

平成 27 年度我が国循環産業海外展開事業化促進業務「タイ王国バンコク地域における建設副産物の再資源化によるコンクリート用再生骨材製造システム確立事業」

報告書

平成 28 年 3 月

星尊 株式会社

はじめに

建設副産物は再資源化を図ることで、都市圏の開発の根幹を支えるインフラ整備事業に活用することが出来る。特に、構造物等に用いるコンクリートは汎用性が高い材料であり、都市再開発事業により大規模な発生が予想されるコンクリート廃材を、再びコンクリートの原料として再利用することが、骨材の原料となる砂礫類の採取に起因する資源の枯渇と、周辺地域に広がる環境負荷の低減及び山地の環境保全等に寄与することが考えられる。

コンクリート廃材を再資源化した砂と砂利を、一般的に「再生骨材」と呼ぶ。再生骨材をコンクリート用の原料とするためには、密度や吸水率、及び不純物の含有率等、定められた基準を満たす必要がある。最も重要な項目となる密度や吸水率は、岩石の性状により異なるため、様々な試験を行い品質管理する。

星尊有限会社は、建設副産物として発生するコンクリート廃材を、レディーミクストコンクリート用再生骨材へ再資源化する技術を用いて、都市再開発に係るリサイクル事業を推進する企業である。

また、弊社は関連会社を通じて、関西圏で発生するコンクリート廃材を対象とした再資源化のプラントを設置運営している。現在までに、国内の建設会社を始め、欧州（ラファージュ社等）、南米（アルゴスセメント社）、韓国やシンガポールの国家機関が携わる研究所から弊社施設見学が続き、あらためて海外に対する技術協力の必要性を感じた。

今後は、特に要望の高い東南アジアやインドなどを対象とした海外展開を企図している。

一方、サイアム・セメント・グループ（以下、「SCG」）は、タイにおける都市開発が進む中、将来のコンクリート廃材の発生増大と骨材価格の上昇を見越し、コンクリート廃材から再生骨材を回収、リサイクルの可能性を模索し、数年前から度々欧州、中国、シンガポール及び日本に視察を行っていた。

そのような中、SCGは2015年に自社で実証プラントの立ち上げを予定していたが、再生骨材のリサイクル技術と事業化についての知見が乏しいことから、弊社に対し、技術協力の打診がなされた。

Summary

This report is verified the possibility of industrialization for recycled aggregate manufacture, subject to establish manufacturing system for recycled aggregate by concrete waste of building by-product created in Bangkok Thailand to use know-how of industrialization or high technology which established and developed by SAEZONE.

This recycled aggregate manufacture system will contribute to inhibit the depletion of sands or gravels for raw material of aggregate, to reduce loads on the environment in mountainous areas and CO₂ by carrier or facilities and make recycling circulation type society for industrial waste.

The details of verifying are, 1) to establish the collecting system for building waste reasonably and economically, 2) to keep collecting enough amount of concrete waste, 3) to confirm social acceptance by legal system or policy, 4) to investigate, analyze and evaluate the quality of recycled aggregate for concrete.

Through investigation, the industrialization model that based on SAEZONE's massive intensive type business cannot proceed due to lots of issues in Thailand such as low awareness for environment or recycling, legal unsettlement, transportation and condition of construction.

Therefore regarding investigation we decided to change model to small scale distributed type which use defective precast product or unused concrete from facilities or ready mixed concrete manufacturer nearby.

By this model, it is 1) easy to collect concrete waste, 2) the initial cost for capital investment will be lower, 3) operating and managing cost also lower, and 4) the manufactured recycled aggregate will be used for ready mixed concrete.

At Chapter 5 Evaluation for feasibility, this small scale distributed type system for recycled aggregate manufacture is estimated enough feasibility for industrialization if the manufacturing technique will be developed to certify the quality standard for recycled aggregate.

Moreover the effect of environmental load reduction is expected by this model as to reduce CO₂ per year.

At the end, the industrialization of this system will be helpful to build industrial waste circulation type society. And we will keep continuing investigation for the quality of produced recycled aggregate in SCG's pilot plant (L) and finally aim to find out it is good enough to satisfy the JIS A 5022 (M) for ready mixed concrete aggregate by establishment of technology for manufacture.

— 目 次 —

第1章. 事業の目的・概要	1
1.1 事業の目的	
1.2 事業の概要	
第2章. 海外展開計画案の策定	2
2.1 想定する事業内容	
2.2 計画案の概要	
2.3 事業費及び収益性	
第3章. 対象地域における現状調査	8
3.1 対象地域を巡る人口・経済状況及び開発・建設動向	
3.2 法規制の動向	
3.3 コンクリート廃材の発生、処理処分現状	
第4章. 現地政府・企業等との連携構築	17
4.1 現地政府との連携	
4.2 現地企業との連携	
第5章. 実現可能性の評価	23
5.1 事業採算性の試算	
5.2 環境負荷削減効果	
5.3 社会的受容性	
5.4 事業化の可能性評価	
第6章. 海外展開計画案の見直し	26
6.1 海外展開計画案の見直し	
6.2 今後の課題	
〔資料編〕	
資料-1 大規模集約型の事業収支	27
資料-2 バンコク都内の建築廃棄物データ	30
資料-3 プラント「小規模分散型」設計図面	33
資料-4 第1回 SCG 合同会議メモ	34
資料-5 RCA Project	38
資料-6 生コン工場視察メモ	50
資料-7 SCG 協議メモ	53
資料-8 Lプラント視察	56
資料-9 タイ王国バンコク建築廃材データ	58
資料-10 解体現場メモ	63
資料-11 サラブリ県ヒアリングメモ	65
資料-12 MOU 締結	67

第1章. 事業の目的・概要

1. 1 事業の目的

星尊有限会社は、コンクリート廃材（建設副産物）をコンクリート用再生骨材に精製加工する高度な技術を開発し、再資源化する一連の再生骨材製造システムを商用運転している。本事業では、この技術を用いて、タイ王国のバンコク地域で発生する建設副産物のうち、コンクリート廃材を対象として、再生骨材を製造するシステムを確立することにより、再生骨材製造の事業化の可能性を検証するものである。この技術の導入により、骨材の原料となる砂礫類（資源）の枯渇の抑制、採取地となる山間部の環境負荷の低減と、資材の輸送及び再生骨材製造に伴うCO₂削減を図り、合わせて対象国における「産業廃棄物の再資源化循環型社会」の形成に寄与することが期待される。

1. 2 事業の概要

(1) 海外展開計画案の策定

星尊の国内における再生骨材プラントの稼働実績を踏まえ、タイにおける海外展開計画(案)を策定した。
(第2章2. 2 p5~)

(2) 対象地域における現状調査

事業の実現可能性を評価するための前提条件として、必要と考えられる現地の以下の調査を実施した。

- ✓ 廃棄物処理・リサイクルの制度・政策（第3章3. 2 p9~）
- ✓ 社会・経済状況（対象地域を巡る人口・経済状況及び開発・建設動向、骨材・コンクリートの生産状況）
(第3章3. 1 p8~)
- ✓ 再生品・再生エネルギーの売却単価（第4章4. 2 p22、第5章5. 1 p24 表-5）
- ✓ 事業に必要なコスト（イニシャル・ランニングコスト）（第5章5. 1 p24 表-5）
- ✓ 廃棄物の組成・性状調査（第3章3. 3 (2) p15、資料-9 p58）

(3) 現地政府・企業との連携構築

事業を実施するために必要と考えられた関係機関・企業との連携構築や検討を行った。

- ✓ 事業対象とする自治体及び連携する大手解体業者の選定（第4章 p17~）
- ✓ コンクリート廃材とともに混入されている夾雑物の現状把握及びその削減方策（第3章3. 3 (2) p15）
- ✓ 再生骨材（M）の実証プラントの設計（第4章4. 2 (1) ② p21、資料-3 p33）
- ✓ SCGとのLOI(MOU)の締結（第4章4. 2 (1) ② p21、資料-12 p70）

(4) 実現可能性の評価

上記(1)~(3)の調査に基づき、本事業に係る前提条件を整理したうえで、下記の評価を実施

- ✓ 事業採算性（第5章5. 1 p23）
- ✓ 環境負荷低減効果（第5章5. 2 p24）
- ✓ 社会的受容性（第5章5. 3 p25）
- ✓ 実現可能性の評価（第5章5. 4 p25）

(5) 海外展開計画案の見直し

以上の検討を踏まえ、(1)の海外展開計画案の見直しを行った。（第6章 p26）

第2章. 海外展開計画案の策定

2. 1 想定する事業内容

「再生骨材製造事業化」の計画案における目標は、①合理的に回収できる大規模な集約型のコンクリート廃材回収システムを構築し、②有価なレディーミクストコンクリート用の再生骨材に使用するため、JIS A 5022 規定の「M」に相当する品質の再生骨材を製造することとした。

具体的には、星尊有限会社の一連の関連企業で行っている「コンクリート廃材の集約的な回収方式とそのコンクリート廃材から再生骨材を製造し、有価なレディーミクストコンクリートへの骨材を再利用する循環型再利用システムの稼働実績」に基づいて、対象のタイ王国での事業化を計画した。

(1) 我が国の事業化に向けた取組事項

我が国では、「循環型社会形成推進基本法」が整備され、産業廃棄物の再利用が促進されている。特に、建築の分野では、「建設リサイクル法」などに基づき、環境問題も含めた循環型社会の形成推進のための取り組みが近年社会的な機運となりつつある。

これらの法整備により、インフラ工事を含めた、民間工事で発生する建設産業廃棄物が集約的に処理されるとともに、廃棄物発生事業者による処理費負担などの社会的な認知が定着した。この廃棄物を再生処理した材料は、道路用路盤材や埋戻し材などに再利用されてきたが、これらの再利用にも限界があり、コンクリート用の骨材に再利用するべく「再生骨材コンクリート」の JIS 規格が図られ、推進されている現状である。

(2) 事業化に向けた重要事項

「コンクリート用再生骨材製造システム」を事業化運営している、星尊有限会社の一連の事業化で得られた有益な事項については、(3)以降に記載した。

(3) 合理的な法体制

我が国の法体制のうち、「建設リサイクル法」により産業廃棄物の処理が社会的に認知されるとともに、産業廃棄物発生事業者による廃棄物処理費用の負担が一般的に浸透し、現時点でのコンクリート廃材の処理費は 1,000 円/ton である。この処理費用が事業化に向けた重要な一要因となっている。

(4) コンクリート廃棄物の回収方法とその量

建設副産物のうち、コンクリート廃材が発生する場所は広範囲に分布しており、これを合理的、かつ、経済的に回収すること及び、その回収量が事業化の検証には大変重要である。具体的には、星尊有限会社の一連の再生骨材製造事業化では「建設リサイクル法」などによって、地方自治体が集約的回収を支援することで、①大規模な集約的、かつ、合理的な回収と、②一定の回収量の確保に繋がっている。

(5) 再生骨材製造方法の効率

コンクリート用再生骨材を製造するうえで、その製造方法が生産効率及び品質に欠かせない重要な一要因である。現在までに提案されている再生骨材の製造方法には、表 2-1 に示す方法が認知されている。

星尊有限会社の一連の再生骨材製造事業化で採用している製造方法は、弊社が特許取得している「湿式比重選別方式(湿式選別)」を採用しており、その製造効率、特に、歩留まりは、表 2-2 に示すとおり、その他の製造方法よりもかなり優れている。各製造方法による月間生産量とその収支を試算した結果は、図 2-1 に示すとおり、その他の製造効率よりも 4 倍以上優れており、再生骨材製造事業化に向けた製造方法としては、最適な方法であることが確認できた。

再生された骨材のうち、細骨材、粗骨材及び微粉末の製造割合は 50% : 40% : 10% であり、コンクリート廃材の 90% が、コンクリート用骨材である「細骨材と粗骨材」に再利用可能である。

また、製造された骨材の品質は、概ね JIS A 5022:2012 再生骨材 M を用いた、コンクリートの附属書 A(規定)に規定のコンクリート用再生骨材「M」に相当する。

これらの高度処理製造では、①製造コスト、②回収率、③品質の 3 要素が課題であり、各製造方法とも処理回数を重ねれば品質が向上するものの、コストの増大及び回収率の低下に繋がり、微粉末発生の原因となるとともに、再生骨材製造事業化の妨げの一因となる。

表 2-1. 再生骨材製造方法の概要

製造手法		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の処理が必要となる。
	乾式ふるい分け方式	コンクリート塊をクラッシャー等で破碎し、得られた一次破砕材をふる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、粒径が角張っている。
	偏心ロータリー方式 (乾式ロータリー)	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。

表 2-2. 各製造方法による歩留まり一覧

製造手法		歩留まり		
		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% (※1)	30% (※1)	40%
	スクリー摩砕方式 (乾式スクリー)	0% (※2)	40% (※3)	60%
	乾式ふるい分け	0% (※2)	40% (※4)	60%
	偏心ロータリー方式 (乾式ロータリー)	0% (※2)	40% (※3)	60%
湿式	湿式比重選別方式 (湿式選別)	50% (※3)	40% (※3)	10%

(注) ※1：製造した骨材の品質が JIS A 5021 規格の H 骨材の品質である。
 ※2：製造した骨材の品質が JIS A 5023 規格の L 骨材の品質も保証できない。
 ※3：製造した骨材の品質が JIS A 5022 規格の M 骨材の品質である。
 ※4：製造した骨材の品質が JIS A 5023 規格の L 骨材の品質である。

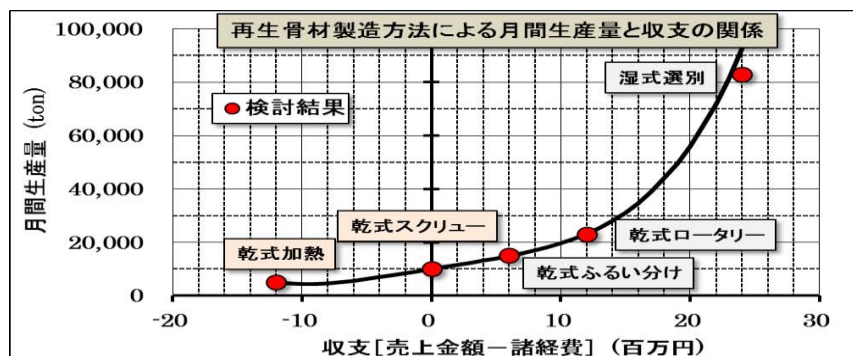


図 2-1. 再生骨材製造方法による月間生産量と収支の関係

(6) 再生骨材の有益な活用

製造した再生骨材の有効利用としては、高価で、かつ、有価なレディーミクストコンクリートの骨材に使用する方法が想定できる。そのためには、再生骨材の品質に応じて、再生骨材を用いたコンクリートの合理的な配合設計と、そのコンクリートの物理特性の把握が必要である。

我が国では、このコンクリートの規格及び、コンクリートの物理特性などが JIS に規格化されており、配合設計の指針などにまとめられている。これらの規準や指針により、再生骨材を用いたコンクリートが容易に製造できる。

再生骨材の品質に応じて、再生骨材を用いたレディーミクストコンクリート及び、プレキャストコンクリートの圧縮強度は、一般的に、JIS に規定されている呼び強度で $Fr=18N/mm^2$ 以上 $Fr=30N/mm^2$ の範囲で使用される。

(7) 再生骨材の品質

再生骨材を用いた、レディーミクストコンクリートあるいはプレキャストコンクリートでも、コンクリートとしての要求項目がある。その要求項目は、①圧縮強度、②耐久性、③施工性などであり、事業対象のタイ王国で製造されている、コンクリートの強度範囲及び耐久性を満足させる必要がある。

我が国内で使用している、一般的なコンクリート強度範囲と同等であると想定し、 $Fr=18N/mm^2$ 以上 $Fr=36N/mm^2$ 以下の強度範囲及び、60 年の耐久性に適用させるための再生骨材の品質は、表 2-3 に示す M 以上の品質が望ましい。

表 2-3. 再生骨材の品種と各品質基準一覧

区分	品種別	絶乾密度(g/cm^3)	吸水率(%)	微粒分量(%)
再生粗骨材	H	2.5 以上	3.0 以下	1.0 以下
	M	2.3 以上	5.0 以下	2.0 以下
	L	—	7.0 以下	3.0 以下
再生細骨材	H	2.5 以上	3.5 以下	7.0 以下
	M	2.2 以上	7.0 以下	8.0 以下
	L	—	13.0 以下	10.0 以下

(注) H : JIS A 5021 規定の骨材の品質
M : JIS A 5022 規定の骨材の品質
L : JIS A 5023 規定の骨材の品質

(8) 再生骨材事業化に伴う事業収支

星尊有限会社の一連の関連企業で行っている「コンクリート廃材の集約的な回収方式とそのコンクリート廃材から再生骨材を製造し、有価なレディーミクストコンクリートへの骨材を再利用する循環型再利用システムの稼働実績」に基づく再生骨材製造システムの事業化有効性評価は、図 2-2 及び図 2-3 にそれぞれ示すとおりである。

再生骨材製造事業化計画の検証では、①製造した再生骨材を路盤材で販売した場合と、②製造した再生骨材をコンクリート用の骨材として販売した場合について、事業収支を比較した。その検証結果から、それぞれの場合の利益分岐点は、路盤材として販売した場合の月間コンクリート塊受入量が $53,118m^3$ 、生コンクリートとして使用した場合の月間コンクリート塊受入量が $43,397m^3$ と検証された。

再生骨材製造事業化では、製造した再生骨材を有価なレディーミクストコンクリート用の骨材として活用する方が有効性に富んでいることと、再生骨材を製造するためのコンクリート廃材が合理的に集約・回収され、かつ、その回収量が多いことなどが事業収支に有益である。

なお、再生骨材を製造するための固定費、土地借用地代、諸経費及び売上高の諸量は、星尊有限会社の一連の関連企業で行っている「コンクリート廃材の集約的な回収方式とそのコンクリート廃材から再

生骨材を製造し、有価なレディーミクストコンクリートへの骨材を再利用する循環型再利用システムの稼働実績」に基づいている。

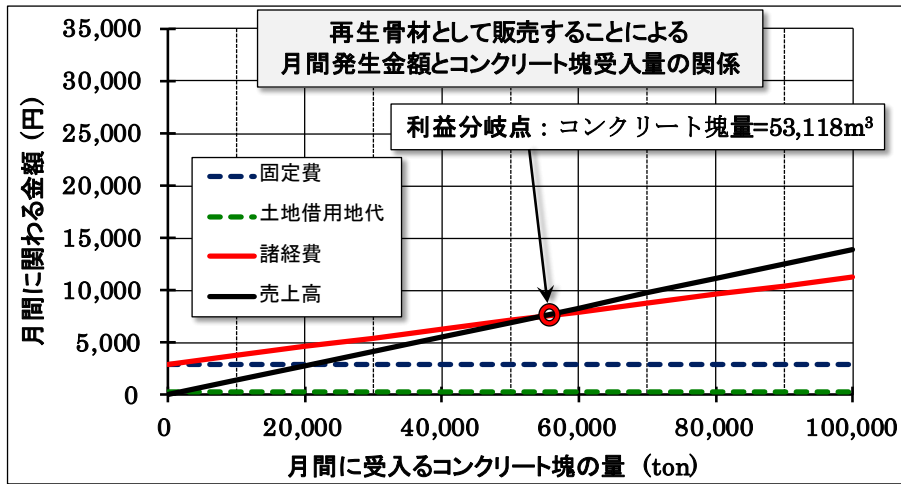


図 2-2. 再生骨材を販売した場合の事業収支に関する収益性

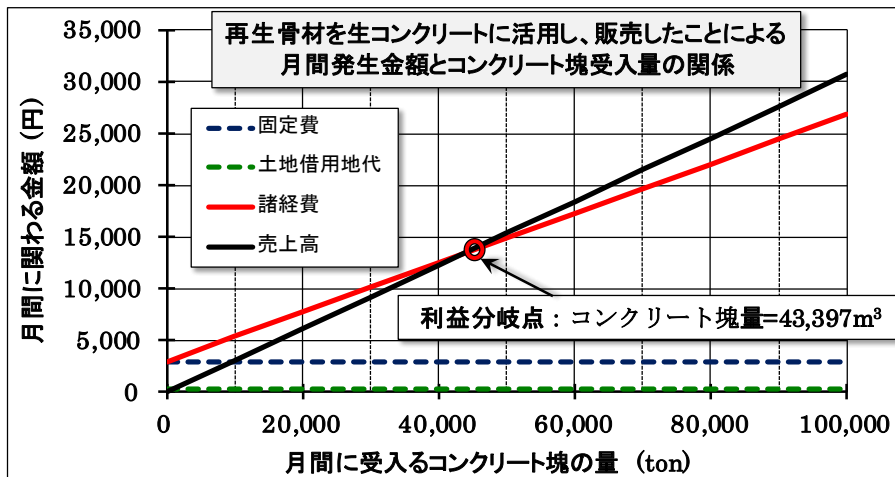


図 2-3. 再生骨材を生コンクリートに使用した場合の事業収支に関する収益性

2. 2 計画案の概要

(1) 原料及びその発生量

原料は、主に、バンコク都内の解体建築物から発生するコンクリート廃材とする。再生骨材を製造するためのコンクリート廃材は、主に、バンコク都及び周辺から発生するコンクリート廃材を集約的に回収、収集されたものを計画する。その発生量は、前章で検証した星尊有限会社の検証内容に基づいて、年間 600,000ton (=月間 50,000ton ; =日間=2,000ton ; =時間=250ton) を計画する。

(2) 回収場所及び敷地

コンクリート廃材の回収場所は、集約型回収と再生骨材製造が同一敷地内にあり、かつ、敷地に隣接してレディー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で、バンコク都内ではなく、サラブリー県内の場所を計画する。製造した骨材は、レディーミクストコンクリート工場及び二次製品工場のレディーミクストコンクリート用の骨材として使用するものとする。この二次製品工場は、サイアム・セメント・グループ (以下、SCG と称する) コンクリートの二次製品工場とする。

(3) 製造施設の規模及び建築面積

再生骨材製造工場の規模は、再生骨材の時間当たり 150ton の製造能力とする。

2. 2(1)で示したように、施設の最大処理能力を時間当たり 250ton と定める。しかし、作業時の平均的な時間当たりの処理量は、投入する原料の資質（全体で細かい部分が多い時）や一時的な保全処理等に起因して制限され、最大製造能力より 8 割から 7 割（200 ton から 170 ton）程度に留まる。更に、この処理量に対して、ライン作業の負担の軽減を考慮し、前述の下限値 7 割から 1 割減じて、最大製造能力の 6 割、時間当たり 150ton をタイにおけるライン作業時の平均的な製造能力と定める。

敷地面積は 50,000m²で、施設の建築面積は 33,600m²とする。

(4) 製造設備の構成

製造設備は、星尊有限会社の関連会社が保有する湿式比重選別方式の機器とする。その設備は、図 2-4 に示すとおり、回収されたコンクリート廃材を、①前処理工程（破碎工程）、②磨鉱工程、③比重選別の 3 工程から構成され、再生骨材を湿式により製造する。

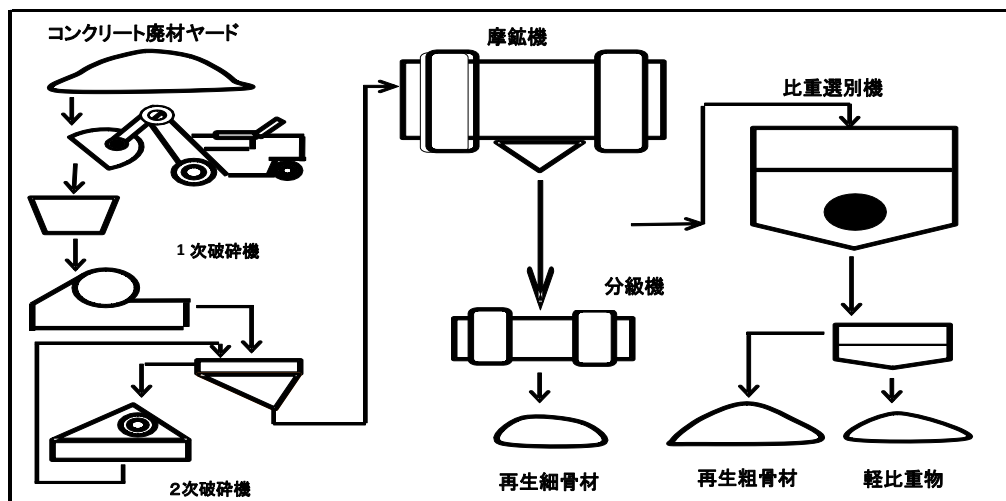


図 2-4. 再生骨材の製造フロー

(5) 再生骨材の販売

製造した再生骨材のうち、細骨材及び粗骨材は、再生骨材製造敷地内、隣接するレディーミクストコンクリート工場、または、二次製品工場に販売を予定する。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。

2. 3 事業費及び収益性

事業費用及び再生骨材製造事業の収益性は、星尊有限会社の日本国内実績に基づき、タイ王国の事業採算性の検討を行う。検証の前提条件として、コンクリート廃材の受入量 360,000ton/年から、再生骨材を製造する生産量を 324,000ton/年、軽比重物の生産量を 36,000ton/年に設定する。

また、再生骨材製造における前処理施設詳細工程及び骨材化施設の詳細工程は、150ton/時間、8時間/日、300日/年を、水処理施設の詳細工程は、300m³/時間、8時間/日、300日/年を計画する。

試算結果は、表 2-4 に示すとおり、再生骨材製造事業収支は、304,490 千円/年の収益が見込まれる。

なお、事業化対象のタイ王国でコンクリート廃材の受入費用が見込めない場合でも、124,490 千円/年

の利益が見込まれることとなる。

ただし、搬入されるコンクリート廃材の品質、混入する夾雑物の量による歩留まりや製品割合の変化など、解体業者による分別解体に係る追加コストを、再生骨材の生産側が負担するのでは収益が望めない。

したがって、一定規模以上の建物解体時には、分別解体の義務付けや処分場の延命化による便益を受ける自治体が、分別解体に係る追加コストを負担する行政の仕組みを作る必要があると考えられる。

表 2-4. 大規模集約型の再生骨材製造事業化の収支一覧

1.収入金額		総合計 547,200 千円	
1) コンクリート廃材受入費	500 円/ton	360,000 ton	180,000 千円
2) 細骨材販売費	1,000 円/ton	180,000 ton	180,000 千円
3) 粗骨材販売費	1,300 円/ton	144,000 ton	187,200 千円
4) 軽比重物販売費	0 円/ton	36,000 ton	0 千円
2.支出金額		総合計 242,710 千円	
1) 建設費(プラント・土木建築関連、各施設・電気等)		一式	74,140 千円
施設関係の減価償却は 10 年均等とする。			
2) 人件費	5,000 千円/人	10 人	50,000 千円
3) 製缶に係わる設備等の費用		一式	118,570 千円
内 訳			
(1) 電気代		一式	(53,950 千円)
(2) 水道代		一式	(6,300 千円)
(3) 保守点検費		一式	(57,600 千円)
(4) 廃棄物処理代		一式	(720 千円)
3. 事業収支(利益)		総合計 304,490 千円	

(注) 大規模集約型の事業収支詳細は、資料-1 による。

※ 解体現場から収集したコンクリート廃材には、軽比重物におけるモルタル分以外の夾雑物が混入するため、軽比重物のうち、1割に相当する量を最終的に廃棄する物として、処理代を計上した。

第3章. 対象地域における現状調査

3. 1 対象地域を巡る人口・経済状況及び開発・建設動向

(1) 対象地域を巡る人口・経済状況

タイは国土面積約 51.4 万km²（日本の約 1.4 倍）、人口およそ 6700 万人、首都バンコクは全人口の約 15%が集中する大都市である。かつては農業中心の国であったが、現在は工業輸出国へと大きく変貌を遂げている。

経済の安定や外国企業の積極的な進出を背景にした 1980 年代以降の高度経済成長はすさまじく、1985 年～1995 年にかけての 10 年間、年間平均 9%の経済成長率を記録した。政情不安によるクーデター、アジア通貨危機、大規模自然災害、様々な要因で浮き沈みはあるものの、タイは高い経済成長を続けている。一人あたりの GDP は 2010 年に 5,000 ドル、2013 年には 6,000 ドルを超え、引き続き力強く成長することが見込まれている（表 3-1～3-3）。

人口に関しては「世界銀行 2012 人口調査」によると 2012 年時点で 6,679 万人ではあるが、日本と同様に少子高齢化・晩婚化が進んでおり、2030 年頃を境に減少傾向にあると見込まれている（表 3-4～3-5）。

表 3-1. 国内総生産の実質成長率

(単位 %)

国(地域)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
世界	3.6	4.1	4.0	1.5	-2.0	4.1	2.8	2.2	2.3
アジア									
日本	1.3	1.7	2.2	-1.0	-5.5	4.7	-0.5	1.8	1.6
タイ	4.2	4.9	5.4	1.7	-0.9	7.4	0.6	7.1	2.9

表 3-2. 国内総生産（名目 GDP, 米ドル表示）

(単位 100 万米ドル)

国(地域)	2000	2005	2010	2012	2013
世界	33,224,805	47,153,369	65,349,223	73,630,551	75,566,322
日本	4,730,102	4,578,144	5,510,722	5,952,575	4,920,680
タイ	126,148	188,847	338,778	393,185	420,167

表 3-3. 1 人当たり国内総生産（名目 GDP, 米ドル表示）

(単位 米ドル)

国(地域)	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2012	2013
世界	2,772	4,303	5,372	5,423	7,240	9,451	10,402	10,553
アジア								
日本	11,448	24,971	42,642	37,295	35,835	43,038	46,668	38,644
タイ	773	1,561	2,865	2,023	2,881	5,102	5,887	6,270

表 3-4. 年齢構成の推移 (1950~2050 年)

総人口 (1,000 人)		年平均 増加率 (%)	従属人口 (%)		中位 年齢(歳)	
女 (%)			15 歳未満	65 歳以上		
タイ						
1950	20,607	49.8	...	42.1	3.2	18.6
1960	27,362	49.9	2.9	42.9	3.3	18.7
1970	36,879	49.9	3.0	44.1	3.5	17.9
1980	47,369	49.9	2.5	39.4	3.7	19.7
1990	56,583	50.5	1.8	30.2	4.5	24.3
2000	62,343	50.9	1.0	24.2	6.6	30.1
2010	66,402	51.0	0.6	19.3	8.9	35.4
2020	67,858	51.2	0.2	15.7	13.0	40.5
2030	67,554	51.3	-0.0	13.7	19.5	45.0
2040	65,520	51.4	-0.3	13.0	25.9	48.5
2050	61,740	51.3	-0.6	12.5	30.4	51.1

表 3-5. 出生率の推移

(単位 1,000 人当たり)

国 (地域)	1975 ~80	1980 ~85	1985 ~90	1990 ~95	1995 ~00	2000 ~05	2005 ~10	2010 ~15	2020 ~25	2030 ~35
世界	28.3	27.8	27.4	24.3	21.8	20.6	20.1	19.5	17.4	16.1
先進国	14.9	14.5	13.9	12.4	11.2	11.1	11.4	11.2	10.7	10.3
開発途上国	32.8	31.9	31.2	27.5	24.4	22.9	22.0	21.3	18.7	17.1
アジア	29.7	28.9	28.7	24.5	21.0	19.3	18.5	17.7	15.0	13.3
日本	15.2	12.8	11.2	9.9	9.5	8.9	8.7	8.4	7.8	7.8
タイ	29.1	24.3	20.5	18.1	15.7	13.6	11.8	10.4	8.9	8.3

※表 3-1~3-5 : 出典) 総務省統計局 世界の統計 2015

3. 2 法規制の動向

タイ国における廃棄物関連法規は多岐に亘り、法律毎に異なる省庁が異なる立場から管理しているため、また、廃棄物自体が元来、必ずしも一元的に管理できる質のものでないこともあり、他国同様、大枠はあるものの、タイ政府として方針を確定するまでに関係者間の更なる調整を要する事項も少なくない状況にある。建設廃棄物に関する法規制も同様に、環境に関する国家方針・施策の提案、公害管理、環境基準、固形廃棄物と有害廃棄物などの業務を所管する天然資源環境省、域内の一般廃棄物管理に責務を負う地方自治体、地方自治体を管理する内務省、産業廃棄物所管省庁である工業省などが、建設廃棄物の適正処理についても、E-Waste などと共に取り組むべき課題の一つと認識されているものの具体的な取組については議論が進んでいないのが現状である。

本節ではタイ国の廃棄物関連法規、所管省庁、業務内容などにつき概要をまとめると共に、今後の可能性につき整理を行う。また併せて、再生骨材事業・事業化において必須条件と位置付ける製品の付加価値の観点から、タイ国・工業規格につき、所管省庁も含め概要を述べる。

(1) タイ国における廃棄物区分

タイ国における廃棄物区分、並びに所管省庁を表 3-6 に示す。

表 3-6. タイ国における廃棄物、並びに所管省庁・行政機関

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

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、あるいは公共の場に廃棄された場合は一般廃棄物となるが、埋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。

タイ国における廃棄物に関する主な法律を表 3-7 に示す。

上述のとおり、タイ国内における廃棄物は、幾つもの法規によりそれぞれの観点から定義され、規制されている。大別すると、環境保全保護、公衆衛生、公害防止・有害物質管理、産業廃棄物管理、放射性廃棄物管理、感染性廃棄物管理、自治体への権利・義務の観点から制定されている。

表 3-7. 廃棄物関連法一覧

法律名	概要(廃棄物関連のみ)
自治市法B.E.2496(1953年)	自治体への(廃棄物管理を含む諸行政事項に関する)政令施行権限の付与など
平和利用を目的とする原子力法BE2504	放射性廃棄物管理
国家環境保全推進法B.E.2535(1992年)	国家環境評議会、公害管理委員会設立 国家環境計画制定
公衆衛生法B.E.2535(1992年)	一般廃棄物、感染性廃棄物定義、管理規定
有害物質法 B.E.2535(1992年)	有害物質規定、有害物質管理規定
工場法 B.E.2535(1992年)	(同法に基づく省令など)産業廃棄物管理
都市環境秩序保全法 B.E.2535(1992年)	自治体による所管域内の環境秩序維持規定
県行政機関法 B.E.2540(1997年)	県政府による市・郡行政機関への(廃棄物管理を含む)支援に関する規定
地方分権法 B.E.2542(1999年)	地方自治体による公共事業(廃棄物管理を含む)実施に関する規定

各法ごとに、所管省庁と定められた省庁がそれぞれの準拠法に基づき国家計画を策定、また省令、省通達を、また所管部局が局通知などを発令し、細則を定めると共に法規制の運用・管理を行っている。表 3-7 に記載した法律の中で、建設廃棄物と関わるものの位置付けを精査した結果を以下に示す。

①公衆衛生法

廃棄物に対して「紙屑、繊維屑、厨芥、廃品、廃プラスチック、食品容器、灰、動物の糞尿、動物の死骸、その他道路、市場、動物飼育場またはその他の場所から掃除し集めた物を含む」（第4条）と定義している。したがって建設廃材については、道路など公共の場所に廃棄・放棄されたものについては同条に基づき一般廃棄物の区分となる。また廃品、廃プラスチックを含む混合廃棄物と見做せばこちらも建廃＝一般廃棄物と解釈できなくもない。その場合、同法18条にて一般廃棄物の処理は地方自治体の責務と規定されており、廃棄物発生地区を管轄する地方自治体が管理を行うことになる。

②地方分権法

同法では第16条にて、パッタヤ特別市、その他の市、郡自治体に対して、所管地域の公益に資する目的で、以下の公共サービス提供に係る開発計画の策定、水道光熱を含む公共事業、下水・固形廃棄物・汚水処理システム、公衆衛生、医療サービスを提供する権限を付与している。併せ県自治体に対しても県レベルでの開発計画策定、関係機関の調整、地域開発を目的とする県内自治体支援、中央政府機関との調整・協力、下水処理、固形廃棄物処分、環境管理、公害防止などの権利と義務が規定されている。

③県行政機関法

同法では「県行政府に付与される権限・義務として、収集、輸送、処分など都市廃棄物管理は市・郡など自治体などが権限を有し、且つ義務を負うが、特に処分に関して市、郡では対応できない場合には、県行政府が主体となり、衛生埋立処分場、総合廃棄物センターなどの建設を行うことを認める」と規定している。

④工場法

工場法では第八条5項にて「事業監督のために大臣は(中略)、工場事業より発生し環境に影響を与え得る廃棄物、汚物その他のものの排出を監督する基準、及び方法の規定を義務付ける権限を有する」と規定しており、同法(同条項)に基づく省通達が工業省から発令されている。最新の省通達(2005年 第三号)では、産業廃棄物を「不用物、又は、生産活動から発生する、原料からの廃棄物、生産工程で発生する廃棄物、質的に劣化した製品を含む全てのタイプの廃棄物、及び有害成分を含み又はその性質をもつ排水をいう」、有害廃棄物については、「有害成分を含み、有害物質で汚染されている、又は、この公示付録2に規定されている有害な性質をもつもの」と定義、併せて6桁のコードで区分される廃棄物コードを附則している。廃棄物コードは2桁の数字を3つ組み合わせたものとなっており、左から順に事業種、発生プロセス、廃棄物種を示している。4桁までのコード区分で108種類、6桁までの区分では808種類となっている。建廃は第17分類(Construction & Demolition Waste)に分類されている。なお、建廃ではないが、本調査対象事業で原料利用し得る可能性を有する建設資材製造から廃ガラス、コンクリート廃材、第10類(10 12 08 熱処理を行った廃陶器、煉瓦、タイル、及び建設資材)に区分されている。次項3.3の表3-8に17分類の一覧を転記する。

表3-8に記載された区分、並びに非有害、有害区分からは、建廃が産廃に区分された場合、発生源でしっかりと分別されれば良いが、分別が徹底しない場合、有害物質が混入している可能性を否定し得ない場合は、有害産業廃棄物として取り扱わざるを得なくなる。その場合、有害貨物は輸送についても工業局からの許可を取得する必要があるほか、原則、マニフェスト制度を利用して届け出を行う必要があるなど、一廃扱いの場合に比して取扱いの手間暇とコストが増えることが予想される。

一方で産業廃棄物は、工業局が中心となり、第三類の工場に区分される工場に対してより厳密な運営を行う方針を明確に打ち出しており、ある一定以上の規模の建設会社を産業廃棄物排出業者と位置付けることができれば、タイ国における建廃処理の適正化が飛躍的に改善される可能性がある。

⑤国家環境保全推進法

1975年にタイ国の環境政策の枠組みを定めた法として制定され、その後、1992年に大幅に改正された。「国家環境質向上保全法」改訂法が、現時点でのタイ国における環境管理の基本法となっている。同法では廃棄物を「汚染源より放棄された、またはもたらされた固体、液体、また塵芥、汚物、排水、汚染空気、汚染物質またはその他の危険物、並びにそれらの残さ、沈殿物及び残留物をいう」と定義している。そのうえで環境保全推進の観点から、(i) 国家環境委員会の設立、(ii) 公害対策委員会の設立、(iii) 組織規定や環境基金の設立、(iv) 環境基準の制定、(v) 環境影響評価等に関する規定を定めている。

今後の可能性

タイ国は2014年5月22日に、現政権である「国家平和秩序維持評議会（NCPO）」が誕生し、今日に至るまで政権運営を担っている。同政権は2017年6月～8月に国政選挙を実施し、民主主義に基づき選出された国民の代表による内閣に国家運営を委ねる、とする一方で現政権下において、対応が不十分であった重点課題に積極的に対処していくとしており、対象の一つとして、廃棄物管理政策があげられている。今後、2017年8月までの政権担当期間中に建廃についても何らの新たな施策、方針が打ち出されることを期待したい。

3. 3 コンクリート廃材の発生、処理処分の現状

(1) 発生量

工業省・工業局が運営・管理するマニフェスト・システム(2014年)上での統計値は以下のとおりである。

10 12 08 熱処理を行った廃陶器、煉瓦、タイル、及び建設資材	
発生量	74,172t
処理方法(処理コード) ¹	その他リサイクル(049) 35%、 セメント・キルン原料利用(044) 28%、 代替原料(031) 16%

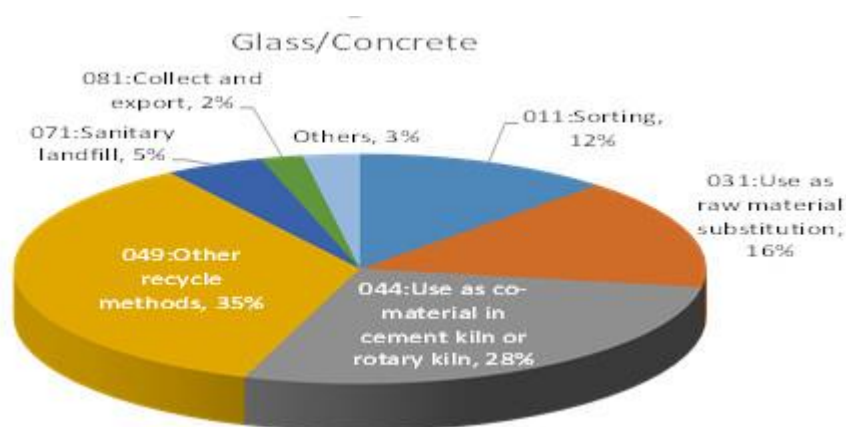


表 3-8. 廃棄物詳細一覧

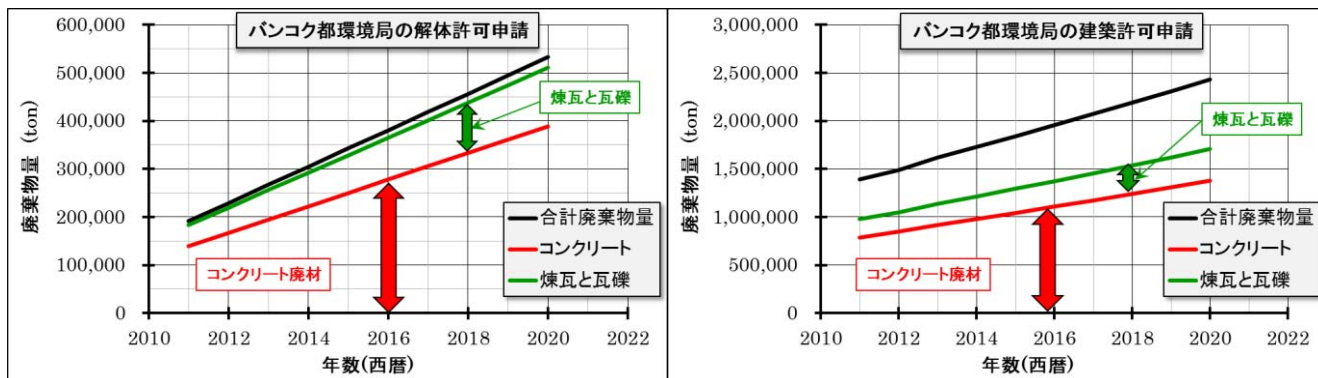
廃棄物コード	区分	廃棄物詳細	発生量(t) ²
17			
17 01		コンクリート、煉瓦、タイル、及びセラミック	
17 01 01		コンクリート	680
17 01 02		煉瓦	5
17 01 03		タイル、及びセラミック	739
17 01 06	HM ³	有害物質を含む、コンクリート、煉瓦、タイル、セラミック混合廃棄物	806
17 01 07		17 01 06 を除く混合廃棄物	1,269
17 02		木屑、廃ガラス、廃プラスチック	
17 02 01		木屑	834
17 02 02		廃ガラス	198
17 02 03		廃プラスチック	1,216
17 02 04		有害物質を含むガラス、プラスチック、木混合廃棄物	6
17 03		瀝青、コールタール、タール混合品	
17 03 01	HA ⁴	瀝青混合タール	
17 03 02		17 03 01 を除く瀝青混合品	
17 03 03	HA	コールタール、及びタール混合品	
17 04		金属(合金を含む)	
17 04 01		同、青銅、真鍮	292
17 04 02		アルミニウム	628
17 04 03		鉛	
17 04 04		亜鉛	649
17 04 05		鉄	57,243
17 04 06		錫	1
17 04 07		金属類・混合廃棄物	13,127
17 04 09	HM	有害廃棄物を含む金属類・混合廃棄物	915
17 04 10	HM	油類、コールタール、その他有害物資を含むケーブル	
17 04 11		17 04 10 を除くケーブル	26
17 05		土壌(汚染地からの掘削を含む)、石、浚渫土	
17 05 03	HM	有害物質を含む土壌、石類	7,694
17 05 04		17 05 03 以外の土壌・石類	671
17 05 05	HM	有害物質を含む浚渫土	1,035
17 05 06		17 05 05 以外の浚渫土	556
17 05 07	HM	有害物質を含むバラスト	
17 05 08		17 05 05 以外のバラスト	
17 06		断熱材、アスベストを含む建設資材	
17 06 01	HM	アスベストを含む断熱材	111

廃棄物コード	区分	廃棄物詳細	発生量(t) ²
17 06 03	HM	有害物質を含むその他の断熱材	
17 06 04		17 06 01 及び 17 06 03 を除く断熱材	2,692
17 06 05	HM	アスベストを含む建設資材	36
17 08		石膏を含む建設資材	
17 08 01		有害物質を含む石膏原料建設資材	1
17 08 02		17 08 01 以外の石膏原料建設資材	25
17 09		その他、建設資材、建設廃材	
17 09 01	HM	水銀を含む建設資材、建設廃材	16
17 09 02	HA	PCB を含む建設資材、建設廃材(PCB を含む密封材、封水材、床材、光沢材、蓄電池など)	1
17 09 03	HM	有害物質を含むその他建設混廃	264
17 09 04		17 09 01, 17 09 02, 17 09 03 を除く建設混廃	

- 1 処理方法は廃ガラスなどを含む
- 2 小数点1桁四捨五入。数値記載無=0
- 3 Hazardous Mirroring = 含有量により有害か非有害か区別される
- 4 Hazardous Absolutely = 含有量の多寡に拘らず有害廃棄物に区分される

但し、工業省の管理運営するマニフェストで管理されている産廃量は、タイ国全土で発生する産廃を完全に管理している訳ではなく、本調査対象事業で、原料と位置付けるコンクリート廃材の産廃枠での発生量は、年間 680 トンと微量であり、現況のままで推移した場合、産廃として排出されるコンクリート廃材を原料に見込むことは不可能である。

バンコク都の環境局が所管している「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-3 に示すとおり、年々増加の一途をたどっていることが予測されている。その発生量は、新築建築物の現場から排出される量が圧倒的に多く、解体建築物の現場より排出される量の 5.3 倍である。また、コンクリート廃材と煉瓦・瓦礫の合計量は、解体建築現場の全排出量の 96% を、新築建築物現場の全排出量の 70% を占めていることがそれぞれ分かった。2011 年度、解体建築現場及び新築建築物現場からのコンクリート廃材は、解体現場で 500ton/日、新築現場で 2,500ton/日の計 3,000ton/日であることが確認できた。



(a) 解体建築物

(b) 新築建築現場

(注) バンコク都内の建設副産物発生量調査結果は資料-2 による。

図-3. バンコク都のからの廃棄物量と年度の関係

(2) 廃棄物処理の状況

解体建築現場〔写真 3-1〕及び新築現場から発生する産業廃棄物には、①コンクリート廃材、②木屑、③レンガやれんが瓦、④廃棄プラスチック、⑤鉄屑などがあり、これらの廃棄物は各現場で有償、若しくは、無償で周辺の住民や企業が購入しているのが現状である。有償な廃材としては、鉄屑が 5～6 バツ/kg〔写真 3-2〕及び埋め戻し材料に活用する人頭大以下の埋め戻し材が 2～3 バツ/kg〔写真 3-3〕で、燃料に活用する木屑が無償である。なお、コンクリート廃材は、国の事情（大雨などによる洪水被害）などにより、解体された後の建築物の基礎部分に埋め戻し材料として活用され、その加工は、人工により同一敷地内で人頭大の大きさに破碎して販売している（販売目的のためか、混入される夾雑物は殆ど見受けられない）。

この埋め戻し材料に転用することは、コンクリート破砕面からセメントの有害物質が溶解し、土壌汚染の原因となるので、わが国では制限されているものの、タイ国の国情により基礎部分を高くし、水害への対策として期待されている。

現状、これらの廃材を特定の場所に回収するための運搬は、バンコク都の交通事情から、トラックなどによる重量物運搬の時間制限が AM5:00～9:00 及び PM4:00～8:00 迄の間、運行禁止時間帯となっていることから、収集することは非常に不経済であるとともに困難であり、多くの建築現場では、各作業工程の妨げとなっている。

バンコク都内の SCG レディーミクストコンクリート工場数は 400 工場で、レディーミクストコンクリート製造出荷量は約 1,300 万 m³/年、1 工場あたりの月産出荷量は平均で 2,700m³/月である。

レディーミクストコンクリート工場では、製造出荷したコンクリートのうち、施工現場による計算ミス等により余ったコンクリート、つまり、残コン及び規格に合わない等の理由により受け取られない戻りコンが発生している〔写真 3-4〕。平均的な 1 工場あたりの残コン及び戻りコンは 7 kg /m³ (=19ton/月) であることが確認できた。このことより、SCG レディーミクストコンクリート工場の全残コン量は 91,200ton/年と試算できる。

一方、サラブリー県にある SCG 傘下の二次製品工場は 1 工場で、この工場のプレキャスト製品生産量は 360,000ton/年であり、そのうち製品に要求される圧縮強度不足及び製品の欠品等により発生するコンクリート廃材が 3,600ton/年（不良率 1%）発生している。また、新規建築現場からのプレキャスト製品の返品量が 8,400ton/年発生している。したがって、これらのコンクリート廃材の年間発生量は 12,000ton であることが確認された。

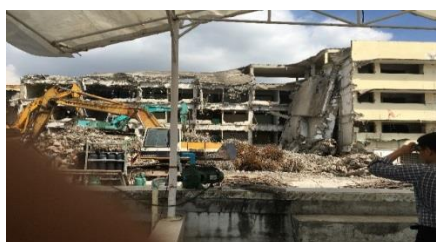


写真 3-1. 解体現場の全景



写真 3-2. 選別されたスクラップ



写真 3-3. 人頭大に小割した埋戻し材



写真 3-4. 残コン処理施設

〔写真〕解体現場の状況及びレディーミクストコンクリート工場の残コン状況

(3) 再生骨材の品質特性

再生骨材の品質特性は、対象国で利用及び活用される部位によって要求性能が異なる。一般的な埋戻し材及び路盤材を対象とする場合、問題視されないものの、レディーミクストコンクリート用の骨材を対象とする場合、レディーミクストコンクリートが所定の材齢を経て、硬化したコンクリートに所要の圧縮強度が要求されるため、表 2-3 に示す品質が強く求められるのである。

ただし、タイ国の代表的なレディーミクストコンクリート配合は、表 3-9 であるが、わが国の「L」クラスの再生骨材を用いたコンクリートの圧縮強度に大きくばらつきが生じ、この呼び強度を満足させることが難しいと判断される。

表 3-9. タイ国における代表的な 1m³ 当たりのレディーミクストコンクリート配合

呼び強度	水セメント比	セメント	練り水	細骨材	粗骨材	備考
	W/C (%)	C (kg/m ³)	W (kg/m ³)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)	
Fr=18N/mm ²	60	300	180	840	1100	セメントは普通ポルトランドセメント、混和剤は使用せず。

第4章. 現地政府・企業等との連携構築

4.1 現地政府との連携

(1) 中央政府

3.1で記載したとおり、タイ国においては建廃を規制・管理する法律が制定されておらず、発生場所、発生量などによりケース・バイ・ケースで産業廃棄物、埋立て用砕石（廃棄物対象外）、一般廃棄物（公共域に投棄された場合など）に分類されている。工場から排出されたものであれば産業廃棄物となるため、産業廃棄物を所管する工業局が行政管理を行い得る立場となる。建築時及び解体時から発生する建設廃棄物の場合は、天然資源環境省・公害管理局が国家方針・施策を立案し、地方自治体に行政指導を行い、管理をさせる、あるいは工業局が一定規模以上の建設工事を行う建設会社を工場法で規定する工場同様、産業廃棄物排出業種として組み入れた上で工業局が管理を行うなどの可能性があるが、現時点で具体的な検討は行われていない。

建設廃棄物の定義、適用法規制の整備に加え、再生骨材のタイ国工業規格化などについて、工業省傘下のタイ国標準化局との折衝が必要となる。現在、中央政府との調整に関しては、星尊のパートナーであるSCGが、関連する全ての省庁と連絡を取り協議を行っている。

(2) バンコク都

タイ国においては、一定以上の規模の建物建築・建設する場合、建設予定地を所管する地元行政機関からの事前承認を取り付ける事が法律で義務付けられている。地方自治体であるバンコク都（BMA）に聞き取り調査した結果、新築の建築確認申請は土木局が管轄しているが、解体建築物は管理されず、建築産業廃棄物は一般廃棄物として処理され、多くの建築廃棄物は現場で解体処分されていることが判明した。このような中で、バンコク都では、オンヌット地区に新明和工業によるコンクリート廃材の破碎・選別施設を建設し2014年5月から稼働させている。なお、プラントの概要は、下記のとおり。

- 敷地面積 8,000 m²、建築面積 2,070 m²
- 処理能力：500t/日、稼働時間 8時間/日
- 製品：シングル・トグル・クラッシャーと選別により2種類の路盤材（0-40、+40）

稼働を開始して1年以上経つにも関わらず、コンクリート廃材の搬入が週1回程度とされて、コンクリート廃材のストックヤード及び、再生路盤材のストックヤードとも荷が集まっていないことを確認している。

バンコク都が抱える大きな課題の一つに都内の交通渋滞が挙げられ、その交通渋滞を緩和するために、バンコク都内に再生骨材プラントを建設することの可能性も検討した。しかし、再生路盤材プラントの稼働率が低いことに対し、市民から批判もあがっているという話があることも聞いており、バンコク都の立場にたてば、コンクリート廃材の処理にあたっては、新たな民間が建設プラントへコンクリート廃材を搬入させるのではなく、まずこのプラントの稼働率を高めようとするであろう。SCGが現在検討している事業構想の中には、バンコク都の巻き込みは含まれていない。したがって、本調査においては、バンコク都との連携可能性についての協議は行わず、現状の状況についてのヒアリングのみに留めることにした。



写真 4-1. 原料として利用されるコンクリート廃材



写真 4-2. コンクリート廃材置き場



写真 4-3. コンクリート廃材置き場



写真 4-4. コンクリート廃材に含まれている骨材



写真 4-5. 再生路盤材



写真 4-6. 再生路盤材置き場

(3) サラブリ県内・自治体

サラブリ県は天然骨材やセメント原料となる石灰の産地であるため、SCG 以外にもセメント会社が進出している土地柄である。地方自治体であるサラブリ県に聞き取り調査した結果、建築や解体許可を出すのはサラブリ県では市となるが、市が条例を制定してまで建設廃棄物を管理しようとする動きはないという。輸送費がかかるために、建設廃棄物は近くの森林などに廃棄されているのが現実であろうと考えていた。廃棄物のうち、コンクリート廃材についてはリサイクル処理を推奨したい意向であることが判明した。また、建物の取り壊しについても同様に、地元行府からの許認可取得が必要である。タイ国の政府でリサイクル法を制定しないと、各地方行政庁では具体的な取り組みが推進できないとの見解であった。SCG は、同法規に着眼しサラブリ県内・県庁及び、県内各自治体に対して、環境負荷低減を目的に許認可発行時に適正な廃棄物処理を指導するよう働きかけを継続している。また、地方行政府、関連機関などで発生する建廃は、一般家庭で発生する建廃同様、指定地まで搬送してもらえれば無償で引き取り処分を行うとし、協力を呼び掛けている。サラブリ県との連携では、下記の方向性が見えたところである。

- バンコク都からのコンクリート廃材が、サラブリ県に持ち込まれるのであればサラブリ県は受ける。サラブリ県はコンクリート廃材のリサイクルに賛成する。
- サラブリ県からバンコク都内にある生コン工場に輸送するトラックの帰り便を利用して、コンクリート廃材を積み込み、サラブリ県に帰る仕組みをつくる。そのトラックは、サラブリ県の輸送局からの許可の取得が必要となるが、サラブリ県では許可を降ろす方向性で対応する。
- 再生骨材の製造工場における水の使用量に関する制約はない。しかし、どの程度の水を使用したかという報告は必要。
- サラブリ県では土地利用計画があり、その土地利用計画で工業団地として指定されたところでなければ、再生骨材工場のプラント建設できないという立地規制は存在する。なお、バンコク都から最も近い工業団地は、現在 SCG のプラントが入っている土地である。

4. 2 現地企業との連携

(1) SCG

① SCG の再生骨材事業

SCG にはレディーミクストコンクリートを製造販売する CPAC 社、SCG HEIM 社、SCG Building Construction 株式会社などのコンクリート製品製造・販売会社があり、実証プラントのあるサラブリ県 SIL (Saraburi Industrial Land) にも以下、表 4-1 に示す企業が入居している。

表 4-1. SIL に入居する SCG 系コンクリート製品製造会社

会社名	製品
SCG HEIM	組立家屋用コンポーネント各種
SCG Gypsum Industry (Saraburi)	石膏ボード
SCG Building Construction	組立家屋用コンポーネント各種
SCG Landscape Co., Ltd.	コンクリート・プレキャスト製品
SCG Cement Building-Material	屋根用コンクリート製瓦ほか
CPAC	レディーミクストコンクリート製造販売

表 4-2. サイアム・セメント原料調達計画

セグメント	企業・団体	個人	コンセプト
無償引取	政府機関など	一般家庭	地域の環境 PR 活動を通じて集荷 県内 5-10 箇所の集荷拠点を整備、集荷範囲は半径 20-30km 圏内を想定
有償引取 (契約)	土木建設会社 (道路建設)、 セメント製品製造会社等	-	GOOD GOVERNANCE 営業

SCG は原料集荷の成否の鍵は建廃の輸送距離にあると認識し、表 4-2 に示す原料となる建廃の集荷をより確実に実施するため、県内に複数の集荷場を設け、各集荷場から半径 20-30 キロ以内で発生する建廃、工場廃棄物を集荷し、一時保管した後、実証プラントまで一括輸送する計画を立案している。このうち数か所については、既に設営準備を開始している。SCG のコンセプトは図 4-1 に示すとおりである。

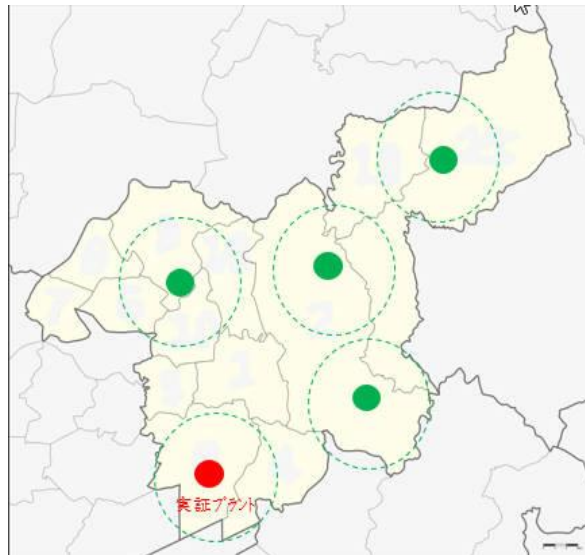


図 4-1. SCG の再生骨材事業のコンセプト図

このような背景を踏まえ、SCG では、我が国でいう再生骨材 (L) に近い再生骨材を製造するパイロットプラント (L) を、サラブリ県の SCG が所有するコンクリート二次製品工場敷地内に建設するとした。当初は、2015 年 7 月から稼動を予定していたが、パイロットプラントの建設に着工したところ、現場内に不適切に処分されていたコンクリート廃材が見つかり、その回収などにより 12 月に延期されることを、2015 年 10 月に実施した SCG との合同調査で述べられた。しかし、2016 年 1 月 18 日にプラント現場を訪問した際、バグフィルターの設置が遅れているため運転がストップしている状況であった。

② SCG との覚書及びパイロットプラント M の設計

SCG は、上記のように現在、再生骨材 L を想定したプラント建設及び運転を行おうとしているが、

今後、再生骨材 L の運転結果を見定めた後に、再生骨材 M 相当の規格品製造を視野に入れた実証プラントを建設したいとしている。SCG は実証プラントの運転を通じて、事業化上の課題、即ち再生骨材製造原料の調達、市場形成、製造技術の確立、コスト削減を模索していく考えである。星尊有限会社に再生骨材製造技術の支援と協力を要請していることで、連携構築を図る意思を明確にされた。そこで、両社によるタイ国再生骨材製造販売事業・事業化検討の協業に係る覚書（MOU）を 2016 年 1 月 19 日に交わした。MOU の相手は、環境関連事業を行う SCI ECO 社である。この覚書に基づき、今後、SCG からは再生骨材製造販売事業・事業化に際して必要となるデータが、実証プラントの稼働データを含め開示される予定である。なお、星尊は SCG から開示されるデータ、並びに実証プラントで製造される製品を分析、製造施設の改善、製品仕様の改善などに関する助言を行う予定である。MOU の内容については、資料-12 に添付したので参照されたい。



写真 4-7. 再生骨材プラント（L）のレイアウト図



写真 4-8. 再生骨材プラント（L）の原料投入口



写真 4-9. 再生骨材プラント（L）の原料ストックヤード



写真 4-10. 再生骨材プラント（L）

③ パイロットプラント（L）の評価

建設の遅れ等の問題により本格稼働には至っておらず、評価する段階ではないが、破碎工程と選別工程が繋がっていないため、実稼働した場合、選別工程へのホッパー投入等のロスが考えられる。

また、試験運転の際に目視確認をした結果、製品に含まれる微粉分が多く、コンクリート用骨材として使用した場合に要求される、コンクリートの品質特性を満たすことが可能であるかが検証課題になる。

SCG による事業性の試算値は

前提条件	処理量	30,000ton/年	天然骨材の仕入れ価格 180~250 バーツ/ton
重機等		38 バーツ/ton	
人件費 (6人)		24 バーツ/ton	
電気		15 バーツ/ton	
減価償却・維持管理		72 バーツ/ton	
土地		17 バーツ/ton	
鉄選別		16 バーツ/ton	
その他		10 バーツ/ton	

と試算し、192 バーツ/ton で販売することで事業性が見込めるということである。

SCG の RCA プロジェクト (資料-5 p39~p50) の事業計画および星尊による再生骨材 (M) の 10ton/h 程度の設計図面は資料-3 に添付。

(2) その他・県内(域内)民間企業

サラブリー県内には、SCG の他、サイアム・シティ・セメント、TPI、アジア・セメントなどの大手セメント製造会社が工場を保有していることから、SCG 以外にもコンクリート・プレキャスト製品製造会社が存在する。これら企業においても一定の割合で仕損品が発生しており、SCG は、これらの廃棄物も潜在的な原料と位置付けている。加えて県内の建設工事現場からも一定量の端材が建廃として発生しており、これら企業からの廃棄物の有償引取りと処分を通じて、再生骨材製造原料の集荷を行いたいとしている。SCG は 2015 年後半以降、県内のコンクリート製品製造会社、並びに建設会社と連絡を取り、それら廃材、端材の回収に関する協議を継続している。

図 4-2 に関係企業との連携に係る相関関係を示す。

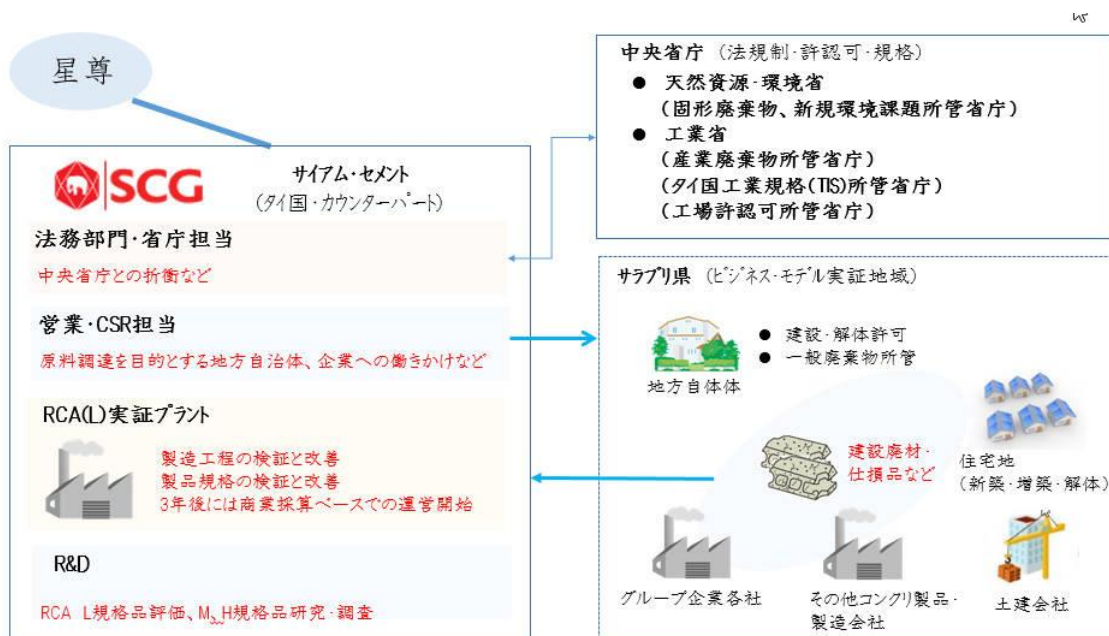


図 4-2. 関係機関との連携 相関図

第5章. 実現可能性の評価

5.1 事業採算性の試算

コンクリート廃材を集約的に回収し、再生骨材を製造する「大規模集約型」の事業採算性については、バンコク都内のコンクリート廃材の発生量が見込めるものの、前章の調査結果から、①建築現場で人工による解体処理及び販売、②コンクリート廃材の輸送時間の制限で、コンクリート廃材の回収が困難であると判断した。

そこで本章では、前章のまでの調査結果から二次製品工場やレディーミクストコンクリート製造工場に隣接した「小規模分散型」事業の可能性について検討する。検証の前提条件は、下記のとおりである。

(1) コンクリート廃材の受入量（ここでは、サラブリー県にある SCG の二次製品工場でのコンクリート廃材の発生量データをもとに想定）

12,000ton/年（廃材月間受入量 1,000ton/月）

(2) 再生骨材の製造量及び製造条件

5ton/時間、8h/日、300日/年（ただし、設計上 10~15ton/時間の処理が可能のため、稼働時間もしくは稼働日数を半減出来るものとする）

再生骨材の製造量 10,800ton/年（湿式選別を選定した場合の歩留り率 表 2-2 p3 から設定）

(3) 再生骨材の品質及び利用先並びに販売価格

再生骨材の品質を (M) クラスとし、CPAC にてコンクリート用骨材としての利用を見込み、販売単価を細骨材 200バーツ/ton 粗骨材 250バーツ/ton に設定する。

(4) 必要な土地面積

360 m²以上（資料-3 分散型設計図面）

(5) 必要なユーティリティ、マンパワー等の想定

必要人員 3人（機械オペ 1、監視要員 1、予備人員 1）

ユーティリティ

設計図面（資料-3）により使用電力=86.3kw 必要水量=循環システム採用により、蒸発分のみの補充（前章までの調査結果により、電気 1kw=3.5バーツ 河川水及び地下水に関しては使用料の報告義務のみで費用は発生せず）

(6) コスト条件

—建設費—

ここでは（再生骨材の売上額）—（人件費、製造に係る設備等の費用）=1,487,540バーツ

減価償却を10年均等として、再生骨材製造設備一式の建設費を14,875,400バーツ未満に削減することで事業収支を見込むことになる（表-5）。

—保守点検費—

星尊において、小規模プラントの稼働実績がなく SCG のパイロットプラント (L) から実績に基づくデータが得られる段階ではないので、ここでは 100,000バーツと想定（表-5）。

表-5. 小規模分散型の再生骨材製造事業化の収支一覧

1.収入金額		総合計 2,400,000 ハーツ	
1) コンクリート廃材受入費	0 円/ton	12,000 ton	0 ハーツ
2) 再生細骨材販売価格	200 ハーツ/ton	6,000 ton	1,200,000 ハーツ
3) 再生粗骨材販売価格	250 ハーツ/ton	4,800 ton	1,200,000 ハーツ
3) 軽比重物販売費	0 円/ton	1,200 ton	0 ハーツ
2.支出金額		総合計 2,400,000 ハーツ	
1) 建設費(プラント・土木建築関連、各施設・電気等)		一式	1,487,540 ハーツ
施設関係の減価償却は10年均等とする。			
2) 人件費	150,000 ハーツ/人	3 人	450,000 ハーツ
3) 製造に係わる設備等の費用		一式	462,460 ハーツ
内 訳			
(1) 電気代		一式	(362,460 ハーツ)
(2) 保守点検費		一式	(100,000 ハーツ)
(3) 水代		一式	0 ハーツ
3. 事業収支(利益)		総合計 0 ハーツ	

(注) 小規模分散型の概略平面図は、資料-3 を参照。

- ※ この小規模分散型施設へ搬入する原料は、主にレディーミクストコンクリート工場から持ち込まれる「残コン」等、及びコンクリート二次製品工場から持ち込まれる仕損品や建設現場から戻ってくる不用品であると想定しているため、夾雑物は基本的に混入しない。そのため、廃棄物の発生は想定していない。

5. 2 環境負荷削減効果

近年、コンクリート破砕物が大気中の二酸化炭素(CO₂)を吸収するなど、地球の温暖化現象を含む環境問題への効果が期待されている。つまり、コンクリート廃材を破砕すると新しい破断面が著しく増えるため、CO₂の吸収量(以下、CO₂固定量と称する)が大きくなることの定量的な評価がなされた。¹⁾

一連の研究から、再生骨材を製造する時のCO₂削減量は、後に記載した(1)式により算出されることが検証されている。同式中の砕石製造CO₂や再生骨材生産CO₂は実際の製造に基づいて算出された値で、解体コンクリートのCO₂固定量は試験によって検証され、再生骨材の製造実績がなくても推定できる。

$$\begin{aligned} \text{再生骨材の製造段階におけるCO}_2\text{削減量} &= (\text{砕石製造CO}_2\text{-再生骨材製造CO}_2) + \text{破砕物のCO}_2\text{固定量} \\ &\quad + \text{解体コンクリートのCO}_2\text{固定量 (CO}_2\text{-kg/ton)} \cdots \cdots (1)\text{式} \\ &= 9.54 \text{ (CO}_2\text{-kg/ton)} \end{aligned}$$

ただし、

砕石製造CO₂: 天然骨材から砕石を製造する実績データに基づく試算値 = 3.76 (CO₂-kg/ton)

再生骨材製造CO₂: 再生骨材製造工場における排出量を試算した値 = 1.01 (CO₂-kg/ton)

破砕物のCO₂固定量: 破砕物のCO₂固定量の試験結果による統計値の中央値=4.8 (CO₂-kg/ton)

解体コンクリートのCO₂固定量: $=k_1 \times k_2 \times 33.2 = 1.99$ (CO₂-kg/ton)

k_1 : =0.4 (保管期間不明の場合の係数)

k_2 : =0.15 (試験値なしの場合の係数)

5. 1に記載した前提条件により、分散型の再生骨材製造工場のコンクリート廃材月間受入量は1,000ton/月であり、このうち細骨材及び粗骨材の歩留りから再生骨材の月間製造量は900ton/月である。

このことから、再生骨材の年間製造量は 10,800ton/年である。コンクリート廃材から再生骨材を製造した時、年間における二酸化炭素 CO₂ の削減量は 103,032(CO₂-kg)と試算される。²⁾

東京都温室効果ガス排出総量削減義務と排出量取引制度におけるクレジット取引価格の査定報告書案によると、2014年3月7日時点で再エネクレジット取引価格は 7,000 円～8,000 円(CO₂-ton)であったが、タイ王国発電公社 (EGAT) によると、新規事業で平均 2～3 ユーロ/ (CO₂-ton) (=80～120 バーツ) であることが確認できた。

分散型の再生骨材製造工場で再生骨材を製造した時、年間の二酸化炭素 CO₂ 量から算出される金額は、8,242 バーツ～12,363 バーツであり、環境負荷削減効果が見込めるものと判断できた。

[参考文献]

- 1) コンクリート構造物の補修・解体・再利用における CO₂ 削減を目指して-補修における環境配慮および解体コンクリートの CO₂ 固定化-, 土木学会, コンクリートライブラリー134 号, 2012 年 5 月, pp. 115.

[計算式]

- 2) 年間の CO₂ の削減量 = 9.54 (CO₂ 削減量) × 10,800 (年間製造量) = 103,032

5. 3 社会的受容性

SCG が選定しているプラントの設置場所が交通量の増加、振動や騒音といった地域住民からの苦情が発生しない場所であるか、という懸念事項の確認のための現地視察は本調査内で行えず、翌年度以降に確認する必要がある。

また、タイ国における廃棄物関連の法制度は多岐にわたり、所管する省庁も廃棄物の区分によりさまざま、法ごとに所管省庁が省令、省通達を発令するなどして法規制の運用・管理を行っている。

そのような状況で、本事業の重要な位置づけにあるコンクリート廃材に係る新たなリサイクル法・政策等に期待するのは時期尚早である。しかし、本調査内の関係機関及び自治体等に対するヒアリング結果によると、洪水等の被害による基礎部分を高くしたいというタイの国情から、コンクリート廃材の多くが現場で小割にされ、埋戻し材として活用されているが、我が国では、コンクリート破砕面からセメントの有害物質が溶解し、土壌汚染の原因となるので制限されている。

建設廃棄物の適正処理の観点からも、本事業の目的である「産業廃棄物の再生資源化循環型社会」の構築には意欲的であり、社会的にも十分受容されるものであると考える。

5. 4 事業化の可能性評価

当初計画していた「大規模集約型」再生骨材製造事業は、再生骨材を製造するために必要な建築現場で発生するコンクリート廃材を、特定の場所に集めることが困難であるため、現段階では実現の可能性が低い。

今後の事業展開を予定している「小規模分散型」再生骨材製造事業は、再生骨材を製造するためのコンクリート廃材の回収が比較的容易であり、かつ、再生骨材をレディーミクストコンクリート用骨材に使用することで、事業化の有効性を見込む。

5. 1 の試算結果によると、日本国内における建設で、14,875,400 バーツ、日本円で約 5,000 万円 (1 バーツ 3.4 円換算) では不可能な金額ではないが、タイでは可能性が低い。

そこで、前提条件を見直し、コンクリート廃材の受入量を 2 倍の 24,000ton/年まで増やし、売上額を伸ばすことで、建設費に係る費用にゆとりをもたせ実現可能性を見出す。

$$\begin{aligned} & (\text{再生骨材の売上額 } 4,800,000 \text{ バーツ}) - (\text{人件費、製造に係る設備等の費用 } 1,274,920 \text{ バーツ}) \\ & = 3,525,080 \text{ バーツ} \end{aligned}$$

減価償却を 10 年均等とした場合、建設費は 35,250,800 バーツまで見込めることになる。

第6章. 海外展開計画案の見直し

6. 1 海外展開計画案の見直し

現状では、タイ国内での環境問題やリサイクルに対する認識の低さ、法的な整備、交通、燃料の問題など、山積された課題も多く、日本の廃棄物処理方法をそのまま導入することは時期尚早と考えた。

当初計画していた、外部からコンクリート廃材を、決められた SCG 事業所に集める「大規模集約型」(時間当たりの再生骨材製造能力 150ton) では、数回に亘り行ってきた現地調査を踏まえた事業化採算性等を含め検証した結果、今のタイ国内では適用できないと判断した。

そこで、SCG 企業内の二次製品工場で発生するプレキャスト製品の不適合品や、近隣のレディーミクストコンクリート製造工場の戻りコンクリートを対象に、再生骨材製造の事業化計画を変更する。

タイ国内における、SCG 企業の主な地域の起点となる事業所をリストアップし、そこに初期費用の設備投資が低く抑えられ、また、管理運営も比較的負担の少ない「小規模分散型」(時間当たりの再生骨材製造能力 10~15ton) コンパクトサイズのプラントで行うことが、今後の事業展開の重要なポイントになると考える。これにより、SCG 社内で「環境」や「リサイクル」に対する認識を高め、自社内で事業展開することで、交通や燃料の問題も無く、事業採算性が見込め、そのデータを今後の法整備の基準として活用できるものと期待する。

この「小規模分散型」プラントを設置する目安は、SCG 企業内でプレキャスト製品の製造量が多く、かつ、不良率の比較的高い事業所において実施検証を行い、リサイクル事業としてのデータ収集と分析、また、改良・改善など運用面での問題点を都度解決しながら、将来、タイ国内でリサイクル関連の法整備等が整った段階で、「大規模集中型」プラントへの移行が事業採算性が見込めるビジネスとして可能かを判断する。

6. 2 今後の課題

今後の課題として、社会的な産業廃棄物循環型社会形成度を高めるため、政府による、例えば「リサイクル法」などの法的整備の拡充を図り、社会的受容性を普及させて建設副産物による環境問題意識を高め、建設現場から排出される廃材処理に費用負担を課せる制度への取り組みが進めば、回収するコンクリート廃材の量の確保が容易になり、本事業を確立するにあたり、より高い事業採算性が見込めることになる。

さらに、レディーミクストコンクリート工場における残コン及び戻りコンをコンクリート廃材の代替原料と想定した場合、第3章3.3(2)に記す通り、バンコク都内だけで 91,200ton/年の発生量が見込まれている。コンクリート廃材の受入量 24,000ton/年を満たすには、これらを効率的に収集できる場所を選定することが課題になる。

また、技術的・社会的課題を検討するためには、(L) プラントの運転稼働状況を十分に確認する必要があるが、調査期間内に SCG のパイロットプラント (L) が本格稼働に至っておらず、(L) の製品品質の確認、コンクリート用骨材として使用した場合の性状確認等の検証は、次年度以降に持ち越す課題となった。

したがって、SCG の (L) プラントの稼働にあわせ、「小規模分散型」事業に向けた前提条件の妥当性、建設を予定する場所における社会的受容性及び、品質基準の検討を含む実証プラント (M) の建設に向けた調査を継続していく。