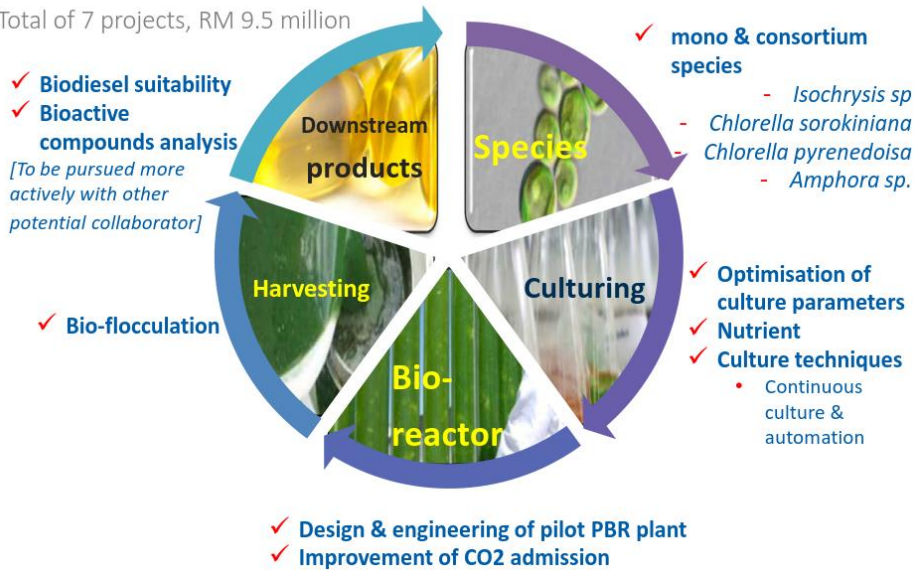


圖 12 微藻二氧化碳固定之循環經濟理念

### d. 'Enhancement of Post-combustion Carbon Capture via Adsorption Technology' 透過吸附科技增進燃燒後碳捕集

減少電廠二氧化碳排放問題的技術選擇之一是通過碳捕集和再利用 (CCU) 方法，燃燒後碳捕集技術的主要優點是可以通過改造現有的火力發電廠達成碳排放減少。CCU 包括從煙氣中捕集或去除二氧化碳，然後再循環使用這些捕集下來的二氧化碳。吸附法由於其捕集能耗低，並且具有高選擇性去除能力，因此，使吸附技術日益漸受歡迎。在 TNBR 的研究，燃燒後碳捕獲的研發著重於發展具有高選擇性的固態吸附劑，能將燃煤電廠煙道氣裡的二氧化碳與其他氣體分離 (圖 13)。該研究以真空變壓吸附系統 (VPSA) 來進行，吸附劑是以棕櫚仁殼 (PKS) 和椰子殼 (CS) 為基底所發展的生質物吸附劑。此外，生質物吸附劑是以化學或物理方式活化來形成孔隙，再用金屬氧化物來提高吸附劑的選擇性和吸附能力。該研究討論了吸附劑製備過程對其吸附特性的影響，也針對進料氣體中的 SO<sub>x</sub> 和 NO<sub>x</sub> 評估對 VPSA 程序的影響。

## Research gap



Research gap □ To determine the suitable carbon material to capture both SO<sub>x</sub> and NO<sub>x</sub> simultaneously and selectively over CO<sub>2</sub> from the flue gas stream to enhance the CCU system

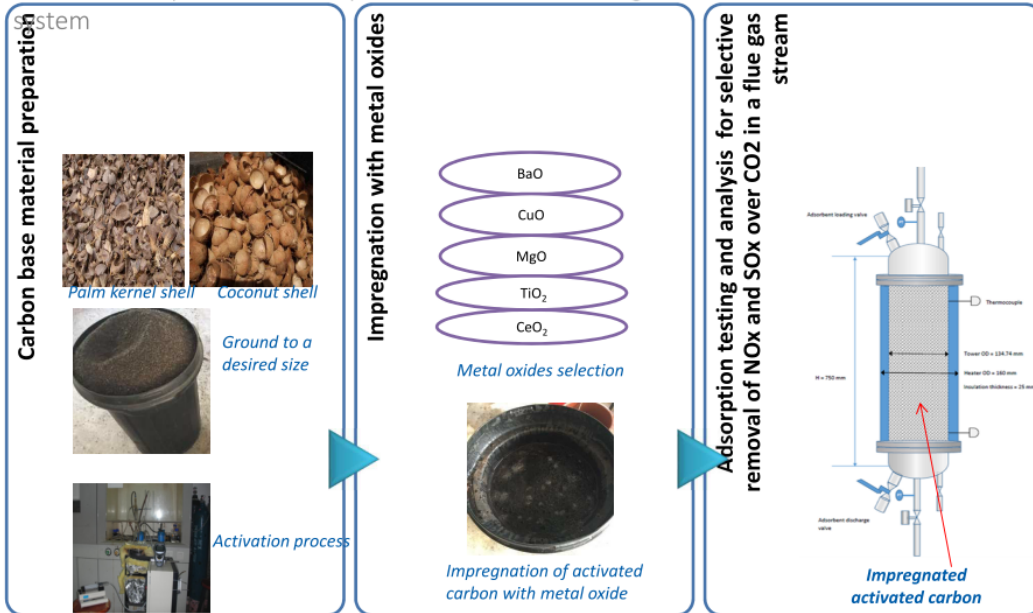


圖 13 TNBR 發展的吸附法碳捕集技術

### e. 'Energy saving and CO<sub>2</sub> reduction by boiler control optimization system "ULTY-V plus"'

透過鍋爐控制優化系統達成燃料節省和二氧化碳減量

燃煤鍋爐的運行狀況會隨著由煤炭性質（水分，熱值等）的變化而有波動。因此，燃煤種類的切換、沉積在爐管的灰與煤渣、外部空氣溫度的變化等等因素皆會影響鍋爐的效能。為了穩定鍋爐所產生的蒸汽壓力，現代的電廠裝設了鍋爐控制系統。然而，由於燒煤鍋爐的時間常數大，系統所需的穩定時間相當長。當鍋爐運行狀況發生變化，主蒸汽壓力會發生變化，為了修正這些變化，也會引起鍋爐條件的波動。“ULTY-V plus”是鍋爐控制優化系統，可以通過直接修正燃料進料來提高鍋爐性能，減少 CO<sub>2</sub> 排放，它可連接到現有的鍋爐控制系統，其中也包含的 AI 功能會進一步提高節能性能。



**f. ‘Co-firing with a high-ratio of wood biomass to make the most existing coal-fired power plant’ 現有的燃煤電廠使用高比例木材生質混燃**

燃煤電廠的二氧化碳排放減量很重要。因此，IHI 進行了煤炭和木材生質混燃系統（高達 50% 的混合比例）的示範，以顯著減少二氧化碳排放量。

因 2011 年東日本大地震引發的核電站事故，最近，火力發電為日本基載電力的重要來源。其中，燃煤發電是一個特別重要的來源，約佔了百分之三十的供電。同時，全年二氧化碳排放量火力發電就佔了一半以上。換句話說，在防止全球變暖的觀點上，因燃煤發電放出大量的二氧化碳，很難使它成為一個理想的能源來源。

木材生質的二氧化碳排放量是可以排除在人為碳排放之外，如果可以利用煤與木材生質的進行各種比例的混燃，應該有助於人為二氧化碳排放量的降低。假設所有主要燃煤鍋爐都使用 50% 的木材生質進行混燃，二氧化碳可減排 1 億噸，將為減緩地球暖化做出了巨大的貢獻。

在主要的燃煤電廠中，粉煤鍋爐為主流。常規的粉碎機最高只能處理 2-3% 的木材生質。為了解決這個問題，需透過改造粉煤機來處理更大量的木材生質燃燒。透過本研究，修改後的粉煤機已經通過測試，至少，在顆粒類型的生質料的處理上效果很好。

另外，還進行了幾次燃燒試驗，結果發現，用某些細木粉製成的顆粒型生質料，即使利用慣用之燃燒器也能燃燒完全。此外，研究也對使用 50% 混燒的爐內特性進行 CFD 模擬與分析，並對鍋爐爐管的灰分附著行為和腐蝕速率進行了驗證實驗，並進一步對下游煙氣處理系統的影響進行了研究。一個應用高比例木材生質燃燒的新型粉煤火力發電廠剛於 2017 年 9 月開始運營。

Co-firing system of wood pellets 50% with coal 50%

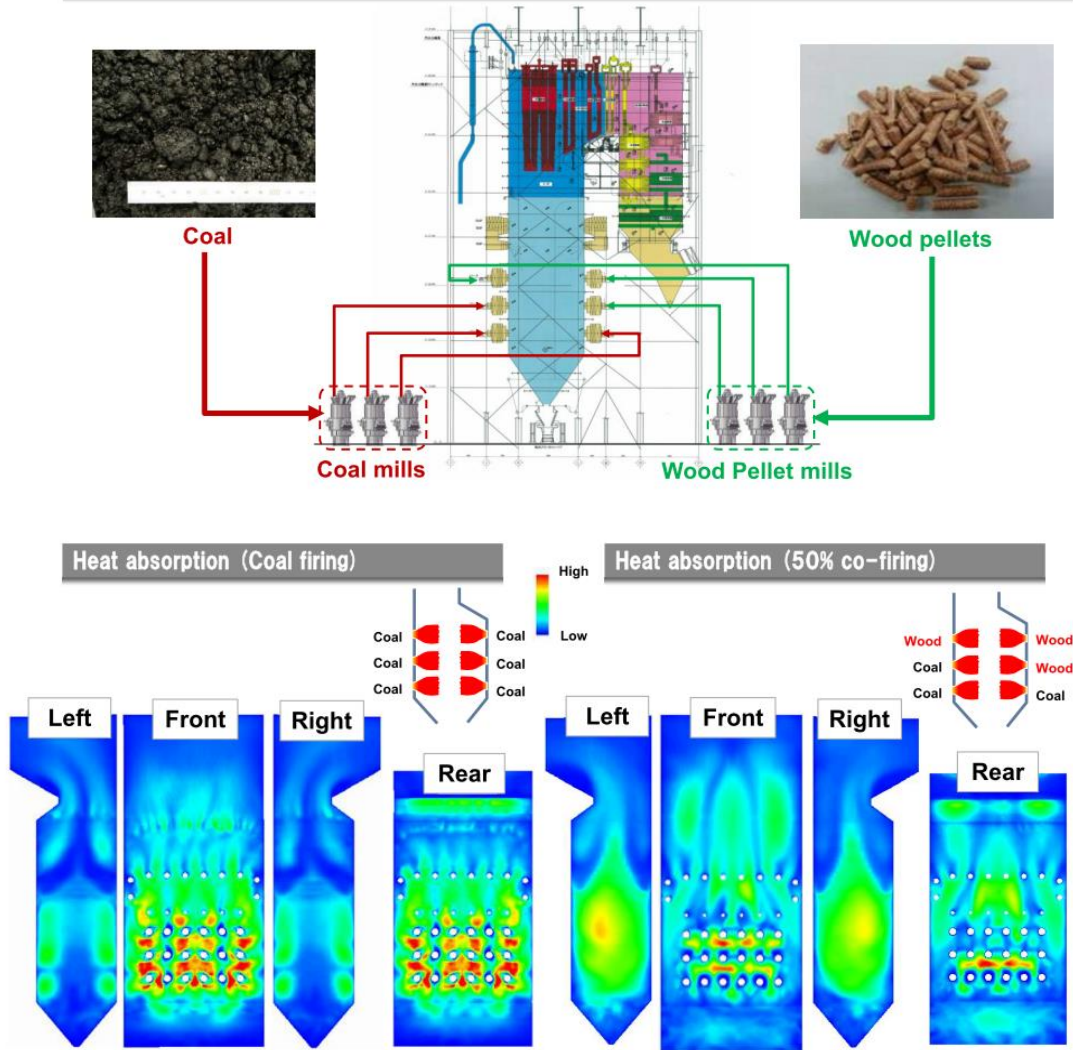


圖 14 現有的燃煤鍋爐使用高比例木材生質混燃

## g. “Moderated panel discussion by session chairs” 總結報告

由於本次會議擔任「Session 1 低碳經濟」主持人，需要提出總結報告。以下為本人於 Session 1 的總結報告提出之內容摘要：

電力事業正在面臨轉變，而且這個轉變將相當大。隨著人類追求生活的改善，電力需求也會增加。不僅如此，現代的電力需求不只是穩定供電而已，人們也追尋在電力生產效率提升、增進環境效率、降低成本、增進輸配電效率等多面向的需求。

地球上的天然資源，例如：石油、煤炭、以及天然氣僅有限的蘊藏量，我們不能再像傳統的方式使用這些能源以直接燃燒這些化石燃料獲取能源及電能，需要考量環保與永續利用等議題。

本次會議的 Session 1 的方向在於保護與永續利用這些天然資源，議題包含：高效率之煤碳利用技術、二氧化碳捕集與再利用技術、污染物抑制與降低排放技術等最新進展。為了維繫人類社會繼續發展，未來還有一大段時間我們會繼續使用這些傳統能源。由於，這些新技術已經逐漸發展，我們可以繼續使用這些傳統能源，並藉由新技術來抑低相關污染物排放，並且減少二氧化碳等溫室氣體排放，以保護地球環境，抑制溫暖化效應以及對生物圈的衝擊。

為了避免地球溫昇進一步惡化影響生態，我們需要更積極的作為來降低人為溫室氣體的排放量，加速 CCS 的研發並降低成本是當務之急，我們需要立即減量排放，並逐步轉型至低排放或無排放之新能源結構，CCS 也是這個過程裡面不可缺少的工具。

Session 1 的報告中包含：煙氣中二氧化碳捕集技術、吸收法及吸附法用於二氧化碳捕集、生物法及利用微藻養殖進行二氧化碳捕集。利用這些技術我們可以削減二氧化碳等溫室氣體的排放，減緩或消除全球溫暖化效應，以保護地球上的生物與人類可以在地球上繼續生存。

除了碳捕集技術之外，IGCC、IGFC、USC、其他先進發電技術等也有助於提升發電效率，減少自然資源的使用與消耗，也可以幫助我們以更聰明的方式使用這些化石能源，並持續支持經濟發展並促進環境保護。

在傳統電廠的改良也可以利用引進：鍋爐的先進數位控制技術、改良磨煤系統、煤炭及生質能拌合系統等新發展的技術來降低傳統鍋爐之煤碳使用量，並得到更多的電力輸出，進一

步減少能源使用的碳足跡。

考量永續資源利用，傳統電廠的廢棄物如：煤灰、石膏、廢水、煙氣等需要考慮重覆利用。在 Session 1 中 TNBR 也介紹了廢棄物的利用構想，他們嘗試在不同製程中找到新市場與新利用途徑。重覆利用這些廢棄物，需要由傳統線性經濟的思維轉換成循環經濟的思維，把廢棄物轉換成有價值的產品，減少開發新產品所須消耗的新資源與能源等。

雖然，我們已經有很多新技術被發展來：減少污染物排放、提升發電效率、廢棄物循環再利用等；但是，到目前為止沒有看到被大規模使用。這是因為我們面臨到很多難題，其中經濟因素的考量是關鍵性的困難之一。對於企業而言，唯有可以獲利的程序與產品才會被考慮，所以在引進或實施這些新式發電技術與環保技術前，業者也在尋找可以用這些新技術的市場，只有當該技術的市場價值展現時，才會被大規模實施，也才對我們傳統上的能源與電力系統的改良做出很大貢獻。減少實施新技術的經濟障礙永遠是大規模實施新技術的首要考慮。

由於各國在低碳與新能源技術的發展分別做了很多努力，IERE 也相當積極的辦理交流活動，有效的連結了各國的研發能量，參與本次研討會可以讓不同國籍、不同企業的人士建立了的聯繫與交流管道，對後續技術發展的合作與能力的提升相當有幫助，可以加速發展相關技術。建議我國主管機關與政府部門，應加強與這類研發機構與組織建立合作管道，一起合作建立能源技術的國際合作平台，減少我國發展相關技術的風險。



## 3.2 感想與建議

電力事業正在面臨轉變，而且這個轉變將相當大。隨著人類追求生活的改善，電力需求也會增加。不僅如此，現代的電力需求不只是穩定供電而已，人們也追尋在電力生產效率提升、增進環境效率、降低成本、增進輸配電效率等多面向的需求。為有效推動本公司與我國能源與新式發電 CCS 之長期發展，以下建議擬請本公司與政府主管機關參考：

1. 為了避免地球溫暖化效應進一步惡化影響生態，我們需要更積極的作為來降低人為溫室氣體的排放量，加速碳捕集封存與再利用技術(CCUS)的研發是當務之急，我們需要立即減量排放，並逐步轉型至低排放或無排放之新能源結構，CCUS 也是這個過程裡面不可缺少的工具。我國政府宜參考國際間發展模式，早日指派主管機關推動相關工作，以加速法規發展與增進民眾對於 CCUS 之理解。
2. 除了碳捕集技術之外，IGCC、IGFC、USC、其他先進發電技術等也有助於提升發電效率，同時減少自然資源的使用與消耗，幫助人類以更聰明的方式使用這些化石能源，並持續支持經濟發展並促進環境保護，並且順利過度到未來的新能源技術。
3. 傳統電廠可以利用：鍋爐的先進數位控制技術、改良磨煤系統、煤炭及生質能拌合系統等新技術來降低傳統鍋爐之煤碳使用量，並得到更多的電力輸出。
4. 考量永續資源利用，傳統電廠的廢棄物如：煤灰、石膏、廢水、煙氣等需要考慮重覆利用。重覆利用這些廢棄物，需要由傳統線性經濟的思維轉換成循環經濟的思維，把廢棄物轉換成有價值的產品，減少開發新產品所須消耗的新資源與能源等。
5. 在引進或實施這些新式發電技術與環保技術前，業者也在尋找可以用這些新技術的市場，只有當該技術的市場價值展現時，才會被大規模實施，也才對我們傳統上的能源與電力系統的改良做出很大貢獻。減少實施新技術的經濟障礙永遠是大規模實施新技術的首要考慮。
6. 為了維繫人類社會繼續發展，未來還有一大段時間我們會繼續使用這些傳統能源。由於，這些新技術已經逐漸發展，我們可以繼續使用這些傳統能源，並藉由新技術來抑低相關污染物排放，並且減少二氧化碳等溫室氣體排放，以保護地球環境，抑制溫暖化效應以及對生物圈的衝擊。透過不斷宣導與教育，使公眾認識二氧化碳捕

集與封存，對於抑制全球溫暖化效應佔了相當重要的角色，才有可能克服大規模實施時之投資與法規障礙。