

# 出國報告（出國類別：開會）

## 出席 Clean Coal Day 2016 國際研討會

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：鍾炳利 總經理

曹志明 化學資深研究專員

派赴國家：日本

出國期間：自 105 年 9 月 6 日至 9 月 9 日

報告日期：105 年 11 月 8 日

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：出席 Clean Coal Day 2016 國際研討會

頁數:21 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台電 人資處/陳德隆/(02) 2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

鍾炳利/台灣電力公司/總經理室/總經理/(02) 2366-6220

曹志明/台灣電力公司/綜合研究所/化學資深研究專員/(02) 8078-2238

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：105 年 9 月 6 日至 9 月 9 日 出國地區：日本

報告日期：105 年 11 月 8 日

分類號/目

關鍵詞：煤炭、二氧化碳、淨煤、微藻、海洋牧場

內容摘要：(二百至三百字)

不論已開發國家或開發中國家，燃煤電廠都仍然是電力供應的重要來源，但隨著環保意識的高漲，尤其是全球氣候暖化的效應日益明顯，使得能源安全及減少溫室氣體排放量的管理將會成為與公司未來營運發展息息相關的主要課題，今日發展二氧化碳的捕獲技術的目的，是要滿足產業降低二氧化碳排放的需求，並且能達到減少全球暖化對環境的衝擊。日本 Japan Coal Energy Center(JCOAL)為精進淨煤技術(CCT)和碳捕獲及應用(CCU)等相關技術而召開 Clean Coal Day 2016 international Symposium，藉此參與機會可與國外相關之專家學者進行資訊與技術交流，可作為未來本公司火力電廠碳捕獲及利用相關技術發展之參考，有利於後續碳封存及再利用等研發技術的進展。

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



## 目錄

1. 目的 .....	1
2. 行程 .....	2
3. 各國使用燃煤趨勢 .....	6
4. 二氧化碳捕獲與封存 .....	11
5. 循環經濟與海洋牧場 .....	13
6. 心得與建議 .....	21

# 1. 目的

不論已開發國家或開發中國家，燃煤電廠都仍然是電力供應的重要來源，但隨著環保意識的高漲，尤其是全球氣候暖化的效應日益明顯，使得能源安全及減少溫室氣體排放量的管理將會成為與公司未來營運發展息息相關的主要課題，今日發展二氧化碳的捕獲技術的目的，是要滿足產業降低二氧化碳排放的需求，並且能達到減少全球暖化對環境的衝擊。日本 Japan Coal Energy Center(JCOAL)為精進淨煤技術(CCT)和碳捕獲及應用(CCU)等相關技術而召開 Clean Coal Day 2016 international Symposium，藉此參與機會可與國外相關之專家學者進行資訊與技術交流，可作為未來本公司火力電廠碳捕獲及利用相關技術發展之參考，有利於後續碳封存及再利用等研發技術的進展。

## 2. 行程

此次行程係為瞭解世界各國新近有關能源及煤炭使用政策，以及二氧化碳捕獲封存及再利用等二氧化碳減量等研究發展趨勢，至日本參加 Clean Coal Day 2016 International Symposium (2016 年 9 月 6 日至 9 月 9 日)，議程如下圖所示。

DAY 1 ; Wednesday, September 7	
9:30-10:00	<b>Registration</b>
<b>10:50-11:30</b>	<b>Opening Session</b>
10:00-10:10	<b>Opening Remarks</b> <b>Masayoshi Kitamura</b> Chairperson, JCOAL
10:10-10:20	<b>Welcome Address</b> <b>Mr. Yoshifumi Matsumura</b> State Minister of Economy, Trade and Industry
10:20-10:30	<b>Keynote Address-I</b> <b>Mr. Ryuichi Yamashita</b> Director-General, Natural Resources and Fuel Department, Agency for Natural Resources and Energy(ANRE), Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) <b>Japan's Contribution through Clean Coal Technology</b>
10:30-11:00	<b>Keynote Address-II</b> <b>Mr. Kamel Ben Naceur</b> Director, Sustainability, Technology and Outlooks, International Energy Agency (IEA) <b>Clean Coal in a post-COP21 era</b>
11:00-11:30	<b>Commemorative Speech</b> <b>Mr. Barry K. Worthington</b> Chairperson of Group of Experts on Cleaner Electricity Production from Fossil Fuels, Committee on Sustainable Energy, United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) (Executive Director of the United States Energy Association (USEA) ) <b>Coal's Tasks and Vision on COP21 Paris Agreement -UNECE Perspective-</b>
11:30-13:00	BREAK
13:00-13:30	<b>Keynote Address-III</b> <b>Mr. Benjamin Sporton</b> Chief Executive, World Coal Association (WCA) <b>The Power of High Efficiency Coal</b>
<b>13:30-15:10</b>	<b>Session I New Resource Development under Lower Coal Market (i)</b>
<b>Session Chair</b>	<b>Janusz.Michalski@me.gov.pl</b>
13:40-14:10	<b>speech-1(US)</b> <b>Dr. Angelos Kokkinos</b> Director, Office of Advanced Fossil Technology Systems, Office of Clean Coal and Carbon Management, Office of Fossil Energy, Department of Energy (DOE) <b>Clean Coal R&amp;D</b>
14:10-14:40	<b>speech-2(Australia)</b> <b>Mr. Josh Cosgrave</b> Acting General Manager, Coal and Minerals Productivity Branch, Department of Industry, Innovation and Science <b>Australian Energy Policy -Coal Positioning and Outlook (Brown Coal Utilization included)-</b>
14:40-15:10	Q&A
15:10-15:40	BREAK

<b>15:40-17:50</b>	<b>Session II New Resource Development under Lower Coal Market (ii)</b>
<b>Session Chair</b>	<b>Associate Prof. Dr. Shinsuke Murakami, The University of Tokyo</b>
15:50-16:20	<b>speech-1(Vietnam) Mr. Nguyen Khac Tho</b> Deputy Director General, General Department of Energy, Ministry of Industry and Trade (MOIT) <b>Efforts of Coal Industry in Vietnam</b>
16:20-16:50	<b>speech-2(Japan) Mr. Masafumi Uehara</b> Assistant Secretary General, Japan Coal Energy Center (JCOAL) <b>Potentiality of Non-Traditional and Emerging Coal Exporting Countries</b>
16:50-17:20	<b>speech-3(Japan) Mr. Hajime Ikeda</b> Executive Director(Metals & Coal Finance and Environment Unit), Member of the Board, <b>Japan Oil, Gas and Metals National Corporation (JOGMEC)</b> <b>JOGMEC's Activity for Upstream Coal Business</b>
17:20-17:50	Q&A
<b>17:50</b>	<b>Adjourn</b>
<b>18:30</b>	<b>Welcome Reception</b>

<b>DAY 2 ; Thursday, September 8</b>	
8:30-09:00	<b>Registration</b>
09:00-09:20	<b>Featured Speech-I Pro. Dr. Ken Okazaki</b> Graduate School of Science and Engineering , Tokyo Institute of Technology (TITECH) <b>Prospect of Using Coal as a Hydrogen Source</b>
09:20-09:40	<b>Featured Speech-II Mr. Alex Zapantis</b> General Manager - Asia Pacific, Global CCS Institute (GCCSI) <b>Update: Global Status of CCS</b>
09:40-10:00	BREAK
<b>10:00-12:40</b>	<b>Session III Increasing Power Demand &amp; Global Warming (i)</b>
<b>Session Chair</b>	<b>Pro. Dr. Ken Okazaki, Tokyo Institute of Technology</b>
10:10-10:40	<b>speech-1(Japan) Mr. Ichiro Kutani</b> Senior Economist, Assistant Director and Manager, Global Energy Group 1 Strategy Research Unit, The Institute of Energy Economics, Japan (IEEJ) <b>Choice of Energy in Changing Reality</b>
10:40-11:10	<b>speech-2(China) Ms. Kang Guozhen</b> Director, Division of Thermal Power Generation, Electricity Department, National Energy Administration (NEA)  <b>Status and Development Direction of China's Coal-fired Power Generation Section</b>
11:10-11:40	<b>speech-3(Vietnam) Mr. Pham Thanh Tung</b> Director General of International Cooperation Department, General Department of Energy, Ministry of Industry and Trade (MOIT) <b>CO2 Reduction with CCT in Vietnam</b>
11:40-12:10	<b>speech-4(India) Mr. Aniruddha Kumar</b> Joint Secretary (Thermal) & CVO, Ministry of Power <b>Indian Power Sector Overview</b>
12:10-12:40	<b>Q&amp;A</b>
12:40-13:30	BREAK
<b>13:30-16:00</b>	<b>Session IV Increasing Power Demand &amp; Global Warming (ii)</b>
<b>Session Chair</b>	<b>Prof. Dr. Takayuki Takarada, Division of Environmental Engineering Science, Gunma University</b>
13:40-14:10	<b>speech-1(Japan) Pro. Dr. Takayuki Takarada</b> Division of Environmental Engineering Science, Gunma University <b>Clean Coal Technology in Japan</b>
14:10-14:40	<b>speech-2(Taiwan) Mr. Bin-Li Chung</b> President, Taiwan Power Company (TPC) <b>The Status Quo and Prospect of Algae Based Carbon Fixation in Taiwan Power Company</b>

14:40-15:10	<b>speech-3(Indonesia) Mr. Chrisnawan Anditya</b> Deputy Director for Electricity Investment, Directorate of Electricity Program Supervision, Directorate General of Electricity, Ministry of Energy and Mineral Resources (MEMR) <b>CO2 Reduction with CCT R&amp;D in Indonesia</b>
15:10-15:40	<b>speech-4(Poland) Mr. Janusz Michalski</b> Head of the Energy Policy Unit, Energy Department, Ministry of Energy <b>The Role of Coal in the Energy Policy of Poland</b>
15:40-16:00	Q&A
16:00-16:30	BREAK
<b>16:30-18:00</b>	<b>Session V Panel Discussion</b> <b>Pathway for Coal towards High Efficient &amp; Low Emission (HELE) Technology under the World's Coal Value Chain</b>
Moderator	<b>Prof. Dr. Takeo Kikkawa (Confirmed)</b> Tokyo University of Science
Panelist 1	<b>Mr. Kamel Ben Naceur</b> Director, Sustainability, Technology and Outlooks, International Energy Agency (IEA)
Panelist 2	<b>Mr. Benjamin Sporton</b> Chief Executive, World Coal Association (WCA)
Panelist 3	<b>Mr. Barry K. Worthington</b> Chairperson of Group of Experts on Cleaner Electricity Production from Fossil Fuels, Committee on Sustainable Energy, United Nations Economic Commission for Europe (UNECE)
Panelist 4	<b>Mr. Yoshihiko Sakanashi (Confirmed)</b> Senior Counsellor, Electric Power Development Co.,Ltd.(J-POWER)
Panelist 5	<b>Mr. Masana Ezawa (Confirmed)</b> Director, Coal Division, Natural Resources and Fuel Department, ANRE, METI
<b>18:00</b>	<b>Closing Remarks Osamu Tsukamoto, President, JCOAL</b> Chairman, Executive Committee for "Clean Coal Day"
<b>18:30</b>	<b>Networking Reception &lt;Speakers &amp; JCOAL member companies (up to Class #2) Only &gt;</b>

圖 1. 研討會議程

表 1. 赴日本開會行程概要表

105 9/6	往程 (台北→東京)
105 9/7-9/8	出席 Clean Coal Day 2016 國際研討會
105 9/9	返程 (東京→台北)

以下二圖所示分別為 Clean Coal Day 2016 的會場狀況以及由本公司鍾總經理在研討會上所發表的海洋牧場專題報告，其發表題目為” The Status Quo and Prospect of Algae Based Carbon Fixation in Taiwan Power Company ”。



圖 2.Clean Coal Day 2016 會場



圖 3.Clean Coal Day 2016 海洋牧場專題報告



表 2. 清淨能源技術

分類	項目
On track	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Electric vehicles</li> <li>2. Solar PV and onshore wind</li> </ol>
Accelerated needed	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Other renewable power</li> <li>2. Nuclear</li> <li>3. Transport</li> <li>4. Industry</li> <li>5. Appliances and lighting</li> <li>6. Energy storage</li> </ol>
Not on track	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. More efficient coal-fired power</li> <li>2. Carbon capture and storage</li> <li>3. Biofuels</li> <li>4. Buildings</li> </ol>

有關全球性的減碳策略及趨勢圖如下圖所示，其首先可以實施的方案是先減少效率較不好的亞臨界發電機組，而取而代之的則是效率更好的超臨界或超超臨界發電機組，而在其後則需要應用 CCS 才能獲致更為有效的減碳效果。

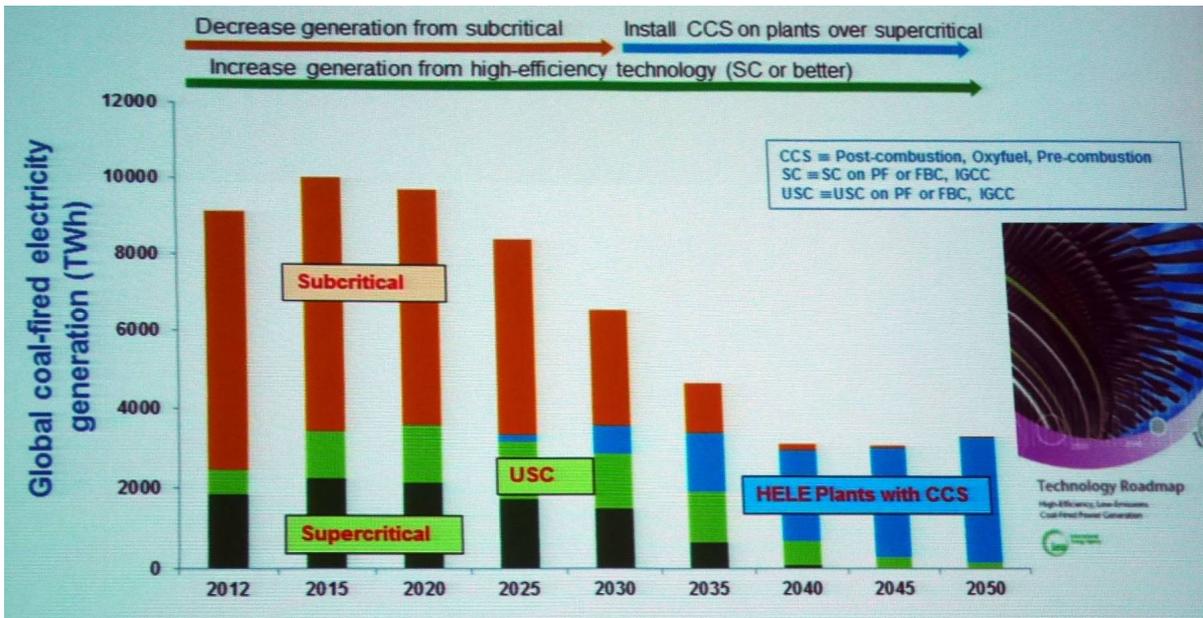


圖 5.減碳策略及趨勢圖

各國燃煤發電裝置容量之變化趨勢如下圖所示，從圖中可知，歐美地區的裝置容量多年來並沒有太大變化，甚至預期在未來還會有下降的趨勢。至於亞洲地區則有明顯的增加趨勢，如 2000 年的全球佔比為 38%，2015 年的全球佔比已提升為 69%，2040 年的全球佔比更預期會增加到 77%。

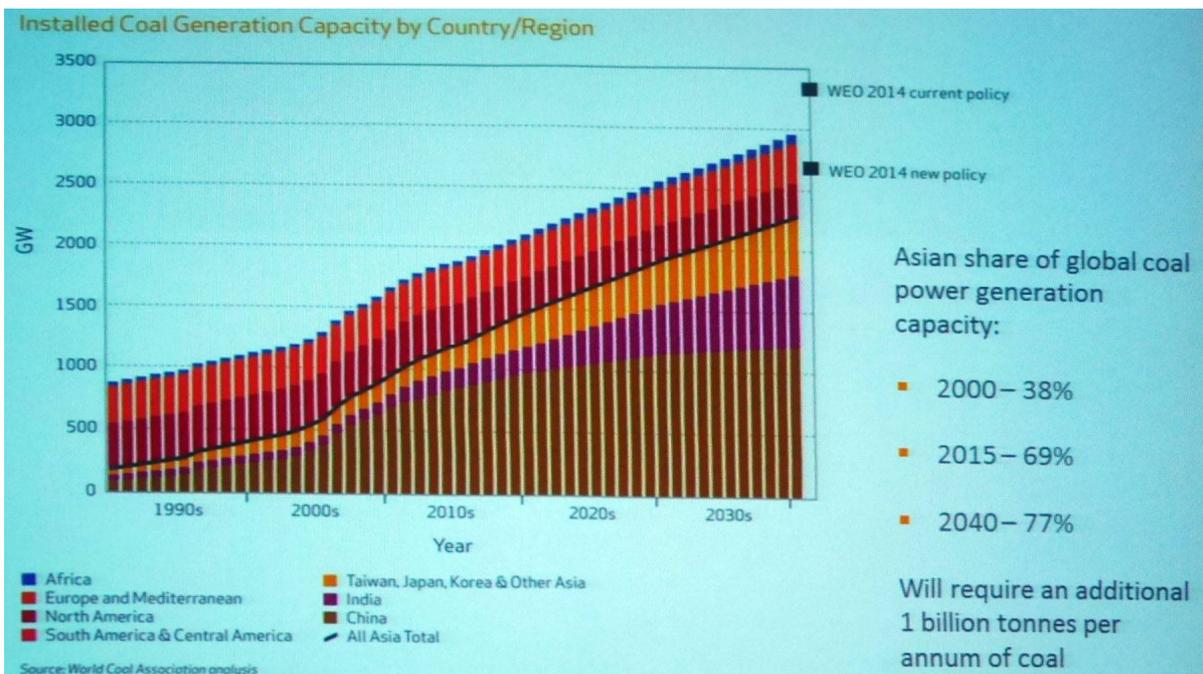


圖 6.各國燃煤發電裝置容量

中國大陸發電用能源趨勢如下圖所示，至 2020 年其電力需求的成長約為 4.8%，而至 2040 年其電力需求的成長則會降至 2%。其中值得注意的是，其燃煤發電的佔比將逐年下降，約從目前的 75% 預期 2040 年降至 49%，而其再生能源則有大幅度的成長。

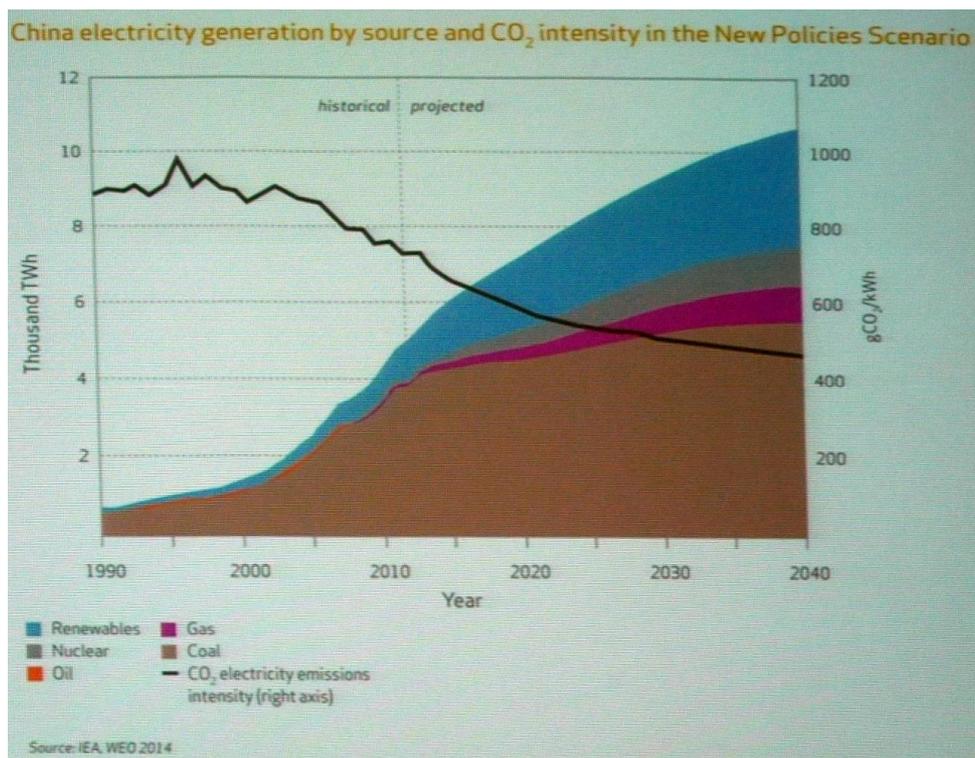


圖 7. 中國大陸發電用能源趨勢圖

中國大陸燃煤電廠為有效抑低相關排放的濃度，相當積極發展脫硫廢水的零排放技術，如下圖所示即為其技術路線和特點

1. 脫硫廢水蒸發結晶技術：技術相對成熟，但成本高。
2. 利用煙氣餘熱處理脫硫廢水：發展中，應用實績少。
3. 脫硫廢水自然蒸發技術：受環境限制，應用實績少。



圖 8. 中國大陸燃煤電廠脫硫廢水零排放處理

中國大陸發展燃煤電廠的過程，其展望為以下各點

1. 未來燃煤發電所面臨的挑戰，包含如何提高效率和如何實現更低的排放。
2. 提高能效是污染減排和減碳最重要的基礎。
3. 持續研發和應用先進技術，促進燃煤發電高效清潔發展。

## 4. 二氧化碳捕獲與封存

目前有關大型 CCS 計劃的分佈區域和國家如下圖所示，操作中和建造中的計劃仍以北美地區為大宗，而計畫中的則以中國為最多，歐陸次之。

	Early planning	Advanced planning	Construction	Operation	Total
North America	1	1	5	10	17
China	4	4	-	-	8
Europe	3	1	-	2	6
Gulf Cooperation Council	-	-	1	1	2
Rest of World*	4	-	1	2	7
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>40</b>

\* Includes projects in Algeria, Australia, Brazil and Korea.

圖 9.大型 CCS 計劃的分佈區域和國家

而目前相關研發的重點如下表所示，整合計劃部分主要在於尋求更大規模及更多的工業應用，碳捕獲則希望可以找到更有效率的吸收或吸附技術以降低成本，而碳封存的研發重點則為進行更多的鹽水層經驗以及風險管理的必要性。

表 3.CCS 相關研發的重點

重點	項目
整合計劃	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 聚焦於下一代更大規模的先導型試驗(20-50 MW)</li> <li>2. 聚焦於現有燃煤電廠的安裝</li> <li>3. 尋求更多工業應用以及燃氣機組的計劃</li> </ol>

二氧化碳捕獲	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 溶劑, 吸收劑, 薄膜以及其他相變的技術</li> <li>2. 轉型解決方案和相關製造</li> </ol>
二氧化碳儲存	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 更多大規模鹽水層注儲的相關經驗</li> <li>2. 諸如引發地震等的風險管理</li> </ol>

有關各種應用的可能方案如下表所示，因為要尋求有利的方案並不容易，更有必要全方位的探索可能的方案，而各種項目中，實作的困難度是依序增加。

表 4.各種應用的可能方案

分類	項目
可能性較高	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. EOR, EOR+, ROZ</li> <li>2. 礦化</li> <li>3. Enhanced water recovery</li> <li>4. 藻類固碳</li> <li>5. CO2 polymer</li> </ol>
可能性較低	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. CO2 燃料或是化學品</li> <li>2. CO2 splitting</li> </ol>

## 5. 循環經濟與海洋牧場

目前政府大力倡導的「五加二」產業是指亞洲矽谷、生技醫療、綠能科技、智慧機械及國防航太等五大創新產業，再加上新農業、循環經濟。



圖 10.五加二創新產業

工業革命以來，全球發展模式都是在「線性經濟」(Linear Economy) 模式下進行，原本視為一體的環境跟製造，被人類分開看待，在生產與消費過程，不斷創造廢棄物，從原物料的挖掘、製造、使用、丟棄 (Take→Make→Use→Dispose) 的消費模式下，商品使用後被丟棄，進入掩埋場、焚化爐。在線性經濟中，首要考量為追求功能性、降低成本與美觀，至於製程對環境的影響並非重要考量，生產與消費過程產生廢棄物，不是被直接拋棄，就是以回收的名目被無效率的去化掉，過程明顯高估了多數資源回收商的處理能力，也忽略了廢棄物造成二次污染的嚴重性。

至於循環經濟，主要分成兩大循環：「工業循環 Industrial Cycle」與「生物循環 Biological Cycle」，生物循環強調的是物質在自然界中的流動應用，產品應在經過重複使用、堆肥、分解萃取、細菌發酵作用等方式後，儘量回歸到自然界中成為資源的一種模式。如此所有資源都會被利用到，沒有廢物產生。

除此之外，合作和連結也是循環經濟的要素，其中包含兩種方式，一種是在使用端推動「共有共享」的行為（Sharing），另一種則是在製造端儘量撮合「共生共榮」的合作模式（Symbiosis）。



圖 11.循環經濟概念圖

循環經濟可創造的效益不只可減少材料的浪費，更可增加大量的工作機會和可觀的商機，在可見的未來，的確是繼知識經濟和資通訊技術之後，另一項具有前景的經濟模式。

生態電廠的體現案例如下圖所示，這是位於丹麥的一座燃煤電廠，建構以電廠為核心，進行生態工業園區內的就地資材交換。其中例如電廠的廢熱

可以提供給附近的溫室和漁場作為加熱之用，而蒸汽可供給化工廠和製藥廠，飛灰可供給水泥廠，石膏可供給石膏板廠。

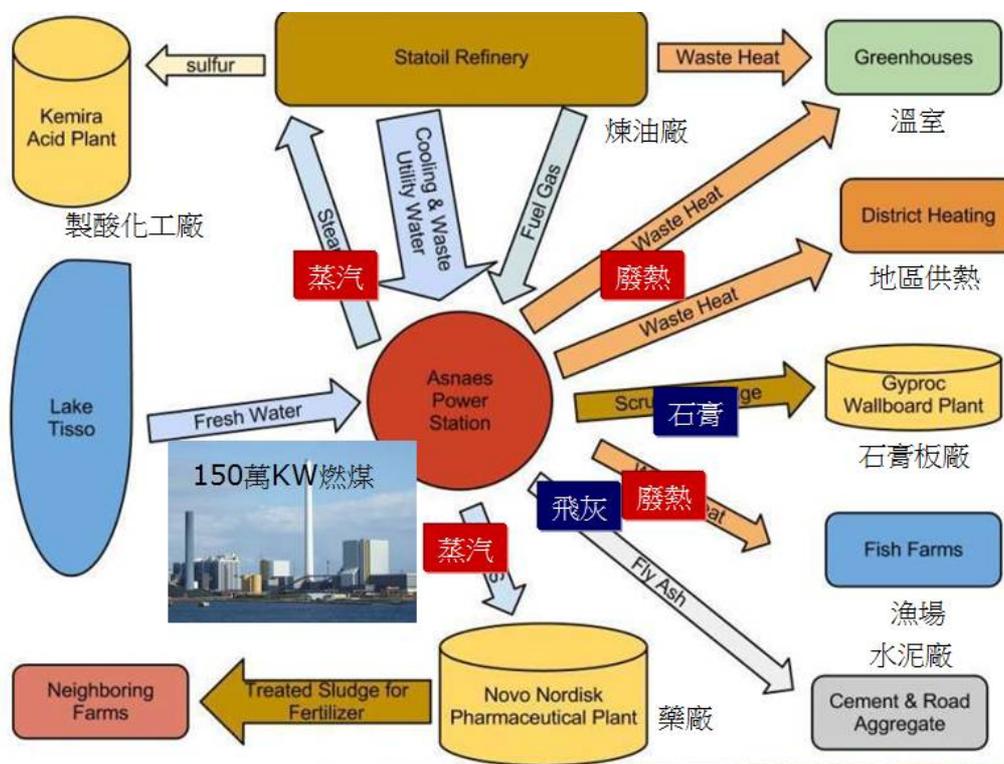


圖 12.生態電廠為資源化的體現案例

以生態電廠的微藻固碳為例，其循環經濟模式之圖示之下圖所示，可循環資源包含電廠的二氧化碳和廢水等，其處理程序主要則為光合反應器，其產品則包含餌料，保養品和生質燃料等。在應用面上，餌料可提供給海洋牧場養殖的魚種使用，保養品則可提供高價值的產品，生質燃料更可回至電廠鍋爐使用，完成完整的循環應用。

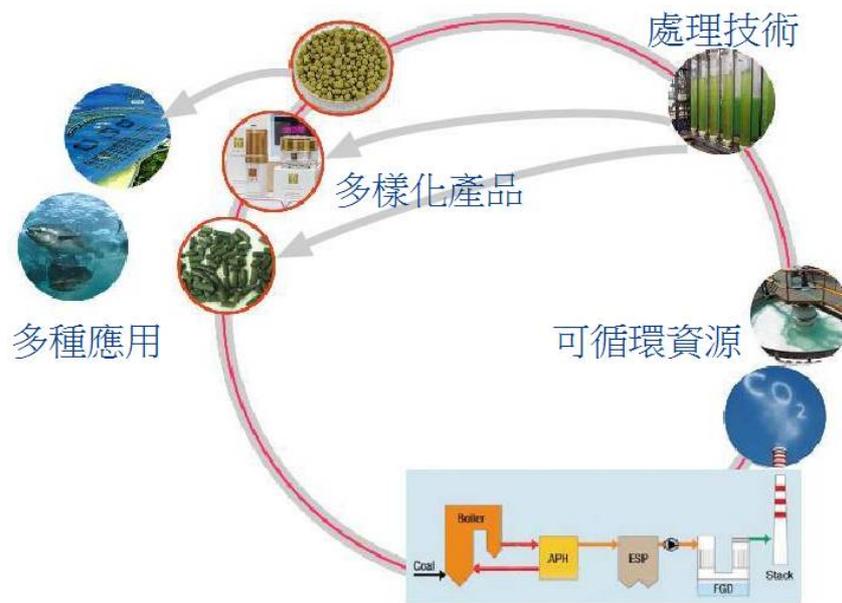


圖 13.生態電廠的循環經濟模式

如下圖所示，為了實現燃煤電廠建構為生態電廠的願景，應有必要建構技術研發平台以開發回收資源所需的程序。在這種概念下，各種電廠固體，液體和氣體副產物均被認為可循環應用的資源，而不是排放的廢棄物。而隨著各項技術的發展過程，循環經濟的目標希望可以在燃煤電廠中得以實現。



圖 14.生態電廠的技術研發平台

微藻固碳的特點如下各點所示

1. 可永續發展
2. 環境友善
3. 無需進行 CO2 純化
4. 生質物發電
5. 整合廢水處理
6. 價值鏈

如下圖所示，螺旋藻具有以下的特色

1. 生長速率：20 g /m<sup>2</sup> / day，和生質物的產量直接相關。
2. 和其他藻種相比，其品種大小是較大的(長度約 0.5 mm)，所以有利於後續的分離。
3. 可以耐受較高 pH 值的環境 (pH 8 to 11)，相對上，其他的藻類和污染物種則較無法忍受此種環境。

4. 可以在較高的水溫中成長(25-40 °C)，因此如果有電廠廢熱，在氣溫低的季節也可用以協助養殖。

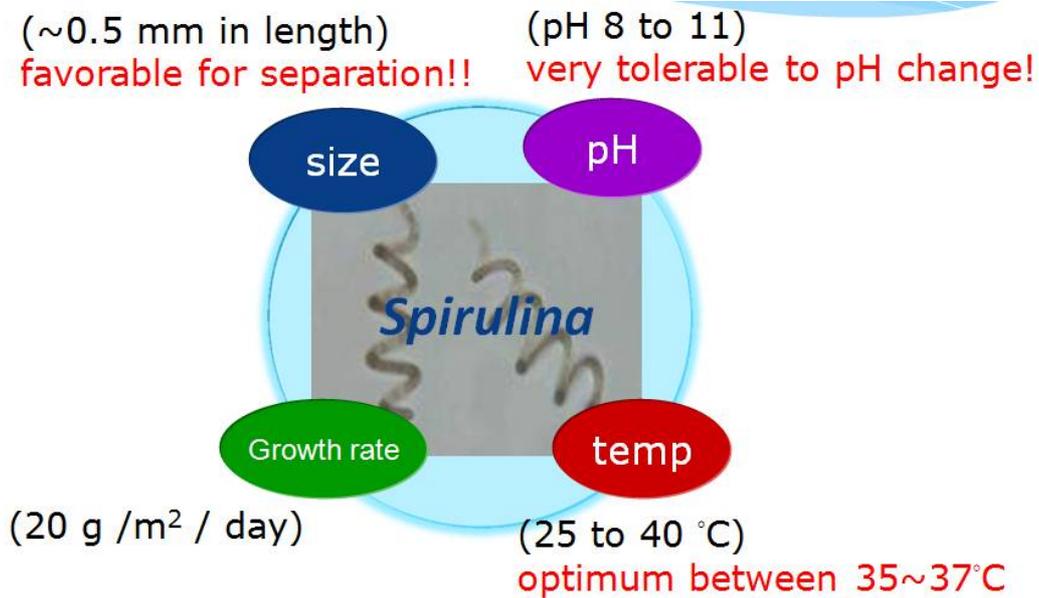


圖 15.螺旋藻具有的特點

事實上，擴大規模的挑戰正是發展海洋牧場的動機之一。如前所述，養殖面積是一個嚴重的問題，我們認為海洋牧場將成為解決方案之一。除了面積的問題，其他的挑戰包括

1. 品種的穩定性
2. 如收成等系統層次的生產標準化指標
3. 營養源規模放大
4. 持續性和管理
5. 水資源的管理和回收
6. 光照和溫度管理

對於基於藻類固碳計畫的總體發展路線圖如下圖所示，其中有 3 個重點

1. 開放養殖池至光合反應器的相關研發
2. 保健產品的開發利用

### 3. 生物燃料的研發和應用

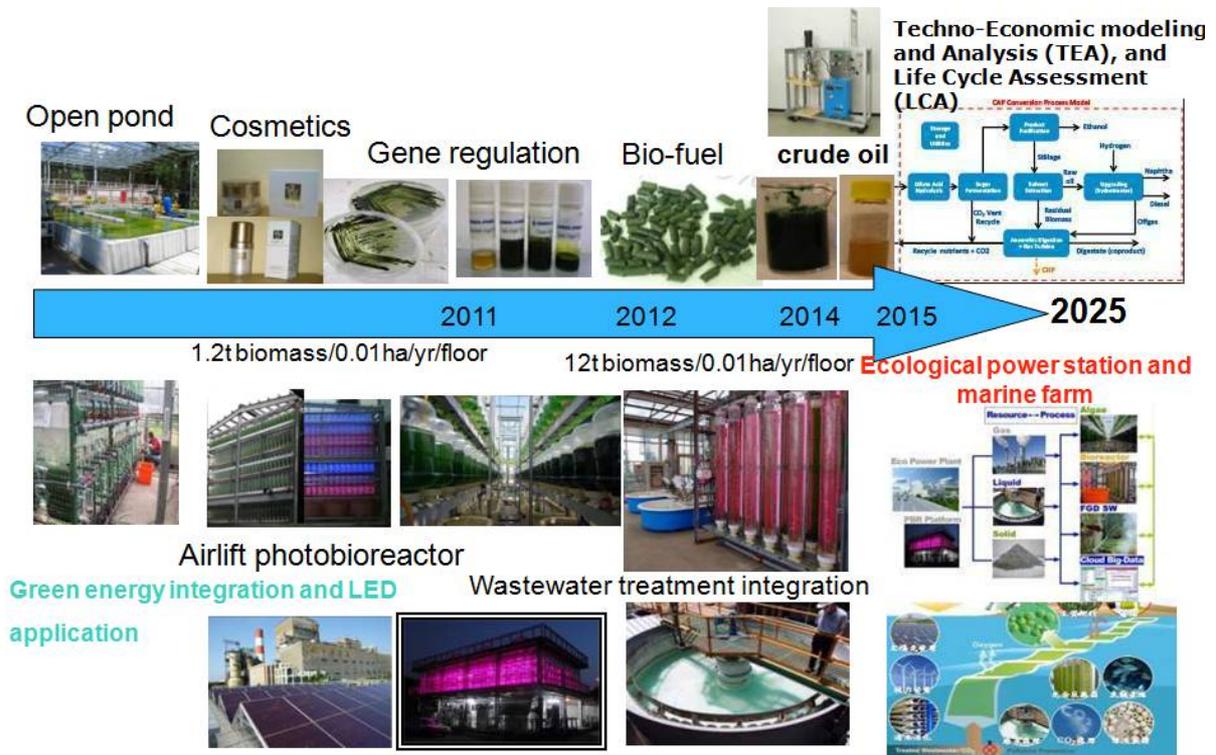


圖 16.藻類固碳計畫的總體發展路線圖

目前對電廠而言，海洋牧場仍然是一個新概念。以如下圖所示的3E模式來表示，我們主要透過這個模式來完成公司社會責任(CSR)，其中首要元素為來自電廠可循環使用的各項資源，包含氣體，廢水和煤灰。第二個元素則為可應用於系統中的再生能源，最後一項特色則為具有創造工作機會的可能性。

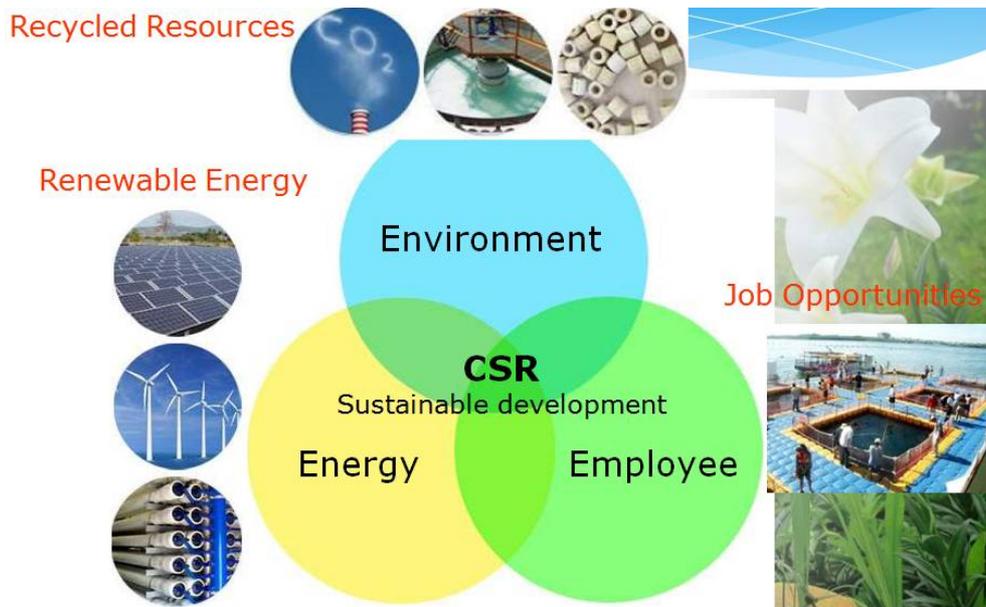


圖 17.具 3E 模式特色的海洋牧場

有關未來在林口電廠海洋牧場發展的意象如下圖所示，相關計劃將按照計劃進行，光合反應器已建構完成，網箱養殖將在不久的將來首先進行，之後人工魚礁，人工濕地，藻袋培養和再生能源等工作將依序執行。一旦網箱養殖獲得驗證，也將開始規劃大規模的養殖。

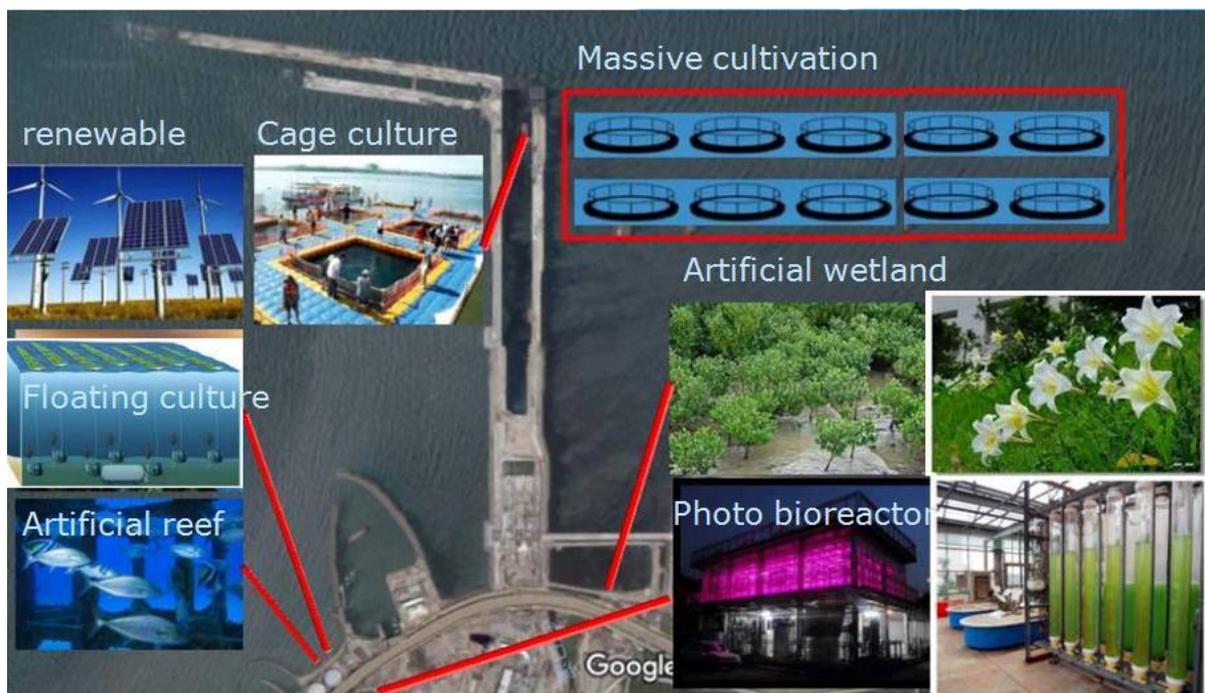


圖 18.海洋牧場發展的意象圖

## 6. 心得與建議

1. 不論已開發國家或開發中國家，煤炭在可預見的未來將仍然是電力供應的重要能量來源，但隨著環保意識的高漲，尤其是全球氣候暖化的效應日益明顯，使得如何善加處理空氣污染和廢水排放等議題成為未來燃煤電廠營運上必定面臨的主要課題。而從此次研討會所見，本公司林口及大林兩電廠之新機組採用超超臨界機組發電確已符合採用效率更高機組的時代趨勢，而在碳捕捉和封存及生質燃料的使用上則仍待繼續努力。而在廢水處理方面，積極發展脫硫廢水的零排放技術已是國際間的技術共識，其中又以技術相對成熟的蒸發結晶技術最具可行性，程序發展重點為進一步的優化以降低營運成本。
2. 目前操作中和建造中的大型 CCS 計劃以北美地區為大宗，而計畫中的則以中國大陸為最多，研發重點的趨勢上，整合計劃部分主要在於尋求更大規模及更多的工業應用，碳捕獲則希望可以找到更有效率的吸收或吸附技術以降低成本，而碳封存的研發重點則為進行更多的鹽水層經驗以及風險管理。而在可能的應用方案中，藻類固碳屬於可能性較高的類別，是目前公認具有潛在可行性的方案，因係屬環境友善技術，再加上可用以處理氨氮廢水，是值得研發的生物處理技術。
3. 以生態電廠為願景的前提下，研發各項環境友善技術以循環應用各項在地資源，確是循環經濟理念的體現。環境友善技術中，微藻養殖與廢水處理的整合程序，具固碳及廢水資源化的綜效，且產出的生質物也具經濟價值，將是具循環經濟效益的低碳處理程序。而海洋牧場概念的提出，就是為了使固碳及廢水處理整合的大型化得以實現，其初始重點為溫排水及煙氣除硫海水之水產養殖應用驗證，另外也將透過人工魚礁的施作及測試，來營造海域中的多樣化生態，使其具聚魚效果，可望產生正面環境與養殖效益，並與地區漁會漁民分享，共榮發展創造雙贏局面。