

東海大學
環境科學與工程系

碩士論文

進口生質廢棄物取代重油燃料之減碳可行性評估
Feasibility Evaluation of Importing Agricultural Residues as
Alternative Biomass Energy Using A Case Study

指導教授：鄧宗禹 博士

程萬里 博士

研究生：胡珮華

中華民國 100 年 7 月 19 日

東海大學環境科學與工程系
Department of Environmental Science and
Engineering Tunghai University

碩士論文

進口生質廢棄物取代重油燃料之減碳可行性評估
Feasibility Evaluation of Importing Agricultural Residues as
Alternative Biomass Energy Using A Case Study

指導教授：鄧宗禹 博士

程萬里 博士

研究生：胡珮華

中華民國 100 年 7 月 19 日

July 19, 2011

東海大學環境科學系碩士班

論文口試委員審定書

環境科學與工程學系碩士班胡珮華君所提之論文

題目：進口生質廢棄物取代重油燃料之減碳可行性評估

經本委員會審議，認為符合碩士資格標準。

論文口試委員召集人 周瑛琪 (簽章)

委員 鄧亭禹
程萬里
連興隆

中華民國 100 年 7 月 4 日

東海大學碩士班研究生
論文指導教授推薦書

環境科學與工程學系胡珮華君所提之論文

題目：進口生質廢棄物取代重油燃料之減碳可行性評估

係由本人指導撰述，同意提付審查。

指導教授： 陸仰宇 (簽章)
指導教授： 程萬里 (簽章)

100 年 7 月 4 日

謝誌

寫下論文最後的句點與教授認同的時候，心中充滿的並不是完成論文的成就，亦不是畢業在即的喜悅，更不是解除壓力的歡愉，而是無窮無盡的感謝。

感謝我的指導教授程萬里博士與鄧宗禹博士。謝謝萬師，給我很大的空間讓我學習所感興趣的事物，並給予無限的支持與指導。謝謝鄧師在忙碌之餘，指導我的論文並且給予我許多寶貴的意見。感謝連興隆教授與周瑛琪教授，在繁忙的研究以及行政工作中撥空擔任口試委員，有了您們的建議與指正，我的研究內容才能更加完整。希望我的努力沒有辜負您們的期待。

非常感激莊昇勳學長、Mitsuko 姐姐以及方興中學長，感謝你們總無盡無私的給予我課業生活或者是工作處事上的指導與幫助，更給了我無限的支持與力量。對你們的喜愛與感激不是三言兩語可以表達的，謝謝你們對我的愛戴謝謝你們！

在東海的期間，感謝林俞宏、曾章瑋同學與于培倫學長，謝你們帶我體驗了釣蝦夜保與夜唱等活動，感謝你們豐富了我的研究生生活，更謝謝你們總在我需要幫助的時候伸出援手。同時也感謝奈米實驗室的學長姐學弟妹等同學們，在我 semina 與口試預報時給予我鼓勵與

建議。也感謝我的眾多好朋友們苓婷、家綺、小殷、舒郁、如姐、琪雅、小姩等，謝謝你們總在我心煩意亂或失去活力的時候，給我意見與支持，有你們真好！

最後，我要感謝我最摯愛的父母兄妹、姑姑以及善鎰哥。謝謝老爸身兼母職的給予我無盡的愛與經濟上的支持；感謝妹妹在我無暇顧及家裡情況(與整潔)的時候，替我分擔；感謝老哥偶爾還會想起打電話來關心我吃飯沒；也謝謝姑姑總是像母親一樣時時給我叮嚀與關愛；感謝善鎰哥體諒包容我的缺點，幫我打點我生活中許多我無暇照顧的事務，更給予本論文排版修飾與錯字上的品管保證。在此，謹以此篇論文獻給我最愛最想念的媽媽，我無論妳有沒有在我身邊，謝謝妳總是在我最無助的時候給我力量。也獻給我的家人與朋友們，感謝你們！

珮華 謹誌

2011年8月

摘要

目前全球面臨能源需、油價及全球暖化等問題，發展清潔替代再生能源為當務之急。生質廢棄物產能 不只能夠取代火力發電所產生之高碳排放，還可充分利用廢棄物資源，轉換為可用的能源。目前清潔能源發展種類繁多，但生質廢棄物產能之方式，目前尚未獲的重視，因此本研究將探討生質廢棄物產能是否具有推廣潛力。

本論文將選台灣、中國與越南之不同稻殼進口地做為三種情境假設，並以清潔發展機制方法學作為二氧化碳減排成效評估工具，希冀可藉由 CDM 專案之方式獲得碳匯，以平衡再生能源開發之高成本，最後再以內部投資報酬率與敏感性分析評估經濟效益。

結果得知，三種情境皆具有減碳與經濟效益，又以情境一選用我國稻殼減碳與經濟效益最為良好，主要因運輸而降低成本及提升減碳成效之緣故；其年減排量為 15,940.29 tCO₂e/year，含碳權之每年獲利 1,023,717.43 美元，而不含碳權之每年獲利 896,195.11 美元。若日後我國再生能源產能比例提升及稻殼需求量增加時，國內稻殼用罄，勢必得考量進口，而情境二至中國進口稻殼得以視為第二選擇，但礙於政治與其他因素，目前尚無法與中國有農產品貿易協定，因此無法與中國貿易時，可選擇情境三至越南取得稻殼燃料做為燃料取代。

為推動再生能源發展，政府應該釋出更多誘因，輔導各界發展再生能源，以實踐我國清潔能源發展。並可藉由 CDM 之模式獲得已開發國家碳權購買或投資，能增加國內再生能源之發展以及提升國家競爭力與國際接軌。

[關鍵字] 清潔發展機制(CDM)、CDM 方法學、生質能、生質廢棄物



[Abstract]

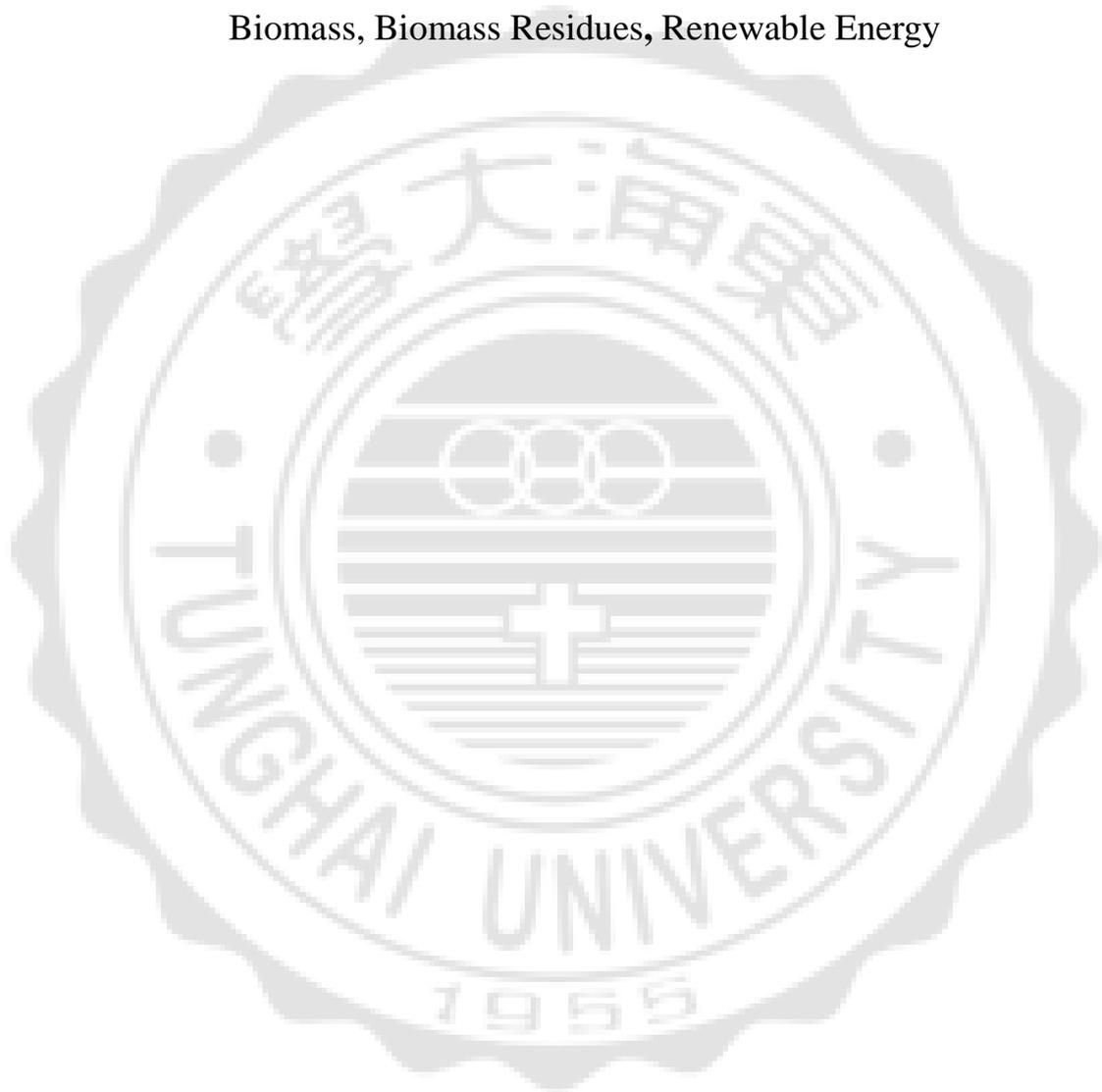
The world is now faced with energy crisis and global warming, giving rise to the global renewable energy development. Utilizing biomass residues to replace fossil fuel is a good way to abate GHG emissions and solve waste problems. Currently, the Clean Development Mechanism (CDM) has a range of biomass residue-to-energy related methodologies, though it lacks number of implemented projects. Therefore, this thesis focuses on the feasibility study of biomass residue utilization for energy in Taiwan.

The study focuses on project based rice husk utilization in Taiwan, with 3 source-based scenario analyses: local (Taiwan), import from China, and from Vietnam. The CDM methodology is used as calculation tool for the emission reductions, taking into consideration the emission reduction credits to lever the development risks. The study also includes Internal Rate of Return (IRR) and sensitivity analysis to estimate the project investment feasibility.

The study shows that all 3 scenarios generate emission reduction and financial return. The locally sourced rice husk generates the highest investment return, due to the minimized transportation costs and maximized number of emission reduction credits. The project generates 15,940.29 tCO₂e/year, with total annual revenue of USD 1,023,717.43 including carbon revenues, and USD 896,195.11 without carbon revenues. In light of renewable development in Taiwan, the shortage of biomass

residue sources would hinder this type of project being implemented in the region. Hence, rice husk import from China and Vietnam was also considered.

[Key word] Clean Development Mechanism, CDM Methodologies, Biomass, Biomass Residues, Renewable Energy



目錄

摘要.....	i
表目錄.....	viii
圖目錄.....	x
第一章 緒論.....	1
1-1 研究動機與目的.....	1
1-2 研究方法與架構.....	7
第二章 文獻回顧.....	10
2-1 再生能源現況.....	10
2-1-1 水力發電.....	13
2-1-2 風力發電.....	13
2-1-3 太陽光能.....	15
2-1-4 生質能發電.....	17
2-2 生質廢棄物.....	18
2-3 生質廢棄物產能.....	20
2-4 清潔發展機制(CDM)之方法學.....	21
2-4-1 清潔發展機制之介紹.....	21
2-4-2 清潔發展機制之方法學.....	22
2-5 稻殼產能案例.....	29
第三章 背景介紹與情境假設.....	31
3-1 國內稻殼.....	31
3-2 國外稻殼.....	34
3-3 情境假設.....	36
第四章 研究分析.....	38

4-1 方法學之應用.....	40
4-1-1 選用之方法學介紹.....	40
4-1-2 專案邊界界定.....	45
4-1-3 基線排放(Baseline Emission)	47
4-1-4 專案排放(Project Emission)	47
4-1-5 漏損(Leakage, LEy).....	48
4-1-6 計入期(Crediting Period)	49
4-2 減量計算.....	50
4-2-1 基線排放量.....	50
4-2-2 專案排放量.....	51
4-2-3 洩漏.....	52
4-2-4 最終排放減量估算.....	60
4-3 經濟分析.....	61
4-3-1 營運成本.....	61
4-3-2 重油節省收益.....	65
4-3-3 碳權收益.....	65
4-3-4 總經濟效益.....	66
4-4 敏感性分析.....	72
4-4-1 情境一敏感性分析.....	72

4-4-2 情境二敏感性分析.....	75
4-4-3 情境三敏感性分析.....	78
第五章 結論與建議.....	82
5-1 總結.....	83
5-2 建議.....	83
參考文獻.....	85



表目錄

表 1.1	2007 年全球電業二氧化碳排放量排名.....	4
表 2.1	2010 年 9 月台電購電資料表.....	12
表 2.2	生物質種類分類表.....	17
表 2.3	CDM 專案分類、內容及適用的方法學.....	24
表 2.4	馬拉克什協定 CDM 計畫要點.....	28
表 2.5	猶太稻殼發電 CDM 專案背景介紹.....	29
表 2.6	印度稻殼發電 CDM 專案背景介紹表.....	30
表 3.1	我國 2009 年農業統計年報.....	33
表 3.2	食品加工廠原有四座鍋爐之規格表.....	36
表 4.1	稻殼發電專案適用之方法學分析表.....	39
表 4.2	CDM 方法學-AMS I.C.簡介表.....	40
表 4.3	新建之兩座稻殼鍋爐規格表.....	46
表 4.4	溫室氣體排放係數管理表.....	55
表 4.5	電網排放係數表.....	59
表 4.6	三情境案例之營運成本資金表.....	64
表 4.7	三情境案例之總經濟效益資金表.....	68
表 4.8	三情境之獲利、IRR 與回收年限表.....	68
表 4.9	情境一之內部投資報酬率分析表.....	69

表 4.10	情境二之內部投資報酬率分.....	70
表 4.11	情境三之內部投資報酬率.....	71
表 4.12	含碳收益之稻殼與重油價格敏感性分析(情境一)	72
表 4.13	不含碳收益之稻殼與重油價格敏感性分析(情境一).....	72
表 4.14	碳權與重油價格敏感性分析(情境一)	73
表 4.15	重油 601 美元/公噸,碳權與稻殼價格敏感性分析(情境一)..	74
表 4.16	重油 361 美元/公噸,碳權與稻殼價格敏感性分析(情境一)..	74
表 4.17	含碳收益之稻殼與重油價格敏感性分析(情境二)	75
表 4.18	不含碳收益之稻殼與重油價格敏感性分析(情境二)	75
表 4.19	碳權與重油價格敏感性分析(情境二)	76
表 4.20	重油 601 美元/公噸,碳權與稻殼價格敏感性分析(情境二)..	77
表 4.21	重油 361 美元/公噸,碳權與稻殼價格敏感性分析(情境二)..	77
表 4.22	含碳收益之稻殼與重油價格敏感性分析(情境三)	78
表 4.23	不含碳收益之稻殼與重油價格敏感性分析(情境三)	78
表 4.24	碳權與重油價格敏感性分析(情境三)	79
表 4.25	重油 601 美元/公噸,碳權與稻殼價格敏感性分析(情境三)..	80
表 4.26	重油 361 美元/公噸,碳權與稻殼價格敏感性分析(情境三)..	80

圖目錄

圖 1.1	近百年之地表溫度變化趨勢.....	1
圖 1.2	1970 年至 2004 年間全球溫室氣體變化.....	2
圖 1.3	2008 年世界初級能源供給圖.....	6
圖 1.4	論文研究架構圖.....	9
圖 2.1	台灣 2010 年 9 月供電比例圖.....	1
圖 2.2	台灣風力發電機組分布圖.....	14
圖 2.3	全球太陽光電市場各國安裝量之比例.....	15
圖 2.4	全球主要國家太陽能電池產量與產能統計.....	16
圖 3.1	全台縣市稻米產量比重圖.....	32
圖 3.2	2000-2009 台灣、中國與越南稻米產量數據統計圖.....	35
圖 4.1	食品加工廠之蒸氣鍋爐運作圖	45

第一章 緒論

1-1 研究動機與目的

根據 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2007 年第四次評估報告中顯示，由全球地表溫度之監測資料顯示，自 1906 年至 2005 年近一百年當中，其地表溫度變化趨勢已由《第三次評估報告》之 $0.6\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ (如圖 1.1 所示) 上升增加為 $0.74\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ；海平面與地表氣溫變化趨勢相同，皆有上升現象；至於積雪與冰山面積則隨著溫度的提高而呈現縮減的趨勢。造成地球溫度持續上升之原因，主要是因為煤等化石燃料之燃燒而導致大氣中溫室氣體(Greenhouse Gases)排放的增加，其中又以人為溫室氣體排放增加最為嚴重，自 1970 年至 2004 年間， CO_2 排放量約增加了 80%。(如 1.2 圖)

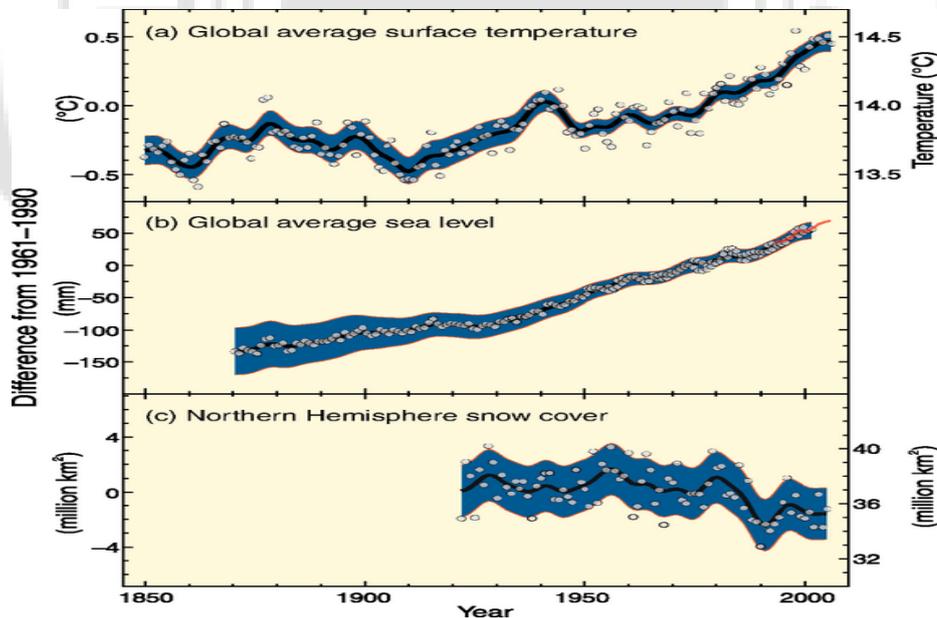


圖 1.1 近百年之地表溫度變化趨勢

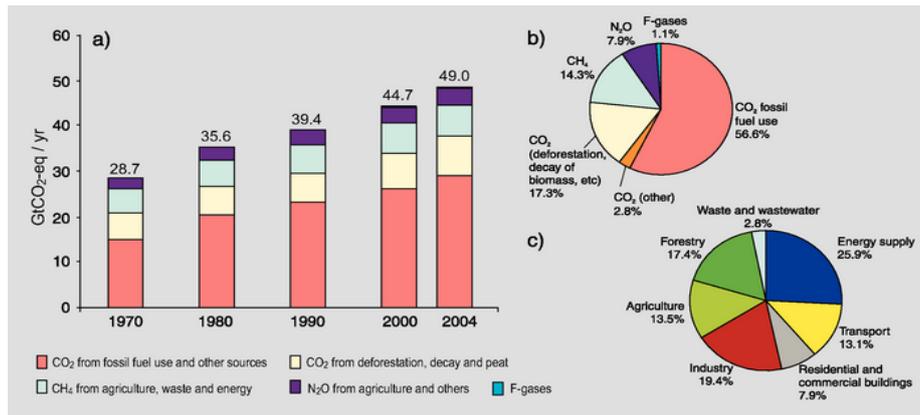


圖 1.2 1970 年至 2004 年間全球溫室氣體變化

【擷取至:IPCC，第三次評估報告】

聯合國為減緩溫室氣體造成之氣候變遷，於 1992 年首先通過「聯合國氣候變化綱要公約(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)」，其最主要之目的為針對「人為溫室氣體」(Anthropogenic Greenhouse Gases)排放做出全球性防制協議。隨後於 1997 年 12 月聯合國氣候變化綱要公約第三次締約國大會上，通過具有法律效力的「京都議定書」，要求各國對溫室氣體排放量做出具體減量承諾。對此要求之下，世界各國均積極調整國家能源結構與效率，並且開始大力推動再生能源利用。

自從人類開始使用電力以來，就以燃燒大量化石燃料作為發電，以便各類電器的使用，因此隨著工商業越來越發達，人類對於石化燃料的需求也越來越大，進而導致能源短缺。聯合國工業發展組織秘書長尤姆凱拉在墨西哥城提及，能源短缺為全球面臨的一個重要問題，目前全球大約有 15 億人口沒有電力可以用，預估在 2030 年全球沒電用的人約增加至 20 億人。除了能源短缺外，石化燃料的另一大問題莫過於二氧化碳的排放。根據中央氣象局資料顯示，產生人為溫室氣體之最大宗來源，主要來自化石燃料，而石化燃料燃燒所產生的二氧化碳排放佔所有人類經由活動產生的 75%。

氣候變遷以及大氣中二氧化碳濃度不斷上升，為了改善此情況，選擇低二氧化碳的替代能源取代碳排放量高的石油與煤有其必要性【Banks, 2003】。唯有發展低碳高效能能源技術及清潔再生能源技術，才能真正實現能源永續發展。

台灣為能源仰賴進口而經濟導向為出口之海島國家，其中能源部分高達99.4%需仰賴國外進口。根據全球第一個全面監控發電業二氧化碳排放量網站「CARMA」(Carbon Monitoring for Action) — 碳監控行動於2007年統計之資料顯示(如表 1.1)，台灣發電業排放總量位居全球第十三位，其中廿五座全球二氧化碳排放最高電廠，有三座位於台灣，又以台中火力發電廠更高居榜首。因此在這個面臨能源匱乏且溫室氣體排放量高居不下的世界，開發替代能源或再生能源更是為台灣當務之急。

表 1.1 2007 年全球電業二氧化碳排放量排名

Rank	Plant	City	Country	Million Tons of CO ₂
1	TAICHUNG	Lung-Ching Township	Taiwan	41.3
2	PORYONG	Poryong-gun	South Korea	37.8
3	CASTLE PEAK	Tuen Mun NT	China	35.8
4	REFTINSKAYA SDPP	Reftinsky	Russia	33.0
5	TUOKETUO-1	Tuoketuo County	China	32.4
6	MAILIAO FP	Mailiao	Taiwan	32.4
7	VINDHYACHAL	Sidhi Dist	India	29.0
8	HEKINAN	Hekinan	Japan	28.9
9	KENDAL	Witbank	South Africa	28.6
10	JANSCHWALDE	Peitz	Germany	27.4
11	SURALAYA	Serang - Merak	Indonesia	27.2
12	TANGJIN	Tangjin-kun	South Korea	26.9
13	MAJUBA	Volksrust	South Africa	26.5
14	TAEAN	Taeon	South Korea	26.4
15	BEILUNGANG	Ningbo City	China	26.0
16	WAIGAOQIAO	Shanghai Pudong	China	26.0
17	TAISHAN	Tongluowan	China	26.0
18	BELCHATOW	Belchatow 5	Poland	25.5
19	MATIMBA	Ellisras	South Africa	25.5
20	SCHERER	Juliette	United States	25.3
21	HSINTA	Yungan Township	Taiwan	25.3
22	SAMCHONPO	Kosung-gun	South Korea	25.2
23	DRAX	Selby	United Kingdom	23.7
24	NIEDERAUSSEM	Bergheim	Germany	23.6
25	JIANBI	Zhenjiang City	China	23.5
Nature, http://www.carma.com				

【資料來源：CARMA, 2007】

按照「京都議定書」之規定，將對部份已開發國家訂定減排目標，且具有國際法之約束力，因此若無法達到減排承諾的國家，將會面臨到嚴厲的懲罰。為此，各受到承諾減排之國家，將依據該國之減排目標，將減排任務分解於國內各產業之企業，以達到國家之減排承諾。由於「京都議定書」之減排目標為國家承諾，因此若在境內之企業無法完成政府所訂定之減排目標，則政府須承擔全部責任。鑑於此，歐盟規定各成員國能夠在「京都議定書」之靈活機制下，以成本有效之方式，達該國減排目標，即為允許在靈活機制下進行溫室氣體減排額度交易。

京都議定書中明訂出三種減量靈活機制，以協助各國以最經濟、效率及高執行之方式以履行對於溫室氣體減量的承諾。其中，清潔發展機制(Clean Development Mechanism, CDM)即為「京都議定書」中能使已開發國家與開發中國家之間共同合作減碳的一種靈活履約機制。已開發國家透過該機制至 CDM 碳市場上購買排放額度以達到減排承諾；而開發中國家則經由賣出排放額度之資金，持續投入至該減碳專案，以確保專案有效運作達成技術轉移至他國。各個減排專案為確保所計算出的減排量為最透明且保守之數據，因此必須依照 CDM 執行理事會(Executive Board, EB)公告之有效的、透明的和可操作的減量績效量化及監督引道的指引「基線與監測方法學 (Baseline and monitoring methodologies)」，以供各國執行 CDM 專案活動(CDM project activity)時，作為登錄(register)專案與確證(validation)之指引。

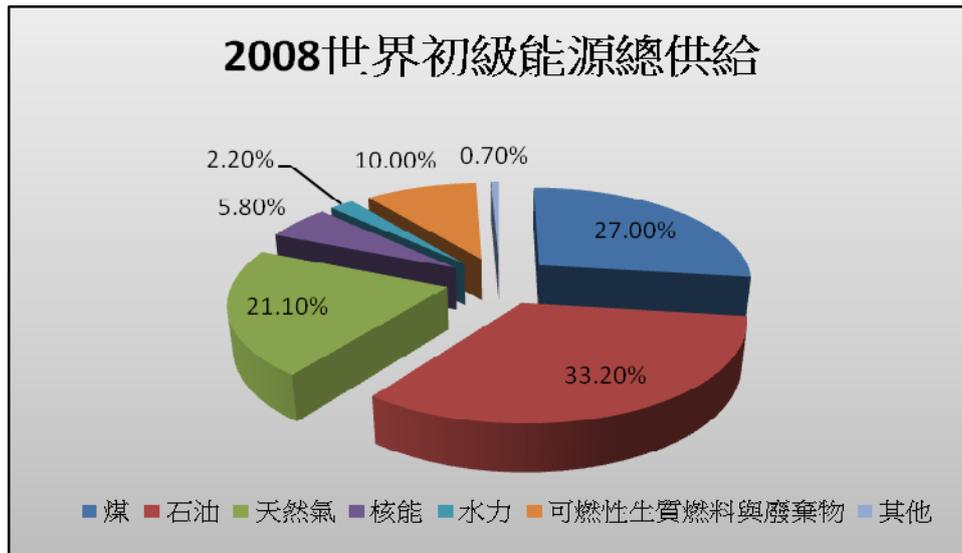


圖 1.3 2008 年世界初級能源供給圖

【資料來源：IEA】

依照目前全球能源需求量與日俱增、原油價格高居不下以及溫室氣體造成之氣候變遷，以及全球目前仍以石化燃料為主要能源供給等問題(如圖 1.3)，發展清潔替代能源或再生能源為當務之急。以目前清潔能源發展來看，所需花費之成本皆非常高，例如：風力發電、水力發電、太陽能發電等，於設備建置上之成本皆十分昂貴，相較於上述高成本的清潔能源發展，生質廢棄物發電成本低廉許多。除此之外，生質廢棄物發電不只能夠取代油火力發電所產生之高碳排放量，還可以妥善解決地方的廢棄物問題，更能充分利用廢棄物資源，轉換為可用的能源，提升國內發電容量。有鑑於此，若於日後我國大力推動生質廢棄物產能時，於國內之生質廢棄物產能廠勢必會增加，因此屆時若國內之生質廢棄物量不足以供應我國國內之生質廢棄物產能廠時，勢必得考量至國外進口生質廢棄物燃料。

因此，本研究將評估進口生質廢棄物取代重油燃料之可行性，以進口稻殼廢棄物去取代重油燃料產能，發展再生能源並降低二氧化碳排放，並且

藉由 CDM 專案之方式獲得碳匯收益，以平衡再生能源開發之過高成本。擬以由稻米盛產之國家中國與越南作為稻殼之進口來源，並對以台灣稻殼做為燃料取代之情境加以分析比較。利用 CDM 方法學分析其減碳效益，再以內部投資報酬率研究之本論文之經濟效益。選以 CDM 方法學分析減碳成效之主要目的，除了 CDM 方法學為聯合國公告之最透明且保守之減排量估算方法，更重要的是此方法為 CDM 碳交易市場上公認之計算方法。

目前聯合國所公告之減碳方法學中，已有許多適用於生質廢棄物產能之方法學，有多數方法學對於生質廢棄物運送距離做設限，但有少部分未明確設定，至今仍尚未出現針對從較遠距離之境外進口生質廢棄物做為燃料的方法學。因此，特針對現有且適用於本研究情境之方法學，加入考量至境外進口生質廢棄物之條件，進行經濟與減排量之分析以獲得其可行性評估，並期望分析結果可以對我國再生能源發展有所貢獻。

1-2 研究方法與架構

本研究之研究步驟說明如下，其流程圖詳見圖 1.4 所示：

1. 研究動機與目的的建立

了解溫室氣體對於全球暖化以及台灣發電廠於全球排碳量之影響，進而探討京都議定書對於各國要求之減量承諾與靈活機制，並希冀改變我國產能之方式-進口生質廢棄物(稻殼)取代重油燃料，以 CDM 方法學分析其溫室氣體排放量之減排。

2. 回顧國內外再生能源發展現況與趨勢

了解全球與國內再生能源之現況發展，以及水力、風力、太陽能與生質能發電現況。

3. 回顧發電用生質廢棄物相關種類、處理方式與稻殼發電之 CDM 實例介紹。整理發電用生質廢棄物種類與產能方式，並介紹實際稻殼發電之 CDM 專案，了解他國利用稻殼發電之成功減排案例。
4. 回顧聯合國清潔發展機制方法學
了解 CDM 機制之模式與 CDM 方法學之要點。
5. 背景介紹以選擇情境背景
了解我國、中國與越南稻穀產量，並選定進口之方式以確立本論文研究之情境假設，以利後續分析。
6. 進行方法學、技術、減量與經濟之分析
進一步分析適合本情境假設案例之 CDM 方法學，其計算個情境減排效益並加以評估經濟效益。
7. 結論與建議

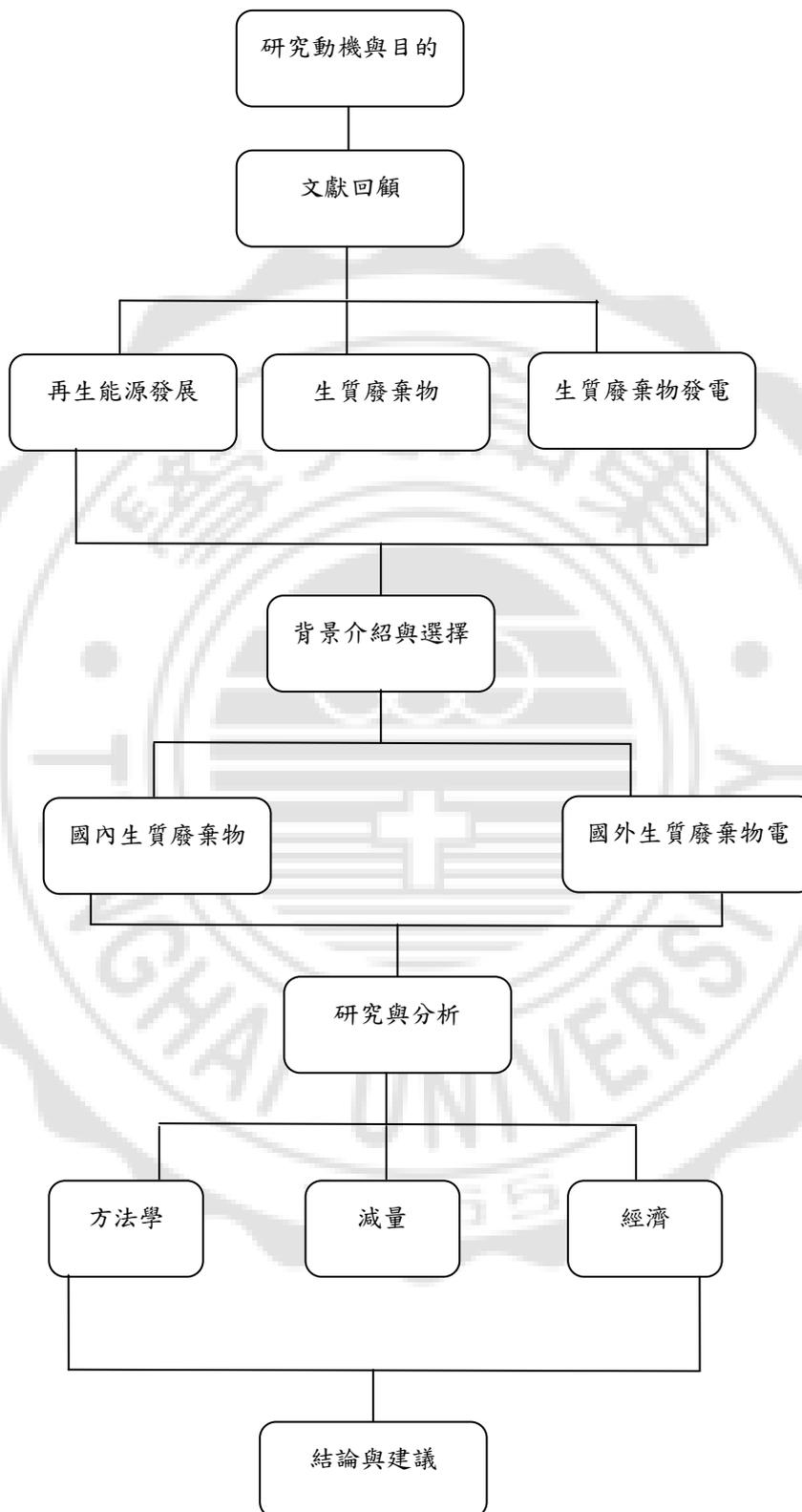


圖 1.4 論文研究架構圖

第二章 文獻回顧

2-1 再生能源現況

再生能源於 1961 年聯合國在羅馬所召開之會議起開始受到廣泛討論，但是經過多年的再生能源國際性會議與活動的舉辦，對於實際再生能源的利用仍未產生太大的改變，主要原因係由於再生能源密度較化石密度小很多，而且供應不穩定，因此至今仍無法被廣泛的利用。

再生能源之定義為不斷產生的永續性能源，不同於現階段之化石能源【郭警誌，2006】。依我國再生能源發展條例對於再生能源一詞的定義為：太陽能、生質能、地熱能、海洋能、風力、非抽蓄式水力、國內一般廢棄物與一般事業廢棄物等直接利用或經處理所產生之能源，或其他經中央主管機關認定可永續利用之能源。目前台灣依據再生能源發展條例定義而進行之統計，廢棄物能發電佔台灣再生能源供給約 64%。

根據台電購電資料顯示(如表 2.1)，台灣地區於 2010 年 9 月份總發電量為 1,860 億度電，其中約有 3%發電係來自再生能源發電，火力發電比重則佔了 72%(如圖 2.1)，由此可知，再生能源於我國發展之比例非常低。台灣是個以出口為導向的國家，仰賴能源進口的比例卻高達 98%，面對油價節節上漲以及能源耗竭的情況下，發展再生能源著實為我國當務之急。

目前再生能源發展種類繁多，根據歐盟委員於 2009 年公布之“歐盟可再生能源概覽 2010”報告顯示，2009 年歐盟總消費電力約為 3,042 TWh，其中再生能源更高佔 19.9%，約有 608TWh 為再生能源產電；以水力發電的 11.6%為最高，其次為風力發電(4.2%)、生物質發電(3.5%)

以及太陽能發電(0.4%)。

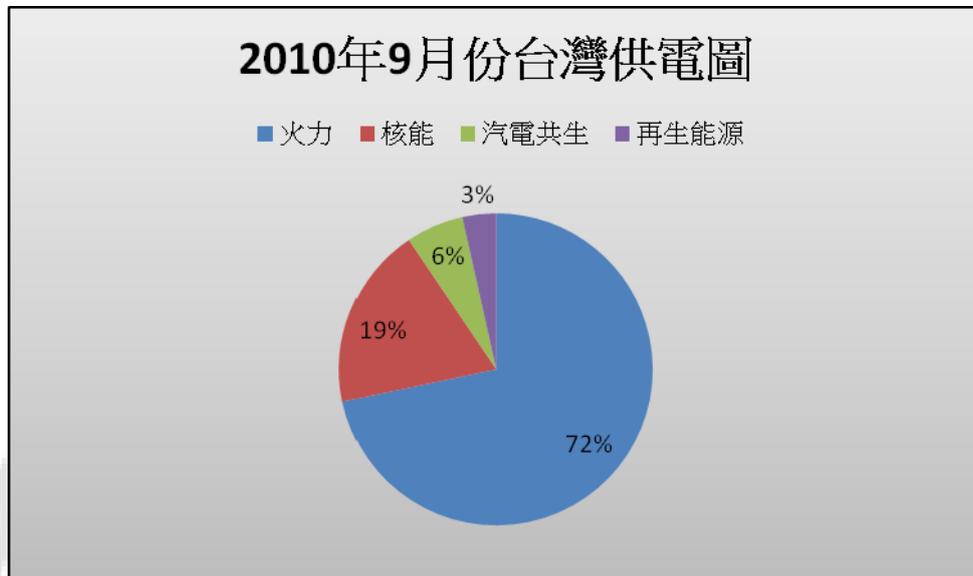


圖 2.1 台灣 2010 年 9 月供電比例圖

【資料來源：台灣電力】

表 2.1 2010 年 9 月台電購電資料表

項目		單位	九月份		
			實績		較上期 增減(%)
			數值	構成比(%)	
總發購電量 (A)		百萬度	18,604	100	0.1
台 電 發 電 量	台電發電量合計	百萬度	14,006	75.3	2.2
	水力 (抽蓄式)	百萬度	239	1.3	-5.9
	火力	百萬度	9,925	53.3	3.2
	燃油	百萬度	647	3.5	-24
	燃煤	百萬度	5,368	28.9	-1.4
	燃氣	百萬度	3,910	21	17.7
	核能	百萬度	3,521	18.9	-0.8
	再生能源	百萬度	322	1.7	13
	慣常水力	百萬度	298	1.6	12.8
	風力	百萬度	24	0.1	14
	太陽能	百萬度	0.316	0	-
購 電 量	購電量合計	百萬度	4,597	24.7	-5.7
	民營火力	百萬度	3,408	18.3	-6.9
	再生能源	百萬度	87	0.5	-5.5
	託營水力	百萬度	52	0.3	-7.5
	民營水力	百萬度	11	0.1	-32.4
	民營風力	百萬度	23	0.1	22.2
	太陽能	百萬度	0.203	0	-
	汽電共生	百萬度	1,102	5.9	-1.7

【資料來源:台灣電力】

2-1-1 水力發電

人類應用水力之歷史已有處千年之久，最早的水車應用為碾碎穀物，經改良後，於十九世紀末發展出「水力發電廠」。水力發電係利用水之重力自高往低處流時，推動水輪機進而牽引發電設備而產電【Sternberg, R., 2010】。水力發電為再生能源中重要的一環，佔全世界供電量的 20% 左右，其中，加拿大超過 70% 的電力都來自水力發電，挪威與瑞士則大概佔了 90% 以上。目前全世界最大的三座水力發電座落於中國、美國和巴西【Pérez-Díaz and Wilhelmi, 2010】。

根據我國 2007 年能源科技研究發展白皮書顯示，統計至 2005 年底，全台灣共有 43 座水力發電廠，總裝置容量約為 451MW，約佔當時全國總發電量之 3.5%。而近兩年來，台灣年水力發電量約為 83.2 億度，約佔全國總發電 4.12%，略較 2005 年上升。由於台灣受到地形、水文等氣象條件影響下，良好且適用的水力發電廠址不多，且大多數都已經開發，因此未來欲提升國內水力發電之用量，應著重於中、小型水力機組發電為主。

2-1-2 風力發電

風力發電機主要係藉由空氣流動以帶動葉片的轉動，將風能轉化成電能。以「2009 年世界風能報告」指出，目前全球風力機組提供電力為 3,400 億度電，約佔全球電力的 2%，其中又以美國、中國、德國三國風力發電機組容量總計就佔了全球的 55%。以丹麥為例，風力發電佔發電方式的 50%，而丹麥政府將訂定目標於 2030 年風力發電產能將佔全國的一半【Pitt et al., 2005】。

隨著市場上風力發電的技術進步與成長，已被視為最具成本效益之替代能源【Holly et al., 2010】。其所花費之成本相較於 1980 年已經下降約 80%，大約從 38 美分/kWh 降為 4 美分/kWh。隨著石油價格高漲，且面對風力發電大幅的成本下降，風力發電亦將成為與化石燃料競爭的對象【Decarolis and Keith, 2006】。根據工研院能環所資料顯示，因台灣地理位置與氣候關係，西部地區因夏季西南氣流與東北季風盛行，因此將成為台灣風力發展之最佳位置，其平均風速約 5-6m/s。目前台灣國營與民營風力機組共約 254 台，分布於台灣西半部與澎湖地區(圖 2.2)，累積裝置容量為 46.82 萬 kW，其年發電量約 11.7 億度/年【陳崇憲，2010】。

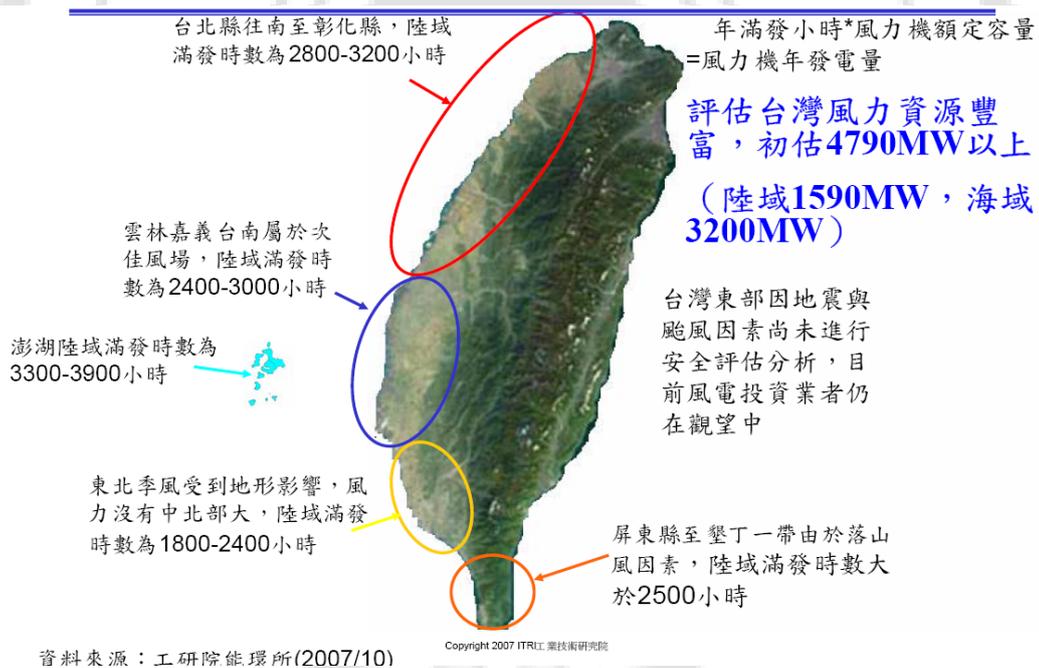


圖 2.2 台灣風力發電機組分布圖

【擷取自：工研院能環所，2007】

2-1-3 太陽光能

依照太陽光產能原理，可分為太陽光電能與太陽光熱能兩種產能方式。太陽光電能亦為太陽能電池，係藉由光伏效應(PV)，以太陽光之量子與材料作用而產電【雷永泉，2004】。以太陽光熱能發電而言，則是將太陽光聚焦高溫生產熱能，進而產出蒸氣推動渦輪機發電。2008年太陽能電池全球市占率高達三分之一，總產能達到15,053MW，實際總量為7,909MW(如圖2.3和圖2.4)，其中又以中國居冠，年產能為5,641MW與年產量2,609MW，占全球總產能與產量之37%與33%【何孟穎，2009】。

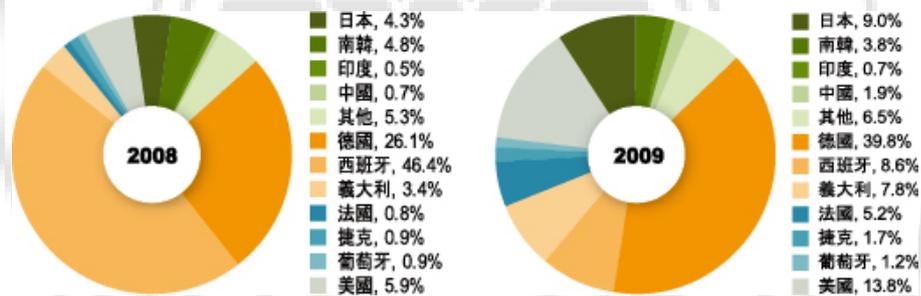


圖 2.3 全球太陽光電市場各國安裝量之比例

【擷取自：PIDA，2009/10】

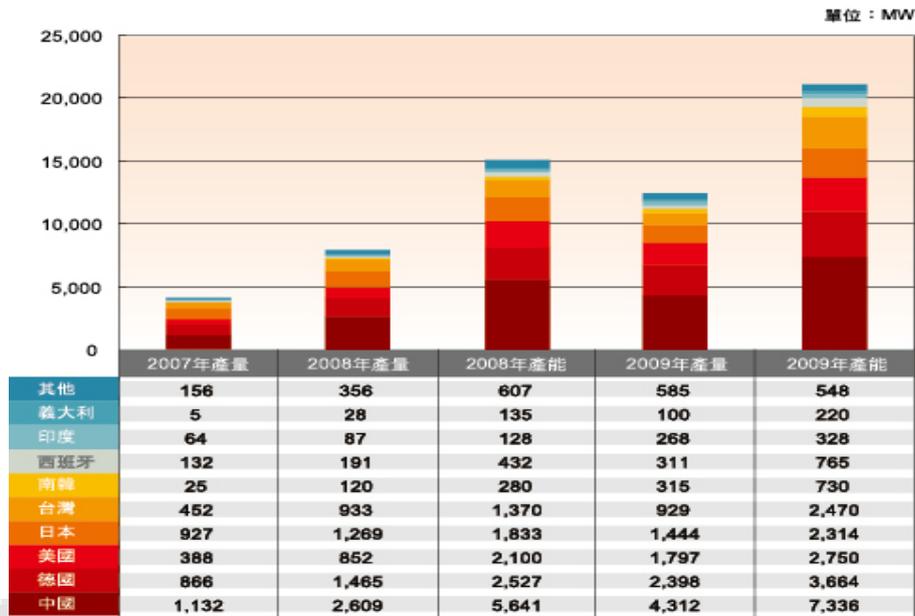


圖 2.4 全球主要國家太陽能電池產量與產能統計

【擷取自：PIDA, 2009/10】

目前台灣太陽光電發展總裝置容量達 1.3MW，核准共 1159 座太陽光電系統之建造【陳崇憲，2010】。以台灣而言，地理位置位於亞熱帶地區，全年日照充足，擁有良好的太陽能發展條件，不過，由於台灣地小人稠，在土地不足之情況下，目前僅能發展太陽光電池發電。

2-1-4 生質能發電

早在 1800 年時期就有人類使用生物質作為生產燃料，利用纖維素、醇類以及植物油等作為燃料【林曉洪，2005】，且隨著時代進步與環境變遷之影響，生質能已成為重要之再生能源技術之一，提供全球約 14% 之初級能源【Gustavsson et al., 1995】。

生物質能之定義

生物質能係為人類活動中，產生之含碳之有機廢棄物，可直接或間接通過將能量轉換以獲得電與熱等可用能源【Koopmans, 2005】。其特點為可再生性、低污染性、廣泛分布性等。依其來源與分類，可歸納如表 2.2。

表 2.2 生物質種類分類表

來源	種類	分類	
廢棄物	廢棄物	沼氣	垃圾掩埋場、厭氧廢水處理廠
		生活	木屑、紙類、污水污泥
		工業	紙將污泥、有機污泥、食品加工廢料
	農林畜	森林	枯枝、落葉
		禽畜	動物糞便、屍體
		農業	玉米稻穗、稻殼、稻桿、稻草、蔗渣、豆莢
植物	水生		藻類
	陸生	油類	向日葵、可可椰子、麻瘋樹、大豆
		纖維	竹、木、藤
		澱粉	甘藷、玉米
		醣	甜菜、甘蔗

生物質在生長階段中，吸取了大氣中的二氧化碳，其碳量與被完全燃燒時所排放之至大氣中之碳量中和，達成零碳排放【Tock et al., 2010】。因此，若能以生物質取代石化燃料，將能達到減碳之功效。根據經濟部能源局 2009 年生質燃料技術開發與推廣計畫顯示，台灣目前生質能發電共包含總裝置容量 62.25 MW 的都市廢棄物焚化發電廠、2.45 MW 的沼氣發電以及 16.75 MW 的農業廢棄物發電。

2-2 生質廢棄物

在國際石油價格飆漲且能源匱乏的情況下，許多歐美國家紛紛提出增加生物燃料之使用量來舒緩。以 2007 年而言，全球生質燃油產量為 2000 年的三倍，約為 160 億加侖，但僅僅佔全球運輸用燃料總供給的 3%【楊奕農，2008】。因此，生質燃料無法如預期般解決能源問題，反而衍生出另一波議題，全球糧食供應受到威脅。

隨著生質燃料的需求增加，許多原本應該為民生食用的穀物，紛紛轉遭投入生質燃料的行列中，進而導致糧食價格跟著上漲。因此，本文所探討之生質廢棄物產能，係以農林業與相關產業之產物、副產物、殘渣與廢棄物加以利用以產電，故不會對於糧食需求造成危害。

生質(Biomass)的意義指來自動植物及微生物之非石化且生物可分解之有機物質，其中包括來自農林業與其相關產業之產物、副產物以及殘渣與廢棄物等，工業與都市廢棄的非石化及生物可分解材料亦包含與此。生質廢棄物(Biomass Residues)係指為生質材料產生的廢棄物，包括來自農林業與相關產業之產物、副產物之殘渣與廢棄物，但不包括都市廢棄物或其他含有石化或非生物可分解材料的物質。如表 2.2 所列，目

前市面上最普遍之生質廢棄物有稻草、稻殼、玉米桿、玉米穗軸、蔗渣、樹枝、樹葉等。我國生質能主要是以廢棄物能源為主，其中包括了都市垃圾、一般事業廢棄物、廢紙渣、蔗渣、稻殼等。

本研究所使用的生質廢棄物為「稻殼」，稻殼(Hulls 或 Husks)為稻米之外殼，亦稱之粗糠。稻殼俗稱粗糠，是稻穀精米加工生產之副產品，對於農民而言，稻殼曾經被當作農家主要的燃料。根據工業技術研究院之研究指出，稻殼是一種廉價的燃料，含水量低，每公斤燃燒後可產生 3,600 kcal 的能量，為生產煙煤的 60%，燃燒後所產生的酸性腐蝕氣體又非常少，是一種很好的燃料，一噸稻殼亦可產生約 800 KWh 的電能【Bergqvist et al., 2008】。以資源回收的觀點來看，稻殼灰中 90% 以上為二氧化矽成份，經過加工後可做為高經濟價值的耐火及保溫材料。就台灣而言，稻殼的用途除了養雞場或畜牧業加以除溼除臭外，亦可當作堆肥或燃料。燃料發電係利用稻殼缺氧氧化之方式產生熱能進行發電，而稻殼灰燼可以加以再利用，且近年來更將稻殼加以處理以獲得「稻殼炭」與「稻殼醋液」，其可製作成有機肥或是輕材質的裝潢建材，達成資源再利用之目的。

2-3 生質廢棄物產能

生質廢棄物與生物質能係屬於間接型態之太陽能，大部分生質能可以直接燃燒或藉由轉化成氣體或液體燃料作為利用。目前生質能廢棄物產能較為成熟之技術大略可分為下列幾種：

1. 直接燃燒

即為直接燃燒生物質，將其產生之熱能做為發電或其他利用。例如垃圾焚化廠，以焚化垃圾做為發電。

2. 物理轉換技術

係廢棄物經破碎、分選、乾燥、混合添加劑及成形等物理程序，將廢棄物中的可燃份製成性質均勻的固態廢棄物衍生燃料（Densified Refuse Derived Fuel；簡稱 d-RDF 或 RDF-5）。主要優點為容易儲存與運輸、顆粒大小一致且熱質均勻等。固態衍生燃料係將廢棄物製成錠型，常被使用於鍋爐、水泥燃料。

3. 熱轉換技術

利用氣化或裂解等方式將廢棄物產生之熱能轉換生成合成燃油或燃氣，製造生物油、生物碳等可燃固、液及氣體產物。

4. 化學/生物轉換技術

廢棄物經發酵、酯化等生化轉換程序，產生沼氣、酒精汽油、生質柴油等燃料。以垃圾掩埋場沼氣發電與工畜廢水沼氣發電而言，係利用細菌將廢棄物中有機物質分解成甲烷、二氧化碳以及少量的硫化氫，得到可燃性氣體之生物轉換技術。生質柴油係利用廢

食用油與甲醇或乙醇進行轉酯化反應等程序後，經蒸餾後獲得。

本研究之稻殼產能即為直接燃燒，係將稻殼原料直接投入稻殼鍋爐燃燒，使其產生熱能，進而推動鍋爐並產生能量。

2-4 清潔發展機制(Clean Development Mechanism, CDM)

2-4-1 清潔發展機制之介紹

聯合國為了以「成本有效(cost effectiveness)」以及「最低成本(the lowest cost)」之方式防制氣候變遷，因此於京都議定書(Tokyo Protocol)條文中分別訂定了「共同減量(Joint Implementation, JI)」、「清潔發展機制(Clean Development Mechanism, CDM)」與「排放交易(Emission Trading, ET)」等三種減量機制，成為目前聯合國氣候變化綱要公約降低溫室氣體排放量之重要工具。其中，清潔發展機制(CDM)即為京都議定書中，能使已開發國家與開發中國家之間共同合作減碳的一種靈活履約機制。

清潔發展機制(CDM)主要係基於「共同但有區別的責任 (Common but Differentiated Responsibility, CBDR)」原則下，使已開發國家對於全球暖化做出溫室氣體減排義務。由於已開發國家減排溫室氣體的成本是開發中國家的數倍，因此已開發國家可通過在開發中國家實施或投資具有減少溫室氣體的專案，將專案所減少之溫室氣體排量做為履行京都議定書義務之一部份。簡單而言，就是有減排義務的已開發國家可向無減排義務的開發中國家購買溫室氣體排放權，其方法已開發國家為投資或幫助開發中國家每減少 1 噸二氧化碳氣體排放，亦可在抵減自己國家 1 噸二氧化碳氣體的排放。此機制對於已開發國家能夠實踐低成本履行義務；另對發展中國家

而言，協助發達國家利用低成本減排的優勢從發達國家獲得資金和技術，促進可持續發展；對世界而言，更是在實踐共同減排下，減少減排成本。在台灣再生能源起步較國際晚，而且由於低價的能源政策使得成本較高的再生能源不易發展。因此，以台灣這中開發中的國家，若可以獲得已開發國家碳權的購買或投資，則可以增加國內再生能源之發展。基於上述的原因，本文擬以進口之稻殼取代鍋爐燃料，不僅可減少二氧化碳排放，更能使再生能源發展計劃增加收益。

2-4-2 清潔發展機制之方法學

為確保CDM專案的減量效益，並獲得具長期的、實際可測量的、額外性的減排量。因此，在UNFCCC網站下設立了CDM平台(<http://cdm.unfccc.int/index.html>)，CDM執行理事會(EB)已建立一套有效的、透明的和可操作的「基線與監測方法學 (Baseline and monitoring methodologies)」，以供各國執行CDM專案活動(CDM project activity)時，作為登錄(register)專案與確證(validation)之指引。CDM方法學包含了基線方法與監測方法，基線方法則概括了基線情境、專案額外性；而監測方法則概括了基線排放、專案排放以及洩漏。

結至2011年3月，CDM方法學可蓋分為十五個範疇 (scope)，以及CDM EB已批准之「基線與監測方法學」共計175項；依方法學可分為5類，細項分類及說明如下所示：

CDM 專案方法學類型 (Project and Methodologies Type)與數量

- 大規模 CDM 項目方法學(Methodologies for Large scale CDM project activities)：75 項

- 小規模 CDM 項目方法學(Methodologies for small scale CDM project activities)：65 項
 - 再生能源專案裝置容量不得超過 15MW
 - 效能提高年節能量不得超過 60GWh
 - 其他專案年減排量不得超過 60,000 tCO₂eq/year
- 整合性 CDM 項目方法學(Consolidated Methodology)：17 項
- 造林與再造林 CDM 項目方法學 (Methodologies for afforestation and reforestation CDM project activities)：11 項
- 小規模造林與再造林 CDM 項目方法學 (Methodologies for small scale A/R CDM project activities)：7 項
 - 每年淨人為碳去除量不得超過 16,000 tCO₂eq/year
 - 需為東道國確認之低收入社區、個人開發或實施

表 2.3 CDM 專案分類、內容及適用的方法學

專案類型	內容	適用的方法學
HFC-23 分解	-	AM0001, AMS-III.N.
N ₂ O 分解消除	-	AM0021, AM0028, AM0034
PFC 減少	-	AM0030
交通	-	AM0031, AMS-III.C., AMS-III.U.
造林及再造林	-	AR-AM0001, AR-AM0004, AR-AMS0001
水力發電	川流式	AM0026, AMS-I.A., AMS-I.D.
	既有水庫	ACM0002, AM0005, AMS-I.D.
	新建水庫	ACM0002, AMS-I.D., AM0052
其他再生能源	地熱能發電	ACM0002
	太陽能發電	AMS-I.A., AMS-I.C., AMS-I.D.
	潮汐能	ACM0002
燃料替代	石油轉至天然氣	ACM0009, AM0008, AM0014, AM0029, AM0049, AM0050, AMS-III.B.
	生質能	AMS-III.B.
	其他	AMS-III.B.
生質能	甘蔗渣	ACM0006, AM0015, AMS-I.C., AMS-I.D.
	稻殼	ACM0006, AMS-I.A., AMS-I.B., AMS-I.C., AMS-I.D., AMS-III.E.
	果菜廢棄物	AM0036, AMS-I.C., AMS-I.D., AMS-III.E.

專案類型	內容	適用的方法學
	其他	AM0042, ACM0002, ACM0003, ACM0006, AM0004, AM0036, AMS-I.A., AMS-I.C., AMS-I.D., AMS-III.E.
風力發電	-	ACM0002, AM0005, AMS-I.A., AMS-I.D.
水泥	替代性燃料	ACM0003
	水泥混合	AM0033, AM0040, ACM0005
生質氣體處理	動物廢棄物	ACM0010, AM0006, AM0016, AM0073, AMS-III.D.
	廢水處理	AM0013, AM0022, ACM0014, AMS-III.D., AMS-III.H., AMS-III.I., AM0069
	廢再生生質	AMS-I.E.
	其他	AMS-III.D.
避免甲烷產生	堆肥	AM0025, AM0039, AMS-III.F.
	其他	AMS-III.E., AMS-III.I., AMS-III.F., AMS-III.K.
甲烷回收再利用	掩埋場沼氣燃燒	ACM0001, AM0003, AM0010
	掩埋場沼氣回收再利用	ACM0001, AM0011, AMS-III.G.
	CMM/CBM	ACM0002, ACM0008
能源效率提升	商業及家用	AMS-II.C., AMS-II.D., AMS-II.E., AMS-II.G., AMS-II.J., AM0046,
	廠房	AM0018, AM0038, AM0044, AMS-II.C., AMS-II.D., AMS-II.H., AMS-III.M.
	供應段	ACM0007, ACM0013, AM0045, AM0058, AM0061, AMS-II.B.
	廢再生生質	AMS-II.G.

專案類型	內容	適用的方法學
廢氣/餘熱回收 再利用	BFG (高爐氣), LDG, COG (煉焦爐氣), 直接 還原鐵(DRI)的廢棄、水 泥生產線、電弧爐煙	ACM0004, ACM0008, AM0009, AM0024, AM0032, AM0037, AM0066, AM0074, AMS-III.P., AMS-III.Q.
SF6 替代	-	AM0065
污染洩漏減少	-	AM0023
材料利用	二氧化碳回收	AM0027、AMS-III.J.
生質燃料		AM0047, ACM0017, AMS-II.F., AMS-III.T.

CDM 方法學不但為數龐雜，且數量與日俱增。一般而言，方法學的適用範圍並不重複，因此每一專案能找到適用的方法學，且通常是單一的。在少數情況下，可能發生超過一個以上可適用的情況，此時應詳細分析不同方法學的內容適用在專案上的差異，可以考慮的因素有下列諸項：

- 適用性
- 例外條款
- 基線情境的設立與選擇
- 計劃活動的設計
- 減量計算的合理性
- 監測計劃的執行範圍與複雜度

CDM 專案的成功與否，主要取決專案外加性 (additionality) 是否充足。UNFCCC 針對外加性有非常豐富的資料參考，其中外加性評估工具 (Tool for the demonstration and assessment of additionality) 屬最為便利且明確之評估工具。所有減量工具皆須滿足 UNFCCC 之規範，無論是 JI/CDM 計畫或是 ISO14064-2 溫室氣體減量標準計畫，皆以 UNFCCC 之規範發展。馬拉喀什協定 (Marrakesh Accords) 中，明訂 CDM 計畫設計主要的減量規範，詳述如下表 2.4。

表 2.4 馬拉克什協定 CDM 計畫要點

專案要項	馬拉克什協定 CDM 計畫要點
額外性	減量必須具備額外性
專案邊界	專案範圍下所有人為 GHGs 排放
基線	<p>無專案時排放量合理性</p> <p>特定計畫或多專案基線，需考量相關國家部門政策措施</p> <p>考量專案活動的層級，簡化小規模專案程序。</p>
洩漏	專案邊界外因專案而產生之可測量排放量變化
計入期	七年，最多可延長兩次或十年
基線確認	由第三者查驗機構查驗
監測計畫確認	監測計畫確認
專案監測	專案排放之監測
基線與洩漏監測	由第三者查驗機構查驗
額度之查核與驗證	由第三者查驗機構查驗

2-5 稻殼產能案例

目前全球利用稻殼來產能之 CDM 專案繁多，其主要亦是利用方法學適用性評估加以判斷適用之方法學，以最保守之方式計算出其減排效益。於此小節中，將簡單介紹猶太與印度之兩件小型 CDM 稻殼發電專案。

● 猶太稻殼發電 CDM 專案

在猶太的稻殼廢棄物，大多數被直接拿來露天焚燒火勢任其腐敗，增加環境負擔，因此當地企業加以將稻殼至碾米廠收購，並且建置 5MW 之鍋爐加以發電，並將電力售出。除了可以減少對國外能源進口的依賴外，亦可以減少空氣污染與石化燃料二氧化碳排放。其專案為小規模 CDM 項目方法學-可再生能源類型，所選用之方法學為「I.A. Electricity generation by the user」，年產生之減排量為 28,071 tCO₂/年。

表 2.5 猶太稻殼發電 CDM 專案背景介紹

Title	INTERCO 5 MW Rice Husk Fired Power Plant
Country	Interco
Type	Small scale CDM Type 1 – Renewable energy projects
Size	5MW
Methodology	I.A. Electricity generation by the user
Project	Greenfield Project
Emission	28,071 tCO ₂ /year

- 印度稻殼發電 CDM 專案

此專案為 7.7MW，以稻殼與煤共燒產能。印度的稻殼通常可以做為飼料與建材，但大部分仍然是以廢棄物焚燒或棄置。因此當地企業為減少成本開銷與降低二氧化碳排放，而改用稻殼與煤共燒系統產能。其專案為小規模 CDM 項目方法學-可再生能源類型，所選用之方法學為「I.D. Renewable Electricity Generation for a Grid」，年產生之減排量為 21,076.2 tCO₂/年。

表 2.6 印度稻殼發電 CDM 專案背景介紹表

Title	Rice Husk Based Power Project
Country	India
Type	Small scale CDM Type 1 – Renewable energy projects
Size	7.7MW
Methodology	I.A. Electricity generation by the user
Project	Co-fire Project
Emission	21,076.2 t CO ₂ /year

第三章 背景介紹與情境假設

生質廢棄物的種類有非常多，像稻草、稻殼、玉米桿、玉米穗軸、蔗渣等等。其中稻米為全球約二十億人口之主食，因此稻作廢棄物產量相較於其他生質廢棄物來源較為穩固。稻草的使用率高於稻殼，常用於手工製品或保溫建材，相較之下，稻殼較常被當成廢棄物棄置。因此本研究將選以稻殼做為取代重油燃料之生質廢棄物。

3-1 國內稻殼

我國稻米主要產地為彰化縣、雲林縣、嘉義縣以及台中縣，其佔全台稻米產量比重分別為 19.25%、18.42%、12.13% 及 10.6%(如圖 3.1)。依照中華民國 2009 年農業統計年報資料顯示，我國 2009 年度稻米收穫總面積為 254,590 公頃，相較於民國 2005 年的 269,023 公頃少了約 14,433 公頃；若再與民國 2005 年相比，更是減少了約 85,011 公頃(見下表 3.1)。由統計資料顯示，我國稻米產量年年幾乎呈現下降的趨勢，係由於氣候變遷之影響導致作物產量減少，以及隨著工商業發達，農村青壯年皆往都市發展，導致越來越少人願意耕種。雖然稻作種類有非常多且產量不同，但大約每產生 100 公斤稻穀會產生 69 公斤稻草及 16.6 公斤的稻殼，稻殼收購價約一公斤三元。若以民國 98 年農業統計年報所示，則該年度稻穀總產量為 1,578,169 噸，則換算我國稻殼年產量約為 26 萬噸。

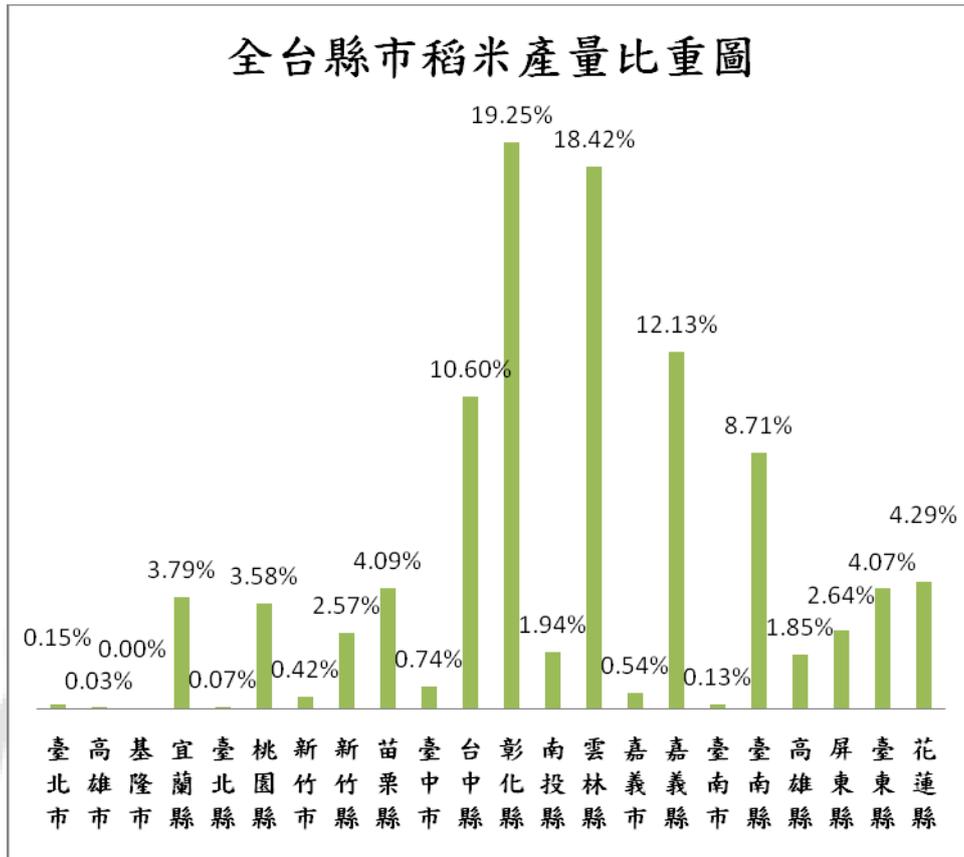


圖 3.1 全台縣市稻米產量比重圖

【資料來源：行政院農委會農糧署】

表 3.1 我國 2009 年農業統計年報

年次 (民國)	收穫面積		
	合計	一期	二期
	公頃(ha)	公頃(ha)	公頃(ha)
2000	339 601	195 055	144 546
2001	331 619	188 553	143 066
2002	306 840	177 884	128 956
2003	272 124	161 184	110 940
2004	237 015	135 314	101 701
2005	269 023	158 452	110 571
2006	263 188	155 248	107 940
2007	260 116	155 459	104 657
2008	252 292	148 333	103 959
2009	254 590	151 338	103 252

【台灣農業統計年報，2009】

3-2 國外稻殼

根據聯合國糧農組織農業統計資料庫(Food and Agriculture Organization of the United Nations , FAOSTAT)顯示，全球稻作產量高達 90% 以上係來自於亞洲，而前五大稻米盛產國依序為：中國、印度、印尼、孟加拉以及越南。因此，就地理位置與據理之因素考量，本論文研究擬以自中國與越南進口稻殼燃料做為重油燃料之取代，進而與選用台灣本地稻殼進行減碳與經濟分析比較。

中國稻殼產量

由於中國受地理與氣候之影響，因此東半部以農業為主，西半部以畜牧業為主。而稻的栽培起源於中國，在中國主要生長區域為南方，氣候主要分布於副熱帶季風區與熱帶季風區。根據 2009 年農業統計資料庫顯示，中國稻米產量為 195.1MT 為全球稻米產量之冠。在中國全國農作物撥種面積中，稻穀所占之栽種面積超過 50% 以上之比例。稻穀產量從 2000 年起至今，年產量皆超過 174.54MT 以上，至 2009 年，稻穀產量更高達至 195.1MT。

中國大陸地理位置相鄰台灣，雖至今仍有政治上之因素而無法開放農作物進口，但日後若可進口大陸農產品時，於地理位置與距離以及其農作物產量豐盛之考量，勢必為進口稻殼之首選。

越南稻殼產量

由於越南位於亞熱帶和熱帶地區，因此其北部與南部兩大平原在地理位置與氣候方面皆適合種植水稻。北方每年有兩產季，南方則有三個產季，因此稻米產量豐盛。目前越南全國水稻種植面積超過 700 萬公頃，單位面積產量達 3690 公斤/公頃，每年總產量約為 3600 萬噸-3900 萬噸。根據農業統計資料庫 FAOSTAT 顯示，2005 年稻米種植面積為 732.92 萬公頃，產量

約為 3634.1 萬噸，而 2006 年越南稻米產量相較於 2005 年約增加了 14 萬噸，而 2008 年，產量約為 4325.8 萬公噸(如圖 3.2)，直至 2010 年，根據越南統計局表示，稻米產量高達 4000 萬噸。

由於我國與中國大陸尚未簽訂農產品進口之政策，因此擬定情境三，係考量若無法至中國進口稻穀時，考量由越南進口稻穀做為燃料取代之減碳與經濟可行性評估。

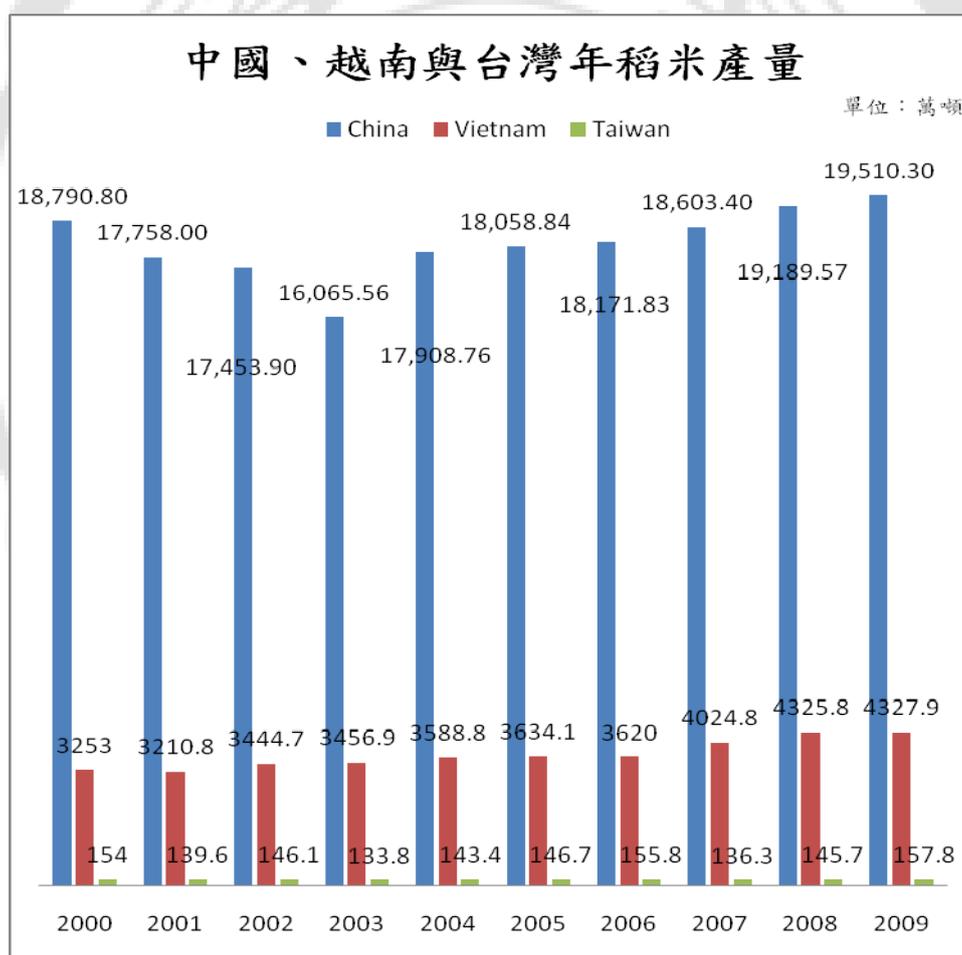


圖 3.2 2000-2009 台灣、中國與越南稻米產量數據統計圖

【資料來源：農業統計資料庫 FAOSTAT】

3-3 情境假設

本論文擬以情境假設，位於雲林縣之某一食品加工廠，其廠內設有廠內設有四座不同壓力之燃燒重油鍋爐，估計每月消耗量約 250 噸重油提供工廠內產能所需。四座鍋爐使用年限皆已超過 20 年，以產生效率降低以及鍋爐熱過多額外損失等缺失。四座鍋爐規格與編號分別為 NO.1-NO.4，其規格如表 3.2 所示。

表 3.2 食品加工廠原有四座鍋爐之規格表

編號	類型	容量	類型	原設計效率	實際平均效率
1.	高壓鍋爐	4.5 t/h	煙管式	85%	79.1%
2.		5.4 t/h			
3.	低壓鍋爐	15 t/h	水管式		79.8%
4.		8.4 t/h	煙管式		

本研究將改以興建兩座稻殼鍋爐（兩具 15 t/hr）以供應 6.7 kg/cm^2 之中壓蒸汽，預計每日運作 10 小時，則每年（264 工作日）透過蒸汽之能量供給為 50,261,904,000 kcal，故該食品加工廠每年稻殼需求量約在 8,280 公噸。本研究擬以選用不同國家進口之生質廢棄物做為鍋爐燃料，取代原有四座重油鍋爐，減少原油耗損與二氧化碳排放。將依稻殼來源不同分為下列三種情境：

情境一

使用台灣原產之稻殼做為本論文研究之稻殼燃料，進而分析取代重油後之減碳與經濟效應。不過，礙於面對台灣稻米產量連年下降的趨勢，若日後再生能源比重提升，將會受到台灣稻殼產量不足之影響。因此，本論文將擬設情境二、情境三，評估係由國外購買稻殼並進口至台灣取代重油燃料之可行性評估。

情境二

係由中國福建之稻米廠收購稻殼，係由重型柴油車陸運 77KM 至距離台灣較近之港口福建清港，經海運 388KM 至台灣台中港；再由重型柴油車經台中港陸運 80KM 至食品加工廠。距離越短不僅可以降低運輸時間，以避免稻殼於運送過程中發酵，亦可降低運輸產生之二氧化碳排放量。

情境三

係由越南之稻米廠收購稻殼，係由重型柴油車陸運 85KM 至越南 Cai Map 港口，經海運 1949KM 至台灣高雄港；在由重型柴油車經高雄港陸運 135KM 至食品加工廠。相同的，距離越短可避免稻殼發酵，亦可降低運輸產生之二氧化碳排放量。

本論文研究擬選用之稻殼，係以經精米加工過後所產生之稻殼，以往將成為農作廢棄物被棄置，若依照本論文研究將廢棄物加以利用作為燃料產能，不僅能達到廢棄物再利用以減少廢棄物產生，更能加以減碳以降低環境問題。

第四章 研究分析

本研究之主要目的為興建兩座稻殼鍋爐(兩具 15 t/hr)，取代食品加工廠原有之四座效率降低之重油鍋爐，希冀以燃燒生質廢棄物，減少重油燃燒時所排放之二氧化碳，將所減排之二氧化碳藉由 CDM 方法學估算，並可以置於 CDM 碳匯市場上供已開發國家選購，以履行減碳承諾以及清潔能源的永續發展。

依本研究需量化溫室氣體減排量以評估減排成效，將以聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)所製訂之 CDM 方法學做為有效、透明之量化方法，所有減量工具皆須滿足 UNFCCC 之規範，無論是 JI/CDM 計畫或是 ISO14064-2 溫室氣體減量標準計畫，其皆以 UNFCCC 之規範發展。馬拉喀什協定(Marrakesh Accords)中，明訂 CDM 計畫設計主要的減量規範，其以表 2.4 所述。

依聯合國 CDM 方法學為 AMS I.C. (Version 18)條文 6 指出，電與熱裝置容量轉換比率為 1:3，以 15 MW 之電力裝置容量相當於 45 MW thermal。依表 3.3 所示，本研究之產能規模 22.12 MW thermal，因而適用於小規模 CDM 方法學。依照方法學分類表 2.3 所示，適用於稻殼發電專案類型之小規模 CDM 方法學有 4 種，其中 AMS I.A.、AMS I.B.以及 AMS I.D 之方法學不適用於本論文研究(如表 4.1)，因此本研究選用之小規模 CDM 方法學為 AMS I.C. (Version 18)減量方法「Thermal energy production with or without electricity」(第 18 版)。

表 4.1 稻殼發電專案適用之方法學分析表

方法學		適用條件
AMS-I.A.	Electricity generation by the use	1.再生能源發電僅提供個人或家庭用戶使用 2.僅產電，產熱不適用
AMS-I.B.	Mechanical energy for the user with or without electrical energy	再生能源產能僅提供個人住戶或團體住戶使用
AMS-I.C.	Thermal energy production with or without electricity	適用於本研究
AMS-I.D.	Gird connected renewable electricity generation	再生能源發電取代國家電網或區域電網

4-1 方法學之應用

4-1-1 選用之方法學介紹

本論文研究選用之 AMS I.C.減量方法學其名稱為「Thermal energy production with or without electricity」，以電或無電之方式產生能，其適用範圍是任何廠商選用生物質廢棄物座為鍋爐燃料，以代替原有石化燃料，均可使用此方法學。本小節將針對此方法學之適用性(Applicability)、專案邊界(Project Boundary)、基線排放(Baseline Emissions)、洩漏(Leakage)以及專案排放(Project Emission)列表介紹(如表 4.2)，詳細方法學請參照附錄一。

表 4.2 CDM 方法學-AMS I.C.簡介表

AMS I.C. : Thermal energy production with or without electricity	
適用性 (Applicability)	<ol style="list-style-type: none">1. 以再生能源取代住宅、工業或商業之原有化石燃料。再生能源可為太陽能、可在生物質能源或其他可以取代石化燃料之熱能。2. 可為汽電共生3. 產生之電能可輸至電網或產生之電/熱能直接於產能現場使用。4. 裝置容量不得超過 45 MW thermal5. 共燒系統其石化燃料不得超過 45 MW thermal6. 生物質熱電聯機組注意下列裝置容量：

	<p>A. 若專案將包含產熱與產電，其總產能將不超過 45 MW thermal, =電與熱裝置容量轉會比率為 1:3</p> <p>B.若專案僅產熱，則不得超過 45 MW thermal</p> <p>C.若專案僅產電，則不得超過 15 MW</p> <p>7. 專案產生之電或熱能，傳送至專案設備或其他專案邊界以供使用</p> <p>8. 適用於更新或修改原有再生能源設備</p> <p>9. 適用於新建、改建或提升效能專案</p>
<p>專案邊界 (Project Boundary)</p>	<p>地理位置的項目設備生產的可再生能源勾畫了項目邊界。邊界延伸到工業、商業、住宅設施或設施，能源消耗所產生的制度和程序或設備，而受影響的項目活動。</p>
<p>基線排放 (Baseline Emissions)</p>	<p>1. 計算排放係數，應使用可靠的地方或國家的數據。應使用只有在國家或項目的具體數據無法取得或者證明很難獲得。</p> <p>2. 專案實施前三年的現有設備轉換燃料所使用之能源來源與電廠輸出熱/電能之紀錄資料應</p>

納入基線計算；若設備使用不足三年(至少一年)，則應當以所有數據計算。專案活動輸出之其他設備皆包含於專案邊界內，其紀錄應當納入基線計算。

3. 若專案活動將使用生質能產電與熱能時，應當為下列之情境：

a. 電能由電網輸入，熱能(蒸汽/熱)係由石化燃料產生

b. 電能由自設之電廠使用石化燃料產生(可輸至電網) 熱能(蒸汽/熱)亦使用石化燃料產生

c. a 與 b 結合

d. 電能與熱能(蒸汽/熱)係由電聯機組使用石化燃料產生(可輸出至電網、其他設施或其他熱能設施。)

e. 電能由電網輸入或自設電廠以石化燃料產電能(可輸出至電網)，熱能(蒸汽/熱)係由生質能產生。

	<p>f. 自設電廠利用再生能源產電能(可輸出至電網)或自電網輸入，熱能(蒸汽/熱)係由石化燃料產生</p> <p>g. 電能與熱能(蒸汽/熱)皆由生質能電聯機組產能(電能無法輸至電網或其他設施，熱能亦無法輸至其他設施)</p> <p>h. 電能與熱能(蒸汽/熱)皆產自共燒系統</p>
洩漏(Leakage)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 若發電設備係由專案邊界外移入，則專案活動需考量洩漏 2. 若生質廢棄物蒐集/處理/運輸之距離超過200km，則需計算其二氧化碳排放量，若不超過200km，則可忽略
專案排放 (Project Emission)	<p>專案排放包括：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 自專案開始，專案現場消耗石化燃料所排放之二氧化碳，應以計算工具“Tool to calculate project or leakage CO₂ emissions from fossil fuel combustion.”計算。 2. 專案電力消費之二氧化碳排放計算，應使用最新版本之“Tool to calculate baseline,

	<p>project and/or leakage emissions from electricity consumption.”計算</p> <p>3. 在專案邊界內之其他顯著排放相關</p>
額外性分析	<p>依據 CDM 小型方法學附件 A 的要求，計畫開發者應充分說明本計劃至少面臨下列障礙之一，以作為計畫俱備額外性之證明：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 技術性障礙(Technological barrier) • 投資性障礙 (Investment barrier) • 普及性障礙分析(Barrier due to prevailing practice): • 其他障礙

4-1-2 專案邊界界定

本論文之邊界具體說明如下：

- (一)本研究將以圖 4.1 所示之兩座新增之稻殼鍋爐為邊界，其蒸氣輸出與使用耗損不在本研究範圍內。

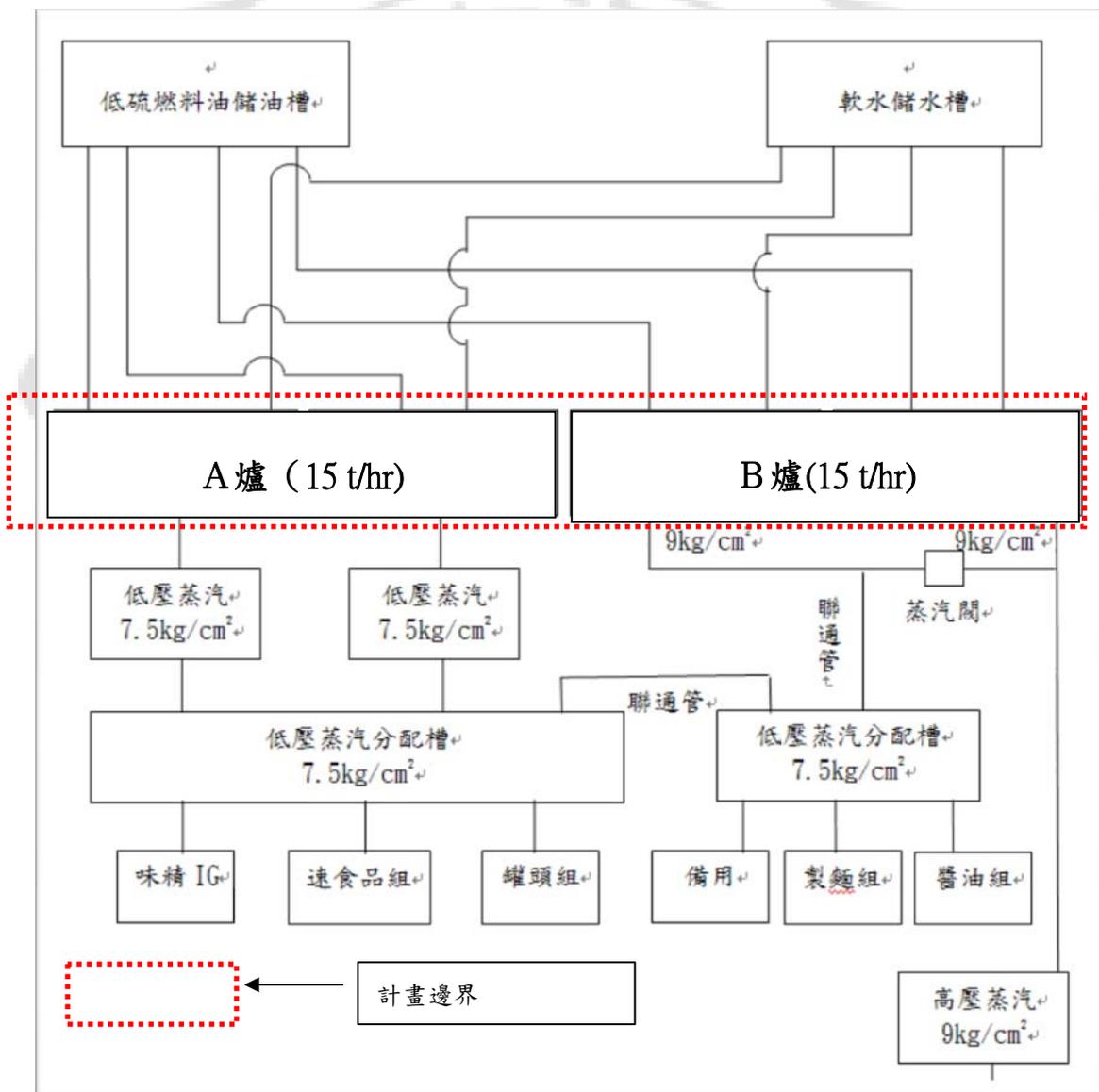


圖 4.1 食品加工廠之蒸氣鍋爐運作圖

(二) 本研究擬以新建之兩座稻殼鍋爐，其合計發熱容量(MW thermal)如表 4.3 所列。

表 4.3 新建之兩座稻殼鍋爐規格表

鍋爐	名稱單位		鍋爐設計條件				熱容量
			額定蒸發量	蒸汽壓力	飽和熱值	給水溫度	
數據	A	B	C	D	E	F	$C * E / 860.05 / 1000$
	鍋爐	型號	Kg/Hr	Mpa	Kcal/Kg	°C	MW thermal
	#1	15TON	15,000.00	1	634.62	80	11.06
	#1	15TON	15,000.00	1	634.62	80	11.06
	合計						

Note: 1 kilowatt hour = 860.05 kilogram calorie

由表 4.3 所示，本研究符合 SSC-CDM Type I.C Thermal energy production with or without electricity (第 18 版)中，第 4 點所載明之總發電量不得超過 45MW thermal 之要求。

(三) 本研究將選用聯合國 CDM 認可之 AMS I.C. (Version 18)減量方法「Thermal energy production with or without electricity」(第 18 版)。其適用範圍是任何廠商選用生物質廢棄物做為鍋爐燃料，以替代現有化石原料，均可採用此方法學，因此本研究之計畫類型為 TYPE 1，計畫類別為 SCOPE 1。

4-1-3 基線排放(Baseline Emission)

CDM 之基線規劃主要參照馬拉克什協定中，CDM 計畫規範 KP 第 12 條 Appendix B to Decision -/. CPM.1 所訂定。所謂排放基線係屬於在缺乏減量措施或計畫下，其組織或排放源所排放、吸收或儲存的溫室氣體量。

本研究之係以進口稻殼做為燃料取代原有之重油燃料，因此根據 AMS I.C.(ver.18)之規範，對於基線的排放來源必須包括所有燃燒石化原料所產生的溫室氣體。其基線排放推估公式如下：

$$BE_{thermal,CO_2,y} = (EG_{thermal,y} / \eta_{BL,thermal}) * EF_{FF,CO_2}$$

其中

$BE_{thermal,CO_2,y}$ ：在第 y 年因燃燒石化原料而產生的排放 (tCO₂e/year)

$EG_{thermal,y}$ ：在第 y 年因燃燒重油所產生的淨熱能 (GJ/year)

$EF_{FF,CO_2,y}$ ：石化燃料的排放係數 (tCO₂e/GJ)

$\eta_{BL, thermal}$ ：石化燃料鍋爐的效率轉換係數

4-1-4 專案排放(Project Emission)

在 AMS I.C.規範中，段落 43 針對計畫排放作出詳細定義，分為來自收集/處理/運輸過程之排放、計畫石化燃料消耗的排放、計畫電力消耗所產生的排放及其他排放，茲詳述如下：

1. 收集/處理/運輸過程之排放：本案採用之稻殼係自越南取得，不經

再過特殊處理，僅需以陽光曝曬過後即可逕行燃燒。而據調查顯示，目前越南稻殼用途為家庭燃料、生質燃料，但仍有大量的稻殼無特殊用途因而被拿來露天焚燒。本研究之運輸所產生之實際排放量將依照方法學 AMS I.C. 規範中所示，納入洩漏量(Leakage)中做為計算，因此本項排放依保守原則視為零。

2. 計畫石化燃料消耗的排放：本研究係利用燃稻殼來取代燃重油，新的鍋爐將完全使用稻殼，不再使用任何的石化燃料，因此在計畫中，並沒有任何的 CO₂ 來自石化原料，本項排放是為零。
3. 計畫電力消耗所產生的排放(PECO₂, EC, y)：預計採用之稻殼鍋爐其用電功率為每組 120 KW，合計 240 KW。因此於本論文研究之專案排放公式如下表之：

$$PE_{CO_2, EC, y} = T_{EC, y} * 240KW * EF_{grid, y}$$

其中

T_{EC, y}：稻殼鍋爐每年用電小時數

EF_{grid, y}：電網排放係數

4-1-5 漏損 (Leakage, LEy)

在 AMS I.C. 的規範中說明漏損狀況最主要是來自增加石化原料、生物質廢棄物及其他用途，或是生質廢棄物蒐集/處理/運輸之距離超過 200 km，此時則需計算其二氧化碳排放量，若不超過 200 km 則可忽略。本研究計畫使用稻殼取代重油，係由越南進口之，其距離超過 200 km，因而需考量運

輸與處理所產生之二氧化碳排放量。其因本研究產生之洩漏量公式為：

$$LE_{CO_2,Transport,y} = (VF_{HDD,CO_2,y} * VD_{HDD,y} * M_{HDD,y}) + (CF_{CV,CO_2,y} * CD_{cv,y} * W_y)$$

其中

$VF_{HDD,CO_2,y}$ ：重型柴油車的排放係數 (tCO₂/km)

VD_y ：在第 y 年重型柴油車行駛的距離 (km)

$M_{HDD,y}$ ：重型柴油車數量

$CF_{CV,CO_2,y}$ ：貨船的排放係數 (10 gCO₂/t-km)

$CD_{CV,y}$ ：在第 y 年貨船行駛的距離 (km)

W_y ：在 y 年所乘載之稻殼重量 (t)

4-1-6 計入期(Crediting Period)

計入期之訂定係依照聯合氣候變化綱要公約會議報告中「3/CMP.1, Annex」第 49 段中所示，專案活動之計入期應選擇下列途徑之一：

- a. 可更新計入期：最高為七年，最多可延長兩次，其延長條件為每次更新需重新確認基線；要求提供減排量計入期開始日期與計入期長度。
- b. 固定的計入期：僅一期，最長不可超過十年，亦不需更新基線；要求提供減排量計入期開始日期與計入期長度。

本研究專預計將以稻殼取代重油為燃料，運作期(計入期)為七年。

4-2 減量計算

本論文研究之減碳效益計算，係涵蓋前小節所敘述之基線排放、專案排放以及洩漏三大因素。在三種不同之情境下，基線排放與專案排放皆為相同排放量，因不同情境之運輸距離不同，使得三種情境之洩漏量亦為不同。各項之排放量計算如下：

4-2-1 基線排放量

基線排放推估公式如下：

$$BE_{thermal,CO_2,y} = (EG_{thermal,y} / \eta_{BL,thermal}) * EF_{FF,CO_2}$$

其中

$BE_{thermal,CO_2,y}$ ：在第 y 年因燃燒石化原料而產生的排放 (tCO₂e/year)

$EG_{thermal,y}$ ：在第 y 年因燃燒重油所產生的淨熱能 (GJ/year)

$EF_{FF,CO_2,y}$ ：石化燃料的排放係數 (tCO₂e/GJ)

$\eta_{BL,thermal}$ ：石化燃料鍋爐的效率轉換係數

依據行政院環保署國家溫室氣體登錄平台中之溫室氣體排放係數管理表，從中取得重油的二氧化碳當量排放係數為 3.111 KgCO₂/L，熱值則為 9,600 kcal/L，如表 4.4 所列。同理可推得重油燃燒所產生之甲烷與一氧化二氮之排放量，加總後可得重油之排放係數為 77,750.7 kgCO₂eq/TJ。

據此，在未選擇稻殼鍋爐之情境而選擇以新建重油鍋爐為供應蒸氣之設備的情況下，基線情境之排放量推估如下：

$$EG_{\text{thermal},y} : 210,0094.76 \text{ GJ/year}$$

$$EF_{\text{FF},\text{CO}_2,y} : 77,750.7 \text{ kgCO}_2\text{eq/TJ} \text{ 或 } 77.750 \text{ kgCO}_2\text{eq/GJ}$$

另依保守原則，假設重油鍋爐效率為 100%。基線排放量則可推得為

$$BE_{\text{thermal},\text{CO}_2,y} = 16,335.02 \text{ tCO}_2\text{eq/year}。$$

4-2-2 專案排放量

本研究之專案排放如前小節所述之，於收集/處理/運輸過程之排放量為零；專案石化燃料消耗之排放亦為零，因此僅需計算專案電力消耗所產生之排放量。

專案排放之公式推估如下：

$$PE_{\text{CO}_2,\text{EC},y} = T_{\text{EC},y} * 240\text{KW} * EF_{\text{grid},y}$$

其中

$T_{\text{EC},y}$ ：稻殼鍋爐每年用電小時數

$EF_{\text{grid},y}$ ：電網排放係數

依能源局公佈九十八年電網排放係數資料顯示(如表 4.5)，即 $EF_{\text{grid},y}$ 為 $0.623 \text{ kgCO}_2\text{eq/kwh}$ 。其中， $T_{\text{EC},y}$ ，將以裝設鍋爐專用獨立電錶的方式，從鍋爐用電量(EL_c)及鍋爐用電功率反推得之。依前述稻殼鍋爐每年運作 2,640 小時(10 小時/天*22 天/月*12 月/年)，因此本研究每年之專案排放量為 $394.73 \text{ tCO}_2\text{eq/年}$ 。

4-2-3 洩漏

考量運輸與處理所產生之二氧化碳排放量。其因本研究產生之洩漏量公式為：

$$LE_{CO_2,Transport,y} = (VF_{HDD,CO_2,y} * VD_{HDD,y} * M_{HDD,y}) + (CF_{CV,CO_2,y} * CD_{cv,y} * W_y)$$

其中

$VF_{HDD,CO_2,y}$: 重型柴油車的排放係數 (tCO₂/km)

VD_y : 在第 y 年重型柴油車行駛的距離 (km)

$M_{HDD,y}$: 重型柴油車數量

$CF_{CV,CO_2,y}$: 貨船的排放係數 (10 gCO₂/t-km)

$CD_{CV,y}$: 在第 y 年貨船行駛的距離 (km)

W_y : 在 y 年所乘載之稻殼重量 (t)

由於本論文研究係將從國外進口稻殼取代中油燃料，因此最主要二氧化碳排放量係屬於運輸。根據 IPCC 排放係數表中，重型柴油車係數為 0.001011 tCO₂/km。而船舶行使之排放係數將約為 10gCO₂/t-km，而陸運部分係由 27 輛重型柴油車運送之。因此將於此小節中將依照三種不同情境分別做計算。

情境一之洩漏量($LE_{CO_2,Transport,y,S1}$)

使用台灣雲林縣自產稻米之稻殼，縮短經國外購買之海運所產生之二氧化碳排放。又因 AMS I.C.的規範中說明生質廢棄物蒐集/處理/運輸之距離超過 200 km，則需計算其二氧化碳排放量，若不超過 200 km，則可忽略。因此情境一之洩漏量 $VF_{HDD,CO_2,y,S1}$ 可視為零，亦為本研究之洩漏量 ($LE_{CO_2,Transport,y,S1}=0 \text{ tCO}_2\text{eq/year}$)

情境二之洩漏量($LE_{CO_2,Transport,y,S2}$)

由中國福建之稻米廠收購稻殼，其運輸距離超過 200KM，因此須計算洩漏量。其運輸排放量包含原場地經重型柴油車運送至福建清港，再由福建清港經船舶運送至台灣台中港，最後再以重型柴油車運送至食品加工廠。

假設原產地運輸至福建清港口約 77 km，再以船舶運送至台灣台中港，船舶航行之距離約為 388 km，至台中港後以重型柴油車運輸至該食品加工廠，距離約為 80 km。加總後可得知以進口稻殼做為燃料時，每個月因原料運輸所產生之排放量約為 $6.96 \text{ tCO}_2/\text{Month}$ ，則年排放量約為 $83.55 \text{ tCO}_2/\text{year}$ 亦為本研究之洩漏量 ($LE_{CO_2,Transport,y,S2}=83.55 \text{ tCO}_2\text{eq/year}$)。

情境三之洩漏量($LE_{CO_2,Transport,y,S3}$)

運輸排放量包含由原產地運經由卡車送至越南 Cai Mep 港口，再由 Cai Mep 港口經船舶運送至台灣高雄港，最後再經卡車由高雄港運送至食品加工廠。

假設原產地運輸至 Cai Mep 港口約 85 km，再以船舶運送至台灣，船舶航行之距離約為 1949 km，至高雄新光碼頭後，以重型柴油車運輸至該食品加工廠，距離約為 135 km。加總後可得知以進口稻殼做為燃料時，每個月因原料運輸所產生之排放量約為 19.45 tCO₂/Month，則年排放量約為 233.44 tCO₂/year 亦為本研究之洩漏量(LE_{CO₂,Transport,y,S3}=233.44 tCO₂eq/year)。

三種不同情境之洩漏量分別如下：

$$LE_{CO_2,Transport,y,S1} = 0 \text{ tCO}_2\text{eq/year}$$

$$LE_{CO_2,Transport,y,S2} = 83.55 \text{ tCO}_2\text{eq/year}$$

$$LE_{CO_2,Transport,y,S3} = 233.44 \text{ tCO}_2\text{eq/year}$$

表 4.4 溫室氣體排放係數管理表 【資料來源：行政院環保署】

		藍色格表示該筆資料係直接引用 IPCC 2006 年數據。																					
		黃色格表示該筆資料係引用 IPCC 2006 年排放係數之 95% 信賴區間計算而得。																					
		綠色格表示該資料為本計畫之建議值。																					
氣體種類	排放形式	排放源類別	燃料別	IPCC 原始係數名稱	A		B	C=A×B×(44/12)×1000		D	E		F=C×4186.8×10 ⁻⁹ ×10 ⁻³		G		熱值資料來源	H=F×G		I		J	備註
					IPCC 2006 年 C 排放係數		碳氧化因子	IPCC 2006 年 CO ₂ 排放係數		IPCC 2006 年 CO ₂ 排放係數之不確定性		原始係數		我國熱值		建議排放係數		建議排放係數之不確定性					
					C 排放係數	單位		CO ₂ 排放係數	單位	95% 信賴區間下限	95% 信賴區間上限	原始係數	單位	熱值	熱值單位	數值		單位	95% 信賴區間下限	95% 信賴區間上限			
CO ₂	固定源	煤	自產煤	Other Bituminous Coal	25.8	kgC/GJ	1	94,600	kgCO ₂ /TJ	-7.7%	+6.8%	3.96E-04	Kg CO ₂ /Kcal	6200	Kcal/Kg	註 1	2.456	KgCO ₂ /Kg	-7.7%	+6.8%			
			原料煤	Other Bituminous Coal	25.8	kgC/GJ	1	94,600	kgCO ₂ /TJ	-7.7%	+6.8%	3.96E-04	Kg CO ₂ /Kcal	6800	Kcal/Kg	註 1	2.693	KgCO ₂ /Kg	-7.7%	+6.8%			
			燃料煤	Other Bituminous Coal	25.8	kgC/GJ	1	94,600	kgCO ₂ /TJ	-7.7%	+6.8%	3.96E-04	Kg CO ₂ /Kcal	6400	Kcal/Kg	註 1	2.535	KgCO ₂ /Kg	-7.7%	+6.8%			
			無煙煤	Anthracite	26.8	kgC/GJ	1	98,300	kgCO ₂ /TJ	-3.8%	+2.7%	4.12E-04	Kg CO ₂ /Kcal	7100	Kcal/Kg	註 1	2.922	KgCO ₂ /Kg	-3.8%	+2.7%			
			焦煤	Coking Coal	25.8	kgC/GJ	1	94,600	kgCO ₂ /TJ	-7.7%	+6.8%	3.96E-04	Kg CO ₂ /Kcal	7000	Kcal/Kg	註 1	2.772	KgCO ₂ /Kg	-7.7%	+6.8%			
			煙煤	Other Bituminous Coal	25.8	kgC/GJ	1	94,600	kgCO ₂ /TJ	-5.4%	+5.4%	3.96E-04	Kg CO ₂ /Kcal	6400	Kcal/Kg	註 1	2.535	KgCO ₂ /Kg	-5.4%	+5.4%			
			次煙煤	Sub-Bituminous Coal	26.2	kgC/GJ	1	96,100	kgCO ₂ /TJ	-3.4%	+4.1%	4.02E-04	Kg CO ₂ /Kcal	5900	Kcal/Kg	註 1	2.374	KgCO ₂ /Kg	-3.4%	+4.1%			
			褐煤	Lignite	27.6	kgC/GJ	1	101,000	kgCO ₂ /TJ	-10.0%	+13.9%	4.23E-04	Kg CO ₂ /Kcal	2842	Kcal/Kg	註 2	1.202	KgCO ₂ /Kg	-10.0%	+13.9%			
			油頁岩	Oil Shale and Tar Sands	29.1	kgC/GJ	1	107,000	kgCO ₂ /TJ	-15.7%	+16.8%	4.48E-04	Kg CO ₂ /Kcal	2245	Kcal/Kg	註 2	1.006	KgCO ₂ /Kg	-15.7%	+16.8%			
			泥煤	Peat	28.9	kgC/GJ	1	106,000	kgCO ₂ /TJ	-5.7%	+1.9%	4.44E-04	Kg CO ₂ /Kcal	2331	Kcal/Kg	註 2	1.034	KgCO ₂ /Kg	-5.7%	+1.9%			
			煤球	Patent Fuel	26.6	kgC/GJ	1	97,500	kgCO ₂ /TJ	-10.5%	+11.8%	4.08E-04	Kg CO ₂ /Kcal	3800	Kcal/Kg	註 1	1.551	KgCO ₂ /Kg	-10.5%	+11.8%			

燃料油	焦炭	Coke Oven Coke and Lignite Coke	29.2	kgC/GJ	1	107,000	kgCO2/TJ	-10.6%	+11.2%	4.48E-04	Kg CO2/Kcal	7000	Kcal/Kg	註 1	3.136	KgCO2/Kg	-10.6%	+11.2%	
	石油焦	Petroleum Coke	26.6	kgC/GJ	1	97,500	kgCO2/TJ	-15.0%	+17.9%	4.08E-04	Kg CO2/Kcal	8200	Kcal/Kg	註 1	3.347	KgCO2/Kg	-15.0%	+17.9%	
	航空汽油	Aviation Gasoline (Jet Gasoline)	19.1	kgC/GJ	1	70,000	kgCO2/TJ	-3.6%	+4.3%	2.93E-04	Kg CO2/Kcal	7500	Kcal/L	註 1	2.198	KgCO2/L	-3.6%	+4.3%	
	航空燃油	Jet Kerosene	19.5	kgC/GJ	1	71,500	kgCO2/TJ	-2.5%	+4.1%	2.99E-04	Kg CO2/Kcal	8000	Kcal/L	註 1	2.395	KgCO2/L	-2.5%	+4.1%	
	原油	Crude Oil	20.0	kgC/GJ	1	73,300	kgCO2/TJ	-3.0%	+3.0%	3.07E-04	Kg CO2/Kcal	9000	Kcal/L	註 1	2.762	KgCO2/L	-3.0%	+3.0%	
	奥里油	Orimulsion	21.0	kgC/GJ	1	77,000	kgCO2/TJ	-10.0%	+10.9%	3.22E-04	Kg CO2/Kcal	6598	Kcal/Kg	註 2	2.127	KgCO2/Kg	-10.0%	+10.9%	
	液化天然氣 (LNG)	Natural Gas	15.3	kgC/GJ	1	64,200	kgCO2/TJ	-9.2%	+9.7%	2.69E-04	Kg CO2/Kcal	9000	Kcal/M ³	註 1	2.419	KgCO2/M ³	-9.2%	+9.7%	9906 更新熱值
	煤油	Other Kerosene	19.6	kgC/GJ	1	71,900	kgCO2/TJ	-1.5%	+2.5%	3.01E-04	Kg CO2/Kcal	8500	Kcal/L	註 1	2.559	KgCO2/L	-1.5%	+2.5%	
	頁岩油	Shale Oil	20.0	kgC/GJ	1	73,300	kgCO2/TJ	-7.5%	+8.0%	3.07E-04	Kg CO2/Kcal	8598	Kcal/Kg	註 2	2.639	KgCO2/Kg	-7.5%	+8.0%	
	柴油	Gas/Diesel Oil	20.2	kgC/GJ	1	74,100	kgCO2/TJ	-2.0%	+0.9%	3.10E-04	Kg CO2/Kcal	8400	Kcal/L	註 1	2.606	KgCO2/L	-2.0%	+0.9%	
	車用汽油	Motor Gasoline	18.9	kgC/GJ	1	69,300	kgCO2/TJ	-2.6%	+5.3%	2.90E-04	Kg CO2/Kcal	7800	Kcal/L	註 1	2.263	KgCO2/L	-2.6%	+5.3%	
	蒸餘油 (燃料油)	Residual Fuel Oil	21.1	kgC/GJ	1	77,400	kgCO2/TJ	-2.5%	+1.8%	3.24E-04	Kg CO2/Kcal	9600	Kcal/L	註 1	3.111	KgCO2/L	-2.5%	+1.8%	
	液化石油氣 (LPG)	Liquefied Petroleum Gases	17.2	kgC/GJ	1	63,100	kgCO2/TJ	-2.4%	+4.0%	2.64E-04	Kg CO2/Kcal	6635	Kcal/L	註 1	1.753	KgCO2/L	-2.4%	+4.0%	
	石油腦	Naphtha	20.0	kgC/GJ	1	73,300	kgCO2/TJ	-5.5%	+4.1%	3.07E-04	Kg CO2/Kcal	7800	Kcal/L	註 1	2.394	KgCO2/L	-5.5%	+4.1%	
	柏油	Bitumen	22.0	kgC/GJ	1	80,700	kgCO2/TJ	-9.5%	+11.4%	3.38E-04	Kg CO2/Kcal	10000	Kcal/L	註 1	3.379	KgCO2/L	-9.5%	+11.4%	
潤滑油	Lubricants	20.0	kgC/GJ	1	73,300	kgCO2/TJ	-1.9%	+2.6%	3.07E-04	Kg CO2/Kcal	9600	Kcal/L	註 1	2.946	KgCO2/L	-1.9%	+2.6%		

	其他油品	Other Petroleum Products	20.0	kgC/GJ	1	73,300	kgCO2/TJ	-1.5%	+1.5%	3.07E-04	Kg CO2/Kcal	9000	Kcal/L	註 1	2.762	KgCO2/L	-1.5%	+1.5%	
燃 料 氣	乙烷	Ethane	16.8	kgC/GJ	1	61,600	kgCO2/TJ	-8.3%	+11.4%	2.58E-04	Kg CO2/Kcal	11082	Kcal/L	註 2	2.858	KgCO2/L	-8.3%	+11.4%	
	天然氣	Natural Gas	15.3	kgC/GJ	1	56,100	kgCO2/TJ	-3.2%	+3.9%	2.35E-04	Kg CO2/Kcal	8000	Kcal/M ³	註 1	1.879	KgCO2/M ³	-3.2%	+3.9%	9906 更 新熱值
	煉油氣	Refinery Gas	15.7	kgC/GJ	1	57,600	kgCO2/TJ	-16.3%	+19.8%	2.41E-04	Kg CO2/Kcal	9000	Kcal/M ³	註 1	2.170	KgCO2/M ³	-16.3%	+19.8%	
	焦爐氣	Coke Oven Gas	12.1	kgC/GJ	1	44,400	kgCO2/TJ	-16.0%	+21.8%	1.86E-04	Kg CO2/Kcal	4200	Kcal/M ³	註 1	0.781	KgCO2/M ³	-16.0%	+21.8%	
	高爐氣	Blast Furnace Gas	70.8	kgC/GJ	1	260,000	kgCO2/TJ	-15.8%	+18.5%	1.09E-03	Kg CO2/Kcal	777	Kcal/M ³	註 1	0.846	KgCO2/M ³	-15.8%	+18.5%	
其 他 燃 料	一般廢棄物	Municipal Wastes	25.0	kgC/GJ	1	91,700	kgCO2/TJ	-20.1%	+32.0%	3.84E-04	Kg CO2/Kcal	2098	kcal/kg	註 3	0.805	KgCO2/Kg	-20.1%	+32.0%	
	事業廢棄物	Industrial Wastes	39.0	kgC/GJ	1	143,000	kgCO2/TJ	-23.1%	+28.0%	5.99E-04	Kg CO2/Kcal	-	-	-	-	-	-	-	
生 質 燃 料	其他非化石燃料	Municipal Wastes (Biomass fraction)	27.3	kgC/GJ	1	100,000	kgCO2/TJ	-15.4%	+16.9%	4.19E-04	Kg CO2/Kcal	-	-	-	-	-	-	-	
	木頭一固態	Wood/Wood Waste	30.5	kgC/GJ	1	112,000	kgCO2/TJ	-15.2%	+17.9%	4.69E-04	Kg CO2/Kcal	-	-	-	-	-	-	-	
	黑液	Sulphite lyes (Black liquor)	26.0	kgC/GJ	1	95,300	kgCO2/TJ	-15.3%	+15.4%	3.99E-04	Kg CO2/Kcal	-	-	-	-	-	-	-	
	木炭	Charcoal	27.3	kgC/GJ	1	112,000	kgCO2/TJ	-15.3%	+17.0%	4.69E-04	Kg CO2/Kcal	-	-	-	-	-	-	-	
	其他固體生質燃料	Other Primary Solid Biomass	30.5	kgC/GJ	1	100,000	kgCO2/TJ	-15.2%	+17.9%	4.19E-04	Kg CO2/Kcal	-	-	-	-	-	-	-	
	生質汽油	Biogasoline	19.3	kgC/GJ	1	70,800	kgCO2/TJ	-15.5%	+19.1%	2.96E-04	Kg CO2/Kcal	-	-	-	-	-	-	-	
	生質柴油	Biodiesels	19.3	kgC/GJ	1	70,800	kgCO2/TJ	-15.5%	+19.1%	2.96E-04	Kg CO2/Kcal	-	-	-	-	-	-	-	

移 動 源	燃 料	其他液態生質燃料	Other Bliquid Biofuels	21.7	kgC/GJ	1	79,600	kgCO2/TJ	-15.7%	+19.7%	3.33E-04	Kg CO2/Kcal	-	-	-	-	-	-	-
		掩埋場沼氣	Landfill Gas	14.9	kgC/GJ	1	54,600	kgCO2/TJ	-15.4%	+20.9%	2.29E-04	Kg CO2/Kcal	-	-	-	-	-	-	-
		污泥沼氣	Sludge Gas	14.9	kgC/GJ	1	54,600	kgCO2/TJ	-15.4%	+20.9%	2.29E-04	Kg CO2/Kcal	-	-	-	-	-	-	-
		其他氣態生質燃料	Other Biogas	14.9	kgC/GJ	1	54,600	kgCO2/TJ	-15.4%	+20.9%	2.29E-04	Kg CO2/Kcal	-	-	-	-	-	-	-
	油	航空汽油	Aviation Gasoline (Jet Gasoline)	19.1	kgC/GJ	1	70,000	kgCO2/TJ	-3.6%	+4.3%	2.93E-04	Kg CO2/Kcal	7500	Kcal/L	註 1	2.198	KgCO2/L	-3.6%	+4.3%
		航空燃油	Jet Kerosene	19.5	kgC/GJ	1	71,500	kgCO2/TJ	-2.5%	+4.1%	2.99E-04	Kg CO2/Kcal	8000	Kcal/L	註 1	2.395	KgCO2/L	-2.5%	+4.1%
		車用汽油	Motor Gasoline	18.9	kgC/GJ	1	69,300	kgCO2/TJ	-2.6%	+5.3%	2.90E-04	Kg CO2/Kcal	7800	Kcal/L	註 1	2.263	KgCO2/L	-2.6%	+5.3%
		柴油	Gas/Diesel Oil	20.2	kgC/GJ	1	74,100	kgCO2/TJ	-2.0%	+0.9%	3.10E-04	Kg CO2/Kcal	8400	Kcal/L	註 1	2.606	KgCO2/L	-2.0%	+0.9%
		煤油	Kerosene	19.6	kgC/GJ	1	71,900	kgCO2/TJ	-1.5%	+2.5%	3.01E-04	Kg CO2/Kcal	8500	Kcal/L	註 1	2.559	KgCO2/L	-1.5%	+2.5%
		潤滑油	Lubricants	20.0	kgC/GJ	1	73,300	kgCO2/TJ	-1.9%	+2.6%	3.07E-04	Kg CO2/Kcal	9600	Kcal/L	註 1	2.946	KgCO2/L	-1.9%	+2.6%
液化石油氣 (LPG)		Liquefied Petroleum Gases	17.2	kgC/GJ	1	63,100	kgCO2/TJ	-2.4%	+4.0%	2.64E-04	Kg CO2/Kcal	6635	Kcal/L	註 1	1.753	KgCO2/L	-2.4%	+4.0%	
液化天然氣 (LNG)	Liquefied Natural Gas	-	-	-	56,100	kgCO2/TJ	-3.2%	+3.9%	2.35E-04	Kg CO2/Kcal	9000	Kcal/M ³	註 1	2.114	KgCO2/M ³	-3.2%	+3.9%	9906 更新熱值	

註：1.我國燃料熱值係採用 2010 年經濟部能源局出版之更新能源統計手冊內的能源產品單位熱值表。

2.該類燃料無我國熱值時，採用 IPCC 2006 年出版資料。

3.一般廢棄物熱值係採用行政院環保署公佈之我國 2009 年我國垃圾之發熱量。

表 4.5 電網排放係數表

【資料來源：行政院環保署】

外購電力排放係數		預設排放係數					
係數選用	原燃物料 名稱	CO ₂ 排放係 數	CH ₄ 排放係 數	N ₂ O 排放 係數	CO ₂ e 排放 係數	單位	來源
94 年預設係數	電力	—	—	—	0.632	公斤/度	能源局
95 年預設係數	電力	—	—	—	0.638	公斤/度	能源局
96 年預設係數	電力	—	—	—	0.637	公斤/度	能源局
97 年預設係數	電力	—	—	—	0.636	公斤/度	能源局
98 年預設係數	電力				0.623	公斤/度	能源局
自訂係數	電力					公斤/度	

4-2-4 最終排放減量估算

考慮到基線排放、計畫排放及漏損三大因素，AMS I.C.規範中把排放減量公式寫成以下形式：

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y$$

其中

ER_y ：在第 y 年的排放減量 (tCO₂e/year)

BE_y ：在第 y 年的基線排放量 (tCO₂e/year)，等於 $BE_{\text{thermal, CO}_2, y}$

PE_y ：在第 y 年的計畫排放量 (tCO₂e/year)，等於 $PE_{\text{CO}_2, \text{EC}, y}$

LE_y ：在第 y 年的漏損量 (tCO₂e/year)，等於 $LE_{\text{CO}_2, \text{Transport}, y}$

基於上面的考慮，本計畫依情境之最終減量公式則為：

情境一最終減量

$$\begin{aligned} ER_{y, S1} &= BE_{\text{thermal, CO}_2, y} - PE_{\text{CO}_2, \text{EC}, y} - LE_{\text{CO}_2, \text{Transport}, y, S1} \\ &= 16,335.02 - 394.73 - 0 = 15,940.29 \text{ tCO}_2\text{e/year} \end{aligned}$$

預估情境一之最終減量結果約為 15,940.29 (tCO₂e/year)。

情境二最終減量

$$\begin{aligned} ER_{y, S2} &= BE_{\text{thermal, CO}_2, y} - PE_{\text{CO}_2, \text{EC}, y} - LE_{\text{CO}_2, \text{Transport}, y, S2} \\ &= 16,335.02 - 394.73 - 83.55 = 15,856.74 \text{ tCO}_2\text{e/year} \end{aligned}$$

預估情境二之最終減量結果約為 15,856.74 (tCO₂e/year)。

情境三最終減量

$$\begin{aligned} ER_{y, S3} &= BE_{\text{thermal, CO}_2, y} - PE_{\text{CO}_2, \text{EC}, y} - LE_{\text{CO}_2, \text{Transport}, y, S3} \\ &= 16,335.02 - 394.73 - 233.44 = 15,706.85 \text{ tCO}_2\text{e/year} \end{aligned}$$

預估情境三之最終減量結果約為 15,706.85 (tCO₂e/year)。

由上述結果可得知，三情境於相較之下，以情境一之減碳效果最好，減排量為每年 15,940.29 tCO₂；相較於另外兩情境，其減排量每年最多僅相差 240 tCO₂，故三情境對於減排之效果差異不大。

4-3 經濟分析

本論文研究之經濟分析，主要係探討重油價格與碳收益對於投資之影響。主要之成本考量大約可分為建構成本以及營運成本，其中鍋爐建構成本依照鍋爐設計公司之報價，兩具 15 噸之稻殼鍋爐價格約為 600,000 美元；而營運成本則依照情境之不同而有所差異。本章節所分析之經濟項目主要為不同情境之營運成本開銷、節省重油成本以及碳權收益三大部分。

4-3-1 營運成本

營運成本部分為固定開銷，因此於不同情境下，僅有運輸費用有所差異，因此，除了運輸成本以外，其他之營運成本皆為固定。本研究之每年營運成本大約可以分為下列幾項：

- 運輸成本
- 稻殼成本(含壓縮)
- 人事開銷
- 設備維修與保養費用
- 稻殼殘渣處理費用
- 電費增加費用

a. 運輸成本

在營運成本開銷項目中，成本比例花費最重的為運輸成本。本研究之運輸成本主要分為海運與陸運兩項，海運主要係由中國與越南之港口經船舶運輸至台灣的港口，而陸運部分主要計算於產地運送至港口之距離以及由港口運送至工廠距離。費用之界定主要依照國內多家國際物流公司之報價整理後獲得之保守金額，一般而言，每 40 呎之海運貨櫃最高負載重量為 26.7 噸；大型拖車最高負載重量約為 21 噸，經整理計算後可得知三種情境之運輸成本分別如下：

情境一之運輸成本

選自台灣之稻殼相較於國外進口之情境，主要以海運運費及報關費為運輸成本上之差異，因無進口之成本費用，故於海運與報關費用均為零元，而由雲林縣稻殼廠運送至食品加工廠，其距離保守估計為 20 KM，因此，情境一之運輸成本約為 1.47 美元/噸。

情境二之運輸成本

從中國進口稻殼其海運距離約為 388 KM，加上報關處理等費用，海運部分之成本為 43.98 美元/噸；而陸運總距離為 157 KM，陸運成本為 7.91 美元/噸，合計情境二之運輸成本約為 51.89 美元/噸。

情境三之運輸成本

從越南進口稻殼其海運距離約為 1,949 KM，加上報關處理等費用，海運部分之成本為 56.31 美元/噸；而陸運總距離為 220 KM，

陸運成本為 10.26 美元/噸，合計情境二之運輸成本約為 66.57 美元/噸。

b. 稻殼成本

稻殼成本包含了稻殼前曬與壓縮，成本大約為 85 美元/噸。於此項成本，三情境皆為相同。

c. 人事成本

人事開銷部三情境皆為設定三位工作人員負責稻殼鍋爐相關事宜，以每月工作二十二天，每天工作八小時，每小時時薪兩百元計算，則每人每月可獲得之薪資為新台幣 35,200 元。總計稻殼鍋爐人事開銷為 3,692.3 美元/月。

d. 設備維修與保養成本

稻殼鍋爐維修與保養開銷，則依照鍋爐建造公司之報價，兩具 15 t/hr 之稻殼鍋爐，其年維修保養成本約為新台幣 40,000 元；換算為月維修保養開銷為 1,025.64 美元/月。

e. 稻殼灰費渣處理

根據文獻指出，稻殼燃燒後所產生之灰渣約佔稻殼重量的 20%【Matsumura et al., 2005】，因此，於本研究中，每月進口之稻殼量為 690 噸，經鍋爐燃燒後產生之稻殼灰量約為 138,000 公斤。目前稻殼灰渣處理單價為 0.055 美元/公斤，估計稻殼灰渣處理成本約為 7,590 美元/月。依照目前稻殼灰渣之用途廣泛性來看，未來可將其作為混凝土材料、保溫保冷材料、建材等用途。因此，日後希冀將此項之處理成本克服，並將此項開銷轉為收益。

f. 稻殼鍋爐增加之電費

預計採用之稻殼鍋爐其用電功率為每組 120 KW，合計 240 KW，每月稻殼鍋爐運作時間為 22 天，每日工作 10 小時，總計稻殼鍋爐每月所耗費之電力為 52,800 KWh。依目前電價 2.9 新台幣/KWh 計算，稻殼鍋爐新增之電費開銷為 4,711.39 美元/月。

總計上述各項營運成本開銷得知(如表 4.6)，本研究欲進口稻殼燃料取代重油燃料之營運成本，依照各情境不同分別為：

情境一之營運成本：908,881 美元/年

情境二之營運成本：1,326,382 美元/年

情境三之營運成本：1,447,939 美元/年

表 4.6 三情境案例之營運成本資金表

	情境一	情境二	情境三	單位
稻殼成本	58,650	58,650	58,650	美元/月
運輸成本	1,010.99	35,802.64	45,932.41	美元/月
人事成本	3,692.31	3,692.31	3,692.31	美元/月
維修成本	85.47	85.47	85.47	美元/月
廢渣處理	7,590	7,590	7,590	美元/月
電費增加	4,711.38	4,711.38	4,711.38	美元/月
月小計	75,740.15	110,531.80	120,661.57	美元/月
年總計	908,881.82	1,326,381.66	1,447,938.89	美元/年

4-3-2 重油節省收益

重油節省收益主要以稻殼鍋爐作為取代重油鍋爐後，其每月本來所需之重油油耗開銷成本，於設置稻殼鍋爐與使用稻殼燃料後，因為稻殼燃料的取代所節省的費用，因此於此項目中，三情境之重油節省收益均相同。

依照 2011 年 01 月份中油油品價目表顯示，低硫鍋爐油(0.5%)油價為 19,555 新台幣/公秉。以本論文研究情境而言，該食品加工廠於設置稻殼鍋爐使用稻殼燃料之前，每個月之重油鍋爐耗油量約為 250 噸/月，再以現今油價 19,555 新台幣/公秉來計算，故三情境每個年所節省之重油開銷均約為 1,805,077 美元/年。依照目前油價持續上漲之趨勢看來，由重油燃料開銷所節省之金額與稻殼燃料之開銷相比，於經濟考量上，節省之金額極為龐大。

4-3-3 碳權收益

碳權收益的部分主要為經由方法學分析與考量後，由方法學所公告之計算公式所以算出每年二氧化碳減排量，置於碳交易所之平台上供應國內外單位購買抵換之。依照國際碳市場價格顯示，目前自願性碳標準(Voluntary Carbon Standard, VCS)平均每噸二氧化碳單價為 8 美元/噸。於本論文研究中，三情境因交通運輸距離之不同，因此其每月所減少之二氧化碳排亦為不同。

情境一之減排量為 15,940.29 tCO₂/年，因此每年碳收益為 127,522.32 美元/年；情境二之減排量為 15,856.74 tCO₂/年，因此每年碳收益為 126,853.89 美元/年；情境三之減排量為 15,706.85 tCO₂/年，

因此每年碳收益為 125,654.79 美元/年。相較於現今持續上漲之油價，以本論文而言，碳收益對於本研究之經濟影響有限。

4-3-4 總經濟效益

本論文研究之年經濟效益，主要係將每年之重油節省成本加上年碳權收益再扣除年營運成本而得到。依照各情境的不同，計算後可得到含碳權及不含碳權之年經濟效益，其主要細項效益列於表 4.7。

含碳權之年經濟效益為：

情境一：每年獲利 1,023,717.43 美元

情境二：每年獲利 605,549.16 美元

情境三：每年獲利 482,792.83 美元

不含碳權之年經濟效益為：

情境一：每年獲利 896,195.11 美元

情境二：每年獲利 478,695.27 美元

情境三：每年獲利 357,138.04 美元

進一步將三種不同情境進行內部投資報酬率(Internal rate of return, IRR)分析與回收年限分析(表 4.8 所示)，可得下列結果：

情境一

不含碳收益獲利為 896,195 美元/年，IRR 為 149.37%，設備回收年限為 0.67 年；含碳收益之獲利則提高為 1,023,717 美元/年，IRR 為 170.62%，設備回收年限為 0.59 年，其主要細項於表 4.9 所列。

情境二

不含碳收益獲利為 478,695 美元/年，IRR 為 79.78%，設備回收年限為 1.25 年；含碳收益之獲利則提高為 605,549 美元/年，IRR 為 100.92%，設備回收年限為 0.99 年，其主要細項於表 4.10 所列。

情境三

不含碳收益獲利為 357,138 美元/年，IRR 為 59.52%，設備回收年限為 1.68 年；含碳收益之獲利則提高為 483,91 美元/年，IRR 為 80.66%，設備回收年限為 1.24 年，其主要細項於表 4.11 所列。

整體而言，以目前高居不下之油價看來，三種情境下，無論是否含有碳權收益，對本研究之經濟效益皆非常高；其中又以情境一選用我國稻殼之獲利、回收年限與 IRR 最為良好，主要係因為交通運輸而降低成本及提升減碳成效之緣故，但若於日後我國再生能源產能比例提升稻殼需求量增加時，國內稻殼用罄，勢必得考量進口。

表 4.7 三情境案例之總經濟效益資金表

	情境一	情境二	情境三	
營運成本	908,881.82	1,326,381.66	1,447,938.89	美元/年
重油節省	1,805,076.92	1,805,076.92	1,805,076.92	美元/年
碳權收益	127,522.32	126,853.89	125,654.79	美元/年
總經濟效益(含碳)	1,023,717.43	605,549.16	482,792.83	美元/年
總經濟效益(不含碳)	896,195.11	478,695.27	357,138.04	美元/年

表 4.8 三情境之獲利、IRR 與回收年限表

	情境一	情境二	情境三
不含碳之獲利(美金)	896,195.11	478,695.27	357,138.04
含碳之獲利(美金)	1,023,717.43	605,549.16	482,792.83
不含碳之 IRR	149.37%	79.78%	59.52%
含碳之 IRR	170.62%	100.92%	80.46%
不含碳之回收年限(年)	0.67	1.25	1.68
含碳之回收年限(年)	0.59	0.99	1.24

表 4.9 情境一之內部投資報酬率分析表

成本 (單位:萬美元)	年																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
稻殼鍋爐成本	60																					
稻殼加運費成本		90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9
重油節省成本		180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5
碳權收益		12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
無碳權收益	-60	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6
含碳權收益	-60	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4	102.4
無碳權 IRR	149.37%																					
含碳權 IRR	170.62%																					

表 4.10 情境二之內部投資報酬率分析表

成本 (單位:萬美元)	年																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
稻殼鍋爐成本	60																				
稻殼加運費成本		132.6	132.6	132.6	132.6	132.6	132.6	132.6	132.6	132.6	132.6	132.6	132.6	132.6	132.6	132.6	132.6	132.6	132.6	132.6	132.6
重油節省成本		180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5
碳權收益		12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7
無碳權收益	-60	47.9	47.9	47.9	47.9	47.9	47.9	47.9	47.9	47.9	47.9	47.9	47.9	47.9	47.9	47.9	47.9	47.9	47.9	47.9	47.9
含碳權收益	-60	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6	60.6
無碳權 IRR	79.78%																				
含碳權 IRR	100.92%																				

表 4.11 情境三之內部投資報酬率分析表

成本 (單位:萬美元)	年																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
稻殼鍋爐成本	60																					
稻殼加運費成本		144.8	144.8	144.8	144.8	144.8	144.8	144.8	144.8	144.8	144.8	144.8	144.8	144.8	144.8	144.8	144.8	144.8	144.8	144.8	144.8	144.8
重油節省成本		180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5	180.5
碳權收益		12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7
無碳權收益	-60	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7
含碳權收益	-60	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4	48.4
無碳權 IRR	59.52%																					
含碳權 IRR	80.66%																					

4-4 敏感性分析(Sensitivity analysis)

以現今各項價格成本而言，本研究論文之主要經濟影響為重油油價。依照近五年內中油公告油品價目之最低油價為 361 美元/公秉，中油 2011 年 01 月份重油油價為 601.7 美元/公秉，因此本研究將探討油價位於 361-600 美元公秉時，稻殼與碳權單價敏感性分析。

4-4-1 情境一敏感性分析

a. 稻殼與重油單價

於每公噸 8 美元之碳收益情況下，若稻殼單價變化為每公噸 51-119 美元之間，與重油單價位於每公秉 361-601.7 美元之間時，其 IRR 值最高為 217%，最低為負值。重油單價每公秉若低於 361 美元，而稻殼單價每公噸高於 119 美元時，IRR 值將低於 0%，投資可能虧損(表 4.12)；反之，不含碳權收益之情況下，其 IRR 值最高為 196%，最低亦為負值，因此重油單價若低於每公秉 361 美元，稻殼單價高於每公噸 102 美元時，IRR 值將小於 0%，投資可能虧損(表 4.13)。

表 4.12 含碳收益之稻殼與重油價格敏感性分析(情境一)

稻殼價格 (美元/公噸)	重油價格(美元/公秉)				
	601.7	541.5	481.4	421.2	361.0
119	123.70%	93.61%	63.53%	33.34%	-3.52%
102	147.16%	117.07%	86.99%	56.90%	26.58%
85	170.62%	140.53%	110.45%	80.37%	50.27%
68	194.08%	163.99%	133.91%	103.83%	73.74%
51	217.54%	187.45%	157.37%	127.29%	97.20%

表 4.13 不含碳收益之稻殼與重油價格敏感性分析(情境一)

稻殼價格 (美元/公噸)	重油價格(美元/公秉)				
	601.7	541.5	481.4	421.2	361.0
119	102.45%	72.36%	42.24%	10.55%	<0%
102	125.91%	95.82%	65.73%	35.57%	1.05%
85	149.37%	119.28%	89.20%	59.11%	28.84%
68	172.83%	142.74%	112.66%	82.57%	52.48%
51	196.29%	166.20%	136.12%	106.03%	75.95%

b. 碳權與重油單價

若稻殼單價為每公噸 85 美元，重油單價位於每公秉 361-601.7 美元之間時，與碳權單價為每公噸 0-11.2 美元之間時，其 IRR 值皆高於 28.84%(表 4.14)。因此，若於此情況下，無論碳權收益與否，只要重油單價高於每公秉 361 美元，亦具有經濟效益。在無碳權收益情況下，即為考量不含碳權收益之稻殼單價與重油單價變化影響，如上段所述之。

表 4.14 碳權與重油價格敏感性分析(情境一)

碳權價格 (美元/公噸)	重油價格(美元/公秉)				
	601.7	541.5	481.4	421.2	361.0
4.8	162.12%	132.03%	101.95%	71.86%	41.74%
6.4	166.37%	136.28%	106.20%	76.11%	46.01%
8	170.62%	140.53%	110.45%	80.37%	50.27%
9.6	174.87%	144.79%	114.70%	84.62%	54.52%
11.2	179.12%	149.04%	118.95%	88.87%	58.78%

c. 碳權與稻殼單價

表 4.15 與表 4.16 是在情境一的條件下，當不同重油單價時，碳權與稻殼價格敏感性分析。若重油單價為每公噸 601 美元，稻殼單價變化為每公噸 51-119 美元之間，與碳權單價為每公噸 0-11.2 美元之間時，其 IRR 值皆高於 115.2%；若重油單價為每公噸 361 美元時，碳權單價若低於每公噸 8 美元，而稻殼單價高於每公噸 119 美元時，IRR 值將小於 0%。

表 4.15 碳權與稻殼價格敏感性分析(情境一)

重油單價 601 美元/公噸時

碳權價格 (美元/公噸)	稻殼價格(美元/公噸)				
	119	102	85	68	51
4.8	115.20%	138.66%	162.12%	185.58%	209.04%
6.4	119.45%	142.91%	166.37%	189.83%	213.29%
8	123.70%	147.16%	170.62%	194.08%	217.54%
9.6	127.95%	151.41%	174.87%	198.33%	221.79%
11.2	132.20%	155.66%	179.12%	202.58%	226.04%

表 4.16 碳權與稻殼價格敏感性分析(情境一)

重油單價 361 美元/公噸時

稻殼價格 (美元/公噸)	稻殼價格(美元/公噸)				
	119	102	85	68	51
4.8	<0%	17.60%	41.73%	65.23%	88.69%
6.4	<0%	22.15%	46.00%	69.48%	92.94%
8	<0%	26.57%	50.26%	73.73%	97.19%
9.6	4.37%	30.92%	54.52%	77.98%	101.44%
11.2	10.14%	35.23%	58.77%	82.23%	105.69%

4-4-2 情境二敏感性分析

a. 稻殼與重油單價

於每公噸 8 美元之碳收益情況下，若稻殼單價變化為每公噸 51-119 美元之間，與重油單價位於每公秉 361-601.7 美元之間時，其 IRR 值最高為 127.84%，最低為負值。重油單價每公秉若低於 481.35 美元，而稻殼單價每公噸高於 111 美元時，IRR 值將小於 0%，投資可能虧損(表 4.17)；反之，不含碳權收益之情況下，其 IRR 值最高為 126.7%，最低亦為負值，因此重油單價若低於每公秉 481.35 美元，稻殼單價高於每公噸 102 美元時，IRR 值將小於 0%，投資可能虧損(表 4.18)。

表 4.17 含碳收益之稻殼與重油價格敏感性分析(情境二)

稻殼價格 (美元/公噸)	重油價格(美元/公秉)				
	601.7	541.5	481.4	421.2	361.0
119	54.00%	23.57%	<0%	<0%	<0%
102	77.46%	47.36%	16.48%	<0%	<0%
85	100.92%	70.84%	40.71%	8.63%	<0%
68	124.38%	94.30%	64.21%	34.03%	-1.94%
51	147.84%	117.76%	87.68%	57.58%	27.29%

表 4.18 不含碳收益之稻殼與重油價格敏感性分析(情境二)

稻殼價格 (美元/公噸)	重油價格(美元/公秉)				
	601.7	541.5	481.4	421.2	361.0
119	32.75%	<0%	<0%	<0%	<0%
102	56.32%	25.98%	<0%	<0%	<0%
85	79.78%	49.68%	19.01%	<0%	<0%
68	103.24%	73.16%	43.04%	11.52%	<0%
51	126.70%	96.62%	66.53%	36.38%	2.42%

b. 碳權與重油單價

若稻殼單價為每公噸 85 美元，重油單價位於每公秉 361-601.7 美元之間時，與碳權單價為每公噸 4.8-11.2 美元之間時，其 IRR 值最高為 109.38%，最低為負值。因此重油單價每公秉若低於 421.18 美元，而碳權單價每公噸低於 6 美元時，IRR 值將小於 0%，投資可能虧損(表 4.19)。若不考量碳權收益之情況下，即為考量不含碳權收益之稻殼單價與重油單價變化影響，如上段所述之。

表 4.19 碳權與重油價格敏感性分析(情境二)

碳權價格 (美元/公噸)	重油價格(美元/公秉)				
	601.7	541.5	481.4	421.2	361.0
4.8	92.47%	62.38%	32.18%	<0%	<0%
6.4	96.70%	66.61%	36.45%	2.55%	<0%
8	100.92%	70.84%	40.71%	8.63%	<0%
9.6	105.15%	75.07%	44.96%	13.77%	<0%
11.2	109.38%	79.30%	49.20%	18.48%	<0%

c. 碳權與稻殼單價

表 4.20 與表 4.21 是在情境二的條件下，當不同重油單價時，碳權與稻殼價格敏感性分析。若重油單價為每公噸 601 美元，稻殼單價變化為每公噸 51-119 美元之間，與碳權單價為每公噸 0-11.2 美元之間時，其 IRR 值皆高於 37.02%；若重油單價為每公噸 361 美元時，碳權單價若低於每公噸 8 美元，而稻殼單價高於每公噸 68 美元時，IRR 值將小於 0%。

表 4.20 碳權與稻殼價格敏感性分析(情境二)

重油單價 601 美元/公噸時

碳權價格 (美元/公噸)	稻殼價格(美元/公噸)				
	119	102	85	68	51
4.8	37.02%	60.55%	84.01%	107.47%	130.93%
6.4	45.52%	69.01%	92.47%	115.93%	139.39%
8	54.00%	77.46%	100.92%	124.38%	147.84%
9.6	62.46%	85.92%	109.38%	132.84%	156.30%
11.2	70.92%	94.38%	117.84%	141.30%	164.76%

表 4.21 碳權與稻殼價格敏感性分析(情境二)

重油單價 361 美元/公噸時

稻殼價格 (美元/公噸)	稻殼價格(美元/公噸)				
	119	102	85	68	51
4.8	<0%	<0%	<0%	<0%	8.52%
6.4	<0%	<0%	<0%	<0%	18.39%
8	<0%	<0%	<0%	<0%	27.28%
9.6	<0%	<0%	<0%	10.92%	35.88%
11.2	<0%	<0%	<0%	20.45%	44.38%

4-4-3 情境三敏感性分析

a. 稻殼與重油單價

於每公噸 8 美元之碳收益情況下，若稻殼單價變化為每公噸 51-119 美元之間，與重油單價位於每公秉 361-601.7 美元之間時，其 IRR 值最高為 147.84%，最低為負值。重油單價每公秉若低於 481.35 美元，而稻殼單價每公噸高於 96 美元時，IRR 值將小於 0%，投資可能虧損(表 4.22)；反之，不含碳權收益之情況下，其 IRR 值最高為 106.44%，最低亦為負值，因此重油單價若低於每公秉 541.52 美元，稻殼單價高於每公噸 102 美元時，IRR 值將小於 0%，投資可能虧損(表 4.23)。

表 4.22 含碳收益之稻殼與重油價格敏感性分析(情境三)

稻殼價格 (美元/公噸)	重油價格(美元/公秉)				
	601.7	541.5	481.4	421.2	361.0
119	33.64%	<0%	<0%	<0%	<0%
102	57.20%	26.89%	<0%	<0%	<0%
85	65.48%	35.32%	0.59%	<0%	<0%
68	104.13%	74.04%	43.93%	12.57%	<0%
51	127.59%	97.50%	67.41%	37.27%	3.83%

表 4.23 不含碳收益之稻殼與重油價格敏感性分析(情境三)

稻殼價格 (美元/公噸)	重油價格(美元/公秉)				
	601.7	541.5	481.4	421.2	361.0
119	11.06%	<0%	<0%	<0%	<0%
102	35.99%	1.77%	<0%	<0%	<0%
85	59.52%	29.26%	<0%	<0%	<0%
68	82.98%	52.89%	22.41%	<0%	<0%
51	106.44%	76.36%	46.25%	15.24%	<0%

b. 碳權與重油單價

若稻殼單價為每公噸 85 美元，重油單價位於每公秉 361-601.7 美元之間時，與碳權單價為每公噸 4.8-11.2 美元之間時，其 IRR 值最高為 89.12%，最低為負值。因此重油單價每公秉若低於 481.35 美元，而碳權單價每公噸低於 3 美元時，IRR 值將小於 0%，投資可能虧損(表 4.24)。若不考量碳權收益之情況下，即為考量不含碳權收益之稻殼單價與重油單價變化影響，如上段所述之。

表 4.24 碳權與重油價格敏感性分析(情境三)

碳權價格 (美元/公噸)	重油價格(美元/公秉)				
	601.7	541.5	481.4	421.2	361.0
3	67.45%	37.30%	3.88%	<0%	<0%
6.4	76.44%	46.33%	15.33%	<0%	<0%
8	80.66%	50.57%	19.96%	<0%	<0%
9.6	84.89%	54.80%	24.41%	<0%	<0%
11.2	89.12%	59.03%	28.77%	<0%	<0%

c. 碳權與稻殼單價

表 4.25 與表 4.26 是在情境三的條件下，當不同重油單價時，碳權與稻殼價格敏感性分析。若重油單價為每公噸 601 美元，稻殼單價變化為每公噸 51-119 美元之間，與碳權單價為每公噸 0-11.2 美元之間時，其 IRR 值皆高於 11.06%；若重油單價為每公噸 361 美元時，碳權單價若低於每公噸 8 美元，而稻殼單價高於每公噸 51 美元時，IRR 值將小於 0%。

表 4.25 碳權與稻殼價格敏感性分析(情境三)

重油單價 601 美元/公噸時

碳權價格 (美元/公噸)	稻殼價格(美元/公噸)				
	119	102	85	68	51
4.8	11.06%	35.99%	59.52%	82.98%	106.44%
6.4	25.00%	48.73%	72.21%	95.67%	119.13%
8	33.64%	57.20%	80.66%	104.13%	127.59%
9.6	42.17%	65.66%	89.12%	112.58%	136.04%
11.2	50.65%	74.12%	97.58%	121.04%	144.50%

表 4.26 碳權與稻殼價格敏感性分析(情境三)

重油單價 361 美元/公噸時

稻殼價格 (美元/公噸)	稻殼價格(美元/公噸)				
	119	102	85	68	51
4.8	<0%	<0%	<0%	<0%	<0%
6.4	<0%	<0%	<0%	<0%	<0%
8	<0%	<0%	<0%	<0%	3.82%
9.6	<0%	<0%	<0%	<0%	14.68%
11.2	<0%	<0%	<0%	<0%	23.82%

根據上述分析整理得知，可獲得以下欲投資不同情境之概況：

情境一

不含碳權收益，油價須高於每公秉 361 美元，稻穀價格須低於每公噸 102 美元，否則投資將會虧損。

含碳收益，油價須高於每公秉 361 美元，稻穀價格須低於每公噸 51 美元，否則投資將會虧損。

情境二

不含碳權收益，油價須高於每公秉 481.35 美元，稻穀價格須低於每公噸 102 美元，否則投資將會虧損。

含碳權收益，油價須高於每公秉 361 美元，稻穀價格須低於每公噸 68 美元，否則投資將會虧損。

情境三

不含碳權收益，油價須高於每公秉 541.52 美元，稻穀價格須低於每公噸 102 美元，否則投資將會虧損。

含碳權收益，油價須高於每公秉 361 美元，稻穀價格須低於每公噸 51 美元，碳權價格需高於每公噸 8 美元，否則投資將會虧損。

第五章 結論與建議

論文所探討之進口生質廢棄物取代重油燃料評估案例中，選以 CDM 方法學「AMS I.C.: Thermal energy production with or without electricity」做為保守減排量評估，經由方法學評估分析後可獲得本研究案例之三情境之年減排量分別為：

情境一 15,940.29 tCO₂e/year

情境二 15,856.74 tCO₂e/year

情境三 15,706.85 tCO₂e/year

由於所選之稻殼產地皆為鄰近之國家，因此交通對於減碳成效之影響有限，故三情境皆具減排效益。此研究之情境假設為兩具 15t/hr 之稻殼鍋爐燃燒稻殼產能，即能降低該廠每年一萬五千多噸二氧化碳排放，若於日後大力推動生質廢棄物發電，將對於全球之減排量將不容小覷。

針對所擬定之三種不同情境進行內部投資報酬率與回收年限分析，於三種情境下，無論是否含有碳權收益，對本研究之經濟效益皆非常高；其中又以情境一選用我國稻殼之獲利、回收年限與 IRR 最為良好，主要係因為交通運輸而降低成本及提升減碳成效之緣故。

整合減碳與經濟效益之分析結果得知，最佳情境選擇應為情境一，若於日後我國再生能源產能比例提升稻殼需求量增加時，國內稻殼用罄，勢必得考量進口。因此，情境二可視為第二選擇，但礙於政治與其他之因素，目前尚無法與中國有農產品之貿易協定，若干年後尚無法至中國進口稻殼時，亦可選擇情境三至越南取得稻殼燃料。

5-1 總結

本論文研究選以進口生質廢棄物做為重油之替代燃料，不僅降低原本化石燃燒所排放的大量二氧化碳，更是能將原本的「廢棄物」加以利用，減少地球上之廢棄物產量。本研究三情境之最主要二氧化碳排係來自運輸，但經 CDM 方法學分析後，三情境之整體仍具有可觀的減碳效益；三情境皆具有高經濟效益，相較於其他清潔再生能源，如風力發電、水力發電等，生質廢棄物發電之建置成本較為低，更是值得投資推廣。

5-2 建議

目前全球面臨的危機即為能源耗竭、氣候變遷以及全球暖化等問題。在全球過度依賴能源之時，除了要面臨能源不夠用以及能源價格飆漲之外，更需要關切的是氣候變遷等議題，因氣候變遷所帶來的危機、天災等，將對全球人類與環境帶來前所未有的浩劫。氣候變遷與全球暖化的最大因素莫過於過量的溫室氣體排放，而過量的溫室氣體源自大量燃燒石化燃料所致，為了控制全球溫室氣體排放量與解決能源耗竭等危機，替代能源與清潔能源的發展為當務之急。

本研究之情境假設為兩具 15t/hr 之稻殼鍋爐燃燒稻殼產能，即能降低該廠每年一萬五千噸以上二氧化碳排放，並由分析結果得知，此專案具有減排效益，若於日後政府大力推動生質廢棄物發電時，對於全球之減排量將不容小覷。以本研究為例，稻殼鍋爐發電其經濟效益可行性評估主要取決於重油油價狀況，因此，當油價高漲時，為再生能源發展推動之良好時機，政府應該釋出更多誘因，輔導各界發展再生能源，以實踐我國清潔能源發展。

清潔發展機制(CDM)不僅能夠對於已開發國家實踐低成本履行義務，對發展中國家而言，更能協助發達國家利用低成本減排的優勢，從發達國家獲得資金和技術，促進可持續發展；對世界而言，更是在實踐共同減排下減少減排成本。由於台灣再生能源起步較國際晚，而且低價的能源政策使得成本較高的再生能源不易發展，因此，以台灣係開發中國家，若可以藉由清潔發展機制之模式獲得已開發國家碳權的購買或投資，勢必能增加國內再生能源之發展，並且提升國家競爭力與國際接軌。



文獻回顧

AMS I.C. (Version 18) - Thermal energy production with or without electricity.

Banks, F., 2003. An introduction to the economics of natural gas. *OPEC Review* 27, 25-63.

Bergqvist, M. M., Wårdh, K. S., Das, A., Ahlgren, E. O., 2008. A techno-economic assessment of rice husk-based power generation in the Mekong River Delta of Vietnam. *International Journal of Energy Research*, 32, 1136-1150.

Demonstration of Rice Husks-fired Power Plant in An Giang Province- A Pre-Feasibility Study Report, May 2004, *PREGA National Technical Experts from Institute of Energy*, Viet Nam.

Decarolis, J. F., Keith, D. W., 2006. The economics of large-scale wind power in a carbon constrained world. *Energy Policy*. 34, 395-410.

Environmental challenges and solutions, *Wilh. Wilhelmsen Annual Report* , Page 76 -79, 2007

Holly, K., Eric, R. A. N., 2010. Smith Public understanding of and support for wind power in the United States. *Renewable Energy*, 35, 1585-1591.

Gustavsson, L., Börjesson, P., Johansson, B., Sevnningsson, P., 1995. Reducing CO₂ emission by substituting biomass for fossil fuels. *Energy*,

20, 1097-1113.

International Energy Outlook 2010, July 2010, U.S. *Energy Information Administration*.

Key World Energy Statistics, 2011, *International Energy Agency*.

Koopmans, A., 2005. Biomass energy demand and supply for South and South-East Asia-assessing the resource base. *Biomass and Bioenergy*, 28, 133-150.

Kosnik, L., 2010. The potential for small scale hydropower development in the US. *Energy Policy*, 38, 5512-5519.

Matsumura, Y., Minowa, T., Yamamoto, H., 2005. Amount, availability, and potential use of rice straw (agricultural residue) biomass as an energy resource in Japan. *Biomass and Bioenergy*, 29, 347-354.

Pandey, S., Minh, D. van., 1998. A socio-economic analysis of rice production systems in the uplands of northern Vietnam. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 70, 249-258.

Pérez-Díaz, J. I., Wilhelmi, J. R., 2010. Assessment of the economic impact of environmental constraints on short-term hydropower plant operation. *Energy Policy*, 38, 7960-7970.

Pitt, L., van Kooten, G.C., Love, M., Djihali, N., 2005. Utility-Scale Wind Power: Impacts of Increased Penetration. Paper No. IGEC-097 in *Proceedings of the International Green Energy Conference*, 12-16 June, Waterloo, ON.

Renewable energy country attractiveness indices, November 2010, Issue 27

RENEWABLES 2010 Global Status Report , Renewable Energy Policy Network for the 21st Century.

Tock, J. Y., Lai, C. L., Lee, K. T., Tan, K. T., Bhatia, S., 2010. Banana biomass as potential renewable energy resource: A Malaysian case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 798-805.

World Wind Energy Report, 15-17 June 2010, 9TH *World Wind Energy Conference and Exhibition Large-scale Integration of Wind Power*, Istanbul, Turkey.

台灣生質能產業發展現況，由經濟部投資業務處。

能源產業溫室氣體自願性減量計畫技術手冊，2006，經濟部 95 年度能源產業溫室氣體自願性減量協議示範計畫。

稻殼再利用技術，花蓮區農業專訊，61，19-20。

林曉洪、王秀華，2005，再生能源的明日之星-生質能，*Taiwan Forestry Journal*，Vol.31 No.3，29-34。

雷永泉，2004，新能源材料。

郭警誌，2006，台灣再生能源產業科技政策之研究，碩士論文，國立彰化師範大學企業管理學系。

「生質能源」之德國經驗，2010.07，經濟部能源局，能源報導。

行政院 2007 年產業科技策略會議，再生能源科技重要結論，經濟部能源局。

經濟部能源局能源統計手冊，2010。

行政院農業委員會農業統計年報，2009。

經濟部工業局產業低碳科技整合應用輔導計畫－低碳科技項目與規範，已批准的基線與監測方法學 AM0036，以生質廢棄物取代化石燃料在鍋爐產生熱能。

經濟部能源科技研究發展計畫-生質燃料技術開發與推廣計畫，2009，財團法人 工業技術研究院

陳崇憲，2010，邁向低碳家園願景-我國再生能源推動現況與展望，經濟部能源局。

中華民國再生能源發展條例