

平成 25 年度

アジアの低炭素社会実現のための

JCM 大規模案件形成可能性調査事業

「廃棄物・排水分野におけるリープフロッグ発展支援プロジェクト」

事業報告書

平成 26 年 3 月



三菱UFJリサーチ&コンサルティング

< 目 次 >

I. 報告書サマリー.....	1
II. 報告書本文.....	2
1. はじめに.....	2
(1) 本事業の背景.....	2
(2) 本調査の目的.....	2
(3) 本調査のカウンターパート機関.....	3
(4) 本事業で検討対象とする「廃棄物・排水分野」の案件の定義.....	3
(5) 本事業で扱う JCM 案件の対象.....	3
(6) 本調査での検討事項.....	3
2. 北スマトラ州における廃棄物・排水分野の低炭素化計画策定支援に関する結果.....	4
3. GHG 削減プロジェクト推進支援に関する結果.....	6
(1) 対象地域の事業環境.....	6
(2) 調査対象事業.....	8
(3) 調査方法.....	13
(4) 調査結果.....	15
(5) 事業化に向けた検討.....	20
4. 北スマトラ州における JCM 実施基盤整備支援に関する結果.....	29

I. 報告書サマリー

平成25年度アジアの低炭素社会実現のためのJCM大規模案件形成可能性調査事業「廃棄物・排水分野におけるリープフロッグ発展支援プロジェクト」では、インドネシア国北スマトラ州において、同州環境局（BLH）をカウンターパートに、北スマトラ州における廃棄物・排水分野の低炭素化計画策定支援、GHG削減プロジェクト推進支援、北スマトラ州におけるJCM実施基盤整備支援に関する調査を行った。

GHG削減プロジェクト推進支援に関する調査の結果、同州におけるSeptic tankを我が国の低炭素型浄化槽に転換、もしくは我が国の低炭素型浄化槽を新たに導入する「浄化槽導入事業」について、重点的な調査・検討を行い、GHG削減効果及びコベネフィット効果を明らかにするとともに、次年度以降の大規模展開に向けた方向性を整理した。また、次年度以降の北スマトラ州における低炭素型浄化槽の大規模展開に向け、国内において、業界団体、浄化槽メーカー、学識経験者による勉強会を計5回開催し、大規模展開に向けた体制等を整備した。

II. 報告書本文

1. はじめに

(1) 本事業の背景

インドネシア国の温室効果ガス（GHG）排出量は、森林伐採と泥炭地荒廃等による CO₂ 排出量を含めると世界第4位であり、今後の経済発展により、更に排出量が増加すると懸念されている。これに対し、同国政府は、2007年にバリ島で開催された COP13において、気候変動のための国家行動計画として、気候変動の包括的な緩和・適応策の実施に向けた行動指針を発表するとともに、2009年の COP15では、自主的な GHG 削減目標（BaU 排出量に対して 26%削減）及び目標達成のための行動計画を UNFCCC に提出し、国を挙げて気候変動対策に取り組んでいる。

同国のこれらの取組みを支援するため、(独)国際協力機構（JICA）では、2011年より、GHG インベントリ策定能力向上支援及び緩和行動支援プロジェクトを実施しており（2014年9月まで実施予定）、国家 GHG インベントリの開発・緩和行動計画の策定や関係省庁間の連携体制の構築等、同国の GHG 排出削減促進に向けた取組みが進められつつある。

特に、同国北スマトラ州（州都メダン）では、州政府環境局（BLH）及び地域開発計画局（BAPPEDA）との協力関係のもと、廃棄物・排水分野の GHG 排出量削減を目的とした州レベルのパイロット事業が実施されており、州（Province）政府及び県（Kabupaten）・市（Kota）職員を対象とした気候変動対策に係る人材能力開発・GHG 排出量算定に用いる廃棄物統計の開発・州独自の GHG 排出係数及び関連パラメータの開発・州レベルの緩和行動計画の策定等、GHG 排出削減プロジェクトの実施を促進し、その効果をモニタリングするためのツール及び体制が整備されつつある。

(2) 本調査の目的

「廃棄物・排水分野におけるリープフロッグ発展支援プロジェクト」（以下、本調査という。）では、インドネシア国北スマトラ州における JICA パイロット事業の成果を活用しつつ、JCM 案件として、廃棄物・排水分野の GHG 排出削減プロジェクトを来年度（2014年度）以降から順次導入し、同州における生活・自然環境の保全や廃棄物・排水処理レベルの向上に貢献するとともに、廃棄物・排水分野のエネルギー起源 CO₂ 及び非エネルギー起源 CO₂・CH₄・N₂O 排出量を削減し、同州及び同国における低炭素社会の構築を加速させることを目標とする。当該目標に向け、今年度（2013年度）は、廃棄物・排水分野における JCM 案件の面的かつパッケージでの形成可能性を調査し、有望なプロジェクトを発掘することを主たる目的とする。

(3) 本調査のカウンターパート機関

北スマトラ州政府において、温室効果ガスインベントリ等の気候変動関係の施策及び環境行政全般を所管する環境局（BLH）を本事業のカウンターパート機関とする。

(4) 本事業で検討対象とする「廃棄物・排水分野」の案件の定義

「2006年 IPCC ガイドライン」では、「廃棄物分野」（waste sector）の GHG 排出とは、「廃棄物及び排水の処理に伴い廃棄物・排水起源を起源として発生する CO₂・CH₄・N₂O 排出」と定義されるが、本事業では、廃棄物及び排水処理活動を通じて排出される GHG 排出を総合的に削減するための事業導入を目指すことから、IPCC ガイドラインの廃棄物分野の定義とは別に、「廃棄物及び排水の処理活動に伴い発生するエネルギー起源 CO₂ 及び廃棄物・排水を起源として発生する非エネルギー起源 CO₂・CH₄・N₂O 排出」を「廃棄物・排水分野の GHG 排出」と扱うこととする。

(5) 本事業で扱う JCM 案件の対象

本事業では、廃棄物・排水分野の GHG 排出量を削減するプロジェクトのうち、エネルギー起源 CO₂ 排出を削減するプロジェクトを検討対象とする。

(6) 本調査での検討事項

本調査での検討事項を以下に示す。調査結果については、次章以降を参照のこと。

表 1 本調査での検討事項

本事業の検討事項	検討内容
北スマトラ州における廃棄物・排水分野の低炭素化計画策定支援	州政府の低炭素化戦略の策定を支援し、州政府の施策と一体となって JCM 案件を発掘する。これにより、大規模かつ面的に案件を形成する。
GHG 削減プロジェクト推進支援	発掘される JCM 案件ニーズに応じて簡易的な FS 調査を実施し、本邦企業のシーズとのマッチングを効率的・効果的に進める。
北スマトラ州における JCM 実施基盤整備支援	北スマトラ州政府の JCM 案件実施体制の整備を支援する。これにより、政府レベルでの JCM に関する合意後、速やかに同州で JCM 案件を立ち上げる。

2. 北スマトラ州における廃棄物・排水分野の低炭素化計画策定支援に関する結果

我が国の低炭素化技術を途上国に面的かつ大規模に導入するには、低炭素化に向けたニーズを形成するための我が国の低炭素化に係る各種制度・施策の導入とパッケージでこれら技術の導入を図ることが効果的と考えられる。

北スマトラ州においては、廃棄物・排水分野の GHG 削減施策・計画はこれまで導入されておらず、同分野における計画策定に係る州政府の能力・知見が不足していることから、将来的な廃棄物・排水処理分野の低炭素化計画策定に向け、州政府環境局スタッフを対象に、同州における GHG 排出量算定に関する Capacity development を行った。

表 2 北スマトラ州への廃棄物・排水分野の低炭素化計画策定に向けた Capacity development 結果

指導項目	指導内容
廃棄物・排水処理分野の GHG 排出メカニズム	廃棄物の埋立、生活排水処理に伴う CH ₄ 及び N ₂ O 発生メカニズムの説明
廃棄物・排水処理分野の GHG 排出量算定方法	IPCC ガイドラインに基づく廃棄物の埋立・生活排水処理に伴う CH ₄ ・N ₂ O 排出量算定方法の解説 (Tier2 方法論の適用に向けた議論を実施)
廃棄物・排水処理分野の活動量収集方法	Tier2 方法論の適用に向けた統計データ及び実測調査に基づくパラメータの収集に関する指導
廃棄物・排水処理分野の GHG 排出量算定	収集データを用いた IPCC ガイドラインの方法論に基づく廃棄物の埋立、生活排水処理に伴う CH ₄ 及び N ₂ O 排出量算定

北スマトラ州環境局により収集された活動量（最終処分場への一般廃棄物処理量、排水処理形態別人口等）をもとに算定した、北スマトラ州における 2000～2010 年の廃棄物・排水処理分野における CH₄・N₂O 排出量を以下に示す。

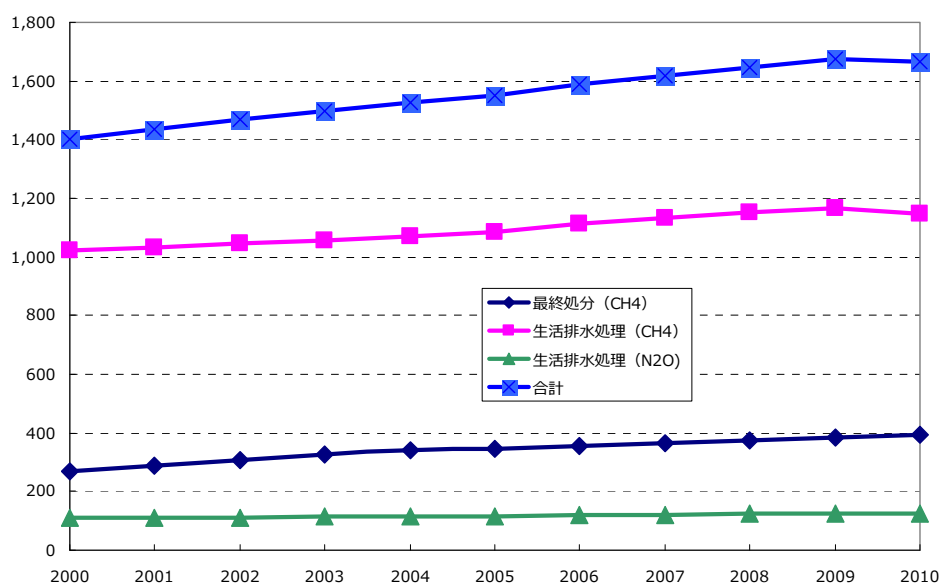


図 1 北スマトラ州における温室効果ガス排出量推計結果 (単位: GgCO₂)

北スマトラ州における温室効果ガス排出量は約 166 万 tCO₂/年 (2010 年) であり、うち、約 7 割を生活排水の処理に伴う CH₄ 排出が占める。生活排水の処理に伴う CH₄ の内訳としては、約 6 割を Septic tank が占め、続いて生活排水の未処理排出が約 3 割を占めている。

このため、北スマトラ州における廃棄物・排水処理分野の GHG 排出量削減には、生活排水の処理に伴う CH₄ 排出量をターゲットに、Septic tank 及び生活排水の未処理排出に対する GHG 削減対策を実施する必要があることが分かった。

表 3 北スマトラ州における JCM を活用した生活排水対策への適性

JICAによる低炭素社会構築に係る支援実績	高まる生活排水対策ニーズ	州政府環境局の協力体制
<ul style="list-style-type: none"> ■ 2011年からJICAの低炭素プロジェクトを実施中(~2015)。 <ul style="list-style-type: none"> ● 廃棄物・排水分野のGHG排出量算定基盤整備(州レベルGHGインベントリ整備) ● 州レベルのGHG排出削減対策の導入計画の策定 ■ 政府職員及び住民の地球温暖化対策への理解・意識。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 1,300万人の人口の半数以上がSeptic Tankを利用。今後の下水道の普及見込みは(少なくとも当面は)無し。 ■ 世界自然遺産のトバ湖(琵琶湖の約4倍の大きさ)の水質が流入汚濁負荷により近年悪化→生活排水対策の高いニーズ。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 環境省による継続的な支援実績や在メダン総領事館の存在に裏付けられた北スマトラ州政府環境局と我が国との良好な関係。 ■ 日本の環境対策技術や法制度への理解と導入意欲。 ■ 浄化槽導入の強い要望。

3. GHG 削減プロジェクト推進支援に関する結果

(1) 対象地域の事業環境

インドネシア国北スマトラ州 (Provinsi Sumatera Utara) は、スマトラ島の北側に位置する人口約 1,300 万人のスマトラ島最大の州であり、州都メダンの人口は同島最大である (210 万人)。スマトラ島の主要産業は、パーム油プランテーション及び関連産業・天然ゴム産業・紙パルプ産業・石油産業等であり、北スマトラ州においても、同事業が盛んである。同州は赤道直下に位置し、生物多様性・自然環境に恵まれている。同州中央に位置するトバ湖は東南アジア最大の湖沼であり、世界自然遺産に登録されているが、近年は流入する生活排水の増加により、急速に水質悪化が進んでおり、対策の必要性が指摘されている。

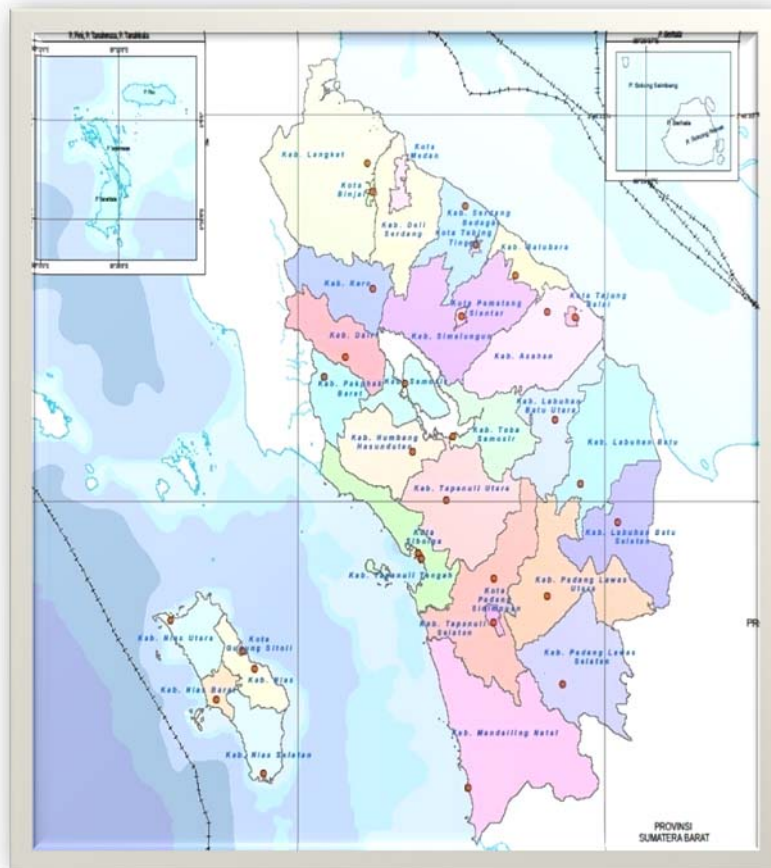


図 2 北スマトラ州の位置図 (出典：北スマトラ州環境局)

表 4 北スマトラ州の基本データ

人口	12,985,075人(2011年)
人口増加率	1.15(インドネシア平均は1.18)
気候型	熱帯雨林気候
平均気温	27.6°C
降水量	2,263mm
季節	雨季と乾期
主要産業	パームオイル産業、ゴム産業、食品・飲料製造業、アルミ精錬業、漁業

北スマトラ州では、以下のとおり、日本国政府及び JICA 等による気候変動分野の支援事業が継続して行われている。

表 5 これまでに北スマトラ州で実施された我が国の支援事業

案件名	支援機関	実施年度
GHG インベントリ策定能力向上支援・緩和行動支援事業	JICA	2011～2014
産業排水分野の工場排水管理プロジェクト	環境省	2009～2013
パームオイル工場廃液からのメタン回収 FS 調査	環境省	2009
廃棄バイオマスによる発電燃料転換 FS 調査	環境省	2009
廃油リサイクル FS 調査	経済産業省	2012～2013

(2) 調査対象事業

① インドネシア国の廃棄物・排水処理分野で考えられ得る GHG 削減事業

「Indonesia Second National Communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change」によると、インドネシア国の廃棄物・排水分野の GHG 排出源において主要な排出を占めるのは「産業排水の処理に伴う CH₄・N₂O 排出」であり、以下、「廃棄物の埋立に伴う CH₄ 排出」、「生活排水の処理に伴う CH₄・N₂O 排出」と続いている。ただし、「産業排水の処理に伴う CH₄・N₂O 排出」については、CH₄ 排出係数及び活動量の不確実性が非常に高く、GHG 削減対策の具体的な導入に先立ち GHG 算定方法論や GHG 排出係数の精緻化が必要なことから¹、現時点では、「廃棄物の埋立に伴う CH₄ 排出」及び「生活排水の処理に伴う CH₄・N₂O 排出」における GHG 削減事業が、インドネシア国の廃棄物・排水処理分野で考えられ得る GHG 削減対策となる。

なお、本調査においては、仕様上、廃棄物・排水分野の GHG 排出量だけでなく、廃棄物・排水処理分野もしくはエネルギー分野で計上されるエネルギー起源 CO₂ 排出量を削減するプロジェクトを検討対象としていることから、以下に、廃棄物・排水分野におけるエネルギー起源 CO₂ 排出削減対策の例を示す。

表 6 インドネシアの廃棄物・排水分野で考えられ得るエネルギー起源 CO₂ 削減事業の例

エネ起 CO ₂ 削減方法 (案)	具体的対策 (案)
バイオガスによる化石エネルギー消費の代替	有機性廃棄物のバイオガス化
	埋立処分場における埋立ガス回収
	産業排水処理施設におけるメタン回収
廃油・廃プラスチック類の燃料利用による化石エネルギー消費の代替	廃棄物の分別制度導入、分別率向上
	廃油・廃プラスチック類のリサイクルの高度化
	廃棄物由来燃料利用のインセンティブ化
有機性廃棄物の燃料利用による化石エネルギー消費の代替	し尿・汚泥を利用した固形燃料製造
	ココナッツ・パーム椰子残渣等からの固形燃料製造
廃棄物焼却導入時のエネルギー回収による化石燃料消費の削減	焼却炉導入時のエネルギー回収施設（発電・熱）の導入
廃棄物収集運搬時の化石エネルギー消費の代替	収集運搬車両へのバイオガソリン・バイオディーゼルの導入
廃棄物収集運搬時のエネルギー消費削減	廃棄物発生量削減（発生源対策、リサイクル率向上）
	廃棄物の収集運搬の効率化
	燃費改良型の収集運搬車両の導入
分散型排水処理施設におけるエネルギー消費削減	低炭素型浄化槽の導入

¹ インドネシア国環境省 (KLH) 温室効果ガスインベントリユニットヒアリング結果

② 本調査で対象とする事業の選択

インドネシアの生活排水処理は **Septic tank** が大半を占めるが、**Septic tank** の水質浄化能力は低く、**Septic tank** の排水濃度は 100mgBOD/L 程度となっている。加えて、汚泥引抜き等のメンテナンスがほとんど行われていないため、本来の浄化能力が発揮されないケースが多く、水環境保全上の問題となっている。また、生活排水由来の汚濁負荷としては、し尿よりも生活雑排水の影響が大きい。また、**Septic tank** では生活雑排水の処理は行われないため、同様に水環境を保全する上での課題となっている。

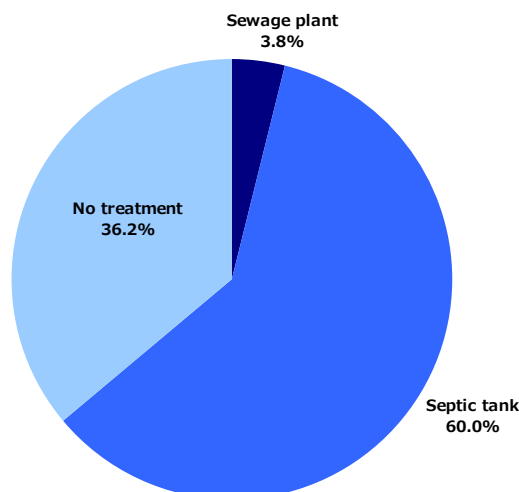


図 3 メダン市における生活排水処理割合の例（2011 年、出典：北スマトラ州政府環境局）

一方、我が国の合併処理浄化槽は水質浄化能力に優れており（20mgBOD/L 以下）、また、し尿と生活雑排水の両方を処理するため、水環境の保全に効果的である。加えて、 CH_4 排出量を **Septic tank** よりも大幅に低く抑えられるため（ CH_4 排出係数比で約 75%削減）、水環境対策だけでなく、GHG 削減対策としても効果的である。加えて、我が国では、近年、エネルギー起源 CO_2 排出量をほぼ半減可能な低炭素型浄化槽の普及が始まっており、GHG 削減対策としての期待が高まっている。

なお、浄化槽には維持管理が必要であり、継続的な清掃・検査・維持管理や設計・製造・施工に関する基準・法制度（浄化槽システム）を合わせて整備することが必要である。

以上を踏まえ、カウンターパート機関である北スマトラ州環境局と検討の結果、本調査において「浄化槽導入事業」を調査対象事業とし、浄化槽の設置及び浄化槽システムの整備に関する調査を行うこととする。

表 7 本調査で検討する浄化槽導入事業の概要

事業概要	事業内容
浄化槽による Septic tank の置換	Septic tank を設置している個別住宅（家庭用）を対象に、低炭素型浄化槽に置き換える。
Septic tank の無い住宅への浄化槽の新規導入	生活排水を処理していない個別住宅（家庭用）を対象に、新規に低炭素型浄化槽を設置する。

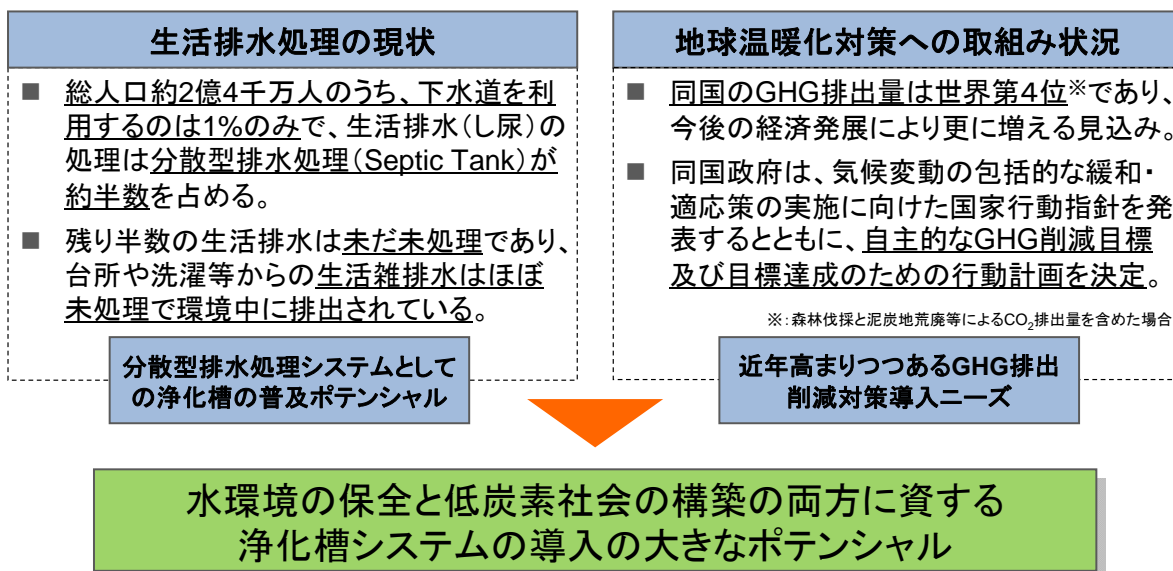


図 4 浄化槽導入事業の選択理由

我が国の浄化槽は、40年以上の年月を経て、歴史的に、し尿のみを処理する単独処理浄化槽、し尿及び生活雑排水を処理する合併処理浄化槽を経て、排水処理性能を高めた高度処理型浄化槽及びCO₂排出量削減に効果的な低炭素型浄化槽と発展してきている。おり、低炭素型浄化槽をインドネシア国に導入することで、同国の一足飛びの発展（Leapfrog development）に貢献することが可能である。

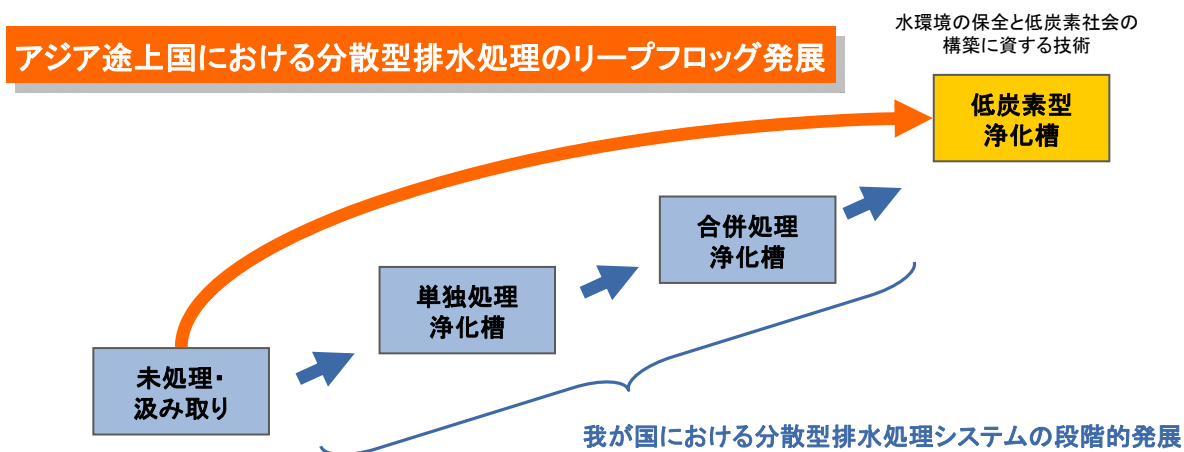


図 5 浄化槽導入事業におけるリープフロッグ発展

③ 本調査で活用する本邦技術・制度の概要

本調査では、我が国の低炭素型浄化槽を導入する。インドネシアの既存の Septic tank と浄化槽の主な違いは以下のとおり。

表 8 インドネシアの Septic tank と我が国の浄化槽の主な違い

Septic tank (Indonesia)	Johkasou (Japan)
<ul style="list-style-type: none"> ■ Treat only black water. ■ (mainly) bottomless and causes underground water contamination. ■ BOD in Effluent is around (or over) 100 mg/L. No regulation for Nitrogen. ■ No disinfection. ■ Annual CH₄ emission factor is around 7.1 kgCH₄/population. (this data will be updated) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Treat <u>both gray water and black waster</u>. ■ Tank with <u>bottom</u>. ■ BOD in effluent is <u>less than 20 mg/L</u>. ■ TN in effluent is <u>less than 20mg/L</u>. ■ <u>Disinfection</u> by chlorine. ■ Annual CH₄ emission factor is around <u>1.8 kgCH₄/population</u>. (this data will be updated)

(3) 調査方法

① 調査内容

本調査では、浄化槽導入事業（以下、本事業という。）の実現に向け、以下の調査を行った。

表 9 本調査における調査内容

調査内容概要	調査内容の詳細
本事業による GHG 削減効果の把握	本事業による GHG 削減効果をエネルギー起源 CO ₂ とそれ以外の GHG 削減効果を試算
インドネシア国北スマトラ州において望ましい浄化槽システムの検討	我が国における市町村設置型を手本にしたインドネシアの浄化槽システムの検討

② 調査実施体制（インドネシア国）

本調査の実施にあたっては、カウンターパート機関である北スマトラ州環境局と共に、調査実施方法の具体的検討、データ収集、GHG 排出削減量の算定等を行った。なお、インドネシア国において、家庭での生活排水処理を所管するのは県・市（Kabupaten / Kota）であることから、より具体的な実現可能性調査のため、北スマトラ州内の 33 の県・市のうち、特に生活排水処理割合の低いテビンティンギ市（Kota Tebing Tinggi）環境局及び清掃局の協力を得て、同市をパイロットサイトと位置づけ、実現可能性調査を行った。

③ 調査実施体制（日本）

本事業の実現にあたっては、インドネシア国への浄化槽供給体制の検討、インドネシア国への浄化槽導入に向けた各種制度の検討、インドネシア国の特性に合わせた浄化槽のローカライズの可能性の検討等が必要なことから、平成 26 年度からのインドネシア国での浄化槽導入プロジェクトの試行的実施及び平成 27 年度からのインドネシア国での本格的な事業展開を見据え、業界団体、浄化槽メーカー及び学識経験者による検討会（勉強会）を立ち上げ、年度内に計 5 回の会合を開催した。

④ 調査スケジュール

インドネシア国北スマトラ州及び日本における検討は以下のスケジュールで行った。

表 10 本調査のスケジュール（北スマトラ州及び日本）

	インドネシア国北スマトラ州		日本	
	現地会合	ワークショップ等	勉強会	主な検討内容
7月	北スマトラ州環境局表敬訪問			
8月	(ラマダン)		浄化槽業界団体・主要メーカー6社・学識経験者・MURC による検討会設置	
9月	北スマトラ州環境局打合せ・テ ピンティンギ市表敬訪問		第1回勉強会	・JCM制度概要 ・尼国浄化槽事例紹介(O社△△△事業) ・今年度の検討目標確認
10月	北スマトラ州環境局打合せ・テ ピンティンギ市打合せ	第1回ワークショップ JICA排出係数調査	第2回勉強会(環境省、北スマ トラ州環境局長官参加)	・北スマトラ州概要、浄化槽事業への期待 ・GHG削減方法論検討 ・事業支援制度に関する検討
11月	北スマトラ州環境局打合せ・テ ピンティンギ市打合せ		第3回勉強会、北スマトラ州環 境局長官来日(浄化槽関係ワークショップ)	・GHG削減方法論検討 ・浄化槽の低コスト化に向けた意見交換 ・北スマトラ州に導入する維持管理制度の検討
12月	北スマトラ州環境局打合せ			
1月	北スマトラ州環境局打合せ・テ ピンティンギ市打合せ	JICAインベントリ調査	第4回勉強会	・北スマトラ州に導入する維持管理制度の検討 ・浄化槽の低コスト化方策検討 ・次期F/S調査に向けた体制構築
2月		第2回ワークショップ DNPI報告会	第5回勉強会	・報告書まとめ

また、上記検討結果の周知を図るため、2013年10月9日及び2014年2月5日に北スマトラ州メダンにおいて、ワークショップを開催した。

表 11 現地ワークショップ開催結果（当日の資料は参考資料を参照）

ワークショップ	期日	会場
第1回現地ワークショップ	2013年10月9日	Aryaduta Medan Hotel
第2回現地ワークショップ	2014年2月5日	Aryaduta Medan Hotel

(4) 調査結果

① GHG 排出削減効果

(a) 本事業におけるシナリオ設定

本事業では、エネルギー起源 CO₂ の削減 JCM クレジット化することを主目的に、以下のとおりシナリオを設定する。

<ベースラインシナリオ1>

- ・ 現状のとおり、Septic tank を使用することを想定する。

<ベースラインシナリオ2>

- ・ ベースラインシナリオ2は、北スマトラ州政府による BOD 排水基準の上乗せ及びアンモニア、全窒素の新たな規制値導入により、実質上、既存の Septic tank の新規導入は禁止され、排水基準を満たす浄化槽（ただし、排水処理性能が認証されたものに限る）が導入されることを想定している。

<プロジェクトシナリオ>

- ・ プロジェクトシナリオは、ベースラインシナリオ2の条件に加え、エネルギー起源 CO₂ の削減のために、我が国からの資金提供により低炭素型浄化槽を導入することを想定している。

表 12 本事業におけるシナリオ設定

シナリオ設定	Septic tank 設置済み家屋	Septic tank 未設置家屋
ベースラインシナリオ1 (現状ケース)	既存のSeptic tankを使用する。	Septic tankを新設する。
ベースラインシナリオ2 (州政府による新規制導入)	既存のSeptic tankを、浄化槽(インドネシア国内で販売される通常型のもの)に置き換える。	浄化槽(インドネシア国内で販売される通常型のもの)を新設する。
プロジェクトシナリオ (追加支援によりCO ₂ 削減)	既存のSeptic tankを、エネルギー起源CO ₂ 削減に効果的な低炭素型浄化槽に置き換える。	エネルギー起源CO ₂ 削減に効果的な低炭素型浄化槽を新設する。

JCM クレジットの対象は、ベースラインシナリオ2→プロジェクトシナリオによるエネルギー起源 CO₂ の削減効果とする。なお、ベースラインシナリオ1→プロジェクトシナリオによる CH₄ 削減効果は、①JCM クレジットの対象とする、②州政府による GHG 削減効果とする、の選択肢が考えられるが、現時点では判断が困難なことから、今後の CM 方法論の整備及び両国関係者との協議に基づき判断することとする。

(b) シナリオ別の GHG 排出量

各シナリオの排出源別・ガス種類別の GHG 排出量を以下に示す。

表 13 各シナリオの排出源別・ガス種類別の GHG 排出量 (10 人あたりの排出量 : tCO₂/年)

sources	GHG	Septic tank (baseline scinario1)	Conventional <i>Johkasou</i> (baseline scinario2)	Low carbon <i>Johkasou</i> (project scinario)
Human feces	CH ₄	0.69	0.46	0.46
	N ₂ O	0.02	0.25	0.25
Gray water	CH ₄	1.10		
	N ₂ O	0.08		
Electricity	CO ₂		0.60	0.30
total	---	1.9	1.3	1.0

【計算条件】

- ・電力の使用に伴うCO₂排出量: 10人槽のプロウ消費電力を91Whとして、インドネシア国のグリッド電力排出係数を乗じて算定。
- ・地球温暖化係数(GWP)には、2013年度以降のGHGインベントリに用いるCH₄:25及びN₂O:298を使用。
- ・Septic tank汚泥及び浄化槽汚泥の処理に伴うGHG排出は考慮していない。
- ・Septic tankの雑排水は側溝に排水されるとし、地下浸透については考慮していない。

(c) GHG 削減効果

JCM クレジットの対象となるエネルギー起源 CO₂ 削減量 (ベースラインシナリオ 2 → プロジェクトシナリオ) は、10 人あたりで 0.3tCO₂/年となる。また、浄化槽を北スマトラ州に大規模展開 (北スマトラ州 1,300 万人の 10% に浄化槽が普及) した場合、3.9 万 tCO₂/年のエネルギー CO₂ 削減量となる。加えて、浄化槽をインドネシア国全土に大規模展開 (2 億 3,000 万人の 50% に浄化槽が普及) し終えた場合、345 万 tCO₂/年の CO₂ 削減量となる。

なお、本事業による CH₄ 削減量 (ベースラインシナリオ 1 → プロジェクトシナリオ) は、10 人あたりで 0.6tCO₂/年となる (CH₄ 削減効果の 1.2tCO₂/年から CO₂ 排出増 0.6tCO₂/年を減じた削減効果)。また、浄化槽を北スマトラ州に大規模展開 (同上) した場合、7.8 万 tCO₂/年の CH₄ 削減量となる。加えて、浄化槽をインドネシア国全土に大規模展開 (同上) し終えた場合、690 万 tCO₂/年の CH₄ 削減量となる。

表 14 本事業による GHG 削減効果 (tCO₂/年)

削減 GHG	プロジェクト (10 人あたり)	大規模展開後
エネルギー起源 CO ₂	0.3	3,450,000
非エネルギー起源 CO ₂	0.6	6,900,000
合計	0.9	10,350,000

(d) GHG 削減効果の算定方法

1) Septic tank からの GHG 排出量算定方法 (10 人あたり)

<計算条件>

- ・ Septic tank からの CH₄ 排出量は 2006 年 IPCC ガイドラインに基づき試算。
- ・ し尿の MCF 値 : Latrine (wet climate/flush water use, ground water table higher than latrine) を使用 (0.7)
- ・ 生活雑排水の MCF 値 : Stagnant sewer を使用 (0.5)
- ・ し尿の BOD 負荷量は 18gBOD/人日、生活雑排水は 40gBOD/人日と設定。
- ・ し尿の TN 負荷量は 2gN/人日、生活雑排水は 9 g N/人日と設定。

<CH₄ 排出量 (tCO₂/年) >

- ・ し尿 : $10 \text{ 人} \times 18\text{gBOD/人日} \times 365 \text{ 日} \times 0.6 \text{ (メタン生成能)} \times 0.7 \text{ (MCF)} \times 25 \text{ (GWP)} = 0.69$
- ・ 雑排水 : $10 \text{ 人} \times 40\text{gBOD/人日} \times 365 \text{ 日} \times 0.6 \text{ (メタン生成能)} \times 0.5 \text{ (MCF)} \times 25 \text{ (GWP)} = 1.10$

<N₂O 排出量 (tCO₂/年) >

- ・ し尿 : $10 \text{ 人} \times 2\text{gBOD/人日} \times 365 \text{ 日} \times 0.079\text{gN}_2\text{O/人年} \times 298 \text{ (GWP)} = 0.02$
- ・ 雑排水 : $10 \text{ 人} \times 9\text{gBOD/人日} \times 365 \text{ 日} \times 0.079\text{gN}_2\text{O/人年} \times 298 \text{ (GWP)} = 0.08$

2) 浄化槽からの GHG 排出量算定方法

<計算条件>

- ・ 合併処理浄化槽の排出係数には、我が国の GHG インベントリと同様、平成 24 年度の環境省調査結果 (平成 24 年度温室効果ガスインベントリ作成のための分散型生活排水処理に係る排出係数開発調査報告書) を使用 (1.8kgCH₄/人年、0.083kgN₂O/人年)。
- ・ 北スマトラ州の電力使用に伴う CO₂ 排出係数は 0.753kgCO₂/MWh を使用 (IGES グリッド排出係数一覧表より)。

<CH₄ 排出量 (tCO₂/年) >

- ・ $10 \text{ 人} \times 1.8\text{kgCH}_4/\text{人年} \times 25 \text{ (GWP)} = 0.46$

<N₂O 排出量 (tCO₂/年) >

- ・ $10 \text{ 人} \times 0.083\text{kgN}_2\text{O/人年} \times 298 \text{ (GWP)} = 0.25$

<CO₂ 排出量 (tCO₂/年) >

- ・ 通常型 : $91\text{Wh} \times 24\text{h} \times 365 \text{ 日} \times 10^{-6} \times 0.753\text{kgCO}_2/\text{MWh} = 0.60$
- ・ 低炭素型 : $46\text{Wh} \times 24\text{h} \times 365 \text{ 日} \times 10^{-6} \times 0.753\text{kgCO}_2/\text{MWh} = 0.30$

② GHG 削減以外のコベネフィット効果

本事業によるコベネフィット効果を以下に示す。

表 15 GHG 削減以外のコベネフィット効果

本事業による GHG 削減以外の効果		コベネフィット効果
家庭からの排水水質の改善 ²	BOD 負荷量削減	水環境（河川、湖沼、海域）保全
	TN 負荷量削減	水環境（河川、湖沼、海域）保全、富栄養化対策
生活雑排水の処理		水環境（河川、湖沼、海域）保全、富栄養化対策
排水の塩素消毒		病原菌による地下水・水環境汚染の削減
排水の地下浸透の防止		地下水汚染の削減
浄化槽システムの整備	設計・製造基準による粗悪製品の防止	水環境（河川、湖沼、海域）保全
	施工基準による粗悪工事の防止	水環境（河川、湖沼、海域）保全
排水未処理家屋への浄化槽導入による排水処理割合の向上		水環境保全

③ PJ 全体費用

本事業では、毎年、浄化槽の導入を図ることとしている。来年度に予定する浄化槽のローコストの実証実験（「(5) 事業化に向けた検討」参照）により、インドネシアの気候・文化に適応した浄化槽を開発し、また、浄化槽の現地生産体制の整備を進めることとしており、現時点では具体的な PJ 全体費用の積算は困難である。

来年度（平成 26 年度）は、「(5) 事業化に向けた検討」に示すとおり、「(a) 浄化槽の設置費・維持管理費の低減に対する検討」、「(b) 浄化槽導入資金メカニズムの検討」、「(c) 浄化槽の維持管理システムの整備に関する検討」、「(d) JCM 方法論の確立に関する検討」を進める。

² 本調査において、浄化槽の導入による BOD 及び TN 負荷量の削減量及び北スマトラ州における BOD 及び TN 負荷量の削減割合の試算を試みたが、Septic tank からの排水水質を把握できる資料が得られていないことと、Septic tank からの排水の地下浸透割合が不明なことから、具体的な計算結果の提示には至らなかった。来年度、課題解決のための調査等を行い、コベネフィット効果を定量化する必要がある。

④ 費用対効果（PJ 全体費用÷エネルギー起源 CO₂ 排出削減量）（事業実施時）

10 人あたりのエネルギー起源 CO₂ 削減効果が 0.3tCO₂/年の浄化槽を 1,000 基導入する場合、年間のエネルギーCO₂削減量は 300tCO₂/年となる。JICA 海外投融資等による事業期間を仮に 10 年間とした場合、10 年間で導入される低炭素型浄化槽は合計 1 万基となり、累積のエネルギーCO₂削減量は 16,500tCO₂/10 年となる。浄化槽の寿命を仮に 50 年とした場合、1 万基の低炭素型浄化槽によって 50 年間で削減されるエネルギー起源 CO₂ の量は、136,500tCO₂ となる。

(5) 事業化に向けた検討

第1回日本・インドネシア共和国環境政策対話（2014年2月）において、両国間で「温室効果ガスの削減に加え廃棄物など他のローカルな環境問題の解決にも資する JCM プロジェクトの実施、そして、規制強化やインセンティブ制度の創設等を通じた優れた環境技術が導入されやすい環境づくりの推進」が合意されている。本事業は上記合意の実現に資することから、以下のとおり、事業化に向けた検討方針を整理する。

① 事業化にあたっての課題

下水道の普及が遅れるインドネシアにおいて分散型生活排水処理システムを整備することは、水環境の保全上、必要な環境対策であるが、同国で普及している Septic tank は排水処理性能が低く、水環境の保全の観点から十分な環境対策とは言えない。また、Septic tank の維持管理はほとんど実施されておらず、Septic tank の排水処理機能が十分に発揮されない原因となっている。

これに対して我が国の浄化槽は水環境の保全に十分な排水処理性能を有しており、また、我が国では浄化槽の継続的な清掃・検査・維持管理や設計・製造・施工に関する基準・法制度（浄化槽システム）が整備されていることから、インドネシア国における生活排水処理・水環境保全ニーズに適合した環境技術といえる。

今後、同国に浄化槽を大規模に展開する際に検討すべき課題として、(a) 浄化槽設置費用及び維持管理費用の低減、(b) 浄化槽導入メカニズムの検討、(c) 浄化槽の維持管理システムの整備、(d) JCM 方法論の確立が挙げられる。

表 16 浄化槽のインドネシア国における大規模展開に向けた課題

課題	内容
(a) 浄化槽の設置費・維持管理費	Septic tank の現地価格（施工費用込み）は2～20万円程度なのに対して、浄化槽の価格はその数倍であり、その差を縮めることが必要。
(b) 浄化槽導入メカニズム	州政府による浄化槽の設置・管理・利用料金徴収の仕組みを整備することが望ましいが、その際の州政府の予算の調達方法について検討が必要。
(c) 維持管理	Septic tank からの汚泥引抜はほとんど実施されておらず、浄化槽に必要な汚泥処理インフラは貧弱。新たに浄化槽の維持管理システムの整備が必要。
(d) JCM 方法論の確立	本事業による JCM クレジットについては、(4)章で示したとおり考え方に幅があることから、今後、JCM 方法論を確立し、クレジット獲得見込量の精度向上が必要。

② 事業化に向けた今後の検討方針

浄化槽導入事業の事業化に向け、次年度、前項で挙げた課題を解決する必要がある。それぞれの課題について、今後の検討方針を以下に示す。

(a) 浄化槽の設置費・維持管理費の低減に対する検討方針

日本と比べて高温かつ変動の少ない水温(25℃前後)、トイレトペーパーを使わない文化、日本よりも緩い排水基準等を踏まえ、次年度、浄化槽の導入費用及び維持管理費用の削減を主目的とした浄化槽のローカライズに関する技術的検討を行う。

具体的には、パイロットサイトのテビンティンギ市に実証用浄化槽を設置し、構造・機能の簡略化やメンテナンス期間の長期化等に関する技術的検討を行う。

合わせて、これらの実証用浄化槽の排水水質・電力消費量・GHG 排出量等のモニタリングを定期的に行い、排水水質改善効果(コベネフィット効果)やGHG削減効果をより正確に検証するとともに、GHG削減方法論を整備し、JCMクレジットの創出を行う。

(b) 浄化槽導入資金メカニズムの検討方針

低炭素型浄化槽の購入及び設置費用や維持管理費用はSeptic tankよりも高額なため、インドネシア国内で自発的に低炭素型浄化槽の導入が進む可能性は低い。このため、我が国の「浄化槽市町村整備推進事業」を参考に、浄化槽を社会インフラと見なし、州政府による浄化槽の設置・維持管理を制度化することが望ましいと考えられる。

具体的には、州政府が大半の費用(もしくは全額)を負担して低炭素型浄化槽を設置し、設置先の家庭から浄化槽利用料金を定額で徴収することで浄化槽設置費用を中長期的に回収するモデルを立ち上げる。2014年の北スマトラ州政府環境局の予算において、州政府による浄化槽設置・維持管理のための予算が一部確保されていることから、2014年中の同予算の執行に向けた検討を進める。

なお、今後の低炭素型浄化槽のインドネシア国における大規模展開には多額の資金が必要なことから、州政府予算以外の資金の調達方法について、我が国の補助金、ODA、円借款や他の国際機関・民間資金等を対象に検討を進める。

(c) 浄化槽の維持管理システムの整備に関する検討方針

Septic tank にも維持管理の義務があるが、現状ではほとんど実施されていない。同様に、低炭素型浄化槽の維持管理の実施を利用者に求めることは費用的・実務的に困難であり、前項 (b) と同様、州政府による浄化槽の維持管理システムを整備することが、本事業には必須である。

浄化槽維持管理システムとして、具体的には、①設計・製造に関する基準、②施工に関する基準、③保守点検に関する基準、④清掃（汚泥引抜及び汚泥処理）インフラ、⑤法定検査制度等の整備が必要となる。

(d) JCM 方法論の確立に関する検討方針

浄化槽導入プロジェクトでは、ベースラインシナリオとして「州政府が新たな規制を導入し、既存の Septic tank よりも排水処理性能の高い処理設備の導入が義務化される。」ことが必要なため、州政府による上記規制の整備に対して支援を行う。

上記ベースラインシナリオ及びプロジェクトシナリオに応じた削減方法論を整備し、①で実証用に導入する浄化槽による CO₂ 削減量を JCM クレジット化する。

③ 北スマトラ政府における本事業への準備状況

北スマトラ州政府環境局は、同州における生活排水処理の推進を担っており、本事業と連携して浄化槽の導入及び維持管理体制の整備を計画している。

具体的には、州政府環境局のもとに浄化槽維持管理公社³を設置し、州政府環境局の予算により浄化槽の維持管理に必要なインフラを整備するとともに、排水処理基準の上乗せ・新設や浄化槽の設置・維持管理に係る各種基準の整備、マニュアル等の文書整備を推進する予定である。

³ 北スマトラ州政府環境局によると、現在、4つの公社が環境局に設置されているとのこと。

④ MRV 方法論、モニタリング体制

本事業では年間 1,000 基以上の低炭素型浄化槽を継続的に導入することを目指しており、個別の浄化槽ごとに GHG 削減効果のモニタリングを行うことは困難であることから、効率的な MRV 方法論及びモニタリング体制を整備することが必要である。

「2006 年 IPCC ガイドライン」では、Septic tank を利用する人口あたりの $\text{CH}_4 \cdot \text{N}_2\text{O}$ 排出係数が定められており、本事業でも、同ガイドラインに基づいた JICA 調査による Septic tank の $\text{CH}_4 \cdot \text{N}_2\text{O}$ 排出係数（2014 年中に公開予定）を利用する予定である。また、浄化槽からの $\text{CH}_4 \cdot \text{N}_2\text{O}$ 排出量は同様に利用人数あたりの $\text{CH}_4 \cdot \text{N}_2\text{O}$ 排出係数となっていることから、ベースラインシナリオ及びプロジェクトシナリオにおける $\text{CH}_4 \cdot \text{N}_2\text{O}$ 排出量は、浄化槽利用人口をモニタリングすることで把握できる（州政府による浄化槽利用人口の把握）。

また、浄化槽のプロアーにおける電力使用量は設置するブロワーの仕様により決まることから、浄化槽における電力使用に伴う CO_2 排出量（ベースラインシナリオ及びプロジェクトシナリオ）は、北スマトラ州における電力 CO_2 排出係数をモニタリングすることで把握できる（国営電力会社 PLN と連携した電力排出係数把握）。

今後、実証試験用の浄化槽がパイロットサイトに導入される予定であり、上記のモニタリング項目により GHG 削減効果が適切に担保されるかどうか検証し、MRV 方法論を作成することが必要である。

⑤ 我が国の技術導入を促進するためのアイデア

(a) 浄化槽の国際的な優位性

浄化槽に類似した排水処理設備（ブロー付きの FRP 成型品）はインドネシア国内でも製造・販売されているが、現地での排水規準（100mgBOD/L）を満たす仕様で製造されており、我が国の合併処理浄化槽の処理性能（20mgBOD/L）には及ばない。今回のプロジェクトでは、水環境保全のため、北スマトラ州政府の排水規準に上乘せ基準（BOD、窒素等）を設定する予定であり、我が国の浄化槽にとっては、上乘せ基準が厳しくなるほど、優位性が発揮される。

(b) 大規模展開のための戦略

1) Septic tank から浄化槽への転換を促進するための戦略

浄化槽の特徴として州政府環境局が評価するのは、「優れた BOD・TN・アンモニア除去性能」、「生活雑排水の処理」、「大腸菌等のバクテリアの殺菌」であり、「温室効果ガス排出量の削減」については、付随的なメリットとして認識されている。今後、浄化槽導入プロジェクトの推進にあたっては、このような現地のニーズ・理解を適切に踏まえることが重要である。

Septic tank でも汚泥引抜等の定期的な維持管理が必要であるが、現状ではほぼ全く実施されていない。浄化槽は Septic tank よりも詳細な維持管理が必要なことから、浄化槽の大規模導入に先立ち、州政府による浄化槽の維持管理システムをしっかりと整備し、関係者に対する Capacity development を適切に行うことが必要である。

2) 浄化槽のインドネシア全体への大規模展開のための戦略

浄化槽のインドネシア全体への大規模展開にあたっては、中央省庁との連携が不可欠である。また、今回の北スマトラ州での事業により、「北スマトラ州モデル」が確立されることから、これをプロトタイプに他地域への展開を図ることが望ましいと考えられる。

⑥ 事業化体制

事業化にあたっての実施体制は下記のとおり。

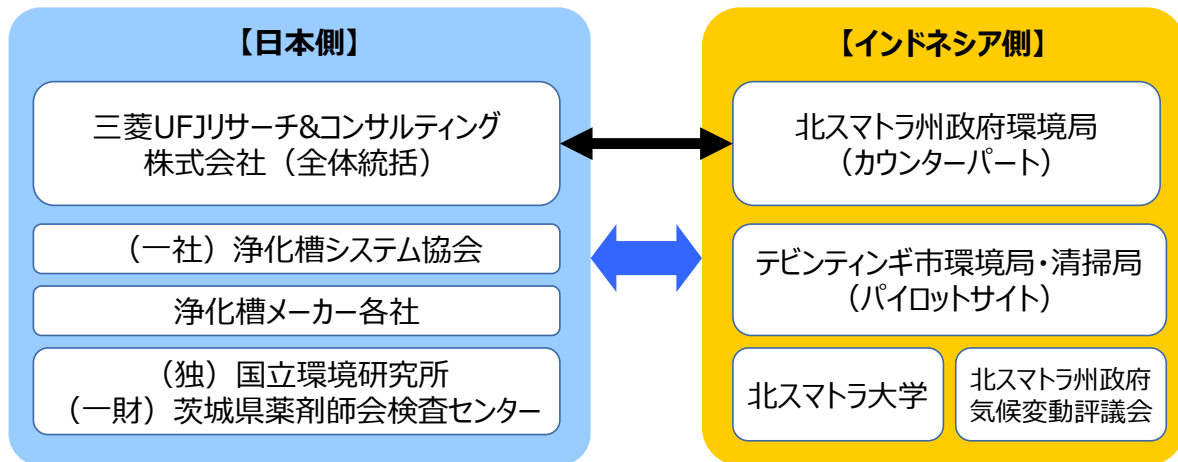


図 6 事業化にあたっての実施体制

⑦ 資金計画

「② 事業化に向けた今後の検討方針」で示したとおり、来年度はパイロットサイトへの実証試験用浄化槽の設置を中心とした検討を行うことから、「アジアの低炭素社会実現の為に JCM 大規模形成支援事業」による事業実施が望ましいと考えられる。

⑧ 今後の展開方針

(a) 中央政府との連携

JCM 事業については経済調整担当大臣府及び国家気候変動評議会（DNPI）や、他省庁との連携が必要となることから、今後、可能な限り早い段階で、これらの省庁に対して具体的なコンタクトを開始する。

(b) 現地の学識経験者との連携

本事業の検討にあたっては、現地の分散型排水処理専門家より助言を受けた。来年度はインドネシア向けの浄化槽システムの検討や浄化槽のローカライズの検討等、より専門的かつ現地事情に基づいた知見が必要となることから、引き続き学識経験者に対してアドバイザーとして本事業への参画を打診する。

(c) 「浄化槽導入プロジェクト」の他州への展開に向けた調査

来年度中に検討する北スマトラ州での浄化槽導入メカニズム及び浄化槽維持管理システムを、平成 27 年度以降、インドネシア国内の他州に展開するための情報収集や州政府環境局及び関連部局への情報提供を行う。

(d) 大型浄化槽の導入可能性の調査

JCM を活用した大型浄化槽の導入を行うための検討を行い、本事業における支援対象の拡大を図る。

⑨ 事業化までのスケジュール

事業化までのスケジュール案を以下に示す。

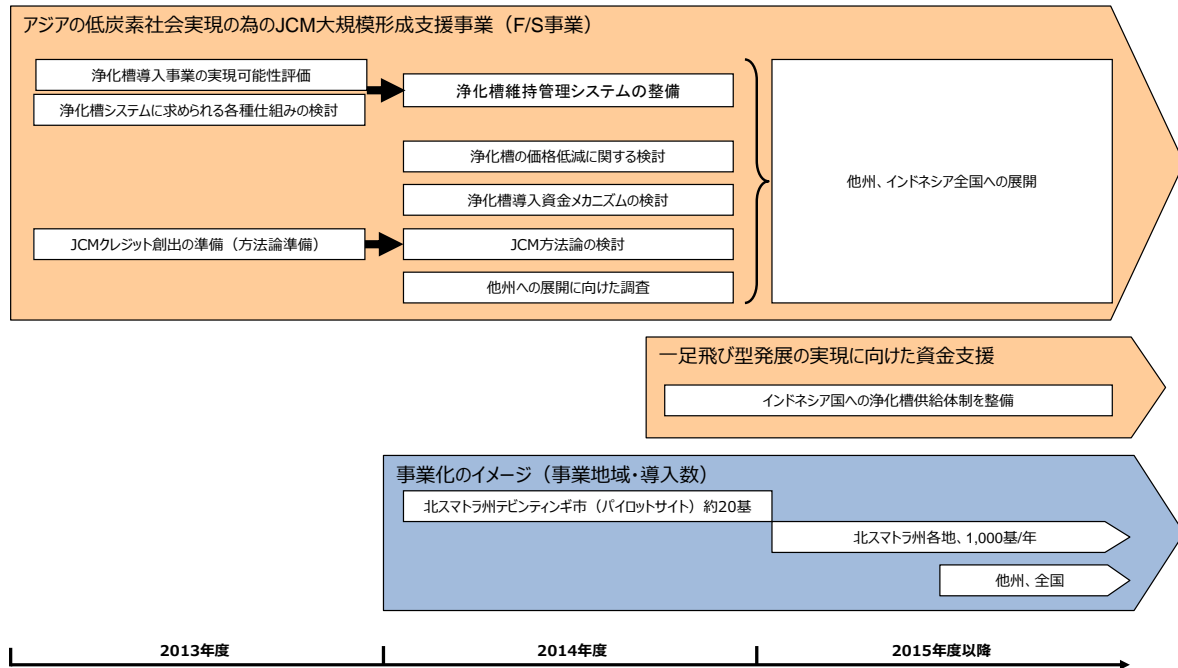


図 7 浄化槽導入事業の事業化までのスケジュール案

4. 北スマトラ州における JCM 実施基盤整備支援に関する結果

2013年8月の日本国政府とインドネシア国政府間での JCM 実施に係る二国間文書の合意を受け、本事業では、州政府職員を対象とした JCM 制度に関する説明会を複数回開催した。州政府職員及びステークホルダー（大学、民間企業、NGO 等）を対象としたワークショップにおいて、JCM 制度に関する説明を行った。

今後、合同委員会での検討を踏まえ、州政府による MRV 体制の検討、MRV 体制の構築支援、今後開発される方法論及びツールの導入支援等について進めることが望ましいと考えられる。