



行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書  
(出國類別：研修)

## 日本陸上砂石開發技術與砂石骨材再利用 狀況報告

服務機關：經濟部礦業司  
出國人職稱：技正  
姓名：魏忠堅  
服務機關：經濟部礦務局  
職稱：課長  
姓名：賴欽亮  
職稱：礦場監督員  
姓名：鍾英義  
職稱：技士  
姓名：林德生  
服務機關：行政院環境保護署  
出國人職稱：技士  
姓名：許智倫  
出國地區：日本  
出國期間：89年10月22日至11月17日  
報告日期：90年2月16日

G1/c08907400

# 赴日研習陸上砂石骨材開發及再利用報告

## 目錄

壹、赴日研習之緣起	1
貳、赴日觀摩主要內容與行程安排	3
參、對於與砂石骨材有關名詞之詮釋	5
肆、日本陸上砂石資源開發之相關法令	6
伍、日本整體砂石骨材供需概況	12
陸、日本砂石採取業及碎砂業之概要	18
柒、日本陸上砂石採取	24
捌、日本的碎砂技術	47
玖、日本陸上砂石開發之土地二次利用概況	51
拾、日本砂石骨材開發及事業廢棄物再利用所 面臨之環境保護、及法規等相關問題	54
拾壹、日本再生骨材使用現況與展望	62
拾貳、從日本阪神、淡路大地震重建所獲得的啟示	67
拾參、結論與建議	69

# 赴日研習陸上砂石骨材開發及再利用報告

## 表、圖及相片目錄

表 2-1 出國研修日程表	82
表 5-1 日本歷年來砂石骨材供需統計表	83
表 11-1 立石建設株式會社再生骨材品質試驗結果	84
表 11-2 立石建設株式會社再生骨材品質試驗結果	84
表 11-3 立石建設株式會社再生骨材品質試驗結果	84
表 11-4 再生骨材之品質區分	85
表 11-5 再生骨材混凝土之種類及適用構造物規範	85
圖 5-1 日本砂石各類骨材歷年生產量統計圖	86
圖 7-1 日本農地區分圖	87
圖 7-2 坡地露天階段採掘面布置及最終殘壁布置原則 (由山頂向下採掘)	88
圖 7-3 坡地露天階段採掘面布置及最終殘壁布置原則 (由山腹向下採掘)	89
圖 8-1 機製砂生產流程，分為濕式與乾式	90
圖 8-2 機製砂機械種類	91
圖 11-1 京星工場製造設備及處理流程	92
照片 7-1 揖斐川業株式會社橫井陸砂採取場 (1)	93

照片 7-2 揖斐川業株式會社橫井陸砂採取場 (2)	.....	94
照片 7-3 揖斐川業株式會社橫井陸砂採取場 (3)	.....	95
照片 7-4 揖斐川業株式會社橫井陸砂採取場 (4)	.....	96
照片 7-5 揖斐川業株式會社神戸工場砂石碎解場 (1)	.....	97
照片 7-6 揖斐川業株式會社神戸工場砂石碎解場 (2)	.....	98
照片 7-7 加藤物産株式會社揖西第二事業子牛陸砂採取場 (1)		99
照片 7-8 加藤物産株式會社揖西第二事業子牛陸砂採取場 (2)		100
照片 7-9 埼玉産業開發株式會社熊谷工場 (1)	.....	101
照片 7-9-1 埼玉産業開發株式會社熊谷工場 (2)	.....	102
照片 7-10 埼玉産業開發株式會社熊谷工場 (3)	.....	103
照片 7-11 第一石産運輸株式會社小川工場 (1)	.....	104
照片 7-12 第一石産運輸株式會社小川工場 (2)	.....	105
照片 7-13 第一石産運輸株式會社小川工場 (3)	.....	106
照片 7-14 第一石産運輸株式會社花園工場 (1)	.....	107
照片 7-15 第一石産運輸株式會社花園工場 (2)	.....	108
照片 7-16 第一石産運輸株式會社小川工場 (4)	.....	109
照片 7-17 第一石産運輸株式會社小川工場 (5)	.....	110
照片 7-18 玉井開發株式會社玉井山砂採取場 (1)	.....	111
照片 7-19 玉井開發株式會社玉井山砂採取場 (2)	.....	112

照片 7-20 玉井開發株式會社玉井山砂採取場 (3)	.....113
照片 7-21 玉井開發株式會社玉井山砂採取場 (4)	.....114
照片 7-22 長尾組山砂採取場開採情形	.....115
照片 7-23 大田開發株式會社高田礦山山砂採取場 (1)	.....116
照片 7-24 大田開發株式會社高田礦山山砂採取場 (2)	.....117
照片 7-25 大田開發株式會社高田礦山山砂採取場 (3)	.....118
照片 7-26 大博建設株式會社開採母岩塊石採取場	.....119
照片 7-27 大博建設株式會社碎解洗選工場 (1)	.....120
照片 7-28 大博建設株式會社碎解洗選工場 (2)	.....121

## 壹、赴日研習之緣起

台灣地區砂石骨材之開發及利用，依據歷年來的統計資料顯示，其平均年產銷量約 6,500 萬立方公尺，這麼量大的需求量，其來源仍以河川砂石為主，近年來，雖陸上砂石（含土方）之供應量已有增加之趨勢（如民國八十八年【1999 年】其比率約佔總需求量之 24%），惟這樣的成效似仍有努力的空間，那就是增加陸上砂石骨材之開發及利用，如何促進陸上砂石骨材之開發？碎砂及開發前、中、後期對整體之環境保護、污水及廢泥處理技術等，先進國家如日本的做法，似值得國內參考。

除陸上砂石骨材之開發技術，單純原材料（砂石骨材）之開發及利用並非唯一資源利用之途徑，因此，先進國家如日本、美國等國家，對於可再加以回收之鋼筋混凝土塊及營建剩餘土石方（日本稱事業廢棄物）均已納入資源化而重新作為骨材利用，其做法亦值得國內仿效。

民國八十八年（1999 年）年九月二十一日凌晨，台灣發生規模 7.0 大地震，震毀了無以數計的房子，當這些半毀或全毀的房子欲重建時須先行打掉，面對數量極多的鋼筋混凝土、磚瓦等營建廢棄物，如何做好妥善的後續處理？似乎讓政府相關部門傷透腦筋！而日本於平成七年（1995 年）亦發生規模同樣為 7.0 之「阪神、淡路大地

震」，從日本發生大地震到快速的完成重建過程，其重建所需的大量砂石骨材來源，如何作最有效的規劃與供應，日本的經驗亦值得國內借鏡。

由於陸上砂石骨材之開發及再利用與國內相關機關如行政院公共工程委員會、行政院環境保護署均有密切之關係，因此，在參與此次的赴日研習中，本部亦主動邀請上兩單位派員同行，惜於行前，行政院公共工程委員會所參與人員因事而未能如期前往。

## 貳、赴日觀摩主要內容與行程安排

### 一、主要課程與觀摩內容

基於上述需求，日方（中日交流協會）透過日本砂利協會，極其用心的安排研修內容與實務觀摩處所，聘請極具實物經驗的學者或專家教授理論課程，並經由相關業界介紹產業加工處理過程，讓我們這群研修員滿載而歸。

此次研習之主要課程為：「日本砂石業界現狀與採取現況」、「砂利採取概要」、「建設廢棄物之現況與前瞻」、「農地轉用許可制度與砂利採取」、「陸上砂石採取及利用」、「砂利採取及環境保護」、「混凝土之製造及其骨材性質」、「砂石採取、利用及廢水處理」、「日本碎石業界現況及其課題」、「日本全國砂石骨材資源介紹（含海域砂石）」。

主要觀摩內容：「筑波學園都市—地質調查所」（全國地質概況介紹）、「埼玉縣立自然史博物館」（石灰岩地質介紹）、「第一石產運輸公司所屬小川、花園、熊谷工場」（砂利採取、碎砂、汙泥及廢水處理與造粒利用、混凝土塊之回收利用）、「CAT--三菱機械」（礦山及土木等重型搬運及採取機械）、「阪神、淡路大地震復興支援館」（震災之學習及實施）、「近畿砂利採取」（跡地掩埋、植栽）、「岐阜砂利採取—神戶、橫井、子牛、池田工



場」(農砂採取、碎砂、汙泥及廢水處理)、「多見市大佃開發」  
(砂利採取、碎砂、汙泥及廢水處理)、「大阪京星公司」(混凝土之加工及資源化處理)、「草加市建材試驗中心」(砂石骨材及預拌混凝土之試驗、品管)。

## 二、行程安排 (請參考表 2-1):

此次赴日研習之時程計二十七日，除假日外，整體研習內容極為充實，行程安排亦屬緊湊，由於參與之團員均極用心學習，堪稱一趟豐碩之旅。

### 參、對於與砂石骨材有關名詞之詮釋

日本該國對於砂石骨材有關名詞之定義，或與國內經常使用名稱或有不同，為便於爾後相關報告之閱覽，乃於本報告中加以詮釋：

一、骨材之定義：指添加於水泥混凝土、瀝青混凝土或一般混凝土

二次製品所需之砂利、砂、碎石、碎砂之總稱。

二、骨材之分類：

天然骨材：砂利、砂 (gravel, sand)。

機製骨材：碎石、碎砂 (crushed stone, crushed sand)。

人造輕質骨材：煤灰添加黏土後，經加熱形成之煤團。

細骨材：指一般細砂。

粗骨材：指一般粗砂。

砂利：指從河川、陸上、山、海域所採取者；其中陸砂利係指

平地砂石、山砂利係指坡地砂石，其名稱與國內不同。

再生骨材：經由回收處理之骨材，可作為鋪路之路盤材或再添

加於回收之混凝土骨材使用。

## 肆、日本陸上砂石資源開發之相關法令

### 一、日本「砂利採取法」之概要

日本「砂利採取法」共計四十八條，其體系由「總則」、「行業之規定管制」、「行為之規定管制」、「監督規定」及「其他規定」等五部分組成，以下分別就各部分重點摘述之：

#### (一) 總則 (第一章)

第一條目的：災害防止與健全發展砂利採取業。

第二條適用範圍：從事砂利採取業之公司或行號，包含個人企業及純洗砂之公司或行號。(適用於有營利行為者。)

#### (二) 行業之規定管制—登錄制度 (第二章)

第三條登記權者：(1) 申請區域位於單一之都道府縣轄區者，由該都道府縣知事核定。(2) 申請區域位於二個以上(含)之都道府縣轄區者，由通商產業省大臣核定。

第六條登錄之要件：砂利採取事務所應聘請經過考試合格或高中以上學歷並具有實務經驗者之砂利採取業務主任。

第六條登錄之拒否：違反下列法令規定者不准其登錄。(1) 申請登錄之書件虛載不實。(2) 受法律科處罰金，執行罰金完畢起未滿二年者。(3) 受第12條第1項規定取消登錄者，自取消登錄之日起未滿二年者。(4) 依第12條第1項

規定取消登錄時，受處分公司之董事（役員）未滿二年者不准其以另一家公司名義申請登錄，但該董事係在原公司受上述取消登錄前 30 日進入該公司者，不在此限。(5) 董事（役員）有上述情況時。(6) 業務主任未經過砂利採取業務主任檢試合格或同等級以上之知識技能檢定並經都道府縣知事認定者。

第十二條登錄之取消：有下列情事者，取消其登錄。(1) 有第 6 條第 1 項第 1、3、4 款規定情事者。(2) 有第 6 條第 1 項第 5 款規定情事者。(3) 有第 9 條第 1 項規定，不實提出申請者。(4) 有第 16 條規定情事者。(5) 依第 26 條規定，遭取消認可者。(6) 以不正當手段，依第 3 條規定辦理登錄者。

### (三) 行為之規定管制—採取計畫之認可制度

第十六條認可權者：(1) 採取場位於河川區域者，屬河川主管單位。(2) 其他地區為都道府縣知事。

第十七條採取計畫記載事項：(1) 採取場之所在地及面積。(2) 預定採取量及採取期間。(3) 防止災害之方法。

第十九條認可基準：無危害他人；無損害公共設施；不影響其他產業及不違反公共福祉。

第二十一條採取計畫之遵守義務：土石採取計畫經認可後，

採取人應遵守各項規定及主管機關之命令。

第二十六條認可之取消：違反主管機關之相關規定或違反應

遵守義務等，取消認可。

#### (四) 監督規定：

監督命令（第三章）：

第二十二條認可採取計畫之變更命令：依認可採取計劃開採

砂石，惟倘有發生第十九條之情事或有發生之虞時，都道

府縣管理者得命令該砂石採取業者變更該認可採取計畫。

第二十三條第一項緊急處置命令：為防止採取砂石所產生之

災害，主管機關得採取緊急措施，要求已取得認可之砂石

採取業者停止採取。

第二十三條第二項違反本法者之規定：未經登錄及認可，或

違反應遵守之義務者，均違反本法之規定，應依第四十五

條予以處罰。

監督檢查（第四章）：

第三十四條取得認可採取權之採區，主管機關得派員進入實

施監督檢查。

#### (五) 其他之規定

1. 標識之揭示：業者對於認可條項，應明確標示於標示牌上。
2. 帳簿之記載：業者對於採取場之生產量，災害防止措施及資金運用等應詳列登載。
3. 報告之規定：業者每年應將採取量、採取區狀況、機械設備等資料，提報當地都道府縣知事核轉通商產業大臣。

## 二、砂石開發有關法令

日本土石採取之法令依據，分為「砂利採取法」及「採石法」兩種。其中「採石法」適用於石灰石及碎石母岩之土石採取，其餘之土石採取則屬「砂利採取法」管理範圍。當「採石法」與「砂利採取法」兩者法令上發生適用之疑義時，由當地政府通商產業局協議辦理。

日本「砂利採取法」為土石採取之主要法規，另頒佈登記規則、認可制度及法令適用解釋通達（類似本國解釋令）等三種以補充規定。

日本土石採取法令除了上述外，相關法令如下：

### （一）天然砂石方面：

1. 基本法令：砂利（石）採取法—分總則、登錄制度、認可制度、雜則、罰則、附則等。
2. 開採關係法令：有河川法、海岸法、國有財產法、農地法、

改正道路交通法、防砂法、森林法、水產資源保護法、港灣法、海洋水產資源開發促進法、海上交通安全法及其他法令。

3. 公害關係法：公害對策基本法、環境基本法、水質污濁防止法、騒音規則法、大氣污染防止法、振動規則法、廢棄物處理及清掃法、海洋污染及海上災害防止法、自然環境保全法、再生資源利用促進法。

(二) 人工(造)砂石方面：

1. 基本法令：碎石法、採石法。
2. 開採關係法令：除(一)—2所列外尚有礦業法、火藥取締法。
3. 公害關係法：除(一)—3所列外尚有地滑等防止法。

三、砂石資源開發管理機關

- (一) 河川砂石：一級河川經劃定為中央主管之河道，由建設省河川局水政課主管。未劃定者及二級河川，由地方政府建設局河川部水政課主管。
- (二) 陸地砂石及坡地砂石：由中央之通產省生活產業局窯業建材課主管，但涉及農地及林地者需同時受農林省之監管，環境保育部分需受環境保護所監管。

(三) 海域砂石：由通產省管理。

(四) 坡地碎石：由通產省管理。

#### 四、日本砂利採取法與我國土石採取法之異同

我國土石採取法草案所訂規範管理規定之精神與日本砂利採取法大致相同，其主要差異如下：

項目	日本	本國
適用範圍	砂利採取之公司或行號（無營利行為者不在規範範圍）	土石採取行為（少量採取土石供自用者、實施整地與工程就地取材者、礦業權者在礦區內採取同一礦床共生之土石者、因天災事變緊急搶修公共工程所需者、政府機關辦理重要工程所需者等五種情形不在規範範圍）。
砂利採取業務主任資格	業務主任應為經過考試及格或高中以上學歷並具有實務經驗者。	土石採取場技術主管應為具有高級工業職業學校以上土木工程、資源工程、礦業工程、機械工程或其他相關科系畢業者。
土石採取場違規之處分	法人與自然人（公司之董事）均處分；法人與現場違規工作人員均處分。	僅處分法人。
土石採取場之監督檢查	主管機關除定期及不定期至土石採取場監督檢查外，並要求業者每年應將採取量、採取區狀況、機械設備等資料（附相片），提報當地都道府縣知事。	主管機關定期及不定期至土石採取場監督檢查。



## 伍、日本整體砂石骨材供需概況

### 一、日本砂石骨材供需之沿革

本報告參考日本砂石各類骨材歷年生產量統計圖（如圖 5-1），將日本砂石骨材供需之沿革區分為河川砂石時代、多元化砂石開發時代及機製砂石骨材時代，未來可能為再生砂石骨材時代，其中所發展的經驗有砂石料源多元化開發之經驗、機製砂石骨材發展之經驗及再生砂石骨材（營建事業廢棄副產物）再製利用之經驗，以下本報告將分別簡介上開日本砂石開發之經驗，提供國內砂石開發未來走向參考。

#### （一）日本砂石料源多元化開發之經驗

日本砂石料源來源早期係以河川砂石為主，惟由於經濟高度成長，砂石骨材需求量不斷增加，又考量河川構造物之安全，許多河川開始禁採砂石，再加上政府機關之努力推動及砂石業者之配合，自一九七〇年代起，砂石開採由河川砂石轉型為多元化開發（河砂、陸砂、山砂、碎石及海砂）。日本砂石料源轉型為多元化開發相當成功，而台灣地區砂石料源開發所遭遇之問題與日本的經驗相似，故日本砂石料源多元化開發之演進過程極具參考價值，可作為國內推動砂石料源多元化開發之借鏡。

一九五五年起日本經濟高度成長，政府公共建設及民間建設大增，砂石骨材需求量逐年大幅成長，河川砂石生產量因而年年增加。河川砂石經多年大量採取利用後，於一九六三年起開始產生危害跨河構造物與護堤基礎安全之情事。神奈川縣在該年於發生危害之河川首先實施禁採砂石，日本政府亦於一九六四年修訂河川管理相關條文，強化河川砂石採取之管理，並輔導砂石業者多元化開發砂石料源，以期減少河川砂石生產量所占之比重。由於砂石骨材需求量持續成長，又河川砂石生產量日漸減少，再配合政府輔導砂石業者多元化開發砂石料源（中小企業現代化促進法提供減稅及低利貸款等措施協助砂石業者購置新的開採機械及生產設備，以利轉型至陸砂、山砂、碎石及海砂之開採；並給予轉型之砂石業者延長開採期限及增加開挖深度之優惠），陸砂（國內稱為平地砂石）、山砂（國內稱為坡地砂石）、碎石（國內稱為碎石母岩）及海砂之生產量占砂石總生產量之比重自一九六五年起日益增加；至一九七〇年，日本四十七個都道府縣大多已在轄內部分河川禁採砂石，河川砂石生產量不再一枝獨秀，陸砂、山砂、碎石及海砂產量的大幅成長不僅彌補河川砂石產量的遞減，還能滿足經濟高度成長對砂石骨材的大量需求，

維持砂石骨材穩定供應，自此進入砂石料源多元化開發時代。

## (二) 日本機製砂石骨材發展之經驗

日本砂石料源在一九七〇年以前係以河川砂石為主，在一九七〇年至一九八〇年間仍以天然砂石骨材為主，直至一九八〇年以後才轉型以機製砂石骨材為主。台灣地區目前正推動砂石料源多元化開發，並針對未來砂石料源由河砂轉為陸砂、山砂或碎石母岩，可能細砂來源較為缺乏而推動機械製砂。由於推動機械製砂與日本發展機製砂石骨材之經驗相似，故以下簡介日本機製砂石骨材發展之經驗，希可提供國內推動機械製砂參考。

日本砂石骨材生產來源可分為兩大類，一為天然砂石骨材，包括河砂、陸砂、山砂、海砂；另一為開採碎石母岩，加工碎解作為砂石骨材原料，即為機製砂石骨材，包括碎石及碎砂。由於河川砂石品質較佳，開採成本低廉，日本早期砂石骨材生產來源幾乎全部仰賴河川砂石，後來由於砂石骨材需求量隨經濟高度發展而大增，河川砂石生產量已不敷所需，再加上混凝土用碎石 JIS（日本工業規格）於一九六一年制定，碎石品質管理體制確定，銷售量自此逐年增加，並於一九七〇年起碎石生產量超過河川砂石生產量，成為最主

要的砂石骨材生產來源；混凝土用碎砂 JIS 於一九八〇年制定完成後，碎砂品質管理亦獲保證下，碎石（含碎砂）生產量隨砂石骨材需求量增加下再度提高，機製砂石骨材生產量從此超過天然砂石骨材生產量。由於河砂日漸枯竭，海砂主要生產地瀨戶內海又因環保問題，五年內可能全部停採，未來天然砂石骨材生產量可能減少，機製砂石骨材可預期將日益重要。

### （三）日本再生骨材再製利用之經驗

一九九〇年日本砂石骨材生產量達到最高點（九億六十四萬噸），倘砂石骨材需求量再繼續成長，可能面臨砂石料源不足的問題，惟發生經濟泡沫化之情形，砂石骨材需求量減少，砂石料源不足的壓力暫時得以舒緩。惟都市的再開發，老舊建築物的拆除，其所產生之廢棄物日益龐大，又機製砂石骨材生產後所產生之細粉量較大，廢棄土之問題日漸嚴重（棄置場設立不易，且原核准之廢棄土棄置場多已趨於飽和），為解決建設工程事業剩餘土方堆置場所一地難求之困境，及減輕未來砂石骨材料源不足之壓力，如何將砂石資源的回收再利用已成為當前的重要課題。

營建廢棄物中大部分為可回收利用之資材，該再生骨材

目前多利用於較次級之用料工程，由於日本政府規定路基填方必須使用再生骨材，且建設省將使用再生骨材列為招標工程條件之一，業者倘欲得標勢必採用再生骨材，故日本砂石骨材的回收再利用情形大幅提昇，尤其瀝青塊、混凝土塊及廢土料等再生利用率更已高達 90% 以上。

目前日本砂石骨材的回收再利用大多僅作為路基填方用，如何增加再生骨材再利用的層面，使再生骨材能再作為混凝土骨材，是其目前努力的方向。目前做法有二，一個方向是請 JIS 能制定再生骨材再利用之品質規範，如此將有助於促進業者投入該領域發展；另一個方向為加強廢棄物之分類技術，分類愈精細，再生骨材再利用的層面就愈廣。

## 二、砂石骨材供需現況

依據日本通商產業省生活產業局窯業室統計資料，日本在一九八八年時，全國砂石骨材之需求量為七億三仟五佰萬公噸，其主要用途為混凝土用計四億九仟五佰萬公噸（約佔 67%），道路用計二億四仟萬公噸（約佔 33%）；全國砂石骨材之供給量為七億三仟五佰萬公噸，其主要來源為天然砂石骨材計二億八仟九佰萬公噸（約佔 39%），機製砂石骨材計四億三仟萬公噸（約佔 59%），其他骨材（含進口骨材、爐渣、道渣、再生骨材及輕量骨材）計一仟六佰萬公噸

(約佔 2%)。其中天然砂石骨材生產量又可依來源區分為河砂計二  
仟八百萬公噸(約佔 3.8%)、山砂計七仟六百萬公噸(約佔 10.3%)、  
陸砂計一億一仟八百萬公噸(約佔 16.1%)、海砂計六仟七百萬公噸  
(約佔 9.1%);從日本歷年來砂石骨材供需統計表(表 5-1)可瞭解，  
日本自一九八一年起機製砂石骨材之年生產量已超過天然砂石，且  
其重要性正日益增加中。

## 陸、日本砂石採取業及碎砂業之概要

### 一、日本砂利採取業之組織

依據日本民法規定，公益法人係非以營利為目的之組織，有財團法人及社團法人二種。其差異為財團法人係先有基金，運用基金滋息推動業務；社團法人則是運用會員繳交會費來維持社團業務之運作。日本砂利協會（JSGA）於一九五五年經通商產業省許可，成立為社團法人，其宗旨為確保、開發、流通及調查研究砂利資源、健全發展砂利採取業與砂利販賣業及穩定供給日本國家經濟發展所須之砂石骨材；日本碎石協會於一九七〇年成立為社團法人，其主要業務為研究碎石產業發展之方向、調查碎石供需之情形、輔導業者碎石開發之經營策略、生產技術、公害防止及行政措施等。

由於經濟景氣持續不振，目前日本砂利採取業減少為 4300~4400 家，其中加入日本砂利協會之正會員有 3634 家（目前從事砂利採取者）、贊助會員有 61 家（未從事砂利採取，但從事相關設備生產者或研究單位）、非會員約 700 家，約 80%以上砂石業者加入砂利協會。目前採取砂石發生違法行為者多為非會員，砂利協會對其無約束力，且尚無法令強制規定砂石業者一定要加入砂利協會，故砂利協會建請地方政府指導非會員依規定開採或輔導其加入砂利協會。另由於碎石已成為日本最主要之砂石骨材來源，加入日本碎石協會之企業

已增加至 1475 家。

日本砂利及碎石採取業務，屬全國性事務者，由日本砂利協會或日本碎石協會統籌處理；屬地方性事務者，則有砂利及碎石採取協同組合或販賣協同組合協調處理。日本砂利及碎石採取業大多為中小企業，理應競爭激烈，但在砂利及碎石採取協同組合或販賣協同組合協調生產銷售業務下，訂定地區性統一價格共同經營，共謀業界合理之經營利潤，避免業者間惡性競爭削價，因此業者在開發砂石資源能有適當的投資報酬前提下，業者願遵循政府訂定法令與政策，並有餘力推動敦親睦鄰、環境保護與公害防治等措施。

## 二、日本砂石業界面臨之問題及目前努力的方向

日本砂石骨材供需由依賴河川砂石開採轉型為多元化開發，又再轉型為機製砂石骨材開採為主及發展再生骨材再製利用，由於砂石開採來源之轉變，社會對砂石開採行為之要求日趨嚴格，砂石業者面臨之問題愈來愈多，以下摘要簡介之：

(一) 依日本砂利協會之統計資料，目前土石採取場數共 5792 場，

從業員工數僅 19907 人，平均一場不到 4 名從業人員，顯示

從事本行業人數日漸減少，員工流失情形嚴重。

(二) 砂石開採型態多樣化（河砂、陸砂、山砂、海砂及碎石），由

於開採技術不甚相似，開採機具亦異，故砂石開採型態轉型



不易。

(三) 砂石產品單價過低(2000日圓/噸)，且附加價值評估不易，未能顯示在產品價格。(例如海砂須經除鹽始能使用，但售價並未因成本增加而提高。)

(四) 砂石生產量約有80%~85%售至預拌混凝土廠，由於附屬在建築業系統下，現日本建築業景氣尚未復甦，砂石業也因而無法好轉；未來即使景氣轉好，利潤亦多歸建築業。

(五) 可供開發之砂石骨材資源愈來愈少，開發涉及之環境保護問題愈來愈多，如何持續穩定供給砂石骨材之需求，已成為急需解決的問題及努力的目標。

(六) 勞動災害發生率日趨升高，勞工工作安全之問題日益嚴重。

日本砂利協會為解決面臨之問題，目前努力的方向如下：

(一) 對於因景氣不佳致營運狀況不理想之砂利採取業者，日本砂利協會運用政府補助之金額，支援其度過難關。

(二) 開發涉及環境保護問題時，建請環境廳在通商產業省地質調查研究所調查清楚爭議點後，再根據發生之原因，決定是否禁採。

(三) 天然砂石骨材供應量日漸減少，五年後建築物屆齡重建所需砂石骨材量甚大，協調混凝土業接受天然砂石骨材與機製砂

石骨材以適當比例混合使用。

(四) 為解決未來可能發生之砂石骨材資源枯竭現象(砂石骨材資源係屬無法再生之耗減性天然資源，經開發使用後，自然會日漸減少而產生枯竭之現象；隨者社經之發展，人為限制開發地區日益擴大，造成可開發之砂石骨材資源地區日趨縮小，最終將致砂石骨材資源不足之情形。)，建議由政府負責調查砂石骨材資源蘊藏處，提供業者資訊，以利後續之開發；並請政府放寬開發之相關規定，以利開採砂石時，能將該地區之砂石資源完全開採出來，不會發生浪費之情形。

(五) 目前違法採取砂石致影響砂石採取業聲譽者多為非會員，惟由於砂利協會對非會員無約束力，且尚無法令要求砂石採取業者應加入砂利協會，故砂利協會建請地方政府加強指導非會員之砂石採取業者能依規定開採，不致影響合法開發之業者。

(六) 請砂石採取業者做好敦親睦鄰之工作，俾利砂石開發能持續作業；另應賡續提昇砂石開採之技術，環境保護與公害防治等措施，並降低勞動災害意外之發生。

### 三、藉由日本經驗展望本國砂石採取業之發展

因應社經發展所需砂石量及考量各種砂石骨材之蘊藏量與可採

量，日本砂石業有秩序的轉型發展，並不斷提昇砂石開採之技術，環境保護與公害防治等措施及將加強敦親睦鄰工作，使民眾不排斥砂石採取業，砂石產業得以永續發展。其成功之經驗顯示，除政府法令引導外，全國各類砂石骨材協會直接或間接參與協助政府監督及管理砂石業者，當居首功。

日本優秀之公務人員退休後，政府輔導其至全國各類協會就業，並借重其所長，協助業者瞭解及遵守法令，並將業界實務執行窒礙難行處，建請相關主管機關修正法令。協會扮演橋樑之角色，加強政府及業者的溝通，使得政府各項政策不僅推動較易，亦能配合實務適時加以修正。

日本為強化砂利採取之管理，法令規定部分砂利採取行為應檢附砂利協同組合之擔保，使得日本砂利協同組合之地位深具影響力。由於該組織核心幹部熟悉政府之法令及政策，不僅能掌握砂石採取業者之開採動態，亦可兼負監督輔導砂石採取業者之功能，且能在面對經濟景氣低迷之時機，調配砂石市場之供需，帶領砂石業者共渡難關。

日本砂石產業在各類砂石骨材協會及協同組合之帶領及協助下，建立砂石資源開發利用之良好產銷制度，且在此一良性產銷秩序下，砂石業者能獲得合理的利潤，並將砂石資源開發利用作為其

一生之志業，願意遵循政府之法令與政策，並投資研發砂石開發之永續多元發展，提昇開採技術、環境保護及敦親睦鄰等工作，與民眾建立良性互動，使砂石採取業能永續經營。

由於公平交易法之限制，我國砂石公會無法像日本砂利協會等組織一般，協助業者調配砂石市場之供需。當未配合砂石需求量調整砂石生產量時，不僅業者無法獲得合理之利潤，且易造成砂石資源之浪費，長期如此，更產生劣幣逐良幣之情形，合法並願意投資改善砂石開發環境者，在不堪價格競賽之虧損下，只得退出市場。為解決此一問題，建議引用日本經驗，政府適度賦於本省砂石公會一定權責，促使其帶領同業良性發展，改善砂石開發投資環境，並協助砂石業者遵循政府之法令與政策開發砂石，進而提昇砂石開發相關之技術、環保、水保…等等事宜，使民眾重拾對砂石開發之信心，且砂石採取業能在合理的利潤下合法經營，供給國家經濟發展所需之砂石骨材。

## 柒、日本陸上砂石採取

### 一、日本陸地砂石採取

#### (一) 陸地砂石採取之申請

日本所稱陸地砂石(即為我國平地土石),指賦存在平地地表以下之土石,包括河川區域外沖積扇、沖積平原、舊河床、台地及盆地等賦存之砂石,以靠近河川之農地為採取目標。日本為保護農地並兼顧社會變遷、農地開發合理利用等需要,訂定「農地轉用許可制度」,作為農地申請轉用為農業加工廠或倉庫或建屋等審核之依據。申請採取農地砂石,亦依照該制度審核辦理。

日本農地依地域與特性等區分為五種,其圖面說明如圖7-1,其中第三種及第二種農地,原則上是可以申請採取底下之砂石;至於第一種、甲種農地及農用地區域內農地等三種農地,原則上是不容易獲准採取砂石,但是如果所申請開採的砂石是作為地方上公共、公益事業用途,如道路、橋樑、鐵路、公共建築、社區福利等興建所需要砂石的話,通過地方政府審查許可,還是可以獲准採取的。農地砂石採完,要回填恢復農用。

農地底下砂石之賦存厚度,與河川地域不同而異,日本

原限制採取深度為 8 公尺現放寬為 10 公尺，倘經鑽探得 10 公尺以下還有砂石賦存，可掘深至 15 公尺，但必須檢附地質鑽探資料報告。

申請採取農地砂石之書件，應依照「砂利採取法」及「農地轉用許可制度」所規定之書件，具備申請採取人登錄書、農地所有人轉用同意書、土地謄本、採取業者與農地所有人之契約書、砂石採取計畫書圖、及第三人保證將來砂石採完恢復農業使用並有銀行存款證明的保證書、及當地協同組合連帶保證書等申請書件，詳如下表：

	書 圖	件 備	考
1	位置圖	5 萬分之 1~1 萬分之 1	
2	周邊地形圖	5 千分之 1~2 千分之 1	
3	地籍圖	採取區域及其鄰接之土地編號及所有者明示圖內	
4	實測平面圖	5 百分之 1 以上	
5	災害防止相關之保安設備等配置圖	5 百分之 1 以上	
6	面積求積圖	5 百分之 1 以上	
7	採取量計算書	(採取)	
8	實測縱斷面圖	5 百分之 1 以上 (採取)	
9	實測橫斷面圖	5 百分之 1 以上 (採取)	
10	沉澱池及調整池設置時斷面圖	5 百分之 1 以上	
11	洗選設備配置圖	5 百分之 1 以上	
12	砂石運搬出入路線圖	5 萬分之 1 以上	
13	砂石採取業者登錄通知書		
14	砂石採取業務主任試驗合格證書影本		
15	保證書		

16	誓約書	
17	砂利採取取得土地所有權人同意使用書面證明	契約書及同意書
18	土地登記書謄本	申請書提出前參個月
19	鄰接土地所有者等之同意書及其他相關書件	
20	耕地回填土砂能恢復原耕地使用書面保證書	
21	其他相關法令規定應許可之書面證明	許可書件影本或同時提出申請之書面證明
22	地下水位鑽探檢測不影響資料	採掘深超過 10 公尺應附送
23	年次別採取計畫書	採取期間 1 年
24	申請地之現況照片	
25	其他有關縣政府規定書件： ◎採取場周邊運輸道路通過學校，取得校長協議之證明書件。 ◎填土提供者之採取許可書及耕地表層土堆置認可書之影本。 ◎排水同意書。	

(註：地下水位高之地區以採取深 5 公尺為原則，不得超過 9 公尺深為限，超出採掘深 9 公尺者應檢具第 22 項地下水位鑽探檢測不影響資料)

申請採取農地砂石之流程如下：

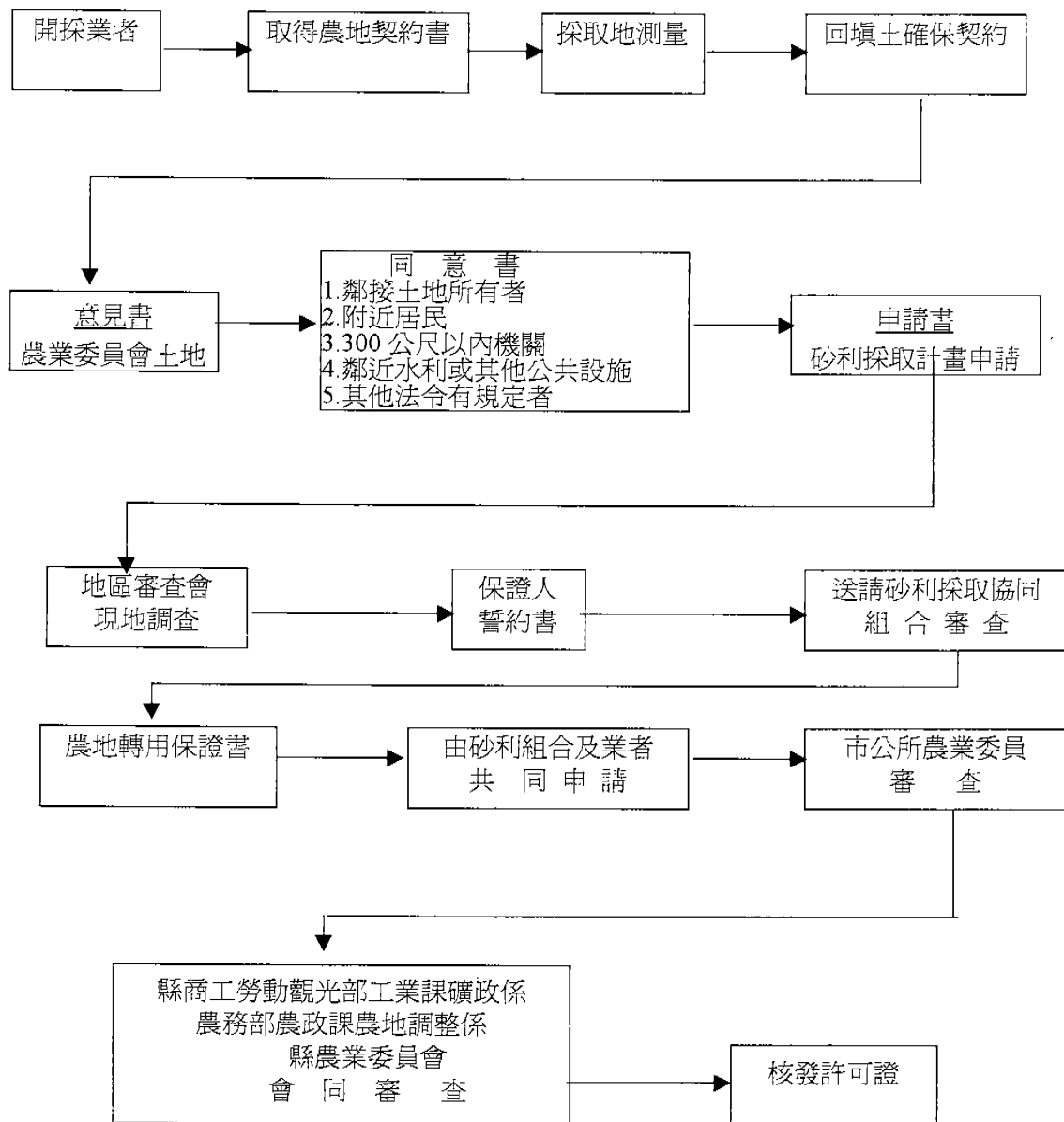
1. 日本於平成 12 年(2000 年)四月實施地方分權制度，並修正「砂利採取法」相關條文，申請採取農地砂石業者具備上開申請書件，透過所屬之砂石採取協同組合向當地都道府縣提出申請，由都道府縣主辦砂石採取業務單位審查並經會農林、水土保持、環保、地政、建設、交通等有關單

位共同審查，於二個月內即作出准駁。

2.倘申請採取農地砂石面積在四公頃以上，都道府縣轉報農

林水產大臣取得許可後，再行核辦。

3.農地砂石採取申請及許可流程，如下表：





政府要求農地砂石應以分期分區規劃採取為原則，通常採取業者與農民簽訂自採取至回填恢復農用之休耕補償契約以一年為計算單位，故行政機關對農地砂石採取許可期間一般為一年，最長為三年。期限屆滿，而砂石尚未採完業者在沒有違反相關法令規定情形下，一般申請展限是會被許可的。

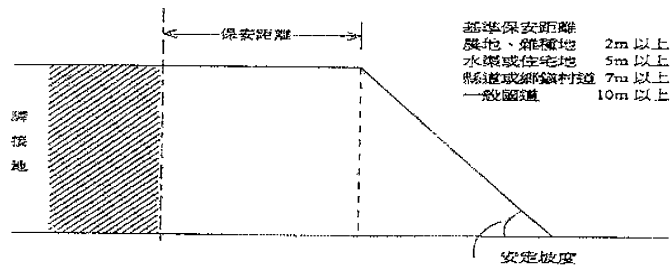
採取業者於申報開工後三個月、每隔一年及採完回填申報完工時，都應檢具現場照片等書件向都道府縣申報。

據業者表示，開採農地砂石，一般休耕補償費以一年為計算單位，折算每噸砂石支付約 60~150 日圓，開採成本每噸約 300~350 日圓，回填費用約 500~600 日圓，運費每噸約 800~900 日圓，目前砂石每噸售價約 1900~2000 日幣，則砂石每噸利潤約 100~200 日幣。由此可見日本砂石業者在有合理利潤下，有能力去做好環保及水土保持等方面措施。

## (二) 陸地砂石採取技術

採取陸地砂石，有關安全距離、採掘深度及方法，依下列辦理：

1. 與鄰接地應留之安全距離，視鄰接地之構造物而不同，如鄰接地為農地其安全距離為 2 公尺以上，如鄰接地為住宅或水渠其安全距離為 5 公尺以上，詳如下圖：



2. 陸地砂石採掘深度以 15 公尺為限，超過 10 公尺者，應檢具鑽探報告。
3. 採掘深度超過 5 公尺以上，以分階開採為原則，其採掘面安定坡度在 65 度以下。
4. 採取場四周應予圍籬與區外隔離，並設置警示標誌，對原有灌溉、排水設施應妥善維護。
5. 農地砂石採掘採掘跡地回填作業，回填物最上層應以原有土壤或可耕作之壤土回填 30 公分以上，其次層回填壤土不得少於 100 公分（作為水田使用者應回填黏土），最下層回填坡地碎土石或營建剩餘土石方或採石場廢土石等回填料，嚴禁使用垃圾或有害物質回填。

### (三) 觀摩陸地砂石採取及加工

1. 岐阜縣揖斐川業株式會社橫井陸砂採取場及神戸工場(砂石碎解洗選)概況

#### (1) 橫井砂石採取場概況

A. 基本資料：

橫井砂石採取場係採取農地砂石，申請面積 4.0744 公頃，該會社與農地所有人簽約自採取至回填復整之休耕補償費以一年為計算單位，每 1 公頃休耕補償費為日幣 65 萬元，故都道府縣許可期限為一年。目前已開挖面積約 2.5 公頃，邊採邊回填方式作業，附近的農田一部分已被採取砂石完罄恢復農耕使用。

B. 開採情形：

該會社取得採取許可後，農地砂石採取區與鄰田有田埂相隔，採取業者先於採取場四周測訂界樁，並以鐵絲網圍籬(高度 1.2 公尺，用鐵絲網目的，讓居民隨時看到採掘、回填作業情形，以及防止閒人滑落)，面臨農路設立大門加鎖及豎立採取場標示牌，自採取場四周退縮三公尺作為緩衝帶。

採取作業，先使用挖掘機將原有表土壤挖取暫堆置四周緩衝帶(堆成等腰三角型，堆置高度約 1.2 公尺，兩邊坡度約 45°，坡面已植草保護防止雨水沖蝕)，又可作為隔音牆。將採區劃分二區先由裡面一區向下挖掘，於地表下二公尺即有地下水湧出(依現場人員表示：因位

於平地，未將地下水抽取，所以不影響附近地下水位；而地下水位依季節不同而有所不同，冬季時水位較低)，故採掘作業分二階段，先以挖掘機向下採掘二公尺，邊坡斜度為 45~50°，地下水位以下挖掘機則改裝以抓斗採掘，為掌控採掘深度，吊索上標示挖掘之深度。所挖掘出砂石先堆置一處，另一堆則是已放置 24 小時經自然濾水後，以 10 噸框式傾卸車搬運至數公里距離之該會社所屬神戶工場碎解加工，每月採掘砂石量約 25000 立方公尺。

目前於第二區進行採掘砂石與搬運工作，同時於採罄之第一區以傾卸車自數公里外之石灰石礦山劣質山土搬運回填跡地作為最下層之回填物，現場開採情形如照片 7-1、7-2。

據業者表示：(1)回填物來源為山土石或營建工程廢棄土石等，視該地區地質特性並經與農地所有人協議後辦理。又採罄回填之農地，交還地主後有五年之保證期，倘有沉陷等情事，該會社仍負起回填責任。(2)附近多處農地經由該會社採取農砂後，回填地力更新恢復農用，第二年收成才會顯著增加，實況如照片 7-3。

採取場出入口設置噴水，利用循環水清洗卡車輪胎  
污泥，採取場銜接農產道路之運搬道鋪設碎石，以免車  
輛輪胎夾土砂污染路面。運搬車輛車窗張貼採取砂石公  
司字條，行人可清楚看見，使駕駛員有榮譽感，不致違  
規，如照片 7-4。

## (2) 揖斐川業株式會社神戶工場概況

### A. 基本資料：

神戶工場為砂石碎解洗選工場，建於岐阜縣揖斐川  
(屬一級河川)堤防外，早期砂石料源採自河川，於昭和  
40 年(1965 年)政府禁採揖斐川砂石，而轉向農地採取砂  
石迄今，該會社將所經營之橫井砂石採取場所採出農地  
砂石，運回該工場碎解洗選及銷售。

### B. 工場情形：

神戶工場原係碎解河川砂石，後來轉為碎解農地砂  
石，機械設備逐遞更新，由中央電腦操控所有機器運轉，  
目前有原石進料台、粗碎(一次碎)、中碎(二次碎)、細  
碎(三次碎)之碎石機、篩選機、洗砂機、分級機、輸送  
帶、推土機等，污水(循環)處理並建各粒度砂石產品儲  
倉，以防粉塵污染環境，每月最高可生產供應混凝土及

瀝青道路級配用之粒度 25~20mm、20~05 mm、15~05mm 碎石及 5~0.075mm 砂計 10 噸，目前因建設緩和，月產砂、碎石僅 5 噸，工場現況如照片 7-5、7-6。

該工場抽取地下水作洗選用水，並設污水循環處理，壓縮處理生產泥餅運至附近該會社經營之農材部加工，混合泥煤及化學肥料等物質作為稻苗及園藝等培養土。

## 2. 岐阜縣加藤物產株式會社揖西第二事業所屬子牛陸砂採取場概況

### A. 基本資料：

子牛砂石採取場係採取農地砂石，該會社與農地所有人簽約自採取至回填復整之休耕補償費以一年為計算單位，許可年限為一年。申請面積 1.3864 公頃，目前開挖面積約 1 公頃，邊採邊回填方式作業，附近的農田一部分已被採取砂石完罄恢復農耕使用。

### B. 開採情形：

採取場面臨農路為大門設有加鎖及採取場標示牌；採取場與鄰田有田埂相隔，四周訂有界樁，並以鐵絲網圍籬，自土石區界線退縮三公尺作為緩衝帶。

採取作業，先使用挖掘機將原有土壤暫堆置四周緩衝帶(堆成等腰三角型，高度 1.2 公尺，兩邊坡度約 45，坡面已植草保護防止雨水沖蝕)，又可作為隔音牆。因採區中部有農田灌溉溝渠貫穿，而分兩區同時進行採取，兩個採區均先由裡面往外挖掘，所挖出砂石集中堆放或直接裝上 10 噸傾卸車搬運至數公里外之該會社所屬工場碎解加工。

目前正進行採取砂石挖掘與搬運工作，尚未回填復整，開採情形如照片 7-7、7-8。

### 3. 埼玉縣埼玉產業開發株式會社熊谷工場(砂石碎解洗選)概況

#### A. 基本資料：

埼玉產業開發株式會社早期於昭和 34 年(1959 年)起採取荒川(一級河川)砂石，昭和 40 年荒川實施禁採砂石，該會社轉型至陸地採取農地砂石。昭和 46 年該會社利用農地砂石採罄之凹跡地，申請核准建造熊谷工場從事砂石碎解洗選(即現址座落埼玉縣熊谷市區)，佔地面積 1.3 公頃，砂石碎解洗選機械設備則建在地面下七公尺之舊採掘跡凹地，以降低碎解洗選機械所發出噪音。

## B.工場情形：

該工場現有砂石碎解、洗選及污水處理、泥餅回收等設備(如前述神戶工場之一貫碎解洗選設備)，月產混凝土用砂石 40~25mm、25~5 mm、5~0mm 及預拌混凝土用碎石 20~5mm 等計 7 萬噸，並可依顧客之需求生產各粒度之砂石。

該工場為維護環境清潔，載運砂石車輛出場時，利用從地下至地面上坡車道設置自動噴水清洗輪胎，清洗完後之廢水沿水溝流至低處再抽至沉澱槽循環利用。

該會社鑒於廠區周圍附近陸續開闢道路及建住家，為降低碎解洗選機械所發出噪音及粉塵等污染，將馬達機具加蓋封閉及加設吸塵設備，並於廠房四周植樹以達到隔音及綠化效果。洒水車及清掃車沿廠區四周砂石車運輸道路每日定時洒水及清除掉落之砂石或汙泥做好環境清潔，現場如照片 7-9、7-9-1、7-10。

本次觀摩適逢下雨，研習人員未能前往該會社所經營農地砂石採取現場觀摩採掘、回填及植生等情。

## 二、日本山地砂石採取

### (一) 山地砂石採取之申請



日本所稱山地砂石(即坡地土石)，包括下列三種岩層：

- 1.坡地礫石層：指原沉積膠結之礫石層，經造山作用隆起而成者。
- 2.坡地砂土層：指原沉積之砂砂、黏土及一般土層，經造山作用隆起而成者。
- 3.碎石母岩：指以岩盤或岩體型態賦存，經開採碎解做為骨材者。

山地砂石有山砂、碎石母岩。申請採取山砂，依「砂利採取法」之規定辦理，之申請採取碎石母岩，依「採石法」之規定辦理。業者備具申請書件向都道府縣申請採取。

## (二) 山地砂石採取技術

山地砂石受地理環境因素所限制，在日本可供開發利用之地區不多，對其採取許可及管理規定甚為嚴格。採取山地砂石以「確保安全距離，以安定坡度採掘」為大原則，砂石或土石之崩潰，是本身重量及由上方作用之外力，要防止崩潰時須將砂石或土石內部磨擦力與黏著力必須克服上述二種力量之狀態，在正常狀態下能保持安定，有關安定坡度之標準值如下表：

種類		垂直 1.0m 相對之 水平距離 (m) :	角度 (°)	
砂		1.5	約 33° 41'	
砂	石	堅固緊密者	1.0	45°
		堅固不緊密者	1.2	約 39° 48'
土	堅固緊 密者	高度 5m 以內	0.8~1.0	約 51° 20' ~45°
		高度 5m 以上	1.0~1.5	45° ~約 33° 41'
	堅固不 緊密者	高度 5m 以內	1.0~1.5	45° ~約 33° 41'
		高度 5m 以上	1.5~2.0	約 33° 41' ~約 26° 34'

(資料來源：日本骨材資源工學會會長 岡村宏博士提供)

開挖與鄰接地應留安全距離視鄰接地構造物特性不同為 2 公尺以上、15 公尺以下。採掘方式，應以露天階段方式由上往下開採，並應視地形及岩層地質構造，規劃布置作業中採掘面之高度、傾斜度及平台寬度，以及採掘面最終殘壁階段高度、殘壁傾斜度及殘留平台寬度。有關作業中採掘面布置(高度、傾斜度、平台寬度)及採掘面最終殘壁布置(高度、傾斜度、平台寬度)規劃原則如附圖 7-2、7-3。

坡地採取砂石，為防止土石採取場採掘面不安全崩塌及鬆石掉落，應採取：(1) 作業上足以造成危害之表土應預先清除。(2) 採掘面之危險鬆石應予清除。(3) 採取場及主要運搬道路應設置排水設施等防範措施。

有關開發所造成之環境污染與公害防治，訂定有完整審查及管理制度，砂石業者需提出完整之開採計畫，包括：採掘安全距離、緩衝帶設立、砂石碎解過程之廢水處理設計，

及粉塵、噪音、振動之控制、運輸車輛輪胎清洗、卡車超載防止、運輸路線規劃及交通安全、作業時間限制、地表逕流水沉澱池規劃、土石流失防止計畫、地下水流失及污染防治、水土保持措施、植生綠化景觀維護等，並需做好敦親睦鄰。多年來，業者在強烈的社會責任感意識型態下，均願意投下鉅額資金做好公害防治、美化環境及敦親睦鄰工作。

### (三) 觀摩山地砂石採取及加工

#### 1. 埼玉縣第一石產運輸株式會社小川工場、花園工場概況

基本資料：埼玉縣第一石產運輸株式會社所屬關係企業有小川工場、花園工場，早期從事山砂開採、碎解洗選及販賣。花園工場於平成 4 年(1992 年)拓建再生骨材機械，增加營建廢棄物再生利用等多元化經營。該會社將採取場所採之山砂運回所屬上述兩個碎解洗選場加工，並外購原石及廢骨材加工生產。

#### (1) 小川工場砂石碎解洗選情形

小川工場位於埼玉縣比企郡地方，場地 2.5 公頃，設有有原石進料台、碎石機(粗碎、中碎、細碎)、篩選機、洗砂機、分級機、輸送帶等設備，及污水處理並建造各粒度砂石產品儲倉，以防粉塵污染環境，馬達、篩

選機及輸送帶等機具加蓋封閉以減低噪音，每月最高可生產混凝土用碎石粒度 25~20mm、20~05mm，及 15~05mm 砂石總計為 60 萬噸以及碎砂 48 萬噸，現場如照片 7-11、7-12、7-13。

(2) 花園工場砂石碎解洗選情形：

花園工場座落埼玉縣大里郡花園町地方，於昭和 32 年(1957 年)建廠，設有碎石機(粗碎、中碎、細碎)、篩選機、洗砂機、分級機、輸送帶及污水處理等設備，每月可生產砂石粒度 25~20mm、20~05mm、15~05mm 總計為 12 噸。

平成 4 年(1992 年)增建再生骨材機械設備，有粒度調整、造粒工場各一式及骨材再生工場一式，目前場地拓寬為 9 公頃，原料收購營建工程廢棄混凝土塊及混凝土二次製品之廢材，經破碎、磁選、過篩及分選處理後，目前年產粒度 40~0mm、30~0mm 10~0mm 之碎石計約 120000 噸、碎砂約 60000 噸及再生骨材約 24 噸等，並依客戶需要生產其他粒度之砂石，現場如照片 7-14、7-15。

(3) 第一石產運輸株式會社所經營之山砂採取場現況

該會社現有之山砂採取場，位於所屬小川工場附近山坡，已開挖面積約五公頃。由最高頂處以挖掘機截頭式往下採掘砂岩，每降一階高度為 5 公尺。西邊與鄰地距離 50 公尺時，即留設護坡並布置採掘階段繼續向下採掘，所採出岩石以傾卸車運至山下小川工場碎解加工，開採情形如照片 7-16、7-17。

## 2. 京都府城陽市山砂採取

### (1) 城陽市山砂採取概況：

京都府城陽市山砂採取業者除組成「近畿砂利協同組合」團體外，另於平成元年(1988 年)依據日本民法組成「城陽山砂利採取地整備公社」公益法人，成員包括「近畿砂利協同組合」、京都府、城陽市及相關單位成員組成而成，對城陽山東部丘陵地山砂規劃採取，及採掘跡地作有效土地二次利用，並就災害的防範、道路開闢、排水及植生綠化等相關事宜統籌規劃處理。

城陽市早期開採山砂面積達 430 公頃，原由 15 家加盟會社共同開採 15 年之久，所有採區均屬該公社之私有地，目前採取業者僅 13 家。現該公社進行採掘跡地之回填、復整後土地利用之規劃，於規劃中已有高速公路、

住宅區、文教區、工業區等多種用地。依照該公社估計城陽市山砂採取後，所需回填料源約 650 萬立方公尺，主要以公共建設殘土、品質不好之山砂及汙水處理後之泥餅作為回填料源，禁止使用產業廢棄物回填，為確保回填公共殘土符合土壤環境基準，該公社對各採區回填物進行採樣化驗(檢驗費用由回填業者支付)。公社估計每年收受公共建設殘土約 35~40 萬立方公尺，利用收受公共建設殘土之收費(1600 日圓/M<sup>3</sup>)作為公社營運事業推展開發計畫資金。

為敦親睦鄰，每月有三次由公社派員打掃市區搬運車輛經過道路及協助指揮交通等。

(2)玉井開發株式會社玉井山砂採取場及長尾組山砂採取場概況：

A. 玉井開發株式會社玉井山砂採取場情形：

玉井開發株式會社係上述「城陽山砂採取地整備公社」成員，辦理木津川（一級河川）之支流長谷川附近山坡地山砂採取及回填復整二次土地開發規劃等事宜，並配合新闢砂石專用車道貫穿土石區，以階段方式向下採掘山砂外，對舊採掘跡地及剛採掘完罄跡地進行

回填復整，目前完成回填部分地區已作為杉樹植生區、百果園區等，現場如照片 7-18、7-19。毗連有早期之山砂採取場，由於當時砂石採取法令並不週延，致採掘殘壁形成陡峭，如照片 7-20、7-21。

B. 長尾組山砂採取場情形：

長尾組採取場位於玉井會社山砂採取場附近，座落木津川（一級河川）之支流長谷川附近山坡地，配合毗鄰新關第二高速公路所需土方，以階段向下採掘山砂，尚未回填復整，現場如照片 7-22。

3. 岐阜縣多治見市大田開發株式會社高田礦山採取場及碎解洗選工場概況

(1) 基本資料：

高田礦山座落岐阜縣多治見市郊山坡地，原係為開採粘土，其礦業權依據礦業法申請設定。所採粘土，供陶瓷窯業原料用，因粘土層(厚度 15~30 公尺)上盤為厚約 50 公尺之砂岩所覆蓋，故申請批註開採同一礦床共生土石。

(2) 開採情形：

粘土礦區位於山坡，面積約 10 公頃廣闊，該會社

為避免以露天截頭式採掘場裸露影響景觀，而退縮至山嶺線內布置階段方式由上往下開採。粘土層上磐為砂岩，故採掘分別作業為：A. 先開採砂岩，B. 後開採粘土。分述於下：

A. 開採砂岩情形：

以挖掘機將砂岩上面之表層覆土清除，覆土運至數百公尺外之山下平坦處暫時堆置，作為採掘完後客土植生用，在土堆上面撒草種，現已叢生防止沖失。

於山嶺線內，計畫採取區域之砂岩層布置階段方式由上往下開採，作業中每階段高度為 10 公尺，平台寬度為 2 公尺，傾斜 45° 向下逐階段採掘砂岩至著粘土層而停止告一段落。

經布置階段已開挖完成之區域，該會社計畫日後再擴大採掘，目前未予植生，現場情形如照片 7-23。

B. 開採粘土情形：

同樣以布置階段方式由上往下開採，作業中每階段高度為十公尺，平台寬度為二公尺，傾斜 45° 向下逐階段採掘粘土，以傾卸車直接運至附近陶瓷窯廠，視市場需求月產粘土 1 千至 1 萬噸，現場情形如照片 7-24。



(3) 砂石碎解洗選工場情形：

毗鄰採取場山下建有砂石碎解洗選工場，有粗碎、中碎、細碎之碎石機、篩選機、洗砂機、分級機、輸送帶、推土機及污水處理設備等，為減低噪音，馬達均予覆蓋。月產碎石粒度 25~20mm 及碎砂 5~0.075mm 計 3 萬噸，另所產生之泥餅因顆粒細，與粘土礦一併銷售，有關現場情形如照片 7-25。

4. 東京都大博建設株式會社碎石母岩採取場及碎解洗選工場概況

(1) 大博建設株式會社碎石母岩採取場現況

A. 基本資料：

該會社於四年前，將座落別處所屬碎解洗選工場遷至東京都近郊八王子區公路旁，該區原屬山砂採取場採掘跡地經整復後建廠作為碎解洗選工場，並於廠區後方之山坡地申請設定土石區，開採碎石母岩。

廠址位於前往日本關東地區三大名勝風景區-高尾山自然動植物園之公路旁，行政機關經過環評、水保等審查後始許可設為碎解洗選工場與土石採取場，毗鄰有興建高速公路及隧道施工中。

B. 開採情形：

土石區左側為已採罄之碎石母岩採取場，殘壁階段經整復客土並種植樹苗完成。續於右側申請設定採取場，以露天階段方式由上往下開採碎石母岩。

先以挖掘機開闢上山作業道路至嶺頂，鏟除覆土，表土運至毗鄰正興建中之高速公路邊坡客土用。

因砂岩覆土厚，繼續以挖掘機及推土機等鏟除覆土外，並布置階段由上往下開採碎石母岩，經傾卸車搬運至山下碎解洗選工場。倘遇緻密堅硬砂岩時，以鑿岩機鑿孔少量爆炸物施予爆破。

採掘完罄之殘壁，依所提水土保持計畫整復與綠化，有關現場如照片 7-26、7-27。

(2)大博建設株式會社碎解洗選工場情形：

碎解洗選工場，設有粗碎、中碎、細碎之碎石機、篩選機、洗砂機、分級機、輸送帶、推土機及污水處理設備等，為減低噪音，將馬達、廠房均予覆蓋。月產碎石粒度 25~20mm、碎砂 5~0.075mm 等計 3 萬噸，另所產生之泥餅作為採掘機跡地回填及毗鄰高速公路邊坡填方用。

碎解洗選工場面臨前往高尾山風景區公路旁，該會社對廠區環境衛生綠化排水等均依照行政機關規定做好各項措施，譬如洒水車及清掃車定時作業，砂石搬運車輛出場時，車斗覆蓋要確實，車身及輪胎沖洗乾淨，現場如照片 7-28。

## 捌、日本的碎砂技術

### 一、碎砂（即機械製砂）之演進：

日本早期砂石採自河川，因經濟建設蓬勃發展，大量採取河川砂石，又上游築設水壩，致河床下降，砂石料源逐漸耗盡，為維護橋樑、河防等安全，日本於昭和 40 年(1965 年)起陸續對各一級河川實施禁採。砂石採取業者逐漸轉型朝向陸地、山地、以及海域等地區採取砂石，以供應建築混凝土粗、細骨材、道路填方及鐵路道渣等所需。由於海砂含有鹽份，如作為混凝土細骨材，需作除鹽處理，否則鹽份將造成鋼筋腐蝕，混凝土塊剝落，造成安全上問題。而陸地、山地及母岩塊石之砂石則為石多砂少，雖於碎解加工過程中，雖可生產砂，但砂產量約為砂石總生產量之百分之 20~30，未能滿足市場需求量，故業者將所生產之 2~3 公分之碎石，再經磨碎機械加工製成細小顆粒之碎砂（亦稱為機械製砂）作為細骨材使用。

碎砂之用途，與天然砂之混合使用為主，然天然砂逐漸枯竭及保護河防安全等因素，致使天然砂供應減少，對人造砂之需求量增加，相對碎砂品質之要求增大，並從粗砂到細砂，其粒形及物理性質要求接近天然砂之基準。

混凝土係由水泥、砂、碎石加水等拌合而成，凝固後對工程結構產生抵抗壓力之能力，視工程需要之抗壓強度，而決定各混合物

之重量配比。一般重量配比以 1：2：4 或 1：3：6(即水泥、砂、碎石之比)為最被常採用，故工程上混凝土之粗、細骨材數量之比例大約為 2：1。由上表可知，細骨材產量不足。而海砂數年內亦將陸續限採或禁採，將來勢必增加機製砂來供應細骨材所需。

日本對用在混凝土之碎砂，物理性質規格要求如下：

項 目	J I S 規格值
絕乾比重	2.5 以上
吸水率	3%以下
洗淨試驗之損失量	7%以下
安定性	10%以下
粒形判定實績率 (2.5~1.2mm)	53%以上

## 二、碎砂之設備及流程：

日本現有砂石碎解洗選場，一般均設有碎解機(粗碎、中碎及細碎)、篩選機、洗砂機、分級機等機具設備。從陸地、山地及母岩塊石所採之原石，經過粗碎(使用顎碎機作一次碎)使它成為粒度 20~10 公分碎石，經過中碎(使用錐碎機作二次碎)使它成為粒度 10~5 公分碎石，再經過細碎(使用錐碎機作三次碎)使它成為粒度 3~2 公分以下粒徑，可作為混凝土之粗骨材。在以上三次碎解過程中，都會分別生產少量碎砂；如為增加砂量，部分業者在三次碎解後，再

將粒度 3~2 公分以下碎石送入磨碎機細磨，即為機製砂（亦可由較細顆粒粒石或加工過之碎石再予細碎），生產粒度 4.75~0.075mm 之碎砂（美國標準篩 4 號至 200 篩之間）。

碎砂係將純淨碎石再磨碎製造而得，一般製砂生產方式，分為濕式與乾式兩種，其製砂生產流程如附圖 8-1。早期製砂設備採用棒磨機的濕式方式為主流，濕式方式必須有汙水處理設備，其過程所產生之泥餅，是以產業廢棄物，須加以處理，而提高增加設備費、機具維修及週轉資金等。乾式方式雖沒有上述之問題，及製砂成本便宜之優點，但有粒度分布、粒形，以及限制原料石之水份等問題。由於開發性能優越之乾式製砂機之商品化，目前可以生產高品質（粒形、粒度）碎砂，在日本乾式製砂設備有增加之趨勢。

製砂之機械種類，分為錐型製砂、立型衝擊、滾輪磨砂、籠型衝擊以及棒磨等製砂機，形狀如附圖 8-2。

三、從日本碎砂技術與經驗，展望國內機製砂之遠景：

日本從現有河川砂石、農地砂石、山地砂石及碎石母岩等碎解加工過程中，即可生產碎砂約佔砂石總生產量之百分之 30~40，及採取海砂、進口砂等補充，如需要增加砂量，則利用機製砂生產。

機製砂之生產係將碎石再一次破碎，其來源純淨，無天然砂之有機物、泥、貝殼、鹽份及其他有害物質等不良成分。由日本經驗，

若要生產較佳粒型細骨材，可由製砂機種類、篩網與料源相互配合，並顯示機製砂混凝土之抗壓強度方面之優越性，而天然砂因經長時間滾動及磨擦形成之圓形光滑之粒形，工作度則較河砂混凝土差是為其缺點。唯機製砂（碎砂）基本物理性質如何？作為混凝土細骨材之工程性質與河砂混凝土之間差異性如何？正進一步探討研發中。

目前台灣地區機製砂生產細骨材與由河砂水洗生產細骨材之成本差距不少，一般碎解洗選場生產機製砂係處理剩餘砂石或補充生產不足之河砂，業者普遍認為製砂機之配件耗損大，機器價格亦高，尚未能專用作為生產細骨材之機器。

台灣目前砂石百分之 80 來自河川，自 89 年 8 月高屏大橋橋墩坍塌發生後，預計對河川砂石予以禁採或減產，雖然海砂亦為砂源之一，但其細度模數（FM）偏低及含有貝殼等雜質，非混凝土優良細骨材，且海砂含有鹽份，如作為混凝土細骨材，需作除鹽處理，將來勢必轉型至陸上砂石開採，而陸上砂石特徵為砂少石多，屆時砂源必然短缺，預估將需要大量使用機械製砂來滿足市場之需求。

## 玖、日本陸上砂石開發之土地二次利用概況

學習歐美國家利用廣大露天採掘礦場或煤礦之採掘跡地，整復成人工湖或滑雪場等實例，日本骨材資源工學會約二十年前於日本提倡「跡地整復」之構想，建議砂石資源採取後之跡地應整復，俾供土地二次利用使用；近年來，日本土地二次利用做法已不再侷限於上開方式，亦有配合國家發展政策及區域經濟發展計畫，俟土地利用方式決定後，再配合該政策或計畫擬定砂石開發計畫開採者。此種配合政策或計畫的砂石開採方式，不僅可節省發展計畫開發之費用，亦可在兼顧環境下附帶取得砂石資源。這種新的土地二次利用方式能獲致更大效益，且更為社會大眾所接受，已成為日本砂石業者土地二次利用規劃之新趨勢。

日本砂石業者開發陸砂（平地砂石）之土地二次利用規劃，大多採回填後恢復原農業用途使用；有時因應政府規劃或民眾意見，開採後跡地不回填，順勢開發為人工湖，作為休閒場所，並有蓄水、供水、地下水補注及遊憩等功能。

至於開發山砂（坡地砂石）及碎石（國內稱為碎石母岩）之土地二次利用規劃，可作用途較廣，常見之規劃用途如下：

- （一）倘地方政府、附近居民及土地所有權人對土地二次利用用途無法達成共識，則該跡地先予以植生綠化，俟未來達成共識



後，再行規劃。

(二) 土地回填後，植草做為牧場，畜養牛馬等牲畜。

(三) 土地回填後，栽植果樹，開闢為果園。

(四) 倘舊採掘跡與所屬碎解洗選加工場毗鄰，可配合作為沈澱池，  
或作為水池飼養鴨鵝，供該碎解洗選加工場污水排放水質調查  
檢測之用。

(五) 配合國家發展政策及區域經濟發展計畫擬定砂石開發計畫或  
採掘跡地整復計畫，例如阪神第二高速公路公告路線，在該  
路線上之砂石採取區，尚未開發者可配合該高速公路興建計  
畫擬定開採計畫，已開發者，則配合該高速公路興建計畫修  
正採掘跡地回填整復計畫；亦有配合當地政府規劃之造鎮計  
畫擬定砂石開採計畫者，開採賦存於該規劃地區（大多為山  
丘或台地）之砂石，做為新市鎮開發營建所需砂石骨材使用，  
並將該區坡地開發出之次級山砂石充作回填料源整復跡地，  
這種做法，不僅建造新市鎮解決居民住的問題，提昇土地利  
用價值，亦可節省開發成本，可收一舉數得之效。這種配合  
政策及發展計畫擬定砂石開發計畫的方式，不僅可採取砂石  
骨材資源，亦可促進土地利用價值，並導正民眾對砂石產業  
僅有破壞沒有建設之偏差觀念，

日本申請土石採取將土地二次利用列為重點之一，倘政策法令或區域經濟發展計畫已決定區域土地最終利用方式與使用配置者，砂石業者即配合該政策及計畫採取砂石；對於尚無特定規劃發展地區，倘當地政府、當地居民及業者達成共識，則依該共識擬定土石採取計畫及土地二次利用計畫，倘無共識，則暫時採植生綠化方式，並俟達成共識後，再依共識擬定土地二次利用計畫；由於部分土石採取開發時間較長，開發後，倘時空環境變遷過大，致原先擬定之土地二次利用計畫不符目前所需時，得依新的共識申請修正土地二次利用計畫。總體而言，日本土石採取之土地二次利用規劃不僅具前瞻性，且能兼顧自然環境保育與土地資源利用，儘可能照顧到開發區域大多數人之利益，並考量時空環境之變遷，保持土地二次利用規劃之彈性，整體考量頗周全，值得本國學習。

## 拾、日本砂石骨材開發及事業廢棄物再利用所面臨之環境保護、及法規等相關問題

### 一、瀨戶內海之海砂開採與環境保護相關問題

#### (一) 何謂瀨戶內海

依據日本「瀨戶內海環境保全特別處置法」第二條規定，瀨戶內海係指下列所述之直線及陸地沿岸所包圍之海面及其鄰接之海面：

- 1.從和歌山縣紀伊日之御燈台經德島縣伊島及前島至浦田岬之直線。
- 2.從愛媛縣佐田岬至大分縣崎燈台之直線。
- 3.從山口縣火之山下燈台至福岡縣門司崎燈台之直線。

此外，該法亦規定瀨戶內海之「關係府縣」如下：大阪府、兵庫縣、和歌山縣、岡山縣、廣島縣、山口縣、德島縣、香川縣、愛媛縣、福岡縣、大分縣等。

#### (二) 海砂來源

海流進入瀨戶內海時，所挾帶之海砂因海水流場狀況而沈積於海底岩盤凹窪處，採砂業者則由船上以幫浦抽取海砂。依據日本通商產業省生活產業局窯業室統計，平成十年（1998年）時海砂供給量為六千七百萬公噸，占全日本骨材供給量

百分之九。由於海砂粒徑多小於 5mm，粒徑太小者和水泥之結合率較差不能使用，故由瀨戶內海所採取之海砂僅約百分之五可作為骨材使用。

### (三) 各界對開採海砂之看法

瀨戶內海周圍地區之漁民向政府反應開採海砂會妨礙海藻生長及魚類產卵繁殖，故反對業者於瀨戶內海開採海砂。目前瀨戶內海周圍各縣中，廣島縣已禁止開採海砂，岡山縣規定自 2003 年起、香川縣自 2005 年起禁採海砂。此外，環境廳則認為應另闢替代骨材（如山砂）以取代海砂，維護瀨戶內海之生態。通商產業省則認為不宜於海砂開採之相關海域環境問題通盤調查研究前則禁止於瀨戶內海採砂，以免影響建築工程所需砂源；通產省及地質研究所並已針對相關問題進行研究。採砂業者對禁採海砂則持反對立場，其理由如下：

1. 因海流通過瀨戶內海之流速很高，故業者所採取之海砂能很快地獲得外海海砂之補充。僅鮭魚、比目魚在海砂上產卵，且海砂補充迅速，應不致影響魚類繁殖而影響漁獲量。
2. 漁獲量之減少可能為採砂時使海水混濁所致，亦可能為其他原因所造成。政府應先詳細研究調查其原因後再行政策

決定。

- 3.對於環境廳建議業者轉採山砂之意見，業者認為有下列困難：山砂開採技術及所需機具設備與海砂開採者截然不同，業者將面臨技術轉型不易，以及新設備購置成本衍生之財務困難。此外，政府並未強制優先使用山砂等機製骨材，山砂之市場需求及銷售量無法保證，業者可能面臨庫存滯銷之問題。

## 二、建設廢棄物處理現況

依據日本建設省及厚生省調查，產業廢棄物年排出量約四億公噸，其中包括 8,200 萬公噸建設廢棄物，約佔產業廢棄物總量之 20%。惟建設廢棄物最終處置量 3,700 萬公噸卻佔所有產業廢棄物最終處置量 8,400 萬公噸之 45%。建設廢棄物再利用之比率，自平成二年（1990 年）之 42%，於平成 7 年（1995 年）提升至 58%，其中瀝青塊及混凝土塊再利用成果較佳，分別提升為 81% 及 65%；建設廢木材、污泥、混合建設廢棄物之再利用比率不升反降。此外，建設廢棄物每年非法棄置量 34 萬公噸約佔產業廢棄物非法棄置年總量 39 萬公噸之九成。平成十年（1998 年）時，日本全國廢棄物最終處置量為 6,700 萬公噸，而剩餘掩埋容量 21,004 萬公噸，約僅餘三年即達飽和，首都區域甚至僅剩餘 0.7 年之掩埋容量。由於建築物

使用壽命約 35 年至 50 年，1960 年代大量建造之建築物使用壽命已屆，需進行建築物之拆除及重建工作，將使建設廢棄物排出量持續增加，因此建設廢棄物再利用之推廣，以及最終處置設施之興建，為目前日本亟需解決之廢棄物處理問題。

### 三、建設副產物減量再利用對策

#### (一) 工程計畫設計階段

建設副產物之產生及清運量，受工程設計之影響很大，因此於總體設計及細部設計階段時，工程發包單位對於工程規劃、工法、建材之選定等應將廢棄物資源再利用納入考量。為提升建設工程所產生土方之再利用，應於事前調查工地周圍之工事場所、施工時期等相關資訊，並製作「資源再利用計畫書」。建築拆除工程時亦同。再利用計畫主要項目包括：建設副產物產生之種類、性質及數量；建設副產物之減量、採用有利於再利用之工法及建材；各類建設副產物之處理方法及去處。相關法規如「資源再生利用促進法」第四條及其基本方針、「建設副產物適正處理推進要綱」第六、第十、第二一條。

#### (二) 發包階段

計算工程費用及發包時，應詳細調查土方、混凝土塊、

瀝青混凝土塊等建設副產物之資源化再利用設施所在地、收受條件等相關資訊，並將計畫設計階段所擬定之工法、建材、再生建材之使用規格及場所、建設副產物之清除處理方式及去處內容等明確納入施工條件，並計算其所需之費用。

為促進建設副產物之再生利用，建設省自 1991 年起（「公共工程上再生資源活用之當前運用」，1991 年 12 月 13 日建設省技調發第 287 號、建設省營技發第 97 號）規定公共工程應以資源再生優先於經濟考量為原則，採行下列廢棄物減量化及資源再利用措施：

1. 對於混凝土塊、瀝青混凝土塊、建設剩餘木材三項，距工程現場 40 公里範圍內有再生資源化設施時，應送至該設施資源再利用。建設剩餘土方則送至工程現場 50 公里範圍內之其他建設工程（含民間建設工程）再利用。
2. 下列再生材料如符合工程所要求品質時，於下列範圍內，應將其送至其他建設工程（含民間建設工程）予以再利用。
  - (1) 再生骨材之再利用：40 公里之範圍內者。
  - (2) 再生加熱瀝青混合物之再利用：40 公里範圍及清運時間小時以內者。
  - (3) 建設剩餘土方之再利用：50 公里之範圍內者。

### (三) 施工計畫及施工階段

施工單位應將建設副產物之減量化及資源再生化作為施工計畫之一環，並擬定「再生資源利用計畫」、「再生資源利用促進計畫」、「廢棄物處理計畫」及「解體工事相關計畫」等，並應與其他工程現場之聯絡協調，確保建設副產物之去處。工程單位亦應於施工現場派駐專人負責建設副產物相關事宜，並指導施工人員。為提高建設廢棄物再利用比率，施工時應徹底執行廢棄物分類工作。此外，施工時應採取雨水滲透、粉塵飛散、惡臭等污染防治措施。工程發包單位亦應於現場派駐專責人員（得由監工員兼任），並指導施工單位確實依各項計畫施工。

### (四) 建築物拆除工程之分別解體與資源再利用

日本為加速推動建築廢棄物資源再利用，於2000年五月二十四日公布建設再利用法，規範建築物拆除之發包單位、承包單位及解體工事事業者（拆除業）對於混凝土塊、木材及瀝青等三項特定建設資材之分別解體及資源化再利用義務，及解體工事事業者之登錄制度。

為確保適當地實施分別解體與再資源化等工作，發包單位應於工事著手七日前，將建築物等之構造、工事時期、分



別解體等計畫向都道府縣提出申請。並應將分別解體等之方法及解體工事所需之費用等明載於契約書上。解體工事業者應將於解體工事現場張貼明顯標示。承包單位於再資源化工作完成時，應將其工作情形向發包單位提送書面報告，同時將再資源化工作作成記錄並保存之。

為確保解體工事業者之施工品質，規定解體工事業者應向都道府縣申請登錄之義務，但是土木工業、建築工業及從事有關粗工、水泥工事業之建築業許可者，得不用登錄即可從事解體工事。此外並規定解體工事業者於從事解體工事時，應選任具有專業技術者擔任技術管理工作之義務。

#### (五) 建設副產物再利用情報系統

日本為加強工程發包者、建設公司、再資源化設施三方面之資源化物質供需情報交換及聯繫，促進有計畫之建設副產物資源化再利用，成立財團法人日本建設情報綜合中心（JACIC），自 1996 年開始提供瀝青混凝土、剩餘木材、污泥等建設副產物之資源化再利用情報資訊服務。目前實施地區包括東京都、神奈川縣、埼玉縣及千葉縣。此外 JACIC 自 1999 年四月起開始運作建設剩餘土情報系統，建立全國之公共工程基礎資訊網，以網際網路方式提供全天式之剩餘土方供需

資訊情報服務。該系統之功能包括工事情報登錄及更新、剩餘土方需求者之資訊檢索、土方提供與需求之申請、再利用成果之登錄等。此外另有「首都圈建設資源高度化中心」(ACR)，執行剩餘土方產生者及需求者之協調撮合，及剩餘土方之供需時間、土質、土量等情報之調查蒐集，以促進公共工程剩餘土方於土地區劃整理事業、大型堤防等工程間之資源化再利用。

## 拾壹、日本再生骨材使用現況與展望

### 一、再生骨材使用現況

日本在六〇年代因景氣復甦，政府加緊各項公共工程建設腳步，又接連舉辦國際奧林匹克運動會及萬國博覽會，增建了大量建築物，依日本建築業界的經驗，混凝土建築物使用超過三十五年後，即屆拆除重建年限，再因九〇年代初期日本建築業適逢景氣高峰期，大量建築物及公共工程拆除重建，間接產出大量建設廢棄物，部分不法業者為節省處理經費，非法投棄，造成公害問題，另外，遵手法令業者依規定繳費投置於最終廢棄物處理場，又造成處理場容量不足，亦形成困擾。日本政府有感於天然骨材資源逐漸耗竭，且建築廢棄物未妥善處理，遂思考將其再生處理後回收利用，並於1991年由建設省訂頒再生法，正式立法規定公共工程及民間建設須作全產業（含建設業）的廢棄物資源再生。此外，日本政府亦訂定建設副產品再生推進計畫，預定於公元2000年，其整體建設廢棄物的再生利用率可達80%，其中瀝青、混凝土塊的再生率須達90%，建設污泥60%，木材50%，營建廢土80%等的目標，據其官方今年實態調查結果顯示，瀝青、混凝土塊的再生利用率已達95%（其中政府公共工程建設廢棄物再生率達100%）再生率，可謂成效卓著。

瀝青、混凝土塊之回收再生骨材，目前大多再利用於道路興建

之路盤材（路基填方）使用，並經立法被附加義務化了，公共工程之道路興建於規劃時，即以再生骨材之價格（較新材便宜許多）編列預算，促使投標業者不得不採用再生骨材，其中在東京、名古屋等大城市附近地區，道路路盤材使用再生骨材的比率幾乎超過六成（對碎石業者之市場已造成一定程度的影響），在大城市以外地區則使用率較低（因建築物拆除改建數量較少）。

近來，日本部分業界對此項政策亦有微詞，因舊建築物及構造物之解體，大多集中在大城市，鄉村地方較少，統一規定新建道路之路基須採用再生骨材則非城市區域恐無太多拆除改建之構造物，又日本因經濟不景氣，原本使用年限到期須改建之構造物，改為僅維修不拆除，造成再生骨材供應來源不足，但土木業者為得標工程，削價以新材充當舊材競標，造成骨材資源浪費，甚為可惜。

至於再生骨材做為混凝土骨材之原料則因尚有品質上的疑慮，目前尚少有使用，因為構造物在拆除過程中，倘未事先分級後再拆除，因拆除過程中易混入木屑、裝潢、鐵片、玻璃等物質，即使經過再生工場之處理，該如何有效的將異物分離，仍具有諸多技術上的問題須加以克服，不過現今已有多家業者朝這個方向努力研發突破中，且已獲致可觀成果，但因仍未取得日本 JIS 認證，目前大多使用於工程強度要求較低之構造物（如堤防、道路邊溝等）使用。

## 二、再生骨材再利用於混凝土之品質探討

大都市舊建築物、構造物被拆解，運往再生骨材處理工場，經破碎、磁選、過篩及分選等處理過程後，所得到的碎石產品，在日本已被廣泛使用於道路填方原料，但再生骨材使用於混凝土原料，則因尚有品質上的疑慮，目前仍少有混凝土業者採用；砂石為具耗竭性的資源，總有用盡的一天，日本刻正朝構建「循環型社會」的目標推進，鼓勵廢棄物再生利用。1996年3月東京臨海副都心預定舉辦「世界都市博覽會」，會場基地及建築即大膽採用再生骨材，政府機關起帶頭作用，並由日本大學工學部教授笠井芳夫擔任委員長籌組「再生混凝土技術委員會」，負責工程進行之工程設計、再生骨材使用等諮詢工作。

上述工程的再生骨材處理由立石建設（株）負責，其再生骨材品質試驗結果如表 11-1、11-2、11-3，依其結果，可觀查得再生骨材較一般骨材具有吸水率高、微粉量較多的特點，另日本建設省於 1992-1993 年期間進進行「建設副產物之發生抑制、再生利用技術之開發」研究，並於 1997 年 3 月報告「再生骨材之品質區分」（如表 11-4）及「再生骨材混凝土之種類及適用構造物規範」（如表 11-5）供業者及相關單位參考，其目的即依不同工程要求強度不同，選用不同等級的再生骨材為混凝土原料，達到有效分級使用再生骨材，

同時節省骨材資源的目的。

### 三、再生骨材處理工場現場見習

(一) 公司名稱：京星株式會社

(二) 公司地址：大阪府枚方市尊延寺 965 番地

(三) 生產現況：京星公司發展研究再生骨材處理技術，使用濕式磨礦機，同時利用以往選煤使用的比重選別技術，研發新的濕式比重選別機，據稱較該公司原使用的選別機提高三倍以上選別效率，其現場操作模式為在漏斗型的處理槽中注水，且由下部注入空氣，惟空氣注入量多寡及氣壓為該公司的 KNOW HOW (視為產業機密) 不對外公布 (現場並不得照相)，以比重 2.5 為選別標準，比重大於 2.5 以上的物質為其回收產品，即回收下沉的產品 (與選煤機相反)，處理槽的處理量約為 150 噸/小時，其中 20~30% 為再生粗骨材，50% 強為再生細骨材。

京星工場的製造流程 (設備及處理流程如圖 11-1) 及管理系統於 2000 年 3 月通過 ISO9002 認證，此外，其再生粗骨材經試驗結果平均密度 2.51g/cm<sup>3</sup>、吸水率 2.3%，品質屬於建設省公布之品質區分 (案) 再生骨材 1 種，再生細骨材平均密度 2.21g/cm<sup>3</sup>、吸水率 6.5%，屬於再生細骨材 2 種。

京星工場收授營建廢材的中間處理費一台卡車（約十噸）約 5000 塊日幣，經其回收處理後，由其關係混凝土公司製作再生骨材混凝土，每月產量約 3000 立方米，市價約 12000 日幣 / 立方米，據稱其報酬率約 10% 以上，惟因建築業不景氣，拆除改建的建築物亦大量減少，該公司目前有營建廢棄物來源不穩定的疑慮。

## 拾貳、從日本阪神、淡路大地震重建所獲得的啟示

日本於平成七年（1995年）一月十七日清晨發生規模 7.0 之「阪神、淡路大地震」（兵庫縣），其災後重建過程，對於大量的營建廢棄物，尤其是混凝土塊如何做好妥善處理，及重建所需的大量砂石骨材，如何作最有效率的供需調配，亦是本次赴日研習的重點之一。

根據「阪神淡路大震災復興支援館」館長之說明與文獻資料顯示，由於地震後房屋全倒及半倒總數達 248,410 棟，從兵庫縣境內多見山至武庫川沿線之道路與橋樑亦毀損嚴重，預估相關之營建廢棄物數量極其可觀（並未分類統計各項廢棄物之數量），該等廢棄物之最終處理方式，由於時間太過緊迫（著重重建時效）、當時並無諸如營建廢棄物分類與資源化處理機制，因此，只得採取掩埋在該縣附近之山溝，當詢及如此的做法是否將影響當地的生態與水源等環境因子，館長回答迄今尚未有居民或相關環保機構之反應。

地震過後，據日本官方統計，地震對整體建設之損失達 9 兆 9,268 億日圓，其中建築物、鐵道、高速公路、公共土木設施所需重建經費即達 1 兆 9,900 億日圓，其中又以建築物之重建經費所佔金額最鉅（58.4%），雖然日本建築物以木造或鋼構居多，但鐵道、高速公路、公共土木設施等之重建則須大量之砂石骨材，這樣大量的需求，是否將造成該國整體供需市場之失調及其因應措施？據日本砂利協



會稱，由於該國砂石骨材供需體系極健全，所有重建所須之砂石骨材，均僅由災區所在地的砂利協會供應，並無供料不足及須仰賴他區供應之情形。

## 拾參、結論與建議

### 一、對國內陸上砂石開發、加工及利用之整體建議：

- (一) 砂石為各項工程不可或缺之基礎材料，日本早期開採河川砂石，因面臨河川砂石枯竭及河防、橋樑安全等因素，而後逐漸轉型到陸地、山地以及海域等採取砂石已有三十餘年，砂石對國家經濟建設有很大貢獻。由於砂石採取、搬運及碎解加工過程中，所造成環境破壞、水土保持流失、粉塵、噪音、污水及交通安全等公害問題，民眾怨言及抗議，經過協調及改進等不斷努力，對各類土石採取技術方法與環境保育，開發後土地二次利用規劃及污水處理後泥餅利用，機械製砂以及廢棄骨材回收再生利用等研發提昇，均有成功之實例與經驗，值得觀摩。
- (二) 日本砂石產業能有今日發展，除政府法令完備之外，全國各類骨材協會能直接或間接參與協助政府監督及管理砂石業者，輔導砂石依許可計畫作業。業者為期永續經營，有長遠經營發展計畫，對砂石資源賦存情況、市場需求、品質管制、運輸、交通安全、環境影響等調查規劃外，並儘力做好公害防治措施、敦親睦鄰等經營理念，值得借鏡。
- (三) 因應未來料源多元化趨勢，推廣生產細骨材之機製砂機器，

供砂石業界及用料單位參考。又機製砂之推廣生產，有助於砂石資源再回收利用，譬如不合市場需要尺寸之卵石、粒石除供作填方料外，亦可供作機製砂之料源，提高其經濟價值。

(四) 我國與日本同屬海島型國家，目前仍以河川砂石為供應主流，由於面臨河川砂石枯竭及河防、橋樑安全等因素，勢必轉型朝向陸上及海域採取砂石，以及開發多元化砂石料源，供應國家建設所需骨材。台灣推動開發陸上土石已有十餘年，所規劃陸上土石資源區 16 處，砂石可採量約 15 億多噸，約可供 15 年開採使用，唯目前申請採取砂石案遭遇：用地取得困難、地方民眾反對、地方政府配合意願低及聯外道路未能配合等問題，極待相關單位配合辦理。因日本開採砂石環境條件及所遭遇困難與我國相類似，其由河川砂石進而開採陸上砂石與海域砂石，機械製砂及廢骨材再生利用等模式，及其完整的砂石採取相關法令、純熟的開採技術以及對環境保護與公害防治的重視，值得觀摩引為借鏡，建請各縣市政府、砂石公會及業界組團前往觀摩。

(五) 台灣地區砂石供需，依據行政院核定之「砂石開發供應方案」及「杜絕河川砂石盜(濫)採行為改進方案」，將逐年降低河川砂石供應比例，相對逐年提高砂石多元化供應來源。土石

採取權責在縣市政府，需要各縣市政府全力配合，目前僅桃園、苗栗、雲林、台南及屏東等五縣政府已成立土石採取專責單位（課），其餘各縣市政府應速成立土石採取專責單位（課），以期事權統一。

- (六) 各縣市轄區內興建公共工程時，應由各縣市政府提供砂石料源，可避免砂石原料短缺造成停工待料情事。
- (七) 現正轉型至陸上採取砂石之際，而砂石為營建不可或缺之基礎骨材，如無合法管道取得，極易發生盜濫採砂石情事，中央主管機關應就輔導合法開採、避免供需失衡、取締非法等，繼續舉辦各類土石採取申請、採掘方法，及環境保護、水土保持，土地二次利用及機械製砂與廢骨材再生利用等相關資訊之宣導會或研習、觀摩會，提昇砂石業者開採技術與環境維護觀念，輔導縣市政府辦理土石採取與查核管理業務。
- (八) 建議平地砂石採取者，可開立棄土證明，其中位於都市計畫部分，已獲營建單位同意，有助於解決營建工程剩餘土方棄置之環保問題，惟在非都市土地，尚未獲同意，如能獲准，當可提高業者合法申請開發平地砂石意願，亦可解決部分剩餘土方無處堆置之問題。
- (九) 請交通單位加強砂石車管制措施，遵守交通規則不超載、不

超速及禮讓行人小車，降低居民對開採砂石之反對與抗爭。

(十) 為配合政府砂石供需政策之轉型陸上砂石開採，建議逐步提高採取河川砂石之使用河川公地使用費，以縮小陸上砂石開採成本與河川砂石之差距，促進陸上砂石之開採意願，亦有利於推廣機械製砂生產砂石細骨材。

(十一) 因應未來國內逐漸增產機械製砂趨勢，參酌日本訂定之碎石規範，制定機製砂用於混凝土細骨材之規範，以供營建工程使用材料需要。

(十二) 日本砂石料源供應來源由河川砂石為主轉型至多元化砂石開發，其主因係為日本當時砂石骨材需求量大於河川砂石供應量，及政府積極輔導砂石業者轉型（如提供減稅及低利貸款等措施協助砂石業者轉型，並給予轉型之砂石業者較優惠之土石採取許可）。我國砂石開發正極力轉型中，可學習其經驗，嚴禁非法盜、濫採河川砂石及輔導砂石業者降低陸砂、山砂、碎石母岩與海砂之開採成本。

(十三) 參考日本砂石開發之沿革，天然砂石骨材會日趨耗減，機製砂石骨材未來扮演之角色會日益重要，因此我國現階段除積極推動轉型為多元化砂石開發之外，亦需未雨綢繆，研訂我國之機製砂石骨材品質管理體制，以利未來發展之需。

(十四) 為解決營建剩餘土方堆置場不足之困境，及減輕未來砂石骨材料源不足之壓力，日本正積極研究如何強化砂石資源的回收再利用。受限於成本及品質之因素，我國尚未積極推廣砂石資源的回收再利用，惟其具多重功效，建議應研究如何輔導推廣之。

(十五) 日本砂石產業在各類砂石骨材協會及協同組合之帶領及協助下，建立砂石資源開發利用之良好產銷制度，且在此一良性產銷秩序下，砂石業者能獲得合理的利潤，並投資研發砂石開發之永續多元化發展，提昇開採技術、環境保護及敦睦睦鄰等工作，與民眾建立良性互動，使砂石採取業能永續經營。建議參考日本經驗，政府適度補助及賦於砂石公會一定權責，促使其帶領同業良性發展，改善砂石開發投資環境，並協助及彌補政府監督人力不足之情況，輔導砂石業者遵循政府之法令與政策開發砂石，進而提昇砂石開發相關之技術、環保、水保…等等事宜，使民眾重拾對砂石開發之信心，且砂石採取業能在合理的利潤下合法經營，供給國家經濟發展所需之砂石骨材。

(十六) 日本從事砂石採取之砂利採取事務所，應聘請經過考試合格或高中以上學歷並具有實務經驗者之砂利

採取業務主任。由於該業務主任需經由政府檢定考試合格方可擔任，可提昇採掘作業安全監督之品質及有效管理砂石開發作業，進而增強民眾對於砂石開發之接受度。建議參考日本之砂利業務主任考試制度之精神，由政府機關開辦砂石採取技術訓練課程，並要求土石採取場技術主管應具備實務經驗及經技術訓練結業考試及格者始可擔任，以提昇土石採取場管理之品質。

(十七) 日本對於土石採取場違規之處分，採取兩罰之方式，法人與現場違規工作人員均予以處分；對公司所作之處分，法人與自然人（公司之董事）均受限制。目前我國僅處分法人，造成現場工作人員有僥倖之心態，有時不遵循政府之法規作業；另被處罰取消土石採取資格及管制三年內不得申請者，以另成立之公司行號再申請土石採取許可，迴避該處分。建議參考日本兩罰制度修正我國土石採取法草案，杜絕業者違規採取之僥倖心態。

(十八) 日本土石採取場之監督檢查，主管機關除定期及不定期至土石採取場監督檢查外，並要求業者每年應將採取量、採取區狀況、機械設備等資料（附相片），提報當地都道府縣知事。

由於我國縣市政府承辦土石採取業務人力普遍不足，無法對轄區內所有土石採取場時常實施監督檢查，建議參考日本之做法，要求業者定期將土石採取情形提報當地縣市政府，以輔助及彌補政府監督人力不足之情況。

(十九) 配合國家發展政策及區域經濟發展計畫，俟土地利用方式決定後，再配合該政策或計畫擬定砂石開發計畫開採之方式，不僅可節省發展計畫開發之費用，亦可在兼顧環境下附帶取得砂石資源。這種方式不僅效益更大，且更易為社會大眾接受，已成為日本土地二次利用規劃之新趨勢。建議我國於國土規劃或擬定經濟發展計畫時，能將土石採取一併納入考量。

(二十) 於尚無特定規劃發展之地區採取土石，倘當地政府、當地居民及業者達成共識，則依該共識擬定土石採取計畫及土地二次利用計畫；倘無共識，則暫時採植生綠化方式，並俟達成共識後，再依共識擬定土地二次利用計畫；另由於部分土石採取開發時間較長，開發後，倘時空環境變遷過大，致原先擬定之土地二次利用計畫不符目前所需時，得依新的共識申請修正土地二次利用計畫。如此，土地二次利用規劃不僅能兼顧自然環境保育與土地資源利用，照顧到開發區域大多數人之利益，並可考量時空環境之變遷，保持土地二次利用



規劃之彈性。

二、有關砂石開發、營建剩餘土石方與再生骨材之利用及其相關之環境保護課題：

(一) 加強宣導民眾共同參與監督

如何防止盜採砂石回填廢棄物之非法事件，為國內目前面臨重要課題之一。在日本，因社會大眾已體認土壤及地下水污染之嚴重性，故平日即自動注意其周圍環境，如發現疑似非法業者進行開挖，除通報行政及警政單位外，並自動組團前往監視業者動態。此外，日本規定違規之業者日後不得採砂，以遏阻採砂業者與廢棄物清除處理業者掛勾。故本次研習所考察之砂石採取廠，可發現日本業者較注重環境公害之防治措施，除設置自動灑水設備，妥善處理洗砂廢水外，並購置污泥壓濾機（每具約需三億日圓）將含水量高之污泥處理為污泥餅，甚至製砂機械設備及輸送帶等以密閉化方式降低噪音。

我國廢棄物清理法於民國八十八年七月十四日修正時，特於第二十二條增列刑罰規定，對於任意棄置有害事業廢棄物者，及未經主管機關許可，提供土地回填、堆置廢棄物者，處一年以上五年以下有期徒刑，得併科一百萬元以下罰金。

另同法第三十四條則規定，不依規定清除、處理之廢棄物，直轄市、縣（市）主管機關得命事業機構、受託清除處理廢棄物者、仲介非法清除處理廢棄物者、容許或因重大過失致廢棄物遭非法棄置於其土地之土地所有人、管理人或使用人，限期清除處理，逾期不為清除處理時，直轄市、縣（市）主管機關得代為清除、處理，並向其求償清理、改善及衍生之必要費用。惟目前事業廢棄物去處仍極度不足，業者仍可能因廢棄物無法處理，或為牟取暴利鋌而走險以身試法，故除了環保主管機關加強廢棄物源頭管理及流向管制外，尚須土地主管機關及警政配合管制土地開挖並加強巡防，更需要加強公害污染防制之教育宣導，喚起民眾保護鄉土環境之意識，並鼓勵公害案件之檢舉，以全民力量協助政府監視業者之行為，方可收事半功倍之效。此外，日本砂石公會對所屬會員業者負管理及連帶責任，及業者優劣紀錄列為日後申請採砂之審核參考等制度，亦可作為我國之借鏡。

## （二）暢通廢棄物再利用銷路管道

事業廢棄物再利用推動成功與否，除需成熟可行之技術外，亦需充足暢通之再利用出路及管道。日本為抑制建設廢棄物排出量，減緩掩埋場飽和速度，大力提倡產業廢棄物資

源化再利用，並規定公共工程應優先採用工地周圍特定區域內所產生之混凝土塊、瀝青、剩餘土方。相較於日本，台灣所面臨之事業廢棄物去處不足問題更形嚴重，惟各機關機構或鑑於成本考量，或受限於法規而不願優先使用再生材料，惟現今推廣資源再利用需克服之問題。公共工程主管機關可考量參採日本之政策，以立法方式規定公共工程採用資源再生建材，並輔以適當之補助獎勵措施，如此可改善再生資源乏人問津無處可去之問題。

另外，業者對於再生材料有品質不穩定之顧慮，亦影響其採用意願。故公共工程及營建主管單位可參考日本對建築物拆除工程賦予分類拆除及從業登記等義務，透過強制分類拆除回收及加強對拆除業者之管理，可提高建築廢棄物之可再利用率。

### （三）強化資源交換再利用情報資訊系統

不論是事業廢棄物或是營建剩餘土石方等副產物，其未能充分有效資源化再利用之原因，除了因使用成本可能較高，再生材料品質較不穩定等因素影響業者使用意願外，業者無法掌握最新之副產物供需情報亦為原因之一。若副產物之產生者及需求者無法於短時間內獲得對方之副產物需時間、性

質、數量等相關資料並取得聯繫，產生者將可能因暫時堆置成本過高（場地及管理等成本）而放棄資源化再利用方式，而改採委託清除處理。

為加強事業廢棄物之交換再利用，本部及環保署推行事業廢棄物交換再利用資訊服務作業已達十年；目前環保署並積極規劃設置事業廢棄物交換中心，相信將更有助於減低業者處理事業廢棄物之壓力。此外，為加強營建廢棄物及剩餘土石方之交換再利用，建議目的事業主管機關參考日本「建設副產物再利用情報系統」，加強建設副產物之供需情報資訊服務及流程管理，如此更能減少其堆置及棄置等問題。

（四）使用再生骨材可節省建設廢棄物的棄置費用及購買新材的費用，又可降低對自然景觀過度開發，延續自然砂石骨材的開發年限，可謂是一舉數得，現已為美、日等開發國家大量推廣使用。台灣地狹人稠，天然資源有限，再生骨材的開發利用，將是未來必須執行的政策，國外的經驗與作法深值借鏡，更應是政府相關單位須嚴肅面對的課題。

（五）再生骨材因其原生骨材的產地、使用年限及回收處理程序的不同，致其品質參差不齊，倘未經相關公證單位測試認證，使用者尚有疑慮，不敢冒然使用，日本政府對再生骨材的品

質加以分級，針對不同工程性質對混凝土或骨材強度要求不同的特性，研究公告使用規範，使再生骨材的利用更有效率；此外，日本相關學術單位及再生骨材業者，更朝再生骨材混凝土通過 JIS 認證的目標推進，期使再生骨材的使用更全面化。

二、日本砂石、碎石、混凝土等業界與政府、學術研究機構配合無間之做法，值得國內學習：

(一) 當日本砂石、碎石業界於面臨河川砂石已日漸枯竭時，業者對於轉型至陸上砂石骨材之開發所遭遇到的環境保護、如何將砂少石多的陸上砂石作最有效的機械碎砂、污廢水及泥如何作有效的處理以降低生產成本等技術之突破，砂石業界即積極且主動的與機械業界、學術研究機構進行研發及合作，近年來已極具成效，並常舉辦相關論文發表及觀摩，如平成十二年（2000年）於東京舉辦的「全國碎石技術大會」，相關業者所提出的論文即達 34 篇之多，對業界提供很好的方向，其做法值得國內業界學習。

(二) 日本混凝土業界因意識到天然骨材之來源於未來將愈形不易，乃致力於廢棄混凝土塊之回收與利用之研發，已有很好的成效，如京星株式會社已有極成功的例子（將廢棄混凝土塊回

收、加工，再作為添加於預拌混凝土之砂石骨材)。而全國預拌混凝土工業組合連合會、全國預拌混凝土協同組合連合會同樣共同於平成十二年(2000年)提出「再生骨材用於再生混凝土」(Recycled concrete using recycled aggregate)之研究報告，未來若能通過JIS之認證，則對於資源的利用將更跨出一步，其成果值得國內業界觀摩學習。

- (三) 本次參觀日本之「財團法人建材試驗中心中央試驗所」，該所係日本極具權威的建材試驗機構，其研究成果被政府或民間工程界所認可，該所對於砂石骨材及廢棄混凝土再利用之研發亦有其專門部門；國內迄無固定之廢棄混凝土再利用之研發部門，且面對未來一般混凝土建築物使用年限(約50~60年)的可能拆除與重建，如何將廢棄混凝土塊回收再利用(含鋼筋、磚塊等)，及將品質與規格導入CNS之規範，似值得學術研究機構成立專門部門投入研究及政府相關部門如行政院公共工程委員會、內政部營建署之立法，才能有效「減量營建或工程廢棄物之產生、達到資源的最佳利用、減少天然砂石骨材使用量」之三贏策略。

台湾政府職員研修計画書「陸砂利の開発とリサイクル」

(在日数27日間)

H12.9.20.

月	日	曜	来	日	研	修	内	容	場	所	宿	泊
10	22	月	オリエンテーション	(11:00~12:00)	昼食会	(注) 日本砂利協会 田中理事長	「砂利業界の発展と採掘現況」(13:00~16:00)		東京	ホテルプリンスガーデン	(3779)1010	
	23	火	講義：通産省産業室	(10:00~12:00)	事業調整官室	(13:00~15:00)	農水省農政課	(15:00~17:00)	〃			
	24	水	講義：崇城大教授	岡村宏	「陸山砂利の採取と利用」	10:00~16:00			〃			
	25	木	講義：骨材産源工学会理事	岩崎孝	「砂利採掘に伴う環境保全」	(10:00~16:00)			〃			
	26	金	講義：全国生コン	佐藤技術部長	(10:00~12:00)	(株) 気工社	山口取締役	(13:00~16:00)	〃			
	27	土	資料整理						〃			
	28	日	自由日						〃			
	29	月	講演：現場見学	つくば学園都市・地質調査所	(須藤定久 資源解析研究室長)				つくば市			
	30	火	講義：(注) 日本砕石協会	藤野順也 専務理事					東京			
	31	水	現場見学	西武池袋 → 長瀬池袋	「県立自然史博物館」 → 長瀬峡 (地質学)				埼玉県内			
	1	木							〃			
	2	金							〃			
	3	土	祝日 (自由日)						東京			
	4	日	資料整理						〃			
	5	月	自由日						〃			
	6	火	現場見学	西武池袋 → 西武秩父	「秩父子モモセンター (採取機械)」				埼玉県内			
	7	水	講義：東京 → 新神戸	<阪神淡路大震災災害復旧材需給状況> (兵庫県・新神戸建設事務所)					兵庫県内			
	8	木	現場見学	神戸 → 京都	<城陽市 近畿砂利>				京都府内			
	9	金	現場見学	京都 → 岐阜羽島	<岐阜県砂利協組> 陸砂利採取				岐阜県内			
	10	土	資料整理						〃			
	11	日	自由日						東京			
	12	月	現場見学	岐阜 → 東京					〃			
	13	火	現場見学	東京 → 岐阜					〃			
	14	水	現場見学	岐阜 → 東京					〃			
	15	木	評議会	(意見交換)・終了式					〃			
	16	金							〃			
	17	土							〃			

表 2-1 出国研修日程表

表 5-1 日本歷年來砂石骨材供需統計表 (單位：百萬公噸)

種類 年度	需 求			供 給							
	混 凝 土 用	道 路 用	合 計	天然砂石骨材					碎 石	其 他 骨 材	合 計
				河 川 砂 石	山 地 砂 石	陸 地 砂 石	海 域 砂 石	砂 石 小 計			
1963	234	63	297	234	7	9	0	250	43	4	297
1965	280	74	354	262	8	15	0	262	64	5	285
1967	297	126	423	187	28	43	29	287	124	12	423
1969	349	167	516	159	56	54	62	331	168	17	516
1971	417	216	633	133	84	86	71	374	237	22	633
1973	539	260	799	110	140	113	70	433	341	25	799
1975	446	223	669	107	106	80	60	353	297	19	669
1977	504	231	735	115	94	94	82	385	328	22	735
1979	581	267	848	103	114	123	90	430	395	23	848
1981	538	261	799	80	102	118	82	382	395	22	799
1983	488	245	733	69	91	94	73	327	390	16	733
1985	472	255	727	57	87	96	71	311	398	18	727
1986	487	262	749	52	91	96	73	312	422	15	749
1987	515	272	787	47	95	102	83	327	445	15	787
1988	543	284	827	44	96	116	77	333	482	12	827
1989	551	311	862	43	109	126	78	356	491	15	862
1990	604	345	949	49	121	151	89	410	526	13	949
1991	597	322	919	43	117	134	78	372	535	12	919
1992	575	317	892	38	110	127	77	352	526	14	892
1993	550	314	864	38	107	118	75	338	512	14	864
1994	558	294	852	37	94	130	80	341	497	15	852
1995	563	286	849	38	96	131	83	348	484	17	849
1996	577	285	862	35	97	144	81	357	487	18	862
1997	536	284	820	32	83	128	72	315	487	18	820
1998	495	240	735	28	76	118	67	289	430	16	735

(備註：本表統計方式係僅採用砂石骨材售出總數作為供給量，未  
納入未售出部分，故供給量與需求量相等。)



表 11-1 立石建設株式会社再生骨材品質試験結果

	再生骨材		一般骨材	
	細骨材	粗骨材	細骨材 (山砂)	粗骨材 (石灰石)
表乾比重	2.26	2.54	2.57	2.68
粗粒率	2.92	6.72	2.63	6.64
吸水率 (%)	11.15	4.40	1.88	0.57
単位容積質量	1.36	1.45	1.68	1.62
洗い試験 (%)	2.5	0.4	1.8	0.9
粘土塊量 (%)	0.7	0.1	0.1	0.0

表 11-2 再生骨材を用いた再生コンクリートの配合例

(1㎡当たり)

呼び強度	21-18-20 N	24-18-20 N
水セメント比	58 %	54 %
細骨材率	47 %	46.5 %
セメント	328 kg	352 kg
水	190 kg	190 kg
細骨材	708 kg	695 kg
粗骨材	853 kg	850 kg
混和剤	1.23 kg	1.32 kg

表 11-3 再生骨材を使用したコンクリート～フレッシュコンクリートのスランプ及び空気量の経時変化～

	0 分	45 分	90 分	120 分
スランプ	21.5cm	19.5cm	19.5cm	19.5cm
空気量	4.4%	4.4%	4.6%	4.6%
フロー値	39.0*38.0	34.0*34.0	32.0*30.5	30.0*29.0
コンクリート温度	23.5℃	24.5℃	25.0℃	24.5℃

建設省総プロ「建設副産物の発生抑制・再利用  
技術の開発」 平成4年～5年実施、平成9年3月報告

種別 項目	再生粗骨材			再生細骨材	
	1種	2種		1種	2種
吸水率(%)	3以下	3以下	5以下	7以下	10以下
安定性(%)	12以下	40以下	12以下	—	—

表11-4 再生骨材之品質区分

再生コンクリート		構造物	使用骨材	
種類	用途		使用粗骨材(碎石)	使用細骨材(砂)
I	鉄筋コンクリート 無筋コンクリート等	橋梁下部工、擁壁 耐圧板、場所打ち杭 基礎フーチング トンネルライニング 地中梁、合成床版	再生粗骨材1種	普通天然細骨材
II	無筋コンクリート等	コンクリートブロック、集水樹基礎 道路付属物基礎、側溝、重力式擁壁 重力式橋台、中埋めコンクリート 消波根固めコンクリート、法枠 砂防ダム及び付帯工	再生粗骨材2種	普通天然細骨材 再生細骨材1種
III	捨てコンクリート	捨てコンクリート 均しコンクリート 強度の必要ない裏込めコンクリート 土間コンクリート その他建築物の構造体	再生粗骨材3種	再生細骨材2種

表11-5 再生骨材混凝土之種類及適用構造物規範

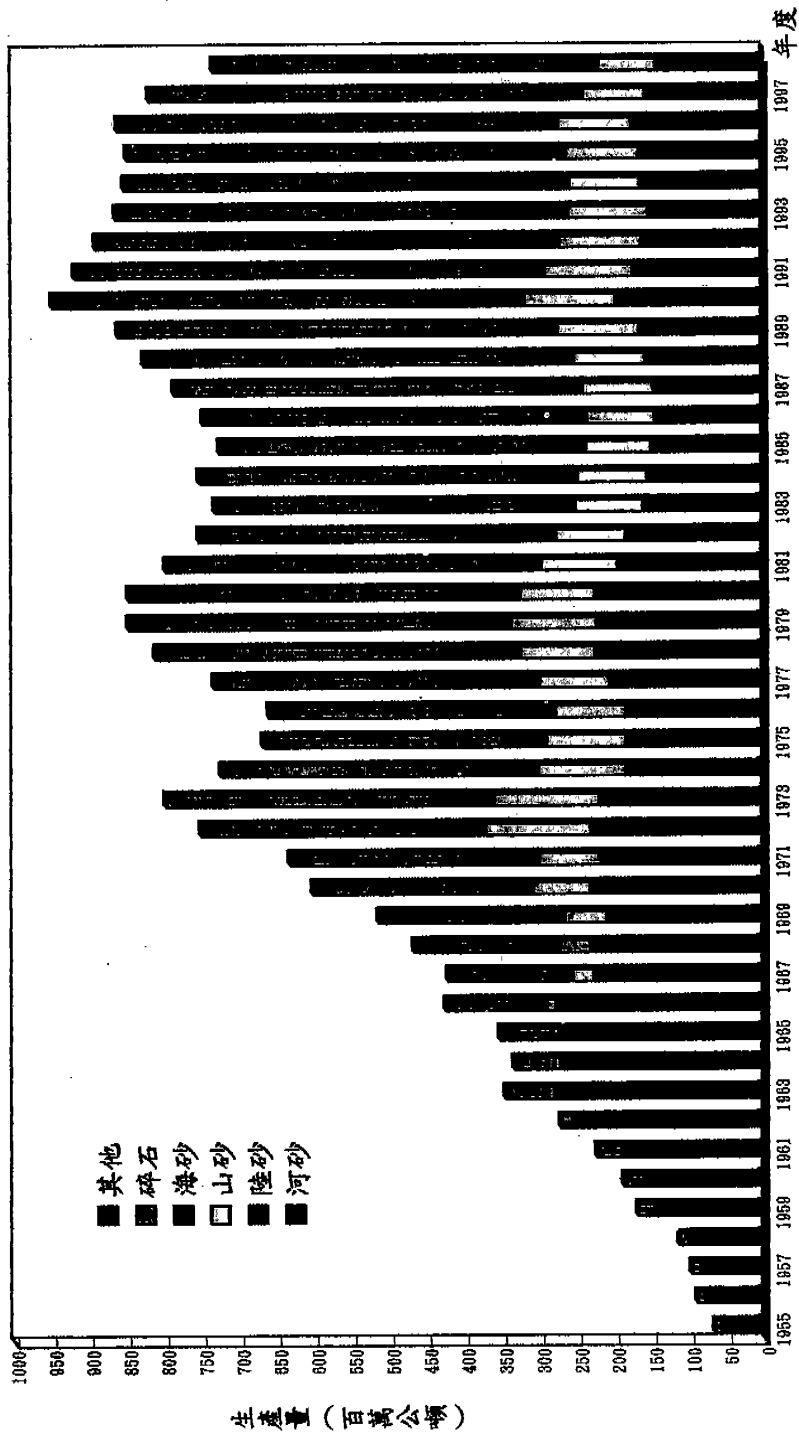
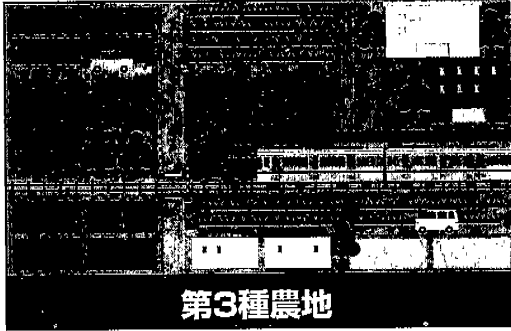


圖 5-1 日本砂石各類骨材歷年生產量統計圖

# 農地区分

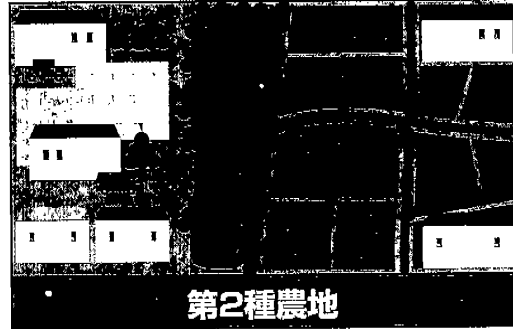
農地は、用途に当たって、農地はその位置、自然条件、生産力等の異なるより次のように区分されます。



第3種農地

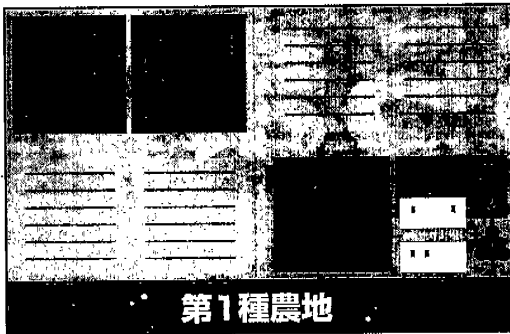
都市的施設の整備された区域内の農地や市街地内の農地。例えば、

- 駅・役場等から、おおむね300m内にある農地
- 市街地の中に介在する農地等



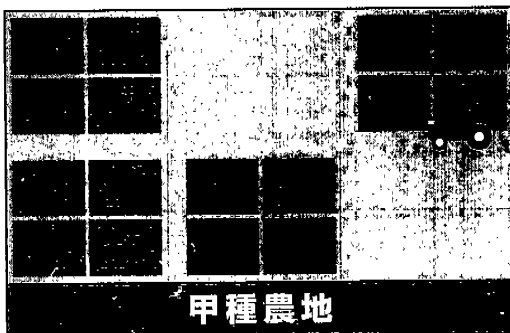
第2種農地

近い将来、市街地として発展する環境にある農地や農業公共投資の対象となっていない生産力の低い小集団（おおむね20ha未満）の農地。



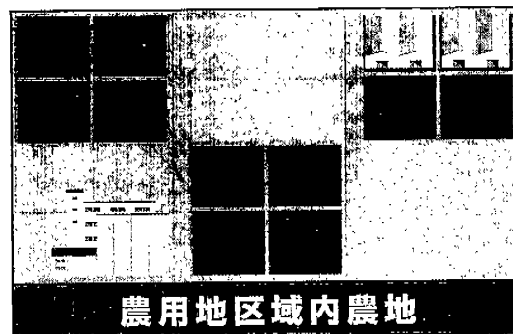
第1種農地

生産力の高い農地、集団農地、農業公共投資の対象となった農地。



甲種農地

市街化調整区域内にある農業公共投資の対象となった農地（8年以内）、集団農地でかつ高性能農業機械による営農に適した農地



農用地区域内農地

市町村が定める農業振興地域整備計画において農用地区域に指定された区域内の農地

図 7-1 日本農地区分図

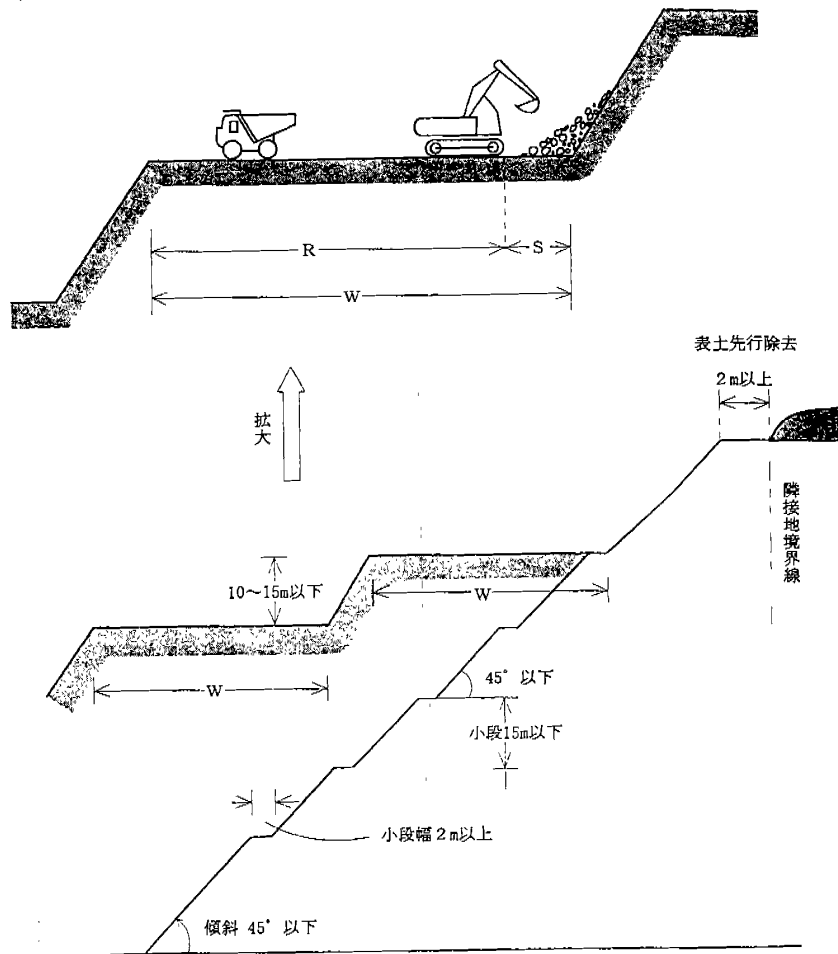


圖 7-2 坡地露天階段採掘面布置及最終殘壁布置原則(由山頂向下採掘)

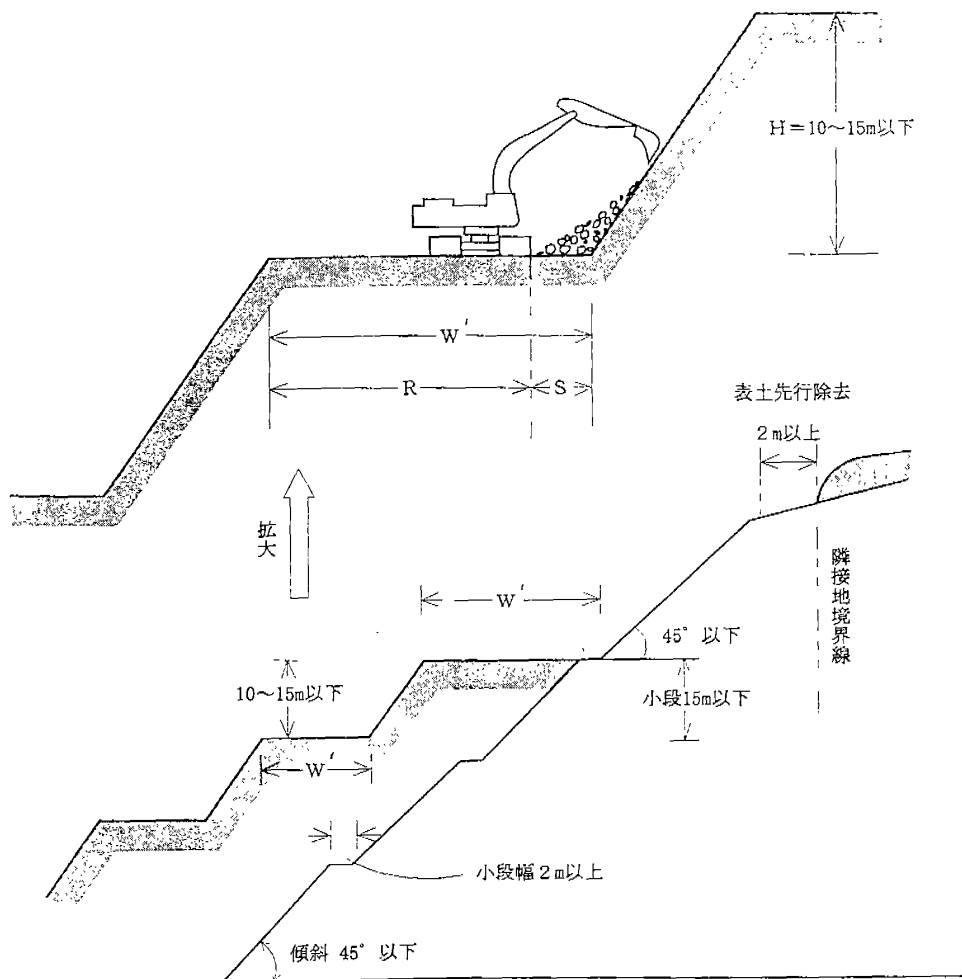


圖 7-3 坡地露天階段採掘面布置及最終殘壁布置原則(由山腹向下採掘)

	濕式方式	乾式方式
製砂機	<ul style="list-style-type: none"> <li>棒磨機(Rod Mill)</li> <li>球磨機(Ball Mill)等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>衝擊式 (橫型、立型、籠型)</li> <li>錐形破碎機(Cone Crusher)</li> <li>滾輪磨機(Roller Mill)等</li> </ul>
分級機	<ul style="list-style-type: none"> <li>螺旋狀式(Spiral)</li> <li>螺旋式(Screw)</li> <li>筒式(Drum)式、皮帶(Belt)式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>吹氣分選機(Air Separator)</li> <li>多段式過濾網(Screen)</li> </ul>
流程表	<p>棒磨機 球磨機 濕式分級機 污水處理設備 細骨材</p>	<p>錐式 立型、橫型衝擊 籠式磨機 滾輪磨機 濕式分級也可 乾式分級機 {吹氣分選 多段式過濾網} 粉 細骨材</p>
製品之品質 (粒度、粒形)	○	△~◎ (依機種而異)
操作性	○(全天候型) <sup>*</sup>	△(受天候左右)
原料水份	○(無限制)	△(1.5~2%以下)
公害對策設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>污水處理設備</li> <li>防止噪音對策</li> </ul>	集塵裝置
備考	泥餅(產業廢棄物)處理	<ul style="list-style-type: none"> <li>粉塵處理</li> <li>洗淨損失大</li> </ul>

圖 8-1 機製砂生產流程，分為濕式與乾式

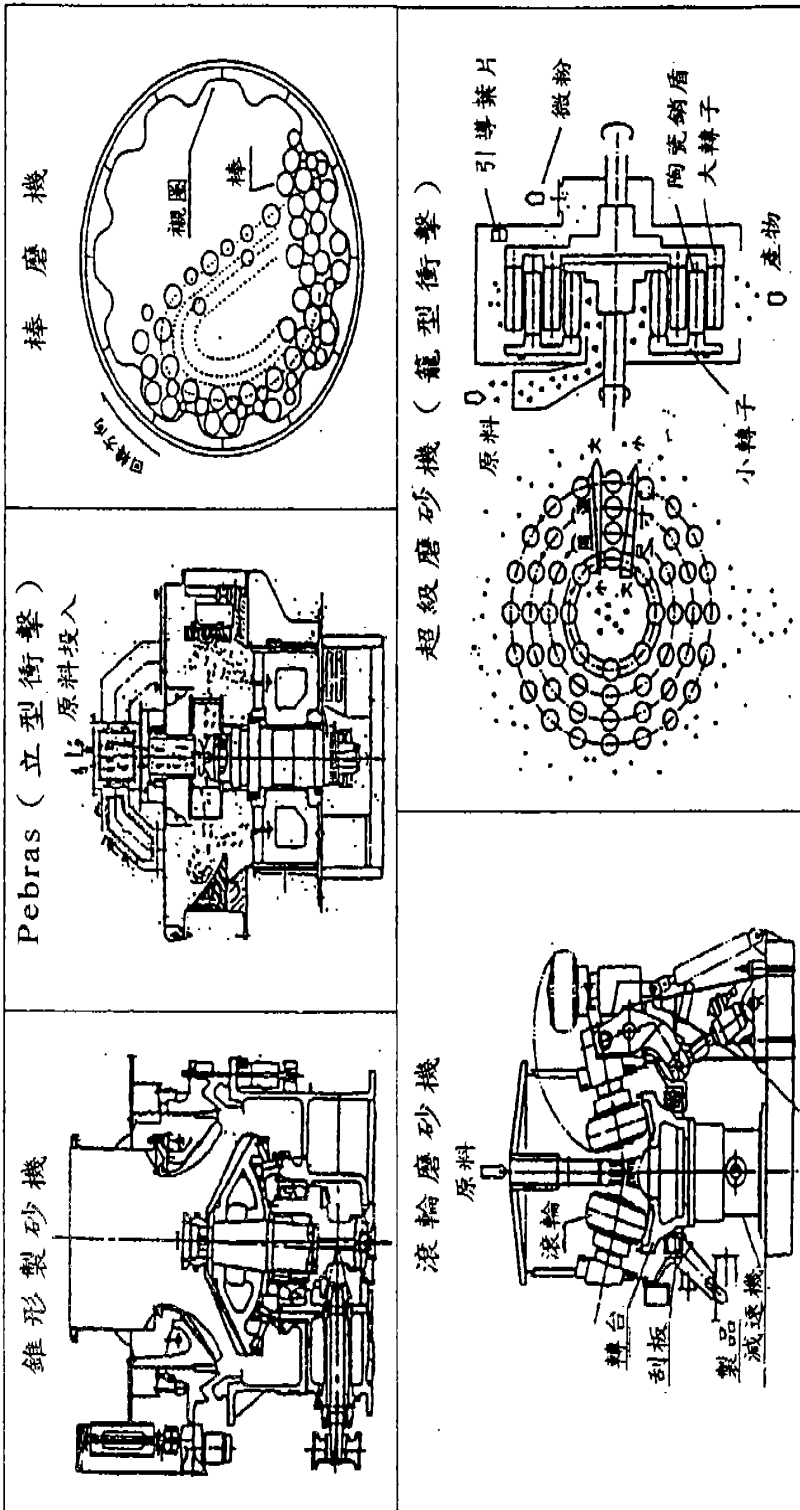


圖 8-2 機製砂機械種類



# 生コン再生骨材製造設備

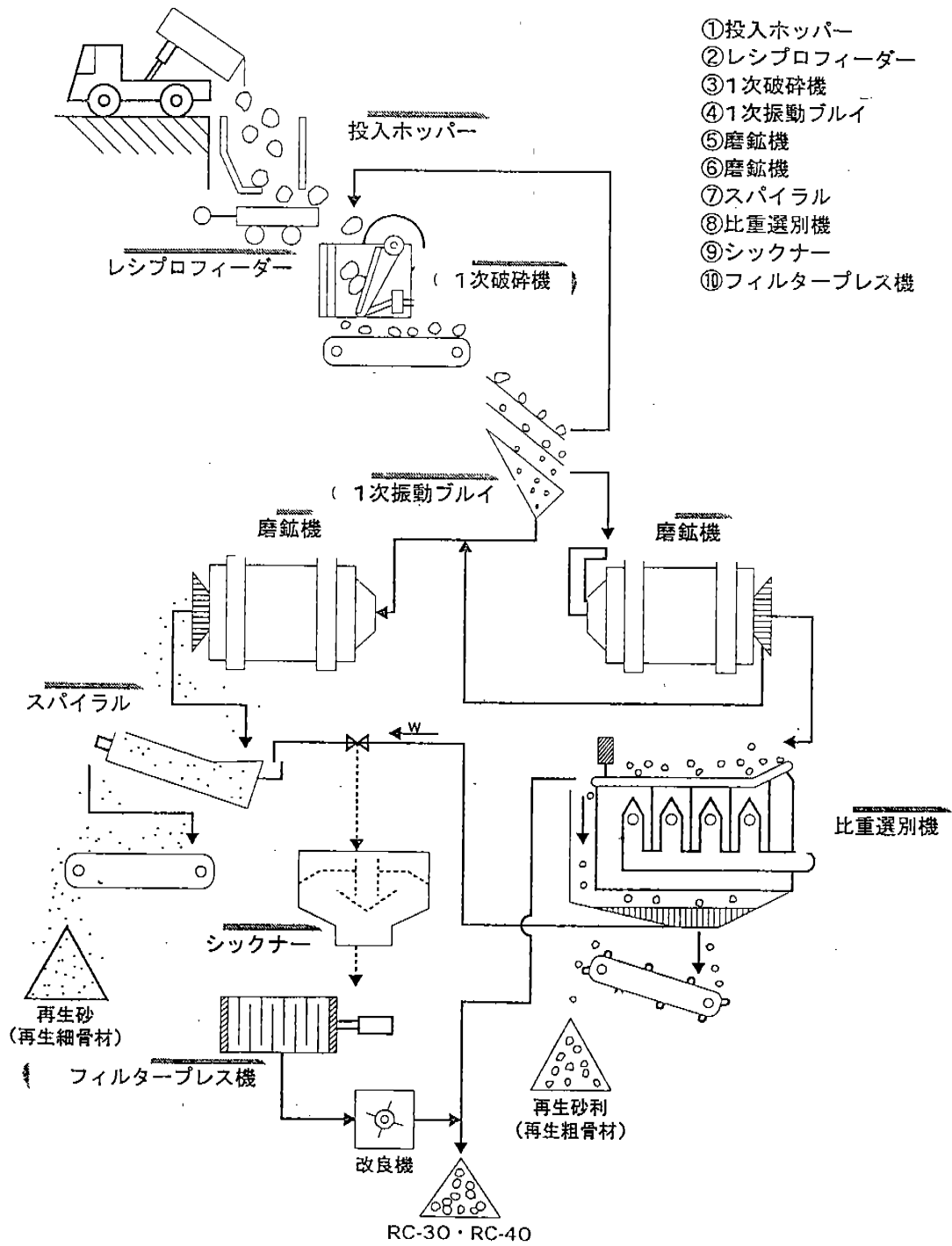
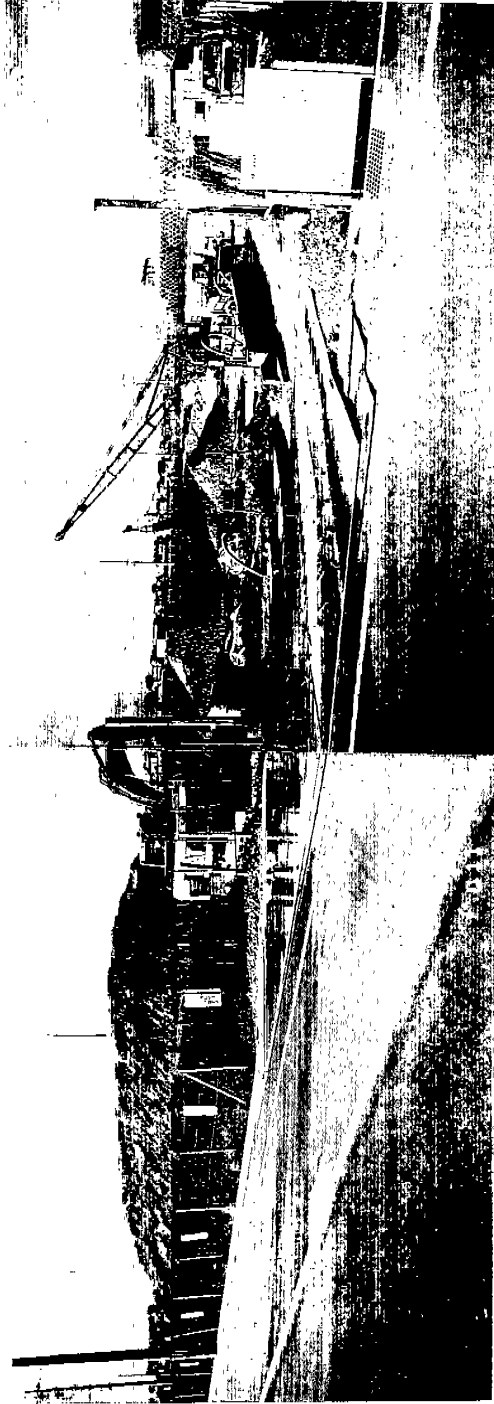
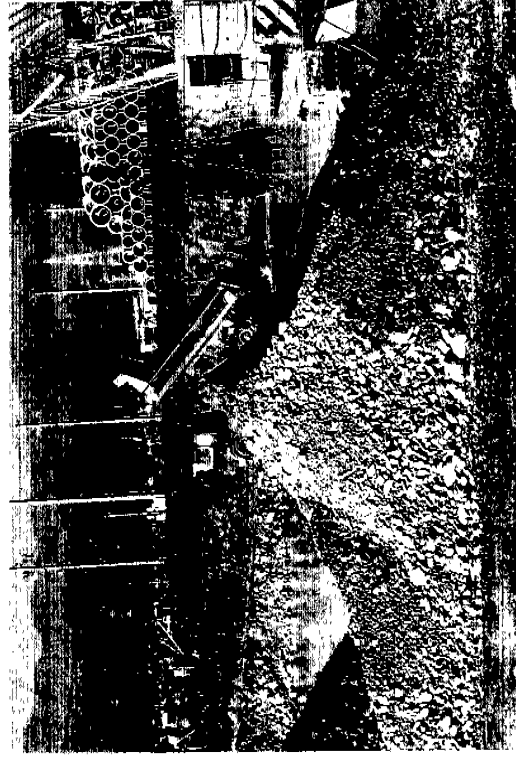
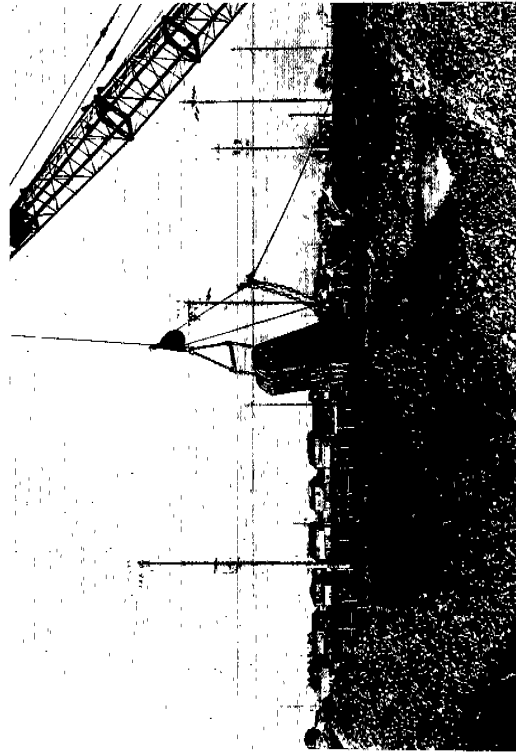


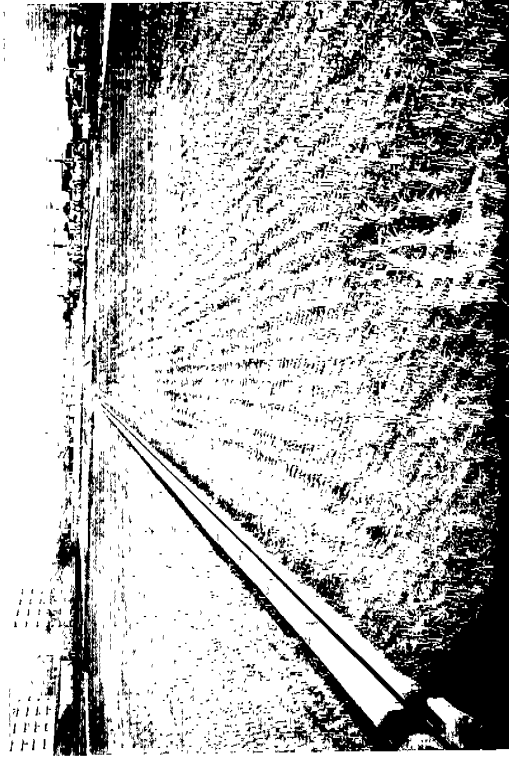
圖 11-1 京星工場製造設備及處理流程



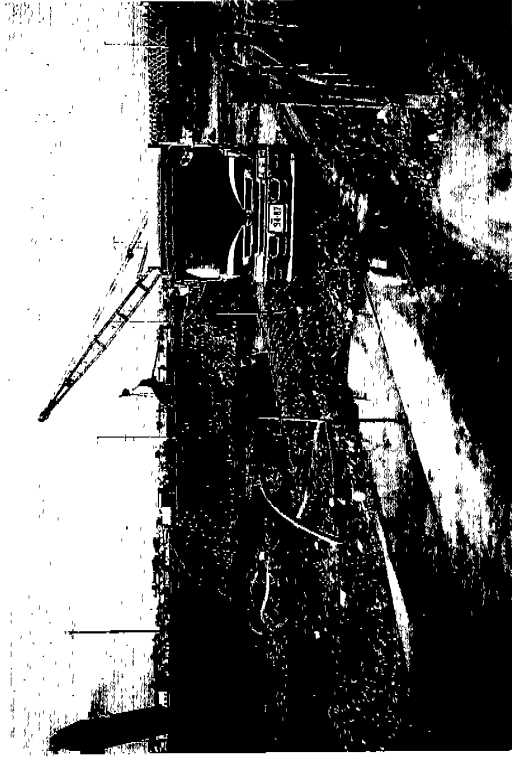
照片 7-1 揖斐川業株式會社橫井陸砂採取場前景  
周圍土堆為表土採完後回填用，上面植草防止土壤飛揚



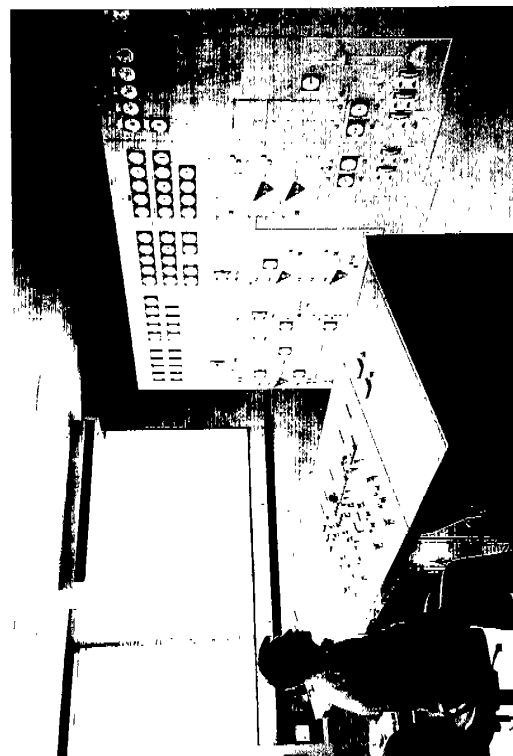
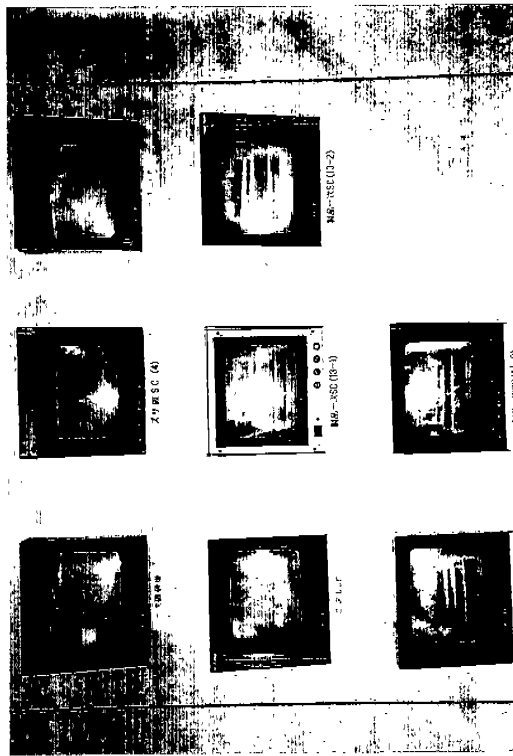
照片 7-2 揖斐川業株式會社橫井陸砂採取場分兩區，一區以挖土機抓掘水下砂石  
遠景為第二區砂石採罄，車輛傾倒山土回填



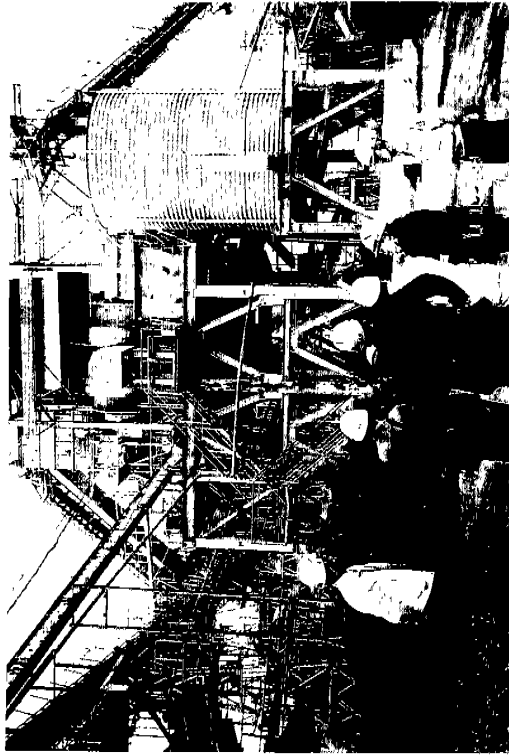
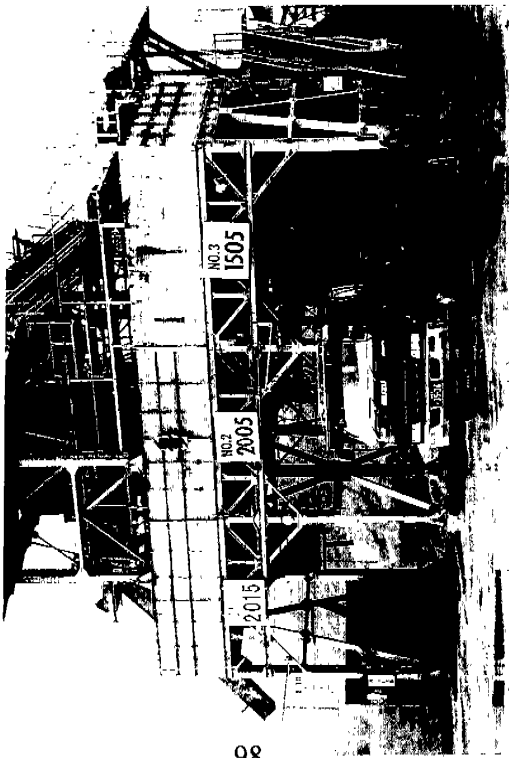
照片 7-3 經過揖斐川業林式會社採取陸砂後，回填恢復農耕情形



照片 7-4 揖斐川業株式會社橫井陸砂採取場，挖土機抓掘水下農砂，另一堆砂石存放 24 小時瀝水後再以傾卸車運至工場加工，車輛前方張貼砂石公司字條，讓行人清楚看見，駕駛員不致違規。



照片 7-5 揖斐川業株式會社神戶工場砂石破碎洗選工場電腦控制室



照片 7-6 揖斐川業株式会社神戸工場砂石破碎洗選設施，砂石產品分級儲倉，以利載送，又防粉塵

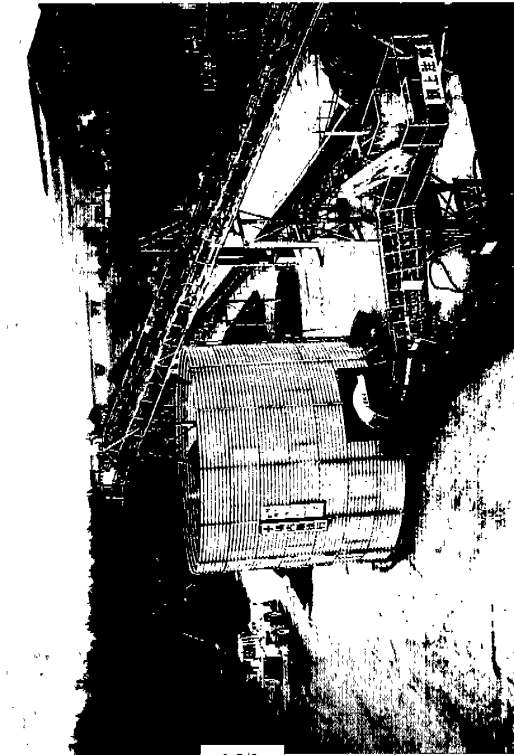


照片 7-7 加藤物產株式會社揖西第二事業所屬子牛陸砂採取場前景  
三處土堆為表土採完後回填用，上面植草防止土壤飛揚





照片 7-8 加藤物産株式會社子牛陸砂採取場，中部有灌溉溝渠，分兩區同時採取



照片 7-9 埼玉產業開發株式會社熊谷工場砂石破碎洗選工場建在地下七公尺，  
周邊植樹隔音，砂石製品放入儲倉，防止粉塵飛揚



102



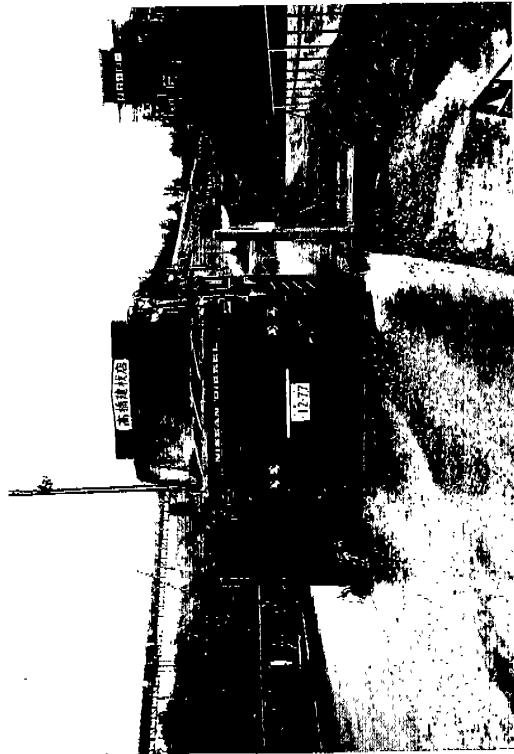
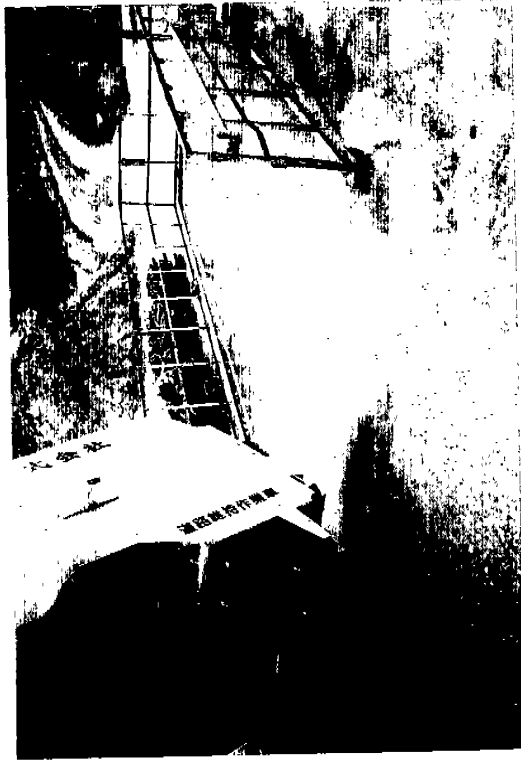
照片 7-9-1 熊谷工場運搬車輛出場在斜道噴水沖洗輪胎，污泥流入集水池再經沉澱處理



照片 7-10 熊谷工場砂石破碎洗選工場污水處理槽底部排出污泥，再送加壓成泥餅



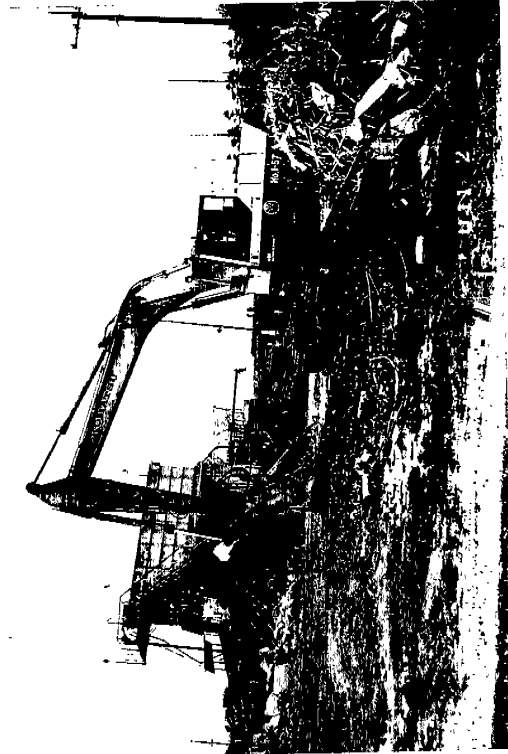
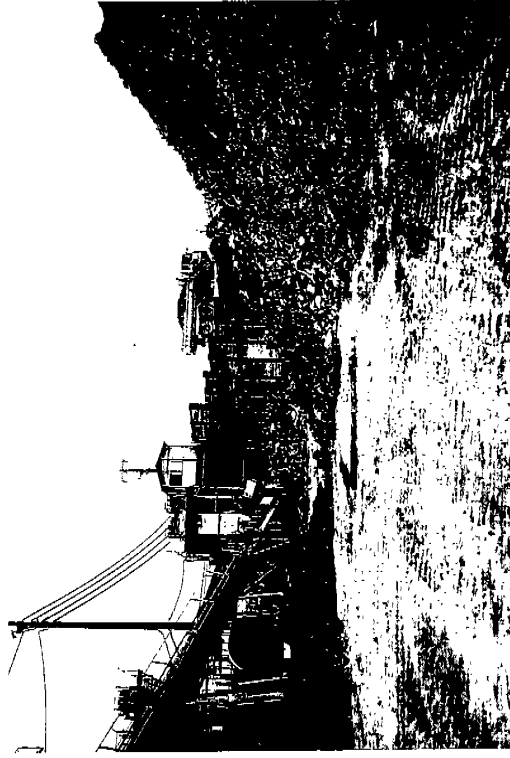
照片 7-11 第一石産運輸株式會社小川工場砂石碎解洗選情形



照片 7-12 第一石産運輸株式会社小川工場沖洗掃車，污泥流入沉砂池

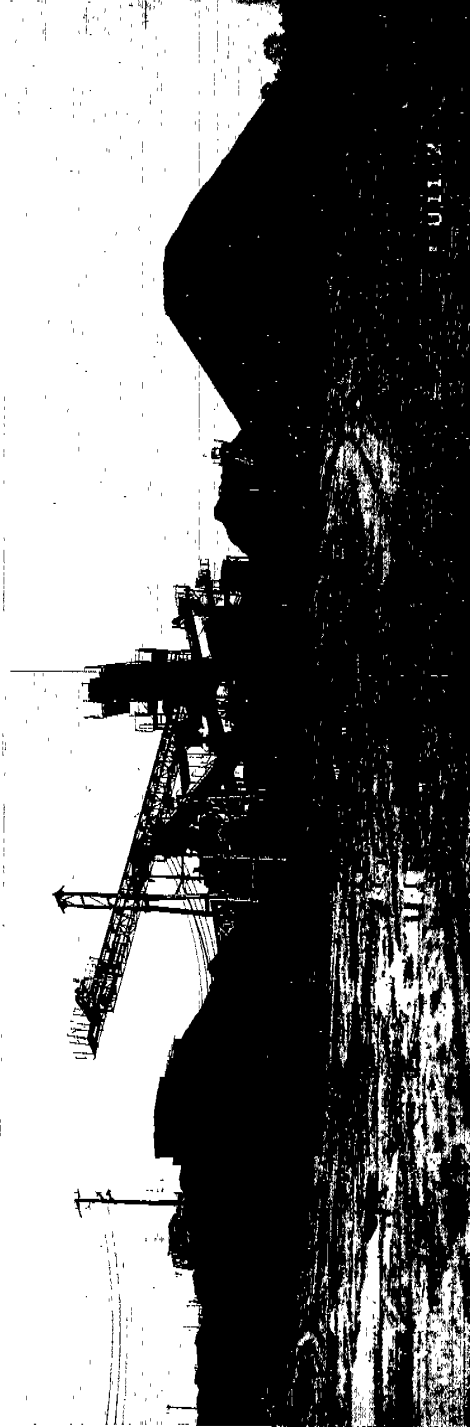


照片 7-13 第一石産運輸株式會社小川工場汚水處理設備

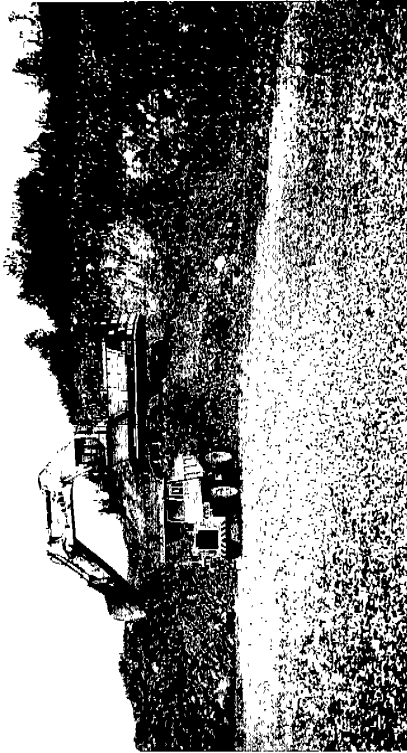


照片 7-14 第一石產運輸株式會社花園工場混凝土塊再生骨材加工處理情形





照片 7-15 第一石產運輸株式會社花園工場，左堆為山砂所破碎之產品，右堆為再生骨材  
加工處理之產品



照片 7-16 第一石產運輸株式會社小川工場山砂採取場開採情形  
採取場鄰近民房 50 公尺處即留設殘壁，布置階段採取



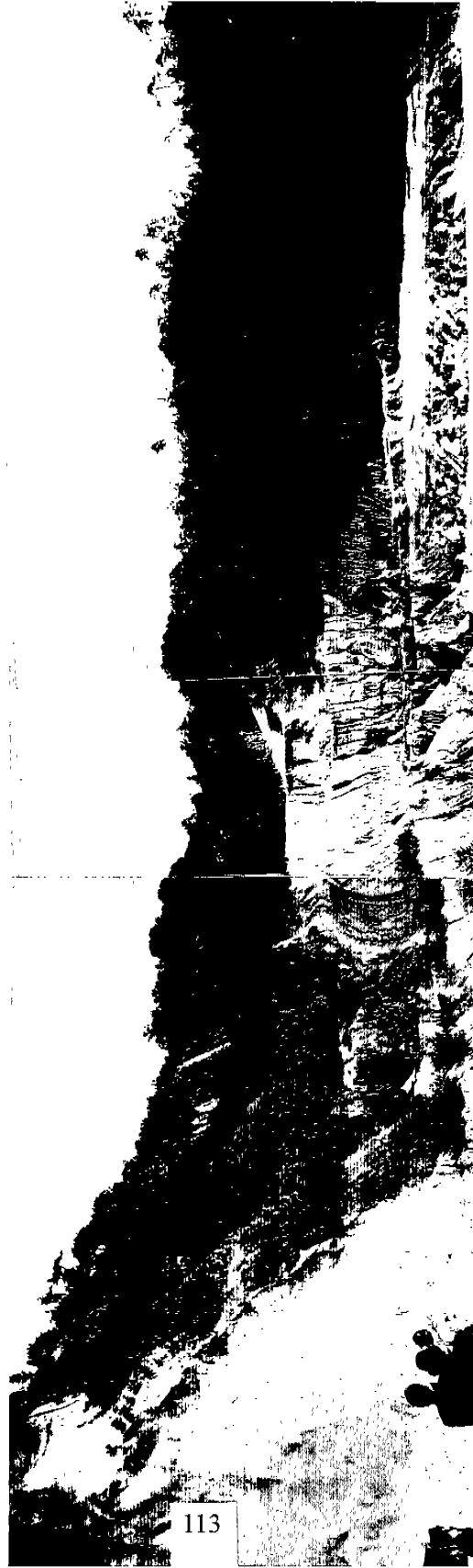
照片 7-17 小川工場碎解洗選場，載運砂石車輛兩邊加覆蓋，防止砂石掉落



照片 7-18 上圖為玉井開發株式會社玉井山砂採取場之一隅，因新闢卡車專用計畫道路貫穿採取場，從兩邊布置階段向下開採山砂，打鋼板係為加強邊坡，俟回填時再抽回鋼板



照片 7-19 玉井開發株式會社玉井山砂採取場採掘後作為杉樹植生區、百果園區等



113

照片 7-20 玉井開發株式會社玉井山砂採取場之一隅，配合新關卡車專用計畫道路貫穿採取場，從山頂布置階段向下開採山砂，最左側裸露為鄰地早期開挖殘壁



照片 7-21 玉井開發株式會社玉井山砂採取場附近早期開挖殘壁情形



照片 7-22 長尾組山砂採取場開採情形，左側採掘跡地部分完成復整植生





照片 7-23 大田開發株式會社高田山山砂採取場一隅，山下為山砂碎解洗選工場  
右圖為車輛超載地磅發出音響，退回傾卸超載砂石



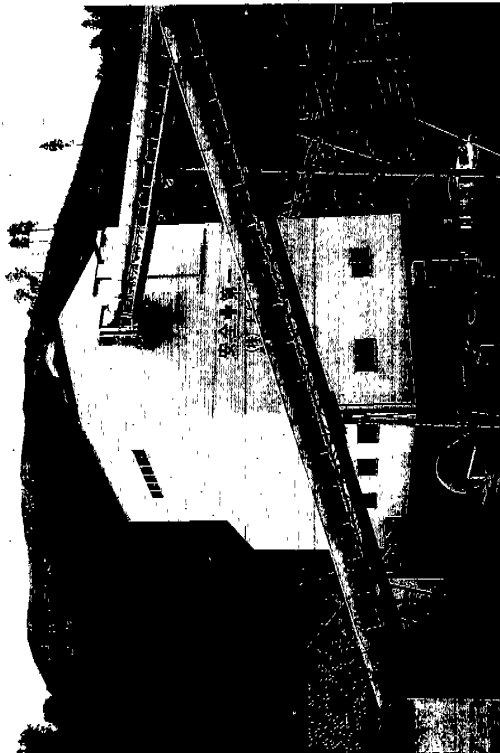
照片 7-24 大田開發株式會社高田礦山山砂採取場開採情形



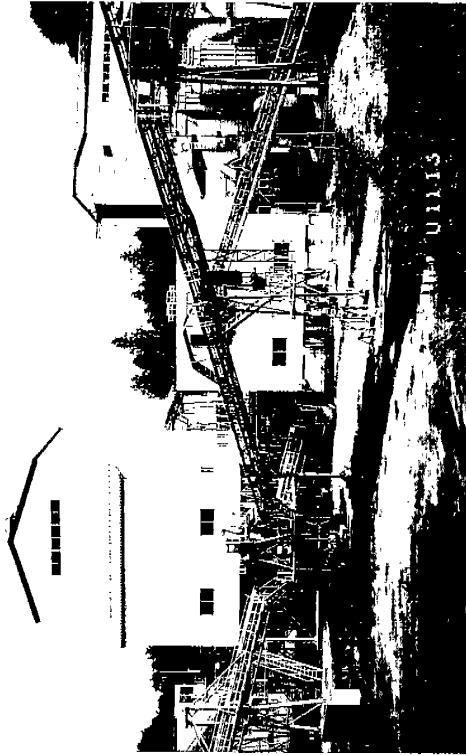
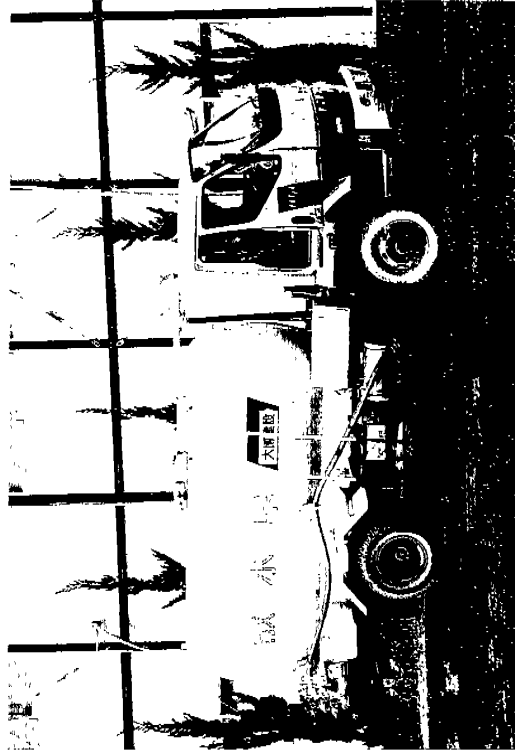
照片 7-25 大田開發株式會社砂石破碎洗選、污水處理槽，遠處為採取場，底層百色為粘土



照片 7-26 大博建設株式會社開採母岩塊石採取場階段情形



照片 7-27 大博建設株式會社碎解洗選工場，廠房加蓋，背後為採掘殘壁復整階段植生綠化情形  
右圖為採掘後復整階段植生綠化情形



照片 7-28 大博建設株式會社母岩塊石碎解洗選工場，馬達等機具加蓋  
廠區周邊定時洒水，防止灰塵飛揚