

「核子反應器設施管制法」 修法公聽會

台灣環境保護聯盟會長

謝志誠

2025-03-19



PART I

面對可預期的民生與產業發展需求，政府如何提供穩定且平價的電力？

如何提供穩定且平價的電力

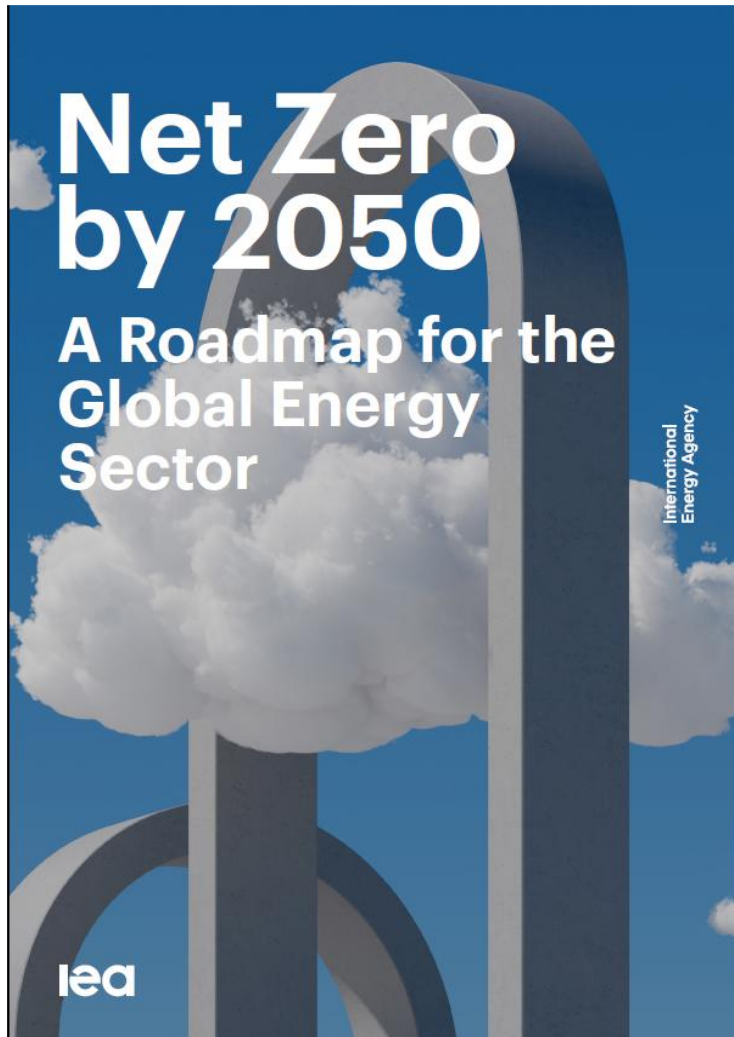
如何提供穩定電力

- 燃氣與綠能相輔相成：
 - 綠能極大化，持續開發離岸風電，並擴大地熱發電之開發目標。
 - 燃氣可快速升降載，配合風電及光電之發電時間，穩定電網。
- 以氣代煤，以氣換油：
 - 中火已通過二期燃氣計畫環評，2034年前完成全廠以氣換煤。
 - 協和已通過環評，2032年以氣換油。

電力價格的曙光

- 離岸風電初期發電成本雖較高，但長期將呈現下降趨勢，其他再生能源發電亦然。
- 天然氣價格：
 - 烏俄停戰已現曙光，天然氣價格應會回穩。
 - 因應川普上任，可透過增加對美採購頁岩氣，穩定天然氣價格。
- 老舊核電廠延役及後端處理費用高。

核電是便宜的能源？



根據IEA報告
 幾個選定的國家：
 美國、歐盟、中國與印度，
 核電的成本並不是最低，
 成本最低的反而是再生能
 源！
 一定有人不服這份報告沒
 有選到台灣

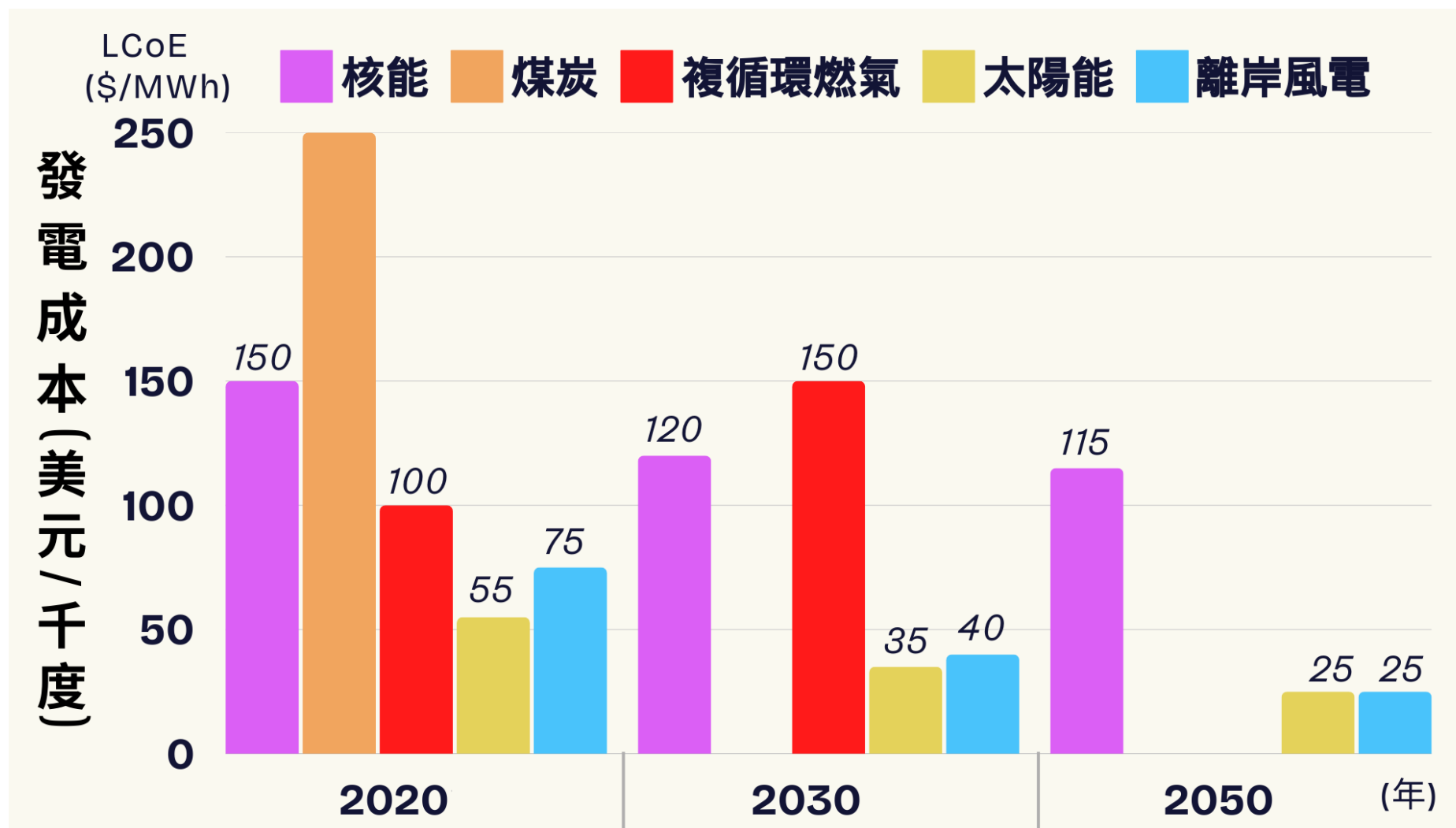
Table B.1 ▶ Electricity generation technology costs by selected region in the NZE

	Financing rate (%)	Capital costs (\$/kW)			Capacity factor (%)			Fuel, CO ₂ and O&M (\$/MWh)			LCOE (\$/MWh)		
		All	2020	2030	2050	2020	2030	2050	2020	2030	2050	2020	2030
United States													
Nuclear	8.0	5 000	4 800	4 500	90	80	75	30	30	30	105	110	110
Coal	8.0	2 100	2 100	2 100	20	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	90	170	235	220	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>
Gas CCGT	8.0	1 000	1 000	1 000	55	25	<i>n.a.</i>	50	80	105	70	125	<i>n.a.</i>
Solar PV	3.7	1 140	620	420	21	22	23	10	10	10	50	30	20
Wind onshore	3.7	1 540	1 420	1 320	42	43	44	10	10	10	35	35	30
Wind offshore	4.5	4 040	2 080	1 480	42	46	48	35	20	15	115	60	40
European Union													
Nuclear	8.0	6 600	5 100	4 500	75	75	70	35	35	35	150	120	115
Coal	8.0	2 000	2 000	2 000	20	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	120	205	275	250	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>
Gas CCGT	8.0	1 000	1 000	1 000	40	20	<i>n.a.</i>	65	95	120	100	150	<i>n.a.</i>
Solar PV	3.2	790	460	340	13	14	14	10	10	10	55	35	25
Wind onshore	3.2	1 540	1 420	1 300	29	30	31	15	15	15	55	45	40
Wind offshore	4.0	3 600	2 020	1 420	51	56	59	15	10	5	75	40	25
China													
Nuclear	7.0	2 800	2 800	2 500	80	80	80	25	25	25	65	65	60
Coal	7.0	800	800	800	60	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	75	135	195	90	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>
Gas CCGT	7.0	560	560	560	45	35	<i>n.a.</i>	75	100	120	90	115	<i>n.a.</i>
Solar PV	3.5	750	400	280	17	18	19	10	5	5	40	25	15
Wind onshore	3.5	1 220	1 120	1 040	26	27	27	15	10	10	45	40	40
Wind offshore	4.3	2 840	1 560	1 000	34	41	43	25	15	10	95	45	30
India													
Nuclear	7.0	2 800	2 800	2 800	70	70	70	30	30	30	75	75	75
Coal	7.0	1 200	1 200	1 200	50	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	35	50	75	65	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>
Gas CCGT	7.0	700	700	700	55	50	<i>n.a.</i>	45	45	50	55	60	<i>n.a.</i>
Solar PV	5.8	580	310	220	20	21	21	5	5	5	35	20	15
Wind onshore	5.8	1 040	980	940	26	28	29	10	10	10	50	45	40
Wind offshore	6.6	2 980	1 680	1 180	32	37	38	25	15	10	130	70	45

Notes: O&M = operation and maintenance; LCOE = levelised cost of electricity; kW = kilowatt; MWh = megawatt-hour; CCGT = combined-cycle gas turbine; *n.a.* = not applicable. Cost components and LCOE figures are rounded.

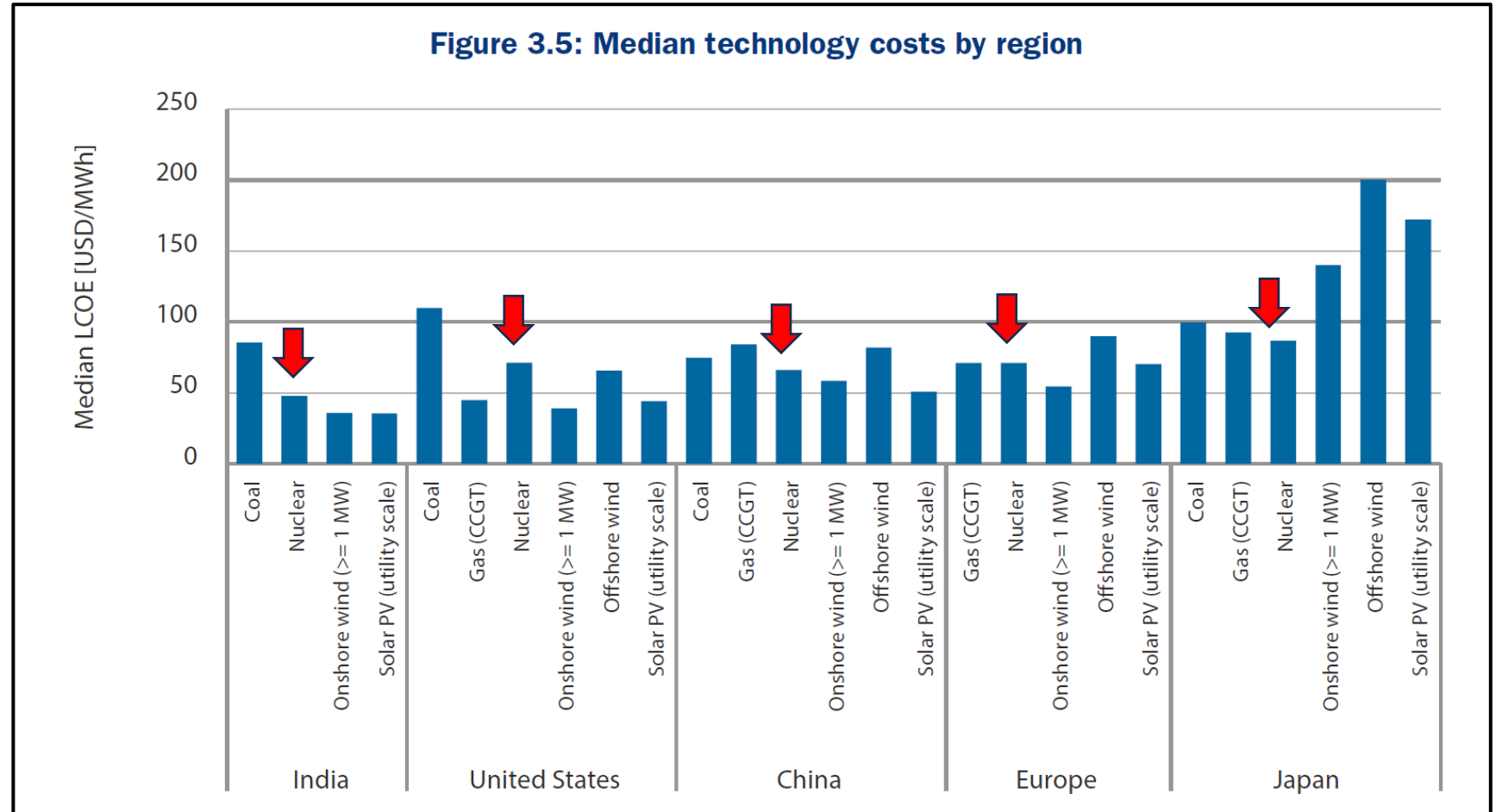
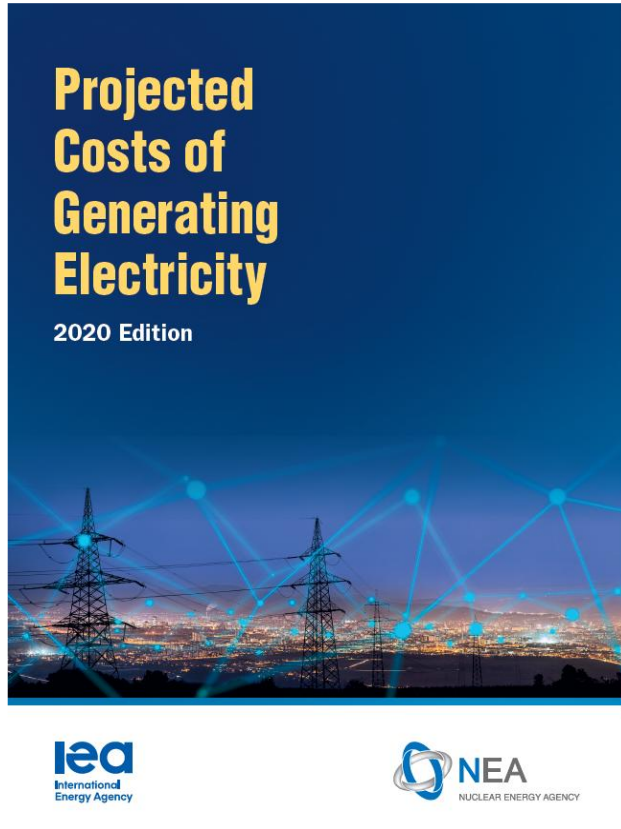
Sources: IEA analysis; IRENA Renewable Costing Alliance; IRENA (2020).

歐盟各種能源發電成本之比較



資料來源：IEA, 2021, 《Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach》

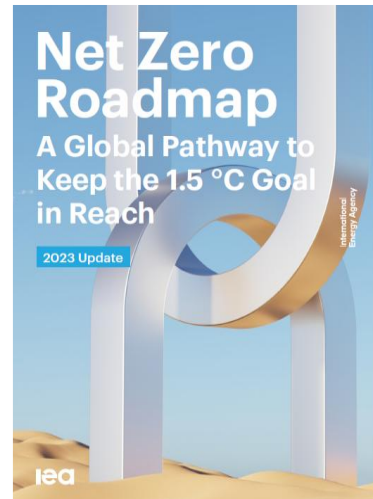
因地有異



核電是達成淨零的主要能源？

2050淨零碳排情境下，
2050全球發電量占比：
再生能源占89%、核電
只占8%。

有人認為「沒有核電 2050淨零是笑話」，甚至因為挺核能而貶抑再生能源在淨零排放的角色，甚至建議政府別浪費土地發展風電。IEA的報告卻指出…… 2050淨零，核電的重要性遠遠低於再生能源！



	Net Zero Emissions by 2050 Scenario (TWh)							Shares (%)			CAAGR (%) 2022 to:	
	2010	2021	2022	2030	2035	2040	2050	2022	2030	2050	2030	2050
Total generation	21 533	28 346	29 033	38 207	47 427	59 111	76 838	100	100	100	3.5	3.5
Renewables	4 209	7 964	8 599	22 532	36 739	50 459	68 430	30	59	89	13	7.7
Solar PV	32	1 023	1 291	8 177	15 439	22 241	31 237	4	21	41	26	12
Wind	342	1 865	2 125	7 070	11 923	16 826	23 442	7	19	31	16	9.0
Hydro	3 456	4 299	4 378	5 507	6 530	7 435	8 225	15	14	11	2.9	2.3
Bioenergy	309	666	687	1 313	1 885	2 396	3 056	2	3	4	8.4	5.5
of which BECCS	-	-	-	65	300	471	644	-	0	1	n.a.	n.a.
CSP	2	15	16	139	414	831	1 486	0	0	2	31	18
Geothermal	68	96	101	306	508	662	862	0	1	1	15	7.9
Marine	1	1	1	19	39	67	123	0	0	0	44	19
Nuclear	2 756	2 810	2 682	3 936	4 952	5 583	6 015	9	10	8	4.9	2.9
Hydrogen and ammonia	-	-	-	373	745	1 028	1 161	-	1	2	n.a.	n.a.
Fossil fuels with CCUS	-	1	1	220	681	847	996	0	1	1	105	30
Coal with CCUS	-	1	1	156	455	547	644	0	0	1	97	28
Natural gas with CCUS	-	-	-	64	226	301	353	-	0	0	n.a.	n.a.
Unabated fossil fuels	14 479	17 456	17 636	11 066	4 241	1 121	158	61	29	0	-5.7	-15
Coal	8 669	10 247	10 427	4 988	1 379	-	-	36	13	-	-8.8	n.a.
Natural gas	4 847	6 526	6 500	5 943	2 834	1 119	158	22	16	0	-1.1	-12
Oil	963	683	709	135	28	2	1	2	0	0	-19	-23

PART II

為維持供電穩定，在安全無虞的前提下，我國核電廠延役或重啟是否具有可行性？

延役與核安、核廢料、耐震

修法沒收核安

- 安全無虞是核電廠運作的基本要件，更是討論老舊核電廠延役或重啟的前提，但檢視目前所提出的修法版本，幾乎都要將原條文中的「應於主管機關規定之期限內申請換發執照」予以刪除或模糊化。無視現有規定：「經營者應於執照有效期間屆滿前五年至十五年，填具核子反應器設施運轉執照換照申請書，並檢附下列報告，報請主管機關審核：一、整體性老化評估及老化管理報告。二、時限老化分析報告。三、相關終期安全分析報告及運轉技術規範之增修內容。四、其他經主管機關指定並發布之事項。」
- 如果透過修法壓縮或沒收主管機關評估或審查老舊電廠延役或重啟風險所需時間，形同「修法沒收核安」，是否因此引發更多的核安風險疑慮？！

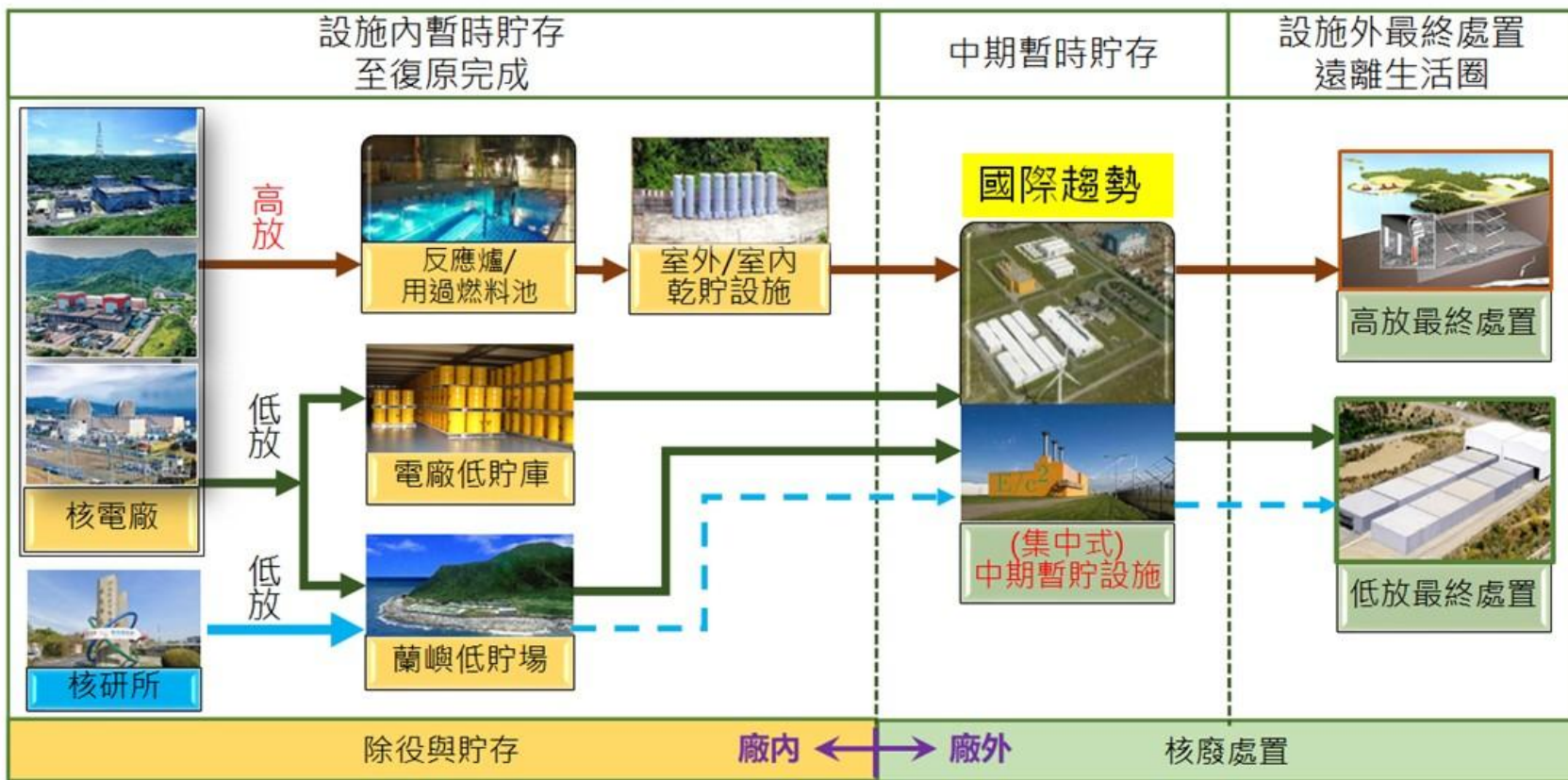
除了設施本身老化的問題外，核電廠是否延役，還應該考慮：

（1）營運期間所產生的核廢料有沒有能力處置？或是否已經妥善處置？（2）有沒有新發現足以影響核安的外部環境因子（例如，新發現廠址鄰近斷層帶）？

核廢料？耐震？

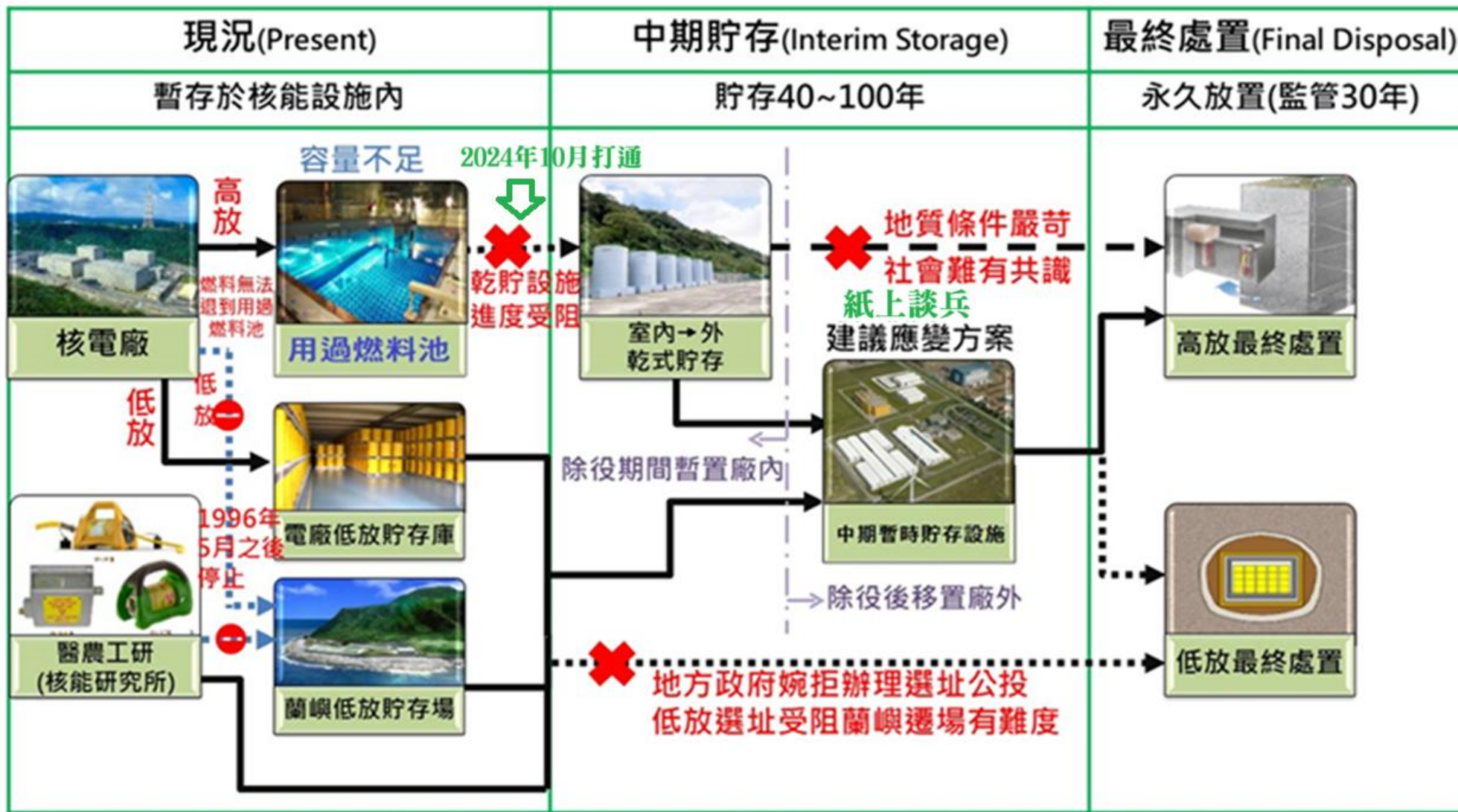
核廢料管理路徑規劃：條條大路通羅馬

我國核廢料管理規劃現況



低放監管要300年
高放監管要數十萬年

條條大路都有土石流，不知羅馬在哪裡



以大家熟悉的核一廠乾式貯存設施為例，從提案到第一束用過核子燃料放入乾式貯存設施就整整花了32年！不要說最終處置沒著落，新建議的替代方案「中期暫時貯放設施」也是遙遙無期！

低放射性廢棄物在哪裡~1996年之前

1996 之前



低放射性
廢棄物



檢整重裝後貯存
桶數100,277



小產源
放射性廢棄物

1982~1996



海洋投擲



蘭嶼低放貯存場



辦理低放射性廢棄物
的最終處置場的選址



低放射性廢棄物在哪裡~1997年之後

1997之後



低放射性
廢棄物



核能電廠低放射性廢棄物貯存現況表 (2024年11月) 單位: 桶 (55加侖)

廠別/種類	固化廢棄物	脫水樹脂	可燃性	可壓性	其他	合計
核一廠	9,161	6,812	6,334	11,758	9,907	43,972
核二廠	27,035	11,948	1,274	2,101	17,276	59,634
核三廠	3,038	2,375	1,564	1,798	1,360	10,135
合計	39,234	21,135	9,172	15,657	28,543	113,741

蘭嶼低放貯存場100,277



小產源
放射性廢棄物



替代方案：
中期暫存計畫

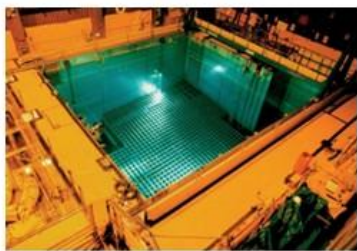


高放射性廢棄物：留廠暫置

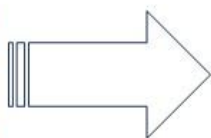


反應器及爐心

用過核子
燃料



用過燃料池



乾式貯存設施



替代方案：中期暫存計畫

核能電廠用過燃料池貯存容量與用過核子燃料貯存表統計至2024年11月20日

機組	商轉年	貯存容量 (束)	反應爐貯存 數量(束)	用過燃料池貯存 數量(束)	乾貯場貯存 數量(束)	總量 (束)	
核一	一號機	1978	3,083	316	2,962	112	6,874
	二號機	1979	3,083	408	3,076		
核二	一號機	1981	4,838	624	4,808	NL	10,868
	二號機	1983	4,838	624	4,812		
核三	一號機	1984	2,160	0	1,879	NL	3,785
	二號機	1985	2,160	157	1,749		
合計			20,162	1,972	19,479		21,527

**→→延役或重啟→→
產生更多核廢料，
債留子孫！**

與斷層為伍？

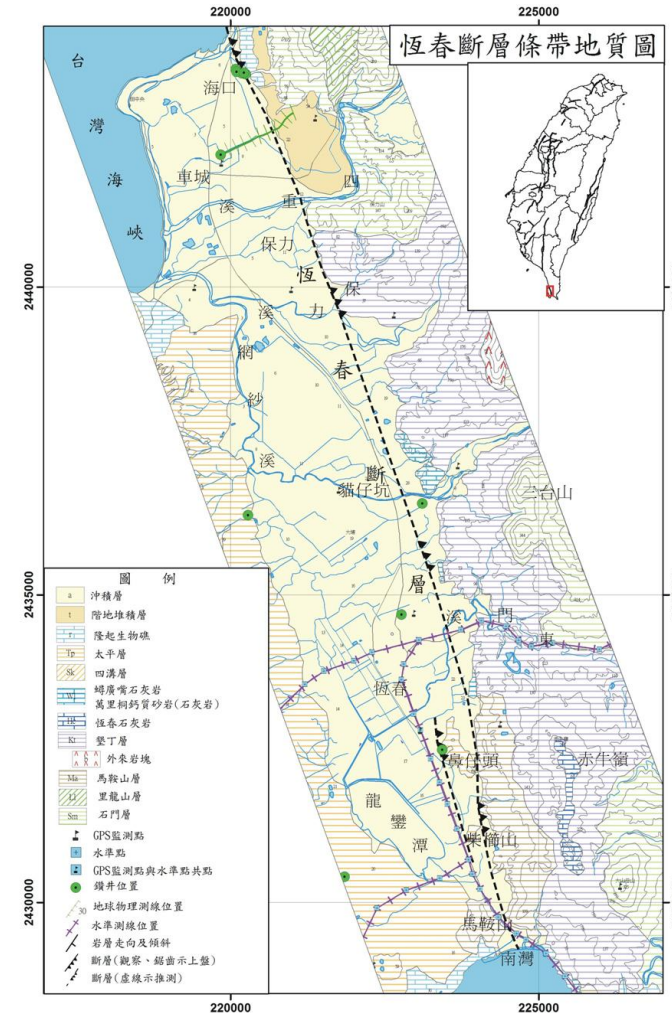
臺大地質系陳文山教授說：

- 首先，核一、二、三、四廠分別在1971年、1975年、1975年及1980年核准興建。興建之前的選址地質調查為何？其中最重要也是唯一的活動斷層調查是經由當時國科會、臺灣省地質調查所、美國原子能委員會與美國地質調查所聘請來台的美國地質學家柏尼刺，於1973年1月至2月期間為核能電廠地質安全進行全台活動斷層調查，並在1975年發表第一張臺灣活動斷層圖，顯示鄰近一與核二廠的山腳斷層以及鄰近核三廠的恆春斷層未被列為活動斷層。
- 臺灣的活動斷層是921地震之後，才進行全面實質的調查。此期間中央地質調查所認定的臺灣活動斷層經過三次修定，最近於2010年公告的臺灣活動斷層共33條，其中已經包括山腳斷層與恆春斷層，當時被認定屬於第二類活動斷層。2011年日本311核災，福島核電廠因地震引發海嘯導致嚴重核能事故，前立委田秋堇（現任監察委員）於2011年時立法院提出重啟核一、二、三、四廠的地質調查。台電也在之後開始針對山腳斷層與恆春斷層，以及鄰近核電廠海域的活動斷層進行調查，結果顯示山腳斷層與恆春斷層於數千年來曾經有活動的確切證據，依活動斷層定義，這兩條原屬於第二類活動斷層都應修訂為第一類。

核一、核二、核三廠位於活動斷層上，處於地震高風險，若真要延役，就必須重做更嚴謹的地質調查，並確實強化安全耐震係數。

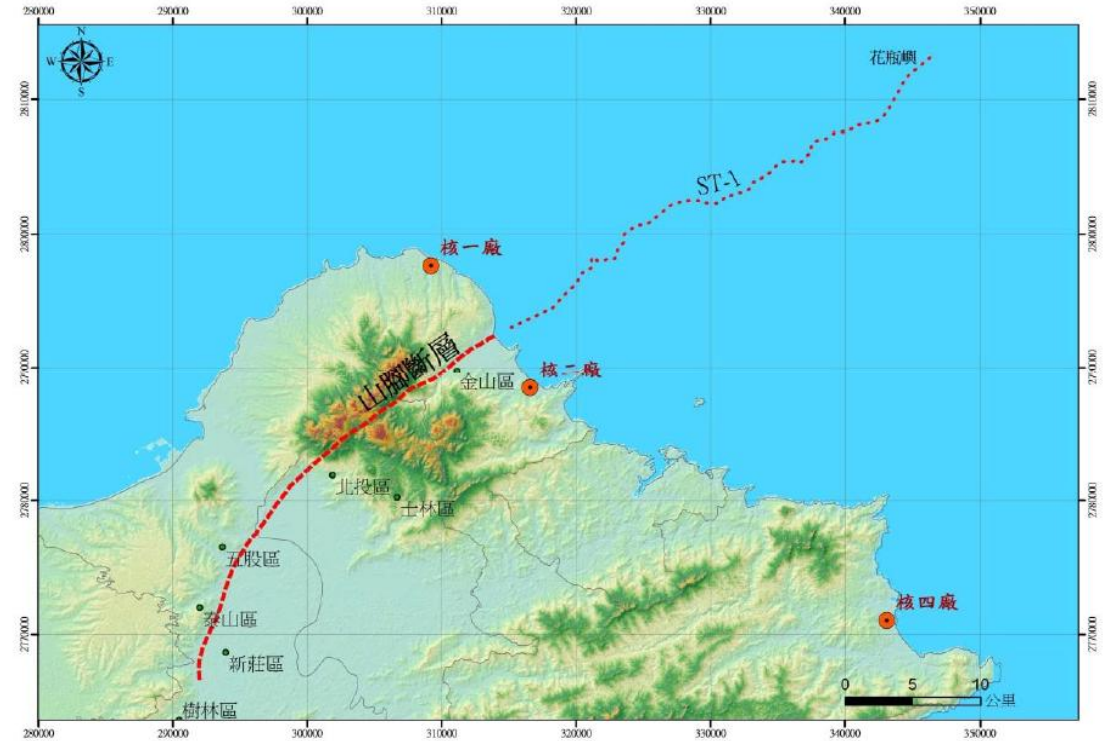


- 台大地質系教授陳文山表示，恆春斷層可能往北延伸至屏東楓港，長度可能達50公里以上；恆春可能發生的地震規模將超過7.1，如果震央在恆春斷層上，核三廠搖晃程度「一定超過核三廠耐震係數0.4g」。
- 台電發布新聞稿證實，地質調查顯示恆春斷層位於核三廠區外側，即屏鵝公路的山麓，離核島區（反應器廠房）約1.1公里。



- 921 大地震後，地質調查所於89 年出版的台灣活動斷層分布圖中首度將山腳斷層列為活動斷層，當時發表的斷層長度約11 公里，範圍從關渡附近向南延伸至新莊。之後經陸續調查，於96 年特刊中發表二萬五千分之一山腳斷層條帶地質圖，斷層分為2段，南段長約13公里，自樹林延伸至北投，北段長約21公里，由北投延伸至北海岸的金山，總長約34公里。根據目前調查資料，山腳斷層最近一萬年來並無明確的活動證據，屬於第2 類活動斷層。
核一廠距離山腳斷層約7 公里，核二廠距離山腳斷層約5 公里。

山腳斷層為台灣北部唯一的活動斷層，斷層自台北盆地西緣向東北延伸，經過大屯山區後到達金山海岸，陸域部分總長約34 公里。海域部分依目前台電公司的最新調查資料推測外海ST-I 線形向陸域的延伸可與山腳斷層相接，該線形在其海域調查範圍內長度至少40 公里，以此估算山腳斷層總長度至少74 公里，) ，但斷層向東北方海域的延伸範圍仍有待再進一步調查確認。



已知道蓋錯地點了，還要繼續僥倖延役二十年？

- 核電廠不是一般建築物，任何安全性設計都必須以發生最大災害的可能結果作為最嚴格的設計標準。如同福島核電廠一旦發生事故時，其輻射災害影響範圍可達數十公里至百公里，核一與二廠的輻射災害足以涵蓋大台北生活圈。百年來，臺灣共發生8次規模大於7的大地震，慶幸的是近67年以來僅有921地震規模為7.3，其它7次大地震都發生在1951年之前，也就是三座核電建廠前。過去四十幾年來，臺灣在三座核電廠緊鄰活動斷層，耐震設計係數過低的狀況之下安然度過，可說天佑臺灣。核一廠已到除役時間，核三將於2025年（民國一百十四年）除役，若這三座核電廠要再延役，是否再度將我們推到核安的高度風險之下？
- 很清楚的，以現在對於老舊核電地質狀況的了解，全都處在不適合的選址位置上，因此，三座老舊核電當然不該做出延役的決定，準時除役已是最低要求。對於以上如此具體的科學事證，民間與在地團體只能再次提醒，活動斷層是如何公投都搬不開的。面對活動斷層的巨大風險，現在明明已知道一開始就蓋錯地點了，難道還要再繼續僥倖延役二十年？

以前傻傻呆呆過日子
延役之後膽戰心驚過日子

北海岸的
夕陽很美
但
已近黃昏



放手吧

於梨華《又見棕櫚·又見棕櫚》：「包起來了的舊衣服，已經不能穿了，何必把它打開呢？」

PART III

我國對於能源科技研發的資源配置，核能科技是否為投入項目之一？

核能科技的投入

原子能科技研究範疇

- 我國關於原子能科學與技術的研究發展明定於五十七年五月九日制定公布的「原子能法」，當年成立的「行政院原子能委員會核能研究所（核研所）」，於2023年5月改制為「行政法人國家原子能科技研究院」，從「國家原子能科技研究院設置條例」來看，國家賦予原子能科技研究院的範疇涵蓋「核安與核後端」、「核醫製藥與民生輻射應用」、「新能源與跨領域系統整合」等三大科技領域。

■ 「非核家園」是原子能科技研究的新起點！

重點→新起點……

- 由於台灣既有三座核電廠皆已進入除役階段，核後端的相關的工作相當繁瑣，特別是數萬束高階核廢料及超過20萬桶低階核廢料的處置。
- 因此，「核後端」是原子能科技研究的新起點。從「核電的核安」轉到「中期暫時貯存場與最終處置場的核安」！「核醫製藥與民生輻射應用」、「新能源與跨領域系統整合」也是原子能科技研究可延伸的重點。