



H₂與氢能經濟

工研院 國際中心
藍兆禾
2016.11.08



報告內容

- 氢能經濟
- 產氫
- 儲氫
- 國際氢能社會發展

氢能經濟

◆ 氫氣的生產

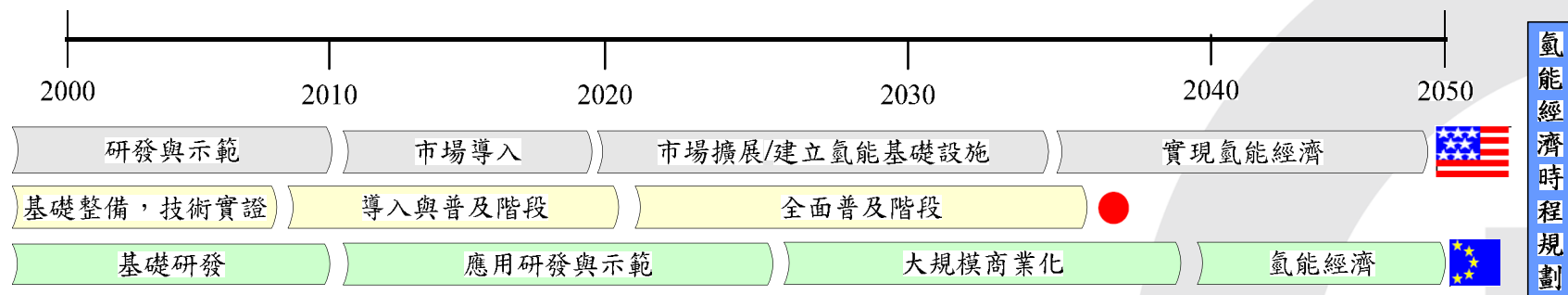
- 石化燃料重組、電解水、生物產氫、太陽能分解水

◆ 氫氣的儲存

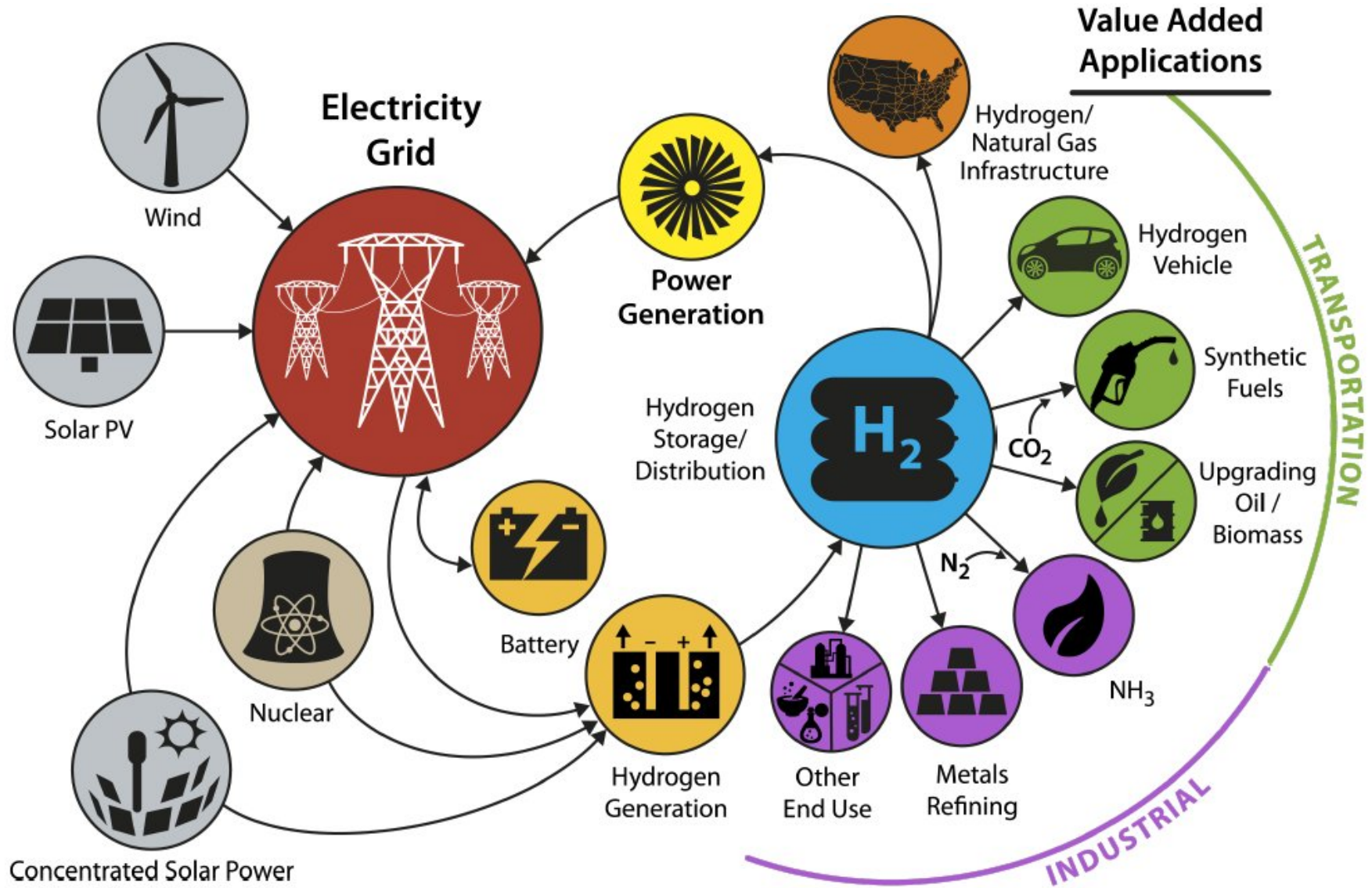
- 高壓儲存、液態氫、金屬氫化物、化學儲氫

◆ 氫氣的應用

- 燃料電池、氫氣發電、氫氣燃燒



氫能經濟





產氫技術



產氫技術分類

商品化技術

- 電解水產氫
- 重組產氫

研發技術

- 光觸媒產氫
- 熱化學水解產氫
- 生質能產氫
-



商業型電解水產氫技術

Type of Electrolyzer

Development stage

Technical benchmark

Alkaline Electrolyzer	Conventional → commercial Advanced → prototype and partial commercial	Efficiency: 63~73%(HHV) Power need: 53.4~67.9kWh/kg Life time: 10 yr
PEM Electrolyzer (Polymer electrolyte membrane Electrolyzer)	Small type → commercial Medium type → prototype	Efficiency: 56%(HHV) Power need: 62.3~70.1kWh/kg Life time: 5 yr
Solid oxide Electrolyzer	Lab stage and prototype Still under development	Power need: 40 kWh/kg

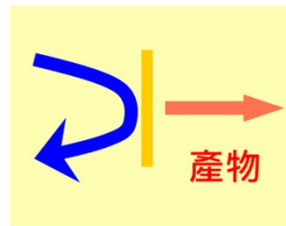
D O E 目 標

Characteristics	Units	2011 Status ^c	2015 Target ^d	2020 Target ^e
Hydrogen Levelized Cost (Plant Gate) ^f	\$/kg H ₂	4.10	3.00	2.00
Total Capital Investment ^b	\$M	68	51	40
System Energy Efficiency ^g	%	67	73	75
	kWh/kg H ₂	50	46	44.7
Stack Energy Efficiency ^h	%	74	76	78
	kWh/kg H ₂	45	44	43
Electricity Price ⁱ	\$/kWh	From AEO '09	\$0.049	\$0.031

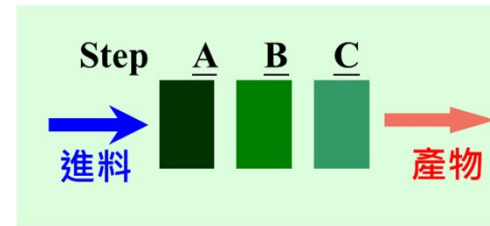


重組產氫技術

膜分離



傳統多段處理(PSA)

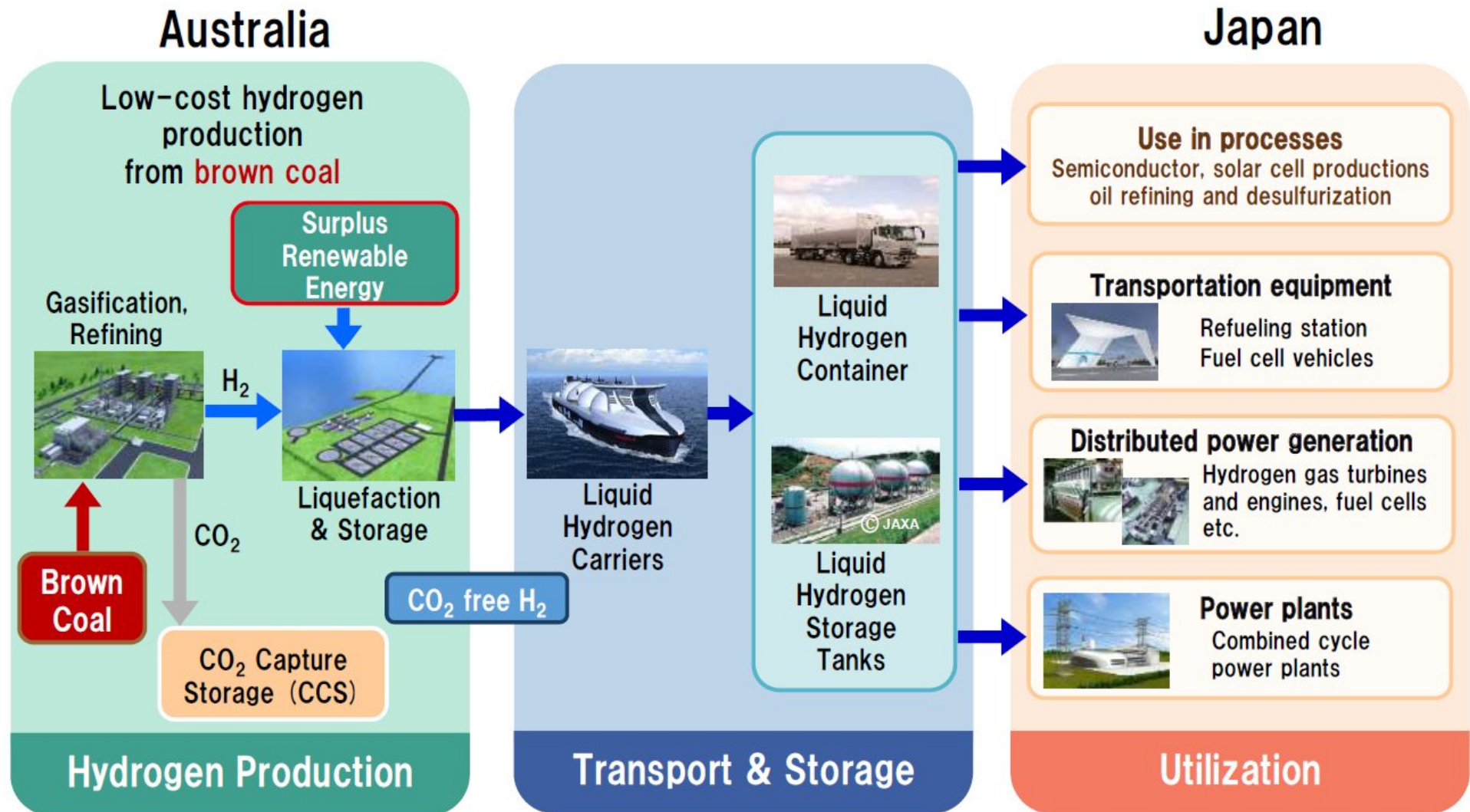


機構簡單	一薄膜單元即可	需多組單元
能耗低	單元少，操作能耗少 (加壓5~10bar以內)	單元多，操作能耗高(加壓 >20bar，其他電力)
產物品質高	理想的薄膜可使氫氣純度 >99.999999% (但與 原始氫氣濃度有關)	最高99.999%
體積小	單元少，膜材可藉由設 計達空間最小化	單元多，佔地面積大

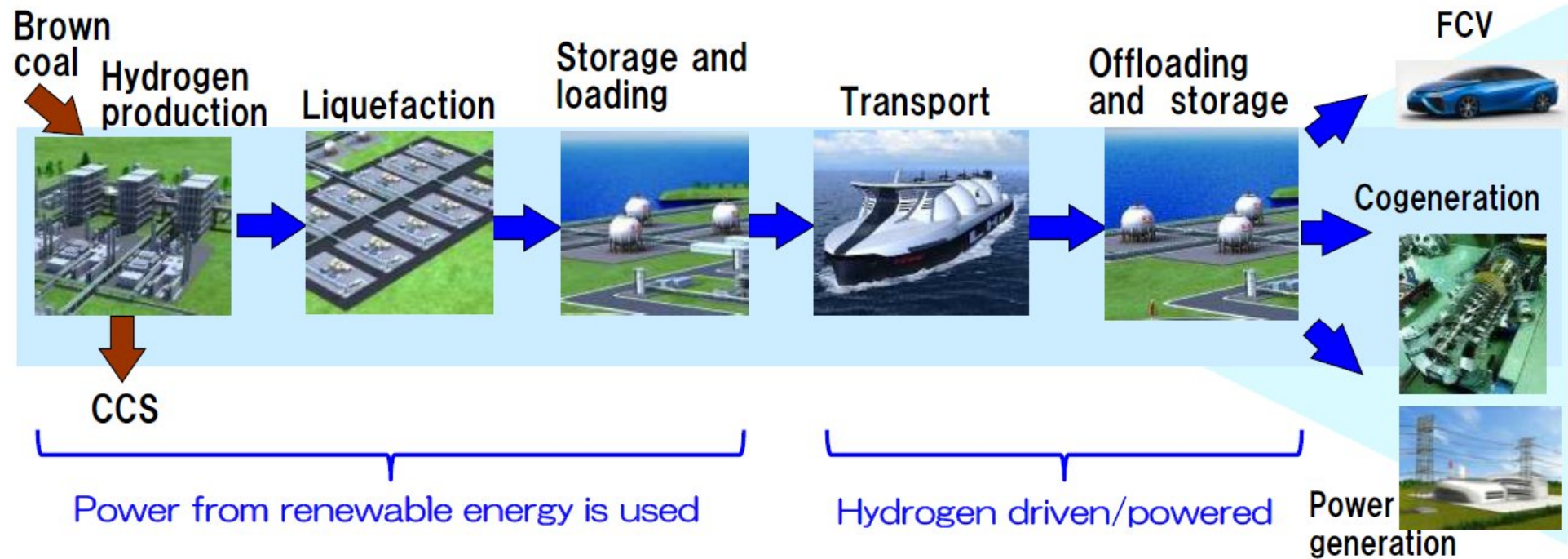
DOE目標

Characteristics	Units	2011 Status ^d	2015 Estimate ^e
Hydrogen Levelized Cost (Production Only) ^f	\$/kg H ₂	2.00	2.10
Production Equipment Total Capital Investment	\$M	1.5	1.2
Production Energy Efficiency ^g	%	71.4	74
Production Equipment Availability ^c	%	97	97
Industrial Natural Gas Price ^h	\$/MMBtu	from Annual Energy Outlook (AEO) 2009	from AEO 2009

Concepts of CO₂ Free Hydrogen Supply Chain



Feasibility Study on Commercial Supply Chain

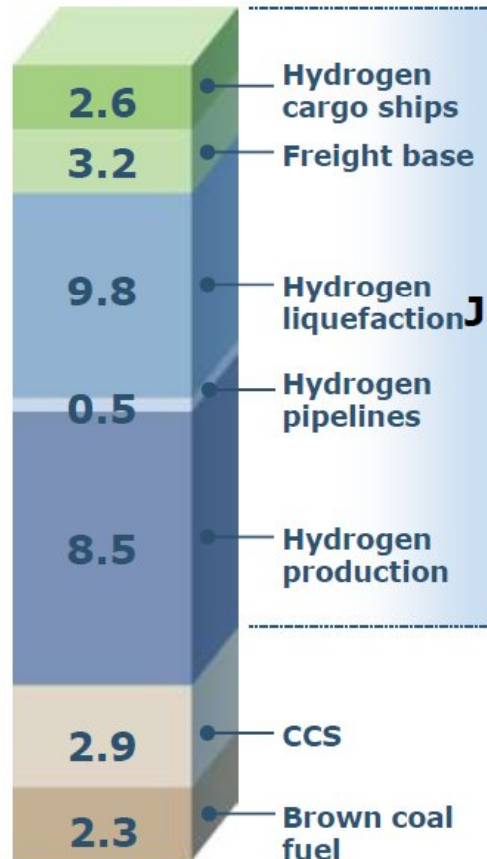


- **Ingredient of hydrogen** : Victorian brown coal
- **Coproduced CO₂ disposal** : locally sequestered ⇒ CO₂ free
- **Hydrogen production** : 770t/day corresponding fuel for 3 million FCVs or 1GW power station

Cost Evaluation of Feasibility Study (FS)

Hydrogen cost (CIF)

29.8 yen/Nm³



Japanese technologies and products

[Scale]

3 million



FCV

or

Equivalent to one 1 GW hydrogen power generator

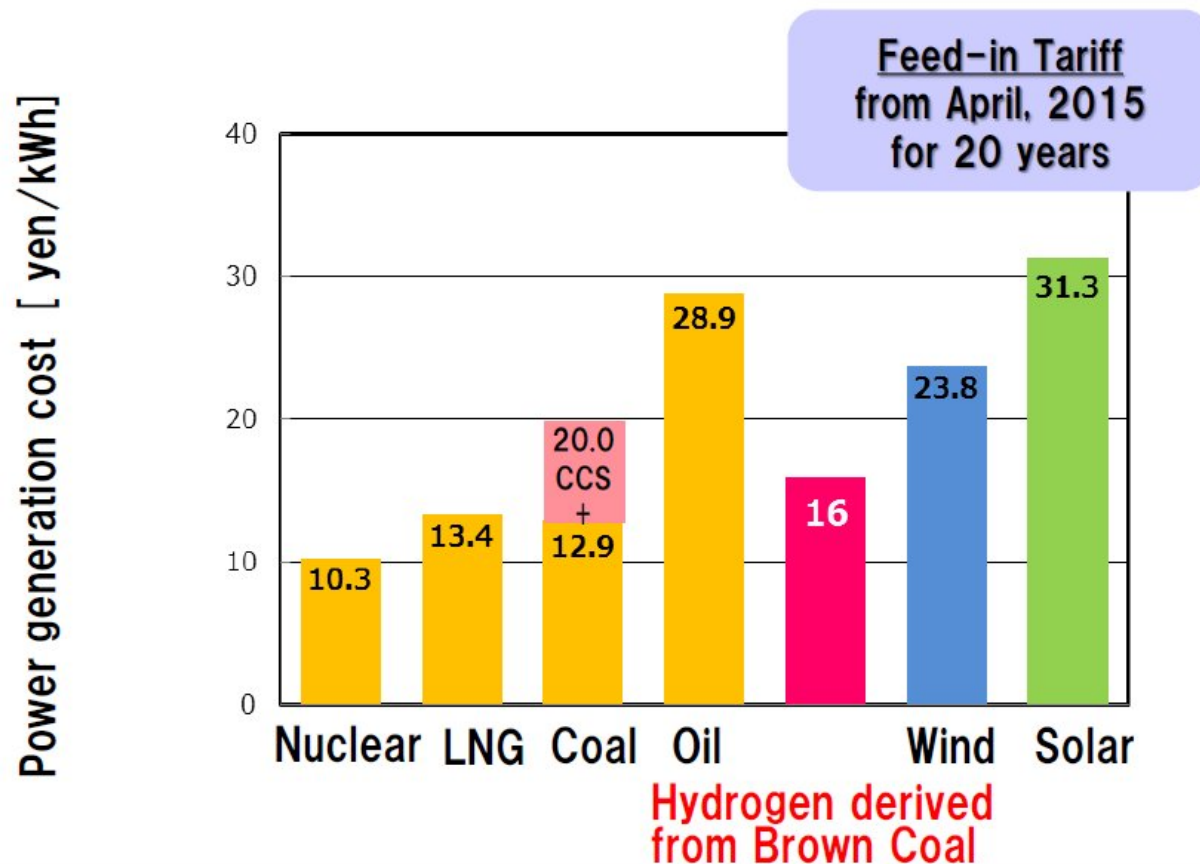


Hydrogen power

Comparison of Unit Cost of Power Generations

Most cheap among CO₂ free energies, though more expensive than the fossil and nuclear powers.

Cheaper, more stable and vast as compared to the renewables.





儲氫技術





儲氫技術分類

- 高壓儲氫與液態儲氫
- 儲氫材料
 - Absorption.
Incorporation of atomic hydrogen into interstitial sites in the lattice structure.
 - Adsorption.
Physisorption/chemisorption, require highly porous materials to maximize the surface area.
 - Chemical reaction.



儲氫技術現況比較

Storage Targets	Gravimetric kWh/kg (kg H ₂ /kg system)	Volumetric kWh/L (kg H ₂ /L system)	Costs \$/kWh (\$/kg H ₂)
2020	1.8 (0.055)	1.3 (0.040)	\$10 (\$333)
Ultimate	2.5 (0.075)	2.3 (0.070)	\$8 (\$266)
Projected H ₂ Storage System Performance (5.6 kg H ₂ usable)	Gravimetric kWh/kg	Volumetric kWh/L	Costs* \$/kWh
700 bar compressed (Type IV)	1.5	0.8	17
350 bar compressed (Type IV)	1.8	0.6	13
Metal Hydride (NaAlH ₄ /Ti)	0.4	0.4	43
Sorbent (MOF-5, 100 bar) MATI, LN2 cooling [HexCell, flow-through cooling]	1.2 [1.2]	0.7 [0.6]	16 [15]
Chemical Hydrogen Storage (AB-50 wt.%) [AlH ₃ – 60 wt.%]	1.5 [1.1]	1.4 [1.2]	17 [22]

Ref.: T. Stetson, et al., DOE Merit Report 2015

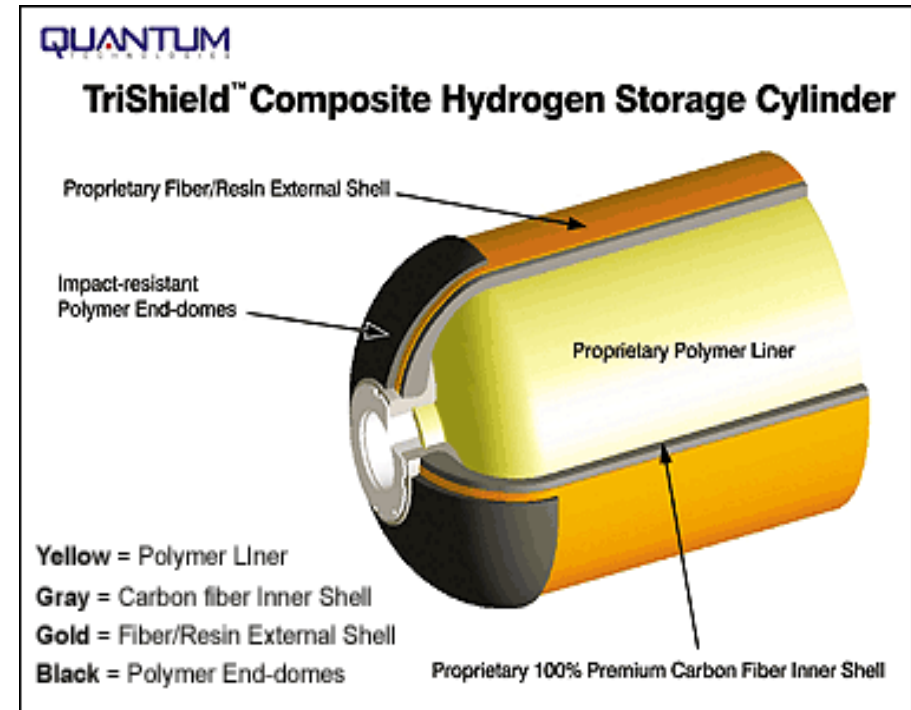
高壓儲氫

Type-I是金屬容器；鋼材容器最大壓力是200bars；運送氫氣用途

Type-II是金屬內襯外面圈包覆式玻纖或碳纖；最大壓力是299bars；價格便宜，未來提昇耐壓強度取代TYPE-III用於加氫站

TYPE-III是金屬內襯外面全包覆式碳纖；最大壓力超過700 bars；材質重多用於加氫站

TYPE-IV是聚合物內襯外面全包覆式碳纖；最大壓力約700 bars；材質輕用於車輛

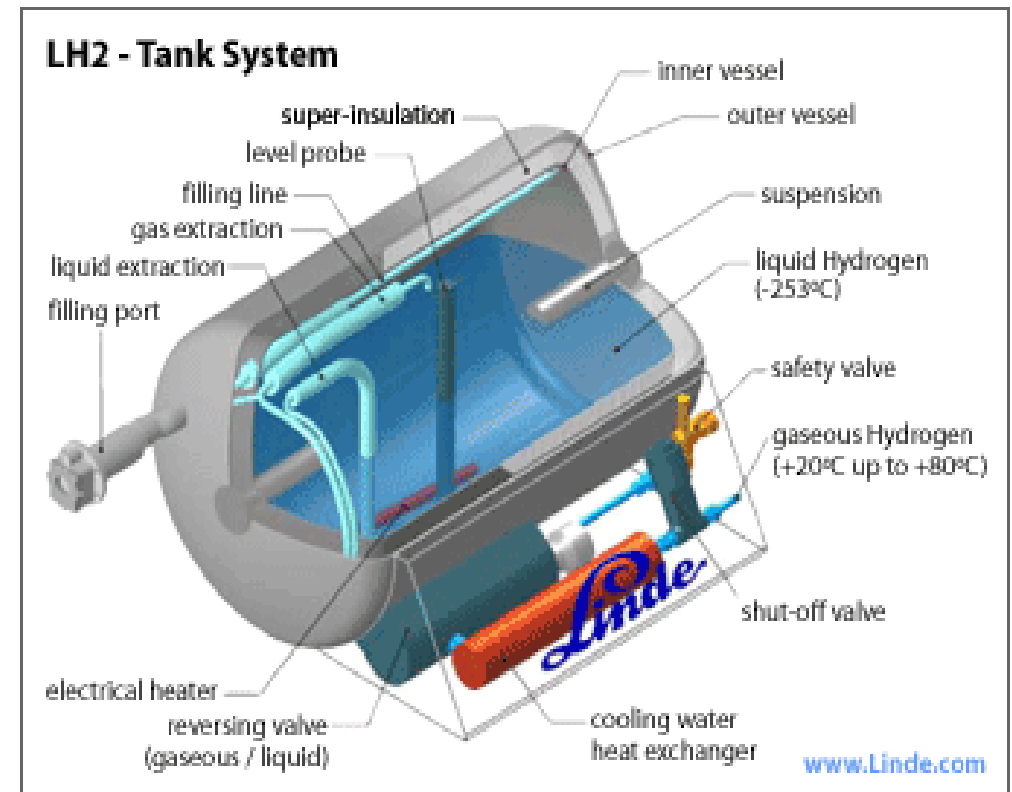


Ref:http://www.gm.com/company/gmability/adv_tech/400_fcV/hydrostor_050103.html

液態儲氫

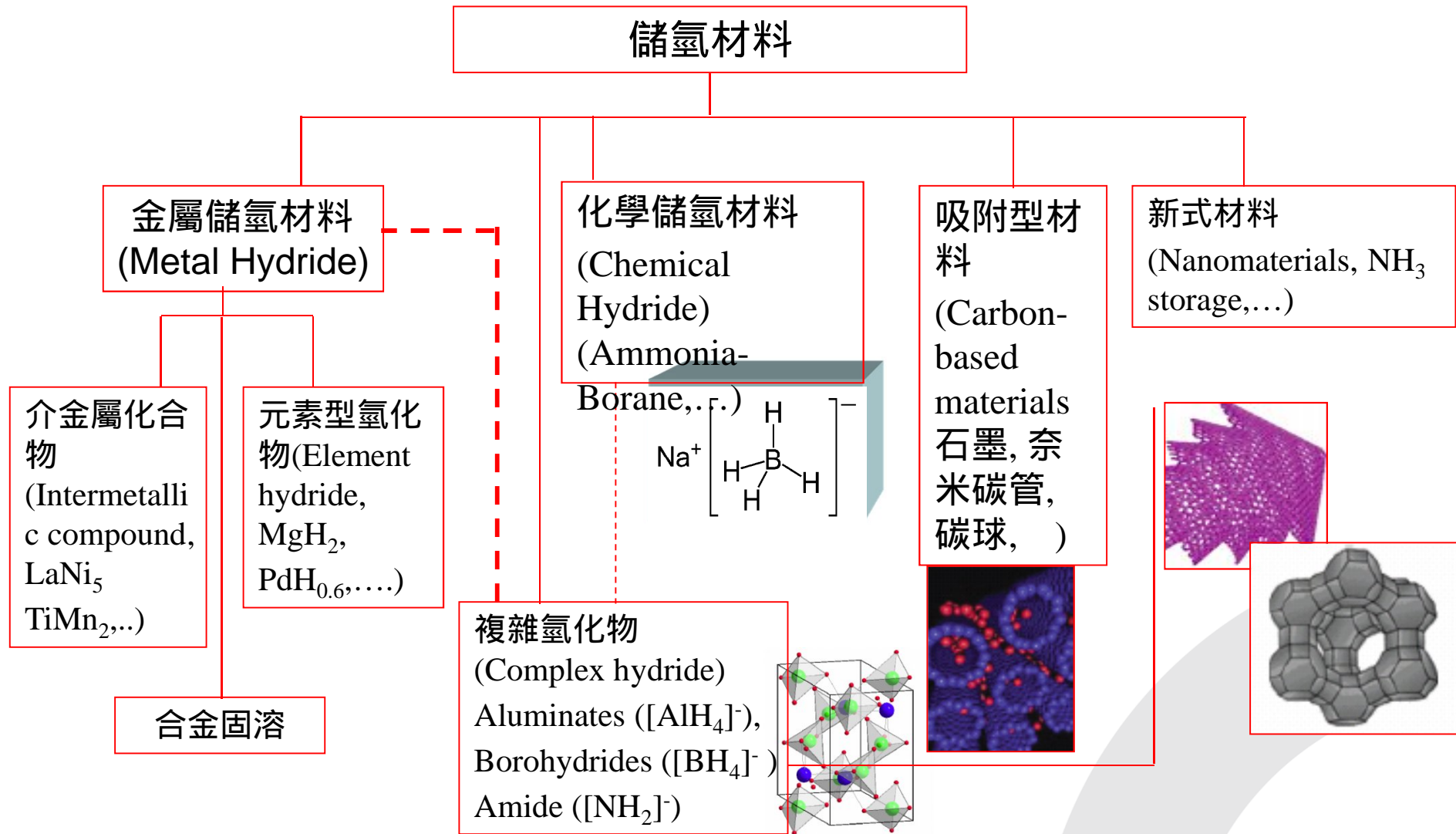
為增加儲氫容量，將氫氣儲存在液體狀態

- Issue 1 : Hydrogen boil-off
- Issue 2 : Energy for hydrogen liquefaction is high; typically **30%** of the heating value of hydrogen

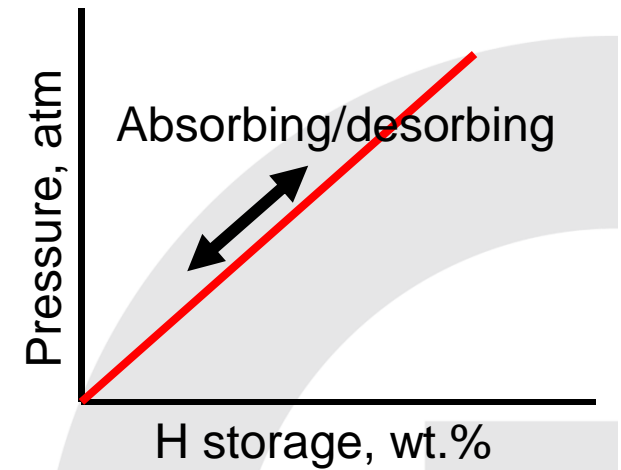
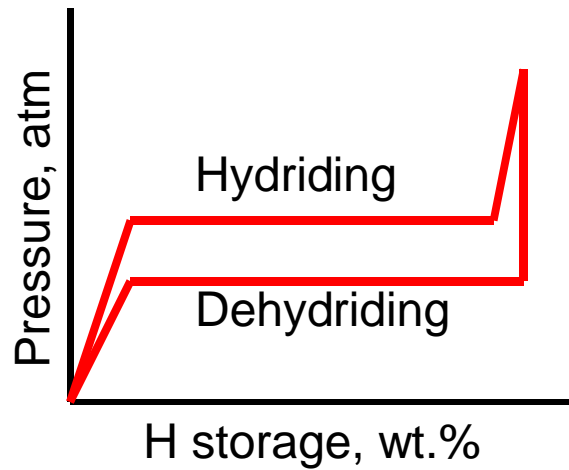
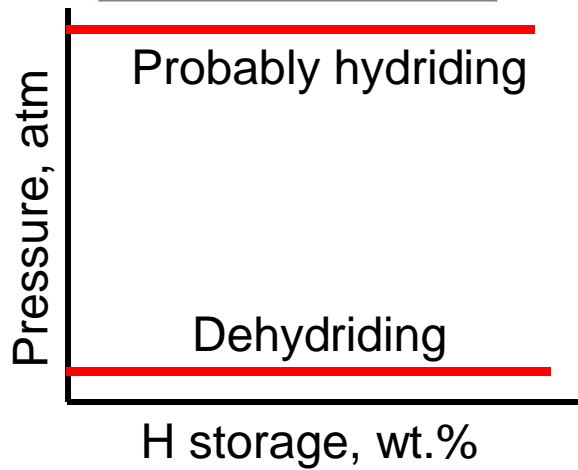
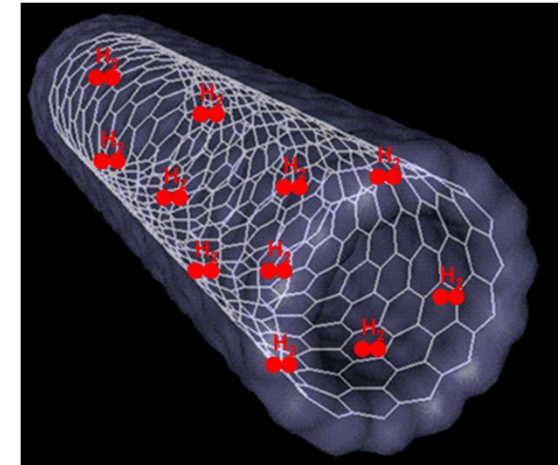
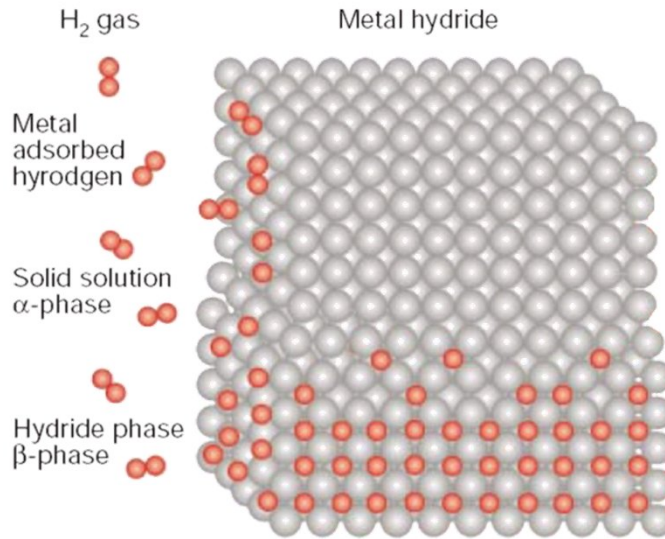
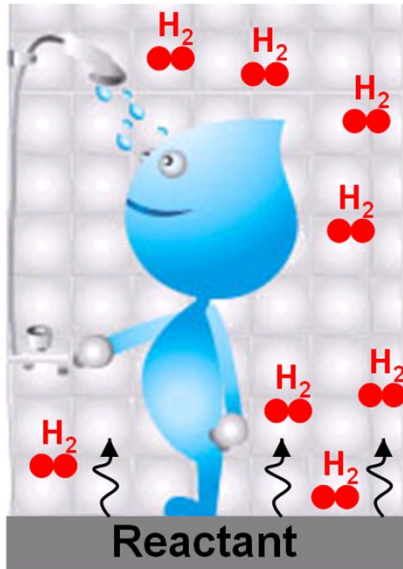


Ref:http://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/storage/hydrogen_storage.html

儲氫材料家族



固態儲氫技術分類



Chemical Hydride

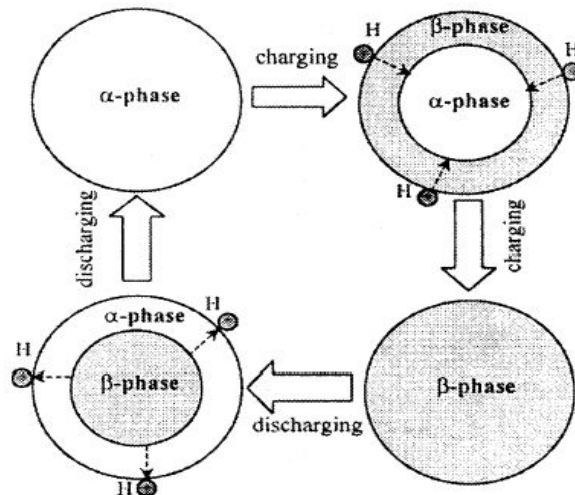
Metal Hydride

Sorbents

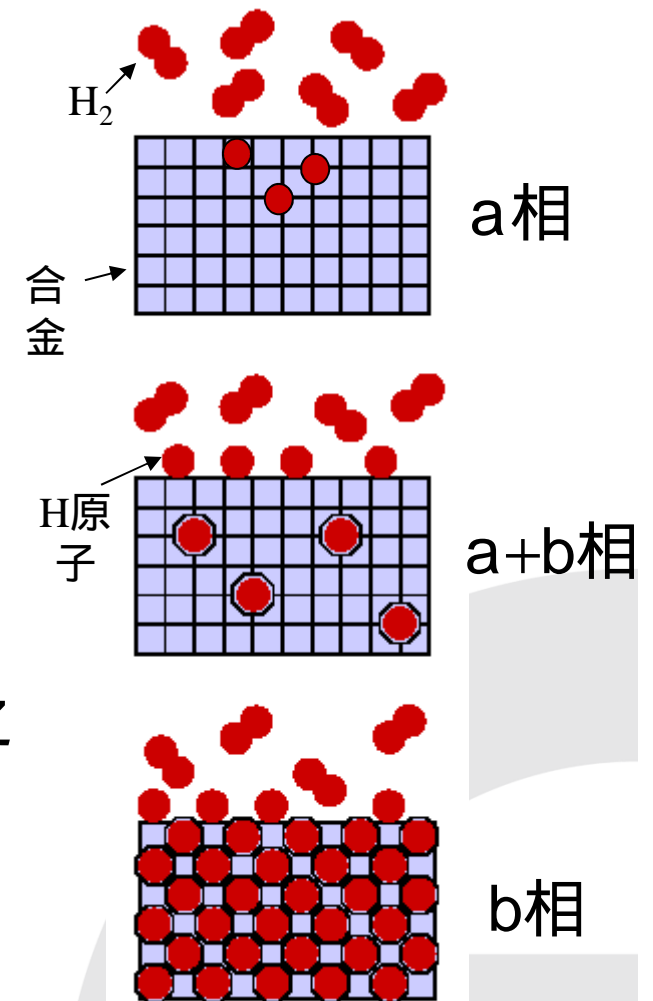
金屬氫化物儲氫原理

對氫氣而言，儲氫時歷經吸附、擴散等步驟，分別如下所示：

- (1) 物理吸附
- (2) 氫分子在表面解離形成氫原子
- (3) 氫原子滲透擴散，形成固溶相()
- (4) 形成氫化物相()

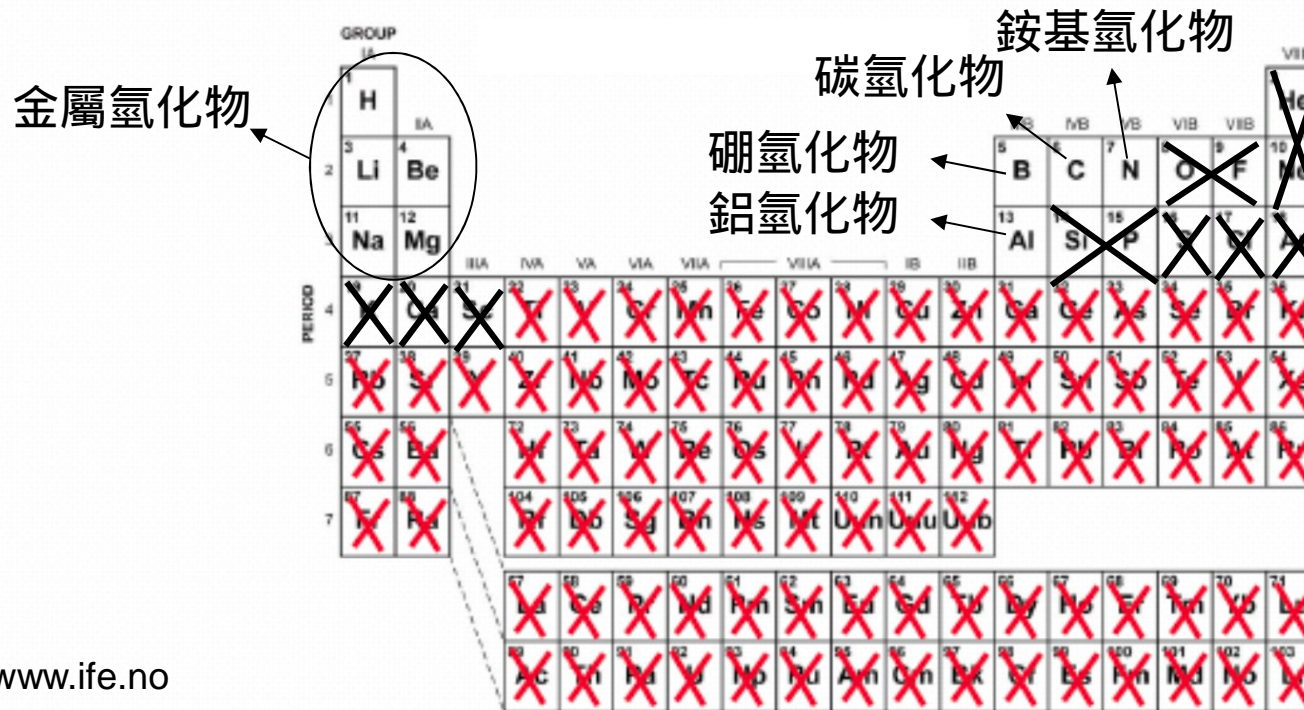


對合金而言，儲氫是一個由a相變為b相之相變化反應



化學儲氫材料

The Challenge – 6 wt% H₂



- $H/M = 2 \Rightarrow M$ must be lighter than S (element 16)
- $H/M = 3 \Rightarrow M$ must be lighter than Sc (element 21)



國際氫能社會發展

日本科技創新立國策略

【科學技術創新的重要性】

- 確保經濟再生的原動力
- 促進永續發展的突破力
- 提升國際地位的關鍵力

【強化總合科學技術會議(CSTI)司令塔功能】

<政策面>

- 政策整體之系統化與重點化
- 預算與成效的PDCA體制確立
- 解決重要課題(五大政策課題)
- 兩大國家重點計畫(SIP及ImPACT)的推進
- 孕育創新環境的整備與改革

<預算面>

- 透過資源配置方針與執行計畫等推進重要政策
- 透過科學技術創新預算戰略會議促進相關府省間合作與協調(跨部會)

<法規面>

- 強化總合科學技術會議及事務局功能

日本能源科技創新目標

【五大政策課題之一】

能源課題: 創能(環保經濟穩定), 節能(提升能源效率)

→ 建構經濟環保的能源供應系統

→ SIP 主導, 各省 AP (跨部會研發計畫)

➤ 革新的燃燒技術

(以汽車內燃機構為技術出口, 熱轉換效率達50%以上)

➤ 次世代海洋資源調查技術

(開發海洋資源, 維護環境與保障資源)

➤ Energy Career

(確立氫能製造運送儲存技術, 達到和石化燃料同等成本競爭力)

能源載體技術創新

Energy Carrier

【研發內容】

- 氫氣製造運輸儲存相關技術 (液態氫，有機溶劑，氫等)
- 建置低成本氫能供應鏈 (以再生能源高效率製造氫氣，有機溶劑，氫的製造與脫氫技術研發。提升氫氣，燃料電池，渦輪，引擎的能源使用效率相關研發及實證實驗)。
- 鬆綁氫氣運送及使用安規相關研究

【技術出海口戰略】

- 2017年: 進行實證實驗後進入普及階段
- 2018年以後: 將加氫站，燃料電池車，渦輪等技術研發成果於2020年東京奧運呈現。於特定地區確立氫氣製造，運輸，儲存，利用相關技術，並進行相關實證實驗。
- 2018年以後: 在海外市場進行CO2 Free的氫能製造國際共同研發，並進行整體系統的實證實驗。

改革2020六大計畫



【計畫1】次世代都市交通系統，自動駕駛技術

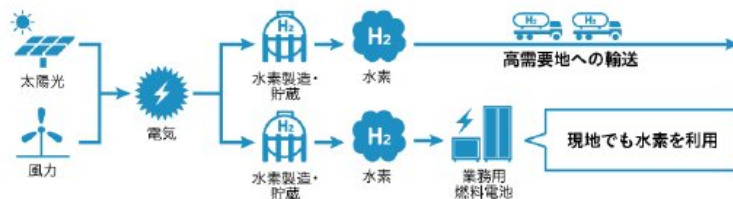
【計畫2】建構分散型能源系統，革新能源管理

【計畫3】活用先端機器人技術，實現未來社會

【計畫4】高品質日本醫療服務，吸引海外需求

【計畫5】世界最前瞻的觀光國，積極全面打造

【計畫6】改善國內經商的環境，增加對日投資



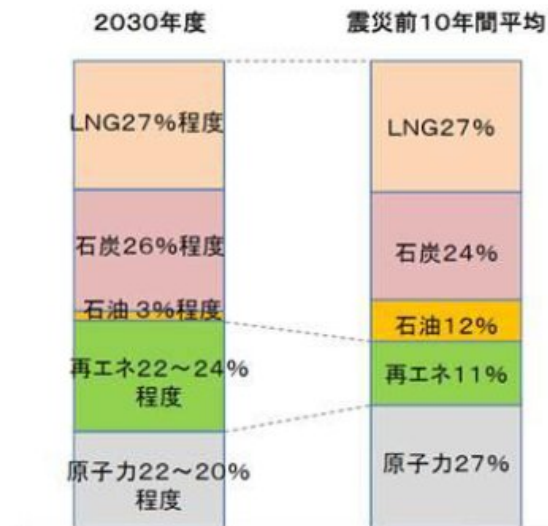
日本再生能源政策

- 現階段再生能源比重約為11%，2030年計劃提升到22-24%。
- 提升再生能源比重的重要關鍵為能源儲存技術，短期以蓄電池，長期以氫能為主。
- PtG主要研發項目:大容量水電解設備，整體控制系統，氫氣運送技術(高壓，液態，MCH，氫/2040年)

電源構成・発電電力量(億kWh)

	2030年度	
石油	315	3%
石炭	2,810	26%
LNG	2,845	27%
原子力	2,317~2,168	22~20%
再エネ	2,366~2,515	22~24%
合計	10,650	100%

	2030年度	
太陽光	749	7.0%
風力	182	1.7%
地熱	102~113	1.0~1.1%
水力	939~981	8.8~9.2%
バイオマス	394~490	3.7~4.6%



資料來源:經產省資源能源廳

日本氢能社會建構百年大計

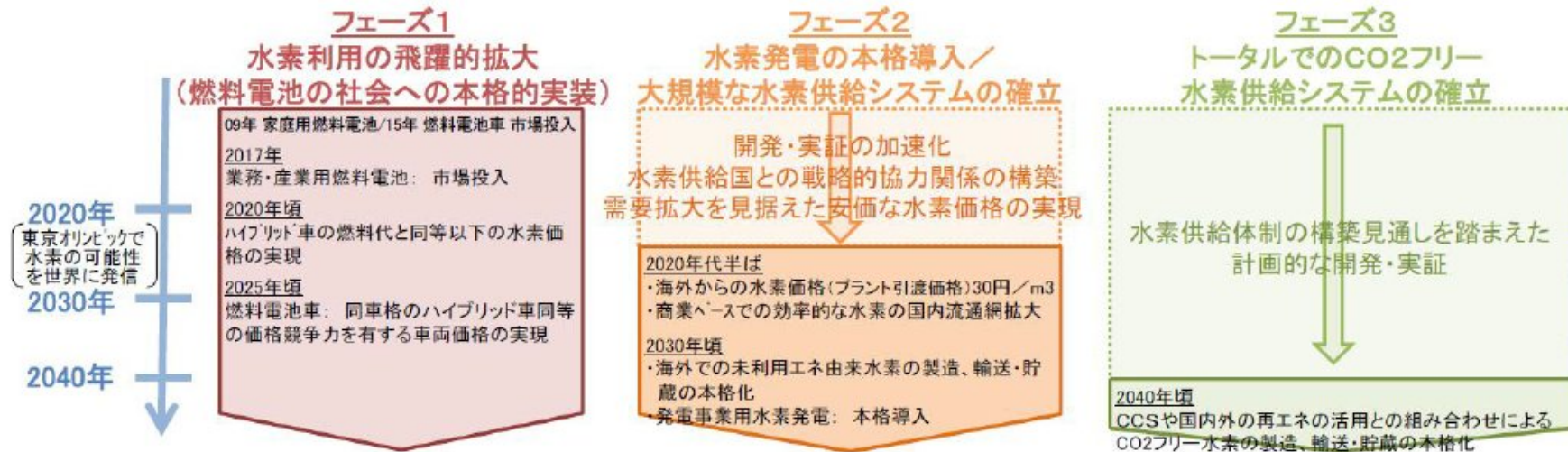
【建構氢能社會三階段】

日本經濟產業省於2014年6月訂定氫氣燃料電池戰略Roadmap:

第一階段(2025年左右): 擴大氫氣需求

第二階段(2025年開始): 開始氫氣發電，確立大規模氫氣供應鏈

第三階段(2040年左右): 確立完全不產生二氧化碳的氫氣供應鏈

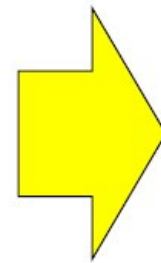


資料來源: METI 水素・燃料電池戦略ロードマップ

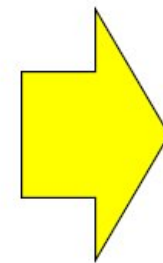
日本氢能社會建構百年大計

【日本各地政府共襄盛舉】

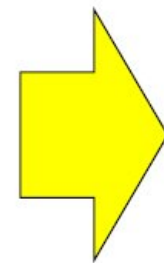
東京/大阪/福岡:下水汙泥或垃圾→氣化→產氫
北海道:風力/畜產廢棄物/小水力發電→產氫
青森縣/秋田縣/神奈川縣:風力發電→電解水產氫
福島縣:風力/PV發電→電解水產氫
宮城縣:廢棄木材→產氫
山形縣/長野縣:下水汙泥氣化→產氫
山梨縣:PV發電
山口縣:PV發電→電解水產氫→Enefarm →發電
長崎縣:遠洋風力→電解水產氫
德島縣:再生能源的加氫站
川崎市:提供氫氣
岐阜縣:Hydrogen Grid(八百津町)
北海道釧路市:氫能供應鏈



能源地產地消



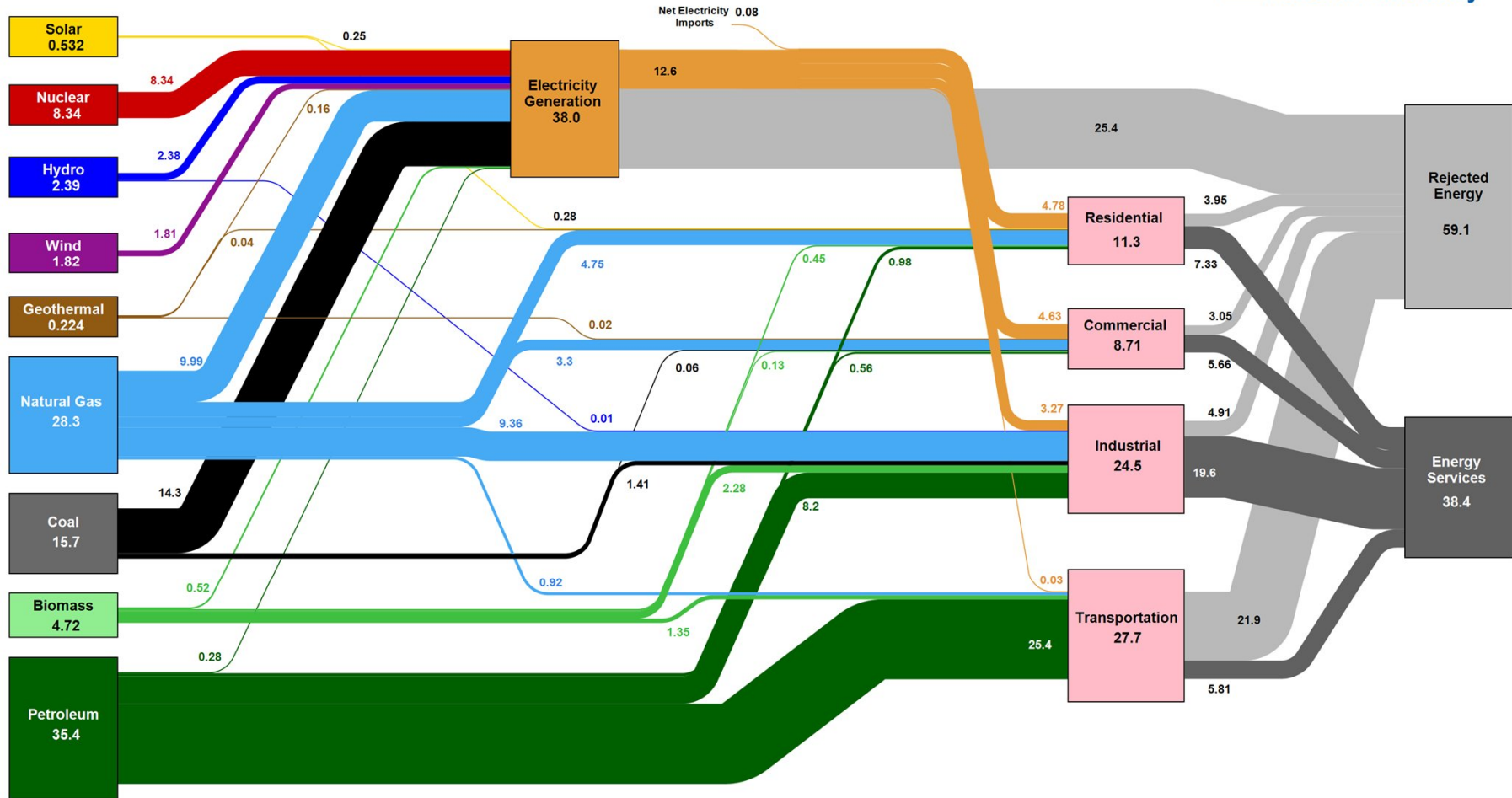
振興產業，增加就業



活絡地方經濟

美國能源流程(2015)

Estimated U.S. Energy Consumption in 2015: 97.5 Quads



Source: LLNL March, 2016. Data is based on DOE/EIA MER (2015). If this information or a reproduction of it is used, credit must be given to the Lawrence Livermore National Laboratory and the Department of Energy, under whose auspices the work was performed. Distributed electricity represents only retail electricity sales and does not include self-generation. EIA reports consumption of renewable resources (i.e., hydro, wind, geothermal and solar) for electricity in BTU-equivalent values by assuming a typical fossil fuel plant heat rate. The efficiency of electricity production is calculated as the total retail electricity delivered divided by the primary energy input into electricity generation. End use efficiency is estimated as 65% for the residential sector, 65% for the commercial sector, 80% for the industrial sector, and 21% for the transportation sector. Totals may not equal sum of components due to independent Rounding. LLNL-MI-410527



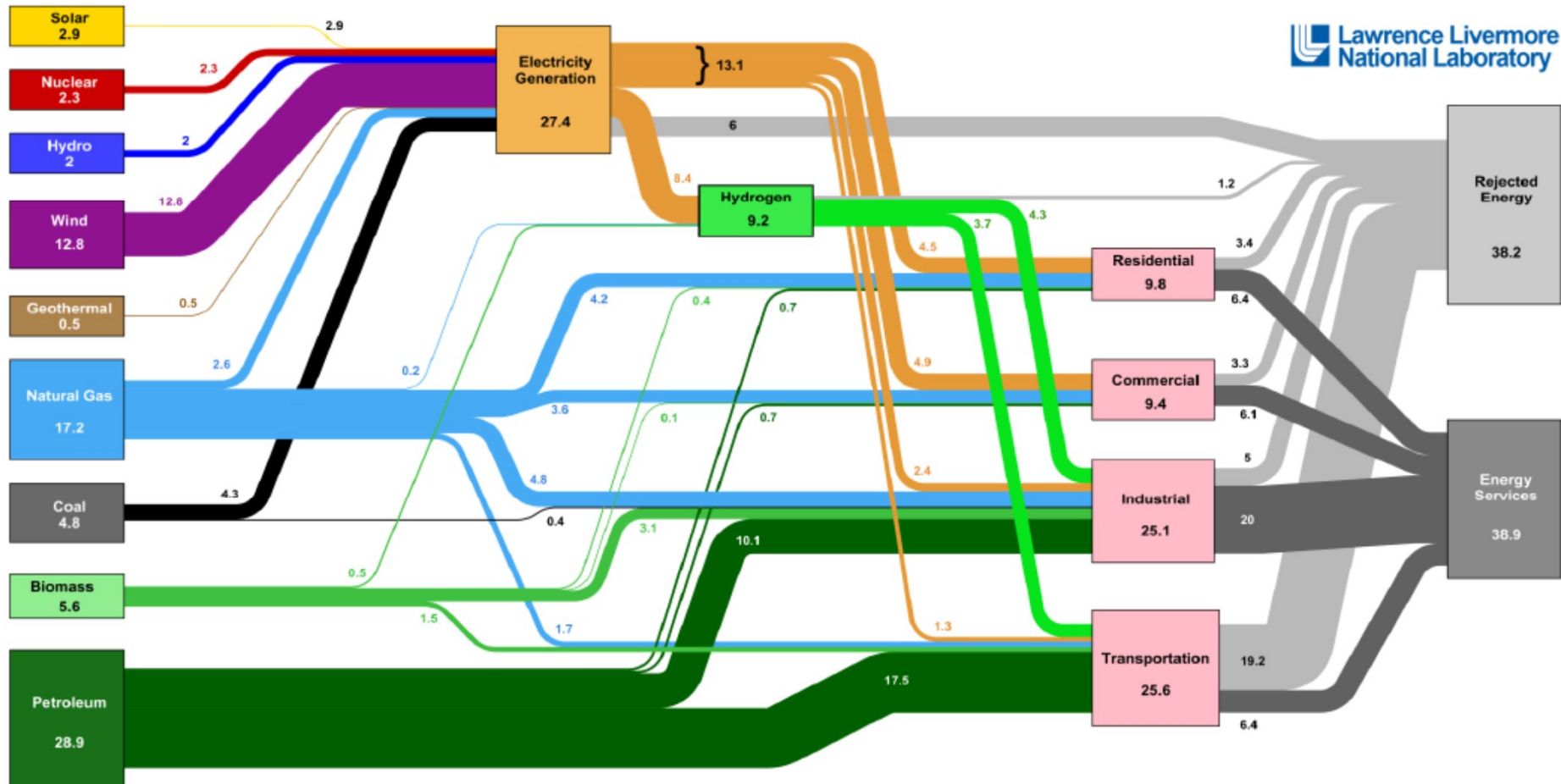
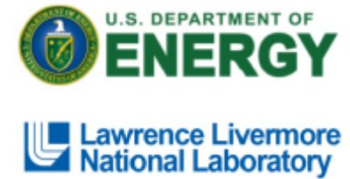
美國減碳排放目標

1. Reduce GHG emissions by 17% by 2020, 26-28% by 2025 and 83% by 2050 from 2005 baseline Climate Action Plan ★
2. Reduce net oil imports by half by 2020 from a 2008 baseline Blueprint Secure ★
3. Double energy productivity by 2030 Department of Energy
4. By 2035, generate 80% of electricity from a diverse set of clean energy resources Blueprint Secure Energy Future ★
5. Reduce CO₂ emissions by 3 billion metric tons cumulatively by 2030 through efficiency standards set between 2009 and 2016 CAP Progress Report

Decrease all US carbon emission by about half (2050)

美國能源預估流程(2050)

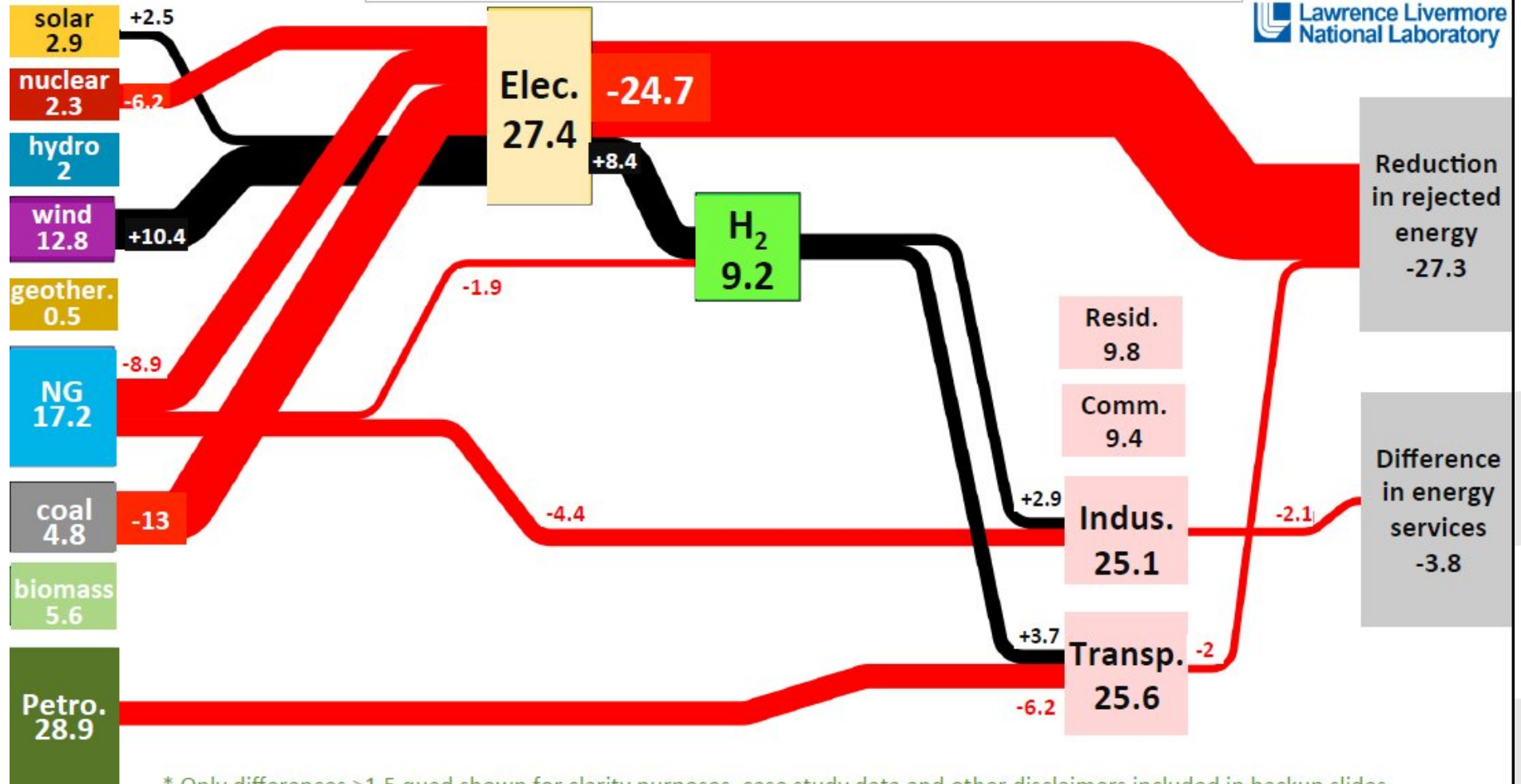
2050 Estimated U.S. Annual Energy Use with High Hydrogen Contributions Broken Out ~ 77 Quads



再生能源增加及化石能源減少預估量

Energy Use difference between 2050 high-H₂ and AEO 2040 scenarios (Quad Btu)

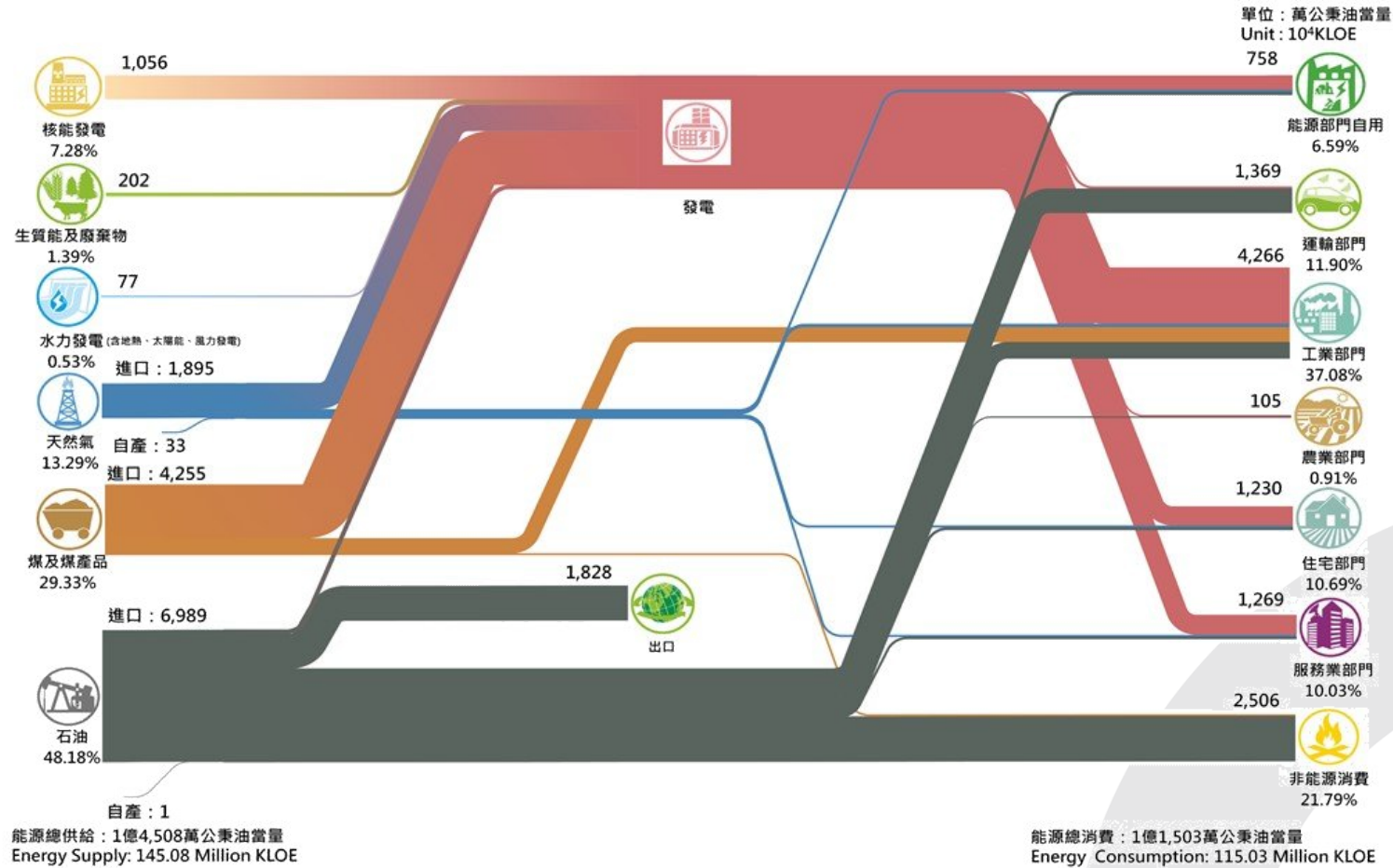
Red flows represent a reduction (between scenarios)
Black flows represent an increase (between scenarios)



* Only differences >1.5 quad shown for clarity purposes, case study data and other disclaimers included in backup slides

台灣能源流程(2015)

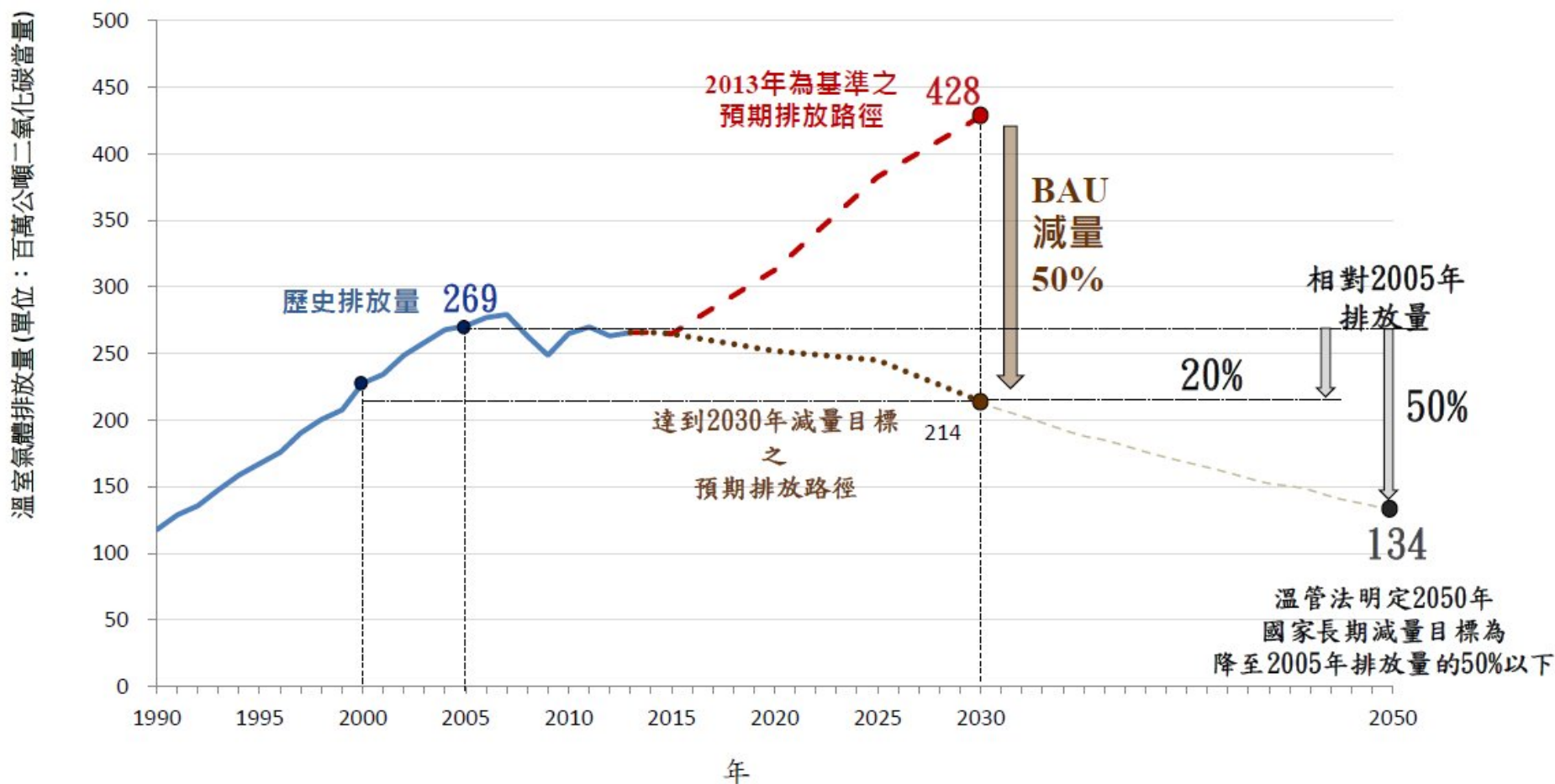
能源供給與消費流程圖(民國104年)
Energy Supply and Consumption Flowchart (2015)



1 million KLOE=0.0357147 Quad

我國減碳目標

- 2030年溫室氣體排放量為BAU減量50%，亦即略低於2000年排放量，相當於2005年排放量再減20%。





我國再生能源目標

- 2025年再生能源設置目標，調高至27,423MW，加速推動太陽光電、離岸風力及地熱
- 2025達成非核家園政策目標，能源配比：燃煤30%、燃氣50%、**再生能源20%**。

前政府政策目標

能源別	2015	2020	2025	2030
陸域風力	646.7	1,200	1,200	1,200
離岸風力	0	520	2,000	4,000
水力	2,089	2,100	2,150	2,200
太陽光電	842	3,615	6,200	8,700
地熱能	0	100	150	200
生質能	740	768	813	950
海洋能	0	0	0	0
燃料電池	N/A	N/A	N/A	N/A
Total	4,319	8,303	12,513	17,250



新政府規畫目標

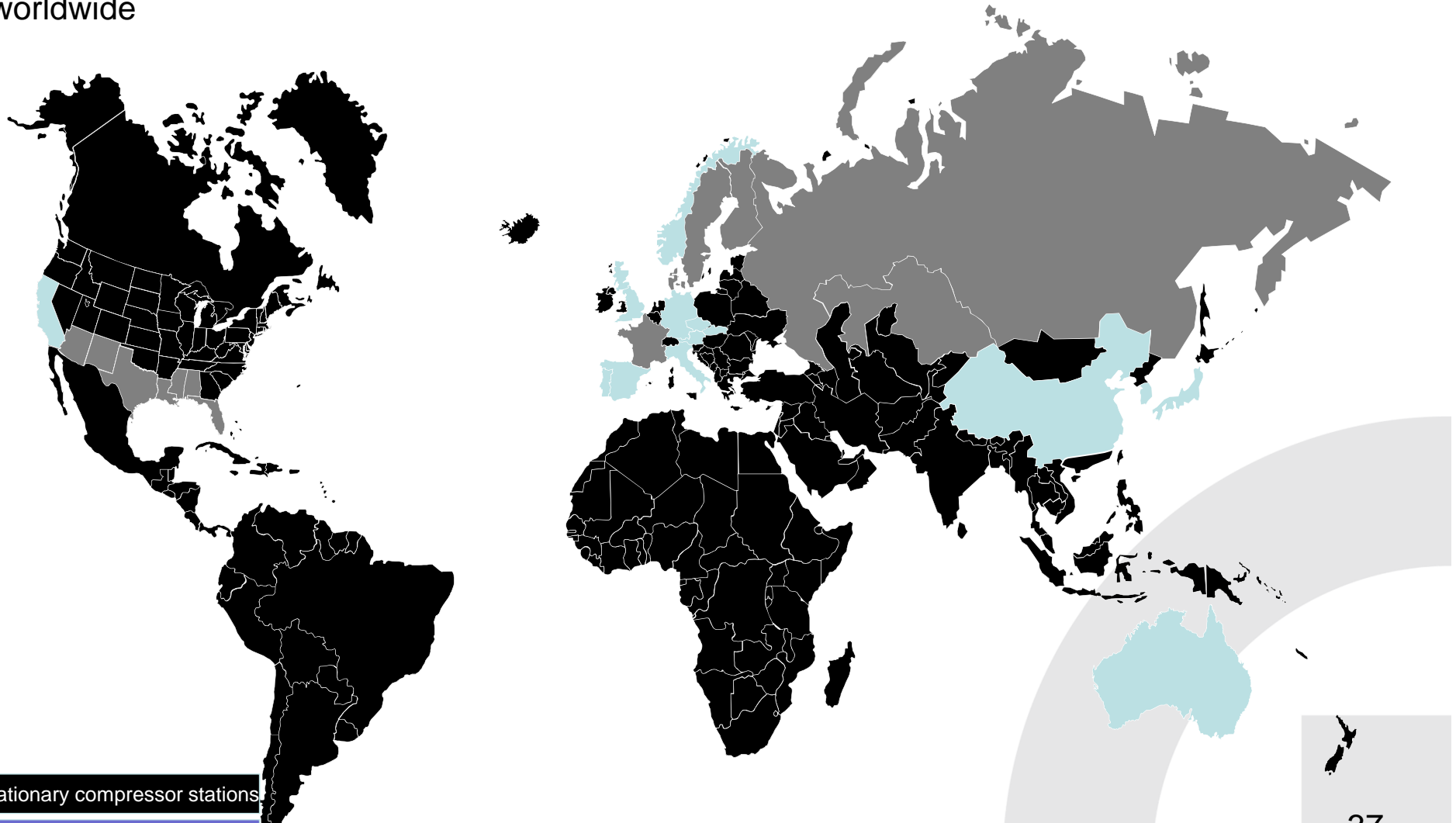
單位：MW

	2020	2025	2030
陸域風力	1,200	1,200	1,200
離岸風力	520	3,000	4,500
水力	2,100	2,150	2,150
太陽光電	8,776	20,000	21,500
地熱能	150	200	400
生質能	768	813	1,050
海洋能	0	0	70
燃料電池	23	60	98
Total	13,537	27,423	30,968



Linde's Compression Technology - Worldwide

More than **120 H2 compressors** and over 380 compressors for other gases like CNG, Ar or N2 worldwide



Stationary compressor stations

Temporary compressor stations



Hydrogen value chain covered by Linde

Production



Conventional
(e.g. SMR)



Green
(e.g., BtH*, Ely)

Supply/Storage



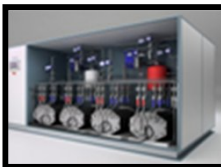
CGH₂ storage



LH₂ storage

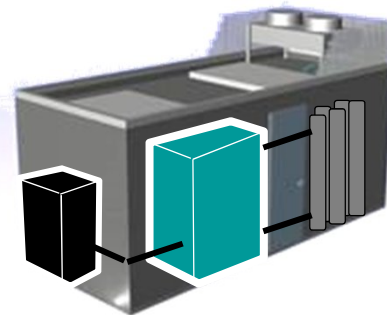


Onsite SMR



Onsite Electrolysis

Compression/Transfer



Ionic Compressor



Cryo Pump

Dispenser



35 MPa

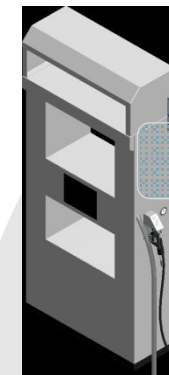
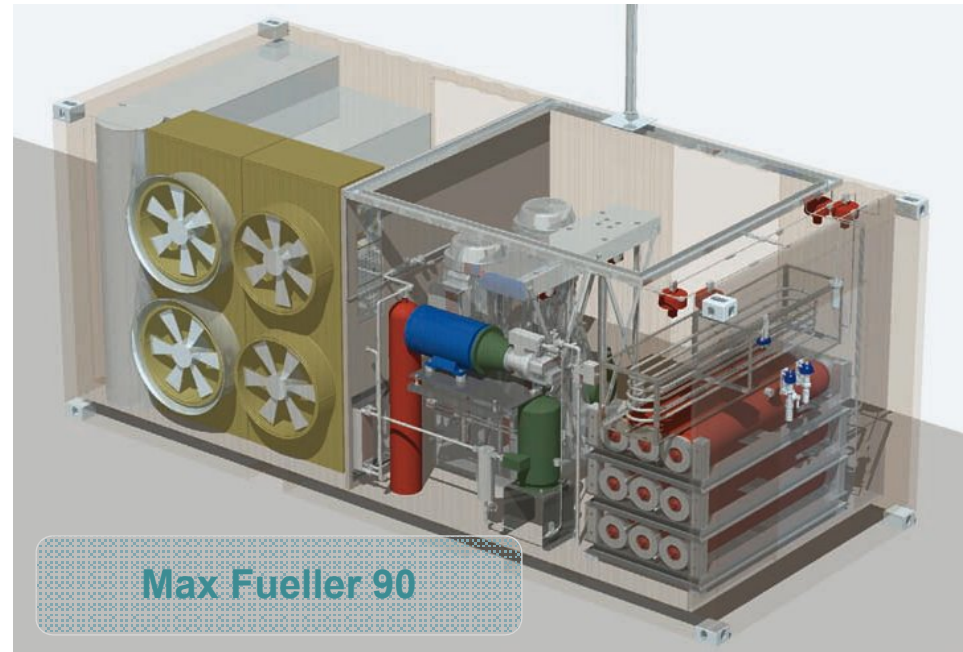


70 MPa

* Biomass to Hydrogen



Solutions





日月潭燃料電池船舶推動方案

■ 背景

- 觀光局日月潭國家風景區管理處自2008年奉示推動綠能船舶政策，即積極推動共140艘傳統柴油小船全汰換為電動船，並且執行補助措施，補助計畫從2012年起至2019年止。預計至2016年底將達到20艘電動船，2019年底將達到60艘電動船之目標，明定於2027年度起禁止柴油船航行。
- 聯華氣體工業股份有限公司是由德國Linde集團及聯華實業股份有限公司共同投資設立，是台灣最大的工業氣體製造商。2006年Linde併購BOC Group後，將中文名稱改為「聯華林德」。
- NEP II國產與建置該風景區國際化示範區計畫「推動高効率氫能與燃料電池國際創設新流台動於研發摩日船月合作與建置該風景區國際化示範區計畫」討論構想有內第一座加氫站。

日月潭燃料電池船舶推動方案

■ 預期效益

- 台灣聯華林德公司表示已有詳盡的規劃藍圖並願意出資，於日月潭國家風景區建置國內第一座加氫站，預計將促進國際投資約新台幣2億元
- 並促進當地觀光，亦能帶動台灣遊艇業以及相關產業的發展(台灣遊艇產業世界第六、船舶產業年產值約600億元)。
- 由經驗豐富的國際專業級企業負責興建，可加速國內相關法規的成形及帶動氫燃料電池產業升級。
- 加氫站可從船舶的動力來源擴及環湖公車、汽車以及Hydrogen Bike，打造日月潭成為零碳排放的國家風景區典範，並成為另一個國際性觀光地標。
- 此加氫站將成為是國內首座加氫示範站，也全球首座船舶加氫站，可望作為政府推動綠能政策的最佳示範。
- 透過展示與環境教育推廣，提升國民對氫能與燃料電池的知識水準
- 未來可將此經驗複製至台灣九座國家公園，進而整場輸出至國外，創造產業價值

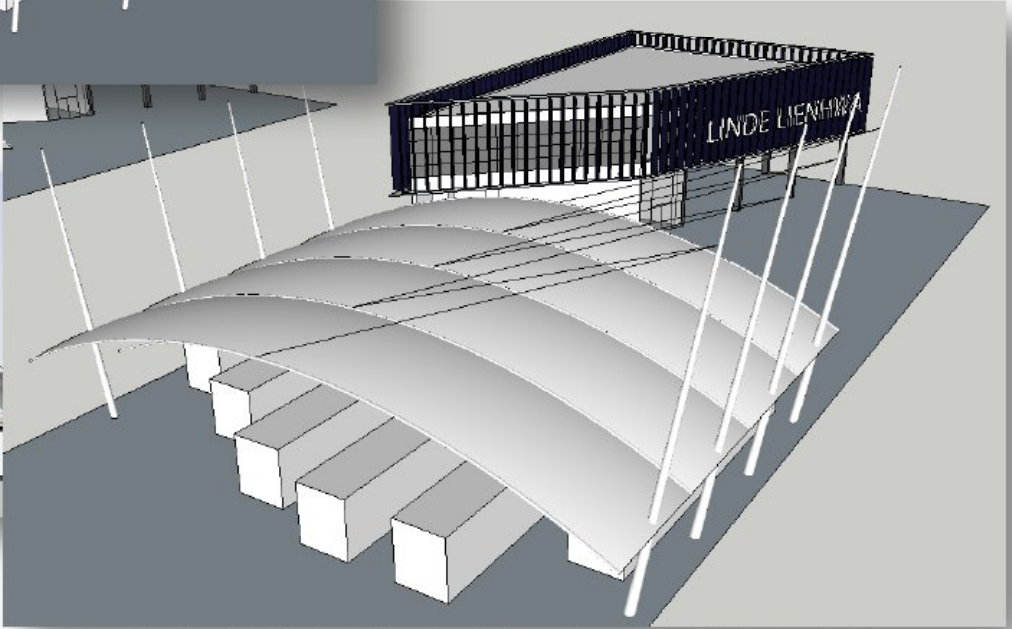
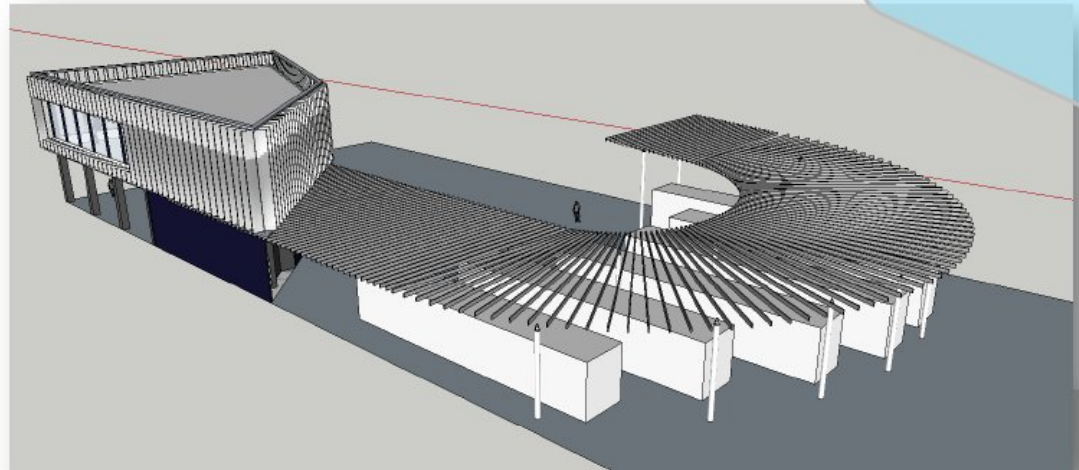


聯華林德加氫站示意圖

Linde LienHwa Taiwan
Author
16/06/14
Page 22

Architectual Outlooks

SML Authority reduced the number to 60
Need modification



The content of this presentation is confidential and should not be distributed to a third party without prior authorization from Linde LienHwa.



NATIONAL CONFERENCE/EXHIBITION

Feb & Mar 2017

2017年 2月 ▼ 今天 查看更多

週日	週一	週二	週三	週四	週五	週六
29 初二 春節 假日	30 初三 春節 假日	31 初四 春節 假日	1 初五 春節 假日	2 初六	3 初七	4 初八 農民節
5 初九	6 初十	7 十一	8 十二	9 十三	10 十四	11 十五 元宵節
12 十六	13 十七	14 十八	15 十九	16 二十	17 廿一	18 廿二
19 廿三	20 廿四	21 廿五	22 廿六	23 廿七	24 廿八	25 廿九
26 二月	27 初二	28 初三 228和平...	1 初四	2 初五	3 初六	4 初七
5 初八	6 初九	7 初十	8 十一 婦女節	9 十二	10 十三	11 十四

2017年 3月 ▼ 今天 查看更多

週日	週一	週二	週三	週四	週五	週六
26 二月	27 初二	28 初三 228和平...	1 初四	2 初五	3 初六	4 初七
5 初八	6 初九	7 初十	8 十一 婦女節	9 十二	10 十三	11 十四
12 十五	13 十六	14 十七	15 十八	16 十九	17 二十	18 廿一
19 廿二	20 廿三	21 廿四	22 廿五	23 廿六	24 廿七	25 廿八
26 廿九	27 三十	28 三月	29 初二 青年節	30 初三	31 初四	1 初五
2 初六	3 初七	4 初八	5 初九	6 初十	7 十一	8 十二

February 2017

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
			1	2	3	4
5	6	7	8 Slovenia: Slovenian Cultural Holiday (Prešeren dan, Slovenski kulturni praznik)	9	10 Malta: Feast of St Paul's Shipwreck (Festa ta' San Pawl)	11
12	13	14	15	16 Lithuania: Day of Restoration of the State of Lithuania (Lietuvos valstybės atkūrimo diena)	17	18
19	20	21	22	23	24 Iceland: Independence Day (Síðisjáningur)	25
26	27 Cyprus: Clean Monday (Kalofiti)	28	Notes:			

March 2017

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
			1	2	3 Bulgaria: Liberation Day (Dan na Oslobodenie na Bŭlgarija)	4
5	6	7	8	9	10	11 Lithuania: Independence Day (Lietuvos Nepriklausomybės atkūrimo diena)
12	13	14	15 Hungary: 1848 Revolution Memorial (Munkacsy emlék napja)	16	17 Ireland: St. Patrick's Day (A. Pádraig's Day / I. Pádraig's Day)	18
19 Malta: Feast of St. Joseph (San Ġużepp)	20	21	22	23	24 Greece: Independence Day (Erevon) (Erevon)	25
26	27	28	29	30	31 Malta: Freedom Day (Lum il-Heaven)	Notes:

KEC Website: 01Feb2017 & after are available



NATIONAL CONFERENCE/EXHIBITION

VIP

VIP GUESTS

- President Tsai
- Major of KaoHsiung
- Major of Nantao
- Minister of Transportation & Communication
- Minister of Economic Affairs
- Minister of Interior
- Head of the Bureau of Energy
- Head of the Construction & Planning Agency
- Head of the National Fire Agency
- Head of the Automatic Research & Testing Center
- Head of the Intellectual Property Office
- .
- .
- CEO of Lien Hwa Industrial Corporation
- CEO of Linde Group

TARGET AUDIENCES

- .
- .
- .
- .
- .



NATIONAL CONFERENCE/EXHIBITION

Participating Units

PARTICIPATING UNITS

- TaiPower
- CPC
- Linde LienHwa
- Mitsubishi Kakoki Kaisha
- Siemens
- Hyundai
- Toyota
- BMW
- VW
- Honda
- Mercede Benz
- Fuel Cell Vendors in Taiwan
- YC Synergy
- M-Field
- .

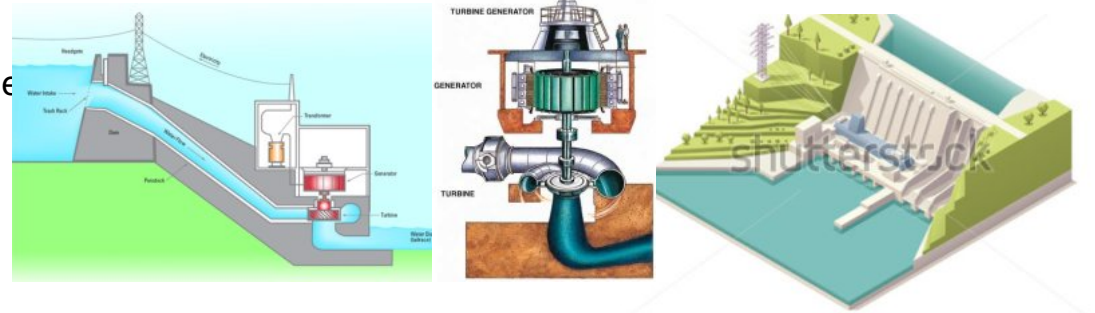


NATIONAL CONFERENCE/EXHIBITION

Participating Units

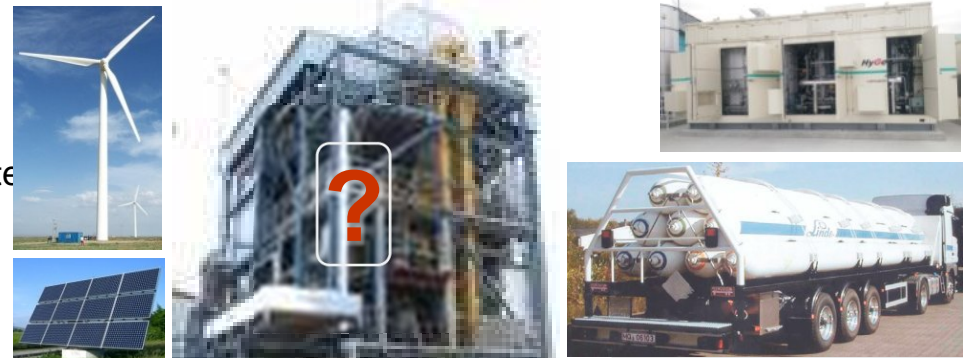
CLEAN POWER

- Model of MingTan Hydro Power Plant or some equipments
- Model of Wind-generator
- Solar Panel
- Posters on other clean powers



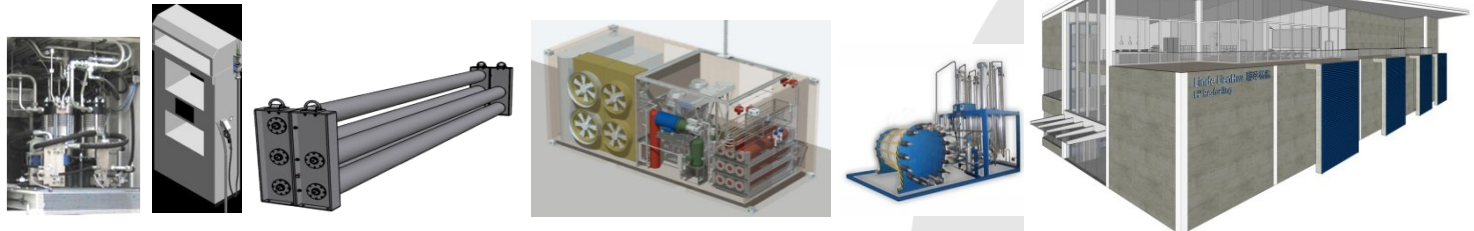
H2 Production & Distribution

- Model of Electrolysis Plant
- MKK On-site SMR
- Posters/Models of Biomass, SMR at production site
- H2 Tube Trailer



H2 Refueling

- SML Plant Site Model
- Linde H2 Refueling Station
- Hi Pressure Buffer
- Dispenser
- Ionic Compressor





NATIONAL CONFERENCE/EXHIBITION

Participating Units

Mobilities

- Hyundai Beezero
- Toyota
- BMW
- VW
- Honda
- Mercedes Benz
- Linde H2-Bike
- Bus & Forklift ?
- H2 Boat Model ?



H2 Fuel Cell

- YC
- M-Field
- .





敬請指教

聯絡人：藍兆禾

Email: chlan@itri.org.tw

Phone: 03-5913518