《TRI政策高峰論壇》系列二

# 全球淨零碳排挑戰與因應

## 全球淨零排放因應策略


李堅明

台灣綜合研究院副院長

台綜院台灣氣候變遷研究中心高級研究員


2021/10/05



臺灣綜合研究院 TAIWAN RESEARCH INSTITUTE

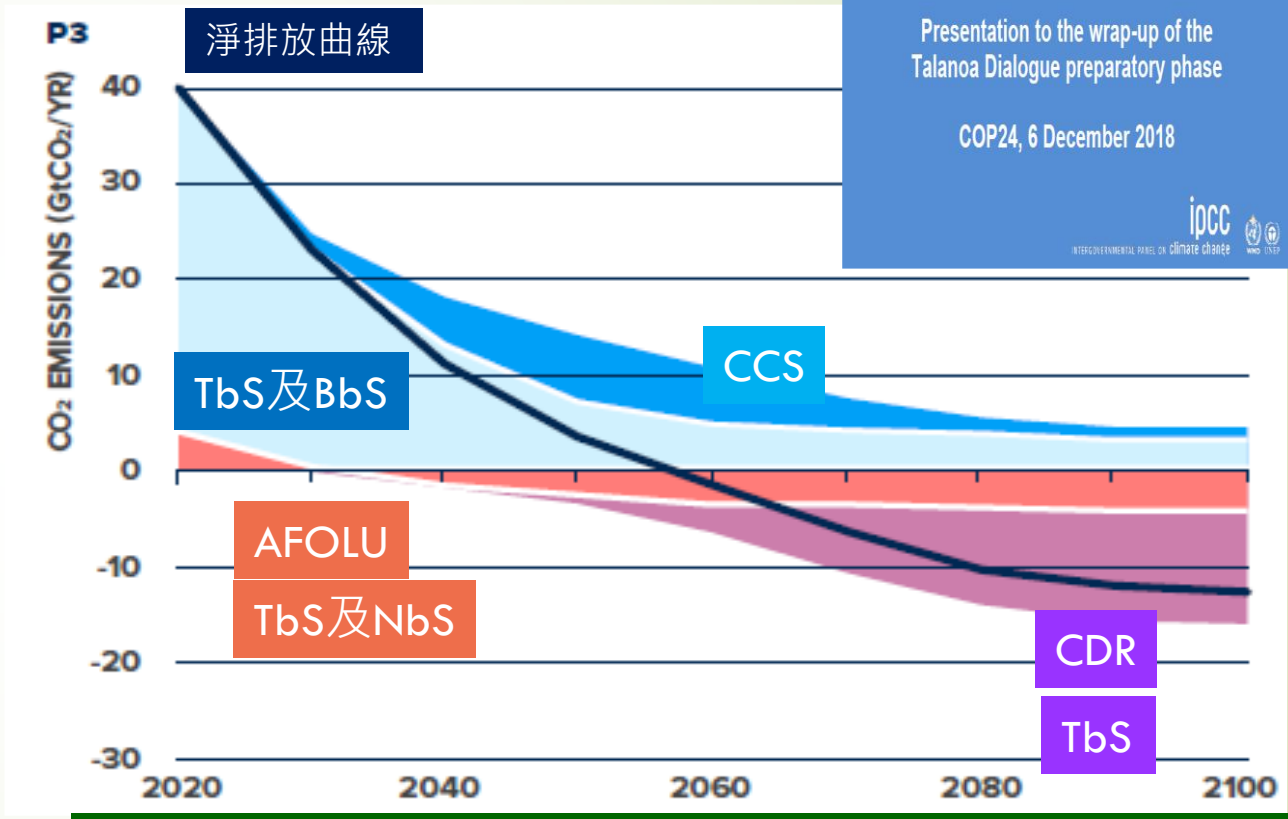
# 目錄


- 前言– 全球淨零碳排與策略
- 碳交易制度設計與安排
- 科技為本解方策略-循環經濟
- 自然為本解方策略
- 行為為本解方策略
- 結語

# 全球淨零排放策略 (IPCC, 2018, 2021)

- IPCC(2021)第六版科學報告(AR6)指出，除非在未來幾十年內，大幅減少溫室氣體排放，達到淨零排放。淨零排放已成為全球共識，主要策略(IPCC,2018; IEA,2021)：

1. 碳定價(碳稅與碳交易)：激勵經濟社會減碳活動
2. **科技為本解方(Technology-based Solution, TbS)**：綠能、節能、電動車、氫能(綠氫)(替代化石燃料)、生質能、循環經濟、CCS(或CCUS)、製造合成CH4、碳移除科技(CDR)(負碳科技)(包括BECCS及Direct Air Capture, DAC))
3. 自然為本解方(nature-based Solutions, NbS)：農業碳匯(AFOLU)，林業、農畜牧管理(減少氮肥)及土壤碳匯(土壤有機碳(Soil Organic Carbon, SOC)
4. 行為為本解方(Behavior-based Solution, BbS)：善用行為科學(behavior science)或行為經濟學的推力(nudges)，引導低碳生產與消費。
5. 經濟政策碳中和化(例如碳關稅等)



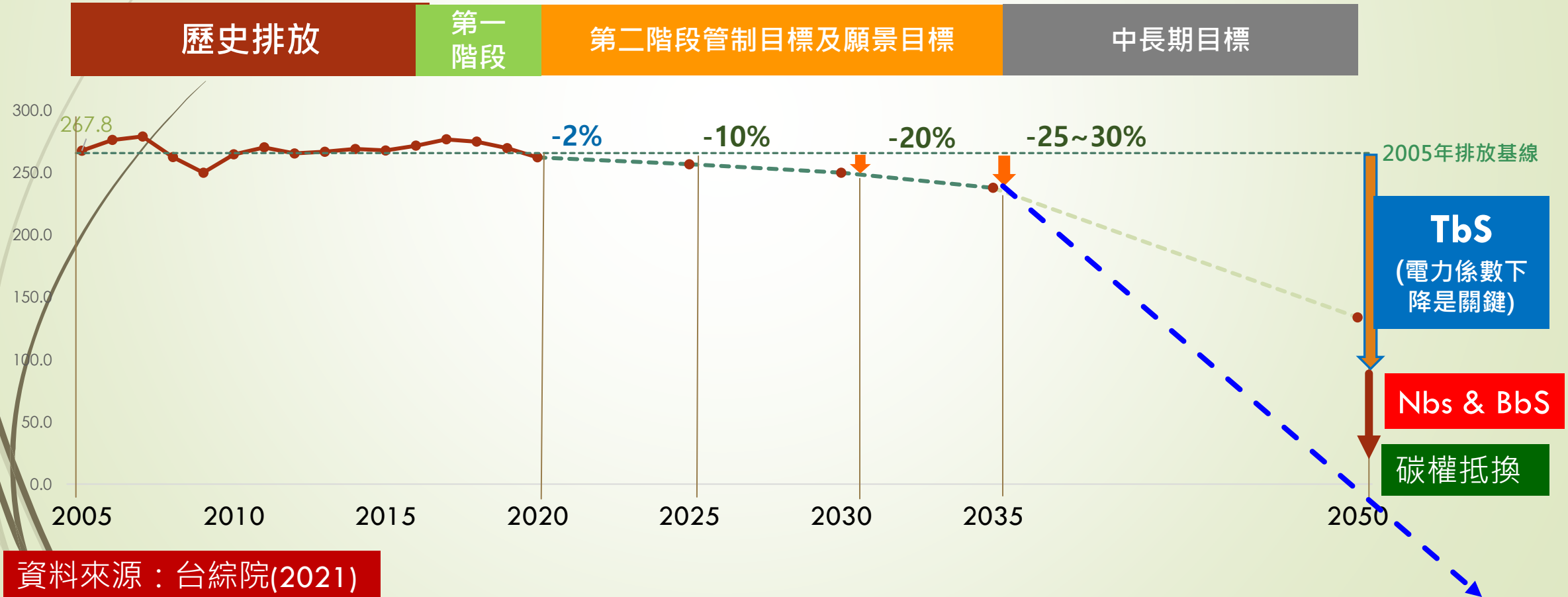




Note:
CDR(Carbon Dioxide Remove)；CCS: Carbon Capture & Storage;
AFOLU(Agriculture, Forestry and Other Land Use)
BECCS: Bioenergy with Carbon Capture and Storage
DAC: Direct Air Capture

# 台灣2050年淨零碳排挑戰

- 台灣於2015年通過溫管法，訂定2050年長期減量目標為較基期年(2005年)減量50%，修訂為淨零排放。目前規劃以TbS為主，忽略NbS及BbS，不具成本有效性與環境完整性。
- 減排策略安排：應以TbS為主策略 (但成本高)，輔以NbS與BbS策略，再透過碳交易抵換。

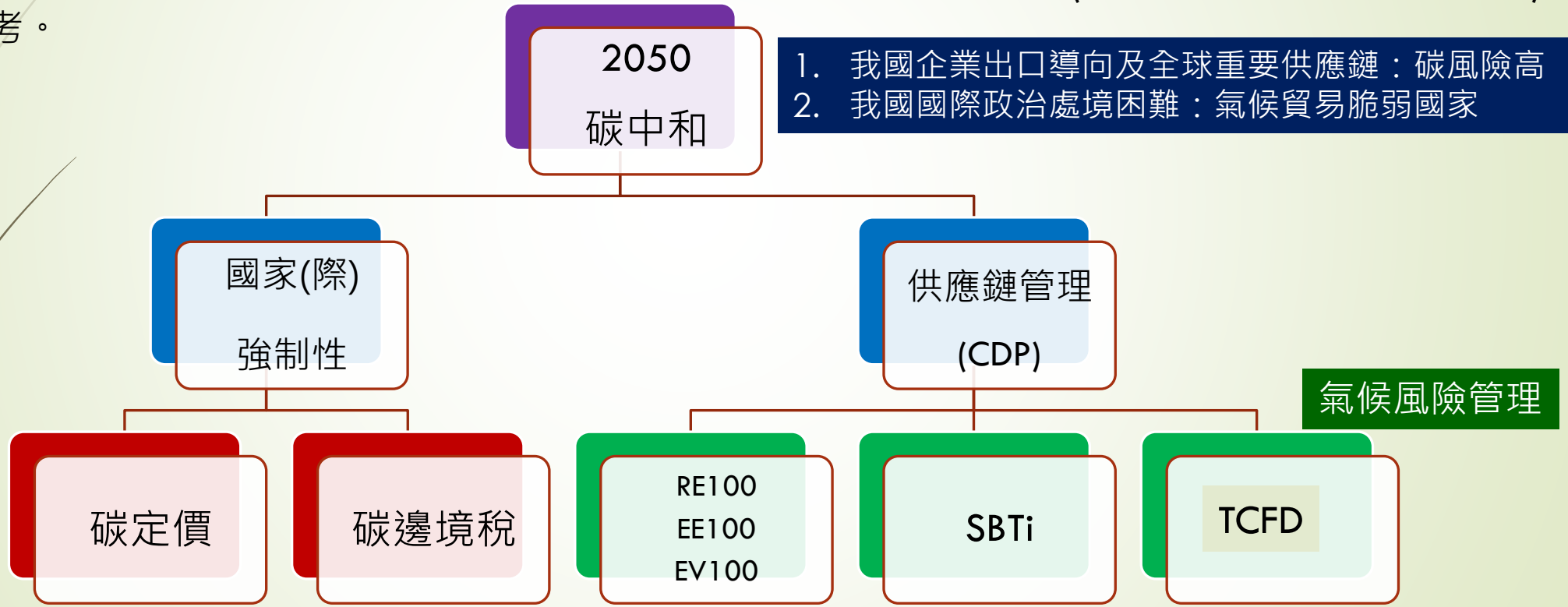



資料來源：台綜院(2021)

# 企業面對淨零排挑戰：碳風險與碳資產管理

- 企業碳成本內部化，將大幅提高企業經營成本。以台積電為例，估計到2050年增加成本，約占年營收2%至3.3%，(經濟日報，2021/09/21)，成為企業的碳風險。
- 政府淨零排放策略應成為提升企業碳風險與碳資產管理能力的助力(制度靈活性與提供低碳紅利)為思考。

1. 我國企業出口導向及全球重要供應鏈：碳風險高
2. 我國國際政治處境困難：氣候貿易脆弱國家




我國碳費修法中　　歐盟預計2023年前強制實施　　全球預計2025年前強制實施

註：SBTi: Science Based Target Initiative
TCFD: Task Force on Climate-related Financial Disclosures)

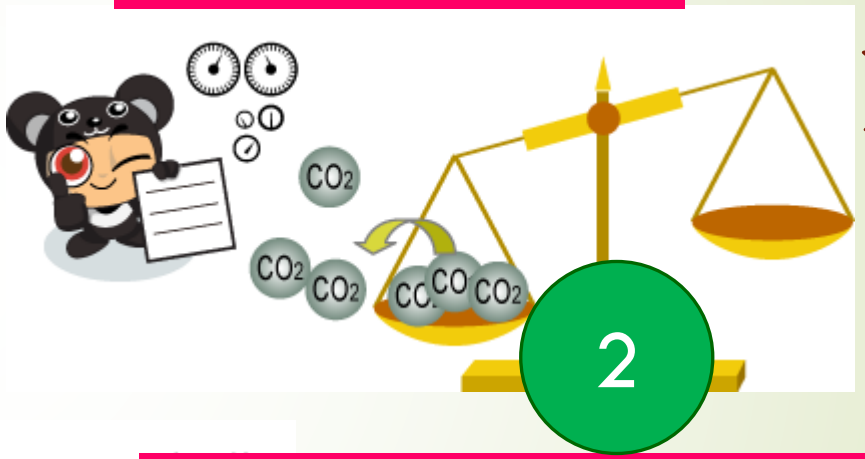
資料來源：李堅明(2020)，聯合國氣候峰會登場全球限碳目標新挑戰

# 碳中和步驟-碳抵換是最後一哩路

計算碳足跡(GHG盤查)




減排(TbS, NbS, BbS)




最關鍵




抵銷(TbS(循環經濟), NbS, BbS產生的碳權)

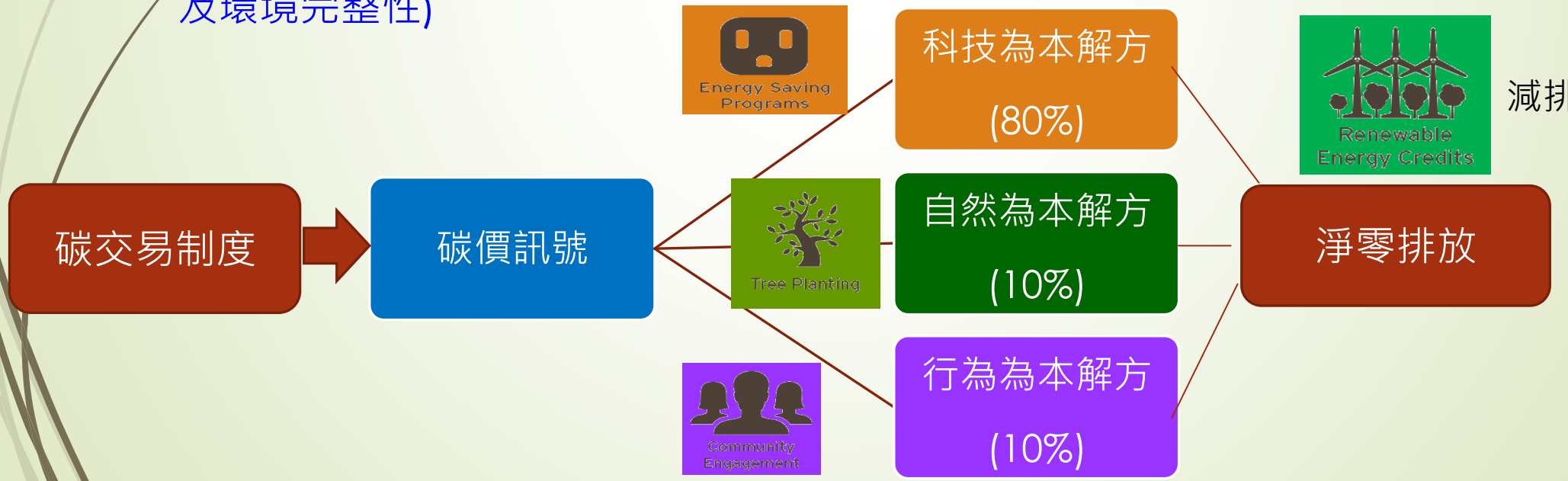
政府要創造市場與減碳方法學

資料來源：環保署(2021)

# 全球淨零排放治理的解方

- 淨零排放策略應基於環境有效性 (environmental effectiveness)、成本有效性 (cost effectiveness) 及**環境完整性** (environmental integrity)等三項準則，且需經**"科學及實務驗證"**為基礎。主要是透過碳交易制度，提供**低碳紅利**(low carbon bonus)，驅動：

1. 科技為本解方 (Technology-based Solution, TbS) (環境有效性)
2. **自然為本解方 (Nature-based Solution, NBS) (成本有效性、成本有效性)**
3. 行為科學基礎(Behavior Science Based)的氣候推力(Nudges)設計。(環境有效性、成本有效性及環境完整性)



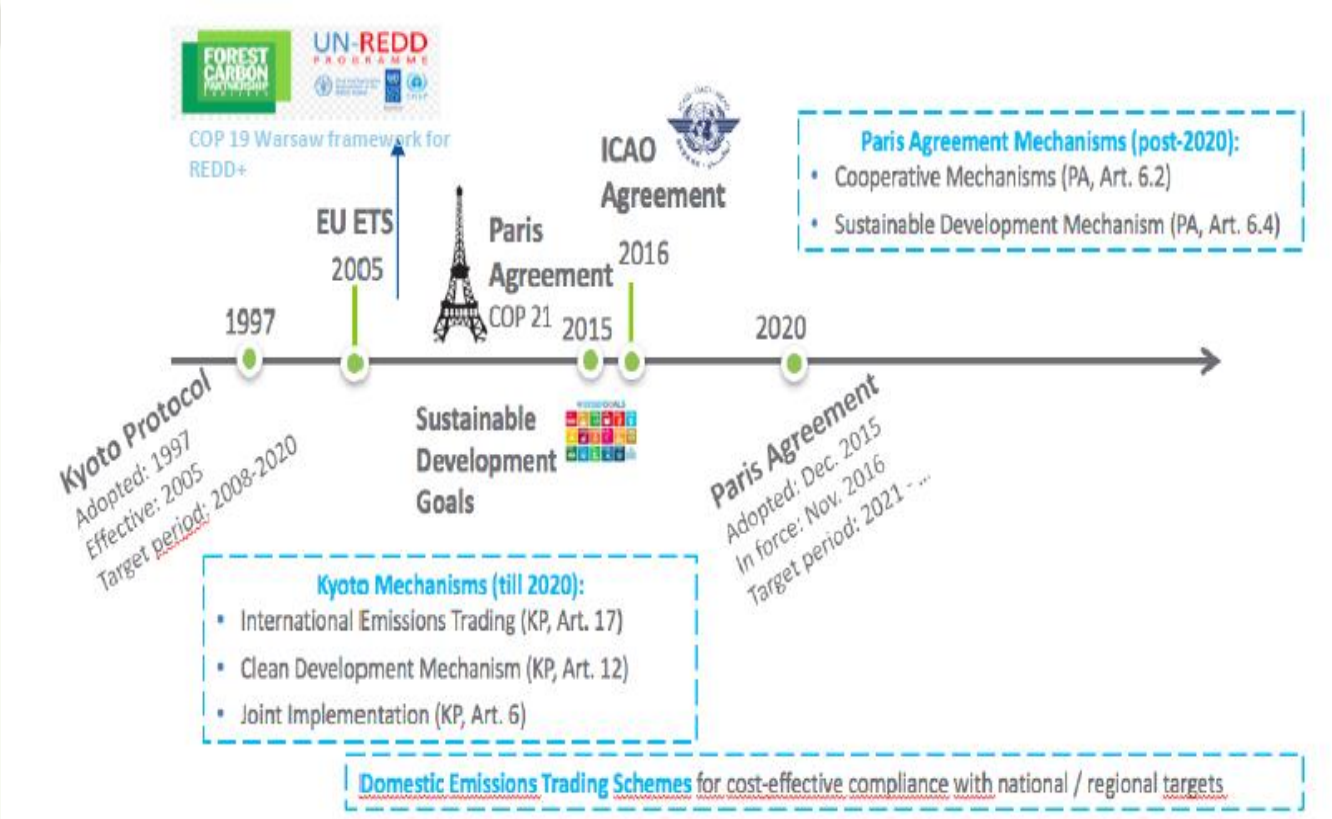
# 碳定價制度選擇-碳交易制度



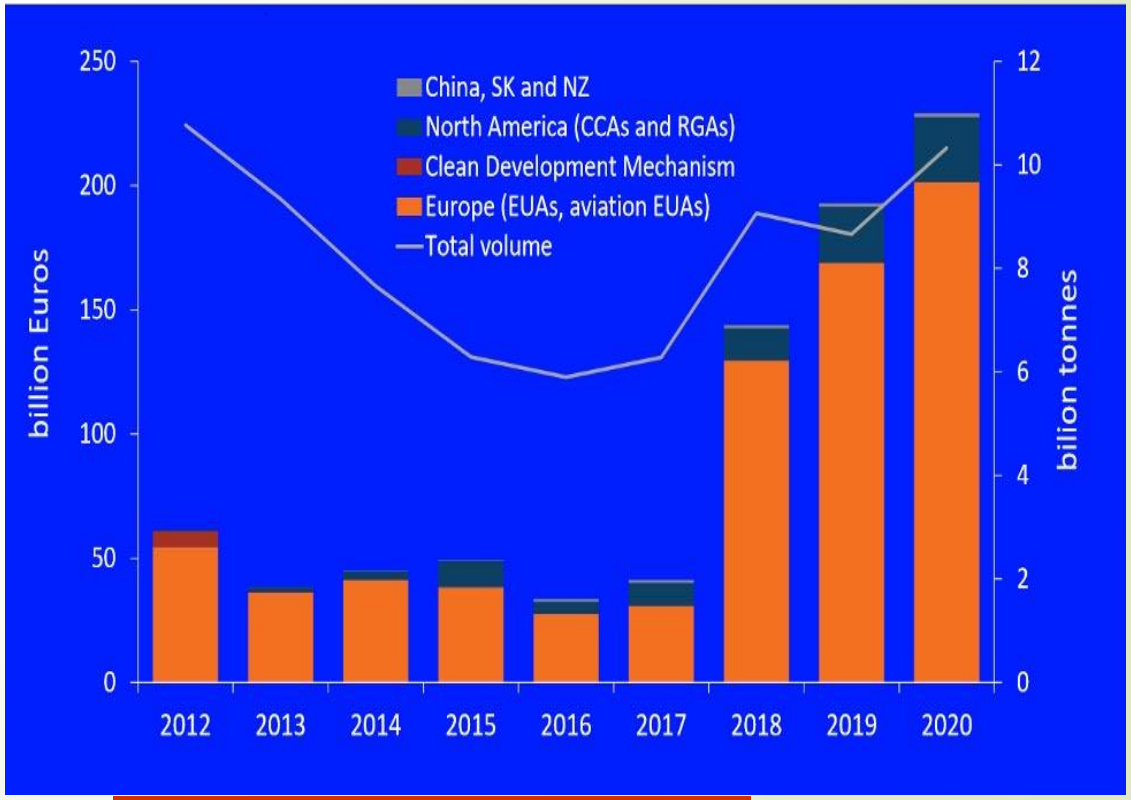
- 國際倡議(UNFCCC，京都議定書、巴黎協定)：成本有效性工具
  1. 全球議題，需要全球工具
  2. 合作減排
- 已經驗證有效：激勵TbS、NbS及BbS

# 全球碳市場發展

- 碳交易制度激勵每年投入超過2,000億美元於碳權投資與開發。
- 全球碳交易金額超過2,000億美元；交易量超過100億美元。



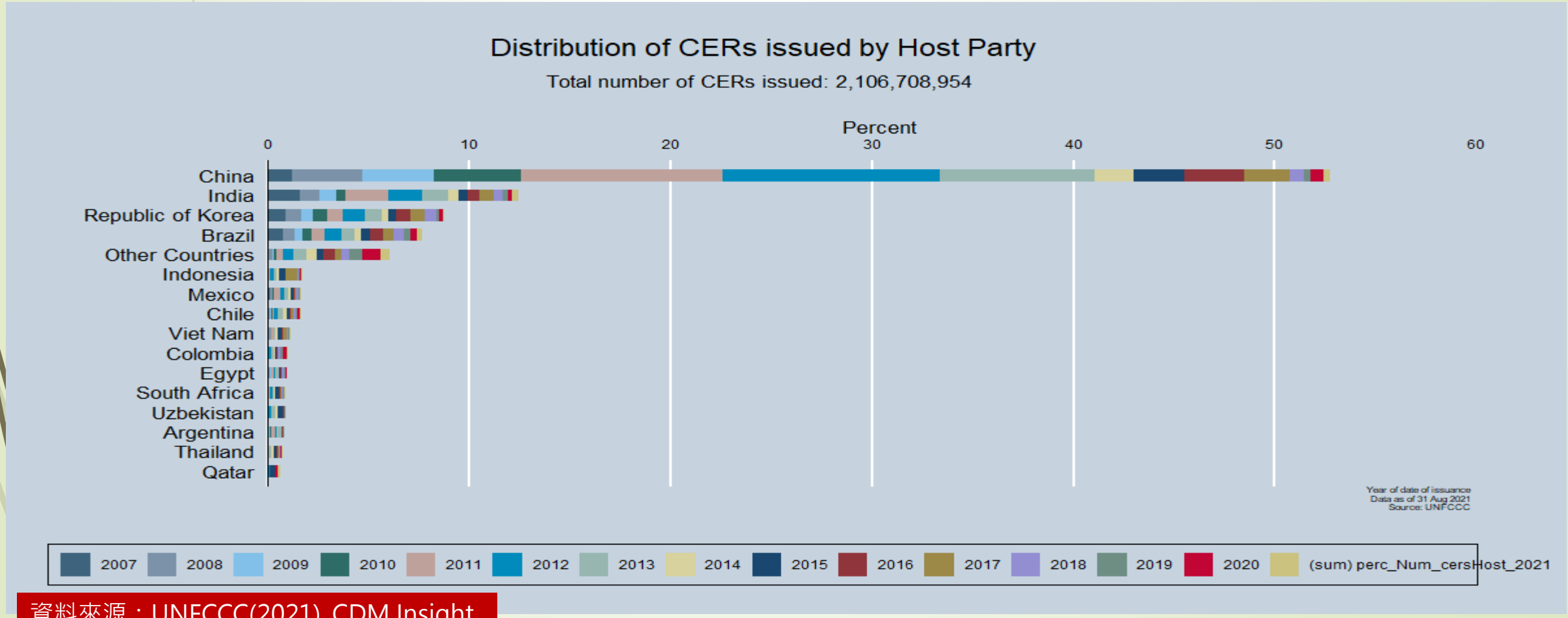

資料來源：IETA(2018)




資料來源：Refinitiv (2021)

# CERs核發總量現況(清潔發展機制, CDM)

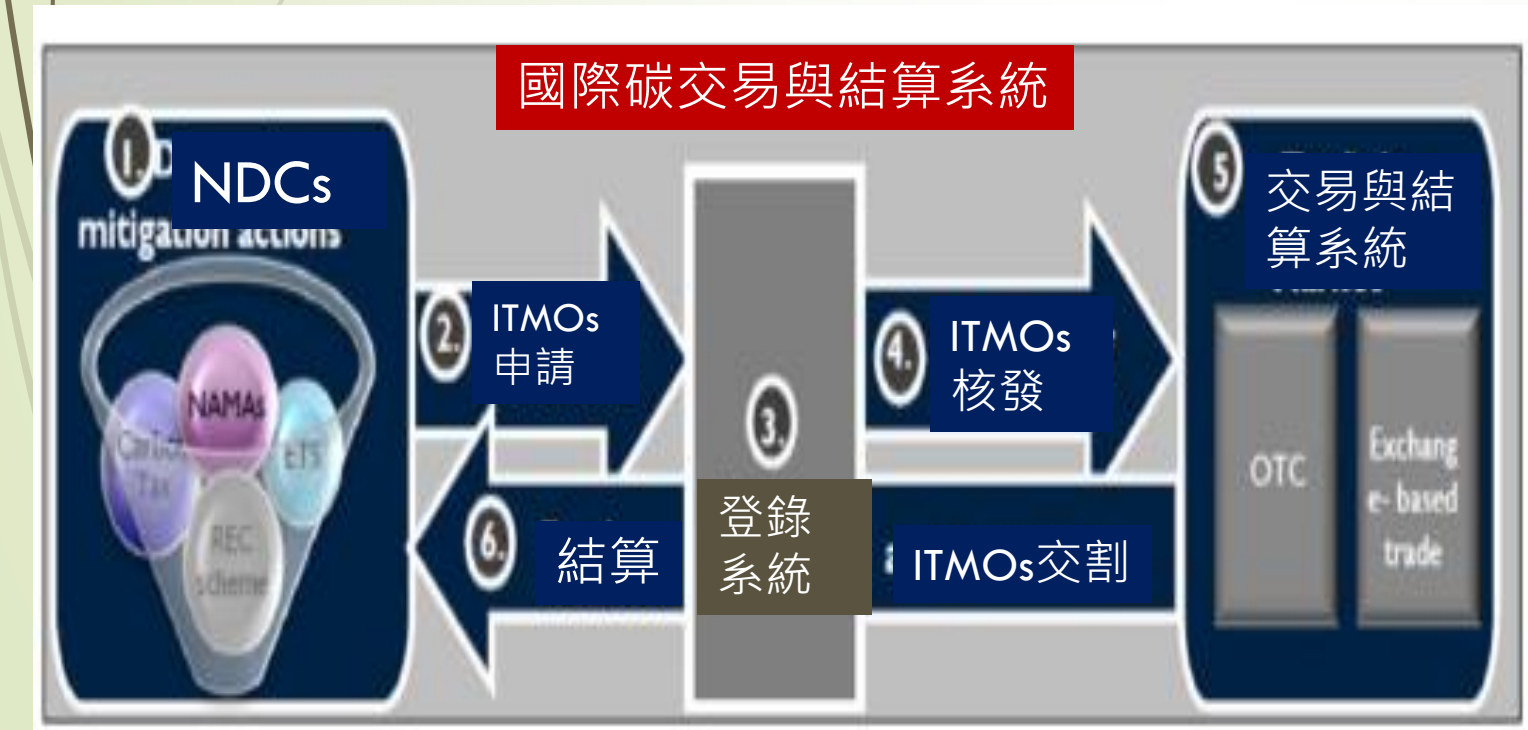
- 至2021年8月31日止，UNFCCC已核發2,106,708,954噸CERs，其中，中國取得的CERs量，已超過全球50%以上，已成為全球最主要的CERs創造國家。其次是印度，取得的CERs總量，大約占全球總核發量的12%。韓國是占比第三高的國家，大約占8%。



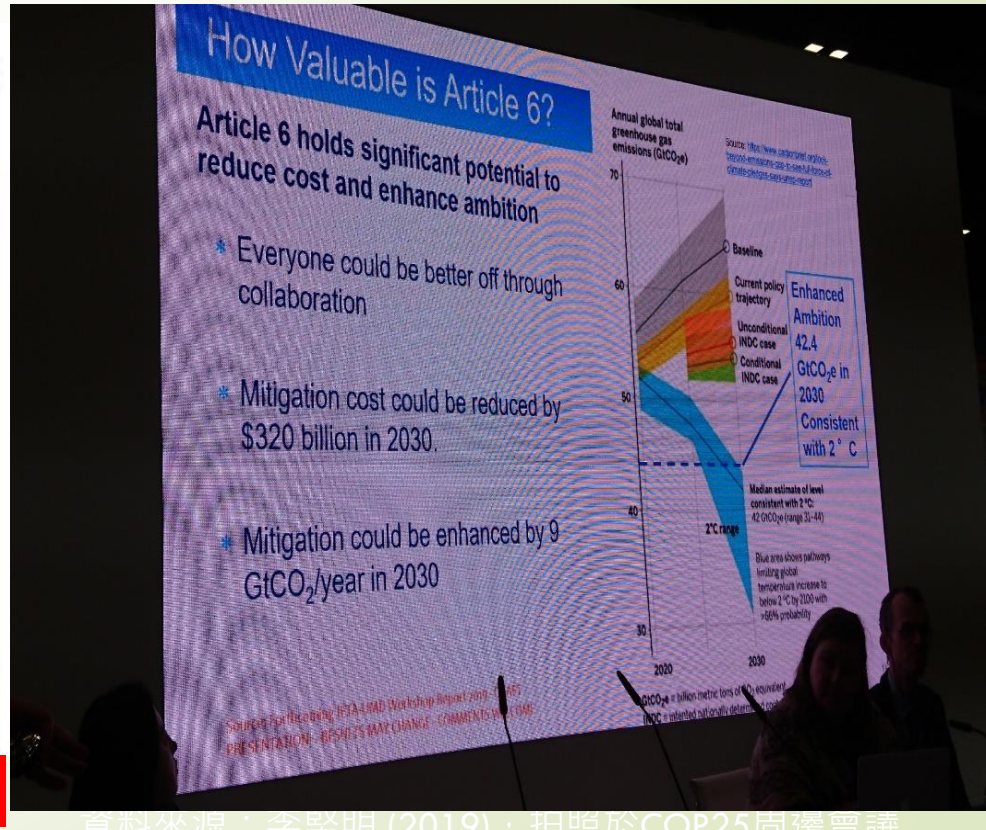

資料來源：UNFCCC(2021), CDM Insight.

# 《巴黎協定》碳市場：Article 6的意義

- 巴黎協定第6條允許各國為落實NDCs之自願性減排合作，達到更積極的NDCs目標，可以取得ITMOs (Internationally Transferred Mitigation Outcomes)。預計2030年可促進減排90億噸CO2，及減少3,200億美元的減排成本。(環境有效性與成本有效性)(UNEP, 2019)
- 巴黎協定第6條開啟各國落實NDCs減量目標的國際合作機會，並透過核發 ITMOs，促進會員國提出更積極NDCs目標。

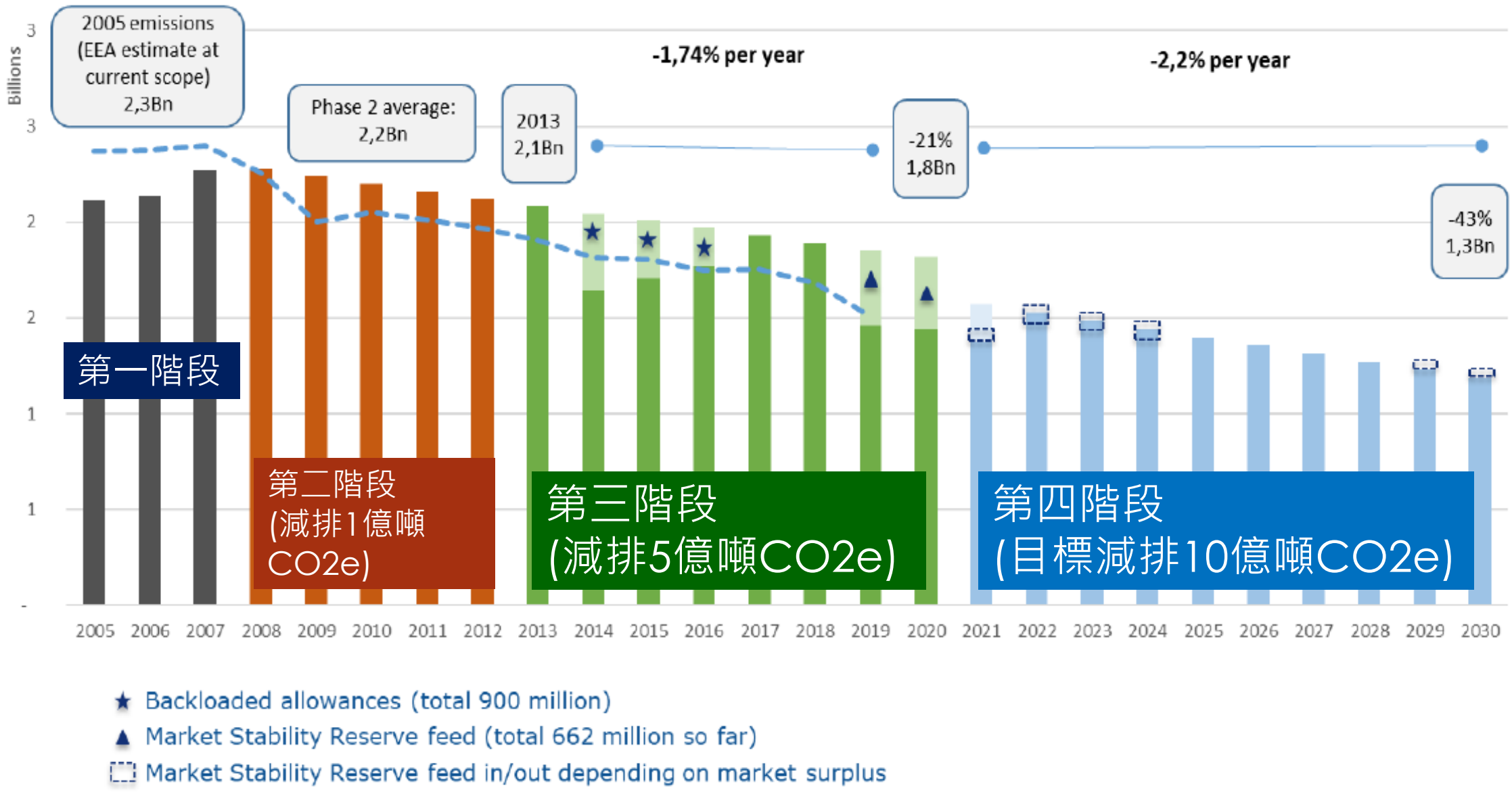



資料來源：Putti (2016), Carbon Market Cooperation under the Paris Climate Regime .




資料來源：李堅明 (2019)，相關於COP25周邊會議

**Figure 1: Cap reduction with increase of the Linear Reduction Factor to 2.2% as of 2021**[30]

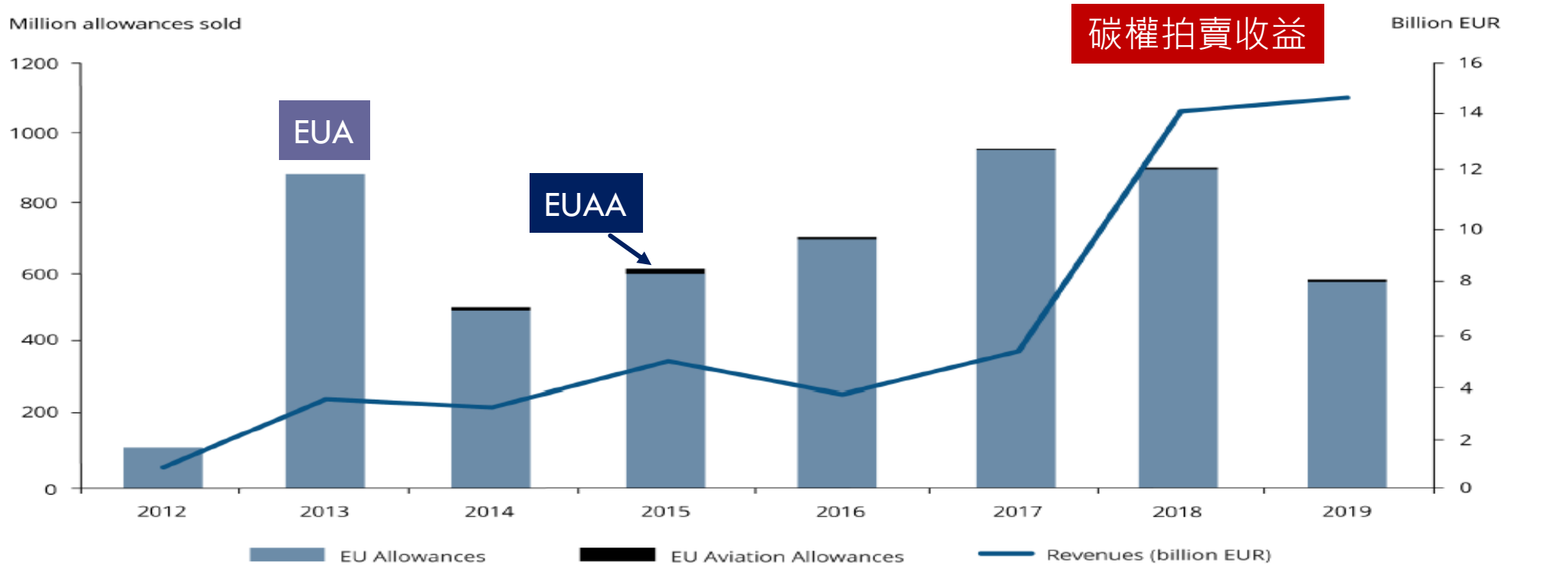



資料來源：European Commission (2020), Report on Function of European Carbon Market.

# EU ETS 拍賣收入(2013-2019)-政府收入

- 歐盟碳權拍賣收達到150億歐元(2019)，相較於2018年，約增加4.47億歐元。
- 平均拍賣價格：15.5歐元/噸CO2e(2018)；24.7歐元/噸CO2e(2019)。

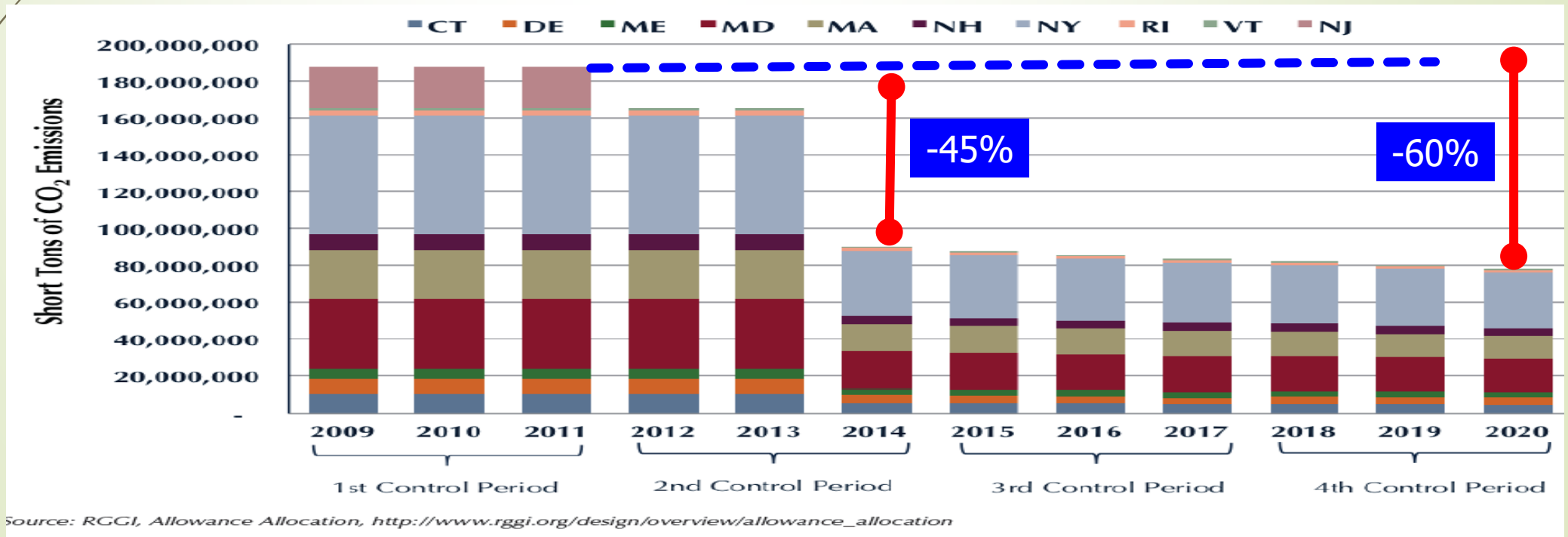
**Figure 3 EU-ETS auctioning amounts and revenues for the third trading period (2013-2019)**




資料來源：European Environment Agency(2020), The EU Emissions Trading System in 2020: Trends and Projection.

# 美國RGGI的ETS

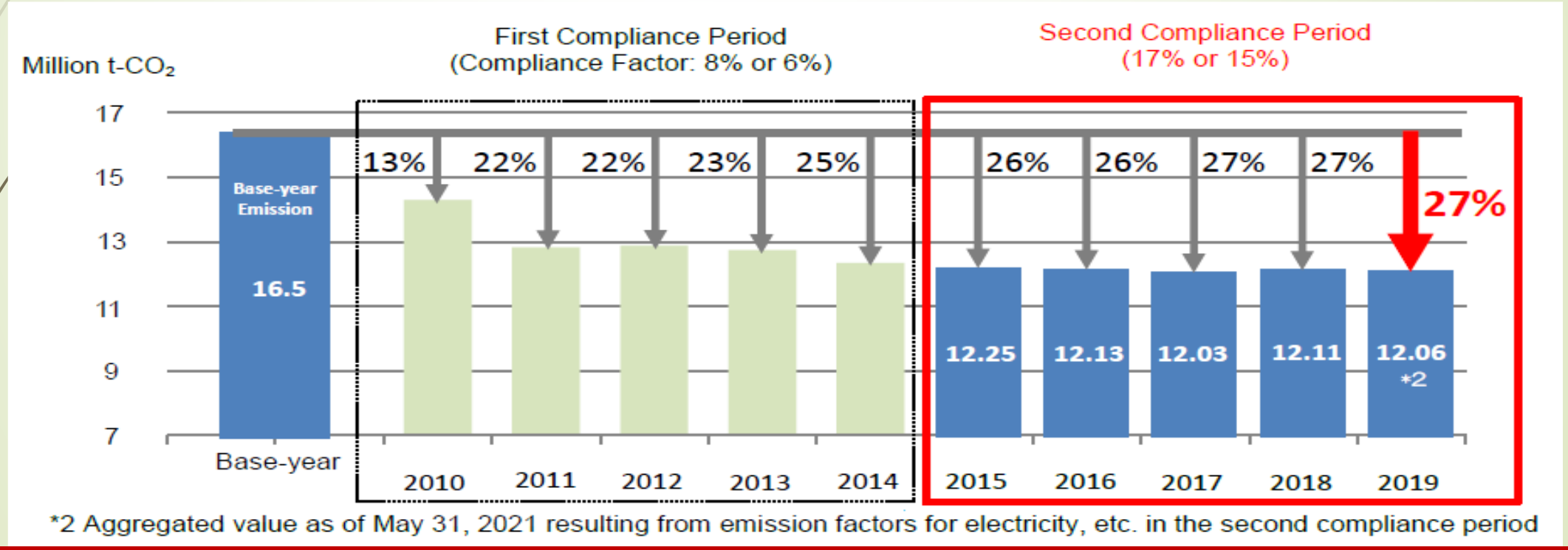
- 美國東北與中部十州(Connecticut, Delaware, Maine, New Hampshire, New Jersey, New York and Vermont)於2009年啟動溫室氣體減量倡議 (Regional Greenhouse Gas Initiative, RGGI)碳權交易
- 減排目標：設定2018年減排10%(相較於2009年)
- 調降RGGI溫室氣體排放總量(或稱碳預算)：2014年排放總量由原先設定的165百萬噸$CO_2$，調降至91百萬噸$CO_2$，大約下降45%排放總量。此外，從2015-2020年，每年再下降2.5%排放總量，**至2020年減排60%**。




Source: RGGI, Allowance Allocation, http://www.rggi.org/design/overview/allowance_allocation

# 日本東京都實施ETS

- 日本東京都政府於於2010年4月1日啟動ETS。
- 減排目標：2020年減排25%(相較於2000年排放水準)。
- 2014年已達到目標，2017年起已減排27%，且持續減排中。
- 2030年減排35%(10.78百萬噸CO2e)，目標是淨零排放東京 (net zero Tokyo)




資料來源：Tokyo Metropolitan Government Bureau (2021), TMG finalizes the cap for Tokyo cap and trade program after 2020.

# 我國碳交易制度發展沿革

- 依據《溫管法》**"我國已幾乎完成碳交易制度規劃"(法制、GHG管理平台、排放權核配、碳交易所)**。
- 環保署(2021)立新法，推動碳費先行原因：(1)碳交易涉及金流、會計與稅法，非環保署主管；(2)我國排放較集中，次級流動性差；(3)減碳壓力(溫管法目標與CBAM)；(4)減排推動需要經費。
- 碳定價制度必須與淨零排(net zero)目標結合，必須滿足環境有效性(environmental effectiveness)、成本有效性(cost effectiveness)、激勵減碳科技、公平性(fairness)。更重要的是，要成為企業淨排放轉型的助力，不是阻力。

1. 規劃碳交易制度與碳稅
2. **1999年開啟研究與規劃**

全國能源會議(1998/12)

碳交易制度規劃(2010-2014)

1. 2008-2020排放權核配制度規劃。
2. 2012-2014完成碳交易資訊平台、會計與稅制。

溫室氣體抵換專案及管理辦法(2015/12)

1. 兩個類型：計畫型抵換專案與方案型抵換專案。
2. 約已核發600萬噸減量額度。

登錄管理辦法(2016/01)

- 控管每年超過年2.5萬公噸二氧化碳當量廠商，約280家，預計可掌握80%以上我國工業及能源部門溫室氣體之排放量。

碳權期貨交易合約(期交所)(2017/12)

效能標準獎勵與微型抵換專案(2018/06-12)

1. 溫室氣體排放源效能標準」獎勵業者每年改善效能。
2. 推動微型抵換專案

氣候變遷因應法(2021~)

1. 訂定氣候變遷因應法(納入2050年淨零排放)
2. 規劃碳費

資料來源：李堅明 (2021)




http://www.ghgregistry.tw/

# 減量專案管理系統













資料來源：環科公司(2011)

# 入口網頁示意圖(已完成測試)(2010-2013)

無帳號密碼狀態




登入帳號密碼後可看到交易資訊



# 碳交易制度設計與安排

- 環境有效性與成本有效性驗證：巴黎協定第6條允許各國為落實NDCs之自願性減排合作，達到更積極的NDCs目標，可以取得ITMOs (Internationally Transferred Mitigation Outcomes)。預計2030年可促進減排90億噸CO2，及減少3,200億美元的減排成本。(環境有效性與成本有效性)(UNEP, 2019, COP25)
- 制度的靈活性：

1. 一定比例配售，逐年提高：政府有收入 (有碳費/稅的實質意義)；廠商負擔部分排放成本，減輕廠商碳成本負擔，避免碳洩漏 (carbon leakage)。
2. **提高碳權抵換質與量**：提高碳權抵換比例，特別是以自然為本解方(NbS)的國際自願性碳權抵換的合格性，例如經查證碳權標準(Verified Carbon Standard, VCS)與黃金標準(Gold Standard, GS) (歐盟與ICAO認可的碳權標準)
3. 提高企業碳風險管理能力：透過碳權期貨避險。

- 公平性 (兼具改善次級市場效率)：碳交易制度應覆蓋交通運輸與商業部門(例如歐盟與韓國經驗)；抑或，大排放源實施碳交易制度，小排放源實施碳費/稅 (例如歐盟經驗)，創造大小排放源合作減排潛力(例如日本東京都經驗)。
- **激勵低/負碳科技(低碳紅利)**：透過碳價訊號，會創造低/負碳經濟活動低碳紅利 (例如Tesla，每年有10億美元碳權收入)

# 小結

- 政府碳定價制度的唯一思考是如何成為企業淨零碳轉型的助力。
- 溫室氣體沒有防制設備，企業減排管道很明確，包括燃料替代、製程改善、節電及供應鏈管理等，減排成本相對較高，碳費制度不意創造減排效果，徒增企業成本負擔。
- **企業場外(或境外)抵換的碳權**，將成為國家溫室氣體排放的抵換量，具有雙贏。
- 政府提高國際認可的自願性市場碳權(VCS或GS等)抵換量(或比例)，有助企業與國家以成本有效性達成淨零排放承諾或目標。
- 碳交易制度具靈活性，將是企業淨零排轉型的重要選項。**碳定價制度應回歸《溫管法》的碳交易制度**，並依據前文制度設計安排，將成為協助企業淨零排放的助力。



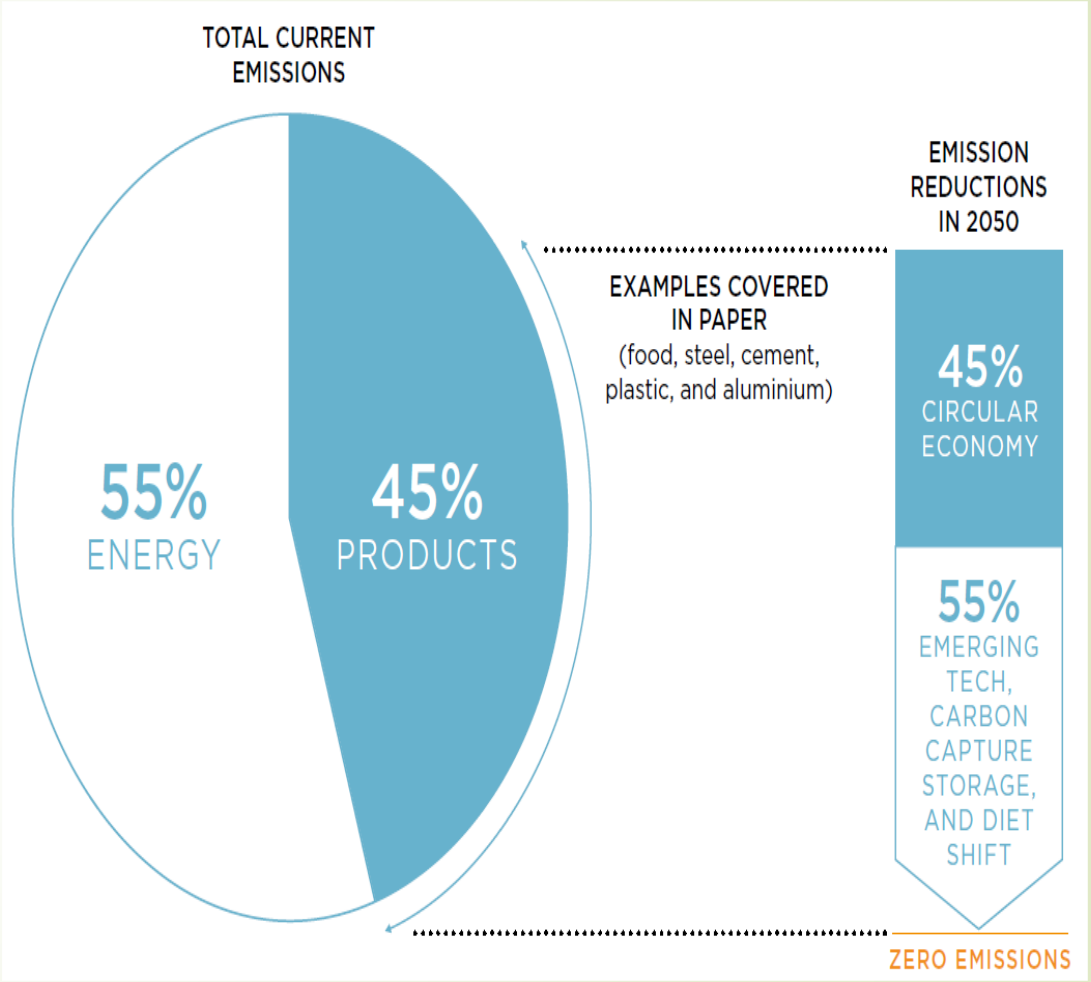

# 科技為本解方(NbS)-發展循環經濟

# 全球GHG排放結構

- 全球每年排放590億噸CO2e (2018)(IPCC, 2021)，其中，55%來自燃燒能源排放，45%排放則來自產品生產(原物料開採)(Ellen MacArthur Foundation, 2019)。

1. 新科技：節能、綠能、氫能、生質能、碳捕獲、再利用與封存(CCUS)，約貢獻55%減排。
2. 循環經濟：特別是減少鋼鐵、鋁製品、水泥、塑膠及糧食等，約貢獻45%減排(Ellen MacArthur Foundation ( 2019) 。

- 循環經濟(包括自然碳循環)不但是溫室氣體減量最成本有效 (cost effectiveness) 與環境還整性 (environmental integrity)策略，同時，也是建構氣候韌性 (climate resilience) 的機會。




資料來源：Ellen MacArthur Foundation ( 2019), Completing the Picture How the Circular Economy Tackle Climate Change.

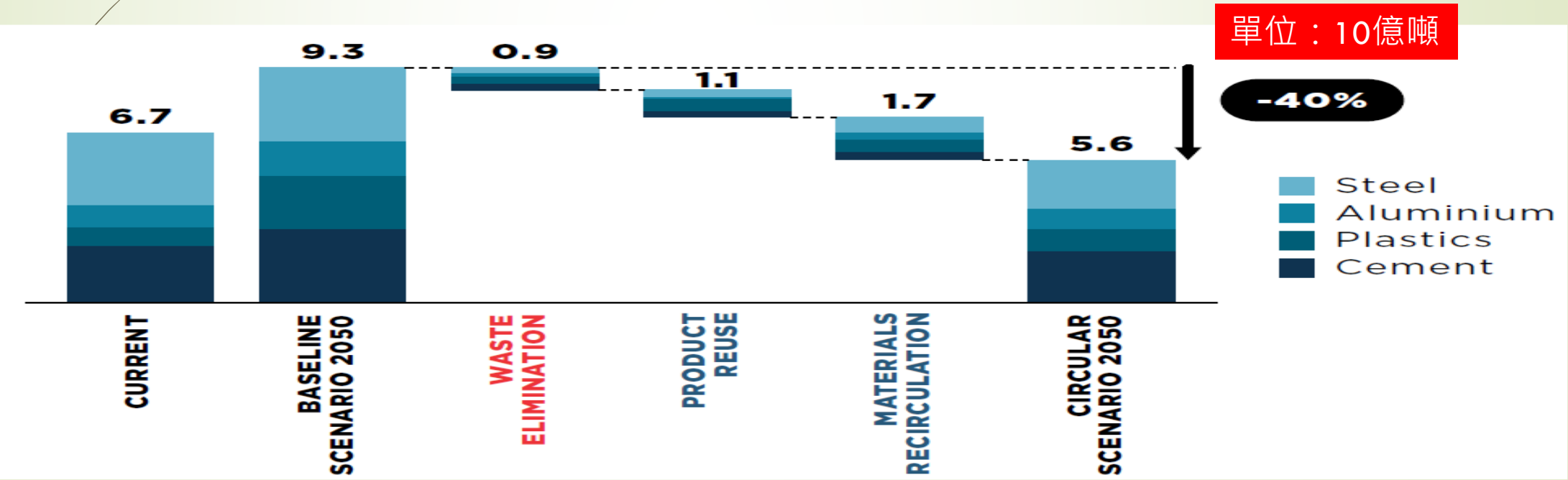
# 環境化設計是循環經濟核心(EurActiv, 18 Dec 2020)

- 產品環境化設計，可以提升廢棄物回收率、二次料市場發展、及產品技術創新等，有助國家循環經濟發展 (Moraga et al., 2019)，由於環境化設計與管理是以產品生命週期觀點出發，80%在設計階段就已經決定，產品投入市場後便難以再改善其對環境的衝擊（OECD, 2016）。
- 如何提升源頭產品環境化設計的誘因提升，是歐盟CE 2.0的施政重點。



# 循環經濟與溫室氣體減排

- 循環經濟建構的三項原則，包括：掌握廢棄物與污染流向 (design out waste and pollution)、產品與原物料再利用 (keep in products and materials in use) 及再生自然資源系統 (regenerate natural systems)。
- 鋼鐵、鋁製品、塑膠及水泥，透過上述循環經濟系統設計，預估於2050年約可降低40% (或37億噸/年) 溫室氣體排，其中，減廢約可減排9億噸CO2e/年；產品再利用約可減排11億噸CO2e/年；**原物料回收再利用約可減排17億噸CO2e/年**，合計可減排56億噸。




資料來源：Ellen MacArthur Foundation ( 2019),Completing the Picture How the Circular Economy Tackle Climate Change.

# 循環經濟案例-水泥窯廢棄物協同處理廢輪胎

- 歐盟(2016)推動水泥窯廢棄物協同處理廢輪胎(替代燃料及WtE)，如果能量 (capacity)達到95%燃料替代率，將可減排41百萬噸溫室氣體排放量，創能量相當於16.7百萬噸煤。
- 假設水泥窯單一製程每年煤炭使用量為30萬公噸，廢輪胎膠片替代率50%。則：

1. 每年約可減少煤炭進口量 (或創能量)150,000公噸，節省燃料成本為166百萬元；
2. 每年約可減少454,050噸CO2排放量 (3.027噸CO2/噸煤)；
3. 每年減少115,400公噸廢輪胎處理量，

| 項目 | 輪胎膠片 | 煤炭 |
|---|---|---|
| 價格(元/kg) | 0.9 | 1.8 |
| 熱值 (kcal) | 8,000 | 6,144 |
| 同熱值重量 (kg) | 1 | 1.3 |

資料來源：李堅明(2016)

# 小結

- 促進產品環境設計的誘因

1. 採取差別費率：在現行收費制度下，利用環保標章制度區分產品環境化程度，據此採取差別費率，提高企業產品環境化設計誘因，激勵企業綠色生產投資；
2. 創造綠色產品市場價值：加強國民綠色產品認知，以及建立綠色產品購買獎勵機制，提高綠色產品市場價值，有利於綠色生產行為的開創；

- 提高二次料發展經濟誘因

1. 獎勵生態設計與使用再生料，補助二手商店，擴大回收再利用量能。
2. 推動二次料驗證與證照制度，激勵二次料市場發展

- **開發循環經減碳方法學**



# 自然為本方案(NBSs)

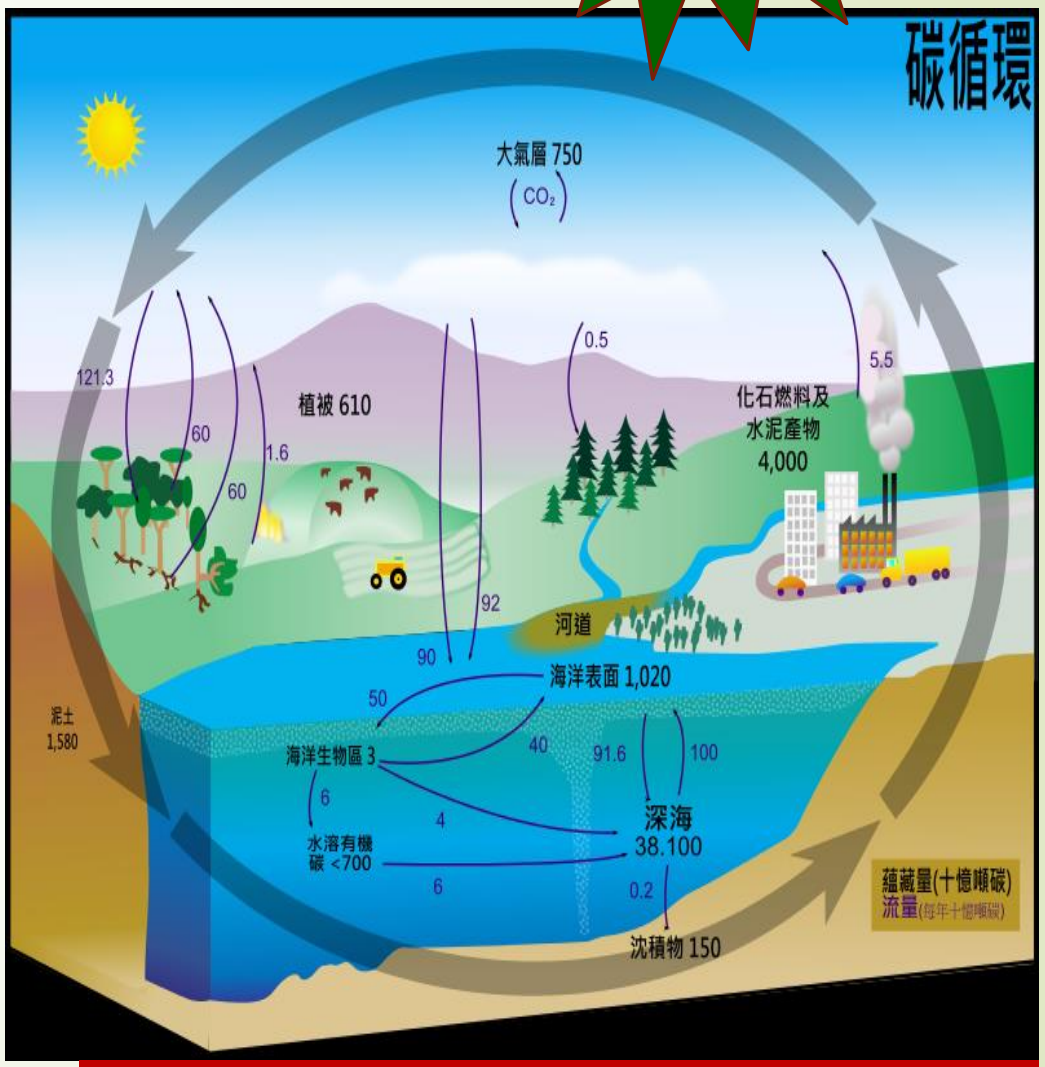


- 2009年UNFCCC開始討論，法國(2015)在COP21提出「千分之四倡議」（4 Per 1000 Initiative: Soils for Food Security and Climate），認為利用土壤固碳，**全球每年提高土壤有機碳含量4‰**，將可抵消人類活動所增加的二氧化碳排放，且有益土壤健康，有助提升農作產量、維護糧食安全。
- 國際自然保育聯盟(International Union on Conservation of Nature, IUCN)於2013-2016年引入，成為IUCN的第3個全球計畫 (Global Program)之一。

# 地球碳循環與自然為本解方 -無悔策略 (no regret)

NBS是化解不可逆的機會

- 地球是一個巨大碳庫，以各種自然方式，將碳儲存於地球，其中，海洋約儲存38兆噸CO2e、**土壤約儲存2.5兆噸CO2e**、大氣約儲存7,500億噸CO2e、植被約儲存**6,500億噸CO2e**。
- **自然為本解方**(Nature-Based Solutions, NBS)係指對自然系統的保護 (protect)、永續管理 (sustainable manage)、回復 (restore) 或修補生態系(modify ecosystems)的行動(actions)。(ICUN, 2016)
- 最新估計顯示，NBS每年可增加100億噸CO2e/年，約占全球20%溫室氣體排放量(每年約500億噸CO2e)，抑或約占全球27%二氧化碳排放量(每年約370億噸CO2e) (Net Zero Climate, 2021)。

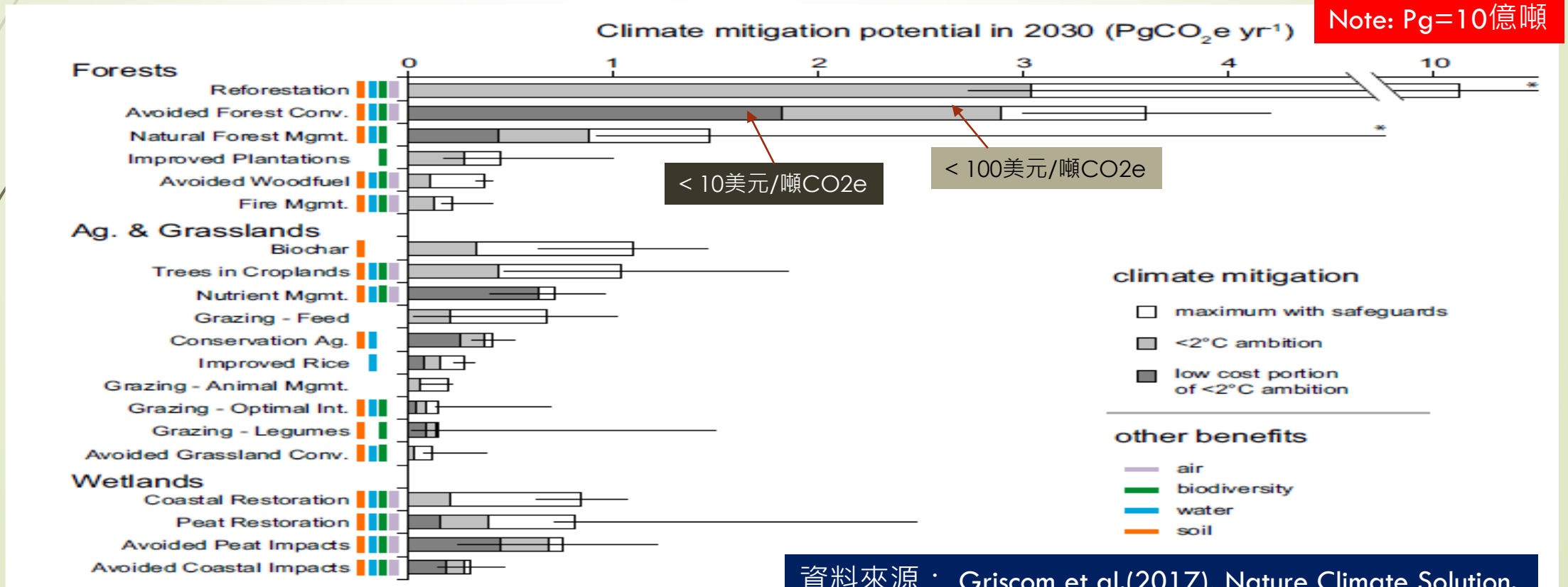



資料來源：Saff (2008), Carbon cycle-cute diagram.

# NBS具環境完整性與成本有效性

- ICUN(2017)發表在美國科學院院刊（PNAS）的論文指出，森林、農田、草地、濕地等四類生態系統是主要的NBS活動，評估合計20項行動，到2030年約可貢獻《巴黎協定》目標的37%減排潛力。該研究也發現，NBS是一種經濟可行的方案，有約六分之一抵消1噸二氧化碳當量的成本低於10美元（如下圖），有一半低於100美元。(相較於2030年碳排放成本約100美元/噸CO2e)易言之，約有一半的NBS活動具“成本有效性”（cost effectiveness）。(Griscom et al., 2017)

Note: Pg=10億噸




資料來源： Griscom et al.(2017), Nature Climate Solution.

# 55配套方案 (Fit for 55 Package)

- 歐盟為達到2030年減排55%，結合現有與新政策，稱為【達成55%減排目標配套】(Fit for 55 Package)，包括4項價格機制(pricing)、4項目標措施(target)及4項強制法規(rule) 。
- 提撥25%ETS收入與歐盟預算，成立社會氣候基金 (Social Climate Fund)及強化現代化與創新基金 (enhanced Modernization and Innovation Fund) (**基金規模約722億歐元**)

| 政策 | 策略 | 行動 |
|---|---|---|
| 碳定價機制 | 強化ETS(納入空運) | 將空運納入ETS |
| | 延伸ETS(海運、道路交通及建築) | ETS將擴充至海運(2023-2025)，及擴充至陸運與建築(2026~) |
| | 更新能源稅條例 | 取消最低稅率及減免措施 |
| | 推動CBAM | 開徵進口貨品碳排放費 |
| 目標管制 | 更新歐盟減排責任分擔目標 | 會員國提高11%(2030)減排目標 |
| | 更新LULUCF管制 | 提高林業與土壤碳匯或碳移除量至3.1億噸(2030) |
| | 更新再生能源條例目標 | 提高RE占比至40%，以及建築RE占比至40% |
| | 更新能源效率目標 | 加強建築物翻新與能效 |
| 燃料法規 | 強化車輛的CO2排放績效 | 所有內燃機車輛於2030年需減排55% |
| | 發展替代燃料 | 生質能源、氫能、合成甲烷 |
| | 更永續空運燃料 | 強制要求使用更環保噴氣燃料，考量對空運徵收燃料稅 |
| | 更潔淨海運燃料 | 強制要求使用永續燃料 |

資料來源：整理自EC(2021), 'Fit for 55': delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality

# 中國大陸作法

- 中國政府在2020年9月的聯大會議上，明確提出二氧化碳排放力爭於2030年前達到峰值，努力爭取2060年前實現碳中和。碳中和是對溫室氣體正負抵消從而達到相對零排放。
- 中國生態環境部2021年1月發佈的《關於統籌和加強應對氣候變化與生態環境保護相關工作的指導意見》中提出，應在減緩和適應氣候變化中重視運用基於自然的解決方案。NbS的多重效益使其成為協調推進氣候和生物多樣性協同治理的關鍵舉措。
- 中國氣候政策研究界的主流觀點認為，在實現碳達峰、碳中和的過程中，加強：

1. 碳捕集、利用和封存（Carbon Capture, Utilization and Storage，CCUS）及直接空氣捕集（Direct Air Capture，DAC）等碳移除技術從大氣中移除。(SbS)
2. 剩下的則通過NbS固定到森林、濕地、農田、海岸帶等生態系統中。

濕地管理



農地管理

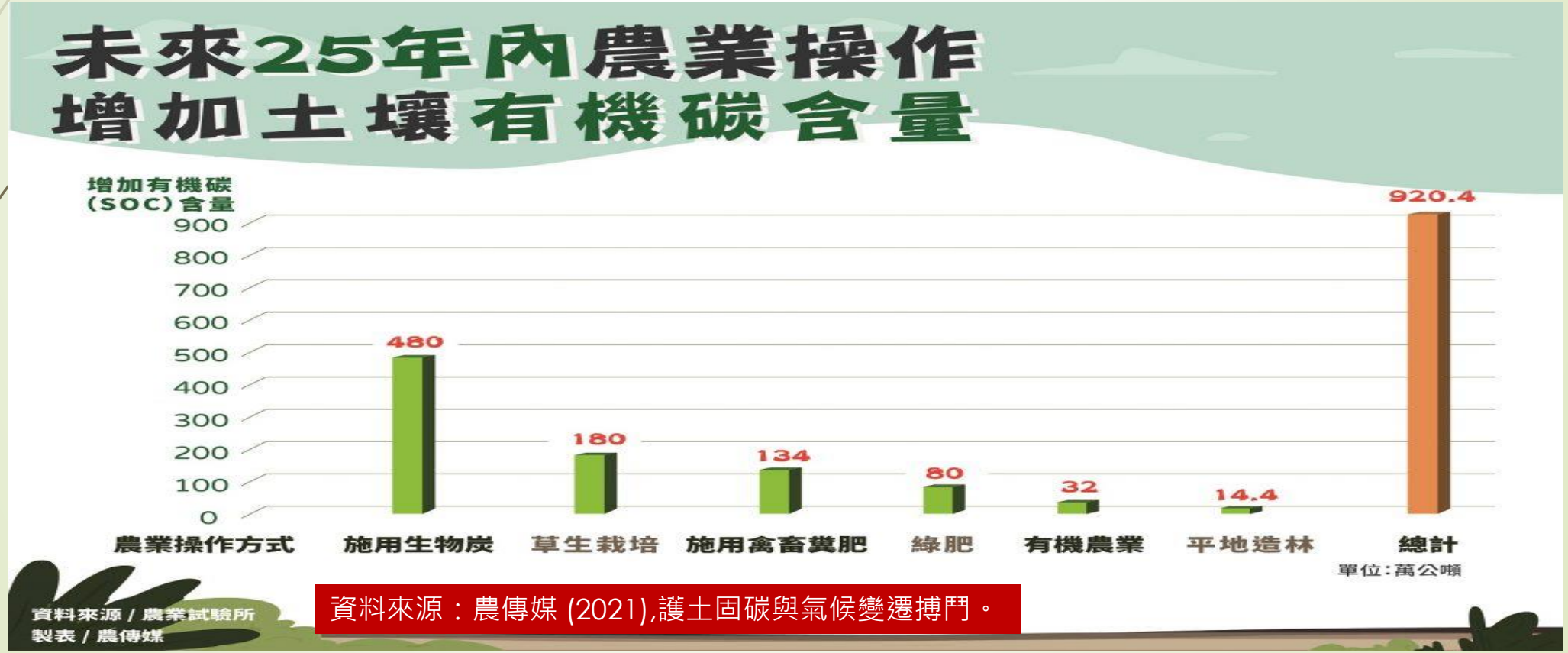


林地管理



# 我國土壤碳匯量920萬噸SOC/年

- 農委會農業試驗所是千分之四倡議聯盟創始會員，估算我國土壤有機碳的潛能，總計平均每年可增加920萬公噸有機碳(SOC)，相當於3,404噸CO2e。1噸以10美元計算，一年約有340.4百萬美元(或102.12億元新台幣)價值(農傳媒，2021/06/03)




資料來源：農傳媒 (2021),護土固碳與氣候變遷搏鬥。

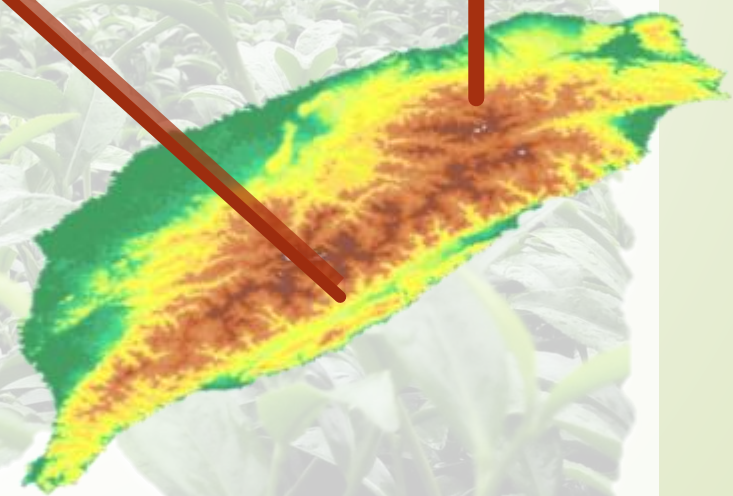
# 全臺茶樹碳匯 (Soil sink)



- 近50 年來約增加 **305,640** tons
- 平均年均增量約 6,113 tons

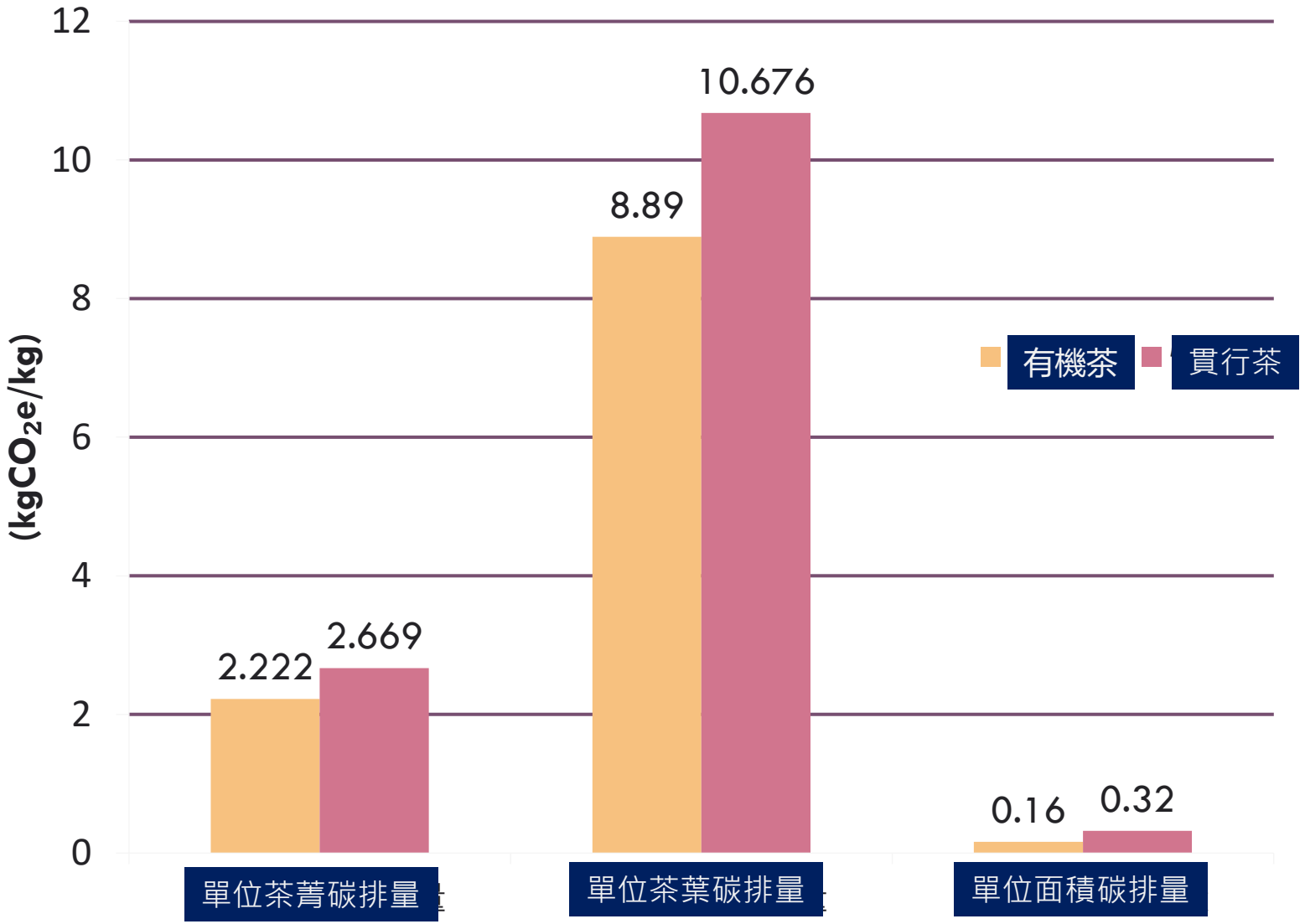
# 全臺茶園土壤碳匯 (Soil sink)

- 約**1,286,000** tons



資料來源：行政院農委會茶葉改良場(2021)

# 有機茶與貫行茶碳足跡比較-有機茶具減碳效益







碳足跡標章產品示意圖

資料來源：李愛鈴、盧陽正(2018)

# 農委會擬試辦農業碳交易

## (環境資訊中心，2021/08/23)

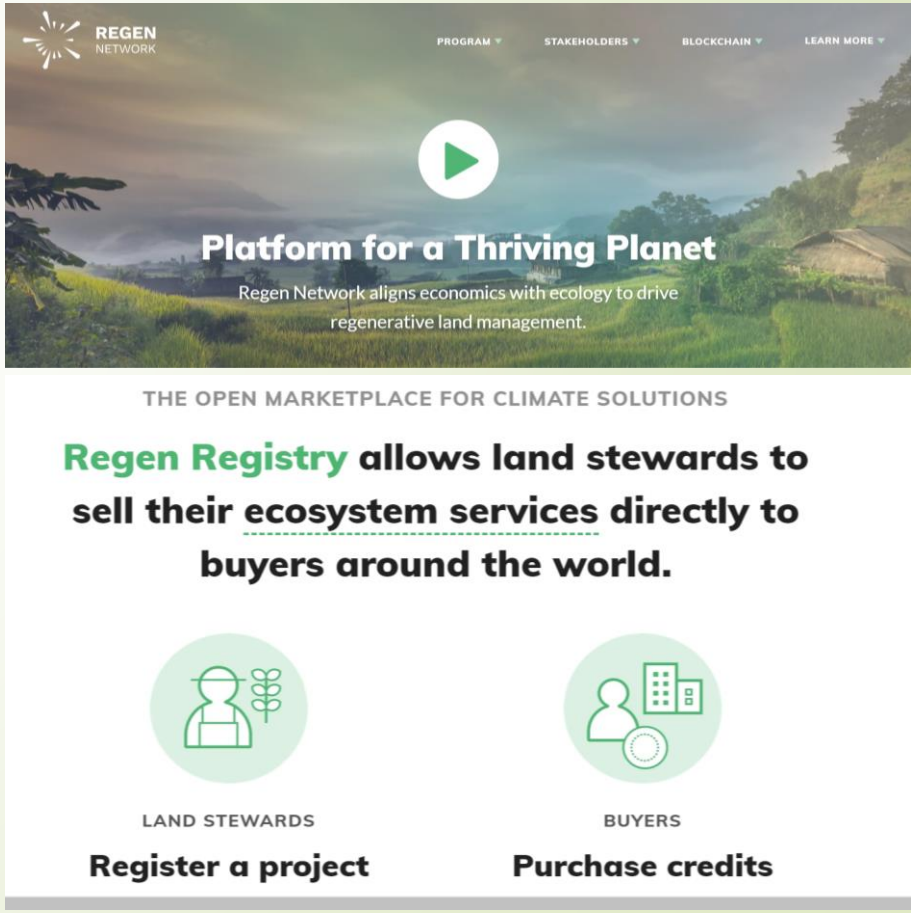


農業碳排與淨零策略。土壤的碳貯量遠大於生物與大氣的總和。圖片來源：環境資訊中心。

- **「碳農業」成國際農業淨零策略 農委會研擬試辦**

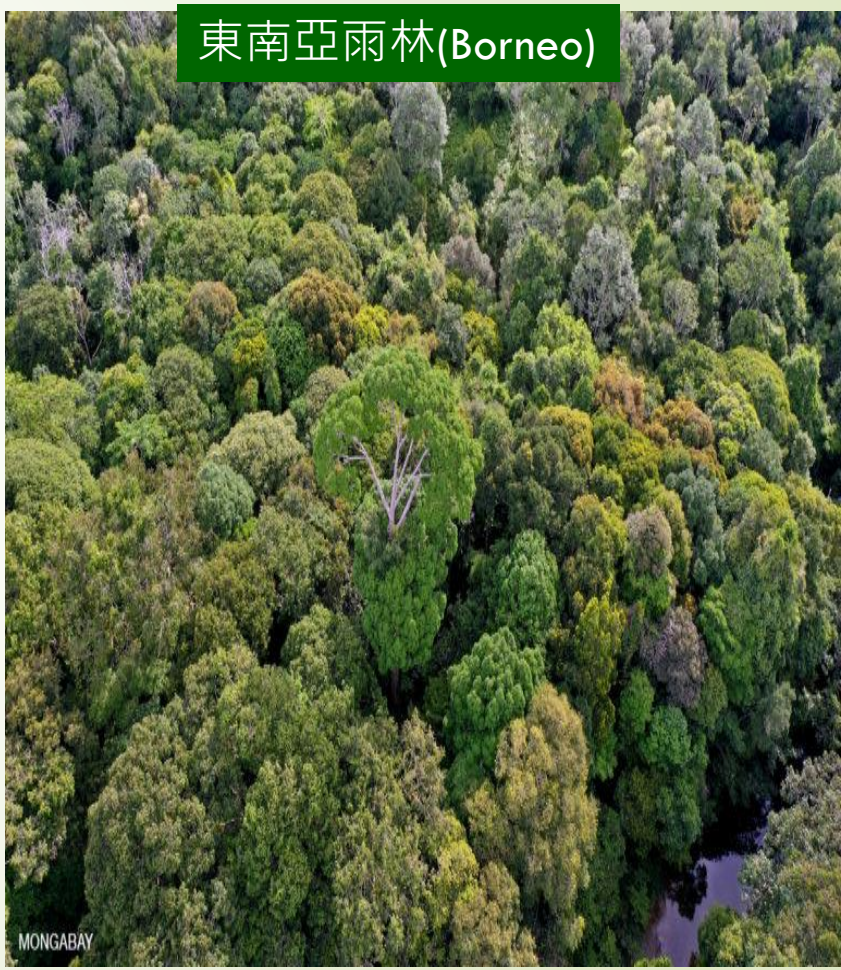
農委會正在研擬我國有機、友善農業的土壤碳匯價值化方案，未來農民的「減碳貢獻」將能被計算、訂價、販售，所得收益投入友善耕作，促成農業永續轉型。

- 國際新創組織「Regen Network」已建立土壤碳權交易平台，今年初更成功媒合科技巨頭微軟公司，與澳洲農企完成大規模的土壤碳權交易。



# 新加坡NBS碳權交易市場-聚焦東南亞生態復育 (環境資訊中心，2021/07/23)

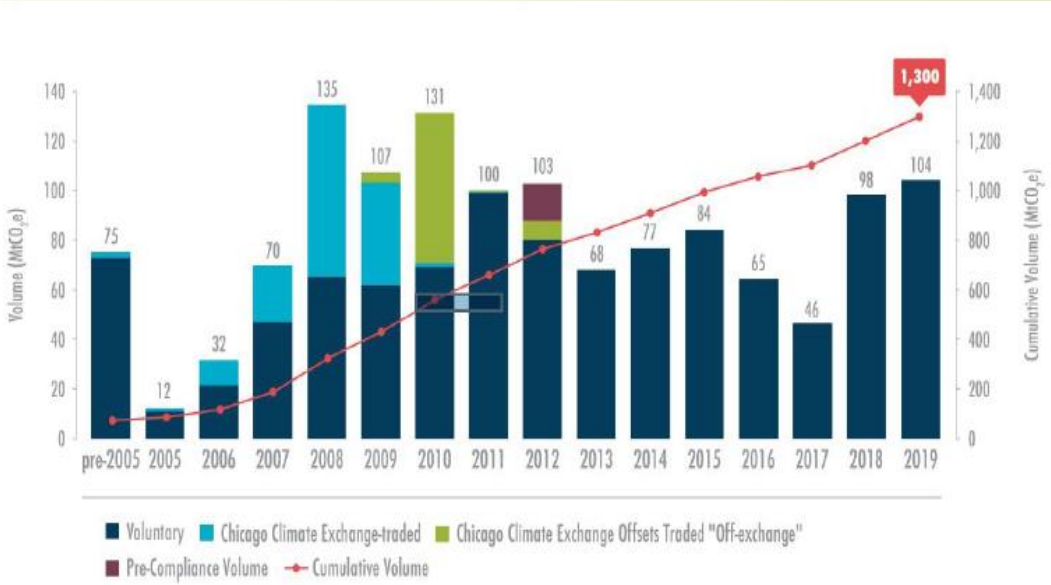
- 新加坡將推出以NBS的碳權（nature-based carbon credits）為交易標的碳權交易所，稱「氣候衝擊交易所」 Climate Impact X（簡稱CIX)。透過CIX將可購買高品質且以自然為本的碳權（nature-based carbon credits），從而使得更多企業都能夠參與自願性碳市場，並且能夠在達成企業永續目標的同時，支持保育、復育與保護自然生態系統。
- Verra是自願性碳交易市場中制定標準的主要機構之一，據其報告指出，2021年第一季發行的碳權中，屬於以自然為本解方者佔了68%，此類別在2016年只佔38%。




照片來源: Rhett A. Butler.(2021)

# NBS碳價最高，除了反應市場供需，也代表NBS碳權的高品質

- 全球自願性碳市場發展近20年，在淨零排放趨勢下，累計至2019年已有13億噸交易量，累計交易金額為55億美元。
- 以2019年為例，再生能源碳權的交易量仍然維持最大，約42.4百萬噸CO2e，然而，交易價格卻下降至1.4美元/噸CO2e，總交易金額為159.1百萬美元。
- NBS碳權(例如AFOLU)的碳權交易量已達新高的**36.7百萬噸CO2e**，交易價格也是躍升為最高的自願性碳權交易價格，達到**4.3美元/噸CO2e**，未來發展潛力無窮。




**2019**

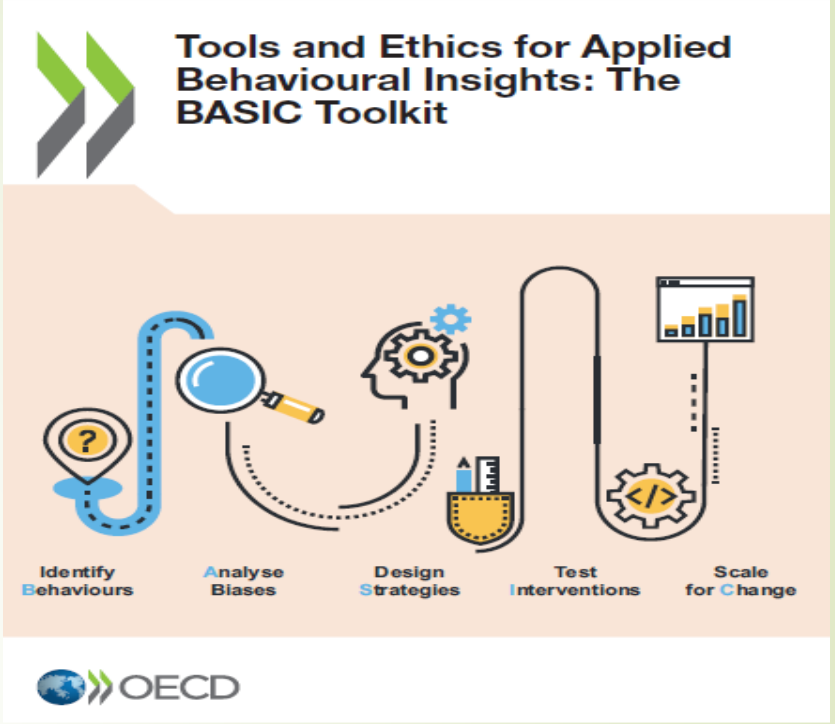
| | VOLUME MtCO2e | AVERAGE PRICE | VALUE |
|---|---|---|---|
| RENEWABLE ENERGY | 42.4 | $1.4 | $60.1 M |
| FORESTRY AND LAND USE | 36.7 | $4.3 | $159.1 M |
| WASTE DISPOSAL | 7.3 | $2.5 | $18.0 M |
| HOUSEHOLD DEVICES | 6.4 | $3.8 | $24.8 M |
| CHEMICAL PROCESSES/ INDUSTRIAL MANUFACTURING | 4.1 | $1.9 | $7.7 M |
| ENERGY EFFICIENCY/ FUEL SWITCHING | 3.1 | $3.9 | $11.9 M |
| TRANSPORTATION | 0.4 | $1.7 | $0.7 M |

資料來源：Ecosystem Marketplace(2020), Voluntary Carbon and Pandemic Recovery.

# 小結

- 推動與鼓勵NbS碳權方法學開發與碳權申請
- 引入國際自願性NbS碳權
- 籌設「台灣自然為本碳權交易所」( Taiwan Nature Exchange, TNX)




# 行為為本解方(BbS)



- 以行為科學為基礎的政策推力(nudge)，已成為國際先進國家施政的一環，成果已獲驗證，將是國家淨零排放目標落實不可或缺一環。
- OECD以正式成立【行為科學與公共政策協會】，已有202個會員(2018年)，目的是建構一個更完整的行為經濟學政策執行與績效檢視 (policy cycle)的BASIC架構。
- IPCC(2021)如果全球有10-30%承諾低碳生活，將會形成新的社會規範，促進生活型態改變，則至2030年將減排20億噸CO2e(相當於巴西年排放量2倍)，2050年將可減排30億噸CO2e。

# 行為改變：善用行為科學/經濟學

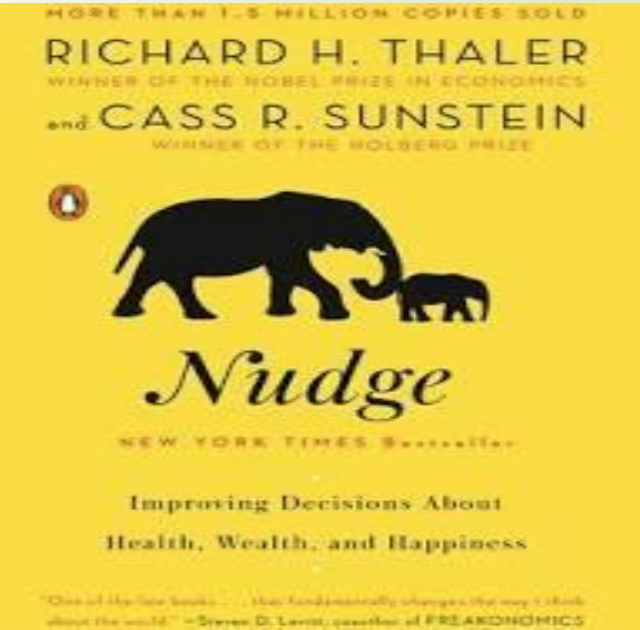
- 行為經濟學在解釋人類或經濟個體的決策慣性，主要建構在如下的學理基礎上：

1. 重視損失的「損失趨避」(loss aversion) 偏好；
2. 「確定效果」(certainty effect)，選擇確定結果；
3. 在損失趨避與確定效果偏好，存在選擇的「**框架效應**」(framing effect)
4. 重視當下小利(或輕忽未來大利)的現在偏誤 (present bias)：因此，容易產生時間不一致問題 (例如履行承諾的經濟誘因遠小於放棄承諾的經濟誘因)；
5. 容易受到同儕影響(或壓力)的「從眾效果」(或同儕效果) (peer effect)；
6. 高估自己擁有資產價值的「稟賦效果」(endowment effect)；
7. 雖然改變現狀有利，但依然維持現狀的「現在偏誤」(status quo bias)：容易發生能源矛盾(energy paradox)現象；
8. 習慣以簡單與直覺方式做決策的捷思法 (heuristics)(以過去經驗做決策，容易發生系統偏誤)。

- 歐美日先進國家成立國家層級「行為科學推力(nudges)政策機構」，展開大規模實驗計畫，促進政策有效性。

Richard Thaler 2017年諾貝爾經濟學獎





# 廠商節能汰舊換新投資的行為經濟學觀點

- 以廠商汰舊換投資決策為例，行為經濟學解釋不易推動的原因如下：

1. 現有設備仍可為企業獲利，投資新設備的獲利不確定 (確定效果)；
2. 舊設備如果還堪用，廠商會高估舊設備價值 (稟賦效應)(或沉沒成本效應)，
3. 廠商投資新設備需要花一筆錢，且效應在未來，基於廠商存在**損失趨避偏好**及現在偏誤特性，將會產生維持現狀偏誤或能源投資缺口(energy investment gap)現象，亦即維持現有設備營運模式。
4. 設備汰換投資的成本效益，通常需要經過複雜與冗長評析，然而，在捷思決策行為下，通常會以簡單的回收期作為投資決策評估方法，而且存在現在偏誤下，不會納入(或低估)較長期節能投資效益，因此，通常設定較高折現率或較短的回收期，例如3年以下。(產生投資拖延或能源矛盾現象)

# 英國EAST推力架構

- 行為洞察力團隊(Behavioral Insight Team)成立於2010年，主要目的透過對經濟個體行為的了解，提供政策擬定參考，提高政策有效性。BIT(2014)提出執行行為洞察力的「EAST架構」(Easy, Attractive, Social, Timely)，提供政府制定政策參考。




| 構面 | 內涵 |
|---|---|
| 容易(easy) | 善用預設值 (default value) 的力量 (harness the power of defaults)，可簡化複雜資訊，例如受雇者自動加入年金計畫。 |
| 吸引力 (Attractive) | 吸引注意力，例如利用圖卡或人形，及設計適當的賞罰制度，可以提高民眾興趣，例如車輛為罰單附加照片，提高繳費率。 |
| 社會影響力(Social) | 表揚民眾的好行為，並善用網路宣傳，影響他人參與。進而，鼓勵民眾「承諾」(社會本質) (social nature)，以此鎖住自己 (lock ourselves) 進行某項工作)， 例如公布準時繳稅的比例，可以促進尚未繳交者行動。 |
| 時效(Timely) | 知與行 (intension and actual behavior) 存在時差，應用及時成本與效益數據，並協助排除障礙，促進民眾盡速採取相關行動，例如罰單附註逾期者的額外罰款，有助準時繳交罰單。 |

# OECD的BASIC推力架構

- BASIC架構是串連五大行為科學內容，分別是看見人們的行為 (Behavior)、從行為經濟學角度分析 (Analysis)、訂定推力策略 (Strategy)、並嘗試將推力策略介入 (Intervention) 實際行為，如果產生效果的話，就改變 (change) 政策或制度。




| 步驟 | 內容 | 範例 |
|---|---|---|
| 行為(Behavior) | 界定與了解與政策相關的行為問題 | 提高年金(養老金)儲蓄額度，鼓勵民眾參加年金計畫。 |
| 分析(Analysis) | 利用可獲得的資訊，界定與問題(problem)相關的行為驅動因子(behavioral driver)。 | 民眾喜歡簡單的固定值(或預設值)(default value)，不喜歡繁複的計算。 |
| 策略(Strategy) | 將依據上一步驟的分析結果，轉化為影響行為的策略 | 例如為促進民眾加入年金儲蓄計劃，採取自動扣款 (opt-in) (預設值)，但同意民眾可以選擇退保(opt-out) |
| 介入(Intervention) | 設計與執行相關介入策略，並檢視有效解決問題的最佳介入策略。 | 檢視開放退保選擇，相較於強制性(預設加保(opt-in))，是否會影響加入年金儲蓄計劃的人數或投保額。 |
| 改變(Change) | 發展能夠擴大及長期影響行為的行動方案 | 定期公布年金績效，與民眾分享結果，並檢視介入行動長期效果。 |

# Behavior and Energy Policy

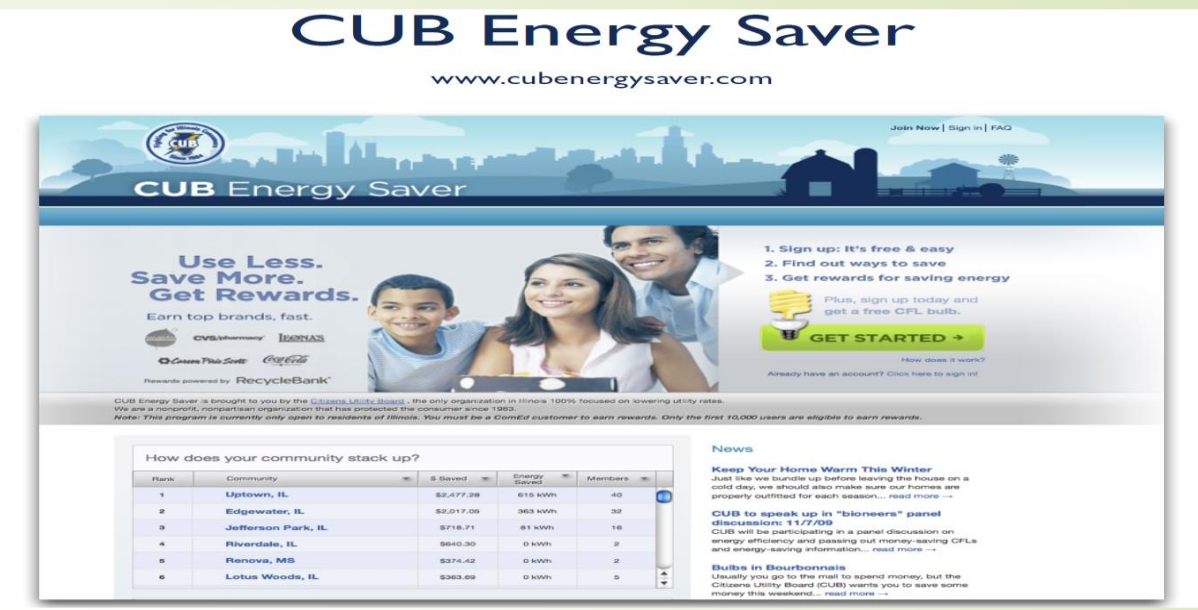
Hunt Allcott[1*] and Sendhil Mullainathan[2]

5 MARCH 2010 VOL 327 SCIENCE

- 重要結論(600,000人實驗)-社會規範(social norm)：

1. 如果價格機制不易執行，最適合應用行為科學的推力
2. 適當的推力設計，會立即改變家戶的節電行為，且該效果會持續一段時間(約2年)
3. 推力設計：同時提供家戶用及鄰居用電資訊(同儕效應)，並提供節電提示。
4. 結果降低用電力(或節電)2%(相當於**電價調高11-20%的效果)**，高所得階層影響效果大(約6.%)

| 項目 | 行為科學法 | 傳統方法 |
|---|---|---|
| 執行成本(美元/人年) | 7.48 | - |
| 每人年節電量(度) | 305 | - |
| 節省1度電成本 | 2.5美分 | 1.6-6.4美分(提高能效計劃) |
| 減1噸CO2e成本(減排成本) | -165美元 | 20, 44, 15美元(風力, CCS,油電混合) |
| 規模擴大至全美國(假設碳價10美元/噸CO2e) | | |
| 年減排量(百萬噸CO2e)(擴大規模之全國) | 12.7 | - |
| 年節電價值(百萬美元) | 3,030 | - |
| 年執行成本(百萬美元) | 927 | - |
| 淨效益(百萬美元) | 2,220 | - |




# 伊利諾州節電推力實驗(CUB Energy Saver)



- 美國伊利諾州應用行為經濟學，於2010年6月，正式啟動全美國第一個促進市民節電的推力計畫。該計畫由市民公用設施局 (Citizen Utility Board, CUB) 出資，因此，稱為CUB計畫 (CUB Program)。主要針對州內電力用戶 (Commonwealth Edison ( ConEd) 公司的電力用戶)，進行節電獎勵的實驗計畫，目標是每位參與計畫市民每年可節省200美元電費 (平均節電率6%)。

# 伊利諾州自訂節電目標計劃

CitizensUtilityBoard.org 1-800-669-5556

Understanding Your Budget-Billing Plan

FACT SHEET August 2019

- 美國伊利諾州應用行為經濟學，發展促進市民節電的「效率2.0計畫」(Efficiency 2.0)，該計畫的委請兩大協力機構配合，分別是「效率2.0」(Efficiency 2.0)公司與循環銀行 (RecycleBank) 兩家，前者為軟體製作與參與用戶客製化 (或量身訂製)節電計畫，後者則提供獎勵誘因 (核發RecycleBank點數)。針對州內電力用戶 (ConEd電力公司用戶)進行節電獎勵的實驗計畫，計畫參與的三大步驟 ：

1. 步驟一：參與者需要填一份基本資料
2. 步驟二：參與者需要提供電力用戶帳號，允許計畫端可以取得該用戶過去與現在的帳單
3. 步驟三：提供參與者一份每年節電目標清單，5%, 10%, 15%，並分別標示「無成本」(no cost)、「低成本」(low cost)及「家庭投資」(home investment)(購買節能器具)

- 每一位參與者均可取得一份完整節電措施的建議清單，提供參與者參考。參與者看完建議清單，在選擇節電目標。此外，也提供節電客製化服務。
- 電力公司會每月定期公布參與者的電費資料，參與者可以從本計畫網站，可以清楚瀏覽與了解自己過去的電費資料。實驗顯示，參與者非常關注其用電資訊，每月至少會登錄一次。
- 計畫會依據季節與氣候彈性調整節電績效(計算公式不公布)，節電績優者 (不完全與目標設定有關)可獲的點數獎勵。研究顯示，點數與節電績效關係不高，但是與電費資訊透明有顯著關係。

# 家庭能源報告

The Facts on Energy Reports



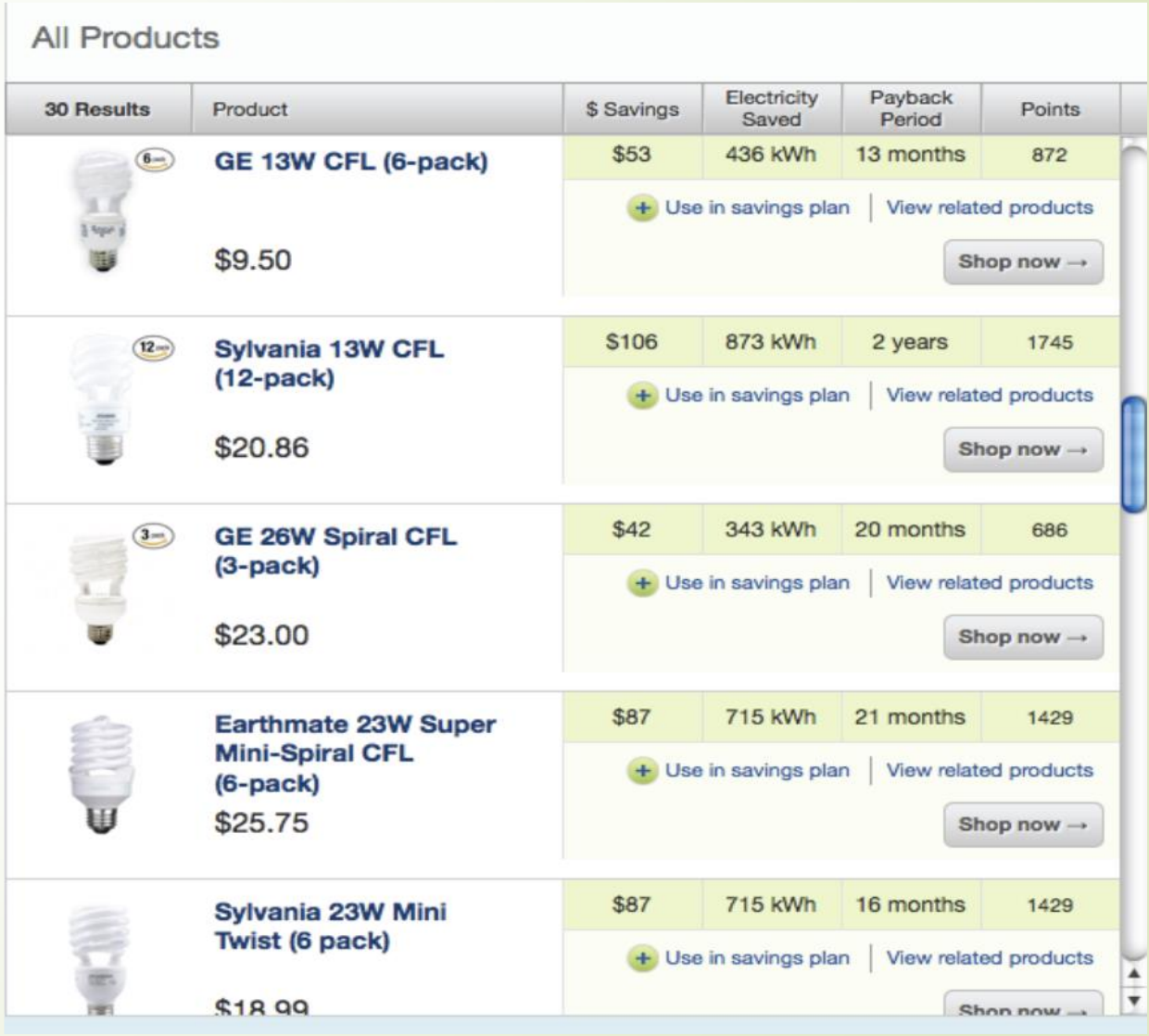
- CUB將會定期用email的方式，寄送一份《能源報告》(The Facts of Energy Report) 給參與該計畫的用戶。
- 該份報告最主要內容是提供用戶的用電情況，例如 您的用電量相較於鄰居，已多使用20%，抑或您以額外多支付了100美元電費成本，提用戶參考。彙整能源報告主要內容：

1. 在特定期間，已用了多少電？
2. 用電量或電費與鄰居的比較。
3. 以笑臉 (smiley face) 視覺化方式 (詳如右圖)，界定節能績效。
4. 提供節電與省錢的行動建議



# 綠色購物 (green shopping)

- 該計畫為獎勵前10,000名參與用戶，將可獲得100點RecycleBank點數，該點數可抵減如後公司的消費金額：Nature Made®, Coca-Cola, CVS/pharmacy, Huggies, Purex® Natural Elements™, McDonald's®, Bed Bath & Beyond, and Dick's Sporting Goods. Local reward partners include Leona's, the Chicago Children's Museum, Carson Pirie Scott, County Fair Foods, Treasure Island, The Olive Mountain, Barbara's Bookstore, and SciTech Hands On Museum等。



# CUB定期資訊(1次/週)

- Summer tips on how to stay cool without breaking the bank? It's more likely than you think, **Chien-Ming**.
- As we're all aware, summer is upon us and that means rising temperatures across the state. In fact, did you know that according to the Department of Energy, heating and cooling costs account for a whopping *50 percent* of a home's energy bills?
- Illinois residents can easily spend hundreds of dollars on their summer electric bills. As your neighborhood energy watchdog, we're dedicated to ensuring you can keep as much money in your wallet as possible while staying energy efficient. **That's why we've got some important summer tips for you on our blog now,** with tips like:

1. Regularly cleaning your filters
2. Scheduling HVAC maintenance
3. Using fans so you don't have to blast your A/C

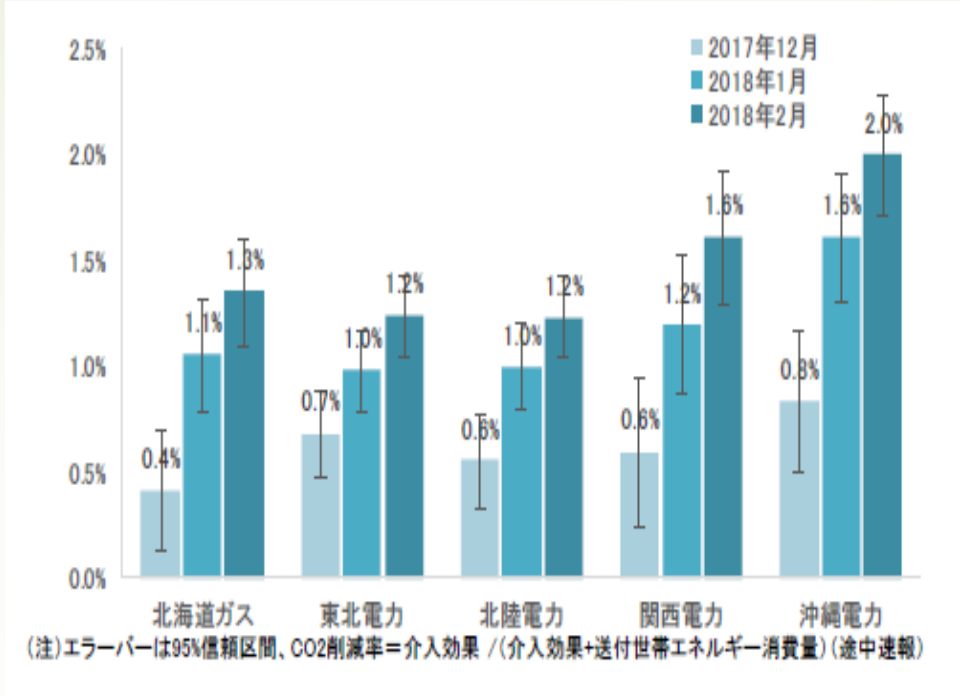
- And so much more. **So head on over to our website now, where you'll find these money-saving energy efficiency tips this summer and other valuable, free resources:**

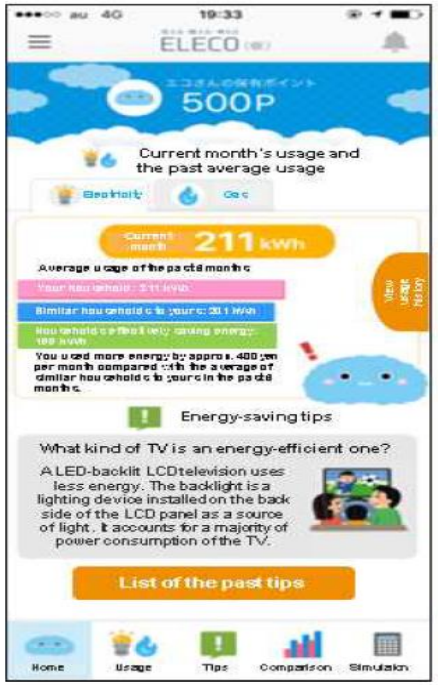
# 日本家戶節電推力實驗

- 日本環境省(Ministry of Environment, MOE) 展望行為科學(或經濟學)的快速發展，以及提升政府政策有效性，於2017年4月成立日本『行為科學團隊』 (Behavior Science Team, BEST)，

# 實驗成果-節電效果

- BEST於2017 年啟動一項家庭節能行為科學實驗，與全國超過50萬戶普通家庭合作。
- 實驗結果發現，最初2個月，以發送紙本節能績效方式，提供用戶參考，結果激勵1.2-2.0%節能效果。進一步，透過手機的視覺化資料 ，提供即時能源消費使用量變化資訊，結果激勵**約3%**以上的節能與減碳效果。
- 研究結果顯示，以日本全國2%的節能效果為例，相當於每年約節省47億kWh (相當3兆日元發電設備投資金額)，抑或相當於日本80萬戶住宅太陽能發電(投資額1.4兆億日元) 的節能和CO2節約效果。上述可以說明，應用**社會規範**(social norm)的行為科學推力設計的成本有效性與環境有效性。

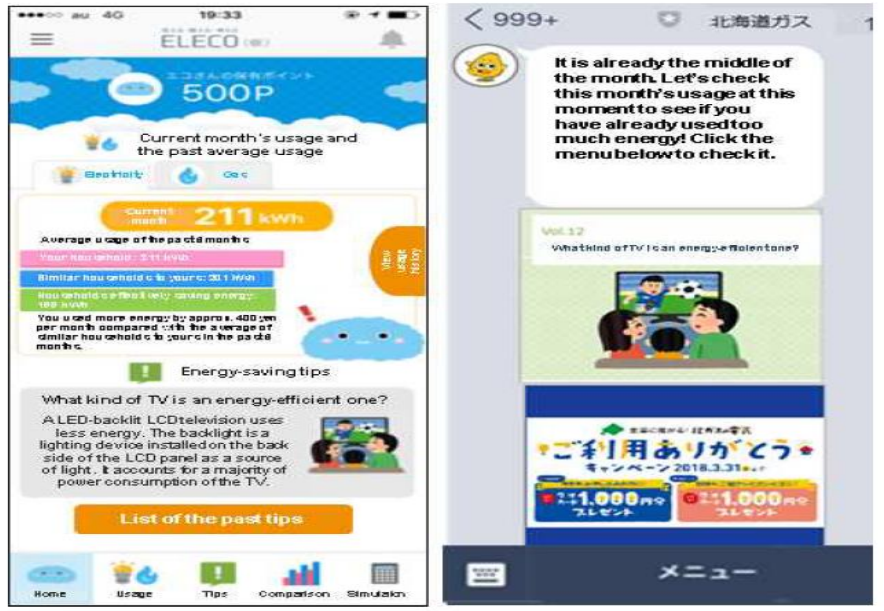


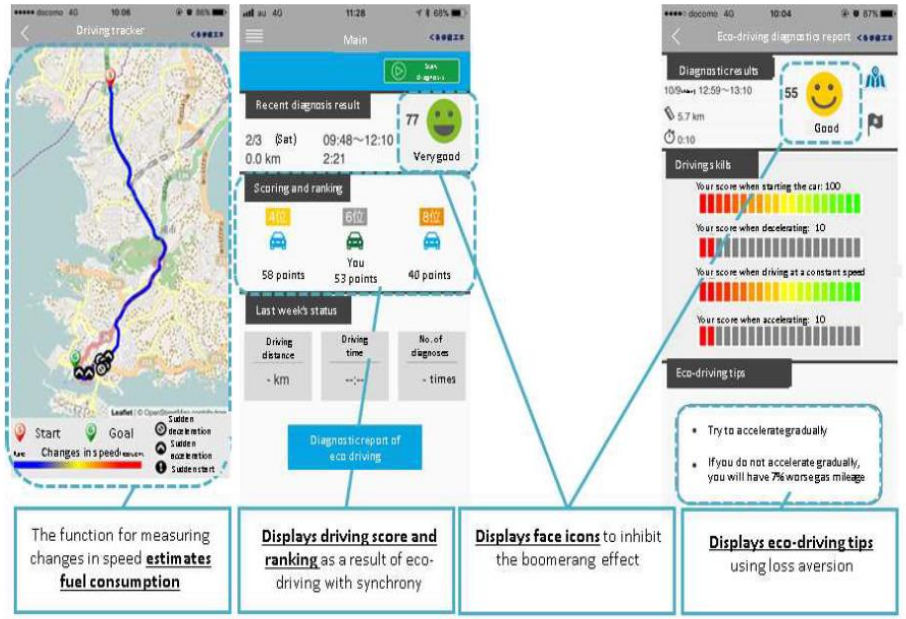



# 實驗成果-節油效果

- BEST於2017 年啟動環保駕駛(eco-driving)推力實驗計畫，透過手機的視覺化資料，提供即時能源消費使用量變化資訊，結果激勵約3%以上的節能與減碳效果，顯示，視覺化與即時性資料提供的介入機制，有助行為改變。
- 在交通方面，進行生態駕駛(eco-driving)節能行為實驗，透過智慧手機，依據駕駛行為急速煞車與啟動行為之即時提供加速度、速度及油耗等資訊，提供駕駛參考，實驗結果顯示，約提高10%燃油效率。




應用手機APP視覺化即時用電資訊示意圖




應用手機APP視覺化即時環保駕駛資訊示意圖

# 小結

- 應用行為科學推力，異於傳統經濟誘因，已成為最具成本有效性的節電政策工具。
- 節電與節能行為科學推力實驗，已驗證成果，可做為我國的借鏡。
- 成立國家層級的「**台灣行為科學團隊**」(Taiwan Behavior Science Team, TBST)工作組，倡議行為科學國家隊，提高節能政策有效性。

# 結語

- 碳定價機制應回歸《溫管法》，先行碳交易制度，提供減碳先行者低碳紅利。金管會應盡速界定碳權法律本質及參與碳交易所建置，納入綠色金融2.0的重點工作。
- 加速推動**循環經濟減碳方法學**，提高循環經濟減碳效益，及加速淨零排放目標達成。
- 農委會應加速引入國際NbS碳權方法學標準，並引入產業資金，共同推動NbS碳權開發，開創農業淨零排放綠色發展機會。
- 成立國家層級行為科學推力機構，將是觸發行為改變的最大動能，完備國家淨零排放目標的落實。

# Thank You for Your Attention！

E-mail: cmlee@mail.ntpu.edu.tw

歡迎引用本簡報資料，但請註記資料來源！

