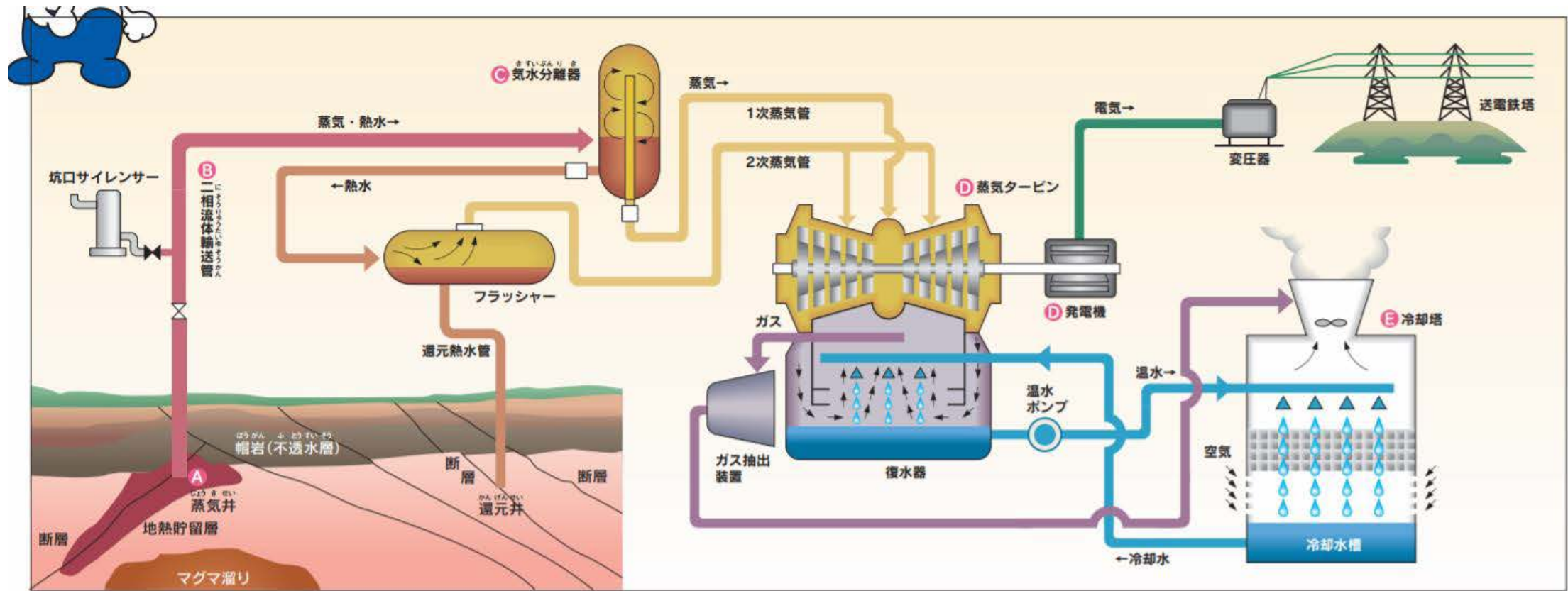


如今就當辦成這事。既有願作的心、也當照你們所有的去辦成。因為人若有願作的心、必蒙悅納、乃是照他所有的、並不是照他所無的。哥林多後書8:11-12

取代燃煤電廠的 N種可能—地熱能

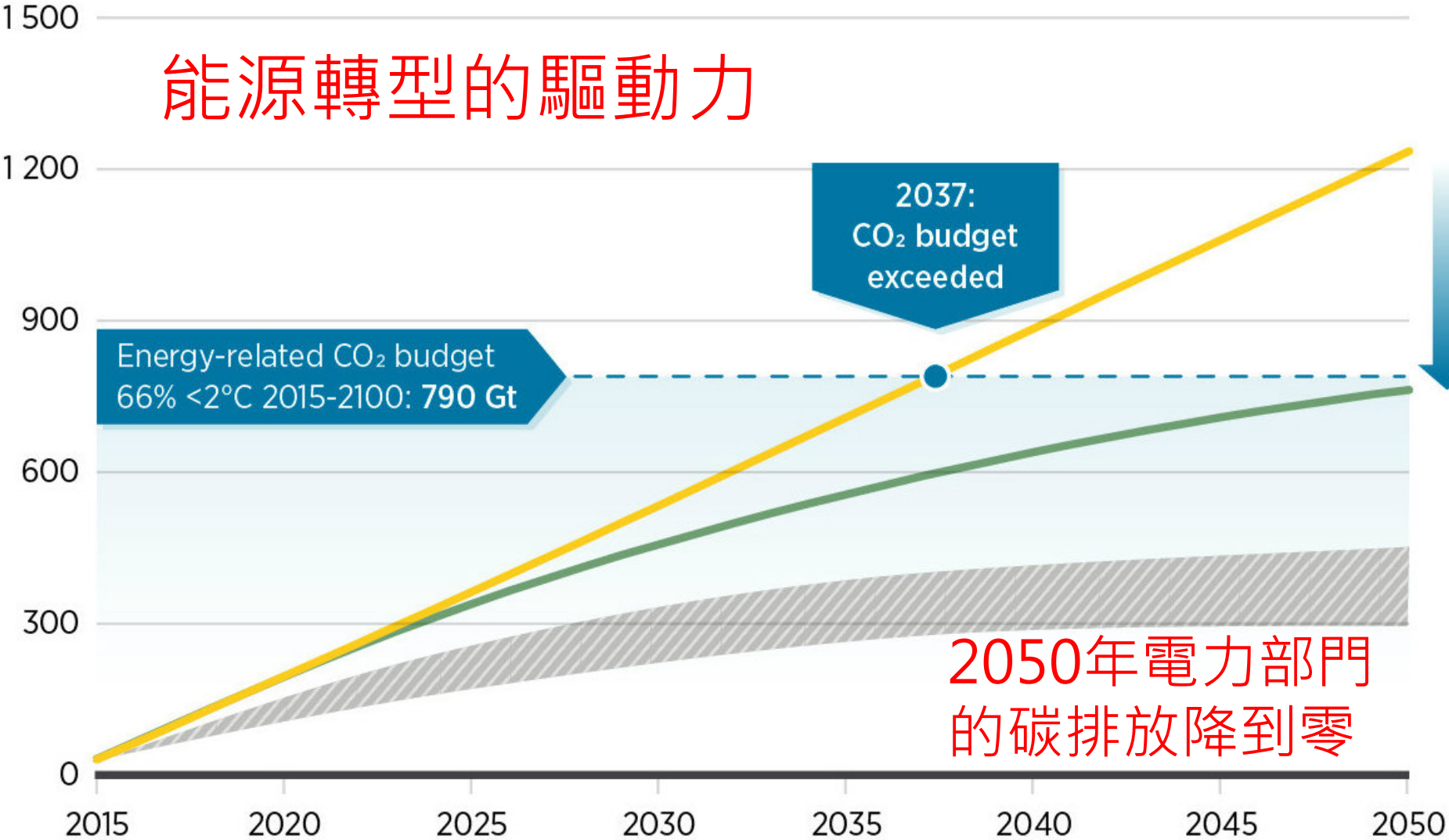
王守誠 / geothermalbni@gmail.com

台灣地熱資源發展協會
Taiwan Geothermal
Association



普遍型地熱系統(Conventional Geothermal System, CGS)，由生產井及回注井組成，井體深度從500公尺至5000公尺不等，適用於火山型地熱、裂隙型地熱、盆地型地熱，全世界99%以上的地熱發電屬於此類型，在國際上已發展超過50年，目前最老的地熱電廠已運轉超過100年。

Cumulative energy-related carbon emissions (Gt CO₂)



Reference Case: 2.6°C - 3.0°C
 Cumulative CO₂ by 2050: **1 230 Gt**
 Annual CO₂ in 2050: **34.8 Gt/yr**

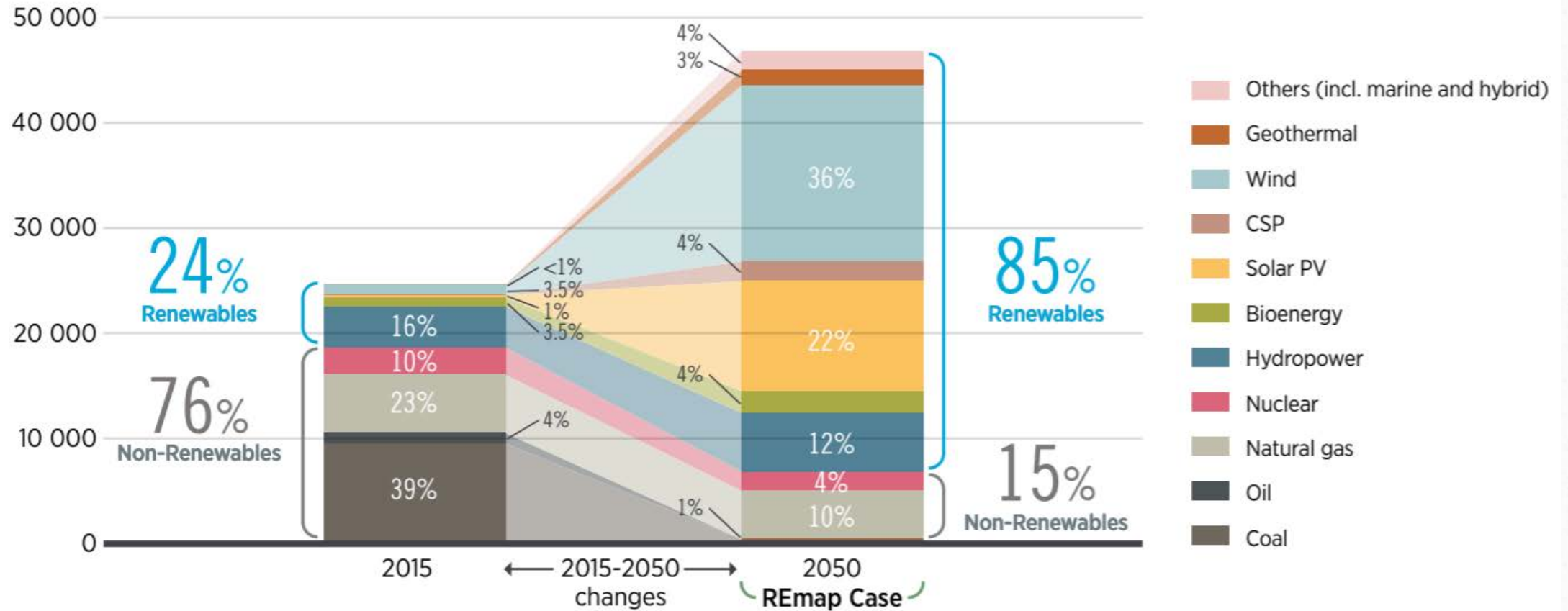
Reductions in REmap Case
 compared to Reference Case
 Cumulative by 2050: **-470 Gt**
 Annual in 2050: **-25.1 Gt/yr**

REmap Case: 66% <2°C
 Cumulative CO₂ by 2050: **760 Gt**
 Annual CO₂ in 2050: **9.7 Gt/yr**

50% 1.5°C
 Energy sector CO₂ budget:
 2015 - 2100: **300-450 Gt**
 Net annual CO₂ emissions
 in 2050: **0 Gt/yr**

Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050

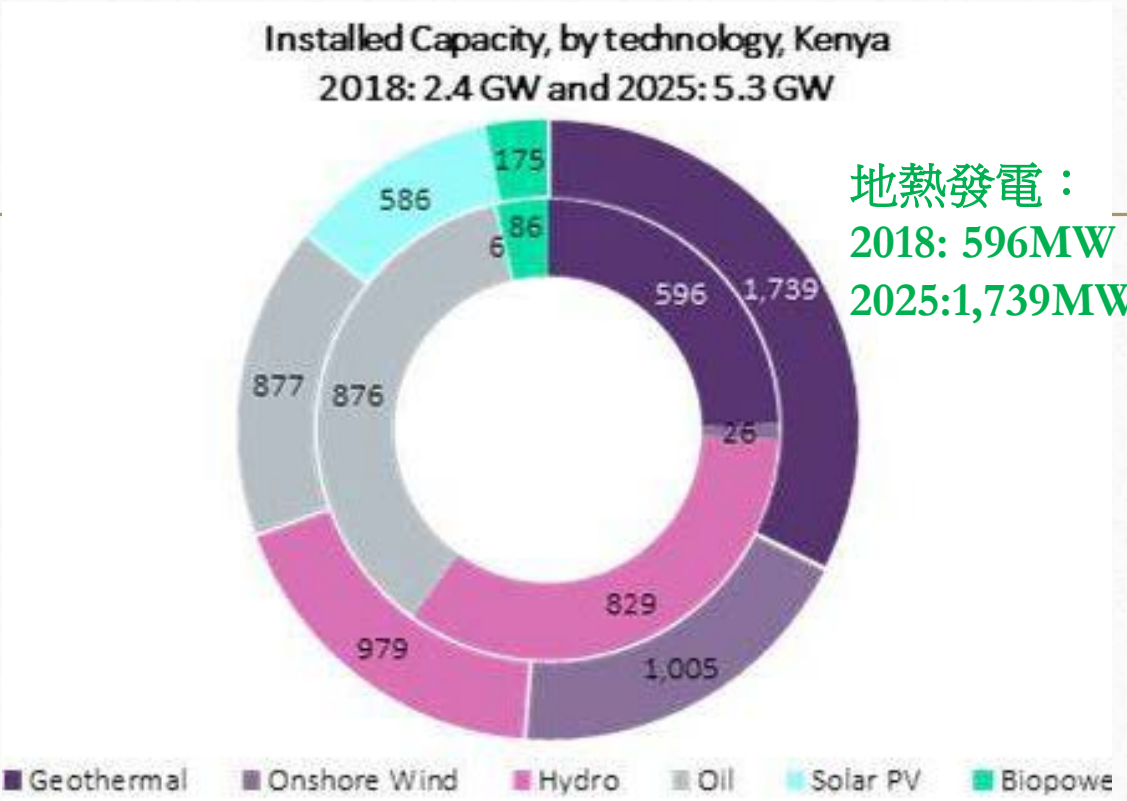
Electricity generation (TWh/yr)



地熱發電的能源比例將從0.5%增加至3%=>12GW→283GW (REmap 2050)

Gross power generation will almost double with renewable energy providing 85% of electricity.

台灣的能源政策已落後肯亞太多了...



地熱發電：
2018: 596MW
2025:1,739MW

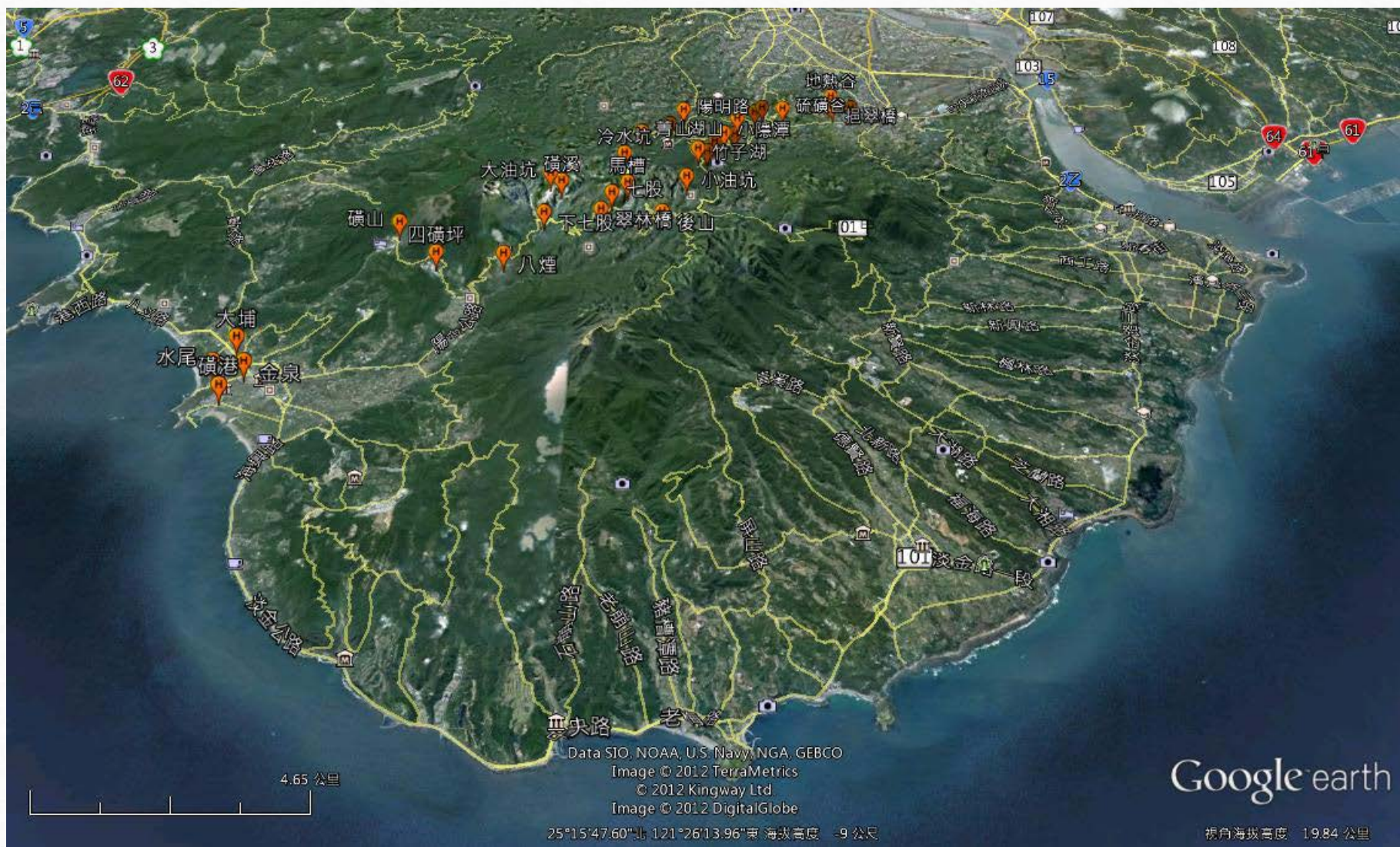
- 目前肯亞的地熱發電佔全國能源的45%。
- 2025年預計要展全國能源比例達55%。
- 至2030年開發之電源開發、自用發電均為可再生能源。

Kenya is betting big on geothermal installations, 31 JULY 2018

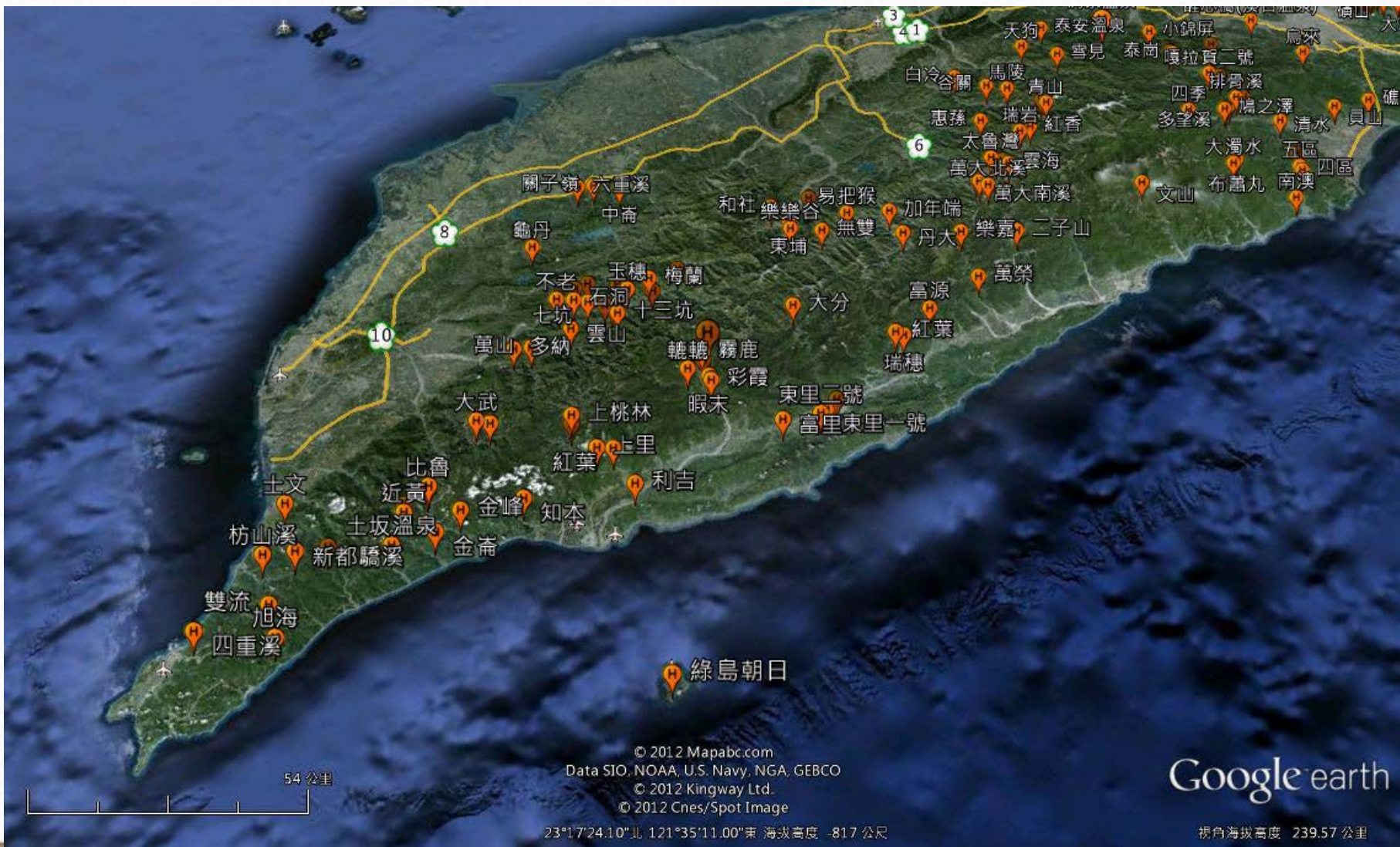


台灣擁有的地熱資源

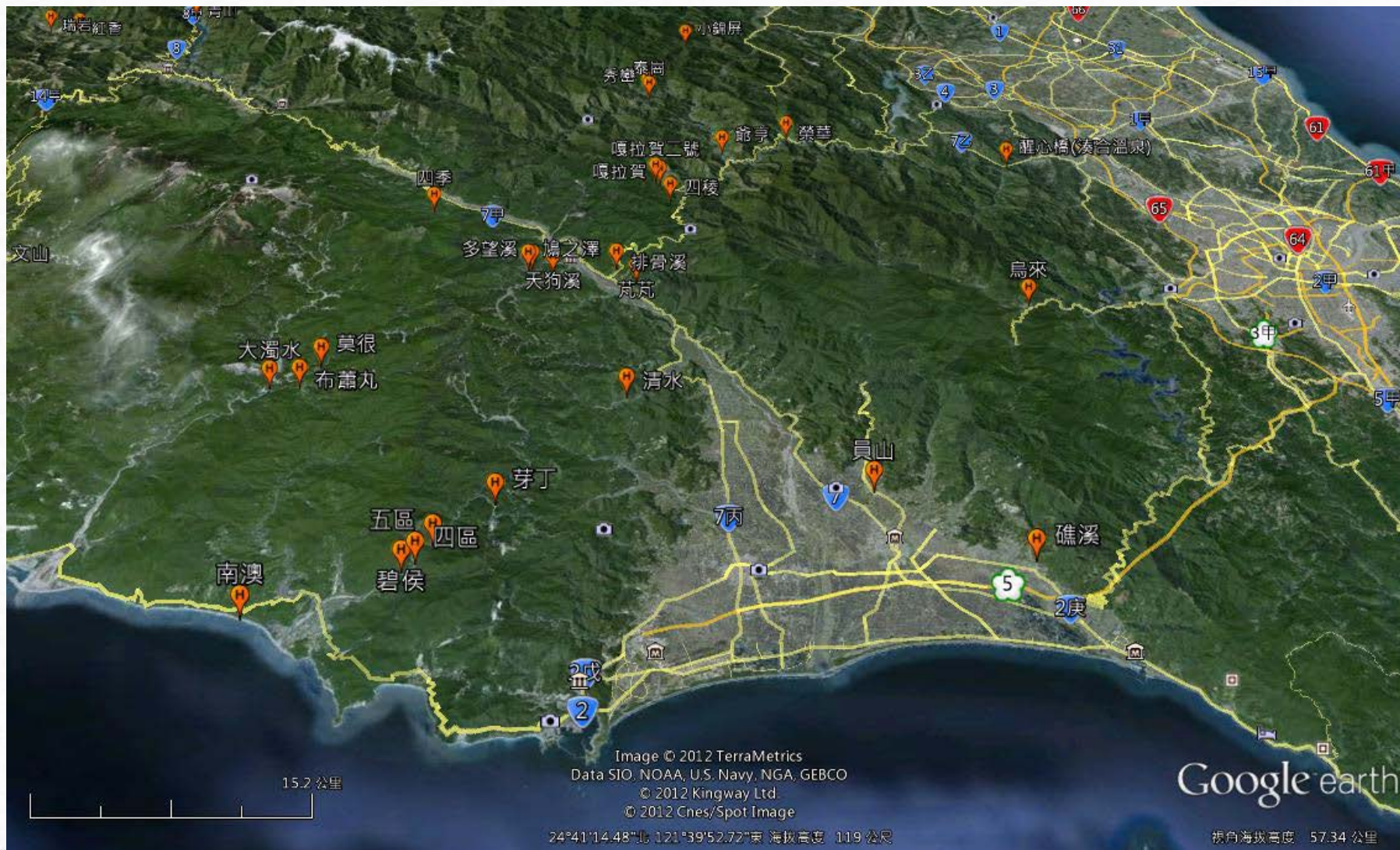
台灣地熱的分布特色-弧後張裂

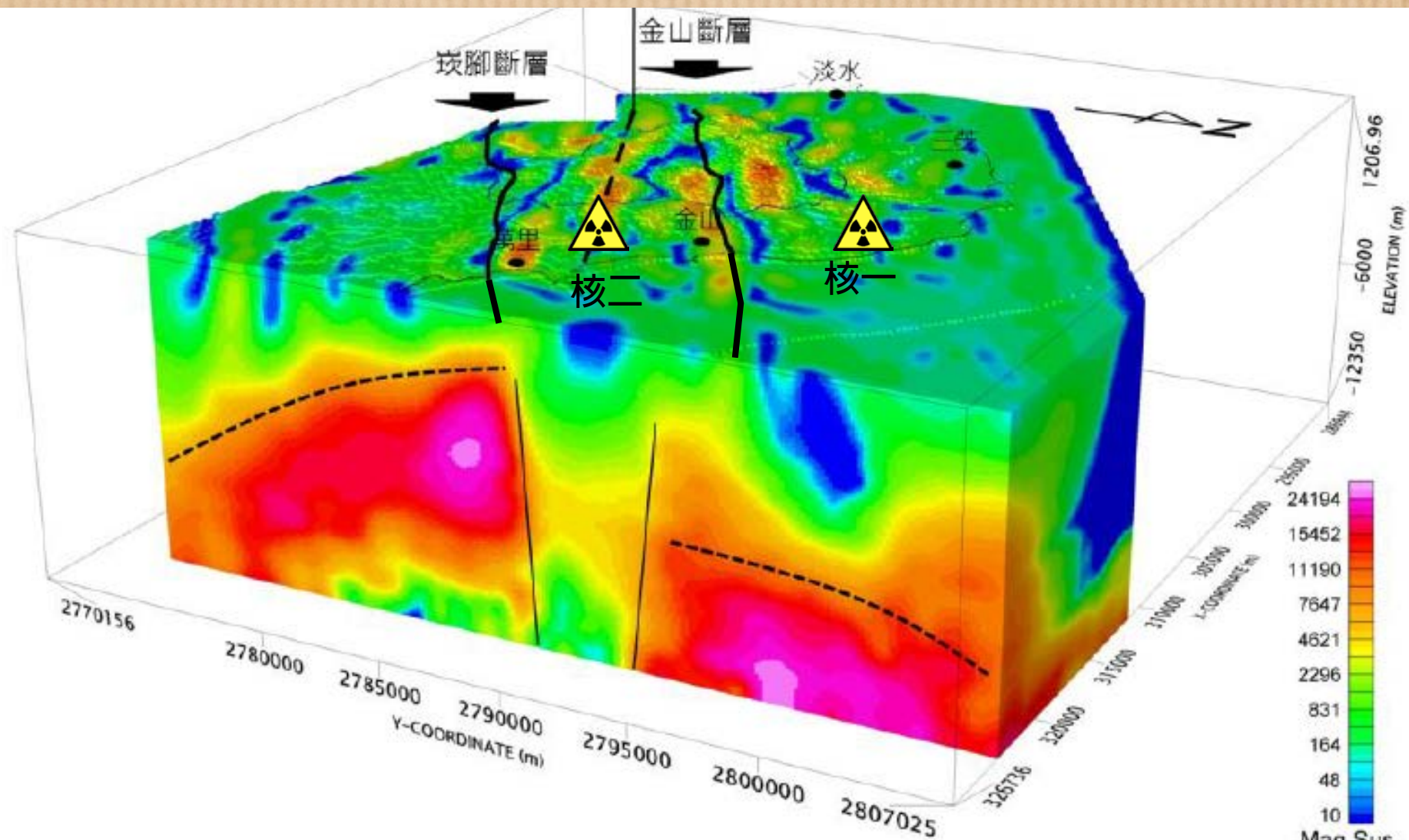


台灣地熱的分布特色-造山帶



台灣地熱的分布特色-張裂帶





三維深部磁力模型的低磁力異常區深入地下四公里，可能與地熱儲集層有關，地表斷層構造與熱液活動有密切關係。鄰近北海岸的核電廠。



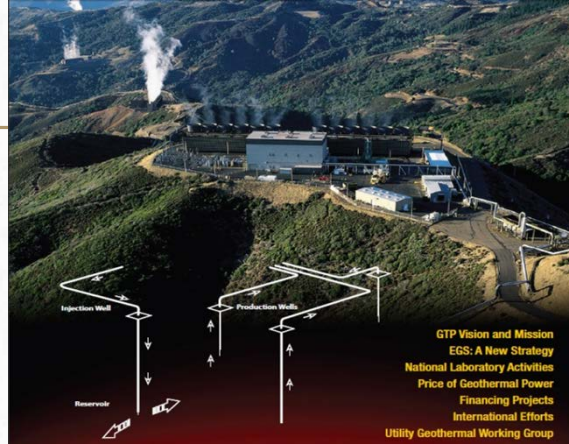
地熱資源開發的優點

國外案例- 地熱多功使用實例

地熱發電

SPA水療

阿拉斯加Chena 溫泉：因為溫泉地熱回收發電所獲得的利潤，帶動了新的發展，使Chena溫泉當年的旅客人數成長8.8%，而且未來仍有許多新的建設計畫在進行中。



溫泉觀光

區域供暖

水產養殖

溫室植栽



THE FOOTPRINT OF A PROJECT.

Acre for Acre
GeoEnergy project
footprints barely affect
other competing
interests like hiking,
farming, hunting, or
someone's backyard view.

LAND USE

BASED ON ACRES/1GW

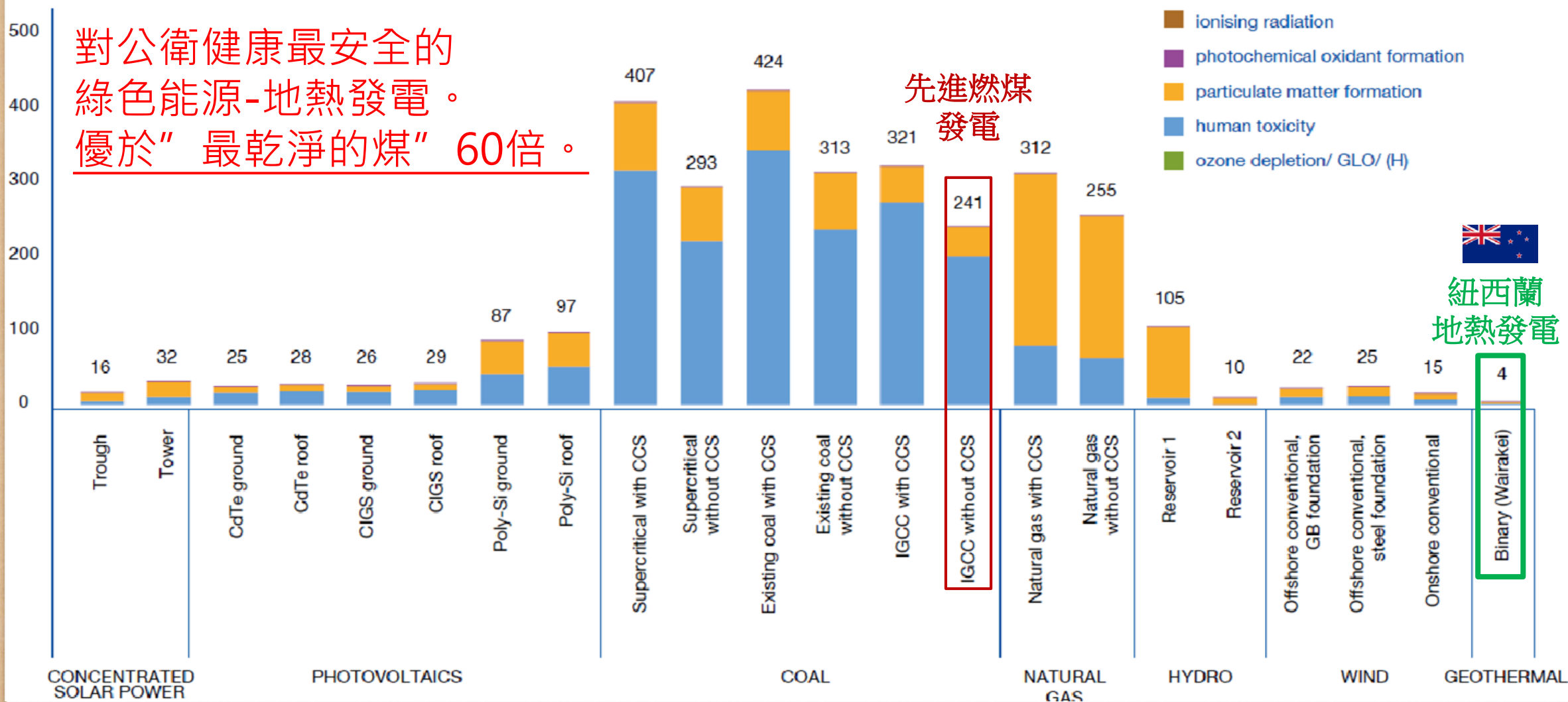
- SOLAR PV
- SOLAR CONCENTRATING
- WIND ONSHORE
- COAL
- GEOHERMAL



- 地熱發電
=> 紅色的小腳丫
- 燃煤發電
=> 深藍的中腳丫
- 離岸風電
=> 淺藍的中腳丫
- 太陽光電
=> 咖啡色的大腳丫

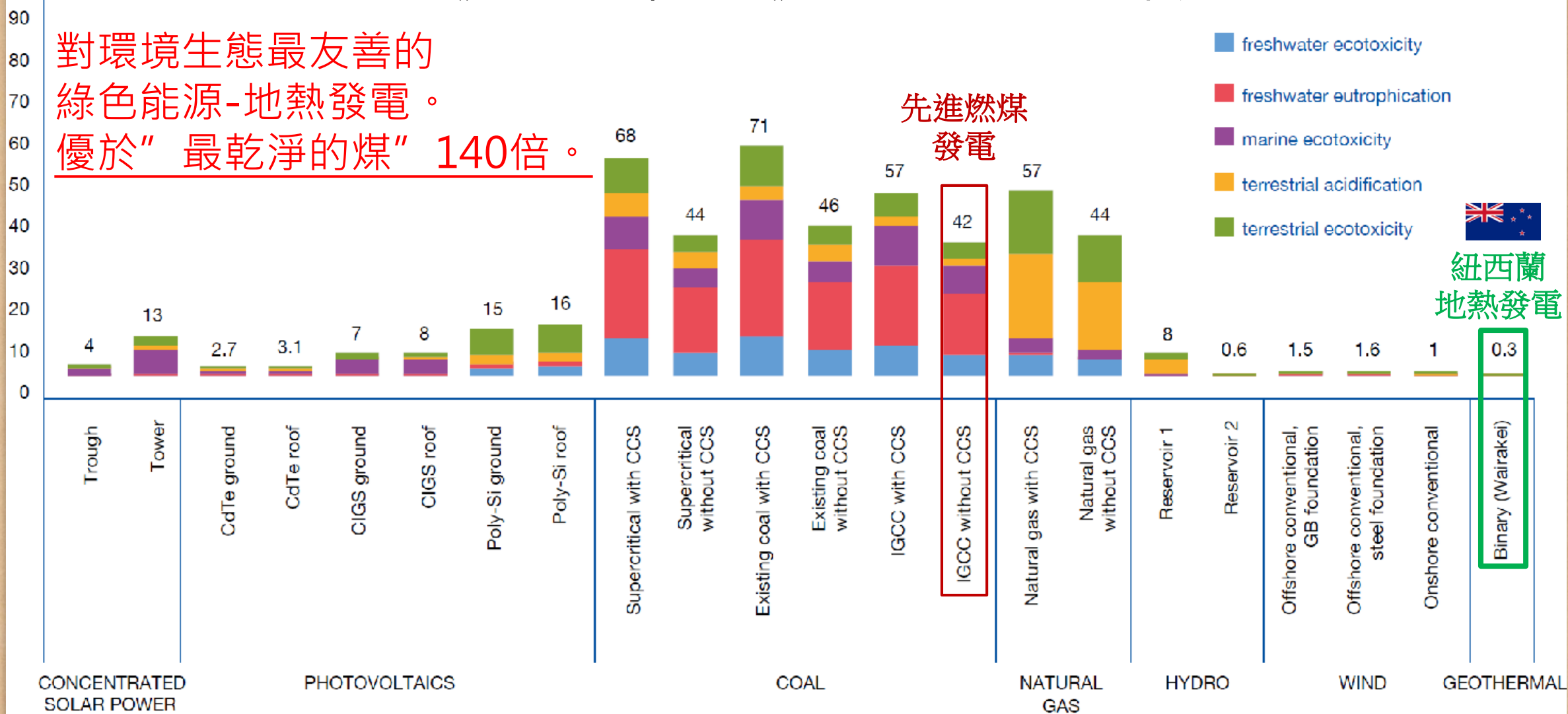
聯合國《綠能抉擇報告》對地熱發電的評價

對公衛健康最安全的
綠色能源-地熱發電。
優於“最乾淨的煤” 60倍。



聯合國《綠能抉擇報告》對地熱發電的評價

對環境生態最友善的
綠色能源-地熱發電。
優於“最乾淨的煤” 140倍。



燃煤發電

封閉循環
地熱發電

Table 8.1 Gaseous emissions from various power plants.

Plant type	CO ₂ kg/MWh	SO ₂ kg/MWh	NO _x kg/MWh	Particulates kg/MWh
Coal-fired	994	4.71	1.955	1.012
Oil-fired	758	5.44	1.814	N.A.
Gas-fired	550	0.0998	1.343	0.0635
Hydrothermal – flash-steam, liquid dominated	27.2	0.1588	0	0
Hydrothermal – The Geysers dry steam field	40.3	0.000098	0.000458	negligible
Hydrothermal – closed-loop binary	0	0	0	negligible
EPA average, all U.S. plants	631.6	2.734	1.343	N.A.

N.A. = not available

The Future of Geothermal Energy, 2006

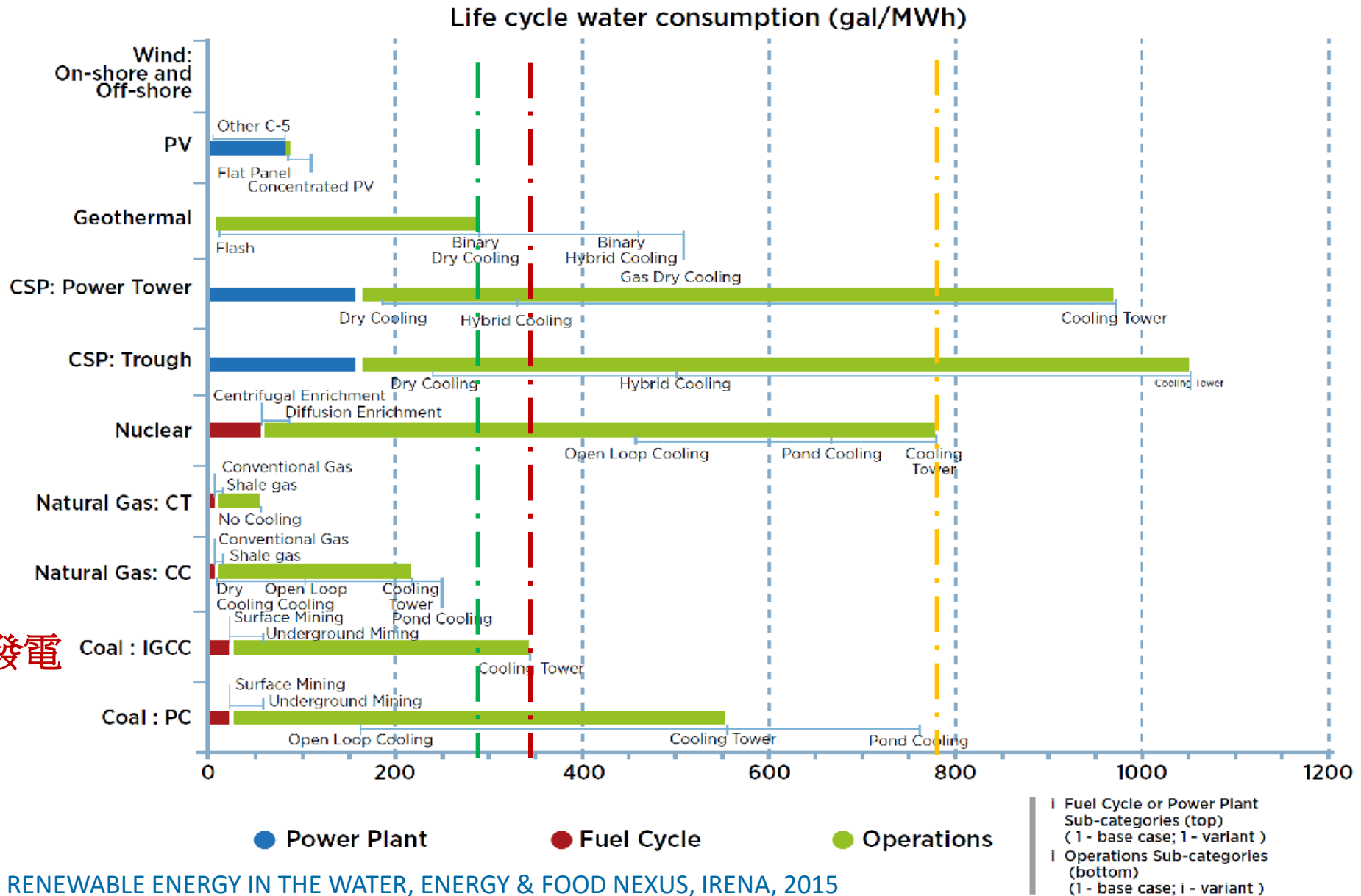


地熱電廠的水足跡小於燃煤電廠及核電廠：以冷卻水為主

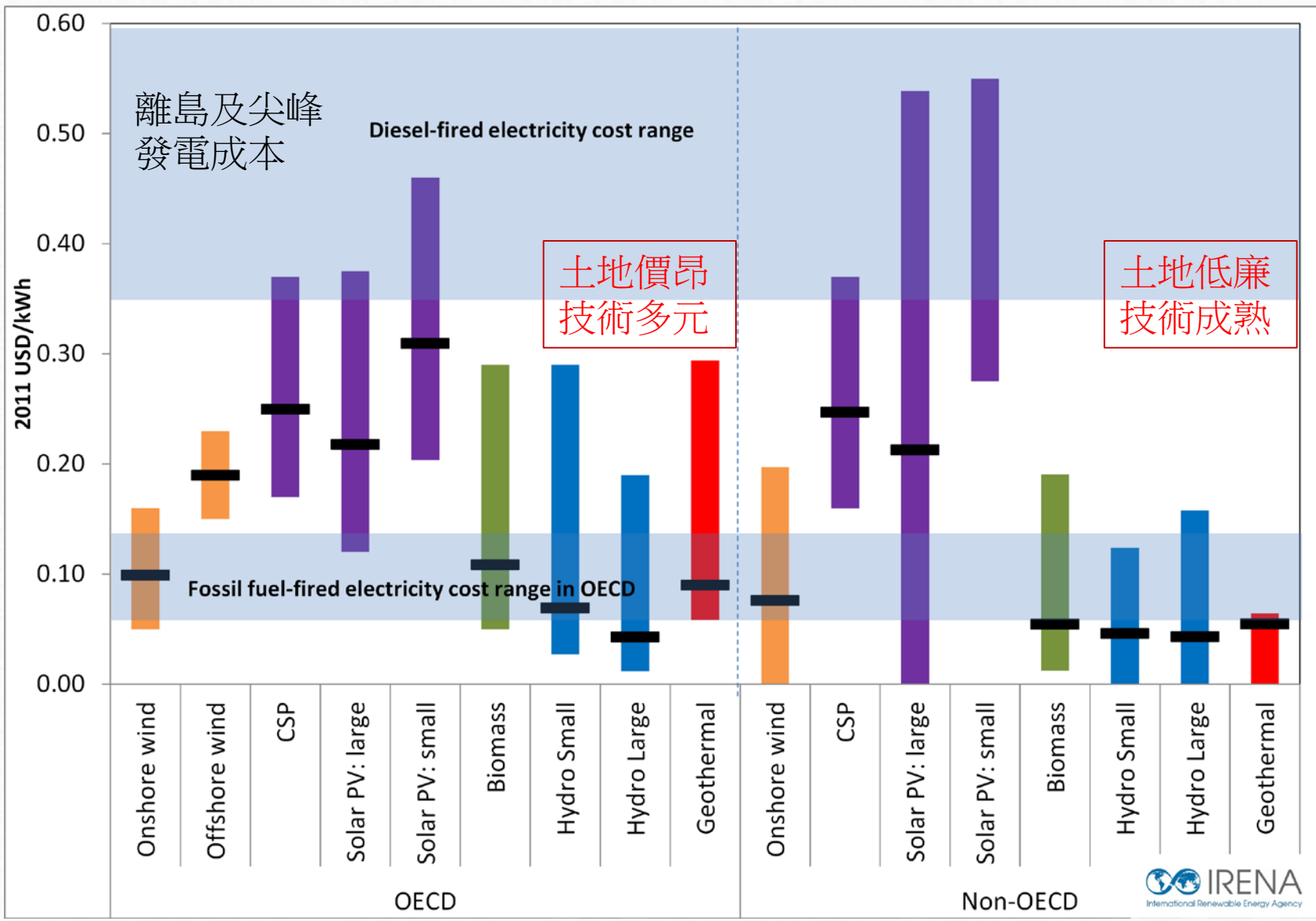
地熱發電

核能發電

先進燃煤發電



阻礙地熱資源的藉口



根據國際研究分析，探勘階段的風險較高，但在5口井之後，產能即可大幅提升。

政府部門僅根據2口探勘井評估地熱資源條件是欠缺科學思維。

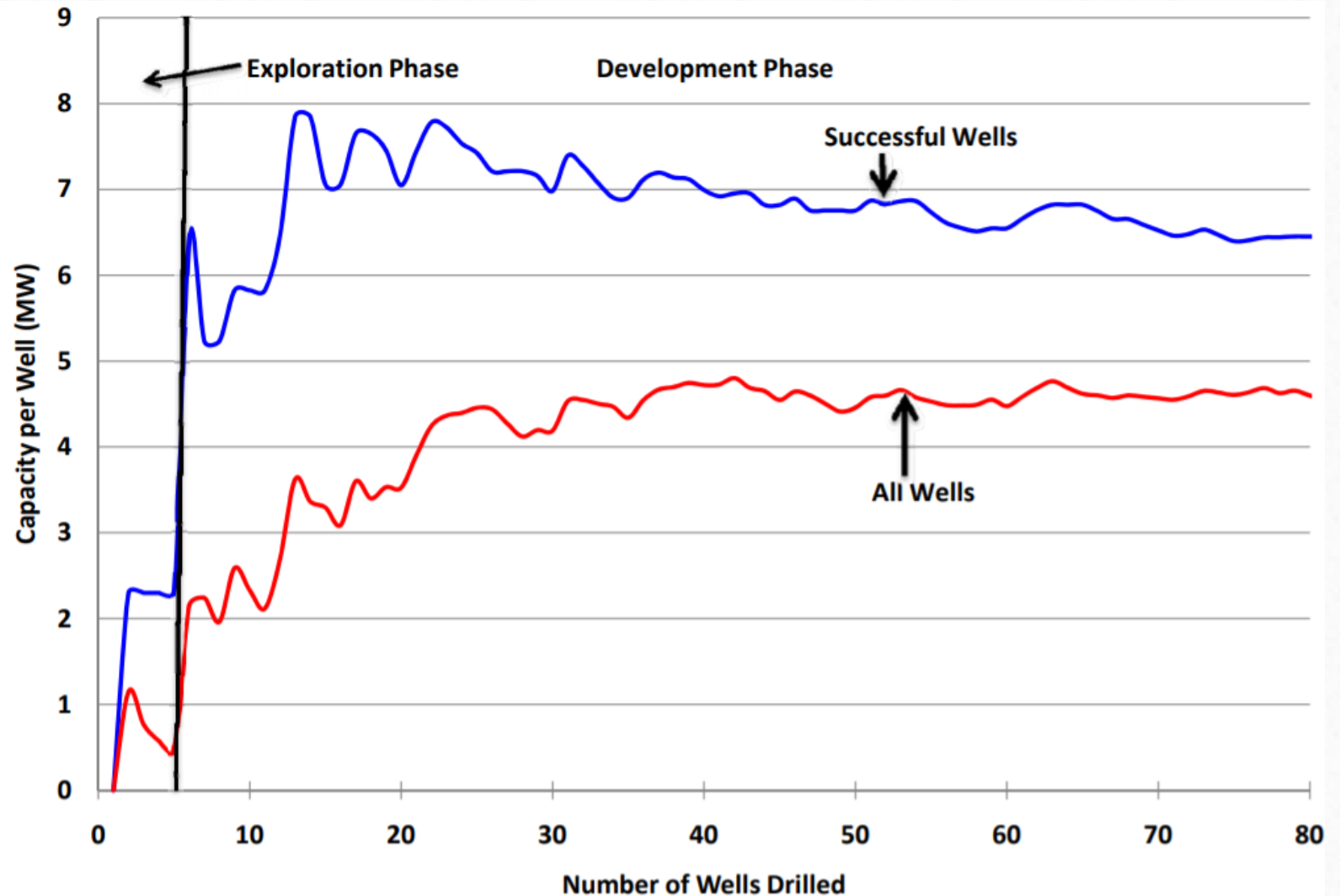


Figure 4. Average MW per Well vs. Number of Wells Drilled in Kamojang Field, Indonesia.

裝置容量擴充的條件



FLEXIBLE AND FAST INSTALLATION ALSO IN REMOTE AREAS:
DEEP DRILLING RIG TERRA INVADER 350/450 SLINGSHOT.

國際上一組鑽井隊每年約開發50 Mw的地熱發電規模。

=>必需重視專業人才培育，提升國內團隊專業能力。

國內仍缺乏高溫鑽井設備及經驗，且過度倚賴技術純熟、經驗豐富的鑽工。

=>必需更新技術，否則延宕地熱發展。

半自動化大幅節省鑽工人力 =>僅4人操作



土耳其 2014~2019年裝置約1000MWe地熱發電容量。2030年要達到4,000 MWe目標；
肯亞 2010~2019年裝置約400MWe地熱發電容量。2030年要達到5,000 Mwe目標。

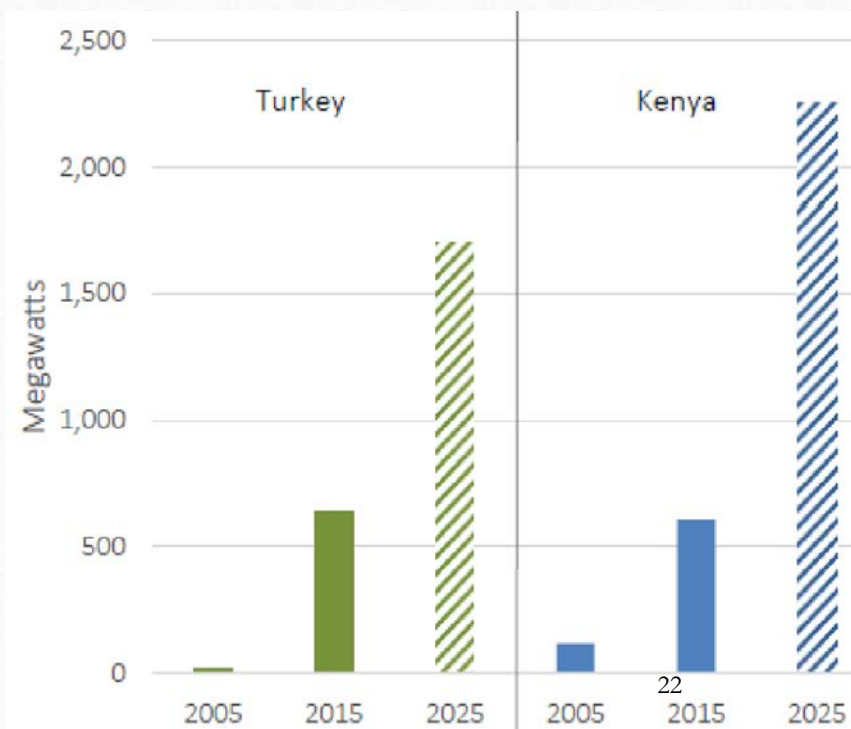
1. 合理目標：2025年600MWe (約900億台幣以上市場)

2. 臺灣可行的策略：

1. 向國際宣告地熱能源目標
2. 建立科學管理制度及法規(專區/專章)
3. 所有地熱工程均根據國際規格開放國際競標
4. 成立專業研究機構及人才培育中心

3. 預期結果：

- 1) 地熱發電成本10年內可降至0.1美元/度
- 2) 地熱成為「能源轉型」關鍵的基載能源





「繼續拖延、折衷和自我安慰式的權宜之計的時代已經接近尾聲，取得代之的，我們將開始生活於其後果之中。」-邱吉爾 1936

“The Era of Procrastination, of Half-Measures, of Soothing and Baffling Expedients, of Delays, is Coming to its Close. In its Place We are Entering a Period of Consequences.”
Sr. Winston Churchill Nov. 21, 1936

肯亞地熱電廠的藍湖