



# 鋰離子電池的發展與應用

2015'12'28

報告人: 吳弘俊

E-mail: [nobelwu@gmail.com](mailto:nobelwu@gmail.com)

鋰電池可靠度設計研究室

儲能材料及技術研究組

材化所



# 現在的台灣-1





# 現在的台灣-2





# 2080年的台灣很可能就是像這樣

天下雜誌 369期 2007/04





## 2015' 11 巴黎氣候會議

### 巴黎氣候協定內容摘要

195國批准的歷史性協定將在2020年生效



氣溫  
2100



將地球升溫控制在「遠低於2°C」，最好是1.5°C。

財政  
2020-2025



- 2020年開始，富國每年提供1000億美元「基本金額」的氣候資金
- 2025年重新檢討金額

區分



- 已開發國家須持續「帶頭」碳減排
- 開發中國家應「提高努力」，與時並進減排

減排目標  
2050



- 「儘快」達到碳排放峰值
- 2050年起快速減排，讓人類活動與「碳匯」所能捕捉的碳量達到平衡狀態

分攤負擔



- 已開發國家必須提供財源協助開發中國家
- 邀請其他國家樂捐

檢討機制  
2023



- 每5年檢討一次，第一次2023年
- 每次檢討將通知各國「更新與提高」承諾

氣候變遷



- 承認必須「防止、降低，以及解決」脆弱國家因氣候變遷蒙受的損失

### 二氧化碳排放大國

中國  
89.7

- 過去以來經濟成長快速
- 化石燃料消耗量大
- 13億人口，為世界人口最多國家

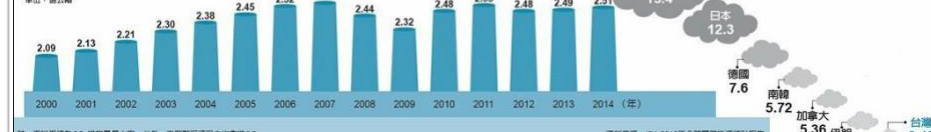
美國  
51.2

- 全世界最大經濟體
- 能源便宜，消耗量大

單位：亿吨(億噸)  
註：數字為2013年各國排放量

### 台灣二氧化碳排放量

單位：億公噸



註：資料皆為CO2排放量最大宗，此外，工業製程過程中也會產生CO2

資料來源：IEA 2015年全球關鍵能源統計報告



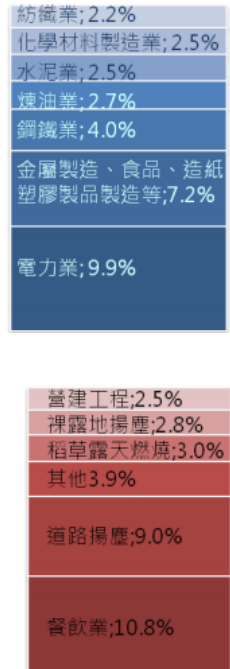
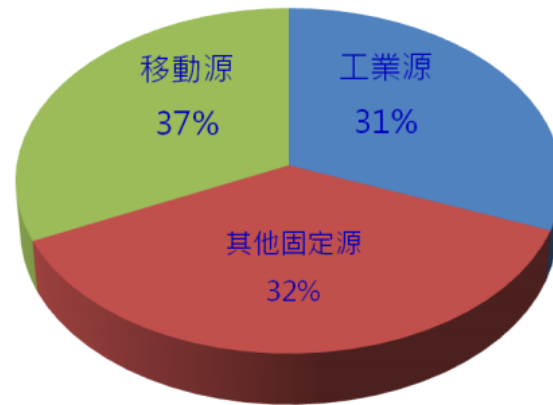
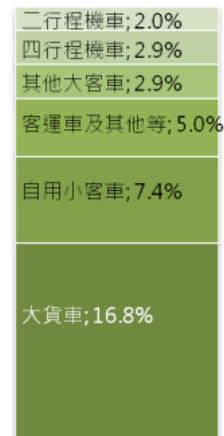


# 國內各類污染源對細懸浮微粒(PM2.5)濃度影響比率

年平均值 均超過 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 國際標準值

表 2-3 細懸浮微粒(PM<sub>2.5</sub>)標準方法監測結果(單位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

	102 年	103 年
基隆市	18.7	18.1
臺北市	17.0	17.7
新北市	21.7	21.0
桃園市	23.8	22.5
新竹市	23.3	23.1
新竹縣	20.1	20.8
苗栗縣	23.1	23.1
臺中市	25.8	25.4
彰化縣	28.2	27.6
南投縣	30.2	29.8
雲林縣	34.0	34.1
嘉義市	33.5	34.7
嘉義縣	29.4	29.6
臺南市	31.2	30.2
高雄市	30.7	29.4
屏東縣	21.6	20.6
宜蘭縣	15.3	15.1
花蓮縣	13.1	13.7
臺東縣	10.9	11.3
金門縣	33.1	32.8
澎湖縣	20.2	16.8
連江縣	27.2	24.2
全國平均	24.0	23.5





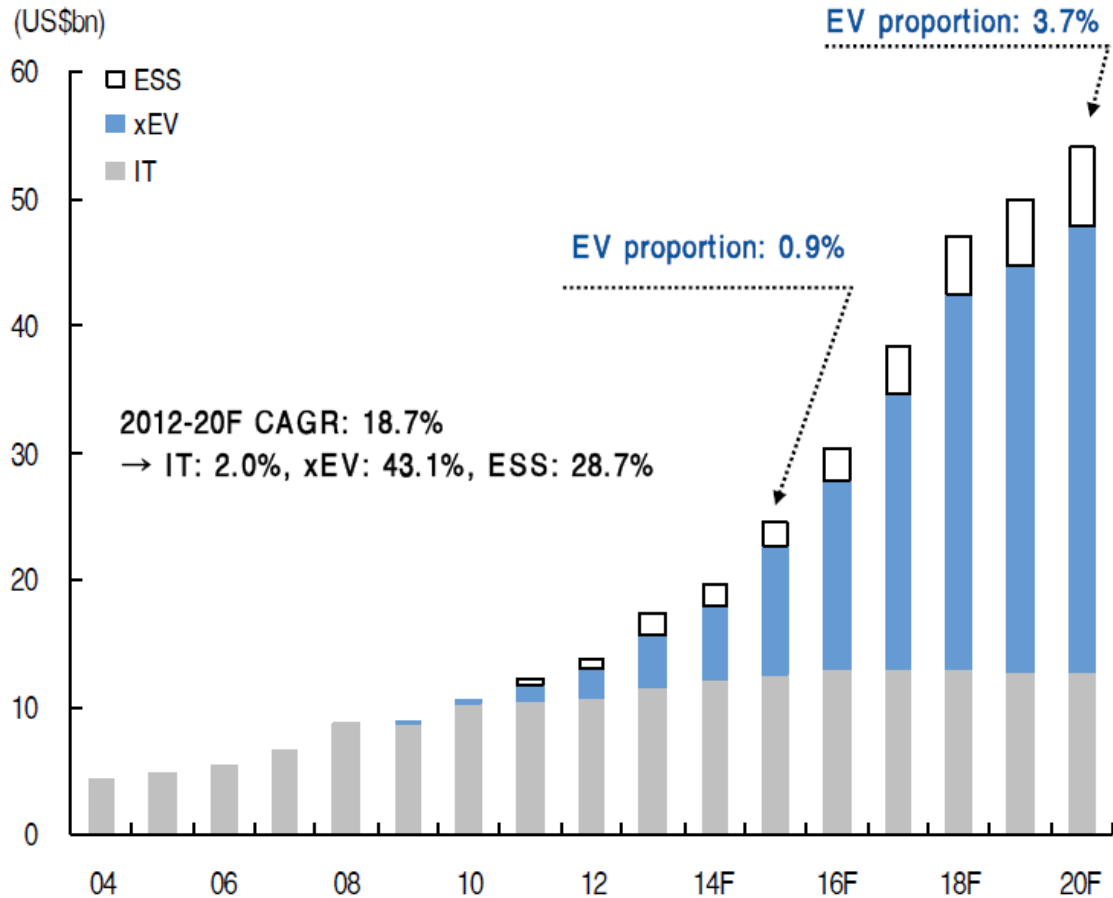
# 鋰離子電池的應用





# Market size of Li-ion Batteries

## Global LIB market



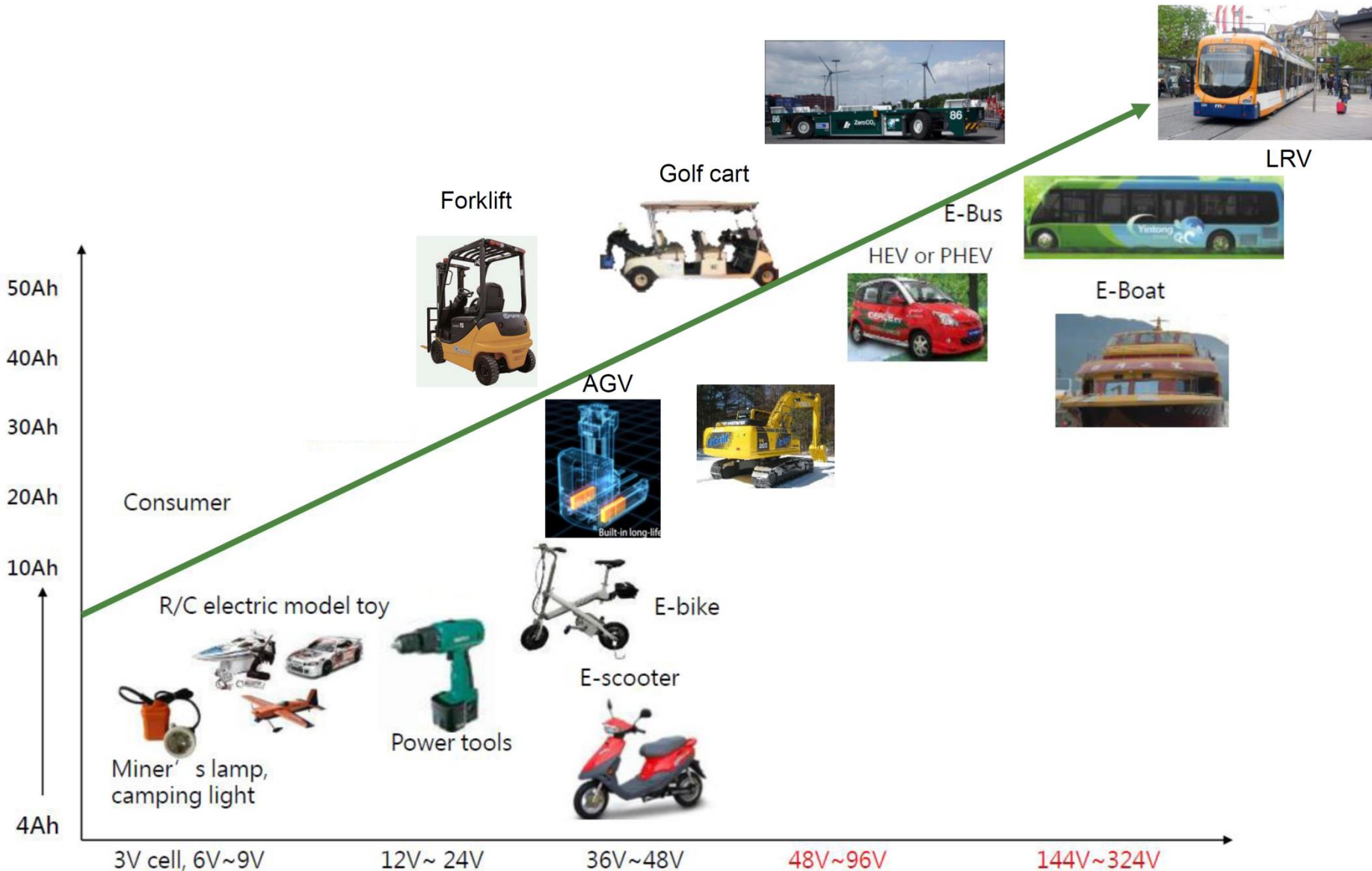
2016~2017年後之電動  
車(xEV)的鋰電池需求  
量超越消費電子產品

Source: Source: KDB Daewoo Securities Research 2014





# 隨電池規格大小而有廣泛應用



# 鋰電池的安全?

IEK 產業經濟與趨勢研究中心

## 2013年出現安全性事故頻仍



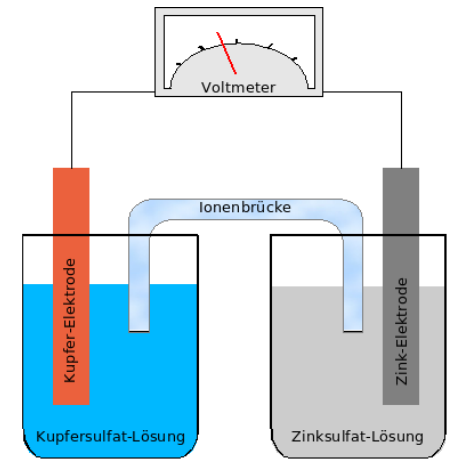
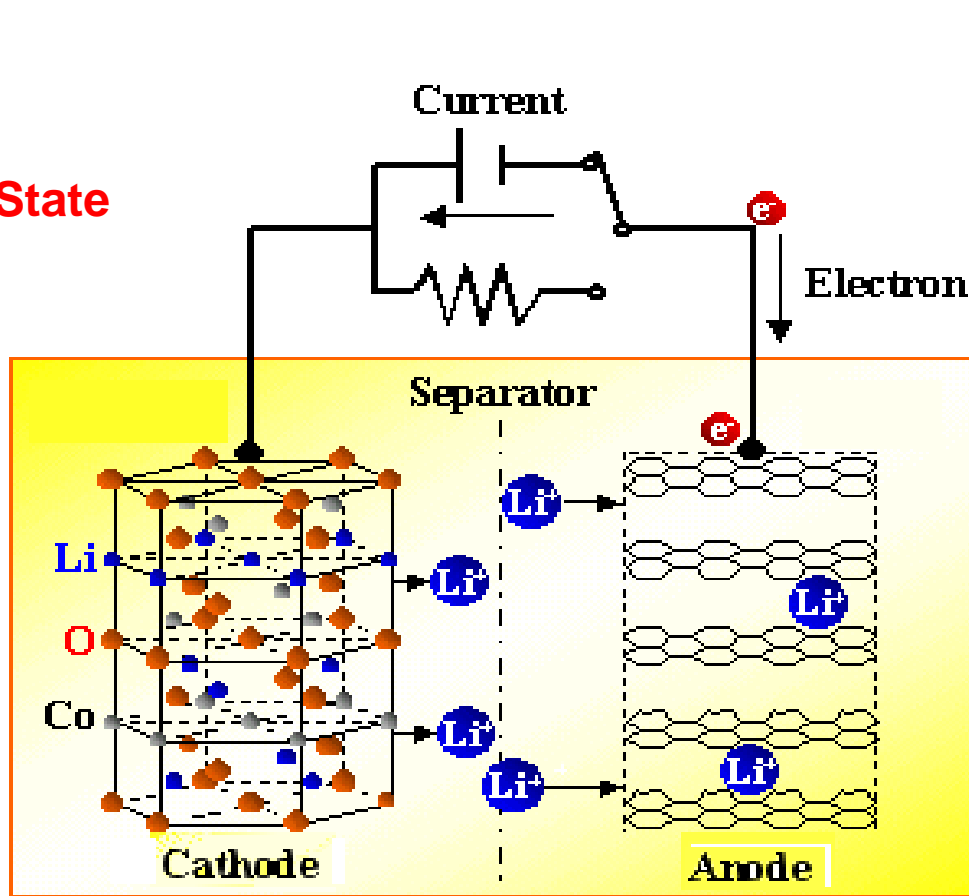


# 內容

- 鋰電池充放電原理 & 材料 & 手持裝置鋰電池
- 二次鋰電池製程介紹
- 鋰電池安全性 & 鋰電池壽命失效原因
- 鋰電池在電動車市場應用及發展現況

# 鋰離子電池的基本原理-充電

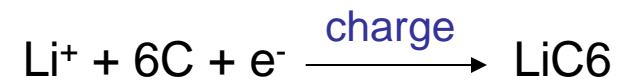
Charge State



Cathode site:

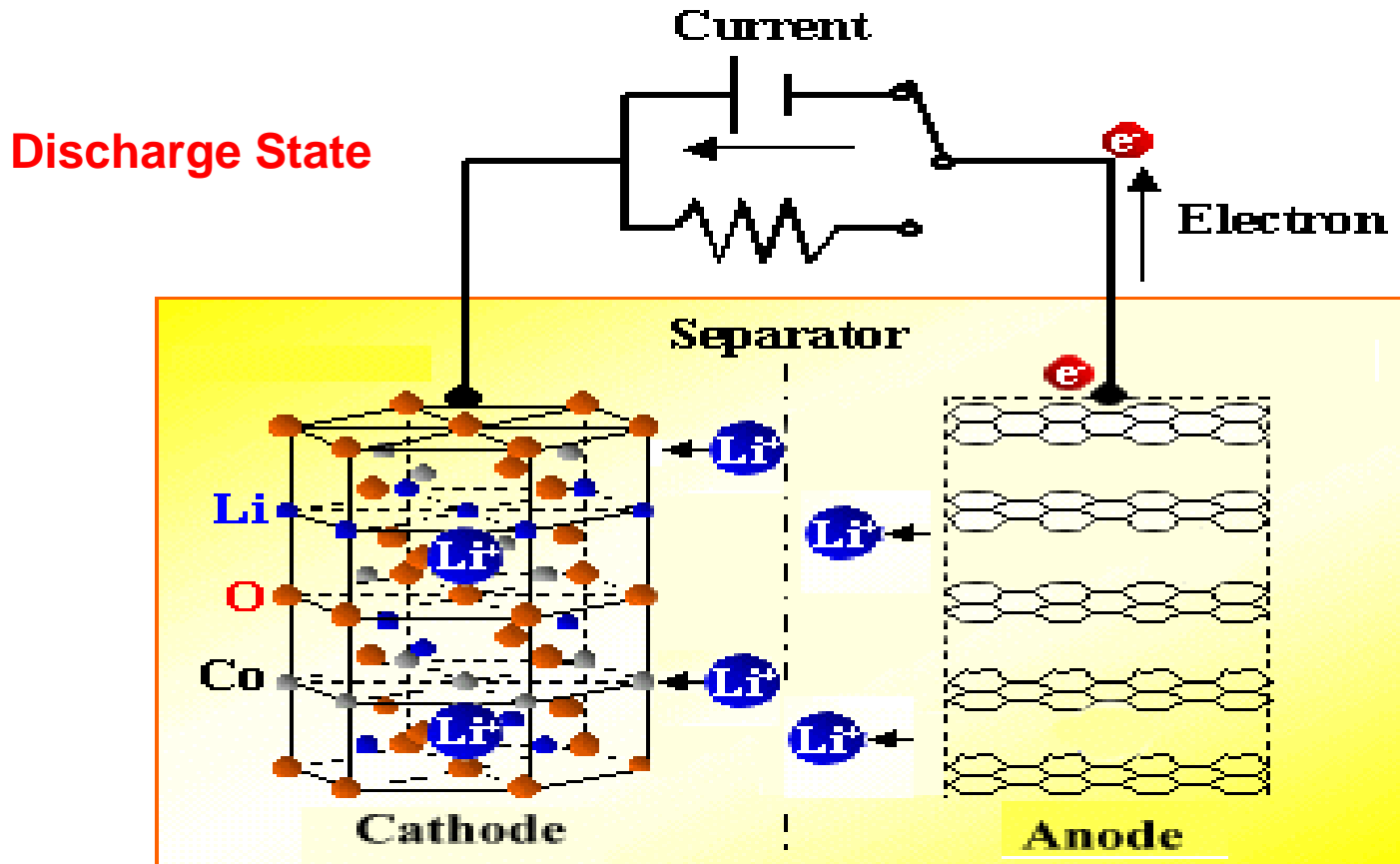
Anode site:

Charging





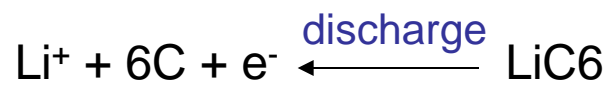
# 放電



**Cathode site:**

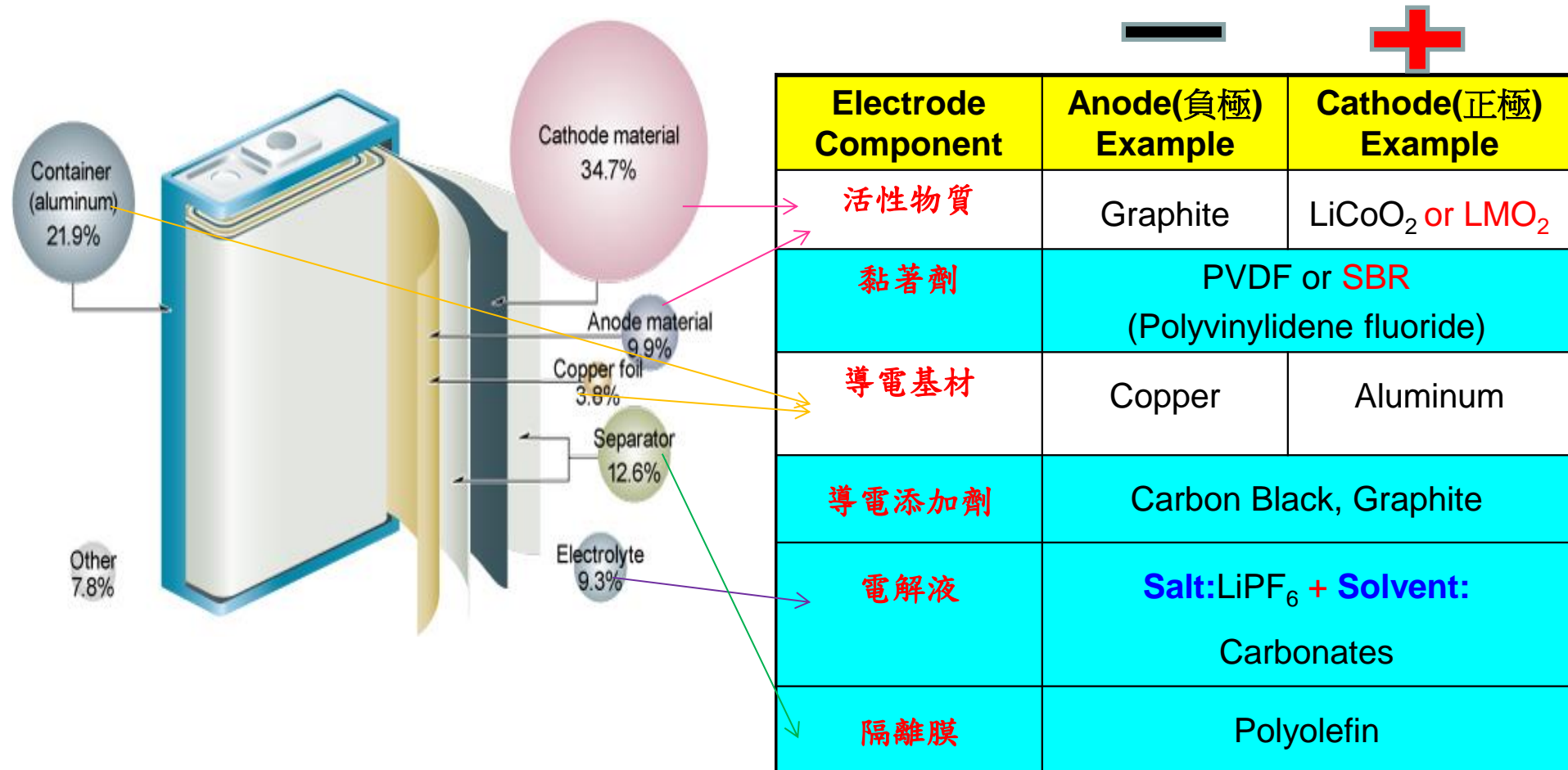


**Anode site:**





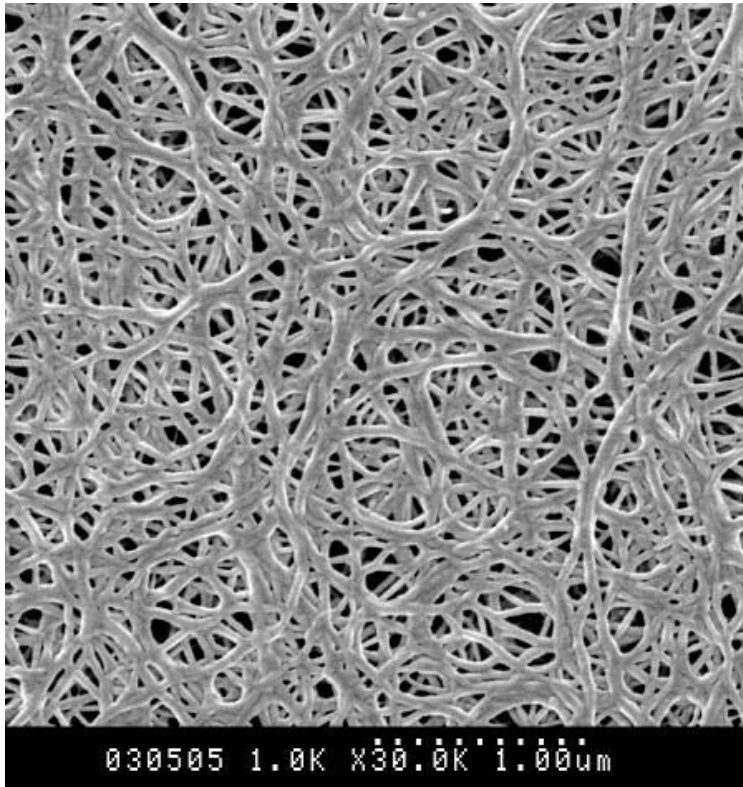
# 鋰電池內部的材料組成



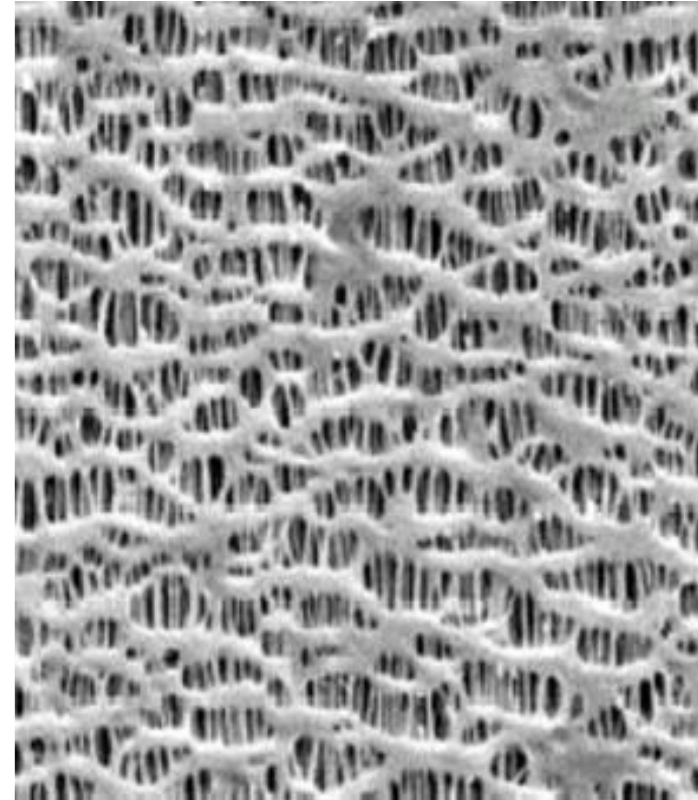


# 隔離膜

Polyolefin (PE or PP)



Wet process

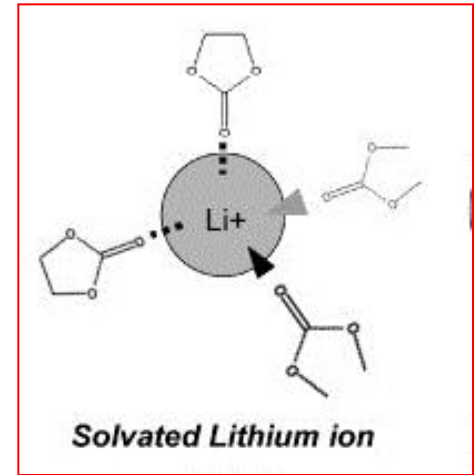


Dry process



# 電解液&主要溶劑

電解液是有機溶劑+電解質鋰鹽(LiPF6)



有機溶劑種類	構造	熔點(°C)	沸點(°C)	黏度(cP)	介電常數	分子量
碳酸乙烯 (EC)	<chem>C1OC(=O)O1</chem>	39	248	1.86	89.6	88.6
碳酸丙烯 (PC)	<chem>CC1OC(=O)O1</chem>	-49.2	241	2.53	64.4	102.1
碳酸二甲酯 (DMC)	<chem>COC(=O)OC</chem>	2	90.3	0.75	2.8	90.1
碳酸甲乙酯 (MEC)	<chem>CCOC(=O)OC</chem>	-54	107	0.65	2.9	104.1
碳酸二乙酯 (DEC)	<chem>CCOC(=O)OCC</chem>	-43	126	0.59	3.1	118.1



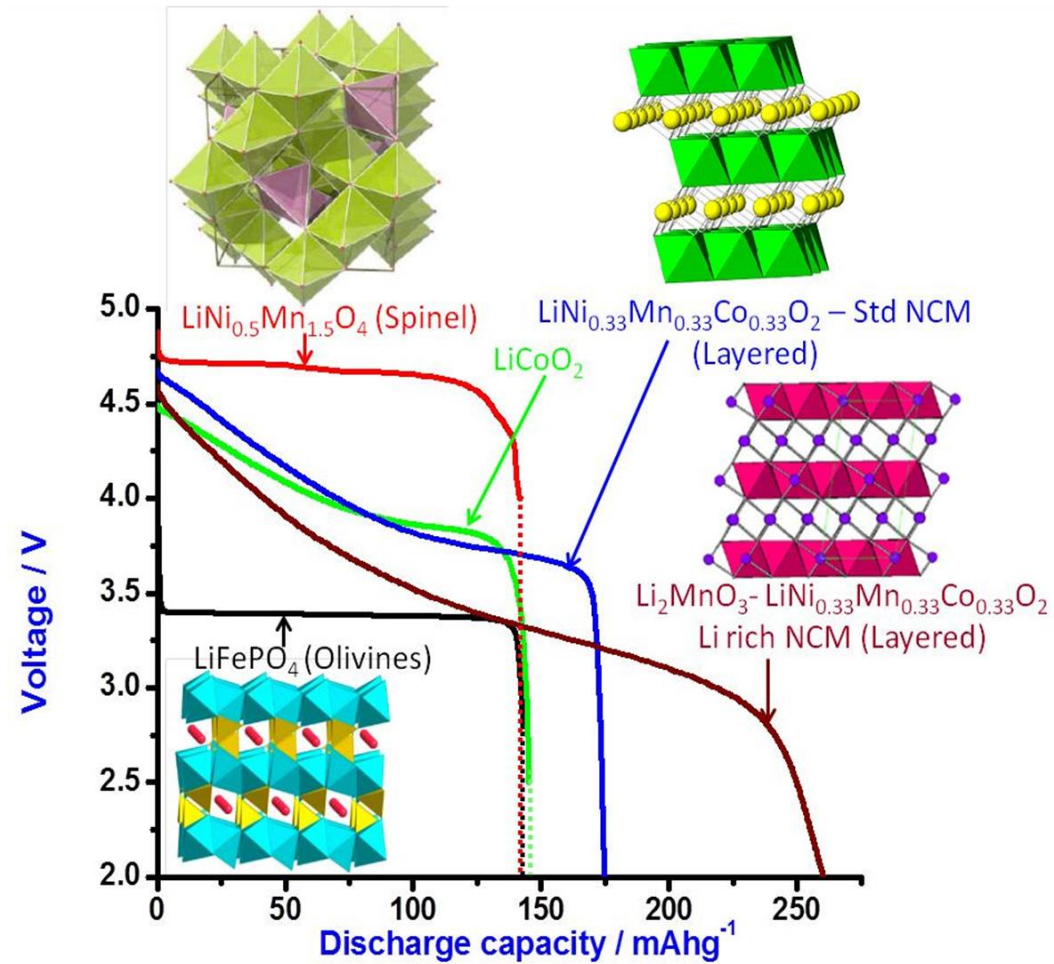


# 鋰電池正極(Cathode)材料 & 負極(Anode)材料



# 鋰電池正極(Cathode)材料&放電電壓 vs. 放電電容量

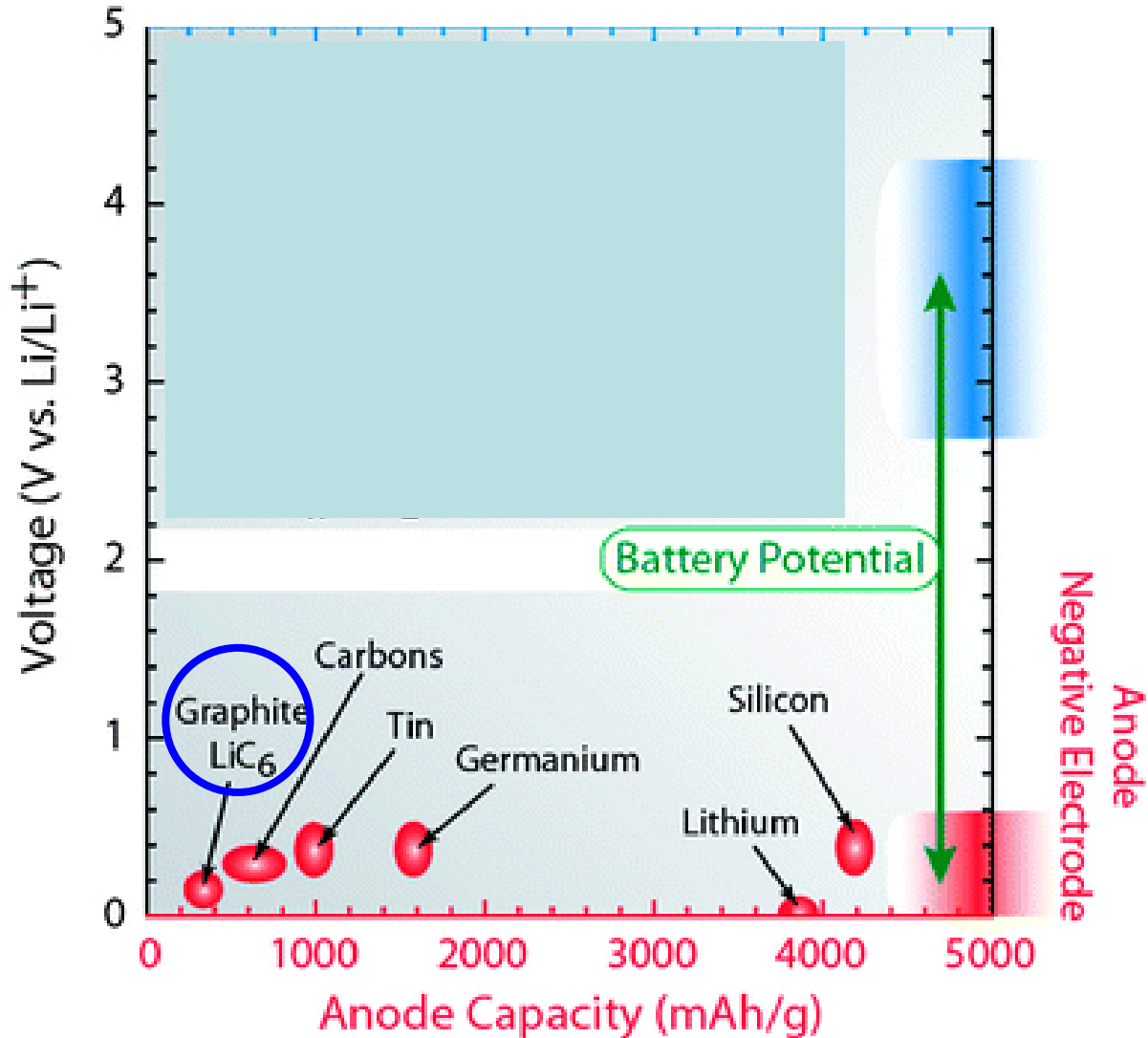
材料結構	材料化學式	主要產品應用
橄欖石 (Olivine) 斜方晶系 <b>Pnma</b>	$\text{LiFePO}_4$	動力電池及 大型電池
層狀氧化物 (layered Oxides) 六方晶系 <b>R3m</b>	<b><math>\text{LiCoO}_2</math></b> $\text{Li}(\text{NiCoAl})\text{O}_2$ $\text{LiCo}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$	小型電池 & 動力電池及 大型電池
尖晶石 (Spinel) 正立方晶系 <b>Fd3m</b>	$\text{LiMn}_2\text{O}_4$	動力電池及 大型電池



Aurbach et Al. ,Energy Environ. Sci., 4, 3243(2011)



# 鋰電池負極(Anode)材料&放電電容量vs. 工作電壓

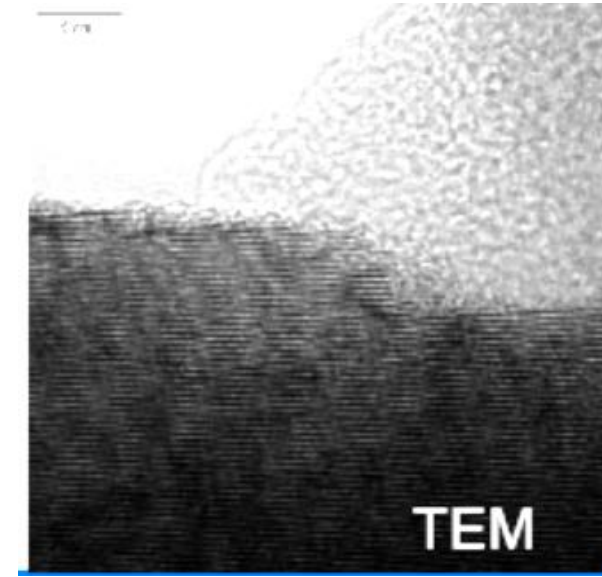
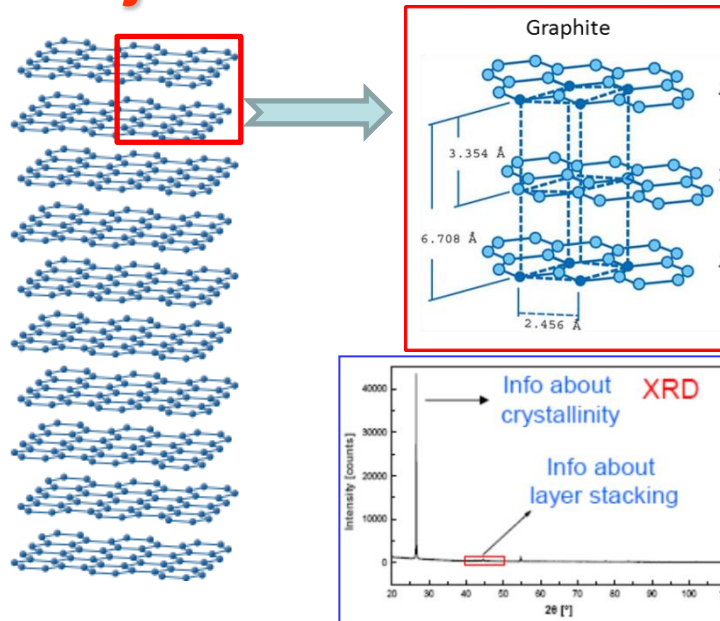




# Major Anode Materials-Carbon

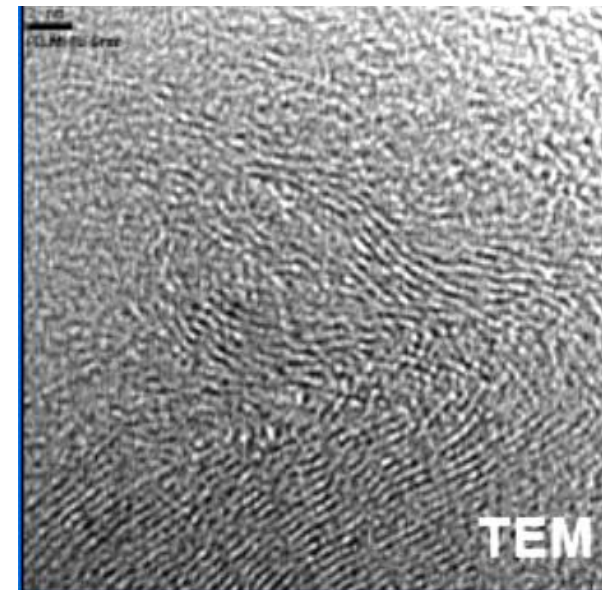
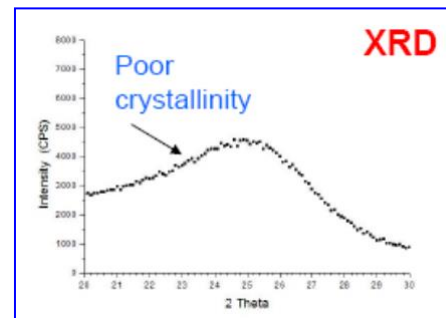
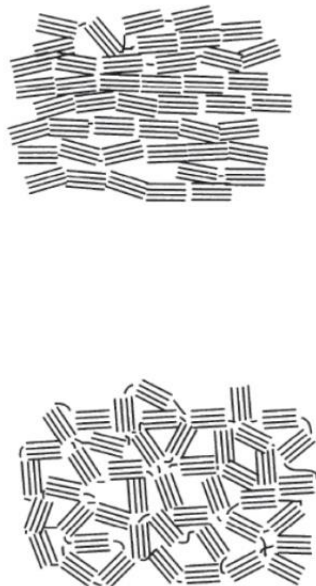
石墨

- 天然石墨
- 人造石墨



非石墨  
(非晶型碳材)

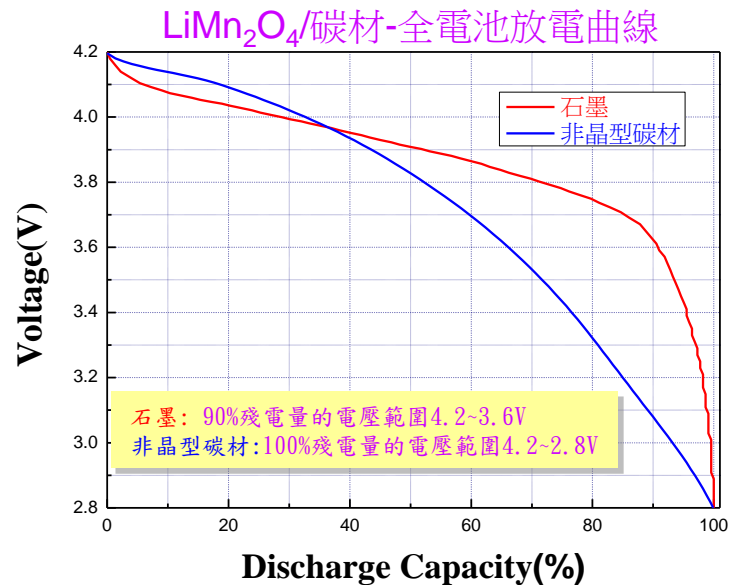
- 軟碳
- 硬碳





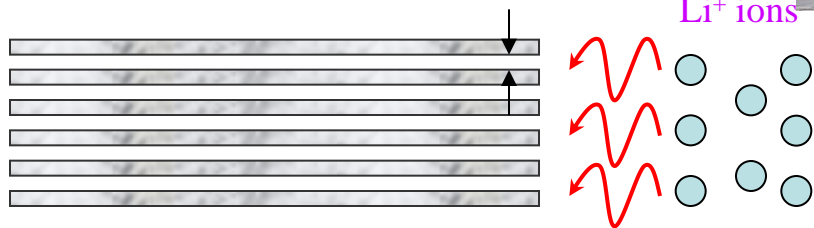
# 電動車用碳材負極材料-非晶型碳材

	石墨	非晶型碳材
電容量	Good 310~360 mAh/g	Poor 220~300 mAh/g
價格	Good	Excellent
大電流放電	Excellent	Excellent
大電流充電	Poor	Excellent
電池殘電量管理	Poor	Excellent
循環壽命	Good	Excellent
安全	Good	Excellent



石墨

$d_{002} \sim 0.335\text{nm}$

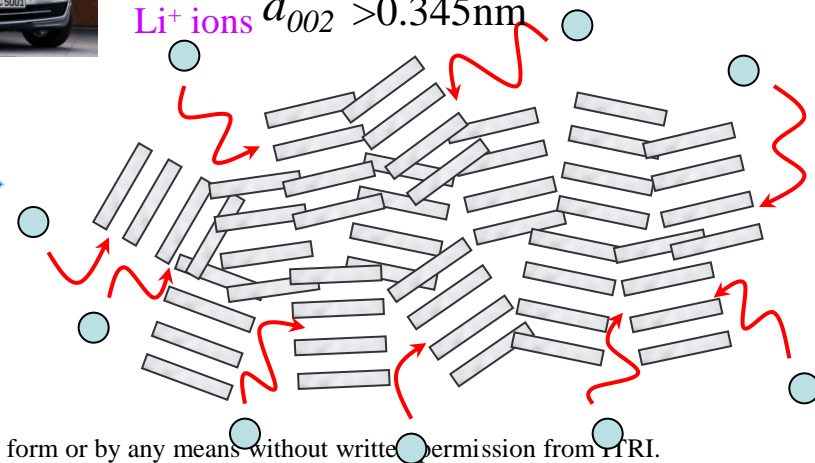


Diffusion control



非晶型碳材

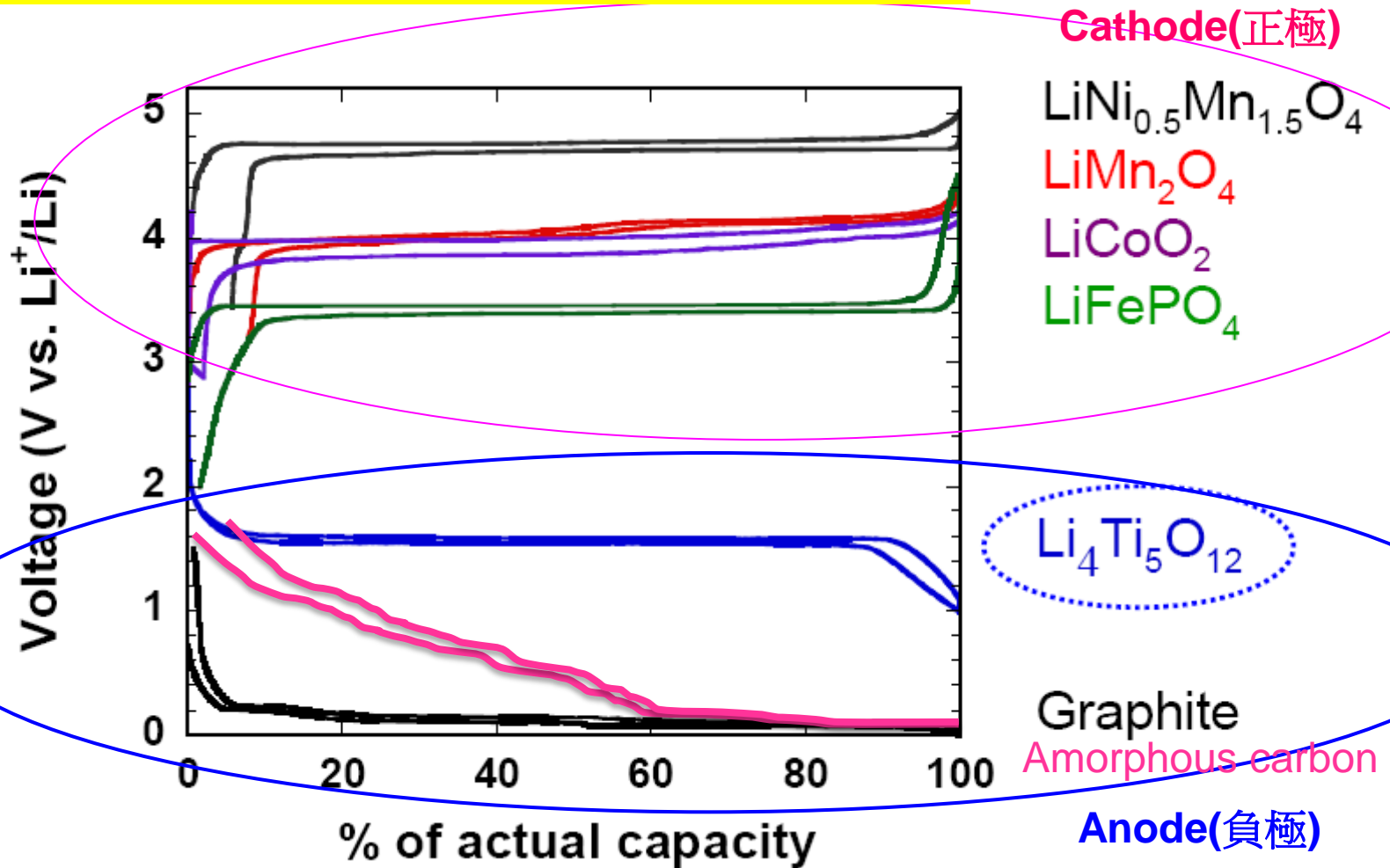
Li<sup>+</sup> ions  $d_{002} > 0.345\text{nm}$





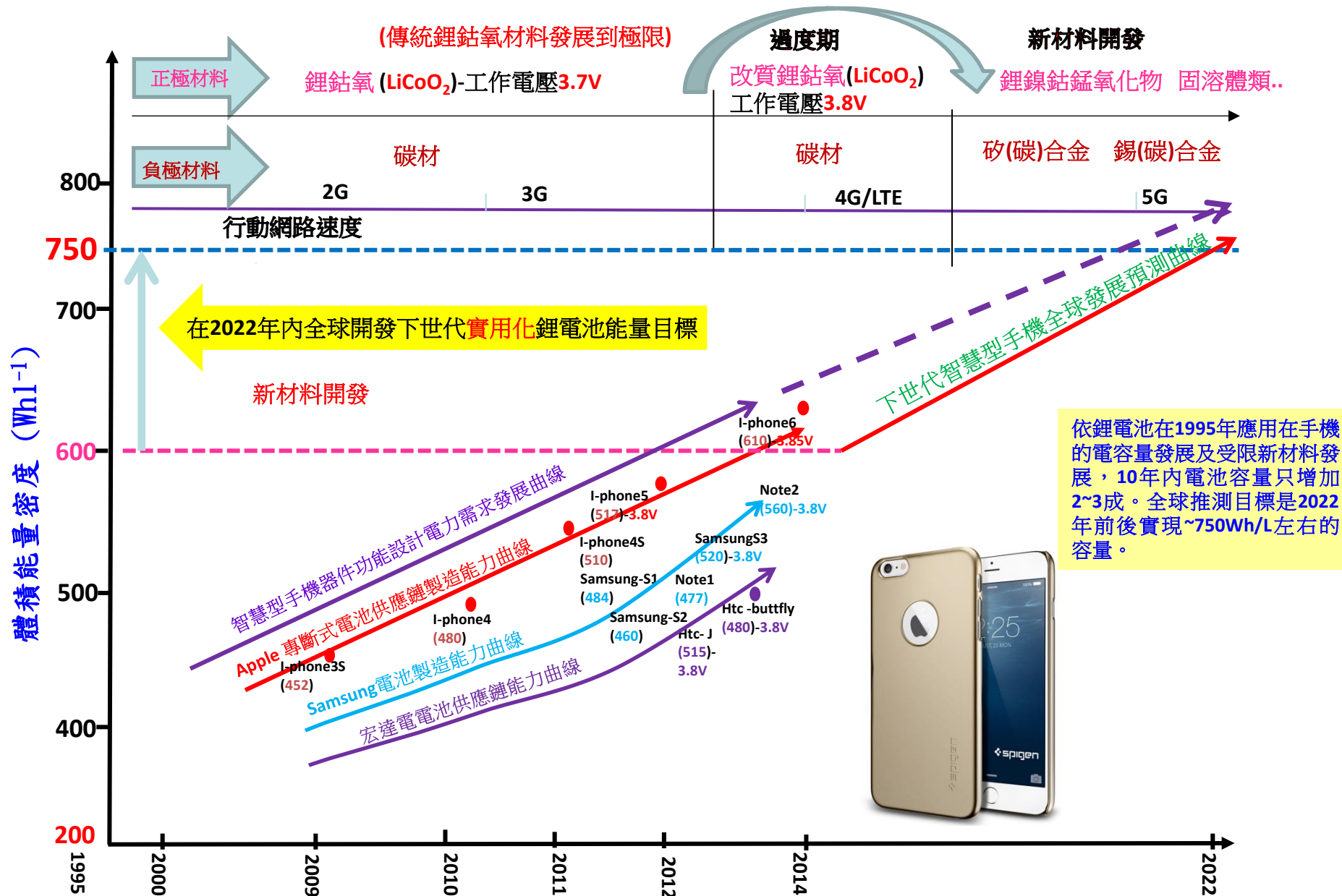
$$V(\text{battery}) = V_{\text{正}} - V_{\text{負}}$$

$$\text{電池儲存能量(Wh)} = \text{電池電容量(Ah)} \times \text{電池平均工作電壓 (V)}$$



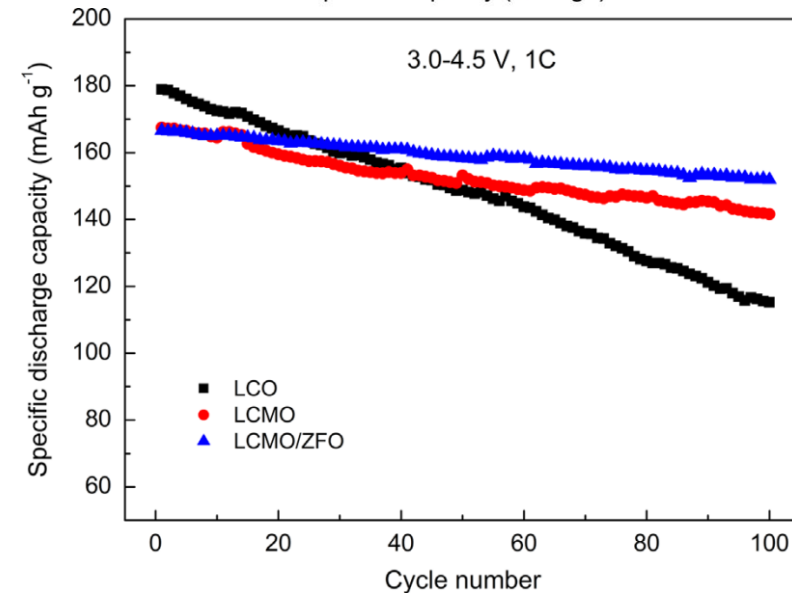
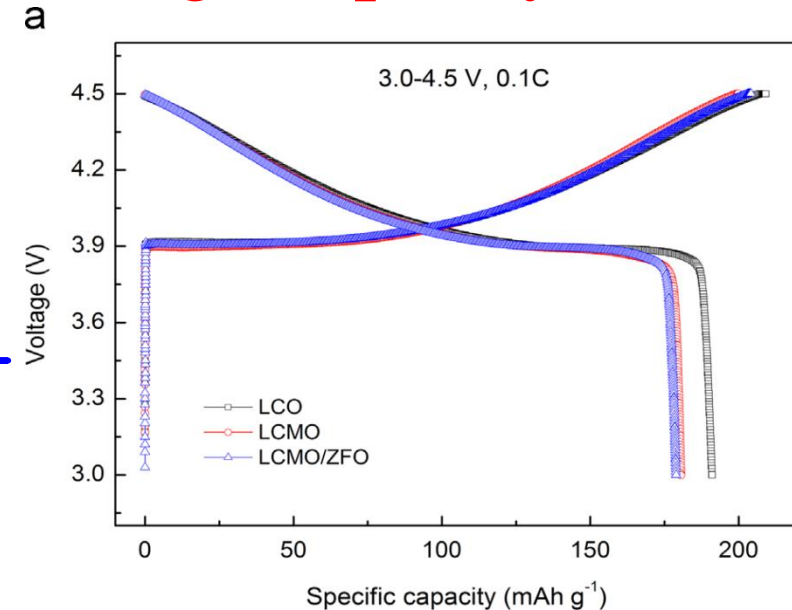
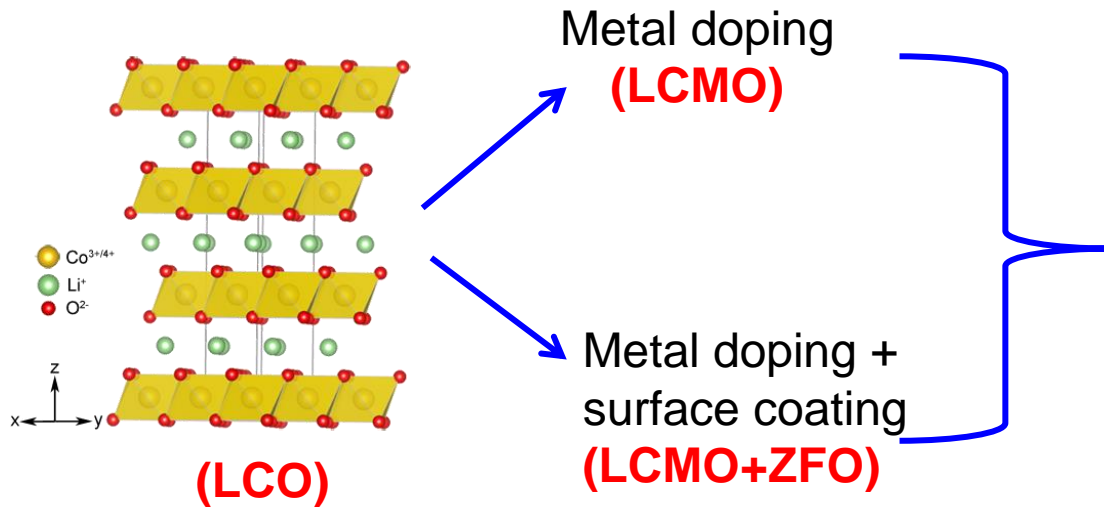


# 全球手持裝置鋰電池能量密度發展趨勢





# LiCoO<sub>2</sub> structure stability improvement (Improved discharge capacity)



材料結構	鋰遷入/出空間	理論電容量 (mAh/g)	預估電容量 (mAh/g)	平均工作電壓 (V)
層狀氧化物 (layered Oxides)	2D	273	160-180	3.7~3.85





# 以LiCoO<sub>2</sub> 為正極的手機電池

電池儲存能量(Wh) = 電池電容量(Ah) x 電池平均工作電壓 (V)      1kWh = 1度電

- **Energy Density (能量密度):**  
The **volumetric** energy storage density of a battery, expressed in Watt-hours per liter (Wh/l).
- **Specific Energy (能量密度):**  
The **gravimetric** energy storage density of a battery, expressed in Watt-hours per kilogram (Wh/kg).

i-Phone 4 & 4S

i-Phone 6





工業技術研究院

Industrial Technology  
Research Institute

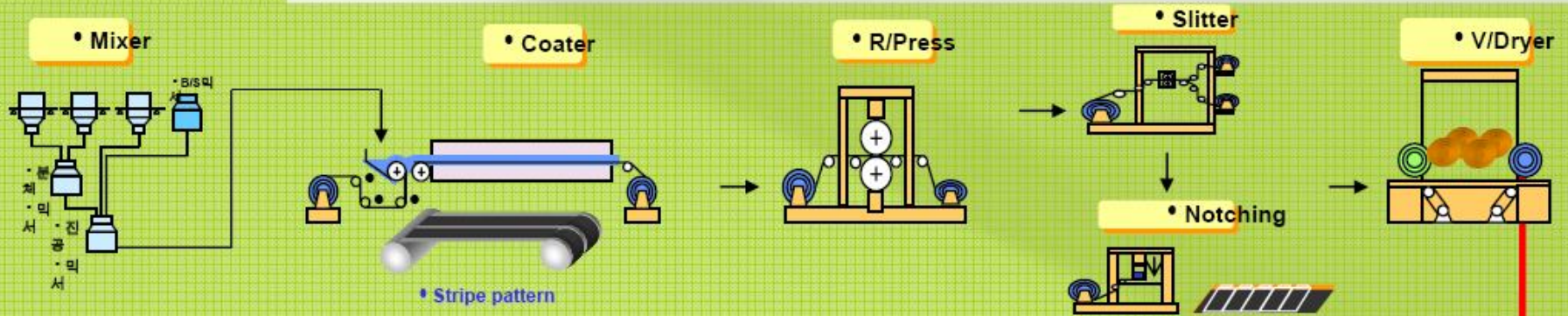
# 二次鋰電池製程



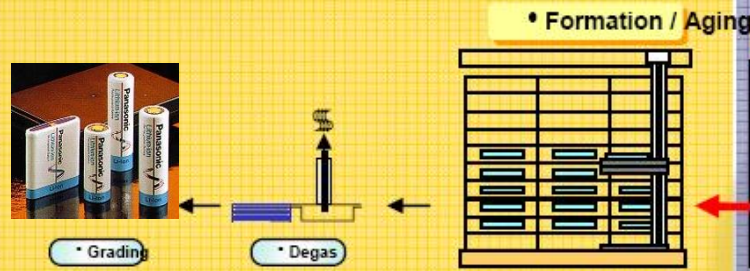
# 現行二次鋰電池製作程序－單電池製作

## 前製程

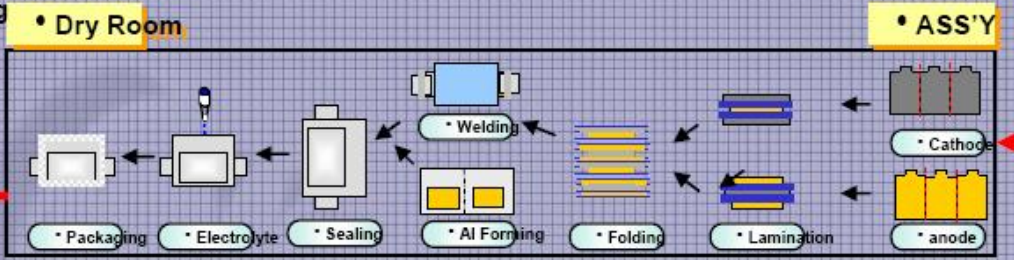
### • Electrode



### • Formation



### • Assembly

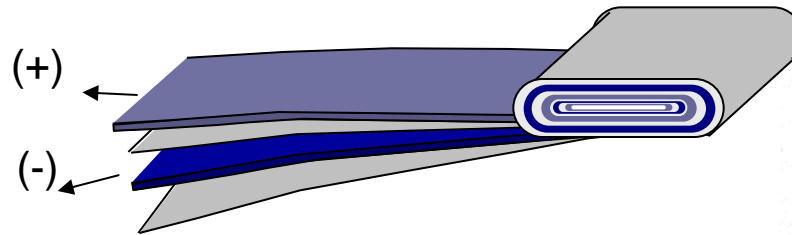


## 後製程

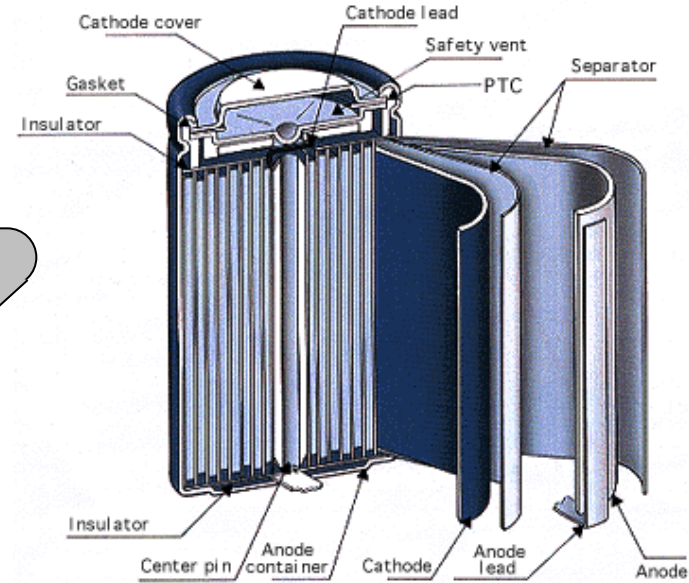


# Design of Electrode Assembly

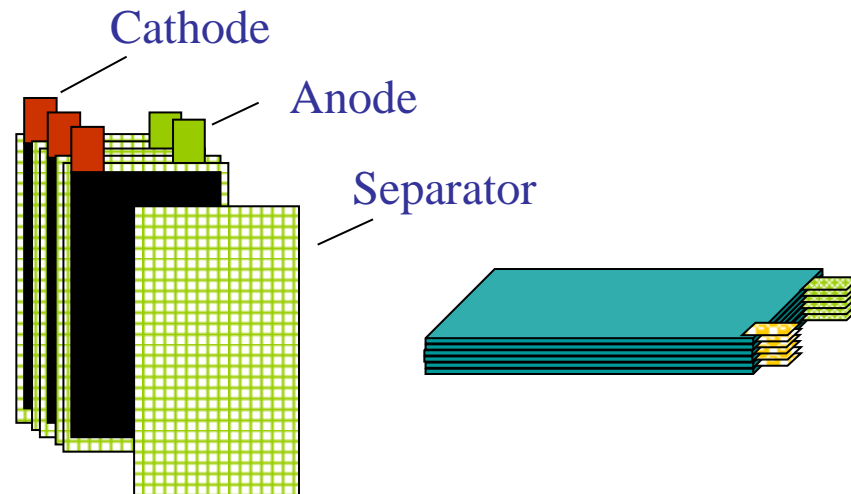
**Winding**



Structure of Lithium-ion Battery



**Stacking**





# 鋰電池製作程序Vedio



# Design of Li-ion Battery

## Cylindrical type



## Prismatic type

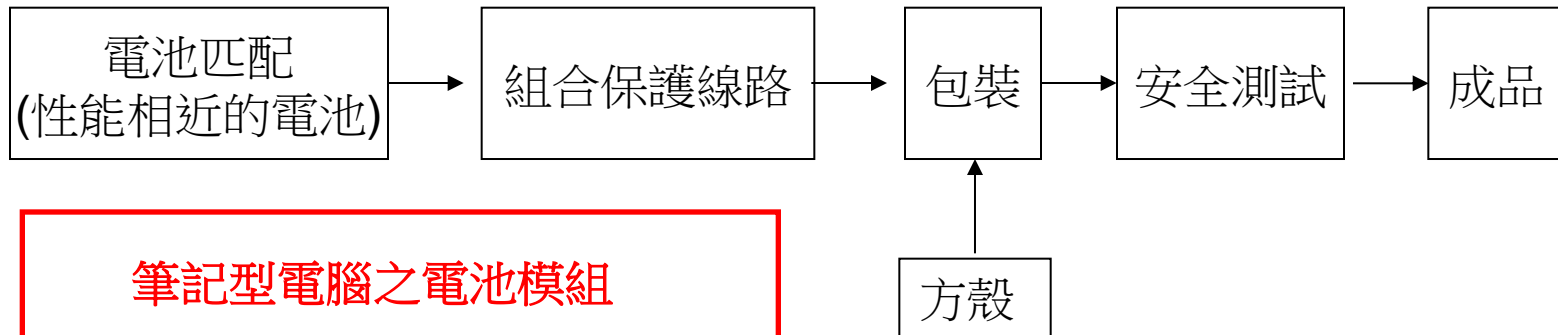


## Laminated type





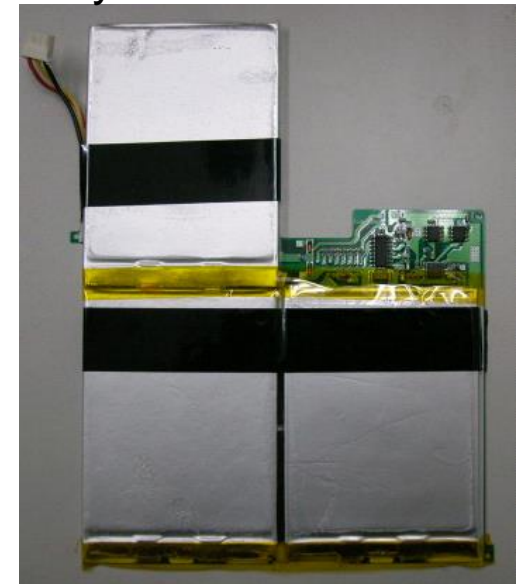
# 現行鋰離子二次電池製作程序—Packing



筆記型電腦之電池模組



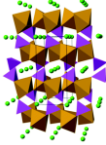
356285 (3S1P) for Tablet PC  
Capacity: 1800 mAh/ 11.4V





# 台灣儲電系統產業鏈

## 材料



### 正極材料

- 台塑長園
- 尚志精密化學
- 立凱電能
- 宏瀨科技
- 鋰錳科技
- 鋰科科技
- 鐵研
- 康普

### 負極材料

- 中碳
- 榮炭

### 電解液材料

- 台塑

### 隔離膜

- 明碁

### 銅箔

- 長春
- 南亞
- 金居

## 電池芯



- 能元
- 有量
- 必翔
- 昇陽
- 長利
- 蘭陽能源
- 興能
- 精極
- 威力
- 原瑞
- 金山
- 騰誼
- 長泓
- 台達電
- 立凱

## 電池模組與 電池管理系統



- 新普
- 首能
- 達振
- 加百裕
- 順達科
- 正威
- 新勝力
- 西聖
- 光寶科技
- 宇泉
- 台達電
- 群力

## 整車



### 電動汽車

- 華創車電
- 必翔
- 中華汽車
- 立凱
- 華德動能
- 唐榮

### 電動機車

- 山葉
- 易維特
- 光陽工業
- 三陽工業
- 摩特動力
- 益通
- 中華汽車
- 見發



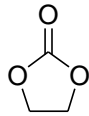


# 鋰電池發生燃燒爆炸的反應機制

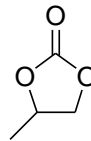


# 鋰電池不安全原因

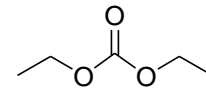
- 電解液為可燃物質。
- 電池因不當使用產生安全問題主要是因為有熱產生而引發連鎖化學放熱反應(thermal runaway)，進而燃燒或爆炸。
- 而熱主要有兩種形式
  - (一.)為電池正負端點不當負載，例如過充(充電電壓過高)、過放、外部短路(瞬間大電流)等，所產生的熱量會造成電池整體溫度上昇。
  - (二.)則為電池遭受外力，如撞擊、穿刺、壓碎則會使電池內部瞬間局部短路，產生高溫熱點。



Ethylene Carbonate (EC)



Propylene Carbonate (PC)

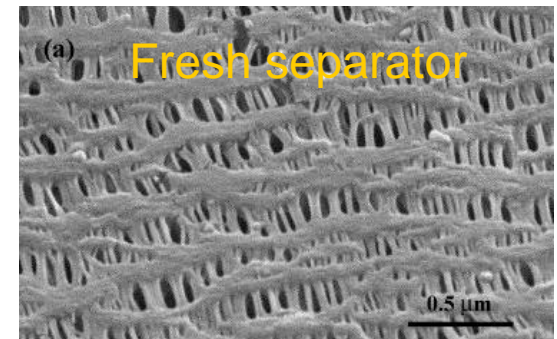
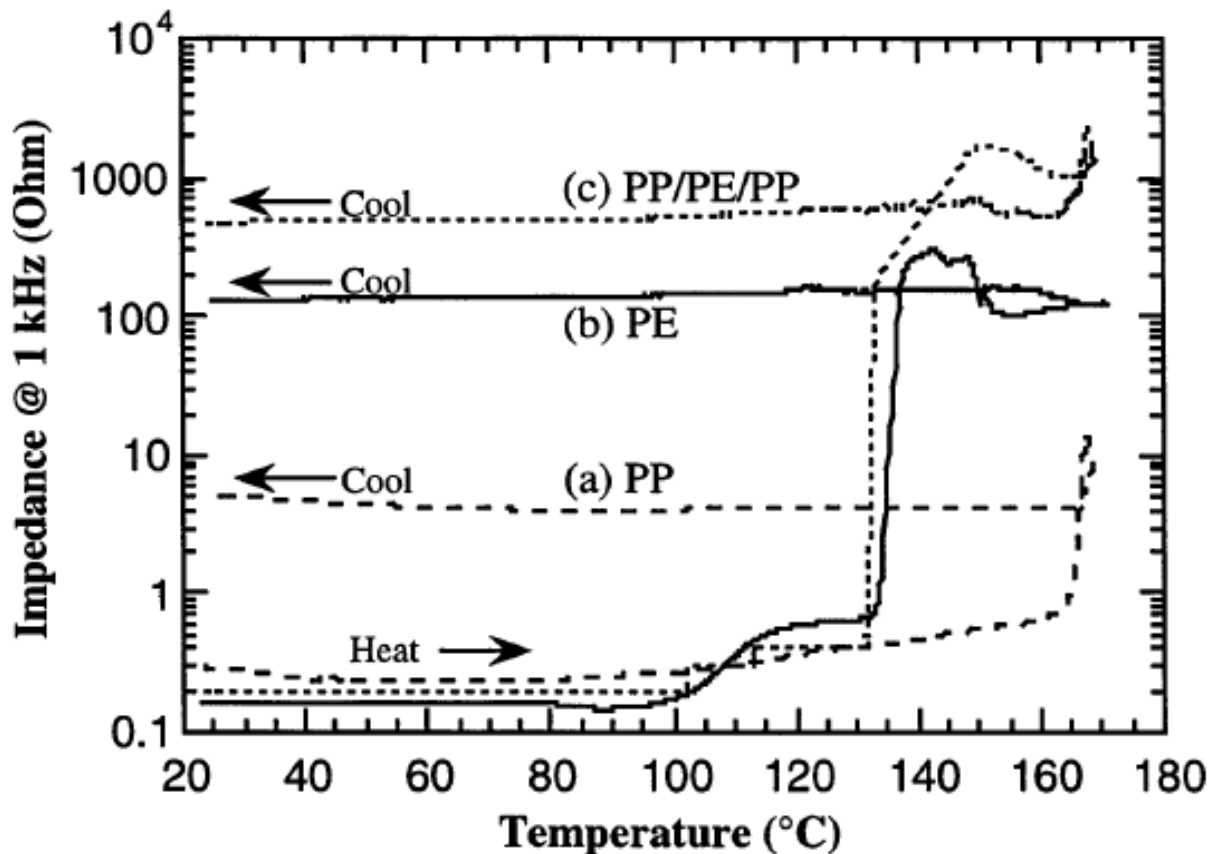
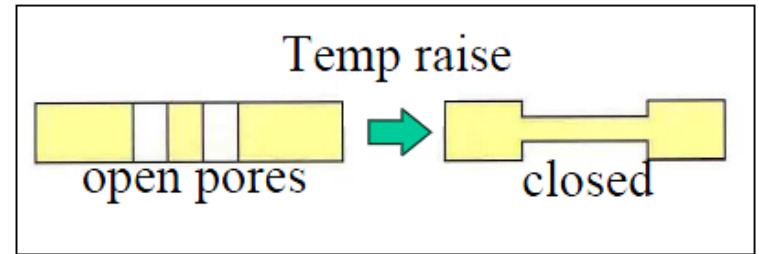


Diethyl Carbonate (DEC)



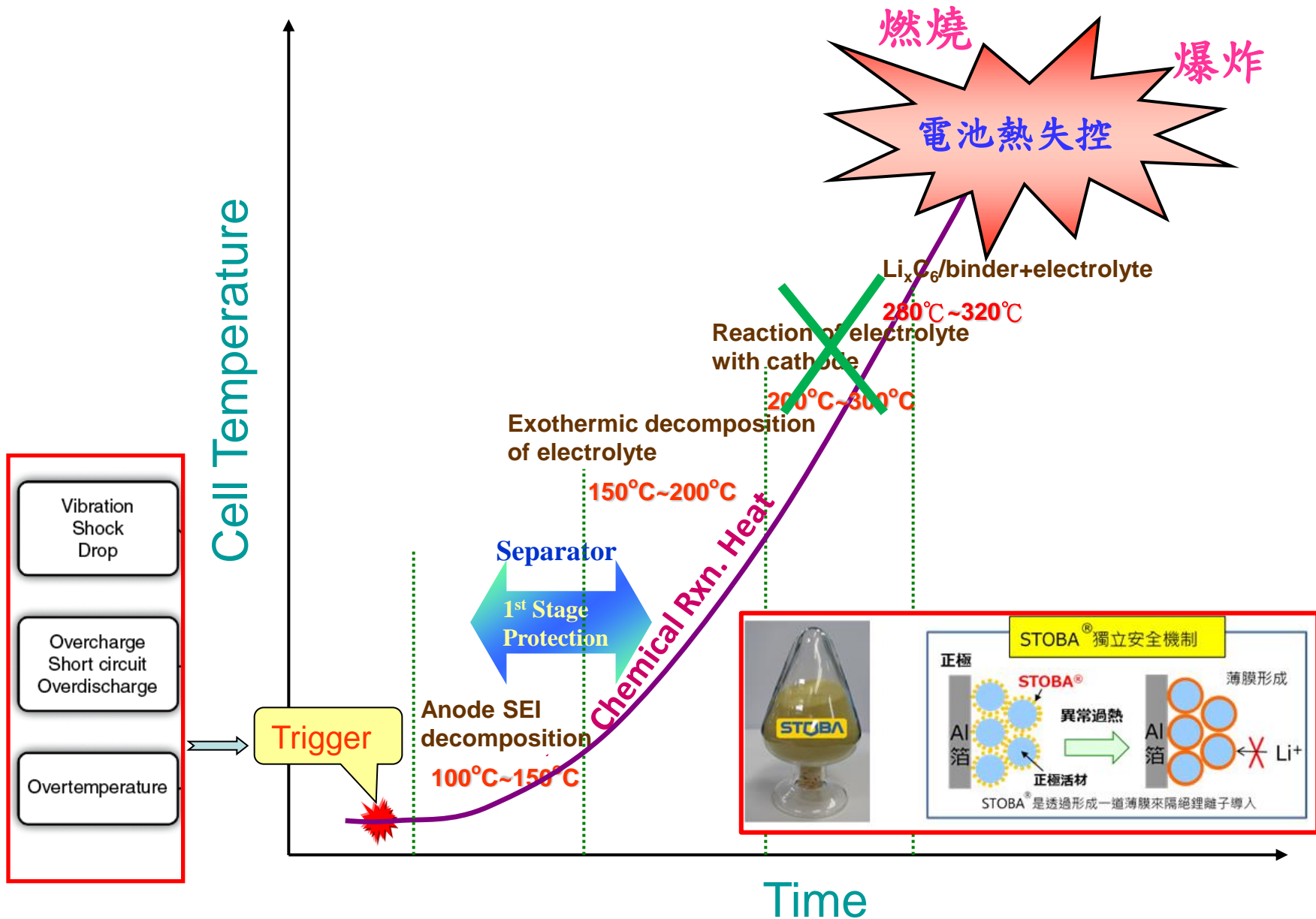
# Shutdown property of LIB separator

**Beyond a certain temperature, polyethylene melt induces closing pores, and ionic current is cutoff (→fuse).**





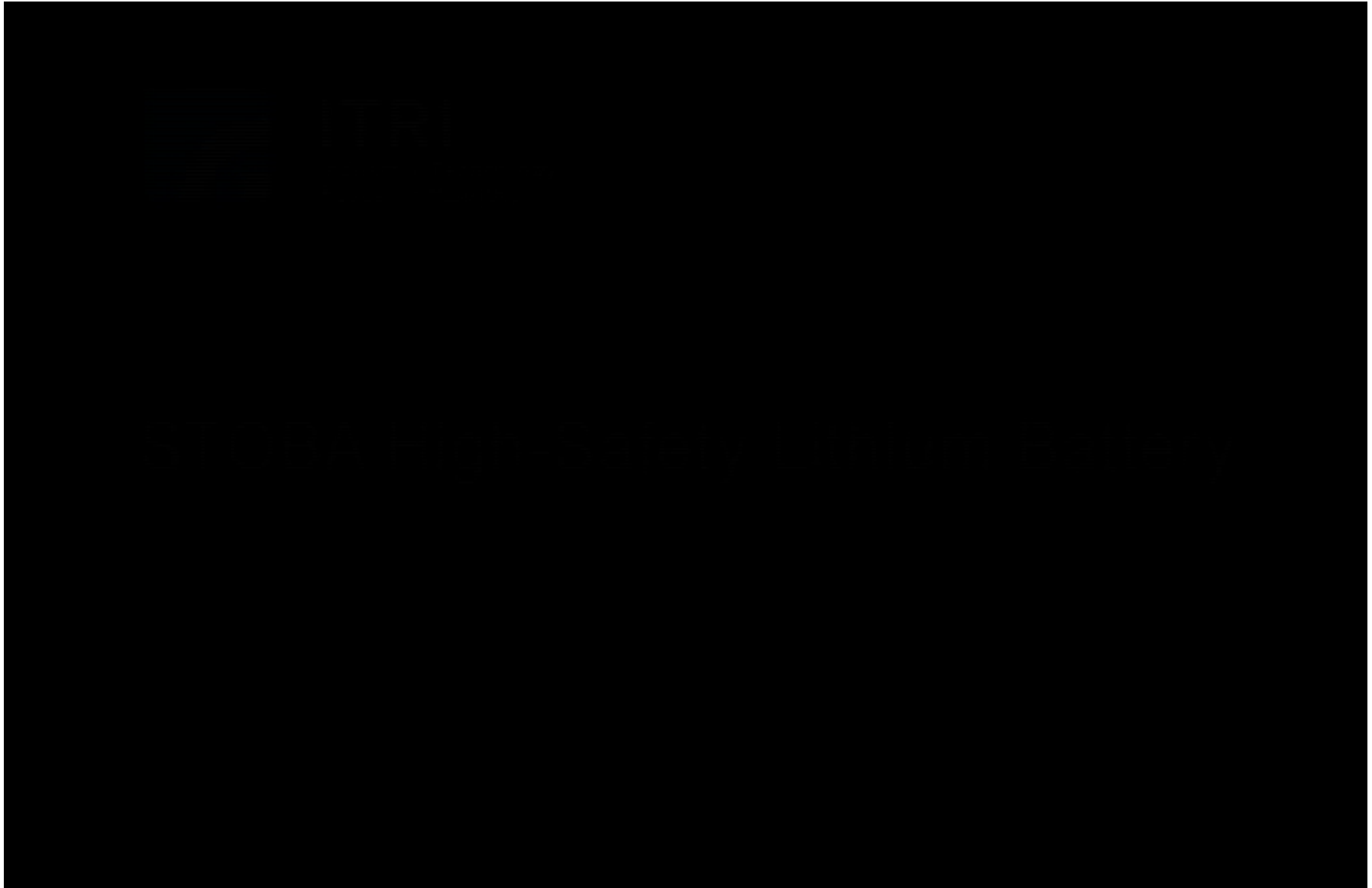
# 鋰電池的熱失控機制





工業技術研究院  
Industrial Technology  
Research Institute

# STOBA High safety Lithium-ion Battery Material Technology





# 鋰電池壽命失效原因



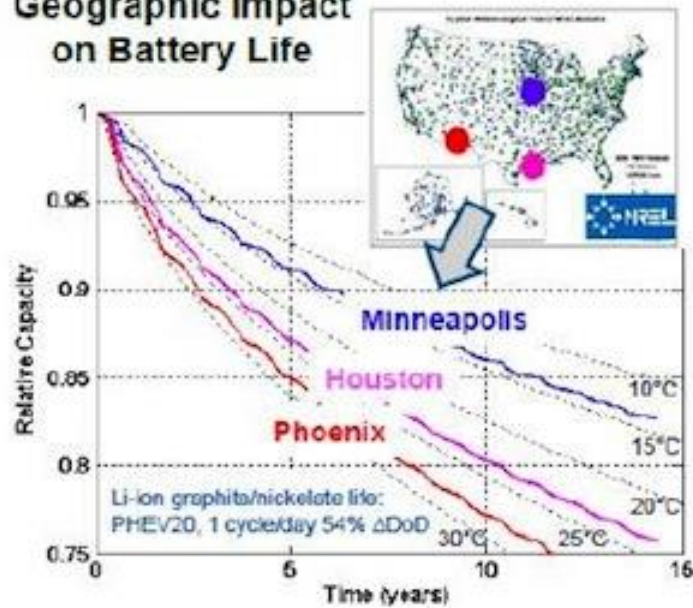
# 溫度對電池組壽命影響

## Life Trade Off Analysis

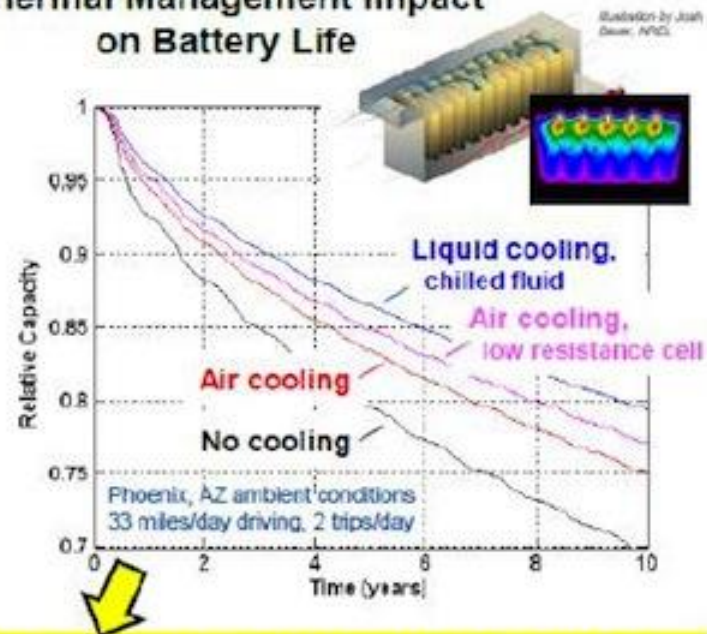
U.S. DEPARTMENT OF ENERGY  
**ENERGY** Energy Efficiency & Renewable Energy

### Life expectation in various thermal environments

#### Geographic Impact on Battery Life



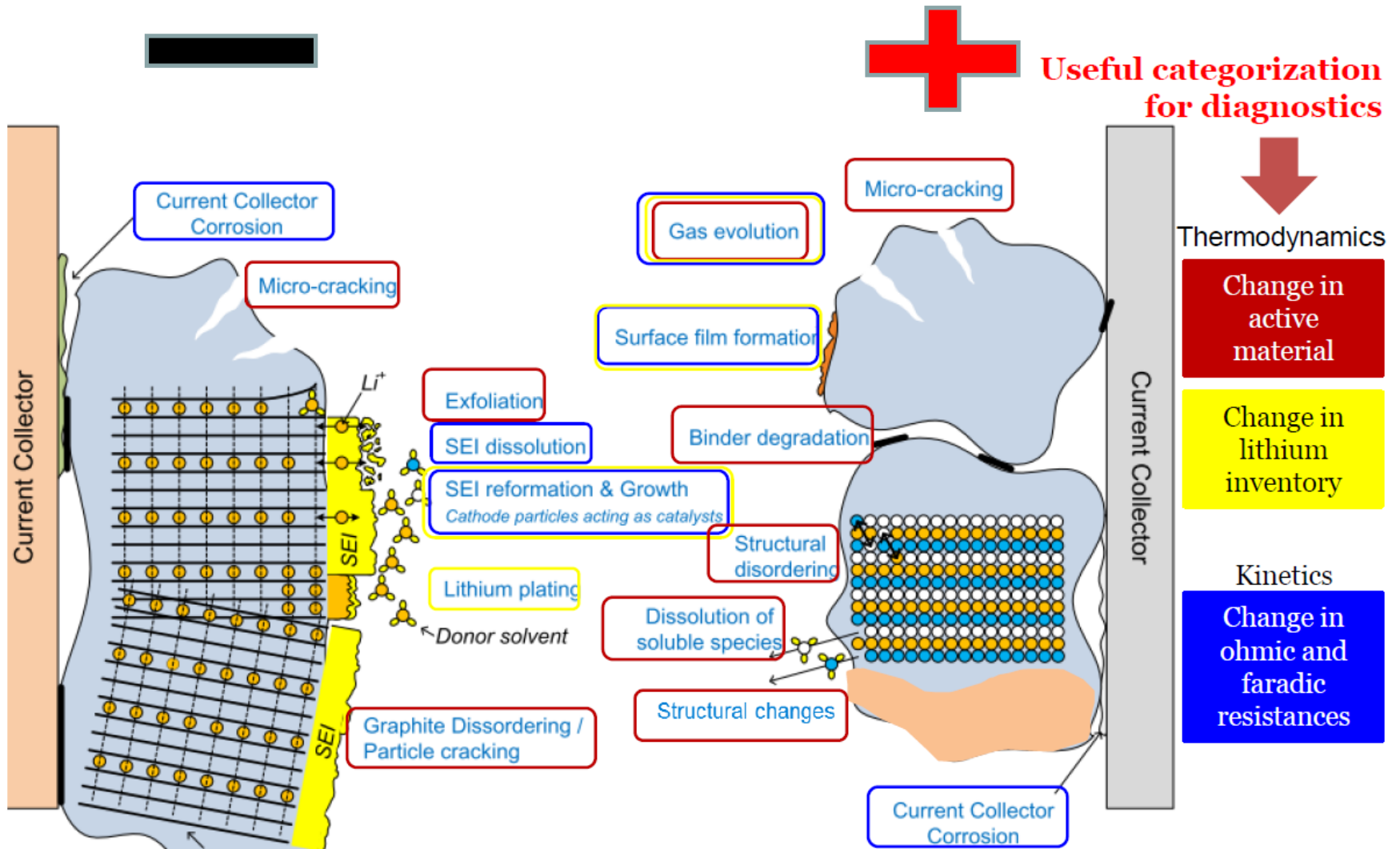
#### Thermal Management Impact on Battery Life



Compared with no cooling, the liquid-cooled battery can use 12% fewer cells and still achieve a 10-year life in Phoenix. Air cooling using low-resistance cells also seems appealing from a thermal / life perspective; however, this battery has the highest cell costs of the four options shown due to the cost of its high excess power.



# 鋰電池材料失效模式機制分析







# 鋰電池在電動車市場應用及發展現況



# 降低PM2.5排放量 政府編列392億

環保署104年9月2日表示，將實施6年期的「清淨空氣行動計畫」，補助地方執行空汙防制計畫，並要求各縣市明訂PM2.5的減排量目標，中央則執行包括推動電動二輪車、電動公車等8項強化措施，預期將PM2.5排放量從103年的年平均値23.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，降到109年的15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

## 【8項強化措施】

- 「推動電動二輪車」、
- 「推動電動公車」、
- 「推動電動蔬果運輸車」、
- 「推動柴油車加裝濾煙器」、
- 「推動飯店使用天然氣鍋爐」、
- 「推動河川揚塵污染防制」、
- 「推動兩岸空氣品質改善交流合作」及
- 「推動細懸浮微粒（PM2.5）管制相關基礎及背景研究」

等8項，超過一半都是移動源的改善方案。



# 鋰電池在電動車市場應用現況

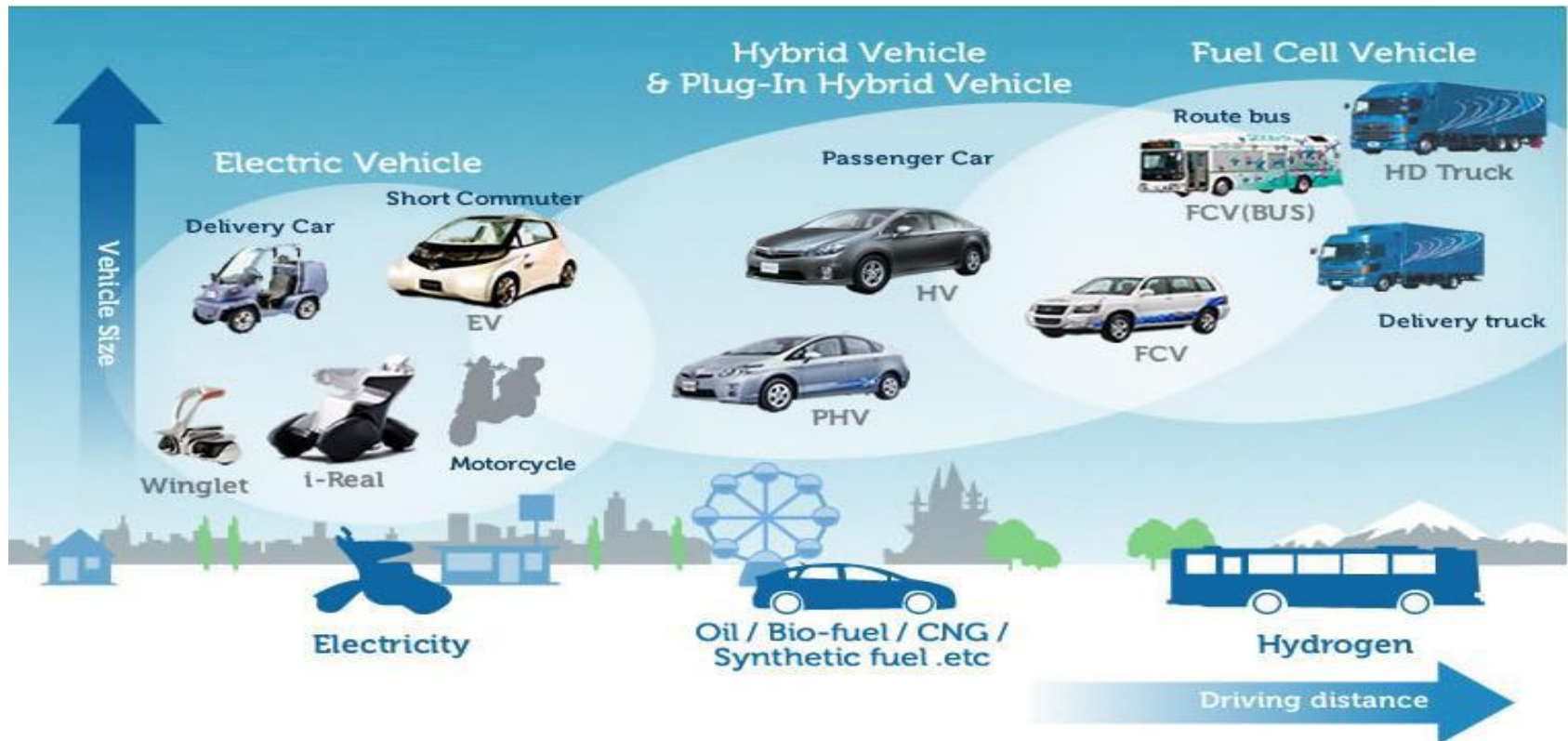
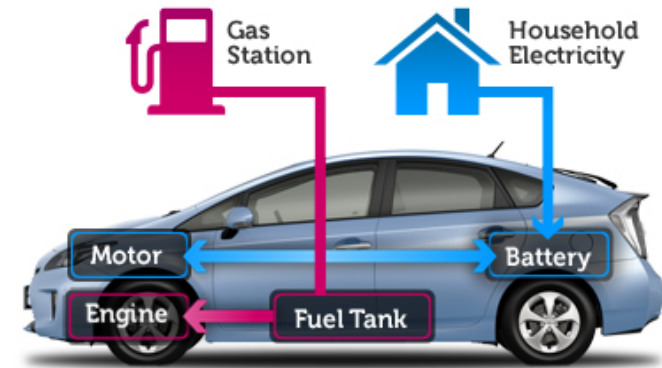
複合電動車 HEV (hybrid electric vehicle)

插電式複合電動車 PHEV (Plug-in hybrid electric vehicle)

PHEV<sub>20</sub> PHEV<sub>40</sub>

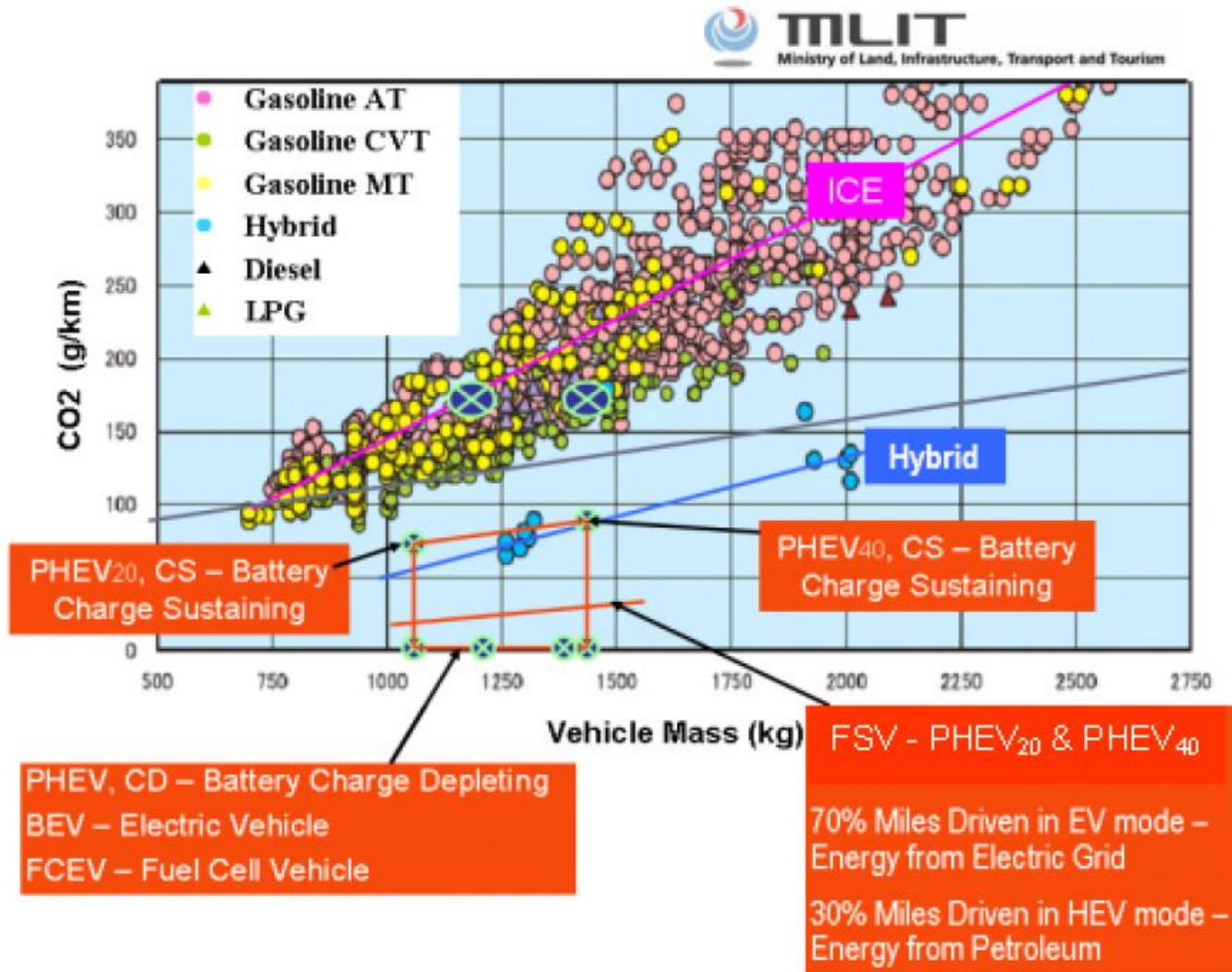
純電動車 BEV or EV (electric vehicle)

輕型電動車 LEV (light electric vehicle)





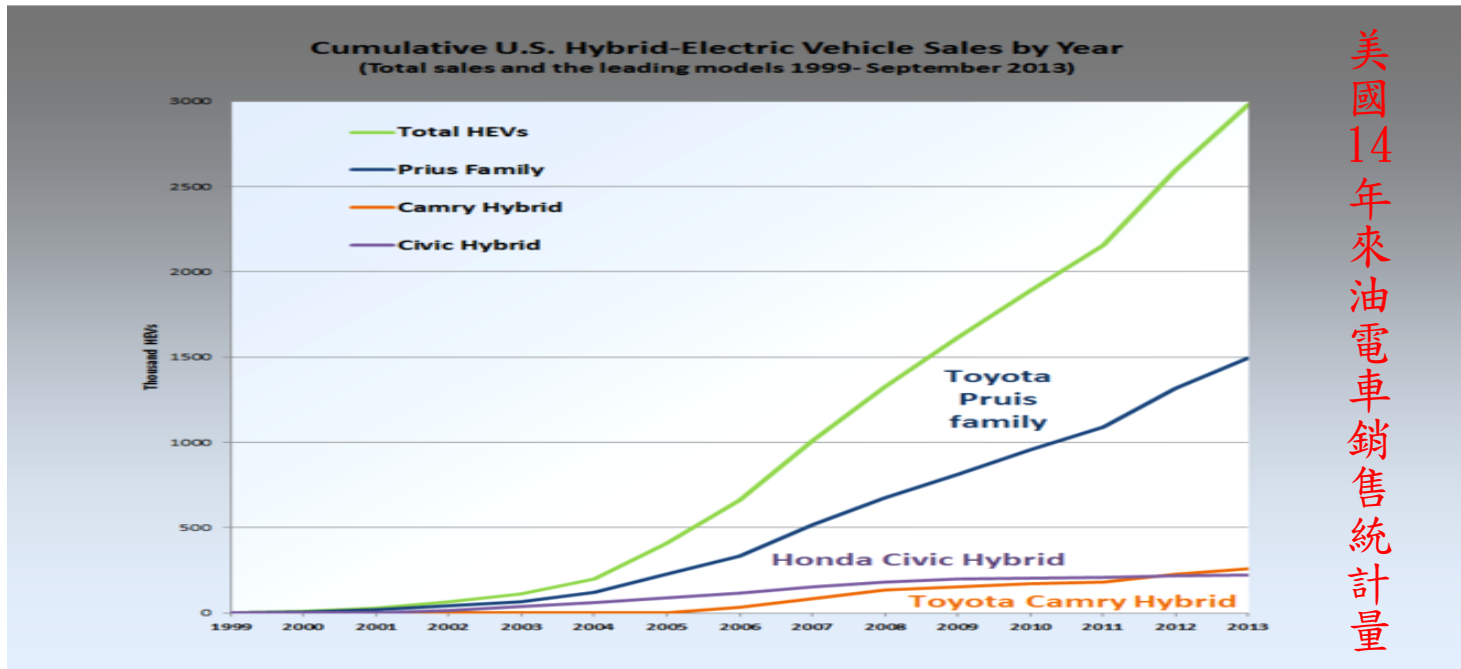
# 各種車輛的CO<sub>2</sub>排放



如果每輛汽車每天“僅”消耗2公升汽油，一天就是10億公升的消耗量；每使用1公升的汽油，就產生2.24公斤的二氧化碳，計算之下產生23億公斤，也就是230萬公噸的CO<sub>2</sub>；每年84億噸的二氧化碳。

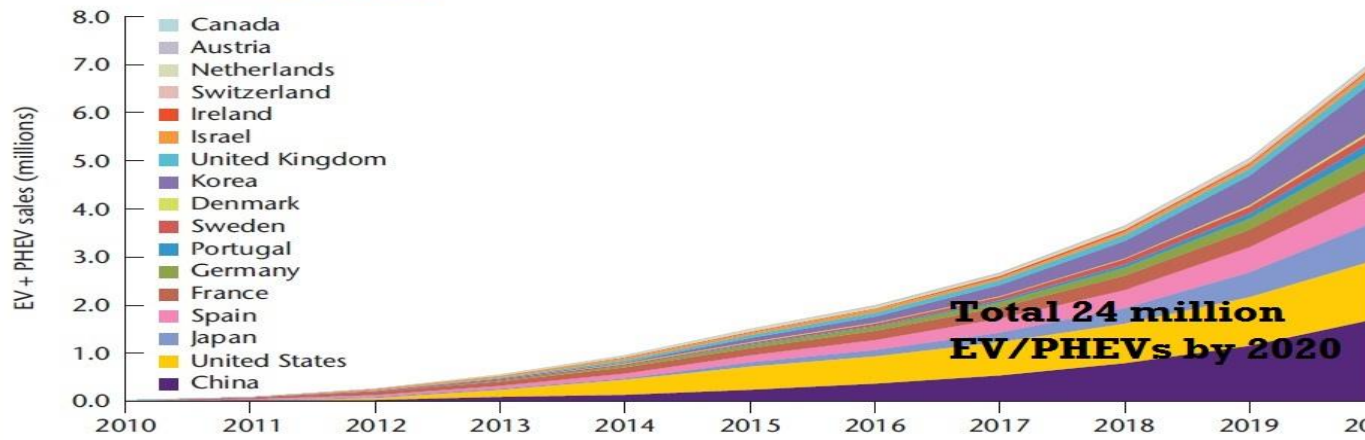


油價高漲&環保意識，帶動油電車銷售量大幅上升，累積全世界銷售量到今年2013年3月計算，已經超過500萬輛



美國14年來油電車銷售統計量

Figure 6: National EV/PHEV sales targets if national target year growth rates extend to 2020





聯合晚報提供

# 全球電動車使用熱區及前十大國



## 美國電動車成長概況





## 台灣純電動車推廣先鋒車款

2011年



**Nissan Leaf**

引進40輛  
參與台中先導運行計畫

2011年



**Mitsubishi i-MiEV**

引進5輛  
參與高鐵新竹站轉乘服務

2011年



**酷比 tobe M'car**

生產300輛  
執行大台北先導運行計畫

2013年



**TOYOTA iQ EV (進口)**

引進19輛執行  
日月潭風景區租車服務

2014年



**BMW i3 (進口)**

在台試水溫  
首對一般民眾開賣

2015年



**納智捷 Luxgen EV**

與高雄佛光山  
合作先導運行

聯合晚報提供



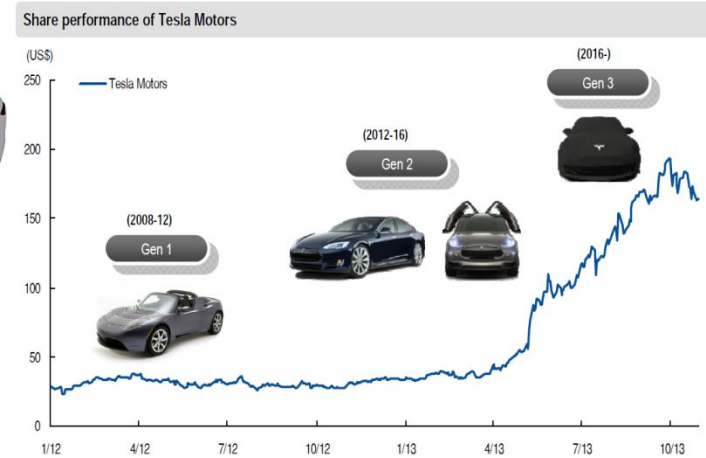
## 國內兩大旅遊區 電動車租車試行服務

大台北 格上租車(裕隆集團) 新北市政府		示範運行區 執行車商 合作單位	日月潭風景區 和運租車(和泰集團) 經濟部、交通部、環保署
酷比 M'car EV	納智捷 EV	出租車型	TOYOTA iQ EV TOYOTA Prius PHV
日租 1999元起	2小時 599元起	租用價格	前半小時99元起，之後 每分鐘增8元



# Tesla Model S

Model S能夠以5.5秒從靜止加速到時速96.6公里 (60英里) ，並擁有約321公里 (200英里) 的行駛距離



車款	受測車輛價格 (美元)	總分
Tesla Model S (base, 85 kWh)	\$89,650	99
BMW 135i	\$37,650	97
Infiniti G37 (sedan)	\$37,225	95
Toyota Camry Hybrid XLE	\$29,052	93
Audi A6 (3.0T)	\$56,295	93
Infiniti M37	\$53,825	93
Lexus LS 460L	\$79,354	92
Chevrolet Corvette Z06	\$64,890	92
Hyundai Genesis 3.8 (sedan)	\$39,850	92
Toyota Camry XLE (V6)	\$32,603	92
Audi A8 L	\$91,275	91
Honda Accord LX (4-cyl.)	\$23,270	90
Honda Accord EX-L (V6)	\$30,860	90



17吋的超大觸碰式螢幕控制了Model S上所有的功能，包括空調、燈光、導航、網路等，而這系統的反應速度和控制靈敏也獲Consumer Reports肯定。





# Tesla Motors S

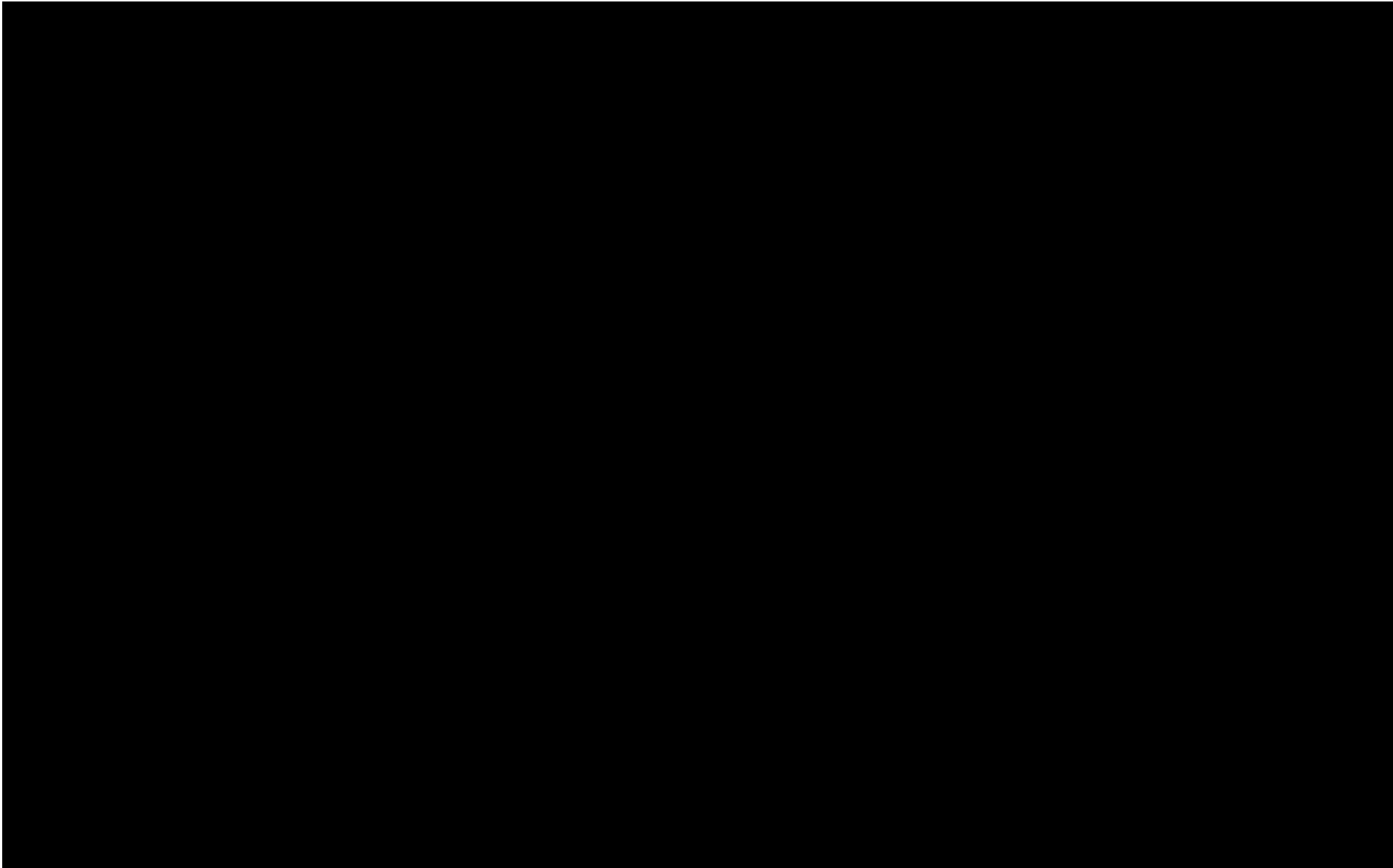
**ConsumerReports**<sup>®</sup> has no  
financial relationship with  
advertisers on this site.



工業技術研究院

Industrial Technology  
Research Institute

# Tesla Model S - Crash Test





# Luxgen S3 EV<sup>+</sup>

採用和Tesla相同的驅動馬達和機電控模組，結合33kWh的電池，可輸出150仟瓦的動力，相當於204匹馬力，時速0到100公里加速只要7.2秒，汽油車相比一點不遜色，而且透過快速充電，可在40分鐘內充電量達到80%。  
充滿電最大續航力達到220公里。





# 台灣電動大客車發展願景與推動目標

- ※ 行政院第2階段大力推動電動大客車，期能建構節能減碳生活環境，使民眾有感。
- ※ 推動目標以國內市場培養為基礎，設定10年萬輛、產值破百億、國產化比例過半等目標，進而進軍國際市場。

## 推動 目標

### 以國內市場培養基礎，進軍國外市場

- 數量：合計10,390輛，包括交通部及環保署合推市區公車及一般公路客運公車汰舊換新10,000輛(103~112年)及經濟部推動先導運行案390輛(103~105年)
- 產值：合計122億元(105年)



# 搭公車救地球 近距離接觸新竹市電動公車

新竹市區目前共36線公車路線重度仰賴電動巴士維持運輸功能

自2010年行駛到今年八月底止，免費公車便已經載運高達428萬8559人次，平均每班載運約26人





# 通過TES測試的電動機車

## TES電動機車產業網



經濟部工業局

新聞專題

活動訊息

廠商產品

產銷分析

政府資源

發展協會

網路資源

產業服務團隊

### 補助專區

各縣市政府  
補助資訊

補助車款

補助查詢

補助成果

最近一年  
銷售前8大車款

經銷商地點

各縣市充電站  
設置地點

檔案下載

電話：0800-527-027  
傳真：02-2755-1665

### 廠商產品

- 合格廠商
- 合格產品

#### [ 合格廠商 ]

項次	產品分類
1	益通動能科技股份有限公司
2	光陽工業股份有限公司
3	中華汽車工業股份有限公司
4	三陽工業股份有限公司
5	易維特科技股份有限公司
6	東庚企業股份有限公司
7	台灣山葉機車工業股份有限公司
8	同喬實業股份有限公司
9	綠鑽股份有限公司
10	見發先進科技股份有限公司
11	其易電動車科技有限公司
12	山王工業有限公司
13	美家園國際有限公司
14	陽光電摩有限公司





# 103年度電動機車產業發展推動計畫

## ◀建立國內電動機車完善的使用環境▶

★建立4種能源補充設施商業示範，已於全國設置2,349座。

**北部地區**：設置**637**座，  
占全國**27.1%**。

- 新北市**208**座最多，占該地區之**32.7%**。
- 皆為**一般充電站**。

一般充  
電站

**中部地區**：設置**353**座，  
占全國**15%**。

- 台中市**154**座最多，占該地區之**43.6%**。
- 皆為**一般充電站**。

一般充  
電站

**南部地區**：設置**564**座，  
占全國**24%**。

- 屏東縣**286**座最多，占**50.7%**。
- 皆為**一般充電站**。

一般充  
電站

一般充  
電站

**東部地區**：設置**136**座占  
全國**5.8%**。

- 花蓮縣**52**座最多，占**38.2%**。
- 皆為**一般充電站**。

智慧型  
充電站

一般充  
電站

快速  
充電站

電池  
交換站

**離島地區**：設置**659**座，占  
全國**28.1%**。

- 澎湖縣**612**座最多，占離島地區之**92.9%**。
- 智慧型充電站(**330**座)最多，其次一般充電站(**262**座)，另有快速充電站(**26**座)與電池交換站(**41**座)等示範。



地區	座	
北部	基隆	12
	台北市	109
	新北市	208
	桃園	199
	新竹	69
	苗栗	40
中部	台中市	154
	南投	40
	彰化	73
	雲林	37
	嘉義	49
	南部	台南市
高雄市		154
屏東		286
東部	宜蘭	48
	花蓮	52
離島	台東	36
	澎湖	612
	金門	47
合計	2,349	



# 中華汽車於澎湖, 馬祖, 綠島開啟電動機車 「觀光」服務







## 帽似安全要命

TVBS新聞台 HD

氣象局解除天鵝海警  
宜花南投雲林以北防大雨



基隆



李昱董 劉欣達

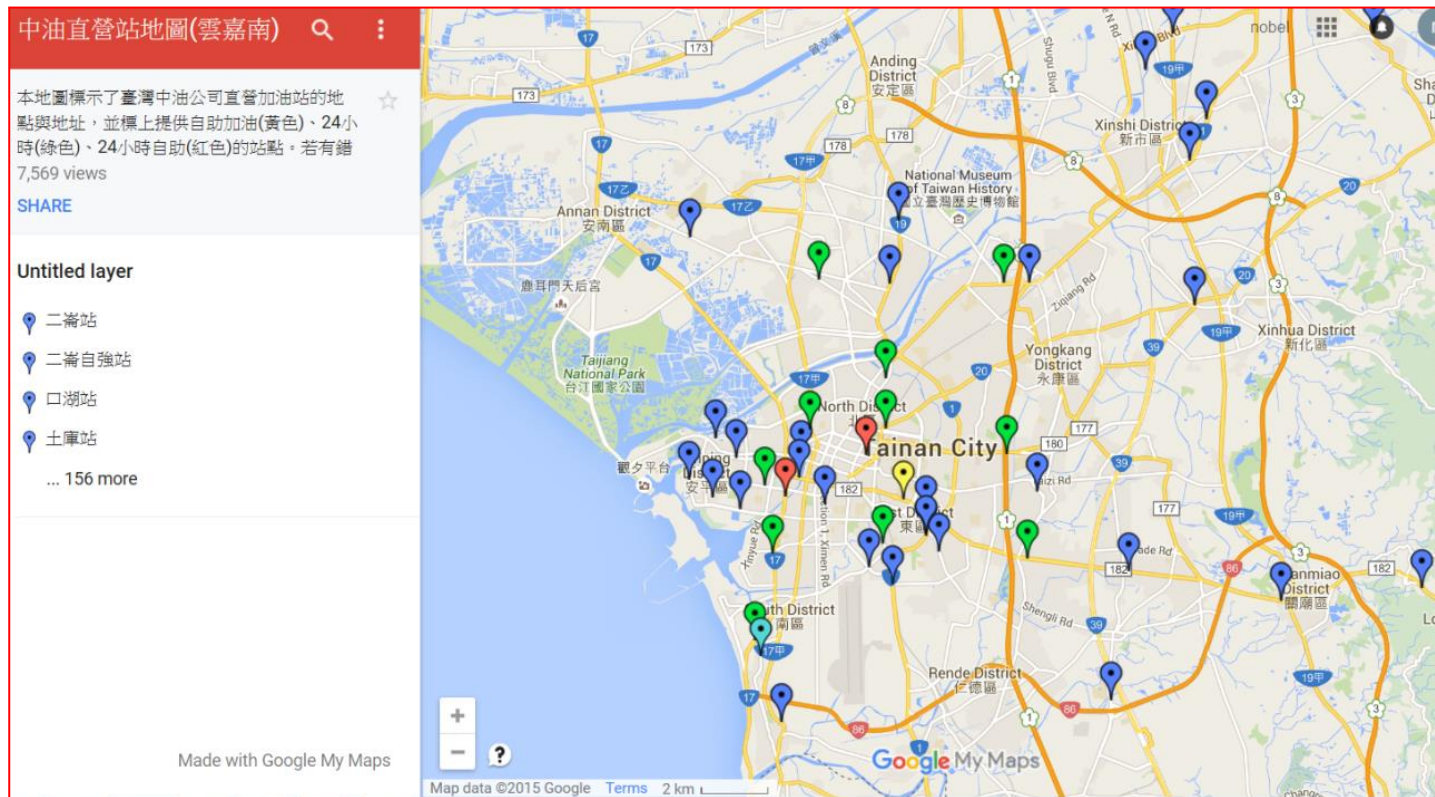
21:26

解除海警

中颱天鵝向東北轉北北東

# 電動機車需要改善的推廣措施

- 在「續航力較差」、「充電時間較長」、「電池衍生費用較貴」以及「電池的保固期限與保固範圍較短」是有40%左右的消費者認為目前電動機車的產品瓶頸就是此四項缺點。
- 政府目前最需要加強的建設包括「增加充電站」與「增加設立電池交換站」，特別是對於未來想以電動機車作為主要代步工具的學生或上班族，其同意與非常同意的比率均相當高。





# 表16 政府與廠商對於電動機車應加強推廣措施及性能與服務之分析結果

政府應該加強哪些推廣措施	平均數	標準差
1.應該提高補助金	4.14	.904
2.應該增加充電站	4.39	.763
3.應該提供稅務優惠	4.27	.829
4.應該增加補助名額	4.27	.829
5.應該設立電池交換站	4.42	.754
6.應該加強宣導電動機車的優點	4.39	.779
電動機車的廠商所提供的性能與服務方面，哪些項目較沒信心	平均數	標準差
1.續航力較差	4.00	.979
2.價格較貴	3.73	1.017
3.充電時間較長	3.94	.912
4.電池衍生費用較貴	3.98	.957
5.維修便利性較差	3.79	.972
6.電池的保固期限與保固範圍較短	3.87	.924
7.外型較沒有變化	3.38	1.064
8.速度較慢	3.57	1.063
對於電動機車整體上具購買/使用意願？	3.65	.923



# 未來台灣發展的鋰電池應用

