

溫室氣體排放缺口報告

【摘要】

由技術觀點來看，溫室氣體全球排放缺口仍然是有可能彌平的。問題在於要能夠整合目前國家排放減量承諾與方案充分落實、推動最有效的國際合作計畫，以及各國在排放減量額外的努力。這一版排放缺口報告中，增列農業部門排放減量與促進食品生產永續性方案。對於一些行之有效的節能減碳政策措施，尚未採用的國家若能擴大推行，應可協助彌平「排放缺口」。

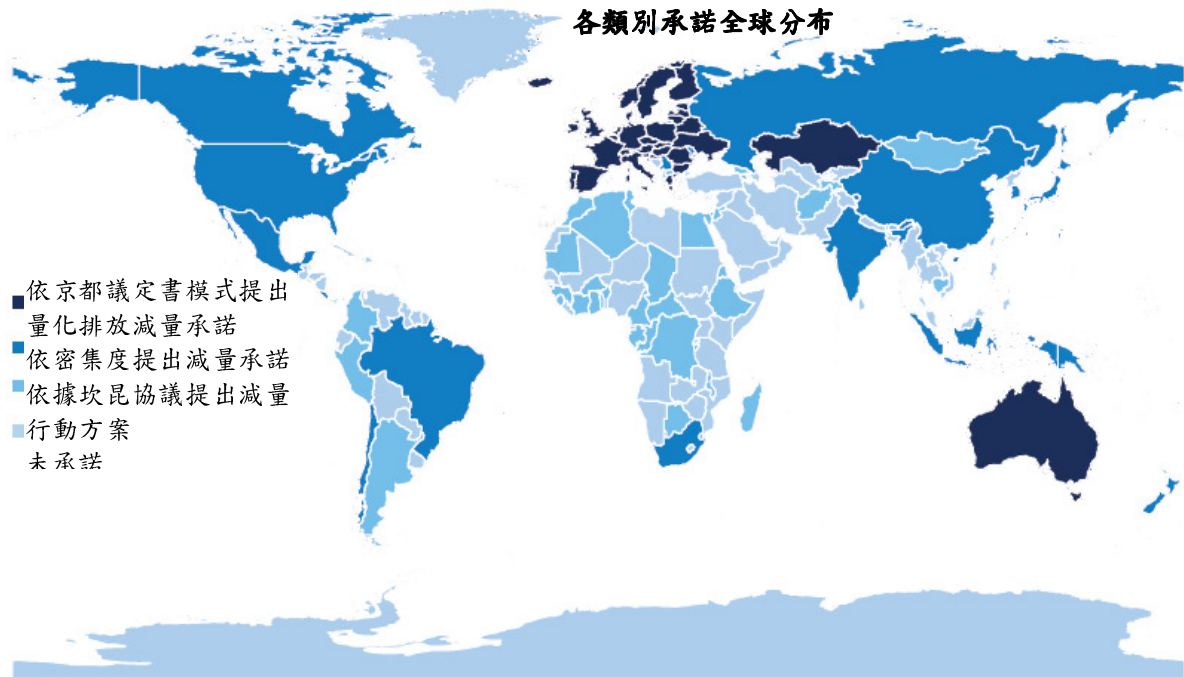
然而排放減量所遭遇的挑戰，不在於技術與政策，而是在政治意願；政策推動的步調就是不來勁。如今已經有許多有效且可行的排放減量技術，而且也有許多設計完整的政策可用來執行排放減量技術，但執行政策、落實方案的意願薄弱。若政治意願持續怠惰，就要付出代價：面對 2020 年排放缺口持續擴大，挑戰將更難克服，而且成本也更高。因此，這一版排放缺口分析的報告，是對加強政治意願的呼求。

關鍵字：攝氏2度目標(2°C Target)；排放缺口(Emissions Gap)；排放減量(Emission Reductions)

溫室氣體排放缺口報告

壹、國際溫室氣體排放減量承諾

京都議定書於 2012 年底到期，其後至 2020 年過渡期間，各締約國相關承諾情況如下圖：



資料來源：UNEP (2013), The Emissions Gap Report 2013: A UNEP Synthesis Report, United Nations Environment Programme, November 2013.

圖 1、各類別承諾全球分布情形

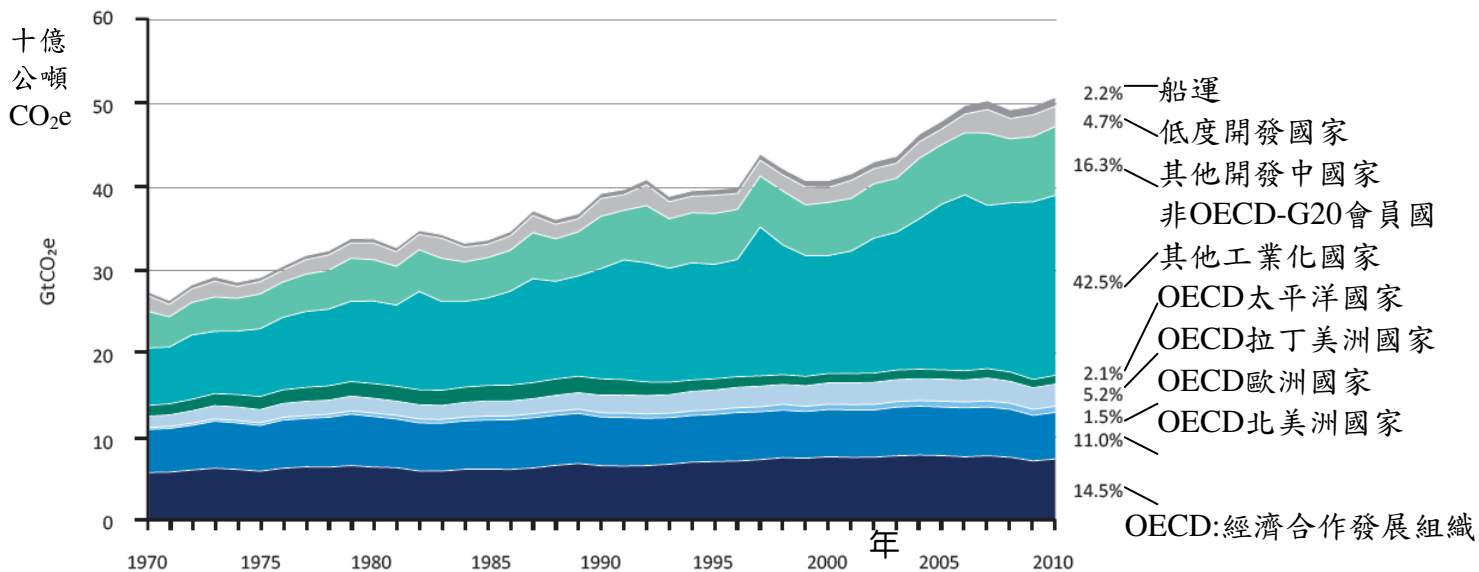
由於排放減量承諾普遍缺乏積極性，在 2013 年的第四版「排放缺口(Emissions Gap)」綜合報告指出，要在 2020 年限制全球暖化幅度 2°C 的目標愈來愈遙遠，除非大力推廣高成本的碳捕集與封存科技。若無其他具體作為(BaU 情境)，全球溫室氣體排放量至 2020 年將達 590 億公噸二氧化碳當量(CO₂e)，比 2012 年估計的多 10 億公噸 CO₂e。即使各國落實既有排放減量承諾，每年總共可減 30 億~70 億公噸 CO₂e，比預期 440 億公噸 CO₂e 總排放量還多 80 億~120 億公噸 CO₂e。彌補缺口仍然是技術可行，成本約每公噸二氧化碳當量 50~100 美元。如果不立即採取實際行動，未來排放減量幅度擴大，成本也將

增高。針對總排放量占全球排放量 72% 的 13 國減量承諾分析，美國、加拿大、日本與墨西哥都應進一步落實減量方案。該報告認為，有必要加強對國家減量承諾進行更嚴格的檢驗，以降低評估的不確定性。

貳、排放缺口與彌補方式

1. 目前全球排放量是多少？

依據 2010 年由下而上的排放量盤查資料估計，全球排放量約為 501 億公噸 CO₂e (由 95% 信賴區間的 456 億公噸~546 億公噸)，比 2020 年容許值 440 億公噸 CO₂e (380 億公噸~470 億公噸) 多 14%。由於模型模擬團隊採用 488 億公噸 CO₂e 為 2010 年排放中間值，該報告以此數值為分析參考基準。開發中國家排放占比在 1990~1999 年間維持穩定，但自 2000 年至 2010 年由 48.2% 增加為 59.1%。就 1850~2010 年期間整體累積排放量比較，已開發國家與開發中國家已接近相等。排放量變化趨勢如圖 2 所示。



資料來源：UNEP (2013), The Emissions Gap Report 2013: A UNEP Synthesis Report,
United Nations Environment Programme, November 2013.

圖 2、各集團於 1970~2010 年期間排放量變化趨勢

2. 預估在2020年的排放量是多少？

依據既有的排放減量承諾，估計 2020 年的排放量為 590 億公噸 CO₂e(範圍在 560 億公噸至 600 億公噸 CO₂e 之間)，這比 2012 年報告的估計多 10 億公噸 CO₂e。調查結果顯示，若提出承諾國家能澈底實現排放減量，將使 2020 年排放量較無作為(Business as Usual, BaU)情境的水準大幅降低 30 億公噸~70 億公噸 CO₂e。依據既有 13 個提出承諾國家排放減量目標的檢驗，顯示澳大利亞、中國大陸、歐盟、印度、俄羅斯這 5 個國家是符合進度的；而加拿大、日本、墨西哥、美國這 4 個國家是落後進度的；南韓則須要額外努力。至於巴西、印尼、南非這 3 個國家，所提供資料不足，無法據以分析。

3.在2020年的最新排放缺口是多少？

若既有的排放減量承諾都能落實，估計2020年的排放缺口為每年80億公噸~120億公噸CO₂e。若為進一步達到暖化幅度不超過1.5°C，2020年容許值為370億公噸~440億公噸CO₂e，排放缺口還會再增加20億公噸~50億公噸CO₂e。分析得到4種組合假設狀況於2020年的全球排放量，如表1所示；4種組合假設狀況於2020年的排放減量缺口如圖5所示。

表1、4種組合假設狀況於2020年的全球排放量(BaU情境排放量為590億公噸CO₂e)

狀況	狀況說明	2020年全球年均排放量	可能變化範圍	預估年減量	預估排放缺口
1	無條件承諾、寬鬆的法規	560億公噸CO ₂ e	540-560億公噸CO ₂ e	30億公噸CO ₂ e	120億公噸CO ₂ e
2	無條件承諾、嚴格的法規	550億公噸CO ₂ e	530-550億公噸CO ₂ e	40億公噸CO ₂ e	110億公噸CO ₂ e
3	有條件承諾、寬鬆的法規	540億公噸CO ₂ e	520-540億公噸CO ₂ e	50億公噸CO ₂ e	100億公噸CO ₂ e
4	有條件承諾、嚴格的法規	520億公噸CO ₂ e	500-520億公噸CO ₂ e	70億公噸CO ₂ e	80億公噸CO ₂ e

資料來源：UNEP (2013), The Emissions Gap Report 2013: A UNEP Synthesis Report, United Nations Environment Programme, November 2013.

4. 為符合暖化幅度 2°C 目標，在2025年、2030年、2050年的排放量是多少？

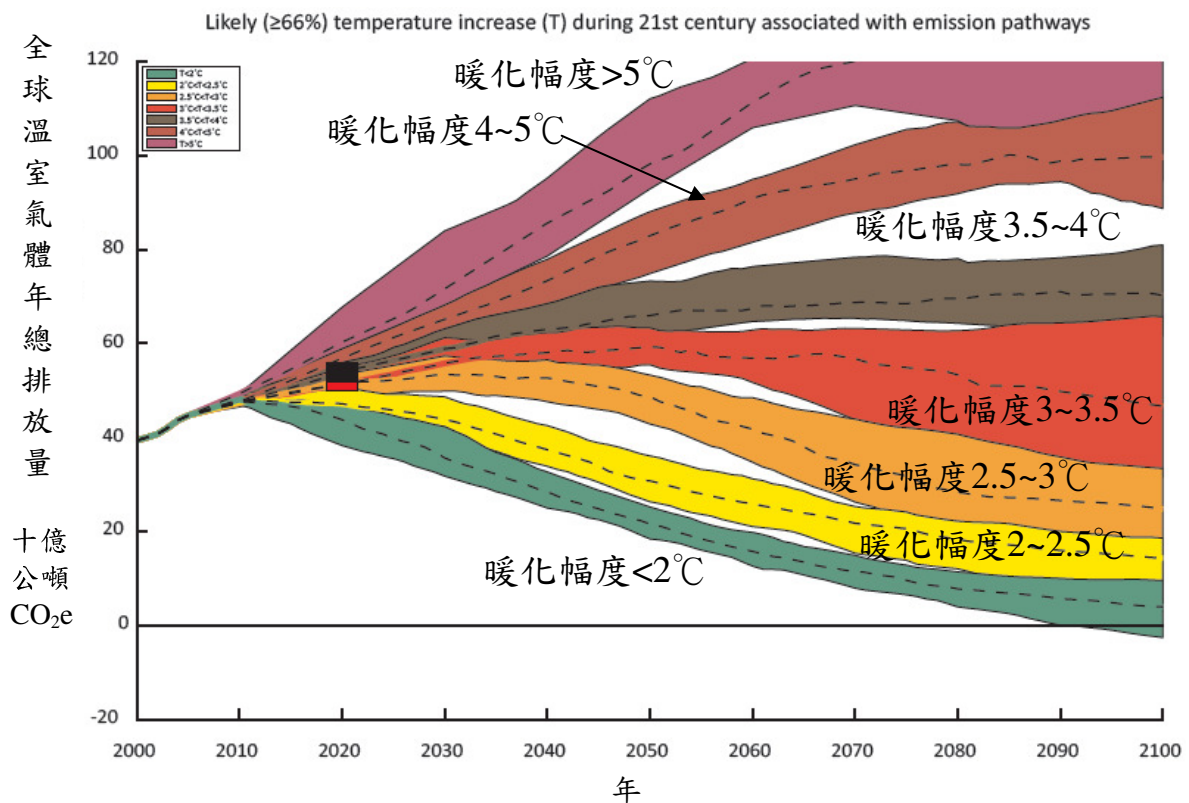
若以暖化幅度 2°C 為目標

2025年的排放量目標約為400億公噸 CO_2e (350億公噸~450億公噸)

2030年的排放量目標約為350億公噸 CO_2e (320億公噸~420億公噸)

2050年的排放量目標約為220億公噸 CO_2e (180億公噸~250億公噸)

模型模擬顯示，設定排放量目標寬鬆，將導致全球暖化幅度增大，如圖3所示：



資料來源：UNEP (2013), The Emissions Gap Report 2013: A UNEP Synthesis Report, United Nations Environment Programme, November 2013.

圖 3、溫室氣體排放量目標設定與全球暖化幅度關聯

因此，2050 年的排放量必須是比 1990 年排放水準減 41%，較 2010 年排放水準減 55%。這些估計值都是以 2020 年的排放量不超過 440 億公噸 CO₂e 為前提。如圖 4 所示：

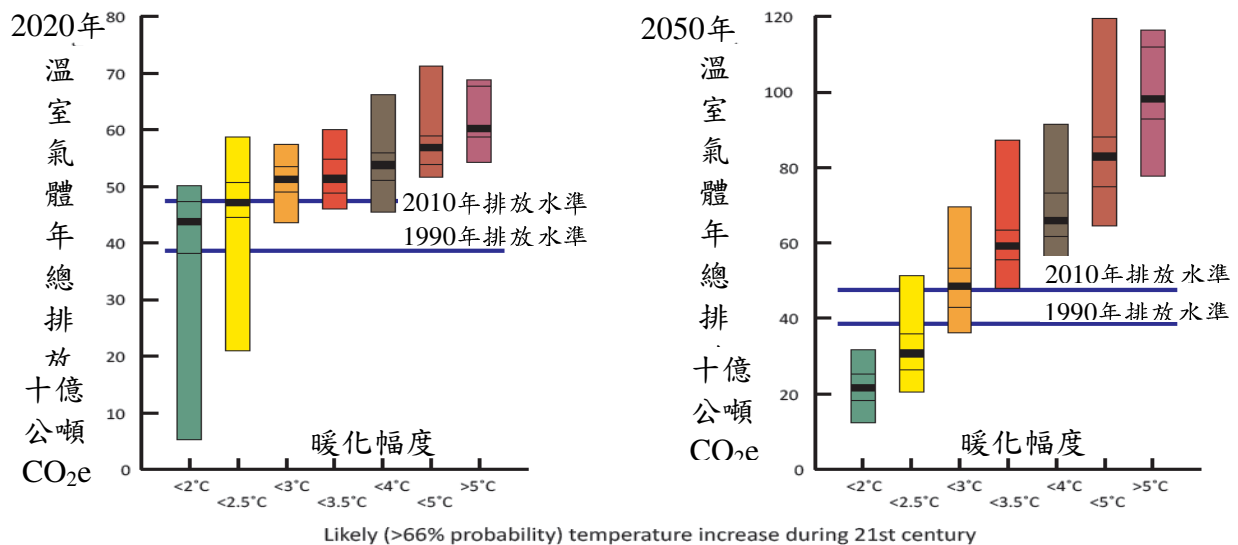
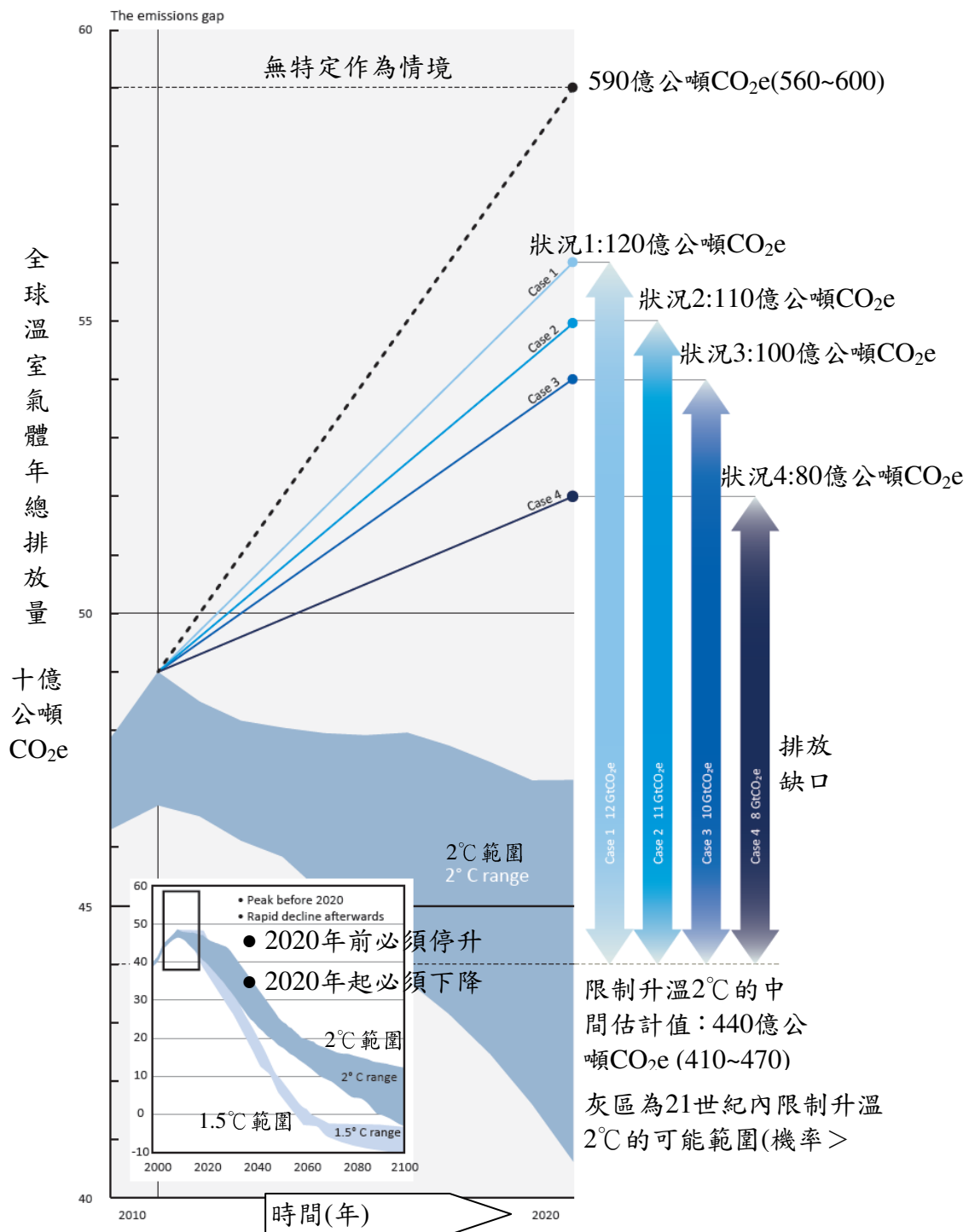


圖 4、全球暖化幅度設定於 2020 年與 2050 年溫室氣體排放量範圍關聯

5.要在2020年符合暖化幅度1.5°C與2°C目標，模型模擬的情況如何？

2020年排放容許值，若以暖化幅度2°C為目標約440億公噸CO₂e (380億公噸~470億公噸)，若以暖化幅度1.5°C為目標約400億公噸CO₂e (360億公噸~440億公噸)。模型模擬各種排放減量路線顯示，具決定性減緩行動的拖延愈久，在本世紀下半段期間，將更倚賴消除排放的方案，例如碳匯、碳捕集封存。然而這類消除排放科技的被迫快速導入，可能會對生物多樣性與水資源供應造成顯著衝擊。符合1.5°C與2°C目標的排放路線趨勢，如圖5中小圖所示。



資料來源：UNEP (2013), The Emissions Gap Report 2013: A UNEP Synthesis Report, United Nations Environment Programme, November 2013.

圖 5、 4 種組合假設狀況於 2020 年的排放減量缺口

6.要延後行動且符合暖化幅度1.5°C與2°C目標，模型模擬的情況如何？

最近出現所謂的「延後行動情境」(later action scenarios)，雖然還是以2°C為目標，但先容許近期排放增量，然後在2020年或2030年以後進行較大幅減量。這次以延後行動情境分析，和以往的「最低成本情境」(least-cost scenarios)比較，得到結論包括：

- (i)在中期階段必須進行更大幅度的全球排放減量；
- (ii)被鎖定在碳密集基礎架構的情況更嚴重；
- (iii)在中期階段必須更仰賴某些技術，別無選擇；
- (iv)在中期與長期階段的減緩成本更高，以及經濟衝擊的風險更大；
- (v)無法符合 2°C 目標的風險增加。

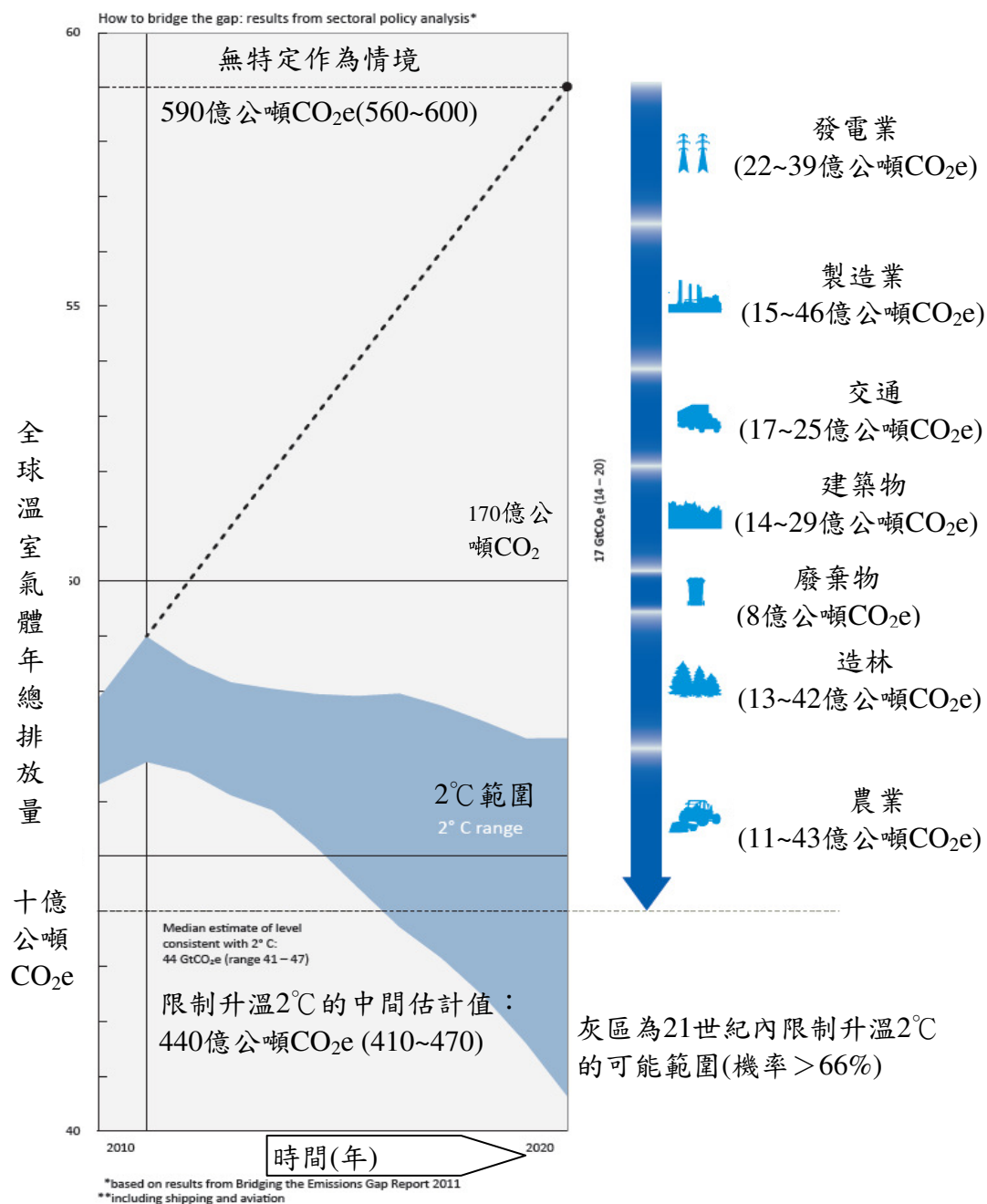
依據最低成本情境，在2030~2050年期間，有適合的技術與政策，可達到每年2%~4.5%的排放減量，而且有些國家已證明可行。若依據延後行動情境，那麼2030年以後，須進行每年6%~8.5%的排放減量，這還沒有成功的先例。

7.在2020年是否能彌補缺口？

由技術觀點，這問題答案為是的。在2020年藉由可行技術的排放減量潛力，估計約有170億公噸 ±30億公噸CO₂e，如圖6所示。每公噸CO₂e減量邊際成本在50-100美元之間；邊際成本是指最後1公噸CO₂e減量的成本。這就足以在2020年以最低成本限制排放量為440億公噸CO₂e，彌補BaU情境與2°C目標情境之間缺口，然而時機正在消失中。

8. 有哪些選項可彌補排放缺口？

推動嚴格的排放量盤查法規以檢驗國家減緩行動，儘量避免採用「寬鬆的土地使用、使用改變與造林(LULUCF)的減量積分」以及多餘的排放減量積分，避免出現抵換交易重複計算的情形，並改善清潔發展機制專案的額外性，可縮減排放減量缺口10億公噸~20億公噸CO₂e。實施志向更高的「有條件承諾」，可縮小排放減量缺口約20億公噸~30億公噸CO₂e。擴大既有的承諾範疇，降低國際交通排放量，可縮小排放減量缺口約18億公噸CO₂e。合此三者，排放減量可達60億公噸CO₂e，缺口可縮小一半。剩餘的缺口，可藉由國家進一步排放減量措施與國際合作減量行動來彌補。



資料來源：UNEP (2013), The Emissions Gap Report 2013: A UNEP Synthesis Report,
United Nations Environment Programme, November 2013.

圖 6、各部門已知可行技術的排放減量潛力

9.如何讓國際合作減量計畫能彌補排放缺口？

國際合作減量計畫包括國際對話(交換資訊、瞭解各國優先事務)、多方參與機制(著重溫室氣體排放減量)、節能減碳計畫(專注技術交流或部門層級執行專案)。最重要的領域包括：

- 能源效率：排放減量至2020年可達20億公噸CO₂e。
- 化石燃料補助改革：排放減量至2020年可達4億~20億公噸CO₂e。
- 甲烷與其他短壽期氣候污染物：排放減量至2020年可達6億~11億公噸CO₂e。
- 再生能源：排放減量至2020年可達10億~30億公噸CO₂e。

為確保國際合作減量計畫能產生預期績效，規劃執行時應遵守原則包括：

- (i)要有明確定義的願景，並設立明白清楚的目標以強制實施；
- (ii)要納入適當的參與者組合，能接受強制實施行動，超越傳統氣候協商者；
- (iii)要讓開發中國家行動者有較強勢的參與；
- (iv)要有充分資助，並成立法制機構來支援實施行動與績效追蹤；
- (v)要提供各種誘因給參與者。

10.如何讓國家農業政策於促進開發時，還能大幅降低排放？

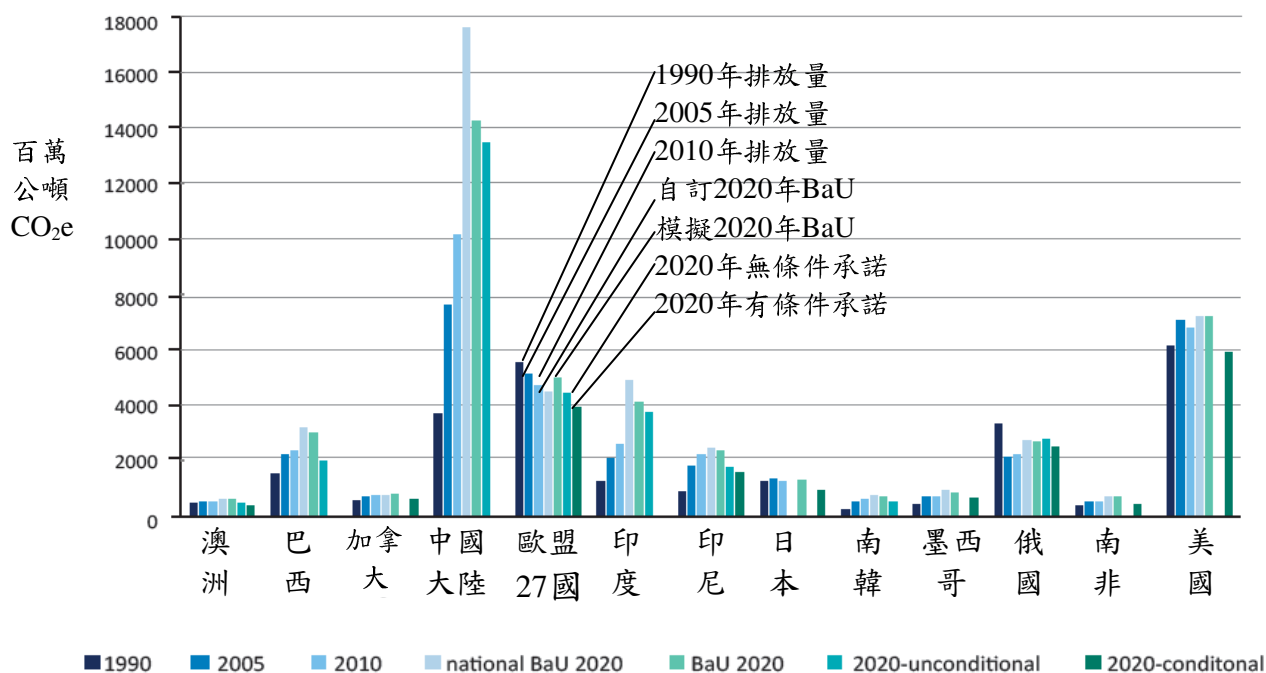
全球農業部門溫室氣體排放占比約11%，其排放減量潛力，估計在2020年約為11億~43億公噸CO₂e。目前有許多農作方式與管理的改良措施，在不影響產量情況下，可節省農作成本，還能降低排放量。特舉3例說明如下：

- 無耕作業的應用：在收割後的殘渣農地上直接播種，可免耕耘翻土時的溫室氣體排放，與使用農機的耗能排碳。

- 改善稻米耕作的肥料與用水管理：以科技方式精確調控稻田灌溉排水作業，精準掌握施肥時機與定點施肥，以減少甲烷與氮氧化物排放。
- 農林混作(Agroforestry)：以科技方式精準掌握農林互動共處模式，以減少農業開發導致林地碳匯機能受損的現象。

參、G20排放減量承諾與績效檢討

過去20年全球溫室氣體排放量持續增加，其中開發中國家顯著增加的排放量，足以超越已開發國家緩慢降低的排放量。本報告選擇氣候公約締約方中13個排放大戶，比較過去20年各締約方溫室氣體排放量增減趨勢，如圖7所示。並就已公布政策方案，分析所提排放減量承諾，及預估達成目標可能性，如表2所示。



資料來源：UNEP (2013), The Emissions Gap Report 2013: A UNEP Synthesis Report, United Nations Environment Programme, November 2013.

圖 7、 主要溫室氣體排放大國排放量變化情形與減量承諾

近年來，因全球經濟動盪，影響許多國家溫室氣體排放減量的能力。而經濟不景氣衝擊社會穩定，政治不確定性影響排放減量意願，為觀察許多國家政府施政時常見現象，如表 2 所示。

表 2、氣候公約 13 個締約方關於 2020 年排放減量承諾查核比較表

締約方	2020年排放量承諾門檻(百萬公噸CO ₂ e)	本報告所估計承諾值(參考圖7)	目前預估2020年排放量(百萬公噸CO ₂ e)		觀察摘要	備註與參考
			官方估計	獨立方估計		
澳大利亞	537	427~541	637	475~645	澳大利亞希望藉由國內減量，並由市場購買100百萬公噸CO ₂ e抵換量，來達到無條件目標的減量5%承諾。但澳大利亞正遭遇重大政策不確定性。	承諾門檻與官方估計：DCCEE (2012)。獨立方估計：Roelfsema <i>et al.</i> (2013)。
巴西	2,068	1,973 ~ 2,068	N/A	1,500 ~ 2,630	2020年排放量獨立方估計值差異頗大，可能是承諾門檻值正負1,900百萬公噸CO ₂ e (La Rovere <i>et al.</i> , 2013)，或是1,500~2,630百萬公噸CO ₂ e (Roelfsema <i>et al.</i> , 2013)。	承諾門檻：巴西政府(2010)。獨立方估計：La Rovere and Roelfsema <i>et al.</i> 。
加拿大	607	614	720	730~780	依據目前趨勢，加拿大必須有進一步的政策行動，或有必要由市場購買抵換額度，以符合承諾。	承諾門檻與官方估計：加拿大環境部(2012)。獨立方估計：Roelfsema <i>et al.</i> (2013)。
中國大陸	11,700 (僅限CO ₂)	13,445 ~ 13,561 (所有溫室氣體)	11,700 (僅限CO ₂)	12,770 ~ 14,765 (所有溫室氣體)	大多數估計研究顯示中國目前符合自設CO ₂ 密集度承諾目標。基於假設GDP成長率7%，且只限能源與工業排放CO ₂ 。	承諾門檻：Roelfsema <i>et al.</i> (2013)。官方估計：中國大陸(2012)。獨立方估計：Roelfsema <i>et al.</i> (2013)。
歐盟 (27個會員國)	4,526	3,935 ~ 4,479	4,500	4,500	依據目前趨勢，歐盟目前能藉由本土減量行動，符合自設無條件目標的減量20%承諾。	承諾門檻：UNFCCC (2012d)。官方估計：歐盟環境部(2012)。獨立方估計：Roelfsema <i>et al.</i> (2013)；不含

締約方	2020年排放量承諾門檻(百萬公噸CO ₂ e)	本報告所估計承諾值(參考圖7)	目前預估2020年排放量(百萬公噸CO ₂ e)		觀察摘要	備註與參考
			官方估計	獨立方估計		
						LULUCF。
印度	3,537 ~ 4,016	3,751 ~ 3,834	3,537 ~ 4,016	2,655 ~ 3,795	大多數估計研究顯示印度目前符合自設CO ₂ 密集度承諾目標。 基於假設GDP成長率8~9%。	承諾門檻與官方估計：印度規劃委員會(2011)。獨立方估計：Roelfsema <i>et al.</i> (2013)；不含農業與林業LULUCF。
印尼	2,183	1,603 ~ 1,820	N/A	N/A	印尼尚未就既有減緩政策公布2020年預期排放量。獨立方估計，因為沼澤地排放量占比顯著，具備重大不確定性而無法進行。	承諾門檻：印尼環境部(2010)。
日本	946	952	1,148 ~ 1,198	N/A	依官方估計，日本目前符合自設較1990年排放水準再降5~9%承諾目標。由於日本有意修改2020年目標，出現高度不確定性(GWPH 2013)。	承諾門檻：環境省(2013)。官方估計：能源暨環境委員會(2012)。
墨西哥	672	672	830	800~845	依據目前趨勢，墨西哥必須有進一步的政策行動，或有必要由市場購買抵換額度，以符合承諾。新的或加強政策包括即將推動的氣候變遷特別計畫，可望降低預估2020年排放量。	承諾門檻：NCCS(2013)。官方估計：墨西哥政府(2012)，調整依據NCCS(2013)。獨立方估計：Roelfsema <i>et al.</i> (2013)。
南韓	543	543	N/A	630~675	有關南韓官方估計排放資訊非常少；獨立方估計顯示必須有進一步的政策行動，或有必要由市場	承諾門檻：南韓政府(2011)。獨立方估計：Roelfsema <i>et al.</i> (2013)；不含

締約方	2020年排放量承諾門檻(百萬公噸CO ₂ e)	本報告所估計承諾值(參考圖7)	目前預估2020年排放量(百萬公噸CO ₂ e)		觀察摘要	備註與參考
			官方估計	獨立方估計		
					購買抵換額度，以符合承諾。南韓目前發展新政策，包括排放交易體系。	LULUCF。
俄羅斯	2,921	2,515 ~ 2,763	2,750	2,085 ~ 2,455	俄國目前符合自設排放承諾目標。	承諾門檻：俄羅斯政府(2013)。官方估計：自然資源暨環境部(2010)。獨立方估計：Roelfsema <i>et al.</i> (2013)。
南非	583	479	N/A	560–690	南非尚未公布2020年預期排放量。獨立方估計就既有減緩政策也尚無預估值。	承諾門檻：南非環境事務部(2011)。獨立方估計：Roelfsema <i>et al.</i> (2013)。
美國	5,144	5,974	6,206	6,041 ~ 6,465	依據目前趨勢，美國必須有進一步的政策行動，或有必要由市場購買抵換額度，以符合承諾。新的或加強政策包括即將推動的氣候行動計畫，可望降低預估2020年排放量。	承諾門檻：美國環保署(2013)。官方估計：美國國務院(2010)。獨立方估計：Bianco <i>et al.</i> (2013)，含LULUCF；以及Roelfsema <i>et al.</i> (2013)。

資料來源：UNEP (2013), The Emissions Gap Report 2013: A UNEP Synthesis Report, United Nations Environment Programme, November 2013.

肆、縮減排放缺口之選項

有愈來愈多的國家正在執行國家與地方層級的政策行動方案，並顯示能有效的大幅降低排放量。複製這些成功政策並擴大推行，能為許多國家提供超越目前承諾的減量目標。然而大部分的這些政策原先不是為減緩氣候變遷而設計的，因此，各個國家必須依據國家發展需要，來制定有利於達成溫室氣體排放減量目標承諾的行動方案。

該報告審查許多成功的節能減碳政策如下：

■ 農業部門具有潛力的政策包括：

- (1)推動無耕作業。
- (2)改善稻米耕作的肥料與用水管理。
- (3)農林混作。

■ 建築部門具有潛力的政策包括：

- (1)制定建築法規。
- (2)制定家電能效標準。
- (3)實施家電能效標籤。

■ 林業部門具有潛力的政策包括：

- (1)設立保護區或制定其他可管理控制的措施。
- (2)制定能影響因果關係的政策。
- (3)制定經濟工具。

交通部門具有潛力的政策包括：

- (1)制定交通相關土地使用政策。
- (2)建立公車快捷運送系統。
- (3)制定新型輕量車輛能效標準。

這些政策已證明能有效促進經濟成長與社會福祉，並同時具備發揮節能減碳方案潛力的功效。估計各部門在 2020 年與 2030 年溫室氣

體排放減量潛力，如表 3 所示：

表 3、各部門在 2020 年與 2030 年溫室氣體排放減量潛力

部門	2020年排放減量潛力 (億公噸 CO ₂ e/年)	2030年排放減量潛力 (億公噸 CO ₂ e/年)
電力	22–39	24–47
製造	15–46	25–55
運輸	17–25	16–25
建築	14–29	54–67
森林	13–42	13–42
農牧	11–43	23–64
廢棄物	約 8	4–10
合計(預估中間值)	170 ± 30	230 ± 30
合計(預估範圍)	100–230	160–310

資料來源：UNEP (2013), The Emissions Gap Report 2013: A UNEP Synthesis Report,

United Nations Environment Programme, November 2013.

雖然估計分析顯示，既有技術與措施的排放減量潛力，足以彌補目前預期的排放缺口，但更重要的是要能努力全面落實，充分推廣應用。許多基礎建設需要時間規劃溝通籌備，許多應用技術需要時間適應實際狀況。若因一時怠惰或將就，而進行不適當的基礎建設，選擇不適當的應用技術，就會被鎖定在難以改善的窘境。所以各個國家還必須強化減緩目標的承諾，並立即採取溫室氣體排放減量行動。