



核電廠除役先期啟動工作 乾貯設施

台灣電力公司

106年10月12日



台灣電力公司

簡報大綱

- 一、前言
- 二、乾貯設施對核電廠除役的影響
- 三、核一廠乾式貯存設施興建概況
- 四、核二廠乾式貯存設施興建概況
- 五、用過核燃料安全、經費、期程分析
- 六、用過核燃料回饋金比較 - 以石門區為例
- 七、困難事項
- 八、建議

一、前言

- ✚ 三個核能電廠用過核燃料約5,050噸鈾，未來採室內乾貯

依據：

- 行政院林院長全於105年9月2日與北海岸鄉親座談會議結論指示
- 原能會物管局105年09月13日物二字第1050002318號函。

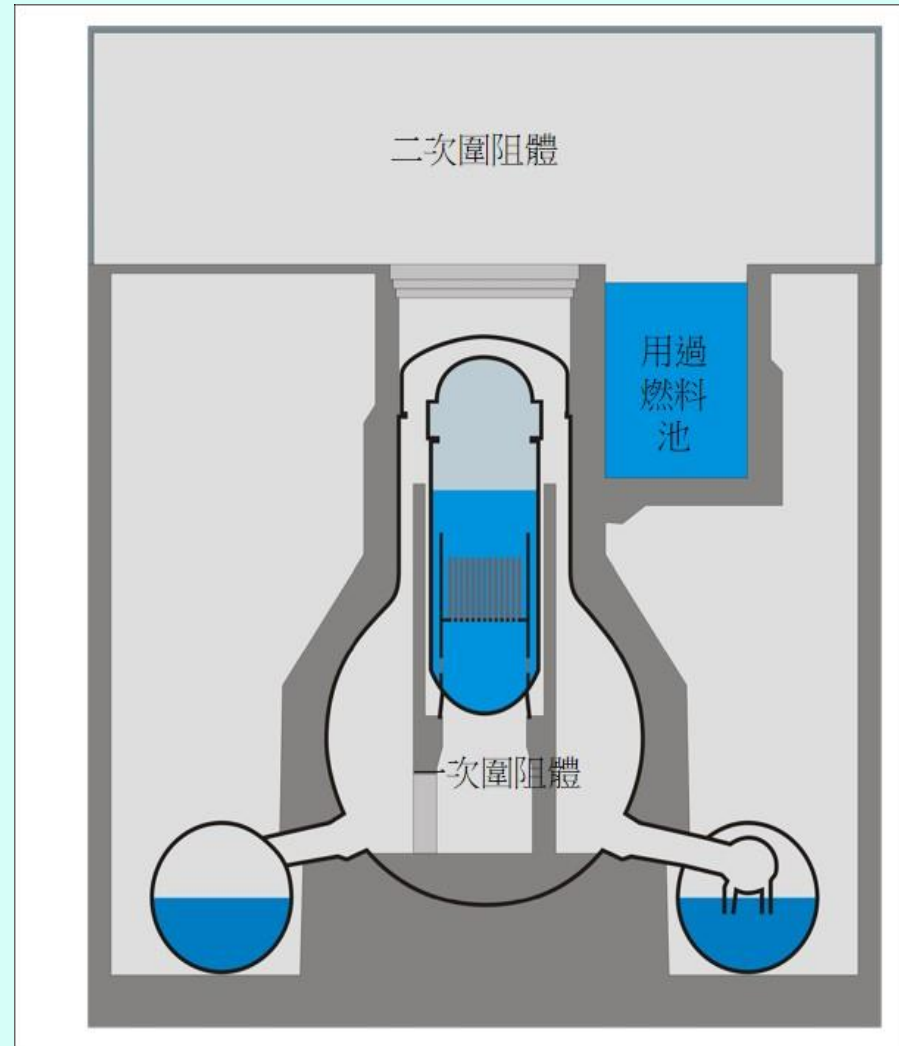
- ✚ 乾貯為執行除役作業之關鍵必要設施

執行方式：

- 第1期戶外乾貯設施---少量短期使用
- 第2期室內乾式貯存設施完成後，將第1期少量使用部分移入第2期設施內。

二、乾貯設施對除役作業的影響(1/2)

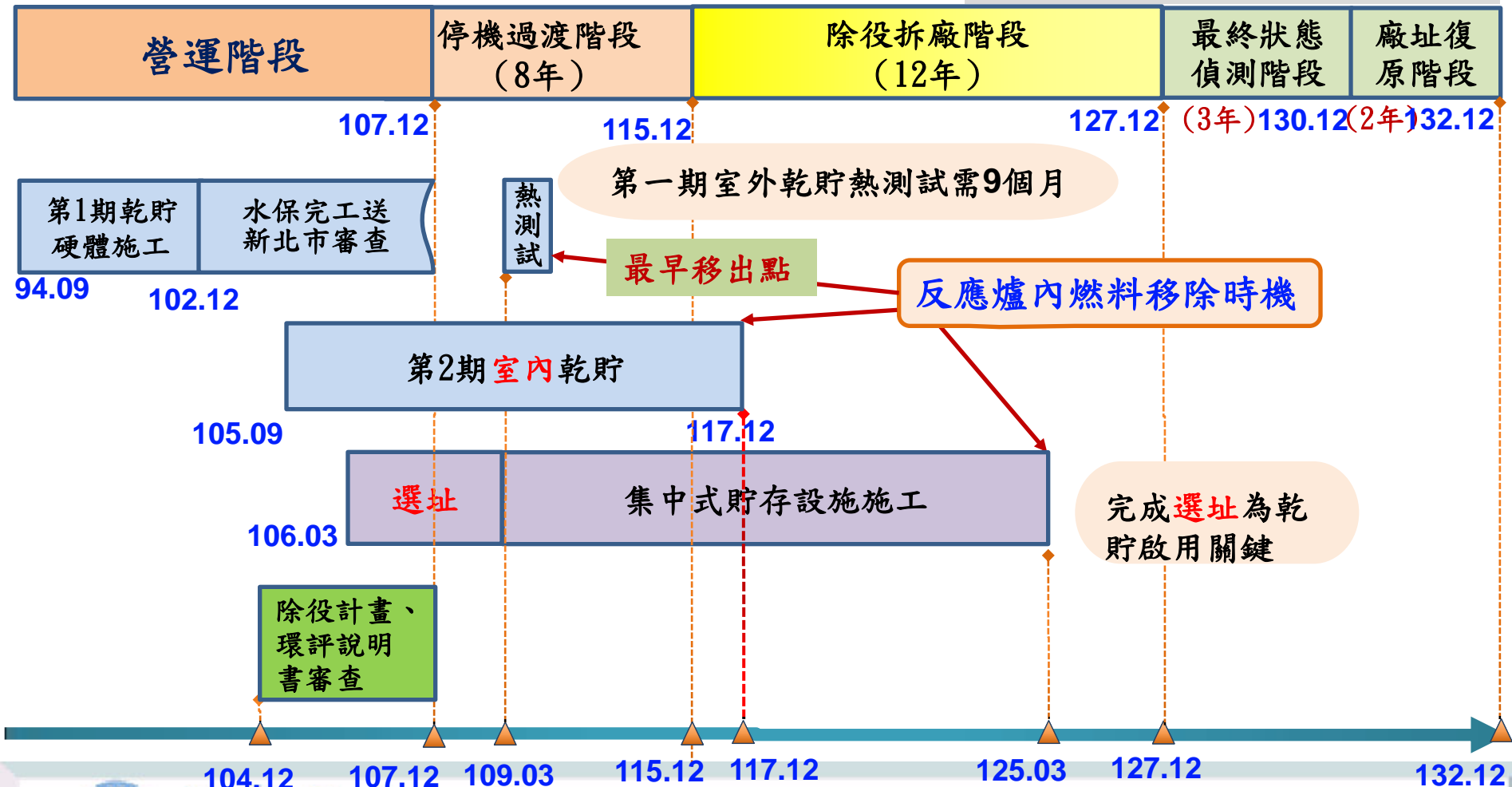
- ✚ 乾貯及用過燃料池為核電廠除役之關鍵因素(以核一廠為例)
 - 用過核燃料需全部移出，置於乾貯設施中
 - 反應器切割需使用騰空的用過燃料池
 - 反應器廠房拆除前，需先拆用過燃料池



二、乾貯設施對除役作業的影響(2/2)

➤ 乾貯為完成除役的關鍵作業

本頁之時程係以核一廠1號機為例



三、核一廠乾式貯存設施興建概況(1/5)

核一廠1期乾貯現況

已建置完成

貯存場址面積：0.45 公頃

貯存容量：

- 56 束用過核子燃料/組
- 30 組混凝土護箱 (共1,680束用過核子燃料)

■ INER-HPS系統主要組件

- 密封鋼筒 (TSC)
- 混凝土護箱 (VCC)
- 外加屏蔽 (AOS)
- 傳送護箱 (TFR)

年廠界劑量限值：0.05 mSv /年/人



三、核一廠乾式貯存設施興建概況(2/5)

核一廠2期室內乾貯設施規劃位置



保留區：

1. 第2期用過核子燃料乾貯場
2. 低放射性廢棄物貯存庫
3. 用過核子燃料再取出設施
4. 棄土區
5. 第1期用過核子燃料乾貯場

三、核一廠乾式貯存設施興建概況(3/5)

核一廠2期室內乾式貯存設施辦理現況

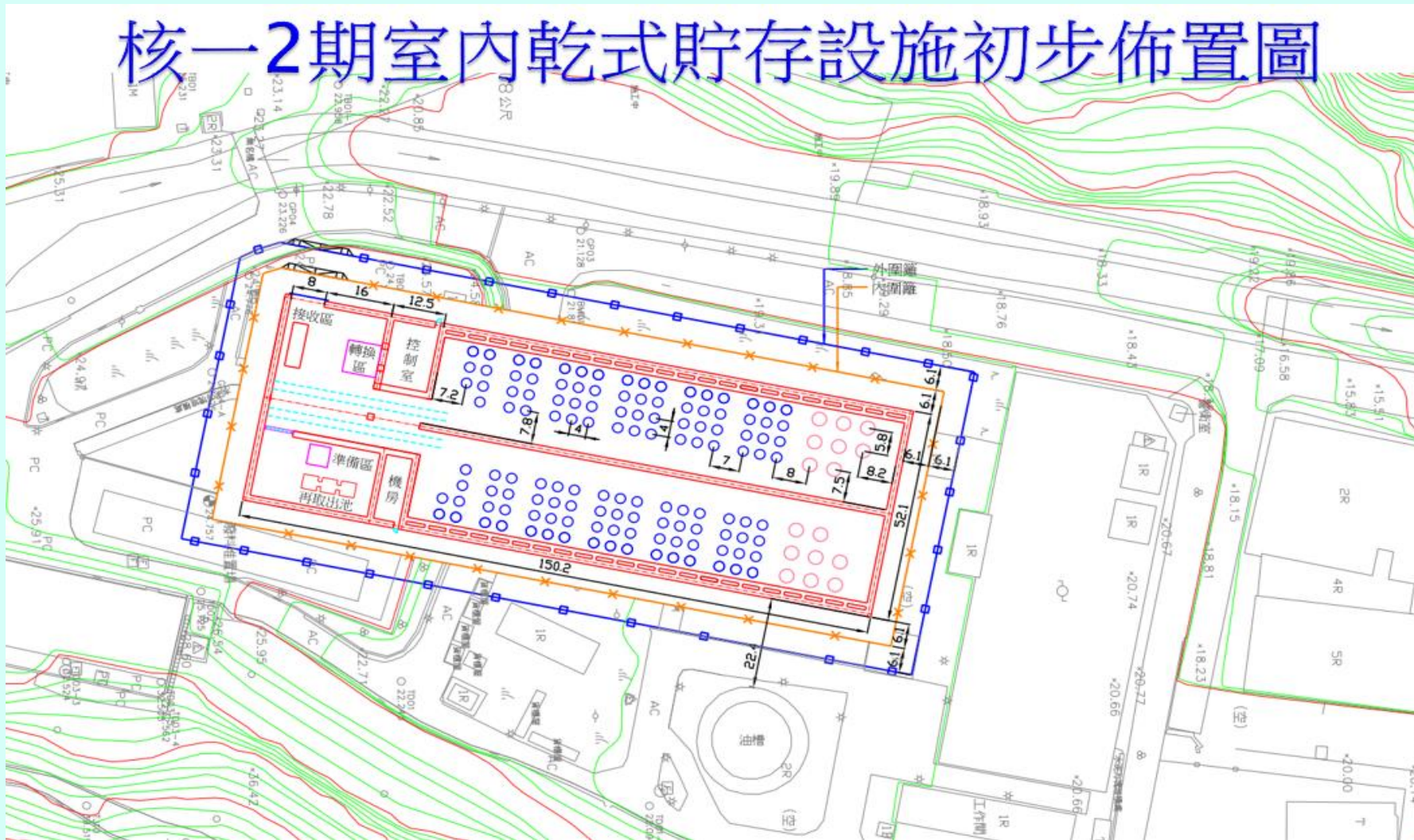
地質鑽探調查資料已納入可行性評估報告，報告初稿審查修訂中，預計106年10月陳送經濟部審查。

核一廠除役計畫環境影響評估（含2期乾貯設施）書件，已於106年6月完成範疇界定，正辦理第二階段環評調查及書件製作中。

俟投資可行性評估報告經陳報經濟部核定，及環境影響評估獲環保署核定後，即可開始辦理採購招標及後續執照申請作業。

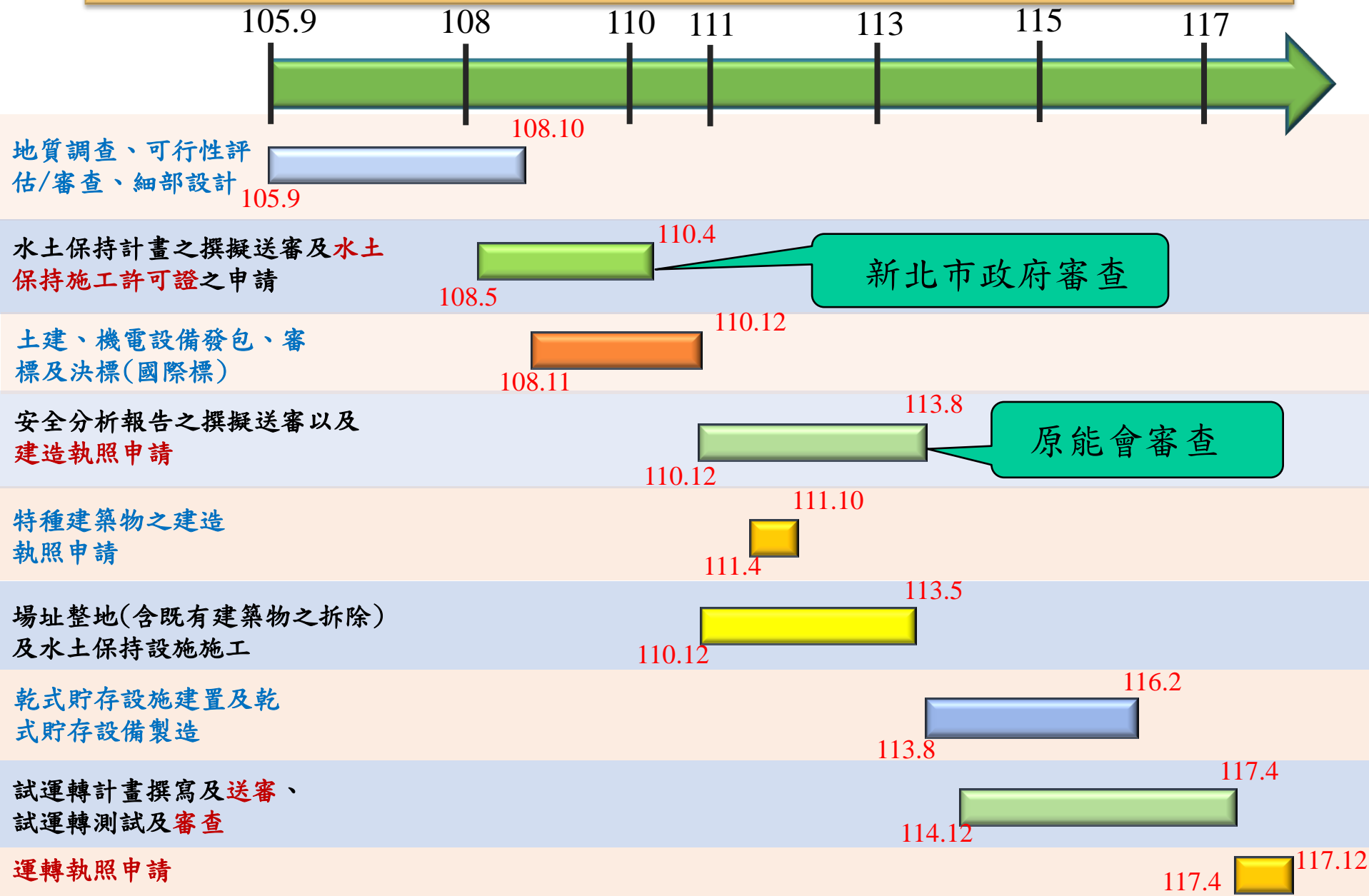
三、核一廠乾式貯存設施興建概況(4/5)

核一2期室內乾式貯存設施初步佈置圖



三、核一廠乾式貯存設施興建概況(5/5)

核一廠2期室內乾式貯存設施興建計畫規劃時程



四、核二廠乾式貯存設施興建概況(1/2)

核2廠1期乾貯現況

設備製造中，土木設施尚未開始建置

貯存場址面積：0.84 公頃

貯存容量：

- 87 束用過核子燃料/組
- 27 組混凝土護箱 (共2,349束用過核子燃料)

■ NAC-MAGNASTOR系統主要組件

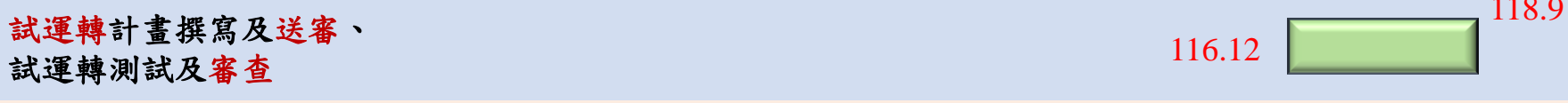
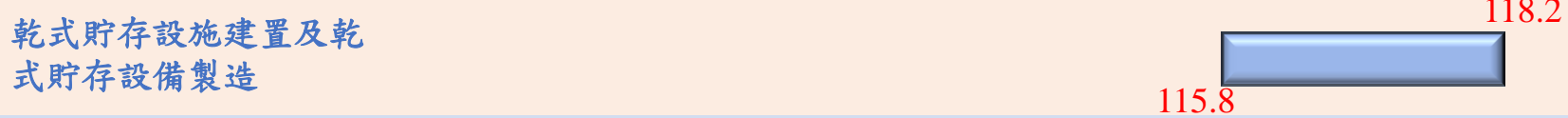
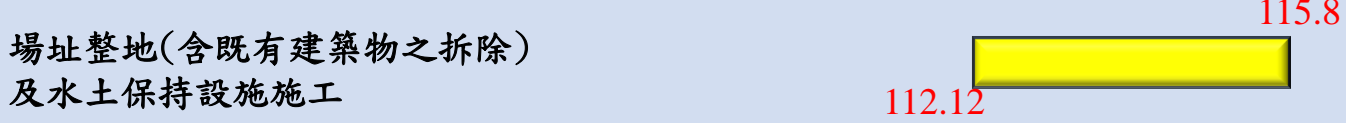
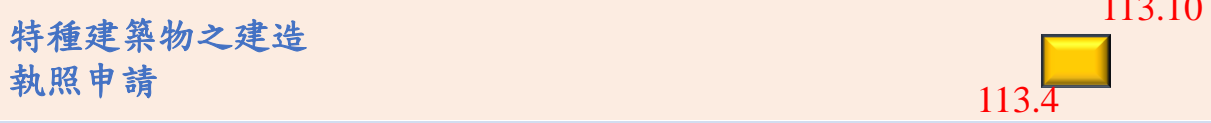
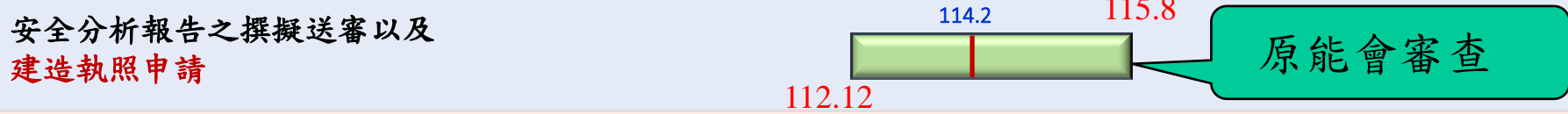
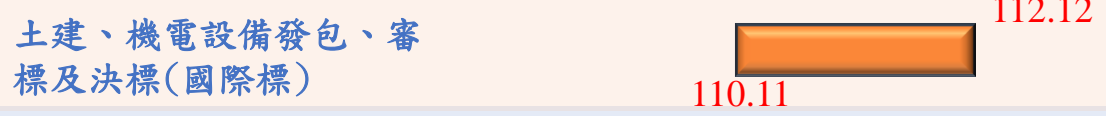
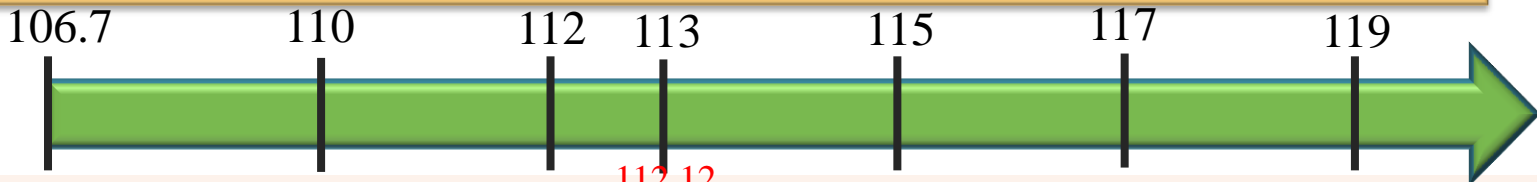
- 密封鋼筒 (TSC)
- 混凝土護箱 (VCC)
- 傳送護箱 (TFR)

年廠界劑量限值：0.05 mSv /年/人



四、核一、二廠乾式貯存設施興建概況(2/2)

核二廠2期室內乾式貯存設施興建計畫規劃時程



五、用過核燃料安全、經費、期程分析(1/11)

✚ 安全分析：

- 依據國際原子能總署(IAEA)及美國核管會分類
- 就維持次臨界、餘熱移除、輻射防護、維持邊界完整性四項進行分析
- 依據國際原子能總署、美國、日本分析結果

✚ 時程：依據台電公司可行性評估

✚ 費用：

- 依據美國、日本、及台電公司分析結果

五、用過核燃料安全、經費、期程分析(2/11)

貯存場所		燃料在反應爐內
風險分析項目	維持次臨界	➤ 控制棒須要動力才能維持爐心在次臨界狀態。
	餘熱移除	➤ 需電力維持安全補水系統及爐水淨化系統可用，有失電造成冷卻水流失及循環不足風險。
	輻射防護	➤ 無法進行反應爐及相關高輻射管路的除污作業，作業人員面臨輻射劑量高狀況。
	維持邊界完整	➤ 若發生恐怖攻擊或超出設計基準之意外事故時，可能整個反應爐內的用過核燃料均會受損。 ➤ 例如，日本福島第一核能電廠，經東海大地震與海嘯後，發生爐心燃料融毀事件。
時程	➤ 若無乾貯設施，用過燃料池、反應爐、反應器廠房及其他相關設施皆無法進行除役。 ➤ 無法在25年內完成除役作業，延遲時間無法估計。	
費用	➤ 每年運維費用增加約7億元 ➤ 每延後一年除役，將增加除役費用約19億元/年。	

五、用過核燃料安全、經費、期程分析(3/11)

貯存場所		燃料在用過燃料池
風險分析項目	維持次臨界	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 中子吸收板固定在燃料格架上，維持次臨界狀態。 ➤ 無掉落風險，故沒有無法維持次臨界的風險。
	餘熱移除	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 需電力強迫冷卻水循環，維持冷卻用過燃料的能力，有失電造成冷卻水循環不足風險。
	輻射防護	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 工作人員每年最高接受劑量0.014manSv/GWa ➤ 發生意外的罹癌風險是乾貯設施的10倍
	維持邊界完整	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 若發生恐怖攻擊或超出設計基準之意外事故時，可能整個燃料池均可能受損。
時程	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 若無乾貯設施，用過燃料無法從池中移出，則不但用過燃料池無法除役，反應爐、反應器廠房及其相關設施皆無法除役。 ➤ 無法在25年內完成除役作業，延遲時間無法估計。 	
費用	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 每年運維費用增加約3億元 ➤ 每延後一年完成除役，將增加除役費用約15億元/年 	

五、用過核燃料安全、經費、期程分析(4/11)

貯存場所	燃料在乾貯設施
維持次臨界	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 中子吸收板固定乾貯桶內，維持次臨界狀態。 ➤ 無掉落風險，故沒有無法維持次臨界的風險。
餘熱移除	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 利用空氣自然對流排熱，不需任何電力及冷卻水，貯存風險極低。
輻射防護	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 較安全，不需複雜的輻射量測設施 ➤ 工作人員每年最高接受劑量 0.011manSv/Gwa
維持邊界完整	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 恐怖攻擊或超出設計基準之意外事故，僅有直接受到破壞的少數護箱可能受到影響，維持邊界完整的能力相對最高。 ➤ 日本福島第一核能電廠共有9組乾貯桶(計408束用過核子燃料)，於1995年開始使用，歷經東海大地震與海嘯，該設施完整無損(如右圖)

風險分析項目



五、用過核燃料安全、經費、期程分析(5/11)

貯存場所	燃料在乾貯設施
時程	<ul style="list-style-type: none"> 若核一廠能儘速起動熱測試，即時完成將爐心燃料移出至第1期室外乾貯，才可在法定除役時程25年內完成除役。
費用	<ul style="list-style-type: none"> 每年僅有運維費用約1.3億元

- 室內乾貯(含水泥護箱組)總費用約650億元，費用約為室外乾貯的1.9倍
- 室外乾貯(含水泥護箱組)總費用約350億元
- 以上均含運維及拆除費用。

右表為1998年日本估計用過核燃料濕式及乾式貯存之費用，供與上述金額比較

Table 2.1: Breakdown of Estimated Storage Costs for 5,000-tonne Facility in Japan²⁹

Cost (100s of million 1998 yen)	Pool storage	Cask storage
Capital cost	1,561	1,310
Construction cost	1,328	105
Cask cost	100	1,195
Decommissioning and disposal cost	133	10
Operations cost	1,395	238
Transportation cost	41	60
Total	2,997	1,608

五、用過核燃料安全、經費、期程分析(6/11)

用過核燃料在反應爐中額外維護之費用增項	金額(元/年)
安全設備設備維護費	244,520,300
維持安全設備可用之人事費用	80,000,000
爐心檢查(每3年執行1次IVVI)及老化管理所需經費	80,000,000
合計	404,520,300

用過燃料在反應爐造成除役延長之費用增項	金額(元/年)
設備維護費	251,052,000
人事費用	989,536,000
合計	1,240,591,000

五、用過核燃料安全、經費、期程分析(7/11)

放置處所	风险分析項目				時程	費用
	維持次臨界	餘熱移除	輻射防護	維持邊界完整		
反應爐					25年內無法完成除役，延遲時間無法估計。	1. 無法取出爐心的燃料，每年增加運維費用約 7億元 。 <ul style="list-style-type: none"> • 燃料池3億元，及 • 反應爐4.2億元 2. 若無法在25年內完成除役，每延遲一年，再增加除役運維總經費約 12億元 ，總計費用 19億元/年 。
用過燃料池					25年內無法完成除役，延遲時間無法估計。	1. 每年運維費用約 3億元 2. 若無法在25年內完成除役，每延遲一年，再增加除役運維總經費約 12億元 ，總計費用 15億元/年 。
乾式貯存設施					110年12月前通過水保完工證明，111年12月前完成爐心燃料移至核一廠1期乾貯，25年內可完成除役。	1. 每年運維費用約 1.3億元 2. 不會造成除役工期延後。

五、用過核燃料安全、經費、期程分析(8/11)

核一廠用過核燃料移出時間點	對除役時程之影響	對除役經費之影響
配合除役計畫，新北市核准水保計畫後改善施作及取得水保完工證明，1期乾貯在 107年12月 前啟用	無	無
集中式貯存設施設置地點確認，及 109年3月前 新北市同意1期乾貯啟用	無	約增加8億元
2期室內乾貯設施完成， 117年12月 開始移出反應爐內核燃料(1期乾貯不使用)	除役將延至2050年完成(延後6年)	約增加114億元
集中式貯存設施完工， 125年3月 開始移出反應爐內核燃料(1期乾貯不使用)	除役將延至2061年完成(延後14年)	約增加266億元

註：
台電公司參考日本、瑞士案例，提出「**集中式貯存設施**」處理核廢料之應變方案，依據顧問公司可行性評估，約需經費795億元。

五、用過核燃料安全、經費、期程分析(9/11)

Union of
Concerned Scientists

Managing Interim Risks 過渡期風險管理

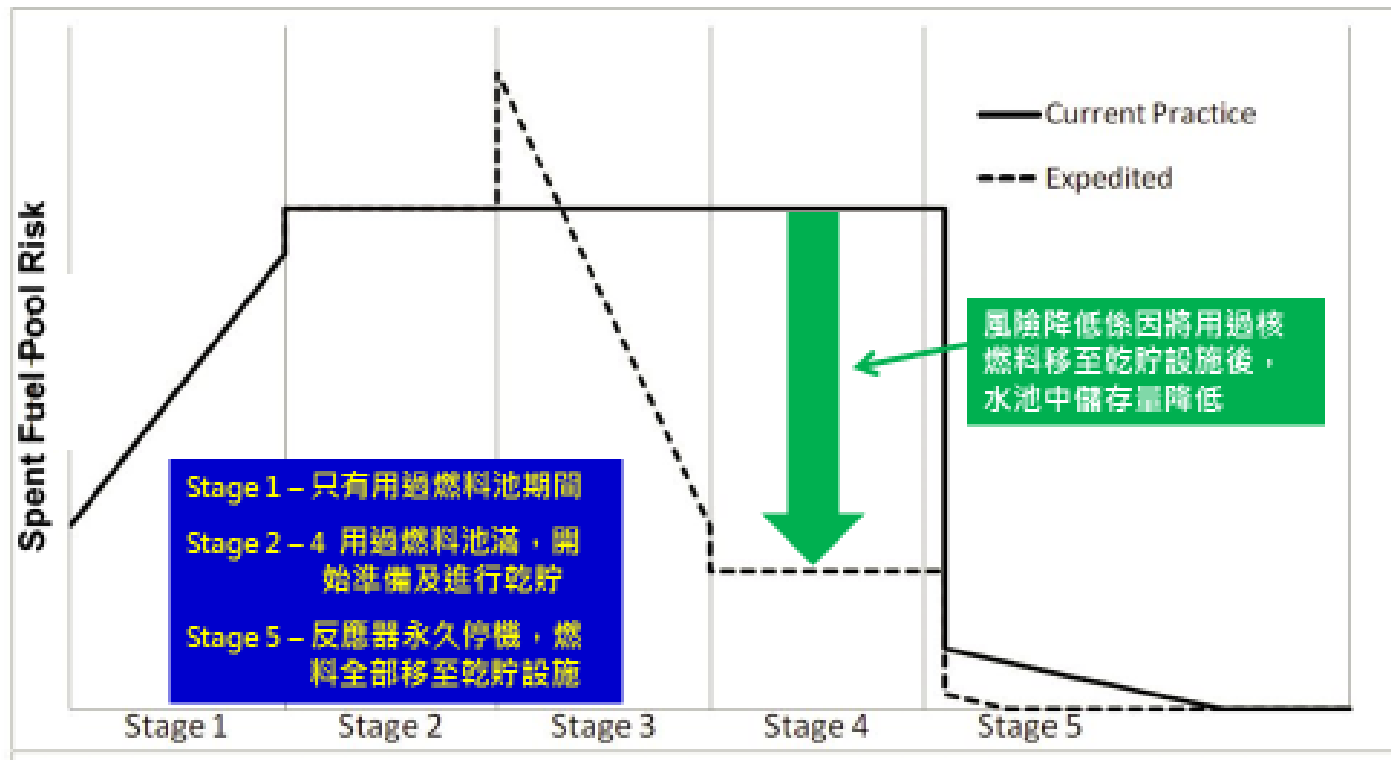


Image Source: NRC Spent Fuel Consequence Study, October 2013

1

五、用過核燃料安全、經費、期程分析(10/11)

Union of
Concerned Scientists

Managing Interim Risks 過渡期風險管理

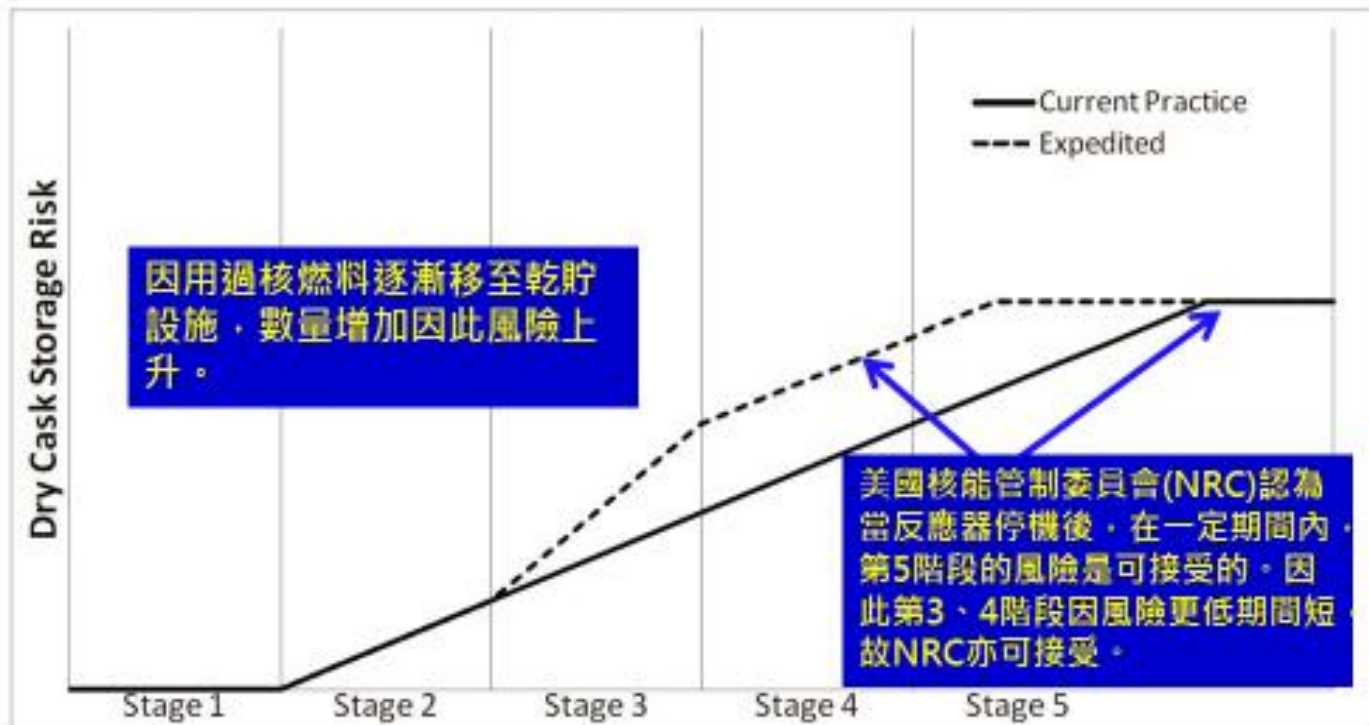


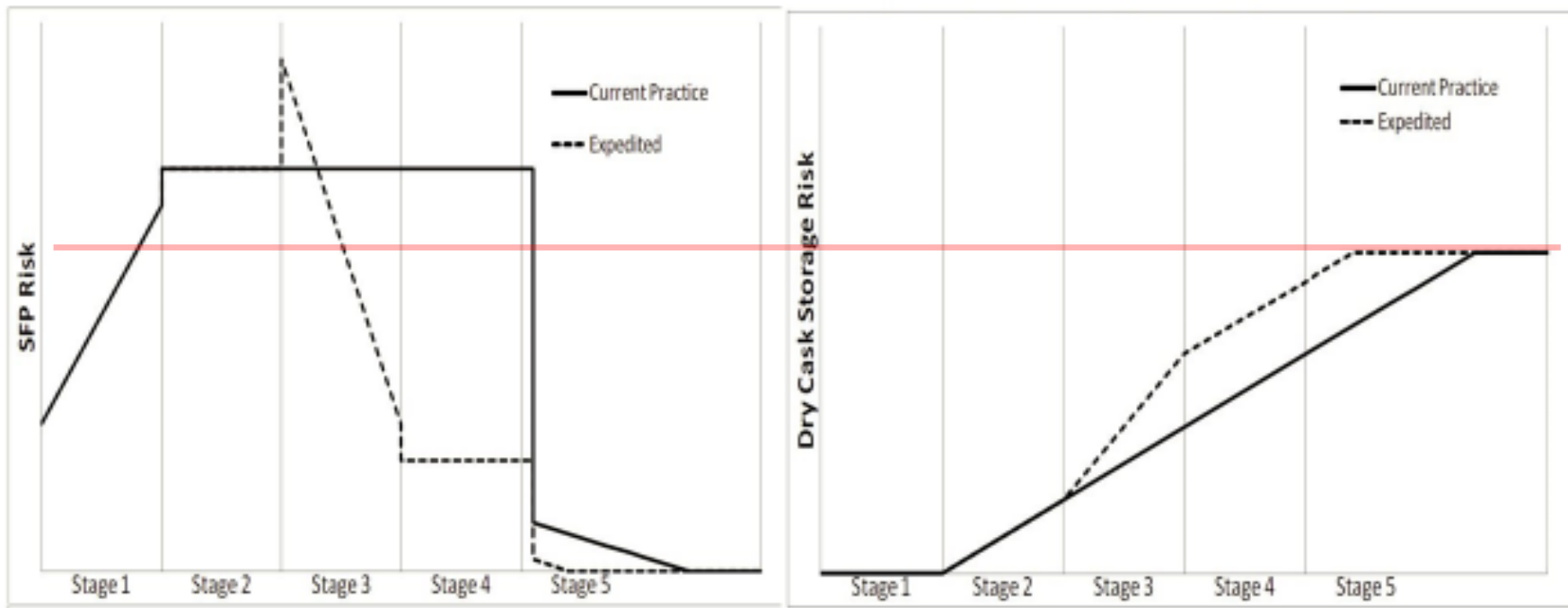
Image Source: NRC Spent Fuel Consequence Study, October 2013

2

五、用過核燃料安全、經費、期程分析(11/11)

[Union of Concerned Scientists

Managing Interim Risks 過渡期風險管理



- 美國Union of Concerned Scientists(UCS)主張，所有用過核燃料，從反應爐移出至用過燃料池，經冷卻5年以上後，應儘速移入乾式貯存設施中。
- 台電公司用過燃料池之用過核燃料貯存格架設計，與美國電廠完全相同。

六、用過核燃料回饋金比較 - 以石門區為例

用過核燃料貯存地點	每年地方回饋金	不使用乾貯回饋金減少金額
用過燃料池	1,796萬/年	回饋金減少計算基準
使用乾貯一期貯存場	3,220萬/年 (另加6000萬使用回饋金)	每年減少約1,400萬元
使用乾貯二期貯存場	4,790萬/年 (另加1.2億建造/使用回饋金)	每年減少約3,000萬元
不使用乾貯，集中式貯存設施完工(125年)，移出所有用過核燃料	1,796萬/年	總計將減少約6.9億元
不使用乾貯，最終處置設施完工(144年)，移出所有用過核燃料	1,796萬/年	總計將減少約12.6億元

註：

1. 核一廠用過核燃料放置於用過燃料池，每年回饋金1,796萬元。
2. 若一期乾貯可用，每年回饋金3,220萬元。原預定103年啟用乾貯一期，截至今年回饋金已少領約1億2千4百萬元（年回饋金6,400萬 + 正式啟用回饋金6,000萬元）。
3. 若117年完成乾貯二期，每年回饋金約4,790萬元。若未使用二期乾貯，將少領1億2千萬元（試運轉及正式啟用回饋金），及每年將少領約1,400萬元。

七、困難事項(1/2)

新北市政府不核發水土保持完工證明書

核一廠第1期乾式貯存設施無法進行測試及啟用

新北市政府不審查逕流廢水削減計畫

核二廠第1期乾貯設施土建無法施工

- 106年7月7日新北市政府於106年核安監督委員會第2次會議，再次重申「**在核廢料最終處置場址未確定前，本府堅決反對於核一廠內興建任何形式的貯存設施，更不容許成為核廢料最終處置場。**」



七、困難事項(2/2)

- 核一、二廠第2期乾貯設施，水保計畫及逕流廢水削減計畫，皆仍須送新北市政府審查
 - 仍可能遭遇第1期乾貯設施所遭遇的困境
-
- 依據「用過核子燃料最終處置計畫書」之規劃期程，預定於民國127年選定用過核子燃料最終處置場址，民國144年最終處置場完工啟用。
 - 現階段台電公司無法明確告知最終處置場址。



八、建議



核能電廠運轉執照屆滿後除役

- 台電公司負責於執照到期前取得除役許可



準時除役關鍵因素

- 儘速通過水保完工證明，啟用核一廠1期乾貯設施
- 儘速通過逕流廢水削減計畫，開始核二廠1期乾貯設施土建作業。



室內乾貯建築標準

- 已符合安全標準之法規，貯存倉庫不需與核能電廠安全系統之耐震等級相同
- 經濟性符合全國民眾最大利益



願景



低排放火力發電廠



風力發電公園



人文生態紀念公園



簡報結束

敬請指教

