

學術
論壇

中鋼推動循環經濟之具體做法 與成果

蕭輝煌 | 中國鋼鐵公司 能源環境事務推動辦公室 專業工程師

摘要

一貫化作業鋼廠是資源密集且伴隨產生大量副產物產業，推動「循環經濟」是鋼廠永續發展首要工作；一貫化作業鋼廠亦可藉由製程特性而協助回收再利用外界副產物，達成永續發展目標。

中鋼公司製程副產物皆已資源化利用。將工業廢棄物轉化為各產業之替代原物料，使資源得以循環再利用，不僅降低環境負荷，更可有效解決集團企業事業廢棄物處理之問題，降低成本且較具減量效益。

藉由能資源整合網路，以中鋼為區域能資源整合中心，建立完整產業共生網絡，達成企業社會責任及永續發展，亦創造高額產值，更成為政府解決環境問題之有效方法。

壹、前言

「循環」意指在資源有限的情況下，藉由重新設計材料、產品及商務模式，將資源無限使用；「經濟」是指在建構資源循環體系時，所衍生之研發、製造及服務機會，以及所創造出的附加價值。透過循環經濟革新傳統的生產與消費模式，將使您所認知的廢棄物不再是廢棄物，而是藏潛無限可能的資源！

循環經濟（Circular Economy）是一個可恢復且可再生的產業體系，主要是將經濟活動組成「資源－產品－再生資源」的回饋式流程，相較於線性經濟（Linear Economy）中產品「壽終正寢」的概念，循環經濟講求的是「再生恢復」、使用可再生資源、拒絕使用妨礙再利用、對環境有害之物質，並藉由重新設計材料、產品及商務模式，以消除廢棄物，並使得資源能夠更有效率地被利用。

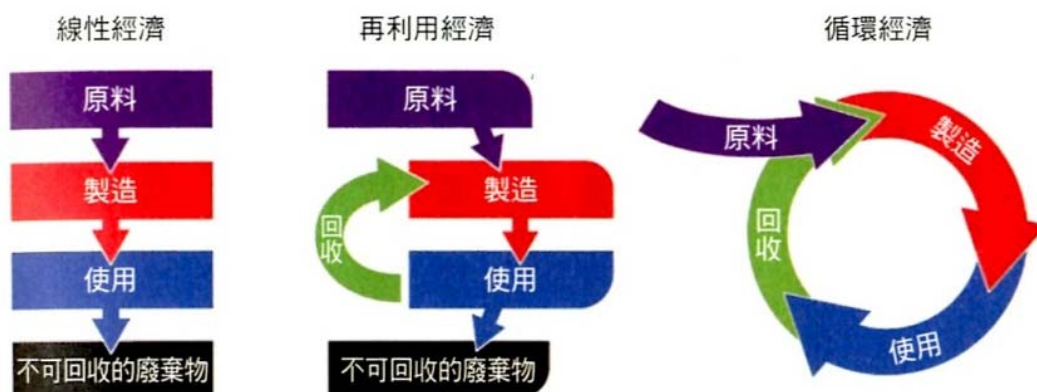


圖 1 荷蘭政府思考線性經濟、再利用經濟、循環經濟的差異

資料來源：荷蘭政府，A Circular Economy in the Netherlands by 2050:Governmentwide Programme for a Circular Economy.

翻譯：資源循環台灣基金會

貳、資源循環利用

一、副產物資源化

中鋼集團本著社會責任，取之於社會必當用之於社會，除自身主要產品外，亦長期致力於資源再生工作。集團旗下子公司中聯資源，將鋼鐵業生產過程所產

生副產物做適當處理及利用，達到資源永續利用的目的。

經過多年的努力，以及與學術界、其他業界的密切合作，中鋼在製程副產物的減量、廠內回收、廠外資源化上成效優異，自 90 年 7 月即已達到「零固化掩埋」的里程碑，主要作法及應用方式列舉如（表 1）：

表 1 中鋼推動資源循環利用主要作法

種類	來源	作法及應用方式
高爐石	高爐將原料熔煉成鐵水時產出的副產物	利用高壓水柱急速將高爐石粒化產生水淬高爐石，加工後產生爐石粉，可作為高爐水泥之原料。
轉爐石	鐵水經過轉爐精煉成鋼液時產出的副產物	經靜置冷卻後，回收殘鋼及部份作為燒結工場原料、高爐助熔劑及盛渣桶墊底料外，其餘作為整地、臨時道路、瀝青混凝土骨材、混凝土助劑。
脫硫石	鐵水經過脫硫處理後的副產物	回收殘鐵後用於整地、臨時道路、土壤改良材料、低強度混凝土及水泥製造原料。
集塵灰	製程除塵系統收集的粉塵（包括煤灰）	各製程產出之集塵灰經收集分類後，除了煤灰與礦泥混拌後作為水泥製造原料以及轉底爐產出的氧化鋅粉直接外售日本提煉鋅金屬之外，其餘全部用為廠內的煉鐵原料。
礦泥	含有礦物粉塵的廢水經過處理、濃縮及脫水後的產物	各製程產出之集塵灰經收集分類後，電鍍鋅線產出的高鋅礦泥直接外售日本提煉鋅金屬，其餘優先在廠內回收做為煉鐵原料，無法回收者則外售水泥廠做為水泥製造原料。
廢耐火材	高溫設施汰換下來的殘餘耐火材料	經分類、破碎及篩選後，回收殘鋼及部份做為煉鋼助熔劑、渣桶保護材外，其餘供應商逆向回收做為耐火材原料。
廢酸洗液	金屬表面處理製程以鹽酸溶蝕鋼材後產出之廢液	經廢酸純化、焙燒等流程，產出再生酸供廠內回收使用，另產出高品級氧化鐵粉外售作為磁性元件材料。

二、參與建構循環型社會，在產業間形成資源化鏈結

中鋼在推動資源循環利用上，為提高資源化比率，除與集團子公司建立資源化鏈結，也與臨海工業區的廠商共同建構產業間資源共享與資源循環利用網絡。目前以中鋼為核心的產業生態網共包含 21 家企業，以傳統產業為主，包括高爐水淬爐石、轉爐石、礦泥、廢油、鋅渣、廢酸、廢耐火材等之資源化鏈結，經由多年的努力，中鋼在製程副產物之減量、回收再利用方面成效卓著。

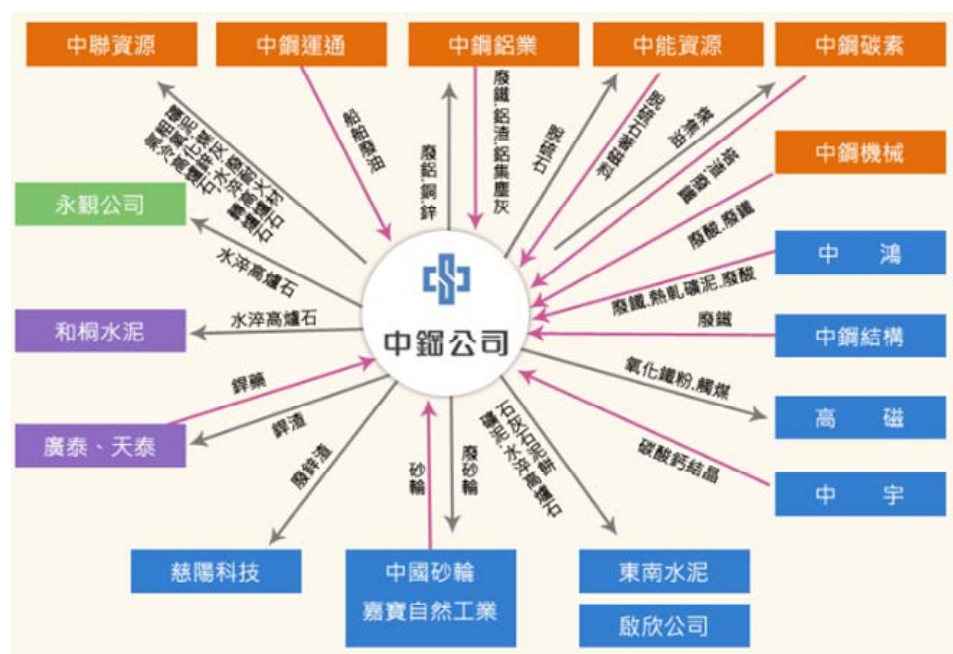


圖2 以中鋼為核心的資源循環利用網絡

(一)爐石資源化鏈結

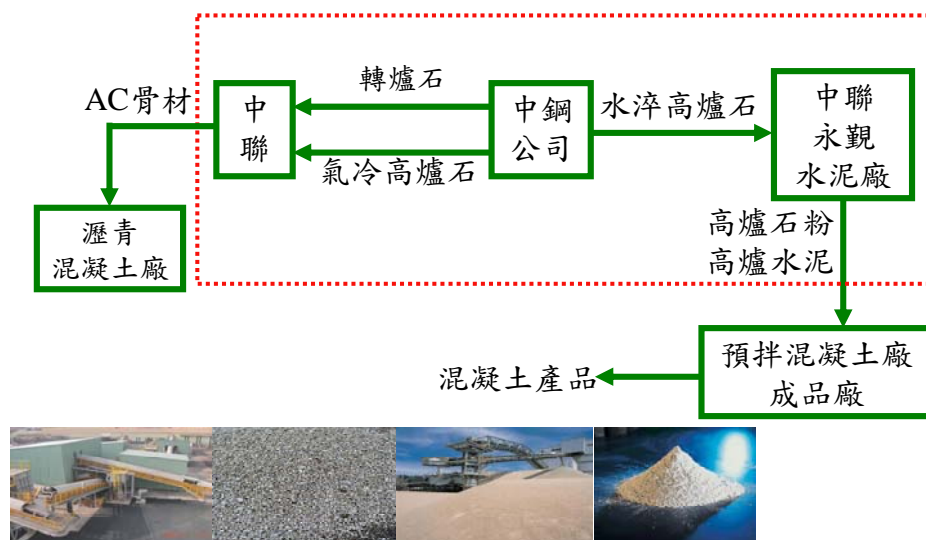


圖3 爐石資源化鏈結

(二) 脫硫石資源化鏈結

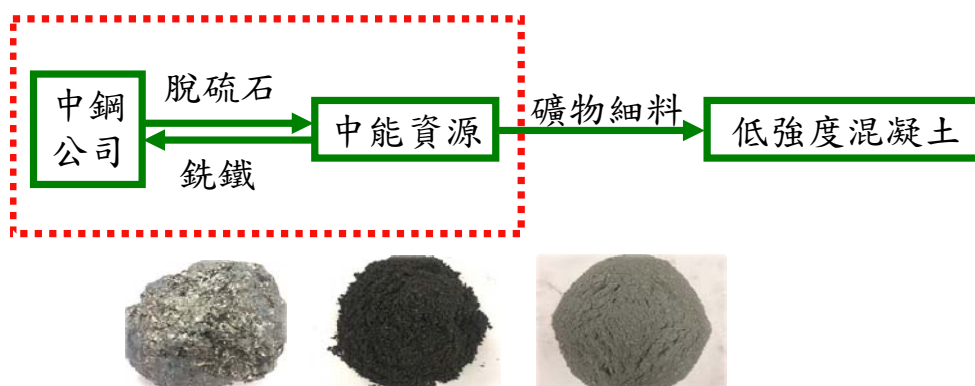


圖4 脫硫石資源化鏈結

(三) 礦泥及煤灰資源化鏈結

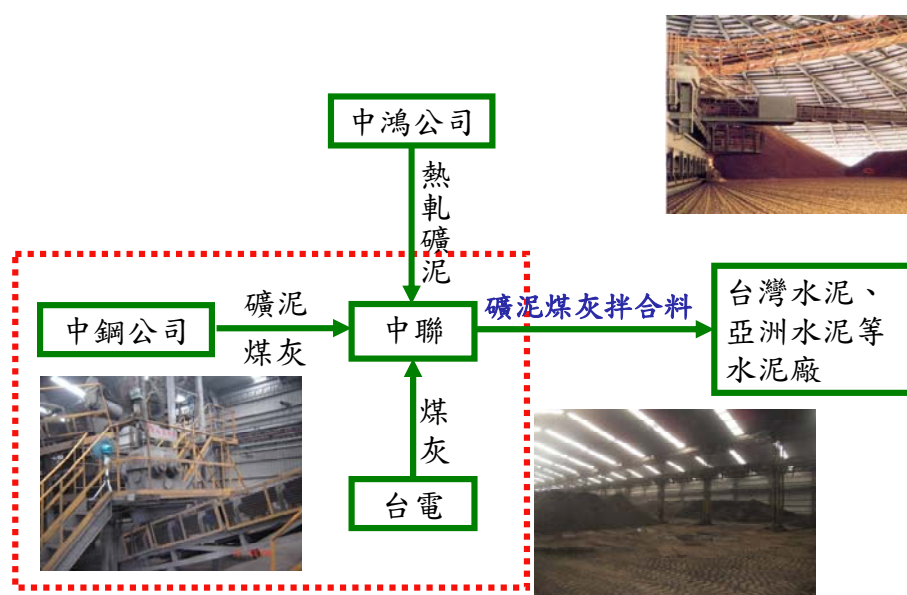


圖5 礦泥及煤灰資源化鏈結

(四)廢溶渣、廢油、淨水軟化碳酸鈣結晶資源化鏈結

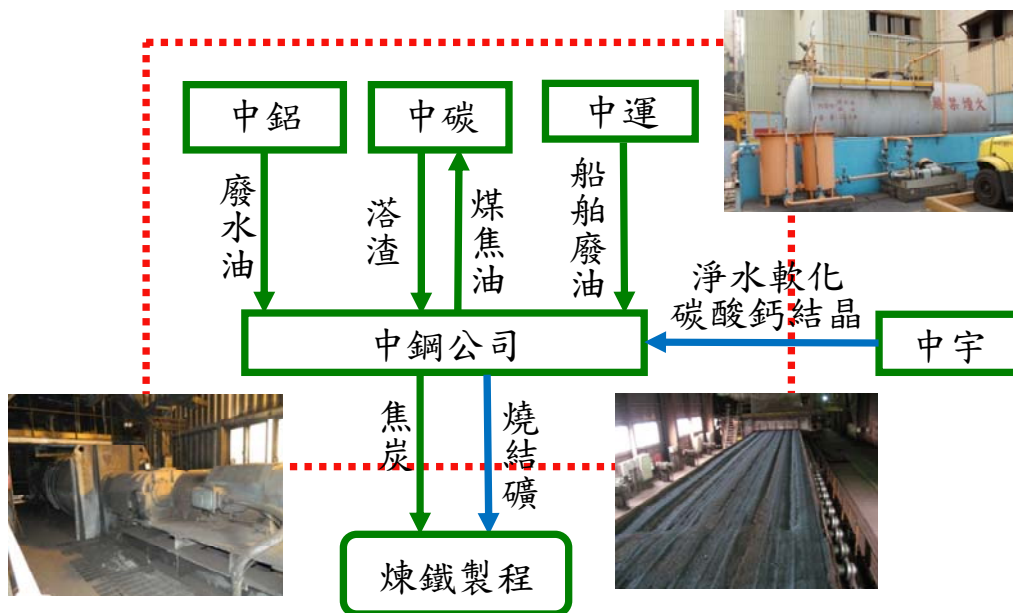


圖6 廢溶渣、廢油、淨水軟化碳酸鈣結晶資源化鏈結

(五)廢金屬（鐵、鋁、銅、鋅…）資源化鏈結

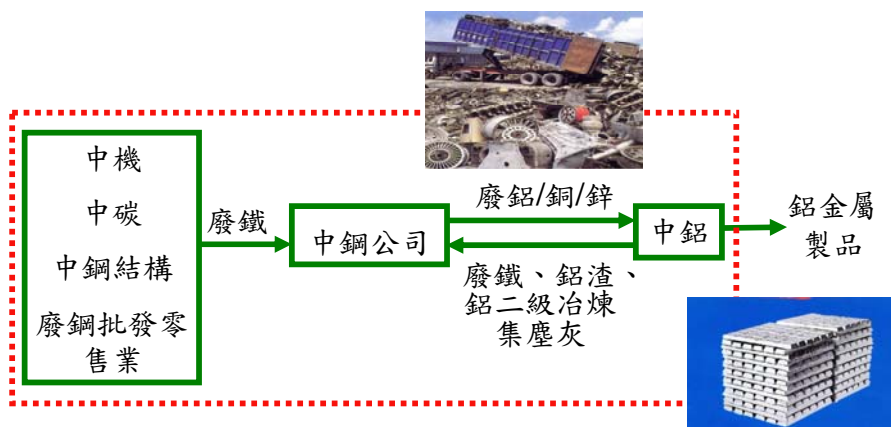


圖7 廢金屬（鐵、鋁、銅、鋅…）資源化鏈結

(六)廢酸及氧化鐵粉資源化鏈結

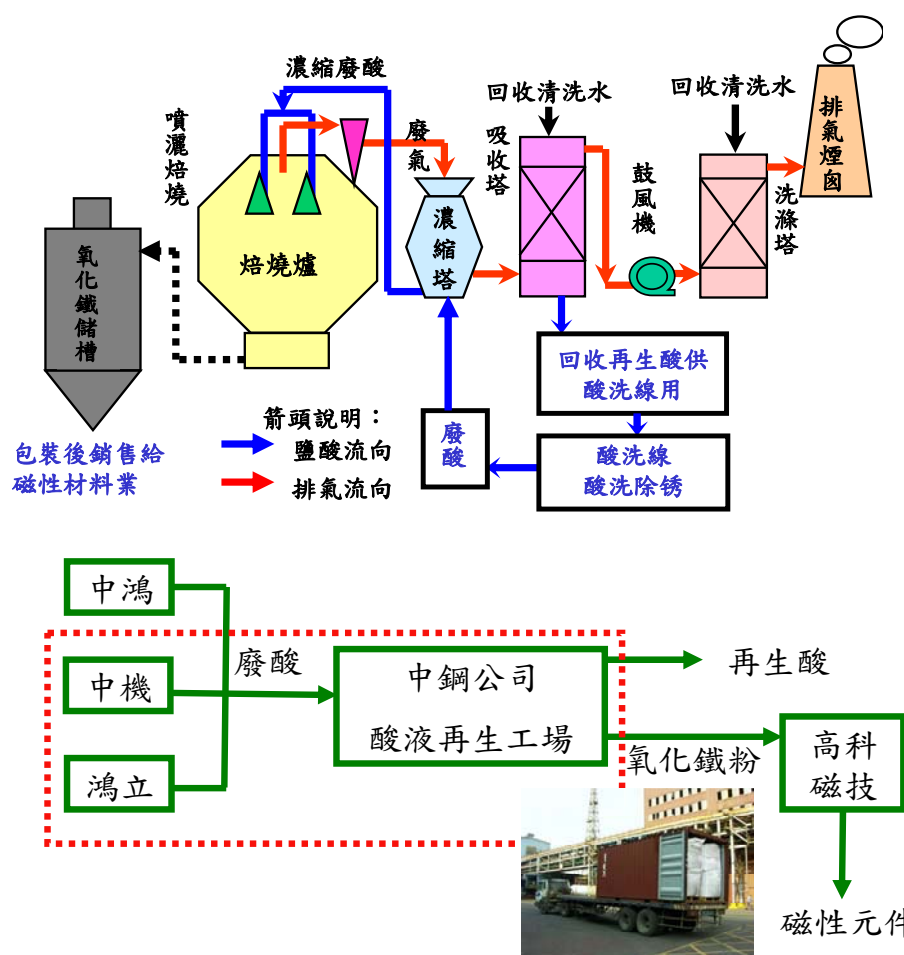


圖8 廢酸及氧化鐵粉資源化鏈結

(七)焊藥、砂輪資源化鏈結

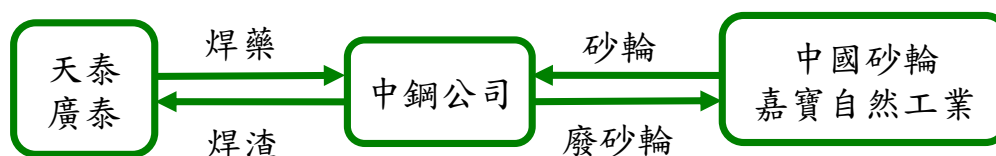


圖9 廢酸及氧化鐵粉資源化鏈結

(八)廢鋅渣、粗氧化鋅資源化鏈結



圖10 廢鋅渣、粗氧化鋅資源化鏈結

三、副產物資源化案例

(一) 轉爐石應用於瀝青混凝土鋪面

中鋼集團自 101 年起提供轉爐石瀝青混凝土粒料給市府單位，目前高雄市政府工務局發包採用轉爐石鋪築瀝青混凝土道路有金福路、擴建路、新生路、擴建路、南星路等。其中南星路採用轉爐石取代天然砂石粒料，鋪築平坦度超越路平之養護標準，媲美高速公路等級，鋪築完工後之照片如下所示。



圖11 高雄市南星路應用轉爐石於瀝青混凝土鋪面

轉爐石應用在瀝青混凝土鋪面上的研究與發展歷程始於民國 92 年，同年進行高雄市南星計畫區的道路試鋪，成效卓越；其後逐年透過國內多所大學與研究機構之研究，包含鋪面學會、中央大學、義守大學、高苑科大、台灣世曦等，以及多條廠內廠外試驗道路之長期成效追蹤與評估，並歷經多年颱風豪雨之考驗，證實轉爐石應用於瀝青混凝土鋪面具有：(1)磨損低、(2)穩定值高、(3)抗滑性佳、(4)抗車轍能力強、(5)抗剝脫能力佳等多項優點，能有效提昇瀝青混凝土路面品質與耐久性。

中鋼集團本著社會責任，取之於社會必當用之於社會，除自身主要產品外，亦長期致力於資源再生工作。集團旗下子公司中聯資源，將鋼鐵業生產過程所產生副產品做適當處理及利用，達到資源永續利用的目的，轉爐石應用於瀝青混凝土鋪面之國家標準規範公告，除更加肯定中聯資源對再生工作的努力，亦有助於轉爐石瀝青混凝土骨材等產品之推廣銷售，提升轉爐石附加價值，為轉爐石資源化途徑開拓歷史新頁。



圖12 轉爐石應用於瀝青混凝土鋪面之優點

(二) 脫硫石資源化

中鋼集團為善盡企業責任，根絕過去委外處理可能遭遇的不可控之負面情事，傷害公司形象，乃於民國 102 年決定於廠外購地，設置完整的脫硫石加工廠，處理集團（中鋼、中龍）每年產出約 46 萬噸之脫硫石，並成立中能公司專責管

理此項業務。工廠自 103 年 3 月 28 日動工，於 104 年 6 月 1 日投產，規劃除考量生產外，亦兼顧環境保護之需求，如堆置場設置防塵網、料場空中噴水設備、出口洗車台等，乾式製程採用全包封輸送機廠房，接續的濕式製程主要生產設備包括：球磨機、磁選機、撈渣機、分級機及脫水機等，生產過程用水完全再循環回收利用。

在符合環保製程之產線處理後，脫硫石鐵及礦物細料可百分之百再回收使用，在能源日益匱乏之今日，達成維護環境及資源回收再利用的雙重目標。中能公司 104 年共處理 242,189 噸脫硫石，105 年共處理 397,599 噸脫硫石。



圖13 中能公司廠區、分級機、球磨機

參、區域能源整合

一、與工業區內鄰近工廠形成能源鏈結網，提高能源使用效率

中鋼位處高雄市臨海工業區內，生產製程伴隨產出之副產能源甚多，可利用汽電共生系統及廢熱回收等產製蒸汽，以及氧氣工場產出之各項工業氣體等，與工業區內鄰近工廠互通多餘能源，包括蒸汽、氧氣、氮氣、氬氣、氫氣及廢燃氣、冷凝水等，由於高雄臨海工業區內鋼鐵、石化工廠林立，以單一工廠或產業而言，

很難將能源做最有效率的組合，有賴不同產業在一定經濟範圍內做整合。

中鋼自 1993 年起，積極推展以「中鋼」為核心的臨海工業區能源整合計畫，將區域能資源做最有效率的整合，同時達成提高能源使用效率、減少資源耗用、降低區域內污染排放及溫室氣體減量等目的，有效降低環境衝擊和改善環境品質，達成經濟、環境和社會三贏效果。現階段臨海工業區參與能源鏈結的廠家共有 14 家，包括李長榮化工、中石化、中油大林廠等。

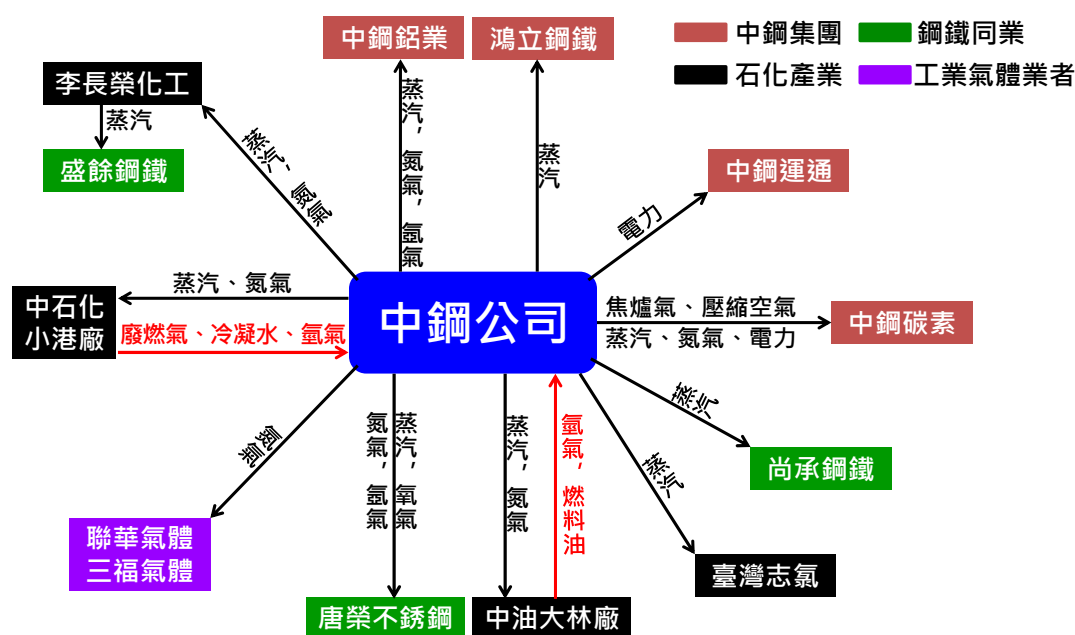


圖14 臨海工業區能源整合—參與能源鏈結廠家與能源鏈結項目

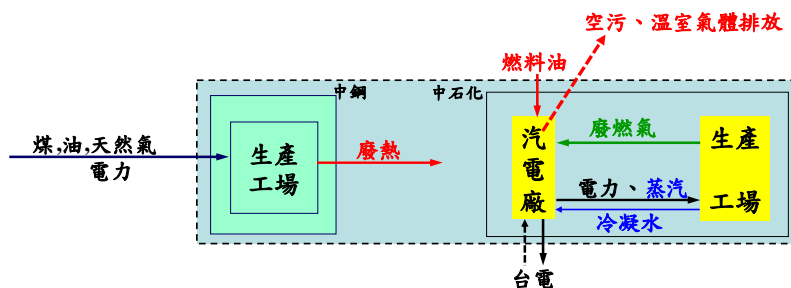
二、中鋼與中石化能源整合案例

(一) 以中石化小港廠為例：

中石化小港廠原本設置有汽電共生廠，以燃料油及少部分自產廢燃氣為燃料，生產供應生產工場所需之電力與蒸汽，並外售過剩電力予台電公司。後因燃料油價格高漲，電力與蒸汽成本大幅上升，入不敷出，遂尋求與中鋼公司之合作，由中鋼公司全量供應中石化生產工場所需之蒸汽，電力則改由台電公司全量供應，中石化停轉汽電共生廠。

(二) 整合前、後如下所示：

整合前：



整合後：

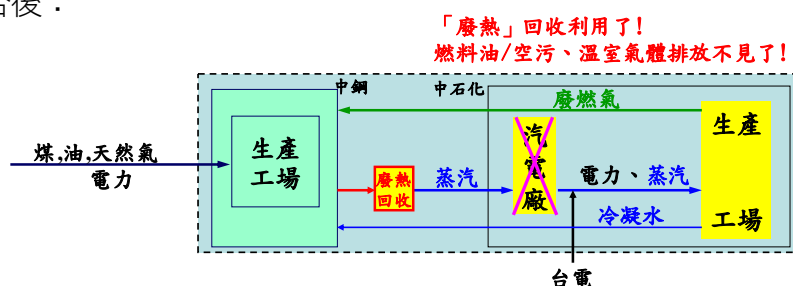


圖15 中鋼與中石化能源整合案例 - 整合前、後對照圖

三、推動成果

中鋼公司為臨海工業區能源整合中心，長期投入能源鏈結已累積顯著成效，以蒸汽外售為例，累計外售量已達 2,561 萬公噸，相當於節能 197 萬公秉燃料油，換算成溫室氣體及空污外部減量達二氧化碳 587 萬公噸、硫氧化物 18,704 公噸、氮氧化物 12,972 公噸、粒狀物 1,845 公噸。

肆、結語

面對 21 世紀即將面臨的能資源短缺困境，如何有效的「開源節流」是刻不容緩的任務。中鋼公司將製程中的副產物轉化成為可再次被利用的珍貴能資源，並透過能資源整合系統，與區域內其他廠商共享。在成功提升產業競爭力的同時，也為人類的永續能資源提供新的解答。

在資源循環利用上，中鋼仍將持續配合政府「工業區能資源整合推動計畫」，擴大與臨海工業區廠商產出廢棄物之再利用鏈結，建構工業區內產業間資源共享

與資源循環利用網絡，改善工業區內產業經營條件，以提升產業競爭力，追求企業永續發展。在區域能源整合上，配合政府政策，將持續開拓新用戶、新公用流料項目、佈建所需通路；此外，除了現有的能源供需網絡之外，未來更將擴大整合系統的涵蓋範圍，以擴大區域能源整合推展成效。

總而言之，中鋼公司將持續朝「循環經濟」之節能減碳、源頭減廢、資源化價值，提升研發及落實應用努力，以符合國際潮流，追求企業永續發展。

參考文獻

[1] 黃育徵 (2017)，商業思潮 070，循環經濟 Circular Economy，pp.172，台北市：天下雜誌。

[2] 104 年企業社會責任報告書，中國鋼鐵股份有限公司，pp.70-71，76-78。

學術論壇

中鋼推動循環經濟之具體做法與成果