

# 核能發電後端營運總費用



111 年版

中華民國 114 年 2 月

## 目 錄

1.0 前言 .....	1
2.0 成本估算項目 .....	3
2.1 低放射性廢棄物營運 .....	3
2.1.1 低放貯存場營運 .....	4
2.1.2 低放射性廢棄物最終處置 .....	4
2.1.3 低放射性廢棄物最終處置應變方案(中期暫時貯存).....	7
2.2 用過核子燃料營運 .....	8
2.2.1 用過核子燃料濕式貯存 .....	9
2.2.2 用過核子燃料乾式貯存 .....	9
2.2.3 用過核子燃料中期暫時貯存 .....	11
2.2.4 用過核子燃料最終處置 .....	11
2.3 核電廠除役拆廠 .....	14
2.4 放射性廢棄物運輸 .....	16
2.5 必要之回饋措施 .....	16
2.6 後端營運與管理費用 .....	18
2.7 其它參數設定 .....	19
2.8 參考情節 .....	20
3.0 後端營運總費用估算結果 .....	21
3.1 核能電廠除役費用 .....	22
3.2 低放射性廢棄物貯存及處理費用 .....	22
3.3 用過核子燃料乾式貯存費用 .....	23
3.4 低放射性廢棄物中期暫時貯存與最終處置費用 .....	23
3.5 用過核子燃料最終處置費用 .....	24
3.6 回饋金 .....	24
3.7 後端營運與基金管理費用 .....	25
3.8 後端營運總費用 .....	25

4.0 每年固定提撥額度 .....	26
4.1 每年固定提撥計算方式說明.....	26
4.2 各情節每年固定提撥額度結果 .....	28
5.0 敏感度分析 .....	33
5.1 理論背景.....	33
5.2 模型架構.....	36
5.3 估計結果.....	43
5.4 預測匯率、通貨膨脹率及折現率 .....	44
6.0 後端營運基金涵蓋成本與基金型態 .....	47
6.1 各國後端營運基金涵蓋成本 .....	47
6.2 本國後端營運總費用估算比較 .....	51
6.3 各國後端基金型態 .....	56
7.0 參考文獻 .....	59

## 表 目 錄

表 2.2 - 1	用過核子燃料處置階段 .....	8
表 2.2 - 2	我國用過核子燃料最終處置計畫全程工作時程表	
表 2.3 - 1	各核能電廠永久停止運轉日期與除役作業時程規劃 .....	14
表 2.5 - 1	回饋金項目 .....	17
表 3.0 - 1	低放射性廢棄物預估數量統計 .....	21
表 3.0 - 2	各核能電廠用過核子燃料預估數量及鈾重資料 .....	21
表 3.2 - 1	低放貯存及處理費用 .....	22
表 3.8 - 1	後端營運總費用估算結果 .....	25
表 4.2 - 1	情境一 111~114 年每年固定提撥（共 4 年）之各年現金流 .....	29
表 5.2 - 1	變數定義簡介 .....	40
表 5.3 - 1	各變數之敘述統計量 .....	43
表 5.3 - 2	同期相關影響係數 .....	44
表 5.4 - 1	利率之基準情境預測 .....	45
表 5.4 - 2	折現率、通貨膨脹率及匯率之五年基準情境預測 .....	45
表 6.1 - 1	各國後端基金涵蓋的成本項目 .....	49
表 6.1 - 2	加拿大、瑞典、捷克、芬蘭及台灣用過核子燃料處置費用比較	50
表 6.2 - 1	營運總費用估算情節之比較 .....	53
表 6.2 - 2	營運總費用估算結果比較 .....	54
表 6.3 - 1	各國後端營運基金的型態 .....	56

## 圖目錄

圖 2.1 - 1 低放射性廢棄物處理路徑.....	3
圖 2.2 - 1 用過核子燃料處理路徑.....	8
圖 5.2 - 1 各變數之時間序列走勢圖.....	42

## 1.0 前言

根據經濟部能源署 111 年能源供需概況分析顯示，我國電力供給之發電結構，火力發電包含燃煤及燃氣等，分別占 42% 及 38.9%，合計占 80.9%，核能發電占 8.2%，比 110 年之 9.5% 略小幅下降，仍為我國重要之基載電力之一。

截至 112 年 9 月止，核一、二廠已分別於 108 年 7 月及 112 年 3 月進入除役期間，核三廠 2 部機組營運發電中。依據 111 年台電系統總裝置容量為 5,373.6 萬瓩，其中核能占比為 4.84%。核能電廠在運轉壽期間以及停止運轉後的除役拆廠作業，無可避免地都會產生放射性廢棄物，且有處理、貯存、處置各種不同階段，如用過核子燃料之乾貯、運輸、中期暫時貯存與最終處置，低放射性廢棄物之運輸、中期暫時貯存與最終處置等。這些放射性廢棄物必須儘可能與人類居住環境隔絕，使其不會有影響人類安全的顧慮，上述工作都是核能後端營運工作範圍。

台電公司所屬核四廠因國家政策緣故，並未運轉發電，也未產生放射性廢棄物，且核四廠為台電公司所屬資產，所需費用由台電公司支應，不納入核能後端營運費用估算範圍。

核能後端營運工作，需要龐大的費用，且費用支出大部分發生在核能電廠停止運轉後一段相當長的時間內。因此為了避免將此財務負擔轉移至後代子孫身上，許多國家從核能發電的電費收入中提撥經費，並設立核能後端營運基金管理會進行基金的收支管理與運用，由逐年提撥所累計之基金來支付核能後端營運之費用。

依據我國放射性物料管理法第 28 條：「放射性廢棄物產生者應負擔其廢棄物處理、運送、貯存、最終處置及設施除役所需費用」。台電公司依法須負擔因核能發電產生的放射性廢棄物之處理、貯存、處置及核能設施除役等所需之相關費用。為確保爾後後端營運工作執行之經費無虞，台電公司報奉行政院核定「台灣電力公司核能發電後端營運費用基金收支保管及運用辦法」，並自 76~101 年按核能發電量及每度核能發電分攤率提撥予

後端營運基金，102年起依經濟部105年1月13日經營字第10400125950號函示按台電公司實際帳列除役成本金額提撥予後端基金。

依據最新「核能後端營運基金收支保管及運用辦法」(111年1月10日修正)第4條之規定，我國核能後端營運基金之支出範圍為：

- 一、核能發電有關之核子設施運轉維護所產生低放射性廢棄物之獨立減容、處理、包裝、運輸、中期貯存及最終處置。
- 二、用過核子燃料再處理。
- 三、用過核子燃料或其再處理所產生放射性廢棄物之包裝、運輸、中期貯存及最終處置。
- 四、核能後端營運期間之核子保防及保安作為。
- 五、核能發電有關核子設施除役期間安全維護、除役拆廠及其所產生廢棄物之處理、包裝、運輸、中期貯存及最終處置。
- 六、必要之回饋措施。
- 七、管理及總務支出。
- 八、其他有關支出。

依據最新「核能後端營運基金費用收取辦法」(107年1月10日修正)第3條之規定指出「應收取之核能發電後端營運費用之計算，應由後端處理與處置機構每隔五年進行重估並提報經濟部核定之；應繳交之期間內有重大情事變更時，應適時因應並重新估算送核。」。

自上次(106年)重估核能後端營運總費用迄今，核後端業務項目已有大幅變化，除新增多項業務，核一廠亦已正式進入除役階段。另國際後端營運技術與實務案例增加與後端營運技術之日趨成熟，為確保所提列之核能後端營運費用可支應未來各項作業所需，故有重新估算後端營運總費用之必要性。

## 2.0 成本估算項目

核能發電後端營運包含了低放射性廢棄物營運、用過核子燃料營運、核能電廠除役等重要且需要大量預算的工作，放射性廢棄物運輸費用及回饋金也是主要支出項目。因此要進行核能發電後端營運總費用的估算，使其可配合當前社會環境，以及國內相關法規要求，藉由放射性廢棄物的處理路徑，訂定核能後端營運工作成本。

### 2.1 低放射性廢棄物營運

低放射性廢棄物是指除核能電廠所產生的低放射性廢棄物外，及目前貯放於低放貯存場(前稱蘭嶼貯存場)與國家原子能科技研究院由醫、農、工、學、研等單位所產生的低放射性廢棄物。後端營運總費用估算時先以整體所需費用進行估算後，再依各產量依比例扣除非核能電廠產生的低放射性廢棄物費用。

一般而言，低放射性廢棄物可直接進行最終處置，國內雖然已制定「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」(簡稱場址設置條例)進行低放射性廢棄物最終處置場址的遴選，但因地方政府未能配合辦理公投而延宕，也考量蘭嶼鄉親訴求，擬將低放貯存場搬遷時程與低放最終處置設施脫鉤，因此台電公司提出「低放射性廢棄物最終處置應變方案」，規劃將低放射性廢棄物先貯存於(集中式)中期暫時貯存設施中，待低放射性廢棄物最終處置設施興建完成後，再將所有低放射性廢棄物移往最終處置設施，我國的低放射性廢棄物處理路徑如下圖所示：

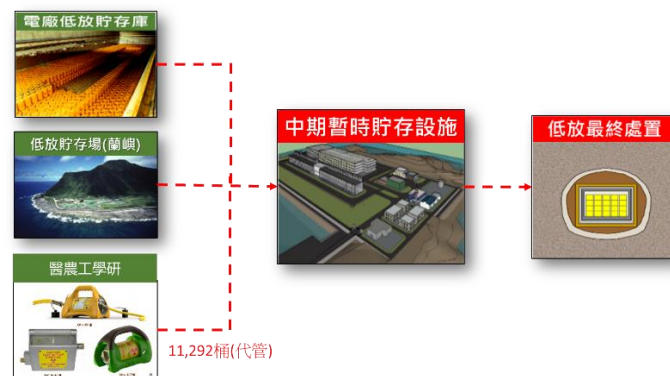


圖 2.1 - 1 低放射性廢棄物處理路徑

### 2.1.1 低放貯存場營運

#### (1) 低放貯存場營運

低放貯存場之功能為提供全國各界共同暫時貯存低放射性廢棄物之用，待低放射性廢棄物最終處置場或中期暫時貯存設施開始運轉後，再將所有貯存在低放貯存場之廢棄物桶運離。為確保場內所貯存低放射性廢棄物可銜接最終處置場或中期暫時貯存設施，在運離之前須進行廢棄物桶之檢整或重裝，故本項設施成本估算依低放貯存場現有廢棄物桶數量重裝情形估計相關費用。

#### (2) 低放貯存場除役拆場作業

低放貯存場貯放的低放射性廢棄物全部運往最終處置場後，即需開始除役拆場工作，將處理中心及貯存壕溝等表層受污染的混凝土剝除，與場內地上與地下結構物拆除，使場地恢復為無限制使用狀態。假設貯存場的低放射性廢棄物於最終處置場(或(集中式)中期暫時貯存設施)運轉後開始運送，規劃於5年內全數運出，並立即開始除役拆場。整個除役拆場工作可區分為為期4年之「除役拆場」及為期4年之「場址復原」等兩個階段，將可符合「放射性物料管理法」之規定，於貯存場永久停止運轉後15年內完成。

### 2.1.2 低放射性廢棄物最終處置

低放射性廢棄物最終處置計畫從場址選擇開始到處置場運轉、封閉、監管及(或)免於監管結束，依其階段性目標與任務概略分成4個階段，執行處置計畫過程中，場址之合適性、土地之取得、處置場之設置申請及運轉申請等作業需備妥文件向主管機關申請，俟此等申請文件經審查核准後才進行相關之後續工作。各階段之目標如下：

#### (1) 第1階段：處置場選址階段

本階段工作為進行場址的評選(包含地方公投)，依「場址設置條例」規定應辦理事項及程序如下：

- 成立選址小組與提報選址計畫並公告計畫後，選址作業者可公告潛在場址或由縣市自願場址提出申請；
- 由主辦機關公告建議候選場址後，經地方辦理公投同意候選場址並進行環境影響評估；
- 環境部通過環境影響評估後，由行政院核定場址；
- 最後由主辦機關辦理土地徵收或撥用，以取得土地。

## (2) 第 2 階段：處置場建造階段

針對工程需求，作進一步的地質、水文等資料調查分析，進行處置場細部設計及安全分析，並完成處置場設置申請所需報告送主管機關審查，將依核定場址適合開發興建方式，採取一次或分期興建完成。於選定場址通過環境影響評估，獲行政院核定投資開發，並取得建造執照後，在主管機關監督下開始施工，並經試運轉後取得運轉許可。

## (3) 第 3 階段：處置場運轉階段

處置場取得運轉許可後，即開始接收低放射性廢棄物，並進行環境監測作業，依據主管機關行政院核能安全委員會(簡稱核安會)相關法規規定，於營運期間須定期提出營運狀況及環境輻射監測報告送主管機關審核，以確保營運期間之安全。

## (4) 第 4 階段：處置場封閉監管階段

處置場接收低放射性廢棄物達到預定處置容量後，即依「放射性物料管理法」及「放射性物料管理法施行細則」規定擬訂封閉計畫及監管計畫，報請主管機關核准後實施封閉與監管作業。封閉作業包括將處置場覆土及綠化等。

依據「放射性物料管理法施行細則」第 34 條規定，放射性廢棄物最終處置設施對一般人之個人年有效等效劑量低於 0.25 毫西弗時，其經營者始得依本法第 24 條規定向主管機關申請核准其設施之土地再利用或免於監管。

台電公司依據「放射性物料管理法」規定，向核安會提報「低放射性廢棄物最終處置計畫書」，於 93 年 1 月 16 日獲核安會同意核備。台電公司依該計畫書規劃時程辦理可能場址調查工作，期間行政院推動以公開、專業並尊重民意的選址原則，研擬「低放射性廢棄物最終處置設施場址選定條例草案」送請立法院審議。該條例於 95 年 5 月完成立法公布施行，定名為「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」。依據該條例規定，選址主辦機關為經濟部，全國主要低放射性廢棄物產出機構(亦即台電公司)被指定為選址作業者，配合主辦機關與其選址小組辦理選址作業相關工作，包括研擬選址計畫草案提報選址小組同意後由經濟部於 96 年 3 月 21 日公告 30 日以接受各界意見，公告期間內未接到機關、個人、法人或團體所提意見，經會商主管機關及相關機關意見並修訂完成選址計畫後，已於 96 年 6 月 12 日核定選址計畫，並自 6 月 20 日生效。另鑑於「場址設置條例」對於選址作業之程序與時限有所規範，台電公司復檢討修正低放處置計畫(修訂版)，於 96 年 4 月經核安會核備。後續於 97、98 年低放選址作業期間，因不符合選址條例須有 2 處以上建議候選場址之規定，使選址作業重回潛在場址篩選階段，計畫時程已不符合原規劃。因此台電公司於 100 年 11 月提出低放處置計畫(修訂二版)，重新規劃處置作業時程，核安會並於 101 年 5 月核備。低放處置場選址作業受到政治、社會、環境及地方民意等變數的影響，於 101 年公告建議候選場址後，因地方政府婉拒配合辦理公投而停滯。目前為推動選址作業，經濟部與台電公司持續在地方進行溝通，希望爭取地方民眾與地方政府支持辦理地方公民投票，儘早選定候選場址。

低放射性廢棄物營運所包含的範圍除了核能電廠所產生的低放射性廢棄物外，還包含了貯放於低放貯存場與國家原子能科技研究院由醫、農、工、學、研等所產生的低放射性廢棄物。依放射性物料管理法第 28 條：「放射性廢棄物產生者應負擔其廢棄物處理、運送、貯存、最終處置及設施除役所需費用」非核能電廠產生的低放射性廢棄物費用，應由核物料安全主管機關核安會負擔，所需負擔的費用包含貯存與處置設施興

建及管理、運輸、回饋金等費用。

### 2.1.3 低放射性廢棄物最終處置應變方案(中期暫時貯存)

考量我國目前放射性廢棄物相關管理政策與作業推動現況，低放射性廢棄物最終處置設施選址作業可能受到政治、社會、環境及地方民意等變數的影響，使選址作業未能順利進行，台電公司參考國際上使用核能發電國家如荷蘭、瑞士、比利時等國，其放射性廢棄物最終處置營運即採「先經集中貯存後再進行最終處置」的策略，推動興建一座放射性廢棄物(集中式)中期暫時貯存設施，貯存用過核子燃料及低放射性廢棄物，並俟未來銜接最終處置。因此，提出(集中式)中期暫時貯存設施規劃。

此外為了達成政府非核家園施政目標，行政院國家永續發展委員會非核家園推動專案小組在 108 年 3 月 15 日第 4 次會議中，達成推動興建「中期暫時貯存設施」的共識，請台電公司積極辦理並展開溝通，並且為保留彈性，中期貯存設施可暫不強調「集中式」此一名稱，將來規劃時若有需要，也可考慮將高、低放分開處理。若能設置中期暫時貯存設施，低放貯存場及核電廠之放射性廢棄物能送至中期暫時貯存設施，除可兌現政府對低放貯存場遷場之承諾，並可化解核電廠週遭居民及地方政府對於核電廠成為最終處置場之疑慮。

因選址階段之公民參與及凝聚社會共識所需時間較難估計，本應變方案暫定選址選定後之設施開發申請及土地取得作業流程預計需時 6 年；申請獲得核准後，始進行工程發包及興建作業，綜合考量各種因素，保守估計需時 10 年，預估在選址選定後第 16 年應可完成本規劃設施興建。

## 2.2 用過核子燃料營運

台電公司對於核能電廠運轉所產生用過核子燃料處置之營運規劃，係參考國際上之發展趨勢，分為濕式貯存、乾式貯存、最終處置等三個階段執行，說明參見下表：

表 2.2 - 1 用過核子燃料處置階段

階段	階段名稱	說明
第一階段	濕式貯存	<ul style="list-style-type: none"> <li>用過核子燃料自反應爐取出後，因具有高輻射及餘熱，先在核能電廠內用過核子燃料池內進行冷卻及貯存。</li> </ul>
第二階段	乾式貯存	<ul style="list-style-type: none"> <li>在核能電廠廠區內建置乾式貯存設施，以便在最終處置場或中期暫時貯存設施運轉之前能貯存用過核子燃料。</li> </ul>
第三階段	最終處置	<ul style="list-style-type: none"> <li>將用過核子燃料運至深層地質最終處置場內予以掩埋。</li> <li>目前台電公司推動之中期暫時貯存設施屬於最終處置的應變/替代因應方案，故在此不單獨列為一個階段。</li> </ul>

我國核能電廠用過核子燃料的乾式貯存設施皆興建於核能電廠場址內，核能電廠附近居民有擔心乾貯設施會變成最終處置設施之疑慮。另外，用過核子燃料最終處置設施之興建技術尚有發展空間且費用龐大，

為解決上述問題，台電公司將用過核子燃料在移往最終處置設施前，目前亦規劃暫時先運送到(集中式)中期暫時貯存設施進行貯存，待用過核子燃料最終處置設施之興建技術更精進後，再進行設施興建。因此我國的用過核子燃料處理路徑如下圖所示：

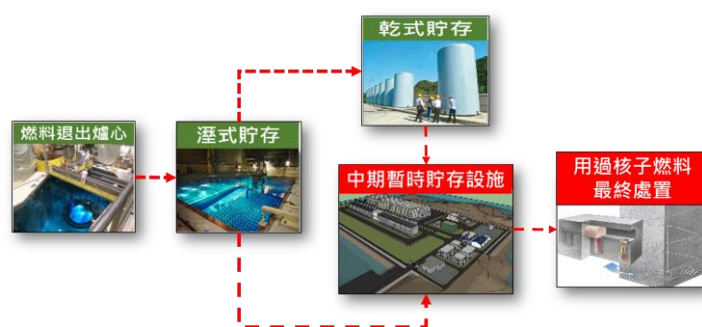


圖 2.2 - 1 用過核子燃料處理路徑

### 2.2.1 用過核子燃料濕式貯存

用過核子燃料剛自反應爐退出時，因含有較高的餘熱與放射性，故所有核能先進國家均先放置電廠內用過核子燃料池，藉由循環水系統持續移除餘熱，此即為濕式貯存。等用過核子燃料冷卻一段時間後，再移到乾式貯存設施繼續貯存，以空氣自然對流冷卻方式排除餘熱，不需要冷卻水循環降溫。由於核一、二廠大部分用過核子燃料已放在水池中經過長時間的冷卻，所以台電公司參照各核能先進國家的做法，規劃將這些已經充分冷卻的用過核子燃料移至乾式貯存設施，再進行後續的最終處置作業。

### 2.2.2 用過核子燃料乾式貯存

由於核能電廠內的用過核子燃料池貯存容量可能無法完全容納其運轉 40 年所產生之用過核子燃料，當核能電廠運轉接近 40 年時，則部分用過核子燃料需先置入乾式貯存設施。

用過核子燃料乾式貯存設施之興建規劃可分為六個階段：

- (1) 設計規劃階段；
- (2) 細部設計階段；
- (3) 建造執照申請階段；
- (4) 硬體製造及土建施工階段；
- (5) 試運轉及運轉執照申請階段；
- (6) 正式運貯階段。

當乾貯設施內之用過核子燃料運往最終處置場後，即需開始除役作業，包括結構物與設備之除污與拆除，並將場址回填與綠化。再進行除役之前，本公司將依據「放射性物料管理法」第 23 條規定，提出永久性停止運轉之申請，並擬定除役計畫，報請主管機關核准後實施。依規定於貯存設施永久停止運轉後 15 年內完成設施之除役。

目前國內核一、核二、及核三廠用過核子燃料現況說明如下：

### 1.核一廠用過核子燃料乾式貯存

核一廠擬分兩期興建足以容納該廠兩部機運轉壽期所產生用過核子燃料之乾式貯存設施，第 1 期採用混凝土護箱(INER-HPS)室外貯存，原始規劃自 103 年開始進行運貯作業，但因設施興建水土保持計畫問題無法取得乾式貯存場使用執照；第 2 期則配合電廠停機除役時程規劃運貯用過核子燃料，109 年 6 月已完成第 2 期用過核子燃料室內乾貯設施興建計畫技術服務案招標，目前正在辦理設施基本設計及後續採購帶安裝案招標規範研擬作業，預計於 117 年完成設施興建並開始運轉。

### 2.核能二廠用過核子燃料乾式貯存

與核一廠相同，核二廠規劃分兩期興建，第 1 期採用混凝土護箱(NAC-MAGNASTOR)貯存，原規劃自 104 年開始運貯，但因新北市政府多次未核准『營建工地逕流廢水汙染削減計畫』，亦多次不同意展延水保開工及完工期限，導致現場土建工程遲無法動工；第 2 期配合電廠停機除役時程規劃運貯用過核子燃料，預計自 119 年完成設施興建並開始運轉。

### 3.核能三廠用過核子燃料乾式貯存

核三廠用過核子燃料乾式貯存設施興建時程配合電廠停機除役時程規劃運貯用過核子燃料，預計自 121 年完成設施興建並開始貯存。

### 2.2.3 用過核子燃料中期暫時貯存

為了達成政府非核家園施政目標，行政院國家永續發展委員會非核家園推動專案小組在 108 年 3 月 15 日第 4 次會議中，達成推動興建「中期暫時貯存設施」的共識，請台電公司積極辦理並展開溝通，並且為保留彈性，中期貯存設施可暫不強調「集中式」此一名稱，將來規劃時若有需要，也可考慮將高、低放分開處理。設置中期暫時貯存設施，各核能電廠的用過核子燃料即可由乾式貯存送往中期暫時貯存設施，可化解核能電廠週遭居民及地方政府對於核能電廠成為最終處置場之疑慮。

(集中式)中期暫時貯存設施規劃原則如下：

- 將容納三座核電廠的用過核子燃料，採用室內貯存型式，並符合法定安全功能要求。
- 以運轉 40 年為目標，設施設計年限則採 100 年。

自選定場址後，保守估計 6 年完成相關行政作業、環評、設計、審查及土地取得，10 年完成設施興建。

### 2.2.4 用過核子燃料最終處置

用過核子燃料最終處置的基本要求是選擇適當的地層環境，將經妥善封裝之用過核子燃料，永久的處置掩埋於合適之地質岩層環境，使其與人類生活圈隔離，以確保民眾安全及環境品質。目前我國參考瑞典、芬蘭等國，規劃興建深地層地質處置場來處置用過核子燃料。處置場將以地下坑道式設計，位於地下 300 至 1,000 公尺。

根據台電公司「用過核子燃料最終處置計畫書 2018 年修訂版」規劃，自 2005 年起，迄 2055 年完成處置場之建造為止，全程工作共分為「潛在處置母岩特性調查與評估階段」、「候選場址評選與核定階段」、「場址詳細調查與試驗階段」、「處置場設計與安全分析評估階段」及「處置場建造階段」等五個階段來進行，至今已完成「潛在處置母岩特性調查與評

估階段」，這階段重要里程碑包括：

- 95年7月核安會核定「用過核子燃料最終處置計畫書（初版）」
- 98年提出「我國用過核子燃料最終處置初步技術可行性評估報告」（SNFD2009報告）
- 106年完成處置計畫第一階段「潛在處置母岩特性調查與評估（2005~2017）」工作
- 106年提出「我國用過核子燃料最終處置技術可行性評估報告」（SNFD2017報告），核安會於109年2月核備
- 107年8月提報「用過核子燃料最終處置計畫書（2018年修訂版）」，核安會於109年1月核備

用過核子最終處置場於興建完成後，開始接收國內用過核子燃料進行處置，即為設施運轉階段，依2018年修訂版之用過核子燃料最終處置計畫書所述，最終處置場將運轉40年，待用過核子燃料全部處置完成後，處置場將進行封閉，並將進行50年的環境監測。

表 2.2 - 2 我國用過核子燃料最終處置計畫全程工作時程表

階段名稱	潛在處置母岩特性調查與評估	候選場址評選與核定	場址詳細調查與試驗	處置場設計與安全分析評估	處置場建造
預定時程	2005~2017 年	2018~2028 年	2029~2038 年	2039~2044 年	2045~2055 年
主要目標	(1) 2009 年提出我國用過核子燃料最終處置初步技術可行性評估報告 (2) 完成我國潛在處置母岩特性調查與評估並建議候選場址調查區域。 (3) 建立潛在處置母岩功能/安全評估技術。	(1) 完成候選場址調查區域的調查與評估並建議優先詳細調查之場址。 (2) 建立候選場址功能/安全評估技術。	(1) 完成場址可行性研究報告(FR)。 (2) 完成場址環境影響說明書(EIS)。	(1) 完成申請建造許可所需的安全分析報告(SAR) (2) 完成建築執照申請程序並取得建照。	(1) 完成處置場之建造與運轉試驗。 (2) 完成運轉執照之申請與取得。
重要里程碑*	(1) 2016 年建立潛在處置母岩功能/安全評估技術。 (2) 2017 年提出我國用過核子燃料最終處置技術可行性評估報告。 (3) 2017 年提出候選場址的建議調查區域。	(1) 2025 年完成處置場概念設計。 (2) 2026 年完成候選場址之特性調查與評估。 (3) 2027 年完成候選場址功能/安全評估技術之建立。 (4) 2028 年底提出優先詳細調查的場址。	(1) 2033 年完成場址地表地質調查。 (2) 2033 年開始進行試驗直井與地下試驗設施規劃與建造。 (3) 2036 年完成處置場初步設計。 (4) 2037 年完成場址可行性研究報告(FR) (5) 2038 年完成場址環境影響說明書(EIS)	(1) 2043 年完成安全分析報告(SAR) (2) 2043 年完成地下技術驗證工作。 (3) 2043 年完成處置場細部設計與交通運輸規劃設計。 (4) 2044 年完成建築執照申請程序並取得建照。	(1) 2054 年完成處置場建造與交通運輸設施。 (2) 2055 年完成運轉執照之申請與取得。

\*由於時程規劃可能因民意接受度、土地取得等因素影響而導致時程推延，因此當規劃工作與時程無法如預期時，將循放射性物料管理法施行細則所提供每四年修正的機會，另行檢討修正。

資料來源：核安會，「用過核子燃料最終處置計畫書」2018 年修正版。

## 2.3 核電廠除役拆廠

依據「核子反應器設施管制法」，核能電廠應於預定永久停止運轉3年前，提出除役計畫，經核安會審核發給除役許可後，於25年內完成除役作業。核能電廠除役計畫將總時程分成四個階段，即：

- 除役過渡階段（8年）
- 除役拆廠階段（12年）
- 廠址最終狀態偵測階段（3年）
- 廠址復原階段（2年）

核一、二、三廠機組之運轉年限皆為40年，則各電廠機組永久停止運轉日期與預估除役最遲完成時間如下表：

表 2.3-1 各核能電廠永久停止運轉日期與除役作業時程規劃

各核電廠永久停止運轉日期與除役作業最遲完成日			
廠別	機組	停止運轉日期	除役作業最遲完成日
核一廠	一號機	107.12.05	133.7.15
	二號機	108.07.15	
核二廠	一號機	110.12.27	137.3.14
	二號機	112.03.14	
核三廠	一號機	113.07.26	139.5.17
	二號機	114.05.17	

各階段主要工作如下：

1. 除役過渡階段：本階段工作主要是以取得除役許可為起始點，主要工作包括：電廠停機過程所需安全評估與分析、爐心尚有燃料期間之運維、完成除役停機作業、核燃料退出反應爐、系統與設備隔離及洩水、系統停止運轉、需求系統建置、系統除污作業、輻射特性調查、除役工程規劃及相關新建設施建造等。
2. 除役拆廠階段：本階段工作主要為反應爐壓力容器及內部組件切割及裝桶、燃料池除污及拆除、其他設備除污及拆除、廠房結構體除污等工作。其中反應爐相關設備需運轉至用過核燃料

退出反應爐後才開始拆除，燃料池相關運轉系統與設備需運轉至用過核燃料全部移轉至乾式貯存設施才開始拆除。

3. 廠址最終狀態偵測階段：本階段主要工作為廠址整治（如需要）、最終輻射偵測及廠房拆除等。
4. 廠址復原階段：本階段主要工作為其他建物之拆除、土地復原作業。

核能電廠除役過程中，需處理產生的低放射性廢棄物並減少核能電廠之除役廢棄物體積與重量。核一廠目前在除役計畫書中規劃設置低放射性廢棄物處理設備，其所需設置、運轉、維護及除役費用也將列入估算；核二廠減容中心包含有焚化爐及超高壓壓縮設備，原設計使用壽命為15年，然配合核能電廠除役必須進行延長使用，相關所需運轉、維護及除役費用也將列入估算。核三廠之焚化爐於進入除役階段後，仍需維持運轉進行低放射性廢棄物之處理，目前焚化爐運轉執照更新已送管制單位審查，未來所需運轉、維護及除役費用也將列入估算。此外，因應三座電廠於除役期間產生之除役低放射性廢棄物，現有的低放貯存庫的容量可能不足，因此分別於各廠內新建低放射性廢棄物貯存庫進行暫貯，其所需興建、運轉、維護費用也將列入估算。

## 2.4 放射性廢棄物運輸

在國外放射性廢棄物有專門的公司負責運輸作業，但國內則無此類的放射性廢棄物運輸服務，因此在估算放射性廢棄物運輸費用時，主要以台電公司自行運輸為原則考量，且就台灣地區之環境狀況而言，運送至後端營運設施主要將以海運為主，陸運僅為短程（例如核電廠至專用碼頭間），在費用估計上至少應考慮下述幾項：

- 設備費用：運送放射性廢棄物的船舶、用過核子燃料輸送容器（運輸護箱）、低放射性廢棄物輸送容器、運輸車輛等，放射性廢棄物的輸送容器及運輸工具的數量需依實際的放射性廢棄物數量加以估計。
- 設備更新費用：上述的設備當使用壽齡到達時即需更新，此項為設備重置費用。
- 設備操作、維修保養費用、保險費用、燃料費用。
- 人事費用：專用船之工作人員、卡車司機、重機械操作人員、保建物理人員。
- 專用碼頭：建造費用、維護費用。

本次重估，將各項運輸費用編列於放射性廢棄物接收端設施費用營運成本。

## 2.5 必要之回饋措施

為加強核能後端營運設施興建及營運期間與鄰近地區居民之和諧，根據核能發電後端營運基金管理會制定之「核能發電後端營運基金放射性廢棄物貯存及核電廠除役完成前回饋要點」，適用本要點回饋之放射性廢棄物貯存設施，包括低放射性廢棄物及用過核子燃料貯存設施。低放射性廢棄物貯存設施係指各核能電廠之低放射性廢棄物專用倉庫及蘭嶼低放射性廢棄物貯存場；用過核子燃料貯存設施係指各核能電廠之用過核子燃料池及乾式貯存設施。

各項回饋金之計算方式整理如表 2.5-1 所示。

表 2.5 - 1 回饋金項目

回饋項目		設施所在鄉(鎮、區)公所	設施各鄰接鄉(鎮、區)公所及所在直轄市、縣政府
(一)低放射性廢棄物貯存		年度回饋金為設施上一年度實際貯存每桶 200 元	年度回饋金為設施上一年度實際貯存每桶 60 元
(二)用過核子燃料貯存			
1. 溼式貯存		年度回饋金為設施上一年度實際貯存 15,000 元/tHM	年度回饋金為設施上一年度實際貯存 4,500 元/tHM
2. 乾式貯存			
(1)興建階段		全部一次 6,000 萬元	全部一次 3,000 萬元
(2)執行熱測試作業	A. 第一只熱測試密封鋼筒裝填完畢，並順利運抵乾式貯存場就位後	全部一次 6,000 萬元	全部一次 3,000 萬元
	B. 年度回饋金	上一年度實際貯存 3 萬元/tHM	上一年度實際貯存 9,000 元/tHM
(3)試運轉作業完成後		全部一次 1,200 萬元 + 年度回饋金為設施上一年度實際貯存 3 萬元/tHM	年度回饋金為設施上一年度實際貯存 9,000 元/tHM
(4)運轉階段		年度回饋金為 1,200 萬元 + 設施上一年度實際貯存 3 萬元/tHM	年度回饋金為設施上一年度實際貯存 9,000 元/tHM
(三)核能電廠除役完成前回饋金			
1. 家園復育回饋金		自 107 年度起至各核電廠壽期結束前，對於非受迫因素而有停機或降載致減少發電量，導致當年度台電公司促協金與核後端基金放射性廢棄物貯存回饋金總額較其穩定運轉三年均數有所減少之特別狀況者。	
2. 除役期間回饋金		自各核電廠機組壽期結束次日起至依照其除役計畫廠址復原階段之前，導致當年度台電公司促協金與核後端基金放射性廢棄物貯存回饋金總額較其穩定運轉三年均數有所減少之特別狀況者。	

註: tHM 為「用過核子燃料每公噸鈾」重

## 2.6 後端營運與管理費用

經濟部參酌主要核能國家作法及我國國情，籌設專責機構以推動放射性廢棄物最終處置，提出相關草案，經行政院於 104 年 4 月 16 日第 3444 次院會通過「行政法人放射性廢棄物管理中心設置條例」草案，104 年 4 月 16 日送請立法院審議。因立法院屆期不續審原則，該草案行政院於 105 年 1 月 14 日第 3483 次院會決議俟第 9 屆立法委員就任後函請立法院審議，並於 105 年 2 月 1 日再度送請立法院審查。105 年 6 月 23 日行政院第 3503 次院會決議，為落實改組後行政院政策及蔡總統政見，有就 520 前送請立法院審議尚未審查之法案撤回檢討之必要，函請立法院撤回本案。經濟部於 105 年 11 月 17 日將檢討修正後之草案再送行政院審議，惟 106~111 年度本條例均未完成審議。目前因相關法規，如行政法人法、公職人員利益衝突迴避法等均有修訂，經濟部國營司奉指示配合修訂條例，刻正依相關法規同步修訂草案中。

由於其他國家的核能發電公司不只一家，所以大都會由行政機關或再成立專責機構進行整合。考量台灣僅有台電公司一家核能發電業者，且已培育並具有放射性廢棄物處置專業人員，爰由台電公司負責核能廢棄物及除役工作，並擔負專責機構任務為最佳方案。後端營運與管理相關費用，負責核能後端營運工作所需費用，將由核能發電後端營運基金及政府核撥中心之經費支付。

後端營運與管理費用包含三項費用，第一項為後端營運管理費用：用於成立後端營運管理單位進行各項核能後端營運管理工作，至中期暫時貯存設施除役前規劃需 60 人執行後端營運管理工作，待中期暫時貯存設施除役後，後端營運管理工作僅為最終處置場管理，因此人員數量縮減為 26 人。第二項為核能發電後端基金管理會費用：設置核能發電後端基金管理會聘有委員 15 人，並設有業務組、會計組、財務組，於核三廠除役前由台電公司後端處人員兼任，兼職人員費用以員額 30 人。第三項為業務宣導費用：係促使核能後端業務順利推動，編列業務宣導費以支應業務推動所需費用，

業務宣導費可區分為例行綜合業宣費與推動計畫業宣費，其中例行綜合業宣費係屬年度固定費用；推動計畫業宣費則分為推動低放處置、高放處置及中期暫時貯存之計畫業宣費。

## 2.7 其它參數設定

由於後端營運工作為一持續性工作，且分布於一段相當長時間內，過去國內後端基金之計算係採用均化現值法計算，本計畫亦採用此方法。基於現金流入與流出將發生於未來，為能確實收取足夠之後端基金，基本參數之設定相當重要，特別是折現率、匯率及物價調整指數等經濟參數均對核能發電分攤率之計算結果有顯著之影響。本計畫藉由一包含利率、實質貨幣需求、匯率、物價與產出等五個變數的結構式向量自我迴歸模型（SVAR）進行估算，獲得折現率、通貨膨脹率及新台幣兌美元匯率的5年預測值，進而以各變數5年預測值之平均值作為未來折現率、通貨膨脹率及匯率之參採值。有關經濟參數之設定說明如下：

1. 折現率：係考量資金的時間價值、現行低利環境及未來利率走低之可能性，需選定能適當反映投資機會成本之折現率。計畫將以隔夜拆款利率作為10年期公債標售利率、10年期公債殖利率及20年期公債殖利率的代理變數；再以最小平方法估計隔夜拆款利率與10年期公債標售利率、10年期公債殖利率及20年期公債殖利率間的關係，據此獲得四種利率在基準情境下的5年預測值。再考量後端基金之可能用途，將未來的現金流量折算為現值作分析。「折現率」計算公式以加權平均資金成本率（WACC）進行計算，將購買公債及貸予台電公司之報酬率進行加權平均。折現率之計算公式如下：

**折現率=[央行10年期公債標售加權平均利率\*公債占比]**

**+ [台電公司借款利率\*借款占比] ..... (2.1)**

其中因應立法院審查101年度預算案決議，逐步降低貸予台電公司占比，至111年1月後端基金貸與台電公司約占4成8，因此式(2.1)公債占比及台電公司借款占比分別暫設為0.5及0.5。

2. 匯率：因部分後端營運工作須採用國外之設備及技術人力，因此匯率之變化亦會對後端營運總費用有顯著之影響，進而影響到分攤率之計算。
3. 物價上漲率：隨著物價上漲，未來各會計年度之後端費用經物價上漲調整後實際支付金額將提高，故本研究擬採用營造工程物價、消費者物價及躉售物價等三種不同物價指數，加權平均作為估算基準。

## 2.8 參考情節

本次總費用估算依據目前台電公司的作業時程及放射性廢棄物處理路徑的規劃，採取應變方案興建(集中式)中期暫時貯存設施，且低放最終處置場採同址興建，以及考量用過核子燃料最終處置所需之特性，採與(集中式)中期暫時貯存設施異址興建做為本次估算情節。

### 3.0 後端營運總費用估算結果

由於放射性廢棄物的數量直接影響到處理路徑中各項設施興建的規模與運輸的時程與費用，因此在進行設施成本估算前，先對放射性廢棄物數量做一預估，針對目前國內放射性廢棄物數量的預估結果如下：

國內低放射性廢棄物來源包括核能發電廠與小產源（醫學、農業、工業、教學、研究等），依其產生之作業方式，可再分為運轉廢棄物與除役廢棄物。表 3.0-1 所示為低放射性廢棄物預估數量統計結果。

**表 3.0 - 1 低放射性廢棄物預估數量統計**

低放射性廢棄物來源	運轉廢棄物(桶)	除役廢棄物(桶)	合計
核一廠	45,756	61,791	<b>563,854</b>
核二廠	59,400	131,375	
核三廠	10,740	81,374	
低放貯存場	100,277	11,000	
小產源	29,738	32,403	

台電公司核一、二、三廠之預估用過核子燃料數量依據各核能電廠除役計畫預估數量進行估算，平均鈾重資料採用目前貯存在各機組燃料池之平均重量。表 3.0-2 所示為各機組用過核子燃料預估數量及鈾燃料重量。

**表 3.0 - 2 各核能電廠用過核子燃料預估數量及鈾重資料**

電廠	機組	燃料元件重量 KgU/束	燃料量(束)	鈾燃料重量 (KgU)	合計 鈾燃料重量 (KgU)
核一廠	1 號機	171.83	3,390	582,504	<b>4,516,642</b>
	2 號機		3,484	598,656	
核二廠	1 號機	168.04	5,432	912,793	
	2 號機		5,436	913,465	
核三廠	1 號機	399.16	1,879	750,022	
	2 號機		1,902	759,202	

註：鈾燃料重量(KgU)各機組加總與合計不符，係四捨五入之故。

為考量核能電廠除役工作年限為 25 年的情況下，低放射性廢棄物的處

理路徑為先中期暫時貯存後再移往最終處置場，考量低放射性廢棄物中有大部分的 A 類廢棄物可採淺地表掩埋法進行處置，因此設定(集中式)中期暫時貯存設施與最終處置場兩者為同一場址的情節，如此亦可節省廢棄物運輸及地下掩埋坑道設置之成本；用過核子燃料處理路徑也為先中期暫時貯存後再移往最終處置場，因用過核子燃料(集中式)中期暫時貯存設施與最終處置場因貯存目的不同，所要求的興建條件不同，所以用過核子燃料的(集中式)中期暫時貯存設施與最終處置場兩者為不同場址興建。

### 3.1 核能電廠除役費用

我國三個核電廠機組之除役費用約計 158,599,763 千元，其中核一廠 47,445,652 千元、核二廠 59,239,874 千元、核三廠 51,914,237 千元。主要工項如下：

- 一、 除役計畫準備及核准費用
- 二、 人事費用
- 三、 除污、拆除、處理、減容及封裝費用
- 四、 設備、建築物拆除及廠區復原作業費用
- 五、 環境偵測費用
- 六、 廠區運維管理費用
- 七、 雜項工具費用
- 八、 政府規費及稅險
- 九、 新建設施費用
- 十、 專案管理、技術支援及研發顧問
- 十一、 核子保防保安警衛費用
- 十二、 保留區除役費用

### 3.2 低放射性廢棄物貯存及處理費用

本項用於蘭嶼低放貯存場之運維、除役等費用約計 1,759,226 千元。主要工項目如下：

- 一、 運維費用

- (一)運貯作業委外費用
- (二)設備維護費用
- (三)設施運轉檢查費
- (四)土地租金
- 二、除役費用
  - (一)設施除役計畫審查費用
  - (二)設施除役檢查費
  - (三)除役與環評報告委外費用
  - (四)除役拆廠費用
  - (五)場址復原費用
- 三、人事費
- 四、核子災害保險

### 3.3 用過核子燃料乾式貯存費用

用過核子燃料的處理路徑是先於各電廠乾式貯存設施進行暫時貯存，待(集中式)中期暫時貯存設施興建完成後再從乾式貯存設施移往(集中式)中期暫時貯存設施，其中核一廠及核二廠室外乾式貯存設施因興建計畫執行中產生有運維及待付費用須納入估算，三個核能電廠乾式貯存費用(包括興建、營運、除役等)約計 52,070,467 千元。

### 3.4 低放射性廢棄物中期暫時貯存與最終處置費用

由於(集中式)中期暫時貯存設施與低放射性廢棄物最終處置場為同一場址，並考量低放射性廢棄物中的 A 類廢棄物採近地表掩埋法進行處置，同一場址情節下，大部分的港灣設施及運輸費用可以獲得節省，所需中期暫時貯存費用約計 58,989,116 千元、低放射性廢棄物最終處置約計 19,022,679 千元。相關項目包括

- 一、建照申請階段費用
- 二、開發工程費用：直接工程成本、間接工程成本。
- 三、營運階段：人事費用、行政費用、人員交通費用、設備運轉、設

備維護與更新、環境監測、海巡警力補貼、碼頭及設施維護、廢料(場內)運輸等

四、行政規費。

五、封閉監管階段：封閉建造設計、直接工程成本、間接工程成本

六、除役階段

七、運輸費用

### 3.5 用過核子燃料最終處置費用

用過核子燃料最終處置場之建造、運轉與封閉各階段費用約計 131,476,030 千元。其主要工項包括：

- 一、 候選場址評選與核定
- 二、 場址詳細調查與試驗
- 三、 處置場設計與安全分析評估
- 四、 地下實驗室建造與營運
- 五、 處置場建造
- 六、 運輸費用
- 七、 處置營運階段
- 八、 監管階段
- 九、 處置場後期封閉
- 十、 法規稅捐費
- 十一、 IAEA 檢查費
- 十二、 各階段人事費
- 十三、 行政費用

### 3.6 回饋金

有關國內貯存及處置之回饋金依法採用實際放射性廢棄物數量估算約計 42,525,126 千元。依法支出以下六項

- 一、 低放射性廢棄物貯存回饋

- 二、 用過核子燃料貯存回饋
- 三、 核能電廠除役完成前回饋
- 四、 室內乾貯
- 五、 處置場選址與設置獎勵
- 六、 蘭嶼貯存場租地配套補償與回饋

### 3.7 後端營運與基金管理費用

後端營運與基金管理總費用自 111 年起至 233 年止所需費用包含後端營運管理、後端基金管理會必要業務宣導等約計 13,026,423 千元。

### 3.8 後端營運總費用

由於工程費用估算是對未來擬進行的工程所需之費用的一種預估行為，本質上有其不確定性，依一般工程估算的實做經驗，需另提列準備金（contingency）。準備金額度大小的決定端視該項計畫進行至何種程度，一般而言，若尚在可行性研究階段，則額度應高些；若已完成細部設計，則額度可低些。前列各項費用皆含 5~10%準備金。將各項後端營運計畫合計其總費用約 4,774.69 億元

表 3.8 - 1 後端營運總費用估算結果

後端營運工作項目	估算費用(千元)	成本占比
核能電廠除役	158,599,763	33.22%
低放射性廢棄物貯存及處理	1,759,226	0.37%
用過核子燃料乾式貯存	52,070,467	10.91%
(集中式)中期暫時貯存	58,989,116	12.35%
低放射性廢棄物最終處置	19,022,679	3.98%
用過核子燃料最終處置	131,476,030	27.54%
回饋金	42,525,126	8.91%
後端營運與基金管理	13,026,423	2.73%
後端營運總費用	477,468,830	100.00%

#### 4.0 每年固定提撥額度

台電公司自 76~101 年按核能發電量及每度核能發電分攤率提撥予後端營運基金，因後端營運工作逾百年，基金之運用與提撥係屬長期現金流量規劃，為確保提足所需之後端營運費用，亦使台電公司能更容易掌控每年財務規劃，改以每年固定金額之方式提撥後端基金，使現金流量較具穩定性，且與核能發電量脫鉤，降低因未來核能政策不確定因素對營運費用的影響。

鑑於電業法新增訂第 89 條規定：「發電業設有核能發電廠者，於其核能發電廠營運期間，應提撥充足之費用，充作核能發電後端營運基金，作為放射性廢棄物處理、運送、貯存、最終處置、除役及必要之回饋措施等所需後端處理與處置經費。前項費用之計算公式、繳交期限、收取程序及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。」及電業法第 95 條規定「核能發電設備應於中華民國 114 年以前，全部停止運轉」，則經濟部於 107 年 12 月 4 日公告之電業法第 95 條第 1 項自 107 年 12 月 2 日起失其效力；依核能發電後端營運基金費用收取辦法第 2 條規定「發電業設有核能發電廠者，收取其核能發電後端營運費用，繳交期限，至中華民國 114 年止」。

另依經濟部 107 年 1 月公告之核能發電後端營運基金費用收取辦法規定：「核能發電後端營運費用之計算與收取方式，以每年平均分攤固定金額方式提撥核能發電後端營運費用，其金額由經濟部定之，並應於當年度 1 月、7 月底前提撥至核能發電後端營運基金。本款費用之繳交期限，至中華民國 114 年止。」

為確保於全部核電廠壽期屆滿當年，完成足額提撥，本研究將計算出至 114 年止依法應提撥之每年固定額度。

#### 4.1 每年固定提撥計算方式說明

依據本次報告核能後端營運費用估計結果，111 年起至未來核能後端營運總費用為 4,774.69 億元（111 年幣值），至 110 年 12 月底，核能後端營運基金含利息已累積 3,913.99 億元，111 年初未收足之基金共 880.24 億元

<sup>1</sup>。惟 111 年度已完成該年度提撥金額至後端營運基金，故維持經濟部於 109 年 9 月 3 日核定核能後端營運總費用 4,728.64 億元（106 年版）之提撥金額 216.69 億元；112~114 年以每年平均分攤固定金額方式提撥至後端基金。

每年固定提撥計算之假設與步驟說明如下：

步驟 1：參數與相關假設設定

- 物價上漲率為 1.36%
- 折現率為 1.32%
- 提撥期間：111~114 年，共 4 年（至 114 年核能全部除役）

步驟 2：將未來每年預期除役支出進行物價指數調整

依據本次核能後端營運費用估計結果，係計算未來 111~233 年之除役費用，故除役支出發生於 111~233 年。先估計 111 年至 233 年每年需投入的除役支出金額，再將此金額進行物價調整。

步驟 3：計算核後端基金於各年底餘額

核後端基金餘額增加的因素包括各期新增提撥與基金孳息，而會減少核後端基金餘額的因素包括各期支出，因此各年底核後端基金餘額等於期初餘額加上本期新增提撥與本期孳息，再扣除本期支出後的餘額，此項關係可表達為：

期末基金餘額

$$= \text{期初基金餘額} + \text{本期新增提撥} + \text{本期孳息} - \text{本期除役支出} \dots (4.1)$$

步驟 4：求解每年需提撥金額

因核後端基金設立目的在於支應未來各年除役支出，因此核後端基金餘額預計在 233 年底支付完最後一筆除役支出後的餘額會歸零，因此本研究令 233 年期末基金餘額等於零的情況下，反求 111 年起的特定年數內各年需新增提撥金額，並且予於均化。

---

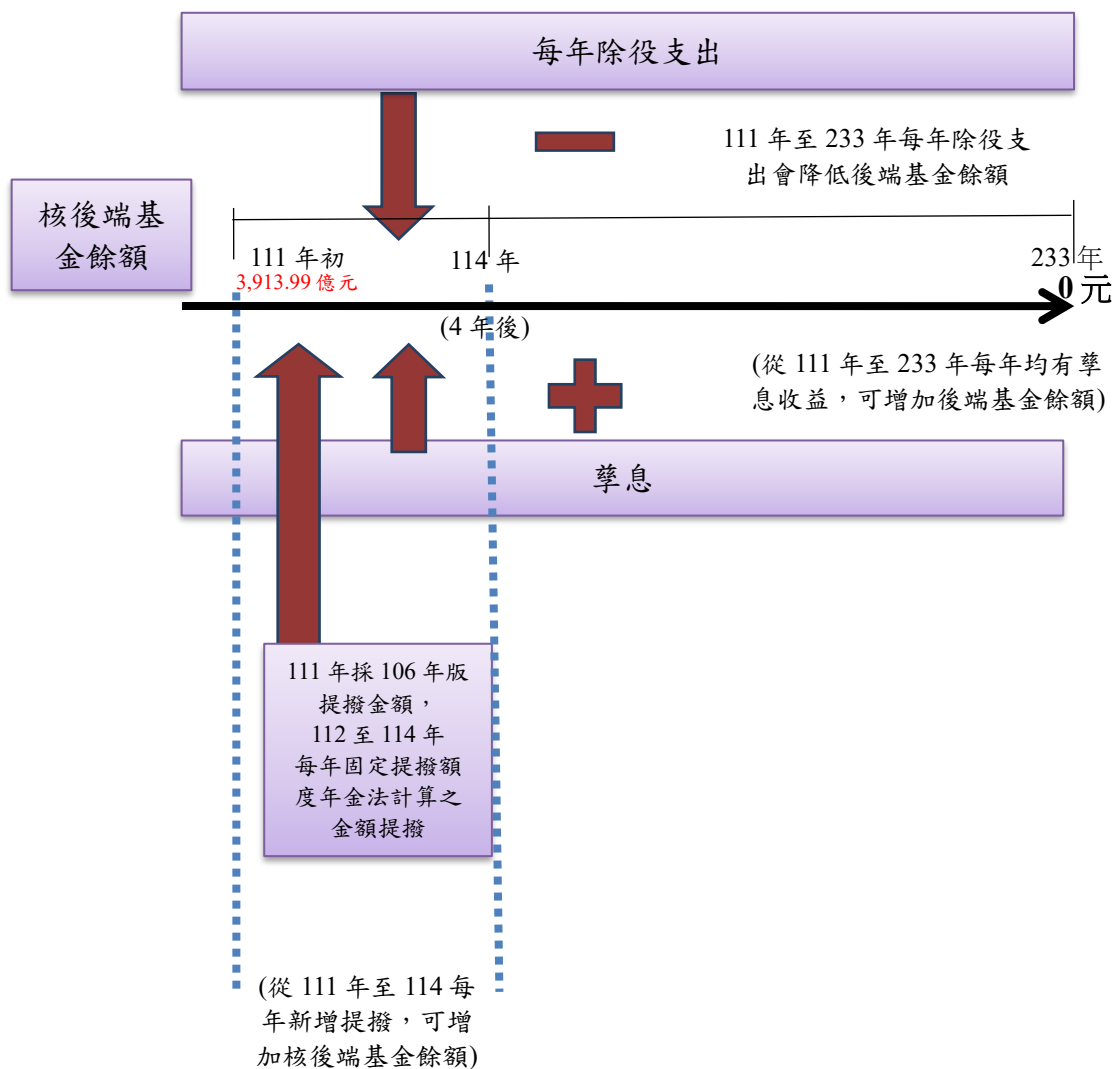
<sup>1</sup> 至 111 年初未收足基金之計算方式為：物價調整後各期後端營運支出合計數 7,242.69 億元－各期利息收入合計數 2,448.46 億元－111 年初後端基金餘額 3,913.99 億元＝880.24 億元，詳細內容請參見表 4.1-1。

## 4.2 每年固定提撥額度結果

假設基金孳息率為 1.32%，故本期孳息可表達為期初基金餘額乘以 1.32%，將此關係代入上述 (4.1) 式，期末基金餘額可表達為：

$$\begin{aligned} \text{期末基金餘額} &= \text{期初基金餘額} + \text{本期新增提撥} + \text{本期孳息} - \text{本期除役支出} \\ &= \text{期初基金餘額} + \text{本期新增提撥金額} + (\text{期初基金餘額} \\ &\quad * 1.32\%) - \text{本期除役支出} \dots\dots\dots (4.2) \end{aligned}$$

因核後端基金設置目的為支應未來各年除役支出，因此 233 年底核後端基金支付完最後一筆除役支出後的餘額剛好歸零，計算流程如下所示。



111~114 年，共 4 年（至 114 年核能全部除役），共提撥 4 年之方式估算結果，如表 4.2-1 所示，除 111 年提撥金額 216.69 億元外，112~114 年每

年固定提撥 221.18 億元。

表 4.2 - 1 111~114 年每年固定提撥（共 4 年）之各年現金流

單位：新台幣億元

年度	後端基金期 初餘額 A	本期提撥 B	利息收入 C	各期後端營運 支出 D (物價調整)	後端基金 期末餘額 A+B+C-D	各期後端 營運支出 (未物價調整)
110					3,913.99	
111	3,913.99	216.69	46.01	45.98	4,130.71	45.98
112	4,130.71	221.18	54.53	67.06	4,339.36	66.16
113	4,339.36	221.18	57.28	71.44	4,546.38	69.54
114	4,546.38	221.18	60.01	71.02	4,756.56	68.20
115	4,756.56	-	62.79	191.25	4,628.10	181.19
116	4,628.10	-	61.09	192.18	4,497.01	179.63
117	4,497.01	-	59.36	238.07	4,318.30	219.54
118	4,318.30	-	57.00	211.68	4,163.62	192.58
119	4,163.62	-	54.96	115.79	4,102.79	103.93
120	4,102.79	-	54.16	119.51	4,037.43	105.83
121	4,037.43	-	53.29	128.42	3,962.30	112.20
122	3,962.30	-	52.30	175.16	3,839.44	150.98
123	3,839.44	-	50.68	173.48	3,716.64	147.52
124	3,716.64	-	49.06	177.02	3,588.68	148.51
125	3,588.68	-	47.37	173.96	3,462.09	143.98
126	3,462.09	-	45.70	165.32	3,342.48	134.99
127	3,342.48	-	44.12	148.75	3,237.85	119.83
128	3,237.85	-	42.74	148.38	3,132.21	117.94
129	3,132.21	-	41.35	147.76	3,025.80	115.87
130	3,025.80	-	39.94	156.14	2,909.60	120.79
131	2,909.60	-	38.41	153.14	2,794.86	116.88
132	2,794.86	-	36.89	127.13	2,704.62	95.73
133	2,704.62	-	35.70	216.63	2,523.69	160.94
134	2,523.69	-	33.31	128.70	2,428.30	94.33
135	2,428.30	-	32.05	129.51	2,330.84	93.65
136	2,330.84	-	30.77	96.97	2,264.63	69.18
137	2,264.63	-	29.89	137.35	2,157.18	96.67
138	2,157.18	-	28.47	97.46	2,088.20	67.67
139	2,088.20	-	27.56	98.61	2,017.15	67.56
140	2,017.15	-	26.63	94.12	1,949.66	63.61
141	1,949.66	-	25.74	88.16	1,887.24	58.78
142	1,887.24	-	24.91	86.53	1,825.62	56.93
143	1,825.62	-	24.10	113.71	1,736.01	73.80
144	1,736.01	-	22.92	132.52	1,626.40	84.85
145	1,626.40	-	21.47	61.49	1,586.38	38.85
146	1,586.38	-	20.94	62.23	1,545.10	38.78

年度	後端基金期 初餘額 A	本期提撥 B	利息收入 C	各期後端營運 支出 D (物價調整)	後端基金 期末餘額 A+B+C-D	各期後端 營運支出 (未物價調整)
147	1,545.10	-	20.40	62.84	1,502.65	38.64
148	1,502.65	-	19.84	36.23	1,486.26	21.98
149	1,486.26	-	19.62	36.46	1,469.42	21.82
150	1,469.42	-	19.40	36.86	1,451.96	21.77
151	1,451.96	-	19.17	37.27	1,433.85	21.71
152	1,433.85	-	18.93	34.99	1,417.79	20.11
153	1,417.79	-	18.71	35.37	1,401.13	20.06
154	1,401.13	-	18.49	35.76	1,383.86	20.01
155	1,383.86	-	18.27	36.15	1,365.98	19.95
156	1,365.98	-	18.03	36.58	1,347.43	19.92
157	1,347.43	-	17.79	36.35	1,328.86	19.53
158	1,328.86	-	17.54	36.75	1,309.65	19.48
159	1,309.65	-	17.29	37.15	1,289.80	19.42
160	1,289.80	-	17.03	37.55	1,269.27	19.37
161	1,269.27	-	16.75	37.96	1,248.07	19.32
162	1,248.07	-	16.47	38.37	1,226.18	19.26
163	1,226.18	-	16.19	38.78	1,203.58	19.21
164	1,203.58	-	15.89	39.20	1,180.27	19.16
165	1,180.27	-	15.58	39.63	1,156.22	19.11
166	1,156.22	-	15.26	40.26	1,131.22	19.15
167	1,131.22	-	14.93	40.49	1,105.66	19.00
168	1,105.66	-	14.59	80.02	1,040.24	37.05
169	1,040.24	-	13.73	61.14	992.83	27.93
170	992.83	-	13.11	54.13	951.81	24.40
171	951.81	-	12.56	39.09	925.28	17.38
172	925.28	-	12.21	39.51	897.98	17.33
173	897.98	-	11.85	39.92	869.91	17.28
174	869.91	-	11.48	40.34	841.06	17.22
175	841.06	-	11.10	40.76	811.39	17.17
176	811.39	-	10.71	41.24	780.87	17.14
177	780.87	-	10.31	42.27	748.90	17.33
178	748.90	-	9.89	43.12	715.66	17.44
179	715.66	-	9.45	43.17	681.94	17.23
180	681.94	-	9.00	43.68	647.26	17.20
181	647.26	-	8.54	44.14	611.67	17.15
182	611.67	-	8.07	16.02	603.72	6.14
183	603.72	-	7.97	16.24	595.45	6.14
184	595.45	-	7.86	16.46	586.85	6.14
185	586.85	-	7.75	16.68	577.91	6.14
186	577.91	-	7.63	5.83	579.71	2.12
187	579.71	-	7.65	4.90	582.47	1.75
188	582.47	-	7.69	4.97	585.19	1.75
189	585.19	-	7.72	5.03	587.88	1.75
190	587.88	-	7.76	5.10	590.54	1.75

年度	後端基金期 初餘額 A	本期提撥 B	利息收入 C	各期後端營運 支出 D (物價調整)	後端基金 期末餘額 A+B+C-D	各期後端 營運支出 (未物價調整)
191	590.54	-	7.80	5.17	593.16	1.75
192	593.16	-	7.83	5.24	595.75	1.75
193	595.75	-	7.86	5.31	598.30	1.75
194	598.30	-	7.90	5.39	600.81	1.75
195	600.81	-	7.93	5.46	603.29	1.75
196	603.29	-	7.96	5.53	605.72	1.75
197	605.72	-	8.00	5.61	608.10	1.75
198	608.10	-	8.03	5.68	610.45	1.75
199	610.45	-	8.06	5.76	612.74	1.75
200	612.74	-	8.09	6.09	614.74	1.83
201	614.74	-	8.11	5.92	616.93	1.75
202	616.93	-	8.14	6.00	619.08	1.75
203	619.08	-	8.17	6.08	621.17	1.75
204	621.17	-	8.20	6.16	623.20	1.75
205	623.20	-	8.23	6.25	625.18	1.75
206	625.18	-	8.25	6.33	627.10	1.75
207	627.10	-	8.28	6.19	629.19	1.69
208	629.19	-	8.31	6.27	631.22	1.69
209	631.22	-	8.33	6.36	633.19	1.69
210	633.19	-	8.36	6.45	635.11	1.69
211	635.11	-	8.38	6.53	636.96	1.69
212	636.96	-	8.41	6.62	638.74	1.69
213	638.74	-	8.43	6.71	640.46	1.69
214	640.46	-	8.45	6.80	642.11	1.69
215	642.11	-	8.48	6.90	643.69	1.69
216	643.69	-	8.50	6.99	645.20	1.69
217	645.20	-	8.52	7.08	646.63	1.69
218	646.63	-	8.54	7.18	647.99	1.69
219	647.99	-	8.55	7.28	649.26	1.69
220	649.26	-	8.57	7.38	650.46	1.69
221	650.46	-	8.59	7.48	651.56	1.69
222	651.56	-	8.60	7.58	652.59	1.69
223	652.59	-	8.61	7.68	653.52	1.69
224	653.52	-	8.63	7.79	654.36	1.69
225	654.36	-	8.64	7.89	655.10	1.69
226	655.10	-	8.65	8.00	655.75	1.69
227	655.75	-	8.66	8.11	656.29	1.69
228	656.29	-	8.66	8.22	656.74	1.69
229	656.74	-	8.67	8.33	657.08	1.69
230	657.08	-	8.67	8.44	657.31	1.69
231	657.31	-	8.68	9.62	656.36	1.90
232	656.36	-	8.66	333.25	331.78	65.00
233	331.78	-	4.38	336.16	0.00	64.69
合計	-	880.24	2,448.46	7,242.69	-	4,774.69



## 5.0 敏感度分析

核能後端營運工作最主要就是要處理與處置核能發電所產生的放射性廢棄物，核能後端營運總費用則可能隨著放射性廢棄物產生的數量以及處理與處置方式而變動，後端營運工作耗時日長且金額龐大，導致所採用的折現率、通貨膨脹率及匯率，將在營運總費用及每年平均分攤固定金額估算結果上扮演關鍵性的角色。

為能更確實掌握未來國際經濟環境與總體經濟參數的變化趨勢，實有必要以更完善嚴謹的方法進行預測。爰此，建立一考量總體經濟變數關係的預測模型，預測未來折現率、物價上漲率及匯率之變化趨勢，供核能發電後端營運總費用估算與每年固定提撥額度計算之用。

### 5.1 理論背景

總體經濟變數的預測的常用方法，包括經濟計量模型、時間數列方法、經濟計量與時間數列之混合，分別簡介如下：

#### 5.1.1. 計量經濟模型

預測折現率、匯率、和通貨膨脹率的途徑之一，是建立一個總體經濟計量模型，說明這三個變數彼此之間的因果關係，以及這三個變數和其他總體變數間的關係，此即所謂的結構方程式。典型的經濟計量模型係依循經濟理論的指引，指出某一被解釋變數與解釋變數間的因果關係，再利用現實世界中的資料，估計變數之間的定量關係。假定估計而得的定量關係有普遍性與持續性，則可以據此預測被解釋變數如何因解釋變數的變異而改變，藉此使經濟理論對現實世界中的現象提供完整的解釋，且依此建立的經濟計量模型或可供做短、中、長期預測之用。

經濟計量模型可能以單一方程或聯立方程式來表現解釋變數與被解釋變數的因果關係。若經濟理論指出許多變數是透過一個「回饋機制」同時決定的，則此計量模型當以聯立方程式來估計解釋變數對被解釋變數的影

響力。因此，可藉由這種總體經濟計量模型估計各變數之間的定量關係，以求模型中利率、匯率、和通貨膨脹率的解（模型所決定的內生變數）。迴歸分析是計量經濟學中最常用的方法，概分為充分訊息法與有限訊息法兩大類。充分訊息法是有充分訊息最大概似法（Full Information Maximum Likelihood, FIML），其估計時應當考慮解釋變數的線性重合（Multicollinearity）、誤差項是否存在異質性（Heteroskedasticity）及自我相關（Autocorrelation）等相關問題，並做適當的調整；有限訊息法包括最小平方法（Ordinary Least Square, OLS）、間接最小平方法（Indirect Least Square, ILS）、二段最小平方法（2 Stages Least Square, 2SLS）、三階最小平方法（3 Stages Least Square, 3SLS）、及有限訊息最大概似法（Limited Information Maximum Likelihood, LIML）等方法。

不論是單一方程式或聯立方程式的計量模型，其方程式的估計結果須進行統計檢定，檢驗各參數估計值的符號與大小是否符合經濟學理論的要求。若能通過統計檢定，此被解釋變數與解釋變數間的數量關係，將可用於推算出被解釋變數的未來值（在給定解釋變數的未來值下）。不過，求解前必須另用其他的方法先得出解釋變數的預測值，或者假定其未來值。若以假設的方式得出解釋變數的未來值，則屬於情境模擬，透過不同可能發生的情境假設下，預測出的被解釋變數與之對應的未來走向。

### 5.1.2. 時間數列模型

另一種預測方法是時間數列分析，現代總體經濟的資料經常是各變數在一系列時間點的觀察值，而且前期的資料值對後期資料的觀察值有很強的影響。針對這種資料的特性，時間數列預測方法設定目前的觀察值與過去之觀察值（及隨機誤差項）的函數關係，找出變數的週期或趨勢，預測未來的走向。

時間數列分析的方法很多，例如移動平均法（Moving Average Method），以連續數期的平均數為新數列取代原來的時間數列；指數平滑法（Exponential Smoothing Method），將 $t$ 期前各時點的觀察值以加權方式

計算出各點的指數平滑值等相關分析方法。時間數列模型有以下主要類型：

(1) 自我迴歸 (Autoregressive, AR) 模型，通常以  $AR(p)$  表示，其中  $p$  代表  $p$  階自我迴歸；(2) 移動平均 (Moving Average, MA) 模型，通常以  $MA(q)$  表示，其中  $q$  代表  $q$  階移動平均；(3) 自我迴歸移動平均 (Autoregressive Moving Average, ARMA) 模型，通常以  $ARMA(p,q)$  表示，其中  $p$  代表  $p$  階自我迴歸， $q$  代表  $q$  階移動平均；(4) 整合移動平均自我迴歸 (Autoregressive Integrated Moving Average, ARIMA) 模型，通常以  $ARIMA(p,d,q)$  表示，其中  $p$  代表  $p$  階自我迴歸， $q$  代表  $q$  階移動平均， $d$  代表差分  $d$  次，該模型專用於處理非定態 (Non-Stationary) 時間序列資料，<sup>2</sup> 透過  $d$  次差分後，將非定態轉換為定態的數列，則其表現便類似於分析定態數列的 ARMA 模型。ARIMA 模型因 Box and Jenkins (1970) 的推廣而有普遍的應用，該模型為利用被預測變數本身之落後值，以及當期與過去隨機誤差項，加權後以解釋變數本身之變動。Box and Jenkins (1970) 所提出之模型建構程序為一種重覆試誤的過程 (Trial and Error Iterative Process)。ARIMA 模型的種類繁多，其中應用最廣的非季節性模型是  $ARIMA(p,d,q)$  模型，若考慮季節性波動 (季度或月度資料) 時，則有  $SARIMA(p,d,q)(PS,DS,QS)$  模型。

一般而言，ARIMA 模型係針對單一被預測變數建立其前後觀察值的相關估計式，不理會其他變數之時間數列的相互關係。針對這個問題，由 Sims (1980) 提出之向量自我迴歸 (Vector Autoregression Model, VAR) 模型，假定模型的內生變數係由多個被預測變數組成，每一個被預測變數是由所有被預測變數的歷史資料及隨機干擾項所組成的函數，故 VAR 模型係假定模型中的內生變數彼此互相影響，也就是說 VAR 模型與單變數 AR 模型最大的不同處在於，VAR 模型考慮了體系內跨變數的動態行為 (Cross-variable Dynamics)，並且可以同時預測多個內生變數的未來變化。

---

<sup>2</sup> 非定態時間序列資料對於外在衝擊會逐漸累積，並帶來持續且長期性的影響，使其在時間變動中逐漸偏離平均值，故對於非定態時間序列而言，習慣上會將該序列先進行差分處理，使其成為定態時間序列，定態時間序列對於外在衝擊只會留下暫時性影響，經過干擾後，仍然會回其平均值。

根據陳旭昇（2013），VAR 模型一般分做以下三類：（1）縮減式 VAR（Reduced-form VAR）模型；（2）結構式 VAR（Structural VAR，SVAR）模型；（3）遞迴式 VAR（Recursive VAR）模型。其中，縮減式 VAR 模型僅考慮變數均為其自身落後項以及其他變數落後項的函數；結構式 VAR 模型中，除了每個內生變數過去的影響，還考慮了各個變數之間的同期（Contemporary）影響；而遞迴式 VAR 模型中，變數之間的同期影響存在著遞迴影響，例如根據經濟理論，變數之間可能存在以下關係：通貨膨脹率不受其他變數影響，失業率受物價膨脹率影響，而利率則同時受到物價膨脹率與失業率影響，故通貨膨脹率一方面直接影響利率，另一方面又透過失業率間接影響利率，此即所謂的遞迴結構，故遞迴式 VAR 模型其實為結構式 VAR 模型的一種變形，故又被稱為半結構式 VAR（Semi-Structural VAR）模型。

### 5.1.3.混合模型

第三種預測折現率、匯率、和通貨膨脹率的途徑，是將一個經濟計量模型與時間數列方法的結合起來，既考慮這三個變數彼此的經濟因果關係及其與其他變數的經濟關係，也考慮各變數的時間序列觀察值的統計性質。舉例來說，可以假定某變數的時間數列不但受到其本身過去值的影響，也受其他變數之時間數列的現值、過去值的影響，以建構結合經濟計量與時間數列的整合模型。

## 5.2 模型架構

### 5.2.1.模型經濟意涵

根據上述預測模型的介紹，本研究擬建立一結合經濟理論與時間數列模型之總體經濟實證模型，不但考量折現率、匯率（*EXC*）、和物價指數（*Price*）三者變數彼此之間的因果關係，並利用向量自我迴歸（VAR）模型將其他主要經濟變數進行內生化處理，勾勒出三者和其他關鍵經濟金融變數之間的動態關係，以便作為預測折現率、匯率（*EXC*）、和物價指數

(Price) 的途徑。其中在折現率部分則是需要再透過台電公司「核能後端營運總費用估算與每度核能發電分攤率」之折現率計算公式，利用「隔夜拆款利率 ( $f$ )」作為資金成本之代理變數，藉由預測之隔夜拆款利率 ( $f$ )，推估出十年期公債標售利率、十年期公債殖利率及廿年期公債殖利率之預測值，最後透過折現率計算公式預測折現率的未來走勢。

另外，整合國內專家的利率模型 (姚睿等人 2010)、匯率模型 (陳旭昇 2014) 和通貨膨脹模型 (黃朝熙 2007)，模型中除了有隔夜拆款利率 ( $f$ )、匯率 (EXC) 以及物價指數 (Price) 等變數外，亦考量「國內產出 (Y)」、「實質貨幣數量 (Money)」等相關變數；又因台灣本身為小型開放經濟體系，其經濟活動易受國際因素影響，故本研究將「世界原物料商品價格指數 (Price<sup>s</sup>)」及「美國聯邦資金利率 ( $f^s$ )」等變數一併納入模型，以上為依據上述經濟體系而建構出模型之基礎。

### 5.2.2. 模型設定

在模型架構設定上，Cushamm and Zha (1997) 認為一般的 VAR 模型可能較適合相對封閉且規模較大之經濟體，較不適合小型開放經濟體，與縮減式 VAR (Reduced-form VAR) 模型相比，結構式 VAR (SVAR) 模型對於模型參數的限制更具彈性。因此，考量台灣本身為小型開放經濟體系，本研究擬建立結構式 VAR (SVAR) 模型，在此模型中預測未來五年各變數之走勢。

首先，假設建立一包含  $k$  個變數與  $p$  個落後期的 SVAR ( $p$ ) 模型，以下式 (5.1) 表示：

$$Ay_t = \sum_{i=1}^p A_i L^i y_t + e_t \dots\dots\dots (5.1)$$

其中  $y_t = (y_{1t}, y_{2t}, \dots, y_{kt})'$  為  $k$  個變數的單一向量， $A$  及  $A_i$  為  $k \times k$  的矩陣，藉此描述各變數之間之同期影響效果，因此認定條件即透過限制  $A$  矩陣規範變數間之同期影響效果，故  $A$  矩陣又稱作短期限制 (short-run restrictions)。此外， $L^i$  為落後運算子， $e_t$  為一具白噪音性質的結構性隨機變數向量，其

中  $E(e_t e_t') = D$ ， $D$  為隨機變數的共變異數矩陣。

一般在 VAR 模型中有兩個可探討的議題，首先，對於 VAR 的模型的變數，有三種處理方式：(1) 對變數取差分，使該變數呈定態；(2) 參照 Sim (1980) 與 Christiano et al. (1996)，以變數的水準值估計 VAR 模型；(3) 利用向量誤差修正模型 (Vector Error Correction Model, VECM) 進行共整合分析。惟上述三種處理方式，在文獻上並無明確證據 VAR 模型中變數須為定態，文獻上 Bernanke and Blinder (1992)、Sims (1992)、Levy and Halikias (1997)、Peersman and Smet (2001) 皆以變數的水準值估計 VAR 模型，或是 Kim and Roubini (2000) 亦使用變數的水準值估計 SVAR 模型，另外，Toda and Yamamoto (1995) 指出對變數取差分或進行共整合檢定可能會有事前檢定誤差等問題，以及對變數取差分亦將喪失其部分訊息。因此，本研究參考上述文獻相關作法後，採用以變數的水準值進行估計 SVAR 模型。

在 SVAR 模型中亦有落後期數等議題之相關探討，文獻上 Cushman and Zha (1997) 選擇落後 12 期的落後期數；Gordon and Leeper (1994)、Kim and Roubini (2000) 與 Kim (2003) 選擇 6 期的落後期數。本研究將依據 Toda and Yamamoto (1995) 之建議，採用  $p+d_{max}$  作為模型的落後期數，其中  $p$  為透過一般評選方式選出最大的最適落後期數， $d_{max}$  為變數可能存在最大的積數 (Integration)。

結合上一節所提到的變數設定，假設  $y_t = (\int_t^s, Price_t^s, \int_t, Price_t, EXC_t, Money_t, Y_t)'$  為單一向量，因台灣為小型開放經濟體系，易受國外經濟變數影響，但國外經濟變數卻不受國內經濟變數影響。故模型的認定條件如下：

$$A y_t = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & 1 & 0 & 0 & 0 \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & 1 & 0 & 0 \\ a_{61} & a_{62} & a_{63} & a_{64} & a_{65} & 1 & 0 \\ a_{71} & a_{72} & a_{73} & a_{74} & a_{75} & a_{76} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \int_t^s Price_t^s \\ \int_t Price_t \\ EXC_t \\ Money_t \\ Y_t \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^p A_i L^i y_t + \begin{bmatrix} e_t^{\int_t^s} e_t^{Price^s} \\ e_t^{\int_t} e_t^{Price} \\ e_t^{EXC} \\ e_t^{Money} \\ e_t^Y \end{bmatrix}$$

### 5.2.3. 資料來源

本研究選用由中央銀行提供的隔夜拆款利率 ( $f$ ) 作為殖利率的代理變數；以及由消費者物價指數 ( $CPI$ )、躉售物價指數 ( $WPI$ ) 及營造工程物價指數 ( $CCI$ ) 三者之加權平均數作為國內物價指數 ( $Price$ )；還有以台幣兌美元的匯率 ( $EXC$ )。另外，國內產出 ( $Y$ ) 通常以 GDP 為代表，惟 GDP 的資料頻率為季度，故改以頻率為月資料的工業生產指數 ( $IPI$ ) 作為國內產出 ( $Y$ ) 之代理變數，該指數可衡量製造業、礦業及公用事業的實質總產出，反映工業發展速度的指標。實質貨幣餘額 ( $Money$ ) 則是由名目貨幣餘額除以國內物價指數 ( $Price$ )，改成以商品為計價單位所衡量的貨幣數量。

本研究另外選取世界原油平均價格指數 ( $OIL$ ) 及世界原物料商品價格指數 ( $NFP$ )，將其加權平均後作為世界原物料商品價格指數 ( $Price^s$ )；以及美國聯邦資金利率 ( $f^s$ )，即是美國金融同業拆款利率，同時也是美國短期市場利率水準的觀察指標。各變數定義整理如表 5.5-1 所示。

$$Y = \ln(IPI) \dots\dots\dots (5.2)$$

$$Price^s = \ln(0.7OIL + 0.3NFP) \dots\dots\dots (5.3)$$

$$Price = \ln(0.4CPI + 0.35WPI + 0.25CCI) \dots\dots\dots (5.4)$$

$$Money = \ln(M1B) - \ln(0.4CPI + 0.35WPI + 0.25CCI) \dots\dots\dots (5.5)$$

表 5.2 - 1 變數定義簡介

變數名稱	變數代號	變數定義與特性
隔夜拆款利率	$\int$	係指金融同業的資金相互調借所需支付的借貸利率，即參加銀行同業拆款中心之會員（包括銀行、票券公司、信託投資公司、中華郵政公司儲匯處等）向其他會員拆入或拆出資金的利率。為貨幣市場短期利率指標之一，亦為央行貨幣政策之操作目標，通常與屬於央行貨幣政策工具之一的重貼現率有極大連動關係，當央行調整重貼現率，隔夜拆款利率亦隨之升降。
匯率	<i>EXC</i>	兩國貨幣之間兌換的比例，即兩國貨幣交易的價格，在此定義下的匯率為名目匯率；另外若直接進行兩國商品的相對價格比較，則稱為實質匯率。
物價指數	<i>Price</i>	由消費者物價指數（ <i>CPI</i> ）、躉售物價指數（ <i>WPI</i> ）及營建工程物價指數（ <i>CCI</i> ）三者加權平均表示為國內物價指數；通貨膨脹係指貨幣發行量超過實際流通所需要的貨幣量而引起的貨幣貶值現象，但實務上一般係以物價上漲率來間接表示。
國內產出	<i>Y</i>	國內生產出以工業生產指數（ <i>IPI</i> ）作為代替指數，工業生產指數（ <i>IPI</i> ）是用加權算術平均數編製的工業產出指數，可衡量製造業、礦業及公用事業的實質總產出，係反映工業發展速度的指標，也是觀察景氣的重要指標。調查範圍包括礦業、製造業、水電燃氣及房屋建築業等四大行業（係因此四大行業生產總值佔整體經濟比重不輕對經濟的變化反應十分敏感），並選取最具有代表性的產品，每月調查其生產量、銷售量及存貨量，且以指數型式表現工業產銷量值的變動，目前係以 2001 年為基期，編成各類定基指數。
實質貨幣數量	<i>Money</i>	亦稱為實質貨幣餘額，為名目貨幣數量除以物價水準，也就是以商品為計價單位所衡量的貨幣數量。
美國聯邦資金利率	$\int^s$	聯邦資金利率（Federal Funds Rate）即是美國金融同業拆款利率，係美國短期市場利率水準的觀察指標。通常聯邦公開市場委員會（Federal Open Market Committee, FOMC）會對聯邦資金利率設定目標區間，透過公開市場操作，以確保利率維持在此區間內。
世界原物料商品價格指數	<i>Price<sup>s</sup></i>	世界的能源與其他農工原物料商品之加權價格指數。

資料來源：本研究整理。

本研究採用數據期間為 1992 年 1 月至 2022 年 8 月，各變數時間序列走勢如圖 5.5-1。在 2008 年金融危機時，除匯率（*EXC*）走勢上升外，其餘

變數在此期間皆受金融危機之影響而有下降趨勢，尤其是產出（ $Y$ ）與國際景氣密切相關，導致大幅衰退。另外，隔夜拆款利率（ $j$ ）在樣本期間內兩次大幅下降，主要亦是反映因為經濟衰退及國內需求不振等影響因素。

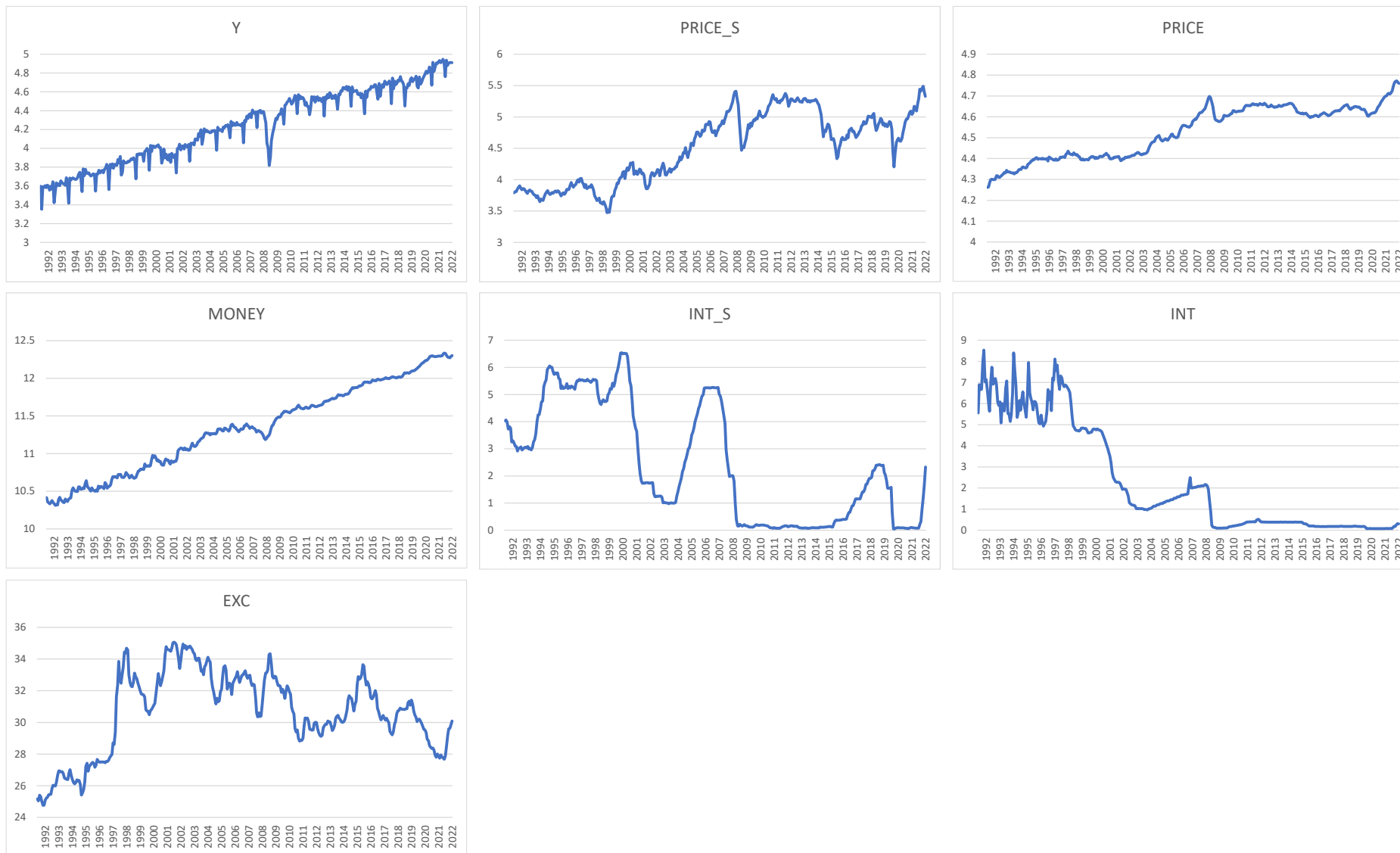


圖 5.2 - 1 各變數之時間序列走勢圖

## 5.3 估計結果

### 1.敘述統計

本研究採用 EViews 10.0 版預測分析軟體，進行估計與預測，七項變數的樣本數共 368 筆，各變數的敘述統計量整理如表 5.5-2。

表 5.3 - 1 各變數之敘述統計量

	國內 產出 (Y)	世界原物料 商品價格指數 (Price <sup>s</sup> )	物價指數 (Price)	實質 貨幣數量 (Money)	美國聯邦 資金利率 (f <sup>s</sup> )	隔夜 拆款利率 (f)	匯率 (EXC)
樣本數	368	368	368	368	368	368	368
最小值	3.3516	3.4729	4.2617	10.3112	0.0500	0.0790	3.2093
最大值	4.9472	5.4893	4.7719	12.3363	6.5400	8.5300	3.5572
平均值	4.2370	4.5210	4.5267	11.3365	2.4248	2.3435	3.4186
中位數	4.2499	4.6455	4.5769	11.3272	1.8150	1.1685	3.4276
標準差	0.3961	0.5574	0.1248	0.5822	2.1646	2.5461	0.0861
偏度	-0.1189	-0.1114	-0.2004	-0.0503	0.3844	0.8210	-0.5229
峰度	1.8282	1.6238	1.6361	1.8501	1.6092	2.1134	2.4437

資料來源；本研究整理。

### 2.模型估計結果

依據貝式資訊準則 (Bayesian Information Criterion, BIC)，<sup>3</sup>得到本研究模型之最適落後期數為 2 ( $p=2$ )，由於總體時間序列變數可能存在的最大積數通常為 1，故假設 $d_{max}=1$ ，依據 Toda and Yamamoto (1995) 之建議，採用 $p+d_{max}$ 作為模型的落後期數，因此，選定模型的落後期數為 3 ( $p+d_{max}=3$ )。擇定落後期數後，估計出矩陣A的係數，係數代表同期各變數間的影響關係，如表 5.5-3 表示。

<sup>3</sup> 貝式資訊準則 (Bayesian Information Criterion, BIC)：在有限資訊集中進行模型選擇的準則，當 BIC 最低的時候表示模型是較佳的。

表 5.3 - 2 同期相關影響係數

	係數		係數
$a_{31}$	-0.1244 (0.0268)	$a_{62}$	0.0203 (0.0205)
$a_{32}$	-0.1278 (0.0819)	$a_{63}$	0.0050 (0.0117)
$a_{41}$	-0.0027 (0.0015)	$a_{64}$	0.6087 (0.2193)
$a_{42}$	-0.0340 (0.0046)	$a_{65}$	0.1140 (0.1013)
$a_{43}$	0.0006 (0.0029)	$a_{71}$	0.0381 (0.0179)
$a_{51}$	-0.0072 (0.0032)	$a_{72}$	-0.1125 (0.0588)
$a_{52}$	0.0555 (0.0102)	$a_{73}$	-0.1382 (0.0336)
$a_{53}$	0.0016 (0.0060)	$a_{74}$	1.5552 (0.6338)
$a_{54}$	-0.6755 (0.1075)	$a_{75}$	0.0717 (0.2905)
$a_{61}$	-0.0058 (0.0062)	$a_{76}$	-0.0244 (0.1497)

資料來源；本研究整理。

#### 5.4 預測匯率、通貨膨脹率及折現率

本研究結合整體經濟架構以及計量模型，建構出一個包含國內外變數的模型，經由模型估計，分別找出各變數之間的相互影響關係。因此，本研究依據此模型預測未來五年匯率（*EXC*）、物價指數（*Price*）以及利率（*f*）的平均變化，以利核能後端營運基金能藉此預測，對營運基金提早做好準備。

模型建立後，分別對模型的內生變數進行五年的預測，又因隔夜拆款利率（*f*）係作為十年期公債標售利率、十年期公債殖利率及廿年期公債殖利率的代理變數，故本研究以最小平方法（OLS）估計隔夜拆款利率（*f*）分別與十年期公債標售利率、十年期公債殖利率及廿年期公債殖利率的關係，如式（5.6）至式（5.8），並分別估計出基準情境下各利率的五年預測值，如表 5.5-4 所示。

十年期公債標售利率=0.9579+0.6609 隔夜拆款利率 (f) ..... (5.6)

十年期公債殖利率=0.9727+0.7053 隔夜拆款利率 (f) ..... (5.7)

廿年期公債殖利率=1.4725+0.5122 隔夜拆款利率 (f) ..... (5.8)

表 5.4 - 1 利率之基準情境預測

單位：%

	隔夜拆款利率 (f)	十年期 公債標售利率	十年期 公債殖利率	廿年期 公債殖利率
2022	0.21476	1.09989	1.12419	1.58252
2023	0.16567	1.06744	1.08956	1.55738
2024	0.11117	1.03141	1.05112	1.52946
2025	0.08994	1.01738	1.03615	1.51859
2026	0.07982	1.01069	1.02901	1.5134

資料來源：本研究整理。

透過台電公司「核能後端營運總費用估算與每度核能發電分攤率計算」的折現率計算公式，如式 (5.9)，求得在基準情境下之折現率，綜整折現率、通貨膨脹率以及匯率於未來五年的預測值，如表 5.5-5 所示。

折現率=0.5\*十年期公債標售利率+0.5\*[ (0.5\*十年期公債殖利率+0.5\*廿年期公債殖利率) +0.3] ..... (5.9)

表 5.4 - 2 折現率、通貨膨脹率及匯率之五年基準情境預測

	折現率(%)	通貨膨脹率(%)	匯率(TWD/USD)
2022	1.376624	6.912251	29.577846
2023	1.345452	-1.081216	31.453324
2024	1.310853	-0.365458	31.547176
2025	1.297374	0.442926	31.200458
2026	1.290947	0.873702	30.870707
<b>Avg.</b>	<b>1.324250</b>	<b>1.356441</b>	<b>30.929902</b>

資料來源：本研究整理。

表 5.5-5 三率預測主要受全球經濟環境背景影響，自 2020 年以來全球因新冠肺炎疫情蔓延，初期世界各國多透過公開市場操作方式，購買政府及企業債券等資產，增加貨幣流通數量，進而降低資金借貸成本，達到刺激經濟的效果，持續為銀行體系挹注新的流通性，致使各國利率走低。

2021 年隨新冠疫苗問世與施打率逐漸上升，各國經濟逐步解封，全球經貿持續復甦，美歐等經濟體通膨續升溫，加速各國貨幣政策轉趨緊縮。物價部分，因 2020 年全球疫情爆發，全球有效需求急縮，大宗物資與原油價格走跌，影響國內物價走低，2022 年因俄烏衝突延燒及中國大陸清零封控措施，加劇全球供應鏈瓶頸問題，國際商品期貨價格走高，預估至下半年起將隨原油價格漲幅減緩，開始回降。加上國內物價基期因素，造成 2022-2023 年模型預估通膨率呈現上下震盪現象。利率方面，則因 2021 年後國際上美歐等部分經濟體考量通膨快速升溫及經濟活動逐漸恢復正常，貨幣政策陸續轉向緊縮。台灣相對來看，因經濟基本面較佳，物價漲幅雖較為溫和，貨幣政策不致於大幅緊縮，但預估 2022 年仍有升息空間，反映於模型隔夜拆款利率的預估值微幅上升。而台幣兌美元匯率表現預估值以 2022 年最為強勢，隨後因美國貨幣政策邁向正常化與疫情和緩，台灣國外採購、旅遊、及海外投資等美元需求增加，可望減輕台幣升值壓力，預估台幣兌美元匯率自 2022-2026 年間維持 29.6-31.5 元區間。考量全球經濟後續展望，設定本次核能發電後端營運總費用估算與每年固定提撥額度計算採用之經濟參數：折現率、通貨膨脹率及匯率之五年基準情境預測分別為 1.3243%、1.3564%、30.9299 元。

依「核能發電後端營運基金收支保管及運用辦法」規定，後端營運基金歷年已提撥基金而尚未動用基金餘額之實際運用方式，主要係貸予台電公司及購買公債，賺取利息收入，對利率變動的影響尤其敏感，其中公債利率變動對折現率的影響不僅反映營運總費用的資金成本與時間價值，更攸關基金之孳息收入。

## 6.0 後端營運基金涵蓋成本與基金型態

### 6.1 各國後端營運基金涵蓋成本

由於各國核能後端營運涵蓋範圍（請參考表 6.1-1）與各項工作的預定時程不同，故要比較營運總費用並不容易。前次估算(106 年版)選擇後端工作項目與我國較為相近之瑞典及西班牙做比較，因機組數目與放射性廢棄物數量不同，僅能分析比對各分項費用的比例。初步得到的結論為電廠及設施除役約占總費用之 20%、高放貯存/處置約占總費用 50%，三個國家趨勢相同，瑞典 SKB 公司於 2017 年 4 月更新其估算報告，兩者所占比例略有變動但差異不大。

歐盟理事會指令（Directive 2011/70/Euratom:用過核燃料及放射性廢棄物管理安全與職責）（之後簡稱“指令”）於 2011 年 7 月 19 日生效，要求成員國依據其國家計畫（national programme）每三年向歐盟執委會（European Commission）提報國家報告書，說明放射性廢棄物及用過核燃料處理貯存及最終處置之管理現況與最新發展，歐盟執委會彙整摘要成員國實行指令的進展呈送歐洲議會（European Parliament）與歐盟理事會（European Council）。如果進一步檢視指令中放射性廢棄物及用過核燃料的範圍、定義與基本原則，其有關成員國需評估國家計畫總經費的規定，可作為核能後端營運總費用的比較基礎，理由說明如下：

#### ➤ 指令第 11(Article 11)國家計畫

1. 成員國須確保實行的用過核燃料與放射性廢棄物管理國家計畫，涵蓋管轄的各種形式與從產生到最終處置各階段之用過核燃料與放射性廢棄物。

#### ➤ 指令第 12(Article 12)國家計畫的內容

1. (h)評估國家計畫所需經費以及評估基礎與假設，同時包括隨時間推移的改變。
1. (i)現行有效的籌資辦法(financing scheme(s) in force)

➤ 指令第 9(Article 9)財源

成員國須確保在國家的法規架構要求當實行用過核燃料與放射性廢棄物管理國家計畫時，必需有足夠的財源支付。

歐盟成員國已於 2015 年 8 月 23 日完成第一次國家報告，2017 年歐盟執委會的報告陳述，為達成完整與準確的用過核燃料與放射性廢棄物管理總費用預估，各國應增訂國家計畫提供更多資訊。參考歐盟執委會第二次工作報告 (SWD (2019) 436 final Progress of implementation of Council Directive 2011-70 EURATOM) 歐盟各國用過核燃料與放射性廢棄物管理國家計畫總經費預估，除總經費外亦包括國家計畫時程 (timeframe)、假設條件與預估總發電量。一般而言，核電廠產生的用過核燃料與放射性廢棄物數量隨累積發電量增加而成長，其處理、貯存、處置的費用也隨著增長。但因估算方法、資料完整程度、計畫範圍與跨越時程不同，造成估算值差異很大，因此歐盟執委會無法將各國的隔夜 (overnight) 成本值折現 (discount) 與各國現有財源作比較。

本報告另彙整加拿大、瑞典、捷克、芬蘭及台灣用過核子燃料處置費用比較，詳如表 6.1-2。

表 6.1 - 1 各國後端基金涵蓋的成本項目

項目	比利時	加拿大	捷克	法國	芬蘭	瑞典	日本	南韓	荷蘭	西班牙	瑞士	美國	台灣	中國*	德國**	英國**
再處理費用	✓			✓			✓		✓	✓	✓			✓		
選址及先期施工費用	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
運輸費用	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
接收費用				✓						✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
封裝費用	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
最終處置費用	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
中期貯存費用	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
廠內用過核子燃料貯存費用	✓			✓	✓					✓	✓		✓	✓	✓	✓
研究及發展費用		✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓
管理費用				✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓
電廠除役費用					✓	✓	✓			✓		✓	✓	✓	✓	✓
準備金	✓	✓		✓	✓	✓							✓			
其他放射性廢棄物處理費用			✓	✓	✓	✓				✓			✓	✓	✓	✓

資料來源：“The economics of the back end of the nuclear fuel cycle”, NEA Report No. 7061, Nuclear Energy Agency, OECD, 2013

備註：\*依據 IAEA 《用過核燃料管理安全和放射性廢棄物管理安全聯合公約》第六次審議會議-中華人民共和國國家報告(2017 年 7 月)，2010 年 7 月中國國家原子能機構會同有關部門發布了《核電廠用過核燃料處理處置基金徵收使用管理暫行辦法》。該基金專項用於用過核燃料處理處置，具體使用範圍包括：(一) 用過核燃料運輸；(二) 用過核燃料移出反應爐之貯存；(三) 用過核燃料後再處理；(四) 用過核燃料再處理所產生的高放廢物的處理處置；(五) 用過核燃料再處理廠的興建、營運、改善和除役；(六) 用過核燃料處理處置的其他支出。另依據《中華人民共和國放射性污染防治法》規定，核設施營運單位應當制定核設施除役計劃，核設施的除役費用應當預提，列入投資概算或者生產成本。核設施營運單位須建立專用帳戶自行管理除役基金，並由專門的部門監管防止用於其他目的。

\*\*摘錄自“Ensuring the Adequacy of Funding Arrangements for Decommissioning and Radioactive Waste Management”, NEA Report , No. 7549 Nuclear Energy Agency, OECD, 2021

1.德國:成本估計包括以下項目:(1)核電廠的除役和拆除;(2)包裝用過核燃料(SNF)、用過核燃料再處理的高階放射性廢棄物(HLW)和其他低階/中階(LL/IL)放射性廢棄物;(3)中期暫時貯存和最終處置所需的盛裝容器;(4)中期暫時貯存;(5)“Konrad”最終處置場;(6)SNF和HLW最終處置選址與研發過程所需費用  
2.英國:2008年以後興建的核電廠,除役與放射性廢棄物的成本估算之主要假設包括:(1)40年的運轉年限,經營者可以建議替代年限(如60年);(2)停役後立即拆除且廠址恢復到類似於綠地的狀態;(3)除役將使用當時可用的設備和技術進行;(4)在廠址封裝SNF;(5)在廠址儲存ILW和SNF,直到處置設施可用;(6)將在DGR中處置ILW和SNF

表 6.1-2 加拿大、瑞典、捷克、芬蘭及台灣用過核子燃料處置費用比較

國別	加拿大	瑞典	捷克	芬蘭	台灣
BWR 機組數目	25 (PHWR)	9	0	2	4
PWR 機組數目		3	6	3	2
處置數量(tonU)	68,000	12,000	9,500	5,500	4,776
營運時間(年)	30	40	-	96	40
潛在處置母岩	結晶岩或沉積岩	結晶岩	結晶岩	結晶岩	結晶岩
規劃處置深度(M)	500~1,000	500	>500	400~450	300~1,000
處置成本(億歐元)	183*(億加幣 2015 年)	443(億瑞典克朗)	41**2011 年	33.2	-
處置成本(億臺幣)	4,990 <sub>2015 年</sub>	2,331	1,640 <sub>2011 年</sub>	1472	1,577 <sub>2020 年</sub>
處置單價(億臺幣/噸 U)	0.07	0.19	0.17	0.27	0.33

備註：\* NWMO (2016). APM 2016 Lifecycle Cost Estimate Update Summary Report. Nuclear Waste Management Organization APM-REP-00440-0202, April 2016.

\*\* SWD (2019) 436 final, Report from the Commission to the Council and the European Parliament on progress of implementation of Council Directive 2011/70/EURATOM and an inventory of radioactive waste and spent fuel present in the Community’s territory and the future prospects, Brussels, 17.12.201.

## 6.2 本國後端營運總費用估算比較

由於經濟環境隨時間的變遷，台電公司後端營運總費用有必要定期進行檢討，本報告重新針對各項成本及參數設定進行調整，估算最新後端營運總費用。本次（111年版）與前次核定版（106年版）估算結果比較如下：

### 1. 106年核定版估算結果

#### (1) 估算項目：

- A. 低放射性廢棄物營運（含減容中心營運、低放貯存場營運及除役拆場作業、(集中式)中期暫時貯存、低放射性廢棄物最終處置）
- B. 用過核子燃料營運（含用過核子燃料乾式貯存、(集中式)中期暫時貯存、用過核子燃料最終處置）
- C. 核能電廠除役拆廠
- D. 放射性廢棄物運輸
- E. 貯存/處置回饋金
- F. 專案管理

#### (2) 參考情節：6部機40年

#### (3) 估算方法：依國內物價水準及設施工程數量，以較細緻方式計算後端營運總費用。

#### (4) 準備金額度：均為15%。

#### (5) 固定提撥計算方式

#### (6) 後端營運總費用：4,728.64億元

#### (7) 期初基金餘額：3,107.83億元

### 2. 本次（111年版）估算結果

- (1) 估算項目：
  - A. 低放射性廢棄物營運（含低放貯存場營運及除役拆場作業、(集中式)中期暫時貯存、低放射性廢棄物最終處置）
  - B. 用過核子燃料營運（含用過核子燃料乾式貯存、(集中式)中期暫時貯存、用過核子燃料最終處置）
  - C. 核能電廠除役拆廠
  - D. 貯存/處置回饋金
  - E. 專責機構與後端基金管理
- (2) 參考情節：6 部機 40 年
- (3) 估算方法：依國內最新物價水準及設施工程數量，以較細緻方式計算後端營運總費用。
- (4) 準備金額度：依各項工程分別提列 5~12%。
- (5) 固定提撥計算方式
- (6) 後端營運總費用：4,774.69 億元
- (7) 期初基金餘額：3,913.99 億元

核後端營運總成本之內涵、估算方法、或考量因素因時間、空間背景之變異而有所不同。如低放貯存場檢整重裝工作已完成，故不納入此次估算範圍。因最終處置場選址困難而增加興建(集中式)中期暫時貯存設施，低放射性廢棄物最終處置場址與(集中式)中期暫時貯存設施同地興建，用過核子燃料乾式貯存考慮室內貯存，電廠除役增加興建低放射性廢棄物貯存庫以及因後端基金管理會聘僱專人及成立專責單位而新增專責機構費用等，將兩次估算情節上之差異彙整如表 6.2-1。

表 6.2 - 1 營運總費用估算情節之比較

營運項目	106 年核定版	本次估算	變更原因
低放射性廢棄物處理與處置	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 低放貯存場營運(含營運安全提升計畫)</li> <li>■ 低放貯存場除役</li> <li>■ 減容中心營運</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 低放貯存場營運</li> <li>■ 低放貯存場除役</li> <li>■ 人事費用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 減容中心營運及除役併核二廠除役</li> </ul>
低放射性廢棄物最終處置	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 採用離島小丘之成本估算結果加以調整</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 採用離島 P 場址之成本估算結果並依廢棄物數量加以調整</li> <li>■ A 類廢棄物以近地表掩埋處置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ (集中式)中期暫時貯存與低放最終處置場位於相同地點節省港灣區及輔助區成本</li> <li>■ (集中式)中期暫時貯存及低放處置採用相同之地下/坑道式規劃，其建設費用列於低放處置</li> </ul>
用過核子燃料乾式貯存	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 依核一廠 1 期及核二廠 1 期乾貯得標金額估算</li> <li>■ 核一、二廠 2 期及核三廠參考核一 2 期可研報告估算</li> <li>■ 型式採混凝土護箱室內型</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 核一、二廠 2 期及核三廠乾貯可研報告估算</li> <li>■ 型式採混凝土護箱室內型</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 依最新狀況及可行研究進行估算</li> </ul>
(集中式)中期暫時貯存	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 依放射性廢棄物最終處置應變方案可行性研究報告內容估算港灣區、輔助區及用過核子燃料貯存區成本</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 採用離島 P 場址之成本估算結果估算港灣區、輔助區、低放貯存區及用過核子燃料貯存區成本</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 因應國內低放射性廢棄物最終處置場選址延遲之應變方案</li> <li>■ 考慮(集中式)中期暫時貯存與最終處置場在同一地點，並減少重複投資</li> <li>■ (集中式)中期暫時貯存第二期之地下/坑道式規劃，建造費用列於低放處置。</li> </ul>
核能電廠除役	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 依國外參考電廠除役成本估算結果，進行相關費用估算</li> <li>■ 人事費用採國內費率估算，停機後 25 年完成除役工作</li> <li>■ 除電廠人事費用，增加核能發電事業部支援人事成本</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 依國內實際除役作業成本估算結果，進行相關費用估算</li> <li>■ 依目前國內各項費用實際支出估算行政規費及耗能費用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 依核一廠目前規劃方向修訂</li> <li>■ 依目前各廠實際支出估算行政規費(含緊急計畫、核子損害保險、各項稅款)</li> <li>■ 依目前各廠實際運維費用估算耗用能源及維護費用</li> </ul>

營運項目	106年核定版	本次估算	變更原因
用過核子燃料最終處置	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 封裝廠設備採瑞典估算資料</li> <li>■ 設計處理量為每年處置100罐</li> <li>■ 處置場營運時間為144~156年</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 封裝廠及輔助區設備採芬蘭估算資料</li> <li>■ 規劃處理量為每年70罐</li> <li>■ 處置場營運時間為145~181年</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 考慮實際作業效能，調整最終處置封裝廠每年處理量為70罐</li> </ul>
回饋金	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 依相關貯存處置回饋要點規定進行估算</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 依108.07放射性廢棄物貯存回饋要點規定進行估算</li> <li>■ 另加低放貯存場貯存場租地配套回饋</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 依最新法規內容估算</li> <li>■ 反應實際狀況</li> </ul>
專案管理費用	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 考量專責單位之人員及相關辦公費用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 後端基金管理會及專責單位之人員薪資及相關辦公費用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 考慮未來實際可能發生狀況</li> </ul>

將兩次估算結果列示於表 6.2-2，本次估算結果較上次增加 46.05 億元，兩次估算結果之差異主要為核能電廠除役增加 419.57 億、(集中式)中期暫時貯存增加 151.12 億元及回饋金增加 71.95 億元，低放射性廢棄物最終處置則減少 145.54 億元、乾式貯存設施減少 111.08 億元以及後端營運與基金管理費用減少 117.76 億元。另外，廢棄物運輸費用則是計入廢棄物接收端設施費用當中。

表 6.2 - 2 營運總費用估算結果比較

單位：新臺幣仟元

後端營運工作項目	106年估算結果	本次估算結果	差異值
低放射性廢棄物貯存及處理	1,564,442	1,759,226	194,784
低放射性廢棄物最終處置	33,577,120	19,022,679	-14,554,441
用過核子燃料乾式貯存	63,178,187	52,070,467	-11,107,720
用過核子燃料最終處置	135,505,107	131,476,030	-4,029,077
(集中式)中期暫時貯存	43,868,104	58,989,116	15,121,012
核能電廠除役	116,642,857	158,599,763	41,956,906
廢棄物運輸	18,395,752		-18,395,752
回饋金	35,329,728	42,525,126	7,195,398
後端營運與基金管理費用	24,802,729	13,026,423	-11,776,306
後端營運總費用	472,864,026	477,468,830	4,604,804

註：本表細項加總與合計差異，主要係因四捨五入之故。

由本次成本費用估算結果中，可看出核能電廠除役、回饋金與(集中式)中期暫時貯存之費用增加，分別說明如下：

- ◆ 核能電廠除役費用估算，前次估算時以參考國外電廠除役之費用，再輔以國內之人事成本取代國外成本後加總而成。此次估算時，除因核一廠已正式進入除役工作，已有較實際之費用參考資料之外；由於國內核能電廠用過核子燃料無法順利移往乾式貯存或最終處置場，因此即便已經停止運轉發電，但安全相關系統仍需維持設計功能，因此除役費用中的耗能與維護費用較國外高出許多；核能電廠除役期間因國內法規規定，除須對主管機關依法繳納相關申請、審核、檢查所需規費外，還需加上地方政府規費房屋稅及中央政府之印花稅及牌照稅等；除役期間的核子保防工作所需的保警費用，也納入本次估算項目。綜上所述，使除役成本大幅上升約 419.57 億元。
- ◆ 本次(集中式)中期暫時貯存成本估算，由於興建費用成本因物價而提高，且另外再加計用地取得成本、保警費用、研發費用、運輸費用、行政規費等，使得成本費用上升約 151.2 億，但也使低放最終處置場的興建成本費用下降 145.54 億元。
- ◆ 回饋金費用估算，由於 108 年 7 月通過的「核能發電後端營運基金放射性廢棄物貯存及核電廠除役完成前回饋要點」中，新增核能電廠除役完成前回饋金條文，內容包含家園復育回饋金及除役期間回饋金，補償地方因台電公司促協金與核後端基金放射性廢棄物貯存回饋金總額較其穩定運轉 3 年均數有所減少之特別狀況者。使得回饋金費用增加約 71.95 億元。

### 6.3 各國後端基金型態

針對各國後端基金之型態與收取方式，目前現行之基金型態主要分為三大類，包含內部分離式基金、內部非分離式基金以及外部分離式基金，各國後端營運基金型態彙整如下表 6.3-1；並分別說明如下。

表 6.3 - 1 各國後端營運基金的型態

國家	分離基金型態
比利時	除役基金-內部分離式基金 放射性廢棄物管理基金-外部分離式基金
捷克	除役基金-內部分離式基金（註） 放射性廢棄物管理基金-外部分離式基金
芬蘭	後端基金-外部分離式基金，從政府預算撥出
法國	後端基金-內部分離式基金
德國	後端基金-外部分離式基金
荷蘭	後端基金-內部非分離式基金
西班牙	後端基金-外部分離式基金
瑞典	後端基金-外部分離式基金，由政府監督及管理
英國	後端基金-外部分離式基金

註：此為指定除役用途之限制帳戶基金，此份資料中歸類為內部分離式基金，但亦有資料認為是內部非分離式基金。

資料來源: European Commission, EU Decommissioning Funding Data, 2013 本研究整理。

#### 6.3.1 外部分離式基金：

- 由公營事業/業者的一個獨立帳戶來管理
- 由不同的實體機構來管理

外部分離式基金一般由政府設立獨立法人機構作為後端基金之監管單位，電力公司持照者按照規定定期提撥至後端基金，一般依照使用目的區分為核子廢棄物處置、電廠除役等。

在「外部分離基金」中，基金係由專門之獨立機構進行外部管理，可能是私人或國家單位。這些資金可以作整體產業使用之集中管理基金，或分散由每個營運者個別進行不同之基金管理，對於此種基金模式一般認為

具有提高透明度、增強避免破產和增進公眾信心等優點。

芬蘭、斯洛伐克、西班牙、瑞典、瑞士和美國等國家為實行外部分離基金。其中，瑞士同時設立兩個國家基金，其一作為除役使用，另一則作為放射性廢棄物處置使用，各有各的法人資格，並受瑞士聯邦監管。

### 6.3.2 內部非分離式基金（公營事業/業者的內部自有資產）：

內部非分離式基金係由電力事業持照者或業者負責管理，屬於該機構之內部自有資產，所提撥做為核能電廠除役與放射性廢棄物管理之基金，亦可運用於轉投資其他項目，不過某些國家必須經由政府核准始可作有限度之投資。

在「內部自有資產基金模式」中，基金是在營運組織之管理範圍內，以準備金之形式存在。過去，此種模式在 OECD 國家中很常見，但現在已逐漸減少，因認為此種模式雖具有基金靈活運用之優點，並結合技術和經濟之責任，惟可能造成在需要基金時有無法使用之情況，且在資產損益上可能因減少而產生負面觀感。因此，可能需要特殊的控制措施，以驗證該基金符合僅用於預期的目的，包括：充分性、可用性、透明度和保證性的基本原則。在韓國，該國的營運基金是由公共事業/營運者自有資產進行基金管理。

### 6.3.3.內部分離式基金（公營事業/業者的內部分離帳戶）：

內部分離式基金係由電力事業持照者或業者負責管理，為獨立帳戶，只能作為核能電廠除役與放射性廢棄物管理處置使用，不能轉為投資其他項目，基金之使用情形將受國家監管。

在「內部獨立帳戶基金模式」中，基金仍作內部管理，為了提供基金更好之透明度，並且幫助監督其使用內容，將該基金從正式之公共事業帳戶中分離出來。一般方式是要求營運者投入外部基金內（如銀行或國債帳戶），使基金受到具體規則之保護而避免被濫用及財務風險；或者營運者將基金撥付至獨立機構管理之基金，此種分離方式係為了限制基金使用範圍，並且幫助監督其使用內容，從而確保基金將用於其預設之用途。以捷

克與法國來說，其後端營運基金皆由公共事業/營運者之分離帳戶單獨管理基金，如捷克有所謂凍結型帳戶，可視為內部分離式之後端基金，其所有資產指定只能作除役運用，限制基金用途僅涵蓋核子燃料處置、核子設施除役、放射性廢棄物長期處置及貯存設施後續相關費用等。

依經濟部 106 年版核定之核能後端營運總費用 4,728.64 億元，在折現率 2.04% 基礎下，每年應提撥 216.69 億元。相較本次 111 年版重估，目前估算核能後端營運總費用約 4,774.69 億元，其參考情節之時空背景雖較 106 年版有所差異，然在全球低利環境下，設定之折現率預估值已下修為 1.32%，且提撥年限縮短，估算每年應提撥 221.18 億元，對後端營運基金於 114 年足額提撥增加財務壓力。

依「核能發電後端營運基金收支保管及運用辦法」規定，為應業務需要，得購買政府公債、國庫券、金融債券或其他短期票券；且購買之金融債券及其他短期票券之發行公司，應經金融主管機關核准經營信用評等事業之機構評定為一定等級以上。而後端營運基金歷年已提撥基金而尚未動用基金餘額之實際運用方式，主要係貸予台電公司及購買公債，賺取利息收入，對利率變動的影響尤其敏感，其中公債利率變動對折現率的影響不僅反映後端營運總費用的資金成本與時間價值，更攸關基金之孳息收入。

距 106 年初估以來，國際總體經濟環境因主要國家貨幣政策走勢多偏向寬鬆，基準利率維持低檔。後續則因國際上接連發生疫情所導致的供應鏈阻礙、俄烏戰爭引起的大宗物資上漲、與歐美等國疫情期間財政支持政策引起的暫時性通膨等問題。隨著近期影響因素逐漸淡化，此一現象反應於本計畫對 2022-2026 年的三率預測中，折現率與通貨膨脹預測將於 2022 年達到高點後開始下降，匯率則是先升後貶的趨勢，其中由三種物價(40% 消費者物價、35% 躉售物價、25% 營建工程)複合組成的通貨膨脹率則是受 2022 年基期因素將影響至 2023、2024 年。整體來看攸關後端基金孳息部分的折現率均值為 1.32%，較 106 年版的 2.04% 有明顯變化，恐使原估算之每年提撥金額難以使後端營運基金於 114 年足額提撥。

## 7.0 參考文獻

1. "核能後端營運總費用估算與每度核能發電分攤率計算-總結報告", 台灣電力公司, 民國 99 年 5 月。
2. "低放射性廢棄物最終處置場可行性研究技術服務工作-200001E 初步規劃評選報告(E版)", 台灣電力公司, 民國 94 年 8 月。
3. "低放射性廢棄物最終處置場可行性研究技術服務工作-300010E 低放射性廢棄物數量預估更新報告(E版)", 台灣電力公司, 民國 96 年 10 月。
4. "用過核子燃料最終處置計畫書(2010 年修訂版)", 台灣電力公司, 民國 99 年 12 月。
5. 姚睿、朱俊虹、吳俊毅 (2010), 「台灣泰勒法則估計之資料訊息問題」, 臺灣經濟預測與政策, 第 41 卷第 1 期, 頁 85-119。
6. 陳旭昇 (2013), 「時間序列分析-總體經濟與財務金融之應用」, 東華書局。
7. 陳旭昇 (2016), 「央行「阻升不阻貶」? 再探台灣匯率不對稱干預政策」, 經濟論文叢刊, 第 44 卷第 2 期, 頁 187-213。
8. 黃朝熙 (2007), 「台灣通貨膨脹預測」, 中央銀行季刊, 第 29 卷第 1 期, 頁 5-29。
9. "The Economics of Reprocessing vs. Direct Disposal of Spent Nuclear Fuel", Project on Managing The Atom Belfer Center for Science and International Affairs, John F. Kennedy, School of Government Harvard University (2003)
10. "再處理與 MOX 循環的經濟學", MIT Open Courseware Nuclear Energy Economics and Policy Analysis, 2004
11. "Advanced Nuclear Fuel Cycles and Radioactive Waste Management", OECD NEA NO.5990, 2006
12. "Economic Assessment of Used Nuclear Fuel Management in the United States", Boston Consulting Group for AREVA, 2006

13. "Managing Spent Fuel in the United States: The Illogic of Reprocessing", International Panel on Fissile Materials, 2007
14. "Institutional Framework for Long Term Management of High Level Waste and/or Spent Nuclear Fuel", IAEA-TECDOC-1323, 2002/12
15. "世界各國高放射性廢棄物處置情況"，日本經濟產業省資源能源廳 監修, 2013/02
16. "Plan 2010 Costs Starting in 2012 for the Radioactive Residual Products from Nuclear Power", Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co. Technical Report TR-11-05, 2010/12.
17. "Assessment of Radionuclide Release in the Near Field: Evaluation of Parameter Characterization for Release Rate", 國家原子能科技研究院研發成果發表會, 2006/11.
18. "Retrievability of High Level Waste and Spent Nuclear Fuel", IAEA-TECDOC-1187, 2000/12
19. "95 潛在處置母岩特性調查與評估--成果報告", 台灣電力公司, 2007/03.
20. "Repository Concepts", NUMO 原子力發電環境整備機構, 2002/12
21. "Japan's Spent Fuel and Plutonium Management Challenges", Tadahiro Katsuta and Tatsujiro Suzuki, University of Tokyo, 2006/09.
22. "Status and Trends in Spent Fuel Reprocessing", IAEA-TECDOC -1467, 2005/09.
23. "EDF Perspective towards Nuclear Sustainability and Contribution of Fuel Cycle", ICAPP - Advances in Nuclear Power Plants- Nice Acropolis Michel Debes and Jean Michel Delbecq Electricité de France, 2007/05.
24. "Revised Analyses of Decommissioning for the Reference Boiling Water Reactor Power Station", NUREG/CR-6174, PNL-9975, Vol. 1 and 2, U.S. NRC, 1994.

25. "Revised Analyses of Decommissioning for the Reference Pressurized Water Reactor Power Station", NUREG/CR-5884, PNL-8742, Vol. 1 and 2, U.S. NRC, 1993.
26. "Decommissioning Cost Analysis for the Vermont Yankee Nuclear Power Station", TLG Services, Inc., 2012.
27. "Florida Power & Light Company : 2005 Decommissioning Study-St. Lucie Nuclear Units", Florida Power & Light Company ( FPL ) , 2005
28. "Study of Construction Technologies and Schedules, O&M Staffing and Cost, Decommissioning Costs and Funding Requirements for Advanced Reactor Designs", Bechtel Power Corporation, Dominion Energy Inc., TLG Inc. MPR Associates, 2003
29. "Spent Nuclear Fuel Dry Transfer System Cold Demonstration project", INEEL/EXT-99-01335, Feb. 2000
30. "Sixth General Radioactive Waste Plan [6th grwp]", Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, June 2006
31. "Analysis of the Total System Life Cycle Cost of the Civilian Radioactive Waste Management Program", DOE/RW-0591, July 2008
32. "Nuclear Waste Fund Fee Adequacy Assessment Report ", DOE, Jan 2013.
33. "Cost Estimate of Olkiluoto Disposal Facility for Spent Nuclear Fuel ", Posivy Oy Working Report 2005-10, Mar 2005.
34. Council Directive 2011/70/EURATOM of 19 July 2011 establishing a Community framework for the responsible and safe management of spent fuel and radioactive waste
35. COM ( 2019 ) 632 final, Report from the Commission to the Council and the European Parliament on progress of implementation of Council Directive 2011/70/EURATOM and an inventory of radioactive waste and spent fuel present in the Community's territory and the future prospects, Brussels, 17.12.2019
36. SWD ( 2019 ) 436 final, Report from the Commission to the Council and the European Parliament on progress of implementation of Council

- Directive 2011/70/EURATOM and an inventory of radioactive waste and spent fuel present in the Community's territory and the future prospects, Brussels, 17.12.2019
37. "用過核子燃料最終處置計畫書(2018年修訂版)", 台灣電力公司, 民國 108 年 12 月
  38. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Costing Methods and Funding Schemes for Radioactive Waste Disposal Programmes, Nuclear Energy Series No. NW-T-1.25, IAEA, Vienna (2020)
  39. 日本經濟産業省資源エネルギー庁『諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について』(2020年版)
  40. NWMO (2016). APM 2016 Lifecycle Cost Estimate Update Summary Report. Nuclear Waste Management Organization APM-REP-00440-0202, April 2016
  41. Box, G.E.P. and G.M. Jenkins (1970). Time Series Analysis: Forecasting and Control. *San Francisco: Holden-Day.*
  42. Bernanke, B. S. and A. S. Blinder (1992). The Federal Funds Rate and the Channels of Monetary Transmission. *American Economic Review*, Vol.82, No.4, 901-921.
  43. Chushman, D. O. and T. A. Zha (1997). Identifying monetary policy in a small open economy under flexible exchange rates. *Journal of Monetary Economics*, 39 (3), 433-448.
  44. Christiano, L., M. Eichenbaum, and C. Evans (1996). The Effects of Monetary Policy Shocks: Evidence from the Flow of Funds. *Review of Economics and Statistics*, 78 (1), 16-34.
  45. Gordon, D. B. and E. M. Leeper (1994). The Dynamic Impacts of Monetary Policy: An Exercise in Tentative Identification. *Journal of Political Economy*, 102 (6), 1228-1247.
  46. Kim, S. (2003). Monetary policy, foreign exchange intervention, and the exchange rate in a unifying framework. *Journal of International Economics*, 60 (2), 355-386.
  47. Kim, S. and N. Roubini (2000). Exchange rate anomalies in the

- industrial countries: A solution with a structural VAR approach. *Journal of Monetary Economics*, 45 ( 3 ) , 561-586.
48. Levy, J. and I. Halikias ( 1997 ) . Aspects of the Monetary Transmission Mechanism Under Exchange Rate Targeting : The Case of France. *IMF Working Paper*, 44
  49. Peersman, G and F. Smet ( 2001 ) . The Monetary Transmission Mechanism in the Euro Area: More Evidence from VAR Analysis. *European Central Bank Working Paper* , 91.
  50. Sims, C. A. ( 1980 ) . Macroeconomics and Reality. *Econometrica*, 48 ( 1 ) , 1–48.
  51. Sims, C. A. ( 1992 ) . Interpreting the Macroeconomic Time Series Facts. *European Economic Review*, 36 ( 5 ) , 975-1011.
  52. Toda, H. Y. and T. Yamamoto ( 1995 ) . Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, 66 ( 1 ) , 25-250.
  53. ”The economics of the back end of the nuclear fuel cycle”, NEA Report No. 7061, Nuclear Energy Agency, OECD, 2013
  54. “Ensuring the Adequacy of Funding Arrangements for Decommissioning and Radioactive Waste Management”, NEA Report , No. 7549 Nuclear Energy Agency, OECD, 2021