



農業淨零排放策略系列座談-畜牧產業焦點座談

第二輪：畜產業減碳與資源循環願景之實踐行動策略



Prof. Jung-Jeng Su 蘇忠楨 教授
Dept. of Animal Science and Technology
National Taiwan University

December 29, 2021





摘要



- 引言
- 關鍵策略與實踐行動主題
 1. 糞尿處理及排放減量方面
 2. 畜禽腸道之排放減量方面
 3. 畜牧產業之碳中和
 4. 畜牧產業之碳盤查
- 開放討論



NTU

National Taiwan
University



國立臺灣大學

National Taiwan University

人類在責備我們造成全球氣候暖化

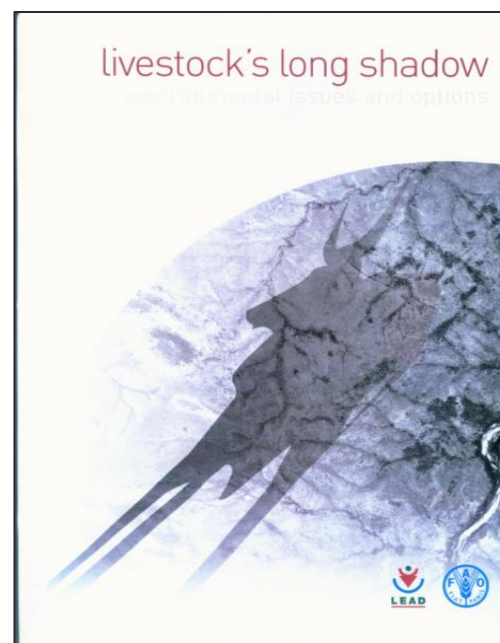
WORLD of COW

By Stik



(圖片來源：http://lowres.cartoonstock.com/agriculture-cow-cattle-farmer-country-rural-bgm943_low.jpg)

2006年聯合國糧農組織(FAO)發表『畜牧業的巨大陰影』報告中指出，畜牧部門所產生的溫室氣體排放量約占全球人類活動的溫室氣體排放量18%，排放量更高於運輸部門。



(資料來源：<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0701e/a0701e00.pdf>)



聯合國報告：全球暖化 95% 是人類自己造成



聯合國「政府間氣候變化專門委員會」(IPCC)召集八百位科學家，彙整九千篇研究的報告指出，人類活動造成全球暖化的可能性「至少95%」。包括火力發電在內，工業活動是全球暖化的元凶。圖為德國蓋爾森基興市的一個燃煤發電廠。（美聯社）



『糧食安全』 vs 『2050淨零排放』?!



<http://thebalochhal.com/wp-content/uploads/2010/06/food-security1.jpg>



<https://www.sustainabilitymatters.net.au/content/sustainability/article/net-zero-carbon-neutral-carbon-negative-what-do-they-mean-exactly--1597925690>



引言



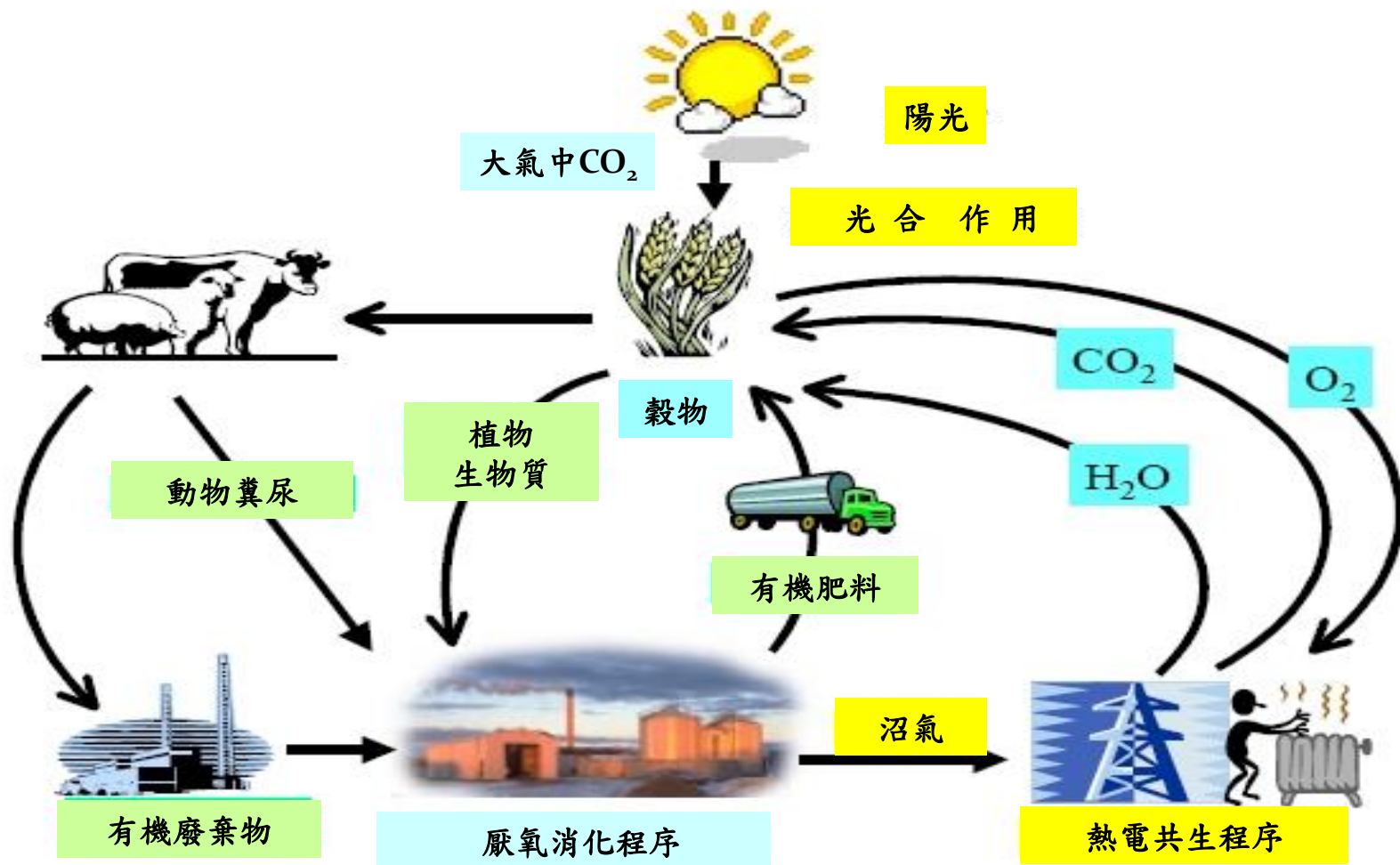
- 因應全球倡導「2050淨零排放」，以維護全球年均增溫低於1.5°C，我國各部門也啟動相關之因應機制，並召開社區層級、地方層級及國家層級之座談會，農委會也配合進行農業淨零排放策略之規劃與相關座談會。
- 有關農業淨零排放目標訂定前，必須要仔細考量是否仍可以維護國家糧食安全，尤其是我國糧食自給率未達40%。如果貿然定訂嚴苛之淨零排放目標，則會嚴重影響國內農業產業發展，**增加農產品之生產成本、生產量及未來出口之競爭力**等。
- 依據2021年「中華民國國家溫室氣體清冊報告」統計數據顯示，農業部門之總溫室氣體排放量僅3,301千噸二氧化碳當量，約佔全國溫室氣體總排放量(287,060千噸二氧化碳當量)之1.15%
- 建議應效法澳洲政府於2030年前先朝向「**碳中和**」之中程目標努力，等環境條件與技術成熟後再執行淨零排放目標。



碳中和 (Carbon Neutral)



$$\text{CO}_2\text{排放量} = \text{CO}_2\text{吸收量}$$





1. 糞尿處理及排放減量方面

- (1) 實施**精準營養**：提升飼料效率，減少糞便排放量。
- (2) 實施**精準施肥**：針對不同作物與氮肥需求量，施用適量有機肥，以減少農地之 N_2O 排放量。
- (3) 糞尿**集中收集處理**：
 - i. 廢水經厭氧消化程序處理，生產再生能源並應用於發電或鍋爐等燃燒用途，其相對應之清潔發展機制(CDM)之減碳排方法學編號AMS-III.D。沼液(亦即是厭氧處理後廢水)必須經過活性污泥妥善處理，才能排放；沼液澆灌農地只能是選項，並非唯一之去化處理方式。沼渣(亦即是厭氧處理後污泥)則需要進行堆肥處理再應用於農地。
 - ii. 糞渣與濃縮污泥等固形物以堆肥程序處理(或是快速堆肥處理)，減少甲烷排放量，其相對應之CDM減碳排方法學編號AMS-III.F。
- (4) 推動**智慧化與自動化廢水處理技術系統**：提升廢水處理效率，藉由節省水、電等資源，以達到節能減碳之目的(已經建置示範場域)。

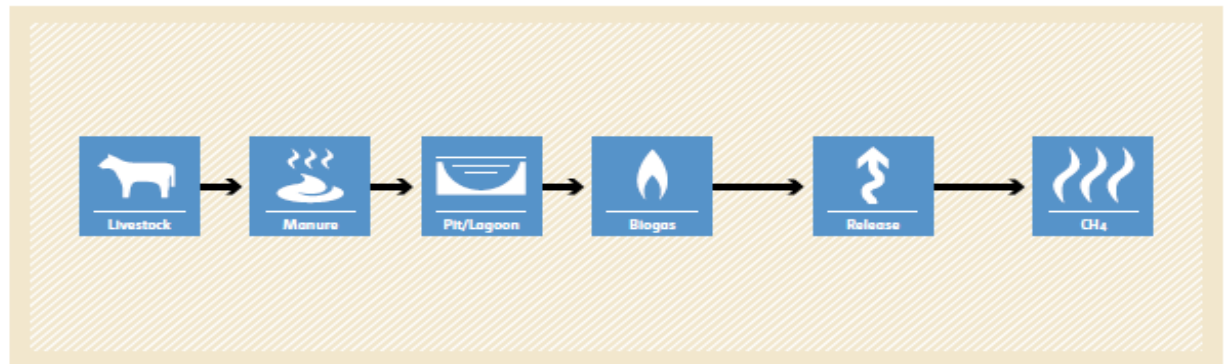
AMS-III.D. 動物糞便管理之甲烷回收

AMS-III.D. Methane recovery in animal manure management systems

BASELINE SCENARIO

Animal manure is left to decay anaerobically and methane is emitted into the atmosphere.

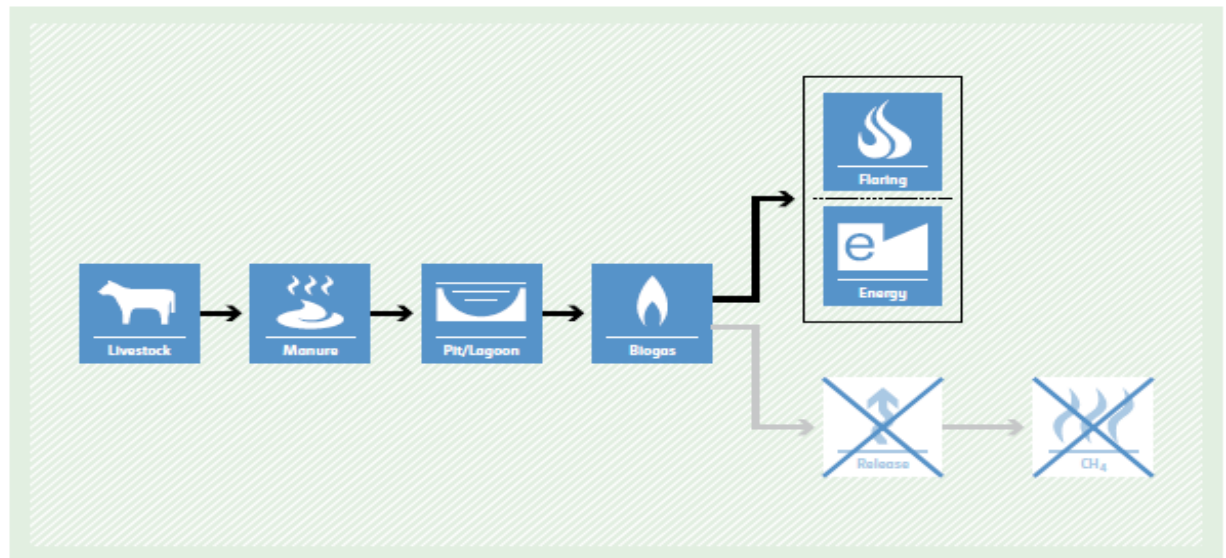
動物糞便儲存導致
沼氣排放



PROJECT SCENARIO

Methane is recovered and destroyed or gainfully used due to replacement or modification of existing anaerobic manure management systems.

動物糞便處理與收集沼氣
再利用(燃料或發電)



AMS-III.F. 藉由堆肥程序避免甲烷排放

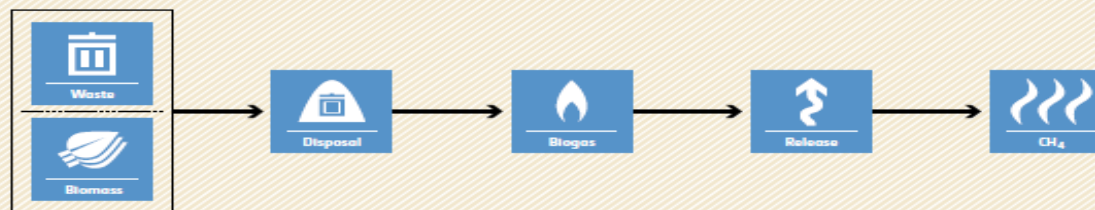
AMS-III.F. Avoidance of methane emissions through composting



BASELINE SCENARIO

Biomass and other organic matter (including manure where applicable) are left to decay and methane is emitted into the atmosphere.

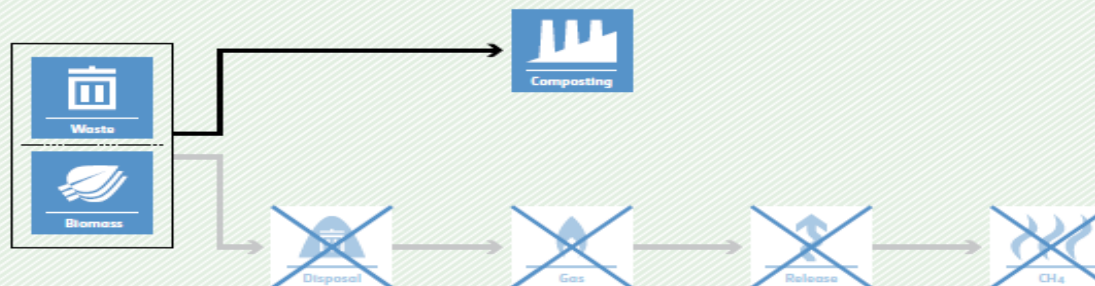
廢棄物或生物質棄
置產生沼氣排放



PROJECT SCENARIO

Methane emissions are avoided through composting.

廢棄物或生物質進
行堆肥處理





2. 畜禽腸道之排放減量方面

- (1) **維護動物健康**：提升生產效率，減少飼養頭數，達到減碳排之目的。
- (2) **高生產效率品系選拔**：選育高生產效率之畜禽品系，尤其是乳牛(例如選育天噸牛)以較少之飼養頭數，生產更多的生乳量。
- (3) **提升飼料效率**：使用飼料替代物或添加劑，且必須不會影響生產性能之飼料替代物(海藻)或是添加劑，不可以是對於瘤胃微生物具毒性之成份(例如抗生素等)，以減少瘤胃之甲烷排放量，但是不會影響瘤胃中之優勢菌群生長。
- (4) 因為國內反芻動物(牛、羊)在養頭數不足30萬頭，牛隻(335.89千噸二氧化碳當量)、羊隻(16.85千噸二氧化碳當量)及豬隻腸內發酵之甲烷排放量(206.78千噸二氧化碳當量)分別佔61.3%、3.1%及36%之總畜禽腸內發酵之甲烷排放量(547.54千噸二氧化碳當量)(中華民國國家溫室氣體清冊報告統計數據p.5-12)。而腸內發酵之甲烷主要排放源為瘤胃排放，豬隻與人類相同為單胃動物，故不應使豬隻腸內發酵成為減碳排之主要目標之一。



3. 畜牧產業之碳中和

- (1) 畜牧場沼氣作為發電：將畜牧沼氣進行「脫硫程序」，就可以提供燃氣發電機使用，已產生綠電取代一般石化燃料發電。其相對應之清潔發展機制(CDM)之減碳排方法學編號AMS-I.D。
- (2) 畜牧場沼氣作為燃料：將畜牧沼氣進行脫硫程序，就可以提供鍋爐或是其他燃燒器具使用，取代一般石化燃料油。
- (3) 畜牧場沼氣作為生物天然氣：將畜牧沼氣先進行脫硫程序，再進行「提純程序(upgrading)」，將畜牧沼氣中所含之甲烷(石化天然氣主要成份)提升到98%以上，可以注入家戶天然氣管路系統、汽車燃料使用，更可以逐年取代火力發電廠所使用之燃煤或石化天然氣，協助國內能源順利轉型。但是生物天然氣之供應、運輸及商業販售等行為，仍須相關法規配套才能施行。

ACM0024 藉由有機廢棄物厭氧消化產生之生質甲烷取代天然氣

ACM0024 Natural gas substitution by biogenic methane produced from the anaerobic digestion of organic waste

BASELINE SCENARIO

Supply of natural gas to a natural gas distribution system.

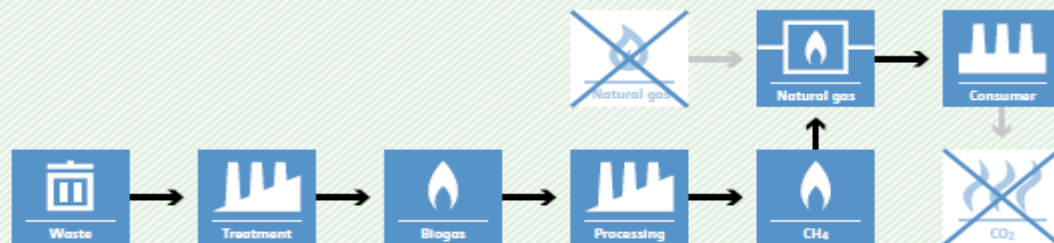
石化天然氣



PROJECT SCENARIO

Organic waste is treated by anaerobic digestion. The resulted output is upgraded and used to replace natural gas in a natural gas distribution system.

生物天然氣
(畜牧沼氣脫硫/提純)





國內已經研發成功畜牧業沼氣脫硫與提純系統裝置(生物天然氣或生質甲烷產製)(Su and Chung, 2021; Su and Hong, 2020)

The Journal of Agricultural Science

cambridge.org/ags

Climate Change and Agriculture Research Paper

Cite this article: Su J-J, Chung H-C (2021). Study of livestock biogas upgrading using a pilot-scale photocatalytic desulphurizer followed by a hollow fibre carbon dioxide adsorption module. *The Journal of Agricultural Science* 1–8. <https://doi.org/10.1017/S0021859621000332>

Received: 18 June 2020
Revised: 20 February 2021
Accepted: 22 March 2021


Key words:

Biogas upgrading; biomethane; hollow fibre adsorption; livestock biogas; photocatalytic desulphurization

Author for correspondence:

Jung-Jeng Su, E-mail: jjsu@ntu.edu.tw

Study of livestock biogas upgrading using a pilot-scale photocatalytic desulphurizer followed by a hollow fibre carbon dioxide adsorption module

Jung-Jeng Su^{1,2}  and Hsin-Cheng Chung¹

¹Department of Animal Science and Technology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC and ²Bioenergy Research Center, College of Bioresources and Agriculture, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC

Abstract

The objective of this project is to integrate a domestic photocatalytic desulphurization facility with a biogas upgrading module and try to develop a system for biogas desulphurization and upgrading under ambient conditions. Four photocatalytic desulphurization reactors (PDRs) and one activated carbon reactor (ACR) were applied for biogas desulphurization and filtration under ambient conditions. Moreover, a hollow fibre carbon dioxide (CO₂) adsorption module was applied for biogas upgrading. The operation pressure of the PDR and ACR was under ambient pressure. Results showed that hydrogen sulphide removal efficiency of the photocatalytic desulphurizer was about 0.99–1.00 (v/v) under the inlet biogas flow less than 5 litres/min and the concentration of inlet hydrogen sulphide was lower than 5600 mg/m³. For desulphurized biogas upgrading, the removal efficiency of CO₂ was higher than 0.90 (v/v) under the outlet biogas flow was 1 litre/min (i.e. inlet biogas flow was about 2 litres/min). However, the ratio of methane in the upgrading biogas was lower than 0.90 (v/v). Thus, nitrogen gas removal cartridges will be integrated with the biogas upgrading module to promote methane concentration in the upgraded biogas.

AMS-I.D.再生電力併入電網

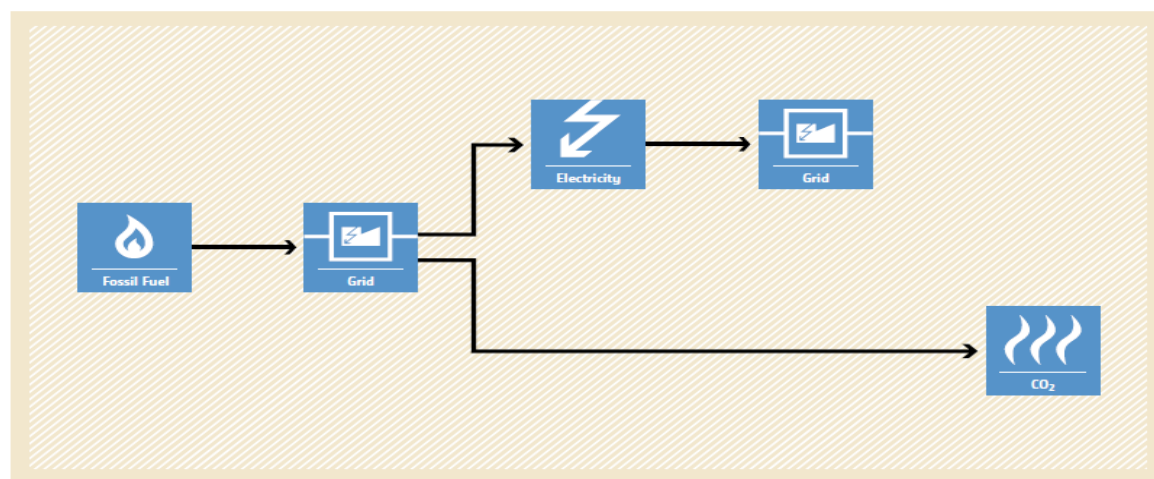
AMS-I.D. Grid connected renewable electricity generation



BASELINE SCENARIO

Electricity provided to the grid by more-GHG-intensive means.

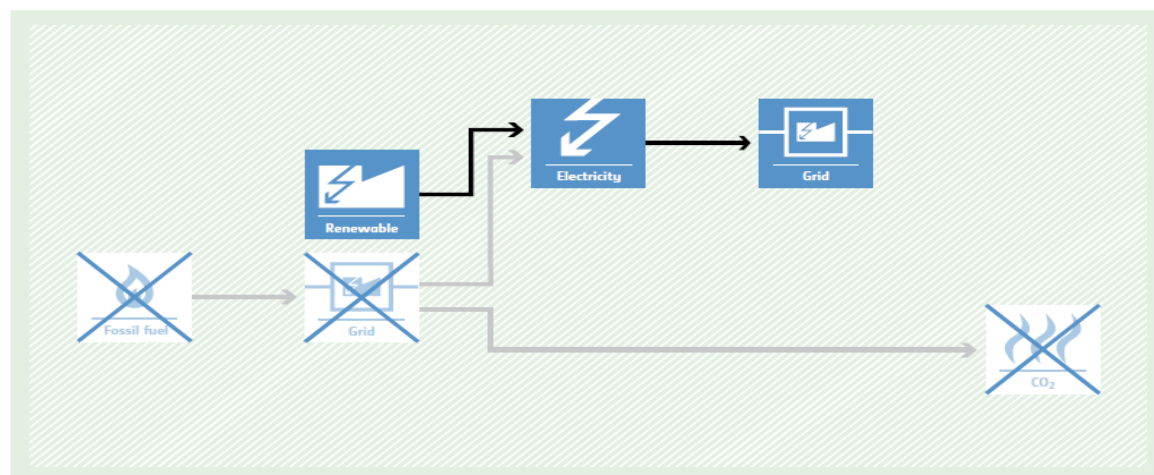
化石燃料發電併入電網



PROJECT SCENARIO

Electricity is generated and supplied to the grid using renewable energy technologies.

再生能源發電併入電網



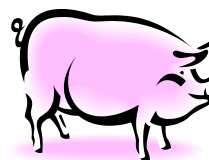


4. 畜牧產業之碳盤查

- (1) 跨政府間氣候變遷專門委員會方法學(IPCC)：「中華民國國家溫室氣體清冊報告」就是依照此方法學進行國內各部門(包括農業部門)之溫室氣體排放量統計估算。畜牧業僅估算「**腸內發酵(enteric fermentation)**」之**甲烷**排放及「**糞便管理(manure management)**」之**甲烷與氧化亞氮**排放量。畜產糞便製成有機肥施用農地之甲烷與氧化亞氮排放，並未計算在畜牧業。
- (2) 生命週期評估(LCA)方法學：評估產品生產過程與產品服務程序對於環境的衝擊，包括：碳足跡(全球氣候暖化)、優氧化、酸化及光化學煙霧等指標。世界上之碳盤查主要是使用LCA方法學(亦即是ISO 14067)進行碳排之盤查。
- (3) 清潔發展機制(CDM)方法學：為京都議定書規範之碳交易機制，各國進行**碳權交易(carbon trade)**、**自願性減碳(voluntary carbon offset)**及**國內碳抵減(carbon offset)**等最常用之方法學。可以鼓勵畜牧業者進行碳抵減或碳交易。



跨政府間氣候變遷專門委員會方法學 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)



跨政府間氣候變遷專門委員會方法學(IPCC)

中華民國
國家溫室氣體
清冊報告

2021

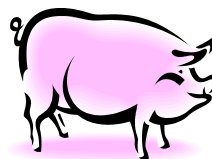
中華民國 110 年 9 月

畜牧部門GHG估算範圍：

1. 甲烷：腸內發酵(Enteric fermentation)
2. 甲烷：糞便管理(Manure management)
3. 氧化亞氮：糞便管理

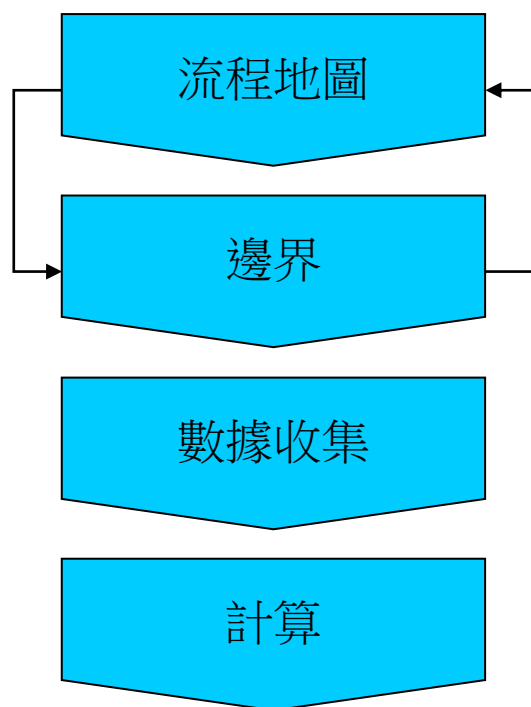


生命週期評估方法學 (Life Cycle Assessment, LCA)





碳足跡(Carbon footprint)計算



- 建立產品生命週期製程地圖，包含原物料至廢棄物處理過程中所有原料、能源、廢棄物之投入產出
- 界定系統界線
- 蒐集產量、活動數據並進行分配
- 產品碳足跡計算



聯合國糧農組織(FAO) (FAO, 2006)

	排碳量 (Tg-CO ₂ e/yr)	佔 <u>全球</u> 人類活動 溫室氣體排放百分比(%)
畜牧業	7,100	18
化石燃料燃燒	4,000-5,200	13

畜牧相關之人類活動溫室氣體排放主要類別：(7,035 Tg-CO₂ e/yr)

- 1.腸內發酵與呼吸(1800 Tg-CO₂e/yr)
- 2.動物糞便(2160 Tg-CO₂e/yr)
- 3.畜牧相關土地使用變更(2400 Tg-CO₂e/yr)
- 4.關聯畜牧之沙漠化(100 Tg-CO₂e/yr)
- 5.畜牧相關由種植土壤釋出(230 Tg-CO₂e/yr)
- 6.飼料生產(240 Tg-CO₂e/yr)
- 7.農場內化石燃料使用(90 Tg-CO₂e/yr)
- 8.農作收穫後之排放(10~15 Tg-CO₂e/yr)

佔全球人類活動
百分比：
CO₂: 9%
CH₄: 35-40%
N₂O: 65%



美國(USA) (Pitesky et al., 2009)

	排碳量 (Tg-CO ₂ e/yr)	佔美國人類活動 溫室氣體排放百分比(%)
總排放	7,150	100
農業	413	5.8
畜牧業	198	2.8
運輸	1,887	26

農業相關之人類活動溫室氣體排放主要類別：(414.6 Tg-CO₂e/yr)

1. 農業土壤管理(209 Tg-CO₂e/yr)
 2. 腸內發酵(139 Tg-CO₂e/yr)
 3. 糞便管理(59 Tg-CO₂e/yr)
 4. 稻米種植(6.2 Tg-CO₂e/yr)
 5. 農地燃燒農業殘餘物(1.4 Tg-CO₂e/yr)
- } 198 Tg-CO₂ e/yr



美國加州(California, USA) (Pitesky et al., 2009)

	排碳量 (Tg-CO ₂ e/yr)	佔加州人類活動 溫室氣體排放百分比(%)
總排放	492	100
農業	27	5.4
畜牧業	14	2.8
運輸	182	37

農業之人類活動溫室氣體排放主要類別：(24 Tg-CO₂e/yr)

1. 農業土壤管理(9.1 Tg-CO₂e/yr)
 2. 腸內發酵(7.2 Tg-CO₂e/yr)
 3. 糞便管理(6.9 Tg-CO₂e/yr)
 4. 稻米種植(0.6 Tg-CO₂e/yr)
 5. 農地燃燒農業殘餘物(0.2 Tg-CO₂e/yr)
- } 14 Tg-CO₂e/yr



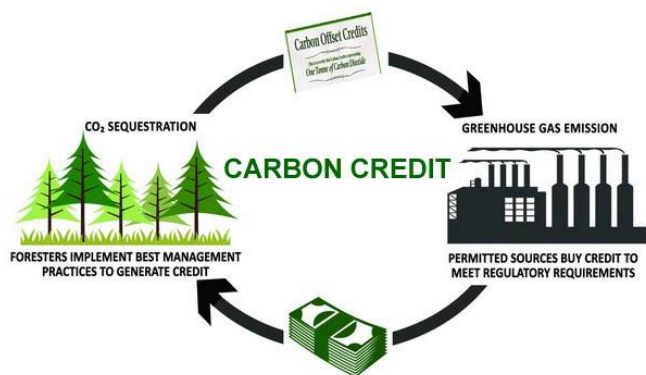
畜牧部門溫室氣體排放量盤查(LCA)

佔全國溫室氣體 排放之百分比	美國	英國	法國	加拿大	澳洲	紐西蘭
農業(%)	5.94	6.89	18.00	8.16	16.18	47.60
畜牧業(%)	2.82	3.21	8.95	3.92	10.90	32.03

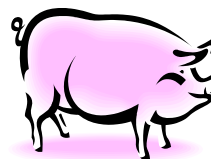




清潔發展機制方法學 (Clean Development Mechanism, CDM)



<https://ohimaiconsulting.com/carbon-credit-and-carbon-tax-other-sources-of-revenue-for-nigeria/>



CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM

CDM METHODOLOGY BOOKLET

Twelfth edition
Information updated as of EB 108
December 2020



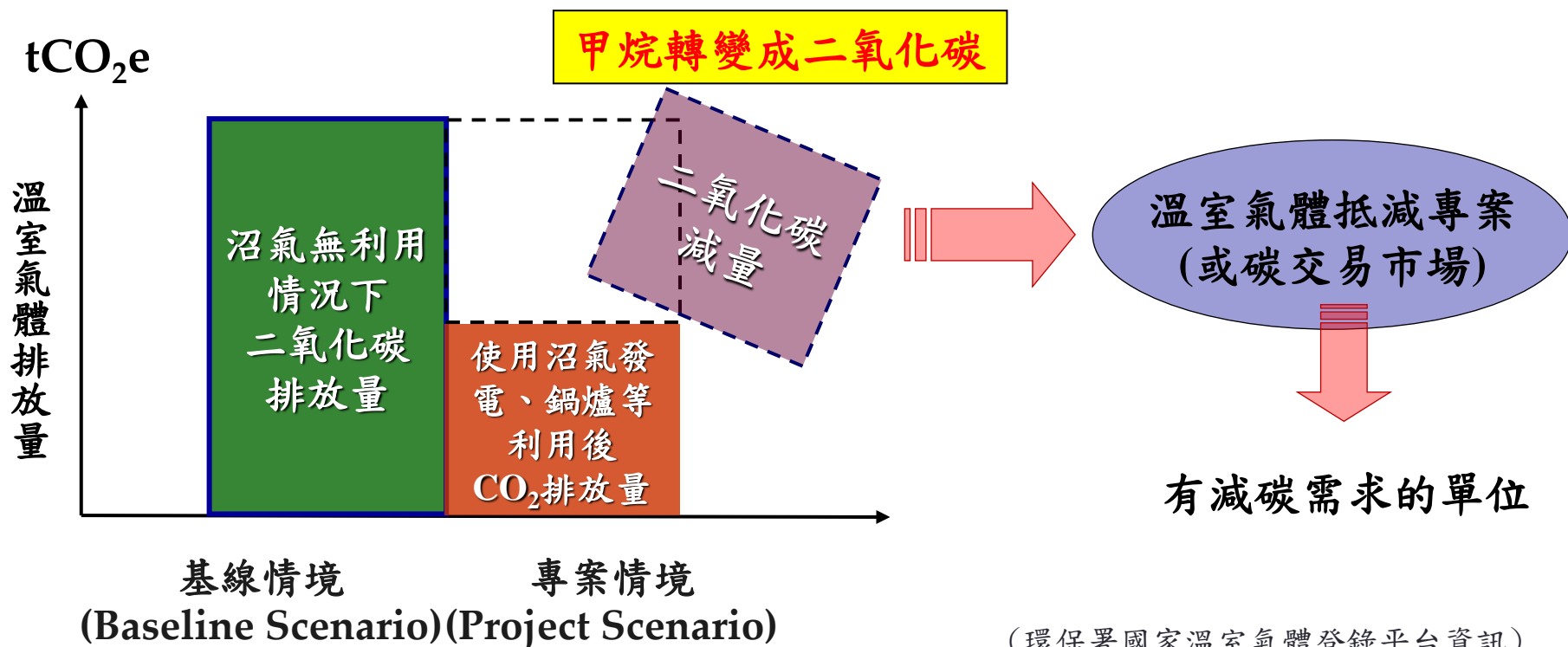
United Nations
Framework Convention on
Climate Change





溫室氣體抵減專案(或碳排放交易)說明

碳排放交易制度的目的在於鼓勵潔淨能源技術的開發，使碳排放製造者在執行減碳的同時，亦能透過碳額度的銷售以彌補技術開發的投資損失，讓節能減碳可與經濟成長取得平衡。



AMS-III.H. 廢水處理之甲烷回收

AMS-III.H. Methane recovery in wastewater treatment

BASELINE SCENARIO

Methane from the decay of organic matter in wastewater or sludge is being emitted into the atmosphere.

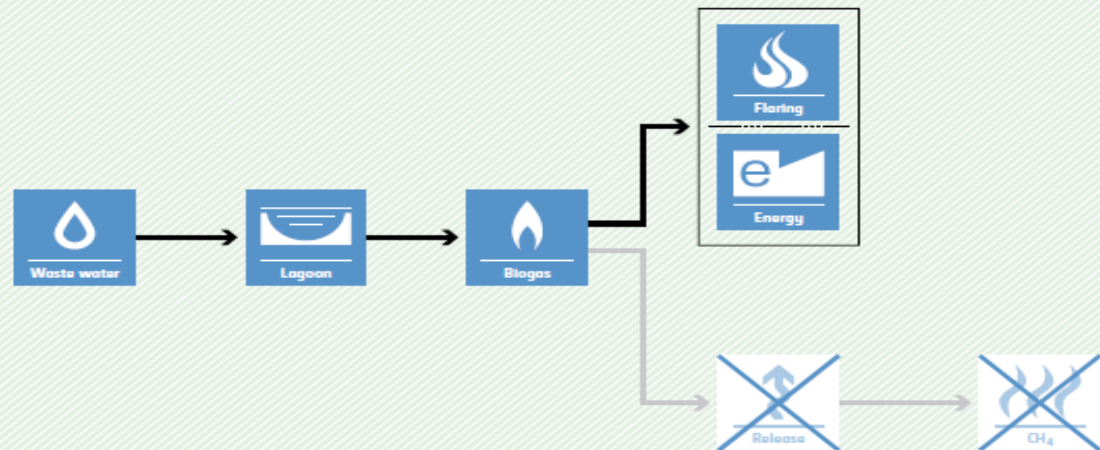
廢水儲存引起沼氣排放



PROJECT SCENARIO

Methane is recovered and destroyed due to the introduction of new or modification of existing wastewater or sludge treatment system. In case of energetic use of biogas, displacement of more-GHG-intensive energy generation.

廢水處理與收集沼氣再利用
(燃料或發電)



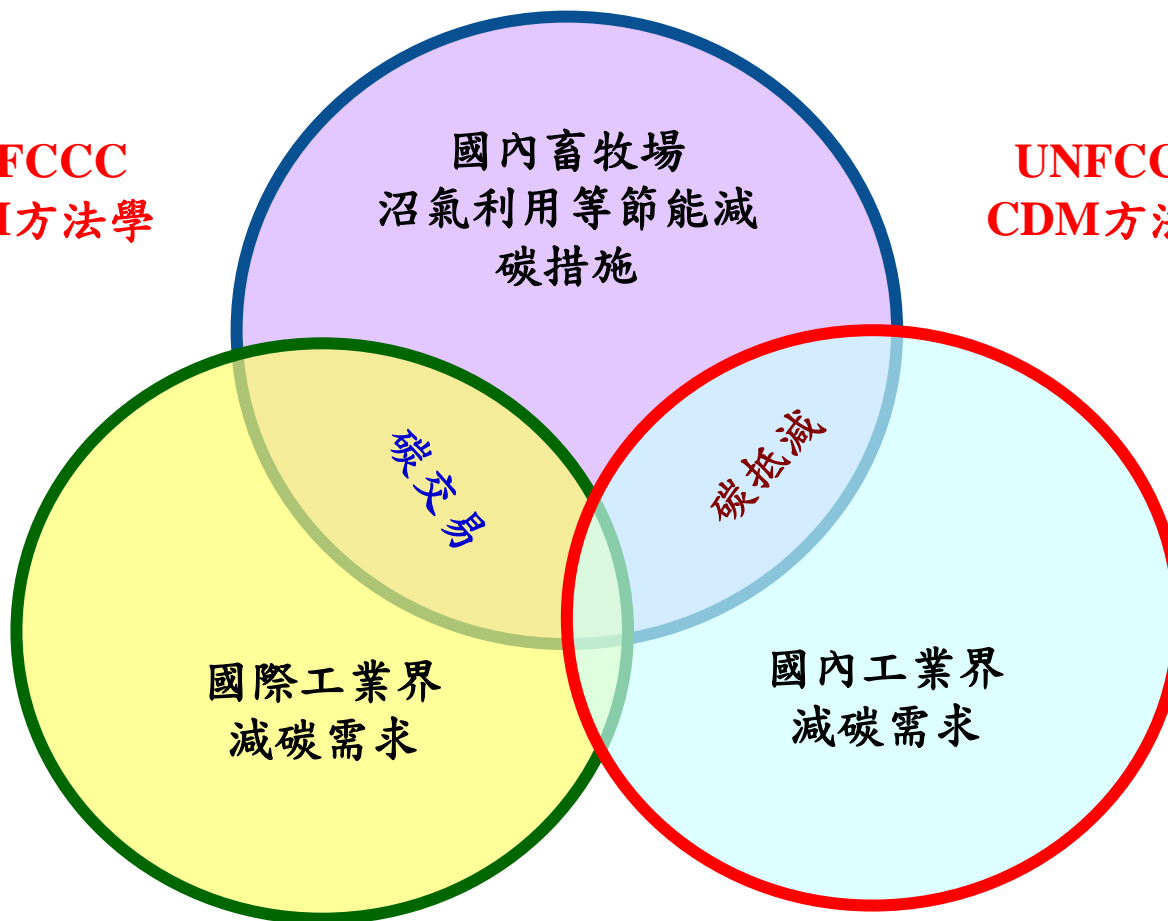


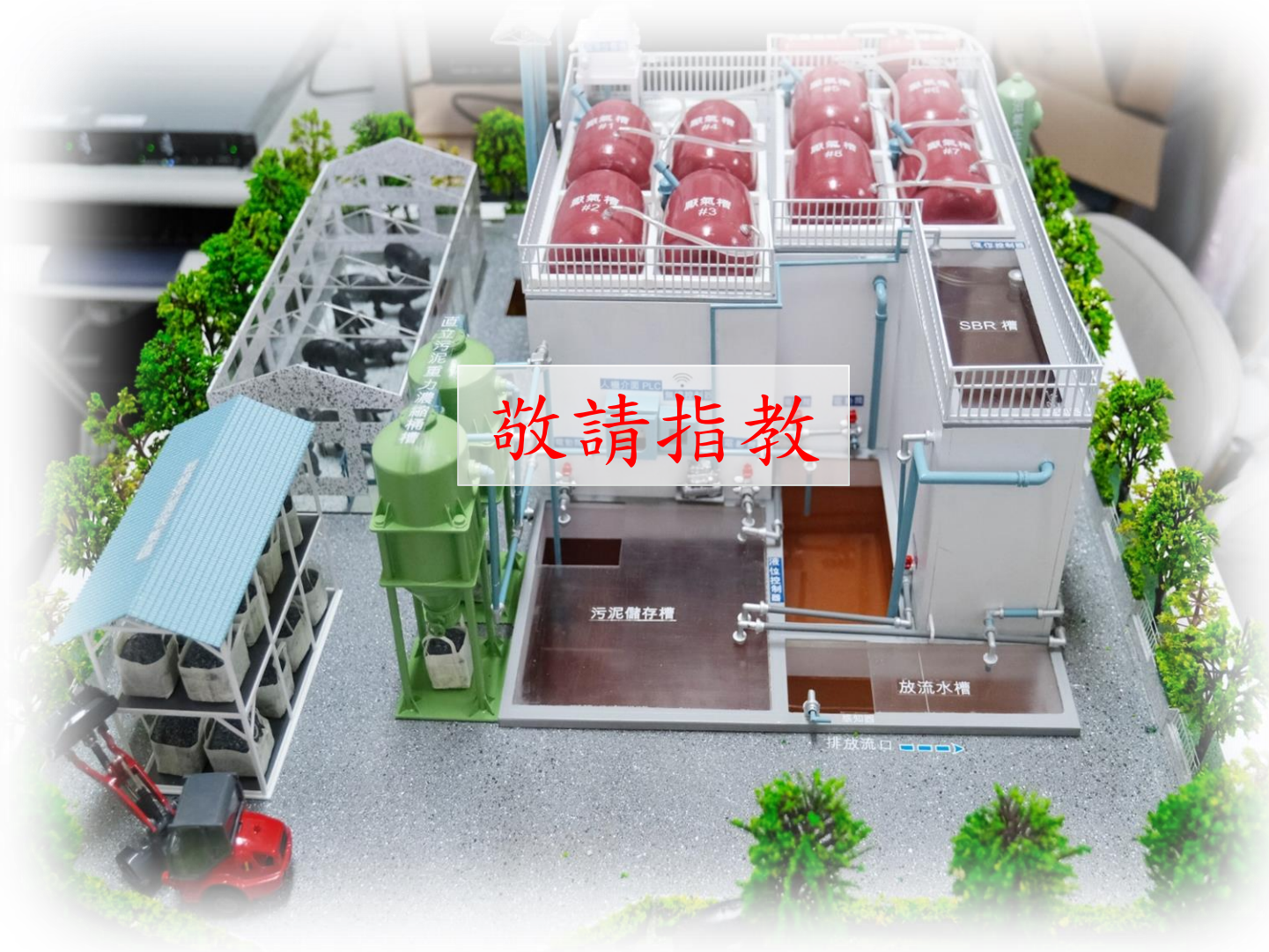
畜牧場進行碳抵減與碳交易模式

UNFCCC
CDM方法學

國內畜牧場
沼氣利用等節能減
碳措施

UNFCCC
CDM方法學





敬請指教