

1. 調査対象プロジェクト

(1) 調査対象プロジェクトの概略

1) 調査対象プロジェクトの概要

モンゴル国に、畜産業の家畜糞、下水処理場汚泥、農業廃棄物等の有機性廃棄物を燃料として燃焼するバイオマスボイラにより暖房用の温水を供給する分散型熱供給システムの導入・普及を行う。

導入・普及のための主要な事業は、「日本のバイオマスボイラ技術を導入して、モンゴル企業によりコストパフォーマンスの良いバイオマスボイラの製造を行い、ウランバートル市（以下 UB 市）等地方自治体、熱供給事業者に販売する」ことである。

バイオマスボイラを購入して熱を供給する事業者をプロジェクトの事業主体として、JCM 設備補助事業により事業化を行う。

事業実施にあたっては、バイオマスを集荷し、乾燥して配送するシステムを構築することが課題であることから、事業化は、フェーズ 1、フェーズ 2、フェーズ 3 の 3 段階で進める。

フェーズ 1：ガチョルト村の公共施設に、し尿処理場の汚泥を燃料とする分散型熱供給システムを導入する。

フェーズ 2：

①UB 市の郊外の区の公共施設に、近隣の畜産農家の家畜糞を燃料とする分散型熱供給システムを導入し、普及する。

②UB 市のゲル地区で、汲み取り式トイレを普及し、し尿処理場の汚泥を燃料とする分散型熱供給システムを導入し、普及する。

フェーズ 3：モンゴル国に、廃棄されているバイオマスを燃料とする分散型熱供給システムを導入して普及する。

そして、導入・普及活動により、冬季の石炭暖房による大気汚染問題を改善するとともに、二酸化炭素の排出量を削減する。

フェーズ 1 の活動は以下の通りである。

UB 市では、ゲル地区の水不足を解決するため、日本政府の無償資金協力で、ガチョルト水源を開発して UB 市のゲル地区に飲料水を供給するウランバートル市水供給改善計画（The Programme for Ulaanbaatar Water Supply Development in Gachuurt）が行なわれている。

ガチョルト水源は、UB 市のゲル地区でもある Bayanzurkh 区ガチョルト村の家庭のトイレにより、水質の汚染が深刻化している。このため、各家庭に汲み取り式のトイレを設置し、そのし尿を処理する施設の整備が喫緊の課題となっている。また、し尿処理場の汚泥の処理も課題となっている。Mr. Bat-Erdene UB 市副市長から、し尿処理場の汚泥を燃料にして、熱供給に利用することを検討してもらいたいとの要請を受けた。JCM 設備助成で実施するにあたり、市として予算をつける用意がある

との話があった。そこで、UB 市を事業主体として、ガチョルト村において、同村の各家庭のし尿を処理し、その汚泥をバイオマス固形燃料として、0.35MW のバイオマスボイラで公共施設に熱供給を行う分散型熱供給システムを導入する事業について検討を加えることとした。

2) プロジェクトの目的

モンゴル国において、学校等の公共施設・集合住宅の暖房用に、畜産業の家畜糞、下水処理場堆積汚泥、農業廃棄物等のバイオマスを燃料とする分散型熱供給システムを導入・普及する。そして、冬季の石炭暖房による大気汚染問題を改善するとともに、二酸化炭素の排出量を削減する。

3) GHG 排出削減効果

フェーズ 1 事業では、家畜糞・下水処理汚泥などの利用されていない有機性廃棄物を燃焼させ、その熱エネルギーを回収し、暖房用の温水を発生させることで、プロジェクトが実施されない場合に利用される化石燃料（褐炭）を使用する熱供給施設からの GHG 排出量を削減する。

GHG 排出削減効果を評価するにあたっては、事業概要に示したように、ガチョルト村の 3,000 世帯あまりのし尿を処理した後の汚泥を、0.35MW のバイオマスボイラで燃焼し、温水を村の公共施設に供給する熱供給システムの導入を前提とした。導入するシステムの仕様概要は表 3 に示されている。排出削減量の計算は、第 4 章で示す排出削減量の算定方法に従って実施した。算定に必要な事前決定パラメータやデフォルト値は、表 41 の排出削減量計算に必要な事前設定パラメータ（デフォルト値含む）を用い、実際のケースではモニタリングで求めるボイラの供給熱量、混焼用石炭の使用量、HOB 及び燃料乾燥施設の電気使用量は表 1 のように想定して計算した。

その結果、表 2 に示すように 1 年間の排出削減量は 524 トンと評価できる。

表 1 GHG 排出削減量評価に用いたモニタリングで求めるパラメータ値

項目	値
ボイラ供給熱量 ¹ (GJ/y)	4,614
混焼石炭使用量 (t/y)	0
施設電力使用量 ² (MWh/y)	73.7
（熱供給施設 3kW × 5,832h)	(32.4)
（乾燥施設フロア 4.4kW × 7,880h)	(34.7)
（バイオマス攪拌 20kW × 330h)	(6.6)

¹ 平均ボイラ出力(120,000kcal/h)×運転時間 (5,832h/y) を GJ/y に変換

² HOB の電気設備容量 (連続運転される送風機と誘引ファンなど、表 3 参照) と乾燥施設の電気設備容量 (攪拌装置とフロア)。攪拌装置は 1 日 1 回 1 時間駆動、フロアは年間稼働率 90%で連続運転。

表 2 排出削減見込量の試算結果

		0.35MW バイオマスボイラ
リファレンス排出量	RE _y (tCO ₂ /y)	621
プロジェクト排出量	PE _y (tCO ₂ /y)	97
排出削減見込量	ER_y (tCO₂/y)	524

4) 導入する設備・機器の規模及び性能

家畜糞と UB 市下水処理場の脱水汚泥をサンプリングし分析を行った結果、株式会社ジー・ピー・ワン（以下ジー・ピー・ワン）が実用化したバイオマスボイラ TBB シリーズで、バイオマスのみで燃焼を行い 90℃の熱水を供給出来ることが明らかになった。

そこで、分散型熱供給システム用の 100kW 以上の小型ボイラ設備（以下 HOB : Heat Only Boiler）に、ジー・ピー・ワンが実用化したバイオマスボイラ TBB シリーズをベースに 0.35MW、0.7MW、1.4M のバイオマスボイラ導入を図る。0.35MW の仕様を表 3 に示す。

表 3 0.35MW バイオマスボイラの仕様

項目		
燃焼発熱量		300,000kcal/h 0.35MW
電熱面積		30m ²
本体寸法		
	幅（灰出しスクリュウ含む）	2,000
	奥行き（投入装置含まず）	2,600
	高さ	3,500
モーター		
	ロストル駆動モーター	0.40kW
	誘引ファン	2.20kW
	燃焼ファン	0.75kW
	着火バーナー（灯油）	0.20kW
	温水循環ポンプ	1.50kW
	灰排出スクリュウコンベアー	0.40kW
	操作盤（標準仕様）	0.10kW

フェーズ 1 のガチョルト村の事業においては、0.35MW の HOB として、定格出力 300,000kcal/h のバイオマスボイラ TBB-30 を導入する。設備図を図 1 に、外観を写真 1 に示す。この設備は、燃料が自動投入で、24 時間連続運転が可能である。無圧式なので、日本ではボイラ検査や特別な資格は不要である。

尚、バイオマスボイラは、し尿処理場の汚泥等が不足した時には、石炭の燃焼も

可能である。

バイオマスの燃焼にあたっては、クリンカー対策が課題である。畜糞燃焼灰は窒素、リン、カリウムを含有することから肥料として利用できるため、溶融体（クリンカー）を発生させないことがバイオマスボイラには重要な技術である。また、炉床であるロストルを可動式にすることにより、クリンカーが発生した場合にも、連続してロストルの稼働により破碎し、容易に取り出すことが求められる。TBB シリーズは、これらの要件を満たすと同時に、ばいじん等の環境汚染物質を除去する装置を備えている。

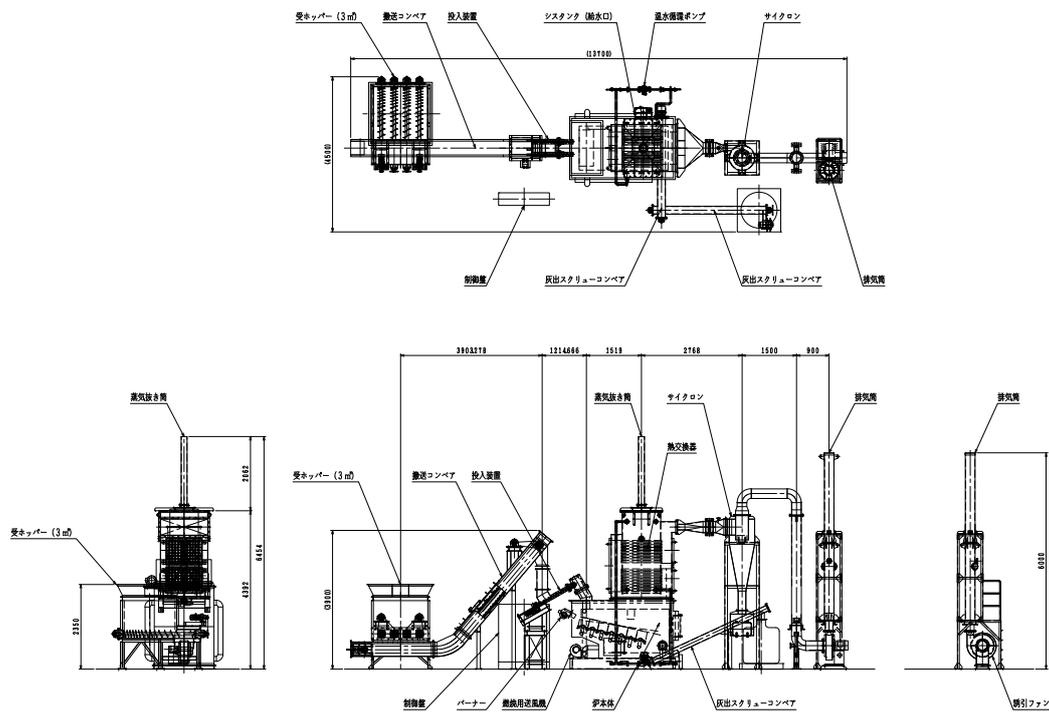


図 1 TBB-30 バイオマスボイラ



写真 1 TBB-30

ジー・ピー・ワンは、富山県射水市で、従来は廃棄するのみであったもみ殻を燃焼し、その灰を肥料として土に還すための産学官連携共同研究「もみ殻循環プロジェクト」において、低発熱量の籾殻を効率的に燃焼する籾殻燃焼装置の技術開発を担当したが、この技術を本事業に活かす。

5) 実施サイト

フェーズ1の事業サイトは、UB市のゲル地域でもある Bayanzurkh 区ガチョルト村である。同村は、UB市主要水源の一つである。サイト図を図2に示す。

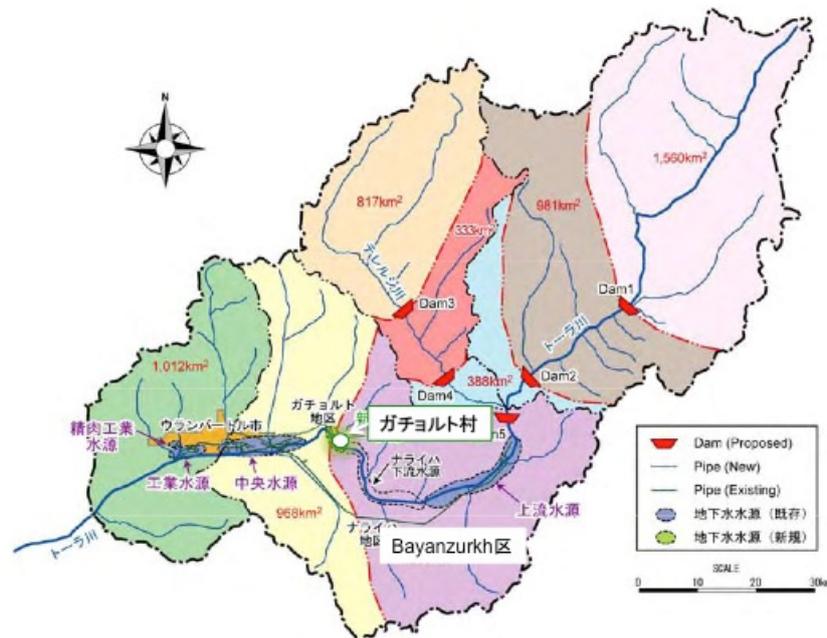


図2 UB市の水源

出展 JICA ウランバートル市水供給改善計画準備調査報告書 2010年3月

(2) 調査対象プロジェクトを実施する背景及び理由

1) 日本の予定代表事業者が関与する動機

ジー・ピー・ワンは、バイオマスをはじめとする低発熱量の燃料を効率よく燃焼させ、温水や蒸気を発生させるボイラの開発・製造を行ってきた。モンゴルに代表されるように、寒冷地域の国々では、暖房需要が総じて大きい一方、品質のよい石炭を使用できるケースはまれで、発熱量が低く、質の悪い石炭をやむなく使用する場合が多い。また、環境設備を供えていないケースが多く、大気汚染等の元凶となっている。他方、家畜糞をはじめとするバイオマス廃棄物は、燃焼利用する技術が無いため、投棄されて一部では環境問題になっている。ジー・ピー・ワンは、高効率のバイオマスボイラを、マーケットポテンシャルの大きな海外にて製造・販売することを事業戦略に据えている。ジー・ピー・ワンは、現地にエンジニアリング会

社を設立し、地場企業に技術を提供して、ボイラの製造販売とメンテナンスを行うことを考えている。

株式会社 PEAR カーボンオフセット・イニシアティブ（以下 PEAR）は、ジー・ピー・ワンのバイオマスボイラのモンゴル国への普及ポテンシャルが大きい、そして二酸化炭素削減効果が大きいと考えており、JCM 制度を活用することで、バイオマスボイラの普及を促し、温暖化の防止に貢献したいと考えている。

2) 現地のプロジェクト実施主体が関与する動機

UB 市の人口は、2007 年の 103 万人が、2012 年には 115 万人に達し、水需要が増え続けている。UB 市の市街区は上水設備が整備されているが、ゲル地区は上水設備が無く飲料水販売所（キオスク）で生活用水を購入している。水利用量は市街区の住民が約 230 ℓ/人/日であるのに対し、ゲル居住者は約 7 ℓ/人/日と水供給量が不足している³。

日本政府の無償資金協力で、ガチョルト水源を開発して UB 市のゲル地区に飲料水を供給するウランバートル市水供給改善計画（The Programme for Ulaanbaatar Water Supply Development in Gachuurt）が行なわれている。供与限度額は 33.05 億円、協力期間は 2011 年 6 月 21 日～2016 年 12 月 31 日で、取水井戸（21 井）、送配水管 18.8km 等の整備を行って、表 4 に示すようにゲル地域に 25,200 m³/日の給水を行う。

UB 市においては、ガチョルト村の家庭のトイレにより、ガチョルト水源の汚染が深刻化していることから、各家庭に汲み取り式のトイレを設置し、そのし尿を処理する施設の設置が喫緊の課題となっている。また、し尿処理場の汚泥の処理も課題となっている。

表 4 ガチョルト水源開発計画

水源	水源 ポテンシャル (m ³ /日)	2011 年末の 既開発水量 (m ³ /日)	2013 年末の 計画開発水量 (m ³ /日)	備考
地下水源				
上流水源	90,000	90,000	90,000	
中央水源	114,300	110,000	110,000	
工場水源	25,000	25,000	25,000	
精肉工業水源	15,000	15,000	15,000	
ガチョルト水源	40,000 以下	0	25,200	JICA により開発中
ヤルマグ水源	20,000 以上	0	20,000	KOICA により開発中
計	463,000	240,000	285,200	

出展：JICA モンゴル国ウランバートル市上下水セクター開発計画策定調査詳細計画策定調査報告書より作成

³ JICA モンゴル国ウランバートル市上下水セクター開発計画策定調査詳細計画策定調査報告書 2013 年 6 月

3) ホスト国における調査対象プロジェクトのニーズ

2013年10月、世界保健機関(WHO)の専門機関である国際がん研究機関(IARC)が、微小粒子状物質(PM10及びPM2.5)など大気汚染物質が人体において発がん性があると初めて認定し、5段階のリスク評価で最も危険が高い「グループ1」に分類した⁴。

UB市は、冬季期間は9月から5月までと長く、特に11月～2月頃にかけて暖房用の石炭燃焼により各種汚染物質の濃度が高い状態となる。WHOのAmbient(outdoor)air pollution database 2014では、PM10が年平均 $148 \mu\text{g}/\text{m}^3$ である。ウランバートル市大気汚染対策能力強化プロジェクトフェーズ2の事前評価表では、大気汚染問題について以下のように述べている。

モンゴルは石炭資源に非常に恵まれた国であるため、燃料エネルギー確保の点で石炭への依存度が高い。UB市で使用されている石炭のほとんどは、水分と灰の含有量が多く、燃焼時に煤煙排出量が多い。大気汚染源は、3カ所の火力発電所、約200カ所のHOBと小型石炭焚き温水ヒーター(CFWH)、ゲル地区居住13万世帯以上の20万から30万に及ぶゲルストーブである。大気汚染は、石炭が暖房に使用される冬期に特に著しく、現在もっとも問題とされているのが、暖房施設や火力発電所から排出される粒子状物質(TSP、PM10、PM2.5)である。また、火力発電所の焼却灰や道路粉じんの飛散による大気汚染への影響も大きい。近年、ウランバートルの人口集中と経済発展に伴い飛躍的に自動車登録台数や交通量が増加し、自動車排ガスによる大気汚染の悪化も懸念されている。

国家気象・環境モニタリング庁によると、UB市の大気環境モニタリング局では、2011年の冬季にPM10の最高月平均濃度が $1,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 前後で推移し、全ての局でモンゴルの環境基準を上まわる高濃度となるなど、市民への健康リスクが高まっている。

家畜糞は再生可能なエネルギーであり、これを石炭代替の燃料として活用して、粒子物質の排出を削減して大気汚染の改善を図ることは、UB市民の健康問題を含め、意義は大きい。

4) ホスト国の関連法制度・政策との整合性

モンゴル国の2010年のCO₂排出量は21.9百万t-CO₂eで、その内エネルギー起源が63.9%を占める。モンゴル国のエネルギーは、石炭に依存していることもあり、2030年には二酸化炭素排出量が51.2百万t-CO₂eまで増加し、エネルギー起源の占める割合も81.5%まで増加すると見込まれている。(図3参照)

⁴国際がん研究機関(IARC)プレスリリース(2013年10月17日)
http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2013/pdfs/pr221_J.pdf

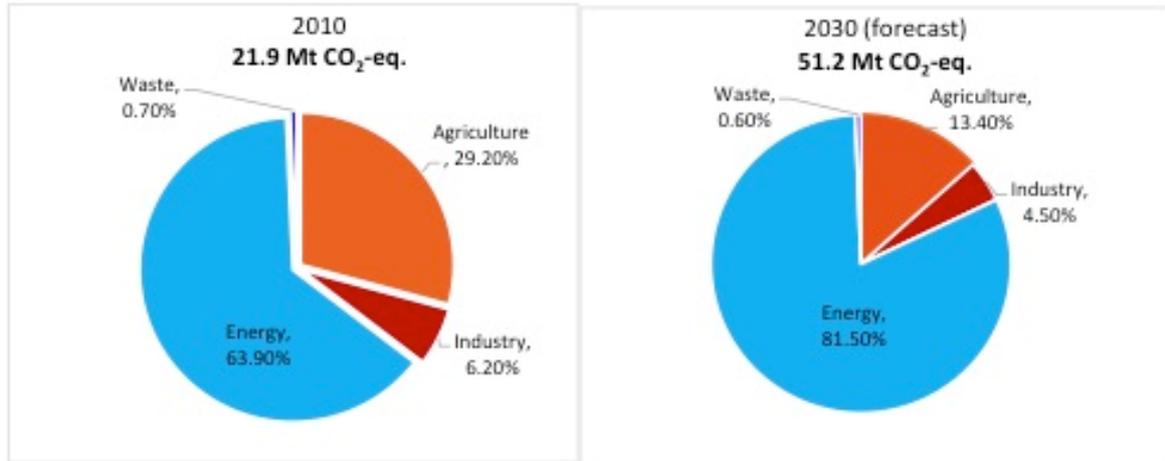


図 3 モンゴル国の温室効果ガス排出量

出展：INTENDED NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION (INDC) SUBMISSION BY MONGOLIA TO THE AD-HOC WORKING GROUP ON THE DURBAN PLATFORM FOR ENHANCED ACTION (ADP)

石炭依存のエネルギー需給構造を変革する為の、モンゴル政府の 2030 年に向けたエネルギー分野の政策措置を表 5 にまとめる。

表 5 2030 年に向けた政策措置

セクター	措置	政策／戦略文書
エネルギー (電力と熱)	総発電量に占める再生可能エネルギーの割合を 2014 年の 7.62%から 2020 年までに 20%、2030 年までに 30%に上昇。	エネルギーに関する国策(国会決議 No.63, 2015) グリーン発展政策(2014)
	送電ロス を 2014 年の 13.7%から 2020 年までに 10.8%、2030 年までに 7.8%に減少。	
	建物の熱損失を 2014 年比で 2020 年までに 20%、2030 年までに 40%減少。	
	CHP プラントの自家消費を 2014 年の 14.4%から 2020 年までに 11.2%、2030 年までに 9.14%に減少 (プラント効率を向上)。	
	2030 年までにエネルギー生産において超臨界圧石炭燃焼技術などの先進技術を導入。	
エネルギー (輸送)	舗装された国道ネットワークの整備。2016 年までに 8000km、2021 年までに 11000km の改良／舗装を実施。	気候変動に関する国家行動計画 (NAPCC)(2011); 都市公共交通投資計画 (2015); 途上国における適切な緩和行動 (NAMAs)(2010) 中期新発展計画(2010)
	ウランバートル市の道路ネットワークを整備し、2023 年までに全交通量を 30~40%減少	
	自家用ハイブリット車の割合を 2014 年の約 6.5%から 2030 年には約 13%に上昇	
	課税、環境課徴金制度を向上させウランバートル市とアイマグ (県) 中心部の車両燃料を液体燃料から LPG にシフト	
	道路車両と非道路車両による輸送基準の促進メカニズムを向上	

産業	セメント産業の加工技術を湿式から乾式へ改良し、2030年までに乾式セメントプラントを新規建設することで GHG 排出量を削減	NAMAs, 2010; NAPCC,2011; 政府決議 No.171(2012):建築材料計画
農業	牧草運搬量に従った適正な畜産頭数の維持	モンゴル国家家畜計画 2010

出典：INTENDED NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION (INDC) SUBMISSION BY MONGOLIA TO THE AD-HOC WORKING GROUP ON THE DURBAN PLATFORM FOR ENHANCED ACTION (ADP)

これらの政策措置の効果は、第1ステージ（2015年～2023年）と第2ステージのステージごとにまとめられている。第1ステージでは、エネルギーの安定供給とバックアップ能力の向上、再生エネルギー発展のための基盤構築、標準公文書と法体系が整備される。石炭火力発電所容量は2倍になり、亜臨界技術の使用が始まる。水力発電は設置総発電容量の少なくとも10%を占め、バックアップ電源としての利用も10%に上昇する。再生可能エネルギーセクターを集中的に発展させるための基盤と料金システムの構築が促進される。

第2ステージでは、二次エネルギーの輸出、再生可能エネルギーセクターの持続可能な成長が期待される。電力システムのバックアップ容量は20%に達し、再生可能エネルギーのシェアは30%に達する。高容量の送電線が地域間で接続され、統合スマートエネルギーシステムが構築される。高容量の直流送電網が敷設され、二次エネルギーが北東アジア諸国に輸出される。

今後、石炭利用により二酸化炭素排出量が増加していくため、再生可能エネルギーの開発に期待が寄せられているが、豊富にある畜糞等のバイオマス廃棄物の熱利用のアイデアはない。エネルギー省は、本事業のアイデアに感心を持っていることから、今後、モンゴル政府のエネルギー政策に、畜産業の家畜糞、下水処理場汚泥、農業廃棄物等の有機性廃棄物を燃料と分散型熱供給システムの導入・普及を反映させるよう、政策提言を行っていく。

2. 調査実施方針

(1) 調査課題及び調査内容

1) 解決すべき課題

解決すべき課題は以下の通りである。

- ① 原料とするバイオマスの燃料利用の可能性
- ② 原料として利用するバイオマスの供給可能性
- ③ 代替する石炭の品質と価格
- ④ 代替する HOB の性能

2) 調査内容

a. 原料とするバイオマスの燃料利用の可能性

Tuv 県の畜産農家の家畜糞と UB 市中央下水処理場の脱水汚泥を採取し、Bureau Veritas 社で分析を行った。Bureau Veritas 社は、欧州に本拠地を置く世界的な認証機関であり、モンゴルにはオーストラリア人を中心メンバーとする拠点がある。第 1 回調査で確実な石炭・バイオマスの分析ができることを確認した。



写真 2 家畜糞のサンプリング



写真 3 下水汚泥のサンプリング

3 種類の分析結果から夫々の乾燥物三成分 (%) と可燃分・元素分析割合を表 6 に纏める。測定結果の各項目で(ar),(ad),(db),(daf)の 4 種類がある。(ad) は空気乾燥した後の乾燥物を基準に分析した結果と考え表 6 にまとめた。但し、元素分析で塩

素は (db) のデータしかないので、(ad) の中では 0%として扱った。これ等の元素分析結果の平均値を使い、水分量が当初の測定物に合わせ増加した場合の可燃物割合を算出し低位発熱量を計算した。その分析結果を表 7 に示す。分析の結果のもとに水分量を 30%以下として低位発熱量を算出した結果、表 8 に示すように最低でも約 2,800kcal/kg が見込まれることから、バイオマスのみでジー・ピー・ワンが実用化したバイオマスボイラ TBB シリーズで燃焼を行い 90℃の熱水を供給出来ることが明らかになった。

表 6 乾燥物三成分 (%) と可燃分・元素分析割合

JOB No. BVMN848(汚泥)														
No.	測定物全重量 (kg)	乾燥物重量 (kg)	測定物含水率 (%)	乾燥物含水率 (%)	低位発熱量 kcal/kg	乾燥物三成分 (%)			可燃分・元素分析割合 (%)					
						水分 W	灰分 Ash	可燃分合計	炭素 C	水素 H	酸素 O	窒素 N	硫黄 S	塩素 Cl
1	13.920	2.8344	79.6	5.5	464	5.5%	18.1%	76.4%	44.18%	6.10%	22.80%	2.74%	0.65%	0.00%
2	13.920	2.8354	79.6	5.3	460	5.3%	18.5%	76.2%	44.54%	6.20%	22.10%	2.83%	0.58%	0.0%
3	13.920	2.8364	79.6	5.1	455	5.1%	19.0%	75.9%	44.27%	6.19%	22.10%	2.77%	0.55%	0.0%
4	13.920	2.8374	79.6	5.2	466	5.2%	19.0%	75.8%	44.45%	6.23%	21.90%	2.74%	0.51%	0.0%
平均	13.920	2.8359	79.6	5.3	461	5.3%	18.7%	76.0%	44.40%	6.18%	22.23%	2.77%	0.57%	0.0%

JOB No. BVMN849(家畜小屋内家畜糞)														
No.	測定物全重量 (kg)	乾燥物重量 (kg)	測定物含水率 (%)	乾燥物含水率 (%)	低位発熱量 kcal/kg	乾燥物三成分 (%)			可燃分・元素分析割合 (%)					
						水分 W	灰分 Ash	可燃分合計	炭素 C	水素 H	酸素 O	窒素 N	硫黄 S	塩素 Cl
1	7.4513	6.0448	18.9	5.1	2683	5.1%	23.7%	71.2%	38.08%	4.51%	26.35%	1.96%	0.32%	0.00%
2	7.4513	6.0448	18.9	5.0	2653	5.0%	24.1%	70.9%	37.62%	4.51%	26.46%	1.97%	0.30%	0.0%
3	7.4513	6.0448	18.9	5.0	2660	5.0%	23.4%	71.6%	38.21%	4.62%	26.61%	1.92%	0.29%	0.0%
4	7.4513	6.0448	18.9	4.9	2668	4.9%	23.7%	71.4%	37.93%	4.58%	26.72%	1.85%	0.29%	0.0%
平均	7.4513	6.0448	18.9	5.0	2666	5.0%	23.7%	71.3%	38.00%	4.56%	26.54%	1.93%	0.30%	0.0%

JOB No. BVMN850(家畜小屋外の家畜糞)														
No.	測定物全重量 (kg)	乾燥物重量 (kg)	測定物含水率 (%)	乾燥物含水率 (%)	低位発熱量 kcal/kg	乾燥物三成分 (%)			可燃分・元素分析割合 (%)					
						水分 W	灰分 Ash	可燃分合計	炭素 C	水素 H	酸素 O	窒素 N	硫黄 S	塩素 Cl
1	11.434	6.0809	46.8	5.5	1785	6.8%	16.8%	76.4%	41.15%	5.31%	28.43%	1.36%	0.22%	0.00%
2	11.434	6.0809	46.8	5.3	1803	6.2%	16.7%	77.1%	41.28%	5.26%	28.96%	1.34%	0.26%	0.0%
3	11.434	6.0809	46.8	5.1	1783	6.3%	16.5%	77.2%	41.20%	5.28%	29.12%	1.33%	0.23%	0.0%
4	11.434	6.0809	46.8	5.2	1765	6.2%	16.5%	77.3%	41.29%	5.30%	29.20%	1.31%	0.22%	0.0%
平均	11.434	4.5607	46.8	5.3	1784	6.4%	16.6%	77.0%	41.20%	5.29%	28.93%	1.34%	0.23%	0.0%

表 7 家畜糞と UB 市下水処理場の汚泥の分析結果

サンプリング場所	測定物全重量	乾燥物重量	測定物含水率	乾燥物含水率	低位発熱量
	(kg)	(kg)	(%)	(%)	kcal/kg
下水汚泥	13.920	2.8359	79.6	5.3	461
家畜小屋内家畜糞	7.4513	6.0448	18.9	5.0	2,666
家畜小屋外の家畜糞	11.434	4.5607	46.8	5.3	1,784

表 8 水分量を 30%以下とした時の低位発熱量試算

	低位発熱量 kcal/kg	乾燥物三成分 (%)		
		水分 W	灰分 Ash	可燃分 合計
下水汚泥	3,315	30.0%	13.8%	56.2%
家畜小屋内家畜糞	2,790	22.9%	19.2%	57.9%
家畜小屋外の家畜糞	2,810	30.0%	12.4%	57.6%

b. 原料として利用するバイオマスの供給可能性

モンゴル国は、中央アジア地域の内陸に位置し、寒冷で乾燥した気候という自然環境から永年採草・放牧地が国土の 73%を占め、牧畜が産業の中心となっている。2013 年の名目 GDP に農林水産業が占める割合は 14.4%で、17 億 US\$である。牧畜は季節毎に放牧地と住居を移動する遊牧方式を基本とし、主な家畜は羊、山羊、牛、馬、ラクダである。これら 5 家畜の合計頭数は、1990 年以降の市場経済化による家畜の私有化政策以降、増加傾向で推移し、2009 年には 4,400 万頭に達した後、同年末から翌年春先まで続いた雪害で多数の家畜が死亡し、2010 年には 3,273 万頭にまで減少した。2013 年は比較的良好な天候に恵まれ、家畜総数は 4,513 万頭にまで回復した⁵。

家畜糞は、かつては遊牧民の暖房や調理用に使われていたが、現在では石炭が使われるようになり、大半が投棄されている。

表 9 に示す条件で、UB 市の HOB に必要な牛の数を試算した。その結果、表 10 に示すように、UB 市で飼育している牛の糞だけで、UB 市の HOB で消費されている石炭を代替できることが明らかとなった。また、羊、山羊などの糞、牛糞捨て場の糞も活用することが可能であり、バイオマス燃料としてのポテンシャルは大きい。今後、大気汚染対策。地球温暖化の緩和策として、家畜糞を集荷して乾燥し、配送システムを構築して、HOB、CFWH、家庭ストーブで利用していくことの意義は大きいと言える。

表 9 牛糞利用ポテンシャル評価条件

牛糞乾燥前低位発熱量		
家畜小屋内家畜糞	2,666	kcal/kg
家畜小屋外の家畜糞	1,784	kcal/kg
平均	2,225	kcal/kg

⁵ 農林水産省モンゴルの農林水産業概況

家畜の屋内での飼育期間	200	日
牛の糞排出量	20	kg/日
年間排出量	4.0	t/年

表 10 UB市のHOBに必要な牛の数

地区	HOB 石炭の消費量	相当牛糞量	必要な牛の数	牛飼育数
	2007~2008年の 熱水供給時期	(乾燥前)		2015年
	t/年	t/年	頭	頭
Khan-Uul	23,329.00	36,697	9,174	11,874
Bayanzurkh	23,452.80	36,892	9,223	11,291
Songino Khairkhan	6,587.00	10,362	2,590	22,481
Sukhbaatar	3,415.00	5,372	1,343	2,276
Chingeltei	9,390.00	14,771	3,693	720
Bayangol	470	739	185	0
Baganuur				15,192
Bagakhangai				2,818
Nalaikh				8,932
合計	66,643.80	104,833	26,208	75,584

出展：牛の頭数 DEPARTMENT OF INDUSTRY AND AGRICULTURE



図 4 ウランバートル市の地区

UB市の中央下水処理場は、設計能力が230,000m³/日であるが、実際の稼働能力は160,000 m³/日程度となっており、処理能力が不足し、一部の汚水は処理されないまま河川に流れ込んでいる。

中央下水処理場では、皮革工場の廃水が1次処理が不十分なまま流れ込んでいる。40haの汚泥堆積場は、汚泥で満杯になっている。WATER SUPPLY AND SEWERAGE AUTHORITY から入手した中央下水処理場の最新の汚泥分析結果を表11に示す。皮革工場からの廃水で、堆積した汚泥がCr等の重金属で汚染されていることが明らかになった。バイオマスボイラで燃焼し、熱水を供給することは可能であるが、排ガス装置等の設備設置が必要となる。下水道普及率は34.5%に留まっており、普及率を高める為にも、汚染された汚泥の燃焼処理設備の導入が求められている。

表 11 中央下水処理場の汚泥分析結果

	Ag	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Pb	Zn	Hg
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Return activated sludge	661.21	14.95	22.79	34.54	97.32	6,607.50	1,171.81	203.99	170.73	501.03	
Sludge of drying bed-32	672.85	47.57	38.43	58.73	165.68	8,098.08	1,721.80	410.61	84.75	816.05	
3年間放置された汚泥	877.43	43.31	155.08	183.93	171.24	11,343.70	2,467.70	258.41	279.70	759.82	

出展：WATER SUPPLY AND SEWERAGE AUTHORITY

c. 代替する石炭の品質と価格

UB市で利用されている石炭は、近隣の炭鉱（ナライハ地域の小規模炭鉱やバガヌール炭鉱）の熱量が3,000kcal/kg前後の低品質の褐炭である。

バガヌール炭鉱は、ウランバートルの東方約200kmに位置する国営の炭鉱で、1925年に採掘を開始、露天掘りで採掘されている。年間約400万tの石炭を生産し、主にUB市の熱電併給火力発電所に石炭を供給している。石炭は、Amgalan駅まで鉄道輸送され、そこからトラックでユーザーに届けられる。Authority of Partial Engineering Supply（以下APES）が所管するHOBにも、石炭を供給している。熱量については、高位発熱量か低位発熱量か不明である。

バガヌール炭鉱の石炭の品質を表12に示す。APESへのヒアリング調査では、バガヌール炭鉱からボイラ施設までの運送費とVATが含まれた購入価格は、68,000MNT/t（サイズの小さい石炭）、75,500MNT/t（サイズの大きい石炭）であった。

表 12 バガノール炭鉱の石炭の品質

Baganuor's coals. Technical requirements.

MNS 3818 : 2001

Coal classification	Ash (A'), %	Moisture (W'), %	Sulphur (S ^d _t), %	Volatile Matter (V), %	Calorific value, Q _t	
					Kcal/Kg	MJ/Kg
Brown coal B2	≤17.5	≤37.5	≤0.38	44.8	3360	14

Coal classification	Bitum A, %						Humic Acid, %	
		C ^a	H ^a	C ^{daf}	H ^{daf}	(O+H+S) ^{daf}	HA ^a	HA ^{daf}
Brown coal B2	5.2	62.40	4.6	72.5	4.75	5.71	14	15

Consumption of coal	Note	Coal particle size, mm
in thermal power station	X	0-100, 0-300
in factories, offices and homes	X	0-300

ナライハ地域の小規模炭鉱は、U市の南東35kmに位置する。20年以上前に炭鉱は閉山したが、地域の住民達が無許可で採掘を続けている。APESが所管するHOBを始めとし、市内各所のHOB、CFWH、家庭用ボイラ用に販売されている。石炭は、トラックでユーザーまで運ばれ、小口のユーザーには市内のTsaiz zah市場で袋詰めされて販売されている。

浅い層の石炭を坑内掘りで採掘しており、安全対策が不十分なために、落盤、火災、酸欠等の事故が頻発している。例えば、2013年12月1日には、坑口から50mで落盤事故が発生。坑内に5名(21歳~51歳)の作業員が閉じ込められた。救助隊員により、ほかの炭鉱から落盤箇所までの掘削作業・救助作業が行われ、24時間後に全員無事救助されたとの情報もある⁶。

ナライハ炭の石炭の品質を表13に示す。APESへのヒアリングでは、ナライハ炭からボイラまでの運送費とVATが含まれた購入価格は68,000MNT/t(サイズの小さい石炭)。熱量については、高位発熱量か低位発熱量か不明である。

表 13 ナライハ炭鉱の石炭の品質

Nalaikh's coals. Technical requirements.

MNS 0308 : 1981

Coal particle size, mm	Ash (A'), %	Moisture (W'), %	Sulphur (S ^d _t), %	Volatile Matter (V), %	Calorific value, Q _t
					MJ/Kg
0-25	≤15.0	≤20.0	≤0.7	45.0	15.6-16.7
25-200	≤18.0	≤20.0	≤0.7	45.0	13.8-15.5
0-200	≤16.5	≤21.0	≤0.7	45.0	15.0-16.3

⁶ english.news.mn, 2012月3日

d. 代替する HOB の性能

UB 市の APES が所管する HOB の調査を実施し、ベースライン及びリファレンスケース設定のために必要な現状の熱供給施設のボイラの熱効率を調べた。結果として、石炭の消費量のデータはあるが、熱水供給の水量・供給温度・戻り温度のデータがないことが明らかになった。また、各 HOB では購入した石炭の発熱量や水分などを把握するために、定期的に工業分析を実施している例は少ない。従って、石炭投入量から HOB への投入熱量を求めることは難しい。即ち、熱効率に関する実績データがないことが明らかになった。

表 14 に APES が保有する HOB の稼働状況を示す。

表 14 2015 年 APES が保有する HOB の稼働状況

施設名称	ボイラ型式	製造国	出力 MW	保有台数台	2015 年		石炭銘柄	暖房空間体積 m ³
					稼働台数台	石炭消費量 t/年		
24	DZL	中国	1.4	4	1.5~2	4,639.1	ナライハ	43,150.8
14	MUHT-1.4 MW	モンゴル	1.4	1	1~1.5	2,884.7	ナライハ	24,791.3
	Hasu Megawatt - 1 MW	モンゴル	1	1				
58	MYXT-1.2 MBT	モンゴル	1.2	2	1	985.0	ナライハ	29,023.0
68	TK Termoklori	モンゴル	0.7	2	1	647.3	ナライハ	13,637.9
114	KCR-240	韓国	0.35	2	1	344.1	バガヌール	8,746.0
46	KCR-240	韓国	0.7	2	1	610.6	バガヌール	14,956.0
61	KCR-240	韓国	0.35	2	1	323.0	バガヌール	8,415.0
104	KCR-240	韓国	0.4	2	1	344.1	バガヌール	8,415.0
117	KCR-240	韓国	0.35	2	1	344.1	バガヌール	12,869.0
6	KCR-350	韓国	0.35	2	1	344.1	バガヌール	7,102.0
79-1	KCR-240	韓国	0.35	2	1	351.8	バガヌール	9,084.0
79-2	NRJ - 300	モンゴル	0.35	1	1	236.2	バグヌール	7,302.0
102	KCR-240	韓国	0.35	2	1	344.1	バグヌール	14,918.0
Glob	DZL	中国	0.7	2	1	426.3	バガヌール	—

0.35 MW クラスで競合する設備は、韓国製の KCR240 である。写真 4 に第 61 学校の KCR240 を示す。Bayanzurkh 区 19th khoroo 小学校・幼稚園に導入された同クラスの KCR300 の仕様を表 15 に示す。



写真 4 第 61 学校の KCR240

表 15 KCR300 の仕様

暖房面積	3,300 m ²
出力	350 KW
温水温度	90 °C
ボイラ水容量	1200 ℓ
Main body dimension (W*L*H)	1,800*1,600*2,200
効率係数	88.1%
ボイラ給湯パイプ直径	76mm
燃料消費	40-60 kg/h
煙突直径	200mm
石炭サイズ	20-40mm
重量	1.35 t
電力	200v/50hz



図 5 KCR300 カタログ図

3. プロジェクト実現に向けた調査結果

(1) プロジェクトの実現性に関する調査結果

1) プロジェクト計画

フェーズ 1 の事業は、UB 市のゲル地域である Bayanzurkh 区ガチョルト村に 0.35MW ボイラによる分散型熱供給システムを導入する。システムは次の通りである。(図 6 参照)

- ① ガチョルト村の各家庭に汲み取り式トイレを設置し、し尿を集めてし尿処理場で処理する。そして、脱水汚泥をバイオマス固形燃料とする。
- ② バイオマス固形燃料を燃料として、0.35MW のバイオマスボイラで燃焼させて、熱水を公共施設に供給を行う。

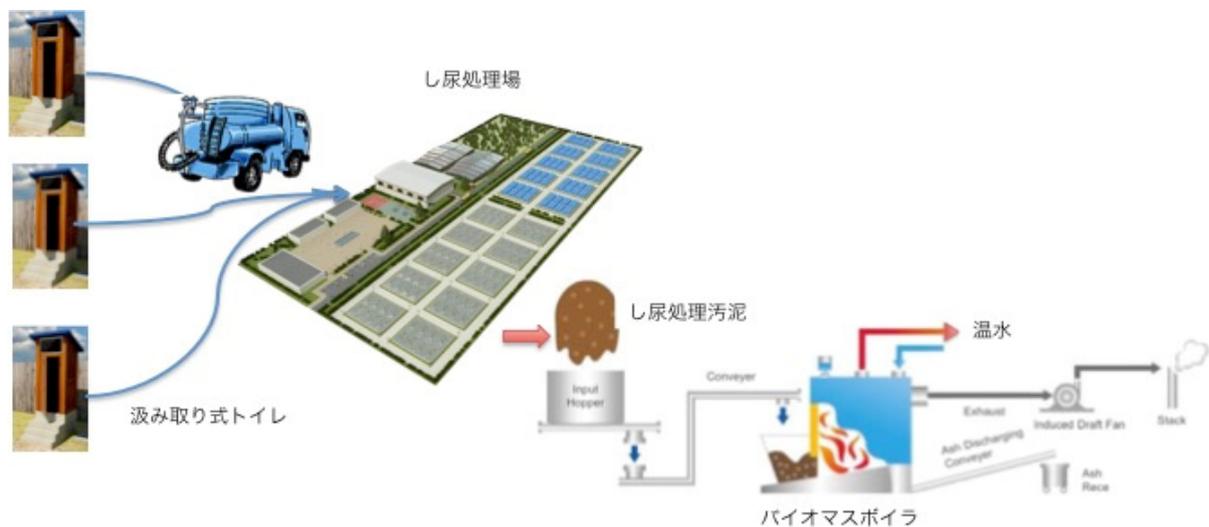


図 6 し尿処理場の汚泥を利用するバイオマスボイラ熱供給システム

ガチョルト村では、日本政府の無償資金協力で、ゲル地区の水源を開発し、25,200 m³/日の送水を行う事業が行われている。

水源は、トーラ川に接した 21 本の井戸である。その背後の山の斜面に、3,000 世帯あまりの住民が住むガチョルト村が位置する。(図 7 参照) 水源の表層の層厚は、約 1m から 1.5m である。帯水層は、表層から基盤岩までの間の層で、厚さは表 16 に示すように 10m から 25m である。水源では 20m、または 30m の深さの井戸を掘り、帯水層から水を汲み上げている。

各家庭では、トイレは、庭に約 1m の穴を掘って、し尿をそのまま穴に捨て、満杯になると土で覆う。(写真 5 参照) そして、新たに穴を掘ってトイレにする。山の斜面に降った雨水や、雪解け水は地下に浸透して帯水層に至る。土壌はし尿により汚染されており、汚染された浸透水が水源の帯水層を汚染する。水源地付近のトー

ラ川、ガチョルト村の井戸の水質分析が 2006 年に実施されている。地下水の水質分析の結果大腸菌群が測定された⁷ので、塩素投入施設が設置されている。

人口の増加により、水源の汚染が深刻化してきており、UB 市ではガチョルト村の各家庭に汲み取り式のトイレを設置し、汲み上げてし尿処理場で処理する事業を 2016 年から開始した。



図 7 ガチョルト水源とガチョルト村

表 16 ガチョルト水源の井戸

井戸数	最低水位 (LLWL)	井戸深度	基礎岩盤迄の深度	帯水層厚
19	-5.5m	20m	10~20m	10~15m
2	-5.5m	30m	20~30m	20~25m

出展：JICA モンゴル国ウランバートル市水供給改善計画、準備調査報告書、2010 年 3 月

Mr. Bat-Erdene UB 市副市長から、し尿処理場の汚泥を燃料にして、熱供給に利用することを検討してもらいたいとの要請を受けた。JCM 設備補助事業で実施するにあたり、市として予算をつける用意があるとの話があった。

⁷ JICA モンゴル国ウランバートル市水供給改善計画、準備調査報告書、2010 年 3 月

そこで、ガチョルト村の 3,024 世帯のし尿を処理した後の汚泥を、バイオマスボイラで燃焼し、温水を村の公共施設に供給する事業について検討を加えた。



写真 5 ガチョルト村の家庭のトイレ

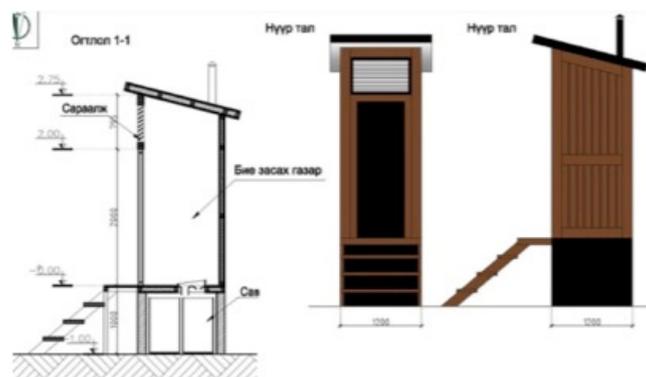


図 8 汲み取り式のトイレ案

出展：UB 市提供



写真 6 試作中の汲み取り式トイレ

ガチョルト村では、モンゴル企業である DORNIIN ILCH CO., LTD 製の 1.4MW の HOB（写真 7 参照）で、公共施設に熱を供給している。公共施設の熱供給体積は、23,000 m³ で、熱供給時期は 9 月 15 日から 5 月 15 日である。HOB の台数は 2 台で、そのうち 1 台は予備用である。ナライハ炭とバガヌール炭の小さいサイズの石炭を燃料として利用、購入石炭価格は 50,000MNT/t である。石炭の消費量は以下のとおりである。

9 月 15 日～10 月 15 日と 4 月 15 日～5 月 15 日：70 kg/h

10 月 16 日～12 月 21 日と 1 月 23 日～4 月 14 日：100 kg/h

12 月 22 日～1 月 22 日：120 kg/h

月毎の石炭消費量、発生熱量、石炭購入費を表 17 に示す。年間の石炭購入費は 27,696,000MNT（1,541,215 円）である。

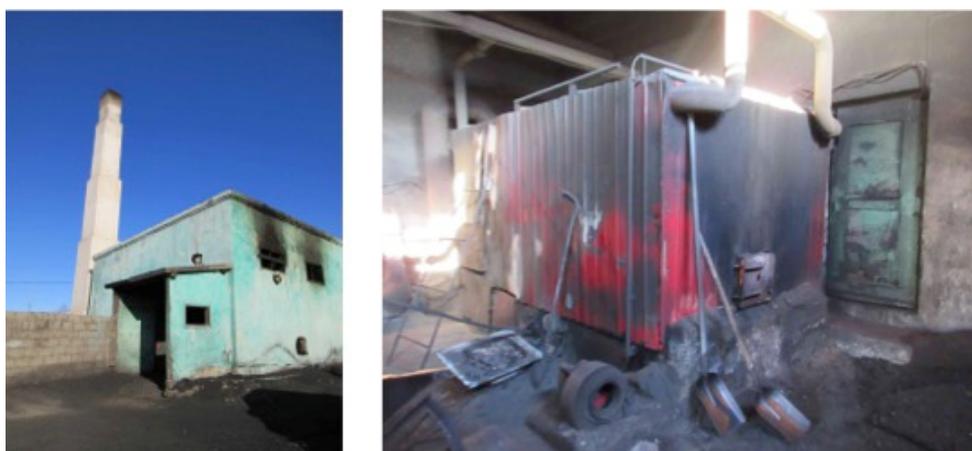


写真 7 ガチョルト村の HOB

表 17 ガチョルト村の HOB

月	運転日数	運転時間 h	石炭消費量 t	投入熱量 Gcal	石炭購入費 MNT	石炭購入費 円
9 月	16 日	384 h	26.9	76.4	1,344,000	74,790
10 月	31 日	744 h	63.6	180.9	3,180,000	176,959
11 月	30 日	720 h	72.0	204.8	3,600,000	200,331
12 月	31 日	744 h	79.2	225.3	3,960,000	220,364
1 月	31 日	744 h	85.0	241.6	4,248,000	236,391
2 月	28 日	672 h	67.2	191.1	3,360,000	186,976
3 月	31 日	744 h	74.4	211.6	3,720,000	207,009
4 月	30 日	720 h	60.5	172.0	3,024,000	168,278
5 月	15 日	360 h	25.2	71.7	1,260,000	70,116
合計	243 日	5,832 h	553.9	1,575.4	27,696,000	1,541,215

レート：20/02/2016 1 JPY = 17.97024 MNT

高位発熱量か低位発熱量か不明のため、IPCC の褐炭に関するデフォルト値である 11.9J/t で試算。

2015 年の時点のガチョルト村の人口は約 8,000 人、世帯数は 3,024 世帯である。UB 市では、一世帯あたりの排泄量（固形分のみ、以下同じ）を 2kg/日と見込んでいる。従って、年間の排泄物の量を 2,207.5t と見込んだ。（表 18 参照）

表 18 ガチョルト村の排泄物発生量

世帯数	一世帯あたりの排泄量 kg/日	1日あたり排泄物発生量 t	年間排泄物発生量 t
3,024	2	6.048	2,207.5

世帯数は 3,024 世帯であることから、年間のし尿処理場の汚泥発生量を排泄物量と同量と見なし、低位発熱量は UB 市中央下水処理場と同等と見なして試算した（表 19 参照）。そして、し尿処理場のバイオマス汚泥を燃料として 0.35MW のバイオマスボイラで、ガチョルト村の公共施設に熱を供給するシステムについて検討を加えた。

表 19 原料のし尿処理場汚泥の熱量

乾燥後		乾燥前	
含水率 (%)	低位発熱量 kcal/kg	含水率 (%)	低位発熱量 kcal/kg
30.0%	3,315	79.6	461

試算に当たっての条件を表 20 に示す。試算の結果、表 21 に示すボイラ出力/定格出力が 40%の条件で、表 22 に示すように年間排泄物発生量に相当する 2,168.2t/年を燃料として利用することが可能である。

表 20 試算基本条件

し尿処理場汚泥消費量（乾燥後）：51.7 kg/h
循環水量：6,000ℓ 循環時間：15 分
循環温水温度(出口温度)：70℃ (戻り温度)：65℃ 循環温水温度差：5℃

表 21 バイオマスボイラの出力

ボイラ定格出力 (kcal/h)	ボイラ出力 (kcal/h)	ボイラ入熱 (kcal/h)	熱効率	ボイラ出力/ 定格出力
300,000 (0.35MW)	120,000	171,429	70%	40%

表 22 バイオマスボイラのし尿処理場汚泥の消費量

月	運転日数	運転時間 h	乾燥後 年間消費量 t	投入熱量 Gcal	乾燥前 年間消費量 t
9 月	16 日	384	19.9	65.8	142.8
10 月	31 日	744	38.5	127.5	276.6
11 月	30 日	720	37.2	123.4	267.7
12 月	31 日	744	38.5	127.5	276.6
1 月	31 日	744	38.5	127.5	276.6
2 月	28 日	672	34.7	115.2	249.8
3 月	31 日	744	38.5	127.5	276.6
4 月	30 日	720	37.2	123.4	267.7
5 月	15 日	360	18.6	61.7	133.8
合計	243 日	5,832	301.5	999.5	2,168.2

現在、HOB の年間の投入熱量は 1,575.4Gcal/年と見積もられることから、DORNIIN ILCH CO., LTD 製の 1.4MW の HOB の熱効率を、0.35MW のバイオマスボイラの熱効率とを同じ 70%として試算した結果、図 9 に示すようにボイラ出力/定格出力が 63%で、ガチョルト村の公共施設に熱の供給が可能であることが明らかになった。

し尿処理場の汚泥は 0.35MW のバイオマスボイラで燃焼可能であるため、石炭と混合する必要はない。また、し尿処理場の汚泥量が不足しているが、し尿処理場の汚泥と家畜糞・下水処理汚泥を交互に投入することで、既存の HOB を代替することが可能であることが明らかになった。

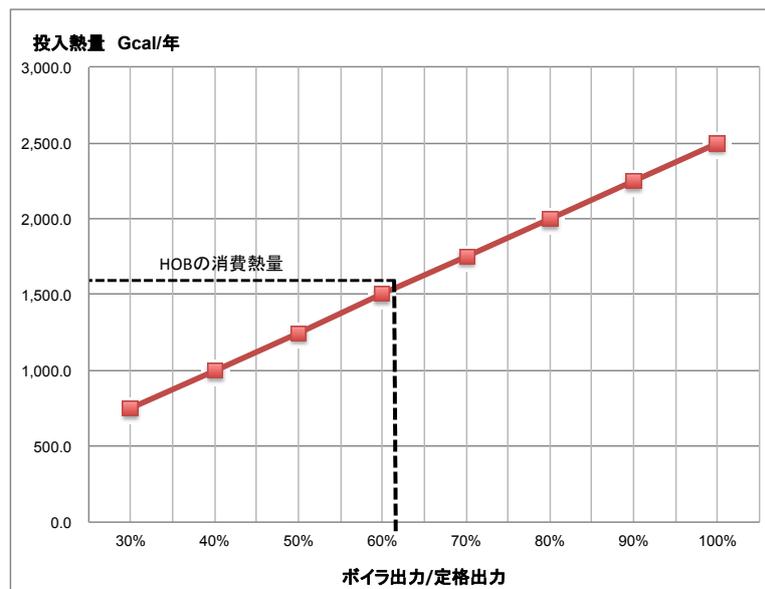


図 9 0.35MW のボイラ出力/定格出力とバイオマスボイラの投入熱量

そこで、本事業では既存の HOB を代替して、写真ガチョルト村の熱供給センターに、既存の HOB の代替として、0.35MW のバイオマスボイラを設置する。既存のボイラ 1 台は、予備として残す。

バイオマスボイラは、し尿処理場の汚泥と牛糞を燃料として利用する。表 23 に、ガチョルト村のバイオマスボイラ熱供給シナリオを示す。

表 23 ガチョルト村バイオマスボイラ熱供給シナリオ

ボイラの出力

ボイラ定格出力 (kcal/h)	ボイラ出力 (kcal/h)	ボイラ入熱 (kcal/h)	熱効率	ボイラ出力/定格出力
300,000	189,092	270,131	70%	63%

バイオマス燃料

投入熱量 Gcal	し尿処理場汚泥			牛糞			
	投入熱量	投入量	乾燥前排泄量	投入熱量	投入量	乾燥前量	必要牛頭数
	Gcal/年	t/年	t/年	Gcal/年	t/年	t/年	頭
1,575.4	1,017.7	307.0	2,207.5	557.7	199.2	250.7	62.7
牛糞熱量：乾燥前 2,250kcal/kg 乾燥後 2,800kcal/kg							

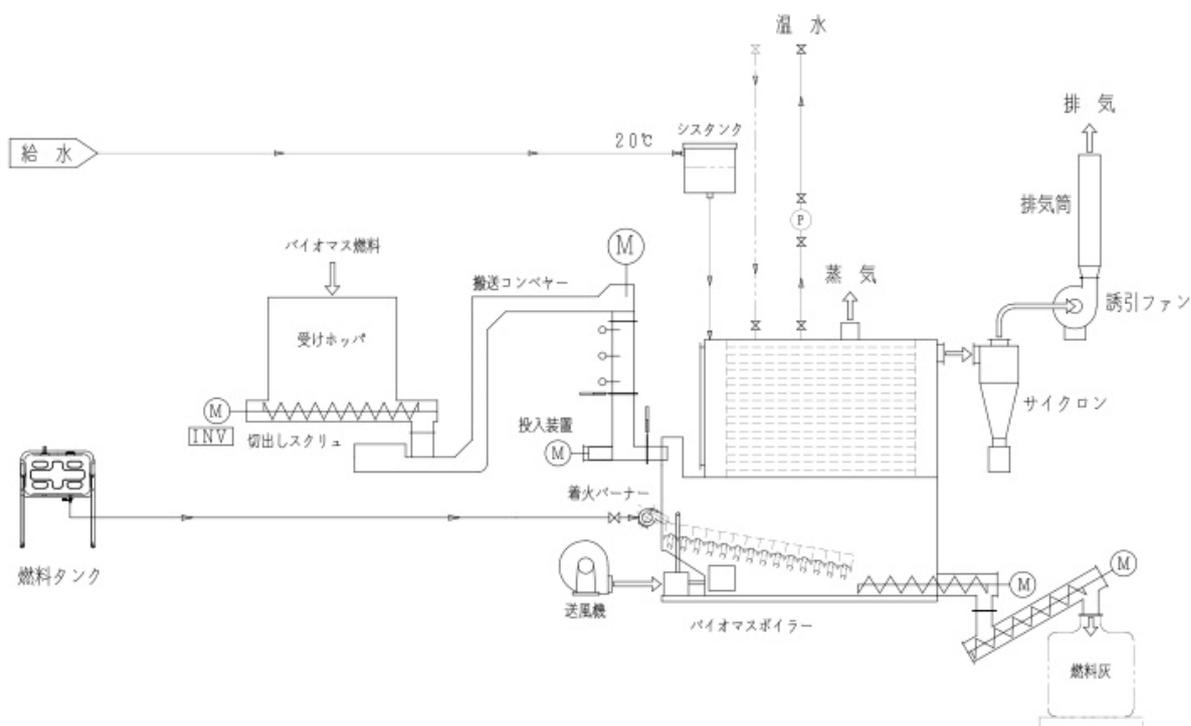


図 10 フロー図



写真 8 ガチョルト村の熱供給センター

UB 市に、し尿処理設備として、株式会社カワシマ（以下カワシマ）のスクリー型コンポストプラント RA-X（以下 RA-X）を提案している。RA-X でし尿処理場の汚泥と家畜糞を高温好気性発酵で水分を蒸散させ、水分 30%のバイオマス燃料とする。

RA-X は、カワシマの独自技術であるスクリー型自動攪拌装置（特許番号：3607252）1 基、廃棄物搬入・投入用バケット、床下より空気を送り込む 2.2kw ブローワーと発酵槽 1 槽、発酵中のコンポストに雨水がかからないように覆う建物で構成される。

有機性廃棄物は嫌気性醗酵した場合メタンガスを大気中に放出するが、好気性醗酵させてコンポスト化すれば、温室効果ガスであるメタンガスの排出削減に貢献出来る。RA-X は、我が国で唯一、CDM として、国連登録されているコンポスト技術である(Ref 4064; Co-composting of EFB and POME at PT. Sabut Mas Abadi in Kumai)。

RA-X は、低インシヤルコストを実現、電気消費量 も少なくランニングコストが小さく、コンポスト化までの時間が短くて処理量を増やせる、操作もメンテナンスも簡単でさほど技術を必要としない、悪臭が発生しないことから、途上国への普及が期待される。JICA のスリランカ国スクリー型コンポストプラントによる有機性廃棄物・農業廃棄物のリサイクル事業普及・実証事業に採択され、現在スリランカ国中部州キャンディ県に設置され、間もなく竣工式を行う予定である。

国内では、家畜糞を処理してコンポストを製造する設備としても使用されており、その内 2 施設は寒冷地の北海道の養豚場にも導入されている。

フルスケールの発酵槽は、幅 12m×長さ 100m×深さ 1.8m で、処理能力は 50t/日である。提案する発酵槽は、幅 8m×長さ 50m×深さ 1.8m で、13t/日の有機性廃棄物と 4t/日の水分調整剤から、コンポストを 6t/日製造する。コンポストは、4t/日を水分調整剤として利用し、2t/日をバイオマス燃料として利用する。



写真 9 キャンディ県に設置した RA-X

ウランバートル市では、2016年にガチョルト村の家庭のし尿処理事業を開始しており、今年度の予算は10億MNT（5,565万円）である。2016年から家庭トイレの設置を開始し、2017年に熱供給がはじまる9月15日前にし尿処理場とバイオマスボイラの設置を完了する計画である。プロジェクトの工事計画を表24に示す。

表 24 工事計画

工程	2016年	2017年	2018年
家庭トイレ設置			
し尿処理場設置 (RA-X)		—	
バイオマスボイラ設置		—	
バイオマスボイラ稼働			—

本事業は、ガチョルト村の家庭のし尿処理事業の一環としてUB市が行う。

バイオマスボイラの導入は、JCM設備補助事業で実施する計画であり、プロジェクト実施主体はUB市政府で、バイオマスボイラの設備を購入して、所有・管理する。

現在、熱供給事業は、熱供給事業者であるTushigt Khangai LLCが行っている。同社の2009年時点での、熱供給事業を表25に示す。

バイオマスボイラによる熱供給事業は、継続してTushigt Khangai LLCが行うのか、ウランバートル市が行うのか、現時点では未定である。

設備投資の資金調達にはUB市が行い、事業運営に関するコストは、熱供給する施設からの熱水料金の徴収と税金で賄う。廃棄物の家畜糞、下水汚泥を燃料として利用することから固形バイオマス燃料の価格は、石炭価格より安く抑えられ、JCM制度

の活用と合わせて、事業採算性がよくなり、普及の速度が早まることに期待している。

表 25 Tushigt Khangai LLC の熱供給事業（2009 年）

HOB 施設名	住所	熱供給先
Gachuurt 村のボイラ	Gachuurt 村	ハーン銀行、役所、郵便局支店、学校、クリニック、6 つの集合住宅、食品店
41 番学校のボイラ	KHAN-UUL DUUREG, 5-r khoroo	41 番学校、71 番学校、29 番幼稚園
60 番学校のボイラ	KHAN-UUL DUUREG, 7-r khoroo	60 番学校、7 番幼稚園、7 及び 8-rkhoroo 役所
Khonkhor のボイラ	Khonkhor	幼稚園、学校、クリニック、集合住宅
US-15 ボイラ	BAYANZURKH DUUREG, 8-r khoroo	Amgalan コンプレックス、児童養護施設、Gegeen マンション管理組合
US-11 ボイラ	BAYANZURKH DUUREG, 10-r khoroo	62 番幼稚園、21 戸の集合住宅

出展：MARKET SURVEY OF HEAT-ONLY BOILERS AND COAL-FIRED WATER HEATERS(2009 年)

2) 資金計画の評価結果

a. 初期投資

本事業の主たる設備は、0.35MW のバイオマスボイラである。0.35MW のバイオマスは、フェーズ 1 では輸出し、フェーズ 2 以降は提携する現地企業で生産を行ってコストダウンを図る。また、バイオマスボイラは、JCM 設備補助事業を活用することで普及を図っていききたいと考えている。

現状、競合相手のボイラ価格が安いため、石炭購入費とバイオマス燃料の購入費の差額で、投資の回収が出来るかがポイントとなる。0.35MW バイオマスボイラの販売価格とプロジェクト実施主体の負担額を表 26 のように考えている。投資額をプロジェクト実施主体の負担額として経済性の評価を行った。

現在使われている HOB は、石炭が連続投入ではなく人の手で行われており、ボイラへの空気の送り込み等の調整等に問題も考えられ、ボイラ効率も悪く、灰はかなり未燃分が見られた。従って、燃焼効率は、公表値よりと悪いと考えられるが、保守的に考え、ガチョルト村の HOB のケースで、バイオマスボイラと HOB の燃焼効率を同等と見なして試算した。石炭の熱量は、IPCC の褐炭に関するデフォルト値である 11.9MJ/t=2,844kcal/kg で試算した。

表 26 0.35MW バイオマスボイラの販売価格とプロジェクト実施主体の負担額

	販売価格		JCM 補助率	プロジェクト実施主体の負担額
	国内生産	現地生産		
1 セット 《フェーズ 1》	25,000 千円		50%	12,500 千円
2 セット～4 セット 《フェーズ 2》		15,000 千円	40%	9,000 千円
5 セット以降 《フェーズ 3》		15,000 千円	30%	10,500 千円

フェーズ 1

ガチョルト村の事業は、設備を日本から輸入するため、25,000 千円となる。JCM の補助率を 50%見込み、プロジェクト実施主体の負担額を 12,500 千円として試算した。維持管理及び MRV に関する資金は、UB 市が負担する。

既存設備を代替することから、石炭購入費とバイオマス購入費の差を収益と見なした。既存の設備を代替することから、ランニングコスト、メンテナンスコストは現状の HOB と同額とした。石炭購入価格は 50,000MNT/t、家畜糞の価格は 25,000MNT/t、し尿処理場の汚泥の調達単価は 0MNT/t とした。経済性評価を表 27 に示す。家畜糞の調達価格が 25,000MNT/t (1,391 円/t) の場合、9.9 年間で初期投資を回収できる。

表 27 ガチョルト村 し尿汚泥利用事業の経済性

為替レート	0.05565 円/MNT	20/02/2016
設備費	12,500 千円	12,500 千円
代替する石炭の量	553.9 トン/年	
し尿処理場汚泥調達量	307.8 トン/年	
家畜糞調達量	199.2 トン/年	
石炭単価	50,000 MNT/トン	2,782 円/トン
し尿処理場汚泥単価	0 MNT/トン	0 円/トン
家畜糞単価	25,000 MNT/トン	1,391 円/トン

	単位	事業年度										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
石炭削減量	トン/年		553.9	553.9	553.9	553.9	553.9	553.9	553.9	553.9	553.9	553.9
石炭調達費削減効果	千円		1,541.2	1,541.2	1,541.2	1,541.2	1,541.2	1,541.2	1,541.2	1,541.2	1,541.2	1,541.2
Cash flow In	千円	0	1,541.2	1,541.2	1,541.2	1,541.2	1,541.2	1,541.2	1,541.2	1,541.2	1,541.2	1,541.2
し尿処理場汚泥調達量	トン/年		307.8	307.8	307.8	307.8	307.8	307.8	307.8	307.8	307.8	307.8
バイオマス調達費	千円		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
家畜糞調達量	トン/年		199.2	199.2	199.2	199.2	199.2	199.2	199.2	199.2	199.2	199.2
バイオマス調達費	千円		277.1	277.1	277.1	277.1	277.1	277.1	277.1	277.1	277.1	277.1
Cash flow out			277.1	277.1	277.1	277.1	277.1	277.1	277.1	277.1	277.1	277.1
初期投資額	千円	12,500										
Net Cash flow	千円	-12,500	1,264	1,264	1,264	1,264	1,264	1,264	1,264	1,264	1,264	1,264
IRR		0.2%	投資回収期間		9.9 年							

UB 市は、今年度 10 億 MNT (5,565 万円) の予算を計上しており、次年度以降も計上する計画である。従って、設備は UB 市の予算で購入を予定している。投資回収期間は長いですが、投資を回収できることから、UB 市の予算化は可能と考えている。

フェーズ 2

フェーズ 2 は、ゲル地域のし尿処理場の汚泥のケースと家畜糞のケースの経済性を評価した。

事業収入は、表 28 に示す熱供給料金である。

表 28 Ulaanbaatar 市の熱供給の料金表 (2015 年 7 月 25 日から施行) - 法人用 -

		単位	料金 (VAT 抜)	ロス	VAT	料金 (VAT 込み)
工場や法人 の建物暖房 用熱	暖房	MNT/m ³	429		42.90	471.90
	暖房、生活 用温水	MNT/GCal	27,692	1,384.60	2,907.66	31,984.26
		MNT/GJ	6,615	330.75	694.58	7,640.33
換気		MNT/ GCal	14,093		1,409.30	15,502.30
		MNT/GJ	3,366		336.60	3,702.60
法人の生活用温水		MNT/人	5,414		541.40	5,955.40
		MNT/m ³	1,873	93.65	196.67	2,163.32
法人の生産用温水		MNT/GCal	14,093		1,409.30	155,502.30
		MNT/GJ	3,366		336.60	3,702.60

出展 : ENERGY REGULATORY COMMISSION HP (HTTP://WWW.ERC.MN/MN/TARIFF_201507_6)

し尿処理場の汚泥のケース

ウランバートル市中央下水処理場は、設計能力が 230,000m³/日であるのに対し、実際の処理能力は 140,000~160,000 m³/日程度となっている。これまで小規模な改築・更新をしてきたが耐用年数を過ぎた施設全体の老朽化は否めず、抜本的な改築・更新が必要になってきている。

ゲル地区は劣悪な上下水道サービスしか提供されていないが、もしここに給水管を敷設すると当然ながら使用水量が増え、汚水量も必然的に増加することとなる。しかしながら、この地区に下水管を敷設すると、冬季の凍結を防ぐため埋設深さ 3m 以上を確保する必要があるため、仮に中央処理場の処理能力を増大させたとしてもそこに流入する下水管整備に莫大な経費がかかることになる。また、ゲル地区の水道管敷設を先行させた場合、この地区には側溝すらないため、増大した汚水によ

る地下水汚染が進むことが懸念される⁸。

こうした背景から、UB 市はゲル地域に汲み取り式トイレを普及する取り組みを始めている。

フェーズ 2 は、設備をモンゴル国で生産するため、設備額は 15,000 千円となる。JCM の補助率を 40%見込み、プロジェクト実施主体の負担額を 9,000 千円として試算した。維持管理及び MRV に関する資金は、UB 市が負担する。

表 29 に示すように、し尿処理場の汚泥の全量を燃料として利用する。表 30 に示すように、し尿処理汚泥の調達単価は 0MNT/t とした時、3.5 年間で初期投資を回収できる。

表 29 し尿処理場汚泥量

投入熱量 Gcal	し尿処理場汚泥		
	投入熱量	投入量	乾燥前排泄量
	Gcal/年	t/年	t/年
1,575.4	1,575.4	475.2	3,417.4

表 30 ゲル地域 し尿汚泥処理事業の経済性

為替レート	0.05565 円/MNT	20/02/2016
設備費	9,000 千円	9,000 千円
し尿調達量	475.2 トン/年	
家畜糞単価	0 MNT/トン	0 円/トン
熱供給施設体積	23,000 m ³	9ヶ月
熱供給料金	429 MNT/m ³	
電気消費量	32 MWh	
電気料金	124 MNT/kWh	
作業員	4 人	9ヶ月
人件費	826,815 MNT/人/月	

	単位	事業年度										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
熱供給収入	千円		4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7
Cash flow In	千円	0	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7
家畜糞調達量	トン/年		475.2	475.2	475.2	475.2	475.2	475.2	475.2	475.2	475.2	475.2
バイオマス調達費	千円		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
電気代	千円		223.4	223.4	223.4	223.4	223.4	223.4	223.4	223.4	223.4	223.4
人件費	千円		1,656.4	1,656.4	1,656.4	1,656.4	1,656.4	1,656.4	1,656.4	1,656.4	1,656.4	1,656.4
Cash flow out	千円		2,355.0	2,355.0	2,355.0	2,355.0	2,355.0	2,355.0	2,355.0	2,355.0	2,355.0	2,355.0
初期投資額	千円	9,000										
Net Cash flow	千円	-9,000	2,587	2,587	2,587	2,587	2,587	2,587	2,587	2,587	2,587	2,587
IRR		25.9%	投資回収期間		3.5 年							

⁸JICA モンゴル国 ウランバートル市上下水セクター開発計画策定調査 2013 年 6 月

UB市の人口は2012年には115万人に達しており、中央下水処理場が、約97,000世帯（約400,000人）の下水を集めている。ゲル地区の13万世帯以上のし尿を集めて処理するとなれば、大規模な事業となる。

世界銀行は、「Improving Sanitation in the Ger Areas of Ulaanbaatar April 2015」と題したゲル地区の公衆衛生のレポート作成を支援した。レポートの内容は、ゲル地域への汲み取り式トイレの普及である。そして、2015年6月18日に、世界銀行とUB市長による円卓会議が行われ、投資に関して議論が行われた⁹。UB市は、世界銀行からの資金の調達に向けて作業を進めている。

そこで、ガチョルト村の事業をモデルにして、し尿処理場の汚泥を利用するバイオマスボイラ熱供給システムを、JCM設備補助事業と世界銀行の融資を活用することでゲル地域に普及していくことをUB市に提案している。

家畜糞のケース

家畜糞を燃料として利用するケースでは、バイオマスを集荷し、乾燥して配送するシステムを構築することが課題である。また、家畜糞の輸送費が、大きな負担となる。他方、UB市の郊外には、前述したように、十分な家畜糞を提供できる畜産農家がある。熱供給センター近隣の畜産農家から乾燥糞を調達できれば、輸送費の問題も解決できる。そこで、UB市の郊外の区の公共施設に、近隣の畜産農家の家畜糞を燃料とする分散型熱供給システムを導入する。

バイオマスボイラの燃料は、表31に示すように全量家畜糞を利用する。例えば、UB市のSonginokhairkhan区の畜産農家数は268で、平均牛飼育数は84頭であることから、2畜産農家で賄うことができる。また、写真10に示すSonginokhairkhan区の牛糞捨て場もある。

表 31 家畜糞量

投入熱量 Gcal	牛糞			
	投入熱量	投入量	乾燥前量	必要牛頭数
	Gcal/年	t/年	t/年	頭
1,575.4	1,575.4	562.6	708.0	177.0

フェーズ2では、設備をモンゴル国で生産するため、設備額は15,000千円となる。JCMの補助率を40%見込み、プロジェクト実施主体の負担額を9,000千円として試算した。維持管理及びMRVに関する資金は、UB市が負担する。

乾燥糞の購入価格は、APESの石炭購入価格の75,000MNT/tの50%の37,500MNT/t（2,087円/t）として、経済性を評価した。評価結果を表32に示す。6.8年間で初期投資を回収できる。

⁹<http://www.worldbank.org/en/news/press-release/2015/06/18/new-world-bank-report-looks-at-how-to-bring-on-site-sanitation-to-ger-areas-of-ulaanbaatar>



写真 10 家畜糞の投棄場所

畜産農家は、家畜糞の処理に困っており、分散型熱供給センターまでの距離も近いのでガソリン代もさほどかからない。畜産農家の収入の増加が見込まれて、貧困問題の解決にも貢献する。投棄した家畜糞は地下水汚染や衛生問題を引き起こしているが、この問題も解決する。さらには、HOB で石炭代替として、カーボンフリーのバイオマスを利用することで二酸化炭素を削減して、低炭素型の村づくりを行うことができる。

表 32 UB 市郊外 家畜糞利用事業の経済性

為替レート	0.05565 円/MNT	20/02/2016
設備費	9,000 千円	9,000 千円
家畜糞調達量	562.6 トン/年	
家畜糞単価	37,500 MNT/トン	2,087 円/トン
熱供給施設体積	23,000 m ³	9ヶ月
熱供給料金	429 MNT/m ³	
電気消費量	32 MWh	
電気料金	124 MNT/kWh	
作業員	4 人	9ヶ月
人件費	826,815 MNT/人/月	

	単位	事業年度										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
熱供給収入	千円		4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7
Cash flow In	千円	0	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7	4,941.7
家畜糞調達量	トン/年		562.6	562.6	562.6	562.6	562.6	562.6	562.6	562.6	562.6	562.6
バイオマス調達費	千円		1,174.0	1,174.0	1,174.0	1,174.0	1,174.0	1,174.0	1,174.0	1,174.0	1,174.0	1,174.0
電気代	千円		223.4	223.4	223.4	223.4	223.4	223.4	223.4	223.4	223.4	223.4
人件費	千円		1,656.4	1,656.4	1,656.4	1,656.4	1,656.4	1,656.4	1,656.4	1,656.4	1,656.4	1,656.4
Cash flow out	千円		3,616.4	3,616.4	3,616.4	3,616.4	3,616.4	3,616.4	3,616.4	3,616.4	3,616.4	3,616.4
初期投資額	千円	9,000										
Net Cash flow	千円	-9,000	1,325	1,325	1,325	1,325	1,325	1,325	1,325	1,325	1,325	1,325
IRR		7.7%	投資回収期間		6.8 年							

そこで、資金調達の一つとして CTIPFAN の活用を図る。CTI は、気候変動防止技術イニシアティブ(Climate Technology Initiative)の略で、COP1 において、国際エネルギー機関(IEA)/OECD 加盟国及び欧州委員会によって設立された多国間による国際連携イニシアティブであり、2003 年に IEA の実施協定に位置づけられた。CTI は、気候変動対策プロジェクトによる民間直接投融資の確保を支援する CTI 民間資金調達支援ネットワーク (CTI PFAN) プログラムの活動を行っている。同プログラムでは、気候変動の「緩和」を目指すプロジェクトだけでなく、「適応」に関連したプロジェクトの支援をするための試みも始めている。CTI PFAN はアジア、ラテンアメリカ、アフリカ、独立国家共同体(CIS)・中央アジアに、開発者と投資家による地域ネットワークを構築している。CTI PFAN に参加している投資家は、これまでにアジアをはじめ多くの国で、68 件のバイオガス、バイオマス、風力発電、太陽光発電、小水力発電、省エネルギー等のプロジェクトに対して総額 8.2 億 US\$超の資金調達を行い、年間 250 万 t の二酸化炭素を削減した。

経済産業省は、CTI の活動を支援しており CTI 加盟国の中小企業の気候変動防止技術を発展途上国及び新興国へ移転促進を図るためのプログラム CTBN (CTI クリーン技術ビジネスネットワーク) を、平成 25 年度に実施した。公益財団法人国際環境技術移転センターが、経済産業省より委託を受け、CTBN プログラム構築のためのパイロット事業 (調査) をモンゴル国で実施した。プロジェクトの実施にあたり、PEAR は、プロジェクト形成促進のためのサポート・コンサルタントとして参加し、ウランバートル市の大気汚染改善と温暖化防止に貢献するバイオマスボイラ技術の普及に向けて、日本メーカー、モンゴル企業、ウランバートル市 APES とのビジネスマッチングを成功させた経緯がある。

そこで、PEAR は、その実績を踏まえ、JCM 設備補助事業と CTI PFAN の融資の活用を図りたいと考えており、今後エネルギー省、UB 市政府へ働きかけを行っていく。

(2) プロジェクト許認可取得

導入するバイオマス HOB 技術は、低熱量のバイオマスの燃焼が可能で、90℃の熱水を供給出来るバイオマスボイラ技術である。HOB のモンゴル国基準(MNS5043)により 0.10MW~3.15MW までの能力の暖房用ボイラと定義されており、本事業では、ジー・ピー・ワンのバイオマスボイラ TBB シリーズを改良して、モンゴル仕様の 0.35MW、0.7MW と 1.4MW を製造する。

MNS5043 のボイラの種類と技術要求事項の燃焼効率では、バイオマスボイラの規定はなく、褐炭は 75%である。導入するバイオマスボイラは燃焼効率 70%以上を保証し、連続式燃焼装置を備えて 24 時間連続運転ができる。

ボイラーライセンスは、エネルギー省に所属するエネルギー開発センター (Energy Development Center under Ministry of Energy) である。ボイラメーカーは、申請書類をエネルギー開発センターに提出し、技術審査を受けてボイラ設計図の承認を得た後にライセンスが発行される。ライセンスは、メーカーに発行されるので、ボイラ

1 台、1 台取得する必要はない。

給湯温度については、表 33 のように定められているため、90℃の熱水の供給を保証する。

表 33 給湯温度

Улаанбаатар хот. Гадна агаарын тооцоот температур -39°C. Температурын ерөнхий график 85/70. Халаалтын зуухны температурын горим.			Улаанбаатар хот. Гадна агаарын тооцоот температур -39°C. Температурын ерөнхий график 95/70. Халаалтын зуухны температурын горим.		
Гадна агаарын температур	Өгөх усны температур	Буцах усны температур	Гадна агаарын температур	Өгөх усны температур	Буцах усны температур
+8	34	31,4	+10	37	33
+7	35,4	32,5	+9	38	34
+6	36,7	33,5	+8	40	35
+5	37,9	34,5	+7	42	36
+4	39,2	35,5	+6	43	37
+3	40,4	36,4	+5	44	38
+2	41,6	37,4	+4	45	39
+1	42,8	38,3	+3	46	40
0	44	39,3	+2	47	41
-1	45,2	40,2	+1	48	41
-2	46,3	41	0	50	42
-3	47,5	42	-1	51	43
-4	48,7	43	-2	52	44
-5	49,8	43,7	-3	53	45
-6	50,8	44,6	-4	55	45
-7	52	45,4	-5	57	46
-8	53	46,1	-6	58	47
-9	54,2	47	-7	59	48
-10	55,4	48	-8	60	48
-11	56,4	49	-9	61	49
-12	57,5	49,6	-10	63	50
-13	58,6	50,4	-11	64	51
-14	59,7	51,3	-12	65	52
-15	60,8	52,1	-13	66	53
-16	61,8	52,8	-14	67	53
-17	62,9	53,7	-15	69	54
-18	63,9	54,4	-16	70	54
-19	65	55,3	-17	71	55
-20	66	56	-18	72	56
-21	67	56,7	-19	73	57
-22	68,1	57,6	-20	74	57
-23	69,1	58,3	-21	75	58
-24	70,1	59	-22	77	59
-25	71,1	60	-23	78	59
-26	72,2	60,6	-24	79	60
-27	73,2	61,3	-25	80	61
-28	74,2	62,1	-26	81	62
-29	75,2	62,8	-27	82	62
-30	76,2	63,6	-28	83	63
-31	77,2	64,3	-29	84	64
-32	78,2	65	-30	85	64
-33	79,1	65,7	-31	86	65
-34	80,1	66,4	-32	87	66
-35	81,1	67,1	-33	88	66
-36	82,1	67,9	-34	90	67
-37	83,1	68,6	-35	91	68
-38	84	69,3	-36	92	69
-39	85	70	-37	93	69
			-38	94	70
			-39	95	70

APES の Zandanpurev 所長によれば、HOB 設置において、特別な認可及び環境評価書は特に必要がないとのことである。しかしながら、今後 UB 市郊外に分散型の熱供給システムがますます普及するにつれて、簡易ながらも環境影響の評価を求められる可能性もあるため、UB 市の環境局ともコンタクトを密にし、情報を収集しておく。

(3) 日本の貢献

石炭代替として、廃棄されていたバイオマスエネルギーとして利用する。これにより、石炭の消費量が低減でき、石炭資源の保護に貢献するとともに、エネルギー消費にかかるコストを削減することができる。二酸化炭素の排出量も削減され、温暖化防止に貢献する。また、廃棄されていたバイオマスが引き起こしていた地下水汚染等の環境問題も改善する。

バイオマスを主たる燃料として利用することで大気汚染物質の発生が低減する。また、石炭灰の発生量も減る。これによって大気汚染物質の発生と石炭灰の飛散を防止して市民の健康的な生活の確保に貢献できる。

ボイラの国内生産により、モンゴル国内における製造業の産業育成に貢献する。特に、ボイラ的设计・生産技術は、将来的なモンゴルの国際競争力を培い、輸出産業を育てることにもなる。そして、産業が振興して、新たな雇用が生まれ、貧困問題の解決にも貢献する。

ガチョルト村水源が、家庭トイレのし尿により水質が汚染されているが、汲み取り式トイレを設置し、処理された汚泥を利用することで、ゲル地域へ安全な水が供給されて、逼迫する水需要の改善にも貢献する。

(4) 環境十全性の確保、ホスト国の持続可能な開発への貢献

1) 環境十全性の確保

UB市は、2007年に103万人だった人口が、2012年には115万人に達しており、モンゴル国の人口の約40%が集中している。一方、UB市の下水道普及率は34.5%であり、中央下水処理場の設計最大処理能力は230,000 m³/日であるが、施設の老朽化、オペレーション能力の問題等により稼働能力は177,500 m³/日にとどまっている。UB市では住宅12.6万戸のアパート建設を含む都市機能を備えた新市街地建設事業が進められており、今後、既存下水処理施設的能力を超えた量の下水が流入することが想定される。一方、ゲル地区では未だ基本的な衛生施設が不十分であり、伝染病の蔓延する要因とされている。現在、水道施設は井戸に頼っており、し尿の浸透による地下水汚染も深刻である。このような地下水汚染への対策として、コンクリート製汲み取り式便所の普及を進めているのが現状である¹⁰。

この様に、ゲル地域のトイレの浸透水による地下水汚染が深刻化している。家畜糞も投棄されているので、同様に浸透水により地下水を汚染している。

ゲル地域に汲み取り式トイレを設置し処理しても、汚泥を投棄すれば、別の場所で地下水を汚染することになる。

他方、し尿処理場の汚泥、下水処理場の汚泥、畜糞は、バイオマス燃料として利用可能である。従って、バイオマス燃料として利用することで、地下水汚染の問題を解決できる。

¹⁰ JICA モンゴル国ウランバートル市上下水セクター開発計画策定調査詳細計画策定調査報告書 2013年6月

そして、大気汚染問題への解決策として、燃焼効率の良いバイオマスボイラを導入することで、煤塵等の大気汚染物質の発生量が減り、石炭の消費量と石炭灰の発生量が減る。これによって大気汚染物質の発生と石炭灰の飛散を防止して市民の健康的な生活の確保に貢献できる。さらに、二酸化炭素の排出量も削減され、温暖化防止に貢献する。

2) ホスト国の持続可能な開発への貢献

モンゴル国において、古くから人々の生活を支えてきた畜産業は、モンゴル人のアイデンティティそのものであり、持続可能な発展の為に、遊牧システムの持続可能性が不可欠である。しかしながら、気候変動の影響により、ゾド（冬から春にかけての雪寒害）被害が増えており、直近では、2009 年末から 2010 年春先まで続いたゾドにより、家畜 1,031 万 990 頭が死亡し、2010 年の家畜数が 3,273 万頭にまで激減したと報告されている（モンゴル国家統計委員会の速報値）。ゾドや、砂漠化等による草原の喪失は、遊牧民の生活に多くの影響を与えている。

モンゴル国においては、遊牧民の貧困率が高く、モンゴル国家統計局（NSO）が実施した the Household Socio-Economic Survey 2007/08 によると、貧困ライン以下で暮らす人々の割合は、非遊牧民が 29.6%に対して遊牧民は 44.8%と多い。国家統計委員会の発表によると、2011 年時点の農牧業分野の平均月収は 20 万 3,100 トグログ（約 1 万 1,302 円）と全産業の中で最も低く、モンゴル国の平均月収の 50%程度の状況にある。ゾドの発生と土牧草地の減少・劣化（砂漠化）が、貧困に影響を与える要因の一つと考えられる。

遊牧民の一部は UB 市に移住してゲル地区を形成、上下水道設備、暖房の為に集中熱供給システムが無い劣悪な生活環境で生活しており、同じく貧困層が多い。

このため、遊牧民、ゲル住民の経済的な自立が課題となっている。

モンゴル国は、表 34、表 35 に示すように豊富な石炭を有することから、石炭に依存したエネルギー需給体制となっている。

表 34 エネルギー供給

単位：1,000 TOE

Energy sources	1995	2000	2005	2010
Coal	1,695	1,798	1,895	2,324
Oil	345	472	584	879
Hydro	0	0.25	0.28	4.73
Traditional Fuels	277	293	321	337
Total	2,317	2,564	2,800	3,545

出展：エネルギー省

表 35 エネルギー消費

単位：1,000 TOE

	1995	2000	2005	2010
Industry	502	464	721	623
Transport	220	254	248	686
Residential	516	585	548	812
Commercial /Public/ Others	333	467	456	490
Total	1,571	1,770	1,973	2,611

出展：エネルギー省

モンゴル国では、製造業をはじめとする第二次産業の発展の遅れが目立っており、GDP に占める割合は、2011 年は 9.2% といまだ 1 桁台であり、製造業の振興による産業の多様化が課題となっている。産業振興により雇用を生み出し、所得を増やすことも課題であり、モンゴル政府も中小企業の振興に力を入れている。

本事業では、廃棄されている家畜糞、下水汚泥、農業廃棄物等を燃料として利用するバイオマスボイラによる分散型熱供給システムの普及を目指す。石炭代替として、バイオマスを利用することで、石炭資源の保護と大気汚染問題の改善、地球温暖化の緩和に貢献する。

さらに、現地企業とバイオマスボイラ製造工場を立ち上げ、日本からは技術・ノウハウを供与して製造する。ボイラの国内生産により、モンゴル国内における製造業の産業育成に貢献する。特に、ボイラの設計・生産技術は、将来的なモンゴルの国際競争力を培い、輸出産業を育てることになる。そして、産業が振興して、新たな雇用が生まれ、貧困問題の解決にも貢献する。

4. JCM 方法論の予備調査結果

(1) 方法論に必要なデータ収集等の予備調査結果

1) JCM 方法論の概要

本事業では、家畜糞・下水処理汚泥などの利用されていない有機性廃棄物を燃焼させ、その熱エネルギーを回収し、暖房用の温水を発生させることで、プロジェクトが実施されない場合に利用される化石燃料(褐炭)を使用する熱供給ボイラ(HOB)からの GHG 排出量を削減する。

図 11 と図 12 にそれぞれ事業が実施されない場合と事業実施後の GHG 排出状況を示す。即ち、事業が実施されない場合には、学校や病院などに暖房用の温水を供給する HOB は石炭(褐炭)を燃料として使用し、また送風ファンや送水ポンプの駆動にはグリッドから供給される電力を使用する。更に、事業が実施される場合に使用する家畜糞や下水汚泥は、利用されることなく投棄場所に投棄されている。事業が実施される場合には、HOB の燃料としてこれまで投棄されていた家畜糞や下水汚泥を乾燥させたものを石炭代替として燃料として利用する(熱量が不足する場合には少量の石炭を混焼する)。HOB や乾燥施設で使用する電力はグリッドから供給される。

本事業に適用する方法論は、CDM 承認方法論 AM0036 “Fuel switch from fossil fuels to biomass residues in heat generation equipment (version 04.0.0)” 並びに JCM 承認方法論 MN_AM002 “Replacement and Installation of High Efficiency Heat Only Boiler (HOB) for Hot Water Supply Systems (version 01.0)”を参考としつつ、モンゴル国における通常の熱供給施設稼働の範囲内で運用可能な方法論とするために簡素化を図る一方で、保守性の確保、国際社会において明確な説明が可能な透明性の確保にも留意する。本方法論の概要は表 36 に示すとおりである。

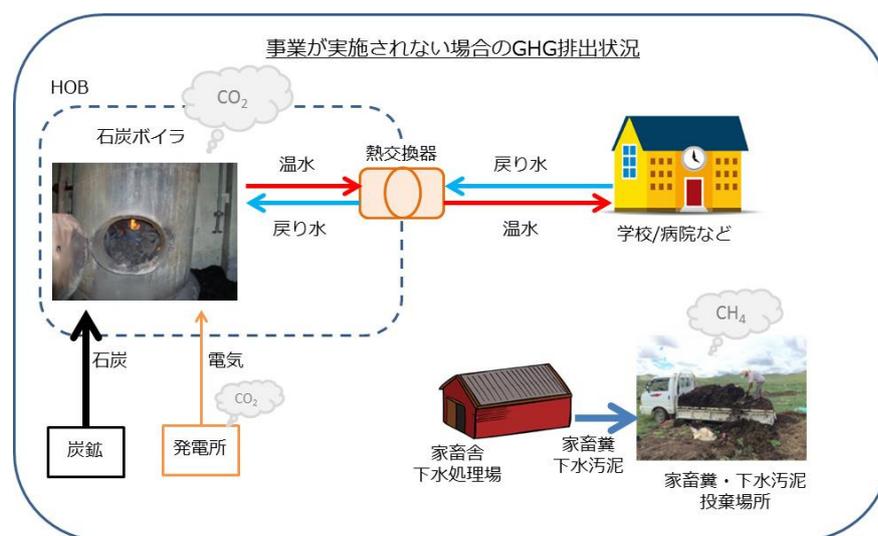


図 11 事業実施前の GHG 排出状況

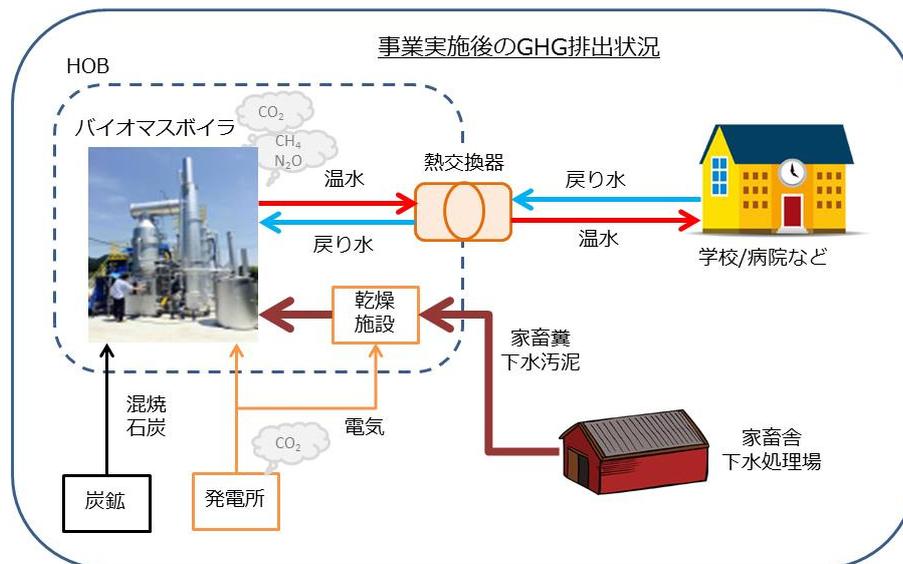


図 12 事業実施後の GHG 排出状況

表 36 方法論の概要

項目	概要
GHG 排出削減方法	家畜糞・下水処理汚泥などの有機性廃棄物の燃焼から熱エネルギーを回収することで暖房用の温水を発生させ、温水発生に使用される化石燃料を代替する。
リファレンス排出量の算定	リファレンス排出量は、プロジェクトにより代替された熱量に基づいて計算する。
プロジェクト排出量の算定	プロジェクト排出量は、混焼に用いた石炭の燃焼、集塵装置、給水ポンプ、空気供給ファン、排ガス誘引ファンなどのバイオマスボイラの付帯装置の電力消費、及び高温好気性発酵に要する電力消費、バイオマス燃料の燃焼による CH ₄ と N ₂ O の排出に基づいて計算する。
モニタリングパラメータ	プロジェクトで供給する温水の熱量、混焼に使用する石炭の消費量、及びボイラ付帯設備・高温好気性発酵での電力消費量をモニタリングする。

2) 用語の定義

方法論に関連する用語を表 37 のように定義する。

表 37 用語の定義

用語	定義
熱供給ボイラ (HOB)	暖房用に温水のみを供給するボイラ
助燃剤	炉内を所定温度に保つために補助的に燃焼させる燃料（灯油、軽油、重油など）
バイオマス	燃料として使用する家畜糞及び下水処理汚泥

混焼	バイオマス燃料の熱量アップあるいはバイオマス燃料の不足時に対応することを目的として石炭をバイオマスに添加するあるいは石炭のみを燃焼させること
----	--

3) 適格性要件

現地調査ならびに国内での文献調査等に基づき、方法論が適用可能となる適格性要件を表 38 に示す要件 1～要件 5 とした。要件 1 はプロジェクトの定義であり、要件 2 はリファレンスの定義である。要件 1 で規定している熱供給容量は、モンゴル国の基準（MNS: Mongolian National Standard¹¹）に HOB として定められている範囲であり、小型のストーブや大型の蒸気ボイラなどは除外することを示している。要件 1 と要件 2 を満たすことで、温水を発生させる化石燃料の燃焼による二酸化炭素排出が確実に削減されることを保証する。要件 3 はプロジェクトで導入する技術のリファレンスに対する排他性を示している。要件 4 は技術の排他性を示すとともに、暖房用に供給する熱量を確実にモニタリングすることを保証する。要件 5 はプロジェクトがない場合にバイオマスがエネルギー利用されるケースを除外し、リーケージの発生を排除するための要件である。

表 38 適格性要件

	適格性要件	設定根拠
要件 1	プロジェクトは、ブローと切り返して高温好気性発酵により乾燥させたバイオマスを燃料として、新規に導入する熱供給容量 0.10MW～3.15MW のバイオマスボイラにより温水を発生させる	プロジェクトの定義
要件 2	発生させる熱はプロジェクトが存在しない場合、石炭（褐炭）を使用するボイラにより供給される	リファレンスの設定
要件 3	バイオマスボイラは 70%以上の熱効率を有し、炉床が可動式で燃焼を停止することなく灰やクリンカーの排出処理が可能である	導入技術の排他性
要件 4	バイオマスボイラには、温水供給と戻り給水の温度、及び温水供給または戻り給水の流量を計測する機器が装備されている。	導入技術の排他性とモニタリング実施の確実性
要件 5	使用するバイオマスは、プロジェクトがない場合エネルギー利用されない	リーケージの排除

¹¹ MNS5043-2001 ; Heating boiler of heating capacity from 0.1 to 3.15 MW general specification

4) 対象 GHG 及びその排出源

方法論が算定対象とするリファレンス及びプロジェクトにおける排出源と GHG の種類について、表 39 に示す。

表 39 リファレンス及びプロジェクト排出源

	排出源	GHG	算定対象	説明
リファレンス	ボイラでの石炭燃焼	CO ₂	Yes	主要排出源。
		CH ₄ , N ₂ O	No	極微量*であり簡素化のため除外 除外することで保守性を担保
	ボイラでの電力消費	CO ₂	No	ファン等の限られた機器のみで消費除外することで保守性を担保
	バイオマスの投棄による腐敗	CO ₂	No	余剰バイオマスからの CO ₂ 排出は炭素プールの変化を引き起こさない
		CH ₄ , N ₂ O	No	投棄場所条件特定が困難であり除外 除外することで保守性を担保
プロジェクト	ボイラでの石炭燃焼（混焼）	CO ₂	Yes	主要排出源（混焼する場合）
		CH ₄ , N ₂ O	No	極微量*であり簡素化のため除外
	ボイラでの化石燃料燃焼（助燃剤）	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	No	スタートアップ時のみ少量使用 簡素化のため除外
	ボイラ付帯設備・高温好気性発酵での電力消費	CO ₂	Yes	主要排出源
	ボイラでのバイオマス燃焼	CO ₂	No	余剰バイオマスからの CO ₂ 排出は炭素プールの変化を引き起こさない
		CH ₄ , N ₂ O	Yes	主要排出源
	バイオマスの輸送	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	No	近距離輸送に限られ簡素化のため除外
	バイオマスの貯蔵	CO ₂	No	余剰バイオマスからの CO ₂ 排出は炭素プールの変化を引き起こさない
		CH ₄ , N ₂ O	No	1年以上貯蔵されること

				はなく発生量は極微量であり簡素化のため除外
--	--	--	--	-----------------------

*2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 2, Chap. 2.

5) 排出削減量の算定方法

a. リファレンス排出量の算定方法

リファレンス排出量は 4-1 式に示すように、プロジェクトにより供給された熱水の熱量に基づいて計算する。即ち、HOB から供給された温水の熱量をリファレンスの石炭ボイラの熱効率で割り戻してバイオマスで代替された熱量を求め、その値にリファレンスで使用する石炭の排出係数を掛けて算定する。

$$RE_y = (TP_{pj,y} / \eta_{ref}) \times EF_{coal} \quad (4-1)$$

RE_y	y 年のリファレンス排出量 (tCO ₂ /y)
$TP_{pj,y}$	y 年のプロジェクトにより供給された熱水の熱量 (GJ/y)
η_{ref}	リファレンスにおけるボイラの熱効率 (ratio)
EF_{coal}	石炭の CO ₂ 排出係数 (tCO ₂ /GJ)

b. プロジェクト排出量の算定方法

プロジェクト排出量の算定式を 4-2 式に示す。プロジェクト排出量は、混焼に使用した石炭の燃焼による排出量、プロジェクトの HOB 及びバイオマス燃料製造施設での電気使用による排出量、並びにバイオマス燃料の燃焼による CH₄ と N₂O の排出量にそれぞれのガスの地球温暖化係数を掛けて求める排出量を足し合わせて算定する。

$$PE_y = NCV_{coal,y} \times FC_{coal,y} \times EF_{coal} + EC_{p,y} \times EF_{grid} + (EF_{CH_4,bio} \times GWP_{CH_4} + EF_{N_2O,bio} \times GWP_{N_2O}) \times (TP_{pj,y} / \eta_{pj} - NCV_{coal} \times FC_{coal,y}) \quad (4-2)$$

PE_y	y 年のプロジェクト排出量 (tCO ₂ /y)
$TP_{pj,y}$	y 年のプロジェクトにより供給された熱水の熱量 (GJ/y)
η_{pj}	プロジェクトにおけるバイオマスボイラの熱効率 (ratio)
NCV_{coal}	石炭 (褐炭/亜瀝青炭) の純発熱量 (GJ/t of dry matter)
$FC_{coal,y}$	y 年のプロジェクトにおける混焼石炭消費量 (t/y of dry matter)
EF_{coal}	石炭の CO ₂ 排出係数 (tCO ₂ /GJ)

$EC_{p,y}$	y 年のプロジェクトにおける電力消費量 (MWh/y)
EF_{grid}	電力の CO ₂ 排出量 (tCO ₂ /MWh)
$EF_{CH_4,bio}$	バイオマス燃料の燃焼による CH ₄ 排出係数 (tCH ₄ /GJ)
$EF_{N_2O,bio}$	バイオマス燃料の燃焼による N ₂ O 排出係数 (tN ₂ O/GJ)
GWP_{CH_4}	CH ₄ 地球温暖化係数 (ratio)
GWP_{N_2O}	N ₂ O 地球温暖化係数 (ratio)

c. 排出削減量の算定方法

排出削減量は 4-3 式に示すように、リファレンス排出量とプロジェクト排出量の差から算定する。尚、本方法論ではリーケージ排出量は想定していない。

$$ER_y = RE_y - PE_y \quad (4-3)$$

ER_y	y 年の排出削減量 (tCO ₂ /y)
RE_y	y 年のリファレンス排出量 (tCO ₂ /y)
PE_y	y 年のプロジェクト排出量 (tCO ₂ /y)

6) 算定のための情報・データ

a. モニタリング項目と方法

CDM 方法論等の厳格な方法論に比べて簡素化を図ることで事業者のモニタリングへの負担を極力低減することを考慮しつつ、一方では、保守性の確保、国際社会における信頼性の確保にも留意して方法論を検討し、モニタリングパラメータを決定した。その結果、事業開始後にモニタリングが必要なパラメータは、以下の 3 項目である。

- No.1 : 供給熱量 (GJ/y)
- No.2 : 混焼石炭消費量 (t/y)
- No.3 : 電力消費量 (MWh/y)

表 39 にこれらのモニタリングパラメータに関するモニタリング方法と手順、頻度等を示す。また、図 13 にこれらのモニタリング箇所とモニタリング方法の概念図を示す(図中のモニタリング記号の番号は、上記モニタリング番号 No.1~No.3 に対応している)。

供給熱量はボイラから温水を供給する配管に温度計と流量計を、戻り水の配管に温度計を取り付けて、供給する温水の温度とボイラに戻る水の温度の差と、供給する温水の流量から求める。計測器のデータは熱量を自動演算する熱量計(a)またはデータ記録装置(b)に取り込むが、熱量計を使用する場合には、モニタリングは熱量計の指示値のみとなる。いずれのケースでもデータの記録は自動的に行われ、定期的に担当者が記録されたデータを採取して整理する。熱量計あるいは温度計や流量計

はモンゴル国の規格（MNS）に準拠する検定に合格した計器を用いる。

バイオマスのみでは燃焼性が悪い、あるいは熱量が不足する場合には石炭を混焼させる。石炭の使用量は、燃料供給用のホッパーに石炭を投入する度に秤を用いて計量し、作業担当者が日報に記録する。使用する秤は MNS に準拠する計器を用いる。週 1 回、担当者が日報に記録されたデータを事前に用意したシートに記入し整理する。

3つ目のモニタリング項目である HOB 施設内及び燃料の乾燥施設内で使用する電力は、MNS に準拠する積算電力計の指示値を作業シフト毎に担当者が読み取り、作業日誌に記録する。週 1 回、担当者が日報に記録されたデータを事前に用意したシートに記入し整理する。

上記 No.1～No.3 のモニタリングに関しては、通常のモニタリングに加えてデータの信頼性を向上させるためのデータ検証（バックアップモニタリング）も実施する。No.1 に関しては作業シフト毎に各計測器の指示値を目視で読み取り、結果を日報に記入し、定期的にデータを整理してモニタリング結果と照合する。No.2 については石炭の購入証憑を整理して年間の石炭使用量を求める。また No.3 についても電気使用量の請求証憑を基に年間の電力消費量を求める。

表 40 モニタリング項目と方法

No.	項目		モニタリング方法と手順	モニタリング頻度
1	TP _{pj,y}	供給熱量 (GJ/y)	a) 温度（供給温水温度及び戻り水温度）と流量の計測から熱量を自動演算する熱量計、または b) 温度計（供給温水温度及び戻り水温度）と流量計を用いる。いずれもデータはデータロガー等の記録計に自動的に記録する。b) の場合、供給熱量は計測結果から計算で求める。 熱量計あるいは温度計や流量計はモンゴル国の規格（MNS）に準拠する検定に合格した計器を用いる。 記録されたデータは週 1 回担当者が回収し、事前に用意したシートに記録する。	a)、b) いずれの場合も連続計測（10 分間隔でデータ記録） 週 1 回データ回収・整理
2	FC _{coal,y}	混焼石炭消費量 (t/y)	MNS に準拠する秤により熱料ホッパーに投入する石炭の量を計量し、結果を作業日報に記録する。 週 1 回、担当者が記録されたデータを事前に用意したシートに記入する。	投入毎 週 1 回データ整理
3	EC _{p,y}	電力消費量 (MWh/y)	MNS に準拠する積算電力計の指示値読み取り、作業日誌に記録する。 週 1 回、担当者が記録されたデータを事前に用意したシートに記入する。	作業シフト毎 週 1 回データ整理

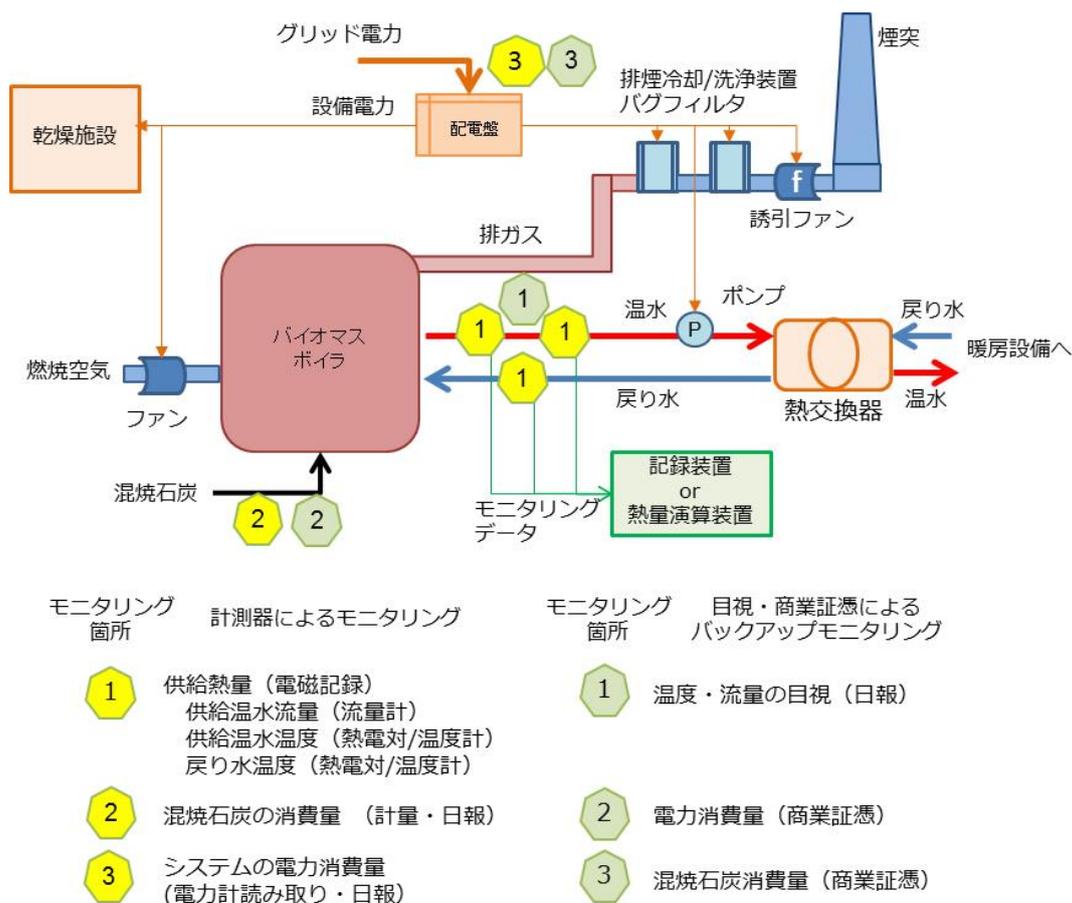


図 13 モニタリング箇所とモニタリング方法概念図

b. 事前設定パラメータ

表 41 に排出削減量算定に必要なデフォルト値と事業毎に事前設定するパラメータの一覧を示す。同表では、必要な各パラメータについて、その設定方法（デフォルト値あるいは事業毎に事前設定する値）、説明及び条件も併せて記載している。

表 41 排出削減量の算定に必要な事前設定パラメータ一覧（デフォルト値含む）

パラメータ（記号）	設定	値（単位）	説明・条件
石炭純発熱量 (FC _{coal,y})	デフォルト値	11.9 (GJ/t)	IPCC の純発熱量デフォルト値（褐炭） ¹² を適用。
石炭 CO ₂ 排出係数 (EF _{coal})	デフォルト値	0.1010 (tCO ₂ /GJ)	IPCC の CO ₂ 排出係数デフォルト値（褐炭） ¹³ を適用。
リファレンスボイラ熱効率	デフォルト値	0.75	MNS5043-2001 に規定された標準値 ¹⁴ を適用。

¹² IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 1, Table 1.2, 2006

¹³ IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 1, Table 1.4, 2006

¹⁴ MNS5043-2001 ; Heating boiler of heating capacity from 0.1 to 3.15 MW general specification

(η_{ref})			
プロジェクト ボイラ熱効率 (η_{pj})	事前設定 値	0.7	プロジェクトで導入するボイラの熱効率（メーカーカタログ値）を適用。
電力 CO ₂ 排出係数 (EF_{grid})	デフォルト 値	1.1490 (tCO ₂ /MWh)	設定時点での当該国の最新公表値（コンバインド・マージン, CM）を適用。左記の値は、IGES, List of Grid Emission Factor, 2015 ¹⁵ より引用した 2009-2010 年の中央電力システムの CM。
バイオマス燃焼 CH ₄ 排出係数 ($EF_{CH_4,bio}$)	デフォルト 値	0.00003 (tCH ₄ /GJ)	IPCC の CH ₄ 排出係数デフォルト値 ¹⁶ を適用。
バイオマス燃焼 N ₂ O 排出係数 ($EF_{N_2O,bio}$)	デフォルト 値	0.000004 (tN ₂ O/GJ)	IPCC の N ₂ O 排出係数デフォルト値 ¹⁷ を適用。
CH ₄ 地球温暖化係数 (GWP_{CH_4})	デフォルト 値	25	IPCC 4 th Assessment Report 2007, Table 2-14 の算定値を適用 ¹⁸ 。
N ₂ O 地球温暖化係数 (GWP_{N_2O})	デフォルト 値	298	同上

モンゴル国の HOB では様々な炭鉱で産出する褐炭が主に使用されている。特にウランバートル周辺では、距離的に近いバガヌール（Baganuur）炭鉱とナライハ（Naraih）地域の小規模炭鉱の褐炭を使用していることが多い。各 HOB では購入した石炭の発熱量や水分などを把握するために定期的に工業分析を実施している例はほとんどない。一部で工業分析を年に 1 回、ボイラ運転開始に合わせて実施している HOB もあるが、いずれも購入する石炭の品質確認のために行っているもので、発熱量は純発熱量（低位発熱量）ではなく、総発熱量（高位発熱量）として求めている。表 42 に MNS に規定されているバガヌール炭鉱の B2 褐炭に関する要求仕様¹⁹を示す。これによると、発熱量は 14MJ/kg である（到着ベース）。一般にボイラ燃料として使用する場合には、燃料の発熱量は低位発熱量を用いる。このケースの場合、水分と元素分析データの酸素と水素の割合が示されていれば、低位発熱量を高位発熱量から計算で求めることは可能であるが、同規格には元素分析結果は示されているが酸素の割合が明示されていないために換算することは難しい。また、プロジェクトにおいて定期的に受け入れ石炭の工業分析・元素分析を実施することは事業者にとって経済的にも負担が大きくなることが予想される。従って、本方法論では、石炭の純発熱量として IPCC の褐炭に関するデフォルト値である 11.9 (GJ/t) を適用する。リファレンスあるいはプロジェクトの混焼に使用する石炭の品質がこの値から大きく異なる（例えば亜瀝青炭を使用する）場合には、別の値を適用する必

¹⁵ IGES: List of Grid Emission Factor, <http://pub.iges.or.jp/modules/envirolib/view.php?docid=2136>

¹⁶ IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 1, Table 2.2, 2006

¹⁷ IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 1, Table 2.2, 2006

¹⁸ UNFCCC; Revision of the UNFCCC reporting guidelines on annual inventories for Parties included in Annex I to the Convention, 2011

¹⁹ MNS 3818-2001: Technical requirements, Baganuur's coal.

要がある。同様に、石炭の排出係数についても個別の石炭について炭素成分の割合から排出係数を求めるのではなく、IPCC の褐炭に関する排出係数のデフォルト値である 0.1010 (tCO₂/GJ) を適用することとした。

表 42 バガヌール炭（B2 褐炭）の要求仕様

Coal Classification	Ash (Ar), %	Moisture (Wr), %	Sulphur (Sdt), %	Volatile Matter (V), %	Calorific value, Qrt	
					Kcal/Kg	MJ/Kg
Brown coal B2	≤17.5	≤37.5	≤0.38	44.8	3360	14

リファレンスのボイラ効率は、プロジェクトが実施されない場合に導入される可能性のあるボイラの熱効率であり、基本的には現状モンゴル国内の HOB で使用されているボイラの平均熱効率を参考に決定することも可能である。既にモンゴル国における JCM として承認されている “Installation of high-efficiency Heat Only Boilers in 118th School of Ulaanbaatar City Project, Ref No. MN001” の実現可能性調査²⁰では、相当数の HOB ボイラの熱効率に関する調査（文献調査を含む）が行われ、その結果、リファレンス HOB のボイラ熱効率を 0.51、プロジェクトで導入する高効率ボイラのボイラ熱効率を 0.62 としている。モンゴル国の HOB では、国産、輸入品を含め様々なタイプの石炭ボイラが使用されており、一概にリファレンスとしてのボイラを決定することは難しい。上記の JCM 実現可能性調査で得られた高効率ボイラのボイラ熱効率 0.62 をリファレンスとすることも考えられるが、本方法論では更に保守性を確保するために、MNS で HOB 用の石炭ボイラとして規定されている技術仕様を参照してリファレンスのボイラ熱効率を決定することとした。即ち、MNS では 0.1～3.5MW の褐炭を使用するボイラについてはボイラ熱効率を 0.75 と定めている。現時点ではこの値は規制値にはなっていないが、将来的に MSN の基準値が規制値になることも考慮して、リファレンスのボイラ熱効率のデフォルト値として 0.75 を適用する。

プロジェクトで使用するバイオマスボイラの熱効率は、事前に決定するパラメータであるが、メーカー仕様書に記載されている値を適用する。今回の排出削減量の試算では 0.7 としている。

電力の CO₂ 排出係数は当該国の最新公表値（CM：コンバインドマージン）を適用することとしている。モンゴル国については 2009 年のオペレーティングマージン（OM）とビルドマージン（BM）が公表されており、CM はそれらの値の平均値として求めた（表 43 参照）。

²⁰ (株) 数理計画：2013 年度 JCM 実現可能性調査報告書・高効率型熱供給ボイラの導入による熱供給システムの集約化

表 43 モンゴル国のグリッド排出係数 (2009 年)

グリッド排出係数	値
OM : オペレーティングマージン	1.1282
BM : ビルドマージン	1.1697
CM : コンバインドマージン	1.1490

バイオマスの燃焼により排出される CH₄ と N₂O も算定対象としている。その排出係数はプロジェクト実施中に実測することはモンゴル国の技術レベルを考慮すると事業者への負担が大きいことや、燃焼条件等により大幅な変動が予想されることから、IPCC のデフォルト値を採用することとした。また、CH₄ と N₂O の排出量を CO₂ 排出量に換算する地球温暖化係数は IPCC 4th Assessment Report 2007 の値をデフォルト値として用いる。

(2) MRV 実施体制

モニタリングの信頼性を確保するためのモニタリング体制あるいは QA/QC 手法の構築は、JCM の MRV において不可欠な要素である。しかしながら、HOB を運営する事業者によって操業形態や操業管理形態、あるいは使用する計測機器が異なる可能性もあり、一義的にモニタリング体制や QA/QC 手法を定義することは難しい。従って、本調査ではモニタリング体制の一例を示すこととし、それぞれの担当の役割等を明確にする。実際の JCM プロジェクトが実施される際には、MRV ガイドラインの要求を満たすように、操業体制に応じたモニタリング体制を構築する必要がある。

図 14 に MRV 実施体制の例を示す。通常のモニタリングは、HOB の指名された作業担当者が各作業方に 1 回行う。ボイラからの供給温水及び戻り水の温度と流量、あるいはボイラからの供給熱量に関しては自動的に計測・記録されるシステムを構築するが、バックアップデータとして担当作業員が作業方毎にそれぞれの計測機器の表示値を目視で読み取り、日報に記録する。この他、混焼用の石炭使用量については、燃料ホッパーに石炭を投入する毎に計量して日報に記録する。HOB と燃料乾燥施設の消費電力に関しては作業方毎に電力計の表示値を目視で読み取り、日報に記録する (HOB と燃料乾燥施設が離れている場合には、別々の担当者を選任してモニタリングを実施する)。

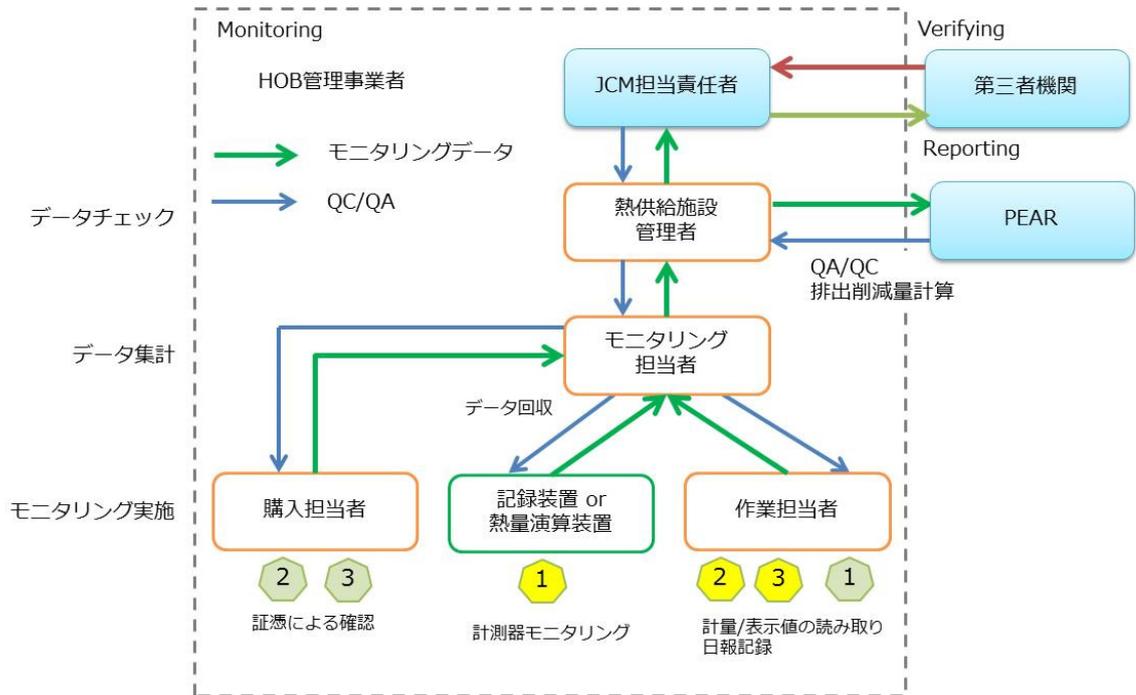


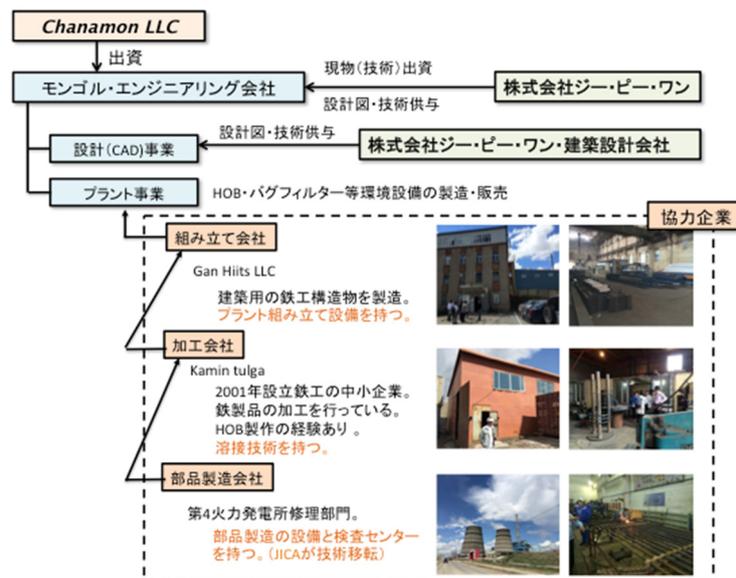
図 14 MRV 実施体制

作業担当者によるモニタリングとは別に、石炭や電力の購入担当者により定期的に納品書や請求書などの証憑により使用量を確認することで、二重チェックの体制を構築する。日常的に集められたモニタリングデータは、モニタリング担当者が週1回収集し、事前に用意したシートに記録して整理し、HOB 管理者に提出する。管理部署ではデータチェックを行うとともに月毎、年毎の集計データとして整理する。これらの集計データは HOB 管理者がチェックした後、最終モニタリング結果として事業者の JCM 担当責任者に提出する。

PEAR は、計測方法、計測機器の日常的な保守管理、及びモニタリング記録の保存方法などを反映したモニタリング計画を作成するとともに、信頼性のあるモニタリングが実施されるように、プロジェクトが実施される以前に全ての関係者に対して計測方法、計測機器の保守・管理、データの記録・整理・管理等に関してのキャパシティ・ビルディングを実施する。また、プロジェクト開始後も定期的にモニタリングデータの提供を受け、モニタリングに関する適切な助言を行うとともに、排出削減量の計算を含めて MRV の実施を支援する。

5. 今後の予定

本事業では、JCM 制度の活用により UB 市において、分散型熱供給システムに家畜糞、下水汚泥のバイオマス廃棄物を燃料とするジー・ピー・ワン製のバイオマスボイラの導入を行う。ジー・ピー・ワンは、モンゴル国企業とエンジニアリング会社を設立し、モンゴル国の協力企業でバイオマスボイラの部品の製造、加工、組み立てを行って製造、販売を行う。



設立準備中のモンゴル・エンジニアリング会社

ジー・ピー・ワンは、現地資本 Chanamon LLC と提携してエンジニアリング会社を設立して、燃烧装置及び環境機器の技術の移転を行う計画である。エンジニアリング会社設立の合意はできており、ジー・ピー・ワン、Chanamon LLC、PEAR の三社で MOU を締結している。

エンジニアリング会社が、低製造コスト、低メンテナンスコストのバイオマスボイラの製造販売とメンテナンスを行う。これにより、0.35MW タイプのバイオマスボイラの販売価格を 1,500 万円 (27,000 千 MNT 1MNT=0.05565 円で試算) までコストダウンを目指す。

協力会社として、第 4 火力発電所の修理部門が部品を製造している鉄工所である Kamin tulga が焼却炉・ボイラの加工を行い、建築用鉄鋼構造物を製造している Gan Hiits LLC がバイオマスボイラの組み立てを行う。

エネルギー省も、ボイラ出力 0.35~1.4MW のバイオマスボイラをモンゴルで製造することは、モンゴル国のニーズに合っていることから協力を約束しており、引き続き、現地企業との提携への取り組みを続けていく。

フェーズ 1 のガチョルト村の家庭のし尿の処理事業は、UB 市が 2016 年度 10 億 MNT (5,565 万円) の予算を計上しており、次年度以降も計上する計画である。Mr. Bat-Erdene UB 市副市長から、し尿処理場の汚泥を燃料にして、熱供給に利用するこ

とを検討してもらいたいとの要請を受けた。JCM 設備助成で実施するにあたり、市として予算をつける用意があるとの話があった。従って、UB 市の予算化に向けて UB 市に働きかけを続けていく。そして、2017 年の UB 市の予算に計上されたことを確認の上、2017 年に環境省 JCM 設備補助事業に応募する予定である。

フェーズ 2 のし尿処理場の汚泥のケースは、すでに世界銀行が、「Improving Sanitation in the Ger Areas of Ulaanbaatar April 2015」と題したゲル地区の公衆衛生のレポート作成を支援し、2015 年 6 月 18 日に、世界銀行と UB 市長による円卓会議が行われ、投資に関して議論が行われた。UB 市は、世界銀行からの資金の調達に向けて作業を進めている。ガチョルト村の事業をモデルにして、同様のし尿処理場の汚泥を利用するバイオマスボイラ熱供給システムを、世銀の融資と JCM 設備補助事業を活用することでゲル地域に普及していきたいと考えており、継続して UB 市に働きかけを続けていく。そして、世界銀行からの融資が決まり次第、環境省 JCM 設備補助事業に応募する予定である。

フェーズ 2 の家畜糞のケースは、家畜糞を燃料として利用することで、酪農家・畜産農家の収入の増加を図り、投棄した家畜糞による地下水汚染や衛生問題を改善する事業である。さらには、石炭代替として、カーボンフリーのバイオマスを利用することで、二酸化炭素削減が出来て、低炭素型の村づくりを行うことができる。

そこで、気候変動防止技術を発展途上国及び新興国へ移転促進を図る民間資金調達支援ネットワークである CTI PFAN と JCM 設備補助事業の活用を図りたいと考えており、今後エネルギー省、UB 市政府へ働きかけを行っていく。