

タイ国

タイ国
コンクリート廃材の無害化・再資源化に
よる資源循環ループの確立
案件化調査

業務完了報告書

2021年8月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

星尊有限公司

関西セ
JR
21-002

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

- ・本報告書の内容は、JICA が受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。
- ・利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA 及び受託企業は、いかなる責任も負いかねます。

<Notes and Disclaimers>

- ・ This report is produced by the trust corporation based on the contract with JICA. The contents of this report are based on the information at the time of preparing the report which may differ from current information due to the changes in the situation, changes in laws, etc. In addition, the information and comments posted include subjective judgment of the trust corporation. Please be noted that any actions taken by the users based on the contents of this report shall be done at user's own risk.
- ・ Neither JICA nor the trust corporation shall be responsible for any loss or damages incurred by use of such information provided in this report.

巻頭写真



土木・都市計画局、ラームカムヘン大学
合同ミーティング 2019.8.27



バンコク都環境局とのミーティング
2019.8.27



ビル解体現場におけるコンクリート塊切り出し状況



採取したコンクリート塊



タイへ輸送した試験機の開梱・据付状況 2019.11.25



試験機にて製造した粗骨材



試験機にて製造した細骨材



ビル解体企業からの解体の実態、及び解体物の市場についてヒアリング 2020.1.20



第 1 回技術セミナー開催 (at ラームカムヘン大学) 2020.1.21

Recycling from Concrete mass to ready-mixed concrete

Recycled Aggregate Concrete: Fundamental Studies and Applications

11 May, 2021 (Tuesday)
13:30 - 16:00 (150 min.)
By Zoom Webinar
Language : Thai/Japanese(Translation)

Guest Speaker
Dr. Somnuk Tantermasirikul
Professor of SITT
◆ Properties of Recycled Aggregates in Thailand (Fundamental Studies, Standards)

Application for participation
@ http://*****

Organized by SAEONE, Inc.

第 2 回技術セミナー開催 (Zoom Webinar 方式) 2021.5.11

目次

図表リスト	iv
略語表	vi
要約	vii
案件概要図（和文）	xv
はじめに	xvi
第1章 対象国・地域の開発課題	1
1-1 対象国・地域の開発課題	1
1-2 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等	4
1-3 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力方針	7
1-4 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析	7
第2章 提案法人、製品・技術	11
2-1 提案法人の概要	11
2-2 提案製品・技術の概要	11
2-3 提案製品・技術の現地適合性	14
2-4 開発課題解決貢献可能性	26
第3章 ODA 事業計画/連携可能性	27
3-1 ODA 事業の内容/連携可能性	27
3-2 ODA 事業の実施/連携における課題・リスクと対応策	33
3-3 環境社会配慮等	34
3-4 ODA 事業実施/連携を通じて期待される開発効果	34
第4章 ビジネス展開計画	35
4-1 ビジネス展開計画概要	35
4-2 市場分析	36
4-3 バリューチェーン	39
4-4 進出形態とパートナー候補	39
4-5 収支計画	39
4-6 想定される課題・リスクと対応策	39
4-7 ビジネス展開を通じて期待される開発効果	40
4-8 日本国内地元経済・地域活性化への貢献	40
英文要約	42
別添資料	53

図表リスト

頁	番号	名 称
viii	図 0-1	バンコク都における建設廃棄物再利用の実態
viii	図 0-2	提案技術フロー図
xi	図 0-3	ODA 案件実施体制図
xiii	図 0-4	ビジネス展開の概略図
xiv	図 0-5	現時点で想定するバリューチェーン
xiv	図 0-6	開発効果概念図
1	図 1-1	バンコク都からの廃棄物量と年度の関係
2	図 1-2	バンコク都における建設廃材再利用の実態
11	図 2-1	星尊グループ概要
12	図 2-2	既存技術概要[破碎、篩分、ピッキング]
12	図 2-3	従来の再生骨材製造方法の問題点
13	図 2-4	提案法人の技術[前処理+磨鉱、分級、湿式比重選別]
15	図 2-5	試験計画フロー
16	図 2-6	再生骨材製造用試験機
20	図 2-7	Grade30, Grade50 標本における自己収縮
20	図 2-8	Grade30, Grade50 標本における乾燥収縮
21	図 2-9	Grade30, Grade50 標本における中性化深さ
21	図 2-10	Grade30, Grade50 標本における急速塩化物イオン透過性試験結果
21	図 2-11	再生粗骨材含有比と塩化物イオン透過量
21	図 2-12	セメントに対する Fly ash 添加効果
24	図 2-13	第 2 回技術セミナーの案内
25	図 2-14	アンケート結果
28	図 3-1	事業対象候補サイト
31	図 3-2	投入機材構成図
31	図 3-3	ODA 案件実施体制図
32	図 3-4	3 者覚書
35	図 4-1	ビジネス展開の概略図
39	図 4-2	現時点で想定するバリューチェーン
40	図 4-4	開発効果概念図
40	図 4-5	期待される開発効果

頁	番号	名 称
xvii	表 0-1	調査工程・調査内容
xix	表 0-2	調査団構成
4	表 1-1	国家環境質向上政策・計画における廃棄物に関する目標と指標
4	表 1-2	タイ国における廃棄物、並びに所管省庁・行政機関
5	表 1-3	固形廃棄物に関わる主な法律
6	表 1-4	国家廃棄物管理ロードマップの概要
8	表 1-5	我が国の当該開発課題に関連する ODA 事業
9	表 1-6	ベトナムにおける建設廃材に対する取り組み事例
10	表 1-7	建設リサイクル国際シンポジウム講演内容
13	表 2-1	提案法人の再生骨材製造技術概要
17	表 2-2	有害物質（六価クロム）溶出試験結果
18	表 2-3	骨材品質試験結果
19	表 2-4	再生粗骨材の JIS 規格との対比
19	表 2-5	再生細骨材の JIS 規格との対比
19	表 2-6	コンクリート強度試験結果
22	表 2-7	タイ国再生骨材に関する改訂 TIS 規格骨子（TIS566-2562, 2563）
23	表 2-8	土壌・地下水汚染調査結果
29	表 3-1	PDM
30	表 3-2	ODA 案件化事業における想定要員計画
30	表 3-3	投入する機材の仕様、価格および装置構成
33	表 3-4	ODA 案件事業活動計画・作業工程
33	表 3-5	想定されるリスクと対応策
37	表 4-1	建築許可申請規模と建築からの建築廃棄物量予測
37	表 4-2	解体許可申請規模と解体からの建築廃棄物量予測
38	表 4-3	再生骨材製造方法の比較
38	表 4-4	各製造方法による歩留まり、及びコスト評価一覧

略語表

略語	正式名称	日本語名称
ASEAN	Association of South-East Asian Nations	東南アジア諸国連合
ASTM	American Society for Testing and Material	米国試験材料協会
BCG	Bio, Circular and Green Economy	バイオ経済・循環型経済・グリーン経済の統合経済
BS	British Standard	英国規格
BT	Baht (THB)	バーツ
C/P	Counter-Part	カウンターパート
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
JETRO	Japan External Trade Organization	独立行政法人日本貿易振興機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JIS	Japanese Industrial Standard	日本工業規格
MOU	Memorandum of Understanding	覚書
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OJT	On-the-Job Training	現認訓練
PDM	Project Design Matrix	プロジェクト・デザイン・マトリックス
SCG	Siam Cement Group Public Company Ltd.	サイアム・セメント・グループ
SCI ECO	SCI ECO SERVICES CO., LTD.	SCI エコサービス
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
TIS	Thailand Industrial Standard	タイ工業規格

要約

第1章 対象国・地域の開発課題

1-1 バンコク都における建設廃材の実態

廃棄物問題の中でも建設廃材問題は、先んじて都市化が進んだ結果、建造物の老朽化によるリビルド化と新たな建設との同時進行の時代を迎えているタイ国特に首都であるバンコク都において顕在化してきた喫緊の課題である。

「バンコク都内の解体建築現場及び新築建築物現場」から排出されるコンクリート廃材などを含む廃棄物量の発生量は年々増加の一途をたどっている。バンコク都の調査によると、旺盛な新規建設需要のため 2016 年度の解体建築現場及び新築建築物現場から排出されるコンクリート廃材は、解体現場で 930 トン/日、新築現場で 3,660 トン/日の計 4,600 トン/日であり、年間で実に 1,380,000 トンという膨大な規模になっている。

1-2 建設廃材処理・リサイクルに係る開発課題

(1) 法制度、及び仕組みに係る開発課題

タイ国では、1992 年に都市ごみの管理に係る法律として、国家環境保全推進法（Enhancement and Conservation of National Environment Quality Act, B.E.2535）制定し、廃棄物の管理に精力的な取り組みを開始している。しかし、日本のような「廃棄物リサイクル法」はなく、行政的な統制がとれていない。現在、20 以上の政府機関が廃棄物・リサイクル管理に関わっており、それぞれが所管する法律に基づいた規制を実施している。これらの優先順位が明確でない場合も多く、タイにおける環境行政を非常に複雑でわかりにくいものにしてている。

(2) 環境汚染に係る開発課題

タイ国では、水質汚染、土壌汚染問題に対しては、法制度の整備を含め積極的な取組が進められている。しかし、建設廃材の大半を占めるコンクリート塊が埋め戻しに利用されているが、廃材の破砕面からの有害物質（六価クロム）の溶出については、まだ認識が薄いのが実態である。

本案件化調査の結果、バンコク都における建設廃材から出る埋め戻しコンクリート塊からの六価クロムの溶出量は、0.12~0.17mg/L とタイ国環境基準の 0.05mg/L 以下を倍以上上回るレベルであることが分かった。

これを受けようやく天然資源環境省公害管理局も、天然資源問題、建設廃棄物の適正処理問題に加え、六価クロムの溶出を新しい問題と認識し、土壌汚染問題に六価クロムを加えなければならないと捉え始めた。

(3) 適正なりサイクルに係る開発課題

リサイクルのループを確立するには、適正なりサイクル技術と運用ノウハウが欠かせない。急増する建設廃棄物増大に直面するバンコク都と民間企業大手のサイアム・セメント・グループが、それぞれリサイクルの試験工場を建設して、リサイクルへの取り組みを試行しているが、路盤材としての再利用の域を出ていない。また、これら現状の技術は上記の土壌汚染のリスクを解決できるものではない。このため、環境汚染リスクのない適正なりサイクル技術が求められている。

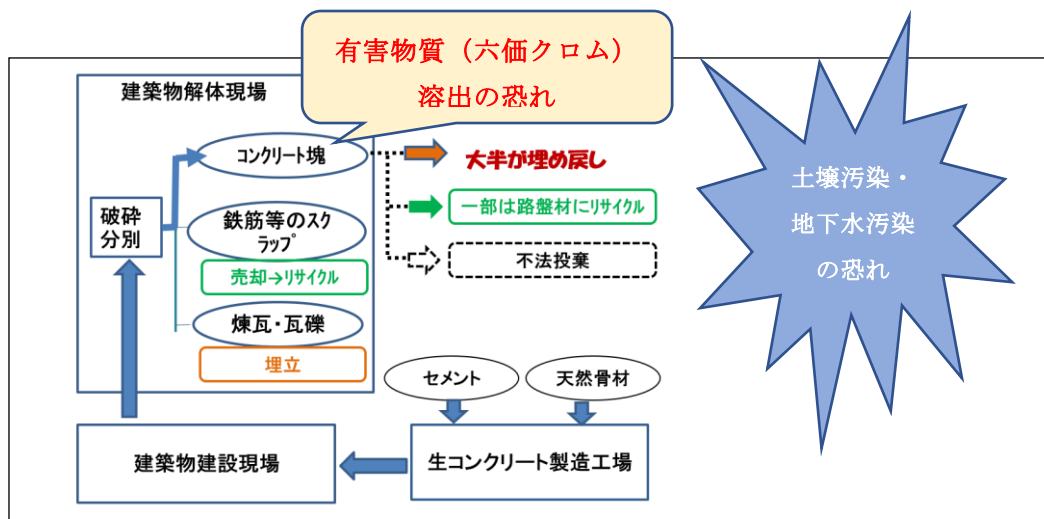


図 0-1 バンコク都における建設廃材再利用の実態（調査団作成）

第 2 章 提案法人、製品・技術

2-1 提案法人の概要

提案法人『星尊』は、限りある天然資源の枯渇の抑制と開発による環境負荷の低減をテーマに（念頭に置き）、インフラ整備に関わる砂礫類や土砂を総合的にプロデュースする（活用する）会社である。建設廃材の再資源化について研究開発を推し進め、技術の向上に努めており、再生骨材製造業、採石業、骨材の精製加工業を営むグループ企業 3 社を統括し、グループの頭脳として活動している。

2-2 提案製品・技術の概要

既存の再生骨材製造技術では、強度を要求される本格的な構造部材としてのコンクリートの原料としては使用できないが、特許を保有する星尊独自の技術を使用することで、高強度の構造部材に使用できるコンクリート製造用再生骨材 H クラス及び M クラス（JIS 規格）を製造できる。加えて、適用している湿式処理の利点を活用して有害物質抑制剤を投入することにより、コンクリート廃材中の有害な六価クロム（Cr+6）を無害な三価クロム（Cr+3）に転換することができるシステムである。

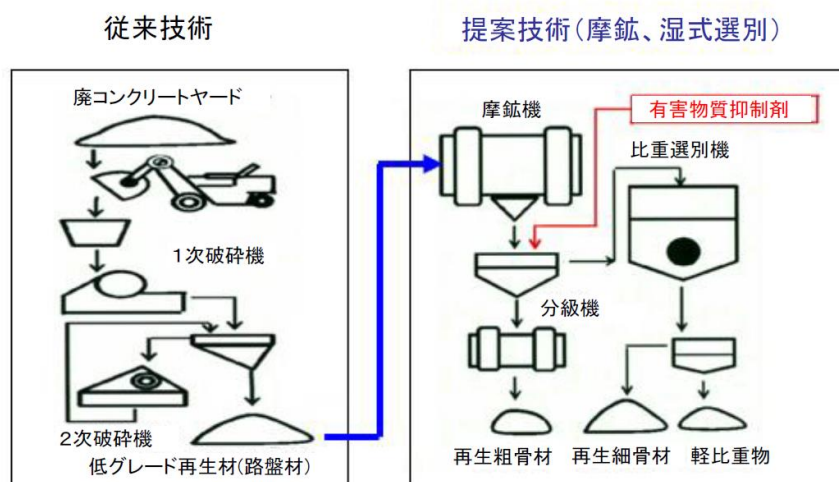


図 0-2 提案技術フロー図（出典：調査団作成）

技術の特徴は以下に要約することができる。

- ▶ 環境を悪化させる六価クロムを発生させずにコンクリートのリサイクルが可能
- ▶ 高強度の構造部材に使用できる再生骨材の製造が可能
- ▶ 高品質の再生骨材製造を低コストで実現可能

2-3 提案製品・技術の現地適合性

2-3-1 現地適合性確認方法

同じコンクリートと言っても、国により使用する原料が違うため組成などが微妙に異なる。特に骨材は、その国の現地鉱石を使用していることもあり、提案技術の現地適合性判断は、タイ国のコンクリート廃材を使用した再生品品質の確認による技術の適合性確認が必要である。

一連の全工程の試験をタイ国で実施するのが最適であるが、これが不可能なため、現地適合性確認方法として、タイ国内のビル解体現場 1 箇所から採取したコンクリート塊を日本に持ち込み、提案法人のプラントで一次処理したのちタイ国に返還した。さらに、目標とする品質 JIS/H, JIS/M クラス相当の骨材を製造できる核技術の試験装置を現地に設置して現地で最終の再生骨材製造作業を実施し、この再生骨材を用いたコンクリートが構造用として利用できることを検証することとした。

2-3-2 現地適合性確認結果（技術面）

試験機により現地コンクリート廃材を用いて製造した再生骨材の品質、及び同骨材を使用したコンクリートの試験結果は、以下の通りいずれもタイ国で使用されている ASTM 規格、JIS 規格及び BS 規格の基準に合格していることを確認した。

(1) 有害物質（六価クロム）溶出試験結果

- ・収集したコンクリート廃材からは、環境基準値の 3 倍以上の六価クロムが検出された。
- ・提案技術により再生された再生骨材からは、六価クロムは検出されなかった。

(2) 再生骨材品質試験結果

- ・篩分け、絶乾密度 (g/cm)、吸水率 (% mm) などすべての項目において、JIS, ASTM 規準に合格した。

(3) コンクリート強度、耐久性試験結果 (ASTM, BS 規準)

- ・コンクリート強度に関しては、天然骨材を使用したものと同等で、目標強度を達成した。
- ・コンクリート耐久性試験に関しては、乾燥収縮・中性化深さ・塩分浸透性についての長期試験を行い、いずれにおいても問題ないことを確認した。

2-3-3 現地適合性確認結果（制度面）

建設廃材を適正にリサイクルしていくためには、それを支える技術規格・技術基準が必要である。タイ国でもようやく建設廃材から再生骨材としてリサイクルすることに着目して技術基準の必要性が認識され、工業省製品企画事務局が日本の JIS 規格に準拠した再生骨材に関する TIS 規格の改定に取り組んでいたが、大臣承認を経てようやく本案件化調査実施中の 2020 年 2 月 28 日から施行された。

施行された規格の内容は、概ね日本の JIS 規格 (JIS A5021, 5022) をベースにしており、再生骨材の物理的性質に応じて判定基準として 3 種類の品質基準を設け、使用用途を明確化している。これにより、提案技術で製造した再生骨材をタイ国内で使用することが制度面から全く支障がなくなった。

2-3-4 土壌・地下水汚染調査結果

土壌・地下水の汚染状況確認調査を実施しようとしたが、土地は基本的に国王の所有物であり、調査の結果有害物質が確認できた場合、土地の価値が下がるため許認可が下りなかったため、バンコク都に依頼しオンヌット工場（コンクリート廃材の粉砕工場）の敷地内を調査した。

2-3-5 技術セミナーの開催及び本邦受入活動

・提案技術の理解を深めるため、土木・都市計画局、及びラームカムヘン大学との共催で計2回の技術セミナーを開催した。

この内第2回目のセミナーは、世界的な新型コロナウイルス感染拡大（パンデミック）のため現地渡航が1年を超えて見合わせとなったことから、Web方式で開催した。このセミナーでは、試験機を使用して現地コンクリート廃材から製造した再生骨材を使用したコンクリートの強度試験結果、耐久性試験結果を紹介し、産学官の幅広い関係者から高い関心を得た。

・本邦受入活動は、上記パンデミックのため止む無く中止とした。

2-4 開発課題解決貢献可能性

(1) 法制度、及び仕組みに係る開発課題解決貢献性

今般日本のJIS規格に準じた再生骨材利用に向けたTIS規格改訂が施行された。このようにタイ国は着々と法制度の改善に取り組んでおり、近い将来日本の「循環型社会形成推進基本法」「建設リサイクル法」のような法体系の整理に進むものと想定される。その際には、C/Pに協力して建設リサイクルにおける提案法人のこれまでの経験と知見を提供し、有効な法体系確立に貢献していく。

(2) 環境汚染に係る開発課題解決貢献性

本案件化調査の結果、タイ国のコンクリート廃材から環境基準の3倍以上の有害な六価クロムが検出された。一方、提案技術を使用してこの廃材から再生した再生骨材からは検出されず、環境汚染防止技術として貢献できることが証明された。

現状のタイ国の土壌汚染における六価クロム基準は、日本のような溶出量基準（mg/L）ではなく含有量基準（kg/kg）となっており、溶出による有害性の認識が薄い。しかし、現状のままコンクリート廃材の埋立てや路盤材への利用が進めば、土壌汚染・地下水汚染が深刻化する。この土壌汚染・地下水汚染の防止への貢献のため、提案技術による事業化を進める。

(3) 適正なりサイクルに係る開発課題解決貢献性

提案技術は、コンクリート廃材から鉄筋など再利用できる夾雑物を適正に分別した後のコンクリート塊からモルタル分を剥離・処理し、使用済みの骨材を再度無害な骨材として『再資源化』することができる技術であり、タイ国が目指す『廃棄物処理・管理の適正化』の解決策となる。

また、提案技術による事業化を進めることにより、最新の政策として審議・承認された国家戦略モデル「バイオ・循環型・グリーン(BCG)経済」に掲げる天然資源（天然砕石）の枯渇防止にも寄与する。

第3章 ODA 事業計画／連携可能性

3-1 ODA 事業内容

高品質の再生骨材を製造・提供できる小規模の一貫製造プラントを建設し、製造された再生骨材が再生骨材の利用を目的として新たに改訂された TIS 規格に安定的に適合することを確認して、建設廃材リサイクルループがバンコク都で成立することを実証するため、以下の内容で普及・実証・ビジネス化事業を立案した。

内容：

一般廃棄物処理（工場以外の建設物は一般廃棄物扱い）の主管部門である内務省土木・都市計画局の敷地内に再生骨材の小規模実証機を設置し、タイ国で発生する建設廃材から再生骨材を製造して、コンクリートからコンクリートへのリサイクルループがタイ国で確立できることを実証する。

- ① 建設廃材の収集から、再生骨材製造、再生骨材を使用したコンクリート構造物の製造までの一貫プロセスにより、骨材・コンクリートそれぞれの品質・性能が規格・基準に適合することや、コンクリート構造物の耐久性能を検証し、再生骨材がリサイクル化できることを実証する。
- ② 再生骨材を使用したコンクリート構造物のデータの蓄積と、公共設備への再生骨材利用により改訂 TIS 規格の実用化を支援し、ビジネス展開の足掛かりをつくる。
- ③ 実証設備による製造コストの見極めにより、再生骨材製造事業の事業化計画を策定する。

3-2 C/P 候補機関、及び実施体制

C/P を含めた ODA 案件の想定実施体制は図 0-3 のとおりである。

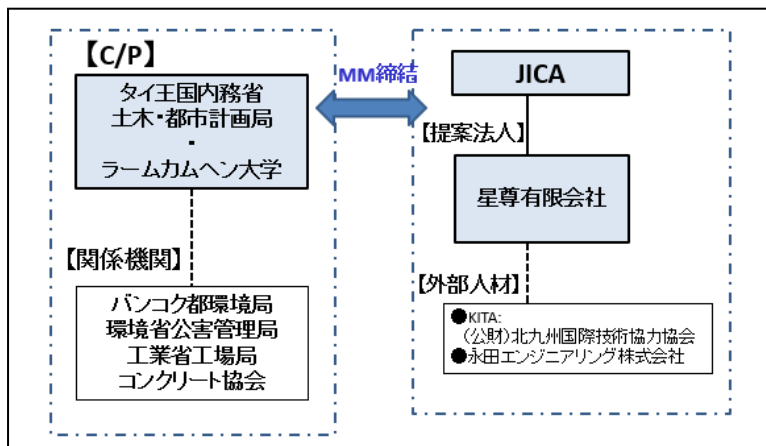


図 0-3 ODA 案件実施体制図（出典：調査団作成）

【タイ国側】

- ◆ 内務省土木・都市計画局(C/P)
 - ・ 案件実施サイトの提供、インフラ整備
 - ・ 案件実施段階での設備運転・維持管理
 - ・ 再生骨材普及に対する実証活動・普及活動に対する全面協力
- ◆ ラームカムヘン大学(C/P)
 - ・ 再生骨材のコンクリートへの利用・普及に対する学術的支援統括
(六価クロム溶出評価、骨材品質評価、コンクリート強度評価)
- ◆ バンコク都環境局
 - ・ 普及活動への自治体としての包括支援
- ◆ 環境省公害管理局

- ・再生骨材のコンクリートへの利用・普及に対する環境行政面からの支援
- ◆ 工業省工場局
 - ・工場法に伴う工場設置許可書申請に関する支援
- ◆ コンクリート協会
 - ・コンクリート性能評価に対する支援
 - ・再生骨材を使用したコンクリート製造、再生骨材普及に対する協力

【日本側】

- ・星尊有限会社を中心となり、JICA の支援の下、(公財)北九州国際技術協力協会がチーフアドバイザーとして ODA 案件全体のマネジメントを行い、永田エンジニアリング株式会社が設備専門家として技術的支援を行う。

3-3 ODA 事業実施／連携を通じて期待される開発効果

ODA 事業をスタート地点として、現実性のある事業化計画を立案し実行に移すことで、『コンクリート用骨材の安全な循環ループ』が確立され、『廃棄物処理・管理の適正化』の実現が着実に前進する。
想定される開発効果

- ① 改訂 TIS 規格に適合する再生骨材の事業化可能性が実証される。
- ② 提案技術が普及することにより、コンクリート廃材の無害なりサイクルループが確立される。
- ③ 破碎したままのコンクリート廃材の埋め戻しにより発生する土壌汚染、地下水汚染の危険性が回避される。

第4章 ビジネス展開計画

4-1 ビジネス展開計画概要

ODA プロジェクトの成果を踏まえ、タイ国の現地企業をパートナー（現地パートナー）として共同出資で現地子会社を設立し、再生骨材を使用するインフラ設備建設会社やコンクリート二次製品製造会社を主要顧客とした再生骨材製造・販売事業を検討している。

調査結果から、再生骨材の原料となるコンクリート廃材を定量的・定期的に1か所に集荷することはバンコク都内の交通事情から極めて困難であり、かつ高コストとなることが判明している。従って、採算性を考慮して、バンコク都内に分散している現地パートナー保有の既存の生コン製造拠点及び二次製品製造工場の中に、適正規模の再生骨材製造工場を併設する事業形態を想定する。

本工場の品質管理・製造管理を現地パートナーが実行し、提案法人は実務的な工場運転管理・指導の役割を担う。現地パートナーは工場敷地の提供、設備設置、廃材の集荷、製造された再生骨材を使用した生コンの製造・販売を担う体制を整える。

想定するビジネス展開の概略図を、図 0-4 に示す。（赤枠内が設立する子会社の事業内容である）

この事業が進展していけば、海外展開に必要な技術者の採用で地元への貢献ができ、設備増強に際しては、設備設計・製作の発注により国内設備エンジニアリング企業の売上げ増にも貢献できる。

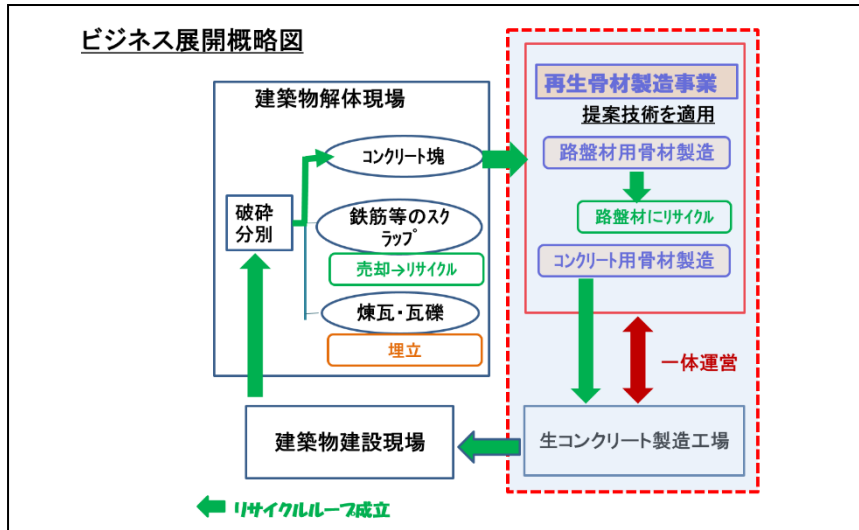


図 0-4 ビジネス展開の概略図（出典：調査団作成）

4-2 市場分析

4-2-1 市場の定義・規模

再生骨材が使用される市場は建設市場であり、主な顧客はインフラ設備建設会社や生コン製造会社、コンクリート二次製品製造会社等となる。タイ国における建設市場は経済発展に伴い拡大を続けており、今後も新設建築物に加えてバンコク都市圏での地下鉄、高架鉄道建設や各都市での大規模商業開発が続くと見られ、規模としては300~350億USドル/年、コンクリート使用量で見ると1,300万³ /年が見込まれる。従ってコンクリート用原料である骨材市場も2,600万トン/年規模が見込まれる。調査の結果、バンコク都における新築建築許可申請面積予測から、建築物だけでも2020年は年間1,850万トンのコンクリート需要が見込まれている。

この新築物件の建設時及び旧建築物の解体時に発生するコンクリート廃棄物は、新築及び解体許可申請面積予測から、2020年は年間およそ150万トンに及ぶと見込まれる。

当面バンコク都の建設廃材からのリサイクルを計画している再生骨材量から見て、原料入手の面からも販売量の面からも十分な市場規模がある。なお、開催した技術セミナーのアンケート結果から、価格より安全性・品質を挙げた回答者が多く、また88%が条件さえ合えば再生骨材を使いたいと回答しており、タイ国グリーン政策の浸透度合いが窺われ、再生骨材の利用環境が整ってきている。

4-2-2 競合分析・比較優位性

提案技術は、湿式で比重選別を行い、不純物を除去しながら再生骨材を製造する技術で、乾式方式の他社方式と比較して、比較的中コストで高歩留まりを達成できる。また、湿式処理過程で薬剤処理を行うことにより、有害な六価クロムを無害化できる優位性がある。

タイ国においては、現状サイアムセメントが唯一ドイツ製の設備を導入して骨材再生に取り組んでいるが、乾式篩分け方式であり製造コストは安いが高品質的に高強度の構造部材に使用できるものではない。このため、ほとんどを路盤材用に販売している。今後、競合他社が進出してきても、品質・強度・耐久性等の技術面とコスト両面を提案法人以上のサービスで行える企業はない。

また再生骨材の製造コストは、提案法人の試算によると190~220BT/トンと見込まれ、天然骨材価格270~330BT/トンに比べて20-30%程度安いと想定され、再生骨材のみでも十分価格競争力が見込める。

鉄スクラップやセメント成分の売却益を考慮すると、事業性は高い。

4-3 バリューチェーン

ビジネス展開後の想定しているバリューチェーンを図 0-5 に示す。

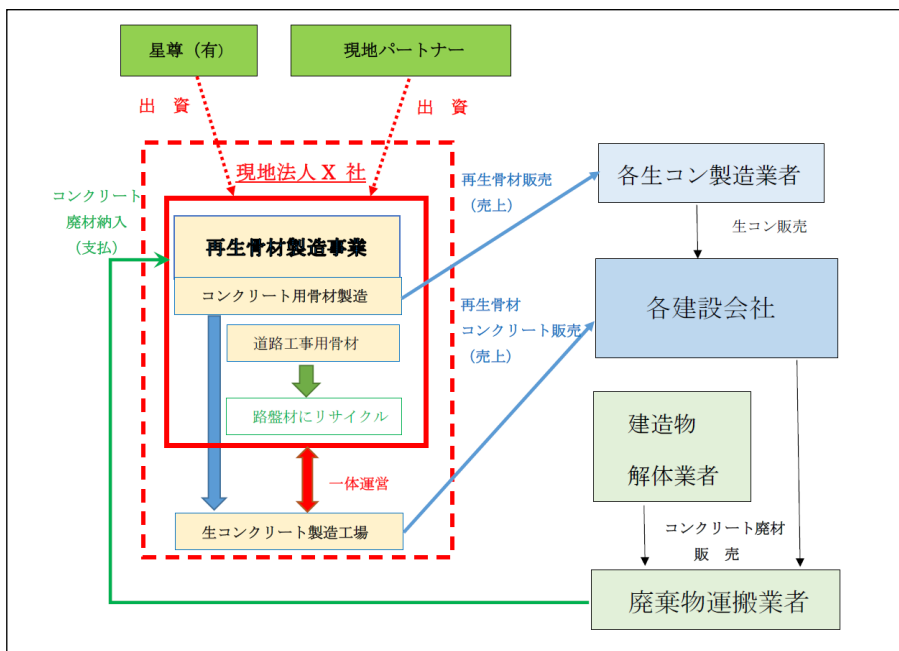


図 0-5 現時点で想定するバリューチェーン（出典：調査団作成）

4-4 ビジネス展開を通じて期待される開発効果

現実性のある事業化計画を立案し、実行に移すことで、『コンクリート用骨材の循環ループ』を確立し、『循環型社会』の開発を進めることが可能となる。図 0-6 はそのイメージを示しており、試算では年間 1,000,000 トンに及ぶ再生骨材を製造し循環できることが期待される。この再生骨材に相当する天然骨材資源が保護されるだけでなく、従来の埋戻し用地の削減や埋戻しによるセメント有害物による土壌汚染も同時に防止できることは、タイ国の発展にとって有意義であり、価値の高い事業効果である。

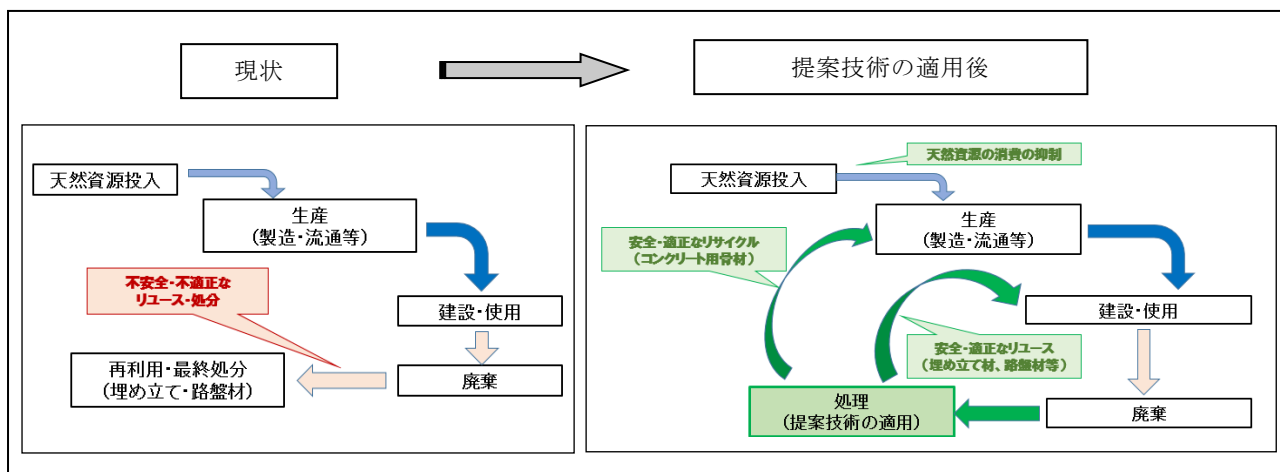




図 0-6 開発効果概念図（出典：調査団作成）


案件概要図（和文）




タイ王国 コンクリート廃材の無害化・再資源化による 資源循環ループの確立にかかる案件化調査

星尊有限公司(大阪府交野市)

6
国産資源の活用


9
資源と自然環境の
両立を図る


11
社会課題の解決
を促す


対象国コンクリート廃材分野における開発ニーズ

- 急速な都市化で年々増加しているタイ国の建設廃材を含む廃棄物問題は重要課題である。
- 建設廃材の大半を占めるコンクリート塊が埋め戻しに利用されているが、六価クロム等の有害物質の溶出が懸念される。
- 環境汚染リスクのない適正なりサイクル技術がない。

提案製品・技術

- 摩砕・湿式比重選別技術により高強度の構造部材に使用できるコンクリート製造用再生骨材Hクラス及びMクラス(JIS規格)の製造が可能
- 加えて同湿式処理過程で有害物質抑制剤を投入することによりコンクリート廃材中の六価クロムを無害化することが可能。

本事業の内容

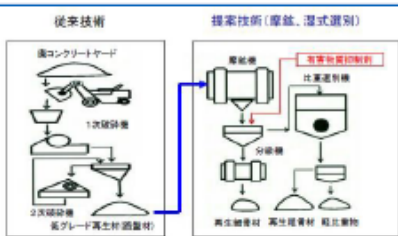
- 契約期間: 2019年7月～2021年8月
- 対象国・地域: タイ王国バンコク都及びその周辺
- カウンターパート機関: タイ王立ラームカムヘン大学
- 案件概要: 提案技術である「コンクリート廃材の無害化・再資源化」の導入による開発課題解決の可能性及びビジネスアイデアの検討やODA事業での活用可能性の検討を通じてビジネスモデルが作成される。

開発ニーズ(課題)へのアプローチ方法(ビジネスモデル)

- 現地企業と共同で現地子会社を設立し、分散している既存の生コン製造拠点及び二次製品製造工場に再生骨材製造工場を併設する。
- 原材料であるコンクリート廃材を点在している上記既存拠点へ収集することで、輸送時間及び輸送コストを削減。
- 製造された再生骨材を、天然骨材価格より20~30%程度安い価格で建設市場に販売する。

対象国に対し見込まれる成果(開発効果)

- 建設廃材の資源循環ループが確立される。
- 天然骨材の資源保護に繋がる。
- 廃棄物埋立処分場の負荷が軽減される。
- 有害物質発生に伴う土壌汚染発生が抑制される。
- 輸送コスト低減等による環境負荷低減が期待される。
- タイ国版建設廃材リサイクル法やリサイクル規格制定の見通しが立つ。



従来技術
提案技術(摩砕、湿式選別)

星尊技術【前処理+磨砕、分級、湿式比重選別】

はじめに

1. 調査名

「タイ国コンクリート廃材の無害化・再資源化による資源循環ループの確立案件化調査」
(SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector for Creating a Safe Recycling Loop for Recycled aggregate for Concrete in Thailand)

2. 調査の背景

タイ国は ASEAN 諸国の中で先んじて発展したが、建造物の老朽化による再建築と新たな建設との同時進行の時代を迎え、特に首都であるバンコク都においては社会の成熟化に伴う建設廃材問題が喫緊の課題となっている。

タイでは水害対策のため土地の嵩上げ材としてコンクリート廃材の大半が埋め戻しに使用されているが、埋め戻し材料としての利用は、廃材中のセメントの有害成分である六価クロムの溶出・浸出による深刻な地下水や土壌の汚染が指摘されている。バンコク都環境局の調査によると 2016 年度の解体建築現場及び新築建築現場から排出されるコンクリート廃材は年間で 138 万トンに上り、以後年々増加しており、早急な適正処理対策が必要である。

係る状況を受け、タイ国では、廃棄物対策を含めた大気環境・水環境保全に関する包括的な指針である「国家環境質向上政策・計画 (Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Policy and Plan, 2012-2016)」を決定した。これを受け、環境省公害監視局では、「建築と解体から発生する廃棄物の処理方法」についての通達を出して、環境破壊防止の観点から、「埋め立て利用から再生骨材への活用への転換を図る」ことを有効な対策として推奨している。また、「建築廃棄物の再利用」に関するセミナーを開催し、廃棄物による環境汚染問題、廃棄物処理・管理の適正化などの啓発活動に取り組んでいるが、廃材からの有害物質を除去し安全な建築廃材の再利用に向けた有効な解決手段を見いだしておらず、適切な再生骨材への活用体制の構築への支援が求められている。

3. 調査の目的

提案製品・技術の導入による開発課題解決の可能性及びビジネスアイデアの検討や ODA 事業での活用可能性の検討を通して、ビジネスモデルが策定される。

4. 調査対象国・地域

バンコク都及びその周辺地域 (ノンタブリー県、サムットプラーカーン県、パトゥムターニー県、サムットサーコーン県、ナコーンパトム県)

5. 契約期間、調査工程

- ・ 契約期間：2019 年 8 月 9 日～2021 年 9 月 3 日
- ・ 調査工程：以下の通り

表 0-1 調査工程・調査内容

調査工程	訪問先・調査内容
現地調査前国内業務	業務計画書作成、開発課題に関連する我が国のタイ国開発協力方針調査、ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析
<p>第 1 回 現 地 調 査</p> <p>2019 年 8 月 25 日～8 月 31 日</p>	<p>1. バンコク都環境局</p> <ul style="list-style-type: none"> ・バンコク都における建設廃棄物処理に対する取組状況ヒアリング ・同上の処理に対する問題認識、運営上の課題ヒアリング ・法規制等への対応状況ヒアリング <p>2. 内務省土木・都市計画局、ラームカムヘン大学</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ODA 案件化に対する共同検討の確認 ・実証設備設置場所に対する候補地選定依頼 ・大学における天然骨材、再生骨材利用に対する研究状況ヒアリング <p>3. カセサート大学、タマサート大学</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現地適合性試験における再生骨材、及びコンクリートに関する各種分析、及び強度試験の依頼 <p>4. 天然資源環境省公害管理局、工業省</p> <ul style="list-style-type: none"> ・建設廃材リサイクルへの取組の方向性ヒアリング ・コンクリート用再生材の TIS 規格検討状況ヒアリング <p>5. サイアムセメント(株) (SCI ECO)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート廃材処理の実態ヒアリング
第 1 回現地調査後の国内業務	第 1 回調査結果まとめ、提案製品・技術の現地への適合性調査のための機材輸送手続き、ODA 案件形成における課題・リスクと対応策検討
<p>第 2 回 現 地 調 査</p> <p>2019 年 11 月 24 日～11 月 30 日</p>	<p>1. 内務省土木・都市計画局、ラームカムヘン大学</p> <ul style="list-style-type: none"> ・セミナー開催要領に関する協議 (日時、内容、会場、主催者等の役割分担) ・普及・実証設備設置候補地に関する協議 <p>2. ラームカムヘン大学</p> <ul style="list-style-type: none"> ・試験装置の設置と試運転 ・試験装置による再生粗骨材・細骨材の製造 <p>3. カセサート大学</p> <ul style="list-style-type: none"> ・一次加工破砕材からの有害物質溶出試験依頼 ・ラームカムヘン大学での試験装置で製造した再生粗骨材・細骨材からの有害物質溶出試験の依頼 <p>4. タマサート大学</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造用コンクリートの製造と強度試験の依頼

	<p>(天然骨材、再生骨材別)</p> <p>5. JETRO バンコク事務所</p> <ul style="list-style-type: none"> ・タイの概況とアセアン経済についてのブリーフィングを受け、関連資料を受領した。
第2回現地調査後国内業務	第2回現地調査結果まとめ
第3回現地調査 2020年1月15日～1月24日	<ol style="list-style-type: none"> 1. 第1回セミナー開催 (at ラームカムヘン大学) 参加者：75名 (内、学生15名) 2. 内務省土木・都市計画局、ラームカムヘン大学 <ul style="list-style-type: none"> ・普及・実証設備設置候補地に関する協議 ・本邦研修実施日程、参加者についての協議 3. バンコク都環境局 <ul style="list-style-type: none"> ・オンヌットコンクリートリサイクル工場の視察 ・上記工場の普及・実証設備設置候補地としての協議 4. 工業省規格企画局 <ul style="list-style-type: none"> ・TIS規格改訂の進捗状況ヒアリング 5. タマサート大学 <ul style="list-style-type: none"> ・再生骨材品質試験、コンクリート特性試験の進捗状況ヒアリング 6. Dusit Thani Hotel 解体工事現場 <ul style="list-style-type: none"> ・ビル解体の契約、廃材処理に関するヒアリング ・解体、分別、搬出実態の視察
第3回現地調査後国内業務	試験結果の分析、セミナーにおける反響の分析、ODA案件化の検討、進捗報告書作成等
国内調査、及びWeb会議 2021年2月～6月 ※第4回、第5回現地調査の代替： 新型コロナウイルス感染拡大 (パンデミック：COVID-19)の影響により、現地渡航見合わせが長期化したため	<ol style="list-style-type: none"> 1. 内務省土木・都市計画局、ラームカムヘン大学、タマサート大学と、第3回までの現地調査結果・文献調査に基づき、Web会議による協議・確認・合意形成を実施した。 <ul style="list-style-type: none"> ・ODA案件化に向けた現状調査 (実施候補地絞り込み) ・ODA案件形成における課題・リスクと対応策調査 ・期待される開発効果に係る調査 ・ODA案件の形成に向けた協議 ・市場分析 ・CP機関とのODA案件化に向けた連携協議 2. 技術セミナーの開催 (Zoom Webinar 形式)：2021年5月11日 <ul style="list-style-type: none"> ・試験装置で製造した再生骨材品質試験、コンクリート特性試験の結果報告 (タマサート大学/ソムヌック教授) ・日本の再生骨材品質規格 (JIS規格) の紹介と提案技術紹介 参加者：108名 3. その他 その他、ビジネス展開計画について第4回、第5回渡航時に

	調査予定だったものを遠隔で情報収集し分析した。
本邦受入研修	新型コロナウイルス感染拡大（パンデミック）の影響により、相互の渡航が長期にわたりできないことから中止した。

6. 調査団構成

表 0-2 調査団構成

氏名	担当業務	所属先
原 大耕	業務主任者/ビジネス展開計画	星尊有限会社
柴谷 啓一	調査計画統括/ODA 案件化調査検討	星尊有限会社
加保 進一	現地適合性調査統括/事業化計画検討	星尊有限会社
橋本 崇	市場調査及び事業化に係る各種調査	星尊有限会社
佐藤 伸嘉	廃材処理実態調査及び ODA 案件化に係る調査	星尊有限会社
塩谷 憲子	現地業務調整/管理	星尊有限会社
麻原 伴治	チーフアドバイザー/ODA 案件化調査検討	(公財)北九州国際技術協力協会
江本 寛	法規制・許認可等に係る調査	(公財)北九州国際技術協力協会
久保 泰雄	事業化計画の検討（設備エンジニアリング面）	永田エンジニアリング株式会社
濱池 嘉久	現地適合性試験支援（電気・計装技術）	永田エンジニアリング株式会社
真崎 伸広	現地適合性試験支援（機械技術）	永田エンジニアリング株式会社

第1章 対象国・地域の開発課題

1-1 対象国・地域の開発課題

1-1-1 バンコク都における建設廃材の実態

廃棄物問題の中でも建設廃材問題は、先んじて都市化が進んだ結果、建造物の老朽化によるリビルド化と新たな建設との同時進行の時代を迎えているタイ国特に首都であるバンコク都において顕在化してきた喫緊の課題である。

「バンコク都内の解体建築現場及び新築建築物現場」から排出されるコンクリート廃材などを含む廃棄物量の発生量は、図 1-1 に示すとおり年々増加の一途をたどっている。旺盛な新規建設需要のため、2016 年度の解体建築現場及び新築建築現場から排出されるコンクリート廃材は、解体現場で 930 トン/日、新築現場で 3,660 トン/日の計 4,600 トン/日であり、年間で実に 1,380,000 トンという膨大な規模になっている。

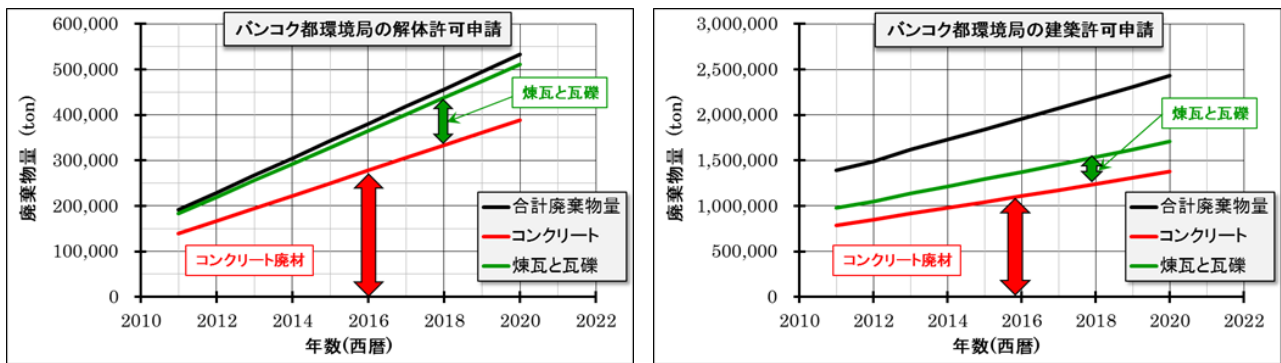


図 1-1. バンコク都からの廃棄物量と年度の関係
(出典：バンコク都庁から入手したデータを使用して調査団で作成)

バンコク都においては、増大の一途をたどるコンクリート廃材の再生利用促進のため、オンヌット地区にコンクリート廃材の再生処理施設（以下、オンヌット工場：乾式破碎処理のみ）を 2014 年 5 月からバンコク都が稼働させている。その処理能力は 500 トン/日・8 時間稼働であり、ここで製造される再生品はバンコク都が施工する道路工事用に工事施工業者に無償で提供され路盤材への利用に限定されている。また、鉄筋や煉瓦屑などを分別・除去したコンクリート塊の受入を前提に無償で受入れて再生処理する体制を整備している。しかし、この処理施設の稼働頻度は極めて低い状況（1 日/週程度）に留まっている。その主な理由は、以下の理由によりコンクリート塊の収集に拍車がかからないことによる：

- ① コンクリート廃材は一般廃棄物に分類され、大半は建設現場での埋め戻し材となっている。
- ② 持込み業者がコンクリート塊の輸送費を負担することとなっているが、バンコク都の交通渋滞、及びコンクリート塊のみに分別して持込む制約や工場の立地している地理的条件（建設現場から離れている）により、持込み業者の負担が大きい。

ここまで記述したバンコク都の建設廃材の再利用（リサイクルループにはなっていない）までの実態を分かりやすく図 1-2 に図示する。このように、バンコク都では、大量に排出されるコンクリート廃材のごくわずかしが再生骨材として利用されておらず、大半が建設現場で埋め戻されたり、違法投

棄されたりしている。

上記①の埋戻し材料としての利用は、破碎された廃材中のセメントからの有害成分（六価クロム）の溶出・浸出により、土壌汚染・地下水汚染の恐れがあるが、現在は十分に認識されていない。

日本においては、建設廃材リサイクル法により再利用の基準が厳しく決められており、コンクリート塊の再利用については六価クロムの溶出試験を実施し、基準値以下であることを確認しなければ埋め戻しや路盤材への再利用はできないことになっている。

また、上記②に対し、高層ビル等解体工事に種々考慮すべき内容が多岐にわたる物件については建築物解体に係る環境評価（EIA）を義務付け、コンクリート廃材のオンヌット工場への持ち込み促進を図ると共に、民間に許可制による再生処理を委託することによりリサイクルを拡大する施策もバンコク都は考えているが、実効ある具体的手段が見いだせていない。

その結果、今後顕在化が予測される埋戻し材や路盤材への量的な利用の限界、利用されない埋め戻し材や路盤材が溢れることによる不法投棄の増大等が懸念されている。

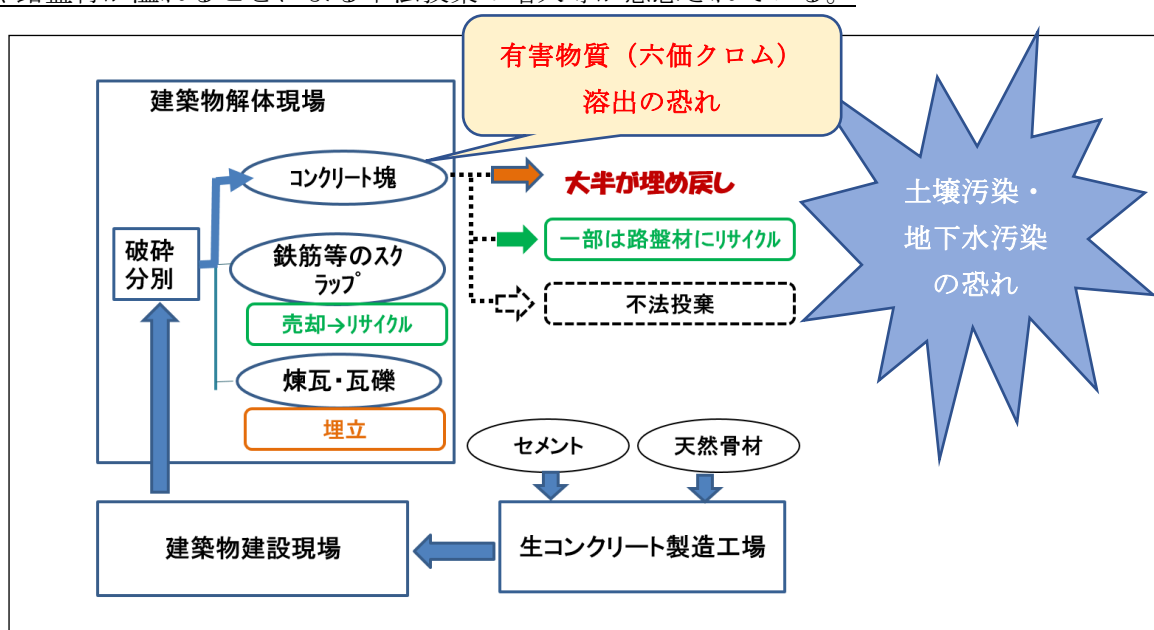


図 1-2 バンコク都における建設廃材再利用の実態（出典：調査団作成）

1-1-2 建設廃材処理・リサイクルに係る開発課題

(1) 法制度、及び仕組みに係る開発課題

タイ国では、1992年に環境管理に関する様々な項目を織り込んで、基本的かつ包括的な環境法として、「国家環境保全推進法（Enhancement and Conservation of National Environment Quality Act, B.E.2535）」を制定し、廃棄物の管理についても精力的な取組を開始している。しかし、日本の「廃棄物リサイクル法」のような基本法ではなく、行政的な統制がとれていない。現在、20以上の政府機関が廃棄物・リサイクル管理に関わっており、それぞれが所管する法律に基づいた規制が実施されている。これらの優先順位が明確でない場合も多く、タイにおける環境行政を非常に複雑でわかりにくいものにしてしている。1-2 項の表 1-2 に「タイ国における廃棄物区分、並びに所管省庁・行政機関を、表 1-3 に「固形廃棄物に関わる主な法律」を示す。

また、法律を運用していくためには、それを支える条例や技術規格・基準が整備される必要がある。建設廃材のリサイクルという視点で見ると、タイ国でもようやく建設廃材から再生骨材と

してリサイクルすることに着目して技術基準の必要性が認識され、工業省製品企画事務局が日本の JIS 規格に準拠した TIS 規格の改定に取り組み、大臣承認を経て 2020 年 2 月 28 日から施行された。

再生骨材の製造技術が低いことから現状はタイ国で入手できる再生骨材の品質は品質基準 3 (後述の表 2-7 参照) レベルとなっており、再生骨材の使用範囲が限定されているのが現状であるが、TIS 規格ができたことにより、今後品質基準 1 (後述の表 2-7 参照) レベルの高品質再生骨材が製造されることにより、その利用範囲が拡大することが期待できる。

ただし、TIS 規格の改訂により再生骨材の品質により利用範囲が拡大するが、コンクリート廃材の埋め戻しの規制や六価クロム溶出の規制が行われなければ、再生骨材が実際に市場に普及するためには、天然骨材に比べて安価であることが必須条件となる。

(2) 環境汚染に係る開発課題

タイ国、中でもバンコク都及びその周辺では環境汚染問題として、①水質汚濁 ②大気汚染 ③有害廃棄物の不法投棄 ④一般廃棄物による埋め立て処分場の逼迫といった問題が顕在化してきている。

一方、建設廃材の大半を占めるコンクリート廃材の破砕面からの有害物質(六価クロム)の溶出については、関係者(バンコク都環境局、天然資源環境省、内務省、工業省等)はまだ認識が低い実態であるが、本案件化調査の結果、バンコク都内のビル解体現場 1 箇所から採取したコンクリート塊からの六価クロム溶出量は、0.12~0.17mg/L とタイ国環境基準の 0.05mg/L 以下を倍以上回るレベルであることが分かった。

現在タイにおいては、建設廃棄物由来の六価クロム排出については規制がない。工場の生産活動の結果排出される六価クロムの規制については、2016 年に工場運営に関する許認可を扱う立場にある工業省による環境基準や報告義務を取り決めた法規制が施行され、現在その運用定着化に向けた調査・評価方法や調査を行う第三者機関許認可等のガイドラインの策定に向け取組中である。またこの法規制においては、六価クロムはもとより 126 の有害物質が管理対象であり、土壌・地下水への有害物質の溶出問題は今後厳しく規制される事が予想される。

これらの動向を受け、天然資源環境省公害管理局担当者の発言からも、ようやく天然資源問題、建設廃棄物の適正処理問題に加え、土壌・地下水汚染問題もあることを認識し始めた模様であり、今後、建設廃棄物における六価クロムの規制が検討されることが期待される。

(3) 適正なりサイクルに係る開発課題

リサイクルのループを確立するには、適正なりサイクル技術と運用ノウハウが欠かせない。急増する建設廃棄物増大に直面するバンコク都、及び民間企業大手のサイアム・セメント・グループが、各々リサイクルの試験工場を建設してリサイクルへの取り組みを試行しているが、リサイクル製品である再生骨材の品質レベルが低いため、路盤材としての再利用の域を出ていない。また、現状の技術は上記の土壌汚染のリスクを解決したものになっていない。このため、環境汚染リスクのない適正なりサイクル技術が求められている。

1-2 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等

1-2-1 廃棄物対策に係る基本政策

タイ国では、基本法に相当する前述した国家環境保全推進法のもと、廃棄物対策を含めた大気環境・水環境保全に関する中・長期的な包括的な指針である『国家環境質向上政策・計画（Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Policy and Plan, B.E.2540-2559）』が内閣に提案され、1996年11月に承認されている。更に、関連する各政府機関がそれぞれに種々の廃棄物管理関連法令を制定し通達を出している。

表 1-1 国家環境質向上政策・計画内における廃棄物に関する目標と指標

	目標	指標
一般廃棄物	1. 一般廃棄物の発生量を一人当たり 1 日 1.0kg 以下にする	1. 収集・運搬・処理・処分を含む効率的な一般廃棄物管理体制の確立
	2. バンコクと全国の市における一般廃棄物発生量のリサイクル率を 15%以上にする	2. 廃棄物発生量を管理し、リサイクルと再利用の促進
	3. 市における一般廃棄物を全て管理する。市外での未処理廃棄物を 10%以下にする	3. 一般廃棄物処理のインフラ建設・運営の民間活力の促進
	4. 各県で衛生的な一般廃棄物管理のマスタープランの作成を確実にし、適切な処理を実施する	4. 一般廃棄物監視に民間や市民の参加を促す
有害廃棄物	1. 環境や人々の健康への影響をなくすように工業及び社会で有害廃棄物による汚染を減らし管理する	1. 輸入・輸出・輸送・分別・収集・処理・処分を含む効率的な有害廃棄物管理システムの導入
	2. 工業及び社会からの有害廃棄物の収集・処分の割合をそれぞれ 95%・90%以上に保つ	2. 工業部門、運輸部門、保管における有害廃棄物の重大事故を防止する非常時システムの確立
	3. 全ての病院で感染性廃棄物の適切な管理システムを有する	3. 感染性廃棄物についての民活の導入促進支援

出典：Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Policy and Plan, B.E.2540-2559

大方針は上記の通りであるが、実行にあたっては前述の通り多くの政府機関が関わっており、それぞれに種々の廃棄物管理関連法令を制定し通達を出しており、各通達間の整合性や優先順位が明確でない場合も多く、タイにおける環境行政を非常に複雑で解りにくいものになっている。

表 1-2 タイ国における廃棄物、並びに所管省庁・行政機関（出典：調査団作成）

	区分	主な所管省庁
一般廃棄物	都市固形廃棄物	内務省、地方自治体、天然資源環境省
	汚泥	
	有害廃棄物	
	感染性廃棄物	保健省、内務省、地方自治体、

		天然資源環境省
産業廃棄物	非有害産業廃棄物	工業省
	有害産業廃棄物	
	放射性廃棄物	保健省、天然資源環境省

1-2-2 建設廃棄物処理に係る法令

建設廃棄物は、工場から排出される場合は産業廃棄物、工場以外の場所で発生する場合は排出事業者が廃棄物と認識する場合、あるいは公共の廃棄物処理場に廃棄された場合は一般廃棄物となるが、現状では埋め戻し材などに利用される限りにおいては、廃棄物ではないという解釈がなされている。六価クロムによる汚染拡大や再生骨材の利用が進まない原因については埋め戻し材としての利用が規制されていないことも要因であるため、今後埋め戻し材に対する規制がタイ政府機関により施行されることを期待する。

タイ国における固形廃棄物に関する主な法律を表 1-3 に示す。

表 1-3 固形廃棄物に関わる主な法律（出典：調査団作成）

法律名	概要	主管官庁
国家環境保全推進法 The Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Act, B.E.2535 (1992 年)	環境政策の枠組みを定めた基本法。廃棄物に関する環境計画や環境基準、モニタリング等に関する管理を規定し、産業廃棄物の処理施設に適用される EIA（環境影響評価）についても規定。	国家環境評議会
公衆衛生法 The Public Health Act, B.E.2535 (1992 年)	一般廃棄物に関する根拠法であり、一般廃棄物、感染性廃棄物の管理を対象としている。	保健省 内務省
国家清潔秩序法 The Cleanliness and Orderliness of the Country Act, B.E.2535 (1992 年、2017 年改正)	廃棄物の収集、運搬、処分の主体は地方自治体であり、その義務と権限を定めている。2017 年の改正では、収集・運搬・処理・処分料金を設定した。	内務省 保健省 地方自治体
工場法 The Factories Act, B.E.2535 (1992 年)	工業団地内の工場操業を規制する法律で、廃棄物の処分、汚染または環境に影響を及ぼす汚染物質に関する工場の運営を管理することを目的にした規則と規制を定めている。	工業省工場局
有害物質法 The Hazardous Substances Act, B.E.2535 (1992 年)	有害物質の輸入・生産・輸送・消費・処分・輸出に関する規制基準を定めている。但し、管理は対象となっていない。	天然資源環境省公害管理局 工業省、運輸省
工業団地法 Industrial Estate Authority of Thailand Act, B.E.2522 (1979 年)	工業団地内における有害廃棄物に関する規制や取り組みの実施を含めた工業団地の権限を定めている。	工場団地公社（工業省の第三セクター）

前述した通り、工場で発生する物以外は一般廃棄物という区分であり、市中の建築物解体から発生する物は一般廃棄物扱いとなる。

また、2014年に公害管理局が環境保全体法に基づいて、関係者の協力に基づく廃棄物処理のシステムティックな管理を実現することを目的に「国家廃棄物管理ロードマップ」を策定した。2014年8月に承認され、この実行に向けたマスタープランを主管となる各局が実行に移している段階である。

表 1-4 国家廃棄物管理ロードマップの概要（出典：平成 28 年度環境省請負報告書）

項目	内容
目的	<ol style="list-style-type: none"> 1. タイ国における固形廃棄物、並びに有害廃棄物管理に係る方針策定と行政、民間企業、コミュニティの協力に基づく実施 2. 県、地方行政政府による県内発生廃棄物管理に係る実施計画策定と効率的な実施
短期目標	<ol style="list-style-type: none"> 1. <u>80%以上の埋立て済み都市廃棄物の適正処理</u> 2. <u>10%以上の一般廃棄物に含まれる有害廃棄物の適正処理</u> 3. 100%の有害産業廃棄物の適正処理 4. 全ての特別市や市は発生源における分別システムを導入 5. 全ての郡中 10%以上の郡で発生源における分別システムを導入
長期目標	<ol style="list-style-type: none"> 1. 30%以上の一般廃棄物に含まれる有害廃棄物の適正処理 2. <u>全ての発生源に分別システムを導入</u> 3. 全ての郡中 50%以上の郡で発生源における分別システムを導入
方針策定	<ol style="list-style-type: none"> 1. 青少年からの国民と民間の啓発と 3R 活動の推進 2. <u>オープンダンピングの停止</u> 3. 最適利用、熱源利用を含む処理センターにおける固形廃棄物と有害廃棄物処理における適切処理モデルの確立 4. <u>県知事の責務における県単位で発生する固形廃棄物の県による処理管理</u> 5. 廃棄物のエネルギー利用 6. 廃棄物管理に係る規定と基準設置と効率改善を目的とする固形廃棄物、及び有害廃棄物関連法規の改訂 7. <u>固形廃棄物の削減、分別、処理における協力体制の確立</u> 8. 有害産業廃棄物処理管理の適正管理と有害産業廃棄物不正投棄防止

1-2-3 その他関連政策、通達と今後の方向性

環境省公害監視局では、『建築と解体から発生する廃棄物の処理方法』につき通達を出して、環境破壊防止の観点から、『埋め立て利用から再生骨材への活用への転換を図る』ことを有効な対策として推奨している。また、『建築廃棄物の再利用』に関するセミナーを開催し、廃棄物による環境汚染問題、廃棄物処理・管理の適正化などの啓蒙活動に取り組んでいるが、具体的施策には至っておらず具体的施策への展開が望まれている段階である。提案法人の2回目の技術セミナーで再生骨材の品質と再生骨材使用コンクリートの性能を発表したところ、非常に高い関心が示されており、滞っている『埋め立て利用から再生骨材への活用への転換』の突破口になる可能性が出てきた。

1-1-2 項(2)の「環境汚染に関する開発課題」にてその動向を述べた土壌・地水汚染対策に対する法制度は、2016年4月に工業省令及び2016年11月に工業省告示が施行され、製造業を中心とする12業種を対象とし126項目の汚染対象となる物質に対する環境基準値が定義されている。また、その運用のための調査・評価方法（測定頻度、範囲、サンプリング方法等）の詳細や測定対応可能な第三者機関の整備等の法令運用に関わるインフラ的な部分の整備を今後の重要課題として取り組み始めている。今後、更なる都市化の進展、再開発計画や工場跡地再利用等のニーズの増大が予想され、土壌・地下水汚染に対してはその重みが増し、廃棄物処理を含めてより一層厳格な運用が求められてくるものと思料する。

最新の政策として、「バイオ・循環型・グリーン(BCG)経済を国家戦略モデルに据える」ことが2021年1月13日の経済委員会で審議・承認され、プラユット首相から発表された。BCGのコンセプトは、バイオ経済と循環型経済、グリーン経済の3つの経済開発を統合したもので、農業の多様性というタイの強みを生かしつつ、環境に配慮しながら効率的な生産を行い、持続的な成長を目指すというもので、日本などの先進国を手本としている。

タイ投資委員会では今後の投資誘致の観点からはこの政策がベースになるとしており、民間調査機関クルンタイ・コンパス社は、環境配慮型ビジネス投資によりビジネスを変容させていくよう推奨している。

1-3 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力方針

タイ国に対する我が国の国別開発協力方針は、援助の基本方針（大目標）を、日本とタイの政治・経済・社会面での緊密な関係を踏まえて、「戦略的パートナーシップに基づく双方の利益増進及び地域発展への貢献の推進」としている。

当該開発課題への関連としては、重点分野（中目標）の（1）「持続的な経済の発展と成熟する社会への対応」の中で、「社会の成熟化に伴い取り組むべき課題である環境・気候変動問題、高齢化問題、社会的弱者支援等、タイだけでは解決が困難な課題について、日本の知見・経験も活用した支援に取り組む」としている。

さらに、「対タイ王国事業展開計画」において、上記重点分野（中目標）を構成する開発課題（小目標）の一つとして、1-5：「環境・気候変動対策」を掲げ、公害・環境汚染を主とする環境問題を適切に対処する、また都市環境を改善するための支援を行うこととしている。

1-4 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析

1-4-1 ODA 事業

タイへの協力は、既にタイが一般プロジェクト無償資金協力を卒業していること、また周辺国やアフリカ地域等に対し既にドナーの役割も担っていることから、技術協力及び円借款を活用した協力が中心になっている。

このため、環境省やJETROによる廃棄物管理に関する各種調査は実施されているものの、下記の表1-5に示す通り当該開発課題に対するODA先行事例は、住民の意識向上啓発活動やごみ減量化施策、埋め立て処分場・焼却炉の計画支援など、廃棄物の中でも生ごみの処理対策中心の協力となっており、建設廃棄物の減量化・リサイクルに関する取り組みは、これまでなされていない。

表 1-5 我が国の当該開発課題に関連する ODA 事業（出典：調査団作成）

案件名 (実施者)	概要	実施年度	形態 (金額：円)
ナコンラチャシーマー 県プラタイ区における ゴミ収集車両の整備計 画 (プラタイ区行政機構)	プラタイ区行政機構にゴミ収集車両 1 台を整備し、ゴミ回収能力向上及び衛生環境改善、住民の健康的な生活環境の向上に資する。また、被供与団体が取り組む住民参加型のリサイクル・ゴミ減量活動の強化につながる。	2018	無償草の根 (3,126,340)
チャンタブリー県ムアン郡ゴクワーン区におけるゴミ収集車両整備計画 (ゴクワーン町行政機構)	車両の老朽化のため回収能力が低く、ゴミは次回の回収まで放置され、衛生上の問題を抱えています。また、不法投棄・焼却も増えており、環境汚染、火災等の危険性も抱えている。町行政機構にゴミ収集車両 1 台を追加することで、ゴミ回収能力の向上を図り、衛生環境の改善による住民への健康的で快適な生活を提供する。	2017	無償草の根 (7,519,200)
ターク県における廃棄物処理施設拡張計画 (NGO 緊急援助と難民のためのカトリック事務所)	タイ国内最大の難民キャンプを擁するターソングヤング郡において、廃棄物量の増加や既存の処理施設の能力不足から周辺の衛生環境へ深刻な影響を及ぼしている現状に対し、「準好気性埋立構造（通称:福岡方式）」を導入した処分場の整備と、村落内への公共ごみ箱の設置を行うことにより、衛生環境の改善を図る。	2015	無償草の根 (10,701,160)
カンペーンペット県ノーンマイコーン区におけるゴミ処理場設置計画 (ノーンマイコーン区行政機構)	区行政機構はゴミ問題に対処すべく、本案件を通して、ガス化燃焼式焼却炉の設置やゴミ収集車の導入、ゴミ収集ボックスの整備等ハード的要素を中心としつつ、住民意識高揚のための研修や視察活動を組み込んだ総合的な「ゴミ処理センター」設置計画を実施する。	2013	無償草の根 (7,858,296)

1-4-2 他ドナーの先行事例

我が国の事例と同様に、他ドナーにおいても建設廃棄物に関する取り組み事例はない。但し、ベトナムにおいては下記の取り組みが実施途上にある。

表 1-6 に示すように本事業と同様な活動であり、同じような開発課題がアジア諸国に顕在化してきていることがわかる。まだ緒に就いたばかりであるが、建廃リサイクル資材の用途別品質の規格化と基準作り、建廃リサイクル資材の有効利用技術の開発という点では共通することから、提案法人の経験が生かせる点については今後連携（支援）をしていければと考える。またベトナムへの事業横展開を検討する機会があれば逆に連携（支援）をお願いしたい。

表 1-6 ベトナムにおける建設廃材に対する取り組み事例（出典：調査団作成）

案件名	概要	実施年度	形態
ベトナムにおける建設廃棄物の適正管理と建廃リサイクル資材を活用した環境浄化およびインフラ整備技術の開発	<p>アジア都市域や工業地帯では建廃発生量は急増しており、建廃の適正管理やリサイクルの促進は、都市環境管理の観点から極めて重要な課題である。</p> <p>ベトナムでは、建設廃棄物の排出・管理実態に関する調査事例がほとんどなく、解体現場からの廃棄物発生量を表化する際に必要となる基本情報（廃棄物組成、排出原単位）は極めて少ない。</p> <p>このため、本実態調査を通して得られた結果は貴重な情報・データとなる。得られたデータをガイドライン策定委員会で共有し、各種ガイドライン策定に有効に活用する。</p> <p>また、研究実施にあたって従事する日本人人材の育成（若手、グローバル化対応）、人的支援の構築（留学生、研修、若手の育成）等にも貢献する。</p> <p><u>具体的な活動は以下の通り。</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 建設廃棄物の取り扱いに関する各種ガイドラインの整備 2. 建廃リサイクル資材の用途別品質の規格化と基準作り 3. 建廃リサイクル資材の有効利用技術の開発 (環境汚染対策としての重金属類汚染水処理技術の開発を含む) 4. 建廃リサイクル促進のための戦略的ビジネスモデル及びベトナム 	2018年2月1日 ～ 2023年1月31日	国際共同研究： 国際科学技術共同研究推進事業 (国立研究開発法人科学技術振興機構)

	国家戦略達成に向けた推進策の提案		
--	------------------	--	--

1-4-3 建設リサイクル国際シンポジウム

日本のリサイクル技術を世界に発信する場として毎年日本において開催されており、2019年は以下の内容で実施された。

- ・主催：建設副産物リサイクル広報推進会議（国交省、日建連等で組織）
- ・開催日時、場所：2019年4月15日 東京国際交流館プラザ平成国際交流会議場

表 1-7 建設リサイクル国際シンポジウム講演内容（出典：調査団作成）

テーマ	講演者	要旨
建設廃棄物利用の可能性及び課題：タイ、バンコク首都圏におけるコンクリート廃材の場合	Vilas Nitivattananon/ タイ、アジア工科大学院大学准教授	タイ、バンコク首都圏における建設廃棄物管理の現状と課題に関する報告。特にコンクリート廃材は主に埋立されているが、埋め立て容量が限られていることから、種々のリサイクル法を検討中であることが強調されている。また、 <u>天然骨材に替えて再生骨材を活用することを検討中であるとの発言があった。</u>
ベトナムにおける建設廃棄物管理の現状と新規規制	Nguyen Hoang Giang/ ベトナム国立建設大学准教授	ベトナムでは急激な都市化及び人口増による建設廃棄物の増加が大きな問題となっており、国家戦略として廃棄物管理と環境保護に取り組んでいる。ここでは、現状の調査状況報告と、新しい建設廃棄物に対する事業モデルの紹介があった。 <u>この中で、JICAが支援したリサイクル設備の紹介もあった。</u>
日本の建設リサイクルの取組	八尾 光洋/国土交通省インフラ情報・環境企画室長	日本の廃棄物問題の変遷から、建設リサイクルに関する法体系や建設副産物の品目別の再資源化率と今後の課題と考え方についての報告

タイ国における建設廃棄物に関する ODA の事例はないが、前述 1-4-2 及び 1-4-3 の事例のようにベトナムでは具体的案件が開始している。タイ国においても、上記シンポジウムにおける発表から、コンクリート廃材のリサイクル機運が高まっていると推察する。

以上の事例から、タイやベトナムのように急激な経済発展と都市化が進展している国においては、今が建設廃材のリサイクルに取り組む時期に来ており、日本のこの分野における経験をビジネスとしてトランスファーしていけるチャンスであると考察する。

第2章 提案法人、製品・技術

2-1 提案法人の概要

2-1-1 提案法人の概要

会社名：星尊（セゾン） 有限会社

所在地：大阪府交野市私市7丁目19番7

設立年月日：2004年8月12日

事業内容：

提案法人『星尊』は、限りある天然資源の枯渇の抑制と開発による環境負荷の低減をテーマに（念頭に置き）、インフラ整備に関わる砂礫類や土砂を総合的にプロデュースする（活用する）会社である。

建設廃材の再資源化について研究開発を推し進め、技術の向上に努めている。具体的には、図のようにグループ企業を統括し、グループの頭脳として活動している。

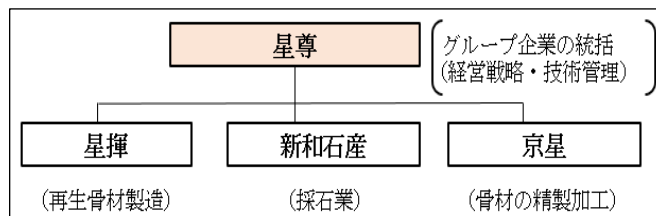


図 2-1 星尊グループ概要（出典：調査団作成）

2-1-2 提案法人の経営方針と海外ビジネス展開の位置づけ

【提案法人の経営方針】

弊社は、主事業とする再生骨材の製造・販売を含む建築資材全般の商取引による収益と、『技術フィー』に特化した海外事業で得られる収益によって主事業を補強する経営を目指している。

【海外ビジネス展開の位置づけ】

上記の経営方針に基づき、国内事業と並行して『国際貢献可能な技術輸出』を事業拡大の戦略と位置付け、その一環として海外進出を計画している。

日本の場合 1970 年代半ばから、廃棄物対策・環境対策・資源枯渇対策として再生骨材の研究が始まり、2000 年代後半再生骨材（H,M,L）それぞれに JIS が制定され、二回の JIS 改正を踏まえて規格・基準の成熟度を増すのにおよそ 40 年も費やした。提案法人はこの間の JIS 制定に積極的に関与・協力してきており、今後先進国を追って急速に経済発展すると期待されている中進国や ASEAN 諸国が直面する同じ課題の解決のために、提案法人の技術と経験が役立つことを確信している。

2-2 提案製品・技術の概要

2-2-1 提案製品・技術の概要

既存の再生骨材製造技術では、強度を要求される本格的な構造部材としてのコンクリートの原料としては使用できないが、特許を保有する星尊独自の技術を追加することで、高強度の構造部材に使用できるコンクリート製造用再生骨材 H 及び再生骨材 M (JIS 規格) を製造できる。また、図 2-4 に示すとおり湿式処理の利点を活用して有害物質抑制剤を投入することにより、コンクリート廃材中の有害な六価クロム (Cr+6) を無害な三価クロム (Cr+3) に転換することができるシステムである。

技術の特徴は以下に要約することができる。

- ▶ 環境を悪化させる六価クロムを発生させずにコンクリートのリサイクルが可能
- ▶ 高強度の構造部材に使用できる再生骨材の製造が可能

➤ 高品質の再生骨材製造を低コストで実現可能技術の詳細を以下説明する。

【既存の技術】(図 2-2 参照)

搬入されたコンクリート廃材は、集積場において前処理をされる。

重機を用いて大型混雑物を除去し、磁選及び手選により数回に亘り中規模の夾雑物（金属類、非鉄金属、木屑、廃プラスチック類、配管、配線類、壁紙、陶器、ガラス等）を取り除き（ピッキング）、1次破碎機と2次破碎機により40mm以下のコンクリート塊に整粒する。

既存の汎用技術はこのプロセスまででありこのプロセスで造られた再生骨材では、用途が極めて限定され構造用コンクリート製造用には適さないだけでなく有害物質の溶出に対処していない。

(図 2-3 参照)

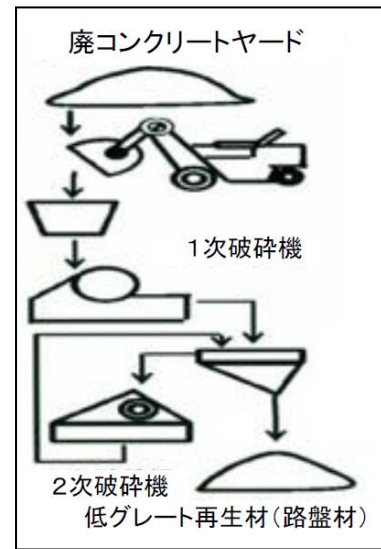


図 2-2 既存技術概要[破碎、篩分、ピッキング]

(出典：調査団作成)

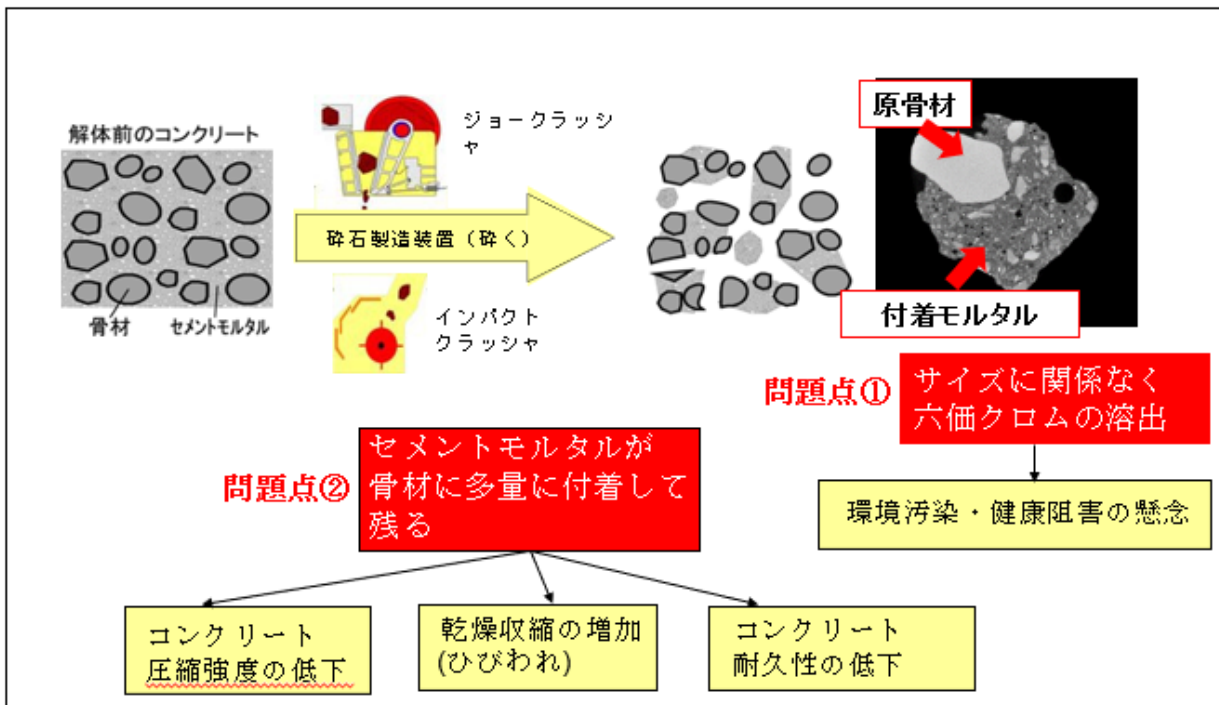


図 2-3 従来の再生骨材製造方法の問題点（短所）(出典：調査団作成)

【提案法人独自の新技术】(図 2-4 のフロー図参照)

提案法人の新技术は、再生骨材の高度利用を含む広範囲な利用を可能とするコンクリート用材料とするため既存技術に表 2-1 に示す技術を加えたものである。

【補足】

コンクリート解体屑に含まれる鉄筋や煉瓦などは、廃コンクリートヤードや破碎処理の前工程

において有価物として回収され、売却する。

表 2-1 提案法人の再生骨材製造技術概要（出典：調査団作成）

技術項目	技術内容
磨鈹技術	前処理済のコンクリート塊に付着したモルタル分を剥離する技術でモルタル分の少ない粗骨材と細骨材を製造
有害物質抑制剤添加システム	抑制剤を用いた6価クロムの無害化反応(3価クロムへの還元)は水中において効率的に進行するので、水を用いる弊社システムは極めて優位性がある
分級・洗浄技術	細骨材は本技術により「再生骨材Mを用いたコンクリート(JISA5022)付属書A」を満たす細骨材として精製する
湿式比重選別技術	粗骨材についてはモルタル付着量による比重差に着目、比重選別機により重比重物と軽比重物に選別する。磨鈹程度と分離比重は任意に調整可能であるので再生骨材M(JISA5022)、再生骨材H(JIS A5021)の生産が可能
プロセス水の完全循環システム	使用する水はプロセス内で適切処理をし完全循環使用するので設備外への廃水は無い。従って環境汚染の恐れは全くない

提案法人のシステムで生産される製品（再生骨材）は、JIS 規格に合致したものであり コンクリート 廃材の『再利用』ではなく、天然骨材並みに『再資源化』できる技術である。

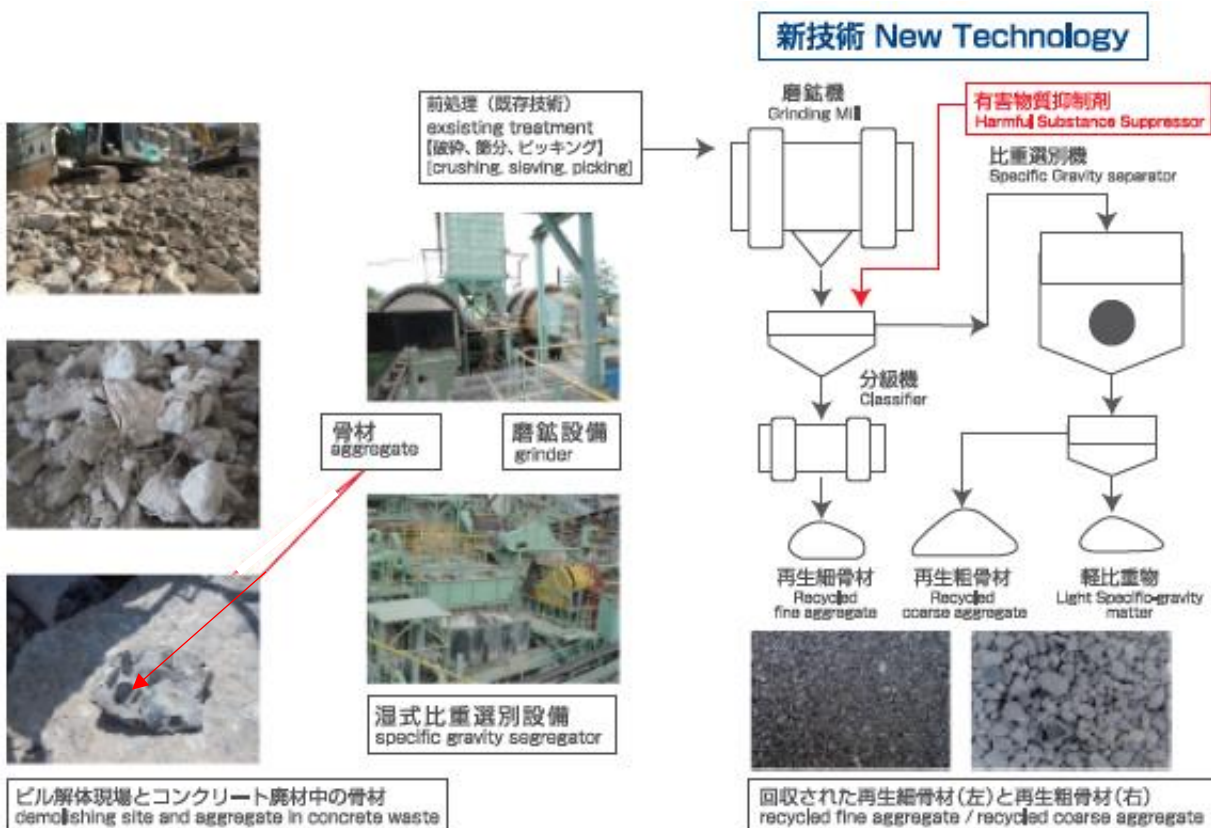


図 2-4 提案法人の技術 【前処理+磨鈹、分級、湿式比重選別】（出典：調査団作成）

【補足】

- ①上記処理の結果、回収される再生骨材、煉瓦屑、及びモルタルには有害な六価クロムは含まれていない（無害な三価クロムに変換されている）。
- ②5mm 以下のモルタル分は再生細骨材として利用する。（製品として出荷）

③煉瓦屑などの軽比重物は路盤材として利用する。(製品として出荷)

以上により、提案法人の新技术を活用したプロセスからは廃棄物は発生しない。

なお、提案技術・システムは独自の固有技術であり、これまで国内外への販売は行っていない。

2-2-2 ターゲット市場

対象とする市場は建設市場で、主な顧客はインフラ設備建設会社やコンクリート二次製品製造会社になる。タイ国における建設市場は経済発展に伴い拡大を続けており、今後もバンコク都市圏での地下鉄、高架鉄道建設や各都市での大規模商業開発、大型マンション建設が続くと見られ、コンクリート使用量は増大傾向が続くと予想する。

これまでコンクリート用骨材は 100%天然骨材が使用されてきたが、資源の枯渇問題や環境問題などから、リサイクルの気運が急速に高まってきており、再生骨材への転換も十分可能性がある。

2-3 提案製品・技術の現地適合性

2-3-1 現地適合性確認方法

同じコンクリートと言っても、国により使用する原料が違うため組成などが微妙に異なる。特に骨材は、その国の現地鉱石を使用していることもあり、提案技術の現地適合性判断は、タイ国のコンクリート廃材を使用した再生品品質の確認による技術の適合性チェックが必要である。

一連の全工程の試験をタイ国で実施するのが最適であるが、これが不可能なため、現地適合性確認方法として、タイ国内のビル解体現場 1 箇所から採取したコンクリート塊を日本に持ち込み、提案法人のプラントで一次処理したのちタイ国に返還し、目標とする品質 JIS/M 及び JIS/H¹ クラス相当の骨材を製造できる中核技術の試験装置を現地に設置して現地で最終の再生骨材製造作業を実施し、有害物質が検出されないこと、及びこの再生骨材を用いたコンクリートが構造用として利用できることを検証することとした。

具体的な試験・確認手順を図 2-5 に示す。

¹ JIS/M 及び JIS/H クラス：日本工業規格(JIS)で定めた再生骨材の品質基準。再生骨材の特性ごとに品質を示す合格基準値を定めており、クラスに応じて使用用途を限定している。具体的な特性と基準値は表 2-4、表 2-5 に示している。

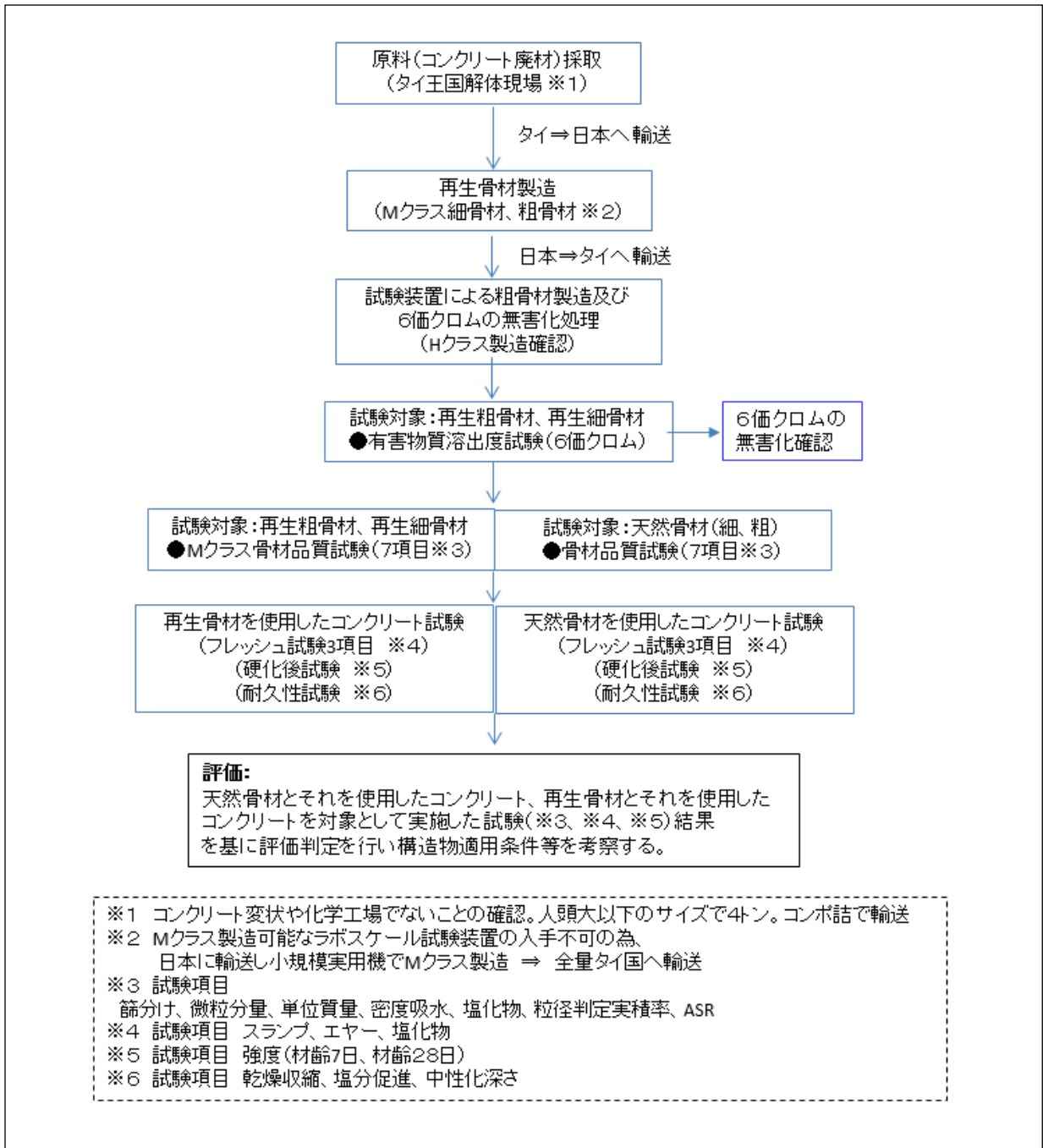


図 2-5 試験計画フロー (出典：調査団作成)

図 2-5 に示す試験計画フローのとおり、提案技術の中核となる「分級、湿式比重選別」工程のミニ試験設備を現地（ラームカムヘン大学構内）に輸送し、現地で発生するコンクリート塊を使用して再生骨材を製造、更にこの再生骨材を使用した構造用コンクリートを製造する試験を行った。

試験は、溶出試験をカセサート大学、骨材品質試験及びコンクリート強度試験をタマサート大学に再委託した。

なお、日本から搬入した試験装置は図 2-6 の通り、湿式比重選別機、分級機の各 1 台である。



ラームカムヘン大学構内試験機設置場所



開梱作業



湿式比重選別機設置（正面）



分級機設置

図 2-6 再生骨材製造用試験機（出典：調査団作成）

2-3-2 現地適合性確認結果（技術面）

(1) 有害物質（六価クロム）溶出試験結果

表 2-2 有害物質（六価クロム）溶出試験結果（出典：調査団作成）

資料別	分析結果	環境基準	備考	写真
(A)コンクリート塊	0.17mg/L 基準値超過	0.05mg/L 以下	タイ国現地で採取した試料 (日本に持ち込みのまま)	
(B)一次破碎塊	0.06mg/L 基準値超過		上記を日本で一次破碎した試料 (但し、水洗 1 回後)	
(C)細骨材	検出せず		タイに持ち込んだ試験機を使用してラームカムヘン大学で製造した試料	
(C)粗骨材	検出せず		タイに持ち込んだ試験機を使用してラームカムヘン大学で製造した試料	

(A)上記の表記載の通り、解体時に破碎された状態のコンクリート塊からは、環境基準値の 3 倍以上の六価クロムが検出された。

⇒このコンクリート塊は、埋め戻しに利用されており、土壌・地下水汚染の原因となる。

(B)一次破碎した試料（日本で破碎したため、既存破碎設備の関係上 1 回の水洗が入っている）からも、環境基準値を上回る六価クロムが検出された。

⇒タイ国では、この状態の破碎塊は道路の路盤材として利用されており、コンクリート塊の埋め戻しと同様に土壌・地下水汚染の原因となる。

(C)提案技術により製造した再生骨材からは、有害な六価クロムは検出されなかった。

(2) 骨材品質試験結果

- ・表 2-3 の通り、骨材品質は再生粗骨材 H において絶乾密度、吸水率が僅かに基準を外れているが、概ね各基準に合格している。
- ・表 2-4 の JIS 規格との対比から、今回タイ国で採取した廃コンクリートから製造した再生粗骨材 M 及び H は JIS 規格の Type M に位置付けられる。
 なお、再生粗骨材 H は、極めて JIS 規格の Type H に近い品質である。
- ※「再生粗骨材 H においては、絶乾密度、吸水率が僅かに基準を外れているが、1 回の試験結果であり、実用的に問題になるレベルではない。」：タマサート大学 Somnuk 教授見解
- ・表 2-5 の JIS 規格との対比から、今回タイ国で採取した廃コンクリートから製造した再生細骨材は JIS 規格の細骨材 Type M に位置付けられる。
- ・上記の通り、今回タイ国で採取した廃コンクリートから製造した再生骨材は日本の JIS 規格 M 以上に相当する品質である。

表 2-3 骨材品質試験結果（出典：調査団作成）

	再生粗骨材 M	再生粗骨材 H	天然粗骨材 Limestone	再生細骨材	天然細骨材 River sand	基準
篩分け	粒度分布・粗粒率とも規格内	粒度分布・粗粒率とも規格内	粒度分布・粗粒率とも規格内	粒度分布・粗粒率とも規格内	粒度分布・粗粒率とも規格内	ASTM C136
絶乾密度 (g/cm ³)	2.43 合格	2.48※ (基準:2.5以上)	2.74 合格	2.35 合格	2.56 合格	JIS A5022/M JIS A5021/H
吸水率 (% m/m)	3.92 合格	3.04※ (基準:3.0以下)	0.55 合格	5.09 合格	1.12 合格	JIS A5022/M JIS A5021/H
塩化物含有量 (%)	0.0005 合格	0.0005 合格	0 合格	0.0005 合格	0.0005 合格	JIS A5002
粒径判定容積率 (%)	61.66 合格	62.23 合格	59.23 合格	69.29 合格	64.45 合格	JIS A5022/M JIS A5021/H
微粒分量 (%)	0.06 合格	n.a. 合格		1.20 合格		ASTM C117
ASR (Reduction in Alkalinity:mmols/l)	130.0 無害	115.0 無害	252.5 無害	122.50 無害	50.00 無害	ASTM C289

ASR (Dissolved Silica:mmoles/l)	1.00 無害	4.00 無害	1.66 無害	0.67 無害	5.66 無害	ASTM C289
---------------------------------------	------------	------------	------------	------------	------------	--------------

表 2-4 再生粗骨材の JIS 規格との対比 (出典：タマサート大学試験結果報告書)

特性	再生粗骨材	再生粗骨材	JIS A5023	JIS A5022	JIS A5021
	M	H	Type L	Type M	Type H
Min. 絶乾密度 (g/cm ³)	2.43	2.48	-	Min. 2.3	Min. 2.5
Max. 吸水率 (% m/m)	3.92	3.04	Max. 7.0	Max. 5.0	Max. 3.0
Min. 粒径判定容積率 (%)	61.66	62.23	-	Min. 55	Min. 55
Max. 微粒分量 (75 μ m%)	0.06	n.a.	Max. 3.0	Max. 2.0	Max. 1.0
Max. 塩化物含有量 (%)	0.0005	0.0005	Max. 0.04	Max. 0.04	Max. 0.04

表 2-5 再生細骨材の JIS 規格との対比 (出典：タマサート大学試験結果報告書)

特性	再生細骨材	JIS A5023	JIS A5022	JIS A5021
	M	Type L	Type M	Type H
Min. 絶乾密度 (g/cm ³)	2.35	-	Min. 2.2	Min. 2.5
Max. 吸水率 (% m/m)	5.09	Max.13.0	Max. 7.0	Max. 3.5
Min. 粒径判定容積率 (%)	69.29	-	Min. 53	Min. 55
Max. 微粒分量 (75 μ m%)	1.20	Max. 10.0	Max. 8.0	Max. 7.0
Max. 塩化物含有量 (%)	0.0005	Max. 0.04	Max. 0.04	Max. 0.04

(3) コンクリート強度試験結果

コンクリート強度試験結果は表 2-6 の通り、天然骨材を使用したコンクリートとほとんど差はなく、かつ目標強度を達成しており強度上の問題はない。

表 2-6 コンクリート強度試験結果 (出典：タマサート大学試験結果報告書)

		再生骨材を使用		天然骨材を使用	
		Grade 30	Grade50	Grade 30	Grade50
フレッシュ試験	スランプ (cm)	19.0	19.5	17.5	n.a.
	エヤー含有量 (%)	2.3	3.0	1.1	0.6
	塩化物イオン (kg/m ³)	0.048	0.055	0.044	0.055
硬化後試験	材齢 7 日強度 (MPa)	29.7	43.4	27.2	46.7
	材齢 28 日強度 (MPa)	35.5	52.7	31.9	53.5
	材齢 91 日強度 (MPa)	-	-	36.4	55.7
	材齢 180 日強度 (MPa)	37.1	54.4	-	-

(注 1) Grade30, Grade50 は、材齢 28 日強度で 30MPa, 50MPa 達成を目標として製造したコンクリー

ト試験標本を指す。

(注 2) 天然骨材を使用した試験標本は、粗骨材として Limestone を、細骨材として River sand を使用。再生骨材を使用した試験標本は、粗骨材として再生粗骨材 M を、細骨材として再生細骨材を使用した。使用セメントを含め、他の製造条件は全て同一条件下で製造した。

(4) コンクリート耐久性試験

① 乾燥収縮試験結果

コンクリートの乾燥収縮は使用箇所、拘束条件等によりひび割れ発生に繋がる要因でもあることから、TIS においても使用用途の品質区分上の留意点とされている。

ここでは、Grade30 及び 50 の水和反応に伴う自己収縮及び水分乾燥に伴う乾燥収縮の評価を行った結果、自己収縮量は再生骨材コンクリートが、乾燥収縮量は天然骨材コンクリートが、収縮量が少ない結果となった。(図 2-7、図 2-8 参照)

ひび割れへの影響の大きい乾燥収縮量は、図 2-8 に示す通り材令 60 日で 400μ 程度に収斂している。これに相当する日本での土木、建築の分野における一般的な使用用途においては $800\sim 1000\mu$ が規制値でもあることから、再生骨材コンクリートとしては十分な性能を有している。

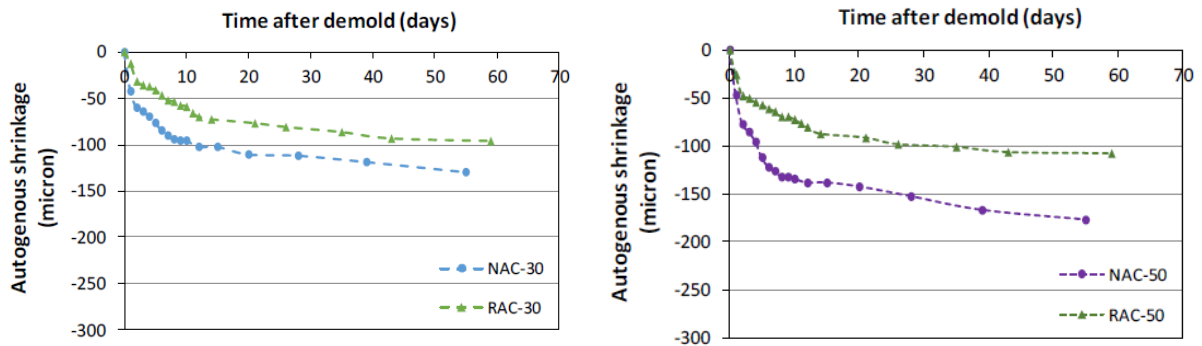


図 2-7 Grade30、Grade50 標本における自己収縮 (出典：タマサート大学試験結果報告書)

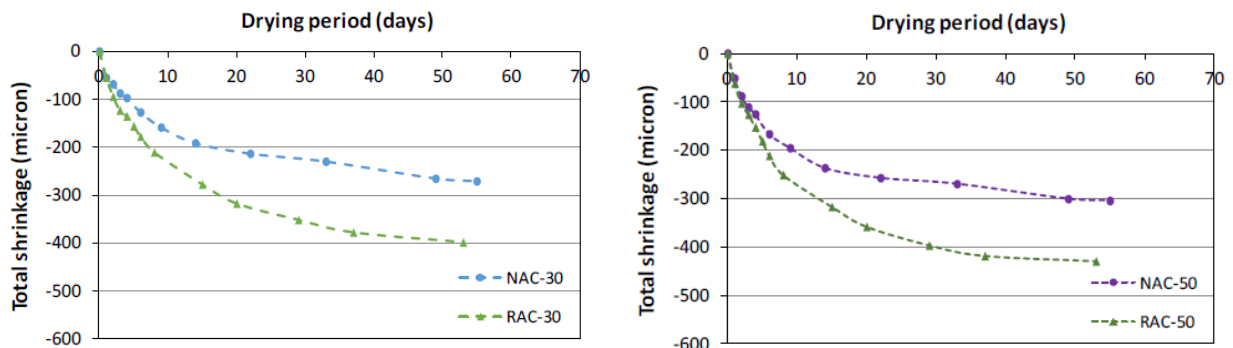


図 2-8 Grade30、Grade50 標本における乾燥収縮 (出典：タマサート大学試験結果報告書)

② 中性化深さ試験結果

下図 2-9 に示す通り、再生骨材コンクリートが天然骨材コンクリートより中性化深さが少なく、問題ない。

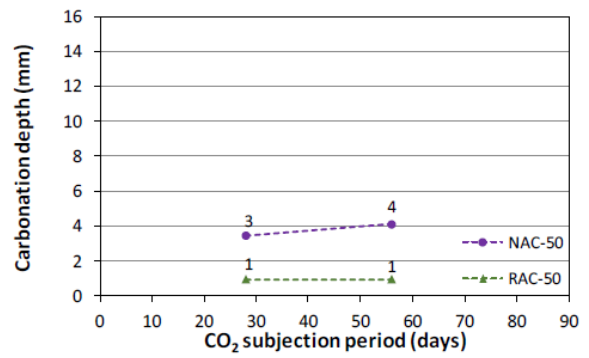
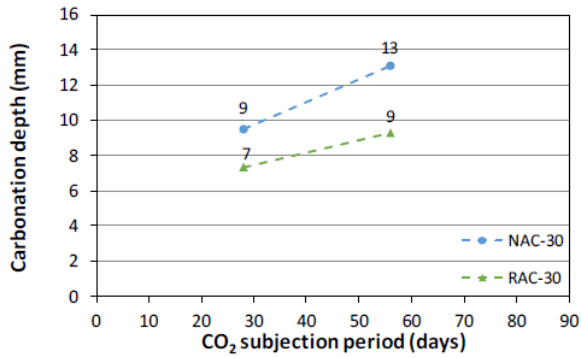


図 2-9 Grade30, Grade50 標本における中性化深さ (出典：タマサート大学試験結果報告書)

③塩分浸透性試験結果

図 2-10、図 2-11 に示す通り、急速塩化物イオン透過性は天然骨材使用コンクリートに比べて塩素イオン浸透性が高い結果となったが、図 2-12 に示す通り Fly ash を添加することで浸透性を抑制することができることが解っており、実用面では問題にならない。

一般的にタイのコンクリートには Fly ash が添加されており、実用面に適ったデータである。

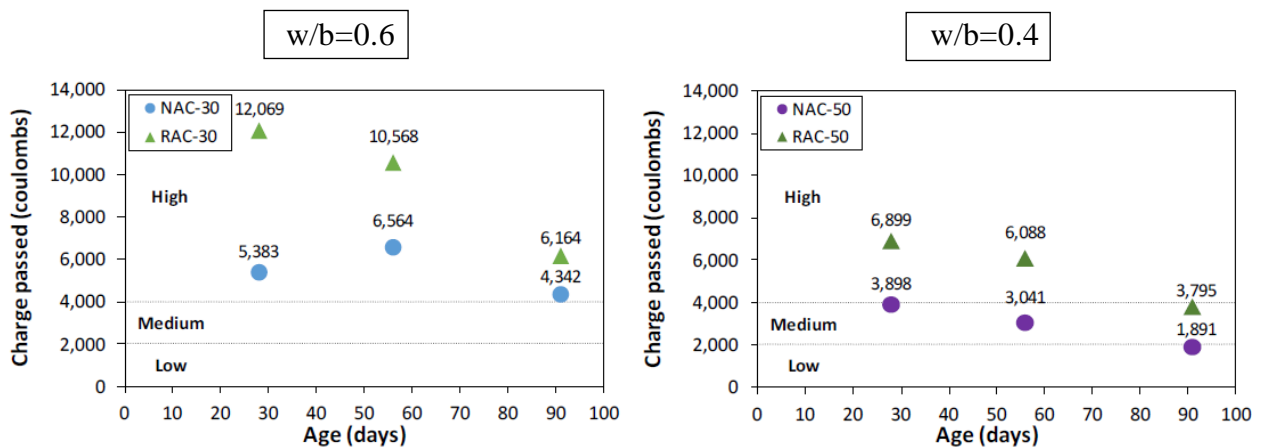


図 2-10 Grade30, Grade50 標本における急速塩化物イオン透過性試験結果 (出典：タマサート大学試験結果報告書)

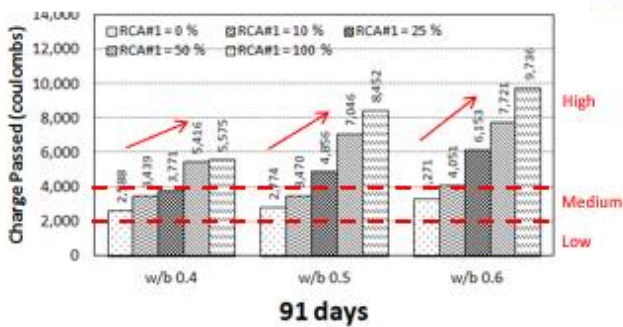


図 2-11 再生粗骨材含有比と塩化物イオン透過量 (出典：タマサート大学試験結果報告書)

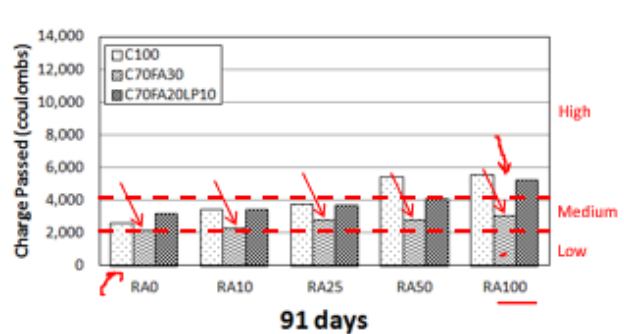


図 2-12 セメントに対する Fly ash 添加効果 (出典：タマサート大学試験結果報告書)

2-3-3 現地適合性確認結果（制度面）

1-1-2項に記述した通り、建設廃材を適正にリサイクルしていくためには、それを支える技術規格・技術基準が必要である。タイ国でもようやく建設廃材から再生骨材としてリサイクルすることに着目して技術基準の必要性が認識され、工業省製品企画事務局が日本の JIS 規格に準拠した再生骨材に関する TIS²規格の改定に取り組み、大臣承認を経て 2020 年 2 月 28 日から施行された。

表 2-7 に改訂 TIS 規格の骨子を示す。概ね日本の JIS 規格（JIS A5021, 5022）をベースにしており、再生骨材の物理的性質に応じて判定基準として 3 種類の品質基準を設け、使用用途を明確化している。これにより、提案技術で製造した再生骨材をタイ国内で使用することが制度面から全く支障がなくなった。

表 2-7 タイ国再生骨材に関する改訂 TIS 規格骨子（TIS566-2562, 2563）（出典：調査団作成）

再生粗骨材	物理的性質	判定基準		
		品質基準 1	品質基準 2	品質基準 3
	絶乾比重 g/cm ³	2.4 以上 (2.5 以上)	2.0 以上 (2.3 以上)	1.5 以上 (—)
	吸水率% m/m	3 以下 (3 以下)	10 以下 (5 以下)	20 以下 (7 以下)
再生細骨材	物理的性質	判定基準		
		品質基準 1	品質基準 2	品質基準 3
	絶乾比重 g/cm ³	2.5 以上 (2.5 以上)	2.2 以上 (2.2 以上)	1.5 以上 (—)
	吸水率% m/m	3.5 以下 (3.5 以下)	7 以下 (7 以下)	13 以下 (13 以下)
	微量分量 %	7 以下 (7 以下)	8 以下 (8 以下)	10 以上 (10 以下)
	塩化物量 %	0.04 以下	0.04 以下	0.04 以下
() 内は、日本の JIS 規格の基準値を示す。				
品質基準 1 : JIS 規格 H 相当、品質基準 2 : JIS 規格 M 相当、品質基準 3 : JIS 規格 L 相当				

再生粗骨材の使用用途

- 品質基準 1 相当材：全てのコンクリート構造物に使用できる。
 なお、以下の組成であれば、品質基準 1 相当とする。
 - 粗骨材の全部(100%)を品質基準 1 の再生骨材を使用した場合（重量比）
 - 天然骨材 80%と品質基準 2 の再生骨材 20%を使用した場合（重量比）
 - 天然骨材 90%と品質基準 3 の再生骨材 10%を使用した場合（重量比）
- 品質基準 2 の再生骨材を使用した場合：50MPa 以下の圧縮強度を要求する一般コンクリートに使用できる。（但し、塩化物や硫酸により侵食や影響を受ける環境下では、十分考慮するとともに、乾燥収縮の影響を受ける部位に関しても使用には考慮が必要）
- 品質基準 3 の再生骨材を使用した場合：構造物以外のコンクリート、捨てコンに使用できる。

² TIS 規格 改定の流れ：

「TISI（Thai Industrial Standards Institute）が草案を作成」→「工業省が承認」→「NSC（関連省庁など関連各所の代表からなる National Standards Council）が承認」→「内閣が承認」→「国民議会協力委員会が承認」→「国民議会が承認」→「勅令として公布」（参照：「タイ工業規格（TIS）の概要と認証マークの取得について」JETRO バンコク事務所貿易制度化 2018 年 3 月）

再生細骨材の使用用途

- 1) 品質基準1：全てのコンクリートに使用できる。
- 2) 品質基準2：地中構造物に使用できる。(但し、凍結融解の影響を受けないこと)
- 3) 品質基準3：捨てコン、及び非構造材用コンクリート (ex. 舗装ブロック) などに使用できる。

※前述の品質試験結果と対比すると、再生粗骨材はほぼ改訂 TIS 規格の品質基準1に合格しており全てのコンクリート構造物に使用できる。また、再生細骨材は品質基準2に合格しており地中構造物に使用できる。

2-3-4 土壌・地下水汚染確認結果

土壌・地下水の汚染状況確認調査を実施しようとしたが、下記の理由により調査への協力がほとんど得られなかった。

- ①土地は基本的に国王の所有物であり、勝手に調査できない。
- ②調査の結果有害物質が出るということになると、土地の価値が下がる。

このため、バンコク都に依頼してなんとかオンヌット工場（コンクリート廃材の粉砕工場）の敷地内を調査することができたが、地下水までの汚染は確認できなかった。(表 2-8 参照)
理由のひとつが、オンヌット工場の敷地はコンクリート廃材の埋め戻し地ではなく、一般廃棄物の埋め立て地であることが考えられる。

骨材からは2-3-2項に示す通り基準値を超える六価クロムが検出されていることから、早晚タイ国においても建設リサイクル法による規制の動きにつながるものと思料する。

表 2-8 土壌・地下水汚染調査結果 (出典：カセサート大学調査結果報告書)

	六価クロム	
	土壌 mg/kg	地下水 mg/L
サンプル①	13.30	検出せず
サンプル②	12.22	—
タイ国基準	640 以下	0.05 以下
日本国基準	250 以下	0.05 以下

2-3-5 技術セミナーの開催

(1) 第1回技術セミナー

提案技術の理解を深めるため、土木・都市計画局及びラームカムヘン大学との共催で開催した。

提案技術に関して活発な意見・質疑応答が交わされ、条件を整えばタイでの適用の可能性のあることを理解してもらえる機会となり有意義であった。

【参加者】官庁関係者、企業、大学との研究者約 60 名と学生 15 名程度。

【テーマ】

- ① コンクリート骨材のタイ国におけるリサイクルへの取組について (ラームカムヘン大学)
- ② 再生骨材コンクリートについて (シーナカリンウィロート大学)

- ③ 環境にやさしい河岸の浸食保護のための複合材料に関する考え方（土木・都市計画局）
- ④ 高品質再生骨材コンクリート用骨材製造プラントについて（提案法人）



第1回技術セミナー開催（at ラームカムヘン大学）

(2) 第2回技術セミナー

長期にわたる世界的な新型コロナウイルス感染拡大（パンデミック：COVID-19）のため現地渡航が1年を超えて見合わせとなったことから、Zoom Webinar方式で開催した。

Schedule	
13:30 - 13:35	Opening remarks from SAEZONE, Inc.
13:35 - 13:40	Speech from SAEZONE Inc. (Mr. Shibatani)
13:40 - 13:55	Speech from Department of Public Works and Town & Country Planning, Ministry of Interior
13:55 - 14:10	Speech from Faculty of Engineering, Ramkhamhaeng University
14:10 - 14:50	Properties of Recycled Aggregates in Thailand (Fundamental Studies, Standards) by Prof. Somnuk Tangtermsirikul SIIT
14:50 - 14:55	Break time
14:55 - 15:35	Presentation (Recycled Aggregate in JIS and Advanced Technology of SAEZONE) by Mr. Shibatani SAEZONE Inc. Chairman of ACRAC
15:35 - 15:55	Q&A
15:55 - 16:00	Closing and Voting

図 2-13 第2回技術セミナーの案内（出典：調査団作成）

このセミナーでは、試験機を使用して現地コンクリート廃材から製造した再生骨材を使用したコンクリートの強度試験結果、耐久性試験結果を紹介し、産学官の幅広い関係者から高い関心を得た。

また、講演に先立っての「土木・都市計画局」「ラームカムヘン大学」からの挨拶において、この取り組みが3者MOUに基づいての活動であること、最終的には事業化を目指しており是非一貫製造工程の設置による事業化の検証に進めたいこと、そのために設備の設置場所の提供には全面的に協力することなど、心強い意思表示があり大変有意義であった。

【テーマ】

- ① 試験装置で製造した再生骨材品質試験、コンクリート特性試験の結果報告（タマサート大学/ソムヌック教授）
- ② 日本における再生骨材コンクリート規格（JIS 規格）と再生骨材製造技術の紹介（星尊/柴谷）

【参加者】

108名（土木・都市計画局、TIS 企画局、国道局、海軍局、タイ国コンクリート協会、サイアムセメントおよび関連会社、建築設計会社、大学など研究者、学生）

当日 Webinar の参加者制限のためオンライン参加できなかった人には、別途 YouTube での視聴も可能とした。

【アンケート調査結果】

- ① 提案技術に対し興味があるとの回答は回答者中 81%で、理解を深めることが出来た。
- ② 試験結果に対しては 79%が有益であるとの回答で、再生骨材製造方式についての提案技術の優位性・有効性の理解を深めることが出来た。
- ③ 再生骨材、再生骨材コンクリートを利用するに当たって最も重要な条件として、価格より安全性・品質を挙げた回答者の方が多かった。タイ国のグリーン政策が浸透している現れと思料する。
（価格重視：23%、安全性重視：19%、品質重視：40%）
- ④ 88%の回答者が、条件さえ合えば再生骨材を使いたいとの回答であった。

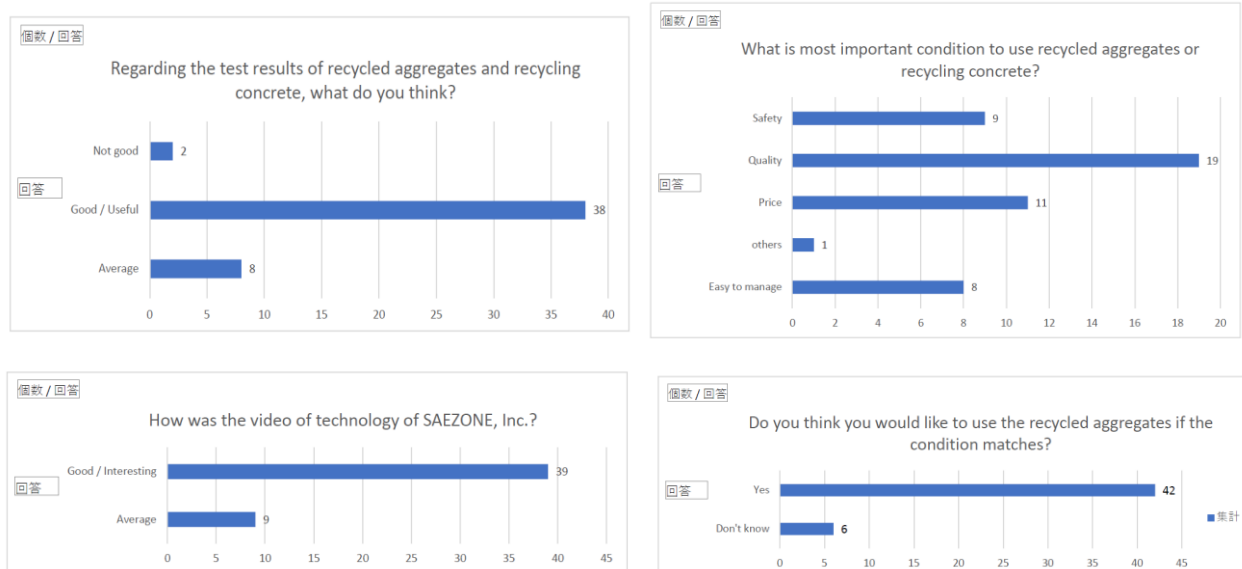


図 2-14 アンケート結果（出典：調査団作成）

2-3-6 本邦受入活動

上記パンデミックのため止む無く中止とした。

2-4 開発課題解決貢献可能性

第1章 1-1-2 項で述べた開発課題に対する提案技術による開発貢献可能性について、以下に記述する。

(1) 法制度、及び仕組みに係る開発課題解決貢献性

今般日本の JIS 規格に準じた再生骨材利用に向けた TIS 規格改訂が施行された。このようにタイ国は着々と法制度の改善に取り組んでおり、近い将来日本の「循環型社会形成推進基本法」「建設リサイクル法」のような法体系の整理に進むものと想定される。その際には、有効法体系確立のため、C/P に協力して建設リサイクルにおける提案法人のこれまでの経験と知見を提供する。

(2) 環境汚染に係る開発課題解決貢献性

本案件化調査の結果、タイ国のコンクリート廃材から環境基準の3倍以上の有害な六価クロムが検出された。一方、提案技術を使用してこの廃材から再生した再生骨材からは検出されず、環境汚染防止技術として貢献できることが証明された。

現状のタイ国の土壤汚染における六価クロム基準は、日本のような溶出量基準 (mg/L) ではなく含有量基準 (mg/kg) となっており、有害性の認識が薄い。しかし、現状のままコンクリート廃材の埋立てや路盤材への利用が進めば、土壤汚染・地下水汚染が進むのは間違いない。提案技術による事業化を進めることにより、この土壤汚染・地下水汚染の防止に貢献が可能である。

(3) 適正なりサイクルに係る開発課題解決貢献性

提案技術は1項で述べた通り、コンクリート廃材から鉄筋など再利用できる夾雑物を適正に分別した後のコンクリート塊からモルタル分を剥離・無害化处理し、天然碎石同等の骨材として『再資源化』を提供することができる技術であり、タイ国が目指す『廃棄物処理・管理の適正化』の解決策となる。無害化处理過程で剥離されたモルタル分は、再度セメント原料や安全な路盤材として有効利用できるため、無害化处理に要したコストはそれぞれ『再資源化』により回収できるため循環ループが成立するとともに、コンクリート廃材の『安全かつ完全なりサイクル』がビジネスとしても成り立つ。

また、提案技術による事業化を進めることにより、最新の政策として審議・承認された国家戦略モデル「バイオ・循環型・グリーン(BCG)経済」に掲げる天然資源(天然碎石)の枯渇防止にも寄与することができる。

第3章 ODA 事業計画/連携可能性

3-1 ODA 事業の内容/連携可能性

(1) ODA 事業内容

案件化調査を通して、提案技術がタイ国で有効かつ安全な建設廃材リサイクル技術であるとして政府関係者、大学関係者、民間企業から認識を得ることができた。しかも、事業化に不可欠な再生骨材利用に関する品質規格とその用途についての TIS 規格改訂が本調査期間中に公布され、事業化に向けた壁がなくなった。しかし案件化調査ではミニ試験機による確認試験しかできていないことから、再生骨材事業をビジネス展開していくためには、改訂された TIS 規格に適合した再生骨材を安定的に生産し、提供していただけることを実証し、提案技術により製造した再生骨材の品質に対する信頼を顧客となるタイ国内の建設業界、及び企業から得ることが必須である。

日本においても JIS 規格制定後普及していくには、公共設備等への使用により実績を積み上げて実証していく過程が必要であった。このことはタイ国においても同じである。

このため、高品質の再生骨材を製造・提供できる一貫製造プラントを建設し、建設廃材リサイクルループがバンコク都で成立することを実証するため、以下の内容で普及・実証・ビジネス化事業に取り組みたい。

事業実施後は、製造プラント一式を内務省土木・都市計画局に譲渡する。同局は、譲渡された設備を活用してリサイクルの促進、環境政策への提言のためのデータ蓄積を図り、もってタイ王国国家環境質向上政策の目標達成を目指す意向である。

事業名：

『コンクリート用再生骨材製造システムによる建設廃材の再資源化・資源循環ループ確立のための普及・実証・ビジネス化事業』

内容：

一般廃棄物処理（工場以外の建設物は一般廃棄物扱い）の主管部門である内務省土木・都市計画局の敷地内に再生骨材の実証機を設置し、タイ国で発生する建設廃材から再生骨材を製造して、コンクリートからコンクリートへのリサイクルループが確立できることを立証する。また、関係機関に協力して改訂 TIS 規格の実証データ蓄積を支援するとともに、ビジネス展開の足掛かりを掴む。

- ① 建設廃材の収集から、再生骨材製造、再生骨材を使用したコンクリート構造物の製造までの一貫プロセスにより、骨材・コンクリートそれぞれの品質・性能が規格・基準に適合することや、コンクリート構造物の耐久性能を検証し、再生骨材がリサイクル化できることを実証する。
- ② 再生骨材を使用したコンクリート構造物のデータの蓄積と、公共設備への再生骨材利用により改訂 TIS 規格の実用化を支援し、ビジネス展開の足掛かりをつくる。
- ③ 実証設備による製造コストの見極めにより、再生骨材製造事業の事業化計画を策定する。

(2) 事業対象候補サイト

内務省土木・都市計画局管轄である Urban Development Training Institute の敷地の一画。(図 3-1) (土木・都市計画局は候補地とすることに合意済み)

所在地：Phahonyothin Rd.

Chiang RakNoi, Bang Pa-in District, Phra Nakhon Si Ayutthaya. 13180



図 3-1 事業対象候補サイト（出典：Google Map）

（3）C/P 候補機関

- ・内務省土木・都市計画局

建築廃棄物を含む一般廃棄物管理の主管部門であり、実施候補サイトの提供機関である。提案法人のビジネス展開から考えると C/P として最適である。

- ・ラームカムヘン大学

タイ国内への普及・実証には品質評価・強度評価の学術的裏づけが求められる。学術分野の統括として C/P に位置付ける。

（4）C/P との協議状況

上記 2 機関とは既に 3 者間の協力覚書（図 3-4）を交わしており、この覚書に従って協力していくことで合意済みである。

（5）他 ODA 事業との連携可能性

- ・現時点で連携可能性のある ODA 事業は見当たらない。
- ・タイ国では、近年土壌汚染が環境問題としてクローズアップされている。工業省工場局、天然資源環境省公害管理局を中心に精力的な取り組みが行われており、我が国の環境省にも協力要請がなされている。内容は以下の通り。
- ・日本の環境省とタイ国天然資源環境省は、1980 年代の JICA 専門家派遣以来様々な分野で協力を行ってきた。これまでの協力をより包括的に強化するためタイ国側からの要請により、2018 年 5 月に両国大臣間で「日本国環境省とタイ王国天然資源環境省との環境分野での覚書」に署名した。

協力分野は気候変動への適応、廃棄物管理から大気・水質・土壌汚染の防止と管理に至るまで非常に幅広い分野に亘っている。

この内土壌・地下水汚染対策に関しては、環境首都に選定されている北九州市にも協力依頼があり、地元の環境分析・コンサルタント企業の「土壌・地下水汚染対策に係る案件化調査」が 2019 年度第 2 回中小企業・SDGs ビジネス支援事業で採択されている。

今後この分野での ODA 案件があれば、連携していける可能性があり、相乗効果が期待できる。

(6) PDM

表 3-1 PDM (出典：調査団作成)

<p>目的：バンコク都で発生するコンクリート廃材の分別～骨材再生～コンクリート製造を<u>実証一貫プロセスにて実施し、有害物質が無害化できることの検証と、再生骨材が構造用コンクリートに適合することを実証して、コンクリート廃材のリサイクルループを構築する。</u></p>	
成果	活動
<p>成果1：バンコク都で発生するコンクリート廃材の分別収集モデルが構築される。</p>	<p>1-1 コンクリート廃材の分別収集・再生骨材製造用地を確保する。</p>
	<p>1-2 C/P の協力の下、建設廃材からコンクリート廃材を分別収集する。</p>
	<p>1-3 上記収集手法をもとにして、事業化時の分別収集モデルを構築する。</p>
<p>成果2：コンクリート廃材から JIS 規格 M グレード以上に相当する再生骨材が製造される。</p>	<p>2-1 再生骨材製造装置を設置する。</p>
	<p>2-2 装置の運転に必要な要員、電力、水などを確保する。</p>
	<p>2-3 再生骨材を製造する。</p>
	<p>2-4 製造した骨材の品質が、JIS 規格 M グレード以上であることを確認する。</p>
	<p>2-5 製造過程で発生するモルタル塊および再生骨材から、有害物質の溶出がないことを確認する。</p>
<p>成果3：製造された再生骨材を使って構造用コンクリートが製造される。</p>	<p>3-1 製造した再生骨材を使用して構造用コンクリートを製造する。</p>
	<p>3-2 製造されるコンクリートの品質が構造用に適合することを確認する。</p>
	<p>3-3 製造コストを試算する。</p>
<p>成果4：コンクリート廃材のリサイクルループが構築され、事業化計画（案）が策定される。</p>	<p>4-1 成果1から3までの結果、提案法人の技術・製品が建設業界に認知され普及が進む。</p>
	<p>4-2 事業化計画（案）を策定する。</p>

(7) 投入

【日本側の投入内容】

①業務内容

- ・普及・実証機の計画～調達～輸送～現地据付～試運転・立上げの一貫的な実行
- ・普及・実証機の操業による再生骨材品質の実証
- ・普及・実証機運転・維持管理ノウハウのトランスファー（本邦研修での実機プラントにおける研修、設備設置での OJT 教育など）
- ・セミナー、設備見学会開催による技術の普及活動
- ・事業化計画（案）の策定

②要員計画

表 3-2 ODA 案件化事業における想定要員計画（出典：調査団作成）

企業・団体名	役割	氏 名	担当業務
星尊有限会社	提案技術の現地適合性を実証し、今後の普及およびビジネス展開計画を策定する。	原 大耕	業務主任/ビジネス展開計画
		柴谷啓一	事業実行統括/普及・実証活動の基本計画
		加保進一	普及・実証機調達～輸送～現地据付～立上げ/普及活動
		橋本 崇	市場調査およびリサイクルループ構築検討/普及活動
		佐藤伸嘉	建設廃材分別収集モデル検討/本邦受入研修
		塩谷憲子	業務調整/本邦受入研修
公益財団法人 北九州国際技術 協力協会	普及・実証事業実施に必要なとされる専門的な知見の提供、事業の成果品等の取り纏めを行う。	麻原伴治	外部人材業務総括/普及・実証事業の実行企画/各種報告書作成
		江本 寛	法規制・許認可に係る支援/環境社会配慮に係る支援/実証・普及活動支援
永田エンジニア リング株式会社	普及・実証機計画～立上げにおける設備エンジニアリング分野に係る知見の提供および事業化計画策定に係る支援を行う。	久保泰雄	普及・実証機計画および調達支援/事業化計画支援/普及活動支援
		中務真吾	普及・実証機立上げ支援/電気・計装・プロセス制御系担当
		中山貴宏	普及・実証機立上げ支援/機械系担当

③機材の仕様・価格

投入する機材の仕様、価格および装置構成（案）を表 3-3 に示す。

表 3-3 投入する機材の仕様、価格および装置構成（出典：調査団作成）

機材名	仕様および台数	価格(日本円)
再生骨材製造設備	骨材製造能力 5 トン/D	94,000,000
1. 前処理装置	破碎機 (1 台) 受入ホッパ (1 台)	(15,700,000)
2. 磨鋳機	ボールミル (1 台)	(19,100,000)
3. 比重選別機	フィーダ (1 台) 選別機 (1 台) スクリーン (1 台)	(33,300,000)
4. 水処理装置	分級機 (1 台) 循環水ポンプ (2 台) タンク&配管 (1 式)	(9,500,000)
5. 搬送コンベア	ポータブルコンベヤ (3 台)	(8,100,000)
6. 制御装置	制御盤 (2 面) 配線材料 (1 式)	(8,300,000)

参考として投入する機材を設置した場合のプラント概要を図 3-2 に示す。

本図は商業プラントの配置計画図である。ODA 事業では、この商業プラントと同じプロセスで処理能力を数分の一のスケールにしたプラントを設置する。

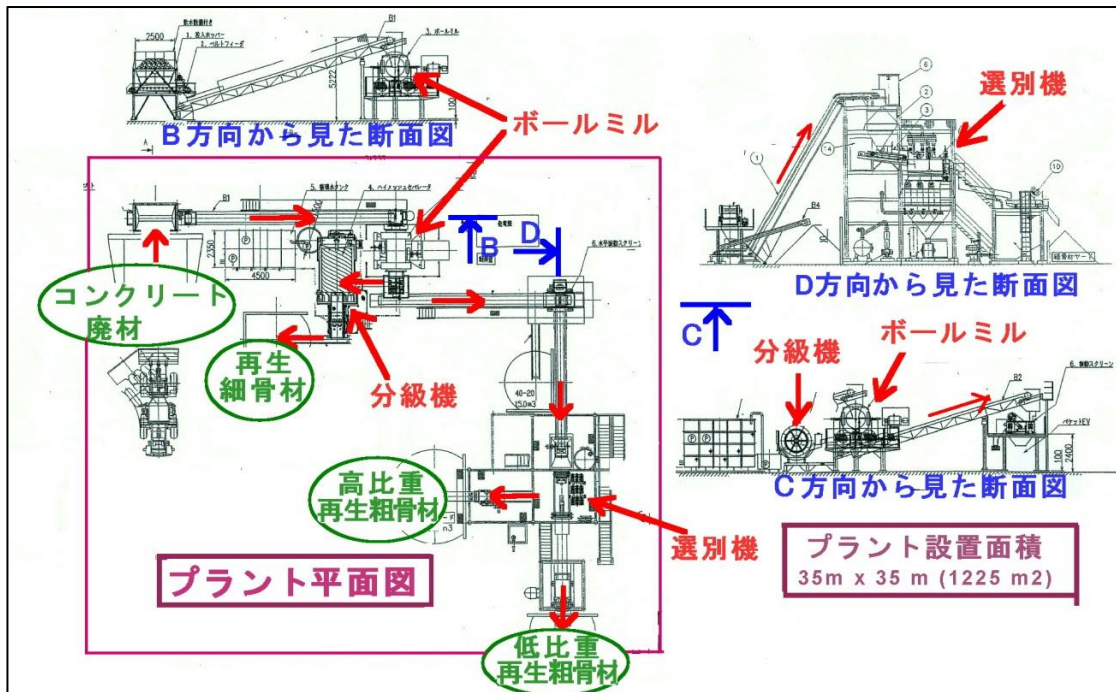


図 3-2 投入機材構成図（出典：調査団作成）

【C/P 側の投入内容】

①業務内容

- ・普及・実証機設置に対する支援～設置場所の提供、
- ・普及・実証機の操業に対する支援～電気・水等必要ユーティリティの提供、および運転管理要員の確保
- ・普及・実証機の運転・維持管理～設備性能検証・設備移管以降
- ・セミナー、設備見学会開催による普及活動支援

②要員計画

上記普及・実証機の運転管理要員を含め、今後の ODA 案件実行過程で協議の上対応する。

(8) 実施体制図

C/P を含めた ODA 案件の想定実施体制（案）は図 3-3 の通りである。（合意済み）

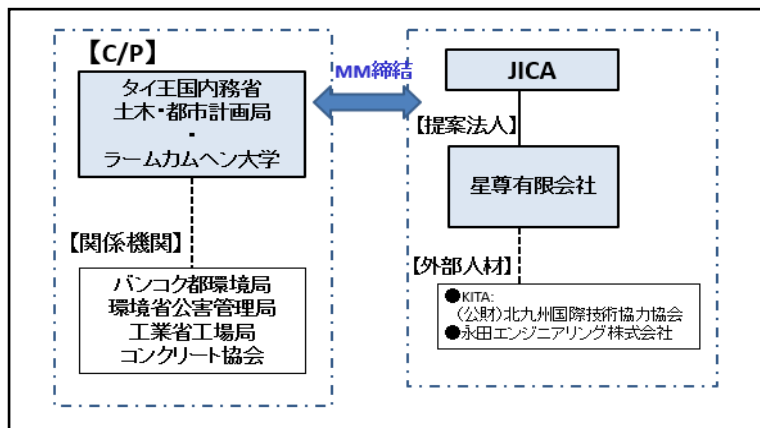


図 3-3 ODA 案件実施体制図（出典：調査団作成）

C/P 及び各関係機関の役割は以下の通り。

C/P とは、再生骨材に関する研究から再生骨材コンクリート製造工場の策定までの協力覚書を交わしており、この覚書に従って協力していくことを合意している。

◆ 内務省土木・都市計画局(C/P)

- ・ 案件実施サイトの提供、インフラ整備
- ・ 案件実施段階での設備運転・維持管理
- ・ 再生骨材普及に対する実証活動・普及活動に対する全面協力

◆ ラームカムヘン大学(C/P)

- ・ 再生骨材のコンクリートへの利用・普及に対する学術的支援統括
(六価クロム溶出評価、骨材品質評価、コンクリート強度評価)

◆ バンコク都環境局

- ・ 普及活動への自治体としての包括支援

◆ 環境省公害管理局

- ・ 再生骨材のコンクリートへの利用・普及に対する環境行政面からの支援

◆ 工業省工場局

- ・ 工場法に伴う工場設置許可書申請に関する支援

◆ コンクリート協会

- ・ コンクリート性能評価に対する支援
- ・ 再生骨材を使用したコンクリート製造、再生骨材普及に対する協力

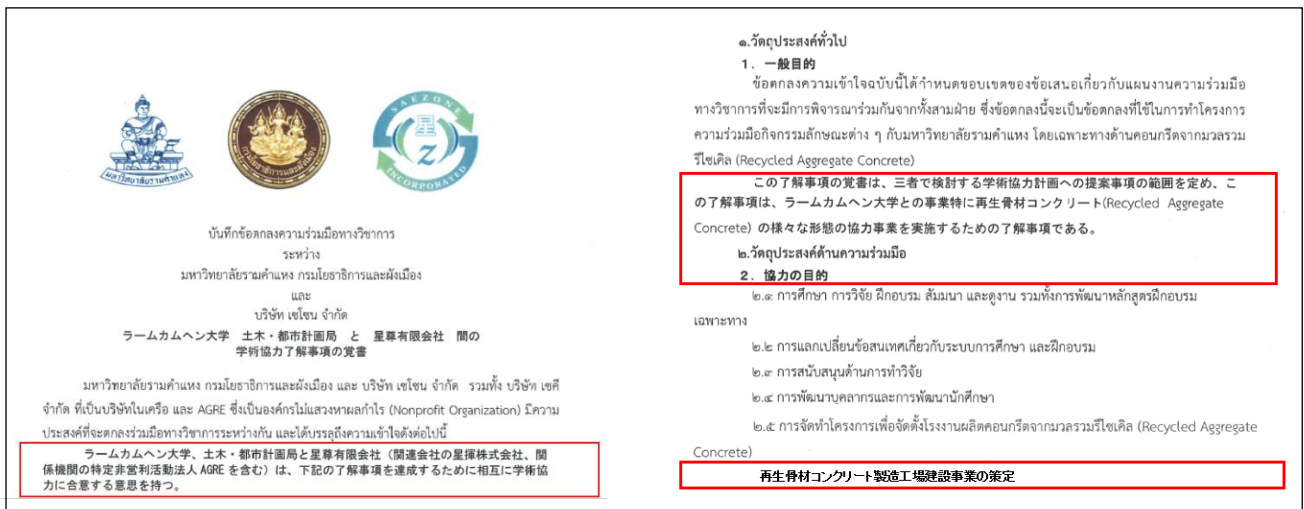


図 3-4 3 者覚書 (出典：調査団作成)

(9) 活動計画・作業工程

普及実証事業の契約を 2022 年 9 月と見込んだ場合の活動計画・作業工程を表 3-4 に示す。

表 3-4 ODA 案件事業活動計画・作業工程：36 ヶ月を想定（出典：調査団作成）

	2022 年	2023 年	2024 年	2025 年
事前協議（MM 締結など）	■■■■■			
契約	■			
設備の設計	■			
設備の調達・輸送	■■■■■	■■■■■		
第 3 群工場設置許可申請	■■■■■	■■■■■		
基礎築造工事及び設備据付・試運転		■■■■■		
設備運転要領の指導		■■■■■		
廃コンクリート塊の分別収集		■■■■■	■■■■■	■■■■■
再生骨材製造と品質評価及びコンクリートへの利用・普及活動			■■■■■	■■■■■
セミナー・デモの開催			■ ■■	■
関係機関の本邦研修実施		■■■		
ビジネス化に向けた関係機関との折衝			■■■■■	■■■■■
ビジネス化に向けた調査・会社設立準備			■■■■■	■■■■■
進捗報告会		■	■	■
報告書作成（進捗・完了）		■■■■■	■■■■■	■■■■■

（10）事業額概算

骨材再生実証機の製作費、各種試験費用、セミナー費用、外部人材人件費等で、概略 1.5 億円を想定（内、実証設備関連費用は、機材費、輸送費、及び現地据付工事費等で 1.2 億円の見込み）

（11）本提案事業後のビジネス展開

ODA による普及・実証事業で得られた事業化のための基礎情報・知見に基づき、現地企業と提案法人が共同で事業展開の現地法人を設立し、再生骨材製造事業を立ち上げる予定である。

3-2 ODA 事業の実施/連携における課題・リスクと対応策

想定されるリスクと対応策を表 3-5 に記す。

表 3-5 想定されるリスクと対応策（出典：調査団作成）

想定される課題・リスク	対応策
実証設備設置場所の確保	公的機関の土地を利用する場合でも、種々の制約や条件があると言われている。C/P と綿密な事前協議を行い、対処する。

実施時の手続きなど制度面に関するリスク	製造設備の場合は、使用電力規模によっては「工場法」によって事前の許可書の取得が必要になる。本計画の場合、使用電力量が 80KW 規模のため第 3 群工場となり事前の許可書の取得が必要である。C/P と十分な事前協議を行い、遺漏なきよう対処する。
設備・機器の通関手間取りによる輸送遅れ	C/P を通じて、タイ側への情報の周知・徹底と通関関係諸機関への協力要請の徹底を図る。
事業実施途上での資金不足のリスク	資金調達計画に関して、メインバンクと綿密な資金計画と事前合意を交わす。
現地人材面でのリスク（特に、技術・技能）	<ul style="list-style-type: none"> ・設備の現地組立・据付工事の重要な節目では、弊社社員および外部人材が立会し、協力してきめ細かい監理を行う。 ・運転作業標準書（マニュアル）を作成し、対象者に対する十分な教育を行う。
継続的な運転・維持管理に関するリスク	<ul style="list-style-type: none"> ・C/P が継続的な運転・維持管理のための人材・予算を確保できるよう、計画段階から情報提供と意識の共有化を図る。

3-3 環境社会配慮等

(1) 環境社会配慮

政府機関の土地であること、研究のための使用であることから、タイ国の法により免除されるとの見解を内務省土木・都市計画局から得ているが、今後手順を確認し必要な対応を行っていくと共に、必要があれば、JICA の環境社会配慮ガイドラインに基づき対応を行っていく。

(2) ジェンダー配慮

該当せず

(3) その他配慮

該当せず

3-4 ODA 事業実施/連携を通じて期待される開発効果

ODA 事業をスタート地点として、現実性のある事業化計画を立案し実行に移すことで、『コンクリート用骨材の安全な循環ループ』が確立され、『廃棄物処理・管理の適正化』の実現が着実に前進する。

想定される開発効果

- ① 改訂 TIS 規格に適合する再生骨材の事業化可能性が実証される。
- ② 提案技術が普及することにより、コンクリート廃材の無害なりサイクルループが確立される。
- ③ 破碎したままのコンクリート廃材の埋め戻しにより発生する土壌汚染、地下水汚染の危険性が回避できる。

第4章 ビジネス展開計画

4-1 ビジネス展開計画概要

ODA プロジェクトの成果を踏まえ、タイ国の現地企業をパートナー（現地パートナー）として共同出資で現地子会社を設立し、再生骨材を使用するインフラ設備建設会社やコンクリート二次製品製造会社を主要顧客として、再生骨材製造・販売事業を立ち上げたいと考えている。

調査結果から、再生骨材の原料となるコンクリート廃材を定量的・定期的に1か所に集荷することはバンコク都内の交通事情から極めて困難であり、かつ高コストとなることが判明している。従って、採算性を考慮して、バンコク都内に分散している現地パートナー保有の既存の生コン製造拠点及び二次製品製造工場の中に、適正規模の再生骨材製造工場を併設する事業形態としたい。

本工場の品質管理・製造管理を現地パートナーが実行し、提案法人は実務的な工場運営管理・指導の役割を担う。現地パートナーは工場敷地の提供、設備設置、廃材の集荷、製造された再生骨材を使用した生コンの製造・販売を担う体制を整える。

想定するビジネス展開の概略図を、図4-1に示す。（赤枠内が設立する子会社の事業内容である）

この事業が進展していけば、海外展開に必要な技術者の採用で地元への貢献ができ、設備増強に際しては、設備設計・製作の発注により国内設備エンジニアリング企業の売上げ増にも貢献すると確信している。

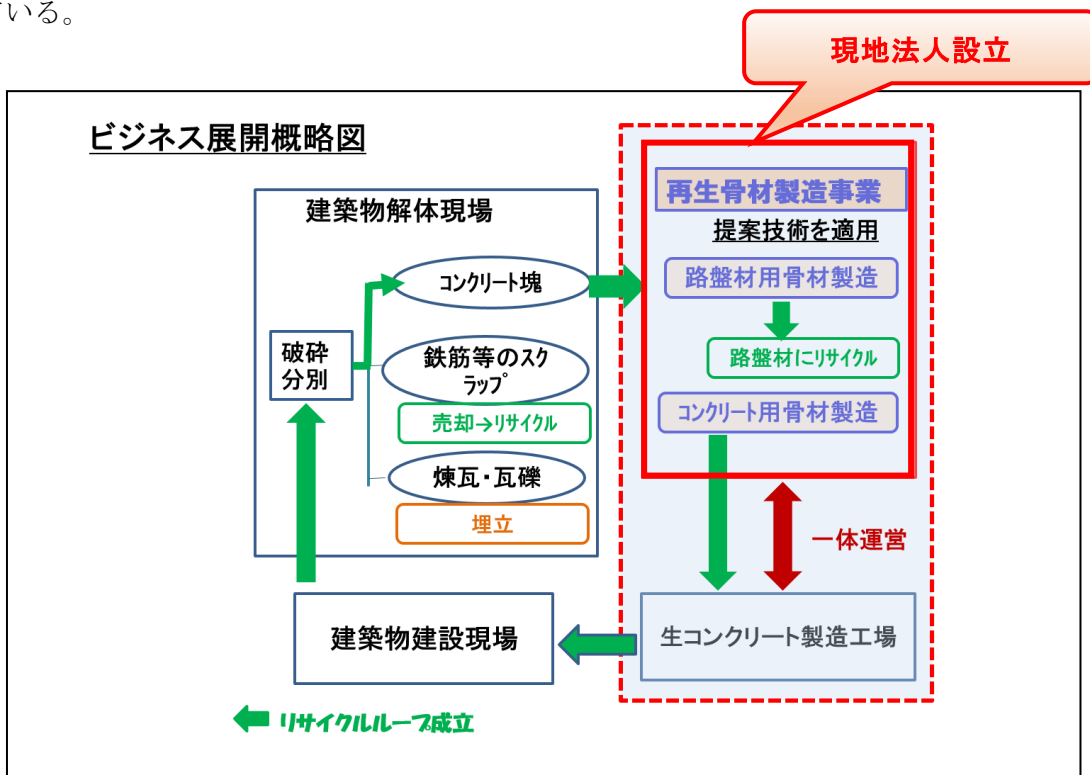


図4-1 ビジネス展開の概略図（出典：調査団作成）

【計画案概要】

(1) 原料及びその収集量

原料は、主にバンコク都内の新築、及び解体現場から発生するコンクリート廃材を集約的に回収・収集されたものとする。

収集量としては、バンコク都内のコンクリート廃材発生量が4-2-1項に記載の通り年間150万トンと見込まれることを考慮し、最終事業計画としては年間60万トン（＝月間5万トン、＝日間2,000ト

ン、＝時間 250 トン) を目指す。

但し、事業としては普及に多少時間がかかることを想定し、第 1 ステップとして年間 3.6 万トン規模 (＝月間 3,000 トン、＝時間 10 トン) からスタートする。

(2) 事業実施場所及び敷地面積

製造施設設置場所は、現地パートナーと協議していく予定であるが、回収廃材置き場と再生骨材製造施設が同一敷地内に確保できること、その敷地に隣接してレディミクストコンクリート製造工場、あるいは二次製品工場がある地域が望ましいと考えている。

必要敷地面積は、概ね 5,000 m²を想定している。

(3) 製造設備の構成及び製造施設の規模

製造設備の構成は、第 3 章に記した図 3-2 と同構成である。

製造能力は、時間当たり再生骨材 10 トンの製造能力とする。

(4) 製造体制

工場の品質管理・製造管理を現地パートナーが担い、提案法人は実務的な工場運転管理・指導の役割を担う。現地パートナーは工場敷地の提供、設備設置、廃材の集荷、製造された再生骨材を使用した生コンの製造・販売を担う体制を整える。

(5) 再生骨材の販売

製造した再生骨材の内、細骨材及び粗骨材は、再生骨材製造敷地内、および隣接するレディミクストコンクリート製造工場、あるいは二次製品工場への販売を予定する。なお、軽比重物は埋め戻し材料として建設現場に販売する。

4-2 市場分析

4-2-1 市場の定義・規模

再生骨材が使用される市場は建設市場であり、主な顧客はインフラ設備建設会社や生コン製造会社、コンクリート二次製品製造会社等となる。タイ国における建設市場は経済発展に伴い拡大を続けており、今後にも新設建築物に加えてバンコク都市圏での地下鉄、高架鉄道建設や各都市での大規模商業開発が続くと見られ、規模としては 300~350 億 US ドル/年、コンクリート使用量で見ると 1,300 万 m³/年が見込まれる³。従ってコンクリート用原料である骨材市場も 2,600 万トン/年規模が見込まれる。バンコク都庁による調査の結果、バンコク都における新築建築許可申請面積は表 4-1 のようになっており、建築物だけでも 2020 年は年間 1,850 万トンのコンクリート需要が見込まれる。

新築物件の建設時には、100 m²の建築許可地で 3.29 トンのコンクリート廃棄物が発生することが判明している (表 4-1 のコンクリート欄参照)。また、解体時には 100 m²の解体許可地で 41.03 トンのコンクリート廃棄物が発生することが判明している (表 4-2 のコンクリート欄参照)。従って、建築現場、解体現場から発生するコンクリート廃材の量は、年間およそ 150 万トンに及ぶと見込まれる。

前述の通り当面バンコク都の建設廃材からの製造を計画している再生骨材量から見て、原料入手の

³ Asean-j.net/35248/を参考とした。

面からも販売量の面からも十分な市場規模がある。

なお本調査において開催した技術セミナーのアンケート結果からは、価格より安全性・品質を挙げた回答者が多く、また 88%が条件さえ合えば再生骨材を使いたいと回答している。タイ国グリーン政策の浸透度合いが窺がわれ、再生骨材の利用機運が熟してきていると考える。

表 4-1 建築許可申請規模と建築からの建築廃棄物量予測（2017 年以降は予測）

（出典：バンコク都庁から入手したデータを使用して調査団で作成）

年	建築許可 申請面積 (㎡)	廃棄物量の種類 (トン)					合計
		コンクリ ート	木	煉瓦・瓦 礫	鉄	その他	
2011	23,950,819	787,982	102,989	189,211	304,175	7,185	1,391,543
2012	25,672,776	844,634	110,393	202,815	326,044	7,702	1,491,588
2013	27,821,472	915,326	119,632	219,790	353,333	8,346	1,616,428
2014	29,729,900	978,114	127,839	234,866	377,570	8,919	1,727,307
2015	31,673,527	1,042,059	136,196	250,221	402,254	9,502	1,840,232
2016	33,648,720	1,107,043	144,689	265,825	427,339	10,095	1,954,991
2017	35,652,963	1,172,982	153,308	281,658	452,793	10,696	2,071,437
2018	37,684,362	1,239,816	162,043	297,706	478,591	11,305	2,189,461
2019	39,741,551	1,307,497	170,889	313,958	504,718	11,922	2,308,984
2020	41,823,478	1,375,992	179,841	330,405	531,158	12,547	2,429,944

表 4-2 解体許可申請規模と解体からの建築廃棄物量予測（2017 年以降は予測）

（出典：バンコク都庁から入手したデータを使用して調査団で作成）

年	解体許可 申請面積 (㎡)	廃棄物量の種類 (トン)					合計
		コンクリ ート	木	煉瓦・瓦 礫	鉄	その他	
2011	340,486	139,701	238	43,718	6,129	1,566	191,353
2012	407,401	167,157	285	52,310	7,333	1,874	228,959
2013	474,577	194,719	332	60,936	8,542	2,183	266,712
2014	541,932	222,355	379	69,584	9,755	2,493	304,566
2015	609,424	250,047	427	78,250	10,970	2,803	342,496
2016	677,022	277,782	474	86,930	12,186	3,114	380,486
2017	744,716	305,557	521	95,622	13,405	3,426	418,530
2018	812,477	333,359	569	104,322	14,625	3,737	456,612
2019	880,306	361,190	616	113,031	15,846	4,049	494,732
2020	948,213	389,052	664	121,751	17,068	4,362	532,896

4-2-2 競合分析・比較優位性

表 4-3 に再生骨材製造方法の比較を、表 4-4 に各製造方法による歩留まり、及びコスト評価一覧を示す。

タイ国においては、現状サイアムセメントが唯一ドイツ製の設備を導入して骨材再生に取り組んでいるが、乾式篩分け方式であり製造コストは安い品質的に高強度の構造部材に使用できるものではない。このため、ほとんどを路盤材用に販売している。今後、競合他社が進出してきたとしても表 4-3、表 4-4 で明らかなおと、品質、強度、耐久性等の技術面とコスト両面を提案法人以上のサービスで行える企業はない。

また再生骨材の製造コストは、提案法人の試算によると 190~220BT/トン⁴と見込まれ、天然骨材価格 270~330BT/トン⁵に比べて 20-30%程度安いと想定され、再生骨材のみでも十分価格競争力が見込める。鉄スクラップやセメント成分の売却益を考慮すると、事業性は高い。

表 4-3 再生骨材製造方法の比較（出典：調査団作成）

製造方法		製造方法の概要	特徴
乾式	加熱擦り揉み方式 (乾式加熱)	コンクリート塊を300℃に加熱し、付着モルタルを脆弱化させ、擦り揉みで骨材を製造する。	付着モルタルの剥離が容易。 原骨材の破損が少ない
	スクリー摩砕方式 (乾式スクリー)	コンクリート塊を回転するスクリーで擦り揉み処理して、付着モルタルを分離製造する。	所要の品質を製造するために、複数回の処理が必要になる。
	乾式篩い分け	コンクリート塊をクラッシャー等で破碎し、得られた一次破碎材を篩い分け機により粒度調整する。最も簡易に骨材を製造できる。	原コンクリートの特性に影響を受け、吸水率が大きく、粒形が角張っている。
	偏心ロータリー方式 (偏心ロータリー)	偏心回転するミル内にコンクリート塊を投入し、コンクリート塊同士の擦り揉みにより付着モルタルを分離製造する。	原骨材の破損を制御できる。
湿式	湿式比重選別方式 (湿式選別)	ミル内のクロスヘッド部を回転させてコンクリート塊の付着モルタルを除去し、ジグから放出される流水によって比重選別を行い、不純物を除去しながら製造する。	所要の比重を満たすまで、繰り返し剥離処理が可能となる。湿式処理過程で薬剤処理を行い、有害な六価クロムを無害化できる。

表 4-4 各製造方法による歩留まり、及びコスト評価一覧

製造方法		歩留まり			コスト評価
		細骨材	粗骨材	その他・微粉	
乾式	加熱擦り揉み方式 (乾式加熱)	30%(H)	30%(H)	40%	高
	スクリー摩砕方式 (乾式スクリー)	0%	40%(M)	60%	中
	乾式篩い分け	0%	40%(L)	60%	低
	偏心ロータリー方式 (偏心ロータリー)	0%	40%(M)	60%	中
湿式	湿式比重選別方式 (湿式選別)	50%(M)	40%(M)	10%	中

(出典：日本土木工学会コンクリートライブラリー120号「電力施設解体コンクリートを用いた再生骨材コンクリートの設計施工指針」)

⁴ 別添資料 7 参照

⁵ 天然骨材価格：SCG から入手したバンコク都近傍の天然骨材価格情報。9.53mm 相当（細骨材）で 270BT/トン、19.05mm 相当（粗骨材）で 330BT/トン。

4-3 バリューチェーン

現時点で想定しているバリューチェーンは、図 4-2 のとおり。

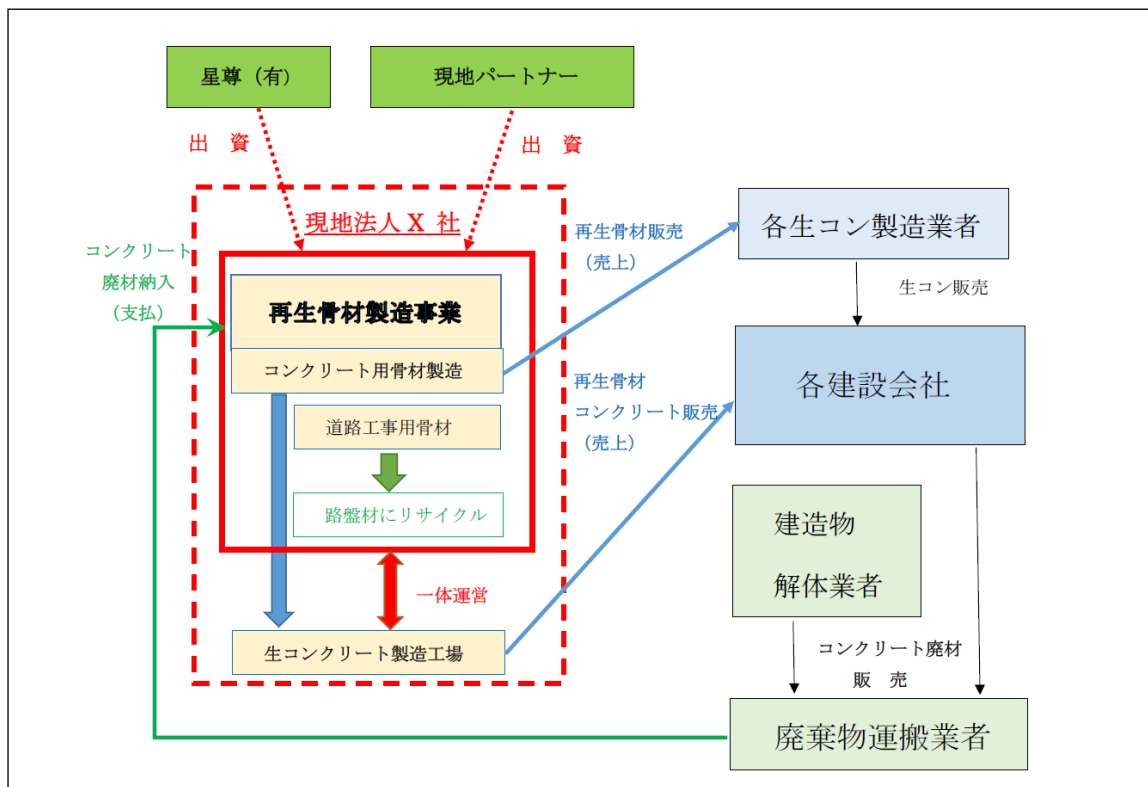


図 4-2 現時点で想定するバリューチェーン（出典：調査団作成）

4-4 進出形態とパートナー候補

非公開

4-5 収支計画

非公開

4-6 想定される課題・リスクと対応策

非公開

4-7 ビジネス展開を通じて期待される開発効果

現実性のある事業化計画を立案し、実行に移すことで、『コンクリート用骨材の循環ループ』を確立し、『循環型社会』の開発を進めることが可能となる。図4-4はそのイメージを示しており、試算では年間1,000,000トンに及ぶ再生骨材を製造し循環できることが期待される。この再生骨材に相当する天然骨材資源が保護されるだけでなく、従来の埋戻し用地の削減や埋戻しによるセメント有害物による土壌汚染も同時に防止できることは、タイ国の発展にとって有意義であり、価値の高い事業効果である。

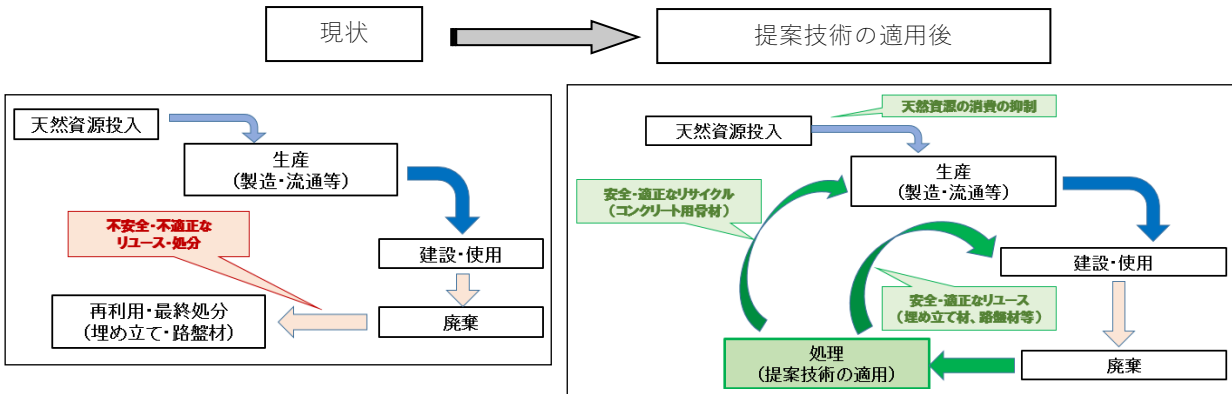


図4-4 開発効果概念図（出典：調査団作成）

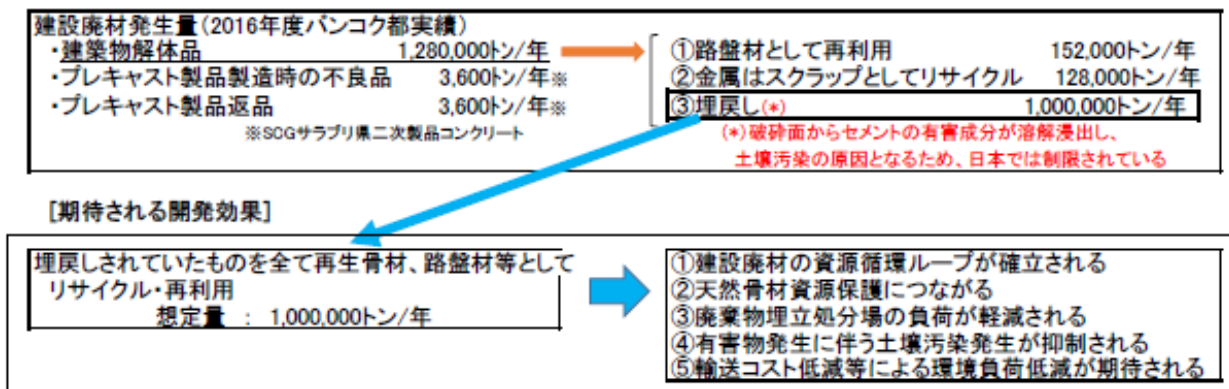


図4-5 期待される開発効果（出典：調査団作成）

4-8 日本国内地元経済・地域活性化への貢献

4-8-1 関連企業・産業への貢献

①事業実施による国内の雇用創出、新規開拓、新規開発

海外展開に必ず必要な技術者などは地元の工業系学校出身者など、若者の採用・育成を積極的に進める。

②事業実施による国内関連企業の売上増

提案法人システムの販売による設備設計・製造、消耗品販売及び運転管理の技術指導などにより、国内で年間5千万円以上の売上増を見込んでいる。

③事業実施による新たなパートナーとの連携及び連携強化

本事業は提案法人にとって初めての海外展開となるため、今後、多くの課題や問題点に直面することが想定される。その解決のため、中小企業基盤整備機構の国際化支援アドバイザーなど、支援関係機関などを積極的に活用するとともに、連携を図っていく。

4-8-2 その他関連機関への貢献

①地方自治体との連携・貢献

提案法人の地元である大阪府は、近年タイ国に進出する大阪在住の中小企業に対してきめ細かなビジネス支援を行っており、「東南アジア・環境」をキーワードに地域経済の活性化に積極的に取り組んでいる。同府は、国の成長戦略である循環型社会の実現に関する技術・ノウハウの海外展開を目指すいわゆる「環境ビジネス」の推進に特に注力しており、JICAなどの支援を受け、バンコク都をはじめアジア諸都市に府内企業の優れた製品、技術の売込みを積極的に行っている。提案法人は、大阪府の取り組みの一翼を担うために提案技術の有効性を国内外に発信する活動を広く展開している。

②経済団体等との連携・貢献

平成27年4月大阪府都市整備部の土木工事共通仕様書に弊社のJIS規格商品が掲載され、各方面で使用増加の要因になった。また、地域貢献の一環として、各種講演などの講師を積極的に引き受け、提案法人の取り組みを地域企業に幅広く還元している。

③日本政府、省庁の取り組みへの貢献

国土交通省主催による『建設リサイクル技術発表会』での講演や、『大規模災害時に発生する莫大な量の災害廃棄物に対する官民一体となった研究開発プログラム（PRISM）』への参加、2025大阪万博における再生骨材コンクリートを使ったパビリオンや建造物の提案等、日本国政府の取り組みに対しても積極的な協力を続けている。

④大学/研究機関等との連携・貢献

コンクリートの循環型社会形成をめざし各大学と連携を取りながら研究の材料供給や研究を行っている。

連携大学・研究機関は、以下の通りである：

大阪工業大学、大阪産業大学、近畿大学、摂南大学、足利工業大学、北九州市立大学、名城大学、明治大学、首都大学東京、日本建築総合試験所等。

Summary Report

“SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector for Creating a Safe Recycling Loop for Recycled aggregate for Concrete in Thailand”

August, 2021

SAEZONE, Inc.

1. Introduction

This Feasibility Survey was conducted to examine the potential use of Japanese companies' products and technologies for Japanese Official Development Assistance (ODA) projects. The scope of the survey included network building and information gathering to develop ODA projects.

The proposed company has developed a system to regenerate aggregate from solid waste concrete (hereinafter referred to as "the proposed technology").

The proposed technology, which has made it possible to recycle instead of reuse (mainly backfilling) of the waste, is not found in other companies' technology.

The recycled aggregate regenerated by the proposed technology is of a quality that passes the M and H classes of the Japanese Industrial Standard (JIS), and it can be widely used not only as roadbed material but also as structural concrete aggregate.

In this survey, a testing machine for manufacturing recycled aggregate, which is the core of the proposed technology, was installed in the Faculty of Engineering of Royal Ramkhamhaeng University. Using this machine, the proposed company manufactured the recycled aggregate (JIS standard M and H classes) for construction concrete from concrete waste generated in Thailand. Tests verified the detoxification of hexavalent chromium (Cr^{+6}), which is a harmful component, and the strength performance of this recycled aggregate concrete made by the testing machine.

2. Thailand Issues

2.1 Construction waste issues

Among Thailand's waste problems, construction waste is the result of urbanization that took place ahead of other countries. As a result, Thailand is entering an era of simultaneous rebuilding due to aging buildings and new construction, especially in Bangkok, the capital city. This is an urgent issue that has become apparent.

The amount of waste, including concrete waste discharged from demolition construction sites and new building sites in Bangkok, is steadily increasing year on year. Due to strong new construction demand, concrete waste discharged from demolition construction sites and new construction sites in FY2016 was 930 tons/day at demolition sites and 3,660 tons/day at new construction sites, totally nearly 4,600 tons/day. Construction waste has reached a huge scale of

1,380,000 tons per year.

2.2 Environmental pollution issues

In Thailand, most concrete waste is used for backfilling to raise the height of land for flood control. Use as a backfill material has the problem of leaching harmful cement components (hexavalent chromium) in waste materials and there is a risk of groundwater contamination.

2.3 Issues related to appropriate recycling

Appropriate recycling technology and operational know-how are indispensable for establishing a recycling loop. The city of Bangkok, which faces a rapid increase in construction waste, and the Siam Cement Group, a major private company, have each built a recycling test plant and are trying to recycle, but they only reuse this waste as roadbed material. These initiatives are not out of the scope of reuse, but an effective countermeasure technology for recycling has not been found.

2.4 Issues related to legal system and structure

Thailand has published the “Enhancement and Conservation of National Environmental Quality Policy and Plan, 2012-2016,” which is a comprehensive guideline on air and water environment conservation, including waste management, and has started vigorous waste management efforts.

In response, the Pollution Monitoring Bureau of the Ministry of Environment has issued a notice for "a method of treating waste generated from construction and demolition sites," and has recommended as an effective measure from the viewpoint of preventing environmental destruction "to convert from landfill use to utilization of recycled aggregate." However, there is no waste recycling law, like in Japan, and there is no administrative control.

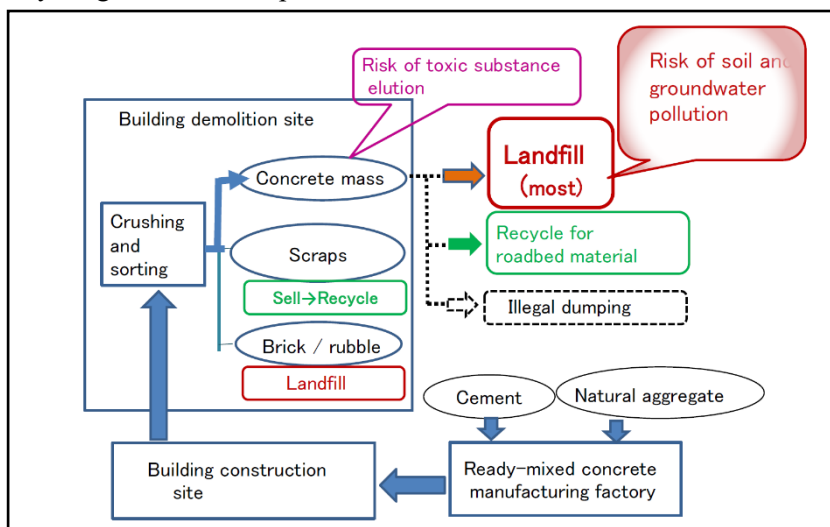


Fig. 1 Construction waste reuse in Bangkok

3. Technology and Products of the Proposed Company

3.1 The proposed company's business in Japan

The proposed company produces gravel and sand for infrastructure development, keeping in mind control of the depletion of limited natural resources and reduction of the environmental load through development.

We promote research and development on the recycling of construction waste materials and are working to improve the technology.

Specifically, we are acting as the coordinator of the group and overseeing three group companies that are engaged in the recycled aggregate manufacturing industry, the quarrying industry, and the aggregate refining and processing industry.

3.2 Outline of the proposed technology and products

Recycled aggregate manufactured by existing manufacturing technology cannot be used as raw material for concrete as a high-strength structural member, but by using the proposed patented technology, it is possible to get recycled aggregate passed as the H and M classes of the JIS standard for concrete for a high-strength structural member.

In addition, harmful hexavalent chromium (Cr^{+6}) in concrete waste can be converted to harmless trivalent chromium (Cr^{+3}) by injecting harmful substance suppressors utilizing the advantages of wet treatment, as shown in Fig. 2.

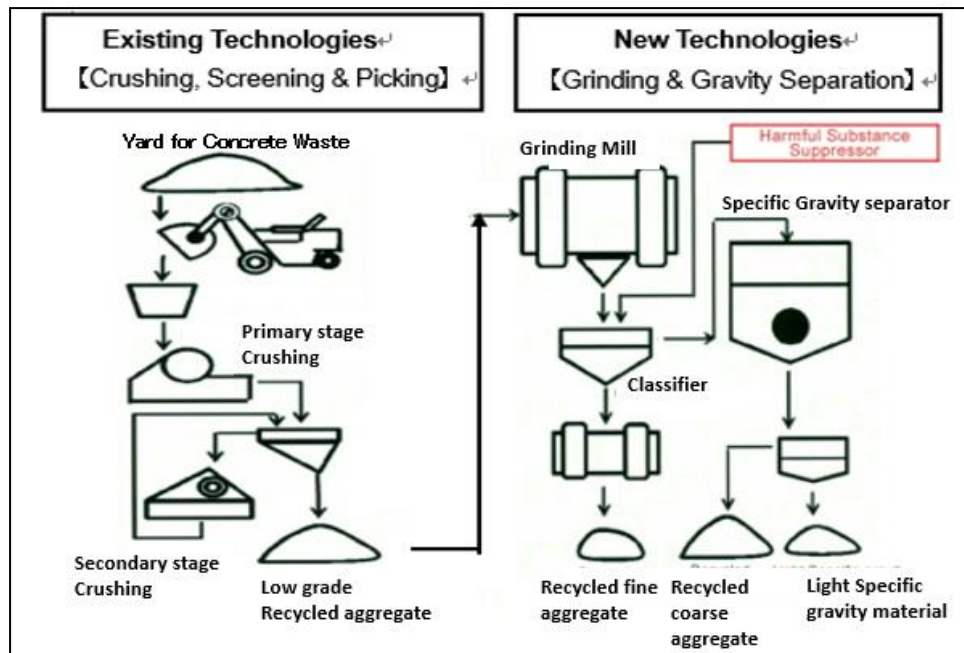


Fig. 2 Outline of proposed technology

The advantages of the technology are summarized below.

- Concrete can be recycled without generating hexavalent chromium, which harms the environment.
- Recycled aggregate manufactured using with this technology can be used for high-strength structural concrete.
- High-quality recycled aggregate production can be realized at low cost.

3.3 Suitability of the proposed technology in Thailand

3.3.1 Institutional suitability

On February 28, 2020, the Thailand Industrial Standard (TIS) for recycled aggregate came into effect. The contents of the enforced standards are generally based on the JIS standards (JIS A5021 and 5022), and three types of quality standards are set as judgment criteria, according to the physical properties of the recycled aggregate, and the intended use. As a result, there is no institutional hindrance to using recycled aggregate manufactured by the proposed technology in Thailand.

3.3.2 Technical suitability

Tests confirmed that the quality of the recycled aggregate manufactured with the testing machine and using local concrete waste material all passed the TIS standard. In addition, the test results of the concrete using the aggregate material all passed the JIS and American Society for Testing and

Material (ASTM) standards, as follows.

(1) Hazardous substance (hexavalent chromium) dissolution test results:

- Hexavalent chromium, which was more than three times the environmental standard value, was detected in the collected concrete waste material.
- Hexavalent chromium was not detected in the regenerated aggregate produced by the proposed technology.

(2) Recycled aggregate quality test results:

- Passed the TIS standards for all items, such as sieving, density in oven-dry condition (g/cm), and water absorption (% mm).

(3) Concrete strength and durability test results:

- Regarding concrete strength, it was equivalent to using natural aggregate and achieved the target strength.
- Regarding the concrete durability test, the long-term tests on drying shrinkage, carbonation depth, and chloride permeability were conducted, and it was confirmed that there was no problem with any of them.

3.4 Possibility of solving construction waste problems in Thailand

3.4.1 Environmental pollution

This survey found that harmful hexavalent chromium, which was more than three times the environmental standard, was detected in concrete waste materials in Thailand.

In contrast, harmful hexavalent chromium was not detected in the recycled aggregate regenerated from this waste material using the proposed technology, thus providing that it can contribute as an environmental pollution prevention technology.

The current hexavalent chromium standard for soil contamination in Thailand is not the elution amount standard (mg/L) used in Japan but the content standard (kg/kg), and there is little recognition of the harmful effects of elution.

However, if the landfill of concrete waste materials and their use as roadbed materials proceed as they are, there is no doubt that soil pollution and groundwater pollution will progress.

We will contribute to the prevention of soil and groundwater pollution by promoting commercialization using the proposed technology.

3.4.2 Recycling

The proposed technology works by properly separating reusable impurities, such as reinforcing bars (rebars), from concrete waste, then peeling off and treating the mortar from the concrete block, and recycling the used aggregate as harmless aggregate again.

It is a technology that can be used, and is a solution to the optimization of waste treatment and management that Thailand is aiming for.

In addition, by promoting commercialization using the proposed technology, we will contribute to prevention of the depletion of natural resources (natural crushed stone).

3.4.3. Legal system and structure

Recently, the TIS standard has been revised for the use of recycled aggregate in accordance with the JIS standard. In this way, Thailand is steadily working to improve the legal system, and it is expected that, shortly, legal systems such as Japan's "Basic Law for Establishing a Recycling Society" and "Construction Recycling Law" will be organized. In that case, we will cooperate with Counter Part (C/P) to provide the experience and knowledge of the proposed company in construction recycling and contribute to the establishment of an effective legal system.

4. Proposed ODA Project

4.1 The ODA Project content

The purpose of the ODA project is to demonstrate a recycling loop by manufacturing recycle aggregate from construction waste generated in Thailand, using a small-scale demonstration machine for recycling aggregate which is expected to be installed on the premises of Department of Public Works and Town & Country Planning, the Ministry of Interior, which is in charge of general waste treatment (constructions other than factories are treated as general waste in Thailand).

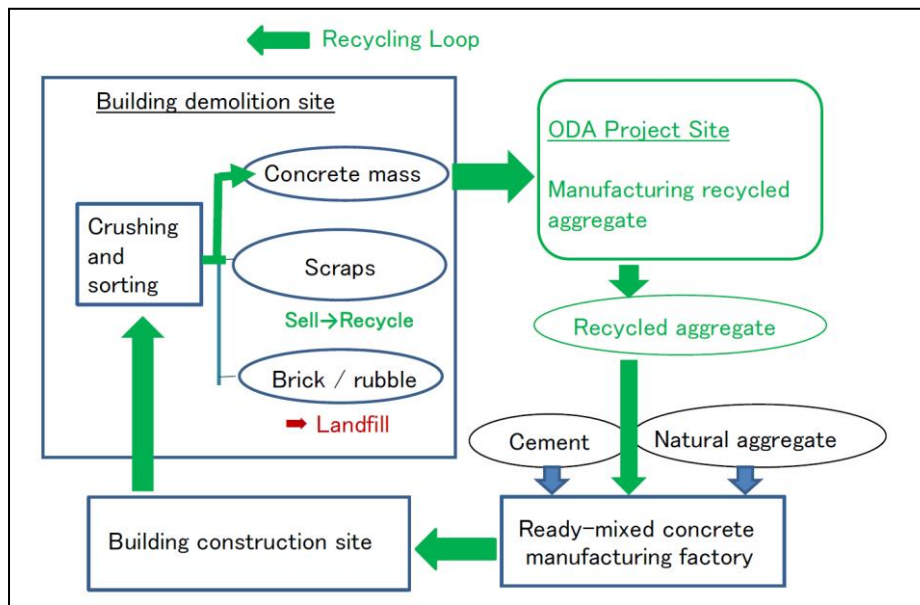


Fig.3 Recycling loop by ODA Project

4.2 Implementation formation and action plan of the ODA Project

4.2.1 Implementation formation

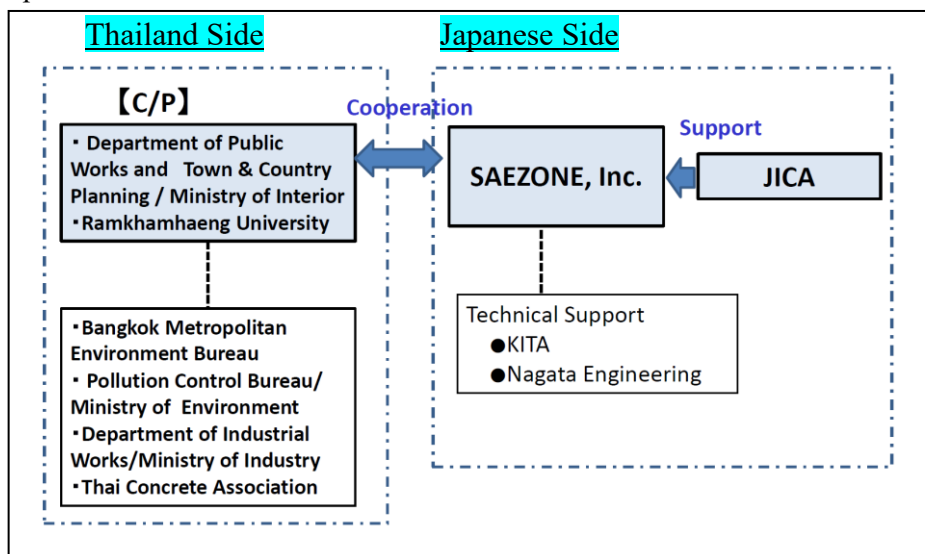


Fig.4 Implementation formation of ODA Project

4.2.2 Action plan of the ODA Project

- (1) By an integrated process from collection of construction waste to manufacturing of recycled aggregate and concrete construction using recycled aggregate, we verify that the quality and performance of the aggregate and concrete conform to the standards and demonstrate that aggregate can be recycled.
- (2) Developing the use of recycled aggregate.

(3) Formulate the business development plan for the recycled aggregate by assessing the manufacturing cost in the integrated process through a verification survey.

5. Business Development Plan

5.1 Outline of Business Development Plan

Based on the results of the ODA Project, as the first step, we aim to establish a local subsidiary jointly with a local company (partner) that will comprise a recycled aggregate manufacturing and sales business for the main infrastructure equipment customers, which are construction companies and concrete secondary product manufacturing companies that use recycled aggregate.

According to the survey results, it is extremely difficult and costly to collect concrete waste, which is the raw material of recycled aggregate, in one place on a quantitative and regular basis due to the transportation network in Bangkok City. Therefore, in consideration of profitability, the business will start by establishing an appropriate-scale recycled aggregate manufacturing factory in the partner's existing ready-mixed manufacturing bases dispersed around Bangkok.

The partner carries out quality control and manufacturing control of this factory, and we will take on the role of practical factory operation management and guidance. The partner will establish a system to provide factory premises, install equipment, collect waste materials, and manufacture and sell ready-to-use aggregates using manufactured recycled aggregate.

Based on the results of the first step, we will gradually expand the scale of our business.

5.2 Outline of value chain

The envisioned value chain is shown in Figure 5.

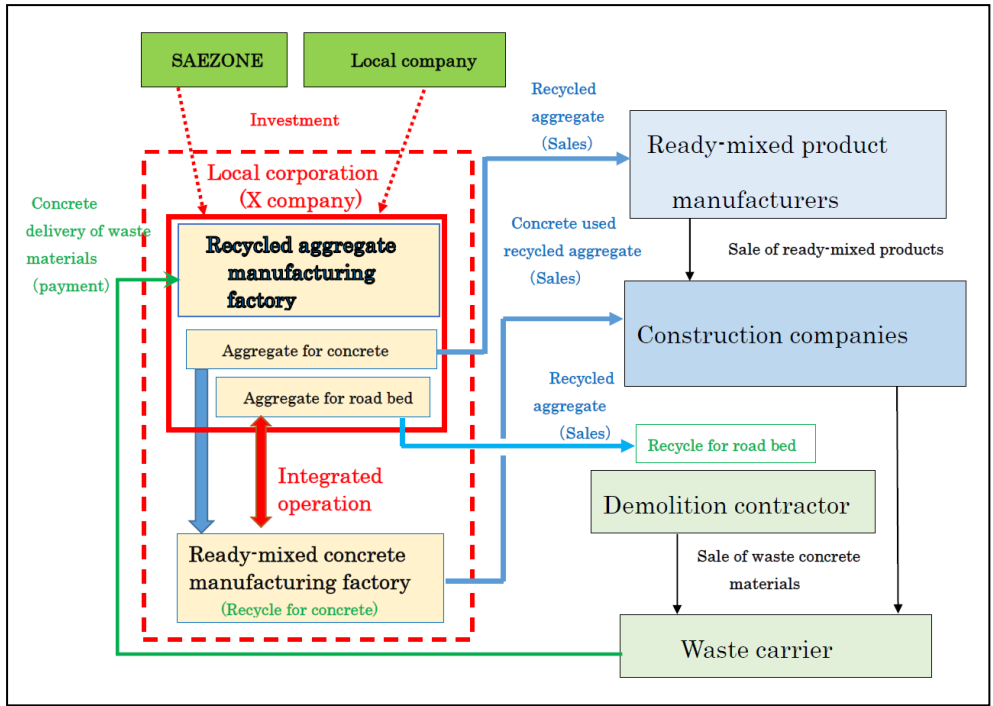


Fig. 5 Value chain



SDG's Business Model Formulation Survey with the Private Sector for
Creating a Safe Recycling Loop for Recycled Aggregate for Concrete
in Thailand

(SAEZONE, Inc., Osaka Prefecture)



Development Issues Concerning Concrete Waste in the Material Sector

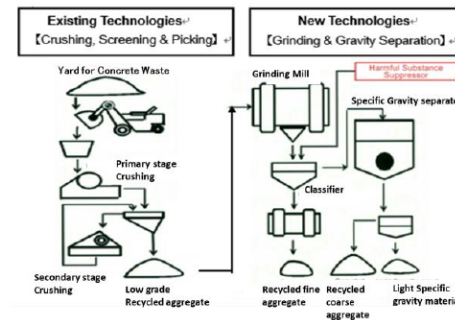
- Waste problems are an important issue, particularly the issue of construction waste materials in Thailand, which is worsening each year due to rapid urbanization.
- Concrete mass, which accounts for the majority of construction waste, is currently backfilled. This could cause the elution of harmful substances such as hexavalent chromium.
- There is currently no proper recycling technology that does not risk further environmental pollution.

The Company's Products and Technologies

- It is possible to manufacture H-class and M-class recycled aggregates (the JIS standard) for concrete manufacturing that can be used for high-strength structural members by using masonry/wet specific-gravity sorting technology.
- It is also possible to detoxify hexavalent chromium in concrete waste by adding a harmful substance inhibitor as part of the same wet-treatment process.

Survey Outline

- Country/Region: Bangkok and the surrounding areas
- Name of Counterpart: Royal Ramkhamhaeng University
- Survey Duration: July 2019–August 2021
- Survey Overview: A business model will be created to solve development problems by introducing the proposed “detoxification and recycling of concrete waste materials,” examining business ideas, and examining the possibility of using the model in ODA projects.



SAEZONE Technology

[Pretreatment + Grinding, Classification, Wet Specific-Gravity Selection]

Approaching the Relevant Development Issues

- A local subsidiary will be established jointly with a local company, and a recycled aggregate manufacturing factory will be added to the existing dispersed ready-mixed concrete manufacturing bases and secondary product manufacturing factories.
- By collecting waste concrete, which is a raw material, at the above-mentioned existing bases scattered around, transportation time and transportation costs can be reduced.
- The manufactured recycled aggregate will be sold to the construction market at a price that is about 20 to 30% cheaper than the price of natural aggregate.

Expected Impact in the Country

- A resource recycling loop for construction waste will be established.
- Natural aggregate will be protected.
- The load on landfill sites will be reduced.
- Soil contamination caused by harmful substances will be suppressed.
- Environmental impact by transportation will be reduced.
- The Thai version of the Construction Waste Material Recycling Law and other recycling standards will be established.

別添資料

1. 第1回渡航（2019.8.25-8.31）現地調査報告要旨（非公開）
2. 第2回渡航（2019.11.24-11.30）現地調査報告要旨（非公開）
3. 第3回渡航（2020.1.15-1.24）現地調査報告要旨（非公開）
4. タマサート大学最終報告書/
再生コンクリート骨材及び再生骨材コンクリートの品質及び特性評価
5. 有害物質溶出試験結果報告書
6. 第2回技術セミナー（2021.5.11）実施報告要旨
7. ビジネス展開における製造コスト試算（非公開）

**SIRINDHORN INTERNATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
THAMMASAT UNIVERSITY**

FINAL REPORT

**PROPERTIES OF RECYCLED CONCRETE AGGREGATES AND
RECYCLED AGGREGATE CONCRETE**

Submitted to: SAEZONE, Inc.

23 April 2021

**Civil Engineering Testing Service (CETS)
School of Civil Engineering and Technology
Sirindhorn International Institute of Technology
Thammasat University
Klong Luang, Patumthani 12120
THAILAND**

Table of Contents

	Page
1. PROPERTIES OF RECYCLED CONCRETE AGGREGATES	2
1.1 MATERIALS	2
1.2 TEST ITEMS.....	2
1.3 TEST RESULTS	2
1.3.1 <i>Gradation</i>	2
1.3.2 <i>Physical and chemical properties</i>	5
1.3.3 <i>Alkali-silica reaction potential (Chemical Test)</i>	6
1.4 COMPARISON WITH JIS STANDARDS	7
2. PROPERTIES OF RECYCLED AGGREGATE CONCRETE	9
2.1 MIX PROPORTIONS	9
2.2 TEST ITEMS.....	9
2.3 TEST RESULTS	10
2.3.1 <i>Slump, Air content and Compressive strength</i>	10
2.3.2 <i>Chloride content in fresh concrete</i>	11
2.3.3 <i>Autogenous and total shrinkages</i>	12
2.3.4 <i>Carbonation depth (accelerated test)</i>	14
2.3.5 <i>Chloride permeability by rapid chloride permeability test (RCPT)</i>	17

Properties of recycled concrete aggregates and recycled aggregate concrete

1. Properties of recycled concrete aggregates

1.1 Materials

Recycled aggregates, obtained from SAEZONE, inc., consist of 3 samples, namely Rock H, Rock M and Sand M.

Natural aggregates commonly used in concrete industry in Thailand are a crushed limestone and a river sand.

1.2 Test items

Material properties of all aggregates, listed in **Table 1.1**, were tested in accordance with the referenced standards.

Table 1.1 Tested material properties

No.	Test items	Standard	Recycled aggregates			Natural aggregates	
			Rock H	Rock M	Sand M	Crushed limestone	River sand
1.	Gradation	ASTM C136	•	•	•	•	•
2.	Specific gravity and Absorption (Coarse aggregate)	ASTM C127	•	•	-	•	•
3.	Specific gravity and Absorption (Fine aggregate)	ASTM C128	-	-	•	-	•
4.	Solid volume percentage for shape determination	ASTM C29/C29M	•	•	•	•	•
5.	Amount of materials passing through sieve 75 µm	ASTM C117	n.a.	•	•	•	•
6.	Chloride content	JIS A 5002	•	•	•	•	•
7.	Alkali-silica reaction (Chemical Test)	ASTM C289	•	•	•	•	•

1.3 Test results

1.3.1 Gradation

Size distributions of all aggregates are illustrated in **Figures 1.1 to 1.5**.

Gradations of all tested natural aggregates and recycled aggregates complied with ASTM C33.

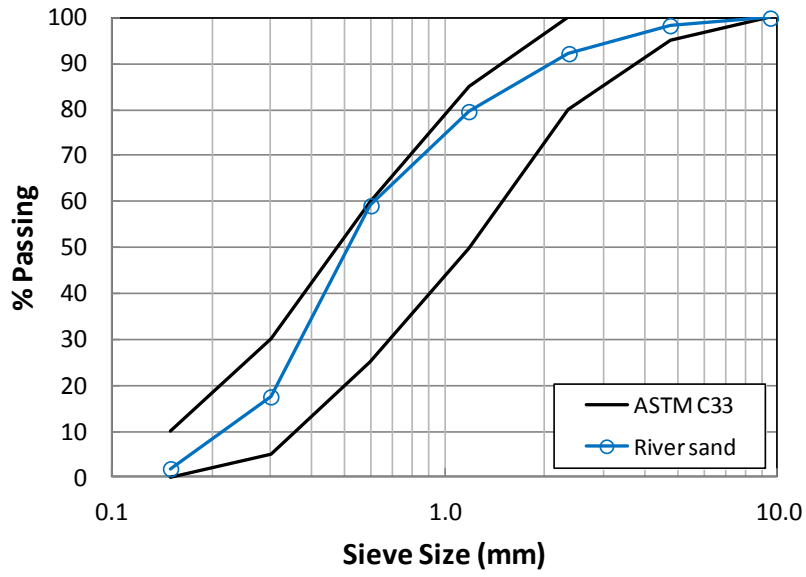


Figure 1.1 Size distribution of River sand

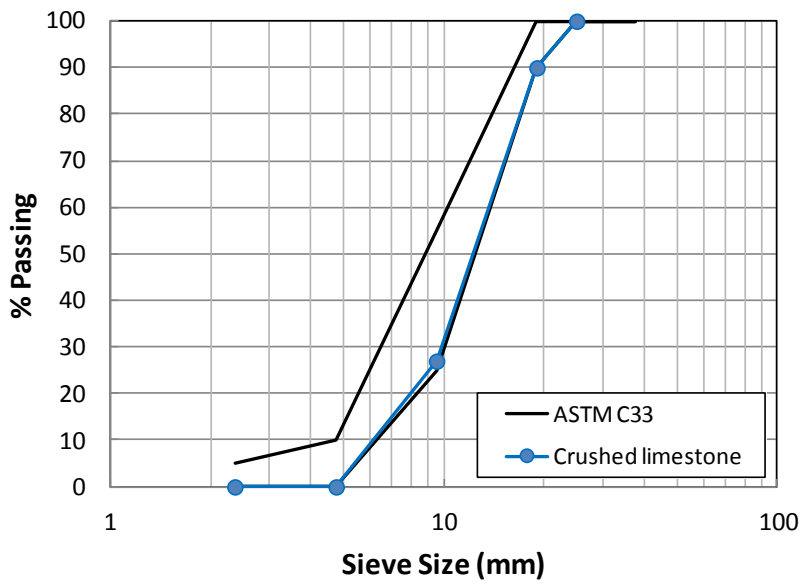


Figure 1.2 Size distribution of Crushed limestone

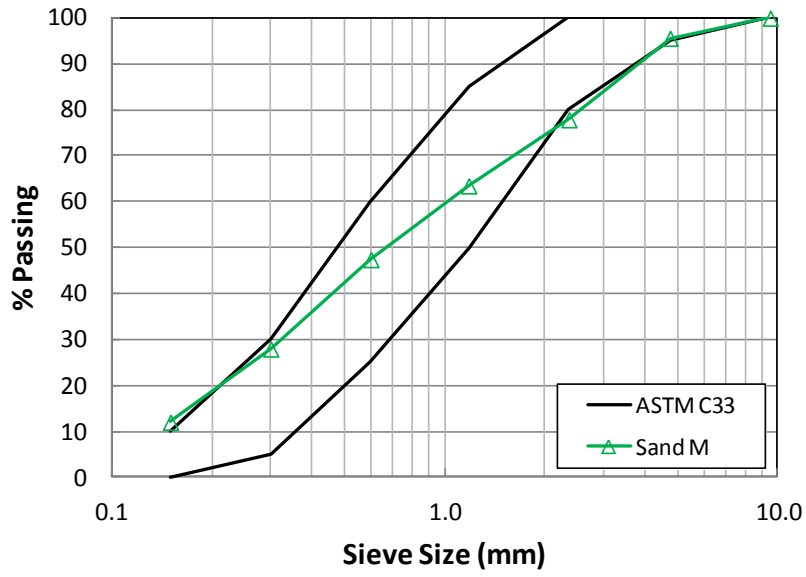


Figure 1.3 Size distribution of Sand M

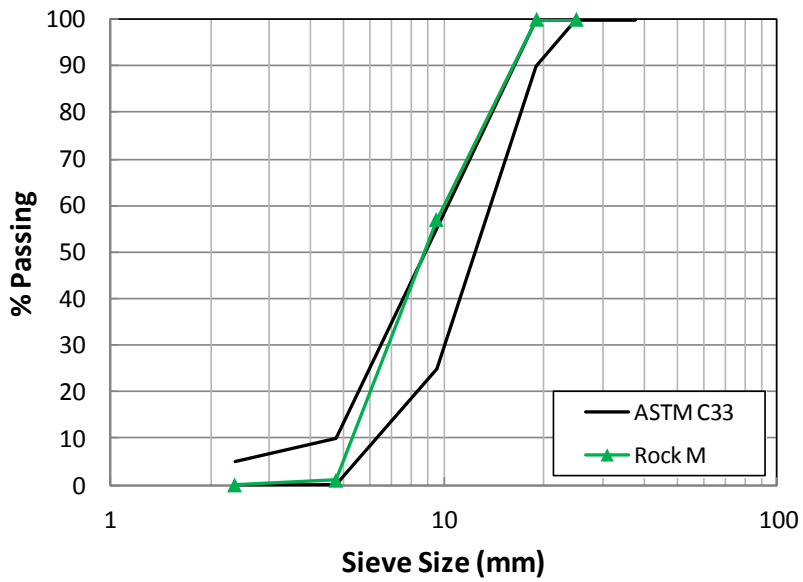


Figure 1.4 Size distribution of Rock M

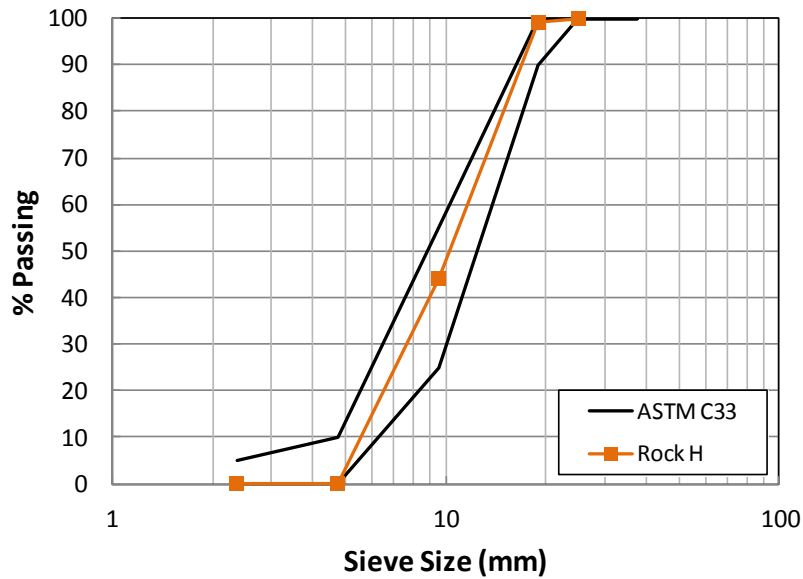


Figure 1.5 Size distribution of Rock H

1.3.2 Physical and chemical properties

Physical and chemical properties of fine and coarse aggregates including oven-dried density, water absorption, bulk unit weight, amount of materials passing sieve 75 μm and chloride ion content are tabulated in **Table 1.2** and **Table 1.3**, respectively.

Table 1.2 Properties of fine aggregates

No.	Properties	Natural aggregate	Recycled aggregate
		River sand	Sand M
1.	Oven-dried density (g/cm^3)	2.56	2.35
2.	Water absorption (% m/m)	1.12	5.09
3.	Solid volume percentage for shape determination (%)	64.45	69.29
4.	Amount of materials passing sieve 75 μm (%)	1.13	1.20
5.	Chloride ion content (%)	0.0005	0.0005

Sand M has lower oven-dried density and higher water absorption compared to river sand.

Sand M has higher solid volume or in other words lower void content compared to river sand. Due to the fact that Sand M contains more fine particles than river sand does, thus void content is lower.

Amount of materials passing sieve 75 μm of Sand M is slightly higher than that of river sand, meaning Sand M has slightly more fine particles (smaller than 75 μm), which is in accordance with its size distribution. JIS A 5021, 5022 and 5023 limit the amount of materials passing sieve 75 μm of fine recycled aggregate to the maximum of 7, 8, and 10%, respectively. Sand M conforms to the standards.

Both river sand and Sand M contain very small amount of chloride ion content.

Table 1.3 Properties of coarse aggregates

No.	Properties	Natural aggregate	Recycled aggregate	Recycled aggregate
		Crushed limestone	Rock M	Rock H
1.	Oven-dried density (g/cm ³)	2.74	2.43	2.48
2.	Water absorption (% m/m)	0.55	3.92	3.04
3.	Solid volume percentage for shape determination (%)	59.23	61.66	62.23
4.	Amount of materials passing sieve 75 µm (%)	0.13	0.06	n.a.
5.	Chloride ion content (%)	0	0.0005	0.0005

Both Rock M and Rock H have lower oven-dried density and higher water absorption compared to crushed limestone. Rock H is considered a slightly better quality recycled aggregate than Rock M due to its higher oven-dried density and lower absorption.

Both Rock M and Rock H have slightly higher solid volume or in other words higher void content compared to crushed limestone.

Amount of materials passing sieve 75 µm of Rock M is lower than that of the crushed limestone. JIS A 5021, 5022 and 5023 limit the amount of materials passing sieve 75 µm of coarse recycled aggregate to the maximum of 1, 2, and 3%, respectively. Rock M conforms to the standards.

Rock M and Rock H contain very small amount of chloride ion content while crushed limestone has no chloride ion.

1.3.3 Alkali-silica reaction potential (Chemical Test)

The reduction in alkalinity (Rc) and dissolved silica (Sc) of natural aggregates and recycled aggregates are listed in **Table 1.4** and **Table 1.5**, respectively,

The results are then plotted in a referenced Reduction in Alkalinity (Rc) vs Dissolved Silica (Sc) graph (ASTM C289) as shown in **Figure 1.6**. All aggregates are located in the innocuous zone, thus they are not likely prone to alkali-silica reaction.

Table 1.4 Chemical test results of natural aggregates

No.	Properties	Natural aggregates	
		River sand	Crushed limestone
1.	Reduction in Alkalinity (Rc), millimoles per litre	50.00	252.50
2.	Dissolved Silica (Sc), millimoles per litre	5.66	1.66
	Verdict	innocuous	innocuous

Table 1.5 Chemical test results of recycled aggregates

No.	Properties	Recycled aggregates		
		Sand M	Rock M	Rock H
1.	Reduction in Alkalinity (Rc), millimoles per litre	122.5	130.0	115.0
2.	Dissolved Silica (Sc), millimoles per litre	0.67	1.00	4.00
	Verdict	innocuous	innocuous	innocuous

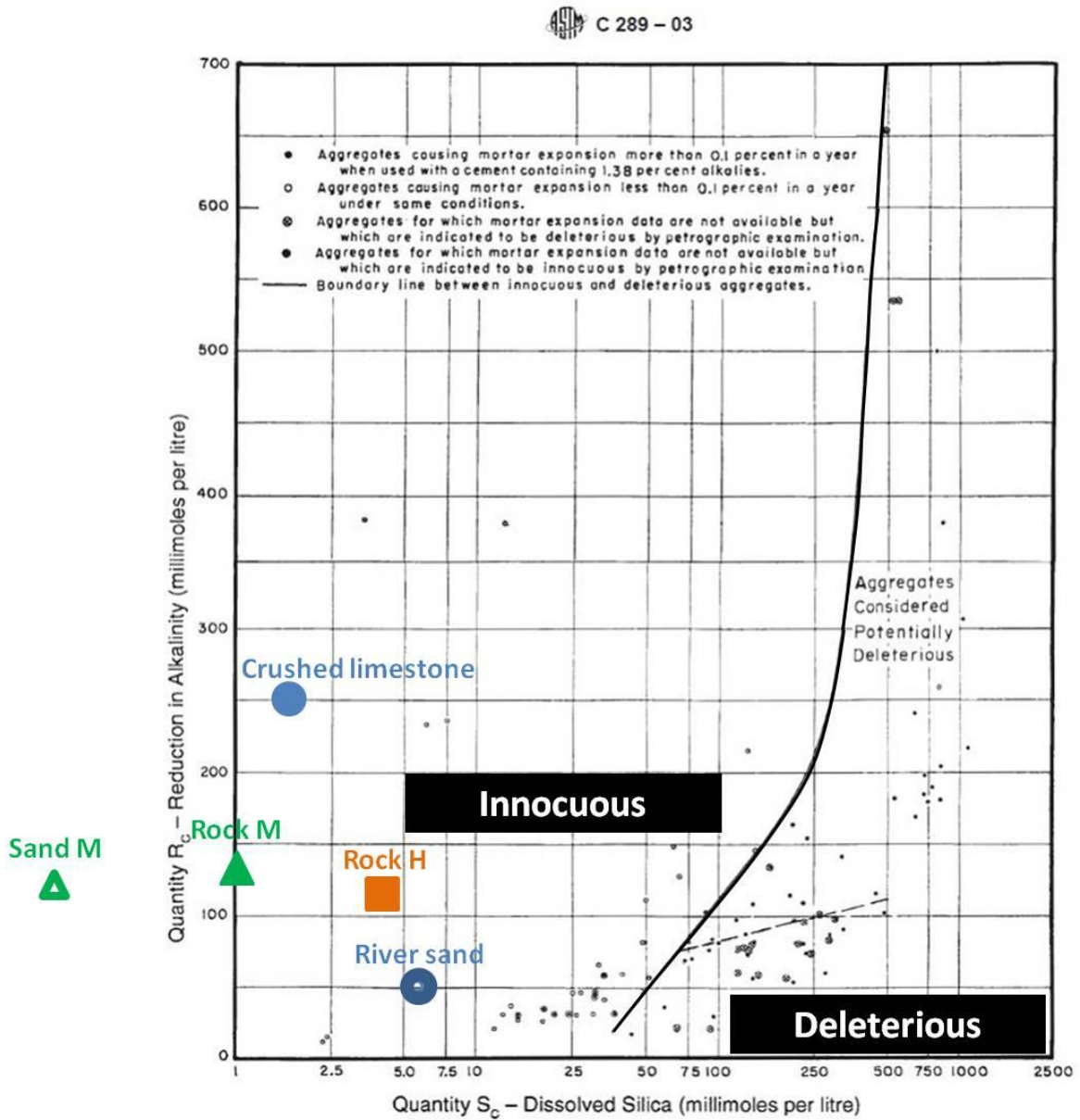


Figure 1.6 R_c and S_c Relationship (Reference: ASTM C 289)

1.4 Comparison with JIS standards

Tested properties of Sand M, Rock M and Rock H are compared with JIS standards for recycled aggregates (JIS A 5021, JIS 5022 and JIS 5023) in **Table 1.6**, **Table 1.7** and **Table 1.8**, respectively.

Table 1.6 Properties of Sand M

No.	Properties	Recycled aggregate	JIS A 5023	JIS A 5022	JIS A 5021
		Sand M	Type L Fine	Type M Fine	Type H Fine
1.	Oven-dried density (g/cm ³)	2.35	-	Min. 2.2	Min. 2.5
2.	Water absorption (% m/m)	5.09	Max. 13.0	Max. 7.0	Max. 3.5
3.	Solid volume percentage for shape determination (%)	69.29	-	Min. 53	Min. 53
4.	Amount of materials passing sieve 75 μm (%)	1.20	Max. 10.0	Max. 8.0	Max. 7.0
5.	Chloride ion content (%)	0.0005	Max. 0.04*	Max. 0.04*	Max. 0.04*

Remarks: *up to 0.1% if approved by the user

Table 1.7 Properties of Rock M

No.	Properties	Recycled aggregate	JIS A 5023	JIS A 5022	JIS A 5021
		Rock M	Type L Coarse	Type M Coarse	Type H Coarse
1.	Oven-dried density (g/cm ³)	2.43	-	Min. 2.3	Min. 2.5
2.	Water absorption (% m/m)	3.92	Max. 7.0	Max. 5.0	Max. 3.0
3.	Solid volume percentage for shape determination (%)	61.66	-	Min. 55	Min. 55
4.	Amount of materials passing sieve 75 μm (%)	0.06	Max. 3.0	Max. 2.0	Max. 1.0
5.	Chloride ion content (%)	0.0005	Max. 0.04*	Max. 0.04*	Max. 0.04*

Remarks: *up to 0.1% if approved by the user

Table 1.8 Properties of coarse Rock H

No.	Properties	Recycled aggregate	JIS A 5023	JIS A 5022	JIS A 5021
		Rock H	Type L Coarse	Type M Coarse	Type H Coarse
1.	Oven-dried density (g/cm ³)	2.48	-	Min. 2.3	Min. 2.5
2.	Water absorption (% m/m)	3.04	Max. 7.0	Max. 5.0	Max. 3.0
3.	Solid volume percentage for shape determination (%)	62.23	-	Min. 55	Min. 55
4.	Amount of materials passing sieve 75 μm (%)	n.a.	Max. 3.0	Max. 2.0	Max. 1.0
5.	Chloride ion content (%)	0.0005	Max. 0.04*	Max. 0.04*	Max. 0.04*

Remarks: *up to 0.1% if approved by the user

Sand M is categorized as fine recycled aggregate type M according to JIS A 5022.

Both Rock M and Rock H are classified as coarse recycled aggregate type M according to JIS A 5022. However, it should be noted that the oven-dried density and water absorption of Rock H only slightly fail the type H of the JIS A 5021 standard, so it is in fact very close to type H.

2. Properties of recycled aggregate concrete

2.1 Mix Proportions

Two grades of concrete were designed, i.e. Grade 30 and Grade 50. Grade 30 concrete was designed to attain 30 MPa of 28-day compressive strength while Grade 50 was designed to achieve 50 MPa at the same age.

Two types of concrete were examined, i.e., natural aggregate concrete (NAC) and recycled aggregate concrete (RAC). For natural aggregate concrete (NAC), river sand and crushed limestone were used as fine and coarse aggregates, respectively. On the other hand, Sand M and Rock M were used totally as fine and coarse aggregates, respectively, for recycled aggregate concrete (RAC). For all mix proportions, ordinary Portland cement (Elephant brand) was used and tap water was used as mixing water. To achieve initial slump in the range of 17.5-20.0 cm, a naphthalene-based superplasticizer was used in Grade 50 concrete.

Detailed mix proportions of natural aggregate concrete (NAC) and recycled aggregate concrete (RAC) are summarized in **Table 2.1** and **Table 2.2**, respectively.

Table 2.1 Mix proportions of natural aggregate concrete (NAC)

Mix Designation	w/c	Cement (kg/m ³)	Water (kg/m ³)	River sand (kg/m ³)	Crushed limestone (kg/m ³)	SP* (ml/m ³)
NAC-30	0.6	360	216	769	998	-
NAC-50	0.4	460	184	769	998	4,600

Remarks: *SP is a naphthalene-based superplasticizer, NAC-30 is Grade 30, NAC-50 is Grade 50

Table 2.2 Mix proportions of recycled aggregate concrete (RAC)

Mix Designation	w/c	Cement (kg/m ³)	Water (kg/m ³)	Sand M (kg/m ³)	Rock M (kg/m ³)	SP* (ml/m ³)
RAC-30	0.6	360	216	707	918	-
RAC-50	0.4	460	184	707	918	4,600

Remarks: *SP is a naphthalene-based superplasticizer, RAC-30 is Grade 30, RAC-50 is Grade 50

2.2 Test items

Fresh, mechanical and durability properties of concrete with natural aggregates and concrete with recycled aggregates were tested in accordance with the referenced standards as listed in **Table 2.3**.

Table 2.3 Tested properties of natural aggregate concrete (NAC) and recycled aggregate concrete (RAC)

No.	Test items	Standard	Types of concrete	
			Concrete w/ Natural aggregate	Concrete w/ Recycled aggregate
1.	Slump	ASTM C143	•	•
2.	Air content	ASTM C231	•	•
3.	Compressive strength (10x10x10 cm), 7, 28, 91 days	BS 1881	•	•
4.	Chloride ion concentration of water in fresh concrete	JIS A 1144	•	•
5.	Autogenous and total shrinkages	ASTM C596	•	•
6.	Carbonation depth (accelerated test)	RILEM CPC 18	•	•
7.	Rapid chloride permeability test (RCPT)	ASTM C1202	•	•

2.3 Test results

2.3.1 Slump, Air content and Compressive strength

Initial slump, air content and compressive strength results of natural aggregate concrete (NAC) and recycled aggregate concretes (RAC) are tabulated in **Table 2.4**. **Figure 2.1** and **Figure 2.2** show strength development of Grade 30 and Grade 50 concrete, respectively.

All types of concrete attained the initial slump in the range of 17.5-20.0 cm except for NAC-50 concrete which had a higher slump than the mentioned range (flow diameter = 690 mm). However, the concrete was uniform and no segregation was observed.

Air contents of all concrete are in the range of 0.6 to 3.0%. Recycled aggregate concrete mixes (RAC) tend to have higher air content than their respective natural aggregate concrete mixes (NAC).

All types of concrete achieve the designed 28-day compressive strength. In case of Grade 50 concretes, compressive strengths of natural aggregate concrete (NAC) are higher than that of the recycled aggregate concrete (RAC) at all test ages. For Grade 30 concretes, natural aggregate concrete (NAC) gains lower strength at 7 and 28 days but comparable strength at 91 days compared to recycled aggregate concrete (RAC).

Table 2.4 Fresh and mechanical properties of natural aggregate concrete (NAC) and recycled aggregate concrete (RAC)

No.	Properties	Concrete w/ Natural aggregate		Concrete w/ Recycled aggregate	
		NAC-30	NAC-50	RAC-30	RAC-50
1.	Initial slump (cm)	17.5	n.a.*	19.0	19.5
2.	Air content (%)	1.1	0.6	2.3	3.0
3.	Compressive strength (10x10x10 cm), MPa				
	7 days	27.2	46.7	29.7	43.4
	28 days	31.9	53.5	35.5	52.7
	91 days	36.4	55.7	-	-
	180 days**	-	-	37.1	54.4

Remarks: *flow diameter = 690 mm

**Due to COVID-19 situation in Thailand, it was unable to test compressive strength of RAC-30 and RAC-50 at 91 days, the results at 180 days were obtained instead. However, this does not change the conclusion of the results.

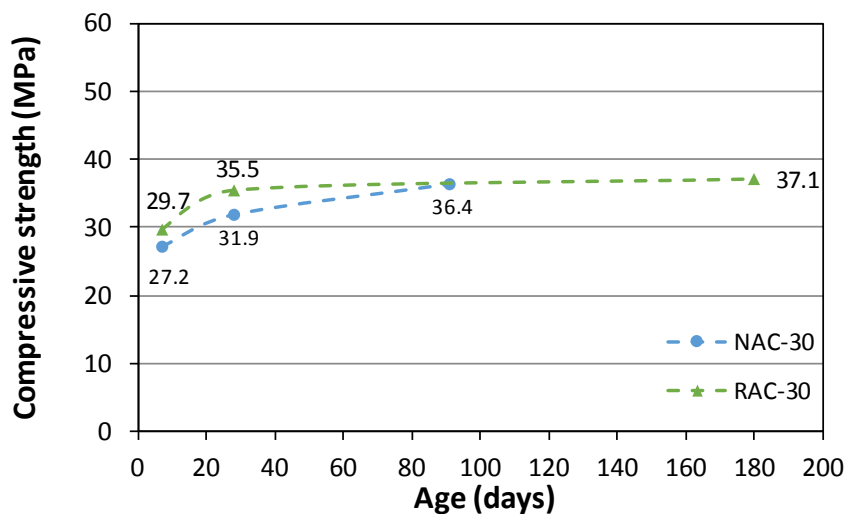


Figure 2.1 Strength development of NAC-30 and RAC-30 (w/b = 0.6)

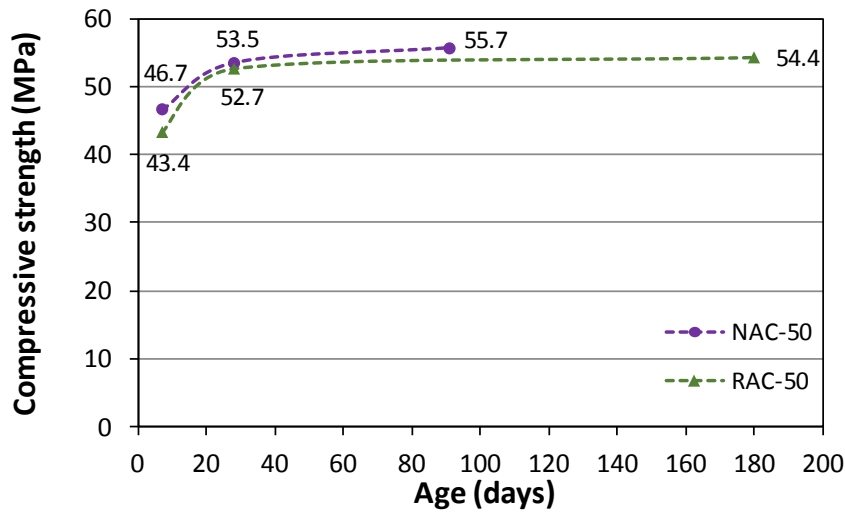


Figure 2.2 Strength development of NAC-50 and RAC-50 (w/b = 0.4)

2.3.2 Chloride content in fresh concrete

Chloride content of each concrete ingredient was measured. The total chloride content in fresh concrete was computed from the summation of the weighted ratio of chloride content in each concrete ingredient as in Equation (1).

$$Cl_{total} = \frac{(NF \times MF) + (NC \times MC) + (NA \times MA) + (NCem \times Mcem) + (NW \times MW)}{100} \quad (1)$$

where Cl_{total} is total chloride content in fresh concrete (kg/m^3)

NF, NC, NA, NCem and NW are chloride content of fine aggregate, coarse aggregate, admixture, cement and water, respectively (% by weight)

MF, MC, MA, MCem and MW are unit content of fine aggregate, coarse aggregate, admixture, cement and water in the concrete mixture, respectively (kg/m^3)

Results of chloride content in fresh concrete of the tested natural aggregate concrete (NAC) and recycled aggregate concrete (RAC) are listed in **Table 2.3**.

Table 2.3 Chloride content in fresh concrete of natural aggregate concrete (NAC) and recycled aggregate concrete (RAC)

Properties	Concrete w/ Natural aggregate		Concrete w/ Recycled aggregate	
	NAC-30	NAC-50	RAC-30	RAC-50
Chloride content in fresh concrete	0.044	0.055	0.048	0.059

The chloride contents of all types of concrete are very small. The slight differences between chloride contents of recycled aggregate concrete (RAC) and that of their respective natural aggregate concrete (NAC) are considered mainly due to the differences in chloride contents of the aggregates.

2.3.3 Autogenous and total shrinkages

Both autogenous and total shrinkage tests were conducted on prism specimens with the dimensions of 75x75x250 mm. Autogenous shrinkage specimens were demolded 24 hours after casting, sealed all sides by aluminum foil and then kept in a chamber with the control temperature of $28\pm 2^\circ\text{C}$ and relative humidity of $50\pm 5\%$ while total shrinkage specimens were cured in water for 7 days and after that subjected to drying condition at the temperature of $28\pm 2^\circ\text{C}$ and relative humidity of $50\pm 5\%$. The length change of the specimens was continuously monitored.

Autogenous shrinkage of Grade 30 and Grade 50 concrete mixtures are illustrated in **Figure 2.3** and **Figure 2.4**, respectively. Grade 50 concrete mixtures have larger autogenous shrinkages than the Grade 30 concrete mixtures. Recycled aggregate concrete (RAC) shows smaller autogenous shrinkages than the natural aggregate concrete (NAC).

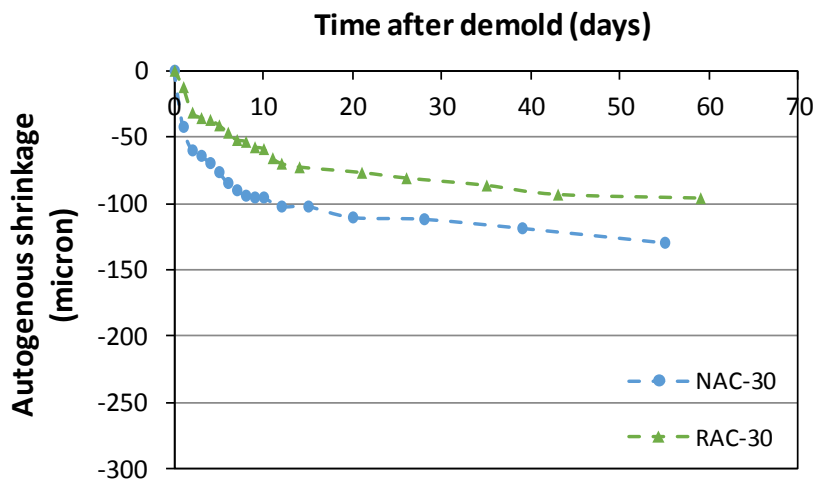


Figure 2.3 Autogenous shrinkage of NAC-30 and RAC-30 (w/b = 0.6)

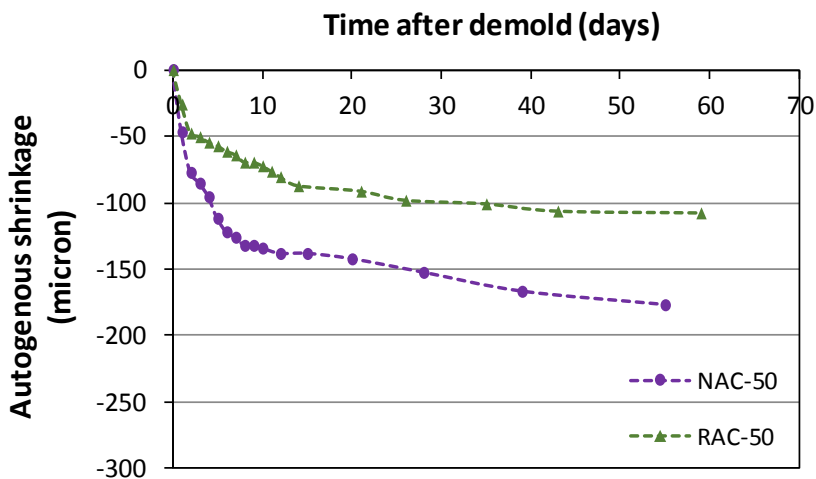


Figure 2.4 Autogenous shrinkage of NAC-50 and RAC-50 (w/b = 0.4)

Figure 2.5 and **Figure 2.6** show total shrinkage of Grade 30 and Grade 50 concrete samples, respectively. Total shrinkage of Grade 50 concrete samples is larger than that of Grade 30 concrete samples. It is obvious that total shrinkage of recycled aggregate concrete (RAC) is larger than that of the natural aggregate concrete (NAC).

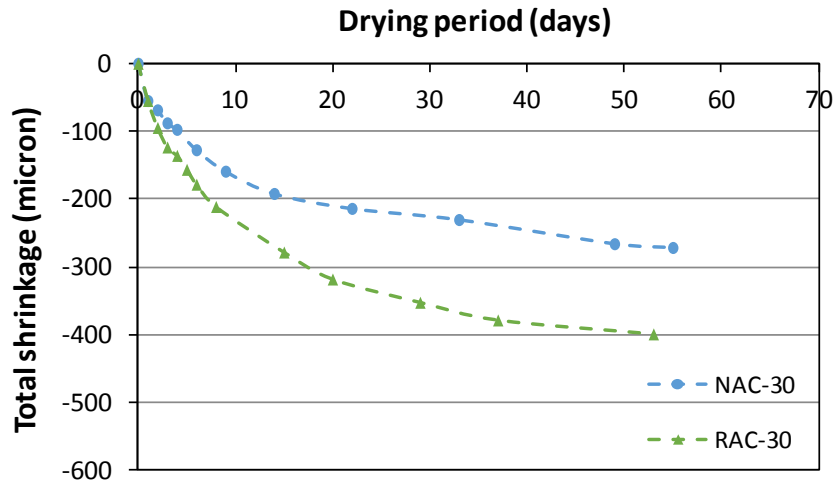


Figure 2.5 Total shrinkage of NAC-30 and RAC-30 (w/b = 0.6)

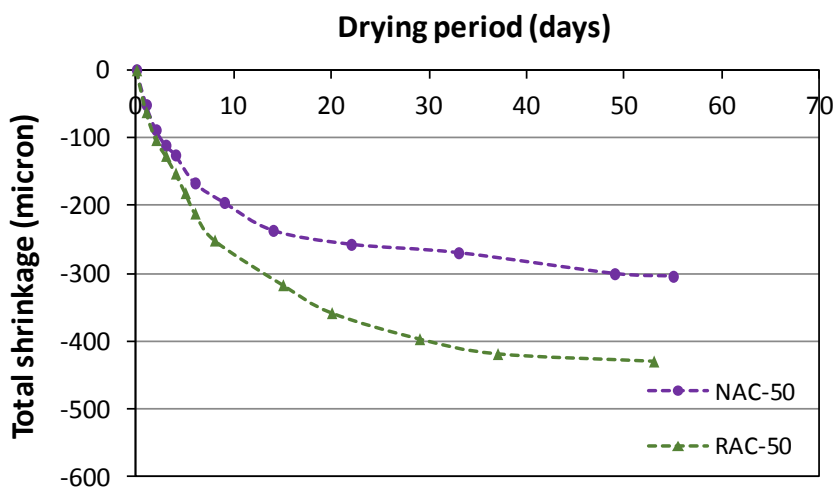


Figure 2.6 Total shrinkage of NAC-50 and RAC-50 (w/b = 0.4)

2.3.4 Carbonation depth (accelerated test)

Accelerated carbonation test was selected in order to shorten the test period. The CO₂ subjection environment was controlled such that the CO₂ concentration, the temperature and the relative humidity were 4% (40,000 ppm), 40±2°C and 50±5%, respectively. The test was conducted on 100x100x100 mm concrete cube specimens. The specimens were cured in water for 7 days before subjecting to the tested CO₂ environment. After CO₂ subjection for 28 and 56 days, the specimens were split into half, sprayed with 1% phenolphthalein solution and the carbonation depths were measured.

The split surfaces of NAC-30, RAC-30, NAC-50 and RAC-50 after being sprayed with phenolphthalein solution are shown in **Figures 2.7 to 2.10**, respectively.

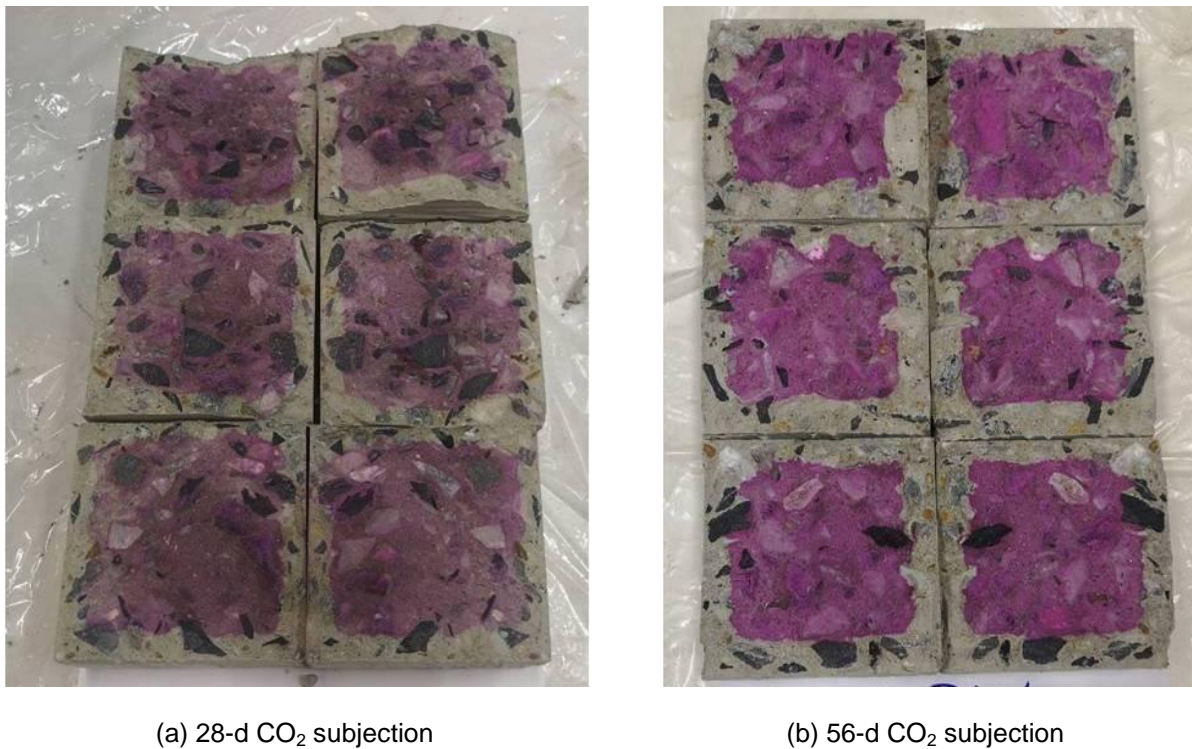
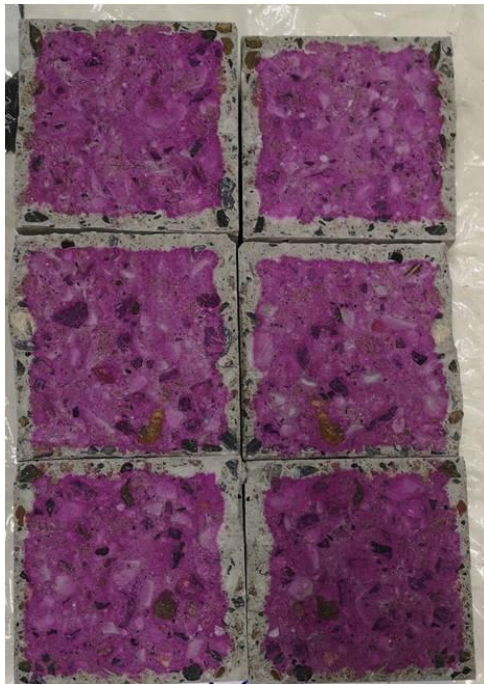


Figure 2.7 Split surfaces of NAC-30



(a) 28-d CO₂ subjection



(b) 56-d CO₂ subjection

Figure 2.8 Split surfaces of RAC-30



(a) 28-d CO₂ subjection



(b) 56-d CO₂ subjection

Figure 2.9 Split surfaces of NAC-50

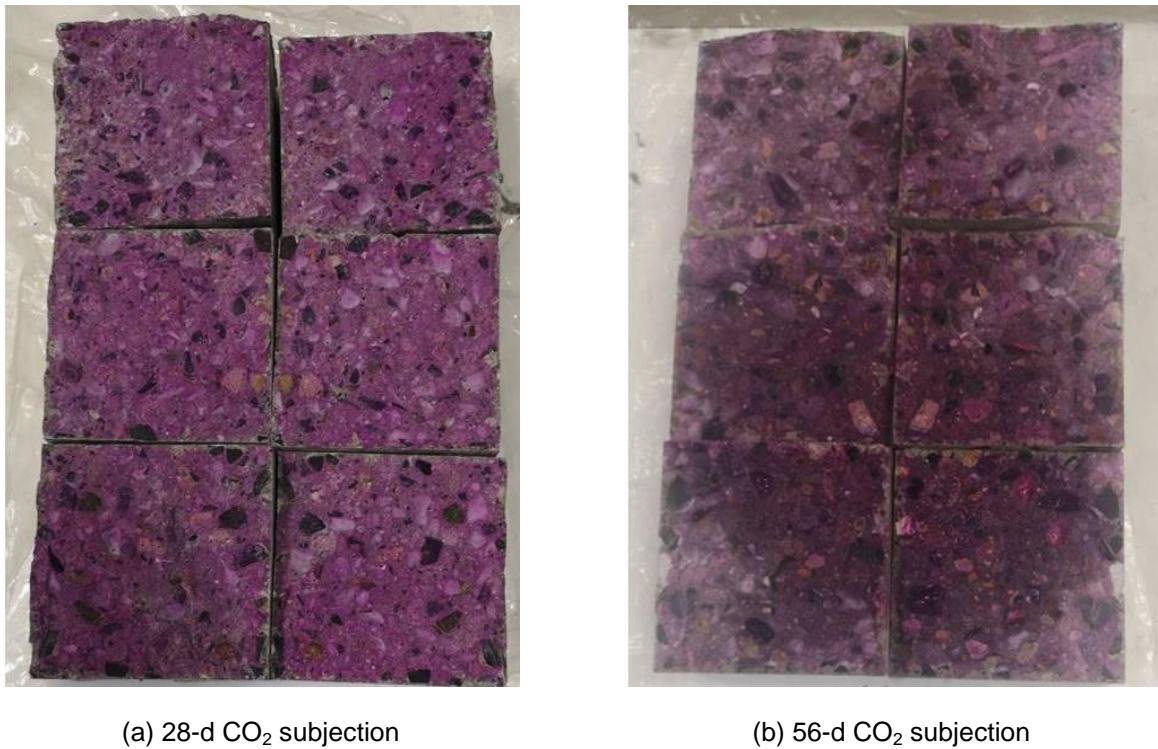


Figure 2.10 Split surfaces of RAC-50

Carbonation depths measured after 28 and 56 days of CO₂ exposure are shown in **Figure 2.11** and **Figure 2.12** for Grade 30 and Grade 50 concrete mixtures, respectively. Carbonation depths of Grade 50 concrete mixtures are much lower than that of Grade 30 concrete mixtures. There is a tendency that carbonation depths of recycled aggregate concrete (RAC) are smaller than that of the natural aggregate concrete (NAC).

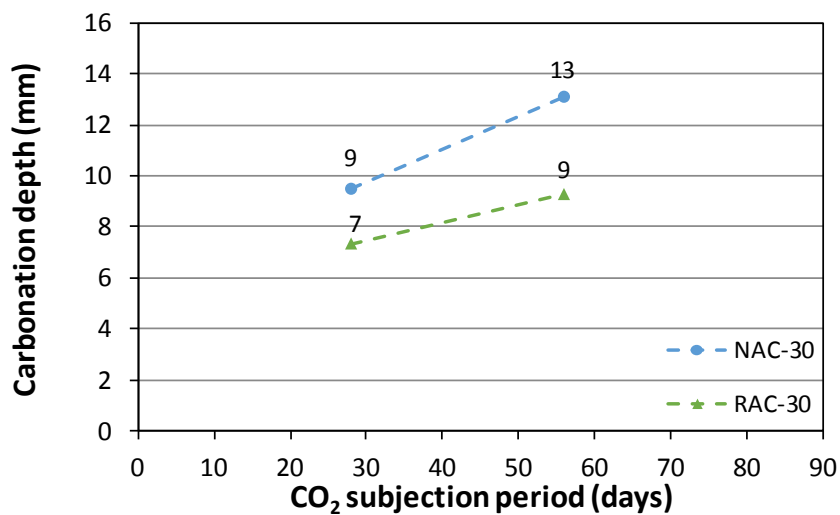


Figure 2.11 Carbonation depth of NAC-30 and RAC-30 (w/b = 0.6)

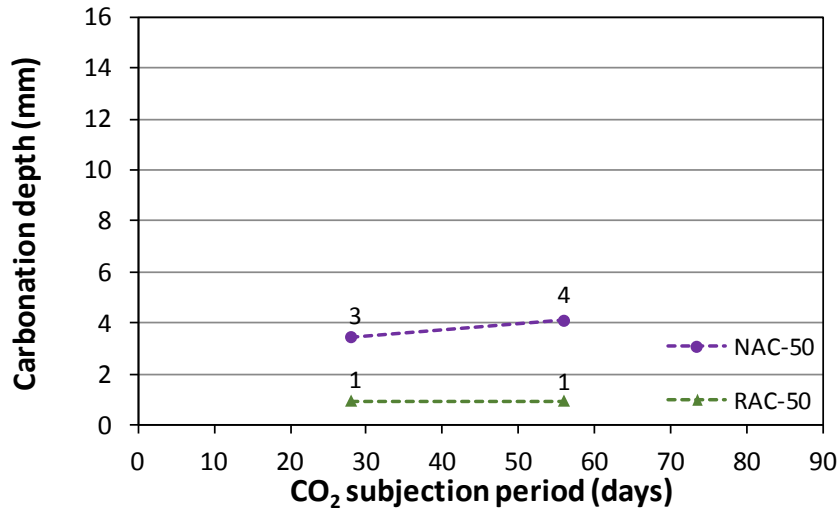


Figure 2.12 Carbonation depth of NAC-50 and RAC-50 (w/b = 0.4)

2.3.5 Chloride permeability by rapid chloride permeability test (RCPT)

Chloride penetration resistance was observed in terms of chloride permissibility. The test was conducted on Ø100x200 mm concrete cylinder specimens. The specimens were cured in water until reaching the test age. The charge passed was measured at 28, 56 and 91 days and the interpretation of chloride permissibility was made according to ASTM C 1202 as tabulated in **Table 2.4**.

Table 2.4 Chloride ion penetrability based on charge passed (Reference: ASTM C 1202)

Charge Passed (coulombs)	Chloride Ion Penetrability
>4,000	High
2,000-4,000	Moderate
1,000-2,000	Low
100-1,000	Very Low
<100	Negligible

The results of charge passed measured at 28, 56 and 91 days are depicted in **Figure 12.13** and **Figure 12.14** for Grade 30 and Grade 50 concrete mixtures, respectively. It is clear that the values of charge passed of recycled aggregate concrete (RAC) are higher than those of the natural aggregate concrete (NAC) at all test ages. In other words, the chloride ion penetrability of recycled aggregate concrete (RAC) is higher than that of the natural aggregate concrete (NAC).

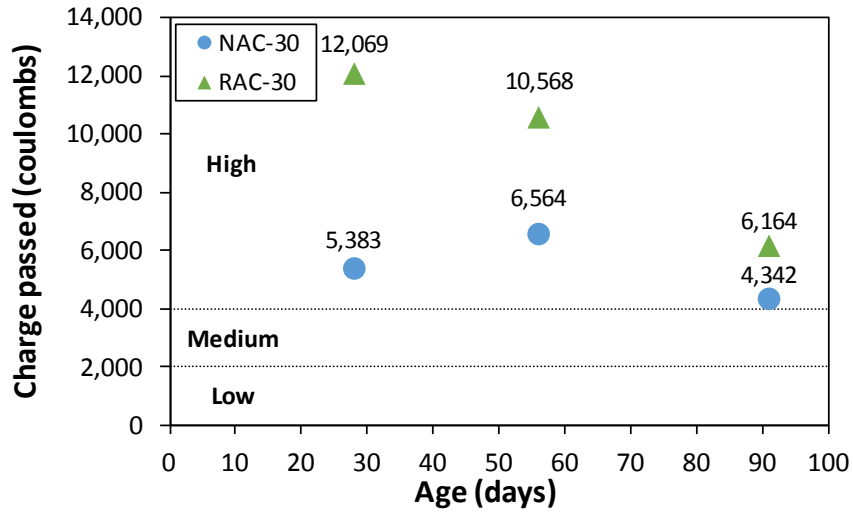


Figure 2.13 Charge passed of NAC-30 and RAC-30 (w/b = 0.6)

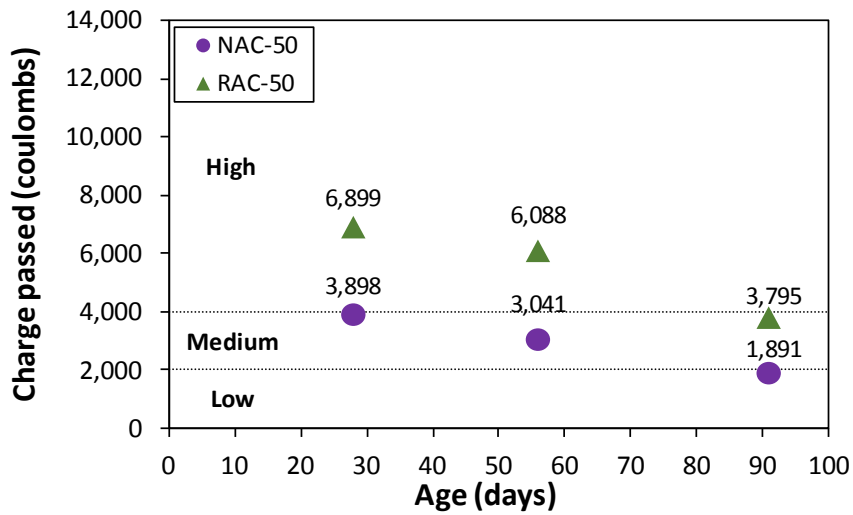


Figure 2.14 Charge passed of NAC-50 and RAC-50 (w/b = 0.4)



Measurement Certification

Certification No. 証明書番号 1910167

計量証明書

発行日: 2019年10月30日

SAEZONE, Inc.
星尊有限会社

殿

計量証明事業登録 京都 第1036号 (濃度)
有限会社 環境総合管理機構
〒610-0362 京都府京田辺市東西新區48-7
TEL 0774-66-2931 FAX 0774-66-2941
環境計量士 太田 彰
第環6617号

subject: Elution test in recycled fine aggregate from Thailand
件名: タイ再生細骨材 溶出試験

receiving date 受入日 : 2019年10月26日
sampling date 試料採取日 : 2019年10月26日

加工し水カ(1回)を
施す試料

下記の試料についての計量の結果を次のとおり証明致します。 This is to certify the measurement result of the sample below.

Items 計量項目	name 試料名	unit 単位	recycled fine aggregate	standard value	minimum value	measuring method 計量方法
			result			
六価クロム	Cr 6+	mg/L	0.06	0.05 under	0.04	JIS K0102 65:2.1 吸光光度法 absorption photometry
			以下余白			
【特記事項】			<ul style="list-style-type: none"> ・ 定量下限値未満の値を N.D と表示する。 ・ 試験方法: 土壌の汚染に係る環境基準について (環境庁告示第46号) 			



Environmental Analysis Report
Kasetsart University
(The Energy and Environmental Engineering Center)

Contact Name : SAEZONE Inc.
2-1-5, Shimamachi, Chuo-ku Osaka, 540-0034 JAPAN
Sample Code : Recycled fine aggregate NO.2
Collected Date : 2nd December 2019

再生細骨材の大便70%調査
(セメント換積後)

NO.	Contaminant/CAS No.	Concentration in eluent solution (mg/L)	Analysis	Reported Date
1	Hexavalent Chromium	ND	APHA, AWWA, WEF (2012) 3500-Cr B.	28 th January 2020

Note: ND is Not detected (detection limit of Standard curve at 0.1 ppb)

Analysis:

1. Test Methods of Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods (SW-846) by United States Environmental Protection Agency, USEPA
2. United States Environmental Protection Agency (US EPA). Method 5021. Volatile organic carbon Compounds in soils and other solid matrices using equilibrium headspace analysis. Washington: US EPA, 1996
3. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation. Method 6200 A.22nd Edition, 2012



(Assoc. Prof. Sanva-sitvithayapakorn)
Project Leader, Academic Services and Counseling
Analysis and control of environmental quality

再-2



Environmental Analysis Report
Kasetsart University
(The Energy and Environmental Engineering Center)

Contact Name : SAEZONE Inc.
2-1-5, Shimamachi, Chuo-ku Osaka, 540-0034 JAPAN
Sample Code : Samp_MW01
Collected Date : 18th January 2020

(BHAの土地内の土壌調査)

NO.	Contaminant/CAS No.	Concentration in upper soil (mg/kg)	Concentration in lower soil (mg/kg)	Concentration in groundwater (mg/L)	Analysis	Reported Date
1	Hexavalent Chromium	13.30	10.68	ND	APHA, AWWA, WEF (2012) 3500-Cr B.	27 th January 2020

大雨 汚水

地下水

Note: ND is Not detected (detection limit of Standard curve at 0.1 ppb)

Analysis:

1. Test Methods of Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods (SW-846) by United States Environmental Protection Agency, USEPA
2. United States Environmental Protection Agency (US EPA). Method 5021. Volatile organic carbon Compounds in soils and other solid matrices using equilibrium headspace analysis. Washington: US EPA, 1996
3. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation. Method 6200 A. 22nd Edition, 2012



(Assoc. Prof. Janya Sriwithayapakorn)
Project Leader, Academic Services and Counseling
Analysis and control of environmental quality

再-2



Environmental Analysis Report
Kasetsart University
(The Energy and Environmental Engineering Center)

Contact Name : SAEZONE Inc.
2-1-5, Shimamachi, Chuo-ku Osaka, 540-0034 JAPAN
Sample Code : Samp_MW02 (upper soil @50cm from top soil)
Collected Date : 18th January 2020

NO.	Contaminant/CAS No.	Concentration in soil (mg/kg)	Analysis	Reported Date
1	Hexavalent Chromium	12.22	APHA, AWWA, WEF (2012) 3500-Cr B.	27 th January 2020

Note: ND is Not detected (detection limit of Standard curve at 0.1 ppb)

Analysis:

1. Test Methods of Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods (SW-846) by United States Environmental Protection Agency, USEPA
2. United States Environmental Protection Agency (US EPA). Method 5021. Volatile organic carbon Compounds in soils and other solid matrices using equilibrium headspace analysis. Washington: US EPA, 1996
3. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation. Method 6200 A. 22nd Edition, 2012



(Assoc. Prof. Dr. Witthayapakorn)
Project Leader, Academic Services and Counseling
Analysis and control of environmental quality

2021. 5. 17

「タイ国コンクリート廃材の無害化・再資源化による資源循環ループの確立案件化調査」

第2回技術セミナー（2021. 5. 11）実施報告要旨

- (1) 実施日時 2021年5月11日 15時30分～18時00分
- (2) 場所 Zoom Webinar
- (3) セミナー目的・概要

世界的な新型コロナウイルス感染拡大のため現地渡航再開時期が見通せないため、タイ国での開催からオンラインセミナーに切り換えた。内容は、タイ国内コンクリート廃材から提案技術で製造した再生骨材および再生骨材使用コンクリートの品質・特性評価を中心に、提案技術の優位性・有効性の理解を深めることに主眼を置いた。

なお主催はMOUに基づいて、土木・都市計画局・ラームカムヘン大学・星尊の共催とした。

①テーマ

●再生コンクリート骨材および再生骨材コンクリートの基本特性

(タマサート大学シリントーン国際工学部/Somnuk 教授)

●日本における再生骨材コンクリートの最新の規格と星尊技術の紹介

(星尊/柴谷常務)

②セミナーの案内

Recycling from Concrete mass to ready-mixed concrete

**Recycled Aggregate Concrete:
Fundamental Studies and Applications**

11 May, 2021 (Tuesday)
13:30 – 16:00 (150 min.)
By Zoom Webinar
Language : Thai/Japanese(Translation)

Guest Speaker
Dr. Somnuk Tangtermsirikul
Professor of SIIT
◆ Properties of Recycled Aggregates in Thailand
(Fundamental Studies, Standards)

Application for participation
https://zoom.us/webinar/register/WN_bgEk2QILRtSh20VjcykQhg

Organized by SAEZONE, Inc.

Schedule	
13:30 - 13:35	Opening remarks from SAEZONE, Inc.
13:35 - 13:40	Speech from SAEZONE Inc. (Mr. Shibatani)
13:40 - 13:55	Speech from Faculty of Engineering, Ramkhamhaeng University
13:55 - 14:10	Speech from Department of Public Works and Town & Country Planning, Ministry of Interior
14:10 - 15:00	Presentation & Q&A "Properties of Recycled Aggregates in Thailand" (Fundamental Studies, Standards) by Prof. Somnuk Tangtermsirikul SIIT
15:00 - 15:05	Break time
15:05 - 15:55	Presentation & Q&A "Recycled Aggregate in JIS and Advanced Technology of SAEZONE" by Mr. Shibatani SAEZONE Inc. Chairman of ACRC
15:55 - 16:00	Closing and Voting

Organized by SAEZONE, Inc.

③参加者

108名（土木・都市計画局、TIS企画局、国道局、海軍局、タイコンクリート協会、サイアムセメントおよび関連会社、建築設計会社、大学など研究者、学生）

当日 Webinar の参加者制限のためオンライン参加できなかった人には、別途 Facebook LIVE での視聴も可能とし、4名が参加した。また、5月17日から31日までの限定で YouTube に録画の配信もしている。

（4）開催結果・所見

大学の研究者・学生の参加者がやや多かったが、参加者の分野としては第1回の技術セミナーと同様に産官学の多方面にわたり108名と盛況であった。

オンラインセミナーのための制約があったが、多くの質問があり関心の高さがうかがえた。

タイ国内コンクリート廃材から提案技術を使って製造した再生骨材および再生骨材利用コンクリートの品質・特性が天然骨材とほぼ同等であること、再生骨材製造方式についての提案技術の優位性・有効性の理解を深めることが出来たと思料する。（以下、アンケート結果参照）

また、講演に先立っての「土木・都市計画局」「ラームカムヘン大学」からの挨拶において、この取り組みが3者MOUに基づいての活動であること、最終的には事業化を目指しており是非一貫製造工程の設置による事業化の検証に進めたいこと、そのために設備の設置場所の提供には全面的に協力することなど、心強い意思表示があり大変有意義であった。

（5）アンケート結果まとめ（詳細は別添の通り）

①提案技術に対し興味があるとの回答は回答者中81%で、理解を深めることが出来た。

②試験結果に対しては79%が有益であるとの回答で、再生骨材製造方式についての提案技術の優位性・有効性の理解を深めることが出来た。

③再生骨材、再生骨材コンクリートを利用するに当たって最も重要な条件として、価格より安全性・品質を挙げた回答者の方が多かった。タイ国のグリーン政策が浸透している現れと思料する。

（価格重視：23%、安全性重視：19%、品質重視：40%）

④88%の回答者が、条件さえ合えば再生骨材使いたいとの回答であった。

以上