

インドネシア国

インドネシア国
アスファルト廃棄物を活用した
循環型舗装技術の導入に関する
案件化調査
業務完了報告書

平成 30 年 4 月
(2018 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社菅原工業

国内
JR (先)
18-053

写真



道路総局局長との打合せ(2017年5月)



高速道路建設会社との打合せ(2017年9月)



試験施工候補地との打合せ(2017年5月)



バンドン市役所との打合せ(2017年5月)



JVの事務所(2017年5月)



道路総局の担当局との打合せ(2017年8月)



アスファルト再生プラント(2017年10月)



道路研究所との協議(2017年8月)



本邦受入活動の様子① (2017年11月)



本邦受入活動の様子② (2017年11月)



セミナーの様子① (2017年12月)



セミナーの様子② (2017年12月)



普及・実証事業の実施場所候補地①
(2018年2月)



普及・実証事業の実施場所の候補地②
(2018年2月)



道路総局への最終報告会 (2018年2月)



試験施工 (2017年11月)

目次

写真.....	i
目次.....	iii
図表リスト.....	v
略語表.....	viii
要約（和文）.....	ix
ポンチ絵（和文）.....	xix
はじめに.....	xx
第1章 対象国・地域の開発課題.....	1
1-1. 対象国・地域の開発課題.....	1
1-2. 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等.....	3
1-3. 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力方針.....	7
1-4. 当該開発課題に関連する ODA 事業及びドナーの先行事例分析.....	8
第2章 提案企業、製品・技術.....	9
2-1. 提案企業の概要.....	9
2-2. 提案製品・技術の概要.....	11
2-3. 提案製品・技術の現地適合性.....	15
2-4. 開発課題解決貢献可能性.....	31
第3章 ODA 案件化.....	32
3-1. ODA 案件化概要.....	32
3-2. ODA 案件内容.....	36
3-3. C/P 候補機関組織・協議状況.....	44
3-4. 他 ODA 事業との連携可能性.....	45
3-5. ODA 案件形成における課題・リスクと対応策.....	45
3-6. 期待される開発効果.....	46
第4章 ビジネス展開計画.....	47
4-1. ビジネス展開計画概要.....	47
4-2. 市場分析.....	48
4-3. バリューチェーン.....	55
4-4. 進出形態とパートナー候補.....	57
4-5. 収支計画.....	57
4-6. 想定される課題・リスクと対応策.....	59
4-7. 期待される開発効果.....	60
4-8. 日本国内地元経済・地域活性化への貢献.....	63
要約（英文）.....	64

ポンチ絵 (英文)	73
参考文献	74
添付資料	75

図表リスト

表 1	道路の状態 (2012)	2
表 2	基層を対象としたアスファルトリサイクルの SNI 規格の概要	5
表 3	インドネシアの道路維持管理の概要	6
表 4	インドネシアの道路維持管理システムの概要	7
表 5	当該開発課題に関連する ODA 事業リスト	8
表 6	企業概要	9
表 7	提案する製品のスペックおよび価格	12
表 8	各技術における実績	12
表 9	アスファルト再生技術の比較優位性 (インドネシア)	13
表 10	舗装・施工管理技術の比較優位性	14
表 11	PMS の比較優位性	15
表 12	第 1 渡航でのヒアリング調査概要	15
表 13	第 2 渡航でのヒアリング調査概要	16
表 14	第 3 渡航でのヒアリング調査概要	17
表 15	第 4 渡航でのヒアリング調査概要	18
表 16	プラント再生工法のリサイクル技術の比較 (仮)	20
表 17	本邦受入活動の概要	23
表 18	セミナーの概要	24
表 19	SNI 認証取得に向けた各種試験の概要	28
表 20	SNI 認証取得に向けた試験施工の実施概要およびモニタリング結果	28
表 21	関連する外資規制	29
表 22	現地適合性の調査事項	30
表 23	普及・実証事業における機材設置候補サイトの概要	33
表 24	機材の仕様及び数量	41
表 25	C/P の投入 (道路総局)	41
表 26	道路研究所の投入	41
表 27	普及・実証事業における関連機関の役割 (案)	42
表 28	公共事業・国民住宅省道路総局の概要	44
表 29	課題・リスクと対応策	45
表 30	期待される開発効果 (案)	46
表 31	再生アスファルト合材の市場規模推計の前提条件	50
表 32	日本とインドネシアの再生アスファルト合材のコスト構成差異の要因と対策	54
表 33	販売・生産・原料調達計画	57

表 34	現地法人の事業収支計画	58
表 35	想定するリスクとその対応	59
表 36	開発効果試算の前提条件	60
図 1	アジア諸国における高速道路密度（左）と平均移動時間（右）の比較	1
図 2	世界の交通事故死者数（2010年）	3
図 3	アスファルト舗装の構成	4
図 4	道路インフラの復旧・復興の進捗状況（2016年6月末）	10
図 5	循環型舗装技術	11
図 6	アスファルトリサイクルに必要な機器のイメージ	12
図 7	オーバーレイ工法と切削オーバーレイ工法のイメージ	14
図 8	インドネシアの原油輸入量・生産量の推移	21
図 9	道路研究所が所有する路面性状測定車	23
図 10	本邦受入活動のアンケート結果	24
図 11	セミナー参加者の内訳	25
図 12	セミナー満足度	26
図 13	次フェーズへの展開の期待度	26
図 14	次フェーズで期待する活動内容	26
図 15	SNI 認証取得フロー	27
図 16	対象地域周辺地図（西ジャワ州）	32
図 17	Sewo 事務所のレイアウト	33
図 18	普及・実証事業における C/P の役割	36
図 19	ODA 案件の概要（PDM 案）	37
図 20	循環型舗装技術のトレーニング実施（案）	39
図 21	普及・実証事業の実施体制（案）	42
図 22	活動計画・作業工程	43
図 23	公共事業・国民住宅省組織図	44
図 24	ビジネスモデル（案）	47
図 25	事業化スケジュール	48
図 26	日本の再生アスファルト合材の普及率の推移	49
図 27	インドネシアにおける再生アスファルト合材の推計需要の推移	49
図 28	新/再生アスファルト合材の製造コスト比較（稼働率 60%）	51
図 29	新/再生アスファルト合材の原料費差異の内訳	52
図 30	新/再生アスファルト合材の材料単価比較（日本）	53
図 31	日本におけるアスファルトリサイクル事業の流れ	53
図 32	施工単価の比較（オーバーレイ工法）	54

図 33	想定されるバリューチェーン	56
図 34	経常利益の推移	58
図 35	リサイクル率を 40%とした時の理想的なマテリアルフローの概念図	61
図 36	経済的な開発効果の試算結果	61
図 37	CO ₂ 削減効果の試算結果（アスファルトリサイクル普及率 75%）	62
図 38	骨材使用量削減効果の試算結果（アスファルトリサイクル普及率 75%）	62
図 39	ビチューメン使用量削減効果の試算結果（アスファルトリサイクル普及率 75%）	63
図 40	見込まれる地元経済・地域活性化への貢献	63

略語表

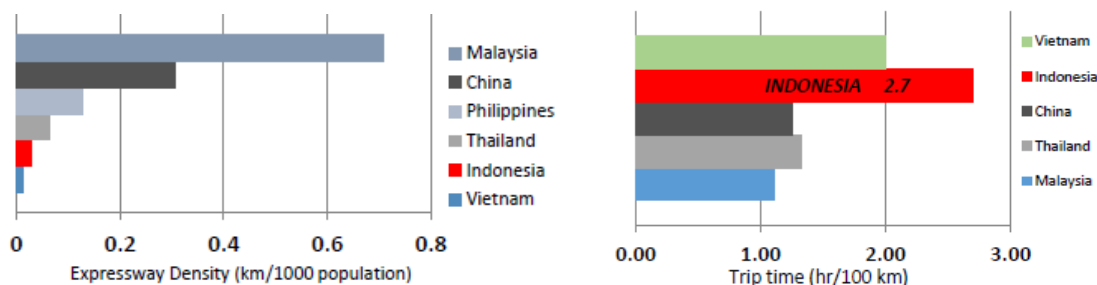
略語	正式名称	日本語名称
ASEAN	Association of South-East Asian Nations	東南アジア諸国連合
B/P	Business Partner	ビジネスパートナー
Bina Marga	Direktrat Jenderal Bina Marga	道路総局
C/P	Counter Part	カウンターパート
CMFRB	Cold Mix recycling by foamed bitumen	泡状ビチューメンによる再生常温アスファルト合材
CTRB	Cement Treated Recycled Base	セメント処理再生基層
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
HMRA	Hot Mix Recycled Asphalt	再生加熱アスファルト合材
ITB	Institut Teknologi Bandung	バンドン工科大学
IRI	International Roughness Index	国際ラフネス指数
IRMS	Integrated Road Management System	包括的道路管理システム
IRODCO	Integration Road Data Center Operation	道路データセンター運営の統合
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人 国際協力機構
KADII	PT. Kadi International	現地建設会社（ビジネスパートナー）
KOICA	Korea International Cooperation Agency	韓国国際協力団
M/M	Minutes of Meeting	協議議事録
MoA	Memorandum of Agreement	合意覚書
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PDM	Project Design Matrix	プロジェクトデザインマトリックス
PMS	Pavement Management System	舗装マネジメントシステム
Pusjatan	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan	道路研究所
RAP	Reclaimed Asphalt Pavement	アスファルト廃棄物
RAMS	Road Asset Management System	道路アセットマネジメントシステム
RENSTRA	Rencana Strategis	戦略計画
RPJMN	Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional	国家中期開発計画
SNI	Indonesian National Standard	インドネシア国家規格

要約（和文）

第1章 対象国・地域の開発課題

1-1. 対象国の開発課題

現在の道路インフラ状況を見ると、図1に示すように、他国との比較ではインドネシアは1,000人あたりの高速道路密度が0.02km程度で、100kmあたりの平均移動時間が2.7時間であり、経済発展および市民生活に不可欠な道路インフラ整備がASEANの中でも遅れており、国の物流競争力が低い。



出典：公共事業・国民住宅省道路総局 2015

図1 アジア諸国における高速道路密度（左）と平均移動時間（右）の比較

地方に目を向けると、インドネシアの道路舗装状況は5-6割程度にとどまっており、表1に示すように、国道の状態が9割以上安定していることに対し、州道・市道の状態は5-6割程度に留まっており、地方交通の妨げとなっている。

安全面では道路と側道間の段差（許容範囲を超えた道路高）も問題となっている。コスト削減のために安価なオーバーレイ工法の通例により道路に写真1のような段差ができた結果、市民の交通安全が脅かされている箇所も多く、コネクティビティを妨げる大きな要因ともなっている。

表1 道路舗装状況（2012）

	国道		州道		市道	
	%	km	%	km	%	km
良好	58	22,360	32	15,756	32	121,444
普通	33	12,671	29	14,014	23	86,134
一部分破損	6	2,371	18	8,670	22	82,372
大部分破損	3	1,168	22	10,638	23	86,455
Total	100	38,570	100	49,078	100	376,405
道路長割合	8%		11%		81%	

出典：公共事業省道路総局



写真1 オーバーレイ工法による道路の段差

1-2. 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等

(1) 道路政策

インドネシア政府のRPJMN2015-2019では、地方開発を優先政策の一つに挙げ、道路など

のインフラ整備により国土のコネクティビティを改善し地方開発していくことを目指している。公共事業・国民住宅省道路総局の戦略計画（Rencana Strategis、以下 RENSTRA）2015-2019 では、道路ネットワーク構築により産業・工業団地の発展を支援するために、道路関連予算 278 兆ルピア（約 2.15 兆円）を計上し、道路敷設 2,650km、有料道路 1,000km（高速）、道路改善 3,073km、維持管理 47,017km 等を戦略に挙げている。また、西ジャワ州政府ビジョン（2013-2018）でも、国の政策と同様に地域間の連結性改善と経済発展のためのインフラ整備を掲げている。

（2）アスファルトリサイクル政策

道路総局の開発計画（2015-2019）及び公共事業・国民住宅省大臣令第 34 号では、社会的、経済的および環境的側面から環境配慮型道路「グリーン・ロード」の推進を謳っており、廃棄物の抑制・リユースや、エネルギー・材料・水などの省資源の設計および建設が推奨されている。実例として、アスファルトリサイクル、常温でのアスファルト合材の製造による省エネ、道路の緑化などの実施が報告されているが、インドネシアではアスファルトのリサイクル事業は高コストになるという間違った認識が浸透していた。

第 2 章 提案企業、製品・技術

2-1. 提案製品・技術の概要

（1）製品・技術の概要

提案する技術は図 2 に示す循環型舗装技術であり、アスファルト再生技術、それを活用した舗装・施工管理技術、PMS を活用した維持管理技術により構成される。この循環型舗装技術により、舗装コストの 10-20% 程度の削減、段差のない道路建設、維持管理コスト 14% 以上の削減、加えてアスファルト廃棄物の安定調達を実現する。

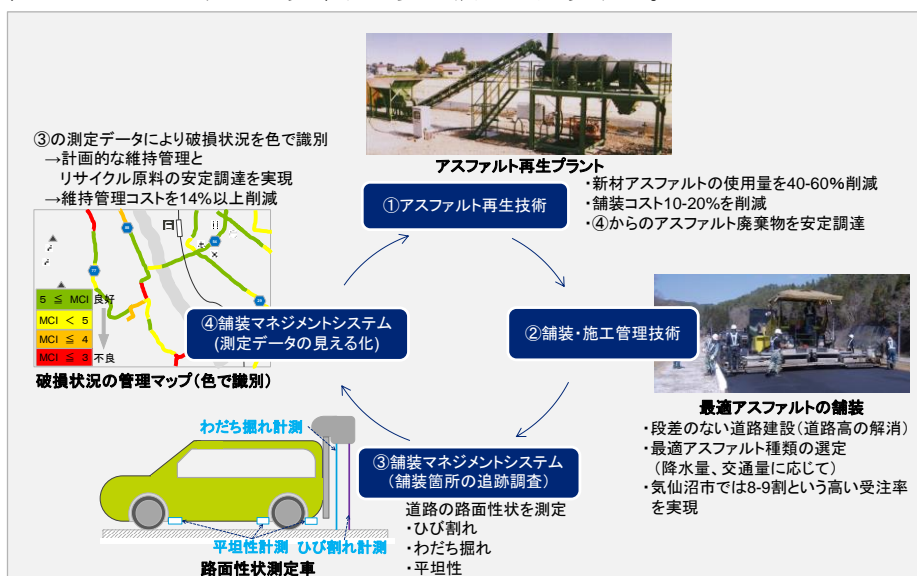


図 2 循環型舗装技術

(2) 製品・技術のスペック・価格

提案する製品であるクラッシングプラント、リサイクルユニットと再生添加剤のスペック及び価格を表2に示す。これら機材を導入し、アスファルト再生技術の実証および人材育成に活用する。アスファルト廃棄物を再生させる添加剤は日本から調達する。

表2 提案する製品のスペックおよび価格

品名	処理能力	処理タイプ	数量	価格(税抜)
クラッシングプラント	80-100t/h	連続	1基	2,000万円
リサイクルユニット	30t/h	バッチ	1基	4,000万円
再生添加剤	N/A	N/A	6,000kg	115万円

(3) 国内外の販売実績

各技術における実績を表3に示す。

表3 各技術における実績

	国	件数・売上高など	主要取引先
アスファルト再生技術	日本	再生プラント 10,000t/年の配合設計を実施	ゼネコン
	インドネシア	再生プラントオペレーション (2017年10月より)	自社プラント
再生アスファルト合材を活用した舗装・施工管理技術	日本	元請 21件 350,000,000円 下請 39件 93,000,000円	宮城県、気仙沼市、民間
	インドネシア	Suryacipta 工業団地に 100m 施工 西ジャワ州政府の州道 250m (2018年3-4月に予定)	民間 州政府
PMSを活用した維持管理技術	日本	300m × 三陸町農道 10 路線	南三陸町
		1,822.6km (旭川市市道)	旭川市

注) 東日本大地震による津波により一部資料を紛失したため、正確な数値ではない

(4) 比較優位性

インドネシアで競合する技術との施工単価の比較を図3に示す。施工方法が同じオーバーレイ工法であれば、再生アスファルト合材は新アスファルト合材よりも約6%ほど安価で施工することができる。再生アスファルトを切削オーバーレイ工法で施工した場合、新アスファルト合材をオーバーレイ工法で施工するよりも約2%安くなる。年間9万 tonの施工量で試算すると、品質は同等で、1,600万円～4,800万円程度のコスト削減を図れる。

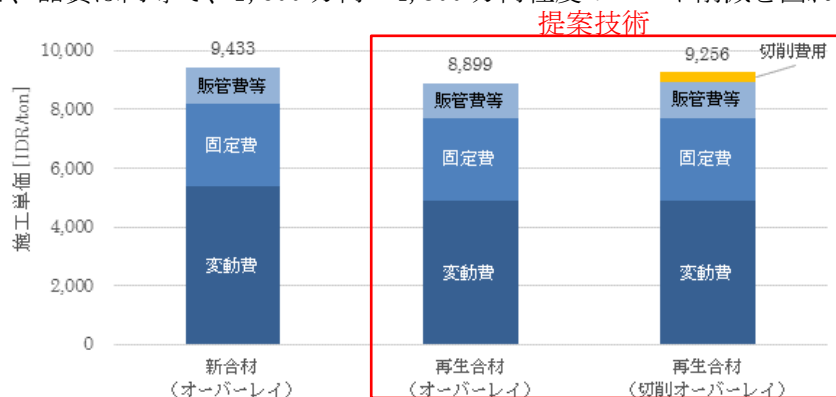


図3 インドネシアで競合する技術との施工単価の比較

2-2. 提案製品・技術の現地適合性

提案する循環型舗装技術の現地適合性に関する調査事項を表4にまとめる。

表4 現地適合性の調査事項

分類	項目	適合性
法的適合性	SNI 認証制度	<ul style="list-style-type: none"> 現状では、提案技術が対象としているアスファルト廃棄物の表層へのリサイクルに関する SNI 規格は整備されていない。 2018 年から道路研究所にて表層アスファルトリサイクルの規格化に向けた研究が開始され、2018 年末を目処に SNI 規格の草案が作成される予定。菅原工業は、SNI 規格草案作成について、道路研究所及び道路総局と 3 社間 MoA を 2018 年 3-4 月頃に締結する方向で準備を進めている。
	廃棄物関連法	<ul style="list-style-type: none"> 環境の保護及び管理に関する法律 2009 年第 32 号では、環境媒体へ廃棄物を投棄することは禁止されている。 公共事業・国民住宅省大臣令第 32 号にて、リサイクル技術などを活用した環境配慮型道路の推進が規定されている。
経済的適合性	原油価格の変動	<ul style="list-style-type: none"> インドネシアは原油産出国でありながら、産出量の減少と消費量の急増により石油製品の約半分を輸入でまかなっている。 提案技術はアスファルト廃棄物をリサイクルすることで、骨材だけでなく原油から精製されるピチューメンの使用量も削減できる。
社会的適合性	道路整備予算の不足	<ul style="list-style-type: none"> 政府の道路インフラ整備予算の約半分の調達の目処が立っておらず、道路維持管理を安価に行える技術が求められている。
	コネクティビティの改善	<ul style="list-style-type: none"> 中期国家開発計画 2015-2019 では、地方開発を優先政策の一つに挙げており、道路などのインフラ整備により都市部と地方部のコネクティビティを改善し、地方開発していくことを目指している。
技術的適合性	アスファルトリサイクル技術	<ul style="list-style-type: none"> インドネシアで従来行われてきた加熱式 In-Plant 法による再生アスファルト合材の製造コストは、新アスファルトに比べてイニシャルコストは高く、広く普及しなかった。 提案技術では、再生添加剤を用いることで骨材に加えてピチューメンのリサイクルを可能にし、更にリサイクル率を向上させることで、新アスファルト合材よりも安価に施工できる見込みである。 今後の政府によるアスファルト廃棄物のリサイクルの仕組みづくりや事業者によるコスト削減の取組みが行われれば、より大きな経済的メリットを享受できる可能性がある。

第3章 ODA 案件化

3-1. ODA 案件化概要

(1) スキーム名

本案件化調査後に、普及・実証事業スキームを活用した、「アスファルト廃棄物を活用した循環型舗装技術の導入に関する普及・実証事業（仮称）」を想定している。

(2) 対象国政府関係機関（カウンターパート機関）

カウンターパートは、公共事業・国民住宅省道路総局を想定している。その選定理由は以下のとおりである。

- ▶ 案件化調査にて、循環型舗装技術のセミナー共催に協力し、道路総局長の Opening Remarks では日本の循環型舗装技術に対する高い関心と必要性を示した。

- 普及・実証事業の実施に対して協力的であり、プロジェクトサイトを循環型舗装技術の普及のための研修センターにしていきたいという構想を持っている。
- 普及・実証事業における道路総局側の配員を2018年2月時点でアポイントした。また、アスファルト製造技術を有するエンジニアを有する。
- 普及・実証事業の事業費の一部負担を前向きに検討している（試験施工費、研修費、必要に応じてEIAの実施など）。
- 本事業で導入する機材の敷地（プロジェクトサイト）を提供することを確認した。

(3) 対象地域

設置場所は公共事業省・国民住宅省の敷地内で、概要を表5に示し、対象地域周辺地図（西ジャワ州）および Sewo 事務所のレイアウトを図4に示す。

表5 設置場所の概要

項目	内容
設置場所と所有者	道路総局第6地方整備局 Sewo 事務所(西ジャワ州)
設置する製品・技術	・クラッシングプラント ・リサイクルユニット ・再生添加剤
機材設置にかかる合意・許可	・C/P 候補より合意を得ている（サポートレター発行予定）
インフラ状況	・アスファルト製造プラントの稼働用に自家発電機を所有 ・機材設置スペースは十分であるが、現地工事時には既存の機材も活用するため一部移動させるなどの調整が必要となる
必要条件	・同敷地は Sewo のプラント建設時に EIA 承認を受けている。 ・今後、追加で EIA が必要になった場合は C/ P で実施する。

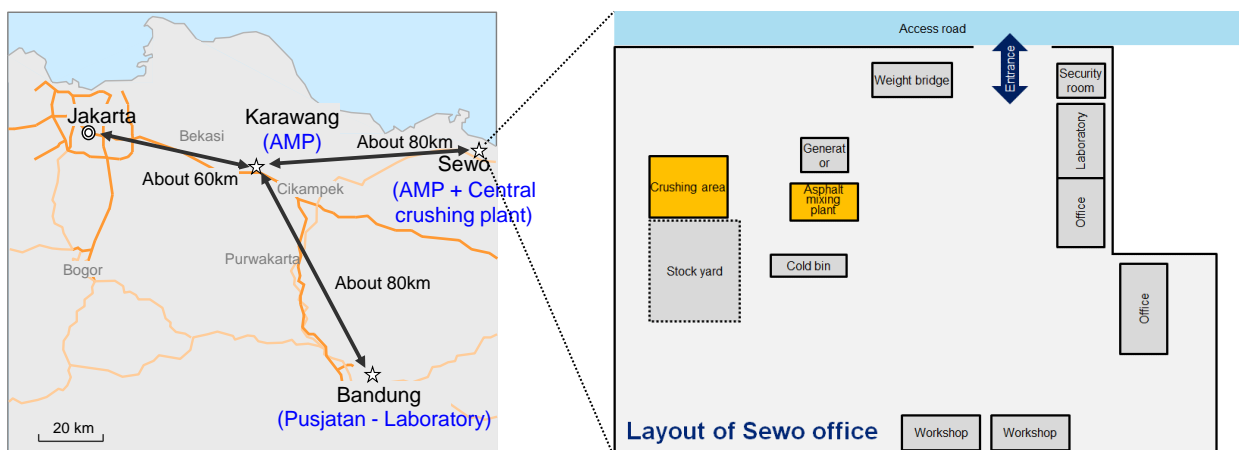


図4 象地域周辺地図（西ジャワ州）および Sewo 事務所のレイアウト

(4) PDM（プロジェクトデザインマトリックス）

案件化調査開始時点では、普及・実証事業スキームを活用した、「アスファルト廃棄物を活用した循環型舗装技術の導入に関する普及・実証事業（仮称）」を想定し、「循環型舗装技術の有効性が確認され、持続可能な体制が整備される」ことをプロジェクト目標として、図5に示す3つの成果（循環型舗装技術の実証活動、技術移転および技術の普及）を達成する

ために、活動と投入を行っていくことを想定している。

成果	活動
1. 実証 循環型舗装技術によるコスト削減効果の実証	1-1 導入機材の輸送、設置と稼働確認 1-2 再生アスファルトの試験製造と品質試験 1-3 国道での試験施工 1-4 試験施工後のモニタリング 1-5 循環型舗装技術の経済性・優位性の評価
2. 技術移転 現地人材による持続可能な循環型舗装技術の実施体制づくり	2-1 循環型舗装マニュアルの作成および技術レベル評価 2-2 循環型舗装技術の移転(道路総局および道路研究所員候補6-10名の育成) 2-3 研修後評価およびフィードバック
3. 普及 循環型舗装技術の優位性の周知	3-1 関連省庁とのステアリングコミッティの開催 3-2 ステークホルダーに対する技術紹介セミナーの開催 3-3 循環型舗装技術の普及を促進させるためのビジネスモデルの検討

図5 ODA 案件の概要 (PDM 案)

(5) 日本側の投入

人的投入は総勢9名を予定している。内訳は統括1、チーフアドバイザー1、循環型舗装技術1、クラッシングプラント1、再生アスファルト製造1、舗装施工1、ビジネスモデル検討1、研修管理1、開発効果・事業性評価1である。

導入する機材の仕様及び数量を表2に記載する。普及・実証事業では、道路総局第6地方整備局に対して、クラッシングプラントおよびリサイクルユニットの各1台の譲与を想定しており、総額は輸送費・据付費を含め、約7,000万円(税抜)を見込んでいる。

(6) C/P側の投入

C/P候補(道路総局)の投入内容を表5に記載する。

表5 C/Pの投入(道路総局)

項目	内容
役割	<ul style="list-style-type: none"> ・機材の設置場所の確保と受入準備 ・プロジェクトサイトの提供(道路総局 第6地方整備局 Sewo 事務所) ・アスファルト製造プラントの提供 ・試験施工場所の提供 ・トレーニング場所の提供 ・研修生の任命・研修の受講・フィードバック ・ステアリングコミッティ開催及び会場の提供 ・技術紹介セミナーの開催及び会場の提供 ・追加的EIA手続き(必要な場合のみ)
費用	<ul style="list-style-type: none"> ・試験施工費 ・アスファルト製造プラント ・研修生の人件費、食費及び交通費、電気代や燃料費 ・追加的EIAの実施費用(必要な場合のみ)

人員	<ul style="list-style-type: none"> ・総括 : 道路総局総局長 Mr. Arie Setiadi Moerwanto ・担当部署 : 道路網開発局局長 Mr. Rachman Arief Dienaputra ・事務局 : 道路網開発局、道路保全局、道路研究所より構成
----	--

出典：調査団により作成

(7) 実施体制図

普及・実証事業における実施体制（案）を図6に示す。案件化調査での道路総局との協議により、カウンターパート（以下、C/P）候補には公共事業・国民住宅省道路総局、協力機関候補には道路研究所という体制で合意している。

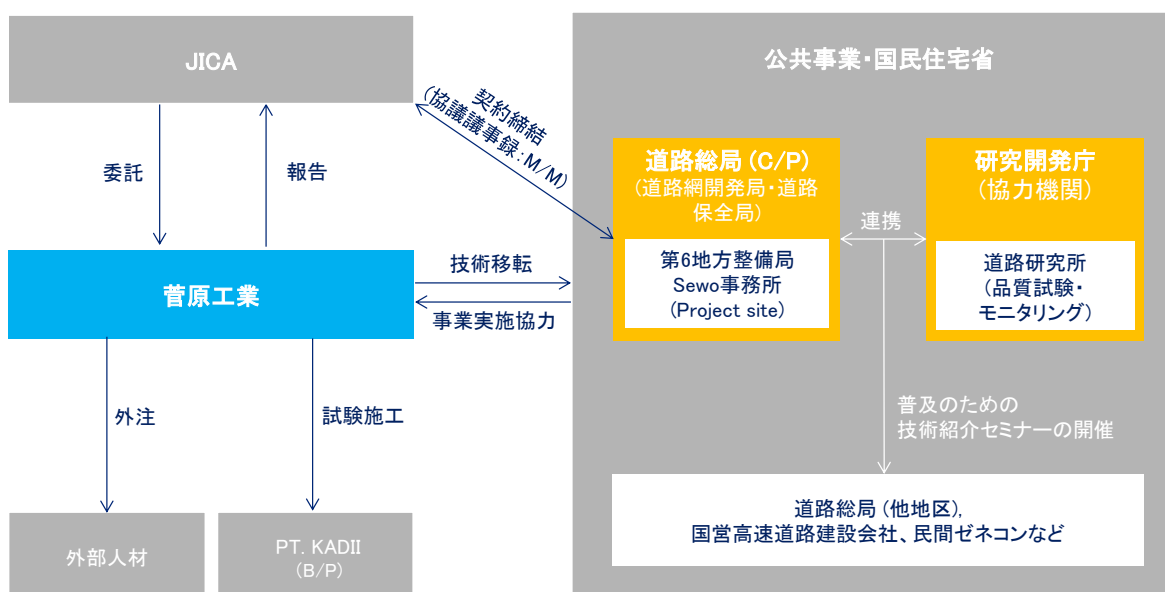


図6 普及・実証事業の実施体制（案）

(8) 活動計画・作業工程

2019年1月の開始から2年間を想定し、渡航は全7回を予定している。

第4章 ビジネス展開計画

4-1. 本事業実施後のビジネス展開の位置づけや目的

2017年に現地ゼネコンであるPT. KADI International（以下、KADII社）と合弁会社（以下、JV）を設立し、2017年10月よりアスファルト再生プラントを稼働させている。普及・実証事業を通じて、コスト削減可能でかつ安全性向上が図れる循環型舗装技術を普及させ、インドネシアの開発課題解決に貢献していく中で、プラントの稼働率を上げていき再生材の販売量増加へ繋げていく。10年後には、海外売上比率を10～15%にすることを目指す。



写真2 カラワンのアスファルト再生プラント

4-2. 同ビジネス事業の枠組み及びマーケティング戦略

(1) 市場規模

日本での再生アスファルト合材の普及率の推移をインドネシアに適用した場合、再生アスファルト合材の年間需要は、インドネシア全体では最初の10年目で年間約195万 ton、20年目で年間約1,167万 ton、25年目で年間約1,458万 tonの需要が見込まれる。この需要は、プラント約100基分の生産能力に当たるため、1基が軌道に乗りしだい2基目の建設を検討する。

(2) 対象顧客者層

現状、新アスファルト合材で施工されている箇所を再生アスファルト合材に置き換えることを想定しているため、当面の顧客は道路工事を行う建設会社であり、主にはB/PであるKADII社への再生アスファルト合材の販売を想定している。

(3) 競合相手の状況

インドネシアでは路上再生工法やプラント再生工法によるアスファルトリサイクル技術が実用化しているが、再生アスファルト合材のコストが、新アスファルト合材よりも高いため幅広い普及には至っていない。また、立地の観点においても、現地法人のプラントの立地場所からは離れた場所にあり、現状では棲み分けができていない。

(4) 製品価格目標

管原工業の現地法人であるKADII社とのJVは、再生骨材を加熱処理することにより、再生骨材を乾燥させる。加熱した再生骨材を、隣接するKADII社のアスファルト再生プラントに供給し、KADII社が再生アスファルト合材を製造する。再生骨材の販売価格は再生骨材1tonあたり210,000IDR(約1,642円¹)を想定している。

(5) 原材料・資機材の調達計画

原料調達は、再生骨材はJVが調達し、残りの新骨材、ビチューメン、再生添加剤に関し

¹ JICA レート 2018年3月時 (1IDR = 0.007822JPY)

てはKADII社が調達する。再生添加剤に関しては、インドネシア国内に流通していない為、日本から輸入する。

(6) 生産・流通販売計画

販売・生産・原料調達計画を表6に示す。ここではプラント全体の販売・生産・原料調達計画を記載した。SNI規格が整備されるのが2019年以降であるため、再生アスファルト合材の販売は2019年からとし、2019年は年間7,500tonの販売を想定し、徐々に数量を増やし2024年に年間90,000tonを販売する計画である。

表6 販売・生産・原料調達計画

項目	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
販売計画										
再生合材 ton	0	0	7,500	15,000	30,000	45,000	60,000	90,000	90,000	90,000
生産計画										
再生合材 ton	0	0	7,500	15,000	30,000	45,000	60,000	90,000	90,000	90,000
(参考) 稼働率	0%	0%	5%	10%	20%	30%	40%	60%	60%	60%
原料調達計画										
再生骨材 ton	0	0	3,100	6,199	12,398	18,598	24,797	37,195	37,195	37,195
新骨材 ton	0	0	4,524	9,048	18,095	27,143	36,191	54,286	54,286	54,286
アスファルト ton	0	0	302	605	1,209	1,814	2,418	3,627	3,627	3,627
再生添加剤 ton	0	0	11	23	45	68	90	135	135	135

(7) 収支計画（売上、売上原価、販売費一般管理費）

JVの事業収支計画を表7に示す。2019年から再生アスファルト合材の販売を開始するが、2020年までは販売数量が少なく経常利益はマイナスである。販売数量の増加と共に2021年以降に黒字化し、10年目には年間約4,860万円の経常利益を得る計画である。

表7 現地法人の事業収支計画

単位：百万円

項目	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
売上	0.0	0.0	5.7	11.3	22.6	34.0	45.3	67.9	67.9	67.9
売上原価	7.9	7.9	9.1	10.2	12.5	14.7	17.0	21.5	15.2	15.2
固定費	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	1.6	1.6
変動費	0.0	0.0	1.1	2.3	4.5	6.8	9.1	13.6	13.6	13.6
売上総利益	-7.9	-7.9	-3.4	1.1	10.2	19.2	28.3	46.4	52.8	52.8
販管・一般管理費	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
営業利益	-12.1	-12.1	-7.6	-3.0	6.0	15.1	24.1	42.2	48.6	48.6
営業外収益	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
営業外費用	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
経常利益	-12.1	-12.1	-7.6	-3.0	6.0	15.1	24.1	42.2	48.6	48.6

4-3. 実施体制・事業スケジュール

(1) 実施体制

普及・実証事業後に想定されるビジネスモデルを図6に示す。外資による道路整備事業は

「約4億円以上に限る」というネガティブリストの規制を受けるため、建設業ではなく再生アスファルト合材の製造業としてビジネス展開する。道路総局第6地方整備局が道路工事現場で発生するアスファルト廃棄物を収集・保管・破砕し、JVが再生骨材を加熱処理して隣接するKADII社のアスファルト再生プラントに供給する。KADII社により製造される再生アスファルト合材を現地の国営高速道路管理会社やゼネコンへ販売していく。この中で、菅原工業からKADII社に対して技術支援も行っていく。当面は再生骨材の加熱処理事業に注力し、将来的にはアスファルト再生プラントを2基目の工場として建設することを検討している。

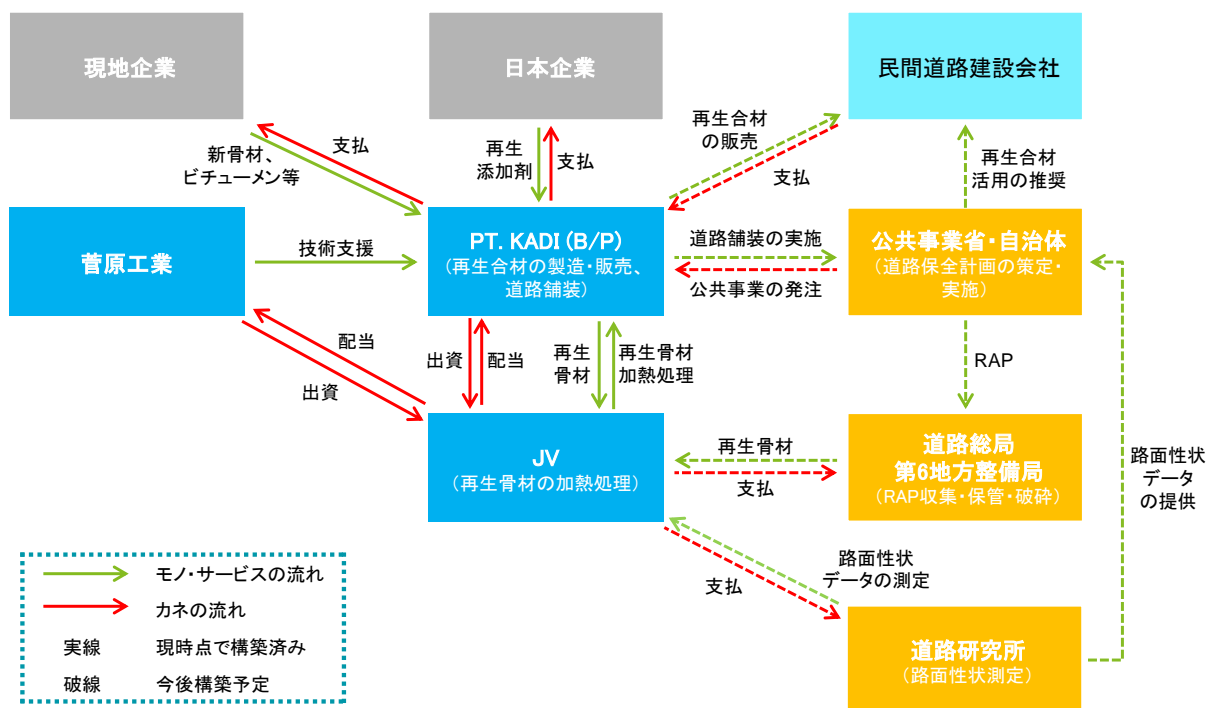


図6 ビジネスモデル（案）

(2) 事業スケジュール

公共事業の入札参加に必要な SNI 認証取得には、2年間のモニタリングが必要になるため2020年4-5月まで時間を要するが、Interim SNI 取得には1年間のモニタリングとなり、道路研究所の推奨レターを取得することで公共事業の入札へ参加できるため、2019年4-5月頃から入札へ参加しプラントの稼働率を徐々に上げていく。

インドネシア国 アスファルト廃棄物を活用した循環型舗装技術の導入に関する案件化調査

企業・サイト概要

- 提携企業 : 株式会社 菅原工業
- 提案企業所在地 : 宮城県気仙沼市
- サイト・C/P機関 : 西ジャワ州、C/P:公共事業・国民住宅省 道路総局



再生アスファルトを活用した舗装

インドネシア国の開発課題

- 道路建設予算の不足
中期国家開発計画(2015-2019)では、インドネシア全土の連結性(コネクティビティ)の向上による地方開発の方針を掲げているが、インフラ整備予算の半分は調達目処が立っていない
- 市民の交通安全
コスト削減のために安価なオーバーレイ工法が選定されており、道路に写真のような段差ができ、市民の交通安全が脅かされている



オーバーレイ工法により脱輪した車

中小企業の技術・製品

- アスファルトコンクリート廃棄物を活用した循環型舗装技術
 - ・これまで放置されていたアスファルトコンクリート廃棄物および舗装維持管理により切削させるアスファルトを再生させ、舗装に用いることでコスト削減を実現する
 - ・日本基準に適合した高品質な舗装および施工管理技術を移転する
 - ・PMS(舗装マネジメントシステム)を活用した最適な維持管理により、道路維持管理コストの削減を図れる

調査を通じて提案されているODA事業及び期待される効果

ODA事業: 普及・実証事業

効果: 循環型舗装技術による製造・施工・維持管理費の削減効果の実証、循環型舗装技術の移転、循環型舗装技術の優位性の周知

日本の中小企業のビジネス展開

- アスファルト廃棄物再利用技術をインドネシア国内で促進させ、道路の開発課題対策として波及させていく
- 循環型舗装技術のノウハウをインドネシア内の他都市へ移転していく(アスファルトの再生、舗装・施工管理及びPMSのパッケージ化)

はじめに

調査名

アスファルト廃棄物を活用した循環型舗装技術の導入に関する案件化調査（英文調査名：Feasibility Survey for the Pavement Recycling Technology with Asphalt Wastes）

調査の背景

インドネシアは、ASEAN 最大の人口と国土を有する ASEAN の中核国であり、世界最大のイスラム人口を抱え、マラッカ海峡を始め重要な海上交通路の要衝に位置し、同国の安定は日本を含むアジア全体の安定と繁栄に不可欠である。近年は政治的安定と順調な経済成長を実現し、東南アジア唯一の G20 メンバーとして国際場裏での役割を拡大してきており、気候変動対策や民主化支援などアジア地域及び国際社会の課題に対しても積極的に取り組む姿勢を見せている。

現在、インドネシア政府は中期国家開発計画（2015 年-2019 年）を実施しており、優先政策である地方開発と投資環境整備（インフラ）では、インドネシア国内の不均衡の是正と安全な社会造りおよび更なる経済成長のために、主要な交通・物流網等の整備や地方の拠点都市圏の整備等国内の連結性（コネクティビティ）強化とビジネス・投資環境の改善に重点を置いている。公共事業・国民住宅省道路総局の戦略計画（RENSTRA 2015-2019）では、道路ネットワーク構築により産業・工業団地の発展を支援するために、道路敷設 2,650km、有料道路 1,000km（高速）、道路改善 3,073km 等を戦略に挙げている。西ジャワ州政府ビジョン（2013-2018）でも、同様に地域間の連結性改善と経済発展のためのインフラ整備を掲げている。

現状を見ると、インドネシアは 1,000 人あたりの高速道路密度が 0.02km 程度で、100km あたりの平均移動時間が 2.7 時間であり、他のアジア諸国と比較すると経済発展および市民生活に不可欠な道路インフラ整備が遅れており、公共事業・国民住宅省道路総局では資金調達とともに道路建設費の削減が課題となっている。市民生活レベルでは、コスト削減のために安価なオーバーレイ工法の選定により、道路に段差ができおり市民の交通安全が脅かされている。

株式会社菅原工業（以下、菅原工業）は、これまでの現地調査を通じて、インドネシアではアスファルトのリサイクル体制が構築されておらず、新アスファルト合材による高コストな道路整備や段差のある道路建設（オーバーレイ工法）が一般的に行われていることを把握した。そこで、菅原工業はコスト削減可能かつ安全性向上が図れる循環型舗装技術の普及によりインドネシアの発展に貢献するために ODA 事業を提案し、今回はその前段階として実現可能性調査を実施するに至っている。

調査の目的

インドネシアの地方開発と地域間のコネクティビティ改善という開発課題に対し、公共事業・国民住宅省道路総局をカウンターパート（以下、C/P）候補として、道路インフラ整備を促進させるべく、コスト削減可能かつ安全な循環型舗装技術を導入するための ODA 案件形成を目的とする。

調査対象国・地域

インドネシア・西ジャワ州

調査機関、調査工程

2017年4月28日～2018年6月29日

調査団員構成

従事者名	担当業務	所属先
管原 渉（宮城）	業務主任者 アスファルトリサイクル1/舗装マネジメントシステム1	株式会社菅原工業
佐藤 重光（宮城）	副業務主任者 事業計画策定	株式会社菅原工業
菊池 亮（宮城）	舗装施工・品質管理	株式会社菅原工業
西本 匡利（東京）	チーフアドバイザー ODA 事業計画推進	有限責任監査法人トーマツ
渡邊 幸哲（東京）	リスク分析	有限責任監査法人トーマツ
秋本 佳希（東京）	事業計画策定支援/市場・法制度調査	有限責任監査法人トーマツ
菅井 栄一（宮城）	アスファルトリサイクル2	株式会社ガイアート
笠原 篤（北海道）	舗装マネジメントシステム2	個人
及川 正義（愛知）	道路面性状測定	個人

第1章 対象国・地域の開発課題

1-1. 対象国・地域の開発課題

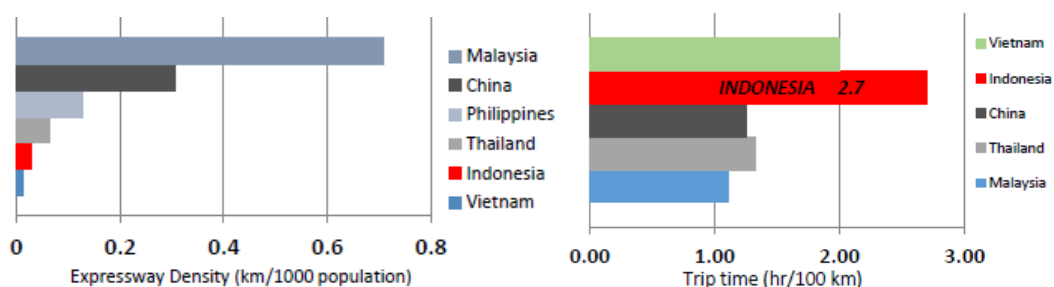
1-1-1. 国土の連結性（コネクティビティ）

インドネシアの中期国家開発計画（Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional、以下 RPJMN）2015-2019 では、道路などのインフラ整備により国土の連結性（コネクティビティ）を改善することで地方を発展させることを目指している。

道路総局の開発計画（2015-2019）によると、年間約7%のインドネシアの経済成長によりモータリゼーションは年間約13%伸びており、そのうち80%以上が道路をベースとする陸上輸送となっている。さらに、2025年の道路交通量は2015年の5倍に増加することが推計されており、道路ネットワークの向上が課題となっている。

現在の道路インフラ状況を見ると、図1に示すように、他国との比較ではインドネシアは、1,000人あたりの高速道路密度が0.02km程度で、100kmあたりの平均移動時間が2.7時間であり、経済発展および市民生活に不可欠な道路インフラ整備がASEANの中でも遅れており、国の物流競争力が低い。

財政面では、中期国家開発計画2015-2019における交通インフラ整備予算1,340億USD（約15兆円）の50%は調達先の検討が必要な状況となっており、公共事業・国民住宅省道路総局では資金調達とともに道路建設費の削減が課題となっている。



出典：公共事業・国民住宅省道路総局 2015

図1 アジア諸国における高速道路密度（左）と平均移動時間（右）の比較

地方に目を向けると、本調査の対象地域である西ジャワ州は、インドネシアの州の中で最も人口の多い4,600万人を抱えており、首都ジャカルタと東・中央ジャワを結び、ジャカルタ近郊の経済特区として近年注目も高く、地理的にも経済的にも重要な州である。しかしながら、経済発展を下支えする都市間の道路連結性は乏しく、西ジャワ州政府の課題の1つとして挙げられている。

1-1-2. 道路インフラの質と安全性

インドネシアの道路舗装状況は5-6割程度にとどまっており、表1に示すように、国道の状態が9割以上安定していることに対し、州道・市道の状態は5-6割程度に留まっており、地方交通の妨げとなっている。地方道路の一例として西ジャワの状況を写真1に示す。また、2013年～2014年の世界競争力指数によると、インドネシア道路の品質は148カ国の

うち 78 位にランクされている。この道路インフラの質は国の物流業績や投資の魅力に影響を及ぼすため、道路インフラの品質向上には地方道路の改善にも目を向けていく必要がある。

表 1 道路の状態 (2012)

	国道		州道		市道	
	%	km	%	km	%	km
良好	58	22,360	32	15,756	32	121,444
普通	33	12,671	29	14,014	23	86,134
一部分破損	6	2,371	18	8,670	22	82,372
大部分破損	3	1,168	22	10,638	23	86,455
Total	100	38,570	100	49,078	100	376,405
道路長割合	8%		11%		81%	

出典：公共事業省道路総局



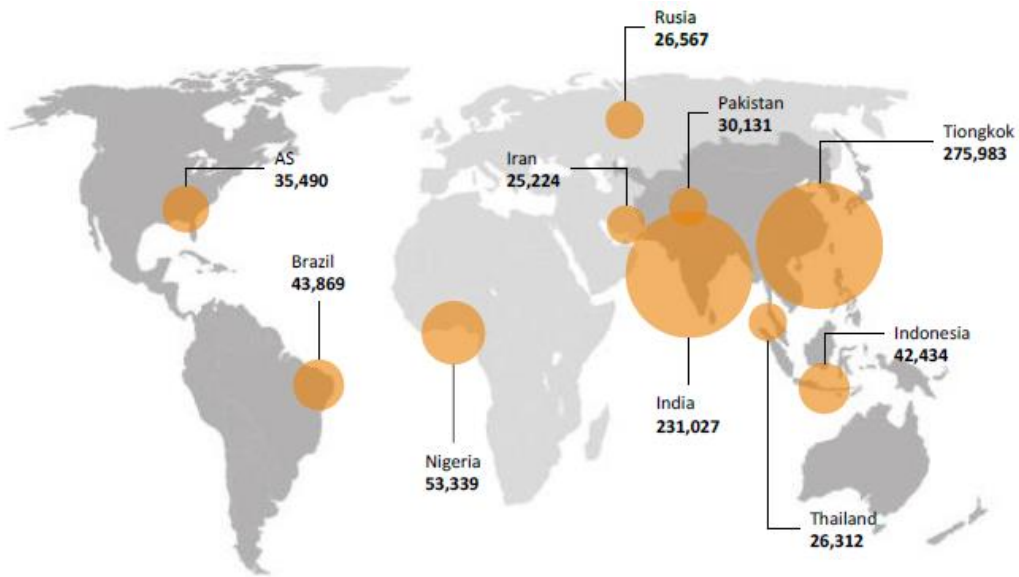
写真 1 西ジャワ州の未舗装道路

安全面では道路と側道間の段差（許容範囲を超えた道路高）も問題となっている。コスト削減のために安価なオーバーレイ工法の通例により道路に写真 2 のような段差ができた結果、市民の交通安全が脅かされている箇所も多く、コネクティビティを妨げる大きな要因ともなっている。オーバーレイ工法とは損傷したアスファルト舗装の上に新たなアスファルト層を施工することで補修する工法であり、補修を繰り返すことでアスファルト層が積み重なり、アスファルト舗装がされていない路肩とアスファルト舗装面に段差が生じる。

インドネシアの交通事故死者数は、図 2 に示す 2010 年の WHO のデータでは、42,434 人に達しており、世界的に見ても多い国の 1 つとなっている。これらの交通事故の主要な原因の一つに道路状況が含まれており、上記した道路の段差や道路保全会が行き届かずに発生した道路の損傷や陥没が要因となっているため、安全を考慮した道路インフラの整備による予防が必要である。



写真 2 オーバーレイ工法による道路の段差



出典：WHO

図 2 世界の交通事故死者数（2010年）

1-2. 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等

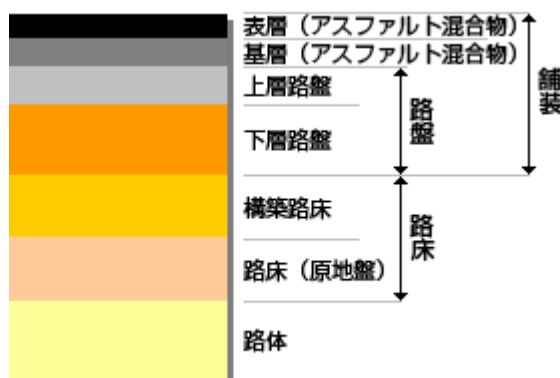
1-2-1. 道路政策

政府の RPJMN2015-2019 では、地方開発を優先政策の一つに挙げ、道路などのインフラ整備により国土のコネクティビティを改善し地方開発していくことを目指している。公共事業・国民住宅省道路総局の戦略計画（Rencana Strategis、以下 RENSTRA）2015-2019 では、道路ネットワーク構築により産業・工業団地の発展を支援するために、道路関連予算 278 兆ルピア（約 2.15 兆円）を計上し、道路敷設 2,650km、有料道路 1,000km（高速）、道路改善 3,073km、維持管理 47,017km 等を戦略に挙げている。国道の状態（良好または普通）は、2012 年に 91%であったものを 2019 年に 98%へ到達させることを目標とし、地方道路では 500 kmの改善に支援するとしている。また、西ジャワ州政府ビジョン（2013-2018）でも、国の政策と同様に地域間の連結性改善と経済発展のためのインフラ整備を掲げている。

1-2-2. アスファルトリサイクル政策

道路総局の開発計画（2015-2019）及び公共事業・国民住宅省大臣令第34号では、社会的、経済的および環境的側面から環境配慮型道路「グリーン・ロード」の推進を謳っており、廃棄物の抑制・リユースや、エネルギー・材料・水などの省資源の設計および建設が推奨されている。実例として、アスファルトリサイクル、常温でのアスファルト合材の製造による省エネ、道路の緑化などの実施が報告されている。

ここからは、アスファルトリサイクル事業に関する詳細について、アスファルト舗装の表層および基層に分けて記載する。図3に示すように、アスファルト舗装は、表層、基層、路盤から構成される。



出典：一般財団法人 日本アスファルト協会 ホームページより

図3 アスファルト舗装の構成

公共事業・国民住宅省研究開発庁傘下の道路研究所（Pusjatan : Pusat Litbang Jalan dan Jembatan）へのヒアリングでは2018年に表層用のアスファルトリサイクルのインドネシア国家規格（Indonesia Nasional Standard : 以下、SNI規格）の整備を計画しているとの回答を得ている。

基層では、これまでの試みとして、2007年頃に国営高速道路建設会社にてアスファルト再生プラント1基（ドイツ製）が導入されたが、導入時に再生アスファルト合材の配合設計²を確立できなかったことや当該事業に資するプラント設計になっていなかったことから、新材と比較して低品質かつ高コストとなった。この経験から、インドネシアではアスファルトのリサイクル事業は高コストになるという間違った認識が浸透していた。

² 再生アスファルト合材は、再生骨材、新骨材、ビチューメン、再生添加剤などを混合して製造されるが、製造したアスファルト合材が所定の強度を得られるように材料の混合比率を決定すること。



写真 3 アスファルト再生プラント（ドイツ製）

基層のアスファルトリサイクルは規格化されており、現在 3 種類の SNI 規格が存在する（表 2）が、再生アスファルト合材のコストが高くかつ熟練したエンジニアが不足していることから幅広い普及には至っていない。

この他に、工事現場の仮設道路を建設する際にアスファルト廃棄物がそのまま利用される事例があるが、付加価値をつけたリサイクル材としては有効活用されていない。

表 2 基層を対象としたアスファルトリサイクルの SNI 規格の概要

SNI 規格	概要
CTRB (Cement Treated Recycling Base)	<ul style="list-style-type: none"> 路上でアスファルト廃棄物を再生する方法 アスファルト廃棄物にセメントを混合して、道路性状を改善する
CMFRB (Cold Mixture Form Recycling Base)	<ul style="list-style-type: none"> 路上再生、プラント再生の両方でリサイクル可能 泡状化したアスファルトにアスファルト廃棄物を混合して再生する方法 アスファルトを泡状化することで、粘度が低下し、常温でもアスファルト廃棄物との混合が可能になる
HMRA (Hot Mixed Recycling Asphalt)	<ul style="list-style-type: none"> リサイクル率は 10%程度 プラント再生によるリサイクル リサイクル専用の設備が不要で、通常のアスファルト製造プラントを改造したものを使用し骨材のみのリサイクルが可能

1-2-3. 道路維持管理政策

2015 年の道路総局の資料によると、表 3 に示すように、インドネシアには総計約 44 万 km の道路があり、国道（47,017km：全体の 10.7%）を中央政府、州道（46,486km：全体の 10.6%）を州政府、地方道（346,294km：全体の 78.7%）を県や市などの地方自治体が管理している。

インドネシアの国道の維持管理に関してはかつて 1992 年に導入された包括的道路管理システム（Integrated Road Management System, 以下 IRMS）と呼ばれる舗装マネジメントシステム（Pavement Management System：以下、PMS）が活用されてきた。しかしながら、インドネシアでは過積載車両の規制が緩く、過積載車両が多く通行しており、舗装に設計以上の荷重がかかるため想定以上に舗装の劣化が早い。既存の PMS では、このような想定外の補修箇所を適切に把握できないため、計画的な道路維持管理ができず、都市部や交通量の多い

重要路線が優先され、一部の重要度が低い路線ではさらに道路状態が悪化する。劣化初期に対応すれば最低限の修繕費用で済むが、状態が悪化すると修繕費用の上昇を招くため、道路維持管理コストが高くなる。これにより、更なる予算不足に繋がり、表 1 の道路舗装状況のように州道・市道の維持管理が追いついていない。

現在は、IRMS に替わる道路アセットマネジメントシステム (Road Asset Management System: 以下、RAMS) という PMS が 18 箇所の Balai と呼ばれる道路総局の地方整備局において運用されており、国際ラフネス指数 (International Roughness Index: 以下、IRI) などの路面状況の調査データ、道路修繕履歴、交通量などのデータを用いて、年次の道路補修計画や予算の策定に活用されている。RAMS の運用において、道路総局としてはインドネシア全体の国道の中で優先順位をつけて予算配分を行いたいが、現状では地方整備局単位での RAMS 運用を基礎として予算策定を行っているため、地方整備局をまたいでどこを優先すべきかが明確に判断できないという課題認識を持っている。そういった課題に対応する為に、道路総局では国全体の予算配分の管理が可能な AgileAssets と呼ばれる新たな PMS ソフトウェアを導入中であり、2018 年 4 月から中部ジャワ州で試験的に運用が開始される予定である。これまでの PMS に関する調査内容を表 4 にまとめる。

また、その他の課題認識としては、PMS の入力に必要なデータが十分に蓄積されていないことが挙げられており、道路総局としてはデータの収集、蓄積にも注力していく方針である。現状では、インドネシア国内に 4 台の路面性状測定車が導入されているが、18 の地方整備局が管理する国道の路面状態の調査に用いられているのはそのうちの 1 台のみである。道路研究所が路面性状測定車を 2 台所有しているが、道路の安全性を確認するために交通量や事故数を測定しており、道路維持管理の目的には使用されていない。1 台の路面性状測定車だけではすべての国道の測定に対応できない為、多くの地方整備局では手動の測定機器を用いて IRI の測定を行っている。今後、運用される AgileAssets においても、路面性状測定車などの周辺機器は変わらず使用できるが、路面状態の調査は第三者機関 (民間の検査機関) に移管していく方針であるので、道路総局として路面性状測定車を追加で所有する必要はないと考えている。

表 3 インドネシアの道路維持管理の概要

区分	管理者	道路距離	維持管理の概要
国道	中央政府 (公共事業・国民住宅省 道路総局)	47,017 km (10.7%)	<ul style="list-style-type: none"> 地方整備局単位で RAMS を運用し、道路補修計画や予算策定に活用 路面状態は IRI を調査することで把握 国道全体の道路状態を考慮した予算配分の最適化と PMS に必要なデータの収集・蓄積が課題
州道	州政府	46,486 km (10.6%)	<ul style="list-style-type: none"> PMS での管理はできていない。 直近の PMS の実績は 2012 年で、予算不足ため継続的に実施されていない
地方道	地方自治体 (県、市)	346,294 km (78.7%)	<ul style="list-style-type: none"> 今後の調査が必要

道路距離の出典: Indonesia Road Sector Development, 2015 年 10 月, 道路総局

表 4 インドネシアの道路維持管理システムの概要

項目	IRMS	RAMS	AgileAssets
英名	Integrated Road Management System	Road Asset Management System	AgileAssets
和名	包括的道路管理システム	道路アセットマネジメントシステム	アジルアセット
導入年	1992～最近まで	ここ数年	2017年12月以降
支援機関	世界銀行、AUS Aid	オーストラリア	イ国の予算で購入（アメリカ製）
実施者	道路総局の地方整備局（11カ所）	道路総局の地方整備局（18カ所）	民間企業
Software	HDM-3	JunoViewer Web framework	AgileAssets Platform
技術概要	以下のインプットにより、年次の道路補修計画や予算の策定に活用 <ul style="list-style-type: none"> 国際ラフネス指数（IRI）、SDI（ポットホール、クラック率、轍等） 	以下のインプットにより、年次の道路補修計画や予算の策定に活用 <ul style="list-style-type: none"> 道路の表面状態（IRIを含む）、たわみ 	すべてのインフラ（道路、橋、設備、交通標識、車両等）のライフサイクルマネジメントが可能
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> 地方整備局の権限が弱いため、地域固有な問題に対応できていない 劣化予測、経済評価、補修計画立案などの高度な機能をもつサブプログラムがあるがほとんど利用されていない システムが目指すところと現実の保全業務の実態にギャップあり →IRMSの必要性に疑問 	<ul style="list-style-type: none"> Web対応し、GPS連動可能 ネットワークレベル（地方整備局単位）やプロジェクトレベルの道路維持管理を目的に設計されたツール 地方整備局単位で予算策定を行っているため、どこを優先すべきか判断できない →AgileAssetsの導入を決定 	<ul style="list-style-type: none"> 既存のシステム（RAMS等）とも統合可能 国全体の予算配分の管理が可能

出典：参考文献[9],[11],[12]及び現地ヒアリング結果より JICA 調査団作成

1-3. 当該開発課題に関連する我が国国別開発協力量針

我が国のインドネシア国に対する開発協力量針に『重点分野（中目標）（2）不均衡の是正と安全な社会造りへの支援』の「主要な交通・物流網等の整備や地方の拠点都市圏の整備等国内の連結性（コネクティビティ）強化に向けた支援、地方開発のための制度・組織の改善支援を行う」とある。

前述のように、インドネシア国においては都市間のコネクティビティの改善が開発課題として挙げられているが、交通インフラ整備の予算の半分は調達の見込が立っていない。また、インドネシア国内で多く採用されているオーバーレイ工法は、安価であるが安全面で課題がある。コネクティビティを改善しつつ、市民の交通安全を確保するためには、オーバーレイ工法に替わる安価かつ安全な路面舗装工法が必要であり、本調査ではこれらの課題を解決できる循環型舗装技術を提案するに至っている。

1-4. 当該開発課題に関連する ODA 事業及びドナーの先行事例分析

1-4-1. 当該開発課題に関連する ODA 事業

格差是正・コネクティビティ強化の開発課題に関連する ODA 事業を表 5 に示す。これらの課題に対する支援は継続されることを現地ヒアリングにより確認しているため、菅原工業としては SNI 認証を早期に取得して、現地ではこれらの事業への再生アスファルト合材の提供の可能性を引き続き探っていく。

表 5 当該開発課題に関連する ODA 事業リスト

協力プログラム名	案件名	スキーム	実施期間
コネクティビティ強化プログラム	道路政策アドバイザー	個別専門家	2015 以前 - 2018
	国土空間データ基盤整備計画	有償	2015 以前 - 2017
	「中層混合処理工法」を用いた地盤改良による交通インフラ整備支援に係る案件化調査	中小企業支援	2016 - 2017
	「中層混合処理工法」による地盤改良効果の普及・実証事業	中小企業支援	未定
地方開発・拠点都市圏整備プログラム	西ジャワ州開発政策アドバイザー	個別専門家	2016 - 2018
	バンドン市内有料道路計画	有償	2015 以前 - 2020 以降
	貧困削減地方インフラ開発計画 (II)	有償	2015 以前 - 2019

出典：インドネシア国別援助方針

1-4-2. 他ドナーの先行事例分析

アスファルトリサイクル事業では、韓国の支援によりアスファルト路上再生プラント（6基/ドイツ製）も導入したが、高度な技術を有するエンジニアが不足しているためあまり使用されていない。その上、公共事業・国民住宅省へのヒアリングでは、想定していたコスト削減効果がいまだ成果として実証されていないと聞いている。

道路の維持管理では、オーストラリアの支援により RAMS と呼ばれる PMS が導入されおり、国の道路補修予算の策定などに活用されてきた。詳細は 1-2-3 に記載する。その他にも、橋梁のメンテナンス関連の技術支援を行っている。

また、公共事業・国民住宅省傘下の道路研究所には Korea International Cooperation Agency (KOICA) に支援されている IRODCO (Integration Road Data Center Operation) 事業の一環で路面性状測定車が 2 台導入されているが、道路の安全性を確認するために交通量や事故数を測定している程度で、道路維持管理の目的には活用していない。

第2章 提案企業、製品・技術

2-1. 提案企業の概要

2-1-1. 企業情報

菅原工業の概要を表6に示す。

表6 企業概要

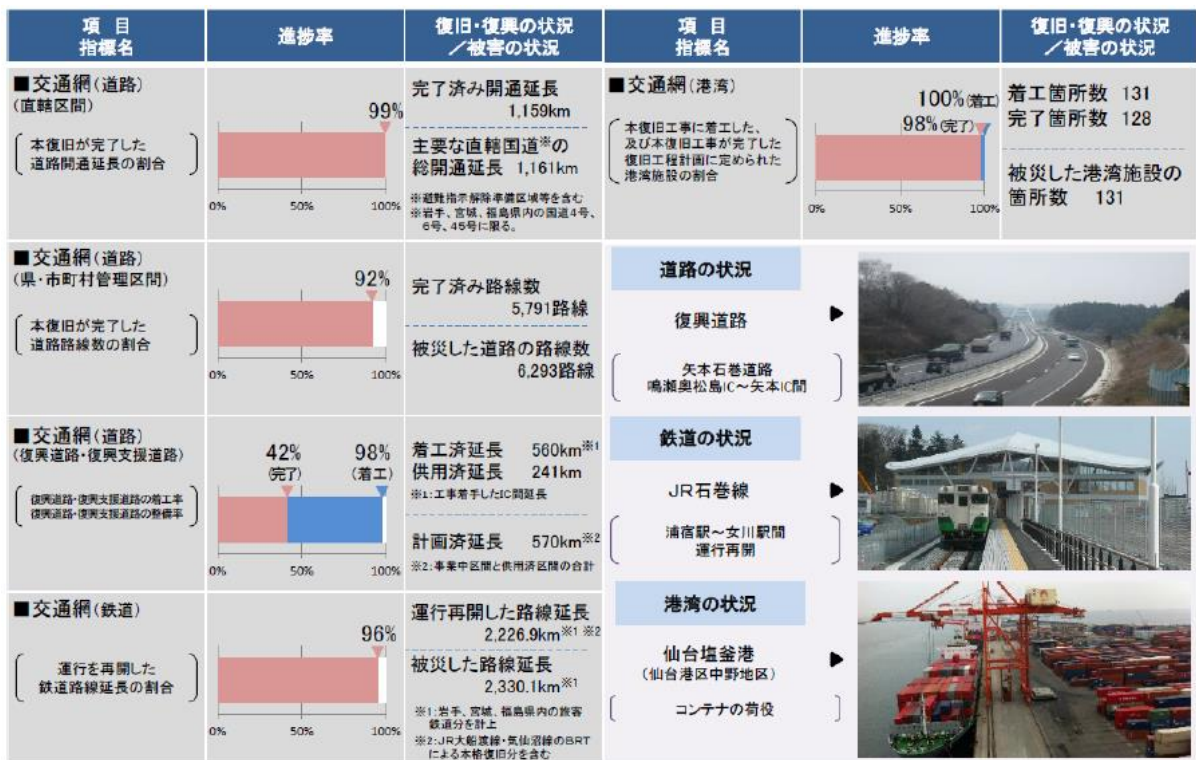
提案法人の概要	
1. 法人名	株式会社菅原工業
2. 代表者名	菅原寛
3. 本社所在地	宮城県気仙沼市赤岩迎前田 132
4. 設立年月日	1980年7月1日
5. 資本金	2,000万円
6. 従業員数	30名
7. 事業内容	工事業：土木一式・舗装・管・水道施設 工事業：特定建設業（特-23）第4726号 宮城県知事 運送業：一般貨物自動車運送事業（宮城県）：東北自貨321号 産廃運搬業：産業廃棄物収集運搬業許可（宮城県） 許可番号 0409142474 産業廃棄物収集運搬業許可（岩手県） 許可番号 00300142474 砕石業：宮城県砕石登録 第607号
8. 直近の年商 （売上高）	1,964,044,133円

2-1-2. 海外ビジネス展開の位置付け

(1) 提案企業の国内事業の現状

ターゲットとしている市場は東北地方内の道路インフラ整備事業である。図4に東日本大震災後の道路インフラの復旧・復興の進捗状況を示す。復興フェーズが2011年～2015年の「集中復興期間」から2016年～2020年の「復興・創生期間」に移行した今、ターゲット市場である宮城県内の道路インフラの復旧・復興事業の進捗率が上がり、完工に近付いている。国土交通省が公表している「東北ブロックにおける名目建設投資の推移」においては依然として高水準にあるものの2014年～2015年のピーク時から減少に転じ、市場は落ち着いてきている。

上記の市場の動向から、これまで菅原工業は気仙沼市において8-9割という高い受注率を実現してきたが、長期的展望を考慮し、以前から深い関係のあるインドネシアへの海外進出を検討するに至った。



出典：復興庁

図 4 道路インフラの復旧・復興の進捗状況 (2016年6月末)

(2) 海外進出の目的及び必要性

菅原工業は、創業以来50年経過し、道路整備・上下水道整備などのインフラ整備事業を宮城県中心に展開している。インドネシアと気仙沼市との交流は、両地で盛んな水産業がきっかけとなり約15年前より開始され、2011年6月には東日本大震災の追悼のためにユドヨノ大統領夫妻の訪問があった。その後、菅原工業ではインドネシアから道路エンジニアを受入れて人材育成を行っていたが、インドネシアでの同エンジニアの雇用と現地の道路整備状況の改善に貢献するために、2015年4月より現地調査を6回行ってきた。これらの現地調査より、インドネシアではアスファルトのリサイクル体制が構築されておらず、新アスファルト合材による高コストな道路整備・段差のある道路建設が行われていることを把握した。そこで、コスト削減可能でかつ安全性向上が図れる循環型舗装技術を現地で普及させることで、インドネシアの発展に貢献できると考え、海外進出を検討するに至った。

(3) 自社の経営戦略における海外事業の位置付け

上記の着眼点のもと、2017年4月に現地ゼネコンであるPT.KADI International (以下、KADII社)と合弁会社(以下、JV)を設立し、10年後に海外売上比率を10～15%にすることを旨とする(出資比率は菅原工業：KADII社=9:1)。

(4) 海外展開を検討中の国・地域・都市

西ジャワ州での事業成功後には、ビジネスパートナー（以下、B/P）と協力して、インドネシア全土へ事業展開していく。インドネシアは国土が広い為、第3国への進出よりもまず全土の半分以上普及する仕組みを検討する。

2-2. 提案製品・技術の概要

2-2-1. 提案製品・技術の特徴

(1) 製品・技術の概要

提案する技術は図5に示す循環型舗装技術であり、アスファルト再生技術、それを活用した舗装・施工管理技術、PMSを活用した維持管理技術により構成される。この循環型舗装技術により、舗装コストの10-20%程度の削減、段差のない道路建設、維持管理コスト14%以上の削減、加えてアスファルト廃棄物の安定調達を実現する。

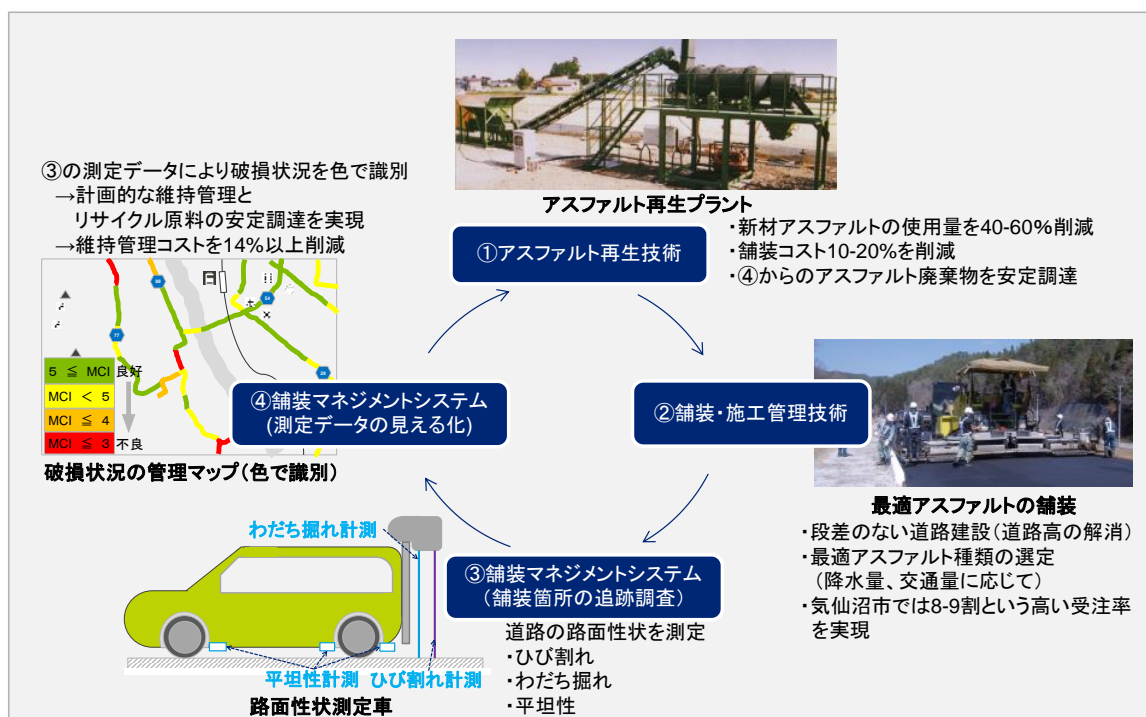


図5 循環型舗装技術

(2) 製品・技術のスペック・価格

アスファルトリサイクルに必要な機材のイメージを図6に、提案する製品であるクラッシングプラント、リサイクルユニットと再生添加剤のスペック及び価格を表7に示す。道路施工現場で発生するアスファルト廃棄物をクラッシングプラントへ収集し、クラッシングプラントでアスファルト廃棄物を破砕して再生骨材を製造する。次に、再生骨材をリサイクルユニットにて加熱・乾燥させた後に、アスファルト製造プラントにて再生骨材と他の原料

(新骨材、ビチューメン³、再生添加剤)を混合し再生アスファルト合材を製造する。クラッシングプラントおよびアスファルト再生プラント(本報告書では、リサイクルユニットおよびアスファルト製造プラントを合わせてアスファルト再生プラントと表記する。アスファルト製造プラントは道路総局により調達する。)を導入し、アスファルト再生技術の人材育成および再生アスファルト合材の規格の研究に活用する。アスファルト廃棄物を再生させる添加剤は日本から調達する。

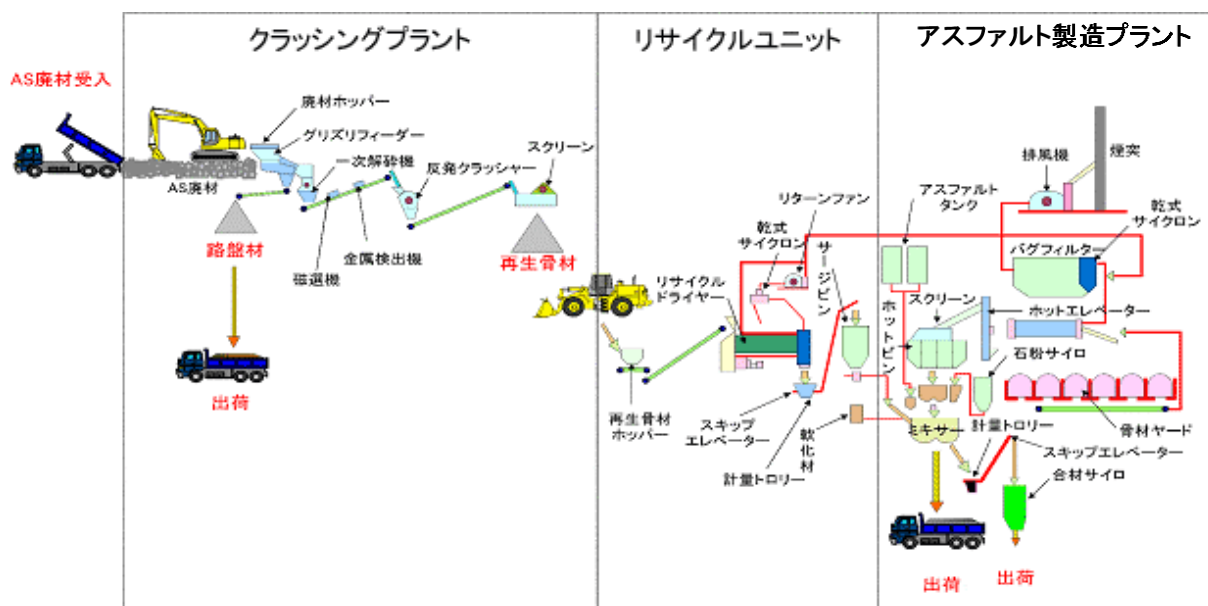


図 6 アスファルトリサイクルに必要な機器のイメージ

表 7 提案する製品のスペックおよび価格

品名	処理能力	処理タイプ	数量	価格(税抜)
クラッシングプラント	80-100ton/h	連続	1基	2,000万円
リサイクルユニット	30ton/h	バッチ	1基	4,000万円
再生添加剤	N/A	N/A	6,000kg	115万円

(3) 国内外の販売実績

各技術における実績を表 8 に示す。

表 8 各技術における実績

	国	件数・売上高など	主要取引先
アスファルト再生技術	日本	アスファルト再生プラント 10,000ton/年の配合設計を実施	ゼネコン
	インドネシア	アスファルト再生プラントオペレーション (2017年10月より)	自社プラント

³ 原油の高沸成分であり、暗褐色ないし黒色で、常温では固体、半固体、粘性の高い液体。日本では一般的にアスファルトとも呼ばれているが、「アスファルト」と「アスファルト合材」の用語の混乱を防ぐために、本報告書では「ビチューメン」と表記する。

再生アスファルト合材を活用した舗装・施工管理技術	日本	元請 21 件 350,000,000 円 下請 39 件 93,000,000 円	宮城県、気仙沼市、民間
	インドネシア	Suryacipta 工業団地に 100m 施工 西ジャワ州政府の州道 250m(2018 年 3-4 月に予定)	民間 州政府
PMS を活用した維持管理技術	日本	300m × 三陸町農道 10 路線 1,822.6km (旭川市市道)	南三陸町 旭川市

注) 東日本大地震による津波により一部資料を紛失したため、正確な数値ではない

2-2-2. 比較優位性

(1) アスファルト再生技術

インドネシアでの普及が考えられるプラント再生工法および路上再生工法の比較を表 9 にまとめ、参考として新材工法とオーバーレイ工法の特徴も併記する。プラント再生工法は、道路施工現場で発生したアスファルト廃棄物をクラッシングプラントに収集・破碎して製造した再生骨材を、アスファルト再生プラントで加熱・混合し再生アスファルト合材を製造する方法である。一方、路上再生工法は、路上で既設のアスファルト舗装を破碎しながら、同時に再生アスファルト合材を製造する方法である。インドネシアの地方の状況や普及しやすさを考慮すると、コスト、品質、人材、施工場所、工期などの点において、提案するプラント再生工法が現地に最も適していると言える。

また、インドネシアの一般的に採用されているオーバーレイ工法は、日本では耐久性・強度の低さから負荷の小さい駐車場や歩道などにのみ使用され、一般道路舗装には採用されない。道路舗装の場合には、日本では通常「切削オーバーレイ工法」を採用し、傷んだ表層を削ってから新たな層を敷設するものであるが、インドネシアでは切削せず覆い被せるのみで、道路の短命化の原因となる下層の対策ができていない。オーバーレイ工法と切削オーバーレイ工法のイメージを図 7 に示す。

表 9 アスファルト再生技術の比較優位性 (インドネシア)

比較項目	プラント再生工法	路上再生工法	新材工法 (参考)	オーバーレイ工法 (参考)
コスト ^{注1)}	0.8 - 0.9 アスファルト廃棄物は無償で入手可能なため	1.0 < 高コスト化 (道路の性状調査による)	1.0 アスファルトの輸入に頼っている	0.7 - 0.8 既設舗装を切削せず、表層に被せるのみ
品質	安定	不安定 (既設舗装原料に左右される)	・安定	・安全性に問題あり (道路段差) ・耐久性・強度がない (日本では負荷が小さい駐車場や歩道などにのみ使用される)
人材・技術難易度	・既存技術と類似 ・普及しやすい	・高度な技術・知識が必要 ・エンジニア不足 ・普及は難しい	プラント再生工法と類似	簡易 (既存の道路表層に乳剤を散布し、アスファルトを敷き均すのみ)
工期 ^{注1)}	1.0 新材と同様	1.0 < 長くなる傾向 (道路の性状調査による)	1.0	最も短い
施工場所	問わない	・高品質の既設舗装部分に限る ・過積載が多い国には不適	問わない	問わない

道路長	問わない	作業帯が 150-200m 以上なため、十分な工事規模が必要	問わない	問わない
-----	------	--------------------------------	------	------

注 1) ストレートアスファルト（新材）を用いた密粒度舗装との比較

出典：環境に配慮した舗装技術に関するガイドブック 公益社団法人日本道路協会、建設物価

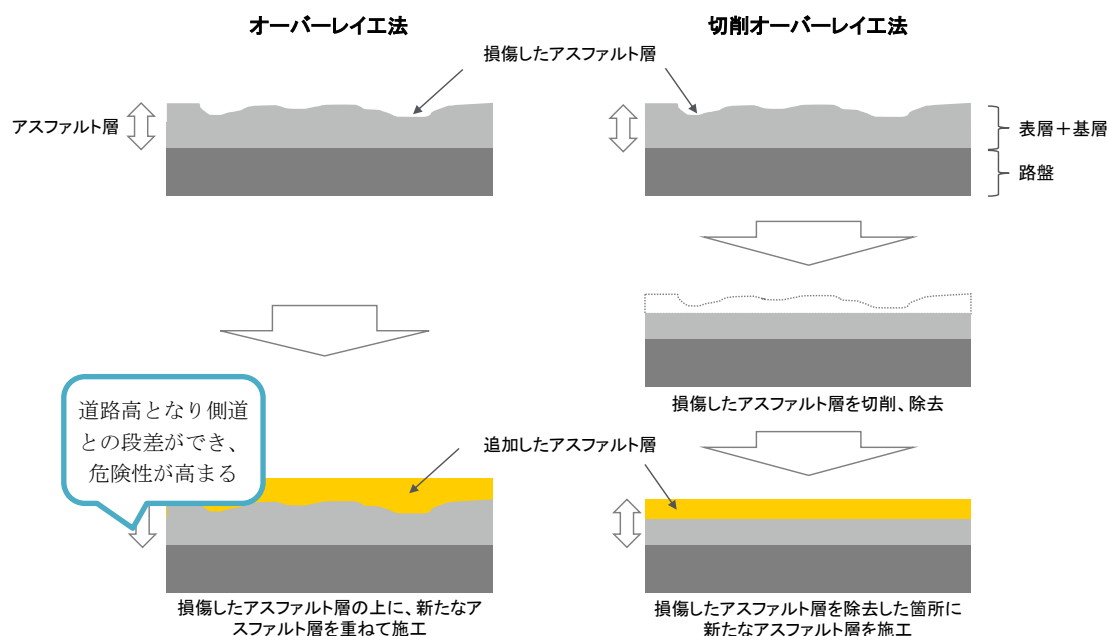


図 7 オーバーレイ工法と切削オーバーレイ工法のイメージ

(2) 舗装・施工管理技術

舗装・施工管理技術の比較優位性を表 10 に示す。宮城県が設定する標準歩掛と比較すると、アスファルト舗装工および路盤工において、施工性・単価・工期が 2 倍前後の開きがあり、これにより、気仙沼市では 8-9 割という高い受注率を実現している。この優位性は 1 人 2 役・3 役を担える技術者の育成、豊富な現場経験に基づく最短施工法の選定および、施工可能業務の広さ（道路建設だけでなく、上下水道整備・河川堤防整備）によるものであり、クライアントから高い信頼を得ている。加えて、品質・安全管理面では飛鳥建設社長賞を受賞している。

表 10 舗装・施工管理技術の比較優位性

比較項目		菅原工業	標準（宮城県が設定する標準歩掛）
アスファルト舗装工 （施工面積 10,000m ² 、 舗装厚 50mm）	施工性	4,000 m ² /日	2,300 m ² /日
	単価	96 円/m ²	198 円/m ²
	工期	3 日	5 日
路盤工 （施工面積 10,000m ² 、 路盤厚 200mm）	施工性	2,000 m ² /日	1,111 m ² /日
	単価	81 円/m ²	182 円/m ²
	工期	5 日	9 日
受注率（気仙沼市発注の場合）		8-9 割	-
品質・安全管理		飛鳥建設社長賞を受賞	-

出典：菅原工業株式会社、宮城県標準歩掛

(3) PMS を活用した維持管理技術

PMS の比較優位性を表 11 に示す。PMS の導入有無の比較により、14%以上の維持管理コストの削減効果があり、計画的な維持管理・予算設計、リサイクル原料の安定調達を可能にする効果がある。

表 11 PMS の比較優位性

比較項目	菅原工業 (PMS 導入)	A社 (PMS 未導入)
コスト	14%以上削減 ^{1注)}	N/A (基準)
道路破損箇所の把握	測定データに基づき、道路破損状況をPCで自動作成し、地図上に色で識別	マニュアルで対応するため、時間を要し、精度にばらつきがでる
維持管理計画	計画的	都度対応になりやすい
予算設計	計画的	年度にばらつきが出てくる
アスファルト廃棄物の調達	安定調達	不安定調達

注1) 出典：開発虎ノ門コンサルタント株式会社

2-3. 提案製品・技術の現地適合性

非公開

非公開

非公開

非公開

非公開

非公開

非公開

非公開

非公開

非公開

非公開

非公開

非公開

非公開

非公開

非公開

非公開

2-4. 開発課題解決貢献可能性

従来工法に比べて安全且つ安価な循環型舗装技術を導入することで、インドネシアの道路インフラ整備が進む。プラント再生工法では従来の新材工法や路上再生工法よりも安価に施工可能であり、より多くの道路を舗装できる。加えて、プラント再生工法により舗装した道路は、従来のオーバーレイ工法で舗装した道路のように市民の交通安全を脅かすようなことはない。また、舗装マネジメントシステムを用い定期的に路面性状をモニタリング・把握することで、補修が必要な箇所を明らかにし、計画的に補修を進めることができる。

従って、これらの技術をまとめた循環型舗装技術の導入により、インドネシアの地方開発とコネクティビティを改善し、それを維持管理していくことで、持続可能かつ安全な道路インフラ整備の促進を図ることが可能となる。

第3章 ODA 案件化

3-1. ODA 案件化概要

3-1-1. ODA 案件概要

本案件化調査後に、普及・実証事業スキームを活用した、「アスファルト廃棄物を活用した循環型舗装技術の導入に関する普及・実証事業（仮称）」を想定している。主な活動内容は西ジャワ州において、提案技術を導入することで道路建設費の削減を図ることである。主な活動は以下の3つ（①実証、②技術移転、③普及）から構成される。

- ① 実証：循環型舗装技術によるコスト削減効果を実証する
 - ② 技術移転：現地人材による持続可能な循環型舗装技術の実施体制を整備する
 - ③ 普及：ステークホルダー向けセミナーを通して、循環型舗装技術の優位性を周知する
- 上記活動を通じて、プロジェクトとして「循環型舗装技術の有効性が確認され、持続可能な体制が整備される」ことを目指す。さらに、ODA 事業後、上記の技術が普及することで上位目標として「循環型舗装技術が西ジャワ州で普及し、コスト削減が実現される」ことを目指していく。

3-1-2. 対象地域

西ジャワ州を選定している理由は以下の4点である。対象地域周辺の地図を図16に、サイトの概要を表23に記載する。

- ① 西ジャワ州は最も人口の多い4,600万人を抱えており、インドネシアの州の中で首都ジャカルタと東・中央ジャワを結び、ジャカルタ近郊の経済特区として近年注目も高く、地理的にも経済的にも重要な州である。
- ② C/P 候補である道路総局との協議を経て、提案機材の設置候補サイトは、西ジャワ州を管轄する道路総局第6地方整備局の Sewo 事務所になった。
- ③ JV 事務所も西ジャワ州にあるため、普及・実証事業での技術移転のOJT 受入れ先として考えられる。
- ④ 普及・実証事業後において、技術支援のフォローアップやアスファルト廃棄物の安定的調達に向けて協力できる。

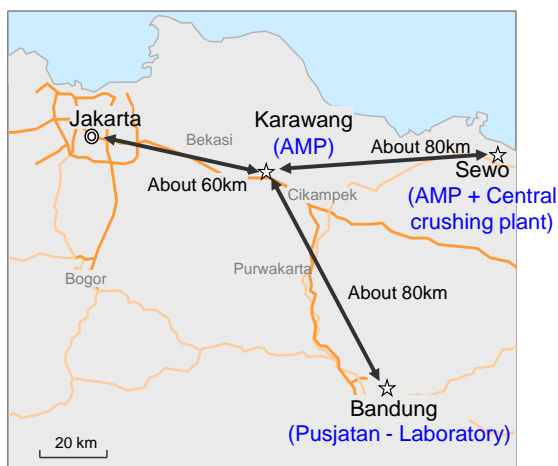


図16 対象地域周辺地図（西ジャワ州）

表 23 普及・実証事業における機材設置候補サイトの概要

項目	内容
ODA 案件の対象地域	西ジャワ州
設置する製品・技術	<ul style="list-style-type: none"> ・クラッシングプラント（RAP 専用） ・リサイクルユニット ・再生添加剤
設置候補サイト	道路総局第6 地方整備局（Balai 6）の Sewo 事務所 （敷地面積は約 1.2ha）
インフラ状況	<ul style="list-style-type: none"> ・アスファルト製造プラントの稼働用に自家発電機を所有 ・機材設置スペースは十分であるが、現地工事時には既存の機材も活用するため一部移動させるなどの調整が必要となる ・アクセス道路は、40 フィートトラックの乗入が可能
選定理由	<ul style="list-style-type: none"> ・第 6 地方整備局が有するアスファルト製造プラント 4 基の中で、Bandung と Karawang から最も近い ・Sewo の敷地面積は 1.2ha 程度で、セントラルクラッシングプラントを実現するための十分なスペースがある ・既存のアスファルト製造プラントが稼働しているため、技術的な素養は備わっている ・アスファルトの品質チェックが可能なラボが併設されている ・過去に ODA 事業にも関わった実績を有する ・Sewo のプラント建設時に EIA 承認を受けている

出典：JICA 調査団作成

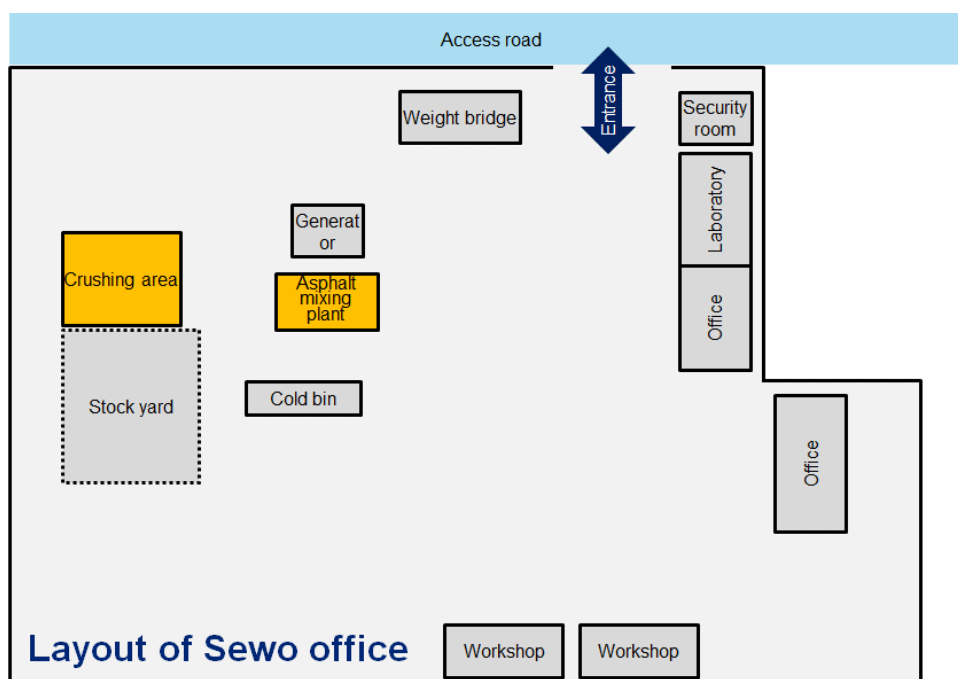


図 17 Sewo 事務所のレイアウト



注：普及・実証事業では RAP 専用クラッシングプラントを追加する
 写真 6 既設のクラッシングプラント



注：左の写真は入口から撮影、右の写真は出口から撮影
 写真 7 既設のアスファルト製造プラント



注：製造したアスファルトの品質チェックが可能なラボを併設
 写真 8 ラボにある試験機材

3-1-3. ODA 事業の必要性

(1) 機材支援の必要性

循環型舗装技術がインドネシアへ導入されるためには主に制度面と技術面の課題がある。

制度面の課題には、公共事業における道路工事の発注仕様では再生アスファルトの使用が許可さえされていないことが上げられる。この発注仕様へスペックインさせるためには、インドネシアにカスタマイズした循環型舗装（国営のクラッシングプラントを整備し、より安価にアスファルト廃棄物を調達し、リサイクル・舗装していくこと）の経済的優位性を、

JICAにより支援される機材（クラッシングプラントおよびリサイクルユニット）を活用して実証し、リサイクルは高コストになるという認識を改めてもらう必要がある。別の課題として、インドネシアでは一般的に道路が切削されないことが多いためアスファルト廃棄物の確保が難しい。これが確保されるようになるためには、既設のアスファルト再生プラント1基だけではなく、政府も所有した上でリサイクル事業を国策として推進させていかなければならない。

技術面の課題には、道路総局には再生アスファルト配合設計の技術やリサイクル技術がないため、技術導入および普及には技術移転も必要となる。C/Pは、この状況に対して、循環型舗装技術を学べる国営研修センターを整備していくアイデアを持っており、実現するために機材の支援が求められている。

（2）実証活動の必要性

これまでの民間敷地内の試験施工では100m程度の短い距離ものしか受注できなく、道路総局と道路研究所が要求する1km程度の実証にはなっていない。民間企業がインドネシアで実績があまりないものに対して、800m-1kmの舗装に金（2000万円程度）を出すことは現実的ではないため、民間との実証は非常にハードルが高い。これに対して、道路総局はこの1km程度の試験施工費の予算確保に前向きに検討している。

また、インドネシアにカスタマイズした循環型舗装の経済的優位性を実証できない。舗装工事のコスト優位性だけでなく、バリューチェーン（切削、回収、破碎、再生、舗装、モニタリング）全体での優位性を実証する必要があり、この実証は道路総局と現地に適したシステムを検討しつつ整備していく必要がある。

（3）技術移転の必要性

案件化調査の報告を踏まえて、C/Pは技術の必要性は認識しており、導入する方向で前向きに検討していく意思を示している。しかしながら、リサイクル技術が普及しない限り、インドネシア政府がリサイクルシステムを導入できない。リサイクルシステムが導入されない限り、アスファルト廃棄物が不足し、提案企業および民間企業のリサイクル事業は成立しないため、技術導入および普及にはC/Pへの技術移転も必要となってくる。C/Pは、この状況に対して、循環型舗装技術を学べる国営研修センターを整備していくアイデアを持っており、実現するために技術移転を求めている。

（4）C/Pの必要性

インドネシアにおけるC/Pのミッションは、インドネシア国の道路政策の実施であり、道路保全・維持管理、道路工事仕様の決定、道路工事の発注などを担当していることから、普及・実証事業においては図18に示したa. b. c. d.の導入・普及の役割を想定している。これらは国の道路政策に関わってくるため、C/Pが技術の優位性を理解し、リサイクルシステムの導入を先導してもらえるよう、連携が不可欠である。C/Pの概要は3-3-1に記載する。

制度面 (国の制度への働きかけ)	a. 切削オーバーレイの義務化 b. RAP使用の義務化
技術面 (実証および技術移転)	c. RAP収集、クラッシング、再生アスファルトの製造をマネジメント(リサイクルアスファルトマネジメントの事業化)する技術の実証と技術移転 d. 再生アスファルトを活用した安価で安全な舗装技術の実証と技術移転

図 18 普及・実証事業における C/P の役割

(5) JICA 支援の必要性

普及・実証事業では図 18 に記載した a. b. の実現に向けて、c. d. を実証していくことを計画しており、日本にある技術をインドネシアで事業化できることを実証して見せる必要がある。これには、C/P の協力が不可欠であり、C/P から協力を得るためには民間からではなく JICA 事業として公的なアプローチが求められる。

また、インドネシアに適した循環型舗装技術の経済的優位性を実証し普及を促進させるために、国のパイロット事業として機材を導入し、活動 1 (実証)、活動 2 (技術移転) および活動 3 (普及) の実施に向けて、人材の投入、現地渡航、現地活動費も不可欠である。

(6) 開発課題の解決に必要な活動

上記した支援の必要性を踏まえて、普及・実証事業で計画している活動概要を下記する。詳細は 3-2-1 に記載する。

活動 1 (実証): インドネシアに適した循環型舗装の経済的優位性を実証し、道路総局の認識をリサイクルは「高コストになる」から「より安くできる」に改めてもらう

活動 2 (技術移転): 循環型舗装技術を導入するための技術移転 (将来的には、国営研修センターへ繋げていく)

活動 3 (普及): 活動 1 の結果を踏まえて、道路工事の発注仕様へのスペックイン (A~C) を道路総局へ働きかける (A: 再生アスファルトの使用、B: 切削オーバーレイ工法、C: アスファルト廃棄物のセントラルクラッシングプラントへの運搬)

活動 3 (普及): 活動 1 の結果を踏まえて、セミナーを通じてステークホルダーへの技術の普及を図る

3-2. ODA 案件内容

3-2-1. PDM (プロジェクトデザインマトリックス)

案件化調査開始時点では、普及・実証事業スキームを活用した、「アスファルト廃棄物を活用した循環型舗装技術の導入に関する普及・実証事業 (仮称)」を想定し、「循環型舗装技術の有効性が確認され、持続可能な体制が整備される」ことをプロジェクト目標として、図 19 に示す 3 つの成果 (循環型舗装技術の実証活動、技術移転および技術の普及) を達成するために、活動と投入を行っていくことを想定している。

【上位目標】循環型舗装技術が西ジャワ州で普及し、コスト削減が実現される	
【プロジェクト目標】循環型舗装技術の有効性が確認され、持続可能な体制が整備される	
成果	活動
1. 実証 循環型舗装技術によるコスト削減効果の実証	1-1 導入機材の輸送、設置と稼働確認 1-2 再生アスファルトの試験製造と品質試験 1-3 国道での試験施工 1-4 試験施工後のモニタリング 1-5 循環型舗装技術の経済性・優位性の評価
2. 技術移転 現地人材による持続可能な循環型舗装技術の実施体制づくり	2-1 循環型舗装マニュアルの作成および技術レベル評価 2-2 循環型舗装技術の移転(道路総局および道路研究所員候補10名の育成) (1) 研修1回目:RAP収集、ストレージ、クラッシングまで (2) 研修2回目:品質管理、アスファルトの再生、舗装、モニタリングまで (3) 研修3回目:OJT(Karawang and/or Japan) 2-3 研修後評価およびフィードバック
3. 普及 循環型舗装技術の優位性の周知	3-1 関連省庁とのステアリングコミッティの開催 3-2 ステークホルダーに対する技術紹介セミナーの開催 3-3 循環型舗装技術の普及を促進させるためのビジネスモデルの検討

図 19 ODA 案件の概要 (PDM 案)

活動 1 循環型舗装技術によるコスト削減効果の実証

活動 1-1 導入機材の輸送、設置と稼働確認

日本よりリサイクルユニットを調達しインドネシアへ輸送手続きを行う。並行して、インドネシア産のクラッシングプラントを調達し道路総局第 6 地方整備局 Sewo 事務所への輸送を行う。受入準備として、導入機材の設置場所の確保、水・電気関連を整備する。機材の設置にあたっては、各メーカーが担当し、菅原工業が管理する。

活動 1-2 再生アスファルトの試験製造と品質試験

現地で排出されたアスファルト廃棄物を用いて再生アスファルトの試験製造を行う。アスファルト廃棄物の調達・破砕処理は道路総局が行い、再生アスファルトの試験製造は KADII 社が行う。試験製造したものを道路研究所にて品質試験（性状、添加剤量、強度、耐用年数など）を実施し、インドネシアの道路規格に適合する品質かを確認し、適切な配合設計を整備する。

活動 1-3 国道での試験施工

品質に適合した後、道路総局が指定する国道にて試験施工（道路研究所のアドバイスに従い、新材 200m、再生アスファルト 800m を想定）を行う。この試験施工は道路総局との随意契約で実施することで合意を得ており、道路総局が工事発注し、実際の施工は菅原工業の B/P である PT. KADII が菅原工業の指導の下、実施していく。

活動 1-4 試験施工後のモニタリング調査

道路研究所が所有する路面性状測定車を活用して、試験施工した国道の四半期ごとのモニタリングにより得られる、新材と再生アスファルト舗装の IRI、平坦性、轍の測定データを比較し、再生アスファルトの品質に問題ないことを実証する。このモニタリングには雨期と乾期の両季節も考慮する。

活動 1-5 循環型舗装技術の経済性・優位性の評価

活動 1-4 の結果および、商業ベース稼働した際の循環型舗装技術の経済性も評価し、その優位性を評価する。この経済性の評価には、各社が再生アスファルトプラントを持ち、セントラルクラッシングプラントから粉砕したアスファルト廃棄物を調達することを前提とする。

活動 2 現地人材による持続可能な循環型舗装技術の実施体制づくり

活動 2-1 循環型舗装マニュアルの作成および技術レベル評価

現在の技術レベルの評価を通して研修方法を検討し、各工程（RAP の収集、保管、クラッシング、品質管理、再生アスファルトの製造、再アスファルトを活用した舗装、モニタリング）の実施マニュアル（案）を作成する。作成にあたっては写真を多くし、直感的に分かりやすくなるよう考慮する。

活動 2-2 循環型舗装技術の移転

研修計画を図 20 に示す。道路総局および道路研究所の 6～10 名のエンジニアに対して、1 週間程度の研修を 3 回に分けて実施する。1 回目は、RAP の収集から、保管、クラッシングまで、2 回目は品質管理から再生アスファルトの製造・舗装、モニタリングまで、3 回目は OJT として菅原工業が現地に有するアスファルト再生プラントにて実作業に従事する。各研修の流れは、まず研修の目標設定を行い、座学による知識の習得および実演・演習・復習による実技の習得を図り、現地研修実施のフィードバックを受けてマニュアルの改善を行い最終化させる。このマニュアルは、将来的に Sewo がアスファルトリサイクルの人材育成センターとして運営される際の研修資料となるよう留意する。

また、日本で実施されている循環型舗装技術を学びインドネシアへの普及を円滑化するために、6 名程度を対象として本邦受入活動を実施する。

	研修1回目	研修2回目	研修3回目
移転技術・内容	RAP収集、ストレージ、クラッシング	品質管理、再生アスファルト製造、舗装、モニタリング	OJT
目的	リサイクルシステム概念、RAP収集システムの必要性、クラッシングプラントの運転等を理解する	品質管理、配合設計、リサイクルプラントの運転、再生アスファルトを活用した舗装、モニタリング等を理解する	Karawang and/or JapanでのOJTを通して、技術の習得を図る
スケジュール	第3渡航 (2019年7月)	第4渡航 (2019年10月)	第5渡航 (2020年1-2月)
研修期間	1週間	1週間	1週間
実施場所	Sewo	Sewo and/or Karawang	Karawang and/or Japan
研修生	マネージャーおよびスタッフ (道路総局より3-5名、道路研究所より3-5名)		
カリキュラム	A) リサイクルシステム概念 B) インドネシアで要求されるハード面調整 C) クラッシングプラントの運転 a. デモンストレーション b. 実習 c. 評価	A) 品質管理/配合設計 B) リサイクルプラントの運転 a. デモンストレーション b. 実習 c. 評価 C) 再生アスファルトを活用した舗装 D) モニタリングと結果の評価	A) 高品質、高生産性と安定生産なオペレーションを現場で学ぶためのOJT

出典：JICA 調査団作成

図 20 循環型舗装技術のトレーニング実施 (案)

活動 2-3 研修後評価およびフィードバック

各研修は、「学習到達度」と「研修満足度」に基づいて評価する。「学習到達度」は、知識の習得に関してはテスト形式を用いて理解度をチェックし、実技の習得に関しては実技の実施する形式を用いて講師がチェックする。「研修満足度」は、評価軸（①内容の理解度、②研修内容と分かりやすさ、③時間配分、④研修ペース、⑤研修資料の質）等に関して研修生の自己評価により把握し、研修の改善を図っていく。理解度チェック（小テスト）による「学習到達度」の評価、自己評価による「研修満足度」の評価、および復習時間での研修生とのディスカッションを通して、習熟度の確認とフォローアップすることで研修の成果を高めていく。

活動 3 循環型舗装技術の優位性の周知

活動 3-1 関連省庁とのステアリングコミッティの開催

本事業の円滑な推進に向けて、C/P 及び関連省庁（道路総局（道路網開発局、道路保全局）、研究開発庁および道路研究所）から構成されるステアリングコミッティを設立し、各機関の役割の検討を経て、協力体制を構築する。ステアリングコミッティでは、事業の進捗共有ならびに課題対応方法の協議、協力依頼を行い、第1渡航（事業開始時）、第3渡航、第5渡航、第7渡航（終了時）の計4回実施する予定である。

活動 3-2 ステークホルダーに対する技術紹介セミナーの開催

道路総局の関係者、国営高速道路建設会社、現地ゼネコンを対象に、循環型舗装技術に関するセミナーを開催する。道路総局の協力により招待候補者をリストアップする。プレゼンの内容は、民間企業にも配慮し、試験施工結果だけでなく技術の適応方法や経

済性についても考慮した内容とする。

活動 3-3 循環型舗装技術の普及を促進させるためのビジネスモデルの検討

循環型舗装技術の普及を促進させるために、菅原工業から提供できるサービスを検討する。現時点では、再生アスファルトの販売、再生アスファルトプラントのオペレーションにかかるコンサルティング、再生アスファルトプラントの販売を視野に入れている。また、ここで検討されるビジネスモデルにおける事業収支計画の検討も併せて実施する。

3-2-2. 日本側の投入

(1) 日本側の業務内容

3-2-1に記載した活動を通じて、プロジェクト目標である循環型舗装技術の有効性が確認され、持続可能な体制が整備されることを想定し、以下の業務内容に取り組む。

1. 導入機材（クラッシングプラント、リサイクルユニット）の調達と設置
2. 再生アスファルトの試験製造
3. 国道での試験施工
4. モニタリング調査結果の評価
5. 循環型舗装技術の実施マニュアルの整備
6. 技術移転の実施
7. ステアリングコミッティの運営
8. 循環型舗装技術に関するセミナーの開催

(2) 投入する人員

総勢 9 名を予定している。内訳は統括 1、チーフアドバイザー1、循環型舗装技術 1、クラッシングプラント 1、再生アスファルト製造 1、舗装施工 1、ビジネスモデル検討 1、研修管理 1、開発効果・事業性評価 1 である。

(3) 機材の仕様及び数量

導入する機材の仕様及び数量を表 24 に記載する。普及・実証事業では、道路総局第 6 地方整備局に対して、クラッシングプラントおよびリサイクルユニットの各 1 台の譲与を想定しており、総額は輸送費・据付費を含め、約 7,000 万円（税抜）を見込んでいる。これらの機器は、導入が遅れているアスファルト廃棄物の効率的かつ経済的なリサイクルを実現するために導入する。リサイクルユニットの処理能力は概ね 30ton/h（8 時間稼働で 240ton/日）程度とし、クラッシングプラントの処理能力は概ね 80-100ton/h とし、いずれの機器の選定の際にはインドネシアでメンテナンス対応可能なメーカーであることを条件としている。なお、上記以外に再生添加剤 6,000kg（3~4km の舗装と複数回の試験製造に相当）を日本から調達する。

表 24 機材の仕様及び数量

品名	処理能力	処理 タイプ	数量	価格 (税抜)
クラッシングプラント	80-100ton/h	連続	1 基	2,000 万円
リサイクルユニット	30ton/h	バッチ	1 基	4,000 万円
再生添加剤	N/A	N/A	6,000kg	115 万円

出典：調査団により作成

3-2-3. C/P 側の投入

C/P 候補（道路総局）の投入内容を表 25 に記載する。

表 25 C/P の投入（道路総局）

項目	内容
役割	<ul style="list-style-type: none"> ・機材の設置場所の確保と受入準備 ・プロジェクトサイトの提供（道路総局 第6 地方整備局 Sewo 事務所） ・アスファルト製造プラントの提供 ・試験施工場所の提供 ・トレーニング場所の提供 ・研修生の任命・研修の受講・フィードバック ・ステアリングコミッティ開催及び会場の提供 ・技術紹介セミナーの開催及び会場の提供 ・追加的 EIA 手続き（必要な場合のみ）
費用	<ul style="list-style-type: none"> ・試験施工費 ・アスファルト製造プラント ・研修生の人件費、食費及び交通費、電気代や燃料費 ・追加的 EIA の実施費用（必要な場合のみ）
人員	<ul style="list-style-type: none"> ・総括：道路総局総局長 Mr. Arie Setiadi Moerwanto ・担当部署：道路網開発局局長 Mr. Rachman Arief Dienaputra ・事務局：道路網開発局、道路保全局、道路研究所より構成

出典：調査団により作成

実施協力者である道路研究所の投入内容を表 26 に記載する。

表 26 道路研究所の投入

項目	内容
役割	<ul style="list-style-type: none"> ・再生アスファルトの品質試験 ・試験舗装のモニタリング調査およびデータ提供 ・研修生の任命・研修の受講・フィードバック ・ステアリングコミッティ及びセミナーへの参加
費用	<ul style="list-style-type: none"> ・研修生の人件費、食費及び交通費 ・電気代、水道代や燃料費 ・品質試験費
人員	<ul style="list-style-type: none"> ・監督：研究開発庁長官 Mr. Danis H. Sumadilage ・総括：道路研究所所長 Mr. Deded P. Sjamsudin ・担当者：舗装研究開発長 Dr. Nyoman Suaryana

出典：調査団により作成

3-2-4. 実施体制図

普及・実証事業における実施体制（案）を図 21 に示す。案件化調査での道路総局との協議により、C/P 候補には公共事業・国民住宅省道路総局、協力機関候補には道路研究所という体制で合意している。普及・実証事業の関連機関の役割を表 27 に記す。

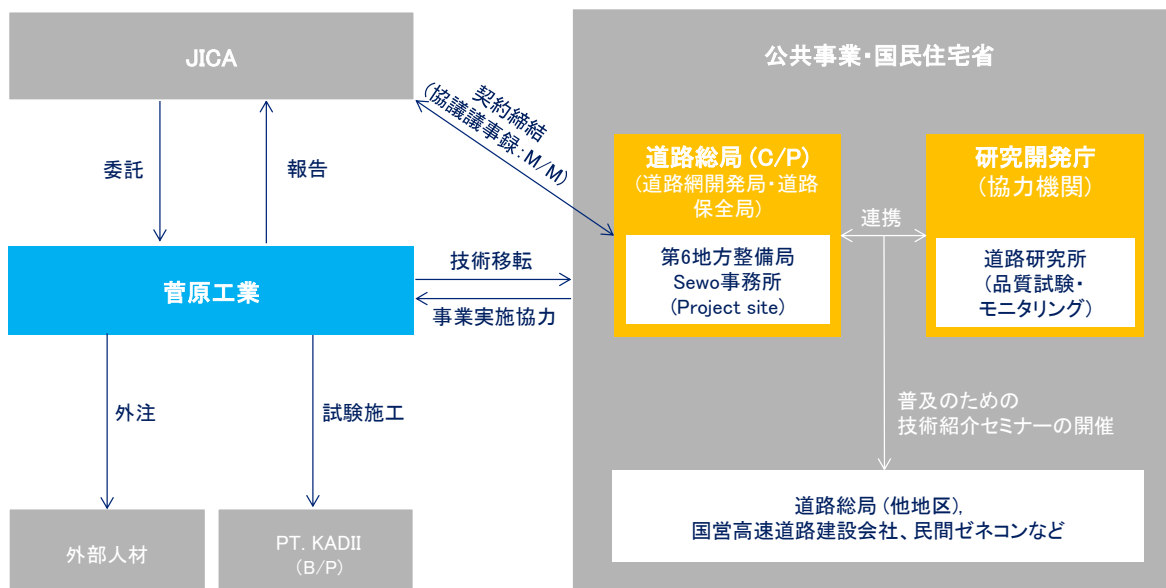


図 21 普及・実証事業の実施体制（案）

表 27 普及・実証事業における関連機関の役割（案）

組織	役割
道路総局 (道路網開発局・道路保全局)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ステアリングコミッティの開催及び会場の提供 2. セミナーの共催 3. アスファルト製造プラントの提供 (Sewo に既設) 4. 試験施工場所の提供 5. 試験施工費 6. 研修生の任命・研修の受講・フィードバック 7. 追加的 EIA 手続き (必要な場合のみ)
道路総局第 6 地方 整備局 Sewo	<ol style="list-style-type: none"> 1. ステアリングコミッティへの参加 2. セミナーへの参加 3. 機材の設置場所の確保と受入準備 4. プロジェクトサイトの提供 5. トレーニング場所の提供
研究開発庁	<ol style="list-style-type: none"> 1. ステアリングコミッティへの参加 2. セミナーへの参加 3. 道路研究所との調整
道路研究所	<ol style="list-style-type: none"> 1. ステアリングコミッティへの参加 2. セミナーへの参加 3. 品質試験 4. 試験施工のモニタリング

出典：JICA 調査団作成

3-2-5. 活動計画・作業工程

活動計画・作業工程は図 22 に示す。2019 年 1 月の開始から 2 年間で 7 回を予定している。以下のスケジュールに従って 3-2-1. で記載した活動を実施していく。

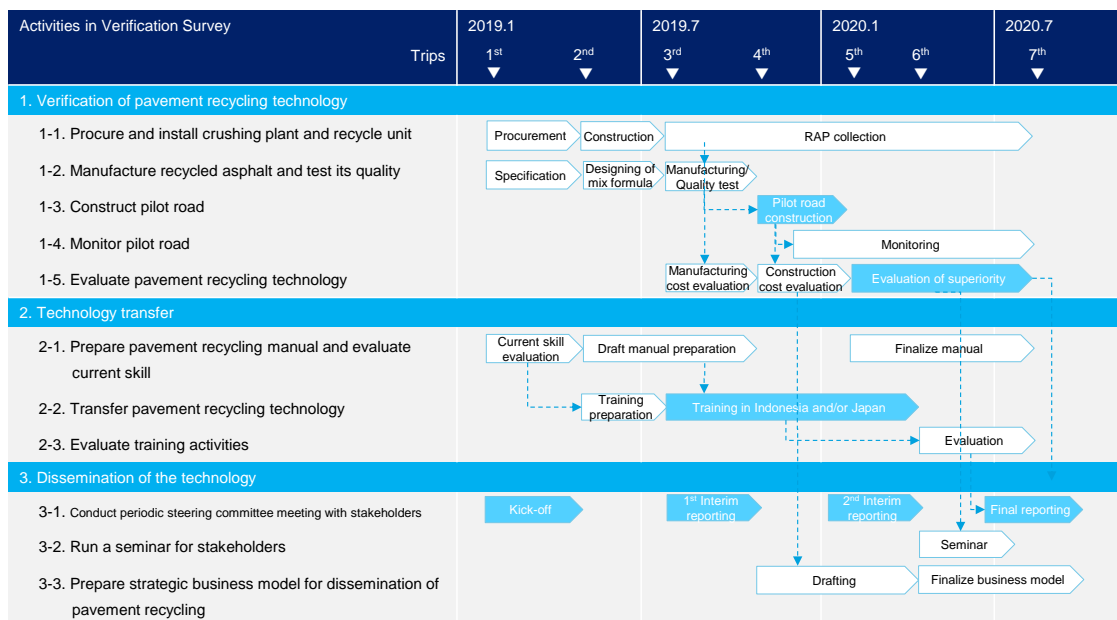


図 22 活動計画・作業工程

3-2-6. 事業額概算

普及・実証事業における譲与機材、仕様および数量は表 24 に示しており、総額は輸送費・据付費を含め、約 7,000 万円（税抜）を見込んでいる。

3-2-7. 本提案事業後のビジネス展開

普及・実証事業を通じて主に以下 4 点を実現し、ビジネス展開へ繋げていく。

- ① 菅原工業には、循環型舗装技術を活用することでインドネシアの開発課題解決を促進させるツールを有しているが、「高コストなりサイクル事業」という公共事業・国民住宅省道路総局に根付いている認識を変えるほどの大きなインパクトを与えられていないことが実情であるため、現地政府に対して認知度・信用度のある JICA 事業として実施することで、菅原工業の技術・サービスの信用力が増すことを期待
- ② 公的機関とのネットワークを活用して、提案技術のインドネシア全土普及への足がかりとする
- ③ C/Pに加えて、ビジネス展開上の有効なステークホルダーを特定する
- ④ 最終的には、循環型舗装技術の普及を促進させるために、菅原工業から提供できるサービスとして、再生アスファルトの販売、再生アスファルトプラントのオペレーションにかかるコンサルティングおよび再生アスファルトプラントの販売を視野に入れていく。

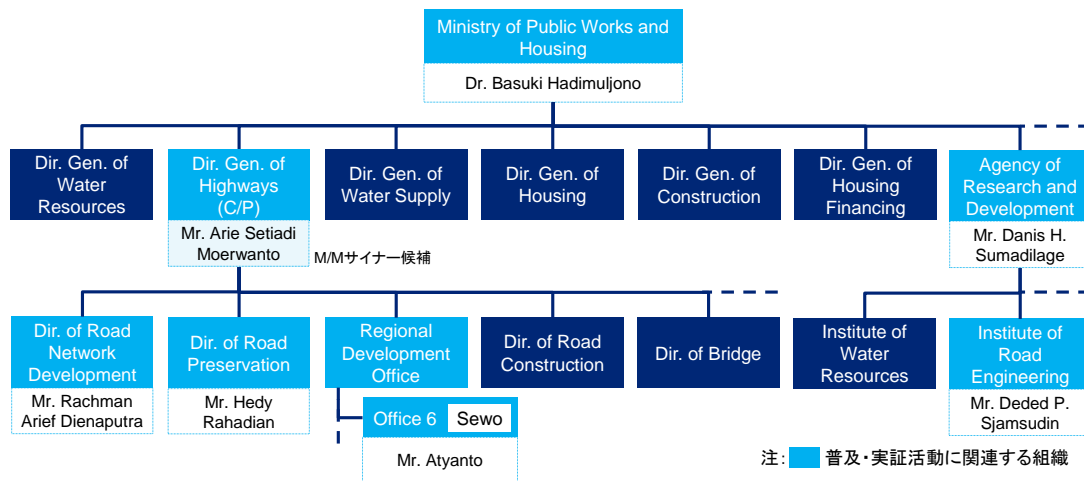
3-3. C/P 候補機関組織・協議状況

3-3-1. C/P 候補機関

- 機関名 公共事業・国民住宅省 道路総局
- 機関基礎情報

公共事業・国民住宅省の組織図を図 23 に、C/P 候補に指名された道路総局の概要を表 28 に記載する。公共事業・国民住宅省には、大臣、事務総長、総括監察官、道路総局、水資源総局、上下水道管轄総局、住宅総局、建設総局、住宅ファイナンス総局、地域インフラ開発局、研究開発庁、人材開発庁から組織されている。同省の中で道路総局は国民の道路インフラ開発を管轄しており、道路網開発、道路建設、道路保全、橋梁、高速道路および都市・地方道路整備を担当している。

本事業では、道路総局傘下の道路網開発局・道路保全局、研究開発庁傘下の道路研究所とプロジェクトを推進していくことになる。協議議事録のサイナー候補は道路総局長 Mr. Arie Setiadi Moerwanto となることを確認している。



出典：公共事業・国民住宅省の HP より JICA 調査団作成

図 23 公共事業・国民住宅省組織図

表 28 公共事業・国民住宅省道路総局の概要

和称	公共事業・国民住宅省 道路総局
正式名称	Directorate General of Highways, Ministry of Public Works and Housing
所在地	Jalan Pattimura No. 20 Kebayoran Baru, Jakarta Selatan
代表者	公共事業・国民住宅省大臣 Dr. Basuki Hadimoeljono 道路総局長 Mr. Arie Setiadi Moerwanto
組織	大臣、事務総長、総括監察官、道路総局、水資源総局、上下水道管轄総局、住宅総局、建設総局、住宅ファイナンス総局、地域インフラ開発局、研究開発庁、人材開発庁
予算	公共事業・国民住宅省：101,496,515,110,000 IDR (約 7,939 億円) 道路総局：41,393,834,333,000 IDR (約 3,237 億円) (JICA レート 2018 年 3 月 (1IDR = 0.007822JPY))

道路総局 の主な業 務内容	<ul style="list-style-type: none"> ・道路網開発 ・道路建設 ・道路保全 	<ul style="list-style-type: none"> ・橋梁 ・高速道路および都市・地方道 路整備
---------------------	--	---

出典：道路総局の HP およびヒアリングより JICA 調査団作成

3-3-2. 協議状況

道路総局および道路研究所を対象に、案件化調査の最終報告会の場を設け、普及・実証事業の計画と各機関の役割・費用負担・配員について協議を行い、C/P 候補である道路総局および協力機関である道路研究所とは、3-2-3. に記載した内容について大筋で合意している。

3-4. 他 ODA 事業との連携可能性

コスト削減かつ安全性向上効果のある本事業は、小目標である『格差是正・コネクティビティ強化』として実施されている「バンドン市内有料道路計画 (Bandung Intra Urban Toll Road (BIUTR))」に循環型舗装技術を組み込むことが期待できる。JICA インドネシア事務所等へのヒアリングを通して、連携の可能性を探っていく。また、「道路政策アドバイザー (個別専門家)」との情報共有により、今後形成される道路インフラ関連の ODA 事業に対する提案技術の適合性を検討していく。

また、地方道路維持管理能力向上プロジェクトの組成に向けた動きがあるため、継続して情報収集を行い、普及・実証事業では連携または差別化を図っていく。

3-5. ODA 案件形成における課題・リスクと対応策

ODA 案件形成における課題・リスクと対応策を表 29 に記載する。SNI の取得には時間を要するため、JICA 事業と先だって自社で対応していく。

表 29 課題・リスクと対応策

リスク	課題・リスク	対応
C/P 体制面	① 道路総局 (本省) と西ジャワ州政府の意見の相違による事業停滞リスク これまでの調査で、道路総局と西ジャワ州政府の関係が良好でない情報を入手している。また、西ジャワ州は州知事選挙を 2018 年に予定しているため、政権交代のリスクもある。	西ジャワ州は選挙による政権交代のリスクがあることから、第 1 渡航から道路総局を中心に普及・実証事業に向けた協議を進めている。一方で、西ジャワ州政府道路部ともコネクションがあるため、継続して情報収集を行っていく。
C/P 体制面	② プラント建設にかかる懸念事項 プラントの維持管理体制、燃料費やメンテナンス費の負担への合意形成がなされず、事業が停滞するリスクがある。	案件化調査の中で、C/P 候補と普及・実証事業での役割と費用負担について、事前協議しスムーズな M/M 締結へ繋げていく (ODA 事業における維持管理体制の構築や燃料費・メンテナンス費などの負担)
C/P の予算計上	③ 機材費用の先方政府負担分 普及・実証事業で導入する機材・試験施工費の一部を C/P である道路総局に負担してもらうことを想定しているが、C/P が負担する費用が予算化さ	機材・試験施工費の 2019 年度予算計上に繋げるために、経済性分析の結果を活用しつつ道路総局との協議を重ねることで、本技術の

	れなかった場合、事業が進められなくなるリスクがある。	優位性・必要性やC/Pのメリットに関する理解促進を図っている。
--	----------------------------	---------------------------------

出典：JICA 調査団作成

3-6. 期待される開発効果

PDM に示す活動を通して、期待される開発効果を表 30 に記載する。

表 30 期待される開発効果（案）

成果	開発効果
1. 実証 循環型舗装技術によるコスト削減効果が実証される	<ul style="list-style-type: none"> ● 導入するアスファルト再生プラントで製造された再生アスファルト合材の SNI 認証への適合（新骨材：再生骨材＝60%：40%） ● PMS による追跡調査で、新材施工地と再生材施工地の品質に差異がないことが示される。 ● パイロット施工を通して循環型舗装技術の経済性・優位性が証明される
2. 技術移転 現地人材による持続可能な循環型舗装技術の実施体制が整備される	<ul style="list-style-type: none"> ● 循環型舗装技術マニュアルが作成される ● インドネシアおよび日本における研修を通して、循環型舗装技術を習得した道路総局指導員が 10 名程度育成され、実施体制が整備される ● 道路総局による循環型舗装技術に関する研修プログラム案が策定される
3. 普及 循環型舗装技術の優位性が周知される	<ul style="list-style-type: none"> ● ステークホルダーから構成されるステアリングコミッティが 4 回実施され、インドネシア側の意向が反映された普及・実証事業が実施される ● 道路総局、国営高速道路建設会社やゼネコンなどに対する技術紹介セミナーの開催により、循環型舗装技術の紹介ならびに優位性が周知される

出典：JICA 調査団作成

第4章 ビジネス展開計画

4-1. ビジネス展開計画概要

4-1-1. 提案する海外ビジネス展開計画の概要

普及・実証事業後に想定されるビジネスモデルを図24に示す。外資による道路整備事業は「約4億円以上に限る」というネガティブリストの規制を受けるため、菅原工業は建設業ではなく再生アスファルト合材の製造業としてビジネス展開する。道路総局第6地方整備局が道路工事現場で発生するアスファルト廃棄物を収集・保管・破碎し、JVが再生骨材を加熱処理して隣接するKADII社のアスファルト製造プラントに供給する。KADII社により製造される再生アスファルト合材を現地の国営高速道路管理会社やゼネコンへ販売していく。この中で、菅原工業からKADII社に対して技術支援も行っていく。

JVのリサイクルユニットおよびKADII社のアスファルト製造プラントは、2017年10月にKADII社敷地内（土地代は発生しない）に完成した。5年目に年間3万tの再生アスファルトの生産を見込む。JVは当面は再生骨材の加熱処理事業に注力し、将来的には2基目のアスファルト再生プラントを建設することを検討している。

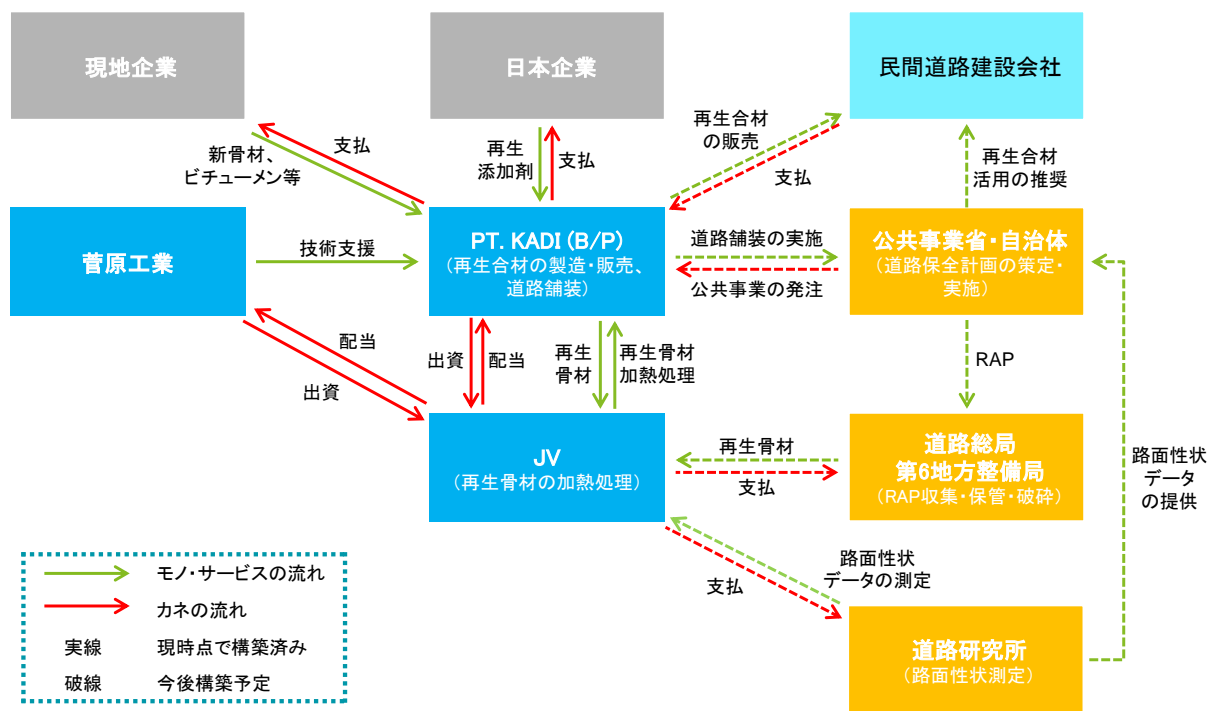


図24 ビジネスモデル (案)

4-1-2. 事業化スケジュール

図 25 に事業化スケジュールを示す。SNI 認証取得には、2 年間のモニタリング結果が必要になるため、2018 年 4-5 月に試験施工した場合、2020 年 4-5 月まで時間を要する。SNI の仮認証 (Interim SNI) 取得の場合は、1 年間のモニタリングとなるため 2019 年 4-5 月頃となる見込みである。普及・実証事業の活動を 2021 年からの事業本格化に繋げていく。

フェーズ	2017				2018				2019				2020				2021			
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
フェーズ	案件化調査								普及・実証事業								ビジネス展開			
① インドネシア規格(SNI)認証の取得	Interim SNI								SNI											
② 用地確保・現地拠点の建屋等の建設	■																			
③ 案件化調査期					■															
・ベース調査(市場・ニーズ・販売流通、競合)					■															
・販促方法の検討					■															
④ 普及実証事業期									■				■							
・事業採算性分析の精緻化									■				■							
・実証結果を活用したPR(セミナー等の開催)									■				■							
・循環型舗装技術の推奨化の働きかけ									■				■							
⑤ 事業本格化																	■			
・プラント本格稼働、国営企業・ゼネコンへの販売																	■			
・ジャワ島他地域への水平展開の検討																	■			

図 25 事業化スケジュール

4-1-3. 初期投資、投資計画

約 1 億 5,000 万円の投資により、アスファルト再生プラント 1 基を西ジャワ州カラワン地域に建設し、2017 年 10 月に完工した。資金調達は、手元現金ならびに仙台銀行からの 5 年の長期借入れを行っている。

4-2. 市場分析

非公開

非公開

非公開

非公開

非公開

非公開

非公開

4-3. バリューチェーン

非公開

非公開

4-4. 進出形態とパートナー候補

非公開

4-5. 収支計画

非公開

非公開

4-6. 想定される課題・リスクと対応策

非公開

非公開

4-7. 期待される開発効果

4-7-1. 経済面の開発効果

経済的な開発効果試算の前提条件を表 36 に、リサイクル率を 40%とした場合の理想的なマテリアルフローの概念図を図 35 に、経済的な開発効果の試算結果を図 36 に示す。マテリアルバランスを考慮すると、再生アスファルト合材の製造に必要な全骨材の内の 40%を再生骨材で代替（リサイクル率 40%）する場合、製造した再生アスファルト合材のうちの 40%を切削オーバーレイ工法で、残りの 60%をオーバーレイ工法で施工することが望ましいため、上記の前提の下で経済的な開発効果を試算した。アスファルトリサイクルの商用化段階では、第 6 地方整備局のアスファルト再生プラントで生産する再生アスファルト合材年間 40,000ton が新アスファルト合材を代替することで年間約 1,600 万円のコスト削減効果が見込まれる。仮に、年間に必要なアスファルト合材の内 40%が再生アスファルト合材で代替された（アスファルトリサイクルの普及率 40%）と仮定すると、インドネシア全体で再生アスファルト合材が年間約 780 万 ton 必要（生産能力年間 20 万 ton 規模のアスファルト再生プラント 39 基に相当）であり、年間約 35 億円（国道のみでは年間約 3.7 億円）のコスト削減効果が見込まれる。同様に、アスファルトリサイクルの普及率を 75%とした場合には、インドネシア全体で再生アスファルト合材が年間約 1,460 万 ton 必要（生産能力 20 万 ton 規模のアスファルト再生プラント 73 基に相当）であり、年間約 65 億円（国道のみでは年間約 7.0 億円）のコスト削減効果が見込まれる。

また、Karawang における菅原工業の事業を手本として、アスファルト再生プラントがインドネシアで増えていくことに伴い、雇用創出や技術者の施工技術レベルアップも期待できる。

表 36 開発効果試算の前提条件

項目	前提条件	
工事規模	■ 道路延長	439,797 km
	➤ 国道	47,017 km
	➤ 州道	46,486 km
	➤ 市道	346,294 km
	■ 道路幅	7 m

	<ul style="list-style-type: none"> ■ 舗装厚み（表層） 50 mm ■ 舗装率 89.7 % ■ 標準締固め後密度 2.35 ton/m³ ■ ロス率 7 % ■ 舗装の耐用年数 5 年
経済性	<ul style="list-style-type: none"> ■ 新合材＋オーバーレイ（基準） 1,085,000 IDR/ton ■ 再生合材＋オーバーレイ 1,060,000 IDR/ton ■ 再生合材＋切削オーバーレイ 1,023,000 IDR/ton ■ 為替レート 115 IDR/JPY
備考	<ul style="list-style-type: none"> ■ 理想的なマテリアルフローを考慮し、オーバーレイ工法による新合材の施工のうち40%を切削オーバーレイ工法による再生合材の施工に、残り60%をオーバーレイ工法による再生合材の施工で代替することを想定した。 ■ 将来的な道路の延長や舗装率の向上は考慮しておらず、現状の道路舗装（表層）の補修に必要なアスファルト量を基準とした。 ■ 補修工事のうち20%が修繕工事、80%が維持工事とし、修繕工事には対象の舗装面積の100%分の合材を、維持工事には10%分の合材を使用すると仮定した。

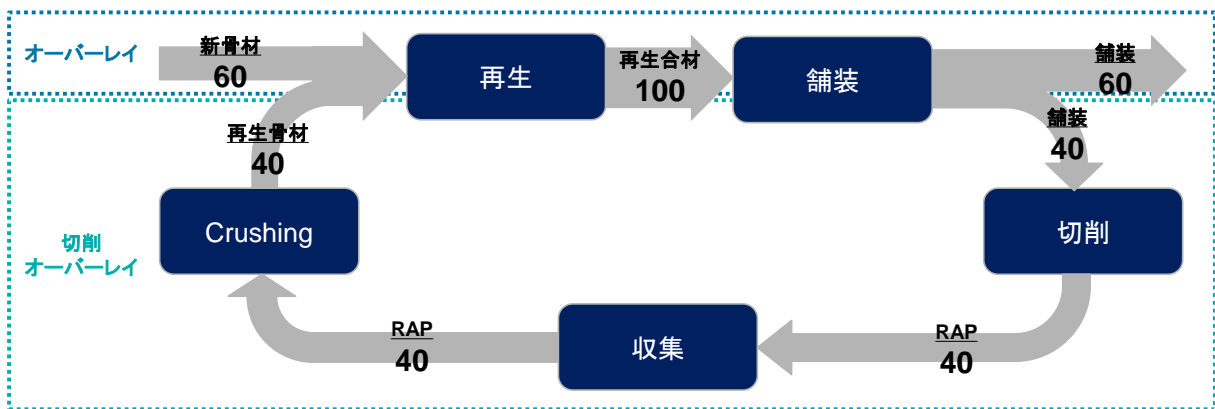


図 35 リサイクル率を40%とした時の理想的なマテリアルフローの概念図

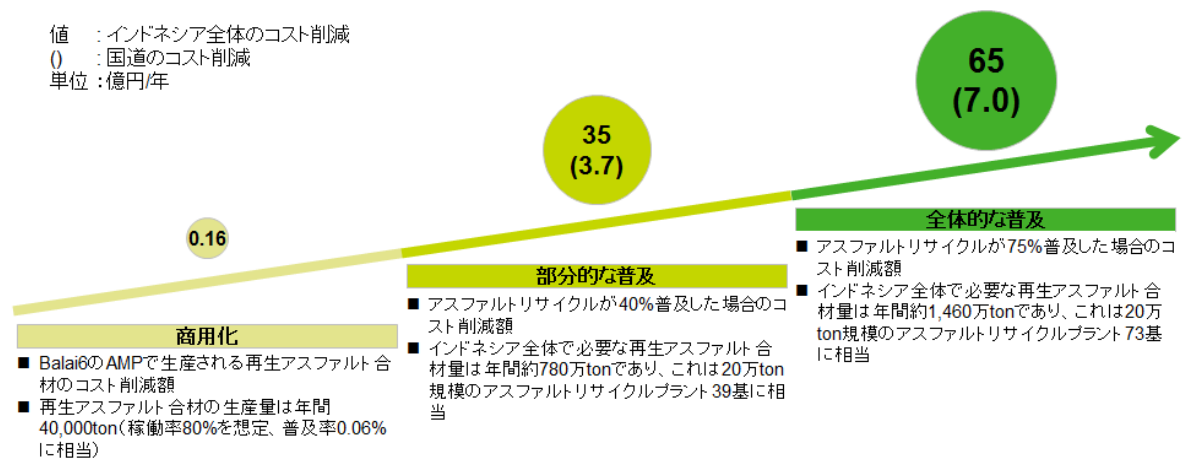


図 36 経済的な開発効果の試算結果

4-7-2. 環境面の開発効果

環境面での開発効果について試算した。アスファルトリサイクルの普及率 75%における、CO₂排出量の削減効果を図 37 に、骨材使用量の削減効果を図 38 に、ビチューメン使用量の削減効果を図 39 に示す。CO₂排出量は年間約 18 万 ton、骨材使用量は年間約 575 万 ton、ビチューメンは年間約 29 万 ton の削減効果が見込まれる。

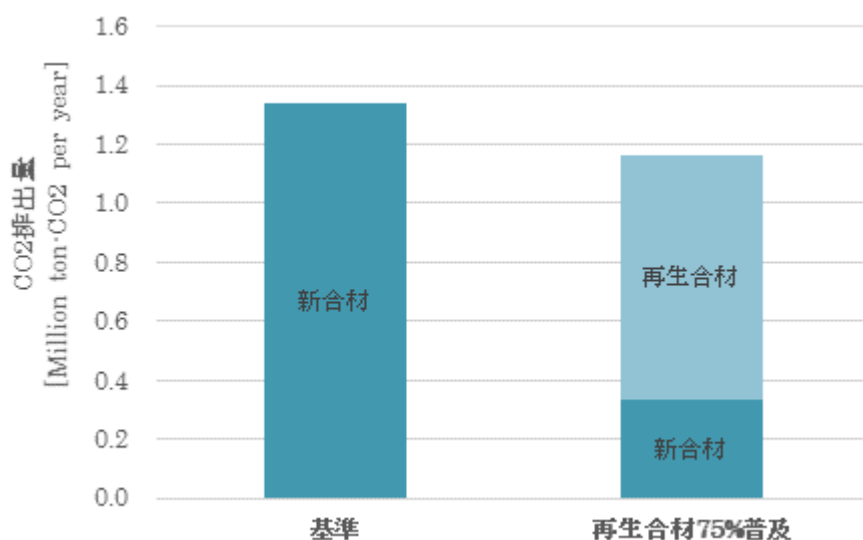


図 37 CO₂削減効果の試算結果（アスファルトリサイクル普及率 75%）

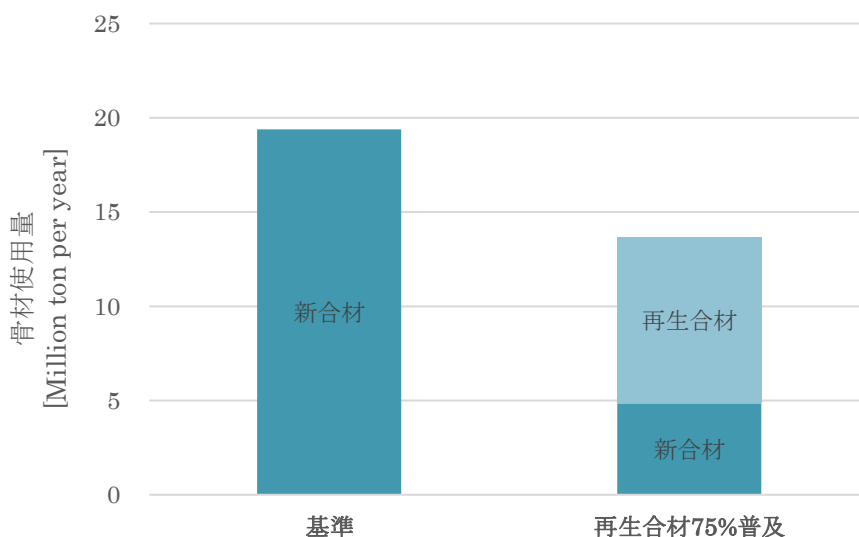


図 38 骨材使用量削減効果の試算結果（アスファルトリサイクル普及率 75%）

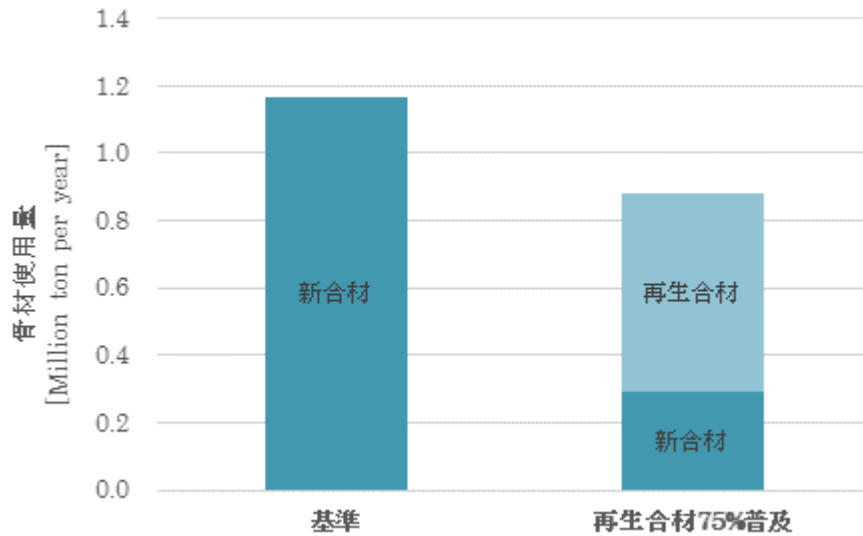


図 39 ビチューメン使用量削減効果の試算結果（アスファルトリサイクル普及率 75%）

4-8. 日本国内地元経済・地域活性化への貢献

アスファルトリサイクルをビジネス展開することにより今後見込まれる地元経済・地域活性化は、図 40 に示すように気仙沼市の総合戦略に合致しているといえる。気仙沼市では、施策Ⅰに雇用創出、施策Ⅱに魅力あるまちづくり、施策Ⅳに災害に強いまちづくりを掲げており、菅原工業の事業拡大はこれらの方針に大いに寄与し、地元である気仙沼市の開発戦略を強化することができる。

開発戦略	気仙沼市 まち・ひと・しごと創生総合戦略(平成28年3月版)		
施策	(Ⅰ) 育成・誘致により産業を振興し、「安定した雇用 安定した雇用」「新たな雇用」を創出する	(Ⅱ) 人と自然が共生するまちをつくり、気仙沼ファンを育て、新たな人の流れをつくる	(Ⅳ) 協働と参加による自立した社会をつくり、安心で豊かなくらしを大切にす風土と心を育む
今後見込まれる菅原工業の貢献	■産業振興 インドネシアとの産業連携が更に活性化される。提案企業がモデルケースとなり、インドネシアで開発ニーズの高い水産業や水産加工業分野において、強みを持つ地元企業のインドネシア進出が促進される。	■移住受入の体制づくり これまで50年間地元のインフラ整備に貢献してきた。ODA事業の成功により国内事業が充実し、道路整備の促進による生活改善やインターンの受入の増加を見込む。	■持続可能なコミュニティの実現 これまでの実績より、商工会議所での活動に積極的に関わり、若手の人材育成やインドネシアとの交流などを通して、コミュニティ活性化に十分に貢献をしていく。
	■雇用創出 今後も、三陸道の整備や大島架橋の整備により人材育成・雇用確保に貢献していく。インドネシア事業の拡大によりさらに5名の雇用を計画している。	■市外避難者等の帰郷支援 ODA事業の成功による国内事業の充実により、土地造成や区画整備による住宅整備の促進が図られる。	■安全・安心なまちの実現 道路インフラ整備や堤防の建設により、これまで以上の地域防災力の充実・強化による災害に強いまちづくりに貢献する。

図 40 見込まれる地元経済・地域活性化への貢献

要約（英文）

**Feasibility Survey with the Private Sector
for Utilizing Japanese Technologies
in ODA Projects
“Feasibility Survey for the Pavement Recycling
Technology with Asphalt Wastes”**

Summary Report

Republic of Indonesia

April 2018

Sugawara Industry Co., Ltd.

1. Purpose of the Survey

A survey conducted to examine the potential use of Japanese companies' products and technologies for Japanese ODA projects. The scope of the survey includes network building and information gathering to develop ODA projects.

2. Concerned Development Issues

(1) Road Development Plan

Local development is raised as one of the priority measures in the government's National Medium Term Development Plan (RJPMN2015-2019). The government is planning to improve the connectivity by developing roads and infrastructure to promote local development. According to Bina Marga's (Directorate General of Highways, Ministry of Public Works) strategic plan (RENSTRA 2015-2019) a road-related budget of 278 trillion IDR (18.7 billion USD) has been set aside for 2,650km of roads, 1,000 km in toll roads, 3,073 km in road repairs and 47,017 km of road maintenance. West Java's Government Vision 2013-2018 also talks about their plan to develop infrastructure in order to improve inter-regional connectivity and economic growth.

Looking at the current situation, 50% of the budgets to develop infrastructure is unprocured, while construction costs are also regarded as a problem. Additionally, Table 1 shows the damages to state and city roads (about 40%) are an obstacle to smooth local traffic flow. Furthermore, ramps should also be repaired for safety reasons.

Table 1 Road Pavement Condition (2012)

	National Road		State Road		City Road	
	%	km	%	km	%	km
Good	58	22,360	32	15,756	32	121,444
Normal	33	12,671	28	14,014	23	86,134
Minor Damage	6	2,371	18	8,670	22	82,372
Major Damage	3	1,168	22	10,638	23	86,455
Total	100	38,570	100	49,078	100	376,405
Road Length Ratio	8%		11%		81%	

Source : Directorate General of Highways, Ministry of Public Works



Picture 1 Unpaved Road in West Java

(2) Asphalt Recycling Policy

An asphalt regeneration plant has been introduced in the project that has been managed by a national enterprise since 2007 as shown in Picture 2. Recycled asphalt has been of low quality and high cost, because the mix formula of recycled asphalt was not standardized and the plant had an inefficient design. From this experience, government officials in Indonesia have the impression of asphalt recycling being high cost when done in Indonesia.



Picture 2 Asphalt regeneration plant

(3) Road Maintenance Policy

Indonesia has IRMS (Indonesia Road Management System), but due to the reasons below, maintenance costs are high and state and city road maintenances are delayed.

- a) Monitoring is only done for newly constructed roads as older roads that need repair are not priority.
- b) Lack of planning is causing them to be busy with emergency treatments, as conditions for unrepaired roads worsen.
- c) Repair costs are done cheaply as an initial response, but does become expensive over time as roads worsen.

3. Products and Technologies

(1) Product and Technology Features

As Figure 1 shows, proposed technology is pavement recycling technology. This technology includes asphalt regeneration, paving and maintenance using the regenerated asphalt, and PMS (Pavement Management System). This paving technology will offer paving cost reduction of 10-20%, lead to roads without ramps, promote maintenance cost reduction of more than 14%, and lead to a steady supply of asphalt waste.

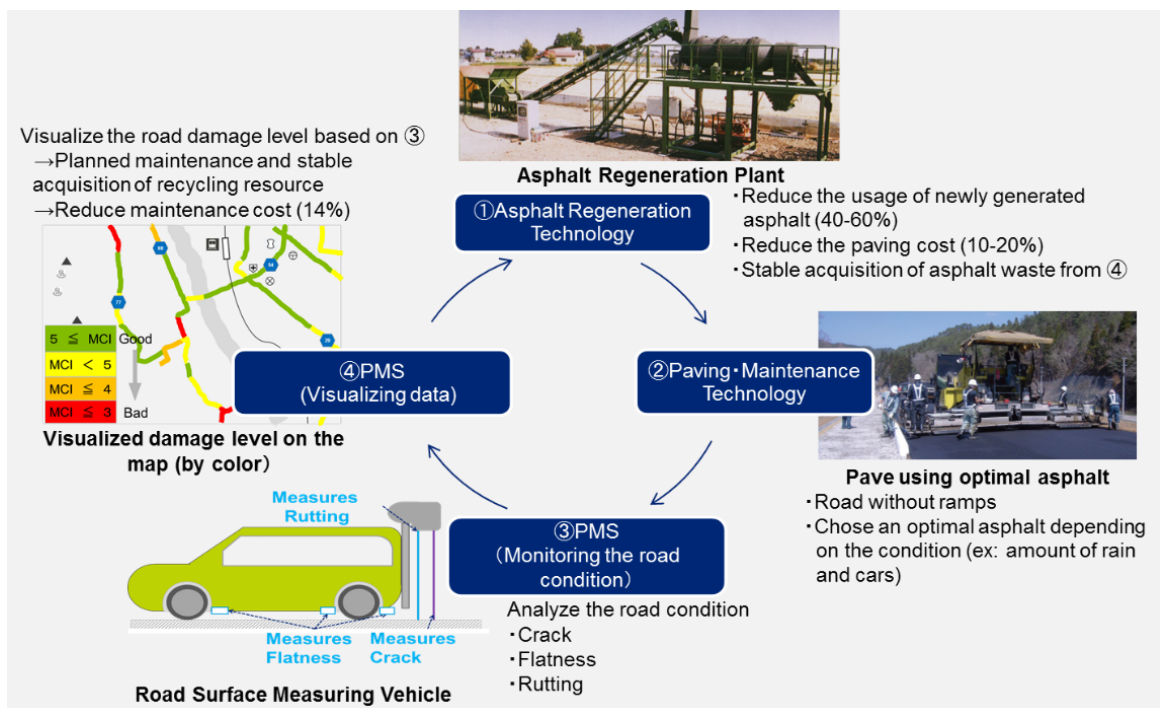


Figure 1 Pavement Recycling Technology

(2) Product and Technology Specifications

Specifications of a proposed crushing plant and recycle unit is shown below in

Table 2. The crushing plant will be procured in Indonesia and the recycling unit will be procured in Japan. The equipment will be utilized to train engineers and experiment with recycled asphalt standards. Additives will be also procured from Japan.

Table 2 Product and Technology Specifications

Product	Capacity	Type	Quantity	Price (JPY)
Crushing plant	80-100 t/h	batch	1 unit	20,000,000
Recycle Unit	30 t/h	continuous	1 unit	40,000,000
Additive	N/A	-	6,000kg	1,150,000

4. Survey Outline

The F/S was conducted from April 2017 to June 2018 in Indonesia. Activities and results to prepare for the Official Development Assistance (ODA) project are as follows.

(1) Pavement recycling technology

a) Asphalt recycling

The conventional hot mix asphalt recycling in plants has been implemented in Indonesia but was not dispersed widely due to high costs compared to virgin asphalt that made from new materials. With asphalt recycling technology from Sugawara Industry Co., Ltd., an additive made in Japan makes it possible to recycle not only aggregates but also bitumen, and achieve a higher recycle rate than the conventional method. Therefore, the expectation is that recycled asphalt is paved at a lower cost than virgin asphalt, if the asphalt waste recycling system is developed by the government.

Quality test shows that the recycled asphalt produced in Indonesia by the joint venture of Sugawara Industry Co., Ltd. and PT. KADI International, meets the existing standard of wearing course.

b) Pavement construction

Though the local road construction companies have access to advanced paving technology, such companies do not pay much attention to quality control (i.e. temperature control of hot mix). With regards to paving costs, the necessary number of workers to pave a unit area of the road in Indonesia is much more than Japan. Therefore, the paving technology of Sugawara Industry Co., Ltd. contributes to quality control and paving cost.

c) Road maintenance and management

Although PMS has been installed in Bina Marga since the 1990s and another system named RAMS is currently operational, the system has some operational

challenges such as difficulties prioritizing the budget allocation and addressing the shortage of accumulated data. Bina Marga has a policy that they consign the operation of monitoring road conditions to third parties (private inspection organizations) so that public monitoring vehicles are not necessary. Taking into account the above situation in Indonesia, it is realistic to provide software support rather than hardware support (such as a monitoring vehicle). By providing monitoring data of recycled asphalt roads to Bina Marga for highways, it is expected that the effectiveness of asphalt recycling is verified and disseminated by the Indonesian government.

(2) Knowledge co-creation program in Japan

To understand the current situation that more than 90% of the asphalt wastes are recycled in Japan, 5 trainees (i.e. 4 trainees from Bina Marga and 1 trainee from State Polytechnic of Jakarta), who are familiar with road construction, visited Japan in November, 2017. Outline of the knowledge co-creation program schedule is described in Table 3. The trainees learned about the advantage, system and method of asphalt recycling technology that is being handled by the Japanese government through visiting asphalt recycling plants, national institutions, and road construction sites.

Furthermore, one of the trainees made a presentation about the trip in the seminar that was co-organized by Bina Marga and JICA, in December, 2017. Understanding and credibility of Indonesian participants about this technology were also improved by explaining the merits of asphalt recycling.

Table 3 Outline of knowledge co-creation program schedule

Contents		
Number of trainees	5 trainees (4 trainees from Bina Marga and 1 trainee from state polytechnic of Jakarta)	
Period	Nov. 12 th to Nov. 18 th in 2017	
Activities	Places	
Nov. 13 th	<ul style="list-style-type: none"> Road construction sites Infrastructure in Miyagi Sugawara Industry 	Kesennuma city
Nov. 14 th	<ul style="list-style-type: none"> Asphalt recycling plant (flow from collection of asphalt waste and regeneration to shipment) 	Kesennuma city
Nov. 15 th	<ul style="list-style-type: none"> Introduction of the standards for pavement and asphalt materials at Public Works Research Institute and at a private company 	Tsukuba city
Nov. 16 th	<ul style="list-style-type: none"> Introduction of asphalt proportioning test Moving to Tokyo 	Tsukuba city
Nov. 17 th	<ul style="list-style-type: none"> JICA courtesy call Visit of popular infrastructure sites in Tokyo Follow-up meeting 	Tokyo

(3) Seminar

A seminar on “Future Project for the Dissemination of the Pavement Recycling Technology with Asphalt Wastes” was co-hosted by Bina Marga and Sugawara Industry Co., Ltd. on December 12th, 2017. Major topics included expected ODA project, introduction of the pavement recycling technology in Japan, pavement technology and experience in Indonesia and training program in Japan. 111 participants attended the seminar (i.e. 87 from Indonesia, 8 from Japan and 16 seminar organizers). At the end of the seminar, a survey questionnaire was conducted and answers were obtained from 38 participants. The results are shown below.

- ✓ More than 95% of respondents expect this project will proceed to the next phase (verification survey).
- ✓ For the next phase, most of the respondents expressed interest and highly recommended “Establishing specification of recycled asphalt for wearing course”, “Training staff and preparing manual for asphalt recycling”, “Establishing RAP collection and distribution system” and “Holding seminars of asphalt recycling technology for general constructors”.
- ✓ There were also some comments that requested more details be provided such as “how to select the additive for asphalt recycling”, “details of income and expenditure” and “how to install asphalt recycling technology in rural area”.

5. Proposed ODA Projects and Expected Impact

(1) Proposed ODA Projects

a) Title

After the completion of this feasibility study, the following phase for ODA project, ‘Verification survey for the pavement recycling technology with asphalt wastes’, will be implemented.

b) Candidates for counterpart positions

Bina Marga is a candidate as a counterpart for this project. Pusjatan (Institute of Road Engineering, Agency for Research and Development, Ministry of Public Works and Housing) is also candidate that would serve as a support agency.

c) The outline of the ODA project

The ODA project consists of three activities (i.e. technology verification of pavement recycling with asphalt wastes, its technology transfer, and its dissemination) to achieve the project’s purpose as shown in Figure 2.

【Project Purpose】 Effectiveness of pavement recycling technology is recognized, and sustainable system is developed	
Output	Activity
1. Verification Verify the manufacturing, constructing and maintenance cost reduction of pavement recycling technology	1-1 Transport and install equipment 1-2 Produce the recycled asphalt and test the quality 1-3 Conduct pilot road construction at national road 1-4 Monitor the condition of the road paved by the recycled asphalt 1-5 Evaluate economy and superiority of the pavement recycling technology
2. Technology Transfer Establish a sustainable environment for pavement recycling technology	2-1 Evaluate the skill level and prepare the manual for the pavement recycling 2-2 Transfer the pavement recycling technology (Train 10 instructor at Bina Marga and Pusjatan) (1) 1 st Program: Collection, storage and crushing of RAP (2) 2 nd Program: Quality control, regeneration, paving and monitoring (3) 3 rd Program: OJT (Karawang, and/or Japan) 2-3 Evaluate after the training
3. Dissemination Disseminate the superiority of pavement recycling technology	3-1 Hold periodical steering committees with stakeholders 3-2 Run a seminar on introduction of the pavement recycling technology against stakeholders 3-3 Examine a business model to promote the dissemination of the pavement recycling technology

Figure 2 Outline of the ODA project

d) Overview of relevant stakeholders

The relationships of relevant stakeholders (e.g. C/P candidates, supervisory organizations, private companies) are described in Figure 3.

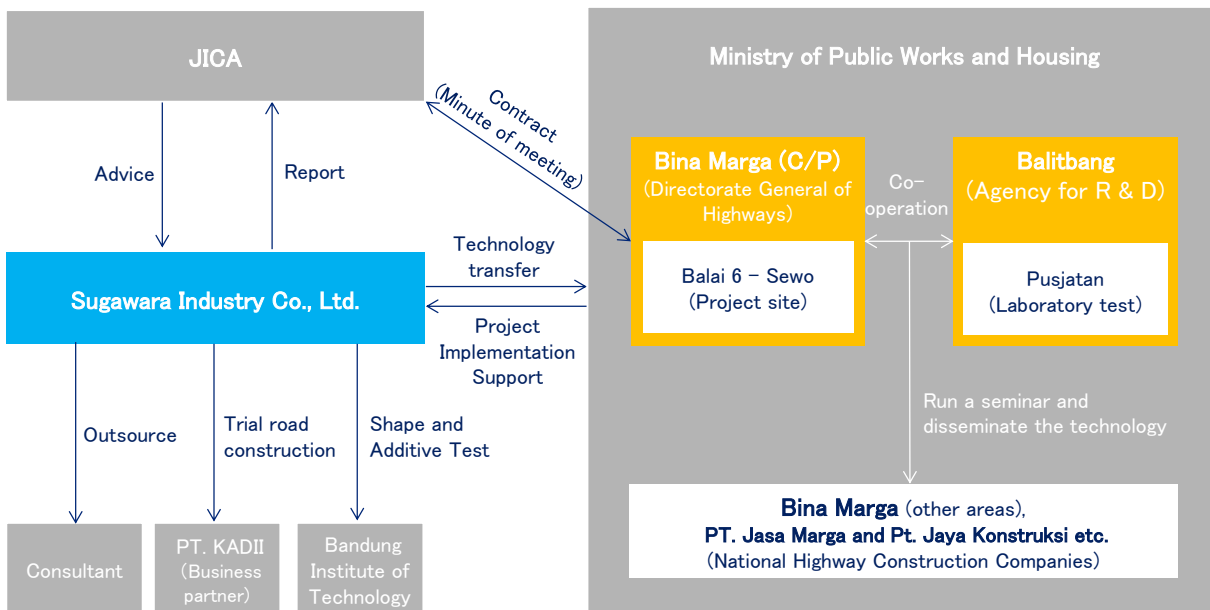


Figure 3 Relation of relevant stakeholders

(2) Expected Impact

Compared to newly generated asphalt, Indonesia can reduce up to 54 million IDR/km (3,999 USD/km). Suppose 102 km can be paved per year (plant operation rate of 60%), 5.57 billion IDR (409 thousand USD) in costs can also be reduced per year. If applied to 2,650 km stated on RENSTA 2015-2019, cost reduction of 145 billion IDR (11 million USD) is possible. Payout time is calculated to be four years. From the information above, asphalt recycle can accelerate road construction (connectivity), reduce inter-regional discrepancy, and offer balanced development. Also, local people will experience increased safety, smooth traffic and fuel efficiency.

6. Intended Business Development

(1) Business model

Business model of Sugawara Industry Co., Ltd is shown in Figure 4. Firstly, Balai 6 in Bina Marga collects asphalt wastes from road construction sites, and manufactures recycled aggregates by crushing them. Secondly, the joint venture of Sugawara Industry and PT. KADI International heats the recycled aggregate and supplies them to KADII's asphalt mixing plant. Finally, KADII manufactures the recycled asphalt with the heated recycled aggregate and uses such asphalt for road construction works or sells it to other road construction companies. In addition, Sugawara Industry Co., Ltd. offers technical assistance to KADII.

The asphalt regeneration plant was constructed at PT.KADI's Karawang site in October 2017. 30 thousand tons of asphalt were planned for production, which was enough to pave 34 km (width of 7m) of roads. Road condition will also be measured by using the monitoring car owned by Pusjatan, and the results will be provided to Bina Marga and/or the local government as input data for PMS.

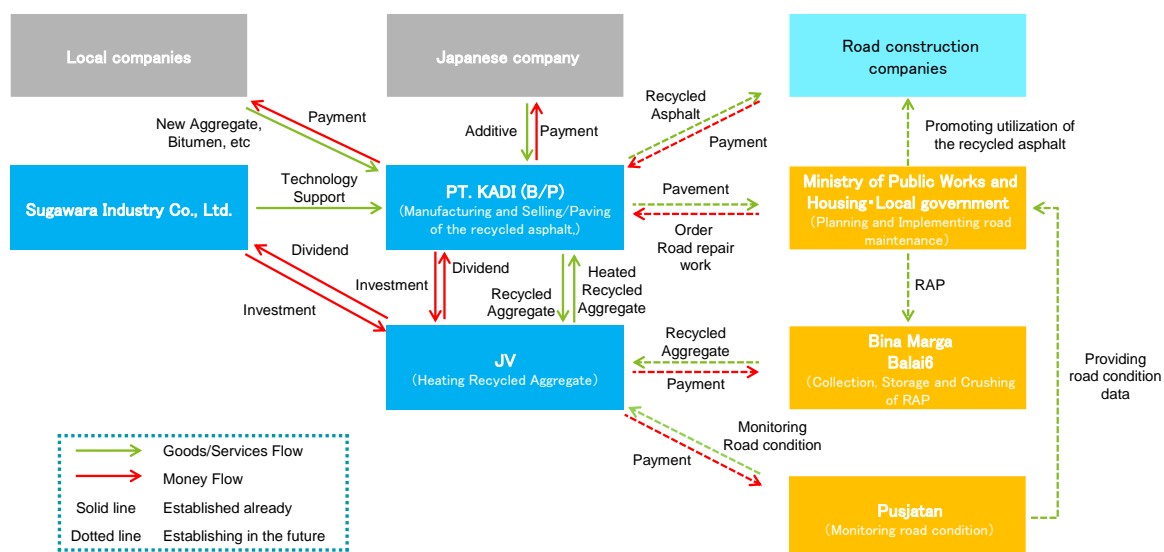


Figure 4 Overview of business development

(2) Schedule for business development

Project schedule is shown in Figure 5 below. Already in action to acquire the SNI certification is in place.

Phase	2017				2018				2019				2020				2021			
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
Phase	Feasibility survey								Verification survey				Business development							
① Acquire SNI certification	Interim SNI								SNI											
② Acquire construction site/local working place																				
③ Feasibility survey																				
<ul style="list-style-type: none"> • Base research (Market • Needs • Competitors) • Make a sales strategy 																				
④ Verification survey																				
<ul style="list-style-type: none"> • Refine the profitability analysis • PR using the pilot test results(ex: seminar) • Promote the pavement recycling technology 																				
⑤ Business Development																				
<ul style="list-style-type: none"> • Run the plant, and sell the recycled asphalt • Consider an expansion to place other than Java 																				

Figure 5 Project Schedule

Feasibility Survey for the Pavement Recycling Technology with Asphalt Wastes

SMEs and Counterpart Organization

- Name of SME : Sugawara Industry Co, Ltd.
- Location of SME : Miyagi, Japan
- Survey Site: West Java State
- Counterpart Organization : Directorate General of Highways, Ministry of Public Works and Housing



Pavement recycling technology

Concerned Development Issues

- Shortage of the road construction budget
Regional development by improving national connectivity is one of the priority policies in National Medium Term Development Plan (RJPMN2015-2019). However, a half of the budget for the development of infrastructure have not been procured.
- Traffic Safety
The cheap overlay method is generally selected in order to reduce road construction cost. This method causes the step between road and sidewalk, which worsens traffic safety.



A car run off due to overlay method

Products and Technologies of SMEs

- Pavement recycling technology with asphalt wastes
 - Reduce the cost and resolve the shortage of asphalt by regenerating the asphalt. Asphalts would be regenerated from asphalt wastes that has been disposed or has been produced in the process of pavement maintenance.
 - Provide a high quality, road construction management technology adapted under the Japanese standard.
 - Reduce road maintenance cost by implementing appropriate management with Pavement Management System (PMS)

Proposed ODA Projects and Expected Impact

ODA Project : Verification Survey with Private Sector for Disseminating Japanese Technologies
Effect : Verify the manufacturing, constructing, and maintenance cost reduction of pavement recycling technology, Transfer the pavement recycling technology, and Disseminate the superiority of pavement recycling technology

Future Business Development of SMEs

- Promoting the recycling technology of asphalt wastes in Indonesia, and disseminating it as the countermeasure of the development issues
- Transferring the know-how of the pavement recycle technology to other cities in Indonesia (Packaging asphalt recycle, pavement/construction management and PMS)

参考文献

- [1] Indonesia Road Sector Development, 2015 年 10 月, 公共事業・国民住宅省道路総局
- [2] 国家エネルギー政策に関する大統領規定 2014 年第 79 号
- [3] 中期国家開発計画 2015 - 2019
- [4] 道路総局戦略計画 2015 - 2019,
- [5] 西ジャワ州政府ビジョン 2013 - 2018
- [6] 投資ネガティブリストに関する大統領規定 2016 年第 44 号
- [7] 有害廃棄物管理に関する政令 2014 年第 101 号
- [8] 事業開始・拡大時における機械・物資・原材料の輸入に係る関税の免除に関する財務大臣規定 2009 年 176 号
- [9] 道路・橋梁維持管理に関する情報収集・確認調査 最終報告書, 2013 年 1 月, 独立行政法人国際協力機構
- [10] Indonesia-Japan Vice Ministerial Meeting 資料, 2013 年 9 月, 公共事業・国民住宅省道路総局
- [11] Journal of the Indonesia Infrastructure Initiative “PRAKARSA”, issue 24, April 2016
- [12] AgileAssets ホームページ

添付資料

非公開