

平成 30 年度我が国循環産業海外展開事業化促進業務  
マレーシア国における廃棄物の再資源化事業  
(代替燃料製造)

---

最終報告書

平成 31 年 3 月

アマタ株式会社



## はじめに

近年アジア諸国では急速な経済発展と人口増加に伴い、産業廃棄物の発生量が著しく増加し、不適正処理等による環境問題が課題となっている。こうした中で、各国では環境関連法の整備や適正な処理技術による健全な環境産業の確立が急務である。

マレーシア政府は中期計画「WAWASAN2020」として、2020年までに持続可能な開発ができる先進国入りを目指していたが、政策等の遅れから2025年までに先進国入りを目指すとしている。2001年に制定された“The Third Outline Perspective Plan (2001-2010)”では、「ゼロ・エミッション技術の利用を促進し、エネルギー消費の削減や廃棄物再利用および再生方針」が打ち出され、第11次マレーシア計画（2016-2020）においては、「環境配慮型の成長を通じた環境持続性の強化」としてグリーン成長を中核戦略の一つとしている。こうした取り組みが進められている一方で、マレーシアの天然資源環境省・環境局が発表した報告では、産業廃棄物の70%以上が未だ単純焼却・埋立処理されており、上述の方針が順調に進んでいないのが現状である。

そこで「マレーシア国における廃棄物の再資源化事業」（以下、本事業と記す。）では、現在マレーシア政府が進めるグリーン戦略の考えに基づき、製造工場から排出される固形廃棄物、液体廃棄物を原料とし、独自の調合技術を用いてセメント製造工場向け石炭等の代替燃料を製造する。指定廃棄物のうち、特に発熱量の高い汚泥、廃活性炭、廃油、廃酸、廃アルカリを対象品とする。本事業では、約40年にわたる再資源化事業を通して蓄積された12,000種を超える廃棄物の分析データおよび情報管理ノウハウを用い、廃棄物の特徴である成分、性状、発熱量、発生量等の不安定要素を、品質を均一にして安定的な代替燃料として供給することを目指している。再資源化工程では、火、水および化学薬品は一切使用せず、また2次廃棄物が発生しない100%再資源化システムである。このため、大気汚染、水質汚濁、温室効果ガス発生による環境負荷が極めて小さい。

本事業を通じて3R推進のみならず、天然資源の利用抑制に寄与するとともに、マレーシアにおける廃棄物管理の透明性を高め、近年増加している不法投棄、不適正処理の削減、それらによって生じる環境汚染リスク低減に貢献することを目指すものである。

以上

## Summary

In recent years, Asian countries have experienced very rapid economic development and population growth, with which huge amounts of industrial waste have been produced, and inappropriate disposal of such waste and the like have created environmental problems. Under the circumstances, there is a pressing need in each country to make environmental law better and to establish sound environmental industries by means of appropriate disposal technologies.

The Malaysian Government had set a target to become an advanced country that enables sustainable development by 2020 under its mid-term plan "Wawasan 2020," but it now aims to become the advanced country by 2025 due to delayed implementation of political measures, etc. The "Third Outline Perspective Plan (2001-2010)" that was formulated in 2001 launched "policies of energy consumption reduction and of waste reuse and recycling by promoting the utilization of zero-emission technologies", and the 11th Malaysia Plan (2016-2020) has adopted pursuing green growth as one of its core strategies for "strengthening environmental sustainability through environment-friendly growth." While these approaches are being taken, according to a report published by the Department of Environment of the Ministry of Natural Resources and Environment of Malaysia, more than 70% of the industrial waste is still disposed of by simple incineration and landfilling, and the present situation is such that the aforesaid policies are not being implemented satisfactorily.

Hence, in the "Project for Waste Recycling in Malaysia" (hereinafter called the "Project"), based on the ideas of green strategies being presently implemented by the Malaysian Government, by using solid waste and liquid waste that are discharged by manufacturing plants as the raw materials, alternative fuels such as coal for cement manufacturing plants will be manufactured by exploiting our proprietary mixing technologies. Of the designated waste, the materials to be used as the raw materials will be sludge, waste activated carbon, waste oils, waste acids, and waste alkalis, which will produce especially large amounts of heat. The Project aims at providing a stable supply of alternative fuels, by achieving uniform fuel qualities through overcoming the elements of instability that are the features of waste, such as ingredients, properties, amounts of heat generated, and amounts of waste generated, by making use of analysis data of more than 12,000 types of waste and information management know-how that have been accumulated through recycling business for about 40 years. It provides a 100% recycling system in which the recycling process has completely eliminated the use of fire, water and chemicals and no secondary waste is generated. For this reason, the environmental impacts of air pollution, water contamination, and greenhouse gas emissions generated by the system are extremely small.

Through the Project, contributions will be made not only to the promotion of the 3 R's but to the control of the use of natural resources as well. And at the same time the Project aims at increasing the transparency of waste management in Malaysia, thereby contributing to the reduction of illegal dumping and inappropriate disposal that have been increasing in recent years, and to the reduction of the risks of environmental contamination caused by such dumping and disposal.

## 目次

1. 事業の目的・概要.....	1
1.1 事業目的 .....	1
1.2 事業概要 .....	3
2. 海外展開計画案の策定 .....	10
3. 対象地域における現状調査 .....	13
4. 廃棄物の組成・性状調査.....	26
5. 現地政府・企業等との連携構築.....	29
6. 現地関係者合同ワークショップ等の開催 .....	34
7. 実現可能性の評価.....	44
7.1 事業採算性.....	44
7.2 環境負荷削減効果.....	45
7.3 社会的受容性 .....	49
7.4 実現可能性の評価 .....	54
8. 今後の海外展開計画 .....	55

巻末付属資料 1

労働安全衛生法(Occupational Safety and Health Act 1994)\*1

マレーシア政府人的資源省労働安全衛生部管轄

\*1 マレーシア政府人的資源省労働安全衛生部ホームページ

<http://www.dosh.gov.my/index.php/en/list-of-documents/acts/23-02-occupational-safety-and-health-act-1994-act-514/file> (2019年3月1日閲覧)

# 1. 事業の目的・概要

## 1.1 事業目的

経済のグローバル化や人口増加に伴って、世界規模で環境問題が顕在化している。中でも経済活動に伴う産業廃棄物の発生量の増加と多様化は同様に世界的な課題となっており、各国行政の適切な対応と適正な処理技術や健全な環境産業の育成が求められている。この傾向は、IMFの報告の通り、2009年に15兆ドルに達したアジア経済が2015年には24.4兆ドルに達し、NAFTAやEUを超える経済圏になろうとしているアジアにおいて特に顕著であり、早期の対策が求められている。その中でも、マレーシア政府は中期計画「WAWASAN2020」として、2020年までに持続可能な開発ができる先進国入りを目指していたが、政策等の遅れから2025年までに先進国入りを目指すとしている。2001年に制定された“The Third Outline Perspective Plan (2001-2010)”では、「ゼロ・エミッション技術の利用を促進し、エネルギー消費の削減や廃棄物再利用および再生方針」が打ち出され、第11次マレーシア計画(2016-2020)においては、「環境配慮型の成長を通じた環境持続性の強化」としてグリーン成長を中核戦略の一つとしている。しかし、マレーシア天然資源環境省・環境局が発表した報告を見る限りでは、発生する廃棄物の70%以上が依然、単純焼却・埋立処理されており、先述の方針が具体的に進んでいないのが現状の様である。そんな状況を打開するため、2015年には、「マレーシアのセメント産業における指定廃棄物利用に関するガイドライン」が作成され、埋立、焼却を削減するセメントリサイクルへのニーズと期待は高まりを見せつつある。本業務は、「平成30年度我が国循環産業海外展開事業化促進業務」として、セランゴール州、ペナン州を含むマレーシア半島各州の製造工場から排出される、特に発熱量の高い汚泥、廃活性炭、廃油、廃酸、廃アルカリを主原料とし、セメント工場向け石炭の代替燃料を製造する。本事業を通して廃棄物3Rを推進すると同時に、マレーシア国における廃棄物の不適正処理による環境負荷低減にも貢献することを目指す。

現地においては、①指定廃棄物の最終処分(埋立、焼却事業)許可を取得している企業はマレーシア半島で一社、サバ・サラワク州で一社のみであり、またその処理費用が高額であること。②Off-site Recovery(リサイクルに近いが二次廃棄物を先述の最終処分場へ搬入することが前提)の許可を保有する処理企業も増えてはいるものの、二次廃棄物の処理が適正に行われていない事など、その透明性に問題が生じていること。③セメントリサイクルのニーズは高まりつつある一方、廃棄物利活用の経験が少なく、廃棄物を利用してセメントを製造することに抵抗があるセメント会社が多く、受入のための設備が整っていない会社が多い。④セメントリサイクルを進めるまでに、多くの書類の提出とレポートが必要など、たくさんの課題が存在する。このような状況を踏まえ、本業務では指定廃棄物(固形、液体)からセメント製造工場向けの代替燃料を製造し、セメント会社と共同で利用促進の検討を進めることで、廃棄物の3R促進を図り、マレーシア国における廃棄物不適正処理による環境負荷低減と循環型社会形成に寄与するものと考えている。下記に本事業の事業概略図を示す。

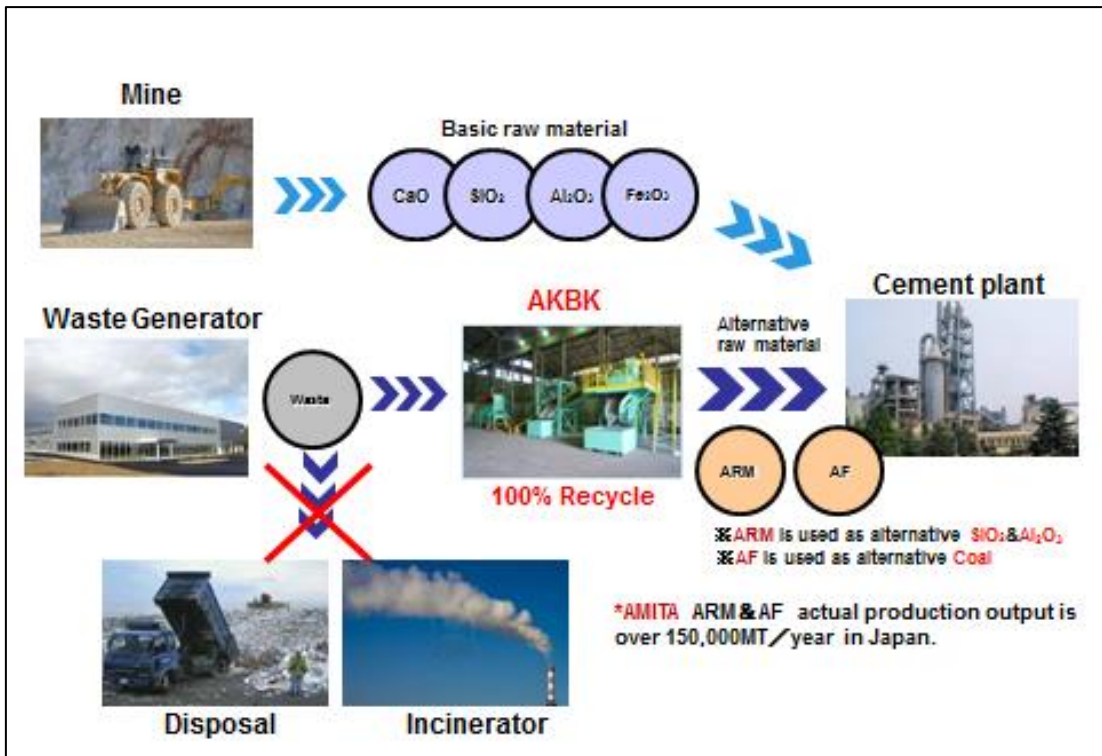


図 1.1 (1) 事業の概略図(自社作成)

又、本事業の実施体制は下記の通りである。

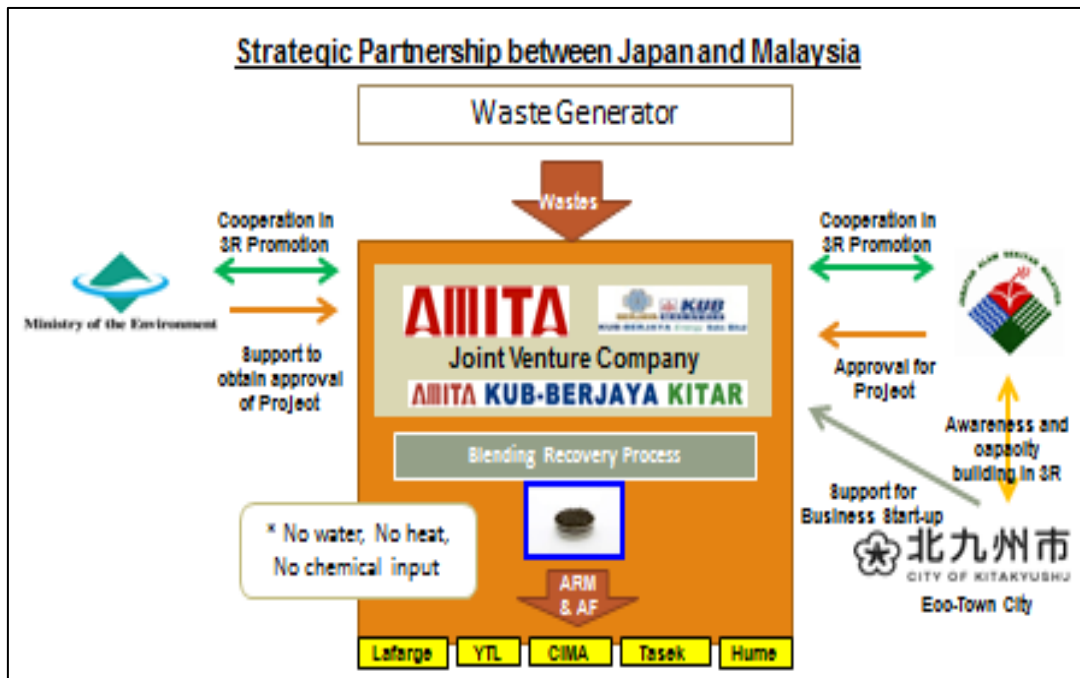


図 1.1 (2) 事業の実施体制(自社作成)

## 1.2 事業概要

本事業は、現在マレーシア政府が進めるグリーン戦略の考えに基づき、製造工場から排出される固形廃棄物、液体廃棄物を原料とし、独自の混合技術を用いてセメント製造工場向けに石炭代替となる代替燃料（Alternative Fuel：以下 AF と記す。）を製造する。具体的には、マレーシアにおける指定廃棄物のうち、特に発熱量の高い汚泥、廃活性炭、廃油、廃酸、廃アルカリを対象品とする。本事業では、約 40 年にわたる再資源化事業を通して蓄積された 12,000 種を超える廃棄物の分析データおよび情報管理ノウハウにより、廃棄物の特徴である成分、性状、発生量、発生時期等の不安定要素を、適正に混合し、品質を均一にして供給量を安定させることにより、それら不安定要因を取り除くことでセメント製造工場向けに SW を原料化するものである。再資源化工程においては、火、水、および化学薬品は一切使用せず、また 2 次廃棄物が発生しない完全なる 100%再資源化システムである。そのため、大気汚染、水質汚濁、CO<sub>2</sub> 排出による環境負荷が極めて小さい。更には、本事業を通じて 3R の推進に留まらず、廃棄物管理の透明性を高め、近年増加している不法投棄、不適正処理の削減、それらによって生じる環境汚染リスク低減に貢献することを目指すものである。本事業の対象地域は次の通りである。

### 【対象地域】

循環資源製造所の建設予定地：セランゴール州 Bukit Tagar

（2015 年に設立した合弁会社 AMITA KUB-BERJAYA KITAR SDN BHD が所有する廃棄物再資源化工場の敷地内にセメント代替燃料製造工場を新たに建設予定である。尚、2017 年度より粘土の代替原料（Alternative Raw Material：以下 ARM と記す。）の製造を開始し、セメント会社向けに供給を開始している。）

廃棄物の収集対象地域：セランゴール州、ペナン州、ジョホール州を中心としたマレー半島の各州又、本事業が目指す廃棄物処理の流れを図 1.2.(1)に示す。



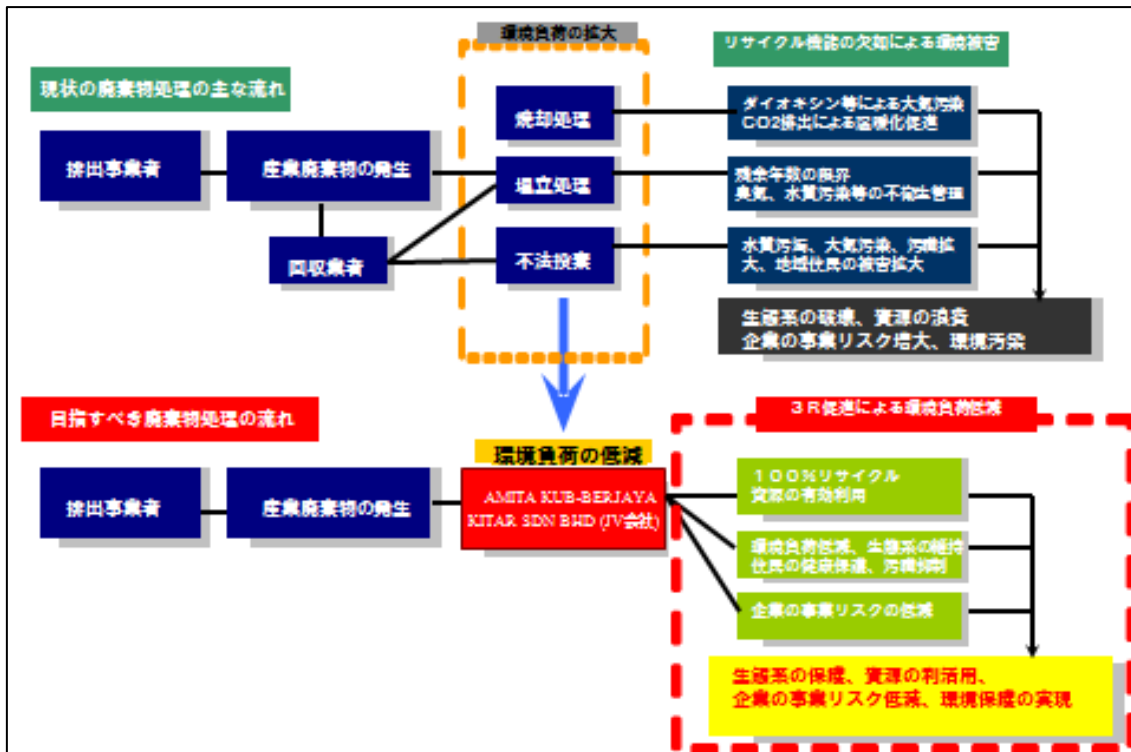


図 1.2 (1) 本事業が目指す廃棄物処理の流れ(自社作成)

AF は、発熱量の高い汚泥、廃プラスチック、廃活性炭、廃油、廃酸、廃アルカリ等の固形、液体廃棄物をユーザーであるセメント会社の受入規格に合致するよう調合した石炭の代替燃料である。発熱量の低い AF は焼成工程において主に仮焼炉で使用される。AF 燃焼後の燃え殻はセメントになる前の製品であるクリンカに混合されるため、二次廃棄物が発生しない完全な再資源化が可能である。尚、AF は固体と液体の 2 種類がある。(AF : 以下 AF (固体)、AF (液体) と記す。)

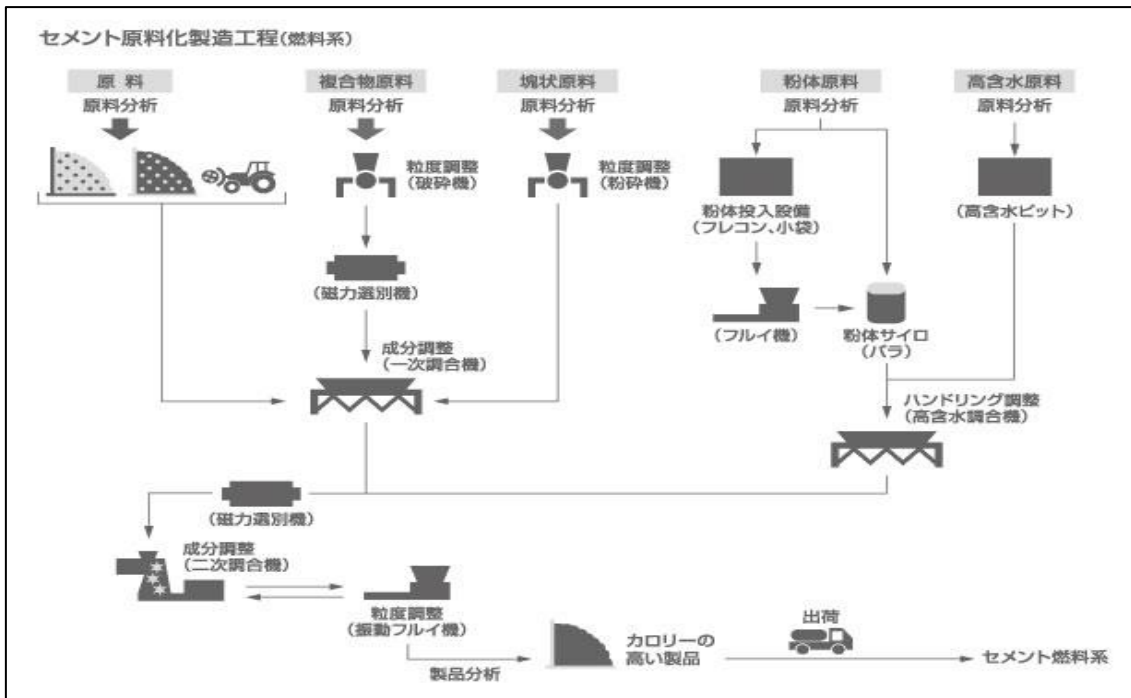


図 1.2 (2) AF (固体) の製造工程(自社作成)

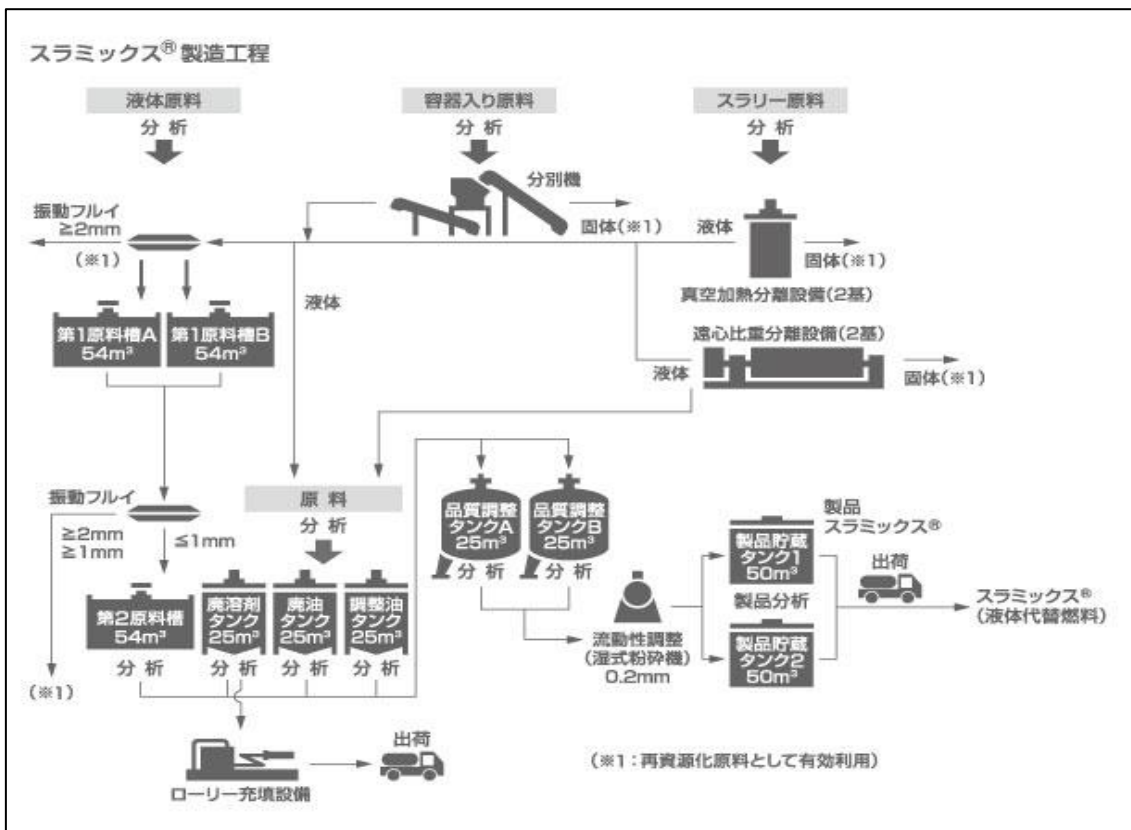


図 1.2 (3) AF (液体) の製造工程(自社作成)

表 1.2 (1) アミタ㈱の国内 4 拠点の製造実績 (自社作成)

	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
AF(液体)	21,857	22,902	21,833	19,287	18,007	17,471	16,416	15,551	16,341
ARM	33,805	33,300	31,578	30,788	27,994	42,631	46,543	43,450	48,488
AF(固体)	75,636	80,312	92,930	86,557	88,379	77,996	73,304	77,354	76,099
4製造所合計	131,298	136,514	146,341	136,632	134,380	138,098	136,263	136,355	140,928

単位:ト(トン)

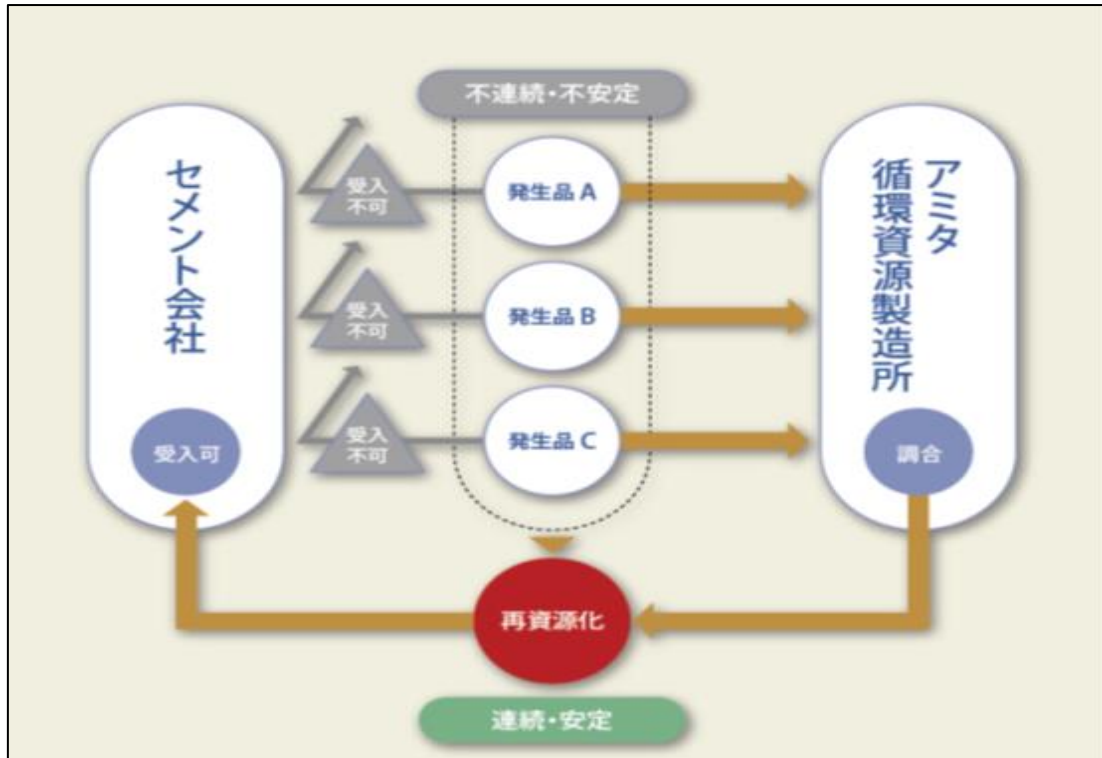


図 1.2 (4) 廃棄物の受入イメージ図(自社作成)

不連続でかつ不安定な廃棄物を連続でかつ安定的な資源にするのが本事業の役割である。製造業から排出される発生品はその成分（重金属、塩素等のセメント忌避成分）や数量、立地条件等によってセメント会社で直接受入できないものがある。そうした単品では再資源化できない発生品を当該事業を通じて混合・調合することで、セメント会社での受入可能な再資源化製品を製造し、再資源化ネットワークを構築することが可能になる。

混合による再資源化の一例を下記の図 1.2.(5)に示す。

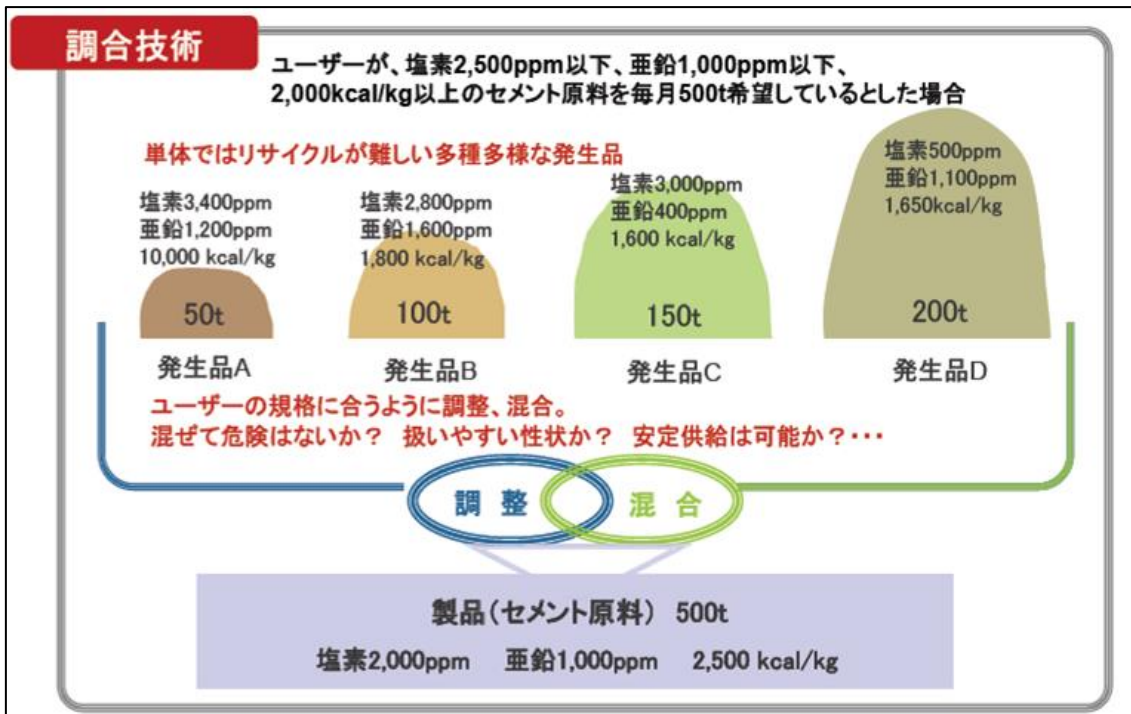


図 1.2.(5) 混合技術の仕組み(自社作成)

日本のセメント産業は、廃棄物を利用した代替原料及び代替燃料の有効利用に積極的に取り組んでおり、年間約4億t排出される産業廃棄物及び副産物のうち約2,800~3,000万tがセメント製造時の代替原燃料として活用されている。セメント1tあたりの産業廃棄物使用原単位は約470~480kgと世界でも最高水準であり、日本における廃棄物の利活用及び適正処理において重要な役割を担っている。又、受入された廃棄物はセメントキルンの中で1,450℃の高温で焼成されるため、ダイオキシン等の有害物質も炉内で分解され、2次廃棄物も発生しないため、廃棄物の再資源化を進める上では非常に重要な役割を担っている。

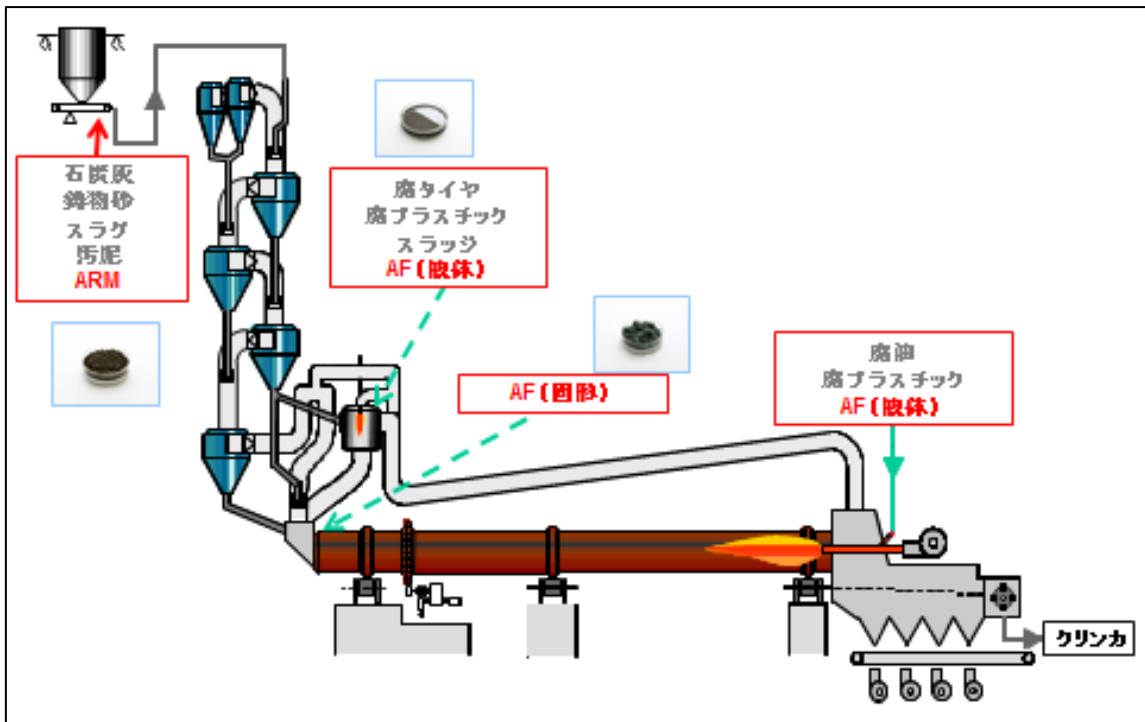


図 1.2.(6) セメントの焼成工程と ARM、AF の投入場所(自社作成)

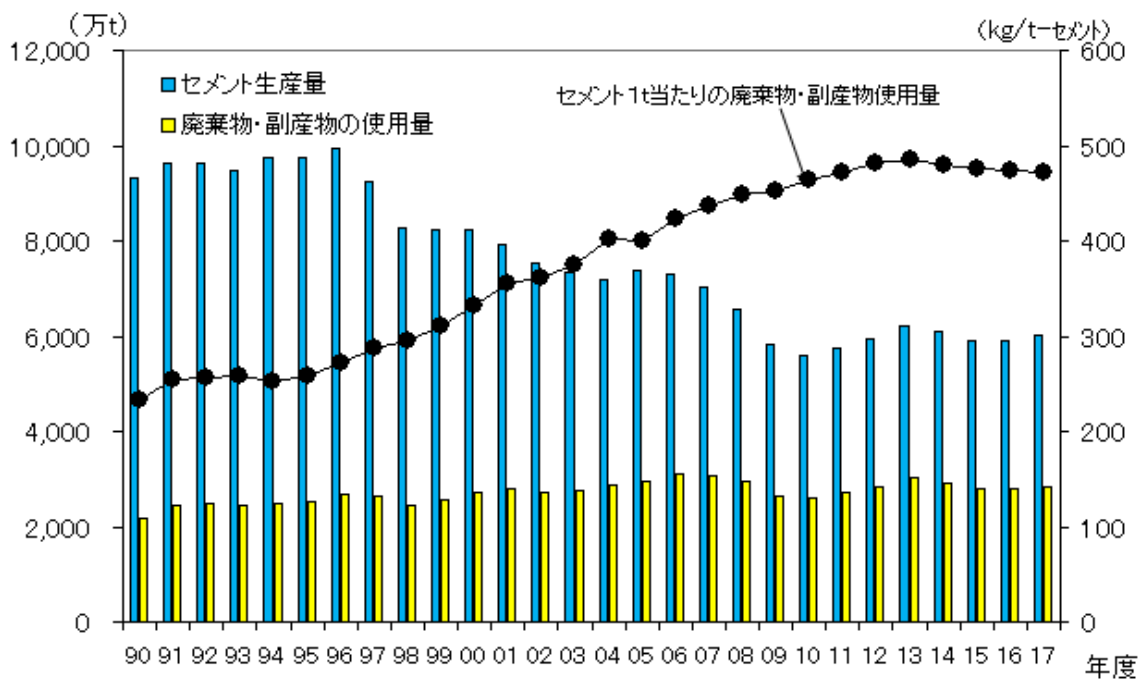


図 1.2.(7) セメント生産量と廃棄物・副産物使用量、使用原単位の推移

(出所) 一般社団法人セメント協会 HP (<http://www.jcassoc.or.jp/seisankankyo/seisan01/seisan01a.html>)

閲覧日 2019年3月1日)

セメント業界の廃棄物・副産物使用量の推移

種 類	主な用途	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	(単位:千)
石炭灰	原料、混素材	6,703	6,870	7,332	7,407	7,600	7,597	7,750	
高炉スラグ	原料、混素材	8,082	8,485	8,995	8,065	7,301	7,434	7,368	
汚泥、スラッジ	原料	2,673	2,887	3,206	2,970	2,933	3,052	3,255	
副産石こう	原料(添加材)	2,158	2,286	2,401	2,320	2,225	2,149	2,179	
建設発生土	原料	1,946	2,011	2,407	2,598	2,278	1,850	1,823	
非鉄鉱滓等	原料	1,384	1,505	1,405	1,441	1,442	1,534	1,524	
珪藻土	原料	675	724	770	723	722	757	795	
廃プラスチック	熟練ルキ-	469	479	518	595	576	623	643	
木くず	熟練ルキ-	586	633	657	696	705	642	543	
雑物砂	原料	526	492	461	454	429	409	446	
製鋼スラグ	原料	446	410	423	421	395	405	374	
廃油	熟練ルキ-	264	273	273	264	293	324	314	
廃白土	原料、熟練ルキ-	246	253	273	275	311	287	287	
再生油	熟練ルキ-	192	189	186	171	179	195	209	
ガラスくず等	原料	149	143	148	157	129	141	130	
廃タイヤ	原料、熟練ルキ-	73	71	65	58	57	69	63	
肉骨粉	原料、熟練ルキ-	64	65	63	58	57	57	56	
RDF、RPF	熟練ルキ-	51	50	55	54	37	35	37	
ボタ	原料、熟練ルキ-	0	0	0	0	0	0	0	
その他	-	378	595	626	485	382	438	502	
合計	-	27,073	28,523	30,265	29,212	28,053	27,997	28,332	
セメント生産量		57,426	59,310	62,241	60,956	59,074	59,114	60,202	
セメント1t当たりの使用量(kg/t)		471	481	486	479	475	474	471	

注1「汚泥・スラッジ」は下水汚泥を含む。注2「石炭灰」は電力発生以外の石炭灰を含む。注3「その他のセメント」には含まれていない。

図 1.2.(8) セメント業界の廃棄物・副産物使用量の推移  
(出所) 一般社団法人セメント協会 HP (<http://www.jcassoc.or.jp/seisankankyo/seisan01/seisan01a.html>)  
閲覧日 2019年3月1日)

## 2. 海外展開計画案の策定

セラランゴール州、ペナン州、ジョホール州を中心としたマレーシア半島各州の製造工場から排出される発熱量の高い汚泥、廃活性炭、廃油、廃酸、廃アルカリ等の固形、液体廃棄物を主原料とし、セメント工場向けに代替原燃料を製造する事業について、導入規模を仮に設定した上で、事業計画案を下記に示す。

### 【導入規模】

#### 1. AF(固体)製造

敷地面積：18,300 m<sup>2</sup>

処理能力：5,500t/月

※現在稼働中の建屋設備を使用する。

#### 2. AF(液体)製造

敷地面積：7,500 m<sup>2</sup>

処理能力：3,000t/月

※アミタ茨城製造所の建屋設備を基準とする。

### 【処理対象廃棄物種類】

各種製造業の工場から発生する指定廃棄物(Scheduled Waste：以下、SWと記す。)のうち、特に発熱量の高い汚泥、廃活性炭、廃油、廃酸、廃アルカリ等の固形、液体廃棄物を対象品とする。

指定廃棄物とは、「2005年環境質規則(指定廃棄物)」(Environmental Quality (Scheduled Waste ; SW) Regulations 2005)に基づき、その特性から特別な管理を要する廃棄物として規定されており、SWコードにて分類されている。

### 【許可申請予定のSWコード】

許可申請予定のSWコードは、下記の16種類。

SW206 (使用済み無機酸)

SW301 (使用済み有機酸)

SW305 (廃潤滑油)

SW306 (廃油圧/作動油)

SW307 (廃鋁油)

SW308 (オイルタンカー・スラッジ)

SW309 (バラスト水のような油と水の混合液)

SW313 (廃潤滑油の再精製から生ずる油で汚染された土壌)

SW321 (有機溶剤ないし重金属を含むゴムまたはラテックスの廃棄物  
もしくはスラッジ)

SW401 (重金属を含む廃アルカリ)

SW402 (pH 11.5以上の腐食性または有害な廃アルカリ)

SW411 (廃活性炭)

SW417 (インク、塗料、顔料、染料の廃棄物)

- SW420 (特定廃棄物の埋立地から生ずる浸出液／水)
- SW421 (特定廃棄物の混合物)
- SW501 (特定廃棄物の処理またはリカバリーから生ずる残渣)

従来、マレー半島では産業廃棄物の埋立・焼却の許可を唯一保有する Cenviro 社(旧、Kualiti alam 社)がマレーシア政府との間で独占契約を締結していた為、燃料化に適している熱量の高い廃棄物については、許可の取得が困難であったが、この独占契約が 2015 年に失効したため、今回、改めて市場調査と燃料化事業促進のためのワークショップの開催、日本での研修を行い事業化を実現したい。

**【事業実施体制】**

現地パートナーとアマタ現地法人との合弁会社である AMITA KUB-BERJAYA KITAR SDN BHD (以下、AKBK 社と記す。) が所有する廃棄物再資源化工場の敷地内にセメント代替燃料製造工場を新たに建設予定である。

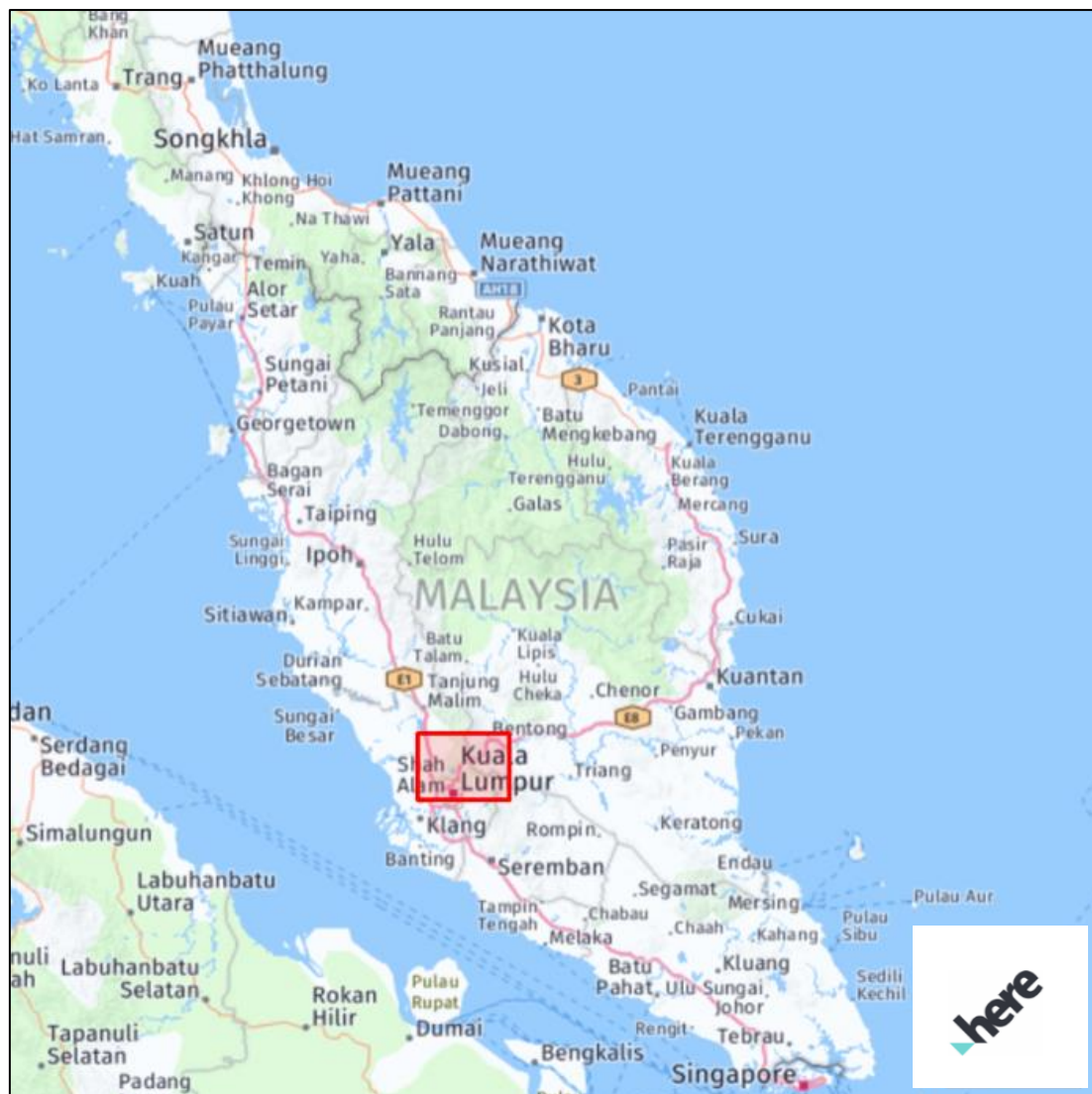


図 2.(1) 建設予定地(広域)



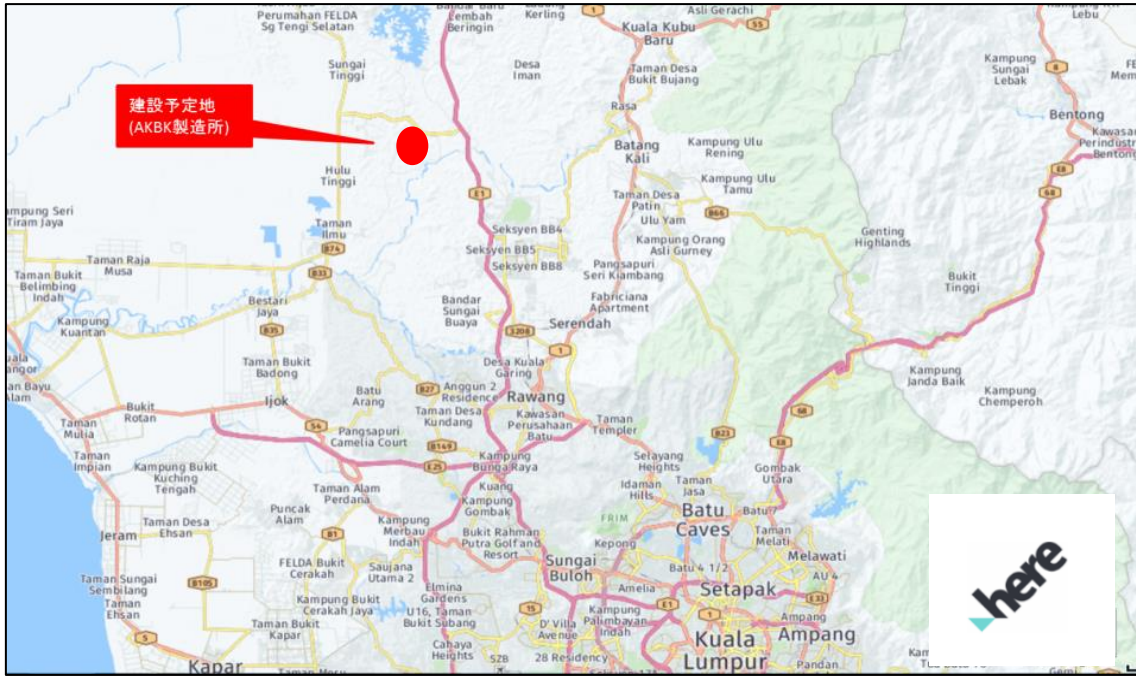


図 2.(2) 建設予定地(詳細)

### 3. 対象地域における現状調査

#### ① 排出事業者のニーズ調査

排出事業者のニーズ把握のため、排出事業者への訪問調査を実施し、廃棄物の排出量、種類、処理委託先、処理単価、処理における現状の課題等の情報収集を行った。又、廃棄物の組成・性状調査を進めるため、固形 71 件、液体 15 件、合計 86 件のサンプルを採取した。

(詳細は、表 4.1.(1) 排出事業者調査リストを参照) 分析結果は都度、排出事業者にフィードバックを行った。排出事業者のニーズとしては、コストダウンが最も高く、次に適正処理、リサイクル率向上の順という結果であった。処理費用のベンチマークとしては、表 3.1.(5) Cenviro 社の処理費用が参考となるが、一般的に排出事業者が Cenviro 社に支払っている処理費は、埋立処理で約 500RM/t、固形化処理で約 800RM/t、焼却処理で約 1,500~3,800RM/t となっている。また、最新の DOE 統計データによる SW の発生量と処理用途を下記に示す。

(表 3.1.(1) SW の発生量と処理用途) これを見ると SW の発生量は減少傾向だが、今回の調査の結果、実際は統計に反映されていない SW も多く存在し、発生量は増加傾向にあり、その多くは敷地内で許可なく保管されている可能性が高いと推測する。

表 3.(1) SW の発生量と処理用途

## Hazardous Waste Treatment & Disposal Records by DOE

FACILITIES	2015 (MT)	2016 (MT)	2017 (MT)
<i>Local Off-site Recovery Facilities</i>	446,077.76	863,124.13	661,557.87
<i>On-Site Treatment</i>	445,867.97	526,860.72	510,724.45
<i>Special Waste Management</i>	1,555,003.07	960,663.32	510,206.65
<i>On-Site Storage</i>	299,622.49	234,599.41	152,161.45
<i>Kualiti Alam Sdn Bhd</i>	120,221.72	143,063.40	133,507.97
<i>Off-site Clinical Waste Facilities (Incinerator, Microwave and Sanitary Landfill)</i>	25,523.33	16,290.59	28,375.24
<i>Trienekens (Sarawak) Sdn Bhd</i>	19,283.00	15,449.75	11,393.47
<i>Foreign Facilities (Export)</i>	6,879.00	6,562.13	9,353.67
<b>TOTAL</b>	<b>2,918,478.34</b>	<b>2,766,613.45</b>	<b>2,017,280.76</b>

[Source : Extracted from the DOE EQR 2015, 2016 & 2017]

(出所) DOE セミナー資料 統計データより作成

#### ② セメントメーカーのニーズ等調査

マレーシア国内の大手セメント 5 社と継続的に協議を実施した。各社とも廃棄物、副産物受入の実績はあるものの廃棄物利用に関する経験、知見が少ない会社も多く、本事業には 5 社とも強い関心と興味を示している。実際に現地で取得した廃棄物のサンプル結果を基に AF のシミュレーションを行った。実際に少量のサンプルも作成し、現在、セメント会社と受入に向けた協議を継続中である。現在、セメント会社からあがっている課題としては、揮発分、灰分の値である。これらの規格値は、DOE が定めるガイドラインには明記されてい

ないため、別途検討が必要になる。また、譲渡したサンプルの値が規格値を超えていたため、分析方法も含めて検討が必要である。また、投入方法についても、石炭と AF を混合して使用する場合と仮焼炉から直接投入する場合と 2 種類があり、両方に供給できるよう各社と協議をしている。

各社訪問時の記録を次のとおり示す。

日時	2018 年 8 月 24 日(金)
訪問先	Geocycle 社
場所	セラシエール州本社
出席者	現地パートナー1名、大和の計2名
内容	<p>Lafarge-Holcim 社の子会社で、主に廃棄物用いた原燃料の製造管理を行っている。</p> <p>&lt;AF(固体)&gt;  3 工場で 300,000t/年の取扱量（バイオマス由来は有価購入可）。  自社独自のプロジェクトで手一杯のため、ひとまず AKBK との協業はペンディングとする。MSW（家庭廃棄物）を AF として理由する事業には興味があり、協業の検討も可能である。</p> <p>&lt;AF(液体)&gt;  導入予定はない。</p>

日時	2018 年 11 月 26 日(月)
訪問先	TASEK CORPORATION BERHAD
場所	KL 本社
出席者	製造責任者、製造担当者、大和、山崎
内容	<p>Perak 州に工場を有する。</p> <p>&lt;AF(固体)&gt;  汚泥、廃プラスチック等を利用している。専用コンベアから仮焼炉へ直接投入している。当社 AF を有価物として購入することは考えていないため、優先度は下げて対応している。</p> <p>&lt;AF(液体)&gt;  導入に興味がある。AF(液体)専用の貯蔵庫、バーナー用ノズルを必要とするため、採算が取れば導入検討する。</p>

日時	2019年1月19日(金)
訪問先	HUME CEMENT SDN BHD
場所	ペラ州 Gopeng
出席者	工場責任者、製造責任者、製造担当者、大和、山崎
内容	<p>2012年より操業を開始し、代替燃料(固体・液体)の積極的である。現在利用している AF(固体)の保管ヤード、投入ホッパーを確認した。</p> <p>&lt;AF(固体)&gt; 既に穀殻、ゴム屑、廃油等を利用している。当社 AF(固体)は石炭代替として、石炭と混合して直接投入する方法と単品で仮焼炉から投入する方法の2種類があり、それぞれの受入規格が異なる。現在は、DOE ガイドラインに記載のない揮発分と灰分の値を最終調整しており、早ければ3月にトライアルを実施する。</p> <p>&lt;AF(液体)&gt; 既に再生液体を利用している。熱量、規格、コストに問題なければ、導入は可能である。</p>



写真 3.(1) Hume セメントとの打ち合わせ

日時	2019年1月23日(水)
訪問先	YTL CEMENT
場所	KL 本社
出席者	製造責任者、製造担当者、大和、山崎
内容	Perak-Hanjoong と Pahang に2工場を有する。 <AF(固体)> AFとして、籾殻、廃プラスチック、ゴム屑等を利用している。Perak工場のみ 仮焼炉への投入ラインが有る。AF受入規格は、水分35%、CI値:1.5%以下、 S値:5%以下としているが、その他の数値については、現在確認中である。 <AF(液体)> 導入に興味はあるが、AF(固体)を優先する。

日時	2019年2月18日(月)
訪問先	Negeri Sembilan Cement Idnsutries Sdn Bhd(Bahau Plant)
場所	ネグリセンビラン州 Bahau
出席者	大和、山崎
内容	Perlis と Bahau の2工場を有する <AF(固体)> Bahau工場のみ仮焼炉への投入ライン有。又、NEDO補助事業で廃タイヤ等の 破砕機、投入ライン、塩素バイパスを設置している。既に他社AF(固体)品のト ライアルを実施しているが、コーチングの問題が発生、上手くいっていない。 規格は粒度1インチ以下、S値:1%以下、その他規格も厳格である。 <AF(液体)> 導入に興味はあるが、AF(固体)を優先する。



写真 3.(2) CIMA セメントとの打ち合わせ

2015年にマレーシア天然資源環境省（Ministry of Natural Resources and the Environment）環境局（Department of Environment：以下、DOEと記す。）が中心となり、セメント各社、セメント協会との協議を通じて”Guideline on Environmentally Sound Co-Processing of Scheduled Wastes in Cement Industry in Malaysia”（「マレーシアのセメント産業における指定廃棄物利用に関するガイドライン」）を策定し、セメント会社での受入可能な廃棄物の成分規格（Waste Acceptance Criteria：以下、WAC）が明記された。現在は、このガイドラインのWACに沿って、各セメント会社との受入協議を進めている。本事業で製造するAFはマレーシアの指定廃棄物に関する環境規則（1989年制定、2005年に改定）上でSW421（A mixture of scheduled wastes）に分類されるため、セメント各社はAFを受け入れる際にはDOEからEIAとSW421の廃棄物受入ライセンスを取得する必要がある。

表 3.(2) セメント会社の廃棄物受入規格

No.	Parameter	Specifications (in dry basis)	
1	SiO <sub>2</sub> (%)	Total of 2 major oxides should be >30% No specification in AF	
2	Fe <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (%)		
3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)		
4	CaO (%)		
5	Cl (ppm)	Maximum 2%. Waste with total halogenated organic with > 1% Must be only used at the main burner	
6	Moisture content (%)	≤ 70 %	
7	Pb (mg/kg)	<u>Total heavy metals:</u> ≤ 100,000 ppm in ARM ≤ 10,000 ppm in AF	
8	Cr (mg/kg)		
9	As (mg/kg)		
10	Sn (mg/kg)		
11	Se (mg/kg)		
12	Ni (mg/kg)		
13	Te (mg/kg)		
14	Co (mg/kg)		
15	V (mg/kg)		
16	Sb (mg/kg)		
17	Mn (mg/kg)		
18	Zn (mg/kg)	< 30,000 ppm in total input: ARM	
19	Cu (mg/kg)	< 30,000 ppm in total input: ARM	
24	Hg (mg/kg)	< 10 ppm	<u>Total volatile metal:</u> ≤ 100 ppm
25	Tl (mg/kg)	-	
26	Cd (mg/kg)	-	
27	Total organic content	< 1% if ARM fed in cold part of the process	
28	Calorific heating value	< 500 kcal/kg (in dry basis) in AF	

(出所) DOE セメントガイドラインより作成

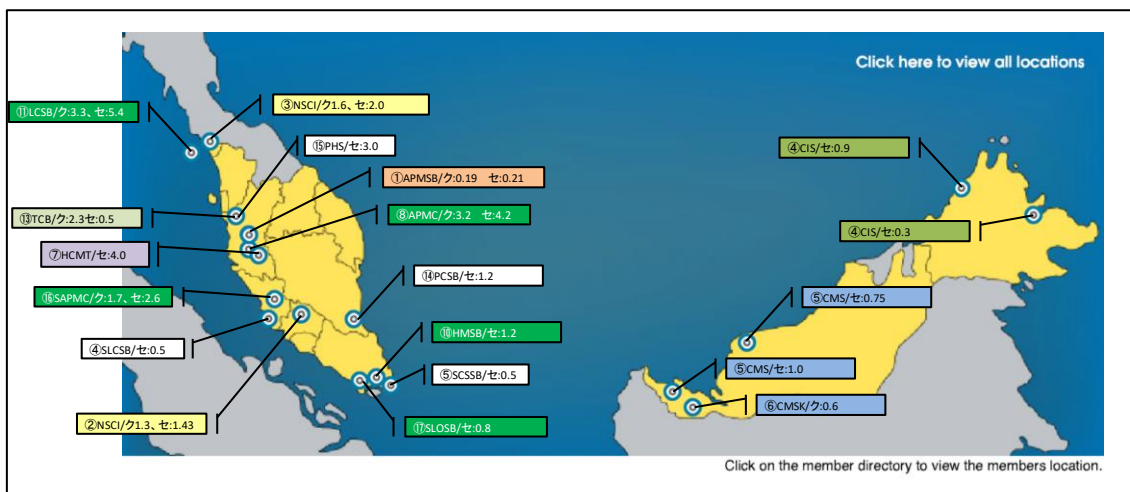


図 3.(1) マレーシアのセメントマップ

(出所) マレーシアセメント協会 HP より作成 (<http://www.cnca.org.my/loc.html> 閲覧日 2019 年 3 月 1 日)

表 3.(3) マレーシアのセメント生産量

単位:百万トン/年					
グループ名	会社	略称	No.	セメント	
Aalborg Portland Malaysia Sdn Bhd	Aalborg Portland Malaysia Sdn Bhd	APMSB	①	2.10	
CIMA GROUP OF COMPANIES	Negeri Sembilan Cement Idnsutries Sdn Bhd	NSCI	②	3.43	
	Negeri Sembilan Cement Idnsutries Sdn Bhd(Bahau Plant)	NSCI	③		
CEMENT INDUSTRIES (SABAH) SDN BHD	CEMENT INDUSTRIES (SABAH) SDN BHD	CIS	④	1.20	
CMS GROUP	CMS Cement Sdn Bhd	CMS	⑤	1.75	
	CMS Clinker Sdn Bhd	CMSK	⑥		
HUME CEMENT SDN BHD (HCMT)	HUME CEMENT SDN BHD	HCMT	⑦	4.00	
LAFARGE MALAYSIA BERHAD (LMB) GROUP	Associated Pan Malaysia Cement Sdn Bhd	APMC	⑧		
	Associated Pan Malaysia Cement Sdn Bhd	APMC	⑨		
	Holcim (Malaysia) Sdn Bhd	HMSB	⑩	14.20	
	Lafarge Cement Sdn Bhd	LCSB	⑪		
TASEK CORPERATION BERHAD (TCB)	TASEK CORPERATION BERHAD	TCB	⑬	2.30	
YTL CEMENT GROUP	Pahang Cement Sdn Bhd	PCSB	⑭		
	Perak-Harjoong Simen Sdn Bhd	PHS	⑮	5.20	
	Slag Cement Sdn Bhd	SLCSB	⑯		
	Slag Cement (Southern) Sdn Bhd	SCSSB	⑰		
		合計		34.18	

(出所) マレーシアセメント協会 HP (<http://www.cnca.org.my/loc.html> 閲覧日 2019 年 3 月 1 日) より作成

### ③ 競合他社の動向調査

当該事業の優位性を確保するため、競合他社の最新動向やマーケット情報の調査を継続して実施した。調査方法は、主に排出事業者からの聞き取りと廃棄物処理会社からの聞き取りによるものである。今回調査した企業は、Cenviro 社、Texcycle 社、5E Resources 社、Positive Chemical 社、Preference Megacycle 社、Urban Environment Industries 社の 6 社でいずれも液体系、固体系廃棄物の処理、リサイクルを行っている。価格は開示頂けない企業がほとんどであったが、排出事業者からのヒアリングをもとにすると、Cenviro 社と比較して 10~30%程度安価な処理費を設定している。又、実際に訪問した液体系廃棄物を扱う会社が有する廃液の処理能力は、3,000t/月（8 時間稼働）であったが、受入している数量は約 200 社から 500t/月程度であった。この会社では廃油や廃溶剤を間接加熱処理にて再生、販売を行っている。



排出事業者から回収した廃棄物の70～80%をリサイクルしており、残りの20～30%（残渣等）はCenviro社にて埋立処分している。その他の企業においても、許可上の処理能力に対して、実際の受入量は10～20%であり、処理後の残差もCenviro社にて埋立処分をしている会社が大半であった。又、マーケット競争の激化からどの会社も他社との協業を模索しており、今後はそうした自社にない強みを持つ競合他社との連携も視野に検討していきたい。

その他、セメント大手のLafarge-Holcim社、Tasek社に直接廃棄物を委託している排出事業者も存在するが、こちらも処理費用はCenviro社より30%～50%程度安価であった。2015年2月にCenviro社と当該国政府間の独占契約が満了になったものの、現在もCenviro社はマレーシア半島では、SW77種の処理ライセンスを有し、焼却、埋立処理場を持っている唯一の事業者である。一方、政権交代の影響もあり、Cenviro社のマネジメント体制の入れ替えや、競争の激化もあり、受入量が減少している傾向にある。又、政府が埋立を可能な限り削減し、リサイクルを推進する方針を打ち出していることもあり、Cenviro社としても新たな再資源化事業への検討を行っており、今後も動向を確認していく必要がある。

日時	2018年8月29日(水)
訪問先	5E Resources 社
参加者	現地パートナー1名、大和の計2名
目的	情報収集、今後の競業に向けた協議
内容	<p>事業内容は、①再生油製造、②ドラム、フレコンリサイクル、③炭化処理、④メタルリカバリー、⑤廃溶剤リサイクルである。</p> <p>廃油は2,000～3,000t、廃アルカリ、廃酸は3,000t/月の受入能力がある。将来、お互いの強みを生かした協業については、検討可能である。</p> <p>アマタが持つ技術の設備（技術）売りの提案も可能で、詳細はMDと協議が必要である。</p>

日時	2018年9月4日(火)
訪問先	Cenviro 社
参加者	現地パートナー1名、大和の計2名
目的	情報収集、今後の競業に向けた協議
内容	<p>77種全 SW コードを保持、放射性、爆発性以外は処理可能である。Organic 10%以上で焼却処理、高重金属のものは、固形化処理している。グループ会社の E-idaman はケダ州、ペルリス州で MSW の運搬、埋立事業を実施している。</p> <p>現在、定期案件として、200～250t/日の受入量で、リサイクル率は10%以下である。SW204は市場全体は、376,000t/年のマーケットポテンシャルがある。</p> <p>新たな Waste to Energy の焼却炉（ストーカー炉）は、3,000t/年の処理能力（3基目）がある。EPICで新たなリサイクル事業を検討中。土地の提供と投資援助。現在は、RE nescience 社（デンマーク）と RDF 事業、Forcebel 社（韓国）と埋立マイニング事業を検討中である。</p> <p>アルミドロスの処理に困っており、アイデアを求めている。</p>

また、廃棄物の運搬会社である Transmahir 社、Big Tree Waste Disposal 社、Vision Waste Disposal 社とも打合せ及び電話、メールでのヒアリングを実施した。当該事業では数多くの日系企業が事業活動を行うペナン州やジョホール州、マレーシア東部（パハン州、トレンガヌ州）の工業地域からも廃棄物を回収しており、セランゴール州にある再資源化工場までの距離は 400 km 以上に及ぶ。他の競合会社も同様に長距離輸送で廃棄物を回収しており、現時点で距離による集荷に関する不利益はないが、安価な価格での廃棄物の収集運搬を実現するためには、より多くの運送会社と連携が必要不可欠である。また、日本と違い、トラックの故障やドライバーの退職などが多く、それらを考慮しても、優良な運搬会社との提携が事業継続の鍵となる。下記、表 3.1.(7) Cenviro 社の処理費用の中の廃棄物輸送費が市場での運搬価格での参考数値となるが、本事業でもほぼ同等の価格での運搬が可能と見込んでいる。

今回の調査でも分かったことだが、マレーシアで廃棄物の収集運搬を行う運送会社は多数存在するものの、今回調査した会社も含め、一般廃棄物、家庭廃棄物の収集運搬に特化した会社が多く、収集可能な対象エリアが限られていたり、所有するトラックが 2、3 台しかない会社が大半であった。当面は現在契約している 3 社との取引を継続しながら、今後は長距離輸送が可能でかつ、所有トラックを多く持つ運送会社を見つけ、競争が激化する市場の中で、安価な運搬コストで取引ができる連携体制を構築することが重要である。また、鉄道での廃棄物の輸送についても検討したが、DOE に確認したところ、日本と違い、鉄道での SW の輸送は認められていないため、距離は遠いものの、トラックでの輸送しか方法がない状況である。一方、東マレーシア（サバ州、サラワク州）から発生する SW については、許可を取れば、船で半島マレーシアへの輸送することが認められている。実際に、いくつか案件の相談があるので、今後の集荷に向けて検討していきたい。

表 3.(3) Cenviro 社の処理費用

**特定廃棄物処理料金**

Kualiti Alam Sdn. Bhd. は、マレーシア半島においてオフサイトの指定廃棄物処理サービスを提供している指定会社です。同社の廃棄物管理センターは、ネグリセンピラン州のブキットナナスにあります。指定外廃棄物の処理については、立地場所や委託業者によって収集料金および処理料金はさまざまです。

廃棄物グループ	廃棄物の種類
A	<b>廃棄鉱物油</b> 潤滑油や油圧用オイルなどを含んだ廃棄物。
B	<b>ハロゲンおよび/または硫黄&gt;1%を含む有機化合物廃棄物</b> フレオン、PVC廃棄物、クロロホルム、溶剤、PCBを含むコンデンサーおよびトランスなど。
C	<b>ハロゲンおよび/または硫黄&lt;1%を含む廃棄物</b> アセトン、アルコール類(例 エタノール、メタノール)、ベンゼン、テレピン、キシレンなど。ポンプで汲み上げ可能で、50%以下の水分と18MJ/kg以下のカロリーを含む廃棄物。
H	<b>ハロゲンおよび/または硫黄&lt;1%を含む有機化学廃棄物</b> 接着剤、ラテックス、塗料、フェノール、印刷用インク、合成油、ソープ、エポキシなど。
K	<b>水銀を含む廃棄物</b> 水銀灯、COD液、水銀電池など。
T	<b>農薬廃棄物</b> 殺虫剤、殺菌および除草剤、殺鼠剤など。
X	<b>無機化学廃棄物</b> 酸、アルカリ、次亜塩素酸ナトリウム、無機塩類、金属水酸化物スラッジ、クロム酸塩、シアン廃棄物など。
Z	<b>その他</b> 医療廃棄物、ラボで使用した容器、アスベスト廃棄物、鉱物スラッジ、イソシアン塩酸(MDI、TDI)、電池など。

**有機廃棄物の焼却処理**

廃棄物グループ	バック済み廃棄物*				バルクの廃棄物			
	ポンプ汲み上げ可能な液体		個体		ポンプ汲み上げ可能な液体		個体	
	1トン当り / 1パレット当り				1トン当り / 1パレット当り			
	RM	¥	RM	¥	RM	¥	RM	¥
A	810	25,272	-	-	630	19,656	-	-
B	3,150	98,280	3,600	112,320	-	-	-	-
C	1,350	42,120	-	-	-	-	-	-
H/Z	1,890	58,968	2,790	87,048	1,800	56,160	2,700	84,240
T	3,150	98,280	3,600	112,320	-	-	-	-

**TENORM (技術的に濃度が高められた自然発生の放射性物質) 廃棄物の焼却**

廃棄物グループ	バック済み廃棄物*		バルクの廃棄物	
	1トン当り / 1パレット当り		1トン当り / 1パレット当り	
	RM	¥	RM	¥
Z	4000	124,800	該当なし	

液体無機廃棄物の物理的/化学的処理

廃棄物グループ	800リットルのパレットタンク 1トン当り/1パレット当り		200リットルのドラム缶 1トン当り/1パレット当り	
	RM	¥	RM	¥
クロム塩酸を含まない酸化廃棄物(X)	1,440	44,928	1,620	50,544
シアンを含まないアルカリ廃棄物(X)	1,440	44,928	1,620	50,544
クロム塩酸廃棄物(X)	1,800	56,160	1,980	61,776
シアン廃棄物(X)	1,800	56,160	1,980	61,776
水銀廃棄物(K)	3,600	112,320	3,780	117,936

無機廃棄物の固形化処理

廃棄物グループ	バック済み廃棄物* 1トン当り/1パレット当り		バルクの廃棄物 1トン当り/1パレット当り	
	RM	¥	RM	¥
X/Z	810	25,272	765	23,868

\*注:バック済み廃棄物とは、通常の200リットルドラム缶あるいは1 m<sup>3</sup>のPP袋に詰められた廃棄物。

無機廃棄物の直接埋立処理

廃棄物グループ	バック済み廃棄物* 1トン当り/1パレット当り		バルクの廃棄物 1トン当り/1パレット当り	
	RM	¥	RM	¥
X/Y	495	15,444	450	14,040

ゴムスラッジ廃棄物のゴムスラッジ埋立処理

廃棄物グループ	バック済み廃棄物* 1トン当り/1パレット当り		バルクの廃棄物 1トン当り/1パレット当り	
	RM	¥	RM	¥
X	700	21,840	該当なし	

封止処理

廃棄物グループ (Z)	バック済み廃棄物* 1トン当り/1パレット当り	
	RM	¥
汚染された粉砕済ドラム缶 およびその他汚染廃棄物	1,500	46,800

セメント結合

廃棄物グループ (Z)	バック済み廃棄物* 1トン当り/1パレット当り	
	RM	¥
乾電池およびその他廃棄物	900	28,080

\*注:バック済み廃棄物とは、通常の200リットルドラム缶あるいは1 m<sup>3</sup>のPP袋に詰められた廃棄物。

廃棄物輸送費

KM	州	1パレット当り (RM)				1メートルトン当り	
		1段目の積荷		2段目の積荷			
		最低 18パレット		18パレット以上		RM	¥
		RM	¥	RM	¥		
114	ネグリセンピラン	52.88	1,650	26.44	825	66.10	2,062
248	クアラルンプール (連邦直轄地)	59.73	1,864	29.87	932	74.66	2,329
274	マラッカ	60.71	1,894	30.36	947	75.89	2,368
374	セランゴール	65.61	2,047	32.80	1,023	82.01	2,559
652	ペラ	79.32	2,475	39.66	1,237	99.14	3,093
722	ジョホール	82.25	2,566	41.13	1,283	102.82	3,208
760	パハン	84.21	2,627	42.11	1,314	105.26	3,284
1050	ペナン	113.59	3,544	56.79	1,772	141.98	4,430
1152	トレンガヌ	180.17	5,621	90.09	2,811	225.22	7,027
1166	ケダ	181.15	5,652	90.58	2,826	226.44	7,065
	ケダ (クリム)	142.24	4,438	71.12	2,219	177.80	5,547
1190	ケランタン	183.11	5,713	91.56	2,857	228.89	7,141
1240	ペルリス	184.09	5,744	92.04	2,872	230.11	7,179

注:パレットに積まれた廃棄物の場合、料金の見積もりは2段階となっています。1段目の積荷は最低18/パレットで、2段目の積荷は、同一積荷における18/パレット以上で、上限はありません。

資料出所: Kualiti Alam Shd. Bhd. - www.kualitalam.com

(出所) マレーシアセメント投資開発庁

([http://www.mida.gov.my/home/administrator/system\\_files/modules/photo/uploads/20180524104820\\_CODB%20JAPAN%20FINAL.pdf](http://www.mida.gov.my/home/administrator/system_files/modules/photo/uploads/20180524104820_CODB%20JAPAN%20FINAL.pdf) 閲覧日 2019年3月1日)

#### ④ 許可取得に関する調査

通常、SW の処理を行うには、DOE 局長からの廃棄物処理ライセンスの取得が必要である。"Environmental Quality (Prescribed Premises) (Scheduled Wastes Treatment and Disposal Facilities) Order, 1989"によると、SW の取扱いができる施設が下記 6 種類に分類されている。

表 3.(4) SW のライセンス区分 (自社作成)

(1)	off-site storage facilities (オフサイト保管)
(2)	off-site treatment facilities (オフサイト処理)
(3)	off-site recovery facilities (オフサイト回収)
(4)	scheduled waste incinerators (SW 焼却炉)
(5)	land treatment facilities (土壌処理)
(6)	secure landfills (安全な埋立)

上記の廃棄物処理ライセンスの取得前にまず環境アセスメントの取得が必要になる。環境アセスメントは PEIA (簡易 EIA)、DEIA (詳細 EIA) の 2 種類がある。取得までの期間は、書類準備に約 3 か月、申請から承認まで約 9 か月を見込んでいる。また、AF の受入側となるセメント会社も新規で受入を開始する場合は、PEIA の取得が必要になる。PEIA 取得済みのセメント会社も、SW のコード毎に受入許可を追加で取得する必要がある。この手続きは 2 段階で行われる。まずトライアル許可を取得し、トライアルの結果を DOE に報告、問題がなければ、正式な受入許可の取得が可能となる。取得期間は、トライアル許可が約 3 か月、正式許可は、トライアル結果レポートも含めると約 6 か月を見込んでいる。

#### <AF(固体)>

AKBK 社では既に off-site recovery facilities のライセンスを取得しているため、AF(固体)に関して新たに建屋設備のライセンスを必要としない。一方で AF(固体)の出荷先であるセメント会社において、AF(固体)を受入するための、トライアル許可、正式許可の 2 段階でライセンスの取得が必要である。

#### <AF(液体)>

用地拡大ならびに新たに建屋設備を導入することから、環境アセスメントの取得が必要になる。現地の環境コンサルタントに確認したところ、DEIA は不要となり、PEIA の申請、取得が必要となる。環境アセスメントは別に、液体の場合、受入廃棄物が異なるため SW の追加コードの申請及び取得が必要となる。こちらは申請準備に約 2 か月、許可取得、ライセンス更新までに約 6 か月を見込んでいる。また AF(液体)の取扱については、消防法 (Fire Service Act, 1988)、労働安全衛生法(Occupational Safety and Health Act 1994)も対象となるため、それら法令の個別の条項を順守する必要がある。マレーシア政府人的資源省労働安全衛生部が管轄となる、労働安全衛生法(Occupational Safety and Health Act 1994)巻末付属資料 1 として添付する。

表 3.(5) 製造プロジェクトの許認可スケジュール (JETRO 作成)

(単位:月)

No.	申請の種類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	会社設立	→																		
2	土地の取得、工場建設																			
	a) 土地契約		→																	
	b) 工場図面作成、提出、図面の認可 c) 工場建設			→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
3	MIDAへの申請																			
	a) 製造ライセンス認可		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
	b) 駐在員ポスト		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
	c) 税制上の優遇措置の申請(該当する場合)		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
	d) 機械の輸入税と売上税の免除申請		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
	e) 原材料の輸入税免除申請		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	f) 製造ライセンス証書取得申請		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
4	DOEへの申請																			
	事前の事業計画(ASPAT) - 州のDOE		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
5	州政府への申請																			
	工場立地に関する州政府の許可書			→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
6	DOSHへの申請																			
	a) 機械の設置と登録の認可(JKJ 105)			→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
	b) 稼働の認可(JKJ101) c) ボイラー、エアコンプレッサー等の特定機械(設置・稼働許可)												→	→	→	→	→	→	→	
7	地方自治体への申請																			
	a) ビジネスライセンス b) サインボードライセンス												→	→	→	→	→	→	→	
8	各州の税関への申請																			
	a) LMMライセンスの申請(該当する場合) b) 売上税ライセンスの申請(該当する場合)												→	→	→	→	→	→	→	
	c) 原材料の売上税免除(売上税ライセンスを取得している場合のみ申請可)												→	→	→	→	→	→	→	
9	入国管理局への申請																			
	雇用/CAと扶養家族ビザの申請			→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	

(出所) JETRO作成

(出所) 編著 手島 恵美「マレーシアビジネスガイド」2013年

#### 4. 廃棄物の組成・性状調査

廃棄物の組成・性状調査を進めるため、AF(固体)の廃棄物サンプルを 51 社から 71 件、AF(液体)を 12 社から 15 件採取した。(詳細は、表 4.(1)、表 4.(2)排出事業者調査リストを参照) 調査の結果、発熱量の高い廃棄物はマレーシアでも多量に排出されており、本事業が目指す、AF(固体)、AF(燃料)の製造は十分に可能であると考えられる。

表 4.(1) 排出事業 AF(固体)調査リスト (自社作成)

No.	業種	発生品名	該当 SWコード	発生量 (t/月)	熱量 (cal/g)
1	リサイクル事業	WWT Sludge	204	60	2,356
2	リサイクル事業	Oily Sludge	204	40	4,084
3	食品関連	WWT Sludge	204	40	6,214
4	資材事業	Sandbag sludge	204	15	3,206
5	配送事業	SLUDGE CAKE	204	70	1,619
6	化学関連	WWT sludge	204	20	3,077
7	化学関連	WWT sludge	204	15	3,397
8	紙加工	Ink sludge	416	20	5,057
9	ゴム製造	Rubber Sludge Lump	204	30	3,252
10	ゴム製造	Rubber Sludge powder	204	10	4,234
11	ゴム製造	Rubber Sludge WWT	204	10	2,463
12	ゴム製造	RUBBER LUMP	321	20	8,457
13	食品関連	WWT Sludge	204	12	3,525
14	ゴム製造	Rubber Sludge	321	14	6,489
15	化学関連	Sludge Cake	204	18	6,090
16	ゴム製造	Rubber Lump	321	20	6,541
17	金属加工	WWT Sludge	204	20	1,966
18	運送事業	WWTP SLUDGE	204	40	5,408
19	ゴム製造	Rubber Lump	321	10	8,500
20	化学関連	ACTIVATED CARBON	411	20	5,525
21	化学関連	IETS Sludge	204	80	8,181
22	化学関連	TIN SLUDGE(OLD)	204	20	9,995
23	化学関連	SLUDGE	204	30	8,249
24	自動車部品	WWT sludge	204	300	6,294
25	化学関連	WWT Sludge	204	100	5,548
26	ゴム製造	SLUDGE IETS	321	60	2,207
27	リサイクル事業	NR LUMP	321	50	9,274
28	リサイクル事業	NR(2)	321	50	8,784
29	リサイクル事業	NBR LUMP	321	20	9,254
30	リサイクル事業	GLOVE REJECT	321	10	8,690
31	リサイクル事業	RUBBER SLUDGE	321	50	1,762
32	紙加工	INK SLUDGE	416	40	6,097
33	ゴム製造	IETS Sludge	321	15	3,223
34	ゴム製造	Latex Waste	321	40	4,202
35	農業加工	Bio Sludge	204	60	5,402
36	自動車部品	SLUDGE	204	10	3,613
37	化学関連	WWT Sludge	204	60	6,739
38	自動車部品	Paint Sludge	416	12	5,329
39	化学関連	WWT Suldge	204	20	6,911
40	リサイクル事業	Metal Hydro Sludge (0011)	204	30	2,169
41	食品関連	WWT Sludge	204	10	1,961
42	金属加工	WWTP SLUDGE	204	40	1,711
43	食品関連	Oily Sludge	311	60	4,669
44	化学関連	WWT Sludge	204	100	3,989
45	インフラ関連	N1 Sludge	204	30	4,068
46	インフラ関連	N2 Sludge	204	30	2,395
47	ゴム製造	SLUDGE	321	50	9,831
48	インフラ関連	IETS SLUDGE	204	20	6,544
49	化学関連	WWT Sludge	204	30	5,773
50	石油関連	Scum Cake	204	60	1,622
51	電子機器	sludge	204	10	3,531
52	自動車事業	PAINT SLUDGE	416	20	4,420
53	自動車事業	IETS Sludge	204	20	1,638
54	自動車事業	PAINT SLUDGE	416	20	5,008
55	リサイクル事業	WWT Sludge	204	15	6,526
56	ゴム製造	Rubber Sludge Lump(Nitrile)	204	10	8,632
57	電子部品	WWT sludge	204	20	1,419
58	農業加工	SLUDGE	204	20	3,512
59	電子関連	Bio Sludge	204	400	3,086
60	ゴム製造	SLUDGE	321	50	7,097
61	ゴム製造	Rubber Lump (Neoprene)	321	10	8,733
62	ゴム製造	Rubber Lump (PI)	321	10	7,790
63	ゴム製造	Rubber Lump (Exam)	321	10	6,788
64	ゴム製造	Rubber Lump (HRB)	321	10	8,422
65	ゴム製造	Rubber Lump (Surgical)	321	10	7,901
66	ゴム製造	Rubber Lump (Nitrile)	321	10	7,745
67	ゴム製造	Rubber Sludge (Wet)	321	80	3,375
68	ゴム製造	Rubber Sludge (Dry)	321	80	3,227
69	インフラ関連	WWTP SLUDGE	204	200	2,224
70	ゴム製造	Rubber Lump	321	40	8,347
71	ゴム製造	Rubber Sludge	321	20	6,385



表 4.(2) 排出事業者 AF(液体)調査リスト (自社作成)

No.	業種	発生品名	該当 SWコード	発生量 (t/月)	熱量 (cal/g)
1	リサイクル事業	Sludge (ECP-05)	204	50	1,668
2	化学関連	LIQUID	402	20	8,582
3	化学関連	LIQUID	402	20	8,582
4	化学関連	Spent lubricating oil	305	2000	5,792
5	電子機器	Ni Acid	206	350	1,094
6	リサイクル事業	Oil	204	40	7,509
7	化学関連	Oil pond sludge (PT13)	311	100	9,030
8	化学関連	Oil pond sludge (PT1)	311	500	1,409
9	化学関連	Sulphuric Acid Sludge	206	15	98
10	運送事業	BLACK OIL	312	15	10,894
11	電子機器	Waste Solvent	322	8	15,925
12	電子機器	Used Acid	206	4	409
13	電子機器	Discerd Alkeline	401	2	56
14	リサイクル事業	BV	204	400	3,381
15	運送事業	Oily Sludge	311	3	9,496

## 5. 現地政府・企業等との連携構築

DOE からの要請もあり、DOE 主催の現地セミナーにて、ブース出展を行いセメントリサイクル促進に向けた啓蒙活動、及び DOE、現地企業からの情報収集を行った。また、セメント会社を訪問し、AF 利用に向けた協議を継続して実施した。

日時	2018 年 10 月 22 日(月)から 24 日(水)
出展先	The International Solid Waste Association 2018
場所	KLCC
内容	The International Solid Waste Association が主催する、ISWA 2018 に DOE と共同出展し、世界各国からの有識者、来場者へ産業廃棄物からの再資源化を周知した。Yeo Bee Yin エネルギー・科学技術・環境・気候変動大臣も展示ブースを訪れ、日本の環境技術に興味を示した。



写真 5.(1) ISWA セミナー



写真 5.(2) Yeo Bee Yin 大臣見学時の様子

日時	2018年11月27日(火)
出展先	DOE マラッカセミナー
場所	MITC Summit Hotel
内容	DOE マラッカが主催するマラッカ州の製造業に対する環境セミナーに出展し、約 200 名の参加者へ AF(固体・液体)の有効性を説明した。



写真 5.(3) DOE マラッカセミナー

日時	2019年1月29日(火)
訪問者	環境省、IGES
場所	AKBK 製造所
内容	環境省とIGESから5名がAKBK製造所を視察し、マレーシア事業の現状ならびにAF(固体・液体)の必要性を説明した。



写真 5.(4) 環境省、IGES 来所

日時	2019年3月5日(火)
講演	マレーシアセメント協会
場所	The Cement and Concrete Association
内容	マレーシアセメント協会主催による、日本のセメント廃棄物利用の技術展開を目的とした講演で、マレーシアのセメント会社から6社13名が参加し、AF(固体・液体)の重要性について各社へプレゼンテーションを行った。



写真 5.(5) マレーシアセメント協会での講演

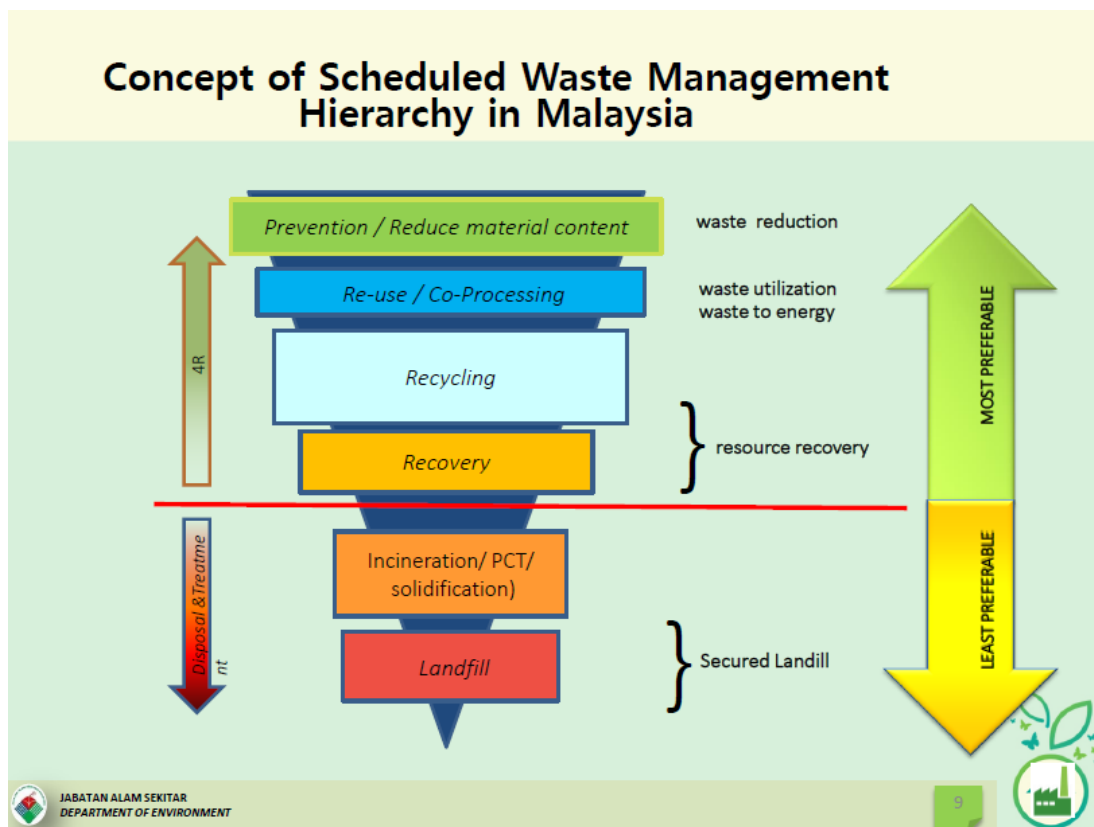


図 5.(1) DOE セミナー資料

日時	2018 年 11 月 14 日(水)
訪問先	DOE 本庁
参加者	現地パートナー1名、大和の計2名
目的	今後のセメントリサイクル推進の動きについての協議
内容	<p>現在、DOE のガイドラインでは、セメント会社での Co-processing 利用として、SW の 29 コードをあげているが、これを 64 コードに追加する。DOE として、まずは、全セメント会社に Co-processing の利用拡大を進めるような、アプローチを行い、その後、新たなガイドラインを作成して、さらなるサポートを盛り込む予定。</p> <p>Special waste management (SWM) の担当は、Ms. Hashima である。2006 年から期限のない SWM もあるため、見直しを行う。また、全ての SWM に今後、eSWIS を義務付ける。ただし、飲料水用の排水処理汚泥、衛星埋立上の汚泥、一般廃棄物焼却炉の灰は例外とする。</p>

また、AF(固体)、AF(液体)のセメント会社への提案に際し、揮発分、灰分、引火点などの DOE ガイドラインに記載のない分析値の基準が要求されている。これらの3項目(揮発分、灰分、引火点)について、自社で分析が出来ないため、外部分析会社への依頼が必要となる。課題として、セメント会社と分析会社で同一サンプルの分析値が異なる場合があり、分析値の校正、分析方法の確認、見直しを必要とする。今後、取扱数量の増加に応じて、分析機器のマレーシア国内調達も検討する。

## 6. 現地関係者合同ワークショップ等の開催

本事業に対するマレーシア関係機関の理解をより一層深めるため、主要関係者を日本に招聘して訪日研修を開催した。1日目は日本の環境省への表敬訪問、一般社団法人セメント協会による講演、2日目はアミタ(株)茨城循環資源製造所の見学、3日目は北九州市によるエコタウン事業の説明、自動車リサイクル工場の見学、アミタ北九州循環資源製造所の見学、4日目はセメント会社の見学を実施した。

日時	2019年2月26日(月)～3月1日(金)
訪問先	環境省、セメント協会、アミタ(株)茨城循環資源製造所、北九州市エコタウンセンター、九州メタル産業(株)、アミタ(株)北九州循環資源製造所、宇部興産(株)苅田工場等
参加者	DOE8名、現地パートナー5名、アミタより3名
目的	本事業への理解の促進とさらなる関係構築

表 6.(1) DOE 参加者リスト

	所属	役職
1	DOE 本庁	局長
2	DOE 本庁	副局長
3	DOE 本庁	有害廃棄物課 課長
4	DOE 本庁	環境評価課 課長
5	DOE 本庁	有害廃棄物課 副課長
6	DOE 本庁	有害廃棄物課 副課長
7	DOE 本庁	環境評価課 副課長
8	DOE 本庁	環境評価課 副課長

表 6.(2) パートナー参加者リスト

	所属	役職
1	パートナー会社	代表取締役社長
2	パートナー会社	取締役
3	パートナー会社	部長
4	パートナー会社	副部長
5	パートナー会社	課長

日時	2019年2月26日(火)
訪問先	環境省
目的	表敬訪問、山本局長へのご挨拶（環境再生・資源循環局）



写真 6.(1) 環境省表敬訪問



写真 6.(2) 環境省表敬訪問



日時	2019年2月26日(火)
訪問先	一般社団法人セメント協会
目的	セメント産業における廃棄物利用についての講演



写真 6.(3) セメント協会の講演

日時	2019年2月27日(水)
訪問先	アミタ(株)茨城循環資源製造所
目的	液体廃棄物リサイクル設備の見学



写真 6.(4) アミタ(株)茨城循環資源製造所見学



写真 6.(5) アミタ(株)茨城循環資源製造所見学



写真 6.(6) アミタ(株)茨城循環資源製造所見学

日時	2019年2月28日(木)
訪問先	北九州エコタウンセンター
目的	北九州市エコタウン事業の紹介



写真 6.(7) 北九州エコタウンセンターでの講演



写真 6.(8) 北九州エコタウンセンター

日時	2019年2月28日(木)
訪問先	九州メタル産業(株)
目的	自動車リサイクル工場の見学



写真 6.(9) 九州メタル産業(株)見学



写真 6.(10) 九州メタル産業(株)見学



写真 6.(11) 九州メタル産業(株)見学



写真 6.(12) 九州メタル産業(株)見学

日時	2019年2月28日(木)
訪問先	アミタ(株)北九州循環資源製造所
目的	固体廃棄物(燃料代替)リサイクル設備の見学



写真 6.(13) アミタ(株)北九州循環資源製造所見学



写真 6.(14) アミタ(株)北九州循環資源製造所見学



写真 6.(15) アミタ(株)北九州循環資源製造所見学



写真 6.(16) 北九州市での懇親会

日時	2019年2月29日(金)
訪問先	宇部興産(株)荏田工場
目的	セメント(廃棄物利用)の工場見学



写真 6.(17) 宇部興産(株)荏田工場見学

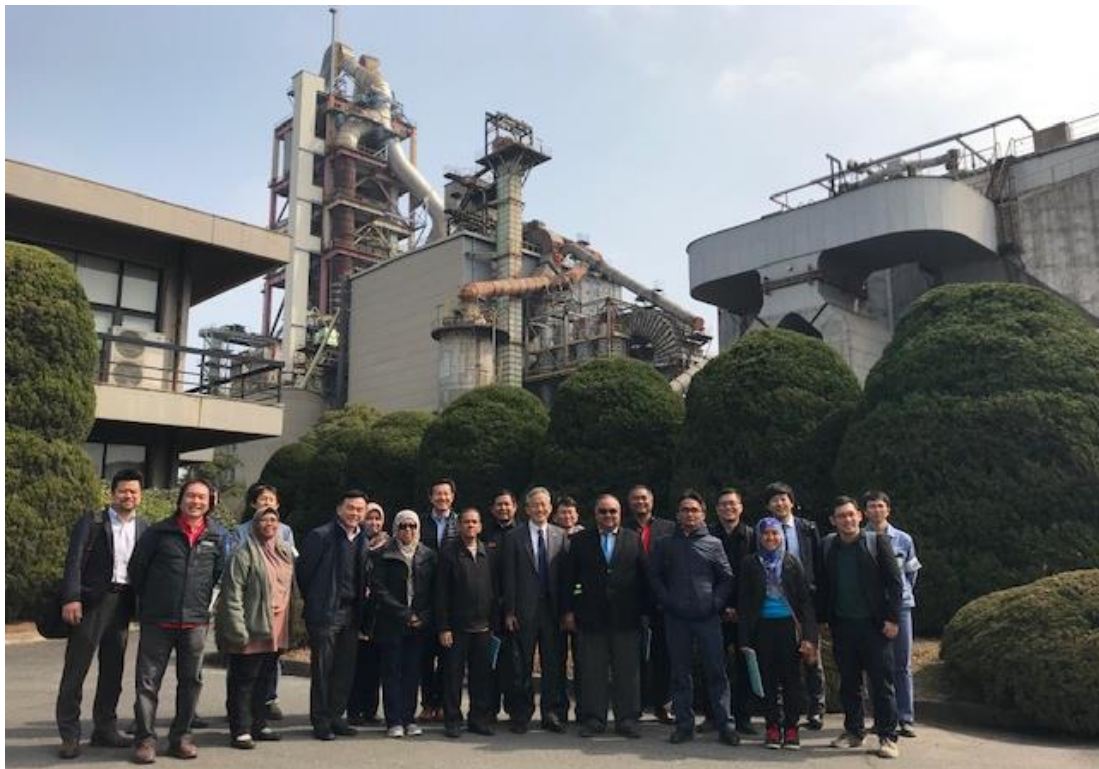


写真 6.(18) 宇部興産(株)荏田工場見学



## 7. 実現可能性の評価

### 7.1 事業採算性

事業採算性について、AF(固形)とAF(液体)に分けて5つのポイントで評価する。

#### <AF(固体)>

##### ①工場建設にかかる初期投資コストの精査

AF(固体)は、前述のとおり既存の製造所を利用するため工場建設等は不要である。

##### ②製造設備と据付、電気工事の現地調達化

新規設備として、固形物を細かく破碎機を導入する予定である。破碎機は消耗品の効果頻度が多いため、現地調達を行う。

##### ③処理費の価格設定

マレーシア国内の石炭(6,000kcal/kg)の市場価格は約 RM400/t で、1kcal あたりの熱量単価は RM0.066 である。AF(固体)規格として熱量を 4,000kcal/kg を設定しており、石炭の熱量単価に対して約 35-40%安価な RM0.025、RM100/t の有価物としての販売を想定している。

##### ④廃棄物運送会社の協議

運搬トラックは入出荷ともに取得の許可ライセンスにて既存運搬業者で対応ができる。現時点では、RM80/tの運賃を想定している。

##### ⑤セメント会社との協議

使用方法が各セメント会社の設備で異なるが、原則として日本と同様に仮焼炉への投入を想定している。規格についても各セメント会社で異なるが、国で定められている WAC を基本とする一方で、個別で揮発分や灰分の規格を設定する必要がある。これらに含め、最終的に処理費の合意をするが、上述の通り、現時点では、RM100/t での販売を想定している

#### <AF(液体)>

##### ①工場建設にかかる初期投資コストの精査

茨城製造所をモデルとして新たに工場建設した場合、土木工事、建設工事としてRM7百万(約189百万円)を計画している。現地パートナーと協力し、費用を最大限に抑え、現地業者へ発注する。

##### ②製造設備と据付、電気工事の現地調達化

設備導入、電気工事としてRM12百万(324百万円)を想定している。原則として現地調達を行うが、主要な設備は日本からの輸出することを想定している。

### ③処理費の価格設定

AF(液体)は石炭代替ならびに重油代替として使用するが、マレーシアでの重油需要が少ないため石炭代替のみとして供給する。マレーシア国内の石炭(6,000kcal/kg)の市場価格は約RM400/tで、1kcalあたりの熱量単価はRM0.066である。AF(固体)同様に、AF(液体)も熱量を4,000kcal/kgに設定しており、石炭の熱量単価に対して約35-40%安価なRM0.025、RM100/tの有価物としての販売を想定している。

### ④廃棄物運送会社の協議

AF(液体)の運搬はトラックによるドラム缶、またタンクローリー車、バキューム車での運搬が必要となる。既にタンクローリー車、バキューム車の所有する運搬業者は確認しているが、運搬費はこれから合意する。現時点では、RM100/tの運賃を想定している。

### ⑤セメント会社との協議

セメント各社のニーズはAF(液体)に比べ、石炭代替となるAF(固体)の方が高い。これは、既に廃プラスチックや籾殻やパーム残差などのバイオマス燃料となるAF(固体)をセメント会社で利用していることに由来する。AF(液体)については、利用している会社が少なく、まずは、AF(固体)から利用したい意向を示す会社が多いこともあり、協議が想定よりも進んでいないため、品質規格や価格については、これから本格的な協議をすることとなる。またAF(液体)の引き渡し方法について、日本では各セメント会社が受入専用の保管タンクと、キルンのバーナーから吹き込む投入設備を導入している。これらを含め、使用方法についても今後協議、交渉を進めていく必要がある。

## 7.2 環境負荷削減効果

AF(固体)、AF(液体)を自然由来の石炭、重油の代替として利用することで、天然資源の抑制し環境負荷低減となる。原料となる産業廃棄物についても同様に、これまで単純埋立または焼却処理されていたが100%再資源化され、有効的に利活用される。AF(固体)、AF(液体)の利用による温室効果ガス排出削減効果について、次のとおり示す。

セメントの製造工程において石炭代替としてAF(固体)及びAF(液体)を利用した場合の温室効果ガス削減効果を下記のとおり算出する。本事業で製造するAF(固体)は12,000t、AF(液体)は12,000tと設定し、代替される石炭を燃焼させた場合の温室効果ガス発生量を排出削減量として求めた。

表 7.2.(1) AF(固体)使用による温室効果ガス排出削減量 (自社作成)

AF(固体)生産量	12,000t/年	
AF(固体)熱量	4,000kcal/kg	平均値
石炭(一般炭)熱量	6,000kcal/kg	聞き取りの結果
石炭代替量	8,000t/年	
石炭(一般炭) CO2排出係数	2,409t-CO2/t	
代替によるCO2排出削減数	約19,272t-CO2/t	石炭代替量*一般炭排出係数

表 7.2.(2) AF(液体)使用による温室効果ガス排出削減量 (自社作成)

AF(液体)生産量	12,000t/年	
AF(液体)熱量	4,000kcal/kg	平均値
石炭(一般炭)熱量	6,000kcal/kg	聞き取りの結果
石炭代替量	8,000t/年	
石炭(一般炭) CO2排出係数	2,409t-CO2/t	
代替によるCO2排出削減数	約19,272t-CO2/t	石炭代替量*一般炭排出係数

※一般炭の排出係数は：「特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令」（経済産業省・環境省）を参照

複数産業廃棄物由来の代替燃料使用による温室効果ガス削減に関し、現時点で利用可能な方法論は存在せず、また温室効果ガス排出量測定に際し、これら代替燃料の扱いについて国際的に共通化された手法も確立されていない。

上記の温室効果ガス排出削減量の算出では、AF(固体)及び AF(液体)に含有される化石燃料由来廃棄物の燃焼に伴う CO<sub>2</sub> 排出量は考慮されていない。この点について、持続可能な開発のための世界経済人会議（World Business Council for Sustainable Development: WBCSD）のセメント産業部会（Cement Sustainability Initiative: CSI）が公表している「セメント産業向け CO<sub>2</sub>・エネルギー算定報告基準、セメント CO<sub>2</sub>・エネルギープロトコル プロトコル解説書 第3版」では、廃棄物の代替原燃料利用は、埋め立てや焼却によって排出される温室効果ガスを間接的に削減することに繋がり、その地域の状況に依るが廃棄物由来原燃料を燃焼した際に排出される CO<sub>2</sub> をオフセットすることができるとの考えを示しており、それを支持する。上述の考え方に対し、AF(固体)及び AF(液体)の燃焼に伴う温室効果ガス排出量を考慮した場合の温室効果ガス排出削減量測定について、方法論を下記に記す。

AF(固体)、AF(液体)の燃焼に伴う温室効果ガス排出量算出に必要な排出係数はいずれも現時点で不明であり、またその測定及び設定は容易ではない。そこで、現在一般的に公表されている代替燃料の排出係数の中から類似するものを選択し、その係数を利用して算出する方法を採用した。AF(固体)に対しては RDF の係数、AF(液体)に対しては廃油の係数を利用することとする。

表 7.2.(3) RDF、廃油の排出係数 (自社作成)

RDF の排出係数*	0.775t - CO <sub>2</sub> /t	
廃油の排出係数*	2.92t - CO <sub>2</sub> /t	廃油の排出係数 (2.63t - CO <sub>2</sub> /kl) を t/kl で換算。換算係数は 0.9(t/m <sup>3</sup> )

※排出係数は算定省令(特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令)

第 3 条第 12 項、第 14 項～第 15 項及び別表第 3 のデフォルト値を使用。

[http://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws\\_search/lsg0500/detail?lawId=418M60001400003](http://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=418M60001400003)

閲覧日 2019 年 3 月 1 日

AF(固形)に含まれる原料廃棄物は主に汚泥、廃プラスチック、廃活性炭などである。また、AF(液体)に含まれる原料廃棄物は主に汚泥、廃油、廃アルカリ、廃酸などである。したがって原料廃棄物には化石燃料と非化石燃料由来廃棄物がそれぞれ含まれるため、AF(固体)、AF(液体)に含まれる廃棄物を分類し、化石燃料由来廃棄物の割合を求めた。

表 2.3.(2) AF(固体)、AF(液体)に含まれる化石燃料由来廃棄物の割合 (自社作成)

AF(固体)に含まれる化石燃料由来廃棄物の割合*1	63%
AF(液体)に含まれる化石燃料由来廃棄物の割合*2	40%

\*1 アミタ(株)姫路循環資源製造所原料廃棄物の受入実績より算出

\*2 アミタ(株)茨城循環資源製造所原料廃棄物の受入実績より算出

上記を基に、ベースライン排出量とプロジェクト排出量を以下のとおり算出する。

・ベースライン排出量

ベースラインシナリオ：

AF(液体)：12,000t/年、AF(固体)：12,000t/年を使用せず一般炭を燃料として使用した場合

ベースライン排出量 = 一般炭の排出係数 × 代替量 (投入量 × 代替率)

一般炭の排出係数：2.409t - CO<sub>2</sub>/t

投入量：12,000t/年

代替率 (熱量の差)：AF(液体)の場合 (4,000kcal/6,000kcal)

AF(固形)の場合 (4,000kcal/6,000kcal)

代替量：AF(液体)による代替量 8,000t/年

AF(固体)による代替量 8,000t/年

⇒ AF(液体)を使用せず一般炭を使用した場合：

2.409t - CO<sub>2</sub>/t × 8,000t = 19,272t - CO<sub>2</sub>/年

⇒ AF(固体)を使用せず一般炭を使用した場合：

$$2.409t\text{-CO}_2/t \times 8,000t = \underline{19,272t\text{-CO}_2/\text{年}}$$

ベースライン排出量：38,544t-CO<sub>2</sub>/年…①

・プロジェクト排出量

プロジェクトシナリオ：

一般炭の代替として AF(液体)：12,000t/年、AF(固体)：12,000t/年を使用した場合

プロジェクト排出量

=AF(液体)、AF(固体)に含まれる化石燃料由来廃棄物の排出係数×投入量

AF(液体)の排出係数：廃油由来燃料 (2.92t-CO<sub>2</sub>/t) を設定

\*AF(液体)に含まれる化石燃料由来廃棄物の割合：40%

AF(固体)の排出係数：RDF の排出係数 (0.775t-CO<sub>2</sub>/t) を設定

\*AF(固体)に含まれる化石燃料由来廃棄物の割合：63%

投入量：AF(液体) 12,000t

AF(固体) 12,000t

⇒ 一般炭の代替として AF(液体)を使用した場合：

$$2.92t\text{-CO}_2/t \times 40\% \times 12,000t = \underline{14,016t\text{-CO}_2/\text{年}}$$

⇒ 一般炭の代替として AF(固体)を使用した場合：

$$0.775t\text{-CO}_2/t \times 63\% \times 12,000t = \underline{5,859t\text{-CO}_2/\text{年}}$$

プロジェクト排出量：19,875-CO<sub>2</sub>/年…②

温室効果ガス排出削減量 = ベースライン排出量 (①) - プロジェクト排出量 (②)

温室効果ガス排出削減量：18,669-CO<sub>2</sub>/年

上述の方法論にはいくつかの課題がある。まず、現時点で利用可能な排出係数が存在しないため、RDF 及び廃油の排出係数を AF(固体)、及び AF(液体)の排出係数として利用したが、それぞれの組成や性質の類似性は必ずしも高い訳ではない。例えば RDF の平均的な熱量は 3,500kcal/kg 程度であるが、AF(固体)の熱量は平均 4,000kcal/kg である。また AF(液体)の平均的な熱量 4,000kcal/kg に対し、廃油は 6,000kcal/kg 程度である。特に AF(液体)の場合、熱量の差が大きいにも関わらず設定された廃油の排出係数が一般炭よりも大きくなる可能性があり、その場合、代替量の増加が温室効果ガスの排出削減効果の減少に繋がるという結果になる。さらに、本事業では異なる複数種類の廃棄物を「調合」することにより代替燃料を製造するため、含まれる化石燃料由来廃棄物割合は常に一定とは限らず排出係数を規定するのが困難である。また、温室効果ガス発生源のバウンダリをセメントキルンでの燃料利用に限定したが、再資源化事業を対象とすることから、廃棄物の収集運搬や自社工場での再資源化活事業動に伴う自社工場からの排出量についてもプロジェクト排出量として含める必

要性があるものと考えられる。さらに、廃棄物の排出元が事業活動に伴う温室効果ガスの排出量として自社発生廃棄物の処分による排出量をカウントしている場合や、ユーザーであるセメント会社での代替燃料利用による削減量のカウントについてもそれぞれ重複しないよう考慮する必要がある。これらの点は、今後検証すべき課題である。

### 7.3 社会的受容性

本事業により産業廃棄物が100%再資源化されることで、排出事業者のリサイクル率が向上し、ひいてはマレーシア全体のリサイクル促進に寄与する。

#### ①廃棄物のリサイクル方針

マレーシア政府は中期計画「WAWASAN2020」として、2020年までに持続可能な開発ができる先進国入りを目指していたが、政策等の遅れから2025年までに先進国入りを目指すとしている。2001年に制定された“The Third Outline Perspective Plan (2001-2010)”では、「ゼロ・エミッション技術の利用を促進し、エネルギー消費の削減や廃棄物再利用および再生方針」が打ち出され、第11次マレーシア計画（2016-2020）においては、「環境配慮型の成長を通じた環境持続性の強化」としてグリーン成長を中核戦略の一つとしている。マレーシア政府が循環型社会の実現を重要視していることは、上記の各方針が打ち出されていることから明らかであり、当該事業がこれら方針に合致し、社会的受容性を十分に有するものである。また前述の通り、Cenviro社とマレーシア政府との独占契約が2015年に失効したことによって、大手メジャーも含め廃棄物処理会社、リサイクル会社の市場参入が加速していくと思われる。

#### ②DOEの姿勢、方針

DOEはマレーシア各州で開催される廃棄物管理のセミナーでリサイクルのさらなる促進を明確に打ち出している。（図7.3.(1) SW管理における優先順位）中でも、セメント産業におけるCo-processingはRe-useと同じ上から2番目のカテゴリーに位置づけられており、通常のRecycling、Recoveryよりも優先度が高く設定されている。また、SDGsにおける廃棄物分野の目標として、2030年までに4Rを通じた、廃棄物発生の持続的な削減を目標に掲げている。（図7.3.(2) SDGsにおける廃棄物分野の目標）その他、産業エコロジーの提唱を行い、北九州市のエコタウンのようなエコパーク構想を掲げ、資源循環の仕組みの構築の重要性を訴えている。又、この産業エコロジー構想の中においても、セメント産業での廃棄物利用は重要な位置づけとして注目されている。（図7.3.(3) 産業エコロジー構想）2次廃棄物が発生しないセメント産業での廃棄物利用を促進することで、温室効果ガスの削減、天然石油資源の削減、埋立ゴミの削減、不法投棄の削減を推進していきたい狙いがある。（図7.3.(4) セメント産業での廃棄物利用の必要性）

# HAZARDOUS (SCHEDULED) WASTE MANAGEMENT HIERARCHY IN MALAYSIA

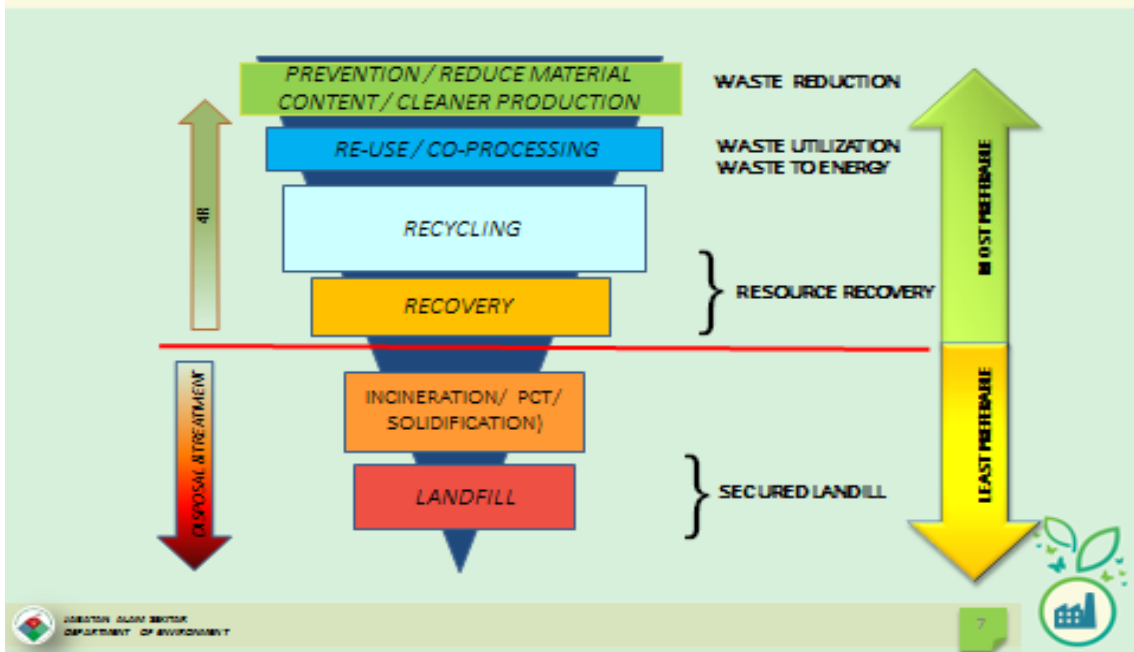


図 7.3.(1) DOE セミナー資料 SW 管理における優先順位

# SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

Malaysia targeting by 2030 to meet SDG, waste generation will be substantially reduced through prevention, reduction, recycling and reuse (termed as “Special Management of Scheduled Waste - Co-processing)

図 7.3.(2) DOE セミナー資料 SDGs における廃棄物分野の目標

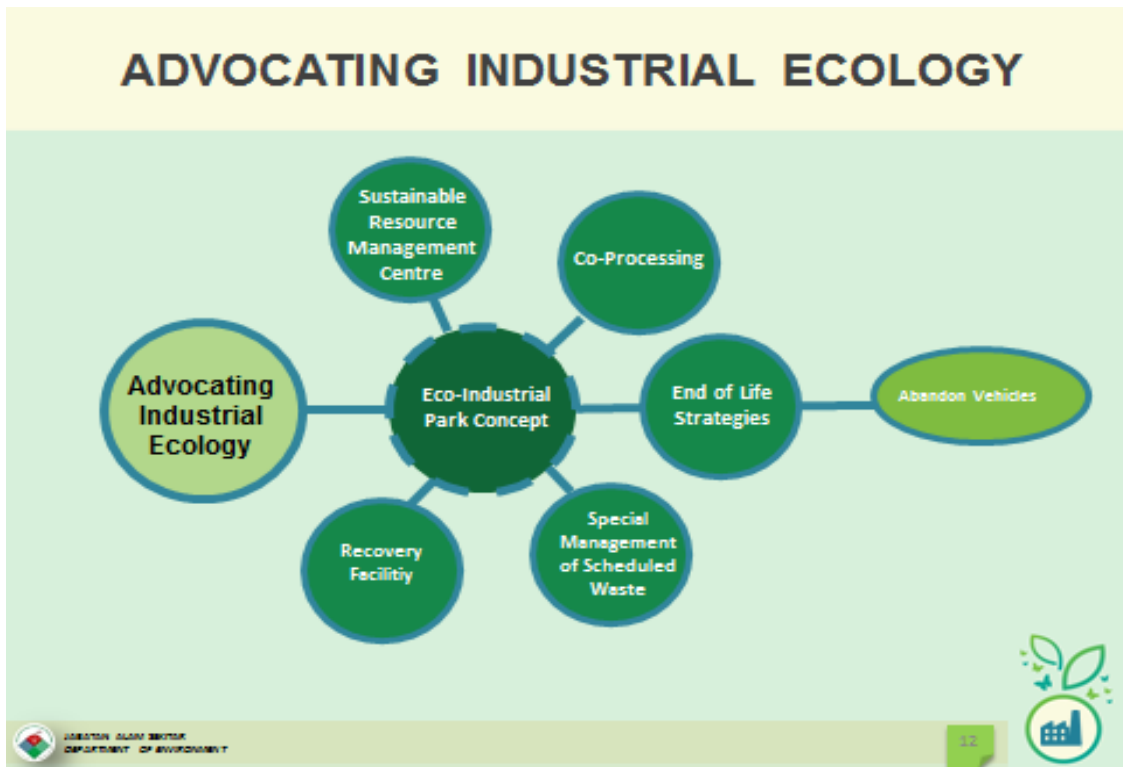


図 7.3.(3) DOE セミナー資料 産業エコロジー構想

## Why Need Co-Processing?

Through co-processing, cement plant creates positive impact on the environment and local communities:

- **Reducing CO2 emissions, replacing fossil fuels by alternative fuels**
- **Contributing to a Zero Waste Future by reducing quantities of waste going to landfills or illegal dumps, where they can contaminate land and water, and generate the greenhouse gas methane**

図 7.3.(4) DOE セミナー資料 セメント産業での廃棄物利用の必要性



### ③セメントリサイクルの促進

2015年5月に「セメント産業における廃棄物利用に関するガイドライン」が策定されて以降、DOEの後押しもありセメントリサイクルの普及が進んでいる。現在、DOEはセメント各社が受入できる、ARMの受入上限を3%に設定しているが、(図7.3.(5) セメント産業のARM利用における埋立削減効果)は各社が原料の3%をARMに置き換えた場合、月間91,060tの廃棄物を埋立せずに再利用できることを示している。さらに、DOEは当該事業が進めている調合(Blending)技術によるセメントリサイクルの促進をSmart Blending技術と位置づけ、埋立ゼロに貢献する手段として評価している。(図7.3.(6) 当該事業/技術の優位性) 一方、既に多くの廃棄物を受け入れしているセメント会社2社を除き、他のセメントメーカーは廃棄物利用の経験が乏しく、廃棄物利用における技術的指導、また廃棄物受入の設備等、当社も含めた日本側の関係機関からのさらなる援助が求められている。

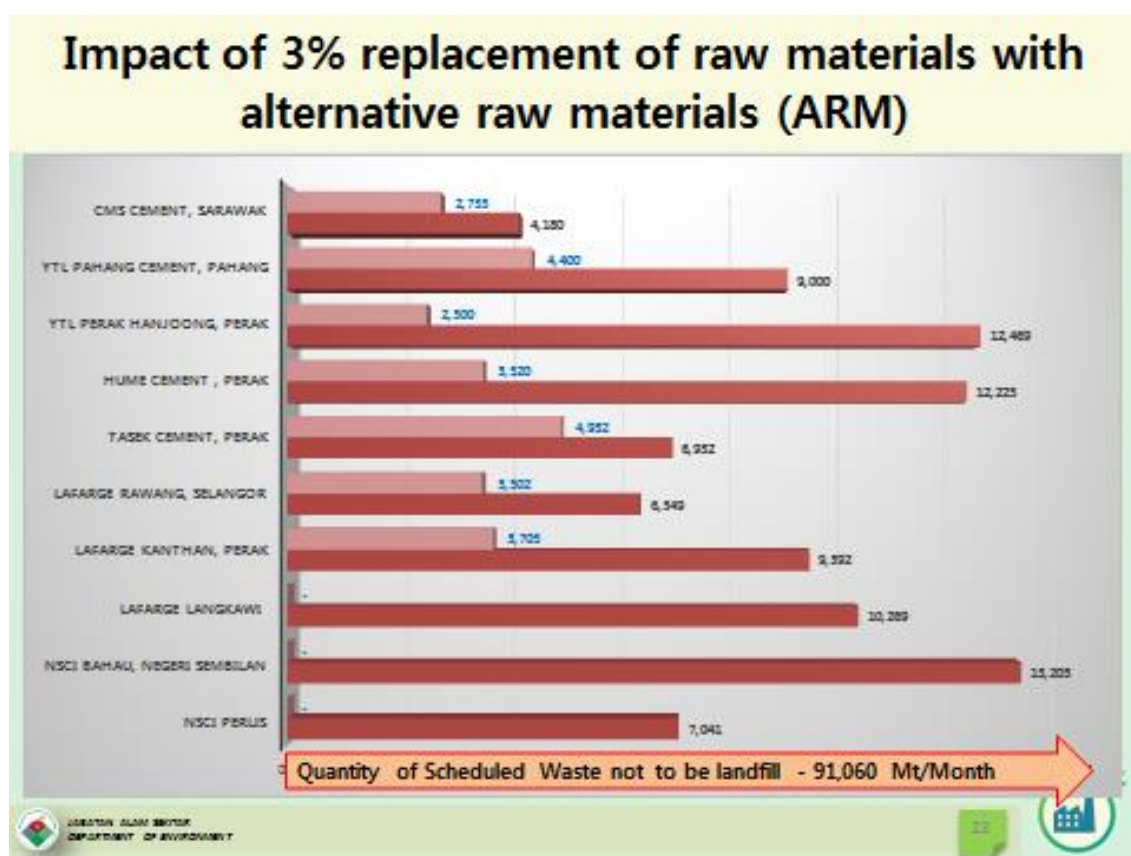


図 7.3.(5) DOE セミナー資料 セメント産業の ARM 利用における埋立削減効果

## SMART BLEND TO INCREASE THE USE OF SW

Smart blend is essentially physical mixing of wastes streams which have one or more of its parameters exceeding the allowable limits.

Smart blend is the effective way of avoiding to land-filling SW which could not be co-processed on its own merit.

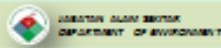


図7.3.(6) DOEセミナー資料 当該事業/技術の優位性

### ⑤ 日系、及び現地企業のニーズ

当該調査を実施する前からの訪問先も含めると既に 300 社近くの日系及び現地企業を訪問してきた。日系企業またグローバルに事業を展開する多国籍企業は、現地企業に比べ CSR 活動の一環として海外拠点を含めたゼロ・エミッションの目標を掲げていたり、廃棄物処理の透明性確保を重視している企業が多いため、当該事業が目指すリサイクル率向上および廃棄物処理の透明化担保への期待は非常に大きい。一方、最近では市場競争の激化からコスト削減の煽りを受け、リサイクル率向上よりもコストを第一義に掲げる企業が増えてきていることも事実である。つまり、リサイクルでなくても、安ければ埋立処理を選択する会社が増加傾向にある。こうしたコスト最重視の風潮は、マレーシアでの不法投棄の増加にも繋がっている。最近でもジョホール州で化学会社が排出元と見られる SW の河川への不法投棄が発覚し、1,000 人以上の住民が体調不良を訴え、100 以上の学校が休校となっている。こうした問題に対処する意味においても、政府は環境法の法改正を検討しており、早ければ今年中に公布される可能性がある。詳細は、JETRO クアラルンプール事務所が作成した資料<sup>1</sup>を参照されたい。又、リサイクルに対するインセンティブ付与や、埋立税の制定などの話も出てきているが、実現まではもう少し時間がかかると思われる。

<sup>1</sup> JETRO ホームページ

[https://www.jetro.go.jp/ext\\_images/\\_Reports/02/2018/3bfa359341928820/201803\\_Malaysia\\_Environment.pdf](https://www.jetro.go.jp/ext_images/_Reports/02/2018/3bfa359341928820/201803_Malaysia_Environment.pdf)  
(2019年3月1日閲覧)

## 7.4 実現可能性の評価

実現可能性について次の4点から評価する。

### ① 排出事業者

今回の調査で延べ56社からヒアリングと廃棄物サンプルの取得を行ったが、最も声が多かったのが不法投棄リスクへの懸念である。マレーシアでは2次マニフェストが存在せず、排出事業者側で最終処分までの状況がほとんど把握されていない。つまり、2次廃棄物の行方が非常に不透明な状況にあり、この仕組みの欠陥が不法投棄の温床にも繋がっている。AF(固形)ならびにAF(液体)はセメント会社で100%再資源化される。また、当該事業では、2次廃棄物の発生はないため、排出事業者のニーズが高まる透明性が担保できる。価格面においても、競争は激しくなっているが、再資源化後の製品を販売できることで、ARMと比べより安価な価格設定が可能となり、市場での価格競争力も発揮できると考えている。一方、AF(液体)については、許認可を有していないことも影響し、取得できたサンプル数やヒアリング数がまだ少ないため、事業可能性評価の精度を高めるため、継続したヒアリング、サンプル取得を必要とする。

### ② デマンド(セメント会社、鉄鋼メーカー)

AF(固形)は各セメント会社との規格を協議し、これから最終的な価格合意となる。現状は、先方との協議内容を踏まえ、CIMA社、HUME社に対してRM100/tでの販売を想定している。また、新政権誕生による大型公共事業の停止を受けマレーシアのセメント生産量は減少傾向にあり、大手5社による価格競争も激化していることを受け、各社とも製造原価の見直しが求められている。こうした背景から、代替燃料によるコスト削減が積極的に進められていくため、当該事業が進めるAF(固形)のニーズはさらに高まっていくと予想している。AF(液体)は、セメント会社において経験が乏しく、設備投資を必要とするため導入に慎重な意見が多い。しかし、セメント生産における燃料費のコスト割合は大きく、日本のセメント会社と同様に、新たな設備を投資したとしても、投資回収は容易にできると見ているため、継続してセメント会社に説明していきたい。また、AF(液体)は日本において、セメント会社だけでなく鉄鋼メーカー、製錬メーカー等での利用も可能なため、マレーシアにおいても、セメント会社に限定せず、出荷に向けた調査を行っていきたい。

### ③ 許可関連

AF(固形)は、既存ライセンスを利用して製造できることが確認された。一方で、AF(液体)は建屋設備の拡張のためPEIAを必要とする。PEIAはDOEの管轄であり、当事業の理解を得るためDOEとの継続的に意見交換を行い、より強固な関係構築が求められる。また取扱品によっては他の官公庁との連携が必要であるため、コンサルタント会社を交えながら環境法以外の法令も順守していかなければならない。

### ④ 費用対効果

今回の調査から得た情報を基にAF(固形)ならびにAF(液体)の事業FSを下記に示す。

<AF 固形>

初期投資		RM190,000			
	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
数量(t)	12,000	14,400	17,280	20,736	24,883
					単位:RM
売上	4,200,000	5,040,000	6,048,000	7,257,600	8,709,120
販売費	1,200,000	1,440,000	1,728,000	2,073,600	2,488,320
輸送費	-960,000	-1,152,000	-1,382,400	-1,658,880	-1,990,656
製造原価	-2,400,000	-2,880,000	-3,456,000	-4,147,200	-4,976,640
一般管理費	-1,200,000	-1,440,000	-1,728,000	-2,073,600	-2,488,320
<b>利益</b>	<b>840,000</b>	<b>1,008,000</b>	<b>1,209,600</b>	<b>1,451,520</b>	<b>1,741,824</b>

投資回収は約1年で可能である。

<AF(液体)>

初期投資		RM19,000,000			
	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
数量(t)	12,000	14,400	17,280	20,736	24,883
					単位:RM
売上	9,600,000	11,520,000	13,824,000	16,588,800	19,906,560
販売費	1,200,000	1,440,000	1,728,000	2,073,600	2,488,320
輸送費	-1,200,000	-1,440,000	-1,728,000	-2,073,600	-2,488,320
製造原価	-2,400,000	-2,880,000	-3,456,000	-4,147,200	-4,976,640
一般管理費	-1,200,000	-1,440,000	-1,728,000	-2,073,600	-2,488,320
<b>利益</b>	<b>6,000,000</b>	<b>7,200,000</b>	<b>8,640,000</b>	<b>10,368,000</b>	<b>12,441,600</b>

投資回収は約3~4年を想定している。

## 8. 今後の海外展開計画

今後の事業化に向けたスケジュールは下記に示す表 8.1.(1)を予定している。前述の通り、循環型社会システム構築へ向けたマレーシア当局の方針は明確であり、本事業もその方向性に合致している。また、日本招聘を通して DOE との関係強化も図ることができた。マレーシアにおけるセメント産業での廃棄物利用はまだ黎明期であり、本事業を進めていく上での課題もまだ多いが、引き続き日本の関係機関と連携し、また支援を得ながら本事業の早期実現を粘り強く目指すと共に、環境省が掲げる「我が国が有する循環産業の海外展開の促進」のモデル事業となれるよう、本事業を早期に実現させ、マレーシアの発展とセメント産業を活用した循環型社会構築の実現に寄与していきたい。

表 8.(1) 今後のスケジュール（自社作成）

2019

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
AF(固体)												
出荷スケジュール			Hume トライアル 出荷			Hume 正式出荷	CIMA トライアル 出荷			CIMA 正式出荷		
AF(液体)												
F/S作成スケジュール				継続調査	→	修正版F/S 作成	継続調査	→	→	→	→	最終版F/S 作成

2020

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
AF(固体)												
出荷スケジュール			YTL トライアル 出荷			YTL 正式出荷						
AF(液体)												
F/S作成スケジュール			建屋設計 EIA申請									EIA承認 工事着工

2021

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
AF(固体)												
出荷スケジュール			Tasek トライアル 出荷			Tasek 正式出荷						
AF(液体)												
F/S作成スケジュール						建屋完成 設備導入	操業開始	→	→	→	→	→