

平成 18 年度 CDM／JI 事業調査

「中国・山西省炭鉱メタンを利用した
コージェネレーションシステムの CDM 可能性調査」
報告書概要版

平成 19 年 3 月

日本エヌ・ユー・エス株式会社

1. プロジェクト概要

提案しているプロジェクトは、山西省柳林県の沙曲村にある沙曲炭鉱において、安全な炭鉱の操業のために炭鉱内から大気中へ排気している炭鉱ガス (coal mine methane: CMM) を捕獲して、発電機の燃料として利用し、発電した電力は地域の電力系統へ送電するというものである。さらに、発電機から発生する熱を利用する余熱利用ボイラーを設置し、これまで利用されてきた炭鉱の生活区への熱供給用の石炭ボイラーの代わりに、それらのボイラーが熱供給を行い、既存の石炭ボイラーは廃止する。また、余剰ガスなどを燃焼するための開放型燃焼装置も設置し、できる限り多くの炭鉱ガスを燃焼できるようにする。

沙曲地域は総面積 135 平方キロメートル、全炭田の埋蔵量は 22 億 5228 万トンという、豊富な石炭を有する地域である。その地域にある沙曲炭鉱の現在の生産能力は年間 300 万トンである。同炭鉱保有企業の華晋焦煤有限責任会社の事業発展計画によれば、沙曲炭鉱の生産能力は、最終的に年間 800 万トンまで増大する。沙曲炭鉱はガスの多い炭鉱であり、炭鉱の安全な生産を保証するために 2004 年にガス抜きシステムが設置された。このガス抜きシステムは、採掘を進める前に安全のために CMM を抽出する作業と炭坑内の濃度基準を維持するためのメタン抽出 (VAM) を同時に行い、集めたガスを大気中へ放出するシステムとなっている。沙曲炭鉱の現在のガス放出量は、メタンガス量として年間約 5,000 万立方メートルあるが、石炭生産量の増加にしたがって、ガス放出量も増大し、2010 年には 6,500 万立方メートルに達し、最終的には 7,500 万立方メートルに達すると予想されている。この炭鉱ガスは、現在、全く利用されることがなく、大気中へ放出されている。本プロジェクトは、この大気中へ放出されているガスを発電と熱供給のために有効利用するものである。

本プロジェクトにおいて、発電機の燃料として利用するのは、現在安全のために炭鉱から抽出し、大気中へ放出している炭鉱ガス (CMM) と炭坑内の循環空気中のメタン (VAM: Ventilation Air Methane) であり、炭層ガス (CBM: Coal Bed Methane) は使用しない。設置する発電機的全設備容量は 14,000kW であり、700kW の発電機 20 基から構成される。発電機からの余熱を利用するボイラーは、燃料を使用しないため、温室効果ガスは全く排出しない。余熱利用ボイラーは 4 台設置し、通常は 3 台のボイラーを運転し、1 台は予備とする。こ

のボイラーシステムの最大熱供給量は 33.12GJ/hour ある。現在、炭鉱の生活区への熱供給は、石炭ボイラーを用いて行われているが、生活区で必要とされる熱量は最大で 22.925 GJ/h であり、この余熱利用ボイラーは生活区で必要とされる熱を十分に供給することができる。開放型余剰ガス燃焼装置は、発電機で燃焼できない分を燃焼するために設置している。中国の炭鉱安全規則では、発電や熱生成に利用する場合、炭鉱ガスのメタン濃度が 30%以上なければならない。また、単に燃焼する場合でも 25%以上のメタン濃度が必要であることから、開放型余剰ガス燃焼装置では、メタン濃度 30%以上の発電機で燃やせなかった炭鉱ガスと濃度 25%から 30%の炭鉱ガスが燃焼される。メタン濃度 25%以下の炭鉱ガスは、中国の炭鉱安全規則に従って、これまでと同様に大気中へ放出する。

2. プロジェクト実施場所

プロジェクト実施場所である沙曲炭鉱は、山西省呂梁市柳林県に位置する。柳林県は、山西省の省都である太原から西南西の方向に 190km のところにある。柳林県の正確な位置は、東経 111 度 39 分 45 秒から 112 度 05 分 33 秒、北緯 37 度 08 分 53 秒から 37 度 37 分 28 秒となる。図 1 に中国全土に対する柳林県の位置を示す。



図1 中国における柳林県の位置

3. プロジェクト・バウンダリ

本プロジェクトは炭鉱メタンを利用するプロジェクトであり、炭鉱メタン利用に関する承認済み方法論 ACM0008 “Consolidated methodology for coal bed methane and coal mine methane capture and use for power (electrical or motive) and heat and/or destruction by flaring” Version 3 を使用する。また、地域の系統電力の代替部分に対しては、承認済み方法論 ACM0002 “Consolidated methodology for grid-connected electricity generation from renewable sources” Version 6 for the power generation connected to the grid. を用い、追加性の証明については、ACM0008 の指定する”Tool for the demonstration and assessment of additionality” の最新版 (Version 2) を使

用し、開放型燃焼装置での炭鉱ガスの燃焼に対しては、ACM0008 の指定する”Tool to determine project emissions from flaring gases containing methane”を用いる。

本プロジェクトが関係するセクトラル・スコープ (sectoral scope) は、Category 8 “Mining and mineral production” 及び“ Category 10 “Fugitive emissions from fuels”である。

ACM0008 の定義に従ったプロジェクト・バウンダリの簡略図を図 2 に示す。

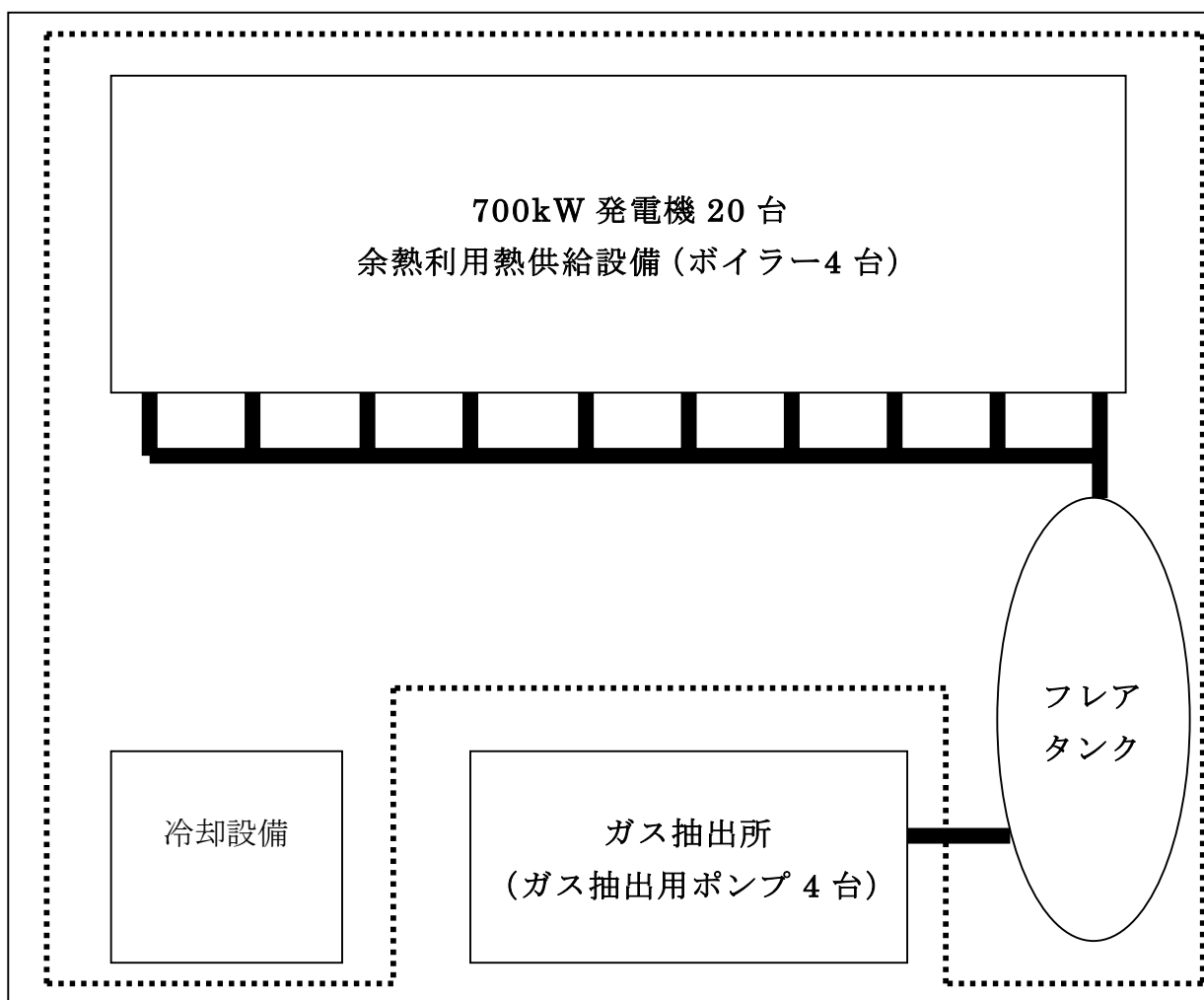


図 2 プロジェクト・バウンダリ

本プロジェクトにおいて、図 2 に示すプロジェクト・バウンダリ内に含まれるプロジェクトのために新しく設置する設備には、以下のようなものがある。

- ・ 発電機：出力 700kW の国産ガスエンジンを 20 基設置。小型のものを多数設置することにより、ガス流量に合わせた柔軟な運転が可能となる。1 台のユニットは、熱効率 34% のガスエンジンと発電効率 92% の発電機から構成される。
- ・ 余熱利用ボイラー：発電機から発生する余熱を回収し利用する余熱ボイラーを 4 台設置。通常稼働するのは 3 台であり、1 台は予備。通常運転による熱供給量は 24.84GJ/h（蒸気量換算 9.857t/h）であり、炭鉱内の生活区で必要とされる最大熱量 22.925GJ/h（蒸気量換算 9.145t/h）の供給が可能。
- ・ 燃料輸送システム：抽出した炭鉱ガスを発電機に送るシステム。炭鉱ガス中の不純物や水分などを取り除くガス浄化装置、ガスの均質化や流量調節のためのガスタンク（容量 10,000m³）、及び加圧器 2 台（1 台は予備）から構成される。
- ・ 余剰ガス処理装置：余剰ガス処理用開放型燃焼装置の 1 基設置。ACM0008 によれば、CDM プロジェクトのために抽出している炭鉱メタンは、基本的にすべて燃焼しなければならない。また、中国の「炭鉱安全規定」によれば、メタン濃度 30% 以上の炭鉱ガスでなければ発電に利用することができず、メタン濃度 25% 以上の炭鉱ガスでなければ単に燃焼することもできない。ゆえに、この燃焼装置は、30% 以上の炭鉱ガスについて、発電機の停止あるいは炭鉱ガスの過剰な放出により発生する余剰分と濃度 25% から 30% の炭鉱ガスを燃焼するためのものである。設計最大ガス燃焼量は、20,000m³/h（25% 濃度炭鉱ガス）である。
- ・ 循環冷却水システム：発電機の冷却システム。
- ・ 電気設備：発電機により発電した電力を、所内で利用のための配電設備と外部の電力系統に流すための系統接続設備から構成される。

なお、炭鉱内からガスを抽出するために 4 台のポンプが設置されているが、炭鉱ガス抽出用のポンプは、中国の炭鉱安全規則を遵守するために、従来から設置されているものであり、このプロジェクトのために新たに設置されたものではない。

4. 追加性の検討

プロジェクトのベースライン・シナリオは、ACM0008 に従った方法により現在炭鉱で実践している状況に決定された。具体的には、安全基準を満たすため

炭鉱内から抽出している VAM、採掘前 CMM、採掘後 CMM はすべて大気中へ放出、炭鉱で使用する電力は外部の送電網から購入、炭鉱内の住民区で使用する熱は石炭ボイラーで供給というものである。

提案しているプロジェクトは、大気中へ放出している炭鉱ガスを用いて、発電を行い、作られた電力は外部の電力網へ流し、発電機の余熱を利用したボイラーによる熱供給で石炭ボイラーによる熱供給を代替するというものである。

プロジェクトの投資の障害について経済的な評価を行ったところ、発電機的设计寿命である 20 年間にわたるキャッシュフローを元に内部収益率 IRR を評価した結果 7.19%となった。中国における炭鉱メタン利用 CDM プロジェクトの先行例を調べたところ、投資障壁の判断基準（ベンチマーク）として用いて IRR の値は 8~11%強となっているが、沙曲炭鉱メタン CDM プロジェクトの IRR はそれらの値を十分下回っている。この収益率の低さは、極めて大きな投資の障害である。これを克服するために、CDM プロジェクトによる CER 販売の収益を考慮してみる。

提案している CDM プロジェクト活動による年間 GHG 排出削減量は、664,488 tCO₂e である。この削減量に対して、発行される CER の販売単価を現在の中国政府の CDM 承認基準となっている 1 トンあたり 8 ユーロ、1 ユーロ = 10 人民元として、20 年間にわたる IRR を計算し直すと、IRR = 80.7%となり、収益率は大幅に改善し、十分投資に見合った案件となる。ゆえに、提案しているプロジェクトは追加性を有していると言える。

5. プロジェクトによる温室効果ガス削減量

中国の炭鉱安全規則では、発電や熱生成などの利用はメタン濃度 30%以上の炭鉱ガスに対してしか認められず、メタン濃度 25%以下の炭鉱ガスは単なる燃焼も認められず、そのまま大気中への放出が義務づけられている。沙曲炭鉱で放出されている炭鉱ガスの濃度の割合について、2006 年上半期のデータを元に分析してみると以下のようなになる。

- ・ 炭鉱ガス放出量：毎分 400 m³
- ・ 濃度 30%以上のガスの割合：全体の 52%
- ・ 濃度 25%から 30%未満のガスの割合：全体の 32%
- ・ 濃度 25%未満のガスの割合：全体の 16%

プロジェクト・シナリオにおける主要なパラメータを表 1 に示す。

表 1 主要な財務的指標の計算のためのパラメータ

名称	値	備考
設備容量	14,000 kW	700kW×20 基
ガスエンジン熱効率	34%	
発電機効率	92%	
平均ガス放出量	400m ³ /minute	
メタン濃度 30%以上のガスの割合	52%	保守的に 30%と仮定
メタン濃度 25%以上 30%未満のガスの割合	32%	保守的に 25%と仮定
発電機の年間運転時間	7200 時間	
年間発電量	90,720,000 kWh	
所内率	4.1 %	
系統への電力量	87,000,480 kWh	
年間熱供給量	51630 GJ	余熱利用ボイラーから
総投資額	7434 万人民元	
運転コスト	1146 万人民元	電力 97%、熱 3%
販売電力価格	0.23 人民元/kWh	
熱価格	14 人民元/GJ	
電力に対する付加価値税	17%	
熱に対する付加価値税	13%	
収入税	17%	
都市維持建設税	5%	
教育税	3%	
プロジェクト期間	20 年	
クレジット期間	7 年×3 回	2 回の更新を前提

ガスの特性と表 1 に示されたパラメータを用いて、プロジェクトによる GHG 排出量 PE_y 、ベースライン・シナリオによる排出量 BE_y を評価すると、それぞれ以下のようなになる。

$$PE_y = 219,244 \text{ tCO}_2\text{e}$$

$$BE_y = 883,732 \text{ tCO}_2\text{e}$$

リーケージ LE_y は、CBM を一切利用していないこと、プロジェクトが外部の熱需要などに影響を与えないことからゼロと判断される。ゆえに、プロジェクトによる温室効果ガス削減量 ER_y は、以下のようなになる。

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y = 883,732 - 219,244 - 0 = 664,488 \text{ tCO}_2\text{e}$$

6. 環境影響及び利害関係者のコメントについて

環境影響評価については、発電規模が 14MW の小規模発電システムということもあり、環境影響評価書の提出ではなく、評価表の提出となっている。これは、A3 程度の大きさの紙に事業の概要、各種環境基準と事業によるそれぞれの排出予測量などを記入する構成となっている。同プロジェクトの環境影響評価表から、プロジェクトは周囲に何の環境影響も与えないということが分かっている。

利害関係者のコメント収集については、2006 年 9 月 21 日に華晋焦煤有限責任会社の会議室において、清華大学 CDM R&D センター (=北京喜地愛母科技諮問公司) と同会社が共同で地元への説明会を開催し、意見収集を行った。参加者は、省政府の発展改革委員会から CDM 担当者 2 名、電力を販売する予定の電力会社から 1 名、地元住民から 4 名の参加があった。一般住民は、地元の人民広報で募集を行った結果集まってきた人々である。

清華大学 CDM R&D センターから京都議定書及び CDM 事業に関する解説、華晋焦煤有限責任会社から事業の概要、守るべき環境関連法、地元への影響についての説明が行われた。事業規模が小さいことから環境影響も小さく、プロジェクトサイト近辺には住民がいないことから、ほとんど事業に関する質問はでなかった。地元経済への影響等について住民から質問があったが、雇用の増加につながるなど良い影響はあるという回答があった。政府側からは、炭鉱メタン利用の CDM を推奨していることもあり、歓迎の意が述べられた。

環境影響及び利害関係者コメントに関する PDD の該当部分は、清華大学 CDM R&D センターが担当しており、完成後、日本エヌ・ユー・エス株式会社がレビューし、修正を加えて行くという手順になっている。

7. プロジェクトの経済性評価

表 1 に示した仮定を用いて、発電機の設計寿命である 20 年にわたるプロジェクトの経済性評価を表 2 に、CDM 事業を考慮 (CER の販売利益を考慮) した場合の評価を表 3 にまとめる。上述したように、CDM が不在状況では IRR = 7.19% と投資に見合わないものであったが、CDM がある場合には IRR = 80.7% と極めて優良な投資案件となることが示されている。

表 2 CER がない場合の事業評価 (単位：人民元)

年	年間経費	電力売上	熱売上	総売上 (電力、 熱それぞれの 税のみ引いて いる)	税引後利益
0	初期投資				-74,340,000
1	11,460,000	20,010,110	722,820	7,711,693	5,783,770
2	11,460,000	20,010,110	722,820	7,711,693	5,783,770
3	11,460,000	20,010,110	722,820	7,711,693	5,783,770
4	11,460,000	20,010,110	722,820	7,711,693	5,783,770
5	11,460,000	20,010,110	722,820	7,711,693	5,783,770
6	11,460,000	20,010,110	722,820	7,711,693	5,783,770
7	11,460,000	20,010,110	722,820	7,711,693	5,783,770
8	11,460,000	20,010,110	722,820	7,711,693	5,783,770
9	11,460,000	20,010,110	722,820	7,711,693	5,783,770
10	11,460,000	20,010,110	722,820	7,711,693	5,783,770
11	4,810,000	20,010,110	722,820	13,065,608	9,799,206
12	4,810,000	20,010,110	722,820	13,065,608	9,799,206
13	4,810,000	20,010,110	722,820	13,065,608	9,799,206
14	4,810,000	20,010,110	722,820	13,065,608	9,799,206
15	4,810,000	20,010,110	722,820	13,065,608	9,799,206
16	4,810,000	20,010,110	722,820	13,065,608	9,799,206
17	4,810,000	20,010,110	722,820	13,065,608	9,799,206
18	4,810,000	20,010,110	722,820	13,065,608	9,799,206
19	4,810,000	20,010,110	722,820	13,065,608	9,799,206
20	4,810,000	20,010,110	722,820	13,065,608	9,799,206
IRR					7.19%

表 3 CER 販売を考慮した場合の事業評価（単位：人民元）

年	電力・熱販売による税引き後利益	CER の売上	CER による税引き後利益	総利益
0	初期投資			-74,340,000
1	5,783,770	53,318,532	52,252,161	59,963,854
2	5,783,770	53,318,532	52,252,161	59,963,854
3	5,783,770	53,318,532	52,252,161	59,963,854
4	5,783,770	53,318,532	52,252,161	59,963,854
5	5,783,770	53,318,532	52,252,161	59,963,854
6	5,783,770	53,318,532	52,252,161	59,963,854
7	5,783,770	53,318,532	52,252,161	59,963,854
8	5,783,770	53,318,532	52,252,161	59,963,854
9	5,783,770	53,318,532	52,252,161	59,963,854
10	5,783,770	53,318,532	52,252,161	59,963,854
11	9,799,206	53,318,532	52,252,161	65,317,769
12	9,799,206	53,318,532	52,252,161	65,317,769
13	9,799,206	53,318,532	52,252,161	65,317,769
14	9,799,206	53,318,532	52,252,161	65,317,769
15	9,799,206	53,318,532	52,252,161	65,317,769
16	9,799,206	53,318,532	52,252,161	65,317,769
17	9,799,206	53,318,532	52,252,161	65,317,769
18	9,799,206	53,318,532	52,252,161	65,317,769
19	9,799,206	53,318,532	52,252,161	65,317,769
20	9,799,206	53,318,532	52,252,161	65,317,769
IRR				80.7%

なお、表 1 に示している財務情報において、初期投資費用 7,434 万元については、3,000 万元をホスト企業である華晋焦煤有限責任会社が自ら出資し、残り 4,434 万元は銀行からの借り入れによって賄っている。系統運用者（地元電力会社）への電力販売単価 0.23 元/kWh（税込み）は事業計画時に結んだホスト企業と同系統運用者との仮契約において定められたものである。熱価格については、地域の行政機関が設定するものであり、14 元/GJ は沙曲炭鉱のある自治体の熱価格である。

8. 事業家へ向けての課題

提案しているプロジェクトの CDM 事業化については、主な課題として以下のようなものがある。

- ・ データが入手できていない炭鉱内の住民区への熱供給用石炭ボイラーの代替

に対するクレジットをどうするか

- すでに工事が完了に近い状態にある。
- モニタリングすべきパラメータの計測メーターの確認（取り換え、新たに設置などが必要となる可能性あり）
- モニタリング計画の立案

石炭ボイラーの代替による削減量は、5万トン程度であり、全体量の66万トンに比べれば、それほど大きな規模ではなく、あきらめたとしても大きな問題とはならないだろう。工事がほぼ完了してしまっているため、モニタリングのためにメーターの変更等が必要になれば、設備の改造が必要であるが、CERの売上が強いインセンティブとなるため、炭鉱側は問題なく対処するだろう。設備の運用については、DOE審査完了まで待つということで合意している。DOEのデスクレビューは、2007年4月に受けることを予定し、PDD作成作業を進めている。ゆえに、このプロジェクトのCDM化については、大きな問題はなく、本年中のCDM理事会登録は、可能であると考えている。