

タイ国

タイ国

自動車エンジン用永久磁石式オイルフィルター
による大気汚染・省エネ・地球温暖化対策
案件化調査

業務完了報告書

2023年5月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

高林産業株式会社
株式会社ターゲンテックス

民連
JR
23-027

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

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

<Notes and Disclaimers>

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

目次

写真

地図

略語表

案件概要

要約

第 1	対象国・地域の開発課題	1
1.	対象国・地域の開発課題	1
2.	当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等	4
3.	当該開発課題に関連する我が国の国別開発協力方針	7
4.	当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析	7
第 2	提案法人、製品・技術	10
1.	提案法人の概要	10
2.	提案製品・技術の概要	10
3.	提案製品・技術の現地適合性	14
4.	開発課題解決貢献可能性。	25
第 3	ODA 事業計画/連携可能性	27
1.	ODA 事業の内容/連携可能性	27
2.	ODA 事業実施/連携における課題・リスクと対応策	28
3.	環境社会配慮等	28
4.	ODA 事業実施/連携を通じて期待される開発効果	28
第 4	ビジネス展開計画	29
1.	ビジネス展開計画概要	29
2.	市場分析	29
3.	バリューチェーン	34
4.	進出形態とパートナー候補	35
5.	収支計画	35
6.	想定される課題・リスクと対応策	36
7.	ビジネス展開を通じて期待される開発効果	36
8.	日本国内地元経済・地域活性化への貢献	37

Summary

目 次

図 1 事業サイト.....	2
図 2 バンコク及び周辺地域の PM2.5 と基準値を超えた日数.....	2
図 3 2016 年-2019 年の日別 PM2.5 の 24 時間平均観測値(2019 年).....	3
図 4 2013 年(基準年)の温室効果ガス(GHG)排出量.....	5
図 5 2030 年の GHG 削減割合.....	5
図 6 運輸部門 GHG 削減へのアプローチ.....	6
図 7 二次金属摩耗粉とカーボンの発生メカニズム.....	12
図 8 PECS の金属捕捉のメカニズム.....	12
図 9 PECS と濾紙式オイルフィルター.....	13
図 10 PECS と濾紙式オイルフィルターとの違い.....	14
図 11 ドライバー用モニタリングシート.....	17
図 12 燃費の測定結果(ピックアップトラック).....	20
図 13 燃費の測定結果(トレーラー).....	20
図 14 黒煙濃度の測定結果(ピックアップトラック).....	21
図 15 黒煙濃度の測定結果(トレーラー).....	21
図 16 エンジンオイルの PQ インデックス値 ピックアップトラック.....	21
図 17 エンジンオイルの PQ インデックス値 トレーラー.....	22
図 18 燃費改善によるコスト削減効果のシミュレーション.....	22
図 19 PECS の黒煙試験の評価.....	23
図 20 PECS の投資回収年数.....	23
図 21 タコメーターの装着.....	23
図 22 GPS の装着.....	23
図 23 CTCN の活動.....	28
図 24 2022 年 11 月 30 日現在の陸運局登録車両の経過年数.....	30
図 25 2022 年 11 月 30 日現在の陸運局新規登録車両の内 EV 車が占める割合.....	30
図 26 サプライチェーンの SCOP1、SCOP2、SCOP3.....	33
図 27 排気ガス浄化装置.....	34
図 28 タイ PECS 製造販売事業のバリューチェーン.....	34
図 29 マグネット本体.....	34
図 30 PECS 本体.....	34
図 31 タイ PECS 製造販売事業の実施体制.....	35
図 32 PECS 組立工場候補地の位置図.....	35
図 33 工場のレイアウト.....	35
図 34 PECS 販売価格 37,500THB/個の時に1年間で投資回収できる燃費改善率.....	35
図 35 GHG 削減費用対効果と PECS 装着による燃費改善効果.....	36
図 36 国際コンソーシアム.....	36
図 37 本事業の国際コンソーシアム.....	36
図 38 プログラム CDM による PECS 販売.....	36

表目次

表 1	PCD の大気汚染指標(AQI)	1
表 2	各大気汚染物質の大気汚染指標	1
表 3	PM2.5 による大気汚染の影響	2
表 4	2022 年 11 月 30 日現在の陸運局登録車両の内ディーゼル車の占める割合。	4
表 5	テスト対象車両	15
表 6	テストスケジュール	16
表 7	テストスケジュール	16
表 8	走行距離	17
表 9	エンジンオイルの測定項目	19
表 10	質疑応答内容	22
表 11	バスの 2022 年 11 月 30 日現在の陸運局登録車両の経過年数	31
表 12	トラックの 2022 年 11 月 30 日現在の陸運局登録車両の経過年数	31
表 13	小型トラックの 2022 年 11 月 30 日現在の陸運局登録車両の経過年数	32
表 14	各市場区分の上場会社数	33
表 15	PECS 装着による燃料代削減効果	35
表 16	タイ PECS(仮称)の販売収支計画	35
表 17	高林産業の販売収支計画	35
表 18	PECS の CO ₂ 削減量 1T あたりの費用対効果	36

写真



大型トラック（トレーラー）で走行試験



トレーラーに装着したPECS



大型トラック（トレーラー）のエンジン



大型トラック（トレーラー）で黒煙試験



レンタル工場（予定）



レンタル工場（予定）



協力会社候補と協議



プロモーション・イベント

地図

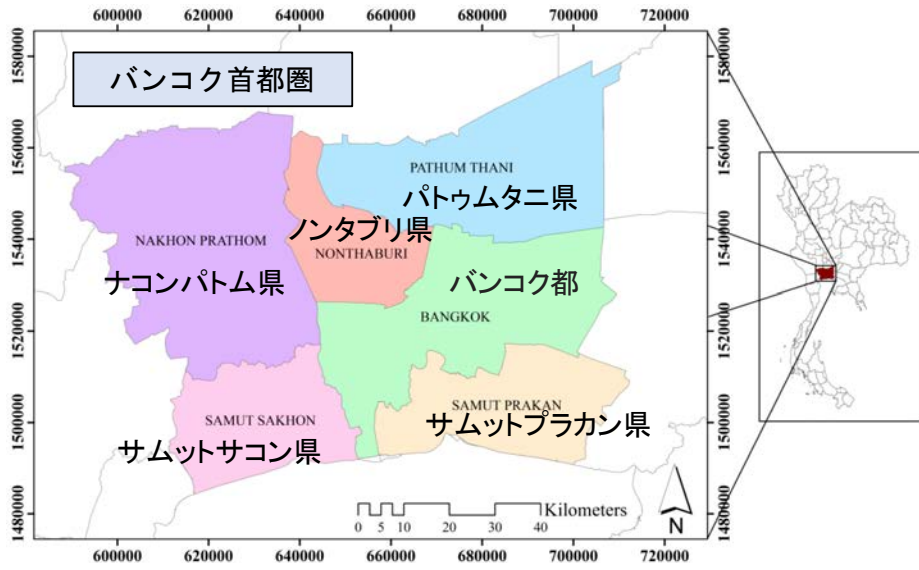


図 1 事業サイト

略語表

略語	正式名称	日本語名称
AEL	Automotive Emission Laboratory	自動車排ガス研究所
AQI	Air Quality Index	大気質指数
BAU	business-as-usual	対策を実施しなかったケース
BMA	Bangkok Metropolitan Administration	バンコク首都圏庁
BMTA	Bangkok Mass Transit Authority	バンコク大量輸送公社
BOI	Board of Investment	タイ投資委員会
COP21	21th Conference of the Parties to the United Nations Convention on Climate Chang	気候変動枠組条約第 21 回締約国会議
CTCN	Climate Technology Centre & Network	気候技術センター・ネットワーク
DEDE	Department of Alternative Energy Development and Energy Efficiency	代替エネルギー開発・省エネ局
DPF	Diesel particulate filter	排ガス浄化装置「ディーゼル微粒子捕集フィルター」
EPA	Environmental Protection Agency	アメリカ合衆国環境保護庁
FBL	FOREIGN BUSINESS LICENSE	外国人事業許可
GHG	Greenhouse Gas	温室効果ガス
INDC	Intended Nationally Determined Contribution	各国が自主的に決定する約束草案
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
DLT	Department of Land Transport	陸運局
MOT	Ministry of Transport	運輸省
PCD	Pollution Control Department	天然資源環境省公害管理局
PECS	Power up and Economic Clean System	永久磁石式オイルフィルター
PM	Particulate matter	粒子状物質
MOE	Ministry of Energy	エネルギー省
MoNRE	Ministry of Natural Resources and Environment	天然資源環境省
MOPH	Ministry of Public Health	保健省
NDC	Nationally Determined Contribution	自国が決定する貢献
NDE	National Designated Entity	国別指定機関
OTP	Office of Transport and Traffic Policy and Planning	交通政策・計画室
PECS	Power up and Economic Clean System	自動車エンジン用永久磁石式オイルフィルター
SCR	Selective Catalytic Reduction	選択(的)触媒還元
TA	Technical Assistance	技術支援
TCFD	Task Force on Climate-related Financial Disclosures	気候関連財務情報開示タスクフォース
TISI	Thai Industrial Standards Institute	タイ王国工業省工業標準局



タイ国自動車エンジン用永久磁石式オイルフィルターによる 大気汚染・省エネ・地球温暖化対策案件化調査 提案法人名：高林産業株式会社（鳥取県米子市）



タイ国運輸交通分野における開発ニーズ(課題)

- バス、トラック等のディーゼル車の排気によるPM2.5等の大気汚染に起因する市民の健康被害
- 運輸交通部門の車両の燃費向上による省エネルギーの推進
- タイの温室効果ガス排出量の削減目標の達成

本事業の内容

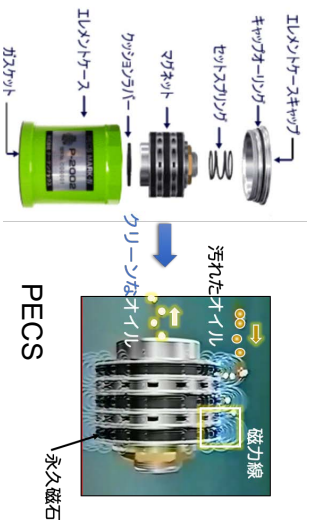
- 契約期間：2022年5月～2023年5月
- 対象国・地域：タイ国バンコク首都圏
- カウンタースパート機関：天然資源環境省公害管理局
- 案件概要：永久磁石式オイルフィルター・PECCSの製造・販売に関する案件化調査。本事業を通じ、ビジネス展開を図り、ひいてはタイ国の自動車による大気汚染を軽減させ、燃費向上により省エネの推進への貢献を目指す。

開発ニーズ(課題)へのアプローチ方法(ビジネスモデル)

- 高林産業は、タイ法人との共同出資でタイPECCS(仮称)を設立し、タイ国でPECCSの製造・販売事業を行う。コアのマグネット本体は、高林産業が日本で製造し、タイPECCSへ輸出を行う。
- バンコク首都圏の公共バスとトラックに、従来方式の濾紙式オイルフィルターの代替として装着する。
- 顧客は、燃費の向上により、PECCSの購入費を回収する。

提案製品・技術

永久磁石式オイルフィルターPECCSは、永久磁石で微細な金属塵埃粉を吸着して除去し、カーボンを発生しないことにより、エンジンオイルをクリーンに保つオイルフィルター。



対象国に対し見込まれる成果(開発効果)

- バンコク首都圏の公共バスとトラックに装着して排気ガスのPM2.5等の大気汚染物質を低減する
- 妊婦、児童をはじめとするバンコク市民の健康被害を軽減する
- 自動車の燃費を改善してCO₂排出を削減し、タイの温室効果ガス排出量の削減目標の達成に貢献する。

2022年5月現在

要約

I. 調査要約

1	案件名	<p>(和文) タイ国自動車エンジン用永久磁石式オイルフィルターによる大気汚染・省エネ・地球温暖化対策案件化調査</p> <p>(英文) SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector for Countermeasures on Air Pollution, Energy and Global Warming by Utilizing Automobile Engine Oil Filter using Permanent Magnets in Thailand</p>
2	対象国・地域	タイ国バンコク首都圏（バンコク都、ノンタブリ県、サムットプラカン県、パトゥムタニ県、サムットサコン県、ナコンパトム県）
3	本調査の要約	自動車のシリンダー等で発生する鉄粉を吸着して除去し、大気汚染物質排出量を削減させ、燃費を向上させる永久磁石式オイルフィルターPECS の製造・販売に関する案件化調査。本事業を通じ、ビジネス展開を図り、ひいてはタイ国の自動車による大気汚染を軽減させ、燃費向上により省エネの推進への貢献を目指す。
4	提案製品・技術の概要	株式会社ターゲントックス（以下、ターゲントックス）が開発した、PECS (Power up and Economic Clean System) は、永久磁石式で 40～数マイクロン以下の微細な金属摩耗粉を吸着して除去し、カーボンが発生しないことにより、自動車のエンジンオイルをクリーンに保つオイルフィルターである。永久磁石の強力な反発し合う磁力線を、全てのオイルが通過することにより、微細な金属摩耗粉（鉄と微粒子の状態）で擦られて帯電したアルミや銅などの金属を殆ど吸着・除去する装置である。
5	対象国で目指すビジネスモデル概要	高林産業は、合弁会社タイ PECS (仮称) を SIAM MATERIAL & BUSINESS CO.,LTD と設立する計画である。タイ PECS (仮称) は、PECS の組立工場を開設し、組立を行う。販売については、SIAM MATERIAL & BUSINESS CO.,LTD が販売代理店となって、販路拡大を狙う計画である。合弁会社設立時期は、年間の PECS 販売個数 1,000 個の目処が立った時と考えている。2024 年 12 月までに、PECS のコアの部品を国内の協力会社で製造する体制を整え、2025 年 1 月の設立を目指している。
6	ビジネスモデル展開に向けた課題と対応方針	<p>PECS の販売価格は、濾紙式エンジンオイルフィルターに比べて高い。そのため、PECS の販売にあたっては、販売価格を下げるのが課題である。</p> <p>PECS は燃費改善効果があり、それにより自動車の CO₂ 排出量を削減する。日本政府は、二国間クレジット制度 (JCM: Joint Crediting Mechanism) を推進しており、同制度の補助金の活用が可能である。Bto G では BMTA、BtoB では日系の運輸会社とタコメーター装着等によりエコドライブに取り組んでいるタイ国の運輸会社に対して JCM にすることを働きかけて、補助金を活用して PECS の販売につなげたいと考えている</p>
7	ビジネス展開による対象国・地域への貢献	<p>③健康 ⑦エネルギー ⑬気候変動</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ PECS は既存のオイルフィルターの代替利用をすることで、PM2.5 等の大気汚染物質を低減する効果があるため、深刻化するバンコク首都圏等の自動車の排気ガスによる大気環境の改善に貢献する。 ・ PECS は自動車の燃費を向上させることで、自動車の化石燃料の燃焼による CO₂ 排出量を削減して、タイの温室効果ガス排出量の削減目標の達成に貢献する。
8	本事業の概要	
①	目的	PECS 装着の効果は日本やアメリカでは既の実証されている。一方、タイでは未導入のため、PECS 装着による燃費改善・排ガス低減効果を、タイ国の民間事業者のディーゼルトラックを用いて検証する。検証結果は、PCD・DLT・BMTA・BMA 等の政府関係機関、民間のトラック・バス事業者に紹介する。タイ国の政府

対象国・地域の開発課題

	関係機関、民間事業者の PECS への理解が深まり、導入について具体的に検討して判断ができるようになる。そして、投資環境調査、ユーザーの抱える課題とニーズ・販売ポテンシャル等のマーケティング調査、PECS 組み立てに向けた部品調達調査等を行って事業計画を作成し、高林産業はタイ国への進出について具体的な経営判断を行う。
② 調査内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対象国・地域の開発課題 ・ 提案製品の現地適合性（技術面及び制度面） ・ ビジネスモデルの具体化 ・ ODA 事業計画・連携可能性
③ 本事業実施体制	<p>提案企業：</p> <p>高林産業株式会社 株式会社ターゲンテックス</p> <p>外部人材：</p> <p>株式会社 PEAR カーボンオフセット・イニシアティブ 株式会社アルメック VPI</p>
④ 履行期間	2022 年 5 月 27 日～2023 年 5 月 26 日（12 ヶ月）
⑤ 契約金額	29,992 千円（税込）

II. 提案法人の概要

1 提案法人名	高林産業株式会社 株式会社ターゲンテックス
2 代表法人の業種	[②卸売業②卸売業]
3 代表法人の代表者名	代表取締役 高林 正
4 代表法人の本店所在地	鳥取県米子市錦町 3 丁目 68 番地 6
5 代表法人の設立年月日 (西暦)	1941 年 8 月 9 日
6 代表法人の資本金	1,200 万円
7 代表法人の従業員数	3 名
8 代表法人の直近の年商 (売上高)	68,212 千円 (2021 年 6 月～2022 年 5 月期)

第1 対象国・地域の開発課題

1. 対象国・地域の開発課題

(1) 大気汚染

大気汚染物質 PM2.5 は、大気中に浮遊している粒径が 2.5 μm 以下の微小粒子の総称であり、主にディーゼル自動車のエンジン燃焼などによって発生する一次生成のものと、SOx を始めとする様々な化学物質が大気中で光化学反応等を起こすことにより発生する二次生成のものがある。

タイでは、大気質の汚染度を、天然資源環境省公害管理局（PCD：Pollution Control Department）が定めた大気質指標（AQI¹：Air Quality Index）（表 1 参照）で評価している。AQI は、PM2.5、PM10、O₃、CO、SO₂、NO₂ の 6 種類の大気汚染物質のモニタリングデータから総合的に評価する。各大気汚染物質の指標を表 2 に示す。

PCD は、AQI を PC やスマートフォンで、リアルタイムで観測データをモニタリングできるサイト Air4thai を運用している。サイトは、下記である。

<http://air4thai.pcd.go.th/webV2/region.php?region=1>

表 1 PCD の大気汚染指標（AQI）

AQI	状態	カラー	説明
0~25	大気質はとて良い。	青空	大気質はとて良い。野外活動や観光に適している。
26~50	大気質は良い	緑	大気質は良い。野外活動や旅行をすることができます。
51-100	中程度	黄	一般の人：普通に野外活動ができる 特別な健康管理が必要な人：咳、呼吸困難、目の炎症などの初期症状がある場合は、野外活動の期間を短くする必要がある。
101-200	健康に影響を及ぼし始める	オレンジ	一般の人：健康に注意する必要がある。咳、呼吸困難、目の炎症などの初期症状がある場合は、野外活動の期間を短くする必要がある。または必要に応じて自己防衛器具を使用。 特別な健康管理が必要な人：屋外で過ごす時間を短くする必要がある。または必要に応じて自己防衛器具を使用。咳、呼吸困難、目の炎症、胸痛、頭痛、不整脈、吐き気、倦怠感などの症状がある場合は、医師に相談。
201以上	健康に影響を与える	赤	誰もが野外活動を避け、大気汚染の多い地域を避けなければならない。または必要に応じて自己防衛器具を使用。健康上の症状がある場合は、医師に相談。

表 2 各大気汚染物質の大気汚染指標

AQI	PM _{2.5} (μg/m ³)	PM ₁₀ (μg/m ³)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)	NO ₂ (ppb)	SO ₂ (ppb)
	24時間平均		8時間平均		1時間平均	
0~25	0~25	0~50	0~35	0-4.4	0~60	0~100
26~50	26-37	51-80	36-50	4.5-6.4	61-106	101-200
51-100	38-50	81-120	51-70	6.5-9.0	107-170	201-300
101-200	51-90	121-180	71-120	9.1-30.0	171-340	301-400
200以上	91以上	181以上	121以上	30.1以上	341以上	401以上

PM2.5 は、呼吸器系の深部まで到達しやすく、粒子表面に様々な有害成分が吸収・吸着されていること等から健康影響が懸念されている。世界保健機関（WHO）は、屋外での PM2.5 への暴露により、心血管疾患や呼吸器疾患、および癌を引き起こし、2016 年に世界中で年間 420 万

¹ http://air4thai.pcd.go.th/webV2/aqi_info.php

人の早死を引き起こしたと推測している。WHO のガイドラインの基準値は、下記である。基準値を上回れば、PM2.5 への暴露による死亡率または罹患率を増加させ、下回れば死亡率または罹患率を減少させることが推定されるとしている²。

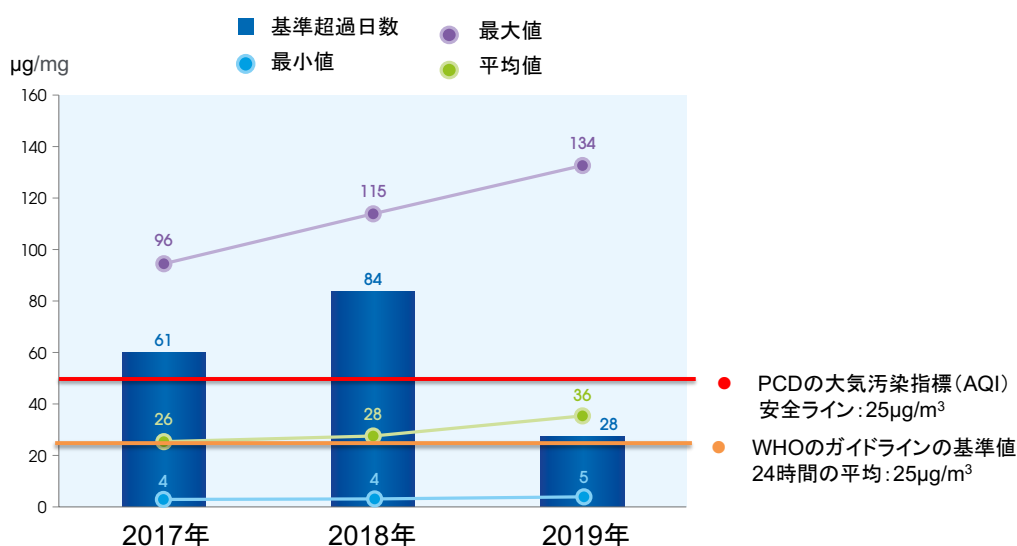
- ・ WHO のガイドラインの基準値
 - 年平均：10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - 24時間の平均：25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

PCD が作成した「バンコクとその周辺地域の PM2.5 対策と排出源研究プロジェクト」³では、PM2.5 による大気汚染の影響として、表 3 に示す世界銀行のレポート「The Cost of Air Pollution Strengthening the Economic Case for Action」⁴を紹介している。同レポートでは、2013 年には 1990 年比で、PM2.5 の増加による負の経済的インパクト (welfare losses) が 480 億 US\$、死亡者が 17,646 人増加したとしている。そして、Euro5 および Euro6 規格の導入は、PM2.5 の社会への負の経済的インパクト (welfare losses) を軽減することから大きなメリットがあるとしている。

表 3 PM2.5 による大気汚染の影響

PM2.5年平均値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		大気汚染による死亡者数		Total welfare losses		Total forgone labor output	
				百万US\$ 2011年購買力平価		百万US\$ 2011年購買力平価	
				% GDP equivalent		% GDP equivalent	
1990年	2013年	1990年	2013年	1990年	2013年	1990年	2013年
17.24	22.36	31,173	48,819	15,317	63,369	1,155	2,361
				(4.07%)	(6.29%)	(0.31%)	(0.23%)

出典：World Bank[The Cost of Air Pollution Strengthening the Economic Case for Action]



出典：国家課題推進のための行動計画「粉じん汚染の問題を解決する」, PCD

図 2 バンコク及び周辺地域の PM2.5 と基準値を超えた日数

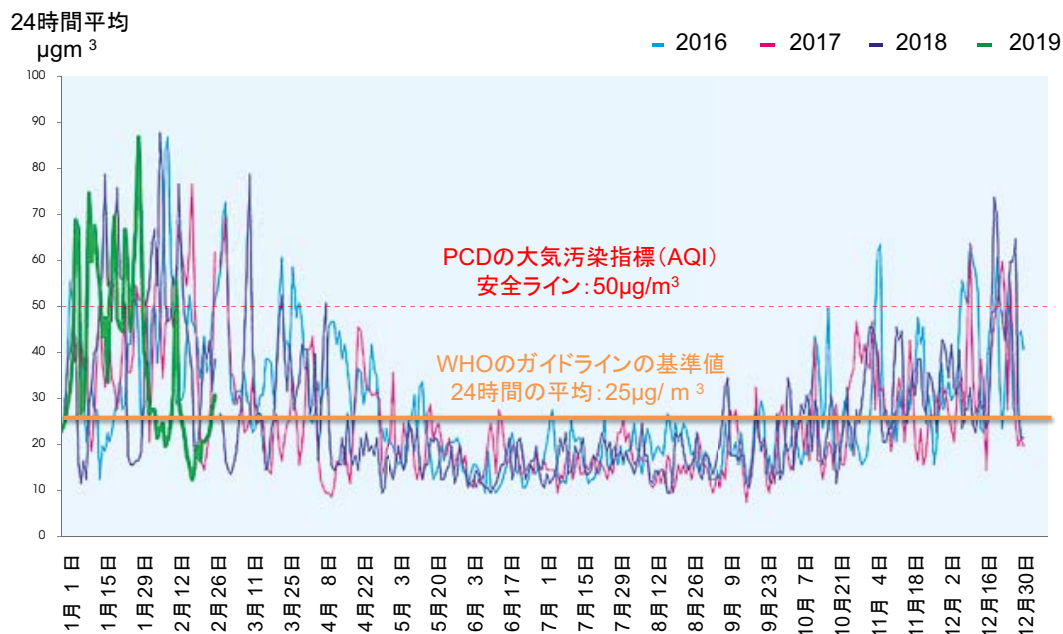
2 [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

3 <https://www.pcd.go.th/airandsound/โครงการศึกษาแหล่งกำเนิด/>

4 <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/25013/108141.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

33省の63の自動大気質モニタリングステーションによる大気質モニタリングによると、24時間平均のPM2.5が基準を超えたのは、バンコク(図2参照)、ナコンラチャシマ、コンケンなどの交通量の多い大都市エリア、および北部地域、カンチャナブリ、コンケンなどの野焼きのある地域、サラブリーなどの工業地域であった。

バンコク首都圏は、11月から3月は雨がほとんど降らない乾季であり、最も過ごし易い時期であるが、風がなく大気が循環しないことから、図3に示すようにPM2.5の基準値を大きく上回る日が散見される。



出典：国家課題推進のための行動計画「粉じん汚染の問題を解決する」, PCD

図3 2016年-2019年の日別PM2.5の24時間平均観測値(2019年)

バンコク首都圏のPM2.5の主要な発生源として、ディーゼル車の不完全燃焼による黒煙が挙げられる。保健省(MOPH: Ministry of Public Health)が作成した「PM2.5による疾病に対する医療および公衆衛生のマニュアル」⁵では、PM2.5の主要排出源がディーゼル車であると記載している。天然資源環境省(MoNRE: Ministry of Natural Resources and Environment)公害管理局(PCD: Pollution Control Department)、タイ王国警察庁、運輸省(MOT: Ministry of Transport)陸運局(DLT: Department of Land Transport)は、2019年10月から2020年9月末までバンコク都で7,101台の大型車(主にバスと大型トラック)のBlack Smoke(黒煙)検査を行い、内2,525台が基準値を超える違反車であった⁶。

深刻化する大気汚染を解消するため、トラック業界とバス業界は、ディーゼル車の黒煙対策が、喫緊の課題となっている。DLTの統計によると、表4に示すように2022年11月30日現在の自動車法に基づく車両の内、ピックアップトラックに代表される個人用トラックの内673.6万台(バンコク137.0万台)がディーゼル車である。また、バスの内10.5万台(バンコク2.3万台)、トラックの内94.1万台(バンコク11.3万台)がディーゼル車である。

5 http://envoc.dcc.moph.go.th/uploads/downloads/do_manual_PM2.5.pdf

6 <https://www.bangkokpost.com/thailand/general/2019319/one-in-three-large-vehicles-fails-police-emission-checks>

表 4 2022 年 11 月 30 日現在の陸運局登録車両の内ディーゼル車の占める割合。

	タイ			バンコク		
	登録車両数	内ディーゼル車		登録車両数	内ディーゼル車	
自動車法に基づく車両	41,955,920	11,331,291	27.0%	11,396,756	3,043,902	26.7%
内 個人用トラック	7,081,685	6,736,038	95.1%	1,489,398	1,369,689	92.0%
陸上輸送に関する法律に基づく車両	1,356,957	1,046,523	77.1%	193,626	136,186	70.3%
内 路線バス	60,281	41,400	68.7%	16,304	7,274	44.6%
内 営業バス	58,592	49,810	85.0%	15,979	12,803	80.1%
内 個人バス	13,862	13,554	97.8%	3,216	3,111	96.7%
内 バス小計	132,735	104,764	78.9%	35,499	23,188	65.3%
内 営業トラック	400,924	248,667	62.0%	93,826	57,766	61.6%
内 自家用トラック	822,679	692,791	84.2%	64,301	55,232	85.9%
内 トラック小計	1,223,603	941,458	76.9%	158,127	112,998	71.5%
合計	43,312,877	12,377,814	28.6%	11,590,382	3,180,088	27.4%

出典：陸運局企画課運輸統計グループ <https://web.dlt.go.th/statistics/>

2. 当該開発課題に関連する開発計画、政策、法令等

(1) 大気汚染

PM2.5 に起因する大気汚染の解決は、タイ政府の優先課題の一つと位置付けられ、2019 年 10 月に内閣が承認した「PM（粒子状物質）削減のための国家行動計画」において、主な発生源とされる交通、農業、工業、都市計画・建築、家庭毎に短期・長期的な行動計画が定められ、効率的かつ時宜を得た対処・取り組みを行うことが示されている⁷。

PCD が策定した、国家課題推進のための行動計画「粉じん汚染の問題を解決する」の 2.1 車両からの汚染の制御と削減のうち、車両からの排ガス対策として、以下の計画が示されている。

- 短期的な措置（2019 年～2021 年）
 - ・ 販売される硫黄分 10 ppm 以下の燃料の導入を促進するためのインセンティブ措置を講じる
 - ・ 2021 年までに新車の排出基準を Euro 5 にする
 - ・ 自動車からの排出ガスを測定するため厳格な基準と方法にする
 - ・ 毎年の車検を受けなければならない車の使用年数を減らす
 - ・ 電気自動車の生産と使用を促進する
- 長期的な対策（2022 年～ 2024 年）
 - ・ 硫黄分が 10 ppm を超えない燃料を 2023 年までに完成し、2024 年 1 月 1 日以降、硫黄分が 10 ppm を超えない燃料を義務付ける
 - ・ 新車の排出基準を Euro 6 にする
 - ・ BMTA のすべてのバスを低公害車に変更する(電車/NGV/Euro6 規格)
 - ・ 古い政府車両の乗用車への買い替えを行う
 - ・ 電気自動車の利用と公共交通機関の利用の促進・支援

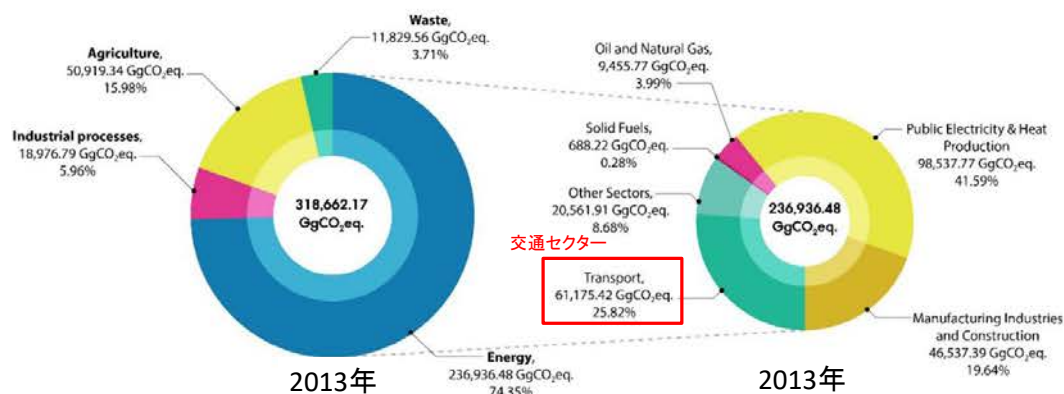
大気汚染政策には、中古車両に対する PM2.5 削減のための対策がない。タイの自動車の多くが中古車両であり、PM2.5 削減のための設備・技術の導入等の政策が求められる。

⁷ 持続的な PM2.5 予防・軽減のための大気管理プロジェクト 事業事前評価表

(2) 温室効果ガス

2030年の温室効果ガス排出量の国別削減目標（NDC: nationally determined contribution）は、地球温暖化防止の国際枠組み「パリ協定」に基づき、2050年までに温室効果ガスの実質排出ゼロを目指すための中間目標として各国に求められている。

MOTの交通政策・計画室（OTP: Office of Transport and Traffic Policy and Planning）が作成した「タイ温室効果ガス削減行動計画 運輸部門 2021-2030」では、2013年（基準年）の温室効果ガス（GHG）排出量は3億1,866万tCO₂e、内2億3,936万tCO₂eが一次エネルギーによるもので、総GHG排出量の74.35%を占める。運輸部門は6,117万tCO₂eで、一次エネルギーの温室効果ガス（GHG: Greenhouse Gas）排出量の25.82%を占める（図4参照）。

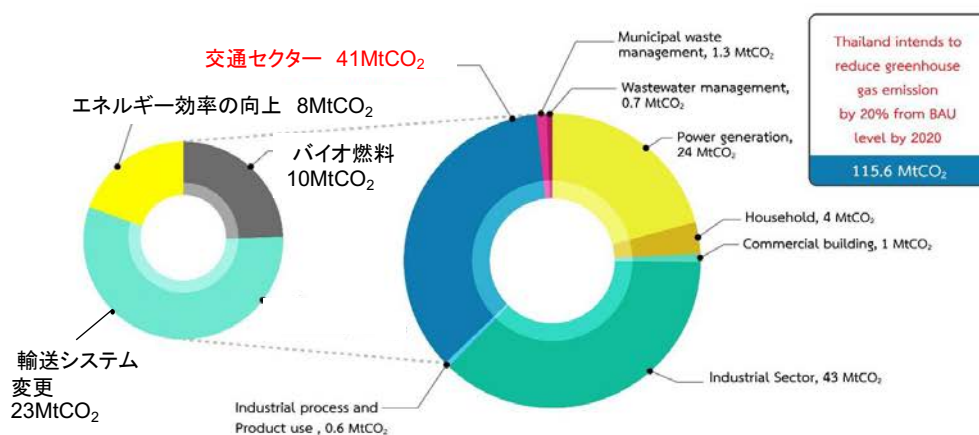


出典：OTP 「タイ温室効果ガス削減行動計画 運輸部門 2021-2030」

図4 2013年（基準年）の温室効果ガス（GHG）排出量

2017年5月23日に閣議で、NDCのロードマップであるThailand's Nationally Determined Contribution Roadmap on Mitigation 2021 – 2030が承認された。これにより、基準年の2013年に対して2030年のGHGを20%または1億1,156万tCO₂e削減する目標達成へ向けた取り組みが定められた。主要なセクターである交通セクター（運輸部門）、発電セクター、工業セクターで15の対策が講じられる。

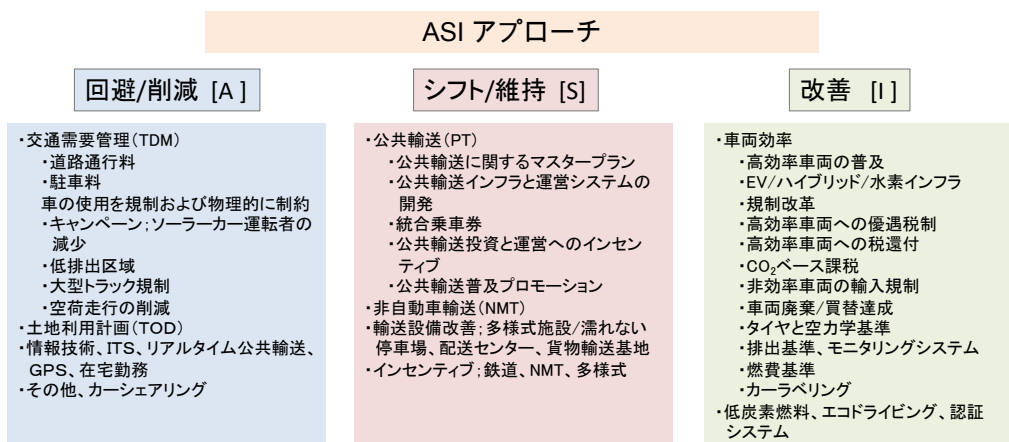
交通セクター（運輸部門）の削減目標は4,100万tCO₂eである。主要な対策はバイオ燃料が1,000万tCO₂e、輸送システム変更が2,300万tCO₂e、エネルギー効率の向上が800万tCO₂eである（図5参照）。



出典：OTP 「タイ温室効果ガス削減行動計画 運輸部門 2021-2030」

図5 2030年のGHG削減割合

運輸部門の GHG 削減への具体的なアプローチを図 6 に示す。改善 [I] に車両効率が挙げられており、燃費向上へ向けた具体的な政策の策定に期待したい。



出典: OTP 「タイ温室効果ガス削減行動計画 運輸部門 2021-2030」

図 6 運輸部門 GHG 削減へのアプローチ

運輸部門のうち車両関係の対策は下記である。

- 運輸部門のエネルギー効率の改善と開発
 - ・自家用車のエネルギー効率の向上
 - ・自動車の CO₂ 排出量(直接燃料消費を反映)に基づく物品税率の改善
 - ・二輪車の CO₂ 排出量(直接燃料消費を反映)に基づく物品税率の改善
 - ・CO₂ 排出量に応じた(燃料消費率に直接反映)年間自動車税率の改善
 - ・電気自動車の拡大
- 市内のバスの効率化
 - ・電気バス 35 台の調達と充電ステーションの建設 ハイブリッドバス 1,453 台を調達
 - ・ハイブリッドバス 400 台のリース(7年)

(3)省エネルギーの推進

2015年に、省エネルギー政策である「エネルギー効率化計画 2015-2036 (EEP2015)」が策定された。2036年にエネルギー原単位を2010年比でBAU ケース (business-as-usual: 対策を実施しなかったケース) から30%低減させる目標で、最終エネルギー消費量(2036年標準ケース)187,142ktoe⁸を131,000 ktoe まで56,142ktoe 削減する。達成するためには、運輸交通部門の車両の燃費向上が課題である。

運輸部門の省エネ対策は下記の通りである。

- ・運輸部門の燃料価格を規制して、実際のコストを反映させる。456ktoe のエネルギー削減に相当。
- ・自動車物品税の財務省の見直し。-27%、13,731 ktoe のエネルギー削減に相当。
- ・石油の輸送の効率を高める、パイプラインで輸送するシステム。年間約4,000万リットル、34ktoe エネルギー削減に相当。
- ・交通と運輸のシステムを車両から鉄道に切り替える運輸省の政策と計画。-78%、9,745 ktoe のエネルギー削減に相当。
- ・電気自動車の使用を支援。1,123 ktoe のエネルギー削減に相当。
- ・エネルギー省による、機器の変更などの支援を行う。-10~-12%、3,633 ktoe のエネルギー削減

⁸ 1 toe (石油換算トン)=41.868 GJ

に相当。

- ・省エネ運転(ECOドライブ)。-25%、1,491ktoe のエネルギー削減に相当。

エネルギー省による機器の変更などの支援を行うことが記載されている。エネルギー省は中古車両に対する燃費改善のための設備・技術の具体的な政策が求められる。

3. 当該開発課題に関連する我が国の国別開発協力量針

・経済協力量針

- ・重点分野(中目標) (1) 持続的な経済の発展と成熟する社会への対応
(2) ASEAN 域内共通課題への対応
- ・関連する協力プログラム: 技術協力プロジェクト「持続的な PM2.5 予防・軽減のための大気管理プロジェクト」

4. 当該開発課題に関連する ODA 事業及び他ドナーの先行事例分析

(1) 我が国の ODA 事業

① 技術協力プロジェクト「持続的な PM2.5 予防・軽減のための大気管理プロジェクト」

JICA は、2022 年 2 月 25 日、バンコクにて、タイ王国政府との間で、技術協力プロジェクト「持続的な PM2.5 予防・軽減のための大気管理プロジェクト」に関する討議議事録(Record of Discussions: R/D)に署名した。

同事業は、タイのバンコク都及びその周辺県において、PM2.5 による大気汚染の発生源インベントリ(地点別、物質別の大気汚染物質発生量の情報)を改善し、気象・地理的条件との関係を踏まえたシミュレーションモデルを構築することで、汚染構造評価能力を強化し、PM2.5 による大気汚染のより効果的な予防・軽減対策の立案・実施を目指し、またタイ国内及び周辺諸国に知見の普及を行うものである。SDGs(持続可能な開発目標)ゴール 11(住み続けられるまちづくりを)に貢献する。

カウンターパートは、天然資源環境省公害管理局(MONRE/PCD)である。総事業費(日本側)は約 2.7 億円、事業実施期間、2022 年 4 月~2025 年 4 月を予定(計 3 か年)を計画している。

事業概要は下記の通りである。

上位目標: タイにおける適切な PM 汚染予防・軽減のための対策を通じて、PM2.5 の持続的な管理が促進される。

【指標及び目標値】発生源インベントリ、シミュレーションモデル、PM2.5 予防・軽減のための対策に係るプロジェクトが提案した計画が実施される。少なくとも計画の一部が実施される。

プロジェクト目標: PM2.5 汚染予防・軽減のための対策に係る PCD の能力が強化される。

【指標及び目標値】

- 1.パイロット地域の改善された発生源インベントリが、パイロット地域の PCD 及び地方・県事務所による PM2.5 汚染予防・軽減のための計画・対策の分析・策定 に活用される。
2. MONRE が、全国を対象とした発生源インベントリの改善に係る提案について対応を始める。
3. MONRE が、シミュレーションモデルの更なる実施チームのための計画案について対応を始める。
4. MONRE が、PM2.5 汚染予防・軽減のための政策・対策に係る提案について対応を始める。

成果

成果 1:パイロット地域における PM 発生源インベントリが改善される。

成果 2:パイロット地域における大気質管理のための予備的なシミュレーションモデルが構築される。

成果 3:パイロット地域の汚染構造の評価に関する能力が強化される。

成果 4:PM 汚染予防・低減のための政策・対策を策定・評価する能力が強化される。

成果 5:パイロットエリアでの能力強化活動の成果を、他県の能力強化のために共有する。

成果 6: 知見・経験をメコン諸国に広める。

活動

成果 1 発生源インベントリ

- ・パイロット地域の発生源インベントリについて、成果 2 のシミュレーションモデルの入力データとして活用するために必要な改善を行うため、課題の整理・優先課題の特定に基づいて、現地の専門家も活用し技術的な改善を行う。
- ・タイ全国を対象とした発生源インベントリについて、MONRE/PCD が開発している既存のウェブベースの発生源インベントリのレビューを行い、改善に向けた提言を取りまとめる。

成果 2 シミュレーションモデリング

- ・現地の専門家を活用しパイロット地域の予備的なモデルシミュレーションを行うため、その準備（計算領域の設定、対象となる計算期間の設定、対象となる発生源の検討・決定等）を行い、予備的なモデルシミュレーションを実施する。
- ・モデルシミュレーション結果の評価・分析として、大気質モニタリングデータを使いシミュレーション結果を解析し、PM2.5 濃度の季節変動・日内変動・空間分析の基礎情報をまとめるとともに、発生源寄与推計の簡易分析を行う。
- ・シミュレーションモデル活動を実施するためのガイダンス、制度的取り決め、計画案を検討・取り纏める。

成果 3 汚染構造の解明

- ・研究機関・日本タイクリーン・エア・パートナーシップ(JTCAP)等の関連プロジェクトによるパイロット地域における汚染構造評価に関する最新の研究の進捗等を確認し、シミュレーションモデルの結果・モニタリングデータ・既存の研究結果を踏まえ、パイロット地域の PM2.5 汚染構造の季節変化、高濃度観測事例、発生源寄与、主要な汚染源の分析を行う。

成果 4 PM 汚染予防・軽減のための政策及び対策

- ・国・地域レベルおよびパイロット地域の既存の PM 汚染対策のレビューを行い、課題を取りまとめる。
- ・成果 3 の検討対象となった政策及び対策をレビューし、シミュレーションモデルを用いた評価を行う対策等を選定し、シミュレーションモデルを使いその対策の評価を行う。また、費用対効果の観点からパイロット地域の PM 汚染対策に係る政策・対策の効果を評価する。
- ・パイロット地域における PM 予防・削減のために注力すべき対策等の提案を取りまとめ、県政府・関係省庁に共有する。

成果 5 能力向上のための他県への情報共有

- ・MONRE 地方事務所・パイロット地域の MONRE 県事務所・県政府を対象とした PM 汚染対策の能力強化のための研修計画・カリキュラム・教材を作成し、研修を実施する。
- ・他県への普及のためのセミナーを実施する。

成果 6 メコン諸国での知見・経験の共有

- ・PM 汚染予防・軽減のための政策・対策に関する大気質管理に係る知見・経験の共有のための資料を作成し、メコン諸国を対象としたワークショップ開催の準備をするとともに、環境関連の国際会議・政策対話等で本プロジェクトの活動を紹介する。

成果 4 で既存の PM 汚染対策のレビューを行うとあるが、運輸交通部門においては、中古車両に対する具体的な技術面・設備面での対策（アクションプラン）が無い。中古車両の、特にディーゼル車の PM2.5 が喫緊の課題であり、中古車両の PM2.5 削減のための設備・技術の導入等の政策を提言することも必要であると考ええる。

同じく、成果 2 の「パイロット地域における大気質管理のための予備的なシミュレーションモデルが構築される。」とあるが、中古車両の、特にディーゼル車の PM2.5 対策も含まれるシミュレーションモデルが必要であると考ええる。

② 「タイ国バンコク都気候変動マスタープラン 2013-2023 実施能力強化プロジェクト」

首都バンコクの地方行政を担当するバンコク首都圏庁(BMA:Bangkok Metropolitan

Administration)は、JICAの技術協力プロジェクトの下で「2013年から2023年までのバンコク都気候変動マスタープラン」の策定を行い、2015年7月にBMA知事により承認がなされた。同マスタープランでは1)持続可能な交通対策、2)省エネ・再エネ対策の促進、3)廃棄物・排水分野の対策、4)都市緑化、5)適応計画が対象となっている。

「バンコク都気候変動マスタープラン 2013-2023」の実施にあたっては、BMA 内部のセクター間連携に加え、国レベルでの上位政策との整合性確保や BMA 外の関連機関との連携が課題となっている。そこで、JICA では、同マスタープランに規定される、交通、エネルギー、廃棄物・排水処理、都市緑化、適応策の5分野において、気候変動対策に係る実施能力、制度体制の強化を図り、バンコク都の低炭素でレジリエントな発展に寄与することを目指して、2017年12月から、2022年12月まで「バンコク都気候変動マスタープラン 2013-2023 実施能力強化プロジェクト」を実施した。

同事業の継承として、環境省の令和4年度脱炭素社会実現のための都市間連携事業「バンコク気候変動マスタープランに基づくカーボンニュートラル実現 ～公民連携プラットフォームによる緩和政策・プロジェクトの推進～」が、2022年6月スタートした。同事業は、バンコク都におけるエネルギーセクターアクションプランの策定や、公民連携プラットフォームの強化・活用を図ることで、省エネルギー・再エネルギー関連事業の創出を目指す。実施主体は、一般社団法人海外環境協力センター(OECC)。共同実施者は、一般社団法人 YOKOHAMA URBAN SOLUTION ALLIANCE(YUSA)、(株)ファインテック、東京センチュリー(株)、横浜市である。

バンコク首都圏のディーゼル車に PECS を装着して燃費を向上させて省エネ化を行うことは、都市間連携事業の省エネの具体的なプロジェクトと言える。都市間連携事業と情報交換等、連携を図っていきたいと考えている。

(2) 他ドナーの先行事例分析

他ドナーの先行事例として、下記の活動が行われている。現時点の情報収集では他ドナーとの連携や相乗効果が見込まれる情報まで収集することができなかった。事業化に向けて他ドナーの動向を調査することは重要であり、引き続き情報収集を進める。

国連アジア太平洋経済社会委員会 (UNESCAP) は、タイの主要都市(バンコク、チェンマイ、ナコンシータマラート等)において大気汚染調査を実施中であり、大気汚染の主な原因は焼き畑・森林火災であり、これらの改善の必要性を指摘している。

国連環境計画 (UNEP) は「短寿命気候汚染物質削減のための気候と大気浄化の国際パートナーシップ」の一環として、バンコク市内での内水交通機関の排出インベントリ構築プロジェクトを2020年に実施している。

フランス開発庁(AFD)は、「Regional Program for Air Quality Improvement in South-East Asia」という地域プログラムを2022年より実施予定で、天然資源環境省 PCD とチェンマイ県に対して発生源インベントリに基づく排出特性の解明、自動車排ガス粒子の化学成分測定に基づく特徴解明等の技術的支援およびトレーニングを予定している¹⁰。

米国国際開発庁(USAID)は、地域支援プロジェクト「セルビル・メコン(SERVIR Mekong)」の一環として、米国航空宇宙局(NASA)とともに近隣メコン諸国の大気質の予報サイト「Mekong Air Quality Explorer」の設置・運用のため天然資源環境省 PCD を支援している¹⁰。

10 持続的な PM2.5 予防・軽減のための大気管理プロジェクト 事業事前評価表

第2 提案法人、製品・技術

1. 提案法人の概要

(1) 企業情報

① 高林産業株式会社

高林産業株式会社（以下、高林産業）は、1912年4月に創業、鳥取県米子市に本社を置き、グループ企業の高林機材株式会社、高林鉄道資材株式会社、高林通商株式会社（以上、本社：鳥取県米子市）、高林商事株式会社（本社：鳥根県安来市）の管理会社と新規事業や新規取扱商品の調査や研究を行っている会社である。グループ全体で、年商28億円、従業員38名、鳥取県の中堅企業である。環境ビジネスに進出し、その一環として、PECSの販売に力を注いできた。

② 株式会社ターゲントックス

株式会社ターゲントックス（以下、ターゲントックス）は、代表取締役中村幸司が永久磁石式オイルフィルターPECSを開発、1988年1月21日には西ドイツ、1990年8月16日には日本特許を取得。PECSの製造、販売を行うために、1991年3月に創業した。

(2) 海外ビジネス展開の位置付け

高林産業は、商社からものづくり企業への転換を図っている。高林産業、ターゲントックスともに営業力は小さい。鳥取県産業振興機構の支援により、2016年、2018年の環境展にPECSの出展を行なうなど、2010年から地道に自動車メーカーやカー用品店や修理工場等にPECSの販売を試みたが、契約に至らなかった。オイル消費量が減って販売量が減る等、PECS販売による他商品の販売減が原因ではないかと推察している。ローバーミニ・クラシックミニ専門店『キャメルオート』¹¹等の固定顧客も開拓したが、PECSの国内販売は伸び悩んでいる。

タイをはじめとするアジア諸国では、古い中古車が走っており、大気汚染の元凶ともなっている。特に、タイ国ではバンコク首都圏のトラック・バス等のディーゼル車の排気（黒煙）による大気汚染問題が顕在化していることから、PECSのニーズが高いと判断し、海外展開を行うこととした。

JICAが期待する「民間企業の製品・技術の活用が期待される課題」に、「ディーゼル車両や自家用車の排気ガスから粒子状物質（PM：Particulate matter）を減らすことができる技術」が記載されている¹²。PECSは、永久磁石で微細な金属摩耗粉を吸着して除去し、カーボンの発生を抑制することによりPMを減らすことができる。タイでは乗用車以外の車両（バス・トラック等）に年限が設定されていないため、車両の多くが経年車であり、燃費効率が悪く、大気汚染の一因となっており、CO₂の排出量も多いためPECSのニーズが高いと判断した。

また、タイの車検制度は、バス・トラックなどの大型ディーゼル車両は、新車登録を行った初年度から年1回の車検が義務付けられているが、日本と異なり整備が義務付けられていない。未整備の車が多く、燃費効率が悪く、黒煙を排気する車も多く、大気汚染の一因となっており、PECSのニーズが高いと判断した。

2. 提案製品・技術の概要

(1) 提案製品・技術の概要

【提案製品】

自動車エンジン用永久磁石式オイルフィルターPECS（Power up and Economic Clean Systemの略）は、自動車のエンジンオイルをクリーンに保つことができるオイルフィルターで、ターゲントックスが開発した。通常のオイルフィルターと比較し、濾紙を使用せず、永久磁石により金属粉末を吸着し、カーボンの発生を抑制し、エンジンオイルをクリーンに保つことができる。エンジン部分にPECSを装着した時の断面写真を写真1に示す。

11 https://camel-auto.co.jp/oilfilter_pecs.html

12 課題シート No. 02-018-0028: <https://minkanrenkei.jica.go.jp/area/card/26067/cdXk14/M?S=ldobta0men0k>

2003年に「濾紙を使用しない永久磁石によるオイルフィルター」として特許を取得している（特許番号.S.A No6270667 CHINA No.ZL.9619911.X EPO No.0873774 KOREA No.0386823 JAPAN No.3378942）。



写真1 エンジン部分にPECSを装着した時の断面写真

【エンジンオイルの役割】

エンジンオイルの主な役割は、以下の7つである。これらの役割で、エンジンのコンディションを長く良い状態で保つことが出来る。PECSを用いることによりエンジンオイルの効果を最大化、長期化させることが可能である。

- ① 潤滑作用：車の動力源となるエンジン部分は、多くの金属製部品から構成されている。エンジンオイルは、これら構成部品の接触面に油膜を作ることにより摩擦を軽減し、各部品を保護する役割。
- ② 密閉作用：油膜を形成することによってピストンとシリンダー間の密閉性を高める役割。
- ③ 冷却作用：燃焼時の熱を持ち去って放熱して冷却する役割。クランクシャフトと軸受けカムシャフトと軸受け等で二次摩耗発生時の金属粉等の熱を吸着しオイルパンにもどり、軸受けの焼付きなどを防止する。
- ④ 洗浄分散作用：油膜面ができないタイミングチェーンとスプロケット、タイミングギア、カムとカムホロワー等から微小な鉄粉が駆動時には常時発生しオイルと共にオイルパンにもどり、オイルポンプにより、濾紙のフィルターを通過し、油膜面のできる部位（ピストンリングとシリンダー、クランクシャフトと軸受け、カムシャフトと軸受けの間隙に入り込み、二次摩耗を発生し、この時微粒子の摩耗粉が発生時の熱により、オイル分子のカーボンが連鎖状になっている部分に触れクラッキングが生じ、カーボンが析出する。このカーボンが繰返し高熱に触れながらカーボンの塊になる。この塊になるのを防止分散するために、清浄分散剤がブレンドされている
- ⑤ 緩衝作用：エンジンの摺動部、回転部等の油膜面が常に滑らかになることにより油膜が形成され、メカニカルノイズを低減する役割。
- ⑥ 酸中和作用：燃焼時に発生した酸化物質のpHを中和する役割。
- ⑦ 防錆作用：油膜形成によるエンジンの防錆する役割。

エンジンオイルは、上記①～⑤の過程において、カーボン、金属粉により汚れ、エンジンオイルの作用が劣化する。そのため、エンジンオイルの定期的な交換は、重要なメンテナンスである。自動車メーカーでは、エンジンオイルの交換時期を、走行1万～1万5,000km、または1年と指定している車種もある。

【エンジンオイルフィルターの役割】

濾紙式エンジンオイルフィルターは、エンジンオイルをクリーンに保つための装置で、カーボンによる汚れや異物を捕捉する効果がある、と称されて装着されているが、十分な効果が発

揮されていない。それは、微細な鉄粉（一次金属摩耗粉）を濾紙式エンジンオイルフィルターが捕捉できないからである。二次金属摩耗粉とオイルが接触カーボンの発生メカニズムを図7に示す。

- ① オイルが新油であっても、タイミングギア、タイミングチェーンとスプロケット、カムとカムホロワーなど、油膜のできない部分（線接触の移動）で金属の接触により鉄粉が発生（一次摩耗粉という）する。これらの一次摩耗粉は、濾紙のフィルターでは吸着できず、クランクシャフトと軸受け、カムシャフトと軸受け、シリンダーとピストンリング等の油膜面が生じる部分に入り込み、二次摩耗粉を生じる。一次、二次の金属摩耗粉は、接触時には高温（700~800℃）で、これらに触れたオイル分子がカーボン（C）が炭化して黒くなる。
- ② オイルが、高温の二次金属摩耗粉に接触してペーパー（蒸気）になると、ブローバイガスの一部となり、EGR システムで燃焼室で燃焼するときに、気化された燃料のほうが燃えやすいため、残存の未燃焼のオイルペーパーは燃焼室の高温により、カーボン(C)が析出され排出される。これが、環境汚染物質のPM2.5の発生状況である。



図7 二次金属摩耗粉とカーボンの発生メカニズム

【PECSの概要】

ターゲンテックスが開発した PECS は、永久磁石の配列を特殊な構造にしてあり、エンジン内部を循環しているエンジンオイルが全て磁石の小さな窓から入り、通過する構造となっている。永久磁石で微細な金属摩耗粉を吸着して除去し、カーボンを発生しないことにより、エンジンオイルをクリーンに保つオイルフィルターである。永久磁石の強力に反発しあう磁力線を、オイルが通過することにより、微細な金属摩耗粉（鉄と微粒子の状態）で擦られて帯電したアルミや銅などの金属）を殆ど吸着・除去する（図8参照）。

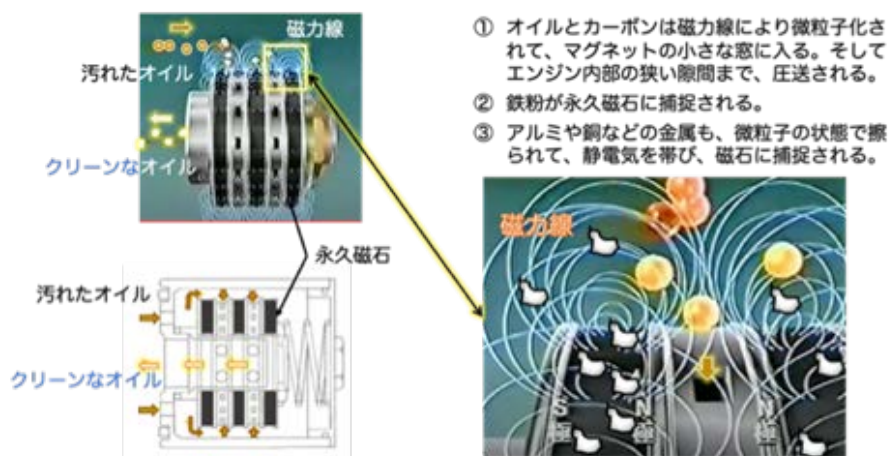


図8 PECSの金属捕捉のメカニズム

そして一次金属摩耗粉を吸着除去することで、二次金属摩耗粉の発生が抑えられ、結果としてカーボンの発生を抑制する。さらに、ピストンリングとシリンダーの機密性が良くなり、ブローバイガス13の混入がなくなり、エンジンオイルが汚れることを抑制する効果がある。クラウンの2500cc 4WDの車両に走行10万km時にPECSを装着し、30万km走行時に取り外した状態の写真を写真2に示す。

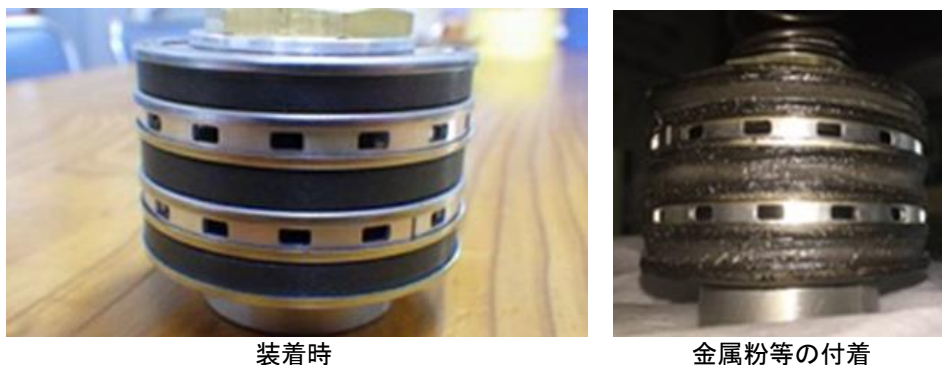


写真2 PECSにより金属粉捕捉

【PECSの優位性】

一般的に使われているフィルターは、紙を素材とした（針葉樹を伐採したパルプから製造した）濾紙式オイルフィルターで、オイル中の汚れの成分を濾紙で吸着する方式である。この方式は、40～数ミクロン以下の微細な金属摩耗粉を吸着処理できない。PECSと濾紙式オイルフィルターそれぞれの構造を図9に、違いを図10に示す。濾紙式オイルフィルターと互換性があり、自動車の改造は不要である。また、約10万kmまで走行した後に取り外し、簡単に洗浄して再使用できる。その際にガスケットとゴム部品の交換が必要である。

オイルフィルターは、日本、アメリカ等諸外国では、自動車の保安部品でないため、装着に許認可が不要である。



図9 PECSと濾紙式オイルフィルター

13 ブローバイガスは、燃焼行程で高圧となった燃焼ガスや未燃焼の混合気がピストンリング（コンプレッションリング）のシール能力を超えて間隙からクランクケースに漏れ出したものである。



図 10 PECS と濾紙式オイルフィルターとの違い

3. 提案製品・技術の現地適合性

(1) 現地適合性確認方法

① 概要

PECS のタイの中古車両に対する技術の適合性を評価するために、燃費、自動車排ガス（黒煙（Black Smoke））、エンジンオイル性状のテストを行った。対象車両は、バンコクの民間輸送事業者（V-Serve Transport Ltd.）が保有・運行する表 5 に示す大型トラック（トレーラー）2 台（写真 3、写真 4 参照）、ピックアップトラック 2 台（写真 5 参照）とし、PECS 装着前と装着後の燃費、排ガス（黒煙）、エンジンオイル性状を測定した。テスト期間は 2022 年 7 月から 2022 年 12 月である。なお、これらの車両は基本的にはバンコク首都圏内を走行している。



写真 3 テスト車両・トレーラー



写真4 トレーラーへのPECS装着



写真5 テスト車両・ピックアップトレーラー

表5 テスト対象車両

	トレーラー (T091)	トレーラー (T092)	ピックアップトラック (P708)	ピックアップトラック (P711)
プレート No.	65-1091	65-1092	2輪車 708	2輪車 711
登録日	1 May 2019		29 May 2020	
燃料	Diesel		Diesel	
車両タイプ	Towing truck (trailer)		Pickup truck (wagon)	
メーカー	HINO		TOYOTA	
モデル	FN1AK1B-SHT		Hilux Revo	
シリンダー数	6		4 (2,393 cc.)	
馬力	344		150	
出力	253		-	
自動車重量 (kg)	8,000		2,000	
荷重 (kg)	17,000		850	
総重量 (kg)	25,000		2,850	

② テストスケジュール

表 6、表 7 に示すスケジュールで燃費、排ガス（黒煙）、エンジンオイル性状の測定を実施した。走行距離を表 8 に示す。

表 6 テストスケジュール

	項目	実施日
PECS 導入前	黒煙測定(1回目): WITHOUT PECS (現状)	2022/7/16
	エンジンオイル交換	8/20
	エンジンオイル分析(1回目): オイル交換直後	
	通常走行(表 8 P1)	8/20-9/24
	黒煙測定(2回目): WITHOUT PECS(表 8 P1 後)	9/24
	エンジンオイル分析(2回目): WITHOUT PECS(表 8 P1 後)	
	エンジンオイル交換	
PECS 導入後	PECS インストール	
	エンジンオイル分析(3回目): オイル交換直後	
	通常走行(表 8 P2)	9/24-10/29
	黒煙測定(3回目): WITH PECS(表 8 P2 後)	10/29
	エンジンオイル分析(4回目): WITH PECS(表 8 P2 後)	
	エンジンオイル交換	
	エンジンオイル分析(5回目): オイル交換直後	
	通常走行(表 8 P3)	10/29-12/10
	黒煙測定(4回目): WITH PECS(表 8 P3 後)	12/10
	エンジンオイル分析(6回目): WITH PECS(表 8 P3 後)	

表 7 テストスケジュール

	2022年							2023年			
	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	
現地調査				14 7日間	20			11 7日間	17	30 12日間	10 7
PECSの現地適合性調査 ・試験結果の分析・評価(国内調査)											
遠隔実施によるPECSの現地適合性調査 (大学にサポートを再委託)	5/30									12/10	
民間トラック業者走行・燃費測定				8/20 12日間	9/24 23日間	10/29 7日間		12/10 29日間			
トラックの選定											
PECS装着											
オイル交換				8/20	9/24	10/29					
Black Smoke 試験			7/16		9/24	10/29				12/10	
・PECS装着前&オイル交換前											
・PECS装着前&第1回走行テスト後											
・PECS装着後&第3回走行テスト後											
・PECS装着後&第2回走行テスト後											

表 8 走行距離

車両	期間	走行距離(km)	備考
ピックアップトラック P708	p1	3,059	PECS 装着前
	p2	4,637	PECS 装着後
	p3	3,800	PECS 装着後
ピックアップトラック P711	p1	3,754	PECS 装着前
	p2	3,898	PECS 装着後
	p3	2,443	PECS 装着後
トレーラー T091	p1	7,653	PECS 装着前
	p2	5,738	PECS 装着後
	p3	5,873	PECS 装着後
トレーラー T092	p1	6,745	PECS 装着前
	p2	7,588	PECS 装着後
	p3	6,197	PECS 装着後

③ 燃費の測定方法

各車両の燃費は満タン法により測定した。ドライバーが給油の度に満タンにし、給油量及びオドメーターの走行距離を記録した。ドライバー用のモニタリングシートを図 11 に示す。これにより PECS 導入前及び導入後の燃費を算定した。

หน้าที่ (page no.): ____

แบบฟอร์มการบันทึกข้อมูลระยะทางการวิ่งและการเติมน้ำมัน
Monitoring sheet

ประเภทพวง (Vehicle Type):
 เลขป้ายทะเบียน (License Plate No.):
 ชื่อคนขับ (Driver Name):

*กรุณาเขียนตัวบรรจงให้สามารถอ่านด้วยกล้องได้ชัดเจน

(0) วันที่ Date	(1) สถานที่และ เวลาที่เริ่ม การวิ่ง Origin and starting time	(2) เลขชั่งไมล์ ณ จุดเริ่มต้น การวิ่ง (กม.) Odometer at origin (km)	(3) น้ำหนัก บรรทุก (กม.) /ระดับการ บรรทุก Weight of load (kg)/ load level	(4) สถานที่และ เวลาที่จุด ปลายทาง Destination and arriving time	(5) เลขชั่งไมล์ ณ จุด ปลายทาง (กม.) Odometer at destination (km)	(6) ปริมาณ น้ำมันที่เติม เต็มถัง (ลิตร) Amount of fuel fill-up (liter)

คำแนะนำในการบันทึกแบบฟอร์ม:

1. บันทึกแบบฟอร์มทุกเที่ยวการเดินทาง (ไป หรือ กลับ) โดยจะต้องบันทึกน้ำหนักบรรทุกหรือสัดส่วนการบรรทุกและชั่งไมล์ ณ จุดเริ่มต้นและจุดปลายทางทุกครั้ง และหากจุดปลายทางมีการเติมน้ำมันให้บันทึกปริมาณน้ำมันที่เติม (หน่วยเป็น ลิตร) ทุกครั้ง และโปรดระบุให้ชัดเจนหากเป็นการเติมน้ำมันแบบเติมถัง
2. ก่อนเริ่มการทดสอบและสิ้นสุดการทดสอบต้องเติมน้ำมันให้เต็มถัง (ระยะเวลาการทดสอบประมาณ 1-1.5 เดือน)
3. ให้นำปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงและเปลี่ยน (หรือค่าความสะอาด) ได้ก่อนน้ำมันก่อนเริ่มการทดสอบทุกครั้ง (ระยะเวลาการทดสอบประมาณ 1-1.5 เดือน)

図 11 ドライバー用モニタリングシート

④ 黒煙の測定方法

MoNRE は 2019 年に圧縮着火エンジンを使用した自動車の黒煙の測定基準を示した。オパシメータ（透過率測定）を用いて黒煙を測定する場合には、3 回の測定を行う。それらの差が 5% を超える場合には、それらの測定を無効とし、5%以下となるまで測定を繰り返す。有効な 3 回の測定値の平均値を測定結果とする。

テールパイプ中の黒煙は、オパシメータを用いて測定した。PECS 導入前及び PECS 導入後に計 4 回の測定を実施し、PECS 導入の効果を確認した。

測定機器は Partial Flow Smoke Opacity Meter (Wager USA 8500)（写真 6 参照）であり、測定はバンコクの環境計測会社である Envilab が実施した。測定方法は、MoNRE の通達に記載された方法に従った。車両のギアをニュートラルにし、エアコン等をオフにした状態でアクセルを徐々に踏み込み、エンジン回転数を上げた状態で実施した（写真 7 参照）。各車両各回について 3 回の測定値の平均とした。



写真 6 黒煙の計測機器



写真 7 黒煙テスト

⑤ エンジンオイルの測定方法

エンジンオイルはサンプリングの後、バンコクの環境測定会社である FOCUSLAB で分析を行った。エンジンオイルの測定項目を表 9 に示す。新油、PECS 導入前（0km 走行/オイル交換直後、約 7,000km 走行後/オイル交換直前）、及び、PECS 導入後（0km 走行/オイル交換直後、約 7,000km 走行後/オイル交換直前、約 7,000km 走行後/オイル交換直後、約 14,000km 走行後）の 7 回の測定を実施し、PECS 導入の効果を確認した（写真 8 参照）。

表 9 エンジンオイルの測定項目

項目	測定成分等	測定手法
金属成分	微細摩耗金属(鉄、銅、アルミニウム、モリブデンなど 10 種類)	ASTM D5185
	粗粒摩耗金属(同上)	ASTM D5185
	PQ Index(Particle Quantifier Index)	ASTM D8184
オイル状態	酸化	ASTM D7414
	ニトロ化	ASTM D7624
	動粘度 100°C	ASTM D445
	塩基価	ASTM D4739
コンタミネーション	水	ASTM E2412
	すす	ASTM E2412
	グリコール	ASTM E2412
	シリコン	ASTM D5185
添加物	ホウ素、マグネシウム、カルシウム、リン、亜鉛	ASTM D5185



写真 8 エンジンオイルのサンプリング

(2) 現地適合性確認結果（技術面）

① 燃費

燃費の測定結果を図 12 と図 13 に示す。図中の p1、p2、p3 は測定期間を指し、各期間の走行距離は、表 8 に示す。PECS 導入によりピックアップトラック P708 で燃費が良くなっている傾向がみられるが、その他では燃費の改善効果が見られない。その要因は、以下のとおり考えられる。

- 1) 走行条件の相違により、燃費が異なる。それを極力平滑化するために、ベースラインと PECS 導入後でできるだけ走行期間を長く取る必要がある。過去の他の測定試験においては、より長い距離（例えば数万～数十万 km）を走行した場合に PECS の効果が確認されている。本試験での走行距離では未だ短く（最大約 14,000km）、今後さらに走行を継続することで燃費向上が期待される。
- 2) 過去の他の測定試験においては、より古い車に PECS の効果が確認されている。今回のテストに用いた車両はいずれも 2019 年から 2020 年に登録された車両で非常に新しく、整備が行き届いている車両である。そのため、エンジン内の状態も比較的良く PECS の効果が出にくい条件の可能性がある。バンコクでは車齢の古いバスなどが数多く走行しているため、今後はそのような古い車両を対象にして測定を行うことで燃費改善効果が検証できる。

なお、CO₂ 排出量については燃費と同様の傾向となる（今回の試験ではピックアップトラック P708 でのみ効果が認められる）。

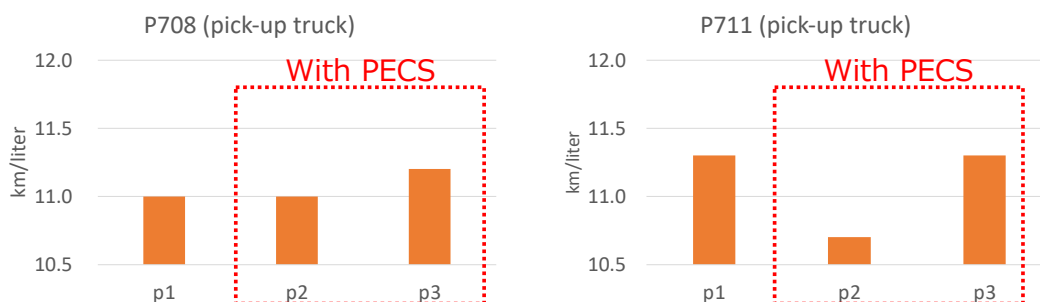


図 12 燃費の測定結果（ピックアップトラック）

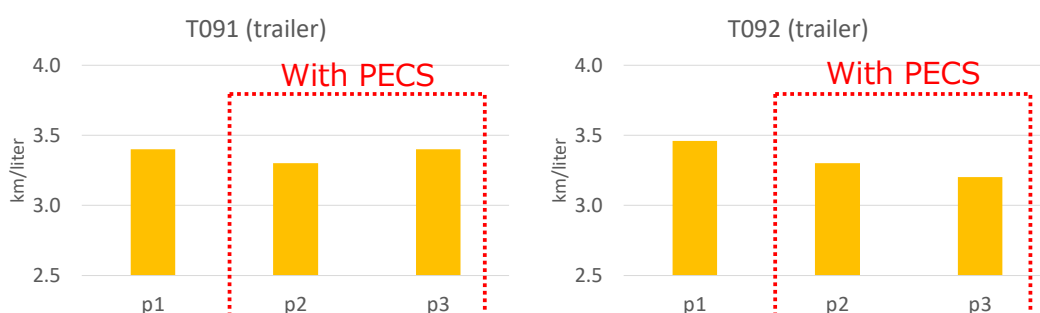


図 13 燃費の測定結果(トレーラー)

② 黒煙

黒煙の測定結果を図 14、図 15 に示す。図中の km は黒煙計測前の走行距離である。

PCD の規定では、Opacity Method（光透過式）方式で測定し、全てのディーゼル車両については基準値は 30% である。PECS 装着後は、測定値が 1% 未満であり、ディーゼル車の黒煙対策として極めて効果的な装置であることが確認された。

PECS 導入により、いずれも黒煙濃度が非常に大きく減少している。黒煙濃度の減少率は、ピックアップトラックが 86%、トレーラーが 81%であり（いずれも 2 台の平均値）、ほぼ同程度の減少が確認された。これらの結果から、PECS の装着によってエンジンオイル中の摩耗金属等がオイル中から効果的に除去され、エンジンの潤滑性が高まり、不完全燃焼が抑えられ、排ガス性状が改善されたことが要因の一つとして示唆される。

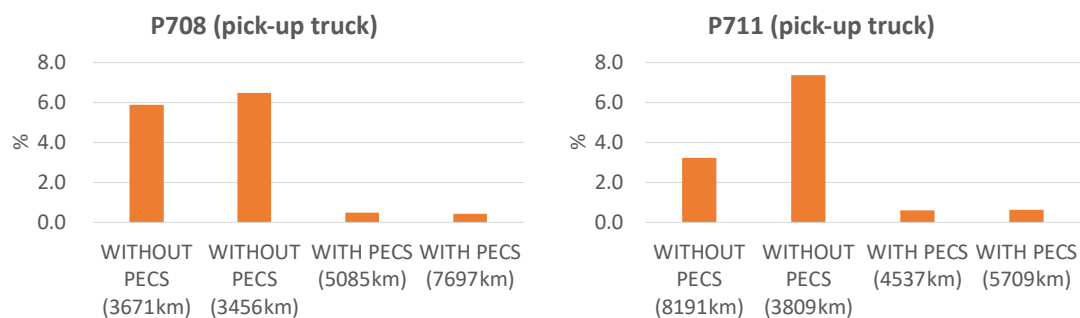


図 14 黒煙濃度の測定結果（ピックアップトラック）

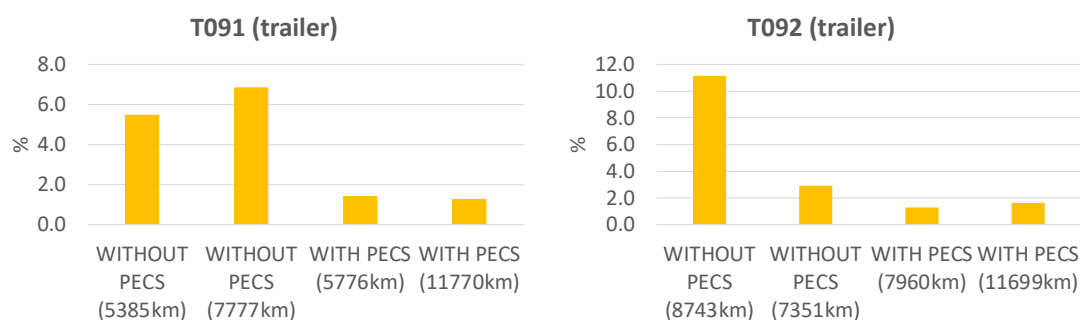


図 15 黒煙濃度の測定結果（トレーラー）

③ エンジンオイル

エンジンオイルの測定結果を図 16、図 17 に示す。図中の#1 は PECS 導入前（0 km オイル交換直後）、#2 は PECS 導入前（約 7,000km 走行後オイル交換直前）、#3 は PECS 導入後（オイル交換直後）、#4 は PECS 導入後（約 7,000km 走行後オイル交換直前）、#5 は PECS 導入後（約 7,000km 走行後オイル交換直後）である。

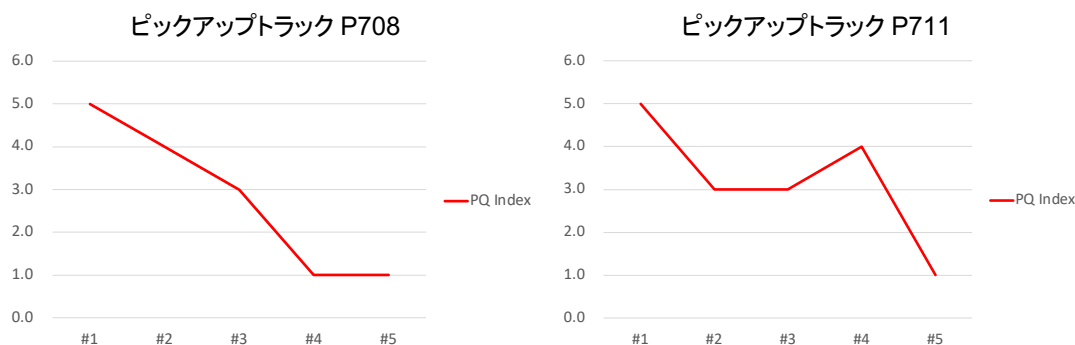


図 16 エンジンオイルの PQ インデックス値 ピックアップトラック

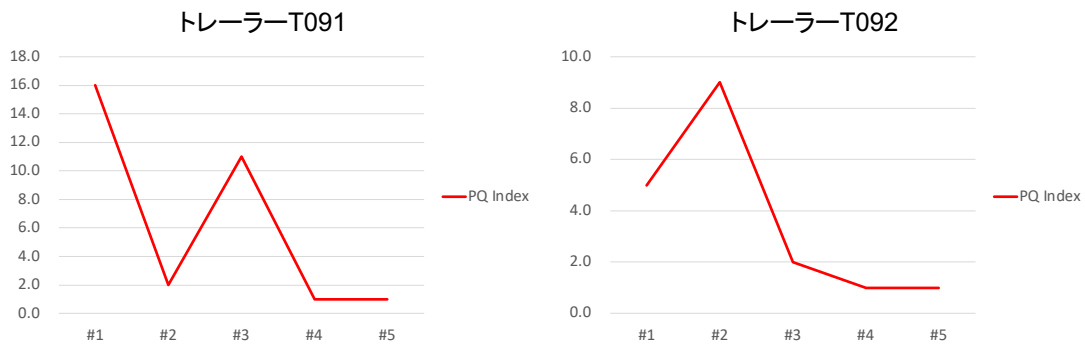


図 17 エンジンオイルの PQ インデックス値 トレーラー

ピックアップトラック、トレーラーともに、PECS 導入前後で PQ インデックス値が非常に大きく減少している。PQ インデックス値（Particle Quantification Index）は、オイル中の鉄微粒子の総量（粒径・形状に依らない）を表す相対値であり無次元量である。PQ インデックス値が高いほどオイル中に鉄成分が多く含まれていることになる。PECS 装着後に PQ インデックス値が大幅に減少しているため、PECS 装着により、オイル中の鉄微粒子が効果的に除去されていると考えられる。

(3)現地適合性確認結果の評価

2023年2月7日に、プロモーションイベントをバンコクの The Park Nine Hotel Suvarnabhumi で開催した（写真 9 参照）。イベントには、運輸関係者など 26 名が参加した。イベントは、PECS の紹介と V-Serve Transport Ltd.の協力で実施した燃費、自動車排ガス（黒煙（Black Smoke））、エンジンオイル性状のテスト結果の紹介を行った。JICA タイ事務所の川辺次長からも挨拶があった。



写真 9 イベントの会場風景

以下、企業機密情報につき非公表

図 18 燃費改善によるコスト削減効果のシミュレーション

表 10 質疑応答内容

図 19 PECS の黒煙試験の評価

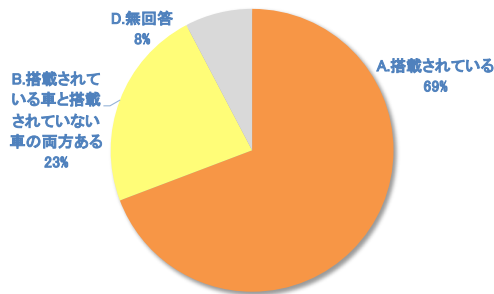


図 21 タコメーターの装着

図 20 PECS の投資回収年数

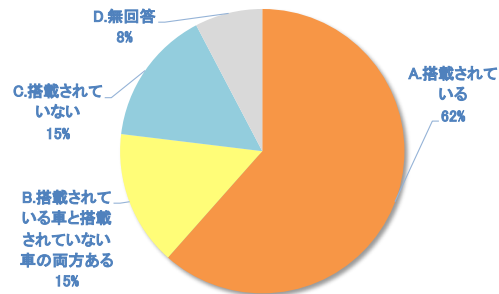


図 22 GPS の装着

(4) 現地適合性確認結果（制度面）

① Office of Transport and Traffic Policy and Planning (OTP)（交通政策・計画室）

現在、タイ政府の運輸部門の大気汚染政策、温室効果ガス削減政策、省エネ政策等において、具体的な技術面・設備面での対策（アクションプラン）は新車対応で、中古車両には無い。

2022年8月19日にOTPを訪問し、Ms. Chutinthorn Mankhong, Chief of Sustainable Transport Promotion Group と面談した。その際、「OTP は、現在、Thailand's NDC Action Plan for the Transport Sector 2021-2030 の見直し作業を行なっている。」との紹介があった。そして、中古車両のCO₂削減対策を盛り込むことは可能であるとの話であった。

以下、企業機密情報につき非公表

写真 10 OTP との会議

② Pollution Control Department (PCD)

企業機密情報につき非公表

写真 11 PCD との会議

③ 大気汚染政策の面からの提案製品の適合性

2022年8月19日のOTPの面談で、「PM_{2.5}対策の法律を作成中で、P2に記載のAQI基準を50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を、P3に記載のWHOの基準である25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ にする。法律の本体は完成し、PCDが、細則を作成中である。」との紹介があった。

P4の図3に示すように、WHOの基準である25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ にすれば、バンコク都の1年の大半が基準値を超えることとなり、PM_{2.5}の主要な排出源である中古のディーゼル車のPM_{2.5}対策が不可欠といえる。

OTPの交通分野でのPM_{2.5}の削減計画の4つの柱は、エンジン・車の点検、燃料品質改善・バイオ燃料、交通渋滞の緩和、埃をなくす（水の噴射）で、具体的な中古ディーゼル車に対するPM_{2.5}削減のための対策がない。

2022年12月14日にPCDのMr. Phunsak Tiramongkol, Director, Air Quality and Noise Management Division と面談し、PCDの自動車の具体的なPM_{2.5}対策の技術・装置導入政策に関して確認したところ、どういう技術・装置が効果的か検討しているとのことであった。

中古のディーゼル車のPM_{2.5}対策が喫緊の課題であるが、上記のように具体的な技術・装置の導入政策がないのが現状である。

OTP、PCD等政府の政策に、具体的な中古車両のPM_{2.5}対策のための技術・装置の導入政策

が策定されれば、PECSの普及に、政策的な支援が期待できる。

タイにおける車検制度、自動車登録制度は DLT の管轄となっている。乗用車及び商用車は「自動車法」によって規定されている。タイで人気がある小型トラック、すなわちピックアップトラックは、「自動車法」によって規定されている。バスやトラック等の大型ディーゼル車は「陸運法」によって規定されている。定期検査で適合することがタイの公道を走る条件である。

乗用車は新車登録から 7 年を経過した車輛から年 1 回の車検が義務付けられる。商用車は新車登録を行った初年度から年 1 回の車検が義務付けられている。バス・トラックなどの大型ディーゼル車輛も、新車登録を行った初年度から年 1 回の車検が義務付けられている。

車検の検査は、乗用車/商用車については、DLT が認可した民間車検場、バス・トラックは DLT の検査場で行われる。タイの場合、車検の時に黒煙テストが行われる（写真 12 参照）。ディーゼル車は、1992 年国家環境品質法の下で黒煙排出規制の対象である。PCD の規定では、黒煙テストは Opacity Method（光透過式）方式で測定し、全てのディーゼル車両の基準値は 30% である。日本では、バス、トラック等のディーゼル車に対して厳しい黒煙、PM（微粒子）、NOx 対策が行われてきたが、タイでは、黒煙テストの基準値が高いため、PM2.5 の大気汚染の原因の一つとなっている。



写真 12 DLT の検査場 手前右が黒煙測定器

P21 の図 14、図 15 に示すように、PECS 装着後は、測定値が 1%未満であり、ディーゼル車の黒煙対策として極めて効果的な装置であることが確認された。自動車の PM2.5 対策として、車検時の黒煙テストの基準値をより厳しくすることで、中古ディーゼル車の PM2.5 削減が期待できる。PM2.5 対策の一環として、車検時の黒煙テストの基準値の厳格化が望まれる。

④省エネ政策・温暖化政策の面からの提案製品の適合性

運輸部門の GHG 削減への具体的なアプローチを P7 の図 6 に示す。「改善 I」の交通機関・自動車の効率改善には、燃費改善が含まれる。

P7 に記載した、「エネルギー効率化計画 2015-2036（EEP2015）」の運輸部門の省エネ対策は下記の通りである。

- ・ 運輸部門の燃料価格を規制して、実際のコストを反映させる。
- ・ 自動車物品税の財務省の見直し。
- ・ 石油の輸送の効率を高める、パイプラインで輸送するシステム。
- ・ 交通と運輸のシステムを車両から鉄道に切り替える運輸省の政策と計画。

- ・電気自動車の使用を支援。
- ・エネルギー省による、機器の変更などの支援。
- ・省エネ運転(ECOドライブ)。

これらの対策により、自動車の燃費改善は促進されてはいるが、中古車両の燃費改善技術導入策が導入されれば、運輸部門の省エネはより促進される。

PECS 装着により中古ディーゼル車の燃費改善が期待できることから、エネルギー省の政策的な支援が期待できる。

2023年2月9日、エネルギー省(MOE: Ministry of Energy) 代替エネルギー開発・省エネ局(DEDE: Department of Alternative Energy Development and Energy Efficiency)のMr.Somchat Tanglikhasis, Director of Energy Efficiency Promotion Divisionを訪問し、PECSの紹介と走行試験結果を紹介した。DEDEから、交通関係の企業に対する省エネ設備を導入する際の補助金制度の紹介があった。これは、最長7年、補助率30%、最高補助金額100万THBで、省エネの進展に寄与する設備導入が対象である。企業は設置後に実証データを提出する義務がある。申請には使用する製品・設備の内容とその効果を明確にする必要があり、PECSの場合は燃費削減効果の公的機関での認証が必要になる。過去の例としては、EVの導入やバスの空気力学的形状の改善などのプロジェクトがある。



写真 13 DEDE との会議

4. 開発課題解決貢献可能性。

(1) 大気汚染

本調査の現地適合性調査で、民間の大型トラック(トレーラー)2台、ピックアップトラック2台にPECSを装着して黒煙テストを行い、実効性があることが明らかになった。PECSは既存のオイルフィルターの代替利用をすることで、PM2.5等の大気汚染物質を低減する効果があるため、深刻化するバンコク首都圏等の大気環境の改善に貢献する。特に、PECSを装着することで、DPFと尿素SCRシステムとを設置することなく、ディーゼル車のPM2.5(黒煙)を発生させないことから、喫緊の課題であるPM2.5問題の改善に貢献することができる。

(2) 温室効果ガスの排出削減

PECSは自動車の燃費向上によりCO₂排出削減を実現することから、タイの温室効果ガス排出量の削減目標の達成に貢献する。

国内にて、日野レンジャー4t車(50万km走行車両)にPECSを装着し、燃費の試験を行った。対前年(濾紙式フィルター装着)比で、4ヶ月間平均で、12.7%の燃費向上を確認した。本結果をもとに、ディーゼルトラック1台にPECSを装着した場合の試算では、年間で燃料消費量を1,610ℓ削減し、CO₂排出量を4.3t-CO₂削減することが見込まれる。

本調査の現地適合性調査では、テスト期間中のテスト車両の顧客は毎回異なり、走行条件が一定でなかったため、燃費改善効果が見られなかった。路線バスは毎日同じ路線を走行する。走行条件を比較的一定にした比較ができるため、今後は、路線バスを対象にして測定を行うことで燃費改善効果が検証できる。従って、CTCNのTAで、BMTAのバスでPECS装着による燃費改善の技術検証を行うことで検証したいと考えている。

(3) 持続的な開発目標（SDGs）17の目標への貢献

③健康

- ・「3.9 有害化学物質や大気・水質・土壌汚染による死者・疾病者数の削減」を掲げている。PM2.5は、呼吸器系の肺がんやぜんそく、気管支炎などのリスクを高める。特に体の小さい子供や、妊娠中女性の胎児などがPM2.5による影響を受けやすい。
- ・PECSをBMTAのバスや大型トラック等に装着することで、排気ガスのPM2.5等の大気汚染物質を削減し、大気汚染による死者・疾病者数の削減に貢献する。

⑦エネルギー

- ・「7.3 2030年までに、世界全体のエネルギー効率の改善率を倍増させる。」
- ・PECSをバスやトラック等のディーゼル車に装着することで燃費が向上し、エネルギー効率の向上とエネルギー消費量の削減に貢献する。

⑬気候変動

- ・「13.a 重要な緩和行動の実施とその実施における透明性確保に関する開発途上国のニーズに対応するため、2020年までにあらゆる供給源から年間1,000億ドルを共同で動員するという、UNFCCCの先進締約国によるコミットメントを実施するとともに、可能な限り速やかに資本を投入して緑の気候基金を本格始動させる。」を掲げている。
- ・ビジネス展開では、PECSをJCMによりタイ国のバス、トラック等のディーゼル車に装着することを検討しており、日本政府のコミットメントの実践に貢献する。

第3 ODA 事業計画/連携可能性

1. ODA 事業の内容/連携可能性

(1) 既存 ODA

JICA は、2022 年 2 月 25 日、バンコクにて、タイ王国政府との間で、技術協力プロジェクト「持続的な PM2.5 予防・軽減のための大気管理プロジェクト」に関する討議議事録（Record of Discussions: R/D）に署名した。

同事業は、タイのバンコク都及びその周辺県において、PM2.5 による大気汚染の発生源インベントリ（地点別、物質別の大気汚染物質発生量の情報）を改善し、気象・地理的条件との関係を踏まえたシミュレーションモデルを構築することで、汚染構造評価能力を強化し、PM2.5 による大気汚染のより効果的な予防・軽減対策の立案・実施を目指し、またタイ国内及び周辺諸国に知見の普及を行うものである。SDGs（持続可能な開発目標）ゴール 11（住み続けられるまちづくりを）に貢献する。

成果 4 で、既存の PM 汚染対策のレビューを行うとあるが、運輸交通部門においては、中古車両に対する具体的な技術面・設備面での対策（アクションプラン）が無い。

従って、「持続的な PM2.5 予防・軽減のための大気管理プロジェクト」の JICA 専門家、PCD 関係者と情報共有等の活動を行なって、中古車両に対する PECS 装着による PM2.5 対策効果が、同事業の成果に反映できるように取り組んでいく。例えば、成果 2 の「パイロット地域における大気質管理のための予備的なシミュレーションモデルが構築される。」のシミュレーションで PECS 装着が検証されるように働きかけていく。

(2) CTCN 技術支援¹⁴

気候技術センター・ネットワーク（CTCN：Climate Technology Centre & Network）は、気候変動に係る技術移転を促進するための実施機関として、COP16（2010 年）にて設立が決定され、2013 年より稼働・サービスの提供を開始している。

開発途上国からのリクエストに基づき、各国のニーズに沿った支援を行っている。GHG 排出削減、気候変動に対する脆弱性への対処を目的とし、ローカルな技術革新能力の強化、気候変動対策事業への投資増加を可能とする環境整備等のための支援を提供するため、技術支援、能力開発支援、政策・法制度に関するアドバイス等を実施している。

主に先進国及び国際機関より約 85 百万米ドルが拠出されており、そのうち日本政府から約 13.1 百万米ドルが拠出されている（2022 年 3 月時点）。

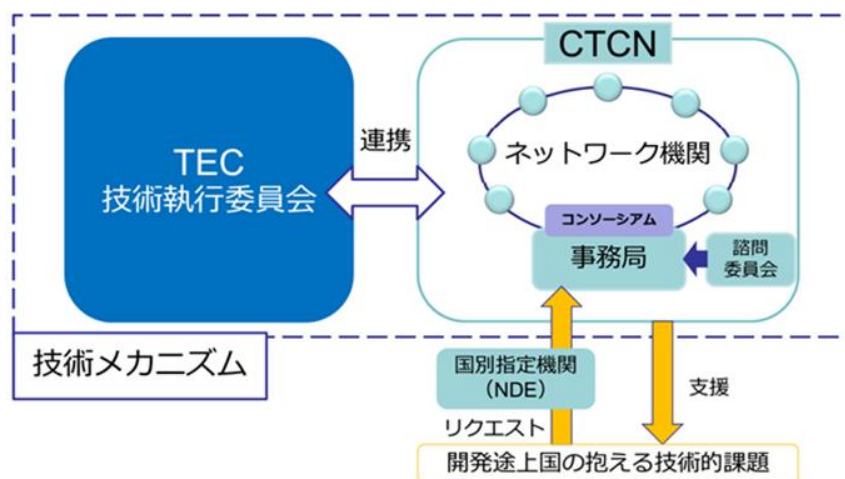
CTCN は、事務局、UNEP・UNIDO を含む 13 のコンソーシアム機関、世界で 750 以上登録されているネットワーク機関、事務局へのガイダンスを与える諮問委員会で構成されている（2022 年 9 月時点）（図 23 参照）。

CTCN の技術支援（TA:Technical Assistance）プロジェクトは、TA リクエストとして開発途上国の国別指定機関（NDE: National Designated Entity）から CTCN 事務局に提出され、CTCN のリクエスト専門家チームにより、技術支援計画が策定される。その際、ファスト TA か通常の TA かも決定される。

- ・ファスト TA 案件:1.5 万米ドル以下の技術支援。基本的に、コンソーシアム機関により実施される。実施期間は 2 か月未満。
- ・TA 案件:25 万米ドル以下の技術支援。国連の調達プロセスを通じて公募(国際入札)され、CTCN に登録されたネットワーク機関が入札に参加して、支援実施者を決定する。実施期間は 1 年程度。

現在、タイ政府の運輸部門の温室効果ガス削減政策において、具体的な技術面・設備面での対策（アクションプラン）は新車対応で、中古車両は無い。運輸部門の中古車両の温室効果ガス削減政策に PECS 等個別車両の燃費改善装置の導入促進の政策の策定をタイ政府等の関係先に働きかけていきたいと考えている。

14 環境省 地球環境・国際環境協力 <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ctcn.html>



出典:環境省

図 23 CTCN の活動

2022年8月16日に Ministry of Transport 傘下の国営バス会社 Bangkok Mass Transit Authority (BMTA)を訪問した際、公道での BMTA のバスに PECS を装着して燃費テストと黒煙テストを行うことを打診した。BMTAからは、「BMTAバスで、喜んで共同実験をしたい。民間とやるわけにはいかないので行政機関や大学と行うのであれば協力する。信憑性からも大学がベスト。」との回答をもらっている。

2022年8月17日に DLT を訪問した際、「民間企業に対しては協力できないが、大学が試験を行うのであれば、DLT の車検用の黒煙の計測器があるので、無償で提供できる。」との回答をもらっている。

従って、TAで BMTA のバスで PECS 装着による燃費改善の技術検証を行うことを働きかけていく。

2. ODA 事業実施/連携における課題・リスクと対応策

2022年8月17日に DLT を訪問した際、「公道で PECS 装着試験を行う場合、PECS はフィルターで車の安全性に関わるものでないので、許認可、届出は不要である。」と、公道試験について確認済みである。

タイ工業規格局 (TISI : Thai Industrial Standards Institute) は、タイで販売する工業製品を「強制認証」と「任意認証」の2種類に分けており、前者は必ず TISI の認証(許認可)を受けなければならない、後者は任意届出で良い。PECS は、「任意認証」である。

エンジンオイルフィルター (規格番号 872-2532 Throwaway type oil filters for automobile) は、「任意認証」に該当。そのため、許認可を受ける必要はない。

3. 環境社会配慮等

中古車両への PECS 装着により、中古車両からの黒煙等の大気汚染物質の排出量が減少して大気質が改善されることから環境社会配慮は不要である。

4. ODA 事業実施/連携を通じて期待される開発効果

(1)上記 ODA 事業の実施により想定される開発効果

効果 1 : バンコク都の公道で PECS を装着して燃費測定試験が行われ、省エネ効果 (ディーゼル油消費量削減効果)、CO₂ 排出量削減効果が実証される。

効果 2 : バンコク都の公道で PECS を装着して黒煙測定試験が行われ、大気汚染物質削減効果が実証される。

効果 3 : 中古車両の温室効果ガス削減政策と PM2.5 対策政策が策定される。

第4 ビジネス展開計画

1. ビジネス展開計画概要

高林産業は、以下の3つのフェーズに分けてタイでの事業展開を目指す。

フェーズ1：PECSは、ターゲントックスが日本国内で製造し、高林産業はターゲントックスからPECSを購入してタイに輸出する。高林産業は、タイ現地法人のSIAM MATERIAL & BUSINESS CO.,LTD（以下、SIAM MATERIAL）と総合代理店契約を結んで、同社にPECSを輸出・販売する計画である。同社が、PECSをタイ市場に販売する。この時点では、高林産業のタイへの現地投資は発生しない。

PECSのターゲット顧客は、ディーゼル油の高騰等で燃料コストの削減と大気汚染対策でBlack Smoke（黒煙）対策が喫緊の課題となっているディーゼル車の所有者であるトラック業者、民間バス会社等である。2023年2月7日に、PECS販促のプロモーションセミナーをタイにて行うことでポテンシャルカスタマーを獲得し、合弁会社タイPECS（仮称）を設立して、タイで生産、販売を行う計画である。

フェーズ2：高林産業は、合弁会社タイPECS（仮称）をSIAM MATERIAL & BUSINESS CO.,LTDと設立する計画である。タイPECS（仮称）は、PECSの組立工場を開設し、組立を行う。販売については、SIAM MATERIAL & BUSINESS CO.,LTDが販売代理店となって、販路拡大を狙う計画である。合弁会社設立時期は、年間のPECS販売個数1,000個の目処が立った時と考えている。2024年12月までにターゲントックスとロイヤルティー契約を締結し、PECSのコアの部品を国内の協力会社で製造する体制を整え、2025年1月の設立を目指している。

フェーズ3：タイPECS（仮称）は、ASEAN諸国に販路を拡大する。ASEAN物品貿易協定（ATIGA）に基づく先進ASEAN諸国（ブルネイ、インドネシア、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ）・後発ASEAN諸国（カンボジア、ラオス、ミャンマー、ベトナム）における関税が原則撤廃されており、タイPECS（仮称）は関税無税の恩恵が受けられる。ASEAN域内での現地調達率40%以上が条件のため、PECSのコア部品を製造する国内の協力企業もASEAN諸国に進出して、部品の製造を行う。ASEAN諸国では、自動車やバイクなどの移動発生源による沿道汚染等が認められ、タイと現状は類似しており、Black SmokeやPM2.5対策が求められている。また、PECSを装着すると高い効果を発揮する中古車市場は拡大傾向にあり、PECSのターゲットとなる市場も今後拡大していくと考えられる。

2. 市場分析

(1) 市場の定義・規模

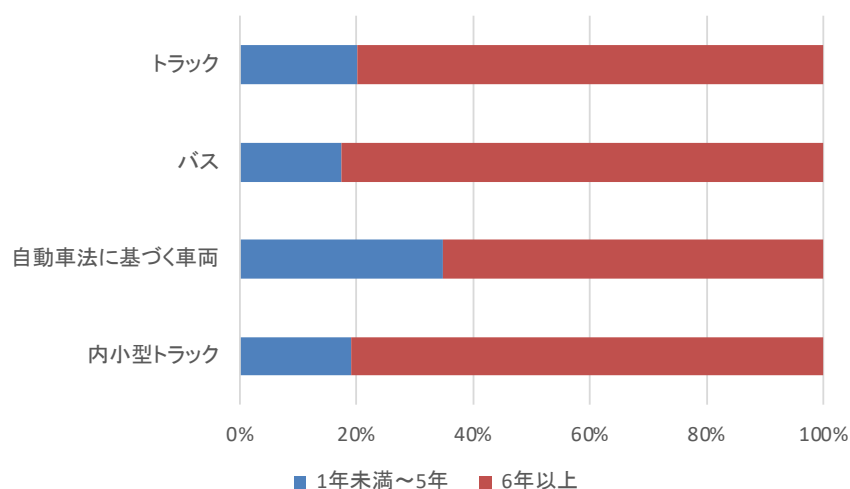
2021年、タイの国家経済社会開発委員会（NESDC）は、第13次国家経済社会開発計画（2023～2027年）の枠組みの議論を始めた。この計画の目標は、タイを持続的に価値創造型経済・社会へ変革することである。目標を達成するために13の方向性が示されており、その1つに、「ASEANにおける電気自動車の生産拠点になる」ことが明示されている。タイ政府は、PM2.5の排出を削減し、タイ国内のクリーン産業の促進を目指すため、2035年までにタイ国内で登録する新車を100%ZEV（Zero Emission Vehicle：排出ガスを一切出さない電気自動車や燃料電池車）にする、いわゆるゼロエミッション車ZEV@35を立ち上げた。タイ電気自動車政策委員会（EV委員会）は、2030年に自動車の総生産台数（250万台）のうち、EV（Electric Vehicle：電気自動車）の比率を30%（約75万台）とし、そのうちBEV（バッテリー式電気自動車）を50%、PHEV（プラグインハイブリッド車）とHEV（ハイブリッド車）を50%生産することを目標に、電気自動車産業の発展のための30@30政策を策定した。また、EVに欠かせないバッテリーと充電ステーションに関しても、EVと同時に国内の需要を十分に満たせられるよう開発を進めていく。充電ステーションは、2030年までに12,000カ所設置することを目標にしている¹⁵。

15 <https://www.global-marketing-labo.jp/column/?id=1646812135-611148>

タイ政府は、2019 年末に PM2.5 問題への対応策の一環として、新車の乗用車、トラックの排ガス対策を強化し、欧州の排ガス規制である Euro5、6 の前倒し、Euro5 は当初の 2023 年から 2021 年に、Euro6 は 2022 年に導入することを最終決定した。しかし、現時点では Euro5 は 2025 年に延期されている。

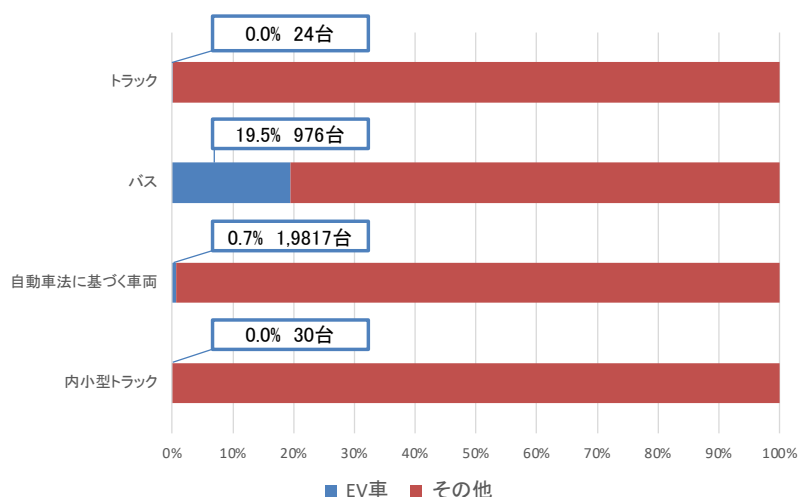
このように、今後、新規車両は、Euro5・Euro6、EV 車にシフトしていくと考えられる。

2022 年 11 月 30 日現在の陸運局登録車両の経過年数を、図 24 に示す。トラック、バス、自動車法に基づく車両の内小型トラック（ピックアップトラック）の登録以降 5 年以下の車両が占める割合は、20%前後である。2022 年の陸運局新規登録車両の内 EV 車が占める割合を、図 25 に示す。バスでの導入が進んでいるが、全体に占める割合は 19.5%である。上記のように新車の Euro5・Euro6、EV 車にシフトして行ったとしても、ドラスティックな政策が行われない限り、特にトラックとバスでは、全体車両に占める中古のディーゼルの割合が大きいと考えられる。



出典：陸運局企画課運輸統計グループ <https://web.dlt.go.th/statistics/>

図 24 2022 年 11 月 30 日現在の陸運局登録車両の経過年数



出典：陸運局企画課運輸統計グループ <https://web.dlt.go.th/statistics/>

図 25 2022 年 11 月 30 日現在の陸運局新規登録車両の内 EV 車が占める割合

2022年11月30日現在の陸運局登録車両の経過年数を、表11、表12、表13に示す。従って、この内、6年以上経過したトラック約97万台、小型トラック572万台、バス11万台が、PECSの主要な販売ターゲットである。

中古ディーゼル車の効果的な黒煙対策がないことから、車を改造する必要がないPECSのニーズは大きいと考える。また、中古ディーゼル車は、燃費も悪く、ディーゼル油が高騰していることから、PECS装着による燃費向上のニーズも大きいと考える。

表11 バスの2022年11月30日現在の陸運局登録車両の経過年数

	タイ				バンコク			
	路線バス	営業バス	個人バス	合計	路線バス	営業バス	個人バス	合計
1年未満	794	893	286	1,973	674	192	87	953
1 - 5年	6,466	12,278	2,500	21,244	3,515	3,684	834	8,033
小計	7,260	13,171	2,786	23,217	4,189	3,876	921	8,986
6 - 10年	11,155	14,192	2,145	27,492	2,853	4,155	530	7,538
11 - 15年	9,630	7,141	2,203	18,974	3,034	2,497	548	6,079
16 - 20年	8,003	6,919	2,262	17,184	1,303	1,563	437	3,303
20年以上	24,213	17,150	4,465	45,828	4,922	3,883	780	9,585
不明	20	19	1	40	3	5	0	8
小計	53,021	45,421	11,076	109,518	12,115	12,103	2,295	26,513
合計	60,281	58,592	13,862	132,735	16,304	15,979	3,216	35,499

出典：陸運局企画課運輸統計グループ <https://web.dlt.go.th/statistics/>

表12 トラックの2022年11月30日現在の陸運局登録車両の経過年数

	タイ			バンコク		
	営業トラック	自家用トラック	合計	営業トラック	自家用トラック	合計
1年未満	23,995	20,900	44,895	5,750	2,444	8,194
1 - 5年	103,173	98,724	201,897	29,676	12,274	41,950
小計	127,168	119,624	246,792	35,426	14,718	50,144
6 - 10年	101,464	133,601	235,065	21,570	14,642	36,212
11 - 15年	56,353	89,745	146,098	12,345	7,666	20,011
16 - 20年	51,610	135,718	187,328	10,378	8,809	19,187
20年以上	64,273	343,650	407,923	14,099	18,452	32,551
不明	56	341	397	8	14	22
小計	273,756	703,055	976,811	58,400	49,583	107,983
合計	400,924	822,679	1,223,603	93,826	64,301	158,127

出典：陸運局企画課運輸統計グループ <https://web.dlt.go.th/statistics/>

表 13 小型トラックの 2022 年 11 月 30 日現在の陸運局登録車両の経過年数

	タイ	バンコク
1年未満	204,531	73,167
1 - 5年	1,156,557	390,339
小計	1,361,088	463,506
6 - 10年	1,350,814	380,420
11 - 15年	1,215,141	258,859
16 - 20年	1,220,369	196,439
20年以上	1,934,273	190,174
不明	0	0
小計	5,720,597	1,025,892
合計	7,081,685	1,489,398

出典：陸運局企画課運輸統計グループ <https://web.dlt.go.th/statistics/>

(2) BMTA

2022年8月16日にBMTAのPhimpaw Wongsuthirat, Deputy Director (Administration)に面談した(写真14参照)。電気バスについては、「計画はあるけどいつ実現するかわからない、何年かかるかわからない。」とのことであった。また、PECSに関心を示し、走行試験の提案に対して「喜んで共同実験をしたい。民間とやるわけにはいかないので、行政機関か大学と行いたい。」との前向きな返事もらった。



写真 14 BMTA との会議

タイ政府は、2006年2月の閣議で、BMTAが所有するエアコンなしのバスの代替として天然ガスバス(NGV:Natural Gas Vehicle)2,000台の購入を決定した。購入予算は235億THBであった。そして、2006年8月5日に当時のタクシン首相は、ラジオ放送で、BMTAが所有するエアコンなしのバスを今後7~8カ月でエアコン付きの天然ガス自動車(NGV)に切り替える方針を明らかにした。しかし、未だにNGVの導入行われていない。

2021年のタイにおける発電量の使用燃料別割合は、天然ガスが55.44%、再生可能エネルギーが11.30%、褐炭が8.40%、石炭が7.84%、水力が2.06%、輸入が14.89%となっている¹⁶。

¹⁶ <https://www.erc.or.th/en>

天然ガスの調達は、タイランド湾の天然ガス田の探掘が 62.48%、LNG の輸入が 21.68、そして隣国ミャンマーからの輸入が 15.84%を占める。タイランド湾の天然ガス田は、設備の老朽化と枯渇により減産傾向にある。LNG は、2022 年 2 年のロシアのウクライナ侵攻によりエネルギー価格が世界的に上昇し、タイは高値で LNG を輸入している。ミャンマーからの輸入は、同国の軍事クーデターに対して、軍事政権の人権侵害に対する国際世論が厳しさを増し、欧米諸国のみならず東南アジア諸国連合（ASEAN）からも強い非難の声が上がっており、制裁のため同国からの天然ガス輸入を中止を求める圧力が日増しに高まってきている。このように、自国およびミャンマーからの天然ガスの供給が不安視されていることにより、タイの電力は、電力の安定供給が課題となっている。

タイの電力料金は、約 3 年毎に改定される基本料金に、エネルギー規制委員会(ERC)によって 4 ヶ月毎に改定される燃料価格調整（Ft：Fuel Tariff）を加算（または減算）して決定される仕組みになっている¹⁷。LNG の価格上昇分を Ft によって消費者に転嫁しきれない（電力料金のアップが出来ない）場合、タイ政府の財政負担が大きくなる。LNG の輸入価格の上昇もあり、エネルギー規制委員会（ERC）は、2022 年 12 月 28 日、2023 年 1～4 月の電気料金を 1 ユニット（kW 時）当たり 12.9%引き上げ、過去最高となる平均 5.33BHT とすることを決定した。このように、電力の価格上昇という課題を有している。

BMTA が電気バス導入にあたっては、1 台 2 千万円として 3,000 台で 600 億円の資金調達、電力料金アップに伴う電気代（ランニングコスト）の負担、電気の安定供給という課題を抱えていると考える。従って、BMTA の大気汚染対策としては、PECS の採用が現実的であると考えている。

(3) 日系運輸会社のニーズ

企業機密情報につき非公表

図 26 サプライチェーンの Scop1、Scop2、Scop3

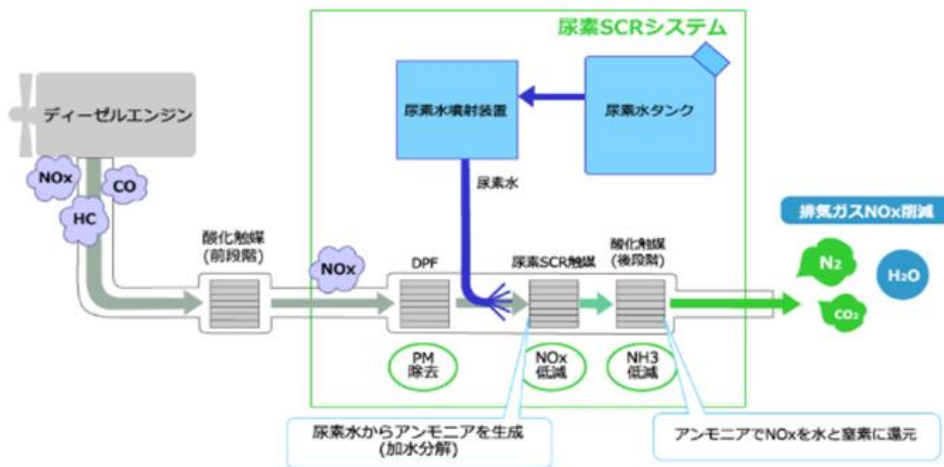
表 14 各市場区分の上場会社数

出典：日本取引所グループ HP

(4) 競合分析・比較優位性

① 大気汚染対策

バンコク首都圏では、ディーゼル車の PM2.5（黒煙）対策が喫緊の課題となっている。日本では、黒煙対策は、排ガス浄化装置「ディーゼル微粒子捕集フィルター」（DPF:Diesel particulate filter）と尿素 SCR システム（SCR：Selective Catalytic Reduction 「選択（的）触媒還元」）との併用による排気ガス浄化装置（図 27 参照）を装着する。また、排気ガス浄化装置付き車には、必ず低硫黄軽油を使用するよう指導している。



出典： <http://www.sun-awks.co.jp/technology/environment/>

図 27 排気ガス浄化装置

DPF とは、排気ガス浄化装置「ディーゼル微粒子捕集フィルター」のことで、Diesel particulate filter を略して DPF と呼ばれている。DPF は、ディーゼルエンジンを搭載する車両の黒煙（排気ガス）に含まれる煤（すす）などの有害物質をフィルターに捕集し、大気中に排出しないよう走行中に燃焼除去をして自動再生を行う装置である。この方式は、燃費が悪くなるデメリットがある。

尿素 SCR システムは、ディーゼルエンジンの排気中の窒素酸化物（NOx）を浄化する技術である。SCR は Selective Catalytic Reduction の略であり、日本語では「選択（的）触媒還元」を意味する。尿素を還元剤として使用する方式が主流である。この方式は、重量が重くなり積載量が減るデメリットがある。また、尿素水を製造し流通させる必要がある。

DPF は、装着のための改造、尿素の製造・販売が必要であり、ユーザーにとっては追加的な改造費と尿素購入費の追加的な支出が発生する。現時点では、タイ国のディーゼル車には装備されていない。また、低硫黄軽油を使用する指導も行われていない。

PECS は、DPF と尿素 SCR システムに比べて装置費用が割安で、車の改造が不要である。そして、燃費向上による燃料代の削減効果により PECS 購入費を回収した上に、利益を生み出すことができる。加えて、燃費向上により CO₂ 削減効果がある。

中古のディーゼル車の排ガスを削減し燃費を同時に向上させる競合製品は無いと認識している。

3. バリューチェーン

企業機密情報につき非公表

図 28 タイ PECS 製造販売事業のバリューチェーン

図 29 マグネット本体

図 30 PECS 本体

写真 15 工場

写真 16 PECS の紹介と協議

4. 進出形態とパートナー候補

(1) 現地法人

企業機密情報につき非公表

図 31 タイ PECS 製造販売事業の実施体制

(2) パートナー候補

企業機密情報につき非公表

5. 収支計画

(1) PECS 組立工場

企業機密情報につき非公表

図 32 PECS 組立工場候補地の位置図

写真 17 工場（候補）外景

写真 18 工場（候補）内景

写真 19 工業団地全景

(2) PECS の販売価格の検討

図 33 工場のレイアウト

企業機密情報につき非公表

表 15 PECS 装着による燃料代削減効果

図 34 1年間で投資回収できる燃費改善率

(3) 収支計画

企業機密情報につき非公表

表 16 タイ PECS(仮称)の販売収支計画

表 17 高林産業の販売収支計画

(4) JCM 制度の活用の検討

企業機密情報につき非公表

表 18 PECS の CO₂ 削減量 1t あたりの費用対効果

図 35 GHG 削減費用対効果と PECS 装着による燃費改善効果

図 36 国際コンソーシアムのモデル

図 37 本事業で計画している国際コンソーシアム

図 38 プログラム CDM による PECS 販売

6. 想定される課題・リスクと対応策

(1) 法制度面にかかる課題/リスクと対応策

企業機密情報につき非公表

(2) ビジネス面にかかる課題/リスクと対応策

企業機密情報につき非公表

(3) 政治・経済面にかかる課題・リスクと対応策

企業機密情報につき非公表

(4) その他課題/リスクと対応策

企業機密情報につき非公表

7. ビジネス展開を通じて期待される開発効果

ビジネスをタイで展開し、PECS を普及することにより、以下の効果が期待できる。

- 効果 1. バンコク首都圏をはじめタイの各都市で、トラック、バス等のディーゼル車に PECS が装着され、燃費が向上して CO₂ が削減されて地球温暖化の緩和に貢献する。
- 効果 2. バンコク首都圏をはじめタイの各都市で、トラック、バス等のディーゼル車に PECS が装着され、排気ガスの黒煙が削減されて、PM2.5 による大気汚染が緩和される。
- 効果 3. バンコク首都圏をはじめタイの各都市で、PM2.5 が軽減されて、市民、特に体の小さい子供や、妊娠中女性の胎児などへの健康被害の軽減が期待できる。

8. 日本国内地元経済・地域活性化への貢献

(1) 関連企業・産業への貢献

高林産業は、鳥取県米子市に本社を置き、グループ企業の高林機材株式会社、高林鉄道資材株式会社、高林通商株式会社（以上、本社:鳥取県米子市）、高林商事株式会社（本社:鳥根県安来市）の管理会社と新規事業や新規取扱商品の調査や研究を行っている企業である。

1912年4月、明治から大正へと移り変わろうとする時代に、小さな金物商として創業した。高林機材株式会社は鉄網を中心にした商品の、高林鉄道資材株式会社はJR西日本を中心にした鉄道会社を対象とした商品の、高林通商株式会社は製紙工場を対象にした商品の、高林商事株式会社は金属工場を対象にした商品のプロフェッショナルであり、グループ全体で、年商28億円、従業員38名、鳥取県の中堅企業として成長し、地元経済の発展に貢献してきた。

環境ビジネスにも進出し、地中熱ヒートポンプを医療法人養和会（鳥取県米子市）に納品するなど、着実に新分野を開拓し、新たな成長路線を歩んでいる。

高林産業は、環境ビジネスの一環として、PECSの販売に力を注いできた。鳥取県産業振興機構の支援により、2016年、2018年の環境展にPECSの出展を行なうなど、2010年からPECSの販売を行なってきた。

また、商社からものづくり企業への転換を図っており、PECSの製造販売の海外展開を指向している。鳥取県産業振興機構の支援により、米子市に本社・工場を置く株式会社A&Mと株式会社パト・エコの2社を協力企業として選定し、日本国内でのPECSのコアのマグネット製造体制を整えた。タイでは、SIAM MATERIAL & BUSINESS CO.,LTDと事業提携に向けて協議を開始した。

株式会社パト・エコは、米子市に工場をおき、板金プレス用金型の試作・設計・製作が可能で、PECSのコアであるマグネット装着ケースを製造する。

株式会社A&Mは、マグネット本体の組み立てを行う。パナソニックの鳥取県米子工場としてスタートし、小型精密モータを生産、その後2004年より独立し、技術立社を目指してアクチュエータ技術を中心とした商品開発と販売を、米子市で行なっている。

本事業を成功させることで、PECSのコア部品製造を拡大させて地元の協力企業とともに成長し、米子市の持続的な発展に貢献していく。

(2) その他関連機関への貢献

タイ国への進出は、鳥取県産業振興機構の支援により行っている。高林産業の本JICA事業によるタイへの進出を、鳥取県産業振興機構のプラットフォームで鳥取県の企業にアピールし、刺激を与え、鳥取県企業の海外展開に弾みをつけて、鳥取県の持続的な発展に寄与したいと考えている。

Summary Report

Thailand

SDGs Business Model Formulation Survey with the Private Sector
for Countermeasures on Air Pollution, Energy and Global Warming
by Utilizing Automobile Engine Oil Filter using Permanent Magnets
in Thailand

May 2023

Japan International Cooperation Agency

Takabayashi-Sangyo Co., Ltd.

TAGEN TECS Co., Ltd.

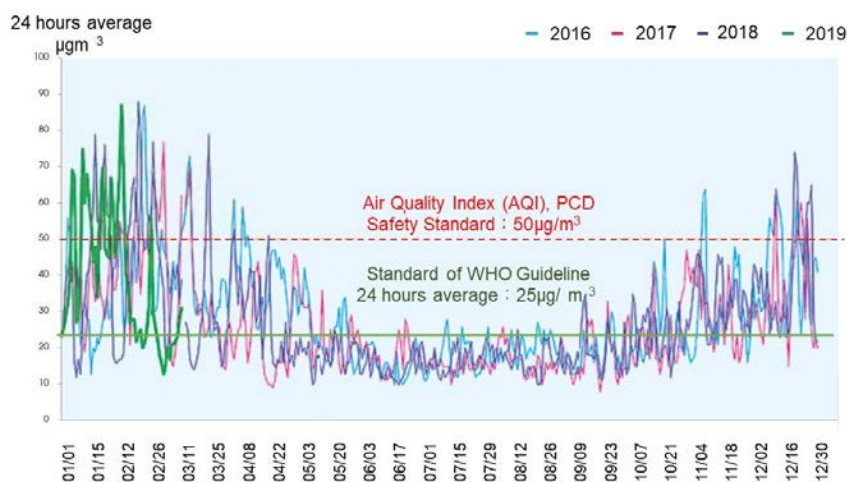
1. Background

The period from November to March in the Bangkok Metropolitan Region is the dry season with little rainfall, making it the most pleasant time to spend. However, there are many days when the PM2.5 standard value is greatly exceeded as shown in Figure 1, since there is no wind and air circulation.

A major source of PM2.5 in the Bangkok Metropolitan Region is black smoke from incomplete combustion of diesel vehicles. The "Medical and Public Health Manual for Diseases Caused by PM2.5" prepared by the Ministry of Public Health (MOPH) states that diesel vehicles are the main source of PM2.5 emissions. Pollution Control Department (PCD), Ministry of Natural Resources and Environment (MoNRE), Royal Thai Police Agency, Department of Land Transport (DLT), Ministry of Transport (MOT) conducted black smoke inspections of 7,101 large vehicles (mainly buses and large trucks) in Bangkok from October 2019 to the end of September 2020. As a result, 2,525 vehicles were found to be violating the standards.

According to DLT statistics as of November 30, 2022, among the vehicles registered with DLT under the Motor Vehicle Law, 6.736 million (1.37 million in Bangkok) of small trucks represented by pick-up trucks are diesel vehicles. In addition, 105,000 buses (23,000 in Bangkok) and 941,000 trucks (113,000 in Bangkok) are diesel vehicles.

In order to solve the worsening air pollution, industries that use trucks and buses are facing the urgent issue of countermeasures against black smoke from diesel vehicles.



Source : Action plan for promoting national issues "Solve the problem of dust pollution", PCD

Figure 1 Daily 24-hour average observations of PM2.5 from 2016 to 2019 (2019)

2. Outline of the Pilot Survey for Disseminating SMEs Technology

2.1 Purpose

PM2.5 caused by graphite in diesel vehicles is causing serious air pollution in Bangkok Metropolitan Region (Bangkok, Nonthaburi, Samut Prakarn, Pathum Thani, Samut Sakorn, and Nakhon Pathom) in Thailand. The PECS (Power Up and Economic Clean System) developed by TAGENTECS Co., Ltd. (hereinafter referred to as TAGENTECS) uses permanent magnets to absorb and remove fine metal abrasion powder of 40 to several microns or less, and does not generate carbon. Therefore, this is an oil filter that keeps the engine oil clean. Installing PECS has the effect of significantly reducing black smoke and CO₂ emission by improving fuel economy. Takabayashi Sangyo Co., Ltd. (hereinafter referred to as Takabayashi) plans to manufacture and sell PECS in Thailand. Through this project, the company aim to expand business, reduce air pollution caused by automobiles in Thailand, and contribute to the promotion of energy conservation by improving fuel economy.

2.2 Activities

The contents of the survey are as follows:

- Development issues of target country and regions
- Local compatibility of proposed product (technical and institutional aspects)
- Embodiment of business model
- ODA business plan and collaboration possibility

2.3 Information of Product/Technology Provided

PECS is an oil filter that can keep automobile engine oil clean, and was developed by TAGENTECS. Unlike regular oil filters, it does not use filter paper but utilize permanent magnets to absorb metal powder, suppress the generation of carbon, and keep engine oil clean. Picture 1 shows cross-sectional view of PECS attached to an engine.

PECS was patented as "Permanent magnet oil filter that does not use filter paper" (Patent No.: S.A. No6270667, CHINA No.ZL.9619911.X, EPO No.0873774, KOREA No.0386823, JAPAN No.3378942).



Picture 1 Cross-sectional view of the PECS attached to the engine.

Commonly used oil filter is a type that use filter paper (made from coniferous pulp), which absorbs the contaminants in the oil. This method cannot adsorb and treat fine metal wear particles of 40 to several microns or less.

PECS has a special arrangement of permanent magnets and all engine oil circulating inside the engine enters through small windows of magnets and passes through. PECS is an oil filter that keeps engine oil clean by capturing and removing fine wear-out metal powder with permanent magnets and not generating carbon. By passing all the oil through the strong repulsive magnetic fields of the permanent magnets, most of fine wear-out metal powder (iron and metals such as aluminum and copper that are rubbed and charged in the form of fine particles) is captured and removed.

Generation of secondary wear-out metal powder is suppressed by capturing and removing primary wear-out metal powder, and as a result, amount of carbon generated is reduced. Furthermore, airtightness of packing ring and cylinder is improved and blow-by gas contamination is eliminated, then the oil does not turn black.

The metal trapping mechanism of PECS is as follows (see Figure 2).

- ① Oil and carbon are made into micro particles by magnetic force and enter small windows of the magnet. Then, they are pumped to narrow gaps inside the filter.
- ② Iron powder are captured by the permanent magnet.
- ③ Metals such as aluminum and copper are also charged with static electricity by being rubbed in the form of fine particles and are captured by the magnet.

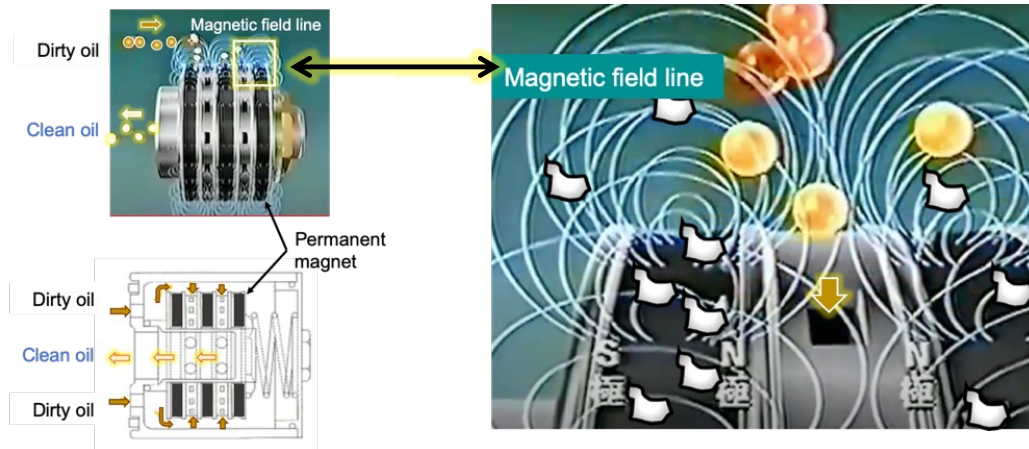
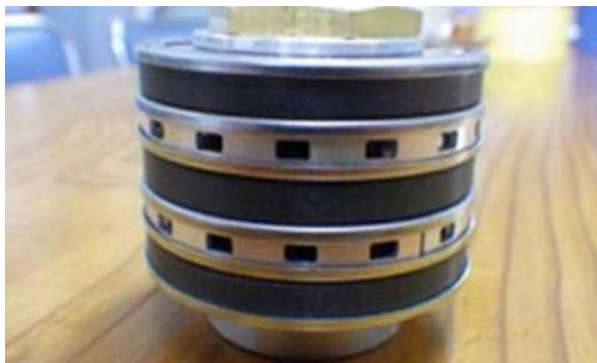


Figure 1 Metal trapping mechanism of PECS

After running about 100,000 km, PECS can be removed, washed and reused. At that time, it is necessary to replace the gasket and rubber parts. Picture 2 shows new PECS attached to Toyota Crown (2500cc, 4WD) that has traveled 100,000 km, and the PECS that has been removed from the car after traveling 300,000 km.



New PECS



Adhesion of metal powder, etc.

Picture 2 Metal powder capture by PECS

Figure 3 shows the structure of PECS and paper oil filters. PECS is compatible with paper oil filters and does not require any modification of vehicles.

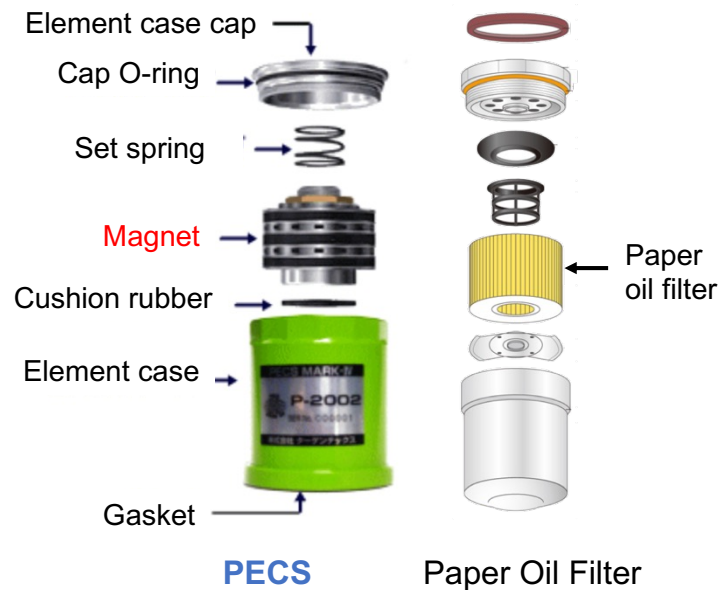


Figure 3 PECS and paper oil filters

2.4 Target Area and Beneficiaries

This survey covers the following areas:

- Bangkok Metropolitan Region (Bangkok, Nonthaburi, Samut Prakarn, Pathum Thani, Samut Sakorn, and Nakhon Pathom)

Beneficiaries are local residents of Bangkok Metropolitan Region.

2.5 Duration

From May 27, 2022 to May 26, 2023

3. Local compatibility of proposed products and technologies

Several tests were conducted on fuel efficiency, automobile exhaust (black smoke), and engine oil properties in order to evaluate the suitability of PECS technology for aged vehicles in Thailand. The target vehicles are two large trucks (trailers) and two pick-up trucks owned and operated by a private transportation company in Bangkok (V-Serve Transport Ltd.). The test period is from July 2022 to December 2022. These vehicles basically run in Bangkok Metropolitan Region. Specification of trailers and trucks are shown in Table 1 and 2 respectively. Appearance of vehicles is also presented in Picture 3 and 4 respectively.

Table 1 Specification of trailers monitored

	Trailer (T091)	Trailer (T092)
Plate No.	65-1091	65-1092
Registered date	1 May 2019	1 May 2019
Fuel type	Diesel	Diesel
Car type	Towing truck (trailer)	Towing truck (trailer)
Car maker	HINO	HINO
Model	FN1AK1B-SHT	FN1AK1B-SHT
Number of cylinders	6	6
Horsepower	344	344
Kilowatt	253	253
Car weight (kg)	8,000	8,000
Load weight (kg)	17,000	17,000
Total weight (kg)	25,000	25,000



Picture 3 Appearance of trailers monitored

Table 2 Specification of pick-up trucks monitored

	Pick-up truck (P708)	Pick-up truck (P711)
Plate No.	2□□708	2□□ 711
Registered date	29 May 2000	29 May 2000
Fuel type	Diesel	Diesel
Car type	Pick-up truck (wagon)	Pick-up truck (wagon)
Car maker	TOYOTA	TOYOTA
Model	Hilux Revo	Hilux Revo
Number of cylinders	4 (2,393 cc.)	4 (2,393 cc.)
Horsepower	150	150
Kilowatt	-	-
Car weight (kg)	2,000	2,000
Load weight (kg)	850	850
Total weight (kg)	2,850	2,850



Picture 4 Appearance of pick-up trucks monitored

Fuel economy of each vehicle is monitored by “fill-up method”. Drivers record necessary information for the calculation such as origin and destination of each trip, odometer reading, amount of fuel filled-up, and weight of cargo.

Figure 4 and 5 show the result of fuel economy monitoring. p1, p2, and p3 in the figure indicates monitoring period. The P708 pickup truck tends to improve fuel economy with introduction of PECS, however, fuel economy improvement were not seen in other cases.

Fuel economy monitoring should be continued, since the driving distances of each test vehicles are not enough for quantifying benefits appropriately. Aged vehicles should be tested in the next stage, since PECS brings benefits especially for aged vehicles.

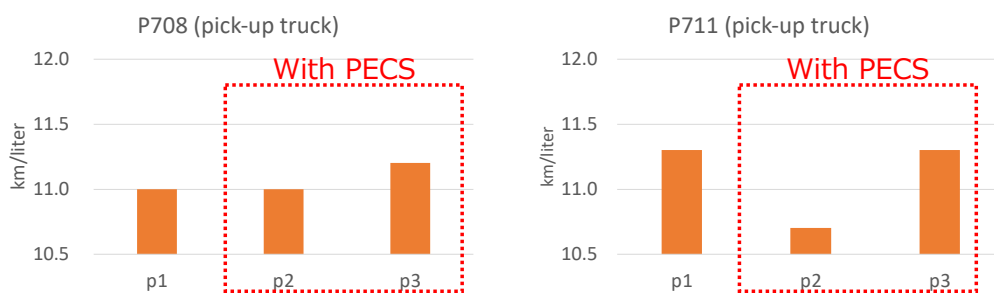


Figure 4 Result of fuel economy monitoring (pick-up truck)

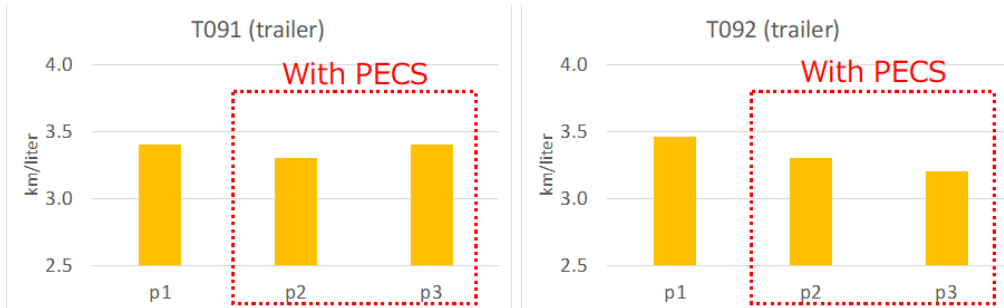


Figure 5 Result of fuel economy monitoring (trailer)

Black smoke from the vehicles is measured at the tailpipe by Opacity Meter.

Measurement timing is as follows;

- 1st : WITHOUT PECS (current condition, before starting the monitoring)
- 2nd : WITHOUT PECS after around 7,000 km drive
- 3rd : WITH PECS after around 7,000 km drive
- 4th : WITH PECS after around 14,000 km drive

Measurements were conducted by Envilab using the equipment shown in Picture 5.

The measurement method followed the method specified in the MoNRE notification. The measurement was carried out in neutral gear with the air conditioner turned off and as the engine speed is gradually increased (see Picture 6). An average of three measurements was taken for each vehicle.



Picture 5 Measuring equipment for black smoke



Picture 6 Black smoke test

Figure 6 and 7 shows the measurement result of black smoke. “km” in the figure indicates travel distance before black smoke measurement.

The regulation limit for diesel vehicles in Thailand is 30%. Since the measured value was less than 1% after installing PECS, it was confirmed that PECS is an extremely effective device as a countermeasure against black smoke for diesel vehicles.

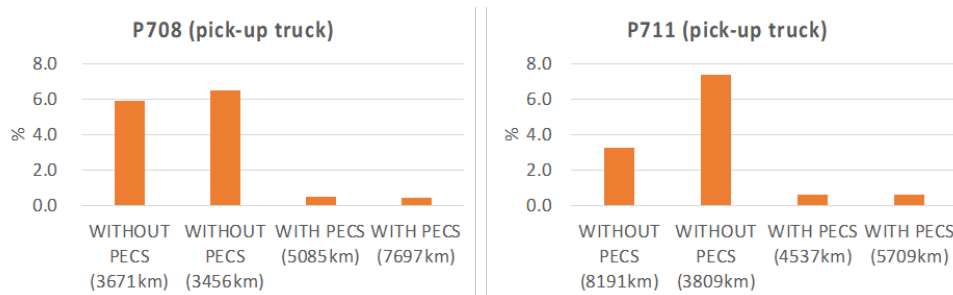


Figure 6 Result of black smoke measurement (pick-up truck)

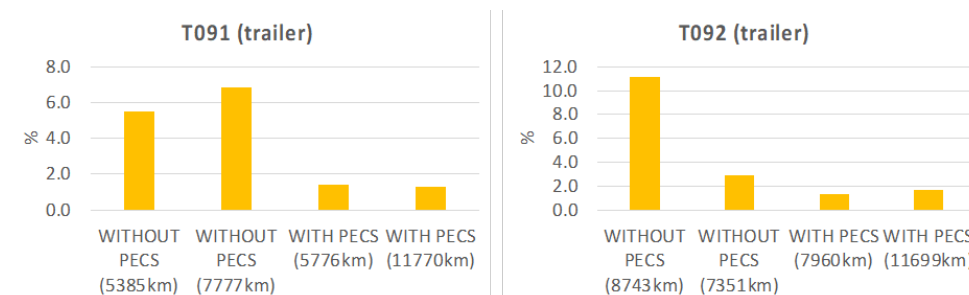


Figure 7 Result of black smoke measurement (trailer)

The engine oil was analyzed after sampling by FOCUSLAB, an environmental measurement company in Bangkok. Analyses for 7 times were carried out totally to confirm the effect of installing PECS. Three times are before PECS installation (unused oil, 0 km run/just after oil change, after about 7,000 km run/just before oil change) and four times after PECS installation (0 km run/just after oil change, after about 7,000 km run/just before oil change, after about 7,000 km run/just after oil change, after about 14,000 km run).

Figure 8 and 9 shows the analyzing result of the engine oil. PQ Index (Particle Quantification Index) decreased significantly after the installation of PECS for both pick-up trucks and trailers. PQ Index is a relative value representing the total amount of fine iron particles in the oil (regardless of particle size and shape) and is a dimensionless quantity. Since the PQ index decreased significantly after PECS installation, it is considered that PECS effectively removes fine iron particles in the oil.

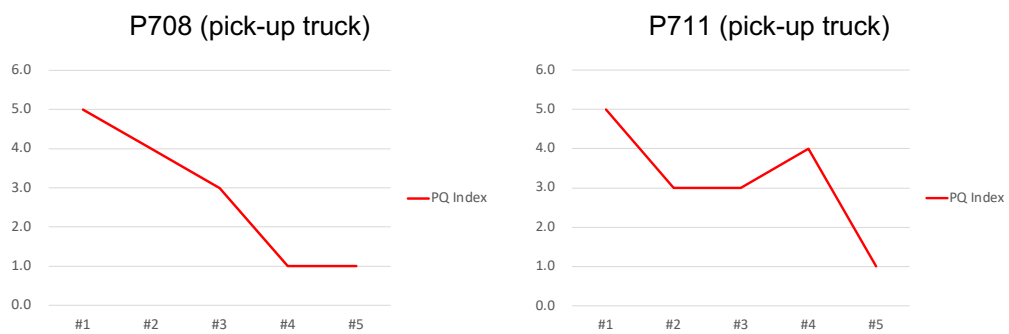


Figure 8 PQ Index of engine oil analyzed (pick-up truck)

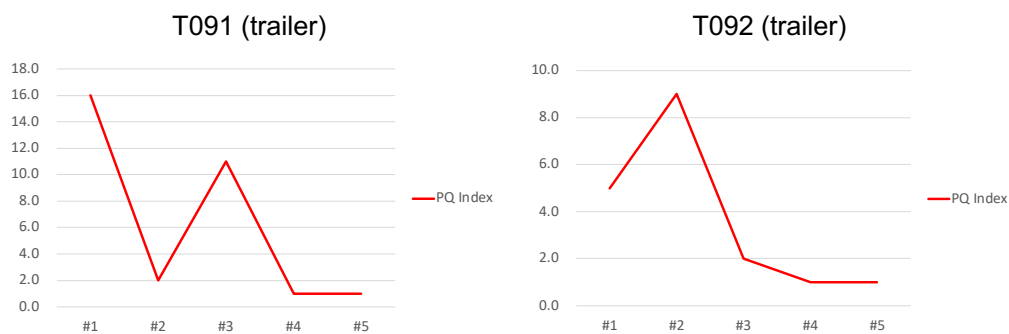


Figure 9 PQ Index of engine oil analyzed (trailer)

4. Future Program

4.1 Work Program of ODA Project

JICA held a Record of Discussions (R/D) with the Government of Thailand on the technical cooperation project, "Project for Sustainable Management of PM2.5 Prevention and Reduction Measures, Thailand." , on February 25, 2022 in Bangkok.

This project will improve the source inventory of air pollution by PM2.5 (information on the amount of air pollutants generated by location and by substance) in Bangkok Metropolitan Region and its surrounding provinces and build a simulation model based on the relationship with meteorological and geographical conditions. Through this, it is aimed to strengthen the ability to evaluate the pollution structure, and to formulate and implement more effective prevention and mitigation measures for PM2.5 air pollution. Also it will disseminate the knowledge not only within Thailand but also to neighboring countries. Furthermore, it will contribute to Goal 11 of SDGs (Building sustainable communities).

Output 4 of the project states that existing PM2.5 pollution countermeasures will be reviewed, however, there are no specific technical and facility countermeasures (action plans) for aged vehicles in the transportation sector.

Therefore, it is important to share information with JICA experts and related PCD officials so that the effect of PM2.5 countermeasures by installing PECS on aged vehicles can be reflected in the output of the project. One of the examples is to encourage PECS installation effectiveness to be validated in the simulation of Output 2, "A preliminary simulation model for air quality management in the pilot area will be constructed".

4.2 Business Development Plan

Table 3, 4, and 5 shows elapsed years of vehicles registered with the Land Transport Office as of November 30, 2022. These tables show that approximately 980,000 trucks, 5,720,000 light trucks, and 110,000 buses those have more than six elapsed years are recognized. Those are main sales targets of PECS.

Since there is no effective countermeasure against black smoke for aged diesel vehicles, it is believed that there is a great need for PECS, which does not require any modification of vehicles. In addition, as aged diesel vehicles have poor fuel efficiency

and diesel oil prices are soaring, it is expected that there is a great need to improve fuel efficiency by installing PECS.

Table 3 Elapsed years of buses registered with DLT as of November 30, 2022

	Thailand				Bangkok			
	Route Bus	Business Bus	Private Bus	Total	Route Bus	Business Bus	Private Bus	Total
< 1 year	794	893	286	1,973	674	192	87	953
1-5 years	6,466	12,278	2,500	21,244	3,515	3,684	834	8,033
Sub total	7,260	13,171	2,786	23,217	4,189	3,876	921	8,986
6-10 years	11,155	14,192	2,145	27,492	2,853	4,155	530	7,538
11-15 years	9,630	7,141	2,203	18,974	3,034	2,497	548	6,079
16-20 years	8,003	6,919	2,262	17,184	1,303	1,563	437	3,303
> 20years	24,213	17,150	4,465	45,828	4,922	3,883	780	9,585
Unknown	20	19	1	40	3	5	0	8
Sub total	53,021	45,421	11,076	109,518	12,115	12,103	2,295	26,513
Total	60,281	58,592	13,862	132,735	16,304	15,979	3,216	35,499

Source: Transport Statistics Group, Planning Division, DLT; <https://web.dlt.go.th/statistics/>

Table 4 Elapsed years of trucks registered with DLT as of November 30, 2022

	Thailand			Bangkok		
	Business Truck	Private Truck	Total	Business Truck	Private Truck	Total
< 1 year	23,995	20,900	44,895	5,750	2,444	8,194
1-5 years	103,173	98,724	201,897	29,676	12,274	41,950
Sub total	127,168	119,624	246,792	35,426	14,718	50,144
6-10 years	101,464	133,601	235,065	21,570	14,642	36,212
11-15 year	56,353	89,745	146,098	12,345	7,666	20,011
16-20 year	51,610	135,718	187,328	10,378	8,809	19,187
> 20years	64,273	343,650	407,923	14,099	18,452	32,551
Unknown	56	341	397	8	14	22
Sub total	273,756	703,055	976,811	58,400	49,583	107,983
Total	400,924	822,679	1,223,603	93,826	64,301	158,127

Source: Transport Statistics Group, Planning Division, DLT; <https://web.dlt.go.th/statistics/>

Table 5 Elapsed years of small trucks registered with DLT as of November 30, 2022

	Thailand	Bangkok
< 1 year	204,531	73,167
1-5 years	1,156,557	390,339
Sub total	1,361,088	463,506
6-10 years	1,350,814	380,420
11-15 years	1,215,141	258,859
16-20 years	1,220,369	196,439
> 20years	1,934,273	190,174
Unknown	0	0
Sub total	5,720,597	1,025,892
Total	7,081,685	1,489,398

Source: Transport Statistics Group, Planning Division, DLT; <https://web.dlt.go.th/statistics/>

Takabayashi aims to develop the business in Thailand according to the following phases:

Phase 1: Takabayashi will purchase PECS manufactured by TAGENTECS in Japan and export them to Thailand. Takabayashi plans to conclude a general agency agreement with SIAM MATERIAL & BUSINESS CO., LTD., a local company in Thailand, and to export and sell PECS to the company. The company will sell PECS to the market in Thailand. No local investment in Thailand by Takabayashi will occur up to this point.

The target customers of PECS are companies which operate diesel vehicles such as trucks and buses and are facing urgent challenges to reduce fuel costs due to soaring diesel oil prices and prevent black smoke as a countermeasure against air pollution. It is expected that the PECS sales promotion seminar held on February 7, 2023 will lead to the acquisition of potential customers.

Phase 2: Takabayashi plans to establish a joint venture “Thai PECS (provisional name)” with SIAM MATERIAL & BUSINESS CO., LTD (hereinafter referred to as SIAM MATERIAL). Thai PECS will open a plant to assemble PECS. As for sales, SIAM MATERIAL will act as a sales agent and plan to expand sales channels. The timing of the establishment of the joint venture is thought to be when the prospect of selling 1,000 PECS per year would be in sight. By December 2024, Takabayashi conclude a royalty agreement with TAGENTECS and organize manufacturing organization for PECS core parts at domestic partner companies in Japan, and aim to establish the joint venture in January 2025.

Phase 3: Thai PECS will expand sales channels to ASEAN countries. Custom duty in developed ASEAN countries (Brunei, Indonesia, Malaysia, Philippines, Singapore and Thailand) and least-developed ASEAN countries (Cambodia, Laos, Myanmar and Vietnam) have been eliminated in principle based on the ASEAN Trade in Goods Agreement (ATIGA). Therefore, Thai PECS enjoys the benefit of duty free. However, since the local procurement rate within the ASEAN region should be at least 40%, the partner companies in Japan that manufacture core parts for PECS also need to expand into ASEAN countries and manufacture the parts. In ASEAN countries, as in Thailand, roadside pollution caused by moving sources such as automobiles and motorcycles is recognized, and countermeasures against black smoke and PM2.5 are required. In addition, as the aged car market, where PECS

installation is highly effective, is expanding, the target market for PECS is expected to expand in the future.

4.3 Impact and Effect on the Concerned Development Issues through Business Development of the Product/Technology in the Surveyed Country

The following effects are expected by developing the business and disseminating PECS in Thailand,

Effect 1: Diesel vehicles such as trucks and buses are equipped with PECS in Bangkok Metropolitan Region and other cities in Thailand, which contributes to the mitigation of global warming by reducing CO₂ emissions through improved fuel efficiency.

Effect 2: Diesel vehicles such as trucks and buses are equipped with PECS in Bangkok Metropolitan Region and other cities in Thailand, which contribute to mitigate air pollution caused by PM_{2.5} by reducing black smoke of exhaust gas.

Effect 3: As PM_{2.5} is reduced in Bangkok Metropolitan Region and other cities in Thailand, it is expected that the health damage to citizens, especially small children and fetuses of pregnant women, will be reduced.