

國科會專題研究計畫 結案報告

計畫編號：89-2416-H-002-094-EB

利用市場價值方法評估台灣核能後端營運基金編列之合理性

執行單位：台灣大學
會計系

計畫主持人：李書行

利用市場價值方法評估台灣核能後端營運基金編列之合理性

李書行

Introduction:

核能發電在世界各國均扮演重要的角色，以美國為例，核能發電佔其總電力之 15%，而我國核電亦佔供電之 20%，若核四廠完工之後，其比重顯然會提高。但核電廠亦帶給我們難以估計之社會成本，姑且不論其營運時對周邊環境居民之潛在威脅，未來營運結束時之處理成本（Decommissioning Costs）亦不容忽視。為此，各國政府均要求各核電廠必須針對未來營運結束之處理成本提列準備，我國經濟部亦成立「核能發電後端營運處理」之特種基金，目前此基金已累積有約 1000 億新台幣。

在美國電力（能源）是屬於管制行業，但開放民營。根據 Goldman Sachs 1994 年之統計資料，美國目前共有 108 座屬於民間投資的核電廠，預估之營運結束處理成本共約 328 億美元（按 1994 年幣值），即平均每座核能電廠需分攤 3 億美元。但面對未來之各項不確定性，此預估之處理成本是否足夠，仍值得存疑。再加上各電力公司並未使用同一方法來提撥此準備，且未有一致性之會計揭露方法，故政府單位亦擔心企業會有提撥不足之情況。基於這些考慮，美國財務會計準則委員會（FASB）已於 1999 年草擬 158-B 法條，作為揭露或承認各核電廠認列結束營運處理成本之負債準則。

雖然我國目前的電力產業仍屬國營事業，但民營化已成為未來趨勢，故我國爾後之電力產業環境亦會逐漸類似美國。故若能對當前美國核能後端營運處理成本之現況及政府之管制做深入研究，相信對我國政府在對核電廠後端營運基金之提撥審核與管理上會有其政策涵意。

因此本研究有下列三個主要目的：

- (1) 蒐集美國民營核電廠有關核能後端營運處理成本之最新相關資料，以對照經濟部現有核能後端特種基金資料。由此略窺我國核能後端營運處理成本之提撥是否有異常現象。
- (2) 由於核能後端營運處理成本面臨多種的不確定性，諸如：核電廠結束營運之時間，廢料處理場所是否存在。故即使電力公司按政府規定金額提撥，並不代表此金額足以應付未來之可能支出，因政府規定可能存在時間落差或已過時。但在一個有效率的資本市場，投資者會隨時按大環境之變化改變對公司價值之評估。在這種假設下，透過市值分析，可進一步推出較正確之核能後端處理成本之預估。因此按市值調整預估值，應可進一步作為客觀評估我國核能後端營運處理成本編列之合理性依據。

Research Methodology:

我們將募集分析美國核電廠與台灣核電廠有關核能後端營運處理成本之資料，但由於每一核電廠之運轉型態不同、產能不同且開始運轉之除役時間亦不同，故難以直接就機組相比較。本研究將以美國核電機組的平均值與台灣核電機組的平均值做比較，為提高平均值比較之客觀性，我們將同時比較距離除役年限之平均值與產能之平均值。若距離除役年限之平均值及產能相若且運轉型態相同，則提撥金額之平均值理論上亦應相若。

按會計盈餘評量理論 (Earning-Based Valuation)，公司價值為目前之帳面價值加上未來超額利潤之折現值。就一管制事業而言，若公司無任何資產負債表外之項目 (Off Balance Sheet Items)，則市值應恆等於帳面價值。就擁有核電廠之電力公司而言，其未揭露或認列之核能後端處理成本，則成為未揭露之未來負債，所以投資者會依據自

已判斷的可能或有負債額度調整公司的市值，故市值未必會等於帳面價值。

D'Souza, Jacob and Soderstrom 【1999】之實證結果指出，投資者在考慮調整公司價值時，除會考慮未提撥之準備外，亦會考慮未提撥金額轉嫁給消費者之可能性。若能完全轉嫁，則公司之或有負債即不存在。在此，我們特將此轉嫁之可能性稱之為轉嫁風險。就一管制作業，政府往往會按廠商之營運費用與成本予以調整單位售價，故對未揭露之負債廠商仍可逐年轉嫁給電力之消費者。但若廠商之營業費用或成本已偏高，則將此未揭露負債轉嫁給消費者的可能性則相對降低。

因此公司市值與帳面價值之關係，可以下述多元回歸方程式來表示：

$$MV = a + b_1 BV + b_2 DCS + b_3 STR + \varepsilon \quad \text{【式 (1)】}$$

變數定義：

MV：公司市值

BV：帳面價值

DCS:Decommissioning Cost Shortage(處理成本提撥不足額):

$$DCS = \text{法定準備金額度} - \text{累積提撥額度}$$

STR:Shortage Transfer Risk 提撥不足額之轉嫁風險。

$$STR = \text{每瓦特之發電成本與費用。}$$

ε ：回歸雜項值

然本研究將式（1）簡化為

$$MV = b_1 BV + b_2 IDEX + \varepsilon \quad \text{【式（2）】}$$

其中 IDEX 為美國每年之實質 GDP，我們以此變數作為控制變數。經由前述之分析與說明，我們預期 b_1 係數應為正值且接近 1， b_2 係數應為正值。

在考慮式（2）之三個自變數後，雜項值（ ε ）即可成為所有無法推算之不確定性及統計誤差對市值之影響總和。在假定無統計誤差之情況下，此雜項值則可視為對核能後端處理成本之不確定值。故調整後之合理處理成本估計值應為：

$$\text{政府規定之準備金} - \varepsilon, \quad \text{【式（3）】}$$

最後我們擬依式（3）所推得之調整值，作為評估我國核能後端營運處理基金提撥合理性之參考依據。

Data and Sample:

就現階段而言，台電在台灣仍屬獨佔公司，故我們無法用國內公司來估計方程式（2）。本研究擬蒐集美國民營投資之核電廠資料，包括該核電廠之產能，開始營運年度，預計結束年度，反應爐種類，預估結束時之處理成本。此外，為了估計方程式（2），我們仍需擁有各核電廠之美國電力公司相關之財務報表資料及各估計年度之股價。就國內資料而言，我們需蒐集核一、核二及核三廠之資料包括：產能、開始營運年度之處理成本、目前已提撥累積之處理基金。

有關台灣核能後端營運處理成本之資料，我們將以台灣電力公司所

編制之九十年十二月份核能發電後端營運基金業務收支表及平衡表為資料來源。有關台灣核能發電資料之敘述性統計執可參考第四節之表 4-1-B，台灣目前共有三座核電廠正在運轉，每一核電廠各有 2 座機組，故共有六座機組涵蓋於本研究之樣本，其中核一及核二廠之運轉型態為沸水式，而核三廠為壓水式。

有關美國核能電廠資料則由 D' Souza, Jacob 和 Soderstrom 所提供，而此三位作者之資料來源則來自 Goldman, Sachs & Resource Data International。本研究主要以 1993 年之美國核電廠資料作為比較基礎，扣除了若干異常樣本及資料，本研究共以 92 座美國核電機組作為比較樣本。在這 92 座機組當中，有 27 座為沸水式，64 座為壓水式，而只有一座機組為高溫氣體式。有關美國核電廠之敘述性統計值可參照第四節之表 4-1-A，表 4-2 及表 4-3。

為估計式 (2) 之回歸方程式，我們蒐集相關電力公司之 1990 年至 1992 年之財務報表資料作為估計期間。將 1990 年-1992 年所得之回歸結果代入 1993 年之財務資料以求得估計誤差。

Empirical Results:

1. 核能機組距離除役年限與累積基金總額

按理論累積之核能後端營運基金在除役年度之期末應累積至提撥時預估之除役成本，此累積基金應含每年之提撥之金額及任何型式之孳息與利潤。按表 4-1-A 之統計值，至 1993 年底，本研究中之 92 座美國核能機組平均距離最後之除役年限為 25.58 年，平均每一機組累積之基金總額為 6 仟 7 佰 7 拾萬美元。而台灣 6 座機組(參表 4-1-B)至 2000 年底,平均距離除役年限為 22.17 年，而每座機組平均之累積

之累積基金合美金 6 億 7 仟 8 佰 8 拾萬元。

距離除役年限愈近之基金理論上應高於距離除役年限愈遠之基金，因台灣之核能機組距除役年限小於美國約 3.5 年，故基金之累積金額高於美國核能電廠亦屬無可厚非。然根據表 4-1-C 及圖 4-1-C，台灣核能機組平均累積之核能後端營運基金約為美國之 10 倍，此金額顯然偏高，但在未比較運轉型態、產能前，我們仍不能做任何定論。

表 4-1-A：美國核能機組資料(樣本數=92)

	1993 年距離除役年限	基金(\$MM)
Mean	25.57609	67.70435
Median	25.00000	55.30000
Maximum	44.00000	367.9000
Minimum	3.000000	0.000000
Std. Dev.	8.267816	62.38823

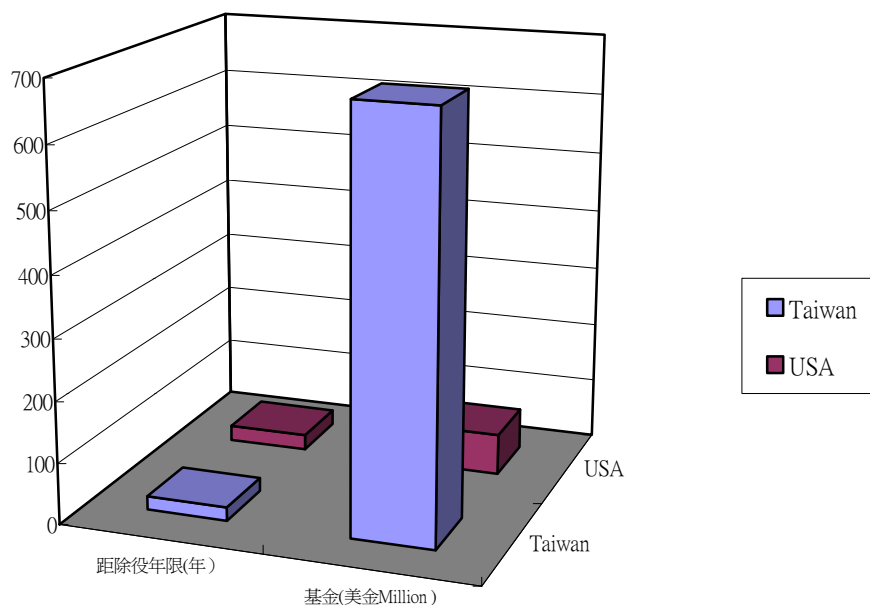
表 4-1-B：台灣核能機組資料

台灣機組	年限	2000 年距除役年限	Capacity
核 1-1	108	19	673 MW
核 1-2	109	20	627 MW
核 2-1	110	21	952 MW
核 2-2	111	22	931 MW
核 3-1	114	25	936 MW
核 3-2	115	26	928 MW
平均		22.1667	
中位數		21.5	
變異數		2.786874	
基金總額(台幣)	匯率	基金總額(美金)	平均每機組基金(美金)
127,179,906,611	31.2252	4,072,989,336	678,831,556

表 4-1-C：台灣與美國比較

	距除役年限	基金
Taiwan	22.1667	678,831,556
USA	25.57609	67,704,350

圖4-1-C:美國與台灣除役年限與基金總額



2. 美國核能機組運轉型態距離除役年限與基金總額

本節將討論不同運轉型態是否會嚴重影響除役成本，按前述，核一及核二為沸水式，而核三為壓水式。就美國資料來看，沸水式與壓水式之平均距除役年限均約為 26 年，而沸水式之平均累積基金約為壓水式之 1-3 倍，但此顯然仍未能解釋何以台灣核能基金提撥是美國之 10 倍。

表 4-2-A：不同運轉型態之統計值

核能機組	運轉型態	除役年份	93 年距離 除役年份	fund 總計	capacity	除役成本 估計
34	高溫氣體式	1996	3	0	330	332

表 4-2-B：不同運轉型態之統計值

	1993 年距離 除役年限 (沸水式)	基金(\$MM) (沸水式)	1993 年距離除 役年限 (壓水式)	基金(\$MM) (壓水式)
Mean	25.76562	73.32344	25.96296	56.89259
Median	24.50000	57.90000	28.00000	42.10000
Maximum	44.00000	367.9000	39.00000	187.4000
Minimum	5.000000	3.000000	7.000000	12.00000
Std. Dev.	8.174180	68.77611	7.582782	42.26203
樣本數	27	27	64	64

3. 美國核能機組產能和除役成本估計敘述統計量

除了運轉型態為影響除役成本之外，機組產能之大小亦應會影響未來之除役成本，根據美國資料(參表 4-3-A 及表 4-3-B)，沸水式之平均產能為 902MW，壓水式之平均產能為 833MW，而高溫氣體式為 330MW。根據台電公司之資料(參表 4-1-B)，台灣沸水式之平均產能為 786MW，而壓水式之平均產能為 932MW，就產能而言，台灣沸水式之平均產能小於美國，但壓水式則略高。綜合而言，產能亦不能合理解釋為何我們後端的累積基金為美國之 10 倍。

綜合上述不同狀況之分析，我國核能後端營運基金之提撥顯有提撥過度及提撥失當之慮。

表 4-3-A：美國核能機組之產能與預計除役成本

	CAPACITY	DECOMMISS ION COSTS	CAPACITY (沸水式)	DECOMMISS ION COSTS (沸水式)	CAPACITY (壓水式)	DECOMMISS ION COSTS (壓水式)
Mean	876.3736	307.9451	902.5156	293.9062	833.2593	328.5926
Median	885.0000	300.0000	892.5000	285.0000	821.0000	311.0000
Maximum	1270.000	719.0000	1270.000	582.0000	1250.000	719.0000
Minimum	63.00000	88.00000	175.0000	-9.000000	63.00000	88.00000
Std. Dev.	274.3912	105.5642	253.6971	105.7027	299.3757	120.0626

表 4-3-B：美國核能機組之產能與預計除役成本

核能機組	運轉型態	除役年份	93 年距離 除役年份	fund 總計	capacity	除役成 本估計
34	高溫氣體式	1996	3	0	330	332

4. 市場價值方法與合理之預估除役成本

雖然我國後端營運基金所累積之金額至目前為止約為美國之 10 倍，似有提撥過度之慮，但反觀美國實務界則對美國民營企業所提撥之核能後端除役基金之不足有所顧慮。到底多少的累積金額才屬合理，我們必須先問合理之除役成本為何？按表 4-3-A，美國平均預估之每座機組之除役成本為 3 億零 7 佰 9 拾萬美金，根據式(2)所提出的市場理論，若市場沒有做任何調整，既殘差值等於零，則此除役成本即為合理之除役成本，否則我們需用式(3)來調整預估除役成本。

我們根據 1990-1992 年之資料來推估式，其結果如表 4-4-A, 4-4-B

及 4-4-C，根據 4-4-C，調整之 R-squared 為 91.5%，故模型之解釋性相當高。我們將所推估之式(2)代入 1993 年之資料，求得各公司之殘差值，平均殘差值為負 3 仟 9 佰 6 拾萬美元(參表 4-5-A)。雖然我們共有 92 座機組作為美國之研究樣本，但因有些公司同時擁有 2 座以上核能機組，而且有些機組可能由多家公司共同擁有，故本研究之美國樣本公司共有 39 家。

表 4-4-A：MV 及 BV 之敘述性統計

	MV	BV
Mean	3410.336	2738.614
Median	2612.744	2324.664
Maximum	14139.27	9220.860
Minimum	84.39562	-139.0440
Std. Dev.	2870.871	2158.682
樣本數	159 (90-92資料)	

BV=Book Value

MV=Market Value

表 4-4-B：MV 及 BV 之 Pearson correlation coefficient

	MV
BV	0.955148

表 4-4-C：MV=b1*BV+b2*IDEX + ε (1990-1992 年估計而得)

Dependent Variable: MV				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
BV	1.268100	0.030869	41.08016	0.0000
IDEX	1.223988	0.466490	2.623827	0.0096
R-squared	0.916014	F-statistic	850.7278	
Adjusted R-squared	0.914937	Prob(F-statistic)	0.000000	

IDEX: 美國實質 GDP

5. 調整後合理成本估計值

由於一家公司可能同時擁有多座核能機組，而且未必採 100% 擁有，故我們進一步發展如圖 4-5-B 之方法來調整所估計出之殘差值。據此方法，我們依 39 家公司資料及 92 座核能機組所推估出之平均調整後除役成本約為 7 千零 9 佰 9 拾萬美元，約為原來之 2.3 倍(參表 4-5-C)。由此推知，美國之民營公司對核能後端營運基金依市場理論顯有提撥不足的現象，而且不足的現象相當嚴重。

表 4-5-A：每家公司 Error term 的敘述性統計量

	ERROR
Mean	-39.64622
Median	-188.2425
Maximum	2777.254
Minimum	-1694.697
Std. Dev.	915.0162
Observations	39

$$\text{Error} = (1993\text{MV}) - 1.268100 \times (1993\text{BV}) + 1.223988 \times \text{美國實質 GDP} + 8375.707$$

B. 每一機組調整後合理成本估計值

公式(3)調整後合理成本估計值 = i 機組的除役成本 - Adjusted error term，其中

Adjusted error term =

$$\left(\sum_j \frac{\text{機組的產能} \times j \text{公司擁有} i \text{產權}}{\sum_i \text{機組的產能} \times j \text{擁有} i \text{產權}} \times j \text{公司的 error} \right) \div (j \text{擁有} i \text{產權})$$

如下圖舉例：

甲機組調整後合理成本的估計值

$$= D_{\text{甲}} - [E_A / X_A^{\text{甲}}\% + E_B \times (\frac{X_B^{\text{甲}}\% \times C_{\text{甲}}}{X_B^{\text{甲}}\% \times C_{\text{甲}} + X_B^{\text{乙}}\% \times C_{\text{乙}}}) / X_B^{\text{甲}}\%]$$

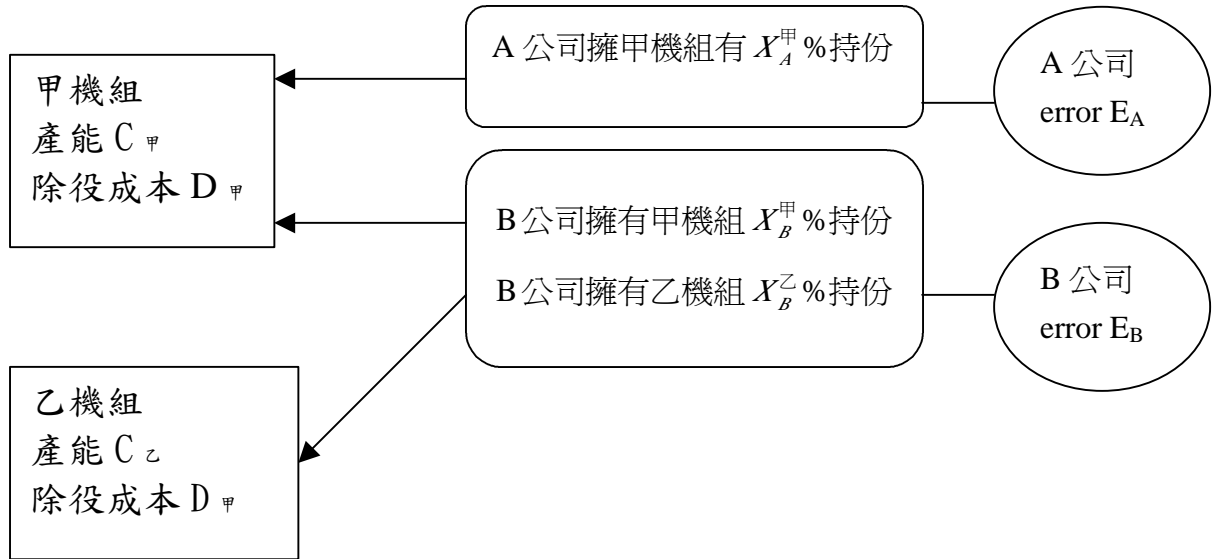


圖 4-5-B

表 4-5-C：調整後合理成本的估計值得敘述性統計量

	AD	DECOMMISSION	ERROR
Mean	709.9450	307.9451	-39.64622
Median	272.4699	300.0000	-188.2425
Maximum	10796.95	719.0000	2777.254
Minimum	-4966.511	88.00000	-1694.697
Std. Dev.	1972.028	105.5642	915.0162
Observations	92	92	39

原平均除役成本估計為 307.9451，但按上表平均調整後除役成本為 709.9450，故表示應將成本調整更高。

Conclusion:

在學術上對未來不確定成本之估計，傳統上傾向使用精算法。然精算法顯然不適合作為核能電廠結束營運處理成本之推算方法，因我們仍未有足夠歷史樣本可代表該項不確定成本之群體分配。在一個有效率之資本市場，所有資訊或不確定性均會反映在股票價格上。市值分析法普遍用之於公司價值之衡量，而將其用於不確定性未來成本之估算在學術研究上似仍屬創新。

本研究成果除具有前述之學術貢獻外，亦具有下列之政策涵意：

1. 我國核能後端營運處理成本的確有提撥異常現象，而且有過度提撥之趨勢。
2. 雖然我們可以依美國資料為比較樣本，但美國之民營公司在預估除役成本顯然偏低，若要以美國之除役成本作為參考指標，依本研究結論則需將美國目前預估之除役成本乘以 2.3 倍。

Major Reference:

1. Barth, M., and M. McNichols, “Estimation and Market Valuation of Environmental Liabilities Relating to Superfund Sites”, *Journal of Accounting, Research, Supplement*, 1994.
2. Collins, D., E. Maydew, and I. Weiss, “Changes in The Value-Relevance of Earnings and Book Values over The Past 40 Years”, *Journal of Accounting and Economics*, 1997.
3. D’souza, J., J. Jacob, and N. Soderstrom, “Nuclear Decommissioning Costs: The Impact of Recoverability Risk on Valuation”, Working Paper, Cornell University, 1999.

4. Financial Accounting Standards Board, "Proposed Statement of Financial Standards No.158-B: Accounting for Certain Liabilities Related to Closure or Removal of Long -Lived Assets" (Revised), 1999.
5. Ohlson, J., "Earnings, Book Values and Dividends in Security Valuation", Contemporary Accounting Research, Spring, 1995.
6. Palepu, K., V. Bernard, and P. Healey, Business Analysis and Valuation-Using Financial Statements, South Western, 1996.