

台灣水泥產業發展之產業關聯效果研析



財團法人成大礦冶資源科技文教基金會

Outline

一 我國水泥自主供應及出口之必要性

二 水泥業在清潔生產的發展概況

三 水泥業關聯效果及區域經濟影響

四 水泥業在循環經濟之角色

五 大理石礦流向及增值應用

六 結論與建議

1. 我國水泥自主供應及出口之必要性

1.1

水泥業範疇與現況

1.2

自主供應之必要性與水泥自給率

1.3

出口之必要性與法令措施

1.1 台灣水泥業現況(1/2)

產業範疇

供需趨勢

上游

- 產業包含**非金屬礦業**、**鋼鐵冶煉**等。

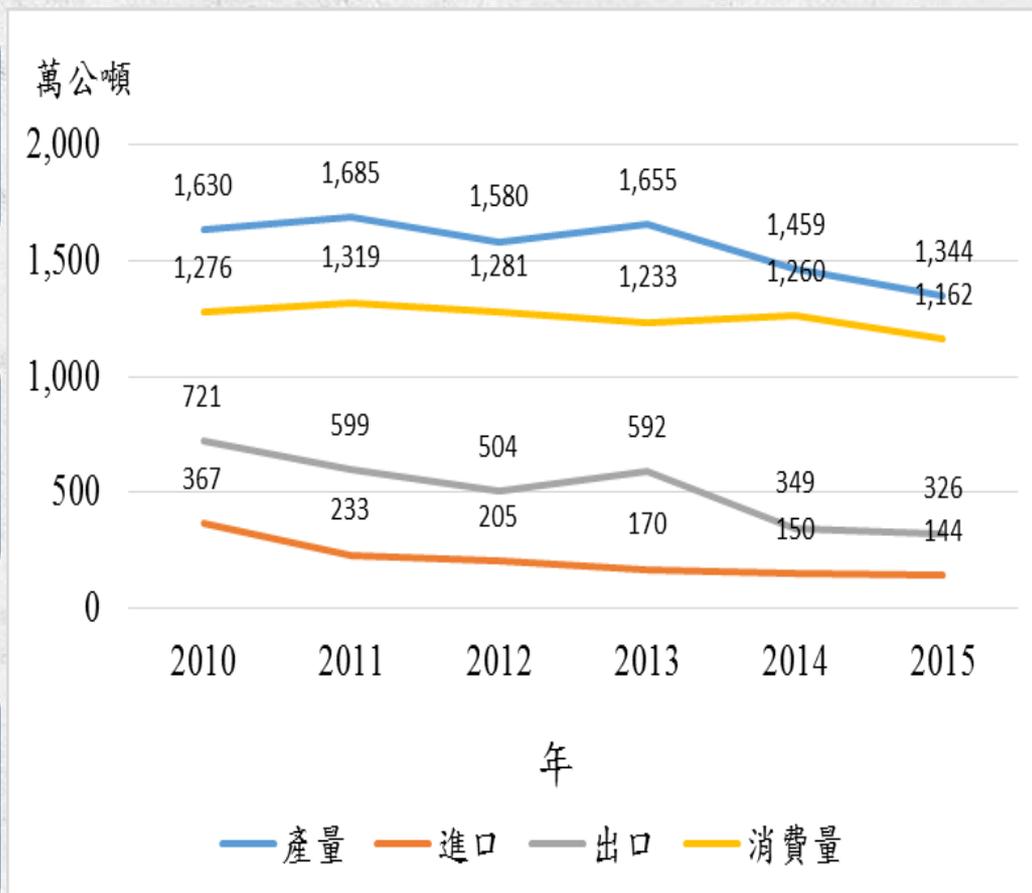
中游

- 製程分為**生料製備**、**熟料燒成**及**水泥製備**。

下游

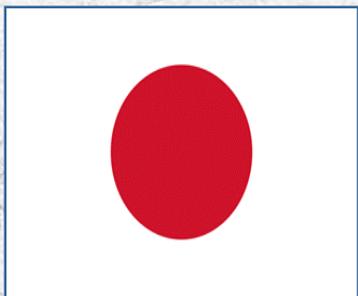
- 產業包含**營造**與**預拌混凝土**等業者。

- 近5年水泥生產量，由1,685萬公噸遞減至1,344萬公噸，**水泥的各指標皆呈下降趨勢**。



資料來源：(1) 經濟部統計處資料庫。
(2) 財政部關務署統計資料庫查詢系統。

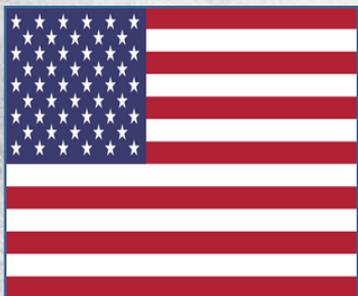
1.1 國外水泥業現況(2/2)



- 日本因為地形山多，石灰岩也多，有利於發展水泥業，具**原料優勢**。
- 近年致力於發展使用廢棄物來替代原料與燃料之相關技術(如**鋼鐵業之高爐礦渣**及**建築業之木屑**)。



- 德國水泥業包含大型跨國水泥業及本地大型企業，具**產業優勢**。2014年德國水泥業**替代燃料比例**達**63.4%**。
- 一年可協助處理303萬公噸的廢棄物量，更推動**廢棄建築混凝土的回收作業**，降低礦產原料消費，促進**產業資源循環**。



- 美國近年研究證實，水泥旋窯可利用可燃性廢棄物替代燃料進行生產水泥，達到**節約能源**與實現**廢棄物循環**之目標，主要的種類有**廢輪胎**、**回收的液態燃料**及**廢塑膠包裝物**等。

1.2 水泥自主供應之必要性(1/2)

發展策略：自主供應為主、進口為輔

水泥用途

- 水泥為**民生及國防建設之根**，災後重建及政府建設需求(如：十大建設、科學園區及都市開發等)均須水泥投入。
- 水泥自主供應的意義在於維護**國家安全**，若從他國進口，將受制他國水泥價格哄抬或限量的影響，影響國家發展。

產品特性

- 水泥由於量重價廉且易受潮而影響品質，所以不耐久存也不利於長途運輸，各國均**自主供應**為主。

港口吞吐量

- 水泥不利於以進口取代自主供應，因為**水泥易受潮而變質不利海運的長途運輸**，且考慮重量與成本之下，更不利使用空運進口。

1.2 水泥自給率(2/2)

- 2014年台灣之水泥自給率大於一，可自給自足滿足國內需求。
- 近年配合政府政策及法令，落實水泥出口管制及大理石開採總量管制後，台灣水泥自給率已逐年下降。

國家	2010	2011	2012	2013	2014
泰國	1.67	1.49	1.55	1.29	1.52
巴基斯坦	1.53	1.40	1.39	1.40	1.39
越南	1.02	1.08	1.16	1.26	1.29
日本	1.23	1.21	1.21	1.16	1.19
德國	1.23	1.24	1.21	1.20	1.18
土耳其	1.43	1.29	1.27	1.21	1.17
臺灣	1.28	1.28	1.23	1.34	1.16
南韓	1.17	1.24	1.20	1.21	1.16
義大利	1.01	1.00	1.01	1.07	1.08
墨西哥	1.02	1.04	1.06	1.07	1.05
埃及	0.95	1.02	1.04	1.03	1.03
印度	1.01	1.01	1.01	1.01	1.02
中國	1.01	1.00	1.01	1.01	1.01
沙烏地阿拉伯	1.05	1.03	1.00	0.92	0.98
俄羅斯	1.02	0.97	0.97	0.97	0.96
巴西	0.97	0.96	0.96	0.97	0.96
印尼	1.03	1.00	0.91	0.95	0.95
美國	0.93	0.93	0.94	0.93	0.93
香港	-	-	0.42	0.45	0.40
新加坡	-	-	0.03	0.03	0.04

資料來源：(1) Statista.
 (2) UN Comtrade Database.
 (3) The Global Cement Report – 11th Edition.
 (4) 經濟部統計處資料庫。
 (5) 政部關務署統計資料庫查詢系統。

1.3 水泥出口之必要性與法令措施(1/1)

製程特性

- 水泥業屬於**連續性製程**產業，生產水泥熟料必須用1,500度熱能連續燒製，隨意停窯後再生產將不利於成本管控。
- 就**產能利用率**而言，各國在投入原料不變下，多以高產出為目標，且高產能利用率可使單位水泥耗能降低。
- 國際上一般核准長期之**採礦權**，使業者在法律層面獲得保障，不會因原料生產中斷而影響水泥穩定供應。

季節性需求特性

- 氣候亦會影響水泥消費量，水泥業**淡季通常為7至8月**，容易發生滯銷情況。然而，受限於其製程特性，故須出口以調節產銷。

資料來源：本研究整理。

- **法令措施：**
 - 大理石礦石開採總量管制
 - 禁止國內水泥產能擴充
 - 嚴格管控國產水泥外銷率

1. 符合**礦石開採以內需為主**的發展策略。
2. 達成理想**外銷率20%**作為產銷調節之目標。

2. 水泥業在清潔生產的發展概況

2.1

上游：礦山開採技術與環境保育

2.2

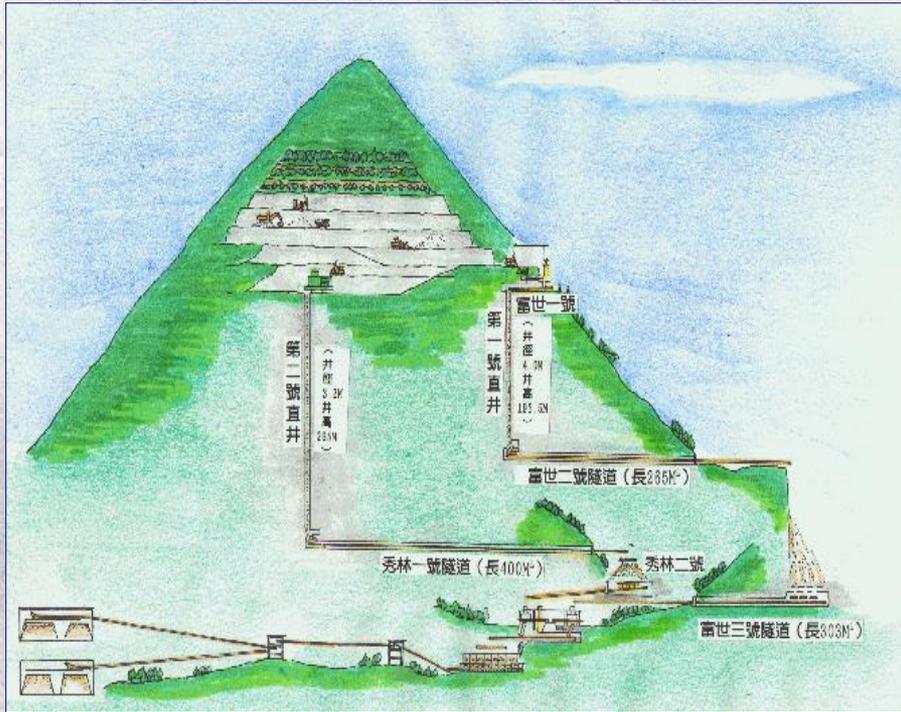
中游：能源效率與CO₂排放自主減量

2.3

下游：潔淨產品

2.1 上游：礦山開採技術(1/2)

- 有鑑於水泥生產採礦與環境保護共存的重要性，水泥業以高成本及新觀念投入**豎井運輸**，透過最先進的山頂**平臺式階段開採豎井運輸法**(如左下圖)，使用完全地下化、自動化及環保化的設計，並利用**密閉式帶運機**(如右下圖)設備，直接將開採之原料大理石至礦廠送至水泥加工廠，避免掉落和揚塵，大幅降低對環境的衝擊。



豎井運輸採礦法示意圖

資料來源：臺灣區水泥工業同業公會。



密閉式帶運機示意圖

資料來源：台灣水泥股份有限公司。

2.1 上游：環境保育(2/2)

- 台灣水泥業已具體落實大理石礦場之生態保育(如：植生綠化工法)。

環境保育成效如下：

1. 台泥高雄壽山礦區之環境復育成果(如圖1)。
2. 亞泥新城山礦場復育成果受日本(如圖2)及澳洲(如圖3)讚賞。



るように施工。
 ・大抵り部分は本事業の植栽、整地部分はつた類(樹種)を植栽
 この鉱山を訪問して強く感じたことは、台湾が環境問題に大変厳しい地域であるということだ。台湾の西海沿岸では、環境/景観の理由により採石採取が禁止されており、多くの鉱山/採石場が花蓮周辺に集中している。この花蓮においても、景観開発や拡張は認められず、現在の採掘エリアのみで全て採掘を済ませること。
 〇〇アセメント社は、緑化に非常に力を入れており、実績を上げている。日本の石灰石鉱山で、ここまで完璧の緑化に成功している鉱山はないと思う。技術的に、色々と工夫をされており、緑化小委員会の現地見学会等により、詳しく話を伺うことも意義深いと思う。しかし、概括して言えば、これは環境問題に新しい因循を映していると言え、ここまで環境/景観に対し、配慮しなければ鉱山採掘が認められない状況とも言える。



The Hsin-Chen Shan quarry terrain is very steep rising from SL120m to SL740m within only 1000m horizontal distance. In accordance to this unique topography, A.C.C. introduced a rapid shaft transporting system from Japan in 1978, the first quarry to utilize this type of shaft system in Taiwan mining history. With this successful experience, the quarry constructed the second 300m depth vertical shaft to match cement plant expansion project in 1988. Crushed limestone is directly dumped into the vertical shaft, to eliminate the need of almost 5 kilometres of hauling by trucks. In addition to the transportation saving, the shaft system also has the advantage of reducing the dust pollution from truck fleets and preserving the original landscape amenity. This system reduces the area of exposed benches markedly. The upper excavated out benches (the final berms) are replanted with trees immediately after mining. The combination of an underground and sealed conveying system reduces dust and noise over the length of 1.3 km conveying system from quarry to cement plant. Evidence of recolonisation of several species including cobra and other snakes, boars and monkeys back to the once quarried area, illustrates the success of this reclamation method. The quarry has mined out 130 million tonnes of limestone since 1974. After mining to the pit bottom, i.e., 120mSL, there will be a 30~40 hectares open ground for public use. Some visitors have expressed the view that the reclaimed final benches are even better looking than the original land surface.

The reclaimed benches in 1999 (Photo by ACC)

The mined-out benches before reclamation in 1988 (Photo by ACC)

Figure 5.26 - Comparison of benches ten years apart

圖1 台泥壽山礦區植生礦場實績

資料來源：台灣水泥股份有限公司。

圖2 日本團體參訪及報導新城山礦場

資料來源：臺灣區水泥工業同業公會(2008)。

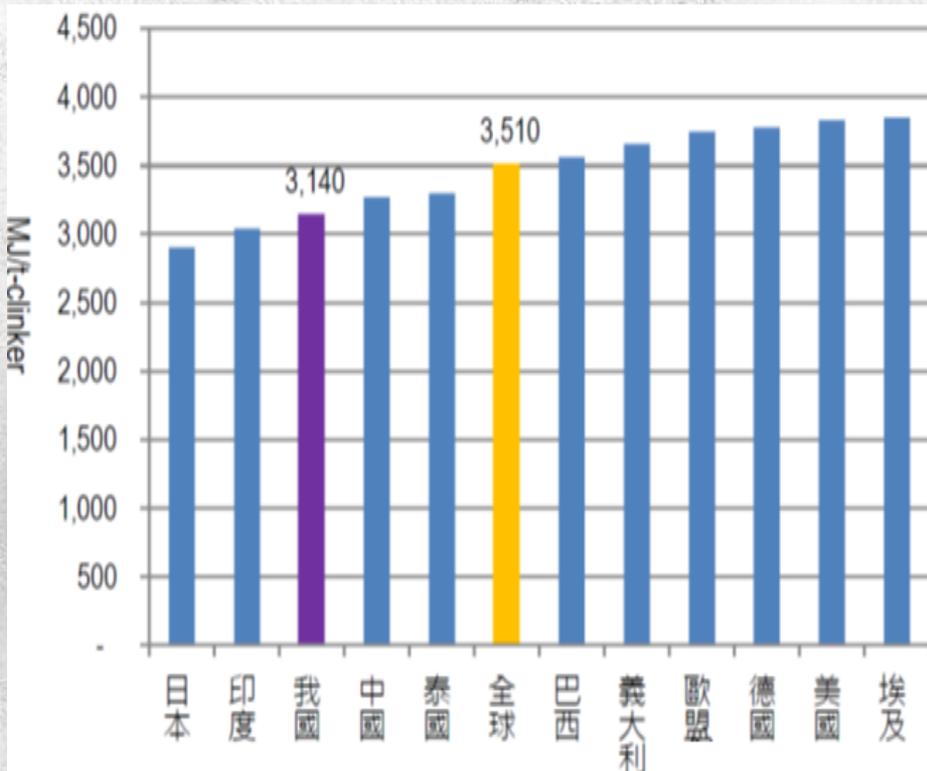
圖3 澳洲政府將新城山礦場列為綠化示範礦場

資料來源：臺灣區水泥工業同業公會(2011)。

註：11/5中國時報A6版「水泥4.0改變與創新系列」亦有提及相關環保篇幅。

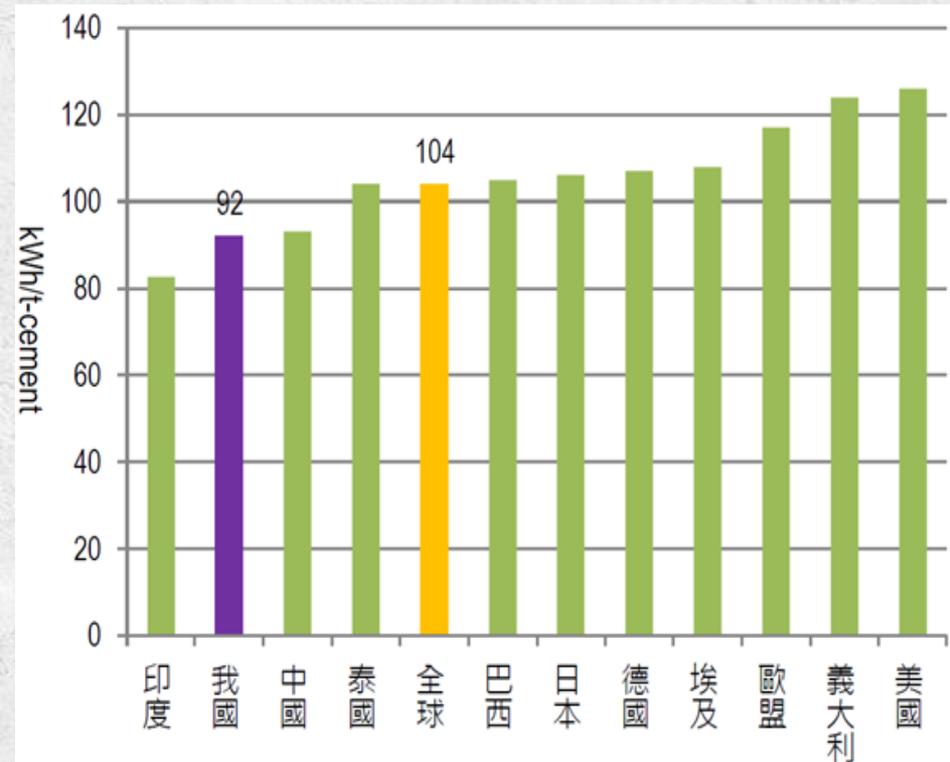
2.2 中游：能源效率(1/2)

- 在單位耗熱方面，我國熟料生產加權後的單位耗熱為3,140MJ/公噸熟料，優於全球平均水準(3,510MJ/公噸熟料)。此係由於台灣全部水泥廠的製程皆採用乾式製程，高能源效率技術的設置率已相當高。
- 在單位耗電方面，我國水泥生產加權後的單位耗電為92度電/公噸水泥，優於全球平均水準(104度電/公噸水泥)。主要由於我國大部分水泥廠在生料研磨設備已加裝預磨或設置高效率的豎磨機。



我國水泥加權後的單位耗熱變化趨勢

資料來源：(1)工業技術研究院(2015)。(2)WBCSD (2015)。



我國水泥加權後的單位耗電之國際比較

資料來源：(1)工業技術研究院(2015)。(2)WBCSD (2015)。

2.2 中游：CO₂排放自主減量(2/2)

- 水泥業歷年在自願減量之成效良好，自99年至104年共執行184項節能減碳措施，**總共投入714,911萬元**，節約電力704,766,748度，**總共減量1,167,584公噸CO₂**。

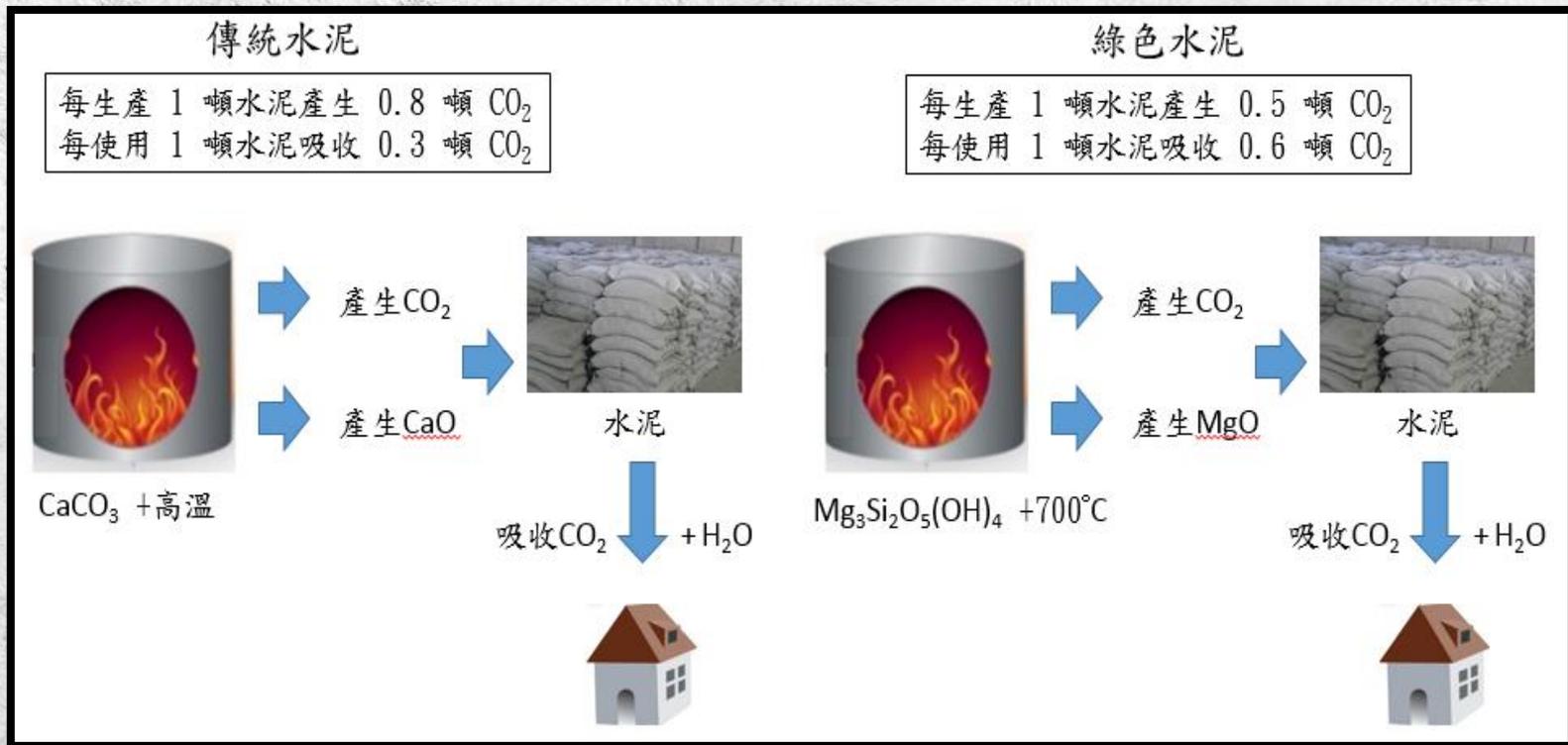
93-104年度水泥業節約能源措施執行成效

年度	投資金額 (千元)	電力 (度)	燃料煤 (公噸)	燃料油 (公秉)	柴油 (公升)	年度減量績效 (公噸 CO ₂)
93	5,774,892	600,193,045	120,570	-	-	630,369
94	25,630	7,432,555	-	512	-	5,665
95	6,176	3,473,162	8,706	-	48,125	24,116
96	11,009	2,974,700	3,842	43	-	11,510
97	173,340	11,383,652	44,700	483	1,021	120,872
99	49,891	21,190,198	10,890	-	12,006	38,974
100	83,569	9,993,113	19,957	-	-	55,947
101	216,152	14,786,175	60,625	-	-	161,551
102	400,191	14,267,147	17,558	8,379	-	71,204
103	103,330	3,080,141	8,768	799	-	25,203
104	304,937	15,992,860	5,701	-	-	22,172
總額	7,149,116	704,766,748	301,316	10,216	61,152	1,167,584

資料來源：臺灣區水泥工業同業公會(2015)。

2.3 下游：潔淨產品(1/1)

- 以**潔淨產品**而言，我國水泥業者所開發的低二氧化碳排放量的**環保水泥** (如：墾砌水泥)，**每生產1公噸綠色水泥能吸收0.6公噸CO₂**，可有效降低水泥工業能源的消耗及CO₂排放量，發展低碳經濟。



傳統水泥與綠色水泥碳排放比較圖

資料來源：本研究整理。

3. 水泥業關聯效果及區域經濟影響

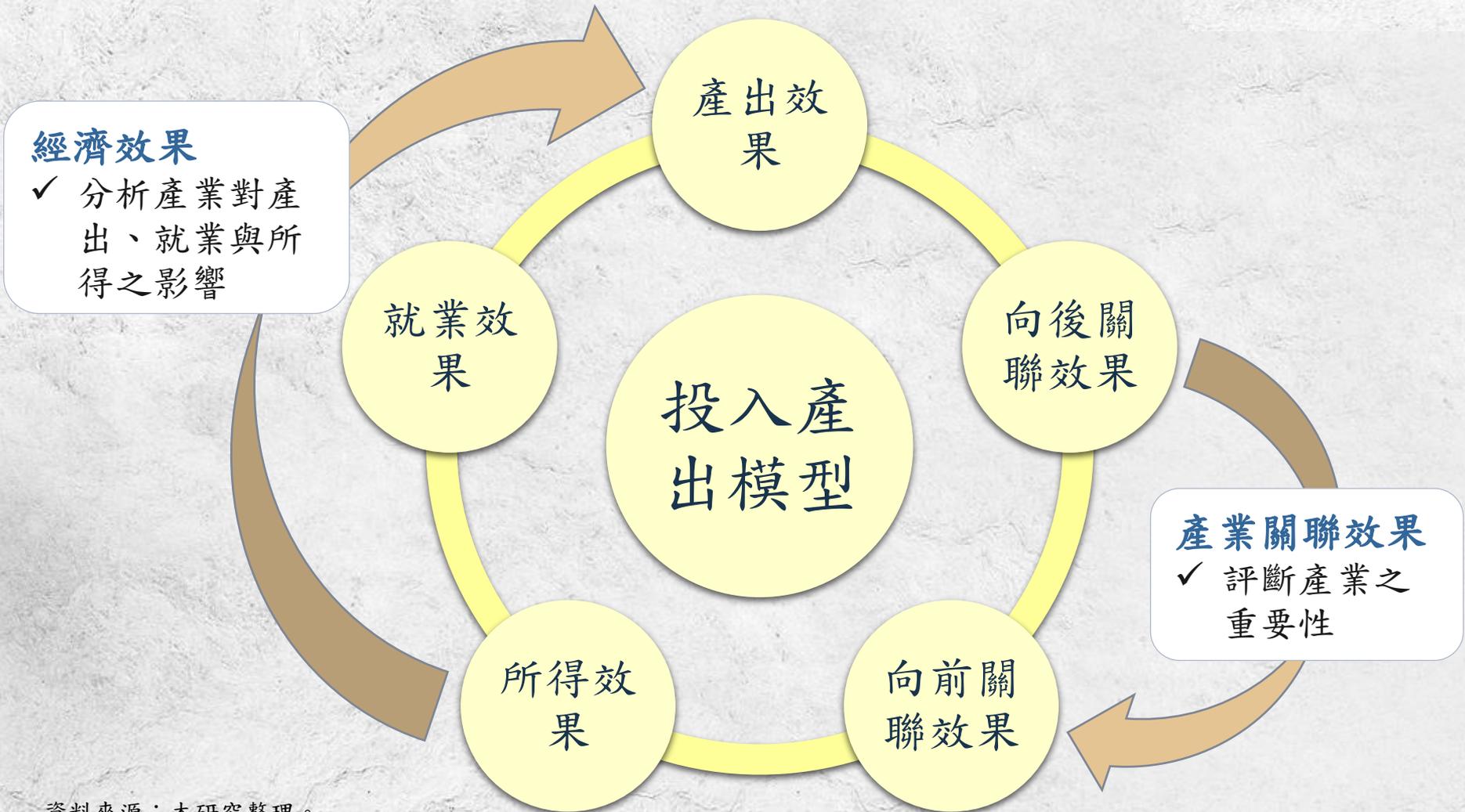
3.1

投入產出模型與產業關聯效果

3.2

水泥業之全國與區域經濟影響分析

3.1 投入產出模型之各效果概述(1/2)



3.1 產業關聯效果(2/2)

向後關聯效果

- 若水泥業生產100萬元，將可帶動上游其他產業約46.96萬元之產出。
- 水泥業對於上游產業有帶動能力。

向前關聯效果

- 若水泥業生產100萬元，將可帶動下游其他產業約153.93百萬元之產出。
- 水泥業對帶動下游產業的產出關聯效果明顯高於國內其他產業。

部門	向後關聯效果	排序	向前關聯效果	排序
水泥	1.4696	41/54	2.5393	7/54

資料來源：本研究整理。

 水泥業產品之供給對國內其他產業之發展極為重要。

3.2 水泥業之全國與區域經濟影響分析(1/2)

- 水泥業所帶動之上游及下游的產出、就業與所得效果占全國比例相當小，其原因在於僅以**單一水泥業能帶動的全國經濟影響有限**。
- 然而，水泥業對於宜蘭與花蓮兩地區區域經濟發展，**特別在產出與所得效果有明顯貢獻**。

宜蘭與花蓮地區 水泥產值 (百萬元)	向後關聯產出效果 (百萬元)	向後關聯就業效果 (人)	向後關聯所得效果 (百萬元)
30,791 (依原始產量計算)	44,829	6,848 (3,075)	13,950 (7,836)
占宜蘭與花蓮地區 之比例(%)	16.36	1.90	13.50

註1：括號內數字為直接效果。

註2：東部地區水泥業生產所需之投入原料及其他要素幾乎都來自於東部地區，但其產品乃提供給全國使用，因此東部地區水泥業生產對宜蘭與花蓮地區的區域經濟影響僅計算其對上游產業之向後關聯效果。

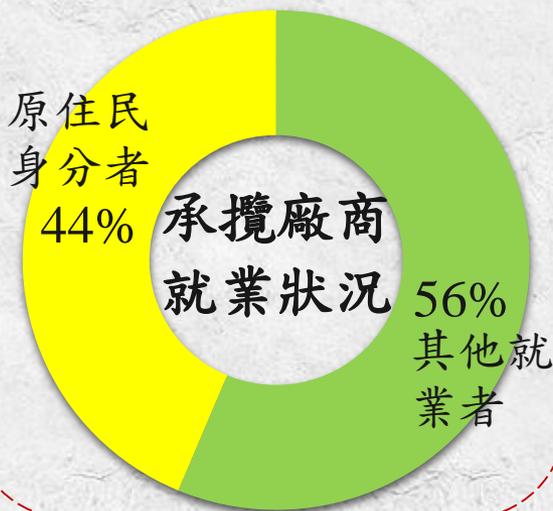
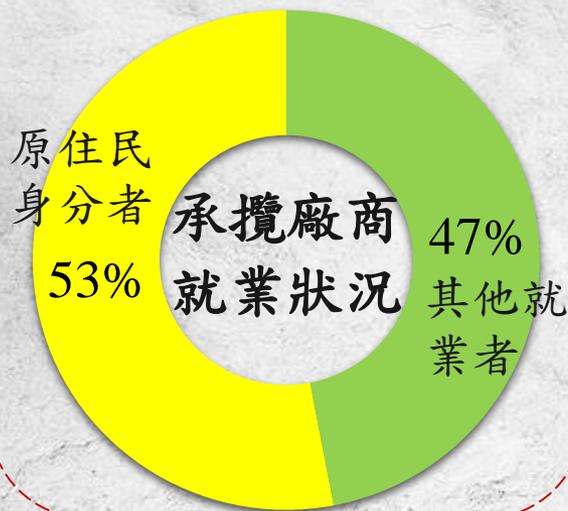
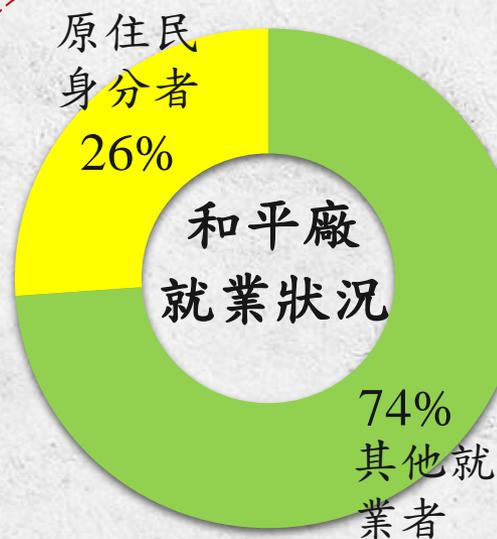
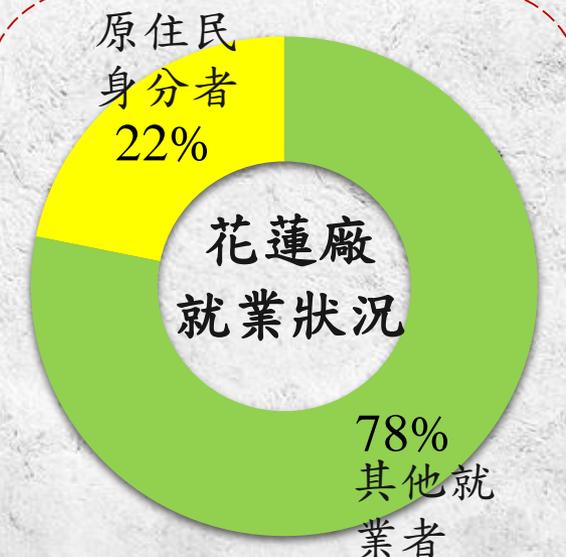
資料來源：本研究整理。

3.2 水泥業之全國與區域經濟影響分析(2/2)

亞 泥

台 泥

就業效果



- 亞泥花蓮廠與台泥和平廠皆約有**20%以上**聘用當地原住民，承攬廠商則有約**半數**聘雇當地原住民。
- 顯示就業效果雖然僅占宜花地區就業人口之1.90%，但是水泥業對當地原住民就業及所得有顯著效益。

註：11/4中國時報A6版「水泥4.0改變與創新系列」亦有提及原住民就業之報導。
資料來源：台灣水泥水泥股份有限公司及亞洲水泥股份有限公司。

4. 水泥業在循環經濟之角色

4.1

循環經濟

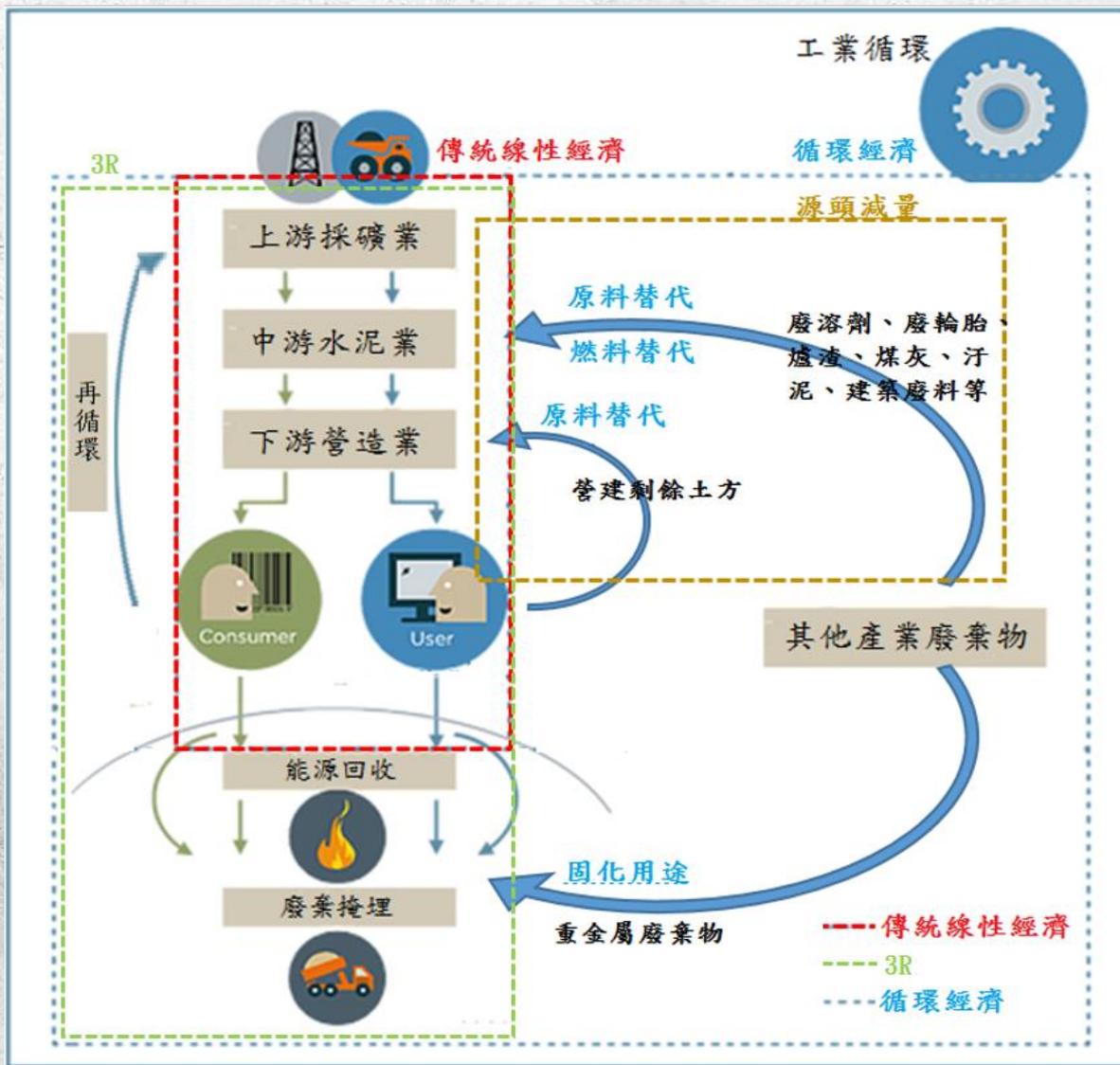
4.2

國內水泥業之廢棄物處理應用

4.3

國內水泥業廢棄物具體處理量

4.1 循環經濟(1/1)



- **傳統線性經濟模式：**原物料從挖掘、製造、使用、到丟棄的消費模式。

- **3R模式：**增加再循環、能源回收及廢棄掩埋。

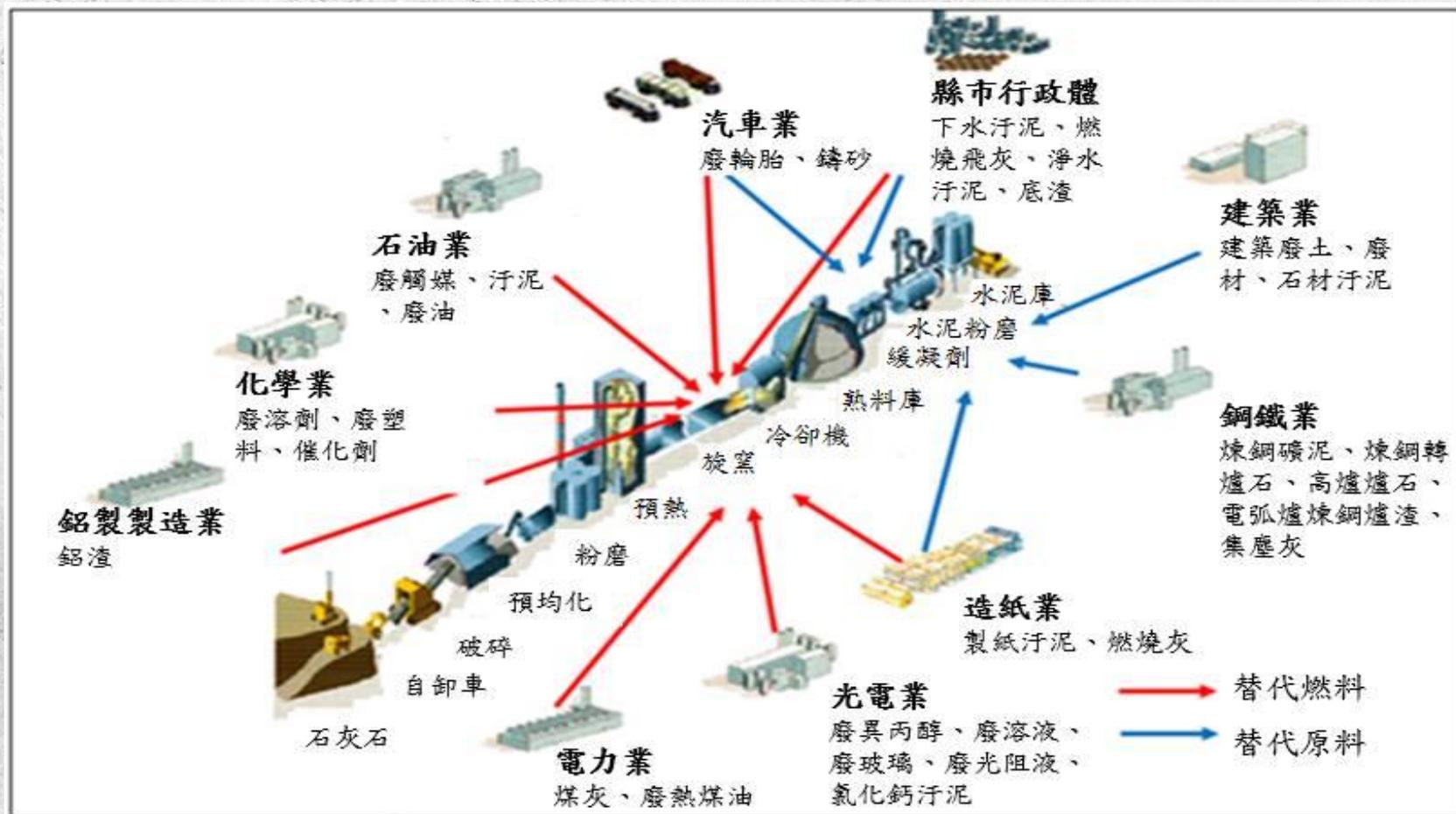
- **循環經濟模式：**結合產業共生概念，將一產業之廢棄物視為另一產業之原物料，使產品物料可持續回到工業循環。

資料來源：(1) EMF循環經濟小組和循環台灣基金會。

(2) 本研究整理。

4.2 國內水泥業之廢棄物處理應用(1/3)

- 利用水泥之製程特性，可將生活及工業廢棄物作為水泥製程之原料及燃料，此亦為國際間與我國環保署認可的最佳可行處理方案。



4.2 原料替代(2/3)

- 我國2015年**重點事業廢棄物之產量**，前五大廢棄物依序為**煤灰(28.07%)**、**水淬高爐石(15.76%)**、**營建混合物(7.98%)**、**電弧爐煉鋼爐渣(5.65%)**、及**無機性汙泥(4.97%)**，共占**全國事業廢棄物之62.43%**，主要可作為**水泥、混凝土等產品之材料及添加物**。

原料替代

煤灰

飛灰替代部分原料

高爐水淬爐石

高爐石粉替代部分原料

營建混合物

剩餘土方替代粗細骨材

電弧爐煉鋼爐渣

煉鋼爐渣替代部分原料

無機性汙泥

石材汙泥替代部分原料
(持續研發中)

4.2 燃料替代(3/3)

- 廢棄物透過水泥窯高溫燒結處理循環，以1200~1450°C高溫燃燒，可充當輔助燃料以取代生產中使用之燃料。
- 電子業是我國經濟發展的重要趨動力之一，電子事業廢棄物若無法有效處理，環保問題及民眾抗爭勢必會阻礙到電子產業的發展，吞噬掉過去創造的成果。
- 廢輪胎亦為重大問題，廢輪胎被任意丟棄或掩埋對生態環境是嚴重的威脅。

燃料替代

電子業液態廢棄物

廢光阻液、異丙醇及廢溶劑充當輔助燃料

汽車業廢輪胎

廢輪胎碎片充當輔助燃料

4.3 國內水泥業廢棄物具體處理量(1/1)

- 實際上，水泥業已擔負台灣廢棄物處理的重大責任。茲整理我國四家主要水泥業者處理之廢棄物種類及2014年處理量如下：

項目/年	2014年
事業性廢棄物平均用量	338,032
水泥平均產量(公噸)	3,085,055
每噸水泥平均處理廢棄物量(公斤/公噸)	109
資源整合種類：氟化鈣汙泥、有機汙泥、無機汙泥、淨水汙泥、電廠煤灰、底灰、化鐵爐爐渣、焚化爐底渣、廢鑄砂、廢熱煤油工程廢棄物、廢輪胎、泥燃劑、碳酸鈣廢料、廢壓模膠、脫硫石膏、煉鋼礦泥、煉鋼轉爐石、廢棄土、石材汙泥、鋁渣等。	

註：平均用量、產量及處理量之計算採用一般算數平均數，為4家主要水泥業者之各項加總後除以4。

資料來源：我國主要水泥股份有限公司。

5. 大理石礦流向及加值應用(1/2)

- 大理石主要組成分為**碳酸鈣**，可以應用在不同領域上之加值與應用，然而因為它主要做為各種製品的基本原料，以致多數民眾忽略它對各產業之重要貢獻。

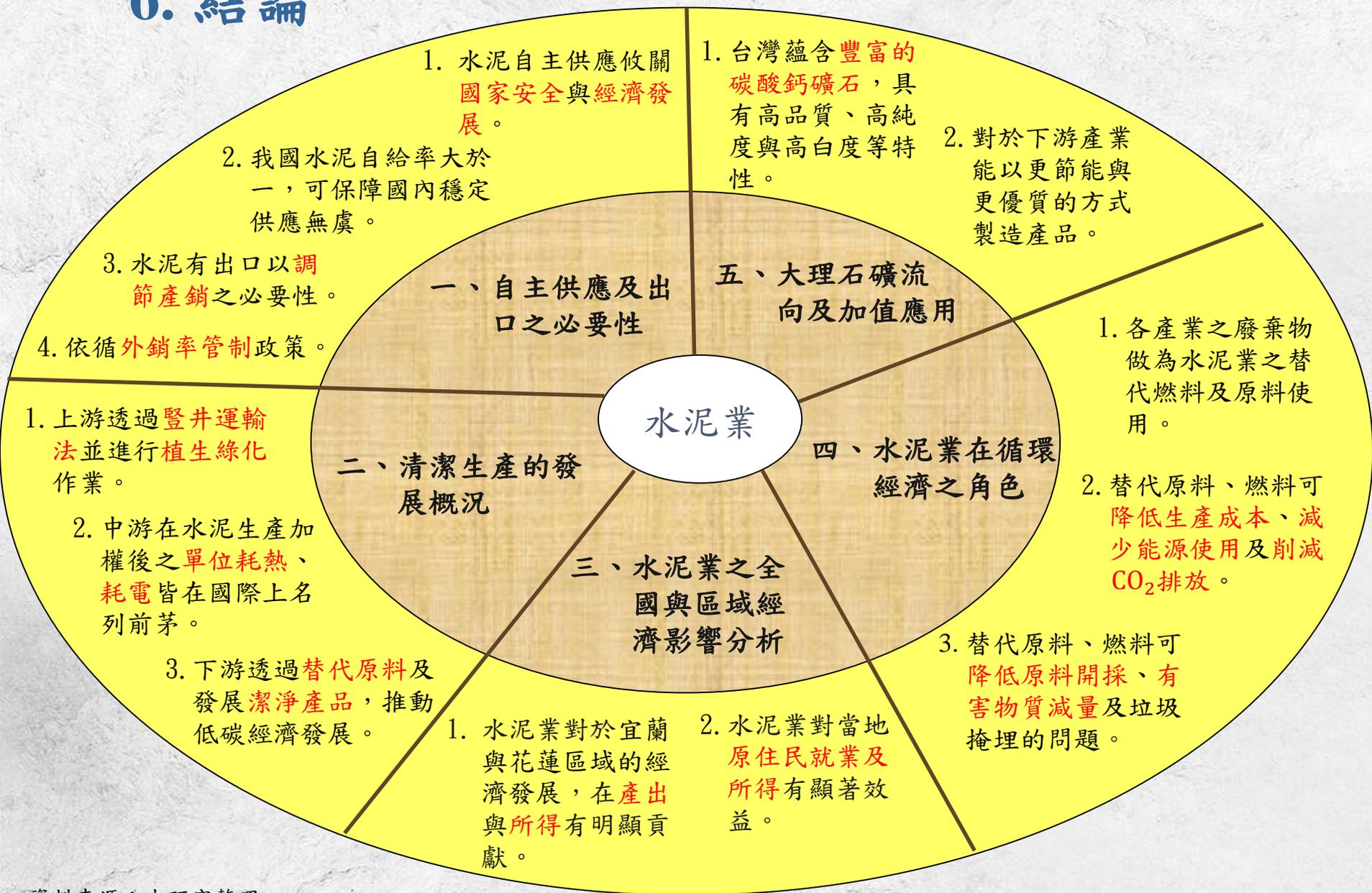


5. 大理石礦流向及加值應用 (2/2)

領域	應用	特性
建築材料	環保水泥、墁砌水泥	環保水泥擁有高強度、高材料相容性等多方面優異之性質。
林業製品	石頭紙、環保紙袋 	碳酸鈣為最常見的填料，能使紙張增進光澤、白度、不透明度與吸墨性。
聚合材料	奈米碳酸鈣應用於塑膠產品	主要在於降低生產成本，並可改善基體的熱抵抗性、尺寸穩定性及堅硬性。
消費用品	碳酸鈣片加工於藥品	碳酸鈣能中和人體分泌的胃酸，降低胃裡的酸度，為制酸劑主要原料。
農業與水質處理	2MW鈣迴路捕獲二氧化碳先導技術、蝦紅素培養技術試驗廠	碳酸鈣與廢水中的氟離子及重金屬離子反應後沉澱，經由揮發後所得到的氨可被回收淨化水質。



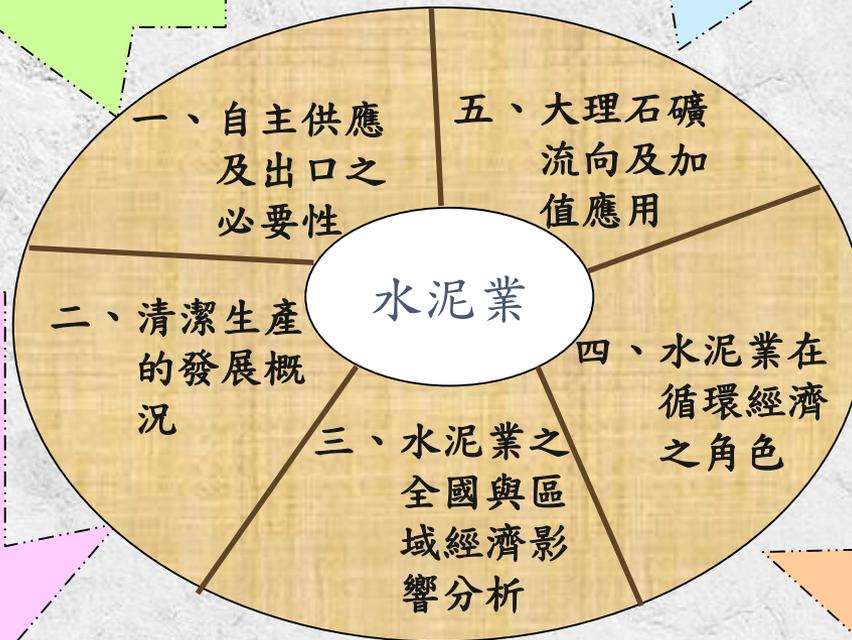
6. 結論



6. 建議

- 宜配合政府**內需為主、出口為輔**之發展政策，逐年調降我國水泥之外銷率。

- 宜加強**宣導礦物利用**之通識教育，以有助於提升民眾了解礦物(如：大理石)與生活之密切關係及重要性。



- 持續推動**環境友善開採**及**製程設備之汰舊換新**，提高廢熱回收再利用。
- 提升**替代燃料**及**原料**使用比例，推動循環經濟發展。
- 宜持續關注**溫室氣體減量**議題。

- 業主、設計者及預拌混凝土業者宜密切合作，建構嚴密之**品管系統**確保**施工品質**。
- 加強與環保團體、民眾之溝通與宣導，並加強水泥業與其他產業**資源循環**之鍊結。

- 宜有效溝通說明水泥業對東部區域經濟**產出、所得**及**原住民就業**之效益。