

令和3年度我が国循環産業の海外展開事業化促進業務

カンボジア国

アスファルト(AC)及びコンクリート塊からの再生骨材・
再生路盤材と廃プラによる高機能改質AC製造事業

報告書

令和4年3月

株式会社 愛亀

有限会社 フルカワ

久心コンサルタント株式会社

はじめに

本事業は、AC 塊から再生骨材を製造する技術、廃プラから AC 用の改質剤を製造する技術を用いて、カンボジア国の道路事業において、再生骨材製造の事業化の可能性及び廃プラスチックを用いた改質アスファルト製造の事業化の可能性を検証したものである。この技術を使った事業実施により、建設廃棄物の削減・リサイクル、骨材枯渇の抑制、廃プラスチックの有効利用、改質アスファルト製造に伴う CO2 の削減を図り、カンボジア国における「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。

本事業では、海外展開計画案の策定、対象地域における現状調査（社会・経済状況、対象廃棄物の発生・処理の状況、廃棄物処理・リサイクルの制度・政策等）、廃棄物の組成・性状等調査、現地政府・企業等との連携構築、事業実現可能性の評価（市場分析、競合状況分析、リスク分析、採算性分析等）、環境負荷削減効果、社会的受容性、事業化に向けて想定される課題等を分析し、事業の実現可能性を評価するとともに、課題解決の方策を検討した。

対象廃棄物の現状把握では、正確な数値情報が存在せず前提条件を設定し推計したが、その精度は十分高いとは言えない。法制度に関しては、固形廃棄物に関する基本法は存在するが、建設廃棄物やアスファルト改質剤等の法制度は未制定である。廃棄物の組成・性状調査では、カンボジア国の廃プラを使った改質アスファルトを製造し、日本における品質と同等の製品が製造できることが確認された。本事業を推進するにあたり、関連が深い MPWT、MOE、民間企業と情報交換、意見交換、今後の連携の可能性を調査した。

これら調査結果を踏まえ、短期事業(ゴール 1)：廃プラ利用によるアスファルト改質剤の製造・販売と中長期事業(ゴール 2)：「建設リサイクルセンター事業（再生骨材・再生アスファルト・改質アスファルトの製造販売、試験・品質管理事業）」に区分した。

また、本事業を推進するにあたり、建設資材製造、建設廃棄物の正確な数値的情報の把握、法制度・技術管理指針の制定、社会的受容性の醸成（骨材の枯渇問題、建設廃棄物の削減、ライフサイクルコスト重視への転換等）が課題として挙げられた。

Summary

In this project, the feasibility of producing recycled aggregate from AC waste and AC modified material from waste plastic was examined in a Cambodian road sector. The implementation of the project using these technologies are expected to contribute to the formation of a "recycling society for industrial waste" in Cambodia by reducing and recycling construction waste, curbing the depletion of aggregate, effectively using waste plastic, and reducing CO₂ emissions associated with the production of modified asphalt.

In this project, the following activities were carried out: formulation of an overseas development plan, survey of the current situation in the target area (social and economic conditions, generation and treatment of the target waste, waste treatment and recycling regulation and policies, etc.), survey of the composition and properties of the waste, establishment of cooperation with the local public and private sectors, evaluation of the feasibility of the project (market analysis, competitive situation analysis, risk analysis, profitability analysis, etc.), and assessment of the environmental impact of the project. In addition to assessing the feasibility of the project, measures to solve the problems were examined by analyzing the environmental impact reduction effects, social acceptability, and possible issues for commercialization.

In order to understand the current status of the target wastes, accurate numerical information was not enough, and assumptions were made and numerical volume of waste and demand of product were estimated, but the accuracy was not high enough. As for the legal and regulation system, the basic law for solid wastes exists, but the legal system for construction wastes and asphalt modifiers has not yet been established. In the investigation of the composition and properties of plastic waste, it was confirmed that modified asphalt using Cambodian local plastic waste can be produced and that the product is equivalent to the quality in Japan. In promoting this project, we exchanged information and opinions with MPWT, MOE, and private companies that are closely related to this project, and investigated the possibility of future collaboration.

Based on the results of these investigations, we classified the project into two categories: short-term project (Goal 1): production and sales of asphalt modifier using waste plastic, and medium-to long-term project (Goal 2): "Construction Recycling Center Project (production and sales of recycled aggregate, recycled asphalt, and modified asphalt, and testing and quality control projects).

In promoting this project, the following issues were identified: production of construction materials, understanding of accurate numerical information on construction waste, establishment of legal systems and technical management guidelines, and fostering social acceptance (e.g., the problem of aggregate depletion, reduction of construction waste, and a shift in emphasis to life-cycle costs).

目次

第1章 事業の目的・概要	1
1.1 事業の目的	1
1.2 事業の概要	1
第2章 海外展開計画案の策定	3
2.1 想定する事業の内容	3
2.2 計画案の概要	4
2.3 事業費及び収益性	4
2.4 キックオフ会議の開催	7
第3章 対象地域における現状調査	10
3.1 事業対象地域を中心とした社会・経済状況	10
3.2 廃棄物処理・リサイクルの制度・政策	12
3.2.1 四辺形戦略及び国家戦略的開発計画における位置付け	12
3.2.2 固形廃棄物の管理に関する法令 (Sub-Degree38)	12
3.2.3 都市におけるゴミ・固形廃棄物の管理に関する政令 (Sub-Degree116)	12
3.2.4 固形廃棄物、建設廃棄物の法令に関する課題	13
3.3 再生材料調達・利用に関する制度	13
3.4 処理対象廃棄物の発生・処理の状況	14
3.4.1 建設廃棄物の処理状況	14
3.4.2 プラスティックの処理状況	16
3.4.3 AC/コンクリート塊の発生量の状況	17
3.4.4 廃プラスチックの発生量の状況	18
3.5 対象事業が提供する製品やサービスの価格、市場規模及び需要	18
3.5.1 骨材の価格、市場規模及び需要	18
3.5.2 アスファルトの価格、市場規模及び需要	18
第4章 廃棄物の組成、性状等調査	19
4.1 廃プラスチックを使った改質アスファルトの製造実験と品質調査	19
4.2 カンボジア工科大学による廃プラ利用による改質アスファルト研究	20
第5章 現地政府・企業等との連携構築	21
5.1 法制度、技術制度等に関する連携の可能性	21
5.2 リサイクルプラントの建設に関する連携の可能性	21
5.3 廃プラスチックを使ったアスファルト改質剤に関する政府・企業との連携可能性	24
5.4 対象事業の承認の取得について	27
第6章 海外展開計画案の見直し	28
6.1 海外展開計画の見直し案	28
6.2 工程計画	30
第7章 実現可能性の評価	33
7.1 製品やサービスの市場規模や需要の評価 (改質アスファルト)	33
7.2 競合性分析・リスク分析	33
7.3 事業性・採算性の評価	34
7.4 環境負荷削減効果	36

7. 5 社会的受容性の評価.....	37
7. 6 今後の課題.....	38
附属資料1 キックオフ会議のプレゼン資料（2021年10月27日）	39
附属資料2 事業説明会（ワークショップ）の開催（2022年2月10日）	42

【略語表】

略語	英語	日本語
MPWT	Ministry of Public Works and Transport	公共事業運輸省
DPWT	Department of Public Works and Transport	公共事業運輸局
RID	Road infrastructure development	道路局
DG	Director of General	総局長
MRD	Ministry of Rural Development	地方開発省
MOE	Ministry of Environment	環境省
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
CDC	Council for the Development of Cambodia	カンボジア開発評議会
SEZ	Special Economic Zone	経済特区
AC	Asphalt Concrete	アスファルト・コンクリート
AS	Asphalt	アスファルト（瀝青）
PP	Polypropylene	ポリプロピレン
DBST	Double Bitumineux Surface Treatment	2層式表面処理
MCI	Maintenance Control Index	舗装管理指数
NR33	National Road 33	国道33号線
TCM, Ly, CCES	—	会社名（固有名詞）
IPS /IBC	IKEE Paving Systems /IKEE Bitumen Chemical	（株）愛亀（IKEE）グループ企業

第1章 事業の目的・概要

1.1 事業の目的

株式会社愛亀は、道路建設廃材（建設副産物）を道路路盤用骨材やアスファルト・コンクリート（AC）用再生骨材に整正加工し、さらにプラスチック廃材から製造される改質剤を加えた「改質アスファルト」を製造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。また、有限会社フルカワはカンボジア国において、廃プラスチック・リサイクルセンター事業を行っている。

本事業では、これらの技術を用いて、カンボジア国で発生する建設副産物のうち、コンクリート廃材、アスファル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及び廃プラスチックを用いた改質アスファルト製造の事業化の可能性を検証するものである。これら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、廃プラスチックの有効利用と改質アスファルト製造に伴うCO₂の削減を図り、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

本事業の実施概要は以下のとおりである。

① 海外展開計画案の策定（第2章）

調査開始前に、事前に把握している情報を踏まえ、対象地域、処理対象廃棄物の種類、利用技術等を明確化し、その導入規模を仮に設定した事業計画案を策定する。また事業計画案には、事業規模、事業運営計画、事業実施体制、事業化スケジュール案、収支計画等を含む。

② キックオフ会議の開催（第2章）

カンボジア国側の主要関係者を対象として、本事業の対象地域、処理対象廃棄物の種類、利用技術、循環産業の活性化の意義、政策について、海外展開計画案について説明を行う。

③ 対象地域における現状調査（第3章）

事業の実現可能性を評価するために必要と考えられる現状の調査を行う。具体的には、事業対象地域を中心とした社会・経済状況、処理対象廃棄物の発生・処理の状況、廃棄物処理・リサイクルの制度・政策等についての調査を行う。また、対象事業が提供する製品やサービスの価格、市場規模及び需要、対象事業に関連する競合状況、リスク等について調査を行う。以上の調査では、実現可能性の評価根拠として利用できるように、より確かな情報源から情報を収集するとともに、可能な限り定量的なデータを収集する。

④ 廃棄物の組成、性状等調査（第4章）

対象地域における処理対象廃棄物の組成、性状等に関し、サンプリング分析等の調査を実施

する。

⑤ 現地政府・企業等との連携構築（第5章）

事業を実施する上で必要な現地政府（現地の中央政府、地方政府等）や企業（現地企業、第三国の企業等）との連携状況の整理を行うとともに、今後の連携可能性について分析・検討を行う。また、対象事業の実現において主要な現地政府機関・企業等との間で、対象事業の承認の取得や事業化推進のための協議を行う。

⑥ 現地関係者合同ワークショップの開催（第5章）

現地での海外展開の枠組みを構築していくため、海外展開事業を計画している事業者等の日本側関係者と現地の行政当局、関係団体、パートナー企業等の関係者との間で、海外展開事業計画案や実施状況、事業推進に向けた協力等について情報共有・意見交換を行う「関係者合同ワークショップ」を開催する。

⑦ 海外展開計画案の見直し（第6章）

事業の実現可能性を改善させることにつながる現地の行政施策について検討し、適切な施策があれば提案をまとめる。その上で、本調査で得られた結果を踏まえ、当初の事業計画案を見直す。

⑧ 実現可能性の評価（第7章）

対象事業の事業性（採算性）については、処理対象廃棄物の回収可能量や事業に係る費用等の定量的な分析、対象事業によって提供される製品やサービスの市場規模や需要に関する定量的な分析、競合状況分析、リスク分析、収支シミュレーション及び採算性分析、資金調達分析等を実施した結果を用いて評価を行う。加えて、環境負荷削減効果、社会的受容性、事業化に向けて想定される課題等を分析し、事業の実現可能性を評価するとともに、課題解決の方策を検討する。

⑨ 今後の課題（第7章）

事業計画案、対象事業の事業性、環境負荷削減効果、実現可能性の評価結果等を対象地域の行政、事業者等の関係者に提案できる形でまとめる。事業の実現可能性を改善できる現地の行政施策についてもまとめる。

第2章 海外展開計画案の策定

2.1 想定する事業の内容

(1) 対象地域

カンボジア国

(2) 処理対象廃棄物種類

建設副産物（アスファルト塊・コンクリート塊）及び廃プラスチック（ポリプロピレン系：PP）

(3) 利用技術、導入規模

本事業で利用する技術は以下の2つである。

① AC塊からの再生骨材化技術

道路建設工事で発生するアスファルト塊を再生骨材へと加工・精製し、再び資源循環する“アスファルト塊から再生骨材を製造する技術”。



図 2-1 再生骨材プラント（リサイクルプラント）の一例

② 廃プラスチックをペレット化し、アスファルト改質材へ転換する製造技術

ペットボトルのキャップ等、ポリプロピレン系廃プラスチックをペレット化し、アスファルトの高機能化に寄与する“廃プラスチックからアスファルト改質材を製造する技術”

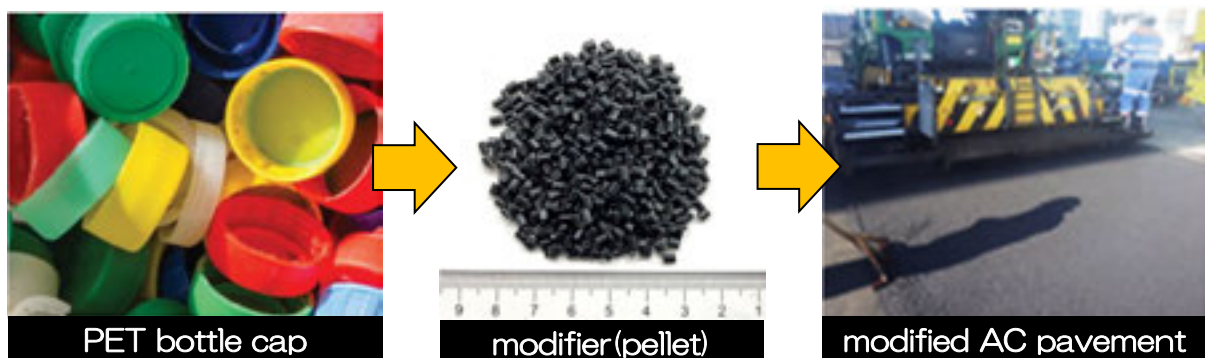


図 2-2 廃プラスチックから改質剤、改質アスファルトの製造イメージ

(4) 事業内容

① 再生骨材の製造・販売

リサイクル資源として収集（買い取り）・運搬・処理をしたアスファルト塊/コンクリート塊から再生骨材、再生路盤材を製造し、販売を行う。

② 改質剤および高機能アスファルトの製造・販売

廃プラスチックから製造した改質剤およびその改質剤を用いた高機能アスファルトを製造し、販売する。

2. 2 計画案の概要

(1) 導入プラント

本事業で、再生骨材プラントと廃プラスチック改質剤プラントを建設する。改質アスファルトプラントは、MPWTの既存のアスファルトプラントに廃プラスチックから生成した改質剤を投入する機能を本事業で追加建設する。

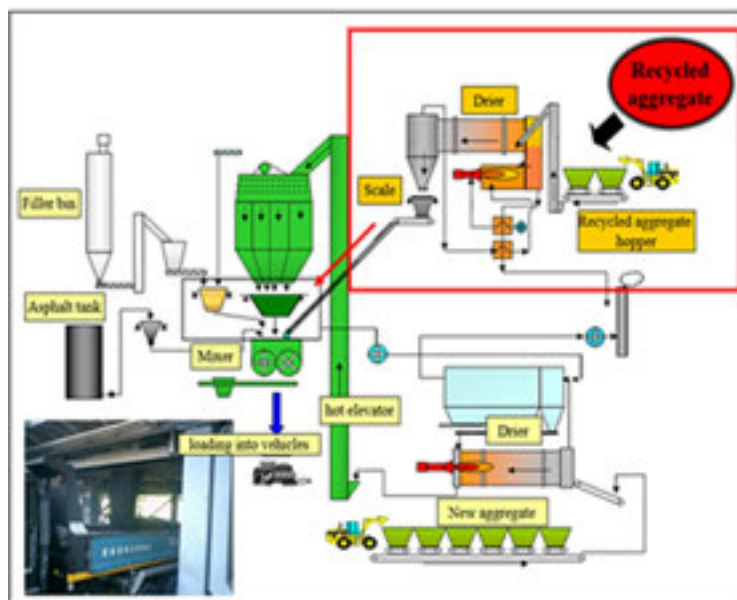


図 2-2-1 プラントイメージ図

(2) 導入規模

- 再生骨材プラント 処理能力 360t/day
- 廃プラスチック改質剤プラント 処理能力 80t/day

2. 3 事業費及び収益性

(1) 初期投資

初期投資として、①再生骨材プラント、②廃プラスチック改質剤プラントの額は以下のとおりである。

① 再生骨材プラント 合計 54 千万円

- クラッシングプラント（機械、建屋一式）・・・41 千万円

- バックホウ 3 台（ふるい分け、小割り、破碎）・・・6 千万円
- ホイールローダー 3 台（投入×2、積込）・・・4 千万円
- ダンプトラック 2 台（運搬×2）・・・3 千万円

② 廃プラスチック改質剤プラント 合計 10 千万円

- 廃プラリサイクルプラント（機械、建屋一式）・・・8 千万円
- フォークリフト 2 台（輸送、運搬）・・・1 千万円
- トラック 1 台・・・1 千万円

(2) 収益性検討の前提条件

各種建設廃材に関する統計データがないので、舗装道路状況と平均耐用年数等より推測。MPWT の舗装道路総延長約 10,000Km、日本における平均耐用 10 年に対し、気温、交通量等を勘案してカ国における耐用年数を 5 年程度と見積もり、切削等、舗装上層 5cm 分で廃材発生と仮定すると、年間 90 万 t 程度と見積もり。

一方、収集運搬の範囲を加味すると 5 割程度が対象だと見込まれる。

ならびに、プラスチックのゴミのうち対象は 80 t 程度と見込まれる。

(3) 人員計画

再生骨材プラント及び廃プラスチック改質剤プラント事業を運営、維持管理を行う人員計画は以下のとおりとする。

単位：人

クラス	職務内容	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目
管理者	事業全般管理	1	1	1	1	1
主任	現場管理		1	1	1	1
中間管理職	製造管理	1	1	1	1	1
営業	営業	1	1	1	1	1
プラントオペレーター	製造	1	1	2	2	2
重機オペレーター	製造	1	2	2	2	2
作業員	製造			1	2	2

(4) 収支計画

再生骨材プラント及び廃プラスチック改質剤プラント事業による売り上げ計画は以下のとおり計画する。

単位：USD

売上/原価		1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
再生骨材	売上	110,000	220,000	440,000	880,000	1,760,000
	原価	700,000	680,000	650,000	650,000	600,000
改質AS剤	売上	9,000	15,000	25,000	40,000	70,000
	原価	96,000	84,000	74,400	66,000	61,200

原価構成：受入費、償却費、光熱費、人件費

売上合計	119,000	235,000	465,000	920,000	1,830,000
原価合計	796,000	764,000	724,400	716,000	661,200
一般管理費	35,700	58,750	93,000	138,000	220,000
利益	-712,700	-587,750	-352,400	66,000	948,800

(5) 収益性の評価

推定に依るところが多いものの、4年目における損益分岐達成と6、7年目における投資額の回収は計算上成立した。今回の調査において各種裏付けをとることが求められる。特に、需給におけるボリュームは外すことができない。

2. 4 キックオフ会議の開催

本事業を開始するにあたり、カンボジア国側関係者に本事業の概要、実施内容について説明するキックオフ会議を開催した。

- 開催日時：2021年10月27日 9:00-11:00
- 開催場所・方法：WEB 会議方式
- 主席者：MPWT（33名）、JICA カンボジア事務所（3名）、調査メンバー関係者（11名）
- 主要な説明内容：建設リサイクルの意義、建設リサイクルの技術（再生骨材、廃プラ利用改質アスファルト）、改質アスファルトの品質・コスト、廃プラ改質剤の製造技術、本事業調査の内容
- プレゼン資料：付属資料1に添付する。

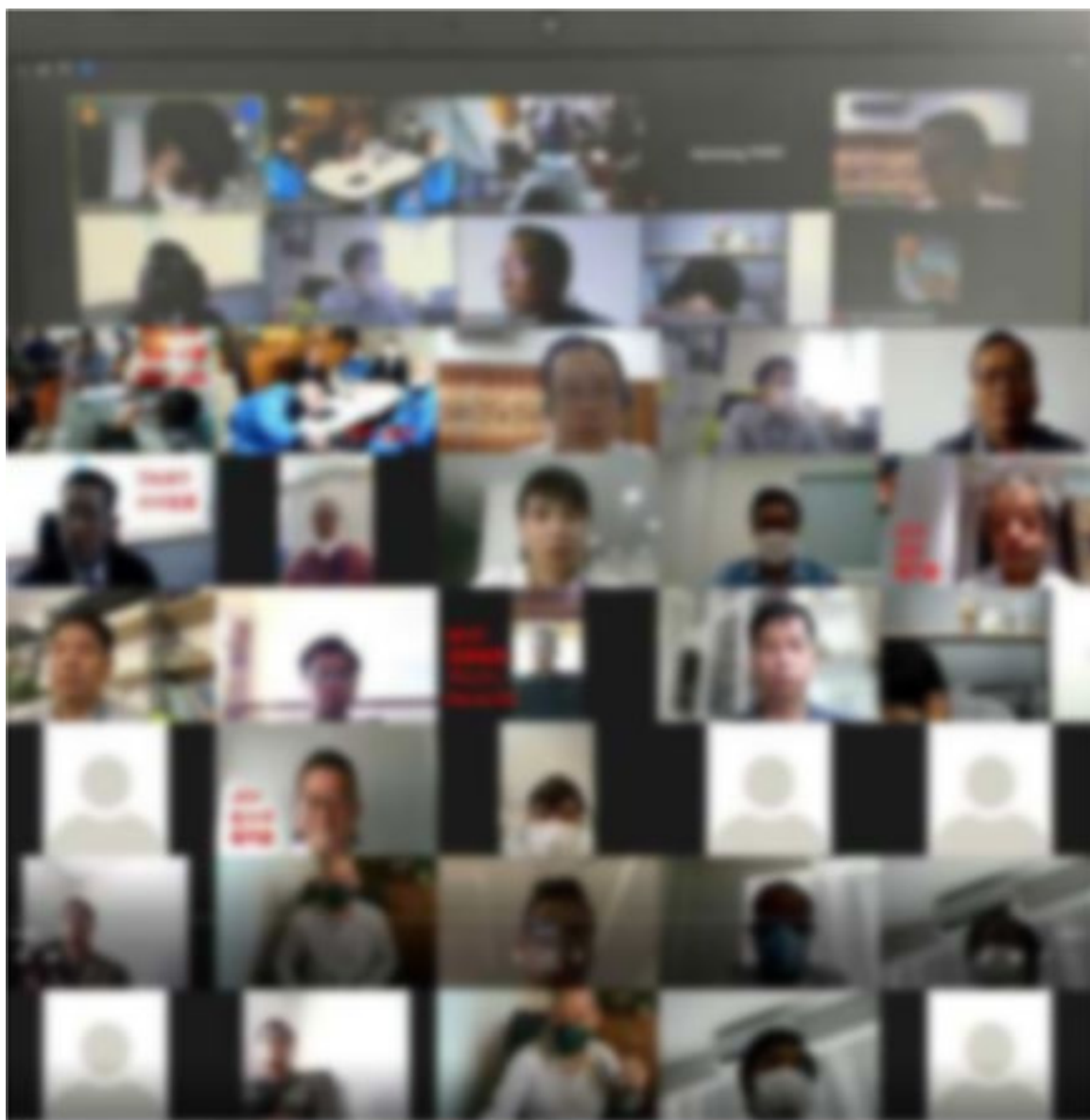


図 2-4-1 キックオフ会議の状況

(質疑応答)

質問者：THOU Samnang 氏 (deputy DG)

Q. コスト面において、既存のアスファルトとリサイクルアスファルトを比較した場合同じか同じでないか？

A. 日本においては、コスト面は同等。リサイクル量に左右されるが、カンボジアにおいて8～9割をリサイクルに回せば、既存のアスファルトと同等になる。

質問者：Phai Hengchhorn 氏

Q. アスファルトのリサイクルは何回まで可能か。

A. 半永久的に可能。(何回でも使用可能.) 何度でもリサイクルできますが、リサイクルの配合や添加剤が異なります。

Q. 構造物などを解体してリサイクルを行うが、構造物の供用年数は品質(道路資材へのリサイクル使用の場合)に影響があるか。 例) 10年の構造物と50年の構造物

A. リサイクルには特に問題ない。

Q. ACのほとんどは都市部にあり、ACを使うのが国道1-9号線の為、運搬費が多くかかるので良くないと思う。しかし、改質アスファルトははるかに優れていて良いと思う。

A. 国やMPWTが主導となり、どのような地域に再生プラントを設置すべきか考える必要がある。

質問者：Chantha Prach 氏

Q. 構造物を解体し、コンクリート塊をリサイクルするために愛亀工場等に持ち込んだ場合の支払いについて。(誰が支払いますか?)

A. リサイクル施設に廃棄物を持ち込む場合は輸送費が掛かる(解体費別) そして、輸送費+処理費(破碎費)が掛かる。日本の法律では、建設廃棄物のリサイクル会社にお金を払わなければなりません。したがって、カンボジア政府は廃棄物法も管理する必要があります。

質問者：SEAM SY Dora 氏

Q. ごみを分別するためにAIカメラや何かを使用しているか？

A. 愛亀は、分別にAIカメラをまだ使っていない。通常のふるい分け機械などを使っている。

質問者：NUT Sovanneth 氏 (MPWT__RID)

Q. リサイクル時の添加剤はどのような物を使用するか(化学名称等)

A. 添加剤は、ベースに鉱物油を使用する。

Q. 混合時間と温度はどの程度か。

A. 通常のアスファルト合材製造における混合温度は通常の合材同等。混合時間に関しても同等。

質問者：Tetsya Sok

Q. MCIに関して、2年だけのデータですか？3年以上のデータはあるか（説明時は2年データ）

A. 5年毎にMCIを測っています。2年で問題があれば補修します。プレゼンテーションのデータは古いものですが、後で新しいデータを提供します。

Q. 温度が激しく変化する場合(カンボジアの雨期等)、舗装性能に影響はあるか

A. 私たちは、雨が多いカンボジアの天気を知っています。しかし、パフォーマンスは日本とは違います。黄色い車両を使用して、MCIを計算し確認します。そして、補修が必要かどうかを判断します。

また、私たちは交通事故減少のために計画的にポットホールを補修する必要があります。

第3章 対象地域における現状調査

3. 1 事業対象地域を中心とした社会・経済状況

(1) 道路ネットワークの現状

カンボジア国の幹線道路は、国道・州道は公共事業運輸省(MPWT)、そして地方道は地方開発省(MRD)が所管することとなっているが、州道の一部と地方道が混在しており、お互いが管理している地域もある。MPWTの2014年11月の統計調査によれば、カンボジアの幹線道路網は総延長約54,000kmあり、その内訳は、国道10,907km(1桁国道2,243km、2桁国道8,664km)、州道(3,4桁国道)4,407km、そして地方道38,931kmである。その他都市内街路として、プノンペン都やその他市内の街路があるが、延長等の統計データは確認できなかった。

表3-1-1 カンボジア国の幹線道路延長

道路区分	道路ネットワーク	道路延長(km)	道路管理者
1桁国道	9路線	2,243.5	MPWT
2桁国道	146路線	8,664.3	
州道	236路線	4,407.2	
小計	391路線	15,315.0	
地方道	-	38,931.0	MRD

また2014年時点での舗装率は、1桁国道については100%(アスファルト・コンクリート(AC)または二層瀝青表面処理(DBST))であるが、州道については、10%程度であり、未だ低い水準である。今後も、道路輸送は、交通手段としてカンボジア経済活動の中心を占めることが予想されており、道路状況の改善を含め、道路のネットワーク整備にかかる期待は大きい。

(2) 道路事業国家予算と道路維持管理(国道)

カンボジアでは、2000年以降国際機関や諸外国からの支援を受けつつ、道路や橋梁等の運輸交通インフラ整備が行われている。近年の経済発展に伴う急激な交通量の増加や、過積載等の違法車輛の往来により、これまでに整備された交通インフラ(特に道路)の損傷が激しくなっており、ドナーの支援で主要幹線道路の改修が、区間ごとにプロジェクト単位で実施されているが、雨季のポットホールの発生や、洪水等の浸水による道路損傷にかかる維持管理事業や補修工事は、MPWTの担当部署が管理・補修を実施しているものの、自国予算の制限や人材の制約によって、オンタイムでの道路の補修工事が追いついていない状況であり、交通事故多発の要因の一つになっている。

このような状況の下、カンボジアの主要幹線道路の整備は各ドナーの支援が続いているが、維持管理事業については自国資金で進められている。道路関連事業(橋梁を含む)の国家予算は近年100million USD前後で大きな変化はない。しかしながら維持管理システムの欠如や、修繕の分類と工法の選定等に課題を抱えており、道路の寿命に影響を及ぼしている。また近年はアスファルト舗装の寿命が過積載等で短いこともあり、コンクリート舗装に打替えている箇所が都市部周辺で多く見られる。

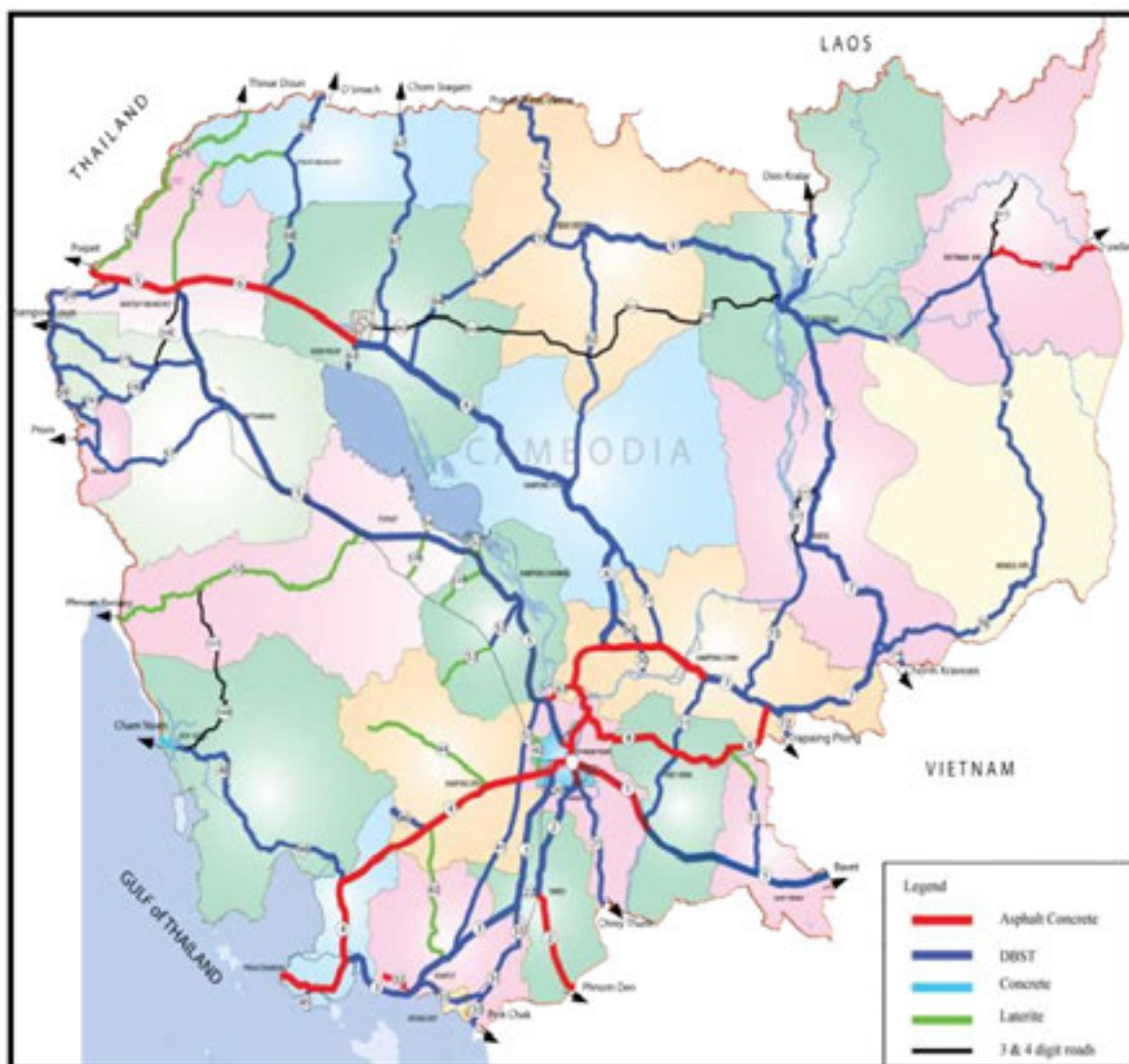


図 3-1-1 カンボジア国の道路舗装の状況（2014 年時点）

（3） 道路セクターの開発方針

近年の飛躍的な経済発展（GDP 伸び率はここ数年 7%前後で推移）に伴い、物流に大きく影響を及ぼす幹線道路の整備は喫緊の課題であり、5 か年の国家戦略開発計画において道路セクターにおける 7つの戦略を定めている

- 戦略 1: プノンペン一局集中ではない地方都市の活性化に資する道路ネットワーク
- 戦略 2: 地方中核都市を中心とした道路ネットワーク
- 戦略 3: 周辺国との円滑な物流に資する道路ネットワーク
- 戦略 4: 貧困対策に係る地方の社会経済の発展に資する道路ネットワーク
- 戦略 5: 経済成長回廊の強化に資する道路ネットワーク
- 戦略 6: 観光事業発展に資する道路ネットワーク
- 戦略 7: 国境エリアの経済発展に資する道路ネットワーク

この開発計画を基に道路セクターに関連して 5つの命題（具体的開発方針）を MPWT は掲げ

ている。

- 5年間で約 3,500 Km の新設道路整備
- 1 桁国道を DBST から AC へ
- 都市部周辺 1 桁国道の 4 車線化
- 2 桁国道の舗装率を 70%から 90%
- 1 桁国道の全線側溝設備建設

3. 2 廃棄物処理・リサイクルの制度・政策

3. 2. 1 四辺形戦略及び国家戦略的開発計画における位置付け

カンボジア政府は四辺形戦略の第 2 の辺に規定している「インフラ開発」の国の施策として、7 項目の優先事項を定めている。このうち、6 項目目の都市インフラ整備に関連して、「福祉向上のため、固形及び汚水処理施設の建設・整備を行う」としている。四辺形戦略の実現のためのアクションプランである、国家戦略的開発計画には、廃棄物処理に関係する各省庁が取るべき具体的な施策を以下のように規定している。

表 3-2-1 国家戦略的開発計画における廃棄物処理に関する施策

担当省庁	施策
環境省	<ul style="list-style-type: none">• 電気電子機器の廃棄物の管理に関する法令の整備• 固形廃棄物及びその他のごみの、科学的な収集、運搬、リサイクル、廃棄に関する法令の整備• 有害廃棄物管理のモニタリング
公共事業運輸省	<ul style="list-style-type: none">• 都市開発マスタープランの整備を含むこと
保健省	<ul style="list-style-type: none">• 保健施設における感染症予防対策の実施と、医療廃棄物管理手法の向上

3. 2. 2 固形廃棄物の管理に関する法令 (Sub-Degree38)

カンボジア国では、建設廃棄物に特化した法令はなく、法令上建設廃棄物は固形廃棄物の一つとして位置付けられている。固形廃棄物に関連し、「Sub-Decree 36 on solid waste management」を規定している。この政令では、固形廃棄物処理に関する省庁や自治体の役割に関する枠組みを定めたものである。この政令の目的は、固形廃棄物の処理を適切かつ技術的な裏付けのある方法で行い、住民の健康と生物学的多様性を守ることとしている。同政令は、一般固形廃棄物並びに有害廃棄物の処理に関し、廃棄、貯蔵、収集、運送、リサイクル並びに最終処分に関して規定している。建設廃棄物に関しては、住宅または建物の解体、修理、または建設の所有者または請負業者は、建設現場からのごみおよび固形廃棄物に対して責任を負うものとされている。

3. 2. 3 都市におけるゴミ・固形廃棄物の管理に関する政令 (Sub-Degree116)

Sub-Degree38 の基本法令の基、MOE は Sub-decree 113 on Management of Garbage and Solid Waste of Downtowns を制定した。この政令の目的は、効果と透明性を保ち、説明責任や清浄性と公共の福祉を確保しつつ都市部のごみや廃棄物を管理することである。この政令により、廃棄

物管理の権限を都市、地区の行政当局に委譲することが可能となった。廃棄物は都市住居系の一般廃棄物と有害廃棄物の2種類に分類し、前者の処理は基礎自治体である。地区の行政当局の役割であることを明確にした。この政令が規定する廃棄物管理には、ごみや廃棄物の分別、収集、輸送、リサイクルのみならず、最終処分場のモニタリングを含んでいる。自治体は、廃棄物管理を公共サービスとして自ら提供するか、その業務の民間事業者への委託ができることとしたが、その委託契約期間は10年を超えることができない。また廃棄物管理政策を推進するため罰則を規定した。例えば、みだりにごみを捨てた個人には、2万リエル(5ドル)の罰金、公共の場所でごみを焼く行為に対しては、5万-100万リエル(およそ12.5-250ドル)の罰金を課すことが規定されている。この政令の効果は、事業者の選定が基礎自治体に委譲されることで、地域の実情を熟知した地元の企業が廃棄物処理事業に参入することも可能となる。このため、今後は、廃棄物から有価品を回収する資源リサイクルをビジネスとして構築することのできる民間事業者の参入機会が広がることも期待される。

3. 2. 4 固形廃棄物、建設廃棄物の法令に関する課題

廃棄物処理に関連する法令の整備が進んでいるが、これらの法令の下位に位置付けられる政令や省令、決定や告示あるいは、実施主体である基礎自治体における実施計画が策定・実行されていないものも多い。「固形廃棄物に関する政令」はあるものの、廃棄物処分場の規格についての技術基準や管理基準を定める省令、決定や告知等は整備されていない。

また、現在建設廃棄物を解決するために承認された法令はなく、Sub-Dgree113において、建設廃棄物の責任について、適切な方法で保管、収集、輸送し、建設廃棄物は請負業者、民間サービスで処分すべきことが規定されているのみである。

3. 3 再生材料調達・利用に関する制度

カンボジア国のMOEではUNDPの支援を受け、廃棄物の発生・運搬・処分の視点ではなく、物品調達側からの視点において、リサイクル品の調達を義務づける「グリーン調達法」の研究を行っている。日本においては、建設廃棄物のリサイクルに関し、廃棄物を発生させる側ではなく、骨材やアスファルトを使用する側の視点から、「グリーン購入法」を制定し、建設廃棄物のリサイクルを行う仕組みが制定されている。

日本におけるグリーン購入法では、国や地方の公的部門に対して、環境負荷の低減に資する物品・役務について、環境物品(再生材)を調達し、環境負荷の少ない持続可能な社会の構築を目指すことを義務づけている。民間事業者に対しは、この制度に沿って、できる限り環境物品を選択することを義務付けている。

再生骨材及び再生アスファルトに関して、建設廃棄物の削減、天然資源の枯渇抑制を目的として、調達方針、適用工種、施工条件、積算歩掛、供給条件等が規定され、これらの内容・条件は、それぞれの調達・役務契約の特記仕様書に記載される。

表 3-3-1 日本のグリーン購入法における規定

品目名	再生加熱アスファルト混合物	再生骨材等
環境省基本方針 判断の基準等	アスファルト・コンクリート塊から製造した骨材が含まれること	コンクリート塊またはアスファルト・コンクリート塊から製造した骨材が含まれていること
国土交通省 調達方針	再資源化施設への距離、再生材の発生状況などに留意しつつ、重交通ではない道路や空港におけるアスファルト舗装の基層・表層材料として、その使用を推進する	再生資源化施設への距離、再生材の発生状況に留意しつつ、構造物の基礎砕石などの高強度を必要としない部位や路盤などにおいて、積極的にその使用を推進する。
適用工種	アスファルト舗装工(再生加熱アスファルト安定処理路盤、基層、表層)	アスファルト舗装工(下層路盤、上層路盤) 基礎工(砕石基礎工)、裏込工
施工条件	工事現場から 40 km 及び運搬時間 1.5 時間の範囲内に再生加熱アスファルト混合物を製造する再資源化施設がある場合、工事目的物に要求される品質等を考慮したうえで、原則として再生加熱アスファルト混合物を利用する	工事現場から 40 km の範囲内に再生資源化施設がある場合、工事目的に要求される品質を考慮したうえで、原則として、再生資材を利用する。

カンボジア国において再生資源の有効活用を推進するためには、環境省による「建設廃棄物の削減、天然資源の枯渇抑制」を目的とする環境基本法の制定とともに、MOE や MPWT による調達側視点での「グリーン購入法」や同様な趣旨の MPWT による「工事特記仕様書」策定指針を制定することが重要である。

3. 4 処理対象廃棄物の発生・処理の状況

3. 4. 1 建設廃棄物の処理状況

「建設副産物」とは、建設工事に伴い副次的に得られたすべての物品であり、工事現場外に搬出される建設発生土をいう。その内容物は以下のものがある。

- コンクリート塊
- アスファルト・コンクリート塊
- 建設発生木材
- 建設汚泥
- 金属くず
- ガラスくず
- コンクリートくず（工作物の新築、改築又は除去に伴って生じたものを除く。）
- 陶器くず
- 又はこれらのものが混合したもの

関連する民間建設業者へのヒアリング結果によるカンボジア国における建設副産物の処理状況は以下のとおりである。

- 建設業者が建物の建設・建築を受注した際、その土地に古い建物が残っている場合は解体及び建設物廃棄物の処理を行う。建設業者は下請けに解体、副産物の回収を依頼する。ほとんどの解体業者は重機などを保有する個人であり、また回収業者もトラックなどを保有する個人である場合がほとんどである。
- 解体の金額は建物の立地や大きさ、作り、材質、副産物の分別の有無によって異なる。解体後、副産物の回収については回収業者が分別し、買取業者に材質によって金額は異なるがトラック一台分約 10 ドル程度で販売する。分別しない場合は一回の作業(引取、運搬、処分)で約 20 ドルが回収業者の売り上げとなる。
- 建設副産物専門の運搬業者としてよりも、トラックなどの運搬車両を保有する個人が通常の運搬業務として請け負う場合が多い。同様に建築副産物専用の買取業者が存在するわけではなく、彼ら独自のネットワークで、埋め立てや穴埋めに資材が必要な場所へ運び、買取を依頼している。



図 3-4-1 建設廃棄物の処理・運搬状況

建物のみならず、道路改修工事の際に出るアスファルト・コンクリート塊においても工事書類には「適切に処理すること」とのみ記載、処理方法についての取り決めは明確ではなく、工事業者の判断にゆだねられている様子である。実際の工事中、剥ぎ取った舗装を脇に避けておくと、数時間後には無くなっているということがあがる。個人が持ち帰り、家の入口などのぬかるみにはめ込んで使われている場合もあるという。またプノンペンのコンクリート工場(日系 O 社)で排出される製造副産物としてのコンクリートくずは、敷地内の埋め立てに使用しており、自社にて処理。販売、買取は行っていないとのことである。



図 3-4-2 アスファルト塊の再利用状況

3. 4. 2 プラスティックの処理状況

プラスチックを回収し、リサイクルしている業者はカンボジア国内に何社かあるが、加工後、販売しており、競合となりそうな業者は見つけれなかった。本業務で聞き取りを行った業者は事業登録していない個人で、機械を 5 台保有しており、回収した資材を細かくして販売、最終完成品がどのようなモノなのかはわかっていない。また、市内のゴミ収集業者の中で、回収時に分別、自社でリサイクルしている業者もあるが、プラスチックのリサイクルについて問い合わせたところ、まだ計画段階とのことであった。



Sorting, Recycling and Composting

GAEA is currently working on pilot projects for recycling:

1. Compost of organic food from markets and restaurants
2. Glass bottle pulverizing into sand
3. Plastic bottles and foils recycling

図 3-4-3 プラスティックの処理状況(GAEA <https://www.gaea.com.kh/>)

プラスチックは、最終処分場や市場や工場から廃棄される廃棄物を購入 (0.13-0.25 ドル/kg) し、工場へ運搬する。回収されたプラスチックは、3 種類 6 種のプラスチックに分別、裁断され販売する。

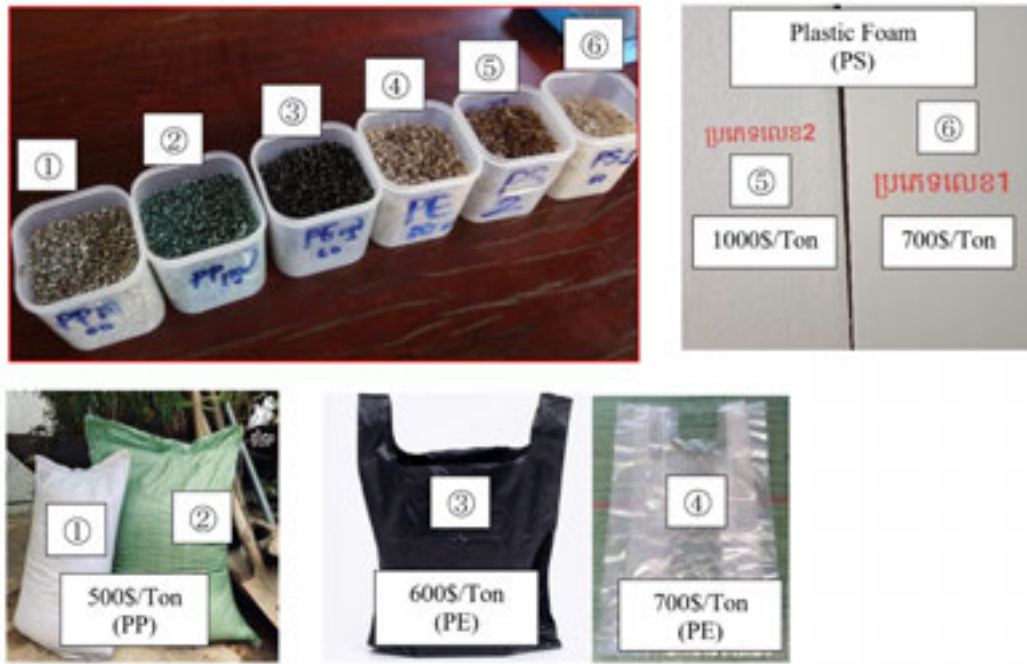


図 3-4-4 プラスティック廃棄物の分別種類と裁断状況、販売価格

3. 4. 3 AC/コンクリート塊の発生量の状況

本業務において、コンクリート塊やアスファルト塊の建設廃棄物の統計情報について調査を行ったが、カンボジア国にはそのような情報が存在しないことが解った。また、AC やコンクリートの生産量や出荷量の統計情報も存在しないことがわかった。

このため、年間の道路維持管理工事から発生する建設廃棄物の量を年間の道路維持管理延長から推計した。MPWT・DPWT 管理の道路については、2019—2021 年の道路維持管理延長を入手し、その他の道路については、道路延長の 10%を年間の道路維持管理工事延長と想定した。一般的に道路維持管理工事では、道路の表層、基層、路盤を掘削するため、その深さを 40cm と仮定して、道路維持管理工事から発生する建設廃棄物の量を推計した。推計結果では、年間 333 万 m³ の建設廃棄物が発生する。そのうちアスファルト道路は 77 万 m³ であり、全体の 23%を占める。

表 3-4-1 カンボジア国における年間の道路維持管理工事の量 (単位 : m³)

	Concrete	AC	DBST	その他	合計
MPWT、DPWT 管理道路	22,172	12,239	697,010	145,243	876,665
それ以外の道路	324,849	759,799	924,744	445,048	2,454,439
合計	347,021	772,038	1,621,754	590,291	3,331,104
比率	10.4%	23.2%	48.7%	17.7%	100.0%
重量トン (2.5 トン/m ³)	867,552	1,930,095	4,054,384	1,475,728	8,327,760

カンボジア国においてこれらの建設廃棄物は、全てが廃棄されるわけではなく、一部は現場での埋め立て材として再利用、他現場の埋め立て材として民間業者の販売、処分場への廃棄の 3 つの流れがある。国際融資の建設現場においてはアスファルト塊やコンクリート塊等の

処分については、発生量、処分量、処分場所等について施工計画書に記載することになっているが、それをモニターする対策がなく、実態は把握されていない。建設会社へのヒアリングでは処分業者に依頼し、その会社が埋立て地に運搬することが多いという返答であった。

3. 4. 4 廃プラスチックの発生量の状況

不法に投棄された未処理廃材プラスチックは、河川や下水路を経由して海に到着し、全世界で毎年 8,300 億トン（毎分収集車 1 台分）と積算されている。カンボジアのプラスチックの廃材の発生量の統計情報は確認できなかったが、カンボジア国の全廃棄物量（約 7 百万トン/年）の 20%くらいと言われている。MOE の 2018 年調査では、プノンペン都の調査結果が示されており、廃棄物発生量 3,000t/日、その内 21%が廃プラスチック（廃プラ PE:75%, PP:8-10%程度、その他）であった。プノンペン以外の廃プラスチックの発生量は情報を得ることができなかった。

3. 5 対象事業が提供する製品やサービスの価格、市場規模及び需要

3. 5. 1 骨材の価格、市場規模及び需要

近年のカンボジア国での骨材の価格は、一定であり大きな変化はない。カンボジア国は国土が平坦で骨材採掘可能な地山が少ないことは事実であり、長期的には建設用骨材が枯渇するのではないかと懸念されているが、現時点では重大な懸念事項ではない。

3. 5. 2 アスファルトの価格、市場規模及び需要

近年のカンボジア国でのアスファルト混合物の価格は、90～100 ドル/ton であり、大きな変化はない。カンボジア国でのアスファルト・コンクリートは、TCM, Ly Service, CCES 等の大手建設会社が独自にアスファルトプラントを建設し、自社工事用に製造、他社工事のために製造販売を行っている。

カンボジア国では近年の安定的な経済発展に伴い、道路交通への依存が高まり、道路整備が急激に進み、アスファルト需要が高まっている。このため、アスファルトの安定的供給を目的に MPWT は独自のアスファルトプラントの建設を開始している。1 基はカンポット州で設置が完了しており、次の 1 基も地方都市バットアンバン州での計画が進んでいる。

第4章 廃棄物の組成、性状等調査

4. 1 廃プラスチックを使った改質アスファルトの製造実験と品質調査

カンボジア国の廃プラスチック（ペットボトルのキャップ：PP）を用いて、実際に改質アスファルトを製造し、その品質検査を実施した（試験実施：2021年11月～12月）。定量のアスファルトに対し、プラスチック量を変化させた6つの配合ケースについて改質アスファルトを製造し、伸度試験、針入度試験、軟化点試験を実施した。その結果いずれのケースにおいても、日本における基準を満たす結果が得られ、十分な品質の改質アスファルトを製造できることが確認された。

1. Result of Modified Asphalt Using Plastic

Table 1.1 Summarize result of Modified Asphalt Using Plastic

Modified Asphalt								
Testing Labor: IBC Laboratory						Advisor: Mr. OKAMOTO Massaki		
Test Date: 15 th November 2021 – 29 th November 2021						Tester: Mr. SEANG Sotheany		
Sample	Asphalt 60/70(g)	Plastic (%)	Plastic (g)	Ductility Test Result (cm)	Penetration Test Result (dmm)	Softening Test Result (°C)	Start Date	Finished Date
1	500g	0.00%	0	150.00	65.72	50.20	15-Nov	15-Nov
2	500g	1.00%	5	68.28	46.47	54.25	15-Nov	16-Nov
3	500g	2.00%	10	44.48	39.23	57.20	16-Nov	17-Nov
4	500g	3.00%	15	35.28	36.78	57.80	17-Nov	18-Nov
5	500g	4.00%	20	28.93	31.31	59.65	22-Nov	24-Nov
6	500g	5.00%	25	28.49	31.12	61.55	24-Nov	28-Nov
7	500g	6.00%	30	18.55	26.10	62.80	25-Nov	29-Nov



Figure 3. 1 Add the plastic at temp. 160°C



Figure 3. 2 Bitumen when add plastic



Figure 3. 3 Bitumen when mix with plastic for 12hours



Figure 3.4 Ductility test



Figure 3.5 The early Failed of Ductility Test

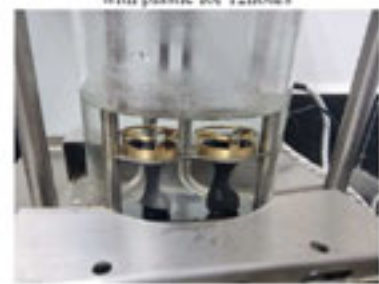


Figure 3.6 Softening point of Sample 3

図 4-1-1 改質アスファルト製造・試験状況

4. 2 カンボジア工科大学による廃プラ利用による改質アスファルト研究

Institute of Technology of Cambodia(ICT)では、2017年から廃プラスチックを使ったアスファルトの最適化に関する研究を行っている。アスファルト改質剤には、カンボジアの廃棄物から回収されたPE（ポリエチレン）を用いている。廃プラの配合を変えた改質アスファルトを製造し、攪拌時間、碎石へのコーティング状況、攪拌温度等の実験を行っている。また大学キャンパス内で実際に製造された改質アスファルトの試験施工を行い、品質・強度試験等を実施する予定である。

2022年1月24日にIKEEとICTは改質アスファルト研究の情報交換を行うとともに、今後の改質アスファルトの研究、カンボジアでの普及に関する協議を継続することとした。



図 4-2-1 ICT による廃プラ利用による改質アスファルト研究状況

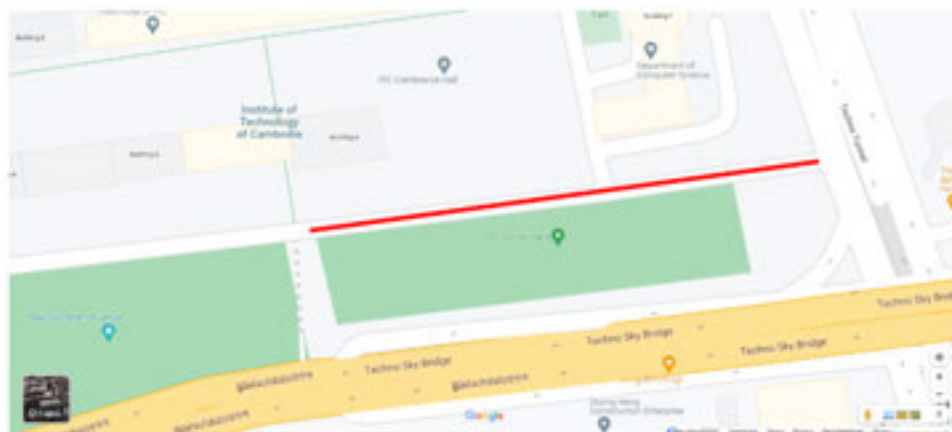


図 4-2-2 ICT キャンパス内の廃プラ利用による改質アスファルト舗装の試験施工箇所

第5章 現地政府・企業等との連携構築

5. 1 法制度、技術制度等に関する連携の可能性

本調査において、建設廃棄物は固形廃棄物の一部として扱われること、ならびに固形廃棄物の基本法は存在するものの、建設廃棄物の収集・運搬・処理・管理に関する法令や建設リサイクル事業を行うための関連法令・技術制度は存在しないことが確認された。

今後、本事業を推進するためには、建設廃棄物・リサイクルの法制度及び技術制度に関連し、次の5つの事項に関して関係機関と調整及び連携を図っていく必要があることが判明した。それぞれの法制度に関して、今後検討していくべき内容については、第6章に掲載した。

- 建設廃棄物の収集・運搬・処理・管理に関する基本法制度（MOE、UNDP）
- 建設材料調達に関するグリーン購入法（MOE、UNDP）
- 建設工事における再生材料利用を定める工事契約書（MPWT）
- 再生建設材料（再生骨材、改質アスファルト等）の利用に関する技術基準（MPWT）
- 廃プラを利用したアスファルト改質剤の環境基準（MOE）

5. 2 リサイクルプラントの建設に関する連携の可能性

(1) アスファルトプラントの現状

現在アスファルトプラントは、道路工事を請け負う TCM, Ly Service, CCES 等の大手の建設会社が所有していることが確認された。MPWT は、今後の道路改良工事の増大に合わせ、アスファルトの安定的供給を目的に、独自のアスファルトプラントの建設を計画、実施中である。MPWT によるアスファルトプラントはカンポット州とバタンバン州の2か所に計画されている。カンポット州周辺では、国道 31, 33, 41 号などの MPWT の道路改良工事が予定され、またバタンバン州周辺では、国道 57, 58, 68 号の道路改良工事が予定されており、アスファルトの需要増大が予想される。

カンポット州に計画されているアスファルトプラントは、120 トン/時間の生産能力で、約 1.1 百万ドルの予算で、中国上海会社の協力を得て、既に部品調達及び同企業による工場組み立てが完了し、今後の操業が予定されている。バタンバン州のプラントについても、2022～2023 年中には、部品調達、工場組み立て、操業が予定されている。

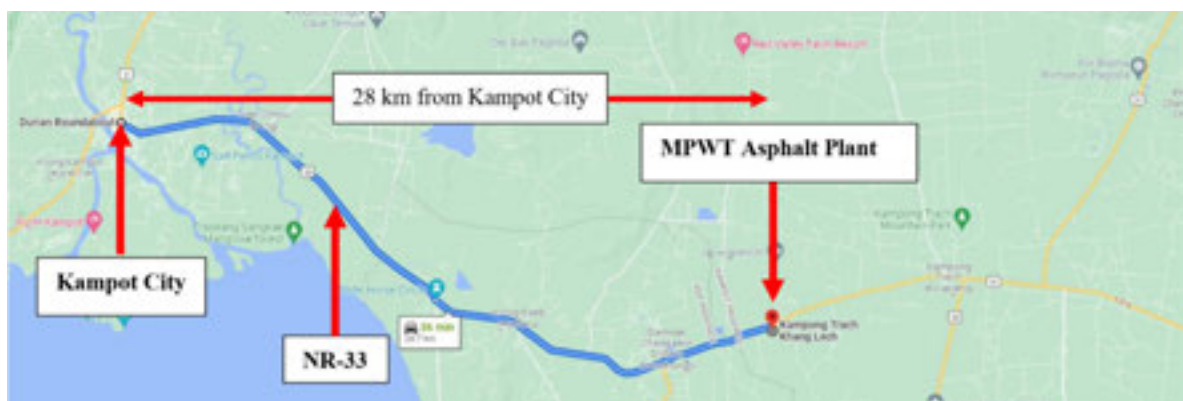


図 5-2-1 カンポット州の MPWT アスファルトプラント位置図(2022 年 1 月時点)



図 5-2-2 カンポット州にある MPWT のアスファルトプラントの状況

(2) リサイクルプラント建設の可能性

アスファルトプラントは、製品の運搬、温度管理の観点から、その製品運搬距離の最大は 60 km 程度である。カンボジア国の道路ネットワークの状況、MPWT のアスファルトプラント計画状況から、プノンペン周辺、クラチェ周辺の 2 か所でのアスファルトプラントの建設が必要と考えられる。再生骨材プラントは、このアスファルトプラントに新設した箇所の立地が最適である。カンポット州、バタンバン州の 2 か所のアスファルトプラントについては、既に中国企業による調達、建設、操業が想定されており、新規に参入できる見込みはない。地域的な道路改良工事の量、アスファルトの需要から判断すると、近い将来、プノンペン周辺でのアスファルトプラント建設の必要性が高く、早急に MPWT とプラントの提供や運営に係る協議が必要である。

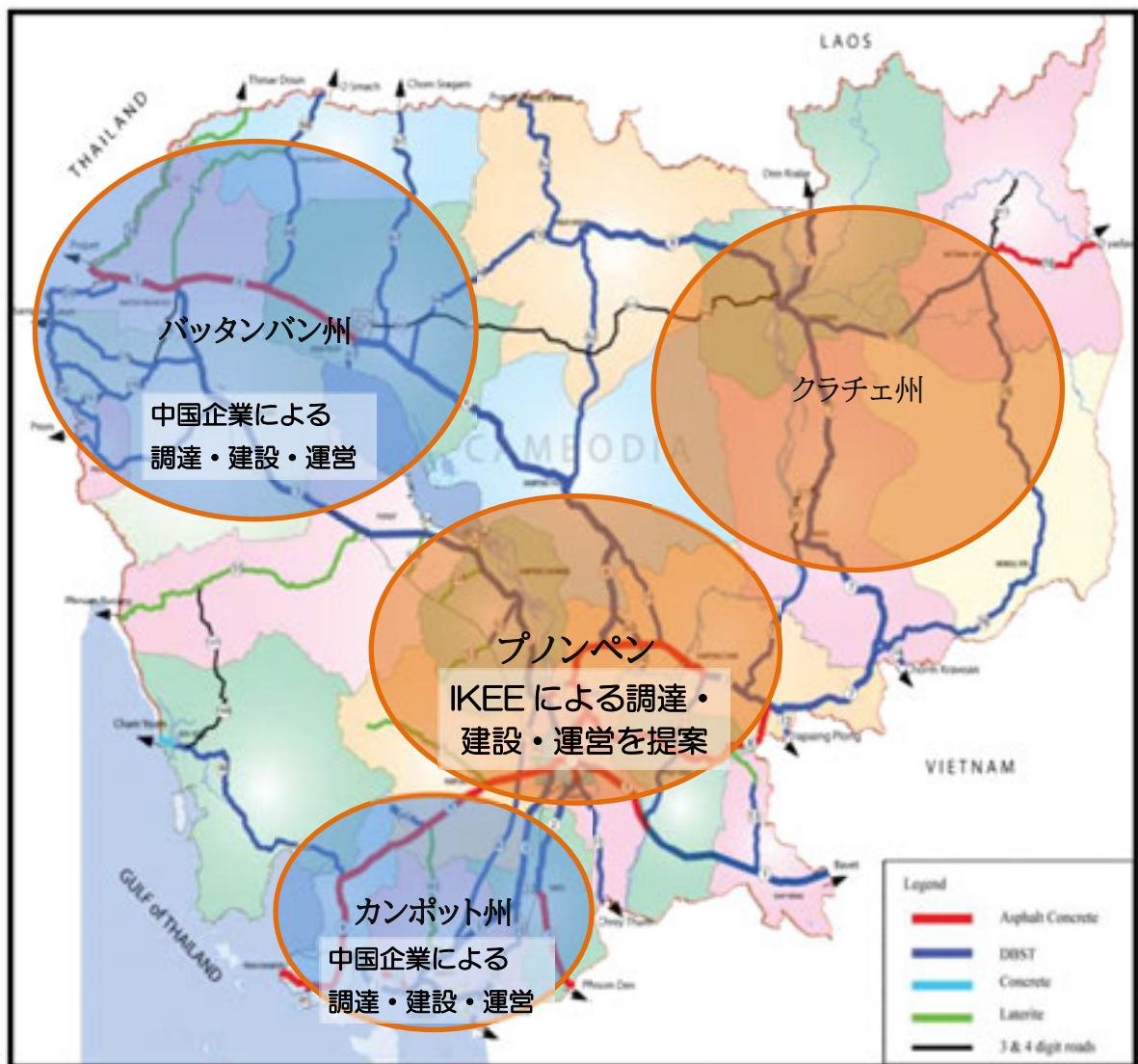


図 5-2-3 アスファルトプラント・再生骨材プラント建設候補地案

5.3 廃プラスチックを使ったアスファルト改質剤に関する政府・企業との連携可能性

(1) MPWT との連携

2022年1月25日、MPWT 大臣、副大臣、関係部局局長と廃プラ利用による改質アスファルト事業に関する情報交換、協議を行い、MPWT との協力関係を構築した。

- 再生骨材を用いたオンサイト・リサイクル道路舗装技術（スタビライザー）については、IKEE グループ現地法人の IBC・IPS 社によるカンダール州 NR21B での施工実績がリサイクルに分類されることを報告した。
- また、廃プラを使った改質アスファルトの技術について、IKEE よりその技術、今後の事業計画を提案し、MPWT 大臣より廃プラを使った改質アスファルト等の新しい技術のカンボジア国での普及について、今後の協力の要請があった。



図 5-3-1 MPWT との協議に関する新聞報道



図 5-3-2 MPWT との協議状況

(2) UNDP との連携

2022年1月31日に、UNDPと情報交換・協議を行い、現在UNDPが、カンボジア国MOEと実施している廃プラリサイクルの活動について情報収集を行った。UNDPはMOEに対して、下記5項の支援事業を、2021.1～2023.8までのプログラムとして実施している。

- ① 政策対応支援(法規・仕組み整備、製造者責任、グリーン購入法に準じた制度等)
- ② 啓蒙活動(プラスチック利用・廃棄・処理)
- ③ プラスティックの代替物品支援
- ④ 先行政策(施策)重点支援(プノンペン、シェムリアップ、シアヌークビル)
- ⑤ プラスチックリサイクル産業支援(Good Practiceの各都市への紹介)

(3) MOE との連携

2022年2月8日にMOEの大臣アドバイザー兼廃プラ対策担当と「廃プラスチックを使った改質アスファルト製造」に関する協議を行った。その概要は以下の通りである。

- プラスティックの処理は世界中の課題であり、建設資材に活用できる提案は非常に歓迎する。
- MOEはMEF(経済財務省)と話をし、プラスチックの処理やリサイクルに係る事業を行う業者へのインセンティブを考えている。
- プラスティックのリサイクルを行っている業者は100社以上あるので、規模や技術力を考慮し、4-5社の業者を紹介したいので、是非訪問し、ペレット化ができるか見極めてほしい。
- カンボジアはゆっくりであるが、分別が進み、プラスチックごみを分けるのは容易くなるが、コンポスト業者の育成が課題となる。
- 改質アスファルトのパイロットプロジェクトを実施し、成果を上げることが重要である。
- MOEの興味は道路材ではなく、プラスチックをどの程度削減できるかであり、何トンのプラスチックを処理できるかが重要である。
- どのようなプラスチックが対象になるか明確にする必要がある。
- マイクロプラスチックの発生等環境問題への対応が必要である。
- 廃プラを道路材に利用する通達を發布するのは問題ないが、その根拠を示す必要がある。

(4) Institute of Technology of Cambodia(ITC) との連携

第4章で記述した通り、カンボジア工科大学は、廃プラを利用した改質アスファルトの研究・実験を行っており、2022年1月24日にIKEEはITCと情報交換を行い、今後の研究・普及に関する協力を約束し、2022年3月中にMOU(Memorandum of Understanding)を締結する予定である。



図 5-3-3 ITC との協議の状況

(5) 事業計画説明会（ワークショップの開催）

本事業の事業計画について、MPWT、MOE、民間企業を対象として事業説明会を実施した。

- 開催日時：2022年2月10日 14:30-16:30
- 開催場所・方法：WEB 会議方式
- 主席者：MPWT（副大臣を含め 23 名）、日本政府関係者(1 名)、カンボジア民間企業（日本商工会会長始め 3 名）、調査メンバー関係者（24 名）
 主な説明内容：建設リサイクルの意義、建設リサイクルの技術（再生骨材、廃プラ利用改質アスファルト）、改質アスファルトの品質・コスト、廃プラ改質剤の製造技術、本事業調査の内容）、事業計画（廃プラを使ったアスファルト改質剤、建設リサイクルセンター）について
- プレゼン資料：付属資料 2 に添付する。

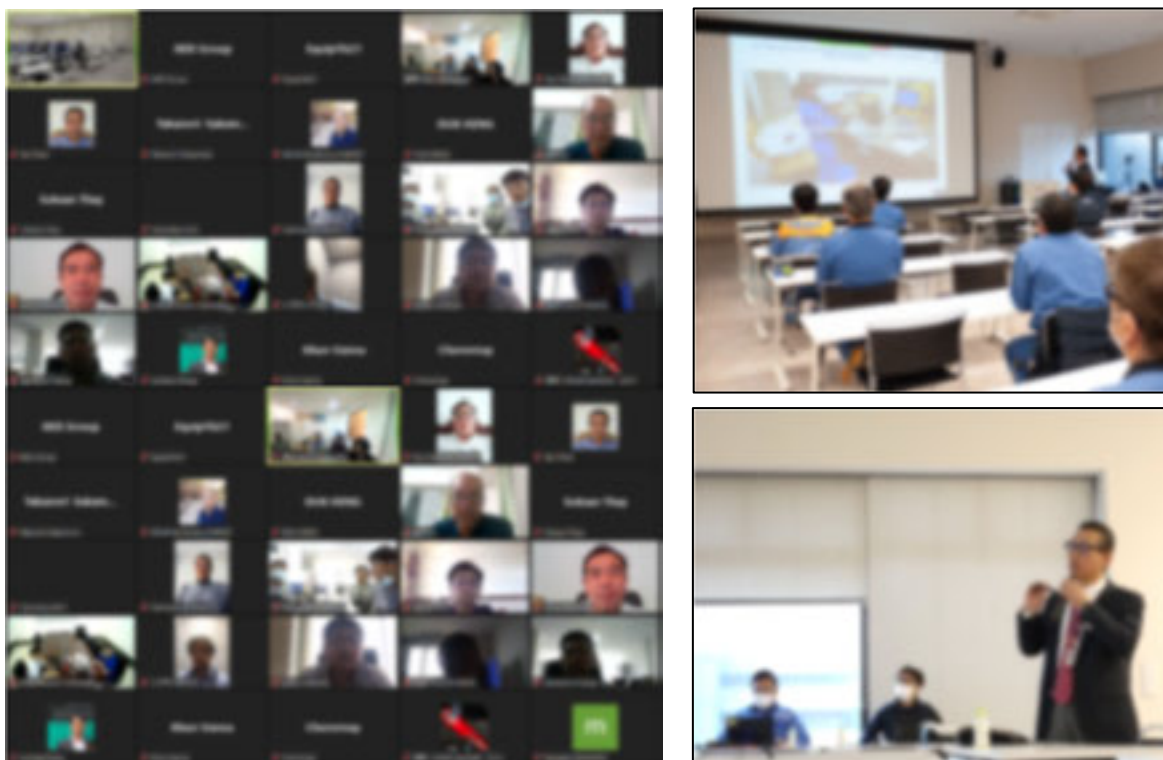


図 5-3-4 事業説明会の状況

(事業説明に対するコメント)

- スタビライザーによる舗装工事は 40 cm の路盤工事に対応できるが、路盤圧縮は 20-30 cm までしか対応できないため、今後スタビライザーによる工事改良が望まれる。
- 再生骨材アスファルト舗装では、再生骨材の比率は 50% としてあるが 60-70% まで上げるべきである。
- カンボジア国では、路盤改良方法として、石灰安定化処理とセメント安定化処理も採用している
- 廃プラの溶融温度は 200 度程度でありアスファルト乳剤の溶融温度とは異なるため、改質アスファルト製造時の温度管理は重要であり、製造コストにも影響する。
- 改質剤に廃プラを利用する場合、廃プラのリサイクルコストがかかるため、その費用をどうするか検討する必要がある。
- カンボジア国では、自動車の廃タイヤの廃棄も課題があり、海外では廃タイヤを活用した改質アスファルトも研究が行われており、この点も検討する必要がある。
- 改質アスファルトを海外から輸入することは、自由市場の観点から閉ざすことはできないため、改質アスファルトに関するプラントをカンボジア国内で建設し国内で製造する場合、海外輸入製品との競合性について検討することが必要である。
- カンボジア国において改質アスファルトの製造・普及は重要かつ必要であり、本技術・事業を支持する。

5. 4 対象事業の承認の取得について

本事業を実施するにあたり、カンボジア国で投資を行い、事業を実施するためには、商務省への登録、CDC への申請を行い、会社設立を行う必要がある。IKEE はカンボジア国において、既に IPS, IBC の 2 つの現地会社を設立しており、本事業については、IBC の事業として実施する計画である。なお、カンボジア国では、新投資法が、2021 年 10 月 15 日に施行され、海外からの新たな投資に対する税制優遇が拡大され、全盛優遇について以下のオプションの選択が可能となっている。

- 3-9 年間の免税かつ免税終了後段階的減税措置
- 特別償却かつ特定費用の 200% 控除
- その他、共通の前払税免除やミニマム税の免除など

第6章 海外展開計画案の見直し

6.1 海外展開計画の見直し案

これまでの検討結果を踏まえ、海外展開計画案を以下の通り見直す。

- 本事業を**短期計画(ゴール1): 廃プラ利用によるアスファルト改質剤の製造・販売**と**中長期計画(ゴール2): 「建設リサイクルセンター事業 (再生骨材・再生アスファルト・改質アスファルトの製造販売、試験・品質管理事業)」**に区分する。
- カンボジア国では、近年の自動車交通量の増大、大型車交通量の増大が顕著であり、高規格の道路の需要が年々高まっている。また初期コストだけでなくライフサイクルコストの観点から、維持管理費用が削減できる長寿命のアスファルト舗装への転換が喫級の課題である。このことから改質アスファルト舗装の需要は一層高くなることが予想され、短期計画として当初はアスファルト改質剤事業に絞る。
- 廃プラスチックを使ったアスファルト改質材製造には、高い技術力と経験が必要であるが IKEE 社は、日本国内においてアスファルト改質剤の製造、改質アスファルトの製造・販売、改質アスファルトを使った道路舗装の技術及び実績を有している。
- 改質剤に使用する廃プラスチックは、ITC が検討中の事業に参加協力し、より低価格で調達できる方式を採用検討する。廃プラプラントは現地既存プラントを活用するか IKKE 社独自による工場建設かは今後検討する（採算性検討では、IKEE の廃プラプラント建設で検討）。
- アスファルト改質剤事業に集中することで、必要となる関連法令は、MOE による改質剤の環境技術基準、MPWT による改質アスファルトの技術基準、調達基準で対応可能であり、比較的短時間で対応が可能と判断される。
- 長期的には、建設廃棄物に関する関連法令の整備が見込める時点で、再生骨材、再生アスファルト、改質アスファルト及びそれらの試験品質管理事業の全てを網羅する「建設リサイクルセンターの建設・運営」する事業に着手する。
- なお、MOE 大臣と本年3月にカンボジア特命全権大使同席の下、面談にて事業の説明を行う予定である。

表 6-1-1 海外事業展開計画の見直し案

		事業内容
当初計画		<ul style="list-style-type: none"> • 再生骨材の製造・販売 • 再生骨材を使った再生アスファルトの製造・販売 • 廃プラスチックを使った改質アスファルトの製造・販売
見直し案	短期計画 (ゴール1)	(廃プラスチックを利用したアスファルト改質剤の製造・販売) <ul style="list-style-type: none"> • 廃プラスチックの調達及びアスファルト改質剤の製造は、ITC 事業との協業関係を構築する。
	中長期計画 (ゴール2)	(建設リサイクルセンター建設・運営) <ul style="list-style-type: none"> • MPWT の協力を得てプノンペン周辺に建設 • 再生骨材の製造・販売 • 再生骨材を使った再生アスファルトの製造・販売 • 廃プラスチックを使った改質アスファルトの製造・販売 • 品質試験・管理事業

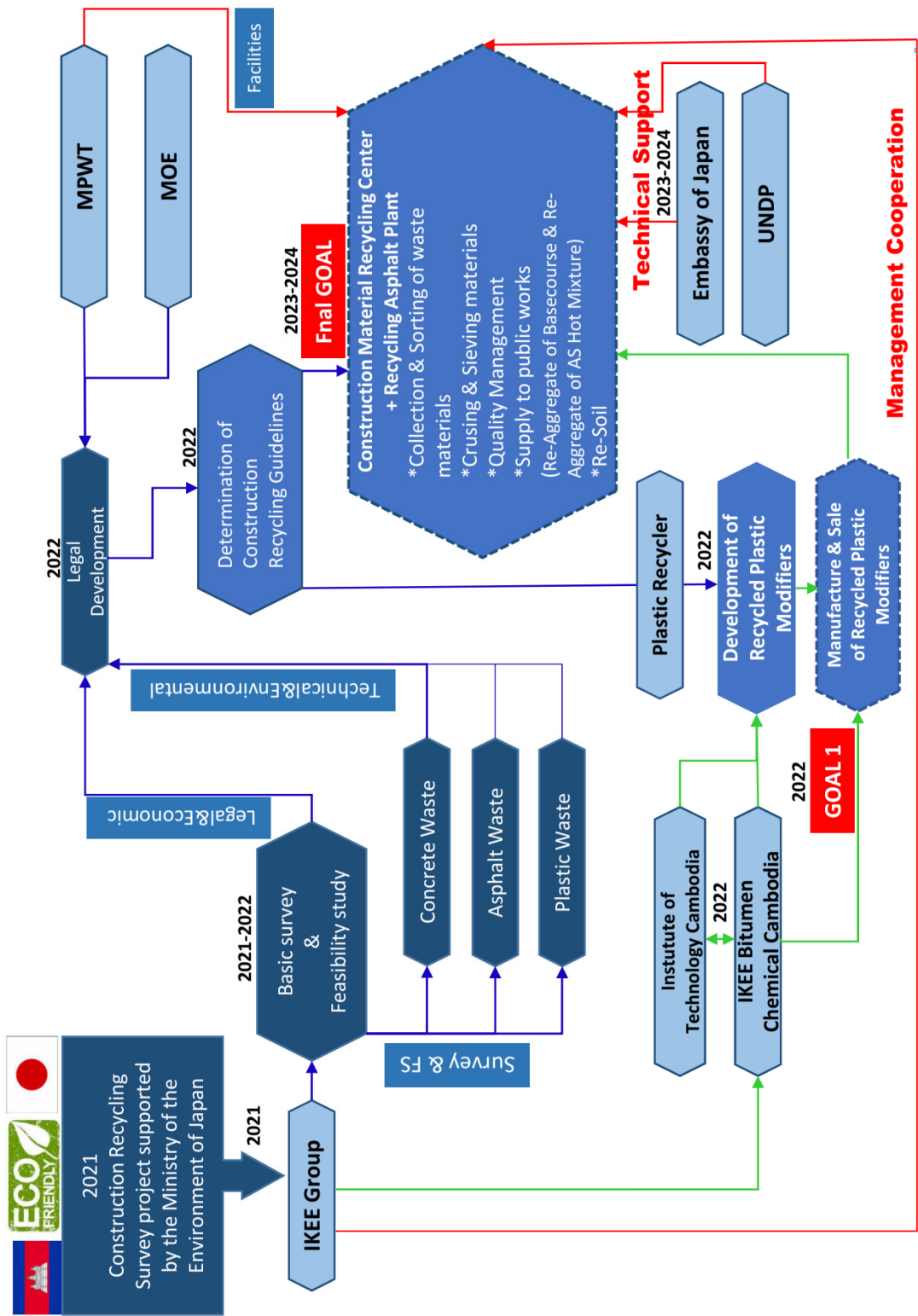


図 6-1-1 事業計画図

6. 2 工程計画

本事業を実施するための前提条件となる関連法規制整備、及び事業実施の工程計画を以下に示す。

表 6-2-1 事業実施工程計画

内容		主幹	2022	2023	2024	2025	2026
関連法制度の制定							
1	建設廃棄物に係る基本法令の制定	MOE UNDP					
2	建設材料調達に関するグリーン購入法	MOE, UNDP					
3	建設工事における再生材料利用を定める標準工事契約書 (MPWT)	MPWT					
関連技術・環境基準の制定							
4	再生建設材料の利用に関する技術基準	MPWT					
5	再生建設材料の利用に関する環境基準	MOE					
6	改質アスファルト舗装適用道路の指針	MPWT					
事業1 改質アスファルト舗装事業の実施							
7	廃プラを使用したアスファルト改質剤の製造	IKEE ITC					
8	改質アスファルトの委託製造と試験施工	IKEE ITC					
9	改質アスファルトの技術評価・環境評価	IKEE ICT					
10	改質アスファルト事業の稼働	IKEE					
事業2 建設リサイクルセンター事業							
11	建設リサイクルセンター建設可能性調査	GOJ IKEE					
12	再生骨材、再生アスファルトの製造と試験施工	MPWT IKEE					
13	再生骨材、再生アスファルトの技術評価・環境評価	MPWT、 MOE IKEE					
14	建設リサイクルセンターの稼働	MPWT IKEE					

(1) 建設廃棄物に係る法制度 (MOE、UNDP)

第3章で記載したとおり、カンボジア国においては建設廃棄物を規制・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。生活廃棄物と同様に、建設廃棄に関して、発生、運搬、処分に関する基本法の制定が必要である。この分野の基本法は UNDP のプログラムの下、MOE が主幹で検討・制定されるため、MOE、UNDP との連携が重要である。

(2) 建設材料調達に関するグリーン購入法 (MOE、UNDP)

廃棄物の発生、運搬、処理に関する法制度だけでなく、地球環境にやさしい再生材料を使った物品調達を規定するいわゆる「グリーン購入法」の制定が、本事業を実施する上では重要である。MOE は、UNDP の協力を得てカンボジア国において「グリーン購入法」を導入する

準備をしておき、このグリーン購入法において、再生骨材や再生アスファルト等の建設材料調達についても含まれるよう働きかける必要がある。

(3) 建設工事における再生材料利用を定める工事契約書 (MPWT)

グリーン購入法の制定以外に、再生骨材や再生アスファルトの活用を普及させる方法として、MPWT や DPWT が発注する工事において、再生材料の利用を工事契約書において規定する方策がある。標準工事契約書改定は、MPWT だけ実施できる省令で定めることができるため、早期での対応が可能な方策である。

(4) 再生建設材料の利用に関する技術基準 (MPWT)・環境基準 (MOE)

グリーン調達法や工事契約書において、再生材料を利用するためには、これらの再生材料の品質規定を定める技術基準書が必要となる。現時点の MPWT の技術基準書では、再生材料の利用は想定されておらず、カンボジア国内の再生材料を使った技術研究や試験機関もない。当面は日本等で採用されている再生材料の研究結果、技術基準あるいは ITC との共同研究結果を採用し、カンボジア国での再生材料の利用が普及した段階で、カンボジア国独自の基準へと更新していく方策が現実的である。

また、廃プラ利用の改質剤の製造・利用では、マイクロプラスチックやダイオキシンの発生を懸念する声があり、MOE と協力して、製造・使用過程での環境基準を定める必要がある。

(5) 改質アスファルト舗装適用道路の指針 (MPWT)

改質アスファルトは、交通量が多い道路、大型車が通行する道路、空港滑走路等の高規格道路において採用されている。改質アスファルトの採用により、長寿命化が図られ、その結果道路補修費用を削減することが可能であり、補修のための交通遮断時間も少なくなる。カンボジア国の道路交通事情を踏まえ、改質アスファルト舗装を適用すべき具体的な条件、道路の指針を制定する必要がある。

(6) 廃プラを使用したアスファルト改質剤事業 (ゴール1)

短期事業として廃プラを使用したアスファルト改質剤の製造を行う。廃プラはカンボジア国のリサイクル業者から購入し、その他必要となる添加剤は日本の IKEE 本社より輸入調達する。改質剤の製造は、IKEE グループの現地法人である IBC が、プノンペン SEZ 内にある現地工場で行う。このため改質剤製造に必要な資機材の新規調達は縮減できる。製造した改質剤は、現地コントラクターに販売あるいは委託し、現地コントラクターのアスファルトプラントで改質アスファルトを製造する。

2022 年は ITC と協力し、改質アスファルト舗装の試験施工を行い、改質アスファルトの技術基準、環境基準の制定に必要な情報・データを収集し、MOE,UNDP,MPWT の関連政府に提供し、共同で早期の技術基準・環境基準の制定を目指す。技術基準、環境基準制定後、本格的な改質アスファルト事業を開始する。

(7) 建設リサイクルセンター事業 (ゴール2)

建設リサイクルセンターは、建設廃棄物回収場、再生骨材プラント、アスファルトプラント、再生建設材料試験設備等から構成されるもので、プノンペン近郊に建設する。第1段階で2023年から日本の関係機関の支援を得て事業実施可能性調査を実施し、事業の評価を行う。施設

建設は、IKEE による民間投資だけでなく、日本や国際機関からの資金援助を想定する。事業の運営・監理は、MPWT と共同で SPC を設立する方法あるいは IKEE が事業受託する方法等の方法で、IKEE の事業参画を目指す。

第7章 実現可能性の評価

7. 1 製品やサービスの市場規模や需要の評価（改質アスファルト）

現時点で改質アスファルトは、国道5号での試験施工を除いてカンボジア国では使用されていない。日本における改質アスファルトの価格は通常のアスファルトに比べ、15%程度割高となるが、改質アスファルト長寿命であるという品質特性から、ライフサイクルコストで考えた場合、3%程度安価にすることができる。

改質アスファルトは、交通量が多い道路、大型車交通量が走行する道路、空港滑走路等の高規格道路において採用されている。改質アスファルトの採用により、長寿命化が図られ、その結果道路補修費用を削減することが可能であり、補修のための交通遮断時間も少なくなる。カンボジア国で改質アスファルトを適用すべき道路としては、高速道路及び1桁国道が考えられ、その延長は約2250kmになる。その他プノンペン市内の交通量の多い環状線や街路にも適用可能である。

これらの改質アスファルトを適用すべき道路の総延長を1桁国道に環状線・街路を追加し、2,300km（幅員10m）と仮定する。また、舗装補修のサイクルを10年と仮定する。

この仮定の場合、廃プラから製造した改質剤は、1,750～2,350t/年必要になる。

ただ、近年のカンボジアの発展から交通事情を勘案すると2桁国道や地方道まで重交通路線になっていくと考えられ、改質アスファルトの需要はさらに増加すると推察される。

7. 2 競合性分析・リスク分析

当初本事業は、再生骨材製造・販売、再生骨材アスファルト製造・販売、改質アスファルト製造・販売の3つの事業を想定していたが、競合状況に関するリスク分析から、「アスファルト改質剤の製造・販売」（廃プラのリサイクルで製造）を先行する事業とすることで今後のリサイクル事業の優位性を確保する。

再生骨材を路盤材として製造する技術は、既にカンボジア国で存在し、高度な技術を必要としないことから、他企業の参入は容易である。また再生骨材アスファルトの製造・販売も再生骨材の材料調達ができれば、既存のアスファルトプラントで製造可能であり、他企業の参入が容易である。

一方、アスファルト改質剤は、単に廃プラスチックを調達するだけでなく、プラスアルファの添加剤が必要であり、その材料や配合には、高度の技術と経験が必要であり、容易にはカンボジア国には進出できない。IKEEはアスファルト改質剤や改質アスファルトの製造・販売を行った経験があり、その技術を有する企業のみが進出が可能である。また、現時点ではアスファルト改質剤や改質アスファルト事業をカンボジア国で実施しようという動きはない。本調査実施中にMPWT大臣との会談において、廃プラを利用したアスファルト用改質剤の適用技術について、IKEEよりその技術、今後の事業計画を提案し、MPWT大臣より廃プラを使った改質アスファルト等の新しい技術のカンボジア国での普及について協力の要請があった。

7. 3 事業性・採算性の評価

本事業は、今まで見てきたように、基本的にゴール1の廃プラを使用した改質剤製造・販売事業を対象とした事業性採算性の評価を行う。ゴール2の建設リサイクルセンター（再生骨材、再生アスファルト、改質アスファルト、品質試験・監理事業）は、長期的事業として位置付け、法制度等の周辺環境が整備された時点で検討する。

ゴール1における事業採算性の分析結果は以下のとおりである。

【イニシャルコスト】

廃プラスチック改質剤プラント 合計 22 千万円

- 廃プラリサイクルプラント（機械、建屋一式）・・・2 千万円
- アスファルトプラント（機械一式）・・・13 千万円
- ホイールローダー3 台（投入×2、積込）・・・4 千万円
- フォークリフト2 台（輸送、運搬）・・・1 千万円
- トラック2 台・・・2 千万円

【廃プラスチック改質剤プラント人員予測】

単位：人

クラス	職務内容	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目
管理者	事業全般管理	1	1	1	1	1
主任	現場管理					1
中間管理職	製造管理			1	1	1
営業	営業	1	1	1	1	1
プラントオペレーター	製造	1	1	1	2	2
重機オペレーター	製造	1	1	1	2	2
作業員	製造	1	2	2	2	2

【廃プラスチック改質剤プラント事業インカム／ランニングコスト】

単位：USD

売上/原価		1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目
改質 A S 剤	利益	142,232	233,150	389,023	420,459	807,445
	売上	5,035,000	5,035,000	8,575,000	8,575,000	11,375,000
	一般管理費	1,762,250	1,762,250	3,001,250	3,001,250	3,981,250
	原価	3,130,518	3,039,600	5,184,727	5,153,291	6,586,305
	材料費	2,607,500	2,607,500	4,800,000	4,800,000	6,250,000
	人件費	61,200	69,600	93,000	119,400	141,600
	光熱費	30,000	30,000	35,000	35,000	40,000
	償却費	431,818	332,500	256,727	198,891	154,705

カンボジアの税法に依れば、償却の多くは定率法であり、平均で損益分岐を考えることは難しい。QIP の恩恵を受けることが可能なので、売り上げにかかる税金等が免税として計算できる。5年目での投資額回収は見込まれる。そのためには、需給バランスの調査はより必要となる。

今回、売り上げの予測は、1 および 2 年目にパイロット施策が行われることを仮定としており、そもそもの改質アスファルトが認知されていない中なので、上下へのバッファは大きく見積もる必要がある。

今回の想定では、改質アスファルトおよび改質剤のみの集計ではなく、アスファルトプラントそのものも投資するため、カンボジアにとって新技術である前者はディフェンシブな予測に基づき、最低限年間のパイロット予算で見込まれる分のみを売上として計上した。

一方、アスファルトプラント自体ではアスファルト合材を作成することが可能であり、新技術の製品が浸透するまでは、旧来製品を製造し売上の担保とする。費用面では、ITC の研究がうまくいかなかった場合の想定で、廃プラのリサイクルプラントのイニシャルコストを計上してある。

また今回は、処理費用に関して確定しなかったので掲載しなかった。日本の例に則れば、法律等の規制を必要とするが、廃棄物の受入費用は重要な収入源と考えられる。並びに、コスト削減にもつながるので、普及させるためにこれも考えていかなければならない。とはいえ、事業開始時においては、買取のような制度等で収集する工夫が必要となるかもしれない。

販管費については、そもそもの改質 AS がカンボジアに普及していないことも鑑み広告宣伝等のコストが嵩むこと、各種車両および機材のメンテナンスが現地では容易ではないことに対する維持管理費も含め、売り上げに対し小売業以上の 35% と多めに見積もってある。

この推定をより正確なものとするために、下記情報の収集が重要となる。

- 廃プラの調達方法→受入または買取の場合の値段設定について
- 改質アスファルトと通常アスファルトの販売価格の差について
- 運送業の距離単価について
- 改質アスファルト採用による長寿命化の割合について
- 改質アスファルトの需要見込みについて

今回の調査では、**covid-19** の影響が大きく、渡航がままならず、テクニカルな面の調査が中心となり、上記のようなマーケティングの情報収集が後手に回ってしまったことは否めない。次回継続して調査すべきであることをここに記録する。

7. 4 環境負荷削減効果

ゴール 1 の廃プラを使用した改質剤製造・販売事業と対象としたCO₂削減効果の分析を行う。前提条件は以下のとおりである。

- 改質アスファルトプラント処理能力 360 トン/日、年間可能日数 140 日、
- 改質アスファルト製造量 50,400 トン/年
- 新材プラスチック改質剤製造のCO₂排出係数 2.770 CO₂/t (加熱アスファルト混合物製造に係るCO₂排出量とその影響要因について)【土木学会舗装工学論文集 第14巻 2009年12月】
- 廃プラスチック改質剤製造のCO₂排出係数 0.50440 CO₂/t (IKEEグループ会社トータスグリーンの実績)

アスファルト改質剤に新材プラスチックを使用した場合のCO₂排出量は43,576 トン/年、廃プラスチックを使用した場合43,005 トン/年となり、年間571 トンのCO₂発生を削減できる。

- 削減量 $50,400 \text{t} * 0.5\% * (2.770 - 0.50440) = 571 \text{tCO}_2/\text{year}$

表 7-4-1 廃プラスチック改質剤を使用の有無によるCO₂排出量

新材プラスチック利用の改質アスファルトの場合				
	Mixture Rate		Emission Factor (tCO ₂ /t)	
	Conventional	Recycle	Conventional	Recycle
Cement	5.0%	0.0%	0.502	0.00349
AC	4.5%	0.0%	0.248	0.00349
Aggregate	90.0%	0.0%	0.905	0.00349
AC modifiers	0.5%	0.0%	2.770	0.50440
Total	100.0%	0.0%	0.86461	
CO ₂ Emission	Total		50,400 t/year)	
				43,576
廃プラ利用の改質アスファルトの場合				
	Mixture Rate		Emission Factor (tCO ₂ /t)	
	Conventional	Recycle	Conventional	Recycle
Cement	5.0%	0.0%	0.502	0.00349
AC	4.5%	0.0%	0.248	0.00349
Aggregate	90.0%	0.0%	0.905	0.00349
AC modifiers	0.0%	0.5%	2.770	0.50440
Total	99.5%	0.5%	0.85328	
CO ₂ Emission	Total		50,400 t/year)	
				43,005
CO ₂ 排出削減量			571 tCO ₂ /year	

7. 5 社会的受容性の評価

(1) 建設廃棄物削減に対する社会的受容性

建設リサイクル事業の根底には、建設廃棄物削減という社会的・地球的命題への理解が重要であるが、カンボジア国では、家庭から排出される一般廃棄物への取り組みが開始された段階であり、建設廃棄物を含み産業廃棄物への取り組みはこれからであり、現時点での社会的受容性は低い。

(2) 再生骨材に対する社会的受容性

道路インフラ事業が進むカンボジアは、路盤材の枯渇が近い将来予想されているが、骨材のカンボジア国内での調達費用は安定しており、中国支援の道路事業では、骨材の輸入を行っている場合もある。このような状況下では、再生骨材利用に関するカンボジア政府や建設会社等の認識は低く、再生骨材を利用する必要性の認識は低い。

(3) 廃プラスチック活用に対する社会的受容性

一方、プラスチック廃棄物に関しては、近年の法整備の確立、プラスチックを含む生活廃棄物の回収・運搬・処分のサイクルは確立されつつある。廃棄プラスチック処分には、埋め立て、焼却、リサイクルの方法があるが、徐々にリサイクルに重点が置かれ、リサイクルされたプラスチックの活用方策の拡大が期待されている。廃プラスチックを改質アスファルトに利用することは、MPWT、MOE ともに大いに期待しており、政府内での社会的受容性は高く、事業に必要な法制度、技術・環境基準は早期に確立されると思われる。

(4) 改質アスファルトに対する社会的受容性

カンボジア国の急激な経済発展、道路交通需要増加に伴い、過去 10 年程度で急速に幹線道路整備が進められてきた。この間に採用されている道路舗装技術は、アスファルト、コンクリート、DBST であり、現段階では改質アスファルトは一部の試験的施工を除く他は採用されていない。改質アスファルトは、重交通、高重量交通への対応に優れた技術であり、これからカンボジア国で必要な道路技術であり、今後社会的受容性が高まると思われる。

(5) ライフサイクルコストに関する社会的受容性

再生骨材や廃プラスチックを活用することで、道路整備に係る初期費用は上昇するが、改質アスファルトの採用により、通常のアスファルトに比べ 20%程度の長寿命化が図られ、その後の道路維持管理費用を含めたライフサイクルコストが低減する。ライフサイクルコスト低減の重要性は認識されているが、経済発展著しい社会状況では、短時間で多くの社会インフラを整備することが重要視されており、ライフサイクルコストに対する社会的受容性醸成には時間がかかると考えられる。

7. 6 今後の課題

(1) 数値情報把握の課題

- カンボジアの工事情形より、建設廃棄物、廃プラスチックの発生量、骨材やアスファルトの生産量等の正確な数量把握が困難である。この課題への対応は、MPWT や MOE をはじめとする工事関係の省庁の協力が不可欠である。

(2) 法制度の課題

- 建設廃棄物やグリーン調達法などの法制度の課題として、MOE と UNDP が現在進めている整備事業と協働する必要がある。
- また、改質アスファルトの技術基準、環境基準、工事契約書、改質アスファルト適用指針等の技術基準については、MPWT 主導での早期の制定が課題である。

(3) 技術的な課題

- 建設廃棄物の収集・運搬および分別・処理はカンボジア国では未発達であり、廃棄物の排出者が積極的に分別しなければいけない仕組みづくりが重要である。
- 再生骨材の利用、改質アスファルト利用については、その品質管理（廃棄原の品質・製品の品質）の重要性を啓蒙する必要がある。事業の課題は、誰が排出、誰が処理、誰が再利用するのかを明確にする必要が出てくるので、日本のマニフェストに準ずる仕組みの整備が必要となってくる。
- 特に改質アスファルトについては、模造品対策の法的な整備、管理体制の構築が重要な課題となる。

(4) 社会的受容性に関する課題

- 骨材の枯渇問題、建設廃棄物の削減、初期コスト重視からライフサイクルコスト重視への転換については、十分な社会的受容性が現時点では認められない。諸外国や国際機関による啓蒙等に努める必要がある。

(5) ゴール2 建設リサイクルセンターに関する課題

関連する法制度の整備に時間がかかること、骨材の枯渇や建設廃棄物の削減の必要性などの政府関係者の認識が薄いことや建設廃棄物が適正に処理されていないことが判明し、今回の調査では十分な情報把握、事業実施の可能性の十分確認できなかつた。建設リサイクルセンターの技術・事業に関して、時間を掛けて関係機関に説明する必要がある、日本の関係機関の支援事業を活用したさらなる事業調査が必要である。

付属資料 1 キックオフ会議のプレゼン資料 (2021年10月27日)

Applicability of Recycling Asphalt Pavement

Concrete Asphalt Plastic

IKEE



Construction of a Recycling Society (Planet)

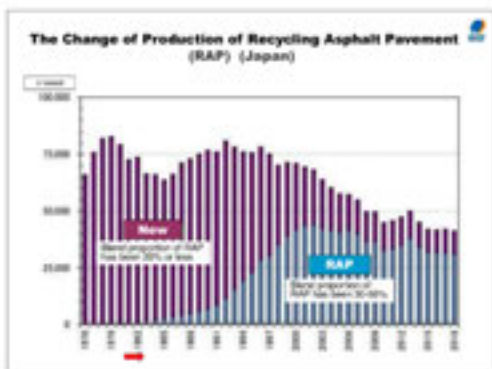
Waste Recycling Law of Japan

- Automobile Recycling Law
- Electric Appliance Recycling Law
- Food Recycling Law
- Containers and Packaging Recycling Law
- Act on Promotion of Resource Circulation for Plastics
- Construction Waste Recycling Law
- JAL...

It's not garbage, it's a resource.

Going Green!

From and Improvement Changing to Waste Recycling





MCI (Maintenance Control Indexes)

The Maintenance Control Indexes has been adopted in Japan as an index to evaluate the conditions of surfaces of national highways.

$$MCI = 10 - 1.18C^{0.3} - 0.29D^{0.7} - 0.47\sigma^{0.2}$$

C = Cracking ratio (%)
 D = Rutting depth (mm)
 σ = Longitudinal roughness (mm)

Penetration Test & Recycling Agent

Asphalt Extraction

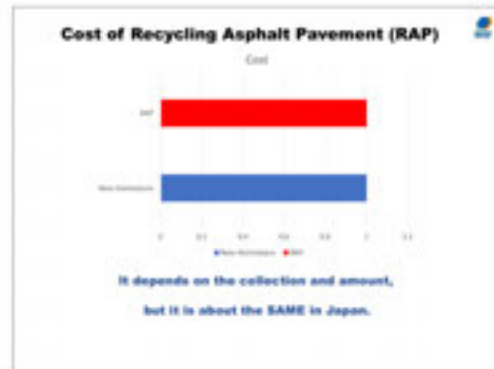
Penetration Test

Once heated asphalt becomes Hard & Brittle

Functional Recovery

Recycling Agent

Caution ! High Content RAP 50% or less



The Marshall test result (Three-graded asphalt concrete)

		New Asphalt Mixture	Recycled Mixture 50%	Recycled Mixture 55%	Japan standard
Weight of Volume	g/cm ³	2.319	2.312	2.319	2.3 - 2.4
percentage of air voids	%	4.1	4.2	3.9	3 - 6
Aggregate void filled with asphalt	%	77.6	76.8	77.8	70 - 85
Marshall stability	kN	9.87	18.39	11.87	6.50 or more
Flow value	1/100mm	34	30	33	28 - 40

Recycled mixture is equal to New Asphalt mixture
Caution ! High Content RAP 50% or Less

Modified Hot mix Asphalt

Polymer modified asphalt is the mainstream in the pavement world

Standard Asphalt

Polymer Modified Asphalt

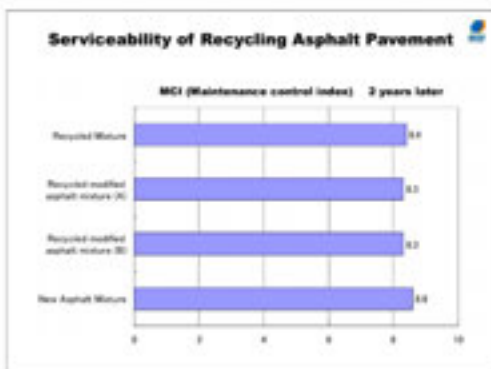
Plasticizing Type

Styrene Butadiene Rubber

Acrylic Resin

Modified Asphalt

Modified Asphalt : Rutting Resistance & Long life



Recycle PET bottle caps, Car bumper (PP) to make polymer modifier!

- Modified asphalt can be made using discarded PET bottle caps and car bumpers.
- PET bottle caps and car bumpers are made of polypropylene (PP).
- (PP-C): PP-Modified Asphalt (Plant-Mixing Type)
- Performance equivalent to that of ordinary modified asphalt can be obtained.
- The price is also expected to be about the same.
- Microplastics are melted in asphalt.

Wheel Tracking Test : Recycled Plastic Modified RAP

Movie

Recycled Plastic Modified RAP

Normal RAP

Movie

Outline of Feasibility Study and Schedule

- ① Formulation of overseas expansion plan (September-October 2021)
- ② Holding a kick-off meeting with MPWT (October 2021)
- ③ Survey on the current situation in the target area (October-December 2021)
- ④ Survey of waste composition and properties (October-December 2021)
- ⑤ Building cooperation with local governments and companies (November-December 2021)
- ⑥ Holding of joint workshops of local stakeholders (January 2022)
- ⑦ Feasibility evaluation, etc. (January 2022)
- ⑧ Review and Revise of overseas expansion plan (January 2022)
- ⑨ Report preparation (March 2022)

Classification of road Damage

Classification of Damage	Case of minor surface damage	Case of only surface damage	Case of damage of surface, basecourse & subbase
The type of damage or asphalt pavement	Crack, pothole, rutting, surface scaling, longitudinal roughness, rutting and swelling	Crack, pothole, rutting, surface scaling, longitudinal roughness, rutting and swelling	Crack, pothole, rutting, surface scaling, longitudinal roughness, rutting and swelling
Substrate of Maintenance and Repair Methods	Sealing & Treatment, Surface treatment	Sealing or Patching, Hot Mix Recycled Aggregate, Surface treatment	Sealing or Patching, Hot Mix Recycled Aggregate, Surface treatment

- Road maintenance means producing recycled aggregate&soil!
- Aggregate for asphalt mixture, Base course aggregate, Landfill soil
- The use of Pls-modified asphalt will extend the life of the road

Infrastructure Management

Thank you for your attention and Environmental protection for Cambodia

Let's recycle the knowledge got in this seminar Stop Illegal Dumping!

From ONE-WAY economy to CIRCULAR economy and Environmental Protection

Aggregate resources are not infinite.

Aggregate resources are very important construction materials for infrastructure development in Cambodia.

Recycling aggregates must be promoted economically and environmentally.

Countries around the world are moving away from one-way economies to circular economies.

To promote construction recycling in Cambodia

- Survey of the annual amount of new asphalt mixture production
- Survey of the approximate annual amount of asphalt mixture and aggregate used for landfill or discarded due to construction work.
- It is also necessary to formulate a law based on these surveys.
- To stabilize the quality of RAP is to stabilize the quality of new asphalt.
- Therefore, it would be better to initially operate a basic pilot plant under the government or NPWT for the production and management of recycled aggregate.
- Stopping illegal dumping and using recycled aggregate should be an environmental protection for Cambodia.

付属資料 2 事業説明会（ワークショップ）の開催（2022年2月10日）

The presentation consists of 24 slides arranged in a 6x4 grid. The slides are as follows:

- Slide 1:** Business Briefing. Feasibility Study on Product of Recycled Aggregate/Stone (Course material and High-performance modified Asphalt (HM) using AI), Concrete and Plastic waste.
- Slide 2:** Recycling of Construction Waste in Japan. Pie chart showing waste volume: Concrete (18.2 million tons), Asphalt (26.1 million tons), and Others (4.7 million tons). Total recycled: 18.2 million tons.
- Slide 3:** 2 Recycling of Aggregate.
- Slide 4:** Table of Contents. Overview of the presentation structure.
- Slide 5:** 1 Business Plan.
- Slide 6:** 2-1 Recycling of Aggregate for Base Course (Off-site case). Image of aggregate.
- Slide 7:** Use of Road-Grade. Recycled Asphalt Waste, Recycled Concrete Waste, Recycled Plastics Waste for Sustainable Asphalt Pavements.
- Slide 8:** 1-1 Classification of Road Damage. Diagram showing types of road damage and their causes.
- Slide 9:** 2-1-1 Construction Aggregate Recycling Flow (Off-site). Flowchart of the recycling process.
- Slide 10:** Let's do it! Construction Materials Recycling! Introduction.
- Slide 11:** 1-2 Business Plan in Cambodia. Diagram of the business plan for Cambodia.
- Slide 12:** 2-1-2 Recycling Facility "Aggregate" (on-site). Image of a recycling facility.
- Slide 13:** Construction of Sustainable Society. Image of a sustainable city.
- Slide 14:** 1-3 Cost of Recycled Construction Materials (in general). Bar chart comparing recycled and new materials.
- Slide 15:** 2-2 Construction Aggregate (On-site) Recycling. "MN Emulsion" + Cement Stabilization. Image of a recycling facility.

3-3-1 "W/E Emulsion" + Cement Stabilization (overlaid)

Waste Recycling



3-3 Cost of Recycled Asphalt Hot Mixtures

Do the cost of materials, are you currently investigating...?

In Japan, the price of recycled mixtures is about the same as new mixtures.
However, it depends on how to collect asphalt waste, quality and quality.

It is desirable that it is about the same, but if it becomes a little higher, priority should be given to reducing the environmental load.

It's not the time to pursue only cheapness.

And how to make these materials with good quality keeps the quality of recycling for generations.

3 Recycling of Asphalt Waste

3-1-4 Quality Management of Recycled Hot Mixtures

(Marshall Test Result (Mass-Grade))

	New Asphalt Mixtures	Recycled Mixtures 95%	Recycled Mixtures 90%	Recycled Mixtures 85%
Weight of Volume	2,079	2,073	2,078	
Percentage of air voids	4.2	6.2	3.5	3-4
Aggregate void filled with asphalt	71.8	76.8	77.8	70-80
Residual stability	5.7	10.39	11.27	0.50 or more
Flow value	34	38	33	20-40

Recycled mixtures is equal to New Asphalt mixtures
Equivalent High Content 95% 10% Cost Less

4 Recycling of Plastic



3-1-1 Serviceability of Recycled Asphalt Pavement

MCI (Maintenance Control Index)

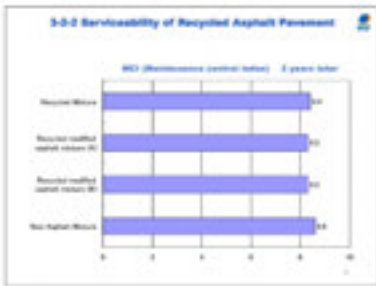
The Maintenance Control Index has been adopted in Japan as an index to evaluate the condition of surface of road/highway.

$$MCI = 10 - 1.18C^{0.5} - 0.29D^{0.7} - 0.47I^{0.2}$$

C = Cracking rate (%)
D = Rutting depth (mm)
I = Longitudinal roughness (mm)

4-2 Modified Asphalt Hot mixture

Polymer modified asphalt is the mainstream in the pavement world
Modified Asphalt - Rutting Resistance & Long life.
It is several times stronger than normal asphalt hot mixtures.
It should be cheaper considering the Life Cycle Cost (LCC).



リサイクル適性の表示：印刷用の紙にリサイクルできます

この印刷物は、グリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料 [A ランク] のみを用いて作製しています。