

出國報告（出國類別：會議）

參加日本第 51 屆電池研討會

服務機關：台灣中油公司

姓名職稱：廖權能，化學師

派赴國家：日本

出國期間：99.11.07-99.11.12

報告日期：99.1.24

目 錄

摘 要	-----2
一、 出國目的	-----3
二、 行程	-----3
三、 會議內容重點整理	-----3
四、 心得與建議	-----22

摘 要

電動車發展策略除中國大陸以降低原油進口之依賴性為最重要考量外，各國均以 CO₂ 排放減量為重點。

鋰電池材料之市場競爭非常激烈，以正極材料最是白熱化，而正極材料又以鋰鐵磷較被看好。負極材料目前仍以碳材為主，分石墨、非晶型硬碳與 MCMB 三大類。對於需要快充快放之負極材料而言，日本非常看重非晶型硬碳，歐美則較偏向石墨改質。LTO 有其安全之利基，但與負極碳材有不同之市場區隔。至於高電容量之錫、矽等合金材料，離實用還有一段距離。中期而言，碳矽複合材料可能是不錯的標的物。

目前鋰電池之比容量都太低，發展高比容量之鋰電池是長期目標，鋰-硫電池是首選，鋰-空氣電池則是下一個標的。

鋰電池之大型化、全固態化、安全性以及燃料電池亦是本會議之重點。

註： 1. MCMB (中間相碳微球) 為 Mesophase Carbon MicroBead 的縮寫。
2. LTO (Li₄Ti₅O₁₂、鈦酸鋰)為 Lithium Titanium Oxide 的縮寫。

一、 目的

本次參加日本第 51 屆電池研討會，目的主要是收集鋰電池負極碳材發展之最新資訊，特別是非晶型碳材，作為本所相關研究之參考。

二、 行程

起迄日期	天數	到達地點	詳細工作內容
99.11.07	1	桃園-名古屋(日本)	啓程(08:00 飛機起飛、11:35 抵達)
99.11.08	1	名古屋(日本)	standby
11.09-11.11	3	名古屋(日本)	研討會三天
99.11.12	1	名古屋-桃園-嘉義	返程(12:35 飛機起飛、15:00 抵達)

三、 會議內容重點整理

本研討會依論文屬性分成 8 個會場同時進行，大致分類如下：

- A. 日本能源暨新技術發展組織 (NEDO) 支助研究計畫報告
- B. 鋰電池 (大型化、電池測試、安全)
- C. 鋰電池 (正極, Cathode)
- D. 鋰電池 (負極, anode) 與電容器
- E. 燃料電池 (SOFC 與 PEFC)
- F. 燃料電池 PEFC (催化劑、電極與電池測試)
- G. 鋰電池 (全固態、電解液、其他)
- H. 電池與電動車 (EV/HEV/PHEV) 國際討論會

個人以參與 H 會場之電池與電動車 (EV/HEV/PHEV) 國際討論會以及 D 會場鋰電池 (負極, anode) 研討內容為主。

重點內容整理：

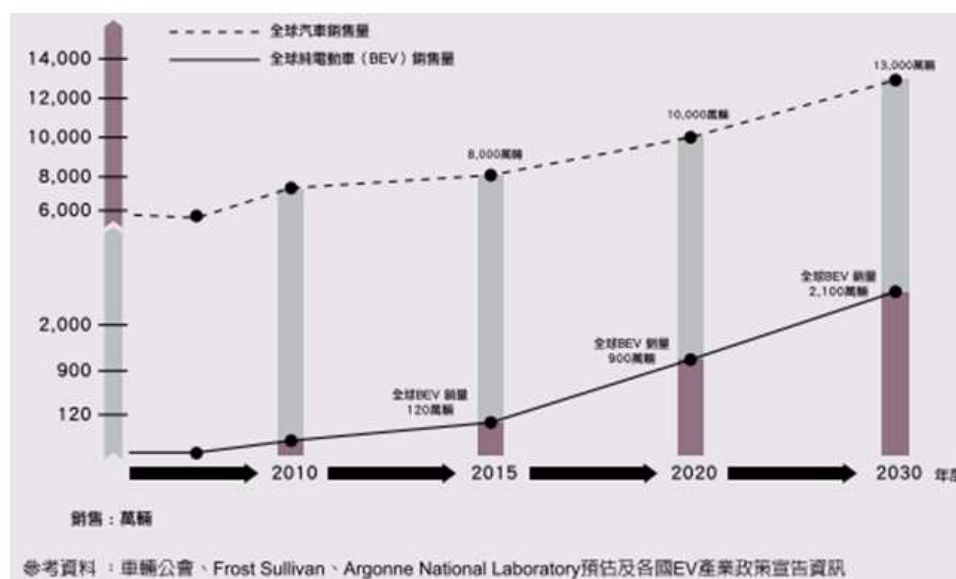
<一>、未來 5-10 年主流：純電動車(Electrical Viechle，簡稱 EV)或油電混合電動車(Hybride Electrical Viechle，簡稱 HEV)？各車廠作法不同，但似乎普遍認為 5-10 年內，仍將以油電混合電動車為大宗。

有人認為 2010 年是開創電動汽車（EV）新紀元的一年。EV 在世界各地接二連三地問世。引發這股「熱潮」的是眾所週知的日產 EV「LEAF（聆風）」，其規範如表一。

表一、日產 EV「LEAF（聆風）」之出廠規範

Dimensions	4,450mm X 1,770mm X 1,550mm
Seating Capacity	5 passengers
Powertrain layout	Front motor, front drive
Electric Motor	High response AC synchronizing motor (80kw, 280Nm)
Battery	Laminate-type thin lithium-ion battery (apporoximately 24kWh)
Brakes	Regenerative braking, mechanical disk brakes
Top speed	Over 140km/h
Cruising range	160km (@ US LA4 mode)
Charging times	Normal charge: JPN apporoximately 8 hours (200V) <i>3kw</i> US/EUR apporoximately 7 hours (240V/230V) Quick charge: apporoximately 30minutes (@50kW SOC0% to 80%)

之前業界一直認為「EV 普及還需要很長時間」見圖一全球電動車市場預測，EV 的開發也在緩慢推進之中。



圖一、全球電動車市場預測

然而日產汽車卻在此時高調公佈了年產 5 萬輛 EV 的宏偉計

劃。全球的 EV 形勢也因此驟然改變。EV「可能會普及」的觀點在整個業界傳遞開來。在美國 EV 車，最受矚目的是位於矽谷的特斯拉汽車（Tesla Motors）。特斯拉正好符合推行綠色新政的歐巴馬政權思想，獲得美國政府提供的 4 億 6500 萬美元鉅額貸款。之後特斯拉宣佈，將收購美國通用汽車（General Motors）的原工廠「NUMMI」並量產 EV。該公司作為「拯救通用破產的新興企業」而受到矚目，一躍成為時代的寵兒。特斯拉吸引了多家知名廠商的興趣。以德國戴姆勒（Daimler AG）獲得特斯拉的股份為開端，2010 年 4 月豐田宣佈向特斯拉出資 5000 萬美元，緊接著松下 2010 年 11 月宣佈，向特斯拉出資 3000 萬美元。

豐田與特斯拉共同開發 EV，並於 2010 年 11 月公開了「RAV4 EV」。豐田公司希望從特斯拉身上學到挑戰精神及快速決策，並以較快的速度開發出了電動汽車。

松下看重的是特斯拉的電池組管理技術。

特斯拉所開發 EV 的最大特點在於電池技術，電池單元使用的是用於個人電腦用途的直徑 18mm×長 65mm 的「18650」。因 18650 已作為標準產品大量上市，因此具有價格低於車載專用電池單元的特點。不過，汽車使用的電池與用於個人電腦的電池相比，要求具備非常高的安全性及可靠性。特斯拉開發出特有技術——即使有 1 個電池單元發生損壞並出現熱失控（Thermal runaway）現象，也不會對其他電池單元造成影響的物理性構造」。松下已于 2009 年公開了用於車載用途的 18650 電池單元。

然而 2010 年豐田與本田仍未改變對 EV 的看法，認為 EV 只限于特定用途，還需要很長時間才能普及。「電池的能量密度仍遠遠趕不上汽油」、「要普及 EV，價格與性能的平衡十分重要。目前二者還很難做到平衡」。即便如此，在 EV 開始普及之前毫不鬆懈地做好準備，是兩家公司共同的特點。

豐田與本田相繼在 2010 年底公開了小型 EV 試製車。

豐田 2010 年 11 月發佈了以小型車「iQ」為原型的 EV 試製車。2012 年將在日美歐投放以「iQ」為原型的車型，最初計劃以每年銷售數千輛為目標。豐田 EV 的特點是，面向短距離用途，將充電一次的行駛距離控制在了 100km 左右。據豐田介紹，這樣做除了可削減電池成本，較其他公司大幅降低 EV 的售價外，還縮短了充電時間。試製車配備的鋰離子充電電池容量約為 11kWh，比三菱汽車「i-MiEV」的 16kWh 和日產汽車「LEAF」的 24kWh 都要少。

本田則於 2010 年 11 月公開了「飛度 EV 概念車」。預定 2012 年在日美上市。這是本田自 1997 年向市場投放共計 300 輛「EV Plus」以來再次推出 EV。該 EV 試製車採用了東芝生產的鋰離子充電電池。

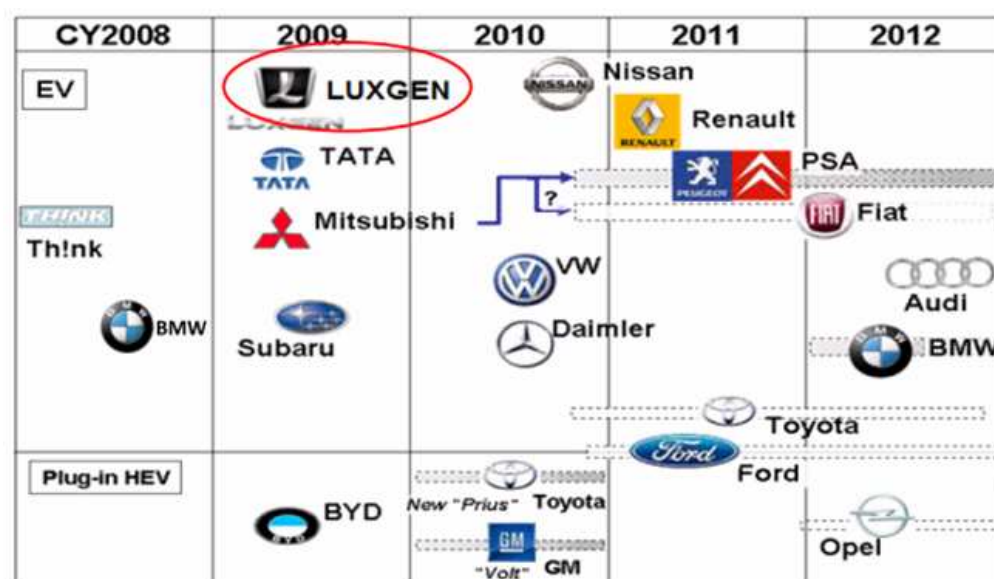
對於身居 EV 旋風中心的日產汽車而言，2010 年可謂是為普及 EV 而致力於改善環境的 1 年。其中，充電基礎設施被定位為最優先改善的環境。EV 的最大弱點是充電一次的續航距離較短。因此，充電基礎設施是用戶購買電動汽車時最為擔心的因素。因而日產汽車除了在日本全境約 2200 處地點設置充電站外，還開發出了可在車載顯示器上即時顯示周圍充電站資訊的功能。

以日美為中心颳起的 EV 開發之風已吹向新興市場國家，且幾乎就要超過日美，尤其是中國大陸。中國政府打算在國內建立以公共交通工具為中心的「官造」EV 市場，首先致力於公共汽車與計程車的 EV 化，重點是領先於全球優先普及 EV、磨練技術，儘早在目前各國各持己見的充電基礎設施標準化等方面搶佔先機。

「在中國，一輛公共汽車實現 EV 化後可削減相當於 30 輛乘用車的溫室氣體，而一輛計程車 EV 化的效果則相當於 10 輛乘用車。也就是說，要想實現中國的低碳化，相對於乘用車，首先從公共汽車和計程車的 EV 化入手更為有效」。

為了追趕中國，印度也開始出現了 EV 方面的新動向。印度塔

塔汽車（Tata Motors）2010 年 12 月宣佈，2011 年夏季將在歐洲上市 EV「Indica Vista EV」，圖二簡要說明各大車廠牌電動車開發時程。



圖二、各大車廠牌電動車開發時程

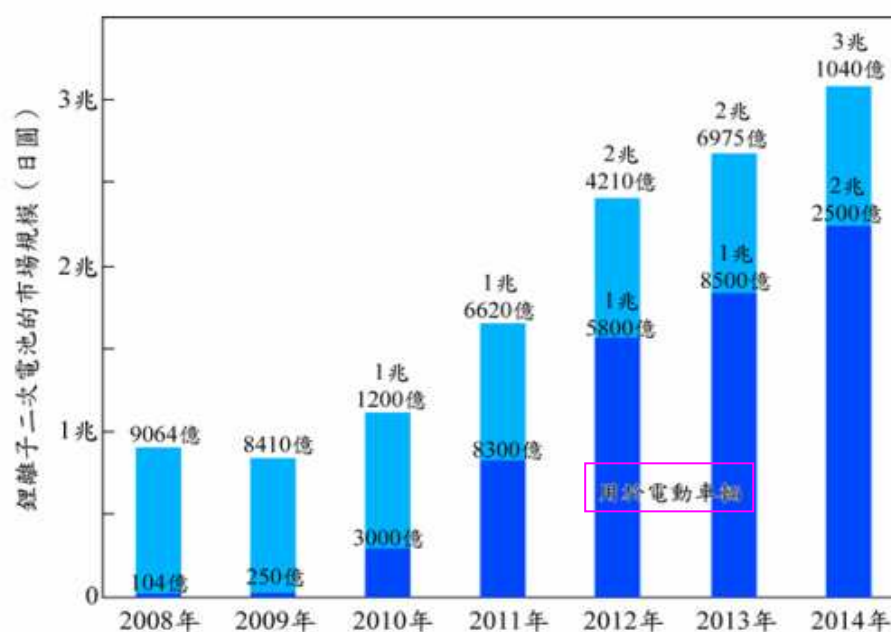
而就國家的發展策略來說，除中國大陸外，各國均是考慮 CO₂ 排放減量，遵循（HEV→PHEV→BEV）順序發展，將 HEV 視為必要之過渡產品。唯獨中國大陸係以降低原油進口之依賴性為最主要考量，政策上跳過 HEV（不給予補助），直接發展 PHEV 與 BEV。而巴西因水資源豐富，電力便宜，以及生質油料豐富便宜，發展上似乎亦與眾不同。

<二>、全球一致看好鋰電池市場。

在全球性資源緊缺與環境惡化的背景下，電動汽車逐步替代傳統燃油汽車已是全球共識的必然趨勢。動力電池是電動汽車的技術核心，被稱為電動汽車的心臟。在混合動力汽車、純電動汽車、插電式混合動力汽車中，電力驅動系統的價值均占整車成本的一半以上。

新能源汽車最重要的是汽車的能量系統，主要包括電池、控制系統以及電機，從目前來看，最核心的應該還是電池。動

力鋰電池的機遇主要是未來在新能源汽車上的大量運用，每台電動車所使用的鋰離子電池數量，相當於一萬台手機的電池用量。電動車日益普及將掀起全球鋰電池市場的大革命，粗估統計至 2010 年止，於鋰電池產業投資的金額已超過 1 兆日圓，原本重心放在手機產業的電池廠家，重心幾乎都已轉移至電動車領域。日本市調機構富士經濟預估在 2014 年市場規模將超過 3 兆日圓(約 330 億美元)如圖一。



圖三、鋰電池市場在 2014 年規模將超過 3 兆日圓

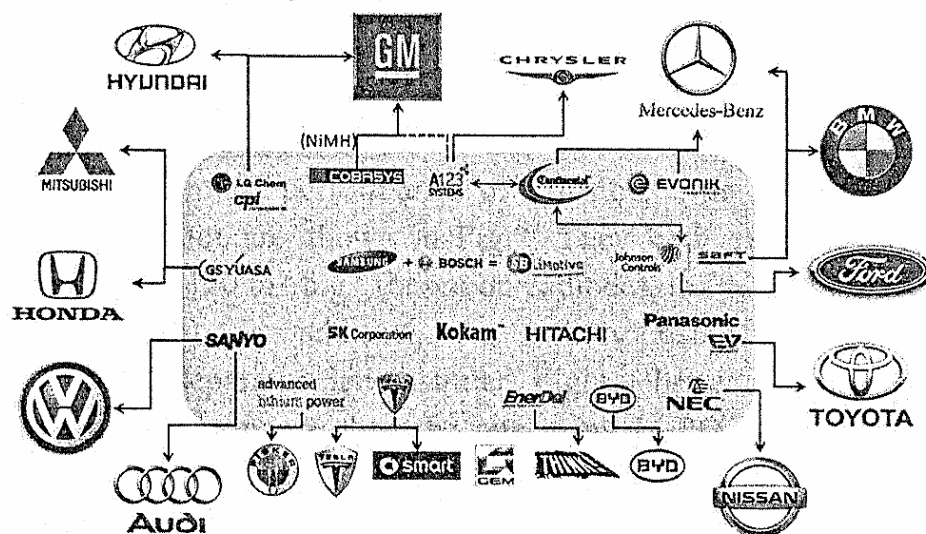
(摘自：材料世界網 2010/10)

電動車推動起來，將對鋰電池市場帶來重大變革，車用鋰電池市場規模將遠遠凌駕手機用鋰電池市場規模之上，大容量的鋰電池將成市場主流。市場前景看好，各電池廠紛紛與汽車廠展開異業結盟（圖四），搶食市場大餅。TOYOTA 與 Panasonic 合作開設 Primcarth EV Energy 公司，於 2010 年 1 月完成新工廠，生產主力集中在鎳氫電池，未來將正式轉為鋰離子電池的生產。2010 年推出第一台電動車「LEAF」的日產汽車，與 NEC 集團合作成立合併公司 Automotive Energy Supply，

將挑戰年產 50 萬台「LEAF」的量產計畫。GS YUASA Power Supply 公司也與三菱汽車、三菱商事合作組成 Lithium Energy Japan 公司，並展開運作。GS YUASA 與 HONDA 汽車合作，以混成車輛為中心，成立高機能鋰離子電池的研發／製造販售的 Blue Energy 新公司。

在日本金業紛紛展開異業合作的背景下，海外電池製造商的動作頻頻也不容小覷。韓國 LG Chem 包含美國子公司總共投資 1000 億日幣。Samsung SDI 也將於 2015 年之前展開 385 億日幣的投資計畫。中國方面，比亞迪（BYD）與天津力神（Tianjin Lishen）電池公司計畫至 2010 年之前將生產能力擴充至 1000MWh，光在中國的投資金額就逼近 2000 億日幣。日本 IHI 企業也與美國 A123 System 公司合作，展開於日本市場的鋰離子二次電池供應事業。另外，化學品製造大廠美國 Dow Chemical Co.與韓國 Kokam Engineering Co.Ltd.成立合併公司，投資 6 億美金，預定展開年產 6 萬台用量電動車及混成車用鋰離子二次電池的量產計畫。

Industrial Landscape



圖四、2010 年電池廠與主要汽車廠異業結盟關係圖

<三>、各國政府藉獎助政策來推動電動車相關產業

各國政府紛紛投入大量資金與對應政策，扶植與推動鋰電池之開發，尤其是車用鋰電池，重點摘錄如表二。

表二、各國新能源政策

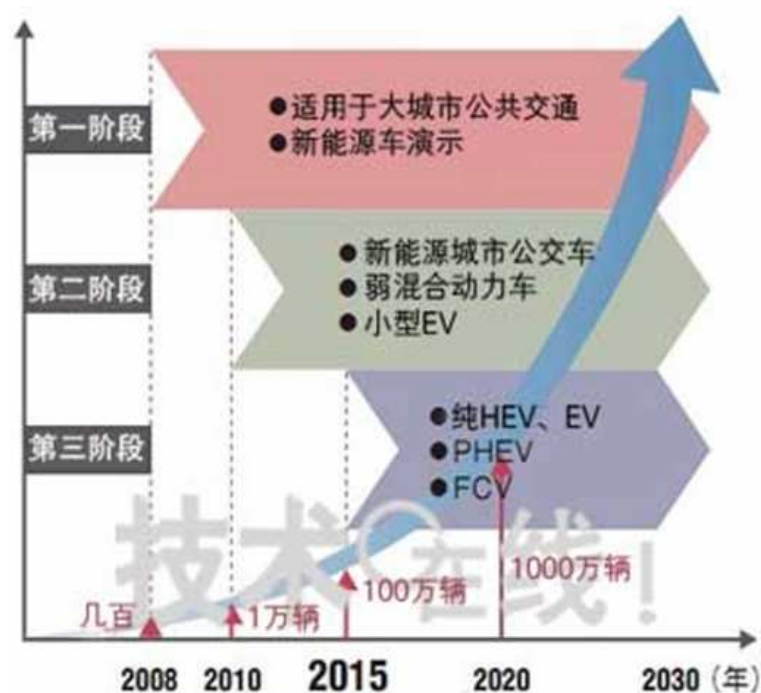
新能源車政策	重點國家
節能減碳政策宣示	美國、日本、韓國、歐盟(德國、法國、英國、瑞典、瑞士、西班牙等)
電動車產業發展宣示	日本(2050年市佔率50%) 西班牙(2014年100萬輛電動車) 中國大陸(2012年市佔率10%) 美國(2015年100萬輛電動車) 德國(2020年100萬輛電動車)
研發與環境建構	美國(24億美金的電動車研發計畫) 英國(5年1億英鎊發展電動車) 法國(22億歐元十四項推動計畫) 中國大陸(3年200億人民幣投入十城千輛推動計畫)
購車補助	英國(2011年開始實施補助5,000英鎊) 日本(補助與燃油車價差之50%) 法國(購買CO ₂ 排放低於60g/km以下者，補助5,000歐元) 中國大陸(純電動車最高補助6萬人民幣)
租稅優惠	美國(減免所得稅，最高額度達5,000美元) 日本(免取得稅、重量稅) 英國(使用電動車免五年公司用汽車稅) 德國(電動車5年內免牌照稅) 瑞士(電動車免牌照稅)

各國新能源車政策

日本：預估至 2020 年 EV/HEV 市占率約 20%，每年約有 100 萬輛電動車；配套措施：一般充電站達 200 萬組，快充站 5000 組以上；購車補助與燃油車價差之 50%。鼓勵車廠+地方政府大規模試驗運行，例如「三菱、神奈川縣與電力公司進行電動車試驗運行及充電站建置」、「日產與 Better place 於橫濱試驗運行」。

美國：美國推動 24 億美金的電動車研發計畫，宣示 2015 年達 100 萬輛電動車上路運行，並提供電動混合車 7,500 美元購車補助、停車免費及減免使用者所得稅，最高額度達 5,000 美元。能源部提出 250 億美元促進節能減碳車輛計畫。

中國：汽車市場的擴大將一直持續到 2030 年，之後才將漸趨平緩。 預計到 2015 年之前，把新能源車的比例提高到國內汽車生產及銷售總量的 **20%**，平均燃效比 2008 年提高 20%，平均二氧化碳排放量減少到 160g/km；另外，實現 50 萬輛的 EV 年生產能力，使 EV 在乘用車市場上的比例提高到 5%。並推動 3 年 200 億人民幣投入十城千輛推動計畫，串聯起相關產業鏈，通過在 25 個城市進行試點，「十城千輛」的落實是 EV 普及過程中的第一個大規模導入政策。 對公共汽車、計程車、公務用車、垃圾收集車、郵政服務車等公共服務領域車輛的購買和基礎設施的完善給予補助，使 EV 的導入量迅速增多，2011 年起廣東深圳新購之公車必須為純電動車。新 863 計畫預計 2015 年有 50 萬輛電動車運行，2020 年電動車達 500 萬輛以上。



圖五、 中國大陸新能源政策發展藍圖

歐洲方面：

德國：德國宣示 2020 年達 100 萬電動車上路運行，電動車 5 年內免牌照稅。政府提撥 5 億歐元，資助一個電池研究中心和 8 個電動汽車示範區和 190 個專案。根據德國交通部的資料，全德從北到南已設有柏林/波茨坦、漢堡、不來梅/奧爾登堡、萊茵—魯爾、萊茵—美茵、薩克森、斯圖加特、慕尼黑共 8 個電動汽車示範區。德國汽車界每年研發投資約 200 億歐元，其中主要用於電動汽車及其他節能汽車的開發。

英國：推動 5 年 1 億英鎊發展電動車計畫、減免電動車公司 5 年汽車稅。

法國：推動 22 億歐元的十四項電動車推動計畫(如:充電設施及鋰電池開發)。

<四>、 鋰電池材料產業

鋰離子電池內部主要由正極、負極、電解質及隔離膜組成，各材料所佔成本約略為正極 26%、負極 16%、電解質 15%、隔離膜 23%、銅 9%、鋁 2%、其他 9%、。鋰電池材料之市場競爭激烈，尤以正極材料最是最多元，競爭最白熱化。

1.正極，正極材料對電池的性能影響最大。

正極材料的嵌鋰化合物是鋰離子電池中鋰離子的臨時儲存容器。為了獲得較高的單體電池電壓，傾向於選擇高電勢的嵌鋰化合物。因此正極材料應滿足：

- (1)在所要求的充放電電位範圍內，具有與電解質溶液的電化學相容性；
- (2)溫和的電極過程動力學；
- (3)高度可逆性；
- (4)全鋰化狀態下在空氣中的穩定性。

正極材料最多元：有鋰鎳氧化物、鋰鈷氧化物、鋰錳氧化物、二元、三元以及鋰鐵磷等，每種材料均有多家生產。

磷酸鐵鋰材料之安全性能與迴圈壽命是其他材料所無法相比的，這些正是動力電池最重要的技術指標。1C 充放迴圈壽命達 2000 次。單節電池過充電壓 30V 不燃燒，穿刺不爆炸。磷酸鐵鋰正極材料做出大容量鋰離子電池更易串聯使用，符合電動車頻繁充放電的需要。具有無毒、無污染、安全性能好、材料來源廣泛、價格便宜，壽命長等優點，是新一代鋰離子電池的理想正極材料，近幾年成為研究的焦點，將來很有可能成為電池市場上的主流產品。目前磷酸鐵鋰材料主要生產廠家在美國有 Valence 公司、A123 公司；加拿大有 Phostech(德國 Sud-Chemie 100% 持有)，中國大陸有天津斯特蘭、北大先行等；台灣則有台塑長園、大同-尙志、宏瀨、立凱。

2. 負極材料

鋰離子電池負極材料的電導率一般都較高，應選擇電位盡可能接近鋰電位的可嵌入鋰的化合物，如各種碳材料或金屬氧化物。可逆地嵌入脫嵌鋰離子的負極材料要求具有：

- (1)在鋰離子的嵌入反應中自由能變化小；
- (2)鋰離子在負極的固態結構中有高的擴散率；
- (3)高度可逆的嵌入反應；
- (4)有良好的電導率；
- (5)熱力學性質穩定，同時與電解質不發生反應。

至於車用鋰電池之負極材料，則特別強調需要快速充電、快速放電的特性。現今對於負極材料的研究主要集中在碳素材料、其次為鋰鈦氧化合物以及錫基、矽基負極材料和其他一些過渡金屬氧化物上。

碳負極材料分為三類：石墨、軟碳和硬碳。三者的主要區別在結構、容量、穩定性方面。

石墨的理論比容量為 372 mAh/g，目前石墨的實際容量已發揮

到 $330 \sim 350 \text{mAh/g}$ ，而通過改性可以突破它的理論容量。例如將天然石墨在空氣中 550°C 氧化處理，石墨可逆比容量達至 405mAh/g 。一般認為除了石墨層貯鋰外，過量的鋰主要貯在納米孔上，另外石墨晶體的鋸齒面(Zigzag face)、扶椅面(Armchair face)；和其他邊緣上也能貯存額外的鋰。但其也存在缺點：對電解液比較敏感，不適合有 PC 的電解液；耐過充放性能差，充放電過程中結構易於破壞；不易形成均勻緻密的 SEI 膜，首次充放電效率低，迴圈性能不佳。石墨碳材的供應廠家非常多，例如 ConocoPhilips、深圳貝特瑞、上海杉杉、長沙海容、天津中能鋰業、成都頓威、海容電子材料、余姚市宏遠炭素。

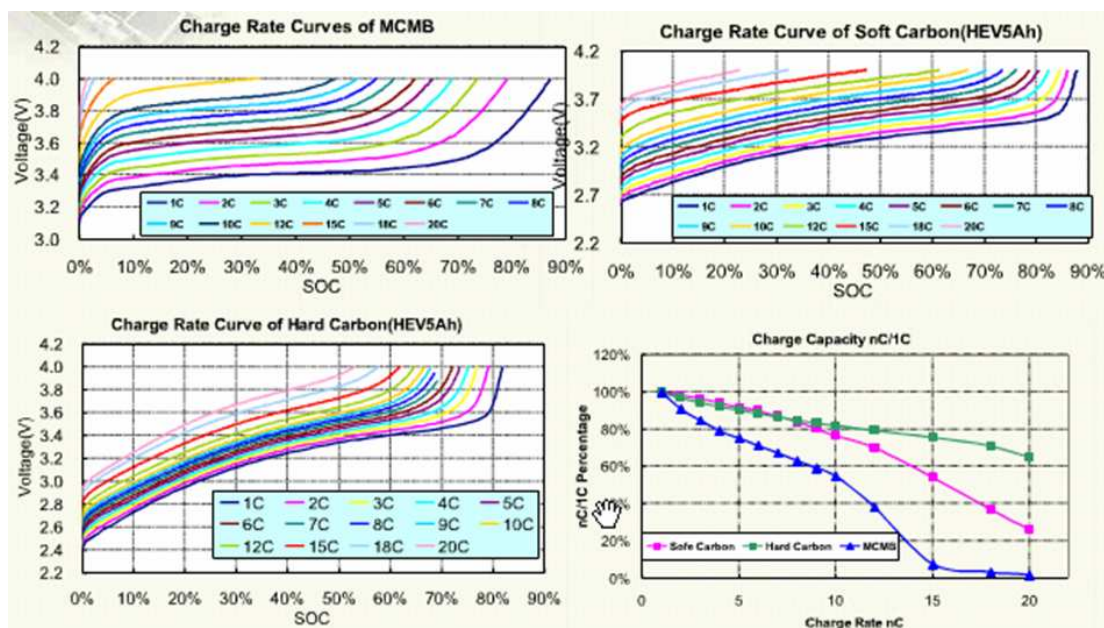
軟碳材料內部結構分為組織化區(由平行的層狀石墨組成)和非組織化區(由四面體鍵接的碳和高度翹曲的石墨層面組成)，高溫處理可以石墨化。由於內部缺陷較多，有利於鋰的嵌入。例如以 700°C 熱處理得到的 MCMB 的放電容量高達 750mAh/g ，遠超過石墨的最大理論容量 372mAh/g 。軟炭材料的起始嵌鋰電位高，電位曲線陡斜，沒有出現明顯平臺；與溶劑相容能力強，迴圈性能好。最近新日鐵化學公司發佈新聞稿，宣稱研發出車載鋰離子電池用 Soft Carbon 系負極材料。國內中碳則生產 MCMB 及石墨中間原料。

硬碳材料與軟碳材料在結構上同樣存在很多缺陷，兩者的區別是硬碳材料即使高溫處理，石墨化網平面仍比較少，空位多，有利於鋰的嵌入。Sony 公司曾經通過熱解聚糠醇得到比容量為 450mAh/g 的炭材料，Kanebo 公司用聚苯酚作前驅體的熱解炭負極材料的可逆容量達到 580mAh/g ，遠超出石墨炭材的理論嵌鋰容量 372mAh/g 。硬碳負極可以與含 PC 的電解液很好的相容，可逆容量高，但首次充放電不可逆容量較高(一般大於 20%)。

一般 3C 用鋰電池以強調電力持久、平穩為訴求，目前幾乎都以石墨為以負極材料，而動力用或車用鋰電池之主要訴求為快速充

電、快速放電之特性，碳負極材料之發展方向有兩種：石墨顆粒微小化加表面改質以及使用非晶型硬碳。歐美似乎偏重石墨表面改質與微小化，日本則非常看重非晶型硬碳這一區塊，會中有多篇論文展示非晶型硬碳之優異性能，包括：

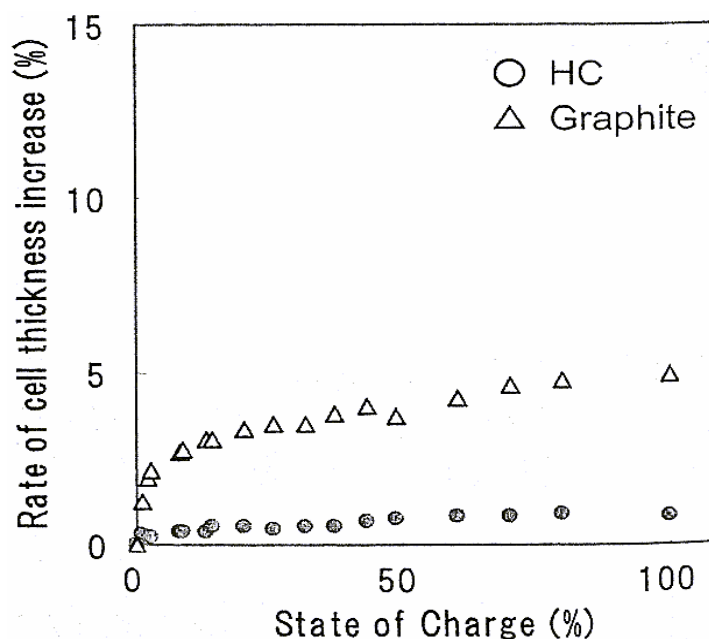
a. 快充快放性能



圖六、硬碳、MCMB、軟碳材料之充電曲線(1C-20C)

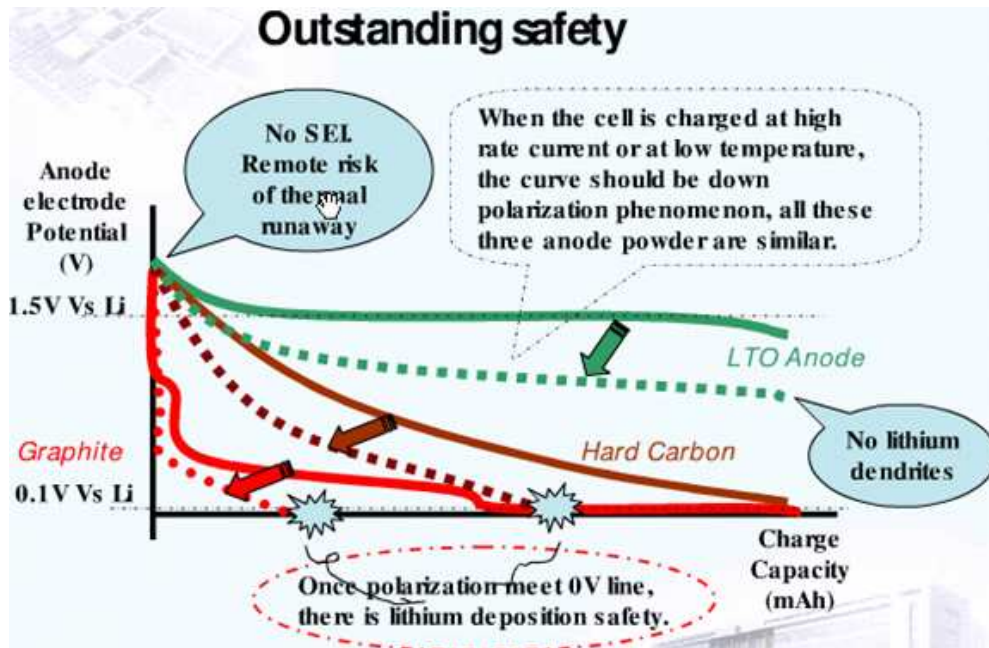
(天津力神公司網頁資料)

b. 充放電過程體積變化較小（圖七），使用壽命較長



圖七、鋰電池充放電過程硬碳與石墨之體積變化

c. 較安全（耐過充能力比石墨好）



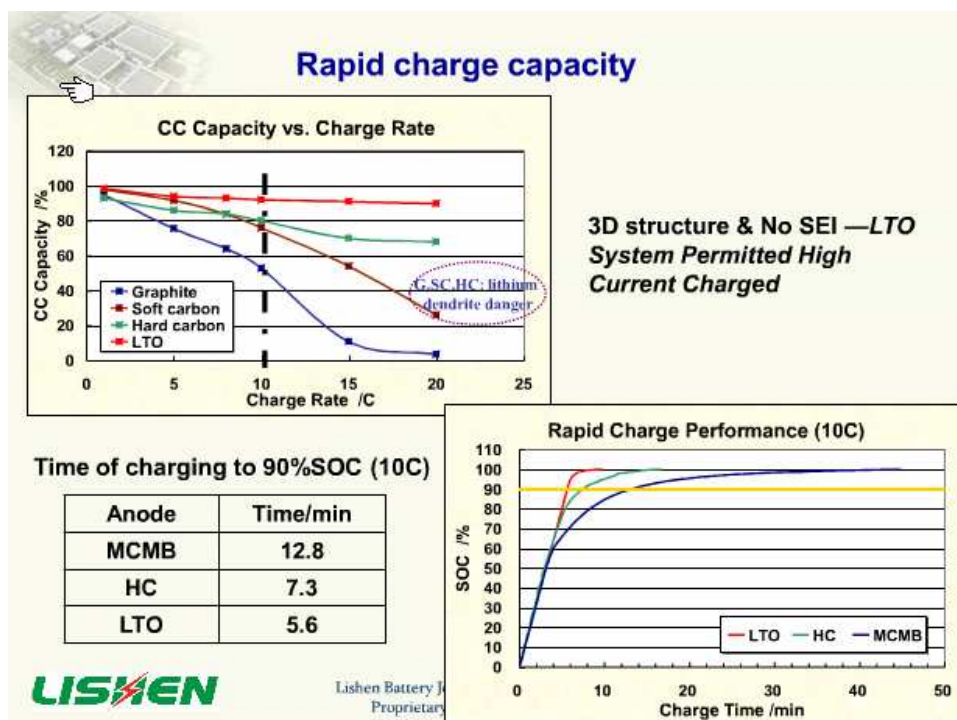
圖八、 LTO、硬碳、石墨之充電曲線安全性比較

(天津力神公司網頁資料)

主要製造商有日商—吳羽化學（Kureha）、大阪氣體（Osaka Gas），其他如美國—ConocoPhilips、大陸—深圳貝特瑞、上海杉杉可能也部份生產。

目前已知 GM 之 Volt HEV 之鋰電池負極即是使用非晶型硬碳。

負極材料除了碳材料外，鈦酸鋰（ $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ；LTO）也越來越受重視。採用 LTO 雖然能量密度較低，但充放電循環壽命較長，在產品壽命結束之前，所取出電力量會比使用碳材料大很多。使用 LTO 最大的特點在於其安全性（圖八）與快充快放性能（圖九），缺點是可用電壓較低，且成本較碳材料的高上許多，基本上 LTO 與負極碳材有不同之市場區隔。



圖九、 LTO、硬碳、MCMB 與石墨之快充曲線與電容量比較

3. 電解質：正負極間鋰離子互相傳遞作用的關鍵角色。

高效能的電解液可以顯著提升鋰電池的壽命、安全性與充放電效率等特性。電解液分為溶劑和溶質，目前溶劑多採用有機體系，EC、DMC、EMC、DEC、PC 為幾種常見的有機溶劑，常見溶質為 LiPF_6 。電解液的研究主要集中在其添加劑和開發新的體系上。添加劑的類型主要有阻燃添加劑、導電添加劑、成膜添加劑、耐過充添加劑、耐低溫添加劑等。開發新的電解液體系主要爲了提高其高溫下的穩定性能。電解液佔鋰電池成本的 15% 左右，毛利率接近 40%，國際上主要生產廠家如下：

電解液：三星旗下 Chiel、宇部興產、三菱化學、富山藥品。

鋰 鹽：Stella Chemifa、關東電化、森田化學。

4. 隔離膜

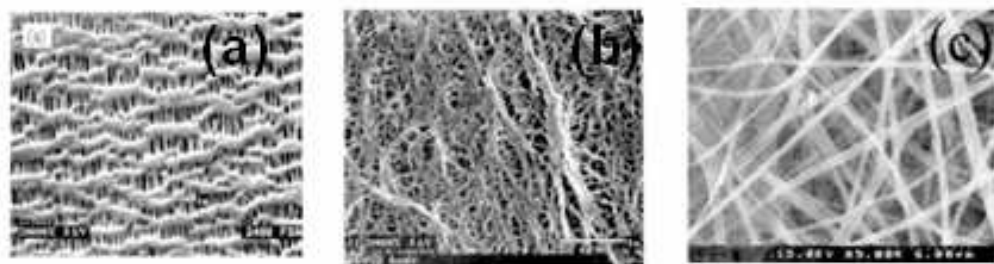
隔離膜主要的功能爲隔絕正負極以防止電池自我放電及兩極短路等問題，主要材質使用多孔質的高分子微孔膜，材料多爲聚

乙烯(PP)、聚丙烯(PE)單層膜，或 PP／PE／PP 三層複合膜。由於隔離膜的安全性、滲透性、孔隙度及膜厚度將互相影響離子傳導度及機械強度，所以不同的產品必須應用不同的設計方式，如單層、雙層及三層的隔離膜。

儘管隔離膜並不參與電池中的任何反應，但是其結構與特性對電池仍會產生影響，一旦電池系統中的隔離膜失效或損毀，最嚴重足以引發強大的放熱反應並且爆炸。故隔離膜的要求相當嚴謹，例如：對電解液具耐化學性、對電極具耐電化學性、厚度、孔隙度、孔隙尺寸、滲透性、機械強度、拉伸強度、穿刺強度、潤濕性、熱收縮率、熱閉孔、熱熔裂、開孔結構、具離子導電度而非電子導電度、均勻的孔洞...等等，都是隔離膜被嚴格檢視的重點。

隔離膜為高分子微孔膜，常用製備方法為濕式製程和乾式製程，目前出現的靜電紡絲技術製備的隔膜也具有很好的性能，這三種方法製備得隔膜在微觀形貌上也有很大的區別，不同方法製備得隔膜微觀形貌見圖十。

從圖中明顯可以看出，靜電紡絲技術制出的隔膜具有更高的空隙率，但納米纖維之間沒有粘連，這也是今後要解決的問題之一。



圖十、三種方法製備得隔膜在微觀形貌

(a)濕式製程 (b)乾式製程 (c)靜電紡絲製程。

目前近 95%隔離膜銷售量主要由日本 Asahi Kasei Chemicals、美國 Celgard、日本 Tonen 三間公司生產。國內有高銀公司生產，其市占率不明。

<五>、 鋰離子電池未來發展方向

目前各類型鋰電池之比容量都太低，導致電池太重，成本太高(圖十一)。現有鋰離子電池之性能，並無法完全符合長距離行使之電動車輛需求。

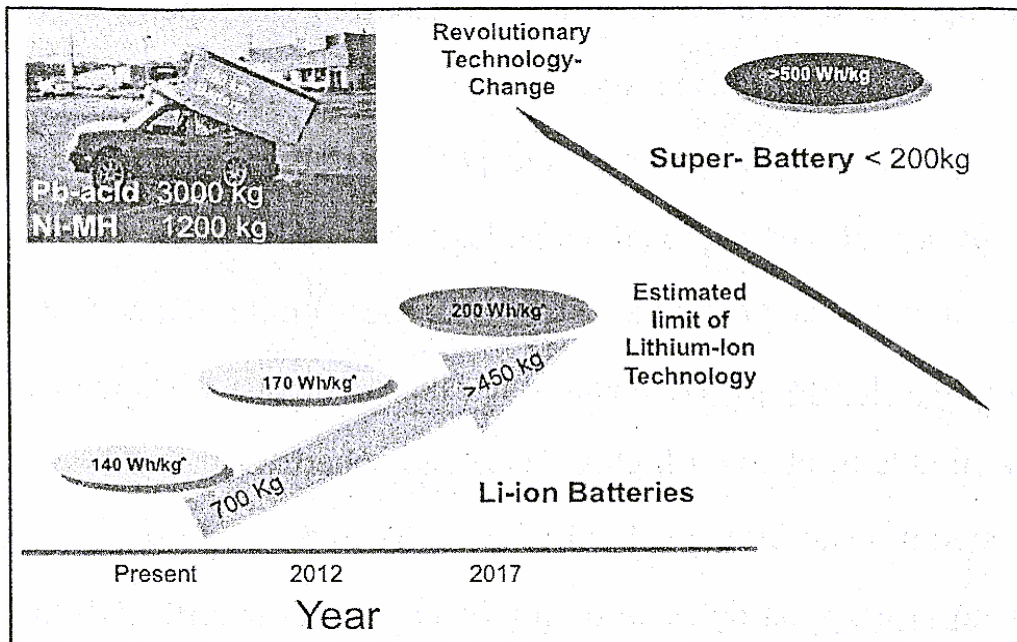
今後的研發重心為(1)提高能量密度；(2)確保安全性；(3)採用低成本材料，將本著上述三大重點，進行次世代鋰離子二次電池的研發。

美國學者表示其未來5年之發展方向為：

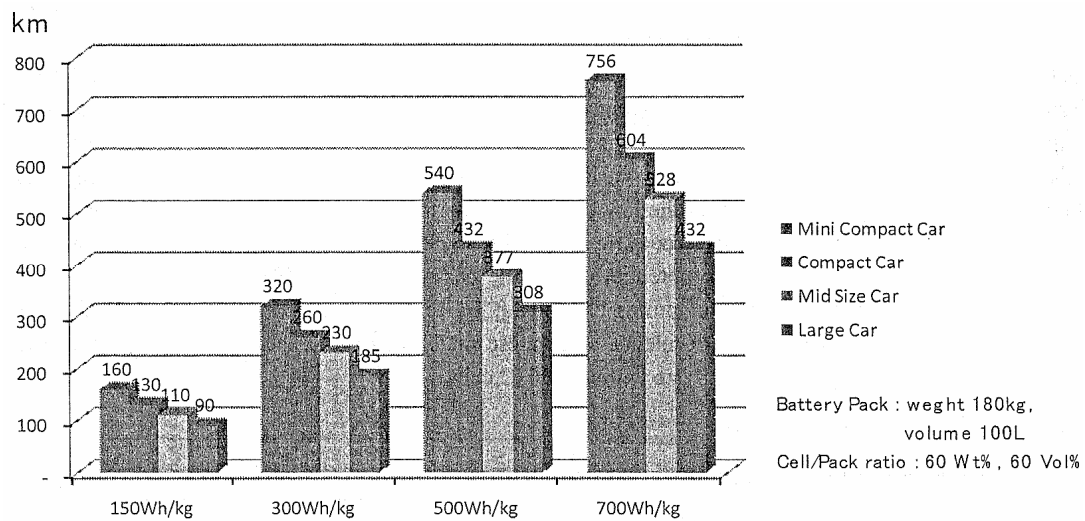
- a. 高容量正極（非鋰類，例如 V_2O_5 ...
- b. 高電壓電池之溶劑與電解質
- c. 高容量負極（合金類，例如 Si, Sn...

以1500公斤重之中型車估算，行駛500 km所需之電池組容量須達500Wh/Kg以上(圖十二)，現有的鋰離子電池技術根本無法達到。由於商品化的負極材料石墨理論比容量較低（品質比容量372 mAh/g），高倍率充放電性能差，有機溶劑易於共嵌入，隨著動力鋰離子電池的開發，人們開始致力於新型負極材料的研發。目前研究的主要有矽及矽基材料、錫基材料、金屬氧化物等材料。其中較為有前途的為矽及矽基材料，矽可以與鋰形成 $Li_{12}Si_7$ 、 $Li_{13}Si_4$ 、 Li_7Si_3 、 $Li_{22}Si_5$ 等合金，具有高容量($Li_{22}Si_5$ ，最高4200 mAh/g)低脫嵌鋰電壓(低於0.5 V)、與電解液反應活性低等優點。但由於其充放電過程中體積膨脹大(最大為400%)，內阻突然增加，容量快速下降，迴圈性能變差。通過改性，迴圈性能有所提高。至於錫、矽等材料之電容量雖然很大，但充放電之體積巨大變化問題尚須解決，離實用還有一段距離。

中期而言，碳矽複合材料可能是不錯的標的物。



圖十一、以中型車估算行駛 500 km所需之電池組性能與重量需求

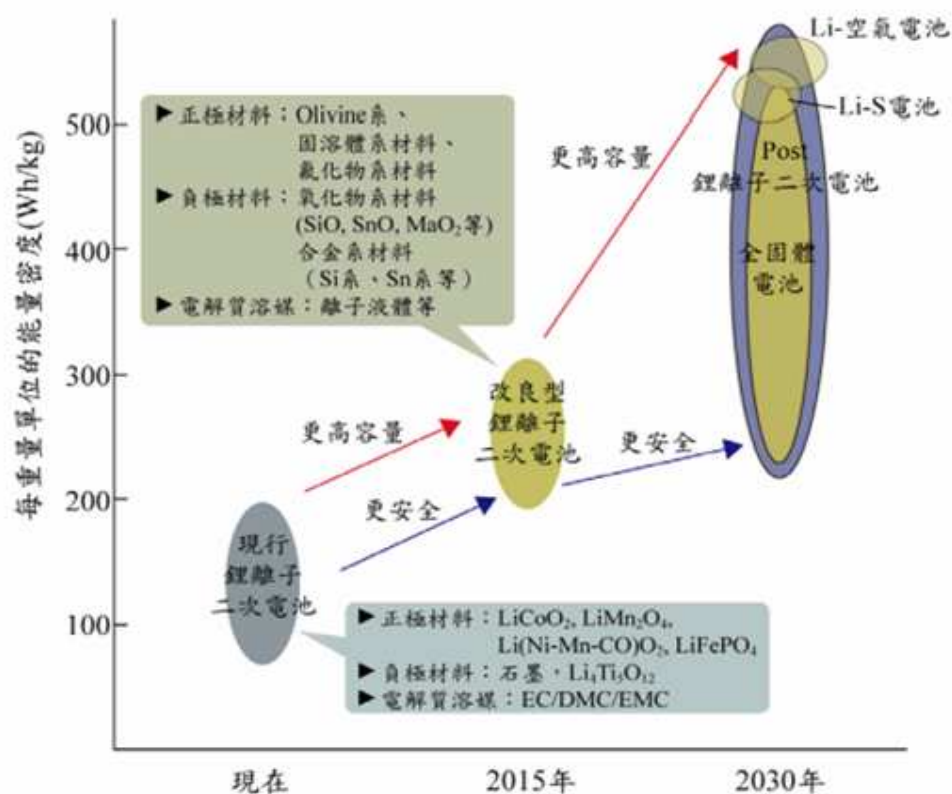


圖十二、固定電池組重，看電池組能量密度與車型之行駛里程

世界各國的研究機構都在針對未來市場需求，加緊新能源電池的相關研究工作，發展高比容量之鋰電池是解決此問題之長期目標（圖十三），一般認為鋰-硫電池是首選，鋰-空氣電池則是更長遠之標的（圖十四）。

	LIB (Lithium Ion Battery) (> 100km)	Advanced LIB (> 200km)	Innovative LIB (> 300km)	Beyond LIB (> 500km)
Material				
Cathode	Transition metal oxides	Multiple solid-solution oxides	Fluorides	Oxygen catalyst
Anode	Carbonaceous materials	High capacity carbonaceous material	Metal/Oxides	Li metal anodes
Electrolyte	EC-based electrolyte	Oxidation resistive organic electrolyte	Nonflammable electrolyte	Inorganic solid electrolyte
Separator	Poly-Olefin for high strength	Organic/inorganic composite (OIC) Separator		

圖十三、電動車鋰離子電池各單元之發展趨勢圖



圖十四、高能量密度鋰電池之發展趨勢圖

（摘自：材料世界網 2010/10）

這類電池的特點是，原材料成本低，能源消耗少，低毒，能量密度高。

鋰硫電池的能量密度可達 2600 Wh/kg，鋰空氣電池可達 3500 Wh/kg。

鋰硫電池已成為日本新能源汽車動力電池技術研究方向之一，日本 NEDO 自 2009 年起，每年投入 300 億日元（約合 24 億元人民幣）的研發預算，目標是在 2020 年能量密度達到 500Wh/kg。

美國在這方面走的更快一些，其能源部最近投入 500 萬美元資助鋰硫電池的研究，計劃 2013 年能量密度達到 500Wh/kg。2010 年 7 月，Sion Power 應用於美國無人駕駛飛機動力源的鋰硫電池表現引人注目，無人機白天靠太陽能電池充電，晚上放電提供動力，創造了連續飛行 14 天的紀錄。

雖然鋰硫電池研究已有不錯的成果，但距實際商業化，可能還須蠻長的一段時日。

<六>、充電及更換電池所需的基礎設施是發展電動汽車的先決條件。電動車能否迅速普及，除了鋰電池特性要符合需求外，還有一關鍵技術——充電問題須先解決。雖然各國均宣稱幾年內將投資大量金錢，增建大量充電站及充電樁，但產業最關鍵的充電站建設標準遲遲未見出爐，甚至同一國家就有多種充電規格，“標準未出、建設先行”是中國大陸當前電動車市場所面臨的尷尬情況。充電站建設標準關係到市場佔有率，是利益的關鍵之一，哪一方的標準得到國家普遍認可，就可以獲得巨大的利潤。標準的搶奪最後依然會鉗制電動車的未來。如果各地標準不統一，就會限制電動車的行駛範圍，使電動車無法大面積推廣。

四、心得與建議

目前世界上在新能源車技術上走在前列的是日本、德國以及美國。而中國大陸，雖然鋰電池廠家數量並不比國外少，但是真正能生產出高品質鋰電池的企業並不多；鋰電池產業

面，低端飽和，高端缺乏，對於高品質之電池材料仍須外求。不過中國大陸有充足的人力、相對低廉的工資、以及特殊礦源，譬如鋰資源以及稀土礦，是其優勢。

鋰電池市場存在著巨大商機，併購、擴增生產線隨時都在世界各角落發生。與台灣中油公司屬性相近的許多石油公司，也都看好這個市場，紛紛找機會切入，例如 ConocoPhilips、Nippon Oil 都投入生產鋰電池負極碳材，中海油（持有天津力神 100% 股份）投入鋰電池之生產，並成立了專門的新能源動力有限公司，專門運營電動汽車能源供給網路；中國石油天然氣集團公司以及中國石油化工集團公司將著力於充電與服務領域。ConocoPhilips 最積極，近幾年在國際各鋰電池相關研討會都可看到他的參與及宣傳，其鋰電池負極碳材著重在石墨化與表面改質。台灣中油公司擁有大量低價之重質油，未充分發揮其價值，若能用於生產高單價的特殊化學品，例如鋰電池負極碳材，不論是石墨、非晶型或 MCMB 均有其利基，多餘之碳源也可往超高容量電容、高密度石墨爐、泡沫碳、與碳纖維等高單價之碳材發展。

後記：日本第 51 屆電池研討會會場中禁止照相與攝影，雖然會議內容非常豐富，本出國報告只能就筆記內容、會議手冊並參酌網路資訊擇重點摘錄完成。

五、 參考資料

1. 第 51 屆日本鋰電池會議大會摘要手冊。
2. <http://big5.nikkeibp.com.cn/news/auto/54630-20101227.html>

3. <http://big5.nikkeibp.com.cn/news/auto/54486-20101214.html>。
4. <http://big5.nikkeibp.com.cn/news/auto/54487-20101214.html>。
5. <http://www.nikkan.co.jp/news/nkx0820101216cbaf.html?news-t1216>。
6. 中國儲能網 <http://www.esn.com.cn/>。
7. <http://big5.nikkeibp.com.cn/news/sino/53610-20101015.html>。
8. 材料世界網。