

平成 24 年度 CDM 実現可能性調査

「埋立処分場ガス(LFG)回収発電」  
(ミャンマー)

報 告 書

平成 25 年 3 月

三菱 UFJ モルガン・スタンレー証券株式会社

## 目次

1	基礎情報	1
1.1	プロジェクトの概要	1
1.2	企画立案の背景	1
1.3	ホスト国に関する情報	2
1.3.1	基礎情報	2
1.3.2	政治	4
1.3.3	経済	4
1.3.4	エネルギー	6
1.3.5	電力	7
1.3.6	環境政策	8
1.3.7	地方行政制度	10
1.4	ホスト国の CDM に関する政策・状況等	12
2.	調査の内容	13
2.1	調査実施体制	13
2.2	調査課題	13
2.3	調査内容	14
2.3.1	調査課題に対する調査内容	14
2.3.2	廃棄物処理の状況	16
2.3.3	埋立地の状況	18
2.3.4	プロジェクトの技術概要	23
3.	調査結果	24
3.1	ベースライン・モニタリング方法論	24
3.2.	ベースラインシナリオ及びプロジェクトバウンダリーの設定	25
3.3	モニタリング計画	26
3.4	温室効果ガス排出削減量	27
3.5	プロジェクト実施期間・クレジット獲得期間	36
3.6	環境影響・その他の間接影響	36
3.7	利害関係者のコメント	37
3.8	プロジェクトの実施体制	39
3.9	資金計画	39
3.10	経済性分析	40
3.11	追加性の証明	41
3.12	事業化の見込み	41
4.	持続可能な開発への貢献	42

# 1 基礎情報

## 1.1 プロジェクトの概要

本プロジェクトは、ミャンマー連邦共和国・ヤンゴン市にある廃棄物処分場において、処分場より発生するランドフィルガス（LFG）の回収とその有効利用を目的とする。回収した LFG は、ガスエンジン発電設備に燃料として供給、発電利用することを目指す。その利用方法については、回収 LFG 量の予測をもとに、本調査内で検討することとする。

本プロジェクトは、ミャンマーのエンジニアリング会社である Kaung Kyaw Say Engineering Co.,Ltd (KKS) が、ヤンゴン市開発委員会（Yangon City Development Committee : YCDC）より処分場の土地利用許可を得て実施する計画で、その実施にむけて YCDC と協議がすすめられている。

ヤンゴン市では、増え続ける廃棄物に対して適切な処理が行われておらず、処分場確保の問題、環境問題が危惧されている。本プロジェクトによって LFG を回収することにより、メタンガスの大気中への放出を抑制し、温室効果ガス（GHG）排出削減に寄与するだけでなく、悪臭防止、火災防止等、地域の環境改善に貢献する。また、ミャンマーでは、これまで CDM 登録案件がなく、2012 年に制定された新しい環境保全法のもと、指定国家機関（DNA）の再組織、承認手続き等の整備が進められている。本プロジェクトの CDM としての実施が、ミャンマーにおける CDM 実績構築の一助となることが期待される。

## 1.2 企画立案の背景

ヤンゴン市は、ミャンマーの全人口の約 1 割（約 600 万人）を抱える同国最大の都市で、商業の中心である。ヤンゴン市内では、1 日約 1,700 トンのごみが発生しているが、廃棄物収集・処理の整備が十分でなく、中間処理されず、地域の処分場においてオープンダンピングされている。そのため、悪臭、火災、水質汚染などの環境問題、周辺住民への健康被害などが懸念されている。

ミャンマーでは、2011 年 3 月にテイン・セイン大統領による新政権誕生後、民主化に向けた改革が進められており、2012 年に入って国際社会による貿易制限や制裁の解除が進められている。その結果、経済の急成長とともに、ヤンゴン市への人口流入、産業活動の活発化にともないごみの量が急増し、都市廃棄物問題が深刻化することが予想されている。

ミャンマーのエンジニアリング会社である Kaung Kyaw Say Engineering Co.,Ltd (KKS) は、同国の再生可能エネルギー、省エネ事業に多くかかわり、その推進に尽力している。本プロジェクトは、KKS がヤンゴン市の廃棄物問題、環境問題の改善のために、ごみの収集・分類・リサイクル事業を含めた廃棄物処理事業の一環として企画提案しており、現在、YCDC とその実施に向け協議をすすめている。本調査は、三菱 UFJ モルガン・スタンレー証券株式会社 (MUMSS) が、KKS より同プロジェクトの CDM としての実現可能性について相談を受け、実施することとなった。

### 1.3 ホスト国に関する情報

#### 1.3.1 基礎情報

ミャンマー連邦共和国（ミャンマー）は、インドシナ半島西部に位置し、中国、ラオス、タイ、バングラデシュ、インドと国境を接する。面積 68 万平方キロメートル、日本の約 1.8 倍の国土に、6,062 万人<sup>1</sup>の人口を抱える国である（2011 年）。国土は、東西 900km、南北 1,300km のひし形の地域と、その東南端から南へマレー半島にかけて 800km に延びる地域から構成される（図 1）。



図 1 ミャンマーの位置

出典：apex-asia<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 日本貿易振興機構 JETRO 2011 年、出所：アジア開発銀行（ADB）

<sup>2</sup> <http://www.apex-asia.co.jp/area/myanmar>

国土の中央部は比較的雨の少ない乾燥地帯であるが、中南部は降雨量の多いエーヤワディ川のデルタ地帯、タイと接する南部の海岸地域は高温多湿地帯となっている<sup>3</sup>。プロジェクト実施地域であるヤンゴンは、赤道モンスーン気候で年間を通じて高温多湿な気候である(図 2)。

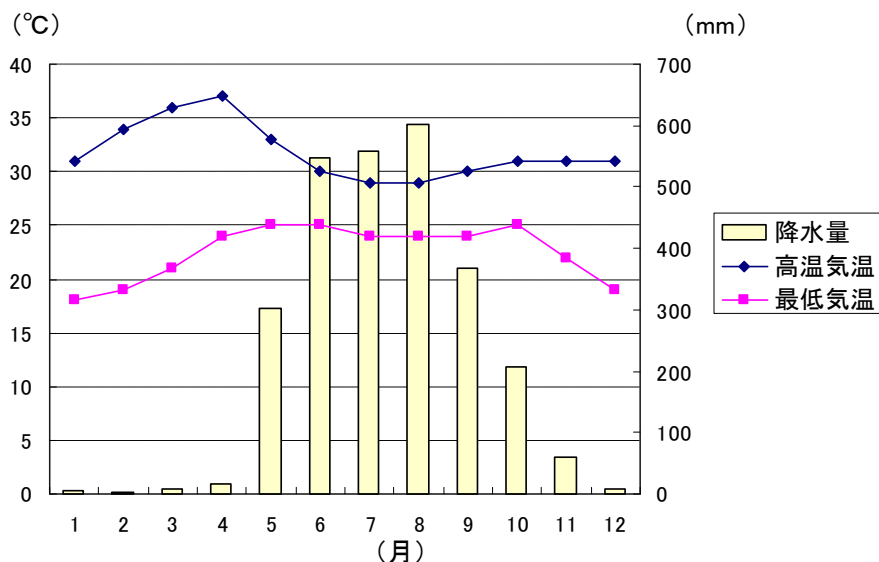


図 2 ヤンゴンの気候<sup>4</sup>

首都はミャンマーのほぼ中央に位置するネーピードー(Nay Pyi Taw)である。2005年にミャンマー政府が旧首都のヤンゴンから首都機能をピンマナ県に移転することを発表、2006年3月ごろまでに政府機関は概ね移転を終了し、移転先はネーピードー市と命名された。2006年10月、正式に行政首都ネーピードーへの遷都が発表された。ネーピードーは、2012年まで外国人の立ち入りが禁止されていた。一方、旧首都であるヤンゴンは、引き続き同国最大の都市であり、商業の中心である。



写真 1 首都ネーピードー

<sup>3</sup> 社団法人日本ミャンマー友好協会 <http://www.jmfa.or.jp/jmfa/enkaku.html>

<sup>4</sup> Weatherbase <http://www.weatherbase.com/weather/weather.php3?s=069084&refer=&units=metric>

### 1.3.2 政治

1988年、全国的な民主化要求デモにより26年間続いた社会主義政権が崩壊したが、国軍がデモを鎮圧するとともに政権を掌握し、軍事政権が誕生した。以降、軍事政権の民主化抑圧を理由に国際社会からの経済制裁を受け、孤立していた。2008年に34年ぶりに新憲法が制定され、2010年には20年ぶりに総選挙が実施された。2011年1月、総選挙の結果に基づく国会が召集され、2月に正副大統領が国会で選出された。3月には、民政移管に伴いテイン・セイン政権が発足し、民主化が進められることとなった。2012年4月1日に行われた補欠選挙でアウン・サン・スー・チー氏の率いる野党国民民主連盟（NLD）が大勝したことを機に、民主化加速の兆しをみせている。2012年9月には、内閣改造が行われ、連邦議会で新たに10人の閣僚が承認された。この内閣改造は、大統領府などの省庁改革を推進しようとする、テイン・セイン大統領の意志の表れといえる<sup>5</sup>。

### 1.3.3 経済

1962年以来、閉鎖的な社会主義経済政策を実施した結果、経済活動の停滞、対外債務の累積などの経済的困難が増大、1987年2月には、ミャンマーは、国連により後発開発途上国（LDC）と認定されている。

1988年に成立した軍事政権は、社会主義政策を放棄する旨を発表するとともに、民間貿易の自由化、外国投資法の制定、国境貿易の合法化等、開放的経済政策を推進してきた。このような経済政策を受けて、1990年前半は概ね5%以上の高い経済成長率を達成したが、1997年のアジア通貨危機以降、経済成長は鈍化した<sup>6</sup>。同国経済は、非現実的な為替レート、電力、道路、通信等の経済インフラの未整備、外国投資の低迷、先進国からの援助の停止、米国、及びEUによる経済制裁等多くの制約を抱えてきた結果、近隣ASEAN諸国の経済発展から取り残され、ミャンマーの国民の生活水準はアジアでも最低レベルに留まっている（図3）。

---

<sup>5</sup> 日本貿易振興機構（JETRO）ミャンマー基礎データ  
[http://www.jetro.go.jp/world/asia/mm/basic\\_02/](http://www.jetro.go.jp/world/asia/mm/basic_02/)

<sup>6</sup> 外務省 [http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/shiryo/kuni/08\\_databook/pdfs/01-09.pdf](http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/shiryo/kuni/08_databook/pdfs/01-09.pdf)

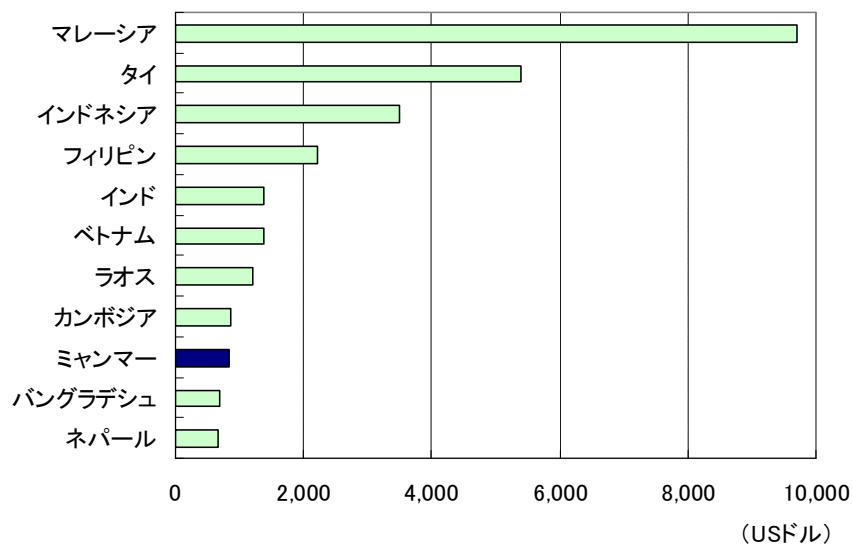


図 3 2011年一人当たりの名目GDP(USドル)

出典：[IMF - World Economic Outlook Databases](http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2012/01/weo201201.pdf) (2012年4月版)

一方、2011年より進められている民主化とともに、経済改革も本格化している。2012年4月にNLDが勝利したことを受け、国際社会から同国への経済制裁緩和の機運が高まり、各国企業が事業機会を求め雪崩を打って殺到してきている。豊富な天然資源、人口約6,000万人の市場、安い労働力を抱えており、アジアのラストフロンティアとして注目されている。

新政権は、市場経済の発展、経済開放に向け、さまざまな法制度整備を進めており、二重為替相場の解消、外国投資法改正など、これまでの海外直接投資を促進する措置が急がれている。電力、工業団地といったインフラ、経済特区の整備とともに、アメリカによる経済制裁のもとで規制されていたドル送金等、金融サービスの環境整備などが段階的にすすめられることにより、海外投資が増加し、今後経済成長につながる事が予想される。アジア開発銀行（ADB）は2012年8月20日、ミャンマー経済は今後10年にわたり、最大で年8%の成長率を維持するとの見通しを示している<sup>7</sup>。

<sup>7</sup> Myanmar in Transition Opportunities and Challenges, August 2012, ADB  
<http://www.adb.org/publications/myanmar-transition-opportunities-and-challenges>

### 1.3.4 エネルギー

ミャンマーは、石油、天然ガスなどの天然資源が豊富で、同国エネルギー省によれば、2011年4月1日時点でオンショアの確認埋蔵量は石油1億4,000万バレル、天然ガス0.41兆立方フィート、オフショアは石油3,500万バレル、天然ガス11兆立方フィートといわれている<sup>8</sup>。未探査地域も残されており、特にオフショア鉱区では、天然ガスを中心にそのポテンシャルが期待されている。20年以上にわたる欧米諸国の経済制裁のため、ミャンマーへの投資は中国、タイ、及び韓国の企業などに限られていたが、2012年に欧米諸国による経済制裁が解除され、ミャンマーの石油・ガス部門への投資は、特に関心を集めている。

現在、国内生産の天然ガスの70%以上を輸出しており、エネルギー純輸出国となっている。一方で国内では薪などのバイオマスに依存する家計部門の消費が大きなウェイトを占めている（図4）。2010年のミャンマーにおける一次エネルギー消費量は、日本の2.8%、ベトナムの23.6%にすぎない。1人当たりの一次エネルギー消費量は、0.3石油換算トンと、日本の42.6%、日本の7.4%にすぎない。資源の豊富なミャンマーであるが、後述するように、火力発電用燃料の不足といった問題も指摘されている。

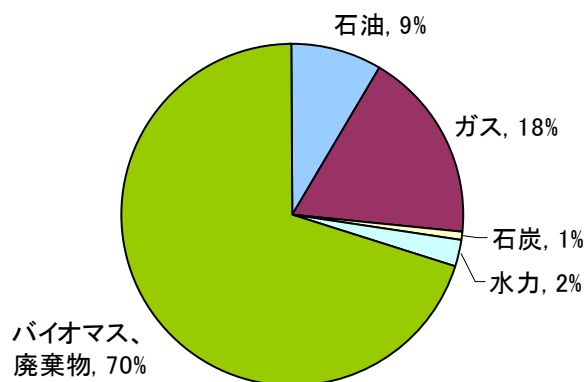


図4 一次エネルギー供給構成（2009年）

出典：OECD/IEA2011 [www.iea.org/stats/pdf\\_graphs/MMTPESPI.pdf](http://www.iea.org/stats/pdf_graphs/MMTPESPI.pdf)

<sup>8</sup> 海外投融資情報財団 ミャンマー特集 ミャンマーにおける石油・ガスへの投資 JOI2012.7



### 1.3.5 電力

ミャンマーの 2011、及び 2012 年度（2011 年 4 月～2012 年 3 月）の発電電力量は対前年度比 12.6%増の 97.1 億 kWh で、販売電力量は同 22%増の 77.0 億 kWh である。発電電力の電源別構成は、水力が 70.1%、ガスが 21.8%、石炭火力が 7.7%、ディーゼルが 0.4%で、水力が圧倒的なシェアを占めベースロードを担っている。販売電力の用途別内訳は、家庭用が 43.9%、工業用が 35.2%、業務・商業用等が 20.9%で地域別ではヤンゴンが 40%以上を占めている<sup>9</sup>。

一方、施設の老朽化、燃料不足等の理由により現有出力は総発電設備容量の約 47%に留まり、絶対的な設備容量の不足に加えて、ベースロードが水力であるため乾季の終わりごろには停電が恒常化している。特に最大の電力需要地であるヤンゴン都市圏での電力需給が逼迫している。さらに、送配電損失も約 25%（送電ロス約 7%、配電ロス約 18%）と高い。

政府は今後 5 年間に 2,000MW の追加的発電設備容量が必要と見込んでおり、そのうち 1,500MW をガス火力としたい意向である。しかしながら、現在生産されている天然ガスはほとんどが輸入向けとなっており、国内の電力需要向けの本格的な生産開始は 2013 年末以降になると見込まれている。

エーヤワディ川、タンルウィン川などの水力資源が豊富なミャンマーでは、2009 年には、Shweli 水力発電所（600MW）から中国に対する輸出が開始されており、中国の対ミャンマー電力純輸入は、2009 年に 13.9 億 kWh、2010 年には 15.4 億 kWh となっている<sup>10</sup>。しかしながら、国内では電力が不足しており、電化率は 27%（農村部は 3.5%）にとどまっており、近隣アジア諸国に比べても低い（図 5）。

<sup>9</sup> 海外投融資情報財団 特集ミャンマーのエネルギー・セクター、金融セクター JOI 2012.9

<sup>10</sup> 海外投融資情報財団 特集ミャンマーのエネルギー・セクター、金融セクター JOI 2012.9

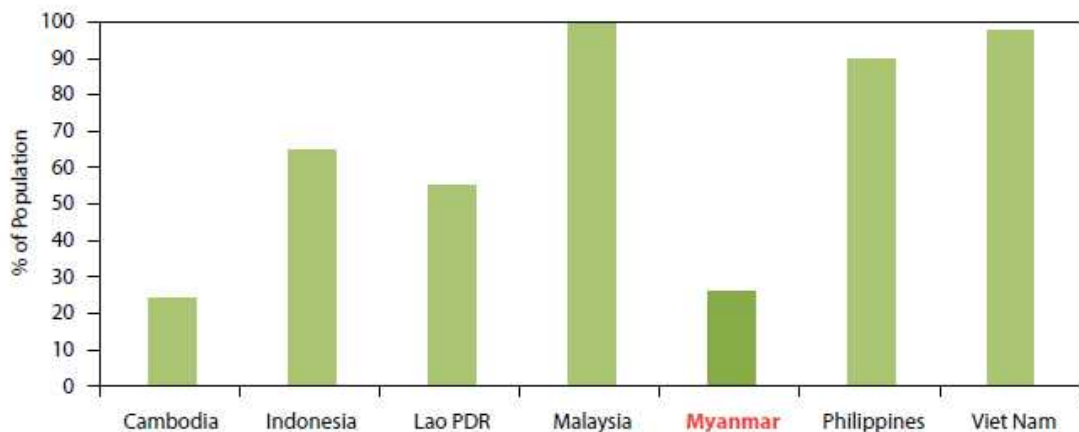


図 5 ミャンマーの電化率 (%)

出典：ADB Myanmar in Transition Opportunities and Challenges

Source: WB-WDI 2012 and data provided by MOEP-1 to the September 2011 ADB mission.

電力セクターは、1997年にエネルギー省から分離独立し創設された電力省（Ministry of Electric Power：MOEP）が、2002年と2006年の組織改革を経て再度分割され、第一電力省（MOEP1）と第二電力省（MOEP2）となった。MOEP1は傘下に水力発電計画局（Department of Hydro Power Planning：DHP）、水力発電建設局（Department of Hydro Power Implementation：DHPI）、水力発電公社（Hydropower Generation Enterprise：HPGE）を擁し、水力開発計画の立案、水力発電所の設計・建設、運転を管轄している。MOEP2は、火力発電所の建設・運転、送配電、小売を管轄し、系統計画の取りまとめを行う電力局（Department of Electric Power：DEP）、送電系統の運用業務や火力発電所の運転を行うミャンマー電力公社（Myanmar Electric Power Enterprise：MEPE）、ヤンゴン地域の供給を担うヤンゴン配電公社（Yangon City Electricity Supply Board：YESB）、それ以外の地域の供給を担う地方配電公社（Electricity Supply Board：ESB）で構成されている。2012年9月7日に発表されたテイン・セイン大統領による内閣改造の内容によると、第一、第二電力省は1つに統合されている<sup>11</sup>。

### 1.3.6 環境政策

ミャンマーでは、1990年に国家環境問題委員会（National Commission for Environmental Affairs：NCEA）が、政府に対して環境政策に関する助言を行う、環境問題に関するフォーカルポイント、及び調整機関としての役割を担い、環境にやさしく持続可能な開発を促進するという目的で設立されている<sup>12</sup>。しかしながら、環境に関わる意志決定機能は未整備であ

<sup>11</sup> <http://sankei.jp.msn.com/world/news/120907/asi12090719320001-n1.htm>

<sup>12</sup> WEPA Water Environment Partnership in Asia

<http://www.wepa-db.net/policies/measures/currentsystem/myanmar.htm>

る<sup>13</sup>。

NCEA は、議長、事務局、共同事務局、及び様々な省庁を代表する 19 名の委員から構成される。2004 以降は、NCEA は外務省から森林省の下に移され、議長は森林省企画統計局長、事務局は森林省の企画統計局長、共同事務局は NCEA 課長とされている。また、NCEA の下には、4 つの特別委員会が設置されている (図 6)。

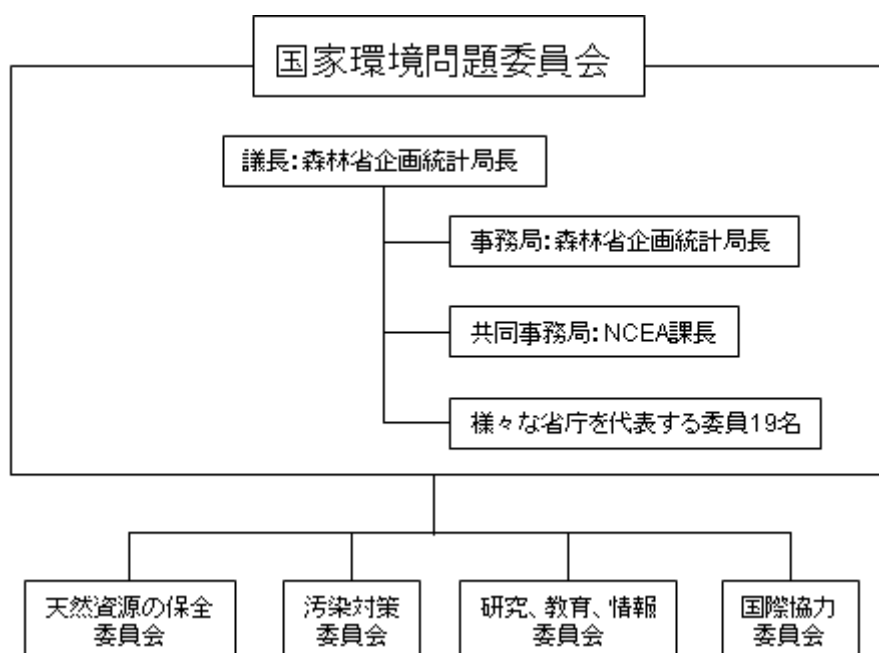


図 6 国家環境問題委員会 (NCEA) 組織

NCEA の主要業務は以下のとおりである<sup>14</sup>。

- ・ 環境政策について政府へ助言
- ・ 環境政策の実施のためのガイドラインの発行
- ・ 法律制定、規制、環境基準に関する規制当局に対するガイダンス提供、及び助言
- ・ 環境需要と開発要求両方を考慮した短期、中期、長期環境政策、及び戦略の策定

NCEA は、1994 年に国家環境政策を制定している。国家環境政策では、以下のような内容が定められている<sup>15</sup>。

<sup>13</sup> 平成 21 年度環境負荷物質対策調査事業 「アジアの産業公害防止に関する制度構築・公害防止技術の現状等調査事業」 JFE テクノリサーチ株式会社

<sup>14</sup> [http://www.myanmar-unfccc-nc.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2&Itemid=4](http://www.myanmar-unfccc-nc.net/index.php?option=com_content&view=article&id=2&Itemid=4)

<sup>15</sup> IGES 市場メカニズム国別ハンドブック

- ・環境の保全及び劣化防止のため、水・土地・森林・鉱物・海資源利用に関わる堅固な環境政策を設定すること
- ・経済発展の推進に際し環境保護を優先させる持続可能な開発を達成するため、環境と開発を調和させること

ミャンマーでは、2012年の民主化以降多くの法律の改正が審議されており、法整備が急がれている。環境保全法は改正のための審議中である<sup>16</sup>。3月に作成された草稿は、海外の環境専門家より罰則の実施が弱く違反を防ぐことができないという指摘、現地NGOより環境影響評価の義務化や外国投資者による保証金制度の導入の提案を受け、再審議された<sup>17</sup>。

ミャンマーでは、未だ環境影響評価、公害（汚染）防止・管理のための環境・排出基準や、土地関連法、公共事業における用地取得に関する体系的な法整備がなされていない状況にある。十分な環境社会配慮の検討がなされずに開発事業が実施されれば、深刻な環境・社会問題が発生する可能性が懸念されている。

### 1.3.7 地方行政制度

2008年に制定された新憲法に基づき、ミャンマーの国土は7つの州、7つの地域または管区、そして連邦直轄地（Nay Pyi Taw）に分けられた。エーヤワディ管区が最も人口が多く、ヤンゴン管区は最も人口密度が高い。州や管区などは県（District）に、県は郡区（Township）に分割される。

---

<sup>16</sup> <http://www.mizzima.com/news/inside-burma/7596-burmas-environment-law-undergoes-revisions.html>

<sup>17</sup> <http://www.mizzima.com/news/inside-burma/7596-burmas-environment-law-undergoes-revisions.html>



	州/管区
1	カチン州 (Kachin)
2	カヤー州 (Kayah)
3	カレン州 (Kayin)
4	チン州 (Chin)
5	ザガイン管区 (Sagaing)
6	タニンダーリ管区 (Tanintharyi)
7	バゴ管区 (Bago)
8	マグウェ管区 (Magwe)
9	マンダレー管区 (Mandalay)
10	モン州 (Mon)
11	ラカイン州 (Rakhaing)
12	ヤンゴン管区 (Yangon)
13	シャン州 (Shan)
14	エーヤワディ管区 (Ayeyarwady)

図 7 ミャンマーの地方行政区分

出典：Wikipedia

#### 1.4 ホスト国の CDM に関する政策・状況等

ミャンマーは、1994 年 11 月 25 日に国連気候変動枠組み条約に批准、2003 年 8 月 13 日京都議定書に批准している。環境保全森林省・企画統計局が指定国家機関（DNA）としての役割を担う。

2013 年 2 月現在、中国と共同で実施する水力発電案件 1 件が再審査要請中であり、登録案件はない（表 1）。

表 1 ミャンマーの CDM 案件

プロジェクト名	ホスト国	年間削減量 (tCO <sub>2</sub> /年)	状況
Dapein(1) Hydropower Project in Union of Myanmar	中国/ ミャンマー	677,937	再審査 要請

DNA へのヒアリングによれば、ミャンマーDNA は現在まで実質機能しておらず、DNA 承認手順、承認基準なども準備されていない。新環境保全法が施行されれば、それに従い DNA は再編成される予定である。CDM プロジェクトの提案があれば、個別にレビューを実施するとのことであった。



写真 2 環境保全森林省における DNA との会議の様子

## 2. 調査の内容

### 2.1 調査実施体制

本調査は、三菱 UFJ モルガン・スタンレー証券株式会社（MUMSS）が、プロジェクト実施者である Kaung Kyaw Say Engineering Co.,Ltd（KKS）と協力して実施する。KKS は、現地のエンジニアリング会社で、本プロジェクトの工事、コンサルティングを担うだけでなく、同プロジェクトに出資し、事業を実施する計画をヤンゴン市開発委員会（YCDC）に提案、協議をすすめている。KKS は、MUMSS が PDD を完成するために必要な情報を、YCDC の協力のもと収集する。

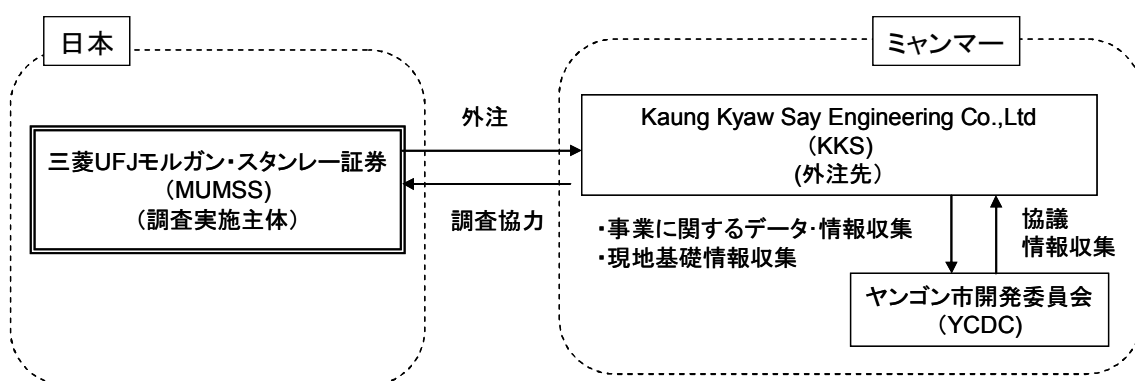


図 8 調査実施体制

### 2.2 調査課題

本調査では、以下のような課題が挙げられる。

1. ベースラインシナリオおよびベースライン排出量  
対象埋立地の現状、廃棄物の量、種類について、既存データの収集、調査が必要である。YCDC が過去にサンプリング調査を実施しているため、そのデータを参考に回収される LFG 量試算と、それに基づくベースライン排出量の試算を行う。また、想定される LFG 量により、発電事業を実施するか否かについて検討し、CDM の対象事業を明確にする必要がある。
2. 温室効果ガス排出削減量算出
  1. で決定する CDM 対象事業に関して、ベースライン排出量を明確にすることに加え、

プロジェクト実施による燃料燃焼や、電力消費による CO<sub>2</sub> 排出量をプロジェクト排出量として算定する必要がある。

### 3. プロジェクトの経済性

本プロジェクトは、建設・設備投資、プロジェクトの O&M コストに対し、想定される利益は CER 売却収入、廃棄物処理費用、また売電が可能であれば売電収入である。LFG 回収量により、発電量とその売電収入、発電設備費を鑑みて、事業採算性を精査する必要がある。

### 4. DNA 承認体制

ミャンマーは、これまで 1 件も CDM プロジェクトの登録案件がなく、CDM の実績がないといえる。DNA 組織や承認体制についても十分な情報がない。同国の承認体制、基準、プロセスについて情報収集を行う。

### 5. 環境影響評価

ミャンマーでは、環境影響評価（EIA）に関する法制度や、具体的実施手続きが定められていない。法令の制定状況について情報収集するとともに、本プロジェクトの環境影響について調査を行う。

### 6. 利害関係者のコメント

ミャンマーでは、現在、社会影響評価や利害関係者のコメント収集に関する規定や法制度はない。埋立地周辺住民、事業関係者を対象にコメントを収集する計画である。

## 2.3 調査内容

### 2.3.1 調査課題に対する調査内容

前項に挙げる調査課題に対する調査内容、及びその結果について以下に述べる。

#### 1. ベースラインシナリオおよびベースライン排出量

ベースラインシナリオは、プロジェクト活動がなかった場合、LFG は回収されることなく、メタンガスが大気中に放出される。ミャンマーでは、LFG 回収、及びその利用に関する規制はないため、当該埋立地から発生する LFG はすべてベースラインシナリオにおける排出量として考慮される。ベースラインシナリオに関する調査内容は、2.3.2 項以降に説明する。



ベースライン排出量算定のため、廃棄物の量、種類について、YCDCによるサンプリング調査結果を入手したが、正確性が乏しい。そのため、本調査内で KKS の協力のもと、2013 年 1 月に対象処分場に搬入されるごみの組成を分析する調査を実施した。その調査結果をもとに回収される LFG 量試算と、それに基づくベースライン排出量の試算を行った。その結果は、3 章に示す。試算によれば、回収される LFG 量は約 60~260 万 m<sup>3</sup> で、可能な発電容量は約 50kW と予想され非常に少ない。そのため、KKS との協議の結果、回収 LFG はフレア処理することとし、CDM 化の検討を行うこととした。

## 2. 温室効果ガス排出削減量算出

プロジェクト実施により、フレアからのプロジェクト排出量、及び LFG 回収設備のための電力消費が想定される。排出削減量の算定方法、及びその結果は 3.4 章に示す。

## 3. プロジェクトの経済性

本プロジェクトでは、建設・設備投資、プロジェクトの O&M コストが発生する。KKS は、韓国のエンジニアリング会社である DOARM Engineering Co.,Ltd (DOARM) と共同出資して、本プロジェクトを実施する予定である。経済性については、3.10 章に述べる。

## 4. DNA 承認体制

2012 年 7 月に DNA へのヒアリングを実施した。ミャンマー DNA は実質機能しておらず、DNA 承認手順、承認基準などは未整備である。環境保全法の施行に従い DNA が再編成される予定である。ヒアリングによれば、CDM 推進には積極的であり、承認手順、承認基準が整備されるまで、プロジェクトの提案があれば個別に審査される予定である。

## 5. 環境影響評価

環境影響評価に関する法整備についてヒアリングを実施した。ミャンマーでは、環境影響評価 (EIA) に関する法制度や、具体的実施手続きは未整備である。本プロジェクトによる環境影響については、3.6 章に示す。

## 6. 利害関係者のコメント

本プロジェクトに関する利害関係者のコメントを収集するために、2012 年 11 月にステークホルダーミーティングを開催した。その結果は、3.7 章に示す。

### 2.3.2 廃棄物処理の状況

ミャンマーの廃棄物収集、及び処理は、地方自治体の管轄である。ヤンゴン市、及びマンダレー市では、ヤンゴン市開発委員会（Yangon City Development Committee : YCDC）、マンダレー市開発委員会（Mandalay City Development Committee : MCDC）、及びそれぞれの公害委員会（Pollution Control and Cleansing Departments : PCCD）が市街区内の固形廃棄物収集・処理に当たっている。その他の地域では、国境地域開発・民族及び開発関係省（Ministry of Progress of Border Areas and National Races and Development Affairs）参加の開発委員会（Development Committees）がその役割を担っている<sup>18</sup>。

2012年時点で、YCDC・PCCDの下では、37人の公務員、その他1,040人の職員、及び3,500人の作業員が廃棄物処理事業に従事しており、家庭、市場、商業施設からのごみ回収、運搬、最終処分場への搬入、及び最終処分場管理、リサイクル、コンポスト、地域コミュニティ、学校での啓蒙活動を含む公害防止業務を担う。YCDC・PCCDは、ヤンゴン市の東西南北4つの地区事務所をもち、それぞれの地区からのごみ回収を担当する。

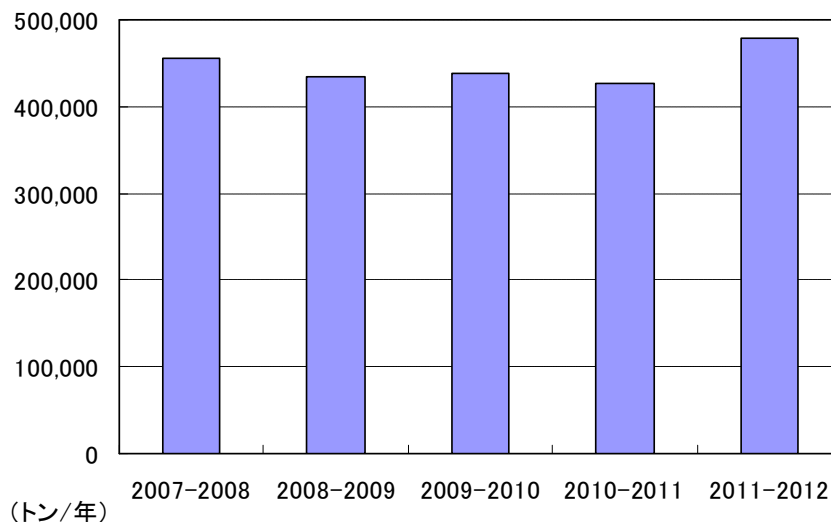


図9 ヤンゴン市内のごみ回収量の推移

出典：YCDC・PCCD プレゼンテーション

YCDC・PCCDによれば、ヤンゴン市では毎日約1,700トン/日のごみが排出され、そのうち1,550トン/日がYCDC・PCCDにより回収されているという。YCDC・PCCDがヤンゴン市において回収する廃棄物のうち62%が家庭から、35%が商業、市場から排出される。ヤ

<sup>18</sup> 平成21年度環境負荷物質対策調査事業 アジアの産業公害防止に関する制度構築・公害防止技術の現状等調査事業 平成22年3月26日 JFEテクノリサーチ

ンゴン市内では、コミュニティが各家庭や共同ゴミ箱からハンドカートで、または住民が直接一次集積所まで運び、その後 YCDC・PCCD がトラックで一次集積所から最終処分場まで運搬する。家庭から出るごみのうち、プラスチック、ガラス等リサイクル可能なものは一部民間のリサイクル業者により回収されている。



写真 3 ヤンゴン市内のごみ収集

出典：YCDC・PCCD プレゼンテーション

ごみ回収の料金は、家庭の場合中心地からの距離、その他は事業業態等により設定されている（表 2）。

表 2 ヤンゴン市のごみ収集料金

業態	料金（MMK*/月）
一般家庭	
中心商業地区	600
郊外（中心地から 8-16km）	450
郊外（中心地から 16km 以上）	300
商業	500～400,000
ホテル	
ゲストハウス等	6,500～250,000
ホテル	10,000
外資	67～300US ドル
病院	1,200～19,500

\*1MMK（ミャンマーチャット）＝0.00117US ドル（2012/12/27 時点）

出典：YCDC・PCCD プレゼンテーション

### 2.3.3 埋立地の状況

ミャンマーの全人口の約1割（約600万人）を抱えるヤンゴン市は、同国最大の都市であり、商業の中心である。ヤンゴン市内では、1日約1,700トンのごみが発生しているが、廃棄物収集・処理の整備が十分でなく、地域の処分場において、オープンダンプング方式で埋立処理されている。ヤンゴン市内には、4ヶ所の最終処分場があるが、そのうち Htein Bin、Hta We Chaung の2ヶ所が現在使用されており、その他2 処分場は許容量に到達しており使用されていない（図10）。最終処分場はすべて YCDC・PCCD が管理している。

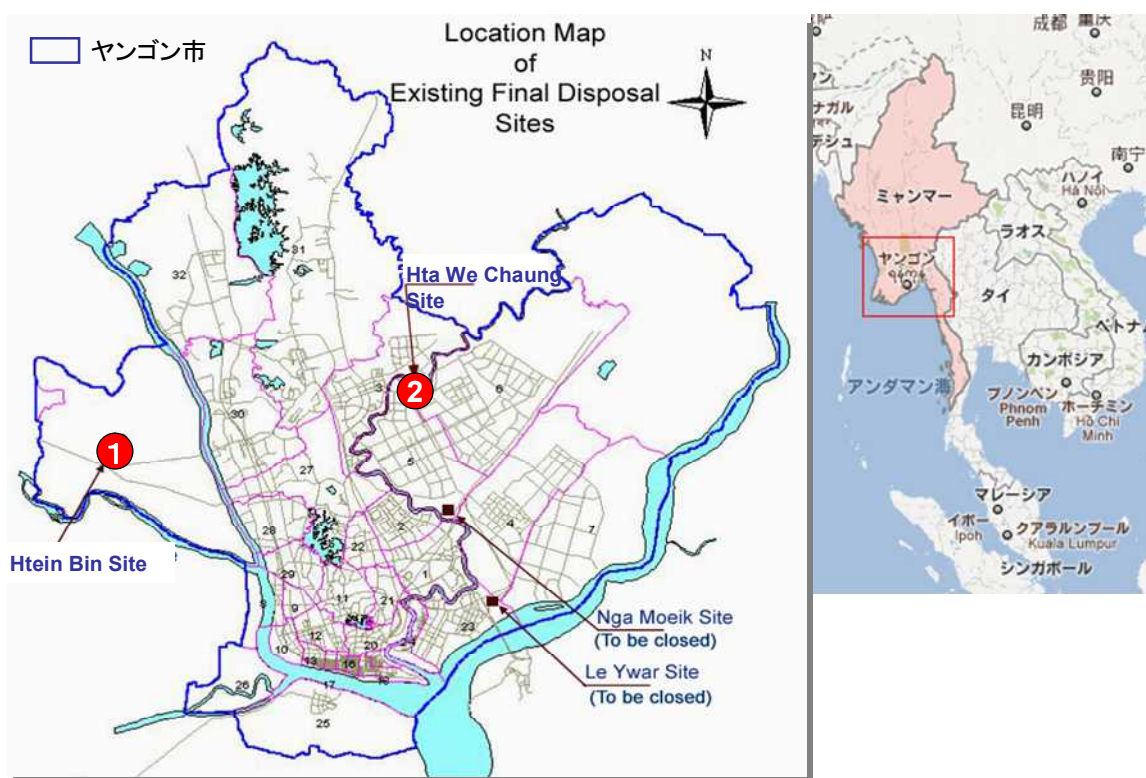


図10 ヤンゴン市内の廃棄物処分場  
出典：YCDC・PCCDの資料をもとに作成

本調査では、最も規模の大きい Htein Bin 処分場を対象に、LFG 回収事業の CDM 化の実現可能性を検討する。Htein Bin 処分場は、ヤンゴン市中心部から北西へ約 25km 離れた地点に位置しており、2002 年より操業が開始されている。処分場全体の面積は 60ha で、そのうち 22ha が埋立用に利用されている。ヤンゴン市内の 6 郡区 (township)、及び同処分場周辺の 9 郡区より排出される廃棄物が 56 台のトラックにより持ち込まれており、その量は 1 日約 850 トンと推測されている。

埋立地は、16 区画に分けて管理されており、そのうち 10 区画はすでに閉鎖されている。それぞれの区画は約 1.4ha の面積で、深さは約 3m である。本プロジェクトでは、すでに閉鎖された 10 区画から LFG 回収を開始する。ヤンゴン市内の 2 ケ所の埋立地が許容量に達し閉鎖したこともあり、2011 年には Htein Bin 処分場に搬入されるごみの量が前年の 4 倍まで急増している。そのため、残りの 6 区画も 2013 年には許容量に到達すると予想される。本プロジェクトでは、全区画において閉鎖後 LFG 回収を実施する予定である。



写真 4 Htein Bin 最終処分場の上空からの写真 出典：Googlemap

2012 年に YCCD・PCCD から得たデータによれば、Htein Bin 処分場には 847 トン/日の廃棄物が搬入されている。また、過去に搬入されたごみの搬入量の推移は表 3 に示す。

表 3 Htein Bin 処分場に搬入されるごみの量の推移

年	廃棄物量(トン/年)
2002	75,304
2003	87,066
2004	87,484
2005	77,569
2006	75,772
2007	85,728
2008	92,136
2009	93,668
2010	69,253
2011	266,546
合計	1,010,526

搬入されるごみの約7割が一般家庭、残りは市場、ホテルより排出されるごみで、排出源ごとに搬入車両で区別されている。Htein Bin 処分場のごみの組成に関して、2013年1月12日に YCDC 職員の協力を得て、KKS が分類調査を実施した。同調査では、Htein Bin 処分場において、任意の搬入車両から無作為に約 10kg を 1 サンプルとして採取し、分類、計量を行った。





写真 5 ごみ組成調査の様子

調査の結果、約 45%が食品廃棄物、20%が紙、17%がガラス・プラスチック・金属で構成される。ただし、同調査はスカベンジャーが有価物を回収する前の組成であるため、実際埋め立てられるごみの組成は、ガラス・プラスチック・金属類の割合が本調査結果より少なくなると考える。表 4 にごみ組成分類調査の結果をまとめる。

表 4 Htein Bin 処分場のごみの分類

廃棄物タイプ	%
Wood	2.5
Paper	19.5
Food	44.7
Textiles	6.0
Garden/Yard Waste	3.9
Glass, plastic, metal	16.7
Others	6.8

現在、ミャンマーでは LFG 回収に関する規制等はなく、Htein Bin 処分場では、LFG は大気放出されており、回収利用はされていない。排出される LFG は、悪臭、火災の原因となっており、周辺住民、及び処分場内で働く人々への環境、健康被害が懸念されている。



写真 6 Htein Bin 処分場の状況



### 2.3.4 プロジェクトの技術概要

本プロジェクトは、現在大気中に放出されている LFG を回収し、ガスエンジン発電設備に燃料として供給、発電利用する計画である。しかしながら、回収 LFG が発電実施に十分でない場合は、経済性も考慮した上で LFG ガスをフレア処理することを検討している（図 11）。LFG は、埋立地に垂直抽出井戸を設置、井戸を水平配管で結び、ブローア設備で吸引して回収する計画である。

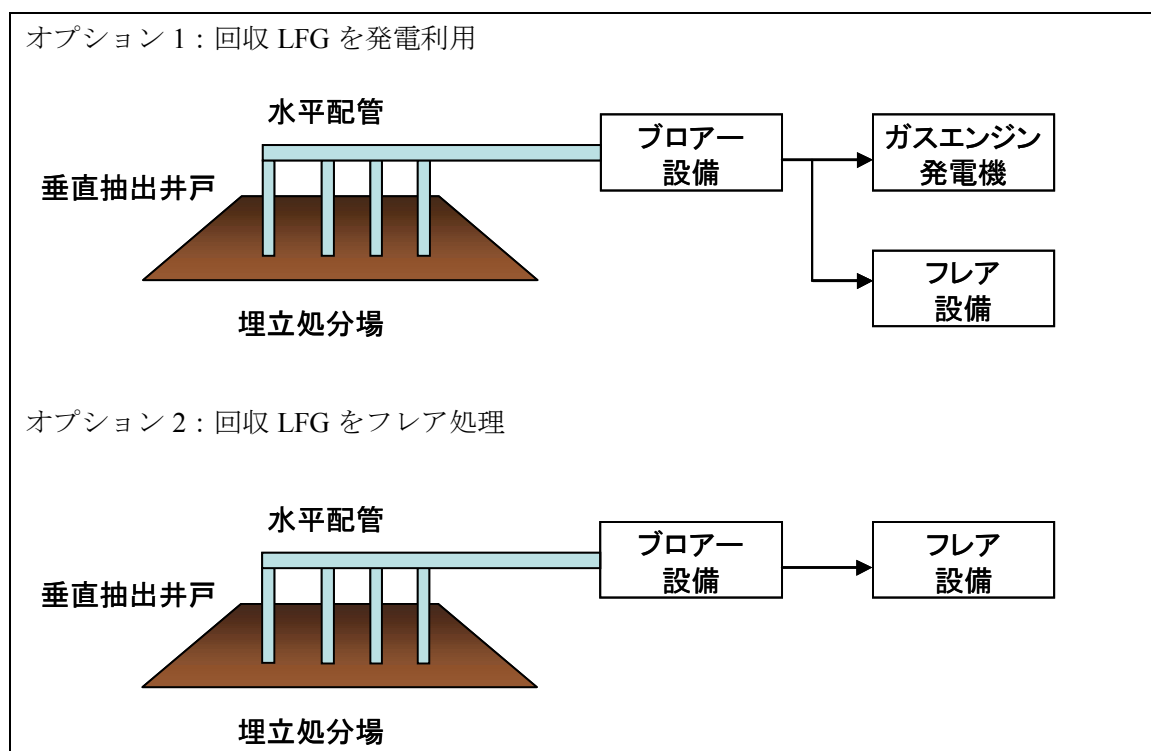


図 11 プロジェクトの技術概要のオプション

3章に後述する試算によれば、回収 LFG は、約 60~260 万  $m^3$  (表 12) で、その利用により可能な発電容量は 50kW と非常に少ない。KKS との協議の結果、LFG をフレア処理するオプション 2 を CDM 事業の対象とすることとし、3章以降、CDM に関する調査結果を記載する。

### 3. 調査結果

#### 3.1 ベースライン・モニタリング方法論

2章に前述するように、埋立地から発生する LFG を回収し、フレア処理する事業を CDM プロジェクトの対象として、以下調査結果を記載する。

本プロジェクトでは、承認済み小規模方法論 AMS-III.G Version08” Landfill methane recovery (廃棄物処理におけるメタン回収)”を適用する。

表 5 に示すように、本プロジェクトは AMS-III.G の適用条件を満たし、同方法論が適用可能である。

表 5 AMS-III.G の適用条件

適用条件	プロジェクト活動
1.都市、産業を含む人為活動からの廃棄物、及びその他の生分解性有機物を含む固形廃棄物の処分のための埋立地からのメタンを回収、及び燃焼する対策	プロジェクト活動は、埋立地からの LFG を回収し、フレアにより燃焼破壊する。当該埋立地は、生分解有機物を含む都市廃棄物の処分場である。
2.AMS-III.H “Methane recovery in wastewater treatment” (version 16)に記載される異なる回収 LFG の利用オプションも本方法論に適用可能である。	プロジェクト活動は、フレアによる燃焼破壊以外に回収 LFG を利用することはない。
3.プロジェクト活動のうち Type III 構成要素からの排出削減量は年間6万トンCO <sub>2</sub> 以下である。	プロジェクト活動のメタン回収による排出削減量は、平均8,662トンCO <sub>2</sub> /年、最大19,873トンCO <sub>2</sub> /年と試算される。これは、Type III 小規模方法論の上限を上回らない。
4.プロジェクト活動により、プロジェクト活動がなかった場合にリサイクルされる有機廃棄物の量が減少しない。	プロジェクト活動は、プロジェクト活動がなかった場合にリサイクルされる有機廃棄物の量を減らすことはない。
5.プロジェクト活動の固形廃棄物処分場の管理方法がプロジェクト活動前の状況と比較してメタン発生量が増加するように意図的に変更される場合は、適用できない。	プロジェクト活動により、当該埋立地からのメタン発生量が増加することはない。

また、GHG 排出削減量算定のため、下記の 4 つのツールを参照する。

- “Project emissions from flaring (フレア処理からのプロジェクト排出)” (Version 02.0.0)
- “Emissions from solid waste disposal sites (固形廃棄物処分場からの排出量)” (Version 06.0.1)
- “Tool to calculate baseline, project and/or leakage emissions from electricity consumption (電力消費からのベースライン、プロジェクト及び、またはリーケージ排出量の計算ツール)” (Version 01.0)
- “Tool to determine the mass flow of greenhouse gas in a gaseous stream (流動気体中の温室効果ガス流量決定ツール)” (Version 02.0.0)

### 3.2. ベースラインシナリオ及びプロジェクトバウンダリーの設定

ベースラインシナリオは、プロジェクト活動がなかった場合、バイオマス、及びその他の有機物がプロジェクトバウンダリー内で放置され腐敗し、メタンガスが大気中に放出される。ミャンマーでは、LFG 回収、及びその利用を要求する規制はないため、当該埋立地から発生する LFG はすべてベースラインシナリオにおける排出量として考慮される。

プロジェクトバウンダリーは、LFG が回収される埋立地と、そこに設置される回収、フレアのための設備、及びブローア設備で利用する電力を供給する系統電源を含む。

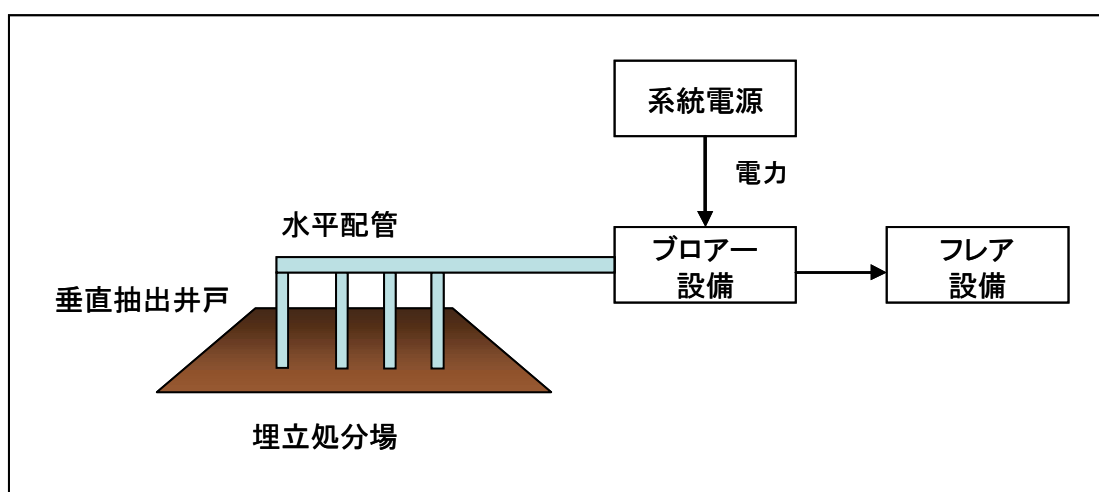


図 12 プロジェクトバウンダリー

表 6 に、プロジェクトバウンダリーに含まれる GHG 排出源をまとめる。

表 6 プロジェクトバウンダリーに含まれる排出源

排出源	ガス	対象	説明
ベースライン			
埋立地における廃棄物の腐敗による排出	CO <sub>2</sub>	×	有機廃棄物の腐敗による CO <sub>2</sub> 排出は、プロジェクト活動でも同様に起こるため考慮しない。
	CH <sub>4</sub>	○	ベースラインにおける主な排出源
	N <sub>2</sub> O	×	CH <sub>4</sub> 排出と比較して非常に少ない。考慮しないことは保守的である。
プロジェクト活動			
LFG のフレア処理からの排出	CO <sub>2</sub>	×	非常に少ないため、除外可能
	CH <sub>4</sub>	○	不完全酸化による主な排出源
	N <sub>2</sub> O	×	非常に少ないため、除外可能
所内での電力消費からの排出	CO <sub>2</sub>	○	主な排出源
	CH <sub>4</sub>	×	非常に少ないため、除外可能
	N <sub>2</sub> O	×	非常に少ないため、除外可能

### 3.3 モニタリング計画

本プロジェクトのモニタリングは、承認方法論 AMS-III.G に従って計画する。モニタリング項目は、表 7 に示す。

表 7 モニタリング項目

パラメータ	説明	単位	モニタリング頻度	方法
$LFG_y$	y 年に回収・フレア処理された LFG の量	Nm <sup>3</sup>	連続	流量計による測定 月別・年別に報告
$w_{CH_4,y}$	y 年の LFG 中のメタンの割合	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> LFG	毎月	ガス成分分析器による定期的な測定
$T$	LFG の温度	°C	連続	温度計による連続測定(メタン比重算出のために測定)
$P$	LFG の圧力	Pa	連続	圧力計による連続

				測定(メタン比重算出のために測定)
$T_{flare}$	フレアからの排出ガスの温度	°C	連続	温度計による連続測定
$EC_{PJ,y}$	プロジェクト活動による $y$ 年の電力消費量	MWh	連続	電力計による測定



図 13 モニタリングの概念図

### 3.4 温室効果ガス排出削減量

GHG 排出削減量の事前 (*ex-ante*) の試算は、式 (1) に基づく。

$$ER_{y,estimated} = BE_y - PE_y - LE_y \quad \dots (1)$$

ここで、

$ER_{y,estimated}$   $y$  年の排出削減量 (事前試算) (tCO<sub>2</sub>e)

$BE_y$   $y$  年のベースライン排出量 (tCO<sub>2</sub>e)

$PE_y$   $y$  年のプロジェクト排出量 (tCO<sub>2</sub>e)

$LE_y$   $y$  年のリーケージ (tCO<sub>2</sub>e)

ベースライン排出量

$$BE_y = \eta_{PJ} \times BE_{CH_4,SWDS,y} - (1 - OX) \times F_{CH_4,BL,y} \times GWP_{CH_4} \quad \dots (2)$$

ここで、

$\eta_{PJ}$	LFG 回収システムの効率 (デフォルト値 50%を適用可能)
$BE_{CH_4,SWDS,y}$	廃棄物処分場におけるメタン排出ポテンシャルで、”Emissions from solid waste disposal sites”ツールに従い計算される。(tCO <sub>2</sub> e)
$OX$	廃棄物処分場でのメタンガス酸化係数 (デフォルト値 0.1 を適用可能)
$F_{CH_4,BL,y}$	国、または地域の規制に従って回収・破壊されるメタン排出量
$GWP_{CH_4}$	メタンの地球温暖化係数 (京都議定書第 2 約束期間の値は 25)

ここで、ミャンマーでは埋立地の LFG 回収に関する規制はないため、 $F_{CH_4,BL,y}$  はゼロである。  
したがって、

$$BE_y = \eta_{PJ} \times BE_{CH_4,SWDS,y}$$

ここで、

$$BE_{CH_4,SWDS,y} = \varphi \cdot (1-f) \cdot GWP_{CH_4} \cdot (1-OX) \cdot \frac{16}{12} \cdot F \cdot DOC_j \cdot MCF \cdot \sum_{x=1}^y \sum_j W_{j,x} \cdot DOC_j \cdot e^{-k_j(y-x)} \cdot (1-e^{-k_j})$$

・・・(3)

ここで、

$\varphi$	モデルの不確実性を考慮するモデル修正係数
$f$	埋立地で回収、燃焼、また他の技術で処理・利用されているメタンガスの割合
$GWP_{CH_4}$	メタンの地球温暖化係数
$OX$	廃棄物処分場でのメタンガス酸化係数
$F$	LFG中のメタンガス含有割合 (体積含有率)
$DOC_j$	分解されるDOC (分解性有機物炭素) の割合
$MCF$	メタン補正係数
$W_{j,x}$	ある年 $x$ に回避された有機性廃棄物 $j$ の量 (tons)
$DOC_j$	有機性廃棄物 $j$ のDOCの含有割合
$k_j$	廃棄物 $j$ の分解速度
$j$	廃棄物の種類
$x$	埋立地が廃棄物を受け入れ始めてからの年。すなわち、埋立地操業開始の年 ( $x=1$ ) メタンの発生量が計算される年 ( $x=y$ )
$y$	メタン発生量が計算される年

本プロジェクトでは、“Emissions from solid waste disposal sites”ツールに従い、表 8 に示す値を適用した。

表 8 適用するデフォルト値

パラメータ	値	説明
$\phi$	0.75	デフォルト値
$f$	0	AMS-III.Gに従い、式(2)ですでに考慮されているため、常に $f=0$ とする。
$GWP_{CH_4}$	25	京都議定書第2約束期間（2013年1月1日以降）の値は25（4・CMP.7決定に基づくEB69の決定）
$OX$	0.1	デフォルト値
$F$	0.5	デフォルト値
$DOC_f$	0.5	デフォルト値
$MCF$	0.4	”管理されていない浅い埋立地”に対するデフォルト値
$W_{j,x}$	表 10	計算
$DOC_j$	表 9	デフォルト値
$k_j$	表 9	”高温多湿（年平均気温20℃、年平均降水量1,000mm以上）の地域に対するデフォルト値

表 9 廃棄物の種類別  $DOC_j$ 、 $k_j$

廃棄物の種類 $j$	$DOC_j$	$k_j$
Wood and wood products	43%	0.035
Pulp, paper and cardboard	40%	0.07
Food, food waste, beverages and tobacco	15%	0.4
Textiles	24%	0.07
Garden, yard and park waste	20%	0.17
Glass, plastic, metal, other inert waste	0%	0

$x$  年のそれぞれの廃棄物の量  $W_{j,x}$  は、Htein Bin 処分場に搬入されるごみの量（表 3）、及びごみの組成（表 4）より算出され、その結果を表 10 に示す。

表 10 種類別廃棄物量の推移 ( $W_{j,x}$ )

年 ( $x$ )	Wood and Wood Products	Pulp, Paper and Cardboard	Food, Food waste Beverages and Tobacco	Textile	Garden, Yard and Park Waste	Inert Waste
2002	1,856	14,690	33,632	4,484	2,938	17,705
2003	2,154	16,984	38,885	5,185	3,397	20,470
2004	2,156	17,066	39,071	5,210	3,413	20,569
2005	1,911	15,132	34,643	4,619	3,026	18,237
2006	1,867	14,781	33,841	4,512	2,956	17,815
2007	2,112	16,723	38,287	5,105	3,345	20,156
2008	2,270	17,973	41,149	5,487	3,595	21,662
2009	2,308	18,272	41,833	5,578	3,654	22,023
2010	1,706	13,509	30,929	4,124	2,702	16,282
2011	6,568	51,996	119,043	15,872	10,399	62,668
2012	6,568	51,996	119,043	15,872	10,399	62,668
2013	4,682	37,064	84,856	11,314	7,413	44,671

上記に基づいて試算した埋立地のメタン排出量 ( $BE_{CH_4,SWDS,y}$ ) を表 11 に示す。

表 11 ベースラインメタン排出量算出結果

年	$BE_{CH_4,SWDS,y}$ (tCO <sub>2</sub> /年)
2013	23,600
2014	18,264
2015	14,509
2016	11,829
2017	9,882
2018	8,439
2019	7,344
2020	6,493
2021	5,813
2022	5,258
合計	111,430
平均	11,143



## プロジェクト排出量

プロジェクト排出量は、フレア処理による排出、及びプロジェクト活動による電力消費による排出から構成される。

$$PE_y = PE_{flare,y} + PE_{power,y} \quad \dots (4)$$

ここで、

$PE_{flare,y}$   $y$ 年のフレアによる排出量 (tCO<sub>2</sub>e)

$PE_{power,y}$   $y$ 年のプロジェクト活動による燃料、または電力消費による排出量 (tCO<sub>2</sub>e)

### a) フレアによるプロジェクト排出量

フレアによるプロジェクト排出量は、“Project emissions from flaring (フレア処理からのプロジェクト排出)” (Version 02.0.0) に示される以下のステップに従い、算出される。

Step1 : LFG 中のメタン流量決定

Step2 : フレアの効率決定

Step3 : フレアからのプロジェクト排出量の計算

### Step1 : LFG 中のメタン流量決定

メタン流量は、“Tool to determine the mass flow of greenhouse gas in a gaseous stream (流動気体中の温室効果ガス流量決定ツール)” (Version 02.0.0) を参照し、式 (5)、(6) によって算出する。

$$F_{CH_4, RG, m} = V_{m, db} \times v_{CH_4, m, db} \times \rho_{CH_4, m} \quad \dots (5)$$

ここで、

$F_{CH_4, RG, m}$   $m$  分間隔の流動気体中のメタン流量 (kg)

$V_{m, db}$   $m$  分間隔の流動気体流量 (m<sup>3</sup> dry gas/m)

$v_{CH_4, m, db}$   $m$  分間隔の流動気体中のメタン含有率 (m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/m<sup>3</sup> dry gas)

$\rho_{CH_4, m}$   $m$  分間隔の流動気体中のメタンの比重 (kgCH<sub>4</sub>/ m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>)

$$\rho_{CH_4, m} = \frac{P_m \times MM_{CH_4}}{R_u \times T_m} \quad \dots (6)$$

$P_m$	$m$ 分間隔の流動気体の絶対圧 (Pa)
$MM_{CH_4}$	メタンの分子量 (kg/kmol)=16.04
$R_u$	理想気体定数(Pa.m <sup>3</sup> /kmol.K)=8,314
$T_m$	$m$ 分間隔の流動気体の温度 (K)

ここでは試算のため、下記の値を適用する。

$v_{CH_4,m,db}$	0.5 (AMS-III.G のデフォルト値)
$\rho_{CH_4,m}$	0.000716 (標準状態 (STP) でのメタンの比重)

上記による試算の結果予想される回収 LFG 量を表 12 に示す。

表 12 予想される回収 LFG 量

年	$LFG_y$ (m <sup>3</sup> dry gas)	$V_{m,db}$ (m <sup>3</sup> dry gas/m)	$F_{CH_4,RG,m}$ (kg)
2013	2,636,867	5.0	1.80
2014	2,040,680	3.9	1.39
2015	1,621,142	3.1	1.10
2016	1,321,654	2.5	0.90
2017	1,104,121	2.1	0.75
2018	942,862	1.8	0.64
2019	820,541	1.6	0.56
2020	725,424	1.4	0.49
2021	649,548	1.2	0.44
2022	587,486	1.1	0.40

#### Step2 : フレアの効率決定

フレアの効率は下記の条件を満たす場合は、90%としてデフォルト値を適用することが可能である。

- ・フレアの排出ガスの温度 ( $T_{flare,m}$ )、及びフレアへの LFG 流量 ( $F_{CH_4,RG,m}$ ) が、フレア機器の製品仕様内である。
- ・炎が  $m$  分間隔で確認される。

上記を満たさない場合は、0%とする。

事前試算のために、フレアの効率はデフォルト値 90%を適用する。

Step3 : フレアからのプロジェクト排出量の計算

$$PE_{flare} = GWP_{CH4} \times \sum_{m=1}^{525600} F_{CH4, RG, m} \times (1 - \eta_{flare, m}) \times 10^{-3} \quad \dots (7)$$

よって、フレアによるプロジェクト排出量の算出結果は、表 13 に示される。

表 13 フレアによるプロジェクト排出量

年	$PE_{flare, y}$ (tCO <sub>2</sub> /年)
2013	2,360
2014	1,826
2015	1,451
2016	1,183
2017	988
2018	844
2019	734
2020	649
2021	581
2022	526
合計	11,143
平均	1,114

b) 電力消費によるプロジェクト排出量

プロジェクト活動の電力消費による排出は、“ Tool to calculate baseline, project and/or leakage emissions from electricity consumption (電力消費からのベースライン、プロジェクト及び、またはリーケージ排出量の計算ツール)” (Version 01.0) に従って算出する。

$$PE_{power, y} = EC_{PJ, y} \times EF_{EL, y} \times (1 + TDL_y) \quad \dots (8)$$

ここで、

$EC_{PJ, y}$  プロジェクト活動により  $y$  年に消費される電力 (MWh)

$EF_{EL, y}$   $y$  年の電力排出係数 (tCO<sub>2</sub>/MWh)

$TDL_y$              $y$ 年の平均送配電ロス

プロジェクト活動で利用される電力は、系統電源から供給される予定である。ツールでは、系統電源からの電力消費に伴う排出量を算出するための電力排出係数、及び送配電ロスに対して以下のデフォルト値の適用するオプションが与えられている。

$$EF_{EL,y} = 1.3\text{tCO}_2/\text{MWh}$$

$$TDL_y = 20\%$$

事前試算のため、プロジェクト活動による年間の電力消費は 876MWh として、電力消費によるプロジェクト排出量は式 (8) より下記のように算出される。

$$PE_{power,y} = EC_{PJ,y} \times EF_{EL,y} \times (1 + TDL_y) = 876 \times 1.3 \times (1 + 0.2) = 1,367 \text{ (tCO}_2\text{)}$$

以上より、プロジェクト排出量は、表 14 に示されるとおりである。

表 14 プロジェクト排出量

年	$PE_y$
	(tCO <sub>2</sub> /年)
2013	3,727
2014	3,193
2015	2,817
2016	2,549
2017	2,355
2018	2,210
2019	2,101
2020	2,016
2021	1,948
2022	1,892
合計	24,809
平均	2,481

## リーケージ

AMS-III.Gによれば、メタン回収に用いる機器が他の活動から移転されてきた場合、リーケージを考慮する必要がある。本プロジェクトで導入する機器は、新規に導入されるため、リーケージはないと考える。

## GHG 排出削減量

本プロジェクト活動による GHG 排出削減量は、式 (1) に従って算出される。その結果を表 15 に示す。

表 15 GHG 排出削減量

年	ベースライン 排出量 (tCO <sub>2</sub> e)	プロジェクト 排出量 (tCO <sub>2</sub> e)	リーケージ (tCO <sub>2</sub> e)	排出削減量 (tCO <sub>2</sub> e)
2013	23,600	3,727	0	19,873
2014	18,264	3,193	0	15,071
2015	14,509	2,817	0	11,691
2016	11,829	2,549	0	9,279
2017	9,882	2,355	0	7,527
2018	8,439	2,210	0	6,228
2019	7,344	2,101	0	5,242
2020	6,493	2,016	0	4,476
2021	5,813	1,948	0	3,865
2022	5,258	1,892	0	3,365
合計	111,430	24,809	0	86,617
平均	11,143	2,481	0	8,662

実際の排出削減量は、回収された LFG 流量、メタンの品質と量を測定することにより、式 (9) に基づき計算される。

$$ER_{y,calculated} = (1 - OX) \times F_{CH_4,PJ,y} \times GWP_{CH_4} - PE_y - LE_y \quad \dots (9)$$

ここで、

$F_{CH_4,PJ,y}$  プロジェクト活動によって  $y$  年に回収・フレアされたメタン (tCH<sub>4</sub>)

$$F_{CH_4,PJ,y} = D_{CH_4,y} \times w_{CH_4,y} \times LFG_y \quad \dots (10)$$

ここで、

$LFG_y$   $y$  年にフレアされた LFG (m<sup>3</sup>)

$w_{CH_4,y}$   $y$  年 LFG 中のメタン含有量 (m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/m<sup>3</sup>LFG)

$D_{CH_4,y}$   $y$  年 LFG の温度と圧力の下でのメタンの比重 (tonnes/m<sup>3</sup>)

### 3.5 プロジェクト実施期間・クレジット獲得期間

KKS は、2013 年初旬には工事開始、2013 年中旬には操業開始することを想定して調査実施、YCDC と協議を続けてきた。2013 年 2 月末、YCDC は Htein Bin 処分場における事業を入札により決定すると決めた。入札の結果、YCDC から事業実施許可が得られれば、韓国のエンジニアリング会社である DOARM が建設工事を請負う計画であり、同社との EPC 契約日がプロジェクト開始日となると考えている。

CDM としての実現可能性が確認できれば、EPC 契約日の前に Prior Consideration を UNFCCC、及びミャンマーDNA に提出する予定である。

クレジット獲得期間は、プロジェクト開始より 10 年間と考えている。

### 3.6 環境影響・その他の間接影響

ミャンマーでは、環境影響評価に関する法制度は未整備である。本プロジェクトにより、大気、水、土壌等への環境への悪影響が発生する可能性は少ないと考えられる。LFG 回収用のブロアー操業による騒音、振動などが発生する可能性がある。周辺の居住地などから十分に離れているため、問題にはならないと考えられるが、十分な防音、振動措置を検討する。一方で、大気中に放出されていた LFG による悪臭、火災の防止などの環境への好影響を与える。

### 3.7 利害関係者のコメント

利害関係者のコメントを収集するため、利害関係者への事業説明（ステークホルダーミーティング）を実施した。その概要を表 16 に示す。

表 16 利害関係者への事業説明会概要

日時	2012 年 11 月 15 日 11:00-12:30
場所	Hlaing Thayar 管理事務所
参加者	1) 地域住民代表 1. Kan Hla Village 2. Ka Lar Gyi Village 3. Slaughter House 2) 地元 NGO 代表 1. TLMI 2. World Vision (Hlaing Thayar Township) 3. Save the Children 4. Red Cross (Hlaing Thayar Township) 5. Myanmar Engineering Society (MES) 3) 地域自治体職員 1. Hlaing Thayar Administration Office 2. Fire Department (Hlaing Thayar Township) 3. Ministry of Education (Hlaing Thayar Township) 4. Ministry of Information (Hlaing Thayar Township) 5. Ministry of Warefare (Hlaing Thayar Township) 6. Yangon City Development Committee (YCDC)

会議中は、参加者よりプロジェクトによる悪臭、火災防止による環境、地域住民の健康への好影響を評価し、本プロジェクトを支援するという意見が寄せられた。一方で、主に埋立地で有価物を回収するスカベンジャーの生計に関する質問が挙げられた。事業計画の説明後に実施された参加者と事業実施者による質疑応答の主な内容は以下のとおりである。

- Q1. プロジェクト活動により、現在埋立地で働いている人々に対して雇用の機会は与えられるのか？
- A1. プロジェクトは、埋立地搬入前の廃棄物選別設備の建設も計画している。本設備運営のために、雇用が提供される。
- Q2. 埋立地で働く子供たちの生計を支えるための計画はあるのか？
- A2. 子供の両親へ雇用の機会を与えることにより、子供たちが働かず学校に通えることを

期待する。

Q3. 他に同様のプロジェクトは実施されているのか？

A3. ミャンマーではない。本プロジェクトが成功すれば、他地域に普及したい。

また、会議参加者に対して質問表を配布して意見収集を行った。その結果を表 17 にまとめる。

表 17 ステークホルダー質問表回答結果

質問内容	Yes(人)	No(人)
1 本プロジェクトは地域住民に対して悪影響を及ぼすと思う。	0	28
2 本プロジェクトは地域の雇用に対して悪影響を及ぼすと思う。	0	28
3 本プロジェクトは地域の自然資源に対して悪影響を及ぼすと思う。	0	28
4 本プロジェクトは地域の環境に悪影響を及ぼすと思う。	0	28
5 本プロジェクトは騒音、振動の原因となると思う。	0	28
6 プロジェクトは社会変化の要因になると思う。	22	3
7 本プロジェクトの結果、交通、施設の混雑が起こると思う。	8	20



写真 7 ステークホルダーミーティングの様子



### 3.8 プロジェクトの実施体制

本プロジェクトは、KKS が YCDC より埋立処分場の土地利用許可を得て実施する計画である。KKS は、韓国のエンジニアリング会社である DOARM Engineering Co.,Ltd (DOARM) と共同出資して、本プロジェクトを実施する予定である。KKS と DOARM は合弁会社を設立して、ヤンゴン市内で複数の事業を実施する計画を立てており、本事業はその 1 つとして YCDC に提案、協議をすすめている。



図 14 プロジェクト実施体制

### 3.9 資金計画

プロジェクトの建設、設備投資にかかわる初期投資は、226 万 US ドルと試算されている。また、運転コストは、約 20 万 US ドルが見込まれている。

表 18 初期投資内訳

内訳	費用 (US ドル)
ガス収集システム	2,000,000
埋立地整備費用	200,000
事務所建設	60,000
合計	2,260,000

初期投資は、KKS、及び DOARM が出資する計画である。

### 3.10 経済性分析

本プロジェクトは、KKS、及び DOARM によるごみの収集、分別、及びリサイクル事業を含む総合的な廃棄物処理事業の一環として計画されている。両社は、ヤンゴン市内において複数の事業を計画中であり、本 LFG 回収プロジェクトは両社がヤンゴン市の環境改善のため、エクイティ・ファイナンスにより実施する予定である。

当初の計画どおり、ガスエンジン発電機を導入した場合、その費用は 10,000US ドルと見込んでいる。50kW の発電機により想定される年間の発電量は 394MWh である。ミャンマーの電力料金は、自国民の場合家庭用は 35MMK(ミャンマーチャット)/kWh(約 4¢/kWh)、工業・商業用が 75MMK/kWh(約 8¢/kWh) である。したがって、仮に発電を実施した場合、年間の節電効果は、31,500US ドルと試算され、運転コストを賄うだけの効果は期待される。しかしながら、予想発電電力量は所内電力を賄うにも満たない量であり、また LFG 回収量は年々減少するため、現段階では発電利用はせず、フレア処理する計画である。

本プロジェクトを CDM として実施する場合、プロジェクト登録、モニタリング、バリデーション、検証などに必要な費用は 31 万 US ドルと見込まれる。表 19 は、1CER=5US ドルで売却できたと仮定したキャッシュフローを示す。CER 売却収入があっても、初期投資回収の見込みはない。2 年目以降の O&M コスト、及び CDM 関連費用を賄うためには、1CER=12US ドル以上で売却する必要があるが、現在の市況からは現実的ではない。

表 19 CDM として実施する場合のキャッシュフロー (1CER=5US ドルの試算)

年		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
支出	初期投資	2,260									
	O&M コスト	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	CDM 関連費用	40	30	30	30	30	30	30	30	30	30
CER 収入			99	75	58	46	38	31	26	22	19
キャッシュフロー		-2,320	49	25	8	-4	-12	-19	-24	-28	-31
投資回収		-2,320	-2,271	-2,245	-2,237	-2,240	-2,253	-2,272	-2,295	-2,323	-2,354

本プロジェクトは、総合的な廃棄物処理事業の一部として実施される予定で、リサイクル事業等の収益により、本プロジェクト実施コスト、及び CDM 関連費用は賄われる予定である。今後、KKS、及び DOARM により全計画の詳細な経済性分析が実施される。

### 3.11 追加性の証明

本プロジェクトの追加性は、“Guidelines for demonstrating additionality of microscale project activities (マイクロスケールプロジェクト活動の追加性証明に関するガイドライン)” (Version04.0) に従って証明される。

同ガイドラインによれば、後発開発途上国 (LDC) で実施される年間排出削減量が 2 万トン CO<sub>2</sub> 以下の Type III プロジェクトは、追加的である。ミャンマーは、LDC であり、本プロジェクトによる最大年間排出削減量は 19,873 トン CO<sub>2</sub> と予想されている。したがって、本プロジェクトは追加的である。

### 3.12 事業化の見込み

本プロジェクトの実施に関して、KKS は YCDC に事業の提案を行い、協議を続けている。また、KKS は、DOARM との合弁会社設立を目指し、本プロジェクトに関する覚え書を締結し、準備をすすめている。一方、ミャンマーでは、新外国投資法が 2012 年 11 月に成立されたばかりである。旧法 (1988 年制定) では合弁投資を行う場合の最低資本金は「外国企業が 35%以上を出資すること」と定められていたが、新法では 35%以上という制限が撤廃されている。外国企業の出資の上限についても明示がないため、99%まで出資可能と理解される。なお、新法に関わる施行細則は 2012 年 11 月 2 日の成立から 90 日以内に制定される予定である。新法は、「細則に則る」とされる記載が多いため、この施行細則を待つ必要があり、依然不透明な部分が多い<sup>19</sup>。事業化には、DOARM による資金、技術提供が必須であり、これらの法整備の行方も事業化の見込みに影響を与える。

また、YCDC が管理する埋立地で事業を実施するため、KKS は YCDC と協議を続けてきた。KKS によれば、事業実施のための土地使用権貸与、事業実施業者の決定プロセスが不透明であったが、2013 年 2 月に YCDC により、Htein Bin 処分場における事業は入札により決定されることが通知された。KKS は、プロジェクトの CDM 化も含め応札している。

本プロジェクトの CDM 化に関して、2012 年 7 月、及び 11 月に DNA へのヒアリングを実施した。ヒアリングによれば、ミャンマー DNA は実質機能しておらず、DNA 承認手順、承認基準なども未整備であるが、環境保全法の施行に従い DNA は再編成され、今後 CDM 承認体制が整備される予定である。DNA は、CDM 推進には積極的であり、本プロジェクトについても、プロポーザルを提出すればレビューを実施するとのコメントを得ている。

---

<sup>19</sup> JETRO 世界のビジネスニュース <http://www.jetro.go.jp/biznews/509b1605a4cb8>

#### 4. 持続可能な開発への貢献

現在のヤンゴン市の最終処分場はオープンダンピング方式で、悪臭、水質汚染、自然発火の原因となっている。埋立地で有価物を回収して生活しているスカベンジャーも多くおり、衛生上、安全上の問題が懸念されている。本プロジェクトにより、覆土を行うことにより、悪臭防止、水質汚染防止、害虫等の発生抑制、衛生面、環境面の改善が期待される。また、本プロジェクト実施により、雇用機会の創出も期待される。ヤンゴン市は、ミャンマー最大の商業都市であり、2012年の民主化にともなう経済開放とともに、多くの外国企業の進出、地方からの人口流入が加速しており、ごみ問題が益々深刻になると予想されている。本プロジェクトを早期に実施することは、ヤンゴンの都市環境・衛生問題の緩和に貢献すると期待される。

さらに、本プロジェクトでは、プロジェクト実施に際して、ごみの分別、リサイクルなどの住民への啓蒙活動を行う。整備された埋立地は、教育やレクリエーションなどの用地として利用される計画である。したがって、本プロジェクトは今後、ヤンゴンの急激な都市化に伴う廃棄物問題に対応するだけでなく、ヤンゴンの人々に適切な住環境を提供することが期待される。ミャンマーの人口の1/10をかかえ、経済の中心地であるヤンゴンにおける本プロジェクトは、他都市での同事業のモデルとなり、同国の持続可能な発展に大きく貢献すると考えられる。

## 表一覧

表 1	ミャンマーの CDM 案件.....	12
表 2	ヤンゴン市のごみ収集料金.....	17
表 3	Htein Bin 処分場に搬入されるごみの量の推移.....	20
表 4	Htein Bin 処分場のごみの分類.....	22
表 5	AMS-III.G の適用条件.....	24
表 6	プロジェクトバウンダリーに含まれる排出源.....	26
表 7	モニタリング項目.....	26
表 8	適用するデフォルト値.....	29
表 9	廃棄物の種類別 $DOC_j$ 、 $k_j$ .....	29
表 10	種類別廃棄物量の推移 ( $W_{j,x}$ ) .....	30
表 11	ベースラインメタン排出量算出結果.....	30
表 12	予想される回収 LFG 量.....	32
表 13	フレアによるプロジェクト排出量.....	33
表 14	プロジェクト排出量.....	34
表 15	GHG 排出削減量.....	35
表 16	利害関係者への事業説明会概要.....	37
表 17	ステークホルダー質問表回答結果.....	38
表 18	初期投資内訳.....	39
表 19	CDM として実施する場合のキャッシュフロー (1CER=5US ドルの試算) ...	40

## 図一覧

図 1	ミャンマーの位置.....	2
図 2	ヤンゴンの気候.....	3
図 3	2011 年一人当たりの名目 GDP(US ドル).....	5
図 4	一次エネルギー供給構成 (2009 年) .....	6
図 5	ミャンマーの電化率 (%) .....	8
図 6	国家環境問題委員会 (NCEA) 組織.....	9
図 7	ミャンマーの地方行政区分.....	11
図 8	調査実施体制.....	13
図 9	ヤンゴン市内のごみ回収量の推移.....	16
図 10	ヤンゴン市内の廃棄物処分場.....	18
図 11	プロジェクトの技術概要のオプション.....	23
図 12	プロジェクトバウンダリー.....	25
図 13	モニタリングの概念図.....	27
図 14	プロジェクト実施体制.....	39