

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)

日本陸砂開發土地永續經營研修報告

	服務機關：經濟部礦務局
出國人	職 稱：課 長
	姓 名：莊新福
	職 稱：荐任技士
	姓 名：彭肇基
	職 稱：荐任技士
	姓 名：林中仁

出國地區：日本

出國期間：92年11月16日至92年12月5日

報告日期：93年2月20日

E0/
109300602

行政院及所屬各機關出國報告提要

系統識別號 C09300602

出國報告名稱：

日本陸砂開發與土地永續經營研修報告

頁數：77

含附件：是

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

經濟部國際合作處/張國英/02-23212200

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

莊新福、彭肇基、林中仁/經濟部礦務局/土石組/課長、荐任技士

/02-23927892

出國類別：☐1 考察☐2 進修☐3 研究☐4 實習☐5 其他

出國期間/出國地區：92 年 11 月 16 日至 92 年 12 月 5 日/日本

報告日期：93 年 2 月

分類號/目：452/452

關鍵詞：陸上砂石、土地二次利用、再生骨材

內容摘要：

砂石為推動經濟建設與民生基礎建設之必需品，倘砂石料源不足引致供需失衡，將直接或間接影響營建工程成本增加及物價上漲；台灣地區最近五年砂石平均使用量約六千六百萬立方公尺，約百分之六

十五來自河川砂石，陸上佔約百分之三十，其他來源及進口約百分之五，惟因河川砂石經長期大量採取已日漸枯竭，未來砂石供應來源將以陸上砂石為主。

民國八十九年行政院核定「砂石開發供應方案」闡明臺灣地區砂石之供應，短期內以河川砂石為主要來源，未來中長期供應則須轉向陸上砂石為主要來源。陸上（坡地及平地）砂石開採直接使用土地，對於地形、地貌及環境景觀均有所影響，故需在妥善開採規劃與復整計畫及公害防治措施下開發，可減少對環境衝擊，並可配合土地二次利用，於開採後增進土地有效利用。日本在陸上砂石開發方面已行之多年、對於陸上砂石開採技術，水土保持復整措施、砂石加工碎解技術、土地二次利用，及營建剩餘土石方之二次利用等，已具有成功實例，相關法規亦頗完備，均值得學習觀摩。本次奉派前往日本研修，除對推動陸上砂石開發業務有所助益外，研修內容亦可為國內砂石業界參考。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

赴日研習日本陸砂開發與土地永續經營研修報告

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	2
參、日本陸上砂石資源開發之相關法令	3
肆、日本砂石骨材有關名詞之詮釋	9
伍、日本整體砂石骨材供需概況	10
陸、日本砂石採取業及碎砂業之概要	15
柒、日本陸上砂石採取	19
捌、日本陸上砂石開發後土地二次利用	35
玖、日本的碎石技術	38
拾、日本對於骨材在混凝土中的鹼性反應之處理	42
拾壹、日本事業廢棄物再利用概況	47
拾貳、日本再生骨材使用現況與展望展	53
拾參、結論與建議	56

赴日研習日本陸砂開發與土地永續經營研修報告

相片目錄

照片 1、2	第一石產運輸株式會社熊谷工場陸砂採取場回填	-----65
照片 3	第一石產運輸株式會社熊谷工場陸砂準備開採情形	-----66
照片 4	第一石產運輸株式會社熊谷工場碎解洗選場	-----66
照片 5	第一石產運輸株式會社花園工場再生骨材處理場	-----67
照片 6	第一石產運輸株式會社小川工場山砂採取場	-----67
照片 7、8	小川工場山砂採取場採掘跡植生	-----68
照片 9、10	相模興業株式會社華嚴工場土石區情形	-----69
照片 11、12	華嚴工場土石採取場植生爆破開採	-----70
照片 13、14	相模興業株式會社碎解洗選場污水處理	-----71
照片 15、16	千葉縣鎌瀧株式會社山砂採取場	-----72
照片 17、18	千葉縣木更津港砂石調配場	-----73
照片 19、20	城陽市陸砂開採後土地利用	-----74
照片 21、22	城陽市山砂開採及營建棄土回填採掘跡情形	-----75
照片 23、24	長池會社山砂採取場處理營建棄土回填採掘跡	-----76
照片 25、26	城陽市川島山砂採取場及採掘跡植生情形	-----77

壹、赴日研習之緣起

砂石為推動經濟建設與民生基礎建設之必需品，如住宅、大樓，道路、橋樑、壩堤等均與砂石有密切關係，倘砂石料源不足導致供需失衡，將直接或間接影響營建工程成本及物價上漲；台灣地區最近五年（88—92 年）砂石平均使用量約六千六百萬立方公尺，其中來源百分之六十五來自河川砂石供應，由於長期大量採掘河川砂石已漸趨枯竭，有鑑於此，經濟部報奉行政院於八十九年核定「砂石開發供應方案」內，闡明臺灣地區砂石之供應，在短期內河川砂石仍為主要來源，而未來中長期供應，則須轉向陸砂等多元化開發利用，以應各項公共工程建設的砂石需求量。近年來陸上砂石之供應比例已逐漸提高，相關法令如何促進陸上砂石之開發及所使用後土地有效利用，以及加工碎解砂石與開發期間對之環境維護、廢水污泥處理技術等，在地理環境與砂石開發供需模式相似的日本，其作法可為借鏡。

陸上砂石之開發與營建剩餘土石方利用，包含營建骨材及填方為主之砂石料源，並非全靠開發天然砂石之途徑，在營建工程中產生之剩餘土石方亦可作為砂石資源，依據剩餘土石方之特性分類處理再利用，可以減少廢棄土石的数量，亦能降低營建工程成本及減少非法棄置廢土石的情形。日本對營建廢棄物之減量與回收再利用訂定相關規定與作法，剩餘土石方回收率已達百分之八十以上，其回收之鋼筋混

凝土塊及營建剩餘土石方均納入資源化作為骨材利用，值得國內參考。

在台灣地區尚缺乏開發陸上砂石後之土地二次利用案例，日本在這方面較多可供學習觀摩地方，以經妥善規劃開採完陸上坡地砂之土地，由私人或政府利用其採掘後形成平地，建設為球場或體育場館供大眾使用。目前國內推動開發陸砂遭遇地方政府與民眾之反對阻力不小，倘能引進日本開發陸上砂石後之土地二次利用成功案例，可化解國內地方政府與民眾之反對開發陸砂阻力，亦能促進土地經濟利用，達成轉向開發陸上砂石之目標。

貳、赴日觀摩主要內容與行程安排

一、 主要課程與觀摩內容

本次赴日研習之主要課程為：「日本砂利業界現狀與採掘現況」、「砂利採取關係法令及行政指導」、「建設發生土之有效利用」、「農地利用、砂利採取及與周邊鄰居之協調」、「砂利採掘所伴隨之環境保育」、「砂石採取及利用」、「日本碎石業界現狀與技術開發」、「碎砂之分級及廢水處理」、「再生骨材、混凝土之製造」。

主要觀摩內容：「相模興業株式會社所屬厚木、華嚴工場」（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、植生綠化模範場）、「筑波學園都市一地質調查所」（全國地質及砂石資源概況）、「第一石產運輸公司所屬福島、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)、「關東千葉縣山砂(坡地砂石)採取場」(砂利採取、碎砂、汙泥及廢水處理、木更津港砂石自動化摻配設備機械)、「京都府城陽市山砂(坡地砂石)採取場」(砂利採取、碎砂、汙泥及廢水處理、採掘後土地利用)、「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

本次赴日研習之時程含往後旅程計二十日，研習課程及觀摩場所係由日本砂利協會依據研修計畫安排，聘請學者專家及經濟產業省、農林水產省、國土交通省相關機關官員講授課程，並至具規模砂石採取場、建材試驗中心等現場觀摩(詳如附表)。

參、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選之公司或行號，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，河川則由河川管理單位核定。
- (2) 申請區域位於二個以上（含）之都道府縣轄區者，由國土交通省核定。

第六條登錄之要件：砂利採取事業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) 預定採取種類數量及採取期間。

(3) 採取方法、設備及防止災害之方法。

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達反應遵守義務等，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，或達反應遵守之義務者，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：業者對於採取場之採取數量，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。

一般而言，以「採石法」申請者面積較大採取年限較長，以「砂利採取法」申請者反之。

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：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，惟河川砂石採取申請案均向地方政府提出申請。
- (二) 陸地砂石及坡地砂石：由中央之國土交通省製造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，砂石採取申請案均向地方政府提出申請（農地砂石開採有四種法律規範：農地法、都市計畫法、農地整備相關法、農業整備相關法）。
- (三) 海域砂石：由國土交通省管理，但海域砂石之開採申請案亦向

當地地方政府提出申請（基於環境、生態保護，瀨戶內海將於
2003 年禁止採取海砂，其餘海域亦從嚴審查）。

（四）坡地碎石：由國土交通省管理，砂石之開採申請案亦向當地地
方政府提出申請。

肆、日本砂石骨材有關名詞之詮釋

日本對於砂石骨材有關名詞之定義，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、碎砂、碎石、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、海域所取者；其中陸砂利係指農地

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。

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

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；其中有砂石料源多元化開發、機製砂石骨材發展及再生砂石骨材（營建事業廢棄副產物）再生利用之經驗。

本報告分別介紹日本砂石開發之經驗，期能供作國內未來砂石開發走向參考。

（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，日本大多都道府縣已在轄內部分禁採河川砂石，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的減產，亦滿足經濟高度成長對砂石骨材的大量需求，維持其穩定供應，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，細砂來源較為缺乏，未來勢必推動機械製砂。由於推動機械製砂與日本發展機製砂石骨材之經驗相似，期以借助日本機製砂石骨材發展之經驗，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，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，為保護河川構造物之安全，禁採範圍擴大，河川砂石生產量已不敷所需，再加上混凝土用碎石 JIS（日本工業標準）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，並於一九七七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、自然生態等問題，將於 2003 年全部停採，未來天然砂石骨材生產量可能減少，機製砂石骨材及營建剩餘土石方（再生骨材）二次利用日益重要。

（三）日本再生骨材再製利用之經驗

日本都市自 1970 年代起再開發，老舊建築物的拆除，其所產生之營建廢棄物日益龐大，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，廢棄土均堆置於：1、低窪地，2、農地開採後之採掘跡、陸上開採之採掘跡；（棄土場設立不易，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，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。

日本營建剩餘土之流向有二種，一為「指定處分」乃政府指定之傾倒、掩埋處；另一為「自由處分」乃由業者自行處理，包括非法處理。

二、砂石骨材供需現況

依據日本經濟產業省產業技術總合研究所統計資料，日本在 2000 年時，全國砂石骨材之推估需求量为八億公噸，實際供給量为七億三千五百萬公噸，其主要用途為混凝土用計四億九千五百萬公噸（約佔 67%），道路用計二億四千萬公噸（約佔 33%）；其主要來源為天然砂石骨材計二億八千九百萬公噸（約佔 39%），機製砂石骨材計四億三千萬公噸（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）計一億六百萬公噸（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二仟八佰萬公噸（約佔 3.8%）、山砂計七仟六佰萬公噸（約佔 10.3%）、陸砂計一億一仟八佰萬公噸（約佔 16.1%）、海砂計六仟七佰萬公噸（約佔 9.1%）；從日本歷年來砂石骨材供需可瞭解，日本自一九八四年起機製砂石骨材之年生產量已超過天然砂石，其重要性地主已確定。

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逐年減少，其中加入日本砂利協會（依據協會平成 14 年 3 月統計資料）之正會員有 1069

家（從事砂利採取者，其中團體會員 101 家，個人、法人 968 家）、贊助會員有 50 家（未從事砂利採取，但從事相關設備生產者或研究單位）合計會員共 1119 家。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。

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、日本砂利協會主要功能如下：

- （一）砂石資源之確保、開發，蘊藏量調查及研究。
- （二）提昇土石採取業、土石運輸業之地位。
- （三）土石採取場開採安全之宣導，公害發生之預防。
- （四）有關土石採取方面相關知識之傳遞。

(五) 土石採取業與政府相關部門之聯繫、業務之溝通。

(六) 舉辦土石採取相關業務之演講會、展示會、講習會。

(七) 編寫「砂利時報(月刊)」及其他相關刊物。

三、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，社會對砂石開採產生之公害防制、生態保護、景觀維護等要求日趨嚴格，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，目前土石採取場數約 4000 場，從業員工數約 18000 人，與歷年比較從事本行業人數已逐漸減少。

(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。

四、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，建請環境廳在國土交通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，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；另應廣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。

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(即我國土石採取法施行細則之平地土石)，係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。

目前日本有農地約 470 萬公頃，劃為農業用地區域有 420 萬公頃，農地依地域與特性等區分為五種，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；北海道地區申請農業用地作為非農業使用者，其中有 95% 作為開採砂石使用。

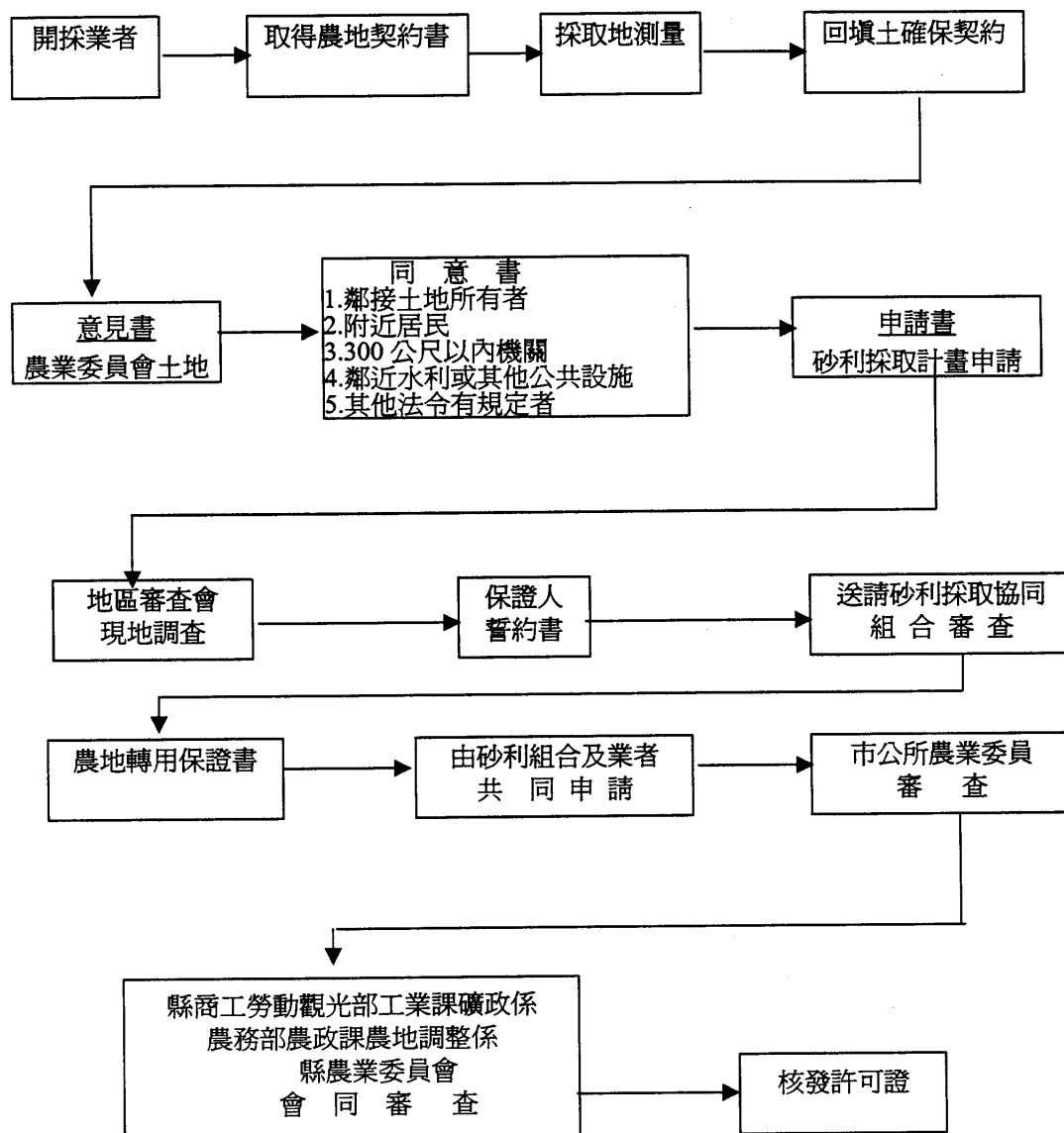
農地底下砂石之賦存厚度，與河川地域不同而異，日本原限制採取深度為 8 公尺現放寬為 10 公尺，倘經鑽探得 10 公尺以下還有砂石賦存，可掘深至 15 公尺，但必須檢附地質鑽探資料報告，此項規定與我國土石採取法令規定相同。

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。

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先審查再經會農林、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，如下第 22 頁表：



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

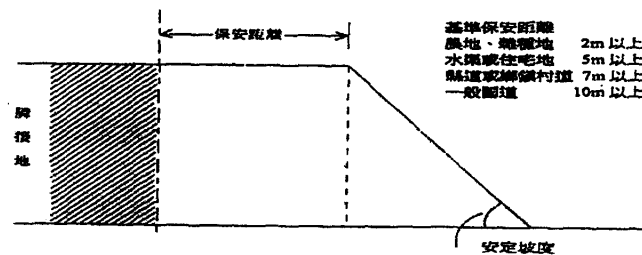
相關法令規定情形下，一般申請展限是會被許可的。

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。

(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. 陸地砂石採罄採掘跡地回填作業，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. 埼玉縣第一石產運輸株式會社熊谷工場之陸砂採取情形及砂石碎解洗選概況：

（1）熊谷工場農地砂石採取場概況

A. 基本資料：

熊谷工場砂石採取場依「砂利法」申請採取農地砂石，一次申請開採面積為 1 公頃（縣府規定申請面積在 1.5 公頃以下採取期限 1 年），與土地所有人取得同意採取至回填復整為一年，都道府縣許可期限為一年，另向砂利組合繳交保證金每立方公尺 11 日圓，為其保證回填，倘業者未依規定辦理，則由組合負責回填。回填物來源為山坡地開挖土石或營建工程廢棄土石等，並就地區地質特性與農地所有人協議後辦理。對於採罄回填之農地，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

B. 開採情形：

現場觀摩時該工場所請一場農地砂石已採罄並已完成回填工作，而在相鄰農地亦已取得一場農地砂石，開採面積均為 1 公頃，正在做整地圍籬的工作。其農地砂石採取區與鄰地保安距離為 2~3 公尺，倘相鄰為公路則需留保安距離為 10 公尺。

據會社人員說明採取作業係用挖土機採掘表土堆置於旁邊租用農地，開採階段高 5 公尺，採掘深度 5~10 公尺，分二階段，邊坡斜度為 $45\sim 50^\circ$ ，將採區劃分二區開採，採掘時亦有地下水湧出，惟未將地下水抽取，尚不影響附近地下水位；而下水位依季節不同而有所不同，冬季時水位較低在地表下約十公尺，夏季在地表下約八公尺。每場所挖掘出砂石先堆置 24 小時經自然濾水後，再搬運至數公里距離（以 5~7 公里較合成本）該會社所屬碎解場加工（如照片 1.2.3）。

（2）熊谷工場之砂石碎解洗選概況

A. 基本資料：

埼玉產業開發株式會社早期於昭和 34 年(1959 年)起採取荒川水系砂石，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窪地，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，可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，年產混凝土用砂石 40~25mm、25~5 mm、5~0mm 等計 40 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。

該廠區周圍附近有道路及住家，將機器馬達等機具加蓋封閉及設吸塵設備，以降低碎解洗選機械所發出噪音及粉塵等污染，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（如照片 4）。

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(即我國土石採取法施行細則之坡地土石)，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，經開採碎解作為骨材者。

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'

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)。

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

（一）第一石產運輸株式會社小川工場、花園工場概況

A.基本資料：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。山砂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，可生產混凝土用碎石粒度25～20mm、20～05mm，及15～05mm砂石，以及公路用碎石共計年

產量為 40 萬噸以及碎砂 30 萬噸。

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 1 萬噸。

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 12 萬噸、碎砂約 6 萬噸及再生骨材約 15 萬噸等，並依客戶需要生產其他粒度之砂石。

（二）第一石產運輸株式會社之小川工場山砂採取場現況：

該會社現有之山砂採取場，位於所屬小川工場附近山坡，許可開採面積約 24 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，由於岩層較破碎僅須用少量炸藥配合採掘機械開採。

採取場西邊有道路社區，與鄰地距離留 50 公尺緩衝

帶，留設護坡並布置採掘階段繼續向下採掘，所採出土石以

傾卸車運至採取場下方小川工場碎解加工（如照片 6-8）。

（三）相模興業株式會社碎石母岩採取場及碎解洗選加工廠概況

相模興業株式會社碎解洗選場及碎石母岩採取場現況

相模興業株式會社共有兩場碎解洗選場—厚木工場及華巖工場，分別位於神奈川縣海老名市新田一七六二番地及神奈川縣厚木市飯山五九三七番地所屬土石採取區由 1970 年開採迄今已 33 年，該會社社長加藤一郎，亦為現任「日本砂利協會會長」。

厚木工場：碎解設備有碎石機（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，其細碎機為棒磨機，每小時可製造細紗（0~5mm）70~100 噸，棒磨機內鐵棒約 300 小時消耗 15 隻，每小時可處理 600 噸，年產量可達 60 萬噸，廢污水處理設備具有循環用水及淤泥沉澱脫水功能，經壓縮成泥餅均回填於採掘跡。

華巖工場土石採取區簡介如下：

土地十八筆面積共 85 公頃、開發區域 71.6 公頃，開採期限為五年一期，本次核准期間由平成 12 年 12 月 20 日至平成 17 年 12 月 19 日（2000~2005）。

該場採取火山角礫岩、砂岩，平均一日可採量 2500 立方公尺，目前開採後方該會社尚有 70 餘公頃土地，已與縣府申請採取許可，歷經 7 年辦理期間已通過環評，預定再一年可以開發，將自山頂往下合併兩採取場整體採取，預計可開採一百多年。採取方式以階段式採掘法，以挖土機配合 AN-FO 炸藥爆破開採，每天施炸一次，每階段高 10 公尺、坡度 60 度，採後殘壁平台 6 公尺寬，採掘跡最終殘壁之植生綠化挖掘深 2 公尺寬 5 公尺洞穴置客土，種植檜木為主之植物，採取場上部成排整齊之檜木已種植約十年，據告知係該社社長及員工利用工作之餘自行栽種約 2 萬棵，亦係該會社感到自傲地方。

碎解洗選場亦位於土石採取場下方，所用料源直接以卡車運至碎解場，再依照客戶所需尺寸碎解、洗淨、除泥後即為成品；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、泥餅製造等設備。廢汙水處理設後採循環用水，淤泥沉澱脫水經壓縮成泥餅回填採掘跡(如照片 9-14)。

(四) 千葉縣沼津山砂採取場及木更津港調配細砂場概況

1. 鎌瀧株式會社山砂採取場現況

(1) 基本資料：

該採取場申請許可面積 20 公頃，目前核准年度計畫採取

面積 2.6 公頃，年產量 35 萬立方公尺，已開採 30 年，經營人亦更換幾手。

(2) 開採情形：

土石區之砂石賦存情形特殊，山砂係海底上升造成坡地，採掘出細砂可發現貝殼魚骨等海洋生物遺體，故其粒度與海砂相當，不適合做細骨材，須與較粗砂石調配後才能作為骨材。由於全區除表土外均為細砂，故直接以挖土機採取容易，自山頂由上往下階段開採，殘壁高 15 公尺，據業者告稱係地方政府准許之高度，因在採取場後方為縣定風景區，留有獨立山頭之殘壁以遮蔽不易植生之採掘跡裸露面。

碎解洗選場位於土石採取場下方，採取細砂運至碎解場，直接以水洗不須碎解即為成品，另有廢汗水處理設備，採循環用水，淤泥沉澱脫水經壓縮成泥餅回填於採掘跡（如照片 15.16）。

2. 丸和建材社有限會社木更津港調配細砂場情形

概況：

該會社自有山砂採取場所產砂石與上述鑛瀧株式會社之山砂相同，粒度過細，無法作為混凝土骨材，乃自國內

外購入較粗砂石自行調配後銷售客戶。

運作情形：

於昭和 54 年(1979)在木更津港開設砂粒調配場，面積 0.55 公頃，每小時處理 400 噸，嗣於昭和 62 年(1987)擴充場地面積為 1.18 公頃，每小時處理達 1200 噸。目前調配砂石來自四處不同地方，本地砂石除該會社自產山砂外，尚有北海道陸砂(農砂)、青森縣石灰岩碎石及中國福建之河砂，外地砂石以船運至木更津港碼頭之調配場，再以鏟裝機鏟取經自動控制之調配粒度後，由輸送帶直接送入碼頭裝船，所設輸送帶可前後左右移動，不需移動或整理船艙即可運載出港。

調配場對於各地砂石均做篩分析試驗，每月定期委託檢驗機構測試調配砂石之粒度、吸水性等品質，每六個月做鹼性反應，以符合客戶需求品質。該場最大調配出砂量每月達 23 萬噸，平均月產量 18 萬噸，由該會社自有船隻 13 艘，每日運輸量 1.5 萬噸，運銷至東京都、神奈川縣、靜岡縣伊豆地方及千葉縣灣岸北部等地(如照片 17.18)。

捌、日本陸上砂石開發後土地二次利用

日本在二十年前對於開採砂石後跡地復整即有土地二次利用倡議，近年來以配合國家發展政策及區域經濟發展計畫，先訂定土地利用方式，再擬訂砂石開發計畫，以配合政策或計畫開採砂石，除可節省開發計畫之經費，亦能在降低破壞環境下採取砂石料源，更可減少社會大眾反對開採陸砂之阻力，使得土地再利用具有更大經濟效益。日本開發陸砂（農地砂石）之土地，多數以回填後恢復農業使用，亦有開採後跡地不回填作為人工湖，具有蓄水、供水及休閒活動等功用。而在開發山砂（坡地砂石）及碎石母岩之土地利用較多，如在開設高速公路附近開發砂石後土地規劃為高速公路休息區，或經較長時間坡地砂石開發後採掘跡土地闢建為運動場公園等。

一、城陽市山砂開採後土地二次利用現場觀摩

位於京都府城陽市郊外道路旁私有地，其中一處土地約 10 公頃，經採完山砂 40 年後，於 5 年前將採掘跡之土地闢建為足球場，其旁尚有約 3 公頃土地在開採中，計畫未來將採掘完土地闢建為娛樂場。另一處亦為私有地，在開採完山砂後，由政府買下土地開發為「鴻巣山運動公園」，供作民眾運動休閒場所。城陽市砂利組合每年提供經費贊助地方足球運動及公益活動(如照片 19.20)。

二、京都府城陽市山砂採取及採掘跡土地利用現場觀摩

（一）概述

京都府城陽市山砂採取業者共同組成「近畿砂利協同組合」之同業團體，目前有 14 家業者參加，組合對該地區山砂採掘跡土地作有經濟效益利用，仿倣北海道砂川地方建議政府在計劃興建高速公路附近之山砂石採掘跡土地規劃闢建為包含有旅館之高速公路休息站。該地區於 1960 年代開採山砂，當時尚未有法令規範，業者任意開採造成陡峭殘壁及低窪坑洞，大多數未做好復整工作，迨至 1968 年廢棄物清理法施行後，業者可依法處理營建棄土，該組合為整體規劃地區山砂開採及處理採掘跡地回填營建棄土，乃於平成元年（1988）由該組合持股 50%及京都府與城陽市政府各持 25%方式共同成立「城陽市山砂利採取地整備公社」。

（二）長池工業株式會社山砂採取場及採掘跡地回填作業觀摩

該採取場土地為會社自有，於 1997 年開始採取山砂，面積 4.3 公頃，年採取量 12 萬立方公尺，以階段式開採，殘壁高 5 公尺、平台寬 1 公尺、坡度 40 度，邊坡已整平尚未植生。

該地區山砂成份為砂佔 70%碎石佔 30%，亦與千葉縣山砂相同開採容易，其周圍採掘跡均為早年任意挖掘所造成陡直殘壁及深凹坑洞，現由「城陽市山砂利採取地整備公社」開闢聯外道路

供作「公共殘土搬入場所」，運入回填棄土均需經該公社派員先行做 26 項檢驗項目，檢驗合格後才能運入回填，運輸車輛進入時持公社製作三聯單，存根留存出土地方，一聯交公社，另一聯交收土者。據公社人員告知運入棄土每輛 10 噸卡車收費 9700 日圓，其中 3800 日圓撥給公社，支用人事經費剩餘供作推展業務資金，目前已盈餘達 18 億日圓（如照片 21-24）。

（三）川島工業株式會社山砂採取場及採掘跡地處理觀摩

該採取場土地為會社自有，由「近畿砂利協同組合」向政府提出申請經許可採取 8 年回填 10 年，開採面積 8 公頃，年最大採取量 25 萬立方公尺，現因不景氣年採取量為 18 萬立方公尺，目前核准採取期限為平成 14~17（2002~2005）年。開採山砂係由該會社執行，開採所得分配為地主 50%，其餘 50%扣除組合支用經費後交給會社。該採取場之採取作業及水土保持監督查核由組合每週實施一次，城陽市政府每二週實施一次，京都府則每二個月實施一檢查。

該採取場山砂與長池工業株式會社山砂成份相同，亦為砂多石少，殘壁邊坡有許多雨水沖蝕溝，坡面植生係採噴播草種，植生成效未盡理想，業者告知植生成本為每立方公尺 110 日圓，由組合及採取業者各負擔一半，現場情形如附照片 25.26。

玖、日本的碎石技術

一、日本使用碎石之沿革：

二次世界大戰後之日本經濟快速成長，促使砂石骨材的使用量大增，在昭和 40(1965)年以前天然砂石的使用量佔 80%以上(其中河川砂石使用量佔 74%以上)，碎石使用量則低於 18%，其後因河川砂石大量採取，以致河川砂石料源逐漸耗盡，為避免橋樑受損及危害河防安全，日本於 1965 年起陸續對各一級河川實施禁採，此後在日本政府的大力推動下，砂石採取業者逐漸朝向多元化料源的方向發展，而進行陸地、山地、以及海域等地區砂石的採取，以供應建築混凝土粗、細骨材、道路填方及鐵路道渣等所需。另海砂最大的問題在於其含有鹽份（氯離子），所以在使用前需先以水洗或靜置的方式進行除鹽，否則鹽份將腐蝕鋼筋使混凝土塊剝落，而造成安全上問題，又因環境保護之因素，自 2000 年起，日本已逐漸禁止採取海砂，以致海砂採取量銳減。另一方面，陸地、山地及碎石母岩之砂石則為石多砂少，雖於破碎加工過程中可生產砂，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。基此，日本自 1981 年起，碎石生產量已正式超過天然骨材（碎石為 49%，天然骨材為 48%），迨至 2000 年止，碎石生產量已逐年增加至

59%，而天然骨材生產量逐年降低至 38%，顯見碎石已成為骨材之主體。

在天然砂石的使用效果通常較碎砂石為佳，因為天然砂石的表面形貌較為圓滑，使用於混凝土灌漿時流動性較佳，不易產生空隙，工程品質較佳，故碎砂在使用時一般會與天然砂混合，然而天然砂產量漸漸減少，對人造砂之需求量增加，相對於碎砂品質之要求標準提高，從粗砂到細砂，其粒形及物理性質都要求與天然砂相近。

工程使用的混凝土係由水泥、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。日本因天然砂的產量逐漸減少，在進口砂數量有限的情況下，對於碎砂的需求日益增加。

日本在使用混凝土之碎砂，物理性質規格要求如下：

品質項目	J I S 規格值
黏土塊量	1.0%以下
絕乾密度	2.5 以上
吸水率	3%以上
洗淨試驗之損失量	3%以下
安定性	10%以下
粒形判定實績率 (2.5~1.2mm)	53%以上

天然骨材因形狀趨近於圓形所以流動性及填隙能力都較碎砂為佳，流動性佳可使預拌混凝土灌漿時不會有間隙產生，填隙能力佳則可獲得高堆積密度（天然砂之堆積密度為 70%，而碎砂則為 55%）而減少水泥用量，所製造之碎砂應具有類似天然骨材之性質。

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。典型的濕式製砂機有棒磨機、球磨機、自體研磨機及振動式研磨機等；而典型的乾式製砂機則有棒磨機、球磨機、自體研磨機、衝擊型研磨機、壓縮式研磨機及振動式研磨機等。乾式研磨機

因無須進行污水處理，所以沒有污水處理成本，且無須另外購置污水處理設備，所以成本較低，惟因製砂過程中會產生大量的粉末，易造成環境污染，且粉末易附著於碎砂表面，以致使用的效果不佳，所以在日本所使用之製砂機多以濕式為主。

濕式製砂機的污水處理設備係使用聚合物凝聚劑使污泥集中，於脫水製成泥餅（cake）後，便可當作事業廢棄物送到掩埋場掩埋，或送到農地砂石採區與良質回填料混合後進行回填，或與生石灰混合後可做路基材料或水泥原料；惟目前日本政府的環境保護部門認為泥餅中含有聚合物，因有污染環境之虞，所以傾向將泥餅視為事業廢棄物，不得用以作為農地砂石的回填料，而通產省則認為其應不屬事業廢棄物，所以政府部門的認知上有爭議。乾式製砂機為免產生空氣污染的問題，另設有集塵設備，收集粉塵可作為瀝青的填充劑。

三、日本碎石業所面臨之問題

- （1）市場需求銳減：日本自 1990 年起泡沫經濟崩潰後經濟長期不景氣，土木建築業亦不景氣，連帶使得砂石（碎石）需求遽減，以致業者生存困難。
- （2）公共工程的發包方式改變：日本政府對於公共工程的發包逐漸採用以完工性能保固為發包方式，而非傳統的工、料計價

方式，亦即在預定的保固期限內，所完成之工程需保持某些特定性能，例如車輛行駛於道路上時，所產生之噪音應低於某限定值，如此業者的責任便加大，且必須花費額外成本進行研究。

- (3) 品質保證制度之建立：目前日本具有 JIS 標章碎石場尚未普遍，其產量無法滿足市場需求，為讓消費者可在為數不多 JIS 標章的碎石場安心購得碎石，建立此制度為當務之急。
- (4) 碎砂使用增加：碎砂在過去係與天然砂混合使用，現在已取代天然砂成為主要骨材，生產碎砂需消耗大量能源，並產生大量需處理的粉塵，因而導致業者成本增加。
- (5) 碎石副產物之有效利用：將濕式與乾式法產生的泥餅與粉塵收集後，作有經濟二次利用。

拾、日本對於骨材在混凝土中的鹼性反應之處理

一、骨材在混凝土中的鹼性反應機制

在 2001 年 5 月 10 日日本 NHK 電視台曾針對日本福島縣因骨材鹼性反應而造成混凝土破壞進行報導，同年 5 月 16 日日本政府便針對此事件進行全面性的實地調查並進行材料實驗。

骨材鹼性反應的機制係水泥中的氫氧根離子與鹼金屬離子和具有活性的骨材產生的化學反應，其中該鹼性金屬離子通常為鉀或鈉。通常骨材在混凝土中的化學性質極為穩定，但當骨材含有不當或過量的某些化學物質時，則會和水泥中的鹼性物質發生反應，特別是在潮溼、溫和的環境時，生成的反應產物在吸水後膨脹，造成混凝土的破裂、起泡、強度損失或嚴重到破壞整個石材。而何謂有害的物質包括有機不淨物、沉泥、黏土、褐煤及某些輕質物和柔軟顆粒，此外也包括具有鹼性反應之岩石、礦物，如矽質角岩和含鎂質之石灰石。

至於骨材鹼性反應所需之主要條件為水、活性骨材、鹼金屬離子，因此骨材鹼性反應通常可分為：鹼—氧化矽反應（簡稱為鹼—矽反應），以及鹼—碳酸鹽反應（簡稱為鹼—碳反應）二大類。鹼性反應的機制為：

1. 矽酸鹽水解：因為矽酸鹽類在鹼質及含水環境中水解，使骨材失去整體性，當然也必須矽酸鹽由骨材分解，才能產生反應，而能發生反應必然有二個條件，一是環境中鹼質太強，二是骨材為玻璃質無良好結晶之材質方可。
2. 形成膠體：水解之矽酸鹽與水泥提供鹼緩慢反應形成膨脹體，由此可知必須要有水的環境，才會發生反應。如果混凝土防水

或是很緻密，水分無法擴散，則反應將受阻滯。

3. 膠體膨脹：膠體膨脹將產生內應力和破裂，造成爆開及裂縫並與產生膠體物。深色反應的出現也代表水泥砂漿與花崗岩石英體有化學反應產生，而也是鹼骨材反應的對象之一。

4. 形成流動溶液（凝膠體）：水斑的形成，使膠體沿節理流出，當然這也必須有足夠濕氣存在，才有媒介可溶流出來。膠體可能以溶膠的形式移動，填入裂縫中，覆蓋石材顆粒的內表面，注入毛細孔體中，這些反應物乾涸後會在內部留下深色的膠體沉積物，而膠體雖是鹼矽反應發生之最可靠的徵兆，但沒有水斑的產生不一定代表沒有鹼矽反應，只是因緣條件未完全。

目前國際環境保護的要求標準提高，水泥製造過程之高溫揮發粉塵被回收，其中含大量鈉及鉀之氧化物，這些物質回收混在水泥中，造成水泥中所含的鉀及鈉過高，使原來歸屬「潛在活性」或「惰性」的骨材變成活躍，而提升被侵蝕的機率。對於如何防止鹼骨材反應變得非常重要，反應機制是進入防治對策的先階工作。

二、鹼骨材反應之試驗方式

因鹼骨材反應屬於長期型態之化學反應，對於評估或檢測混凝土中是否可能發生骨材鹼性反應，無法長時間測試。目前日本對於鹼性

反應的測試標準有 JIS A 1145 的化學方法(chemical method)及 JIS A 1146 的灰泥棒法(mortar-bar method)，前者係利用氫氧化鈉加上骨材粉末，在攝氏 80 度靜置三日後於室溫下測其鹼性反應的程度；而後者則將水泥棒靜置於攝氏 40 度中半年的時間，後在於攝氏 20 度下進行測試。一般而言，JIS A 1145 的測試較為準確且嚴格，惟倘該方法檢驗不合格而 JIS A 1146 檢驗合格者，仍可使用為建築骨材，另一方面，因 JIS A 1145 測試所需的時間較短，通常會用該方法先進行測試。

三、骨材鹼性反應防範措施：

由上述反應的機構顯示造成鹼骨材反應的條件是：1. 水泥或摻料中有足夠的鹼金屬含量，2. 具有活性的骨材，3. 混凝土吸水，4. 石材不防水——骨材鹼性反應之速率與膨脹量之大小，並非受單一因素所支配，而是多種原因綜合作用或相互所需之首要條件牽制所致。其影響因素可就活性骨材、鹼金屬、混凝土配比及環境等因素來探討，因此，有效防止骨材鹼性反應其對策如下：

(一) 限制水泥中鹼的含量：

一般水泥可依任選標準按需要加以規範，然目前為了環保要求，一般水泥廠均會回收廢氣，而其中含有大量揮發性之氧化鈉及氧化鉀強鹼，此使得水泥中的鹼通常是超量的，所以要求降低氧化鈉、氧化

鉀、氧化鈣的技巧只有由混凝土中添加中性反應物質，以相對降低鹼的供應量則可避免。

（二）避免使用活性骨材：

使用石材專用砂骨材使用前須嚴格檢測，控制活性氧化矽含量；另為控制骨材顆粒選用結晶完全之乾淨砂。

（三）減低含水量：

骨材中的活性矽必須能游離至骨材周界，才有機會與水泥中或混凝土中之氫氧化鹼反應，結合成膨脹性膠質物。這些反應一定了要有水分的助長，因此如何阻止水分及減少水分存在是首要的工作，亦即增加混凝土水密性，減少溶解矽酸鹽之「水」，最直接的就是減少拌合水量，提昇水泥防水功能，增加緻密性，使混凝土的滲透性降低，而減少水進入混凝土之機率，也減少混凝土中水擴散至石材的速率。

（四）使用骨材專用水泥料：

以骨材專用水泥取代一般水泥，該材料可消耗不具膠結性的氫氧化鈣，生成具膠結性的，可填充孔隙的，可提供強度的矽鈣膠體，對混凝土之耐久性、穩定性、緻密性、防水性、低水化熱、低泌水性、低收縮、抗硫性、抗汙水性、抗化學性、抗鹽化、提高強度、提高工

作性有正面效益；抑制鹼骨材反應的最佳策略就是利用比骨材更加活躍的材料來搶奪鹼性物質，與氧化鈣、氧化鈉及氧化鉀反應而消耗鹼質，也同時促進膠結反應，有助長期性質。

拾壹、日本事業廢棄物再利用概況

一、日本循環型社會的建立

日本在二次世界大戰後，積極建設與工業化快速成長，在大量製造、大量消費與大量廢棄的生態下，造成生活環境的嚴重破壞，日本政府有鑑於此，為加強保護日益惡化的生活環境，以「減量使用、重複使用、回收再利用」為原則，先後制定了七項有關處理和利用工業和生活廢棄物、保護生態環境的法律，如「廢棄物處理法」、「資源循環利用法」、「包裝容器循環利用法」、「家庭電器循環利用法」、「建築器材循環利用法」、「食品資源循環利用法」及「綠色採購法」等。2001年4月開始實施其中的大部分。特別是去年制定的《推進形成循環型社會基本法》，規定了國家、地方政府、企業和國民等各方在保護生態環境方面的義務，提出了抑制廢棄物發生、零部件的再利用和廢棄物的再資源化等基本原則，標志著日本在建立循環型經濟社會的道路上邁出了決定性的一步。

日本發展循環型社會目的乃為形成以 “最佳生產、適量消費、最少廢棄” 為特點的 “後工業化社會” 。

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%，於平成十二年提升至 85%，平成十七年的目標值為 88%，其中瀝青塊、混凝土塊、建設污泥、建設混合廢棄物、建設發生木材及建設廢棄土的再利用比例分別為 98%、96%、41%、9%、83%、及 60%。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、第二十一條。

（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 5 月 24 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業業者（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，及解體工事業業者之登錄制度。

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製成記錄並保存之。

為確保解體工事業業者之施工品質，規定解體工事業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。

拾貳、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 1960 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 90 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。日本政府鑑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，惟混凝土在碎解後僅可使用於路基填方材料，不可作為建設用骨材。此外，日本政府亦訂定建設副產品再生推進計畫，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，其分布一般而言和人口目的成正比，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，目前仍未能被混凝土業者採用；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。

三、再生骨材處理工場現場觀摩

（一）地點：第一石產運輸株式會社花園工場（埼玉縣大里郡花園町）

（二）生產情形：以顎碎機將混凝土擊碎，並經過磁選機移除鋼筋等金屬物質而進行生產，其每年的再生骨材生產量約為 15 萬噸，回收混凝土的收取費用約每噸 400 日圓，加工成本平均約為每噸 600 日圓，經加工後之現場價格為每噸 600 日圓。

除破碎混凝土以外，該工場亦將港灣疏浚污泥及火山灰等污泥混

合石灰進行燒結，製成直徑約 0.5 至 1 公分大的圓球形顆粒，據該公司表示，該顆粒質輕但強度和一般砂石一樣佳，可用於路基填方材料及鋪設水管使用，惟目前價格仍高，故一般工程仍不太願意嘗試新的建築材料，市場消費不佳。

目前在埼玉縣共有 20 家再生骨材工場，每年生產 100 萬噸，東京都政府規定有營建剩餘土石方再回收利用之法律，故回收處理料源尚不致有缺料之虞（如照片 5）。

拾參、研修心得與建議

- 一、日本砂利採取法立法之要旨，對砂利採取業分為「業的管理」及「採取行為的管理」兩部份，規定要成為砂利採取業必須先依照規定申請登錄後才具有申請「採取行為」之資格。登錄為砂利採取業之要件：（一）、遴聘技術主管（二）、申請登錄人無犯罪前科（三）、申請登錄人之經歷等。曾被註銷登錄資格者必須經過兩年以上之時間，才具有申請資格。對照吾國土石採取法第五條規定：「中華民國人得依本法申請土石採取」，日本立法規定在申請砂利採取行為之前所設立之門檻值得吾國借鏡。建議未來修訂土石採取法時，在第五條增列規定。
- 二、為開發供應國內各項工程建設所需要的砂石料源，經濟部於民國八十四年報奉行政院核定實施「砂石開發供應方案」，闡明台灣地

區砂石之供應，短期內以河川砂石為主要來源，而未來中長期供應則須轉向開發陸上砂石為主要來源，並預期民國八十九年進入陸上砂石開採。實施迄今已近十年，大規模之陸上砂石開採如桃園龜山、苗栗三義等地區均未順利推動。相較於日本在 1983 年即民國八十二年碎石（碎石母岩）之供應比已達 49%，2001 年更達 62%，建議就兩國陸上砂石開採法令及配套措施等深入比較差異點分析後，修訂相關法令，期使陸上砂石順利開發。

二、日本砂石業有感於砂石資源之獲得已日趨不易，經營亦漸趨困難。日本砂利協會理事長岡山先生在 2001 年例行年會中特提出兩項課題呼籲砂石業共同努力。第一項是確保砂石資源：調查舊河床周邊砂石賦存情況及水庫等蓄水設施之淤沙；第二項是調整經營型態。建議我國今後調查砂石資源情況可參考岡山先生之意見，而砂石業面臨河川砂石供應漸少，亦必需尋求因應方向以期穩固持續經營。

四、日本砂石開採申請由業者將開採計畫送請當地協同組合向縣政府申請，同時以協同組合或同業二人為保證人，負責處理開採砂石後產生之後遺症。此一制度，使砂利協會之影響力獲得確保，亦使開採砂石後產生之後遺症得到解決之保證，日本有關砂石開採申請過程之行政措施及回填保證制度值得我國採行。

五、日本京都府、城陽市及近畿砂利協同組合，以分別出資 25%、25%、50% 之方式成立城陽山砂利整備公社，處理山砂利採掘跡地整體有效利用、防災、道路建設及最終殘壁之綠化等工作，成果豐碩。建議我國地方政府在法令許可範圍內可以參考採行，現階段可以解決盜濫採之坑洞，未來可擔負處理陸上砂石開採之跡地復整及利用。

六、日本的採石法及砂利採取法均訂有罰則，對於違規盜濫採者有相當的處罰規定，違規者能受到應所處分，亦可使砂石業者願意守法，而我國歷經多年在立法院審議的土石採取法草案終於九十二年二月經立法院審議通過施行，相對於以往土石採取規則並未訂罰則，僅在規則第三十六條及三十七條中規定違規者會受到撤銷或暫停採取的處分，對於違規者無嚇阻作用，目前土石採取法已施行滿一年，在本局擬訂「加強取締陸上盜濫採土石處理方案」報奉行政院於九十二年十一月核定實施，縣市政府依該方案並以土石採取法第三十六條重罰條文執行，已有效遏止不法盜濫採砂石的行為，亦深感我國土石採取的法令已逐步跟上日本之現象。

六、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。由其成功之經驗顯示，除政

府有完備法令引導，及全國各種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外，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地方，建議相關主管機關修正法令。是以，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。

七、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。受限於公平交易法之約束，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…等事宜，使民眾能對砂石開發具有信心，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。

八、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。未來我國對於土石採取業之監事管理，似可參考日本之方式授予砂石公會部分權責，亦能協助政府管理及解決相關砂石業務。

九、日本政府為有效利用資源，避免營建工程產生大量廢棄物影響環境，經多年來積極推動並制訂相關法令鼓勵大量使用再生骨材，使得傳統骨材的使用量減少，亦能使天然砂石資源得以永續利用，在此情況下，砂石業者乃研發新的再生利用技術，積極轉型，進而提昇日本整體的再生利用技術，使得環境保護與經濟發展得以並存，這方面值得我國砂石界學習。

十、以往台灣砂石約百分之七十五來自河川，近年來因高屏溪及濁水

溪等主要河川砂石料源逐漸枯竭，且水利主管機關為保護河川及河防安全而予以禁採；另一方面，雖然海砂亦為推動砂石料源多元化之一，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，成本相對較高，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，預期將需要大量使用機械製砂來滿足市場之需求。目前台灣機製砂的生產成本仍然偏高，一般碎解洗選場生產機製砂係為處理剩餘砂石或補充生產不足之河砂，而製砂機零件耗損大，且機器價格亦高，以致尚未普及。惟為推行「砂石開發供應方案」轉向開發陸上砂石，勢必借鏡日本機械製砂之技術與經驗，以因應國內未來細骨材市場需要。

十一、政府積極推動砂石料源多元化開發供應政策，以開採陸上砂石為主，惟在推動辦理過程中，對於土地取得、都市計畫限制、環境保護及地方民眾抗爭等，致使陸砂開發進度受阻，亦降低業者參與開發意願，另在市場條件下，台灣長期一直仰賴河川供應砂石，惟近年來各主要供應砂石之河川相繼實施禁採，已對砂石供應造成壓力，且在目前砂石尚未有替代物，而合法業者提出申請案不易獲得通過情況之下，間接促使非法盜濫採砂石盛行。觀之日本政府鼓勵砂石業者進行大面積開採陸砂，業者基於永續經營

的心態，皆作長期整體規劃開發，對於採掘後土地亦能妥善復整，做有效二次利用，在台灣地區大面積開採陸砂大多遭受地方居民反對，擔心環境遭到破壞，是以，政府尚需加強開發陸上砂石相關宣導工作，以使砂石業者及政府相關機關人員，以上民眾均能深入瞭解陸上砂石開發的相關資訊。

十二、日本對於土石採取場之監督檢查，除由主管機關除定期及不定期至土石採取場監督檢查外，並要求業者需在每年將採取量、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。我國甫於九十二年通過土石採取法，雖訂有縣市政府監督檢查土石採取場規定，惟在大多數縣市政府尚未成立專責土石採取單位，且經辦該項業務人力普遍不足之前，無法對轄區內所有土石採取場實施經常性監督檢查，基此縣市政府可參考日本之監督管理方式，要求業者定期提報土石採取相關資料，以加強人力不足之縣市政府的監督檢查工作。

十三、日本的砂石業者對於污水的處理普遍重視，部分業者亦能研發新技術將泥餅加工成性質和天然骨材類似的材料，用以作為路基填方料之用途，除了不污染環境外，又可有效利用廢棄物，減少天然骨材之開採，進一步減少環境污染，並可將天然骨材資源留存下一代使用，台灣地狹人稠，環境維護尤其重要，砂石業的廢

污水處理，有須要做仿日本業界作法。

十四、日本建材試驗所專責建材的試驗，所做骨材鹼性反應是骨材中含有活性矽的成份，在混凝土中會被氫氧根離子分離，再結合水泥中的鹼金屬（鈉、鉀）形成鹼矽膠體，在吸水後會產生膨脹，讓有害物質易於侵入石材，造成水斑，且海砂有充份的鈉離子，會加速及惡化鹼骨材反應。在國內產生骨材鹼性反應的案例不多，在目前骨材料源缺乏的情形下，使用未知特性骨材的機會增加，所以骨材鹼性反應亦應為值得注意的問題。該所試驗合格的建材有相當的可靠度，建議政府可建立類似的單位，以測試骨材及其他建材的性質，能提供有良好的營建骨材，確保公共工程建設的品質。

日本陸砂開發與土地永續經營研習行程表

月	日	星期	研習項目	地點
11	16	日	赴日行程	
	17	一	課程：日本砂利業現狀	東京
	18	二	課程：砂利採取法營建剩餘土方、 農地採取制度	東京
	19	三	課程：砂利採取環境保護及砂利採取與利用	東京
	20	四	課程：日本碎石業現狀及課題	東京
	21	五	參觀：相模興產業株式會社工場即採石場	神奈川縣
	22	六	休假	東京
	23	日	休假	東京
	24	一	整理資料	東京
	25	二	課程：日本骨材資源調查	筑波
	26	三	參觀：第一石運輸產業株式會社 工場及採石場	埼玉縣
	27	四	課程：碎石加工設備及混凝土骨材	東京
	28	五	參觀：關東陸砂開採及木更津港砂石摻配	千葉縣
	29	六	休假	東京
	30	日	休假	東京
12	1	一	參觀：城陽市山砂採取及採後土地二次利用	京都
	2	二	參觀：城陽市山砂採取及採後土地二次利用	東京
	3	三	參觀：草加建材試驗所	草加
	4	四	結業式	東京
	5	五	回國	台北



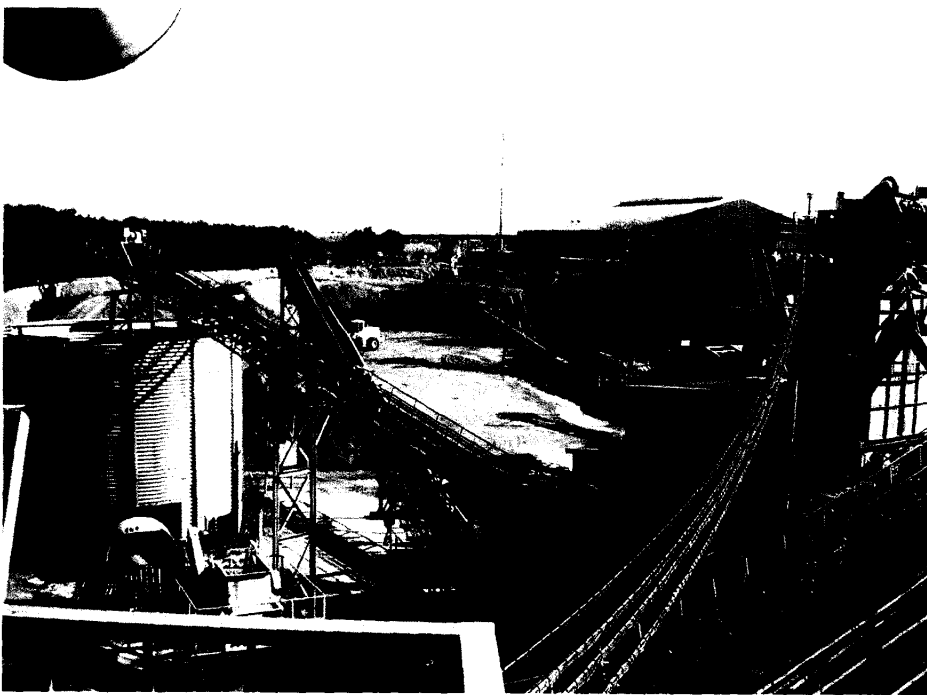
照片 1 埼玉縣第一石産運輸株式會社熊谷工場之陸砂(平地)
採取場已採罄完成回填情形及標示牌



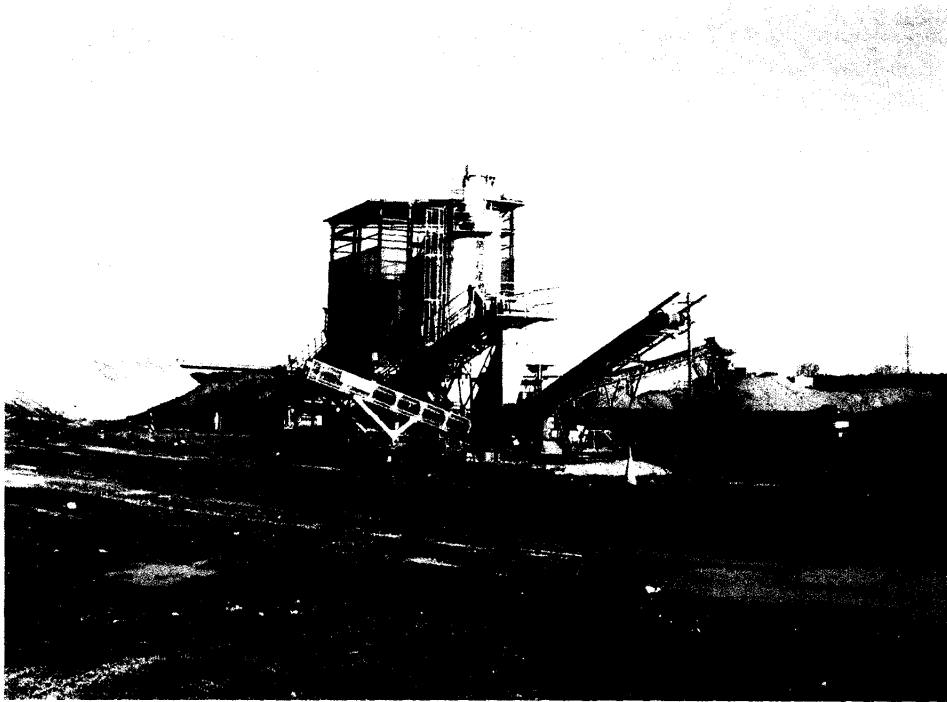
照片 2 第一石産運輸株式會社熊谷工場之陸砂(平地)採取
場已採罄剛剛完成回填



照片 3 第一石產運輸株式會社熊谷工場之陸上（平地）砂石採取場已完成整地準備開採情形



照片 4 第一石產運輸株式會社熊谷工場之碎解洗選場係以開採農砂後低窪土地設立，周圍種植成排樹木為隔離帶



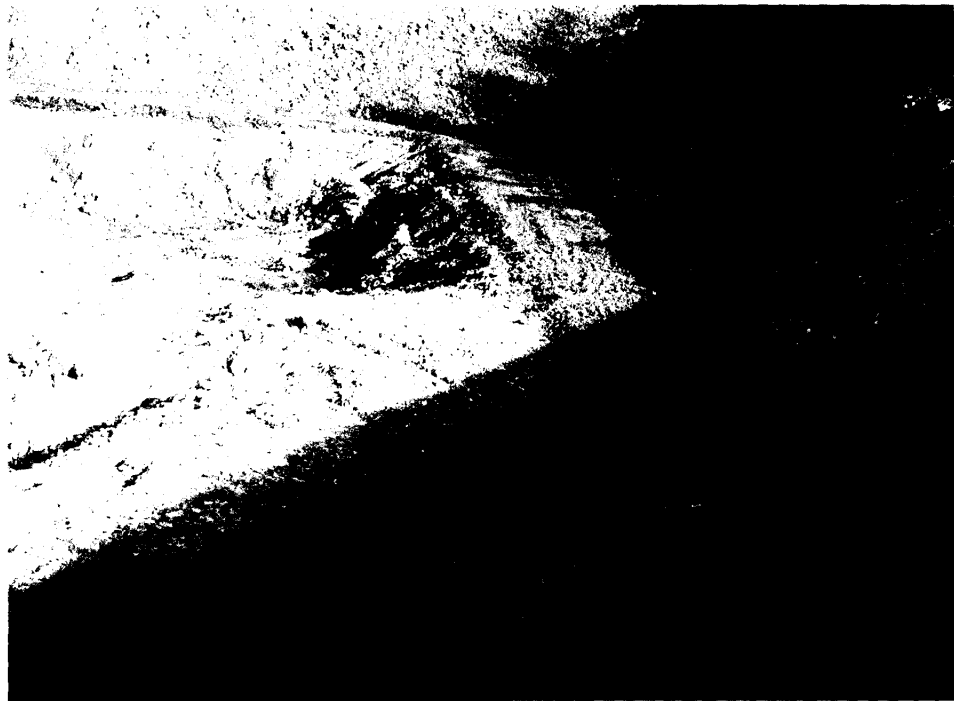
照片 5 第一石產運輸株式會社方花園工場之再生骨材處理場



照片 6 第一石產運輸株式會社小川工場山砂採取場以大平台展開採掘情形及其下方之碎解洗選場



照片 7 第一石產運輸株式會社小川工場山砂採取場上方為採完之殘壁
下方以階段開採情形



照片 8 第一石產運輸株式會社小川工場山砂採取場採掘跡平台置客土
植生情形



照片 9 相模興業株式會社碎石母岩採取場採掘跡種植樹木
綠化情形及其下方之碎解洗選場



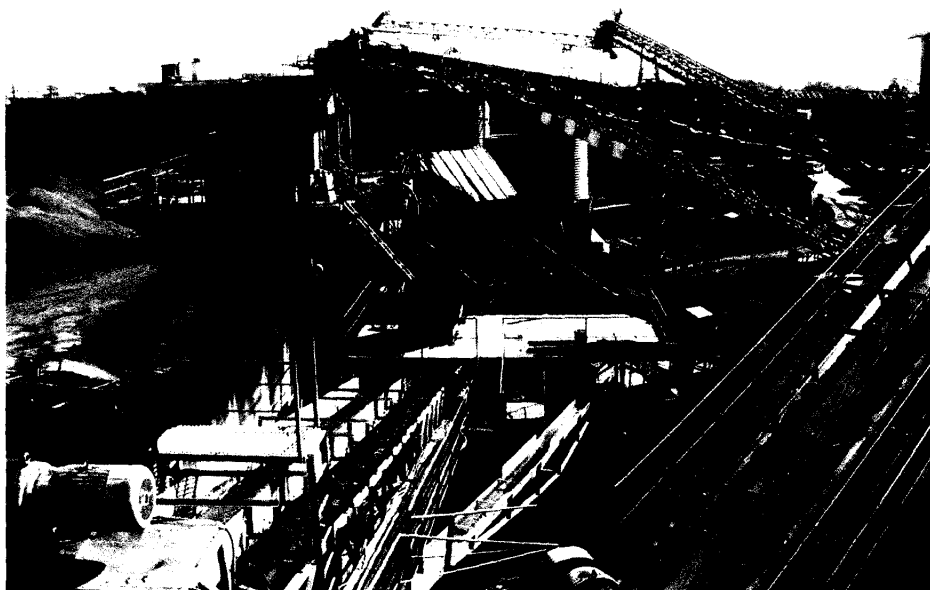
照片 10 相模興業株式會社碎石母岩採取場空照圖



照片 11 相模興業株式會社碎石母岩採取場採掘跡以植生網
覆蓋植生及其下方以炸藥爆破開採情形



照片 12 上圖在平台裝炸藥準備爆破開採情形



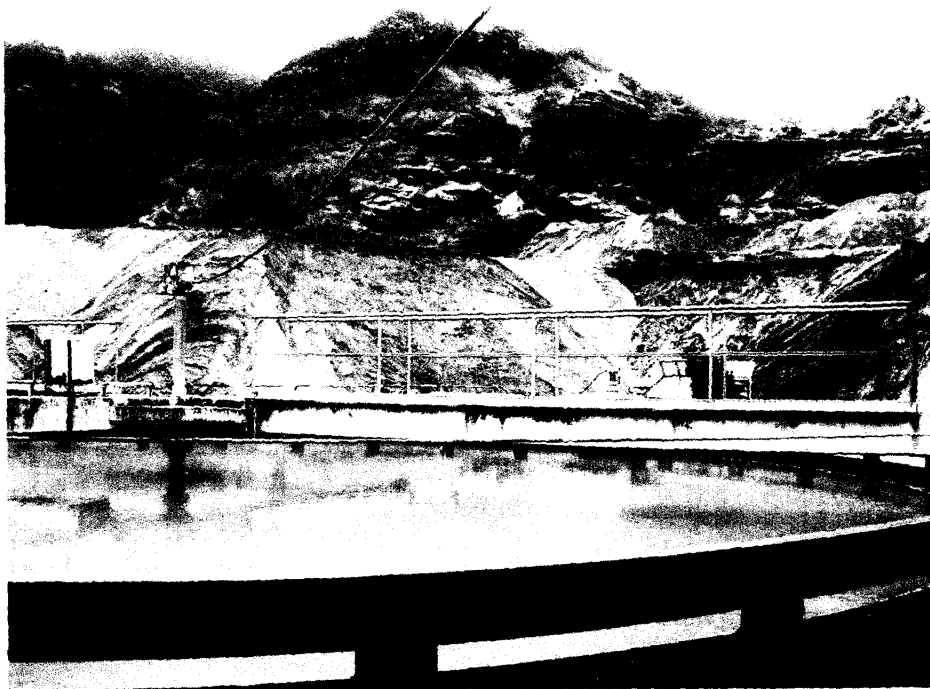
照片 13 相模興業株式會社碎解洗選場全景



照片 14 相模興業株式會社碎解洗選場之污水處理設備



照片 15 鎌瀧建材株式會社山砂採取場



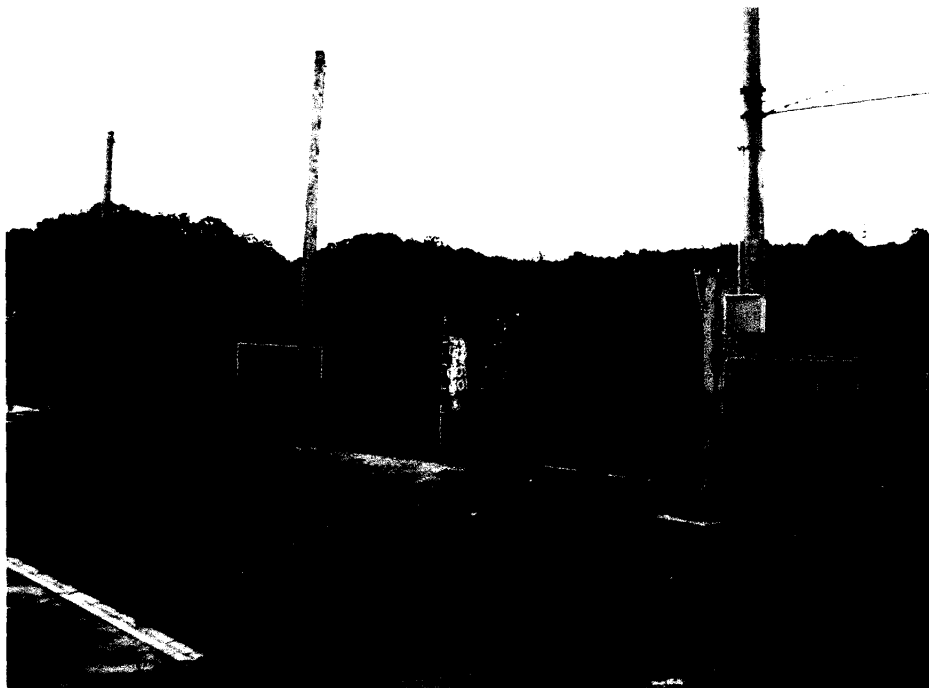
照片 16 鎌瀧建材株式會社山砂採取場採掘跡植生及汗水處理設備



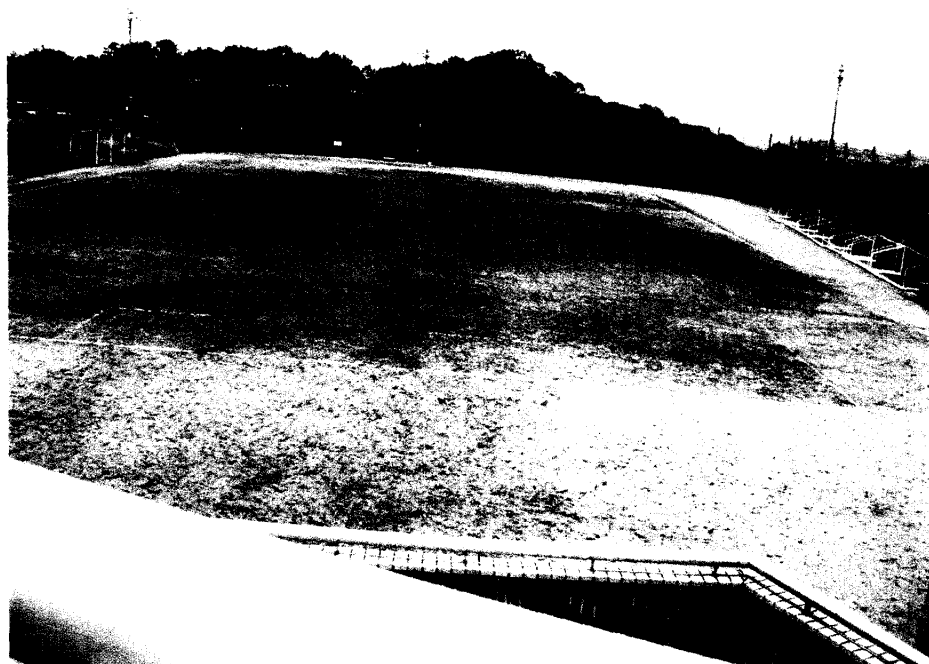
照片 17 丸和建設公司在木更津港砂石調配場由四處不同地方運來砂石摻配情形



照片 18 上圖砂石調配場將摻配砂石以輸送帶直接送到碼頭裝船



照片 19 京都府城陽市陸砂開採後土地利用－關建足球場



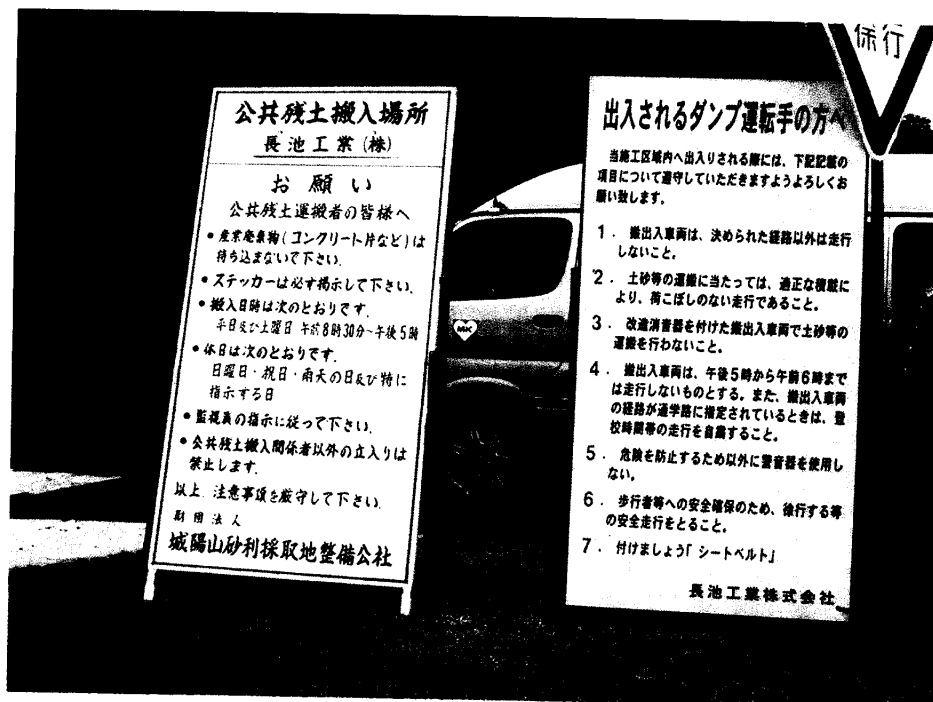
照片 20 京都府城陽市陸砂開採後土地利用－關建運動場



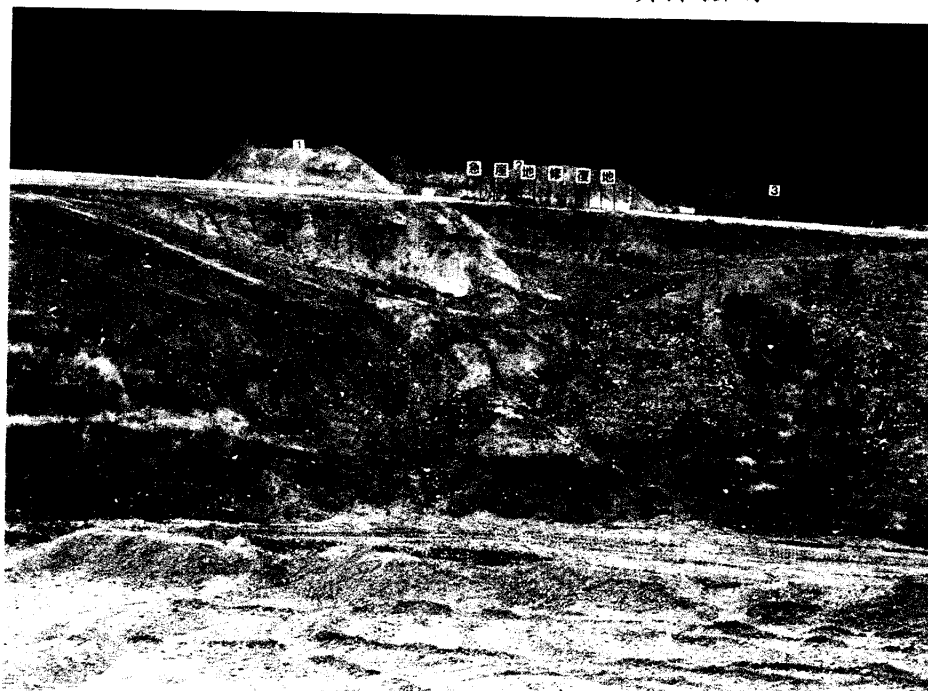
照片 21 城陽市長池工業會社山砂採取場及周圍經濫採後土地造成峭壁及坑洞



照片 22 城陽山砂利採取整備公社開設道路供運送營建棄土回填山砂採取場採掘跡



照片 23 城陽山砂利採取整備公社在長池會社山砂採取場設立標示牌處理營建棄土運入回填採掘跡



照片 24 城陽山砂利採取整備公社在長池會社山砂採取場周圍經營之營建棄土回填採掘跡



照片 25 城陽市川島工業會社山砂採取場及上方殘壁植生情形



照片 26 上圖山砂採取場及採掘跡植生情形