

平成 22 年度CDM／JI事業調査

中国・大仏寺炭鉱における通気メタンガス発電
CDM 実現可能性調査

報 告 書

平成 23 年 3 月

株式会社 PEAR カーボンオフセット・イニシアティブ

目 次

1. 基本情報	1
1.1. プロジェクトの概要	1
1.1.1. プロジェクトの概要	1
1.1.2. 適用方法論について	3
1.1.3. 炭鉱メタンガス	9
1.2. 企画立案の背景	17
1.2.1. 世界の二酸化炭素排出量	17
1.2.1. 世界の一次エネルギー需給	17
1.3. ホスト国に関する情報	18
1.3.1. 基本情報	18
1.3.2. エネルギー需給構造と二酸化炭素排出量	19
1.3.3. 石炭生産	22
1.3.4. 炭鉱メタンガス	23
1.4. ホスト国の CDM/JI に関する政策・状況等	28
2. 調査内容	30
2.1. 調査実施体制	30
2.2. 調査課題	30
2.3. 調査内容	31
2.3.1. プログラム CDM による事業計画	31
2.3.2. 大佛寺炭鉱 VAM 酸化プロジェクト	34
2.3.3. VAM 酸化技術	40
2.3.4. VAM 酸化と熱利用システム	42
3. CDM プロジェクト実施に向けた調査結果	49
3.1. 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	49
3.2. プロジェクト排出量：	53
3.3. モニタリング計画	55
3.4. 温室効果ガス削減量	57
3.5. プロジェクト期間・クレジット獲得期間：	59
3.6. 環境影響・その他の間接影響：	59

3.7.	利害関係者のコメント：	59
3.8.	プロジェクトの実施体制：	60
3.9.	資金計画：	61
3.10.	経済性の評価	61
3.11.	追加性の証明：	63
3.12.	事業化の見込み：	65
4.	有効化審査.....	65
4.1.	有効化審査の概要	65
4.2.	DOE とのやりとりの経過	66
5.	コベネフィットに関する調査結果.....	71
5.1.	背景	71
5.2.	ホスト国における環境汚染対策等効果の評価	71
6.	持続可能な開発への貢献に関する調査結果	72

1. 基本情報

1.1. プロジェクトの概要

1.1.1. プロジェクトの概要

中国陝西省の陝西彬長砒業集团有限公司（以下彬長集団）傘下の新生能源有限公司（新生能源有限公司）をプログラムコーディネーターとして、中国全土の炭鉱を対象に、PoA（中国炭鉱通気メタンガス酸化プログラム）で VAM の酸化事業を行う。

提案している CDM プロジェクト（中国・大佛寺炭鉱通気メタンガス発電）は、中国全土の炭鉱を対象とする PoA の最初の CPA として実施される。この PoA の目的は、勝利動力機械集团公司（勝利動力）によって新しく開発された無炎酸化装置（VAM Oxidizer）を用いて中国の炭鉱から排出される通気メタン（VAM）に含まれるメタンを酸化し、GHG 排出を削減することである。酸化により回収される熱エネルギーは、発電のための高温蒸気として、及び／あるいは暖房用の低温蒸気や熱水として利用できる。現在、大佛寺炭鉱で、実証試験を行っており、その写真を写真 1-1 に示す。

操業中の坑内掘炭鉱においては、石炭の生産に伴ってメタンガスが湧出する。これを、炭鉱メタンガス（Coal Mine Methane 以下 CMM）という。CMM は、メタンガス濃度が爆発限界（4.8～14.5%）に達し火源があると爆発する。ガス爆発事故を防止するため、扇風機を用いて坑内の空気を吐き出すことで、新鮮な外気を炭鉱の坑内に送り込み、気流中のメタンガス濃度を安全な濃度まで希釈して排気している。この排気を、通気メタンガス（Ventilation Air Methane 以下 VAM）という。

炭鉱における VAM の処理に関しては、国、省、あるいは地域の法的な要求は存在していない。メタン濃度が 30%以上の炭鉱メタン（CMM）を大気に放流することは国の規制により禁じられているが、メタン濃度が 30%以下の CMM や VAM に関してはそのような規制は存在しない。このように現状では、炭鉱自体は VAM を破壊する（酸化する）あるいは利用することを義務付けられてはいない。従って、提案している PoA は GHG 排出を削減するために調整・管理事業体によって実施される自主的な行動である。

彬長集団は、陝西省の彬長鉱区に 5 つの炭鉱を開発している中国の大規模石炭鉱業グループの一つである。その生産目標は年間 5,000 万トンである。それぞれの CPA のオペレーターは、中国の石炭鉱業グループあるいはその関連企業である。

彬長集団は、既に 2009 年から傘下の大佛寺炭鉱で CDM プロジェクト（大佛寺炭鉱低濃度 CMM 発電プロジェクト－CDM 参照 No.2482）を実施している。また同社は、VAM Oxidizer の製造企業である勝利動力と協力し、VAM の酸化を実施する計

画を進めている。これらの活動は、「ゼロエミッション炭鉱」を目指す同社の理念に基づく自主的な行動である。

当該 PoA は、このような理念に賛同し、同じ目標を持つ、自主的な行動を実施する事業体で構成される。PoA の適合条件に合致する VAM の酸化により、GHG 排出を削減する中国全土の CPA がこの PoA に含まれる。

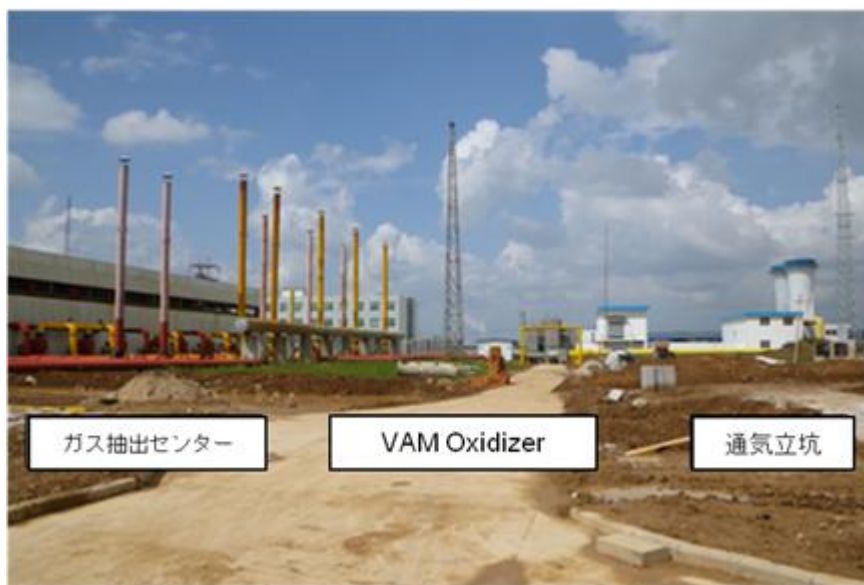


写真 1-1 VAM Oxidizer 建設現場

新生能源有限公司により大佛寺炭鉱で実施される当該 CPA は、勝利動力機械集団公司（勝利動力）社製の VAM Oxidizer を導入する計画で、この CPA は以下のオプションを有している：

i 酸化装置合計台数：10 台

- ・ 発電用酸化装置：5 台（第 1 期）
- ・ 熱利用酸化装置：5 台（第 2 期）

ii 発電利用時のみ CMM 添加により VAM のメタンガス濃度を 1% にまで上げる。

当該 CPA で発電を実施する場合には、VAM のメタンガス濃度（通常 0.3% 程度）が VAM Oxidizer の十分な性能を確保するには低いと考えられるので、メタン濃度 8% 以下の CMM を VAM に添加し、その濃度を 1% にまで上げる予定である。VAM に添加される CMM は、そうでなければ大気に放流されるものであり、既存の CDM 事業の実績には影響しない。

当該 CPA は、VAM を酸化することにより CO₂ に比べて 21 倍温暖化効果が高いメタンを破壊することで GHG 排出を削減し、また発電する電力で西北区域電力網 (NWPG) の電力を置き換える。年間 413,220 tCO₂e の排出削減が予測され、2012 年 1 月から 2021 年 12 月の 10 年間では、4,044,374 tCO₂e の排出削減が予測される。

1.1.2. 適用方法論について

当該プロジェクトは、PoA：中国炭鉱通気メタン酸化プログラム (China Coal Mine Ventilation Air Methane Oxidization Programme) の最初の CPA として実施する計画である。従って、適用する方法論は PoA に適用する承認方法論 ACM0008 Version 7 “パワー (電力あるいは動力) と熱、及び/あるいはフレアリングまたは無炎酸化のための、炭層メタン、炭鉱メタン及び通気メタンの回収と利用に関する統合方法論” を適用する。

また、当該プロジェクトがこの PoA に含まれるためには、以下に示すような CDM-PoA-DD に規定されている適合条件を満たす必要がある：

(1) CPA の地理的バウンダリーが中国国内に位置している：

当該プロジェクトは陝西省彬県に位置する大佛寺炭鉱の総排気立坑から排出される VAM を対象として、VAM Oxidizer を用いてメタンの破壊と酸化により発生する熱を利用する (一部は蒸気タービンによる発電に利用) ものであり、そのバウンダリーは明らかに PoA の地理的バウンダリー条件である中国国内に含まれる。

CPA は、炭鉱から排出されるプロジェクトが実施されなければ大気に放流される VAM に含まれるメタンを破壊することにより GHG を削減する。更に CPA は、回収する熱エネルギー利用に関して、次の 3 つのオプションのいずれかあるいはそれらの組合せを適用する：

- (i) 熱エネルギーを放流する；
- (ii) 暖房のための熱水製造に熱エネルギーを利用する；
- (iii) 蒸気タービンで発電 (容量は 10MW 以下) するための高温蒸気製造に熱エネルギーを利用する；

当該プロジェクトは、大気中に放流される VAM に含まれるメタンを破壊する 10 台の VAM Oxidizer を導入し、そのうち 5 台の酸化装置にはオプション(ii)の熱水製造を、残り 5 台の酸化装置にはオプション(iii)の蒸気タービンによる発電を適用する。

(2) CPA に既存の承認 CDM 方法論 ACM0008 (Version07) が適用できる；

表 1-1 承認方法論（ACM0008）の非適用性

ACM0008 非適用性	プロジェクト活動
放棄あるいは廃止された炭鉱からのメタン回収	プロジェクトは稼働中の坑内炭鉱で実施する
地山炭層メタンの回収/利用；即ち、いかなる採掘活動からも独立した炭層から回収する高濃度のメタン	プロジェクトで回収し利用するメタンは、採掘活動と関係している
採掘を行われる以前に CBM 回収を増進する目的での CO ₂ あるいはその他の液体やガスの使用	プロジェクトには CBM 回収は含まれていない

表 1-2 承認方法論（ACM0008）の適用性

ACM0008 適用性	プロジェクトのガス回収活動
採掘活動に関係する CBM を回収するための地表からのガス抜き坑井	プロジェクトは CBM 回収を含まない
採掘前 CMM 回収のための、炭鉱坑内のボアホール	含む
採掘後 CMM 回収のための、地表払跡坑井、坑内ボアホール、坑内ガス抜き坑道あるいはその他の払跡ガス（密閉区域からのガスを含む）回収技術	採掘前および採掘後のガスを回収するために、坑内ボアホール、ガス抜き坑道、その他の払跡ガス回収技術が採用されている
通常は放流される通気メタン（VAM）	含む
ACM0008 適用性	プロジェクトのガス利用活動
メタンを回収し、フレアリングにより破壊する	プロジェクトにフレアリングは含まれない
メタンを回収し、熱エネルギーの利用を伴う、あるいは伴わない無炎酸化装置により破壊する	発電および暖房用に熱エネルギーを利用する、あるいは熱エネルギーを利用しない酸化装置により大部分の VAM を破壊する
電力、動力、および/あるいは熱エネルギーを発生させるためにメタンを回収し、破壊する；他のエネルギー源からのエネルギーの置き換えあるいは回避に関しては、排出削減を請求しても良いし、しなくても良い	電力を発生させるためにメタンを回収し、破壊する；グリッド電力を置き換えることに対しては排出削減を請求するが、廃熱利用の温水製造に関しては排出削減を請求しない。
安全上の理由から希釈されるメタンの残り部分については、引き続き放流しても良い	一部の CMM/VAM は引き続き放流する
プロジェクトで回収した CBM あるいは CMM は、利用するか破壊しなければならない、放流できない	プロジェクトで回収する VAM は全て酸化装置で破壊し、放流することはない

当該プロジェクトは、表 1-1 に示すとおり、方法論が規定する非適用条件に当てはまらない。そして、表 1-2 に示すとおり適用条件を満たしている。したがって、当該プロジェクトには、承認方法論 ACM0008 (Version 07) が適用できる。

(3) CPA の実施者/運営者は文書で以下のことを確認する：

(i) CPA の元で新たに導入されるすべての VAM Oxidizer は別の CDM プロジェクトあるいは別の PoA の一部に含まれていない。また将来含まれることもない；

(ii) CPA が提案されている PoA に含まれることを彼らが認識し、またそのことに同意している；

当該プロジェクトの運営者は既に上記の確認書を提出している。

(4) メタンの破壊は、勝利動力製の VAM Oxidizer により行われる：

当該プロジェクトは、勝利動力製の VAM Oxidizer により行われる。

(5) 地表からの坑井による CBM 回収が CPA に含まれない：

当該プロジェクトでは CBM 回収は行われぬ。

当該プロジェクトの実施炭鉱では、採掘前ガス抜きと採掘後ガス抜きは同じガス抜きパイプラインを介して実施されている。

(6) プロジェクト排出量の決定に関し、CPA は以下の要求を満たさねばならない：

(i) CPA はフレアリング、エンジン、発電所あるいは熱製造所での燃焼を含まない；

当該プロジェクトは VAM Oxidizer によるメタンの破壊を含むが、フレアリング、エンジン、発電所あるいは熱製造所での燃焼は含まない。

(ii) CPA は電力以外の油やガスなどの燃料を VAM 酸化システムの稼動に消費しない；

当該プロジェクトでは、送風機、VAM Oxidizer の事前加熱、および蒸気タービン発電機の運転などに追加的な電力だけを消費する。

(7) ベースライン排出量の決定に関し、CPA は以下の要求を満たさねばならない：

(i) ベースラインシナリオでは、VAM は破壊や利用されることなく全て大気に放流されている；

VAM のメタンガス濃度は非常に低い（0.75%以下）ので、VAM Oxidizer のような VAM を酸化させるために特別に開発された装置を使用しなければ、破壊したり利用したりすることができないので、ベースラインではすべての VAM は破壊や利用されることなく大気に放流される。

(ii) 低メタン濃度の CMM を VAM に加える場合には、CMM のメタンガス濃度は 30%未満である。その CMM は、そうでなければ利用や破壊されることなく大気に放流され、また大気への放流に関しての禁止事項や利用/破壊するための法的規制も存在しない；

当該プロジェクトでは VAM に加える CMM のメタンガス濃度は 8%未満である。この CMM は低メタン濃度発電システムの利用下限メタン濃度を下回っているため、低濃度 CMM 発電で利用することはできない。従って、この CMM は当該プロジェクトが実施されなければ大気に放流される。

(iii) 低メタン濃度 CMM 発電が行われている場合には、その CMM 発電が別の CDM 活動に含まれている¹；

当該プロジェクトが実施される大佛寺炭鉱では低濃度 CMM 発電が実施されているが、それは既に登録済みの CDM プロジェクトとして実施されている (Ref. No. 2428)²。

(8) プロジェクトバウンダリーの空間的広がりには次の項目で構成されている：

(i) プロジェクトが開始される以前から設置されているブローヤや通気扇風機のような、ガス抜きステーションでの CMM や通気立坑での VAM の回収目的に CPA の一部として利用されるすべての設備。外部利用者向けの圧縮、貯蔵及び輸送設備は設置されない；

爆発の危険を回避するために、炭鉱の排気中のメタンガス濃度は 0.75%以下であることが煤礦安全規定 第 135 項で求められている。大佛寺炭鉱の絶対ガス湧出量は 220m³/min を超えると推定されており、現状では通気だけで

¹ たとえ VAM に添加される低メタン濃度 CMM が CMM 発電の CDM プロジェクトで利用される可能性のあるものとしても、VAM への添加に関して計算される CER はより保守的なものとなる。なぜならば、酸化装置と蒸気タービンの発電効率が低濃度メタン発電の効率より低いからである。即ち、メタンの破壊によるプロジェクト排出量は同じであるが、CMM 発電により置き換えられる電力のベースライン排出量は VAM の酸化の場合に比べると多い。

² CDM Project Reference No. 2428:
<http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/TUEV-SUED1236267273.45/view>

メタンガス濃度 0.75%の要求を満たすのは難しい。同じく第 145 項では、ガス湧出量が 40m³/min 以上の場合には、地表に設置するガス抜きステーションでメタンガス抜きを行うことを要求している。従って、ガス抜きステーションでの CMM 及び通気立坑での VAM を回収する装置はプロジェクトが開始される以前から設置されている。

上記のように VAM のメタン濃度は 0.75%以下に制限されているので、外部の利用者にとって VAM は価値のないものである。従って、外部ユーザー向けの VAM の圧縮、貯蔵及び供給設備は設置されない。

(ii) 通気立坑と VAM Oxidizer の間に通風扇風機が設置され、それらは CPA のバウンダリーに含まれる；

通風扇風機の設置は VAM Oxidizer の全体的なシステム設計として必要であり、これらの扇風機は当該プロジェクトのバウンダリーに含まれる。

(iii) VAM に低メタン濃度 (30%未満) の CMM を加える場合には、安全生産技術標準(AQ 1076-2009 and AQ 1078-2009)として承認されている CMM 安全輸送システムが CPA バウンダリーに含まれる；

当該プロジェクトではメタン濃度 8%未満の CMM を VAM に加えるが、煤矽安全規定 第 148 項では、安全生産技術標準(AQ 1076-2009 and AQ 1078-2009)として承認された CMM 安全輸送システムを設置する必要がある。従って、この輸送システムは当該プロジェクトのバウンダリーに含まれる。

(iv) CPA はフレアリング、自家発電および熱製造装置を設置しない。VAM 酸化がプロジェクトの主要部分として用いられる；

煤矽安全規定により VAM のメタンガス濃度は 0.75%以下に制限されている。従って、VAM をフレアリング処理することや、自家発電や熱製造目的で燃焼させることは難しい。当該プロジェクトは VAM に含まれるメタンを破壊して熱エネルギーを回収する VAM Oxidizer だけを設置する。

(v) グリッドが CPA に含まれる；

当該プロジェクトは通風扇風機や VAM Oxidizer の事前加熱などに NWPG から供給される追加電力を消費する。また、当該プロジェクトは発電した電力を大佛寺炭鉱に供給するオプションを含んでおり、これにより NWPG から供給される電力を置き換える。従って、当該グリッドである NWPG はプロジェクトバウンダリーに含まれる。

(9) 追加性の証明に関し、CPA が以下の基準を満たしている：

(i) CPA の内部収益率 (IRR) が CDM-POA-DD の E.5.1.に記載されている入力パラメータや仮定、並びに方法に従って計算される；

当該プロジェクトの IRR は、CDM-POA-DD の E.5.1.に従い、表 1-3 に示されている更新された入力パラメータや仮定に基づいて計算される。

表 1-3 IRR 計算に使用する主なパラメータ

項目	値		情報元
酸化される VAM の量	10,000	Nm ³ /min	FS レポート
VAM のメタン濃度	0.3 & 1.0	%	FS レポート
年間メタン消費量 (純メタン換算)	31.2	Million Nm ³ /year	FS レポート
VAM OXIDIZER 台数	10	Units	FS レポート
設備投資コスト	91.38	Million RMB	FS レポート
O & M コスト(平均)	5.72	Million RMB/year	FS レポート
電力販売量	31.89	GWh/year	FS レポート
追加電力消費	9,58	GWh/year	FS レポート
電力販売単価 (VAT 込み)	0.5	RMB/kWh	FS レポート
追加電力コスト (グリッド VAT 込み)	0.5	RMB/kWh	FS レポート
CER 収入	73.88 8.0	RMB/ t-CO ₂ (EUR/t-CO ₂)	過去平均より計算
プロジェクト期間	19	Years	FS レポート
所得税率	25	%	企業所得税法
VAT	17	%	FS レポート
都市整備建設税率	5	%	FS レポート
教育付加税率	3	%	FS レポート
内部収益率 ベンチマーク	15	%	建設プロジェクトの経済性評価法と指標, 第3版

(ii) 提案 PoA の元での CPA の財務指標を評価するために、IRR ベンチマークとして国家発展改革委員会の”Economic Evaluation Method and Parameter of Construction Projects, the 3rd edition”に記載されている石炭産業向けの投資容認基準である 15%を適用する。

当該プロジェクトの財務指標の評価には、国家発展改革委員会の”Economic Evaluation Method and Parameter of Construction Projects, the 3rd

edition”に記載されている、石炭産業向けの投資容認基準である 15%を適用している。

(iii) 財務的な追加性は、感度分析を実施した後でも CER 収益を伴わない場合の CPA の財務指標 (IRR) が適用するベンチマークを下回ることによって実証される。

当該プロジェクトでは計算した財務指標 (IRR) の値を適用するベンチマーク(15%)と比較し、更には感度分析を行い、何れの場合にも当該プロジェクトの CER 収益を伴わない場合の IRR がベンチマークを下回ることによってその財務的な追加性を実証している。具体的な数値評価は 3.10 設備投資計画に記載する。

1.1.3. 炭鉱メタンガス

石炭の生成過程で生成されて地下の石炭層及びその周辺に賦存する石炭系天然ガス (メタンガス) を CBM (Coal Bed Methane) と称する。CBM は、天然ガス採取を目的として地表から炭層にボーリングして抽出して生産される狭義の CBM (写真 1-2 参照) と、石炭採掘に伴い湧出する炭鉱メタンガス (CMM : Coal Mine Methane) に大別される。



写真 1-2 CBM (狭義・資源) の採取

CMM は、稼働地位の坑内掘り炭鉱で石炭採掘時に湧出するメタンガスのことである。大半は、通気で排気 (VAM) され、一部はボーリングしてブロー (吸引ポンプ) により吸引して地表まで輸送し、一部は発電や都市ガスに利用されている。方

法論 ACM0008 での CMM は、狭義の CMM で、ボーリングしてブローで吸引されたメタンガスである。保安を目的にガス回収を行っているため、CH₄ 濃度と回収量が不安定で、利用しにくい燃料であり、そのため一部は大気中にそのまま放出されている

低濃度 CMM とは、メタンガス濃度 30%未満の CMM である。中国では、煤層気（煤砒瓦斯）排放標準（暫行）GB21522-2008 で 30%以上を高濃度 CMM、30%未満を低濃度 CMM と規定している。そして、30%以上の CMM の大気中への放出が禁止されている。また、煤砒安全規定で、30%未満の CMM は、標準規程で定められた輸送・利用技術を用いる場合を除き、燃焼利用が禁止されている。従って、CDM の対象となるのは、低濃度 CMM と VAM の利用、または酸化破壊である。

CMM は、メタンガス濃度が爆発限界（4.8～14.5%）に達し火源があると爆発する。ガス爆発事故を防止するため、扇風機を用いて坑内の空気を吐き出すことで、新鮮な外気を炭鉱の坑内に送り込み、気流中のメタンガス濃度を安全な濃度まで希釈して排気している。この排気を VAM という。中国では、煤砒安全規定で VAM のメタンガス濃度を 0.75%以下にすることが規定されている。VAM を破壊して利用する技術はあるものの、メタンガス濃度が低すぎ、その利用による収益と、設備投資、ランニングコストを考えれば経済性が無いため、今日まで商業ベースでは実施されずに、世界中の炭鉱で VAM が大気中に放出されている。

CMM の内、休廃止した坑内採掘炭鉱から放出されるメタンガスを AMM（Abandoned Mine Methane）と称している。メタンガス濃度が 80%以上で、英国等では AMM による発電が事業化されている。CBM の区分を図 1-1 に示す。

CMM に含まれるメタンガスは、空気中でメタンガス濃度が 4.8～14.5%で着火源があれば爆発する。最近では、2010 年 11 月 22 日に、ニュージーランドの炭鉱でメタンガス爆発災害が発生した。操業中の坑内掘炭鉱ではガス爆発事故を防止するため、安全対策として、坑内の気流中のメタンガス濃度は通常 1%未満にしている。

方法論 ACM0008 で対象となるのは、炭鉱の安全のために抽出された CMM であり、規定されている CMM の抽出方法は、以下の 4 方式である。CMM の抽出方法を図 1-2 に示す。

- 通気メタンガス（VAM：Ventilation Air Methane）：坑口に扇風機を設置して換気をした時に、排気されるメタンガス。メタン濃度は 1%未満で、利用或いは破壊されずに大気中に放流されている。扇風機で汚染された空気を扇風機から吸い出すことで、新鮮な空気を坑内に送り込んでメタンを希釈する。これを吸出し通気と称している。

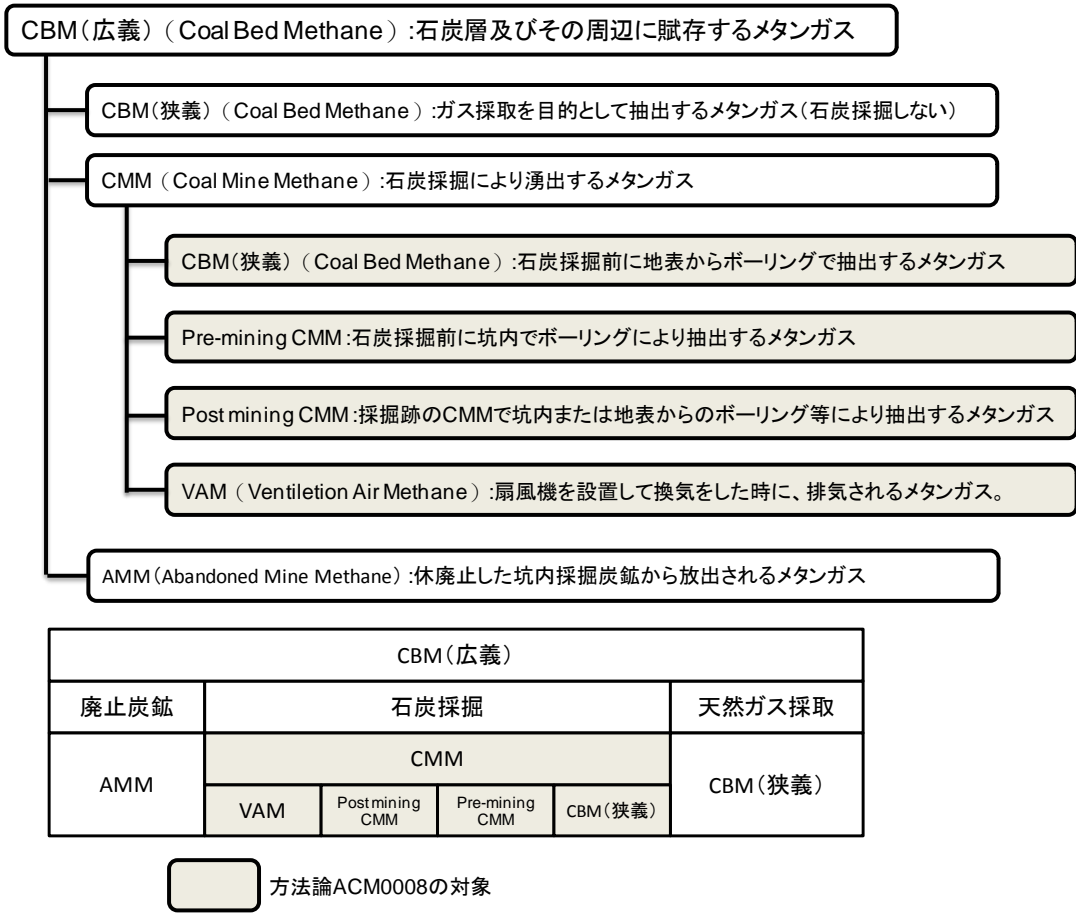


図 1-1 CBM の区分

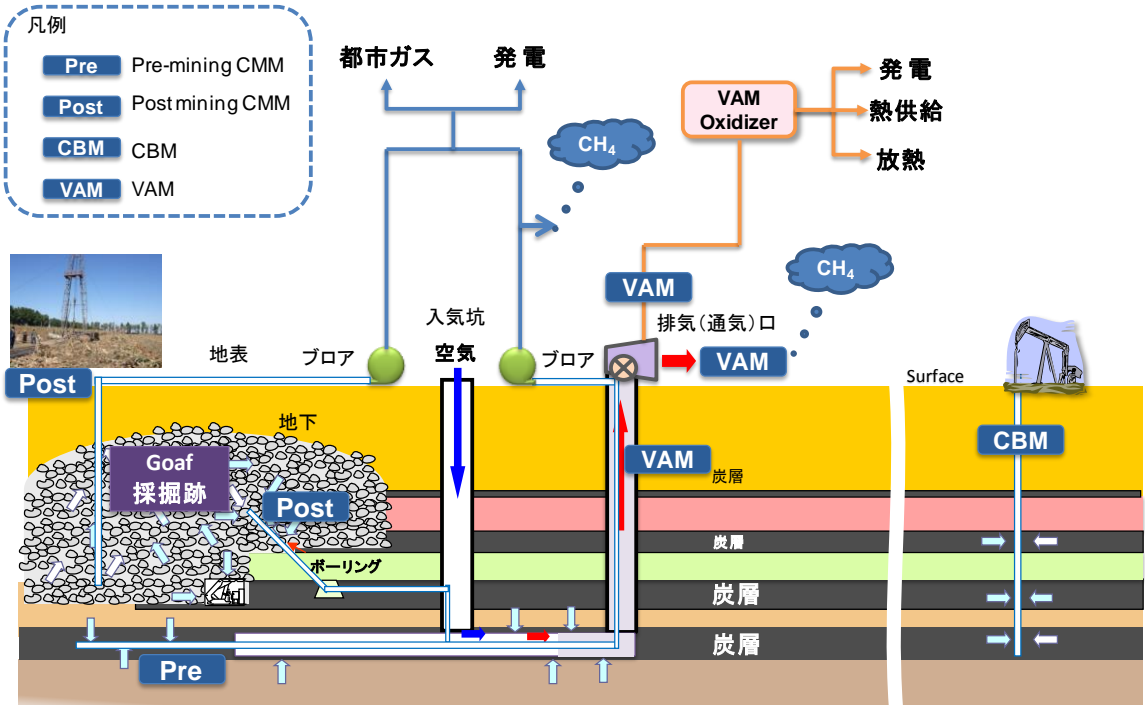


図 1-2 CMM の抽出システム

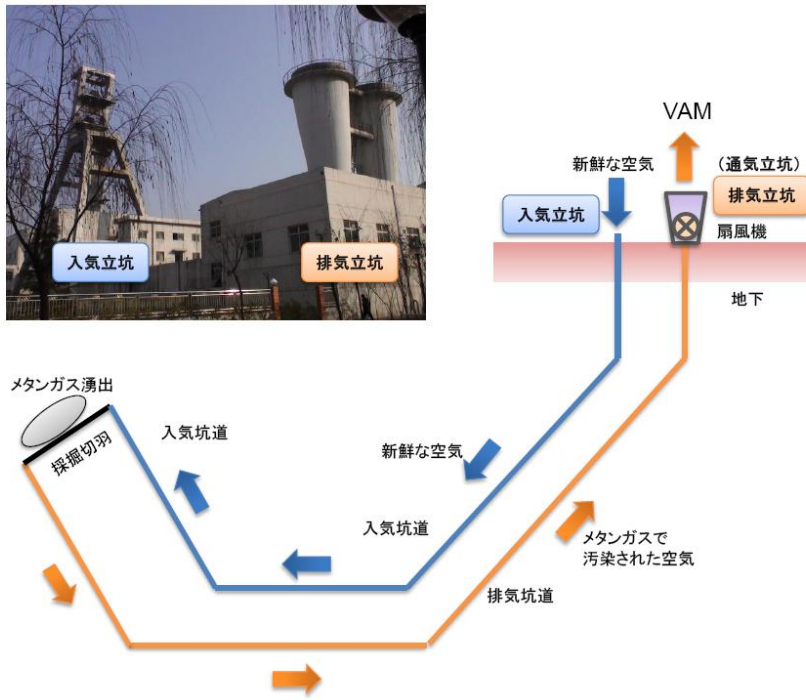
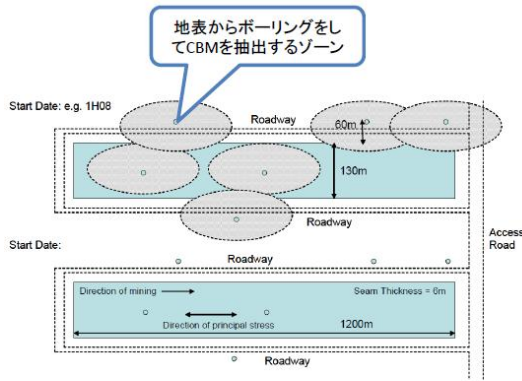


図 1-3 通気概念図



地表からのボーリング風景



地表のボーリング口
CBMは抽出センターまで輸送される



地表の抽出センター、中にブローアが設置されている

図 1-4 CBM（狭義・ACM0008 定義）の開発

- **CBM（狭義）（Coal Bed Methane）**：石炭採掘前に、地表から採掘対象炭層にボーリングをして抽出したメタンガス。採掘しない炭層は対象外である。また、抽出した CBM が ER の対象となるのは、ボーリング口と採掘切羽の進行によって規定される。CBM の開発状況を図 1-4 に示す。

Pre-mining CMM（採掘前ガス抜き） Post mining CMM（採掘後ガス抜き）は、ボーリング等をガス輸送パイプに接続し、通常地上に設置したブロー（ガス吸引ポンプ）で吸引し、地上まで輸送する。概念図を図 1-5 に示す。

- **Pre-mining CMM**：採掘前に採掘対象炭層にボーリングをして抽出したメタンガス。このボーリングを、地山ガス回収と称している。石炭採掘の大半は長壁式採炭を行っている。ドラムシェアラーや発破で石炭層を破壊したときに炭層中のメタンガスが遊離して、気流中に放出される。そのメタンガスを予め抽出する。
- **Post mining CMM**：採掘跡のメタンガスを、地表または坑内ボーリング、坑道、密閉箇所から抽出したメタンガス。坑内ボーリングでは、擾乱ガス抜きと称している。石炭を採掘した跡は空洞となり、採掘跡は自然崩落させている。そのため、採掘対象の石炭層の上部の採掘対象外の石炭層、岩盤が沈下して擾乱され、その中のメタンガスが遊離する。上述したように、吸出し通気を行っているため、遊離したメタンガスが切羽面に流入する。その流入を防ぐために行う対策方法である。

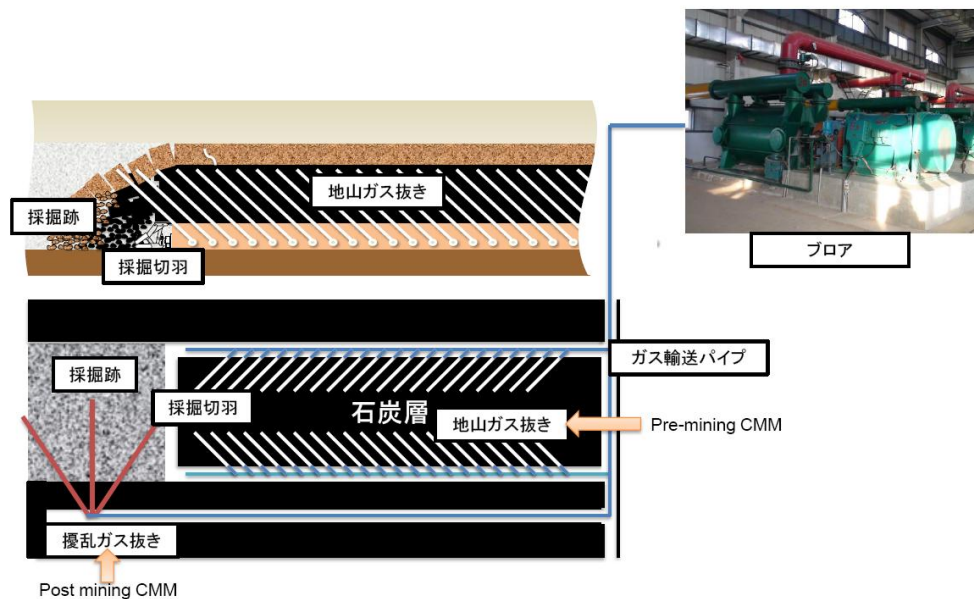
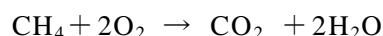


図 1-5 ガス抜きシステムの概念図

メタンガスは、温室効果係数（GWP：Global Warming Potential）21（積算年数 100 倍）で、CH₄1t の排出は CO₂ の 21 t の排出に相当する。

CH₄ 1 モル（22.4L）の重量は、C が 12g、H が 1g なので、16g（CH₄ → C + H₄ = 12 + 1×4 = 16g）である。従って、メタンガス 1 Nm³ の重量は、0.714286kg/m³ であり、メタンガス 1Nm³ を削減したときの温室効果ガス削減効果は CO₂ 換算で 15.00kg-CO₂/m³ である。常温のメタンガス 1m³ の重量は、IPCC のガイドライン³では、20°C で 1 気圧の下でのメタン密度、すなわち、0.67kg/m³ と規定している。常温のメタンガス 1m³ を削減したときの温室効果ガス削減効果は CO₂ 換算で 14.07kg-CO₂/m³ である。

メタンガスの破壊は、酸化、即ち燃焼して行う。酸化の化学式は下記のとおりである。



1 モルのメタンを燃焼すると 1 モルの CO₂ が発生するので、メタンガス 1t を燃焼した時の CO₂ 発生量は 44/16 = 2.75 tCO₂e/tCH₄ である。従って、メタンガス 1Nm³ を燃焼した時の CO₂ 発生量は 1.9643kg/Nm³、常温のメタンガス 1m³ を燃焼した時の CO₂ 発生量は、1.8302kg/Nm³ である。尚、IPCC のガイドラインでは、燃焼酸化した際の、酸化率を 98%、2% は酸化されずに大気中に放出されるとしている。

同時に、CMM は、純メタン換算で低位発熱量が 35.8MJ/Nm³（8,555kcal/Nm³）であることから、ボーリングで回収した CMM はクリーンなエネルギーとして利用することができる。

メタンガスガスは濃度 4.8～14.5% で爆発するため、安全係数を乗して 30% 以上の濃度の時に利用されている。

おもな利用方法は、発電、民生用都市ガス、工業用燃料であり、温暖化対策からフレアリングされるケースもある。表 1-4 に 2007 年の CMM 利用状況を示す。

発電方式は、ガスエンジンと蒸気タービン発電のケースがあるが、主流はガスエンジンによる発電である。

メタン濃度 30% 未満の CMM を利用するガスエンジンの開発も進んでいる。中国では、安全規定の 30% 未満使用禁止の適用除外となっているガスエンジン発電機及びガス輸送システムが、CDM により数多く普及している。

通常メタン濃度のガスエンジン発電機（0.55MW）と 30% 未満メタン濃度のガスエンジン発電機（0.5MW）の写真を写真 1-3 に示す。ガスエンジン発電所は、数台から数 10 台のガスエンジン発電機をガスパイプラインに並列に接続して運転する。晋城炭鉱の世界最大の 120MW 発電所から、0.5MW のガスエンジンを数台並べ

³ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories / 4.1.3.2 CHOICE OF EMISSION FACTORS FOR UNDERGROUND MINES

たケースまで、規模は様々である。

表 1-4 2007 年世界の CMM 利用状況

	CMM利用のプロジェクト数	AMM利用のプロジェクト数	温室効果ガス削減量 Mt CO ₂ e/yr	プロジェクトのエネルギー利用方法
オーストラリア	10	5	6.4	フレアリング、発電、ガスパイプラインに接続、VAM酸化、
中国	40	0	8.6	都市ガス、発電、工業用燃料、自動車燃料、ガスパイプラインに接続
チェコ	1	0	1.4	パイプラインに接続
ドイツ	9	36	7.5	熱併給発電、発電
カザフスタン	1	0	0.2	ボイラ燃料
ポーランド	21	0	2.1	発電、石炭乾燥、熱併給発電、工業用燃料、ボイラ燃料
ロシア	7	0	0.7	発電、発電ボイラ燃料
ウクライナ	9	0	1.9	発電、熱併給発電、工業用燃料
アメリカ	13	26	16.4	暖房又は冷房、パイプラインに接続、発電、石炭乾燥、その他
合計	96	41	45.2	

出典：Coal Mine Methane in China：IEA Information Paper February 2009



CMMガスエンジン発電機
(CH₄濃度30%以上のCMM)



低濃度CMMガスエンジン発電機
(CH₄濃度8%以上のCMM)

写真 1-3 ガスエンジン発電機

CMM を都市ガス利用するには、ガスの必要カロリーからメタンガス濃度が 38% 以上必要である。CMM は保安目的のため、濃度が安定せず、また 38% 以上を維持することが困難である。CDM プロジェクトの鉄法炭鉱のように都市用・工場用に

CMM を供給するケースはまれで、通常は、38%未満でも BAU で炭鉱従業員用或いは近隣住民用、自社の熱供給等のボイラ燃料として使うケースが多い。写真 1-4 に、炭鉱近隣農家での CMM 利用状況の写真を示す。



水封式ガスタンク



炭鉱近隣農家への
ガス供給パイプ



農家へ設置された
ガスコンロ

写真 1-4 炭鉱近隣農家へのガス供給サービス

フレアリングは、石油開削の随伴ガスを燃やすように、CMM を燃焼、酸化処理する方法である。CMM では実施されていない。



写真 1-5 CBM（狭義・資源）のフレアリング

1.2. 企画立案の背景

1.2.1. 世界の二酸化炭素排出量

IEA⁴によると 2008 年の世界全体の化石燃料燃焼による二酸化炭素 (CO₂) 排出量は 293.8 億 t-CO₂e、1990 年の 209.6 億 t-CO₂e に対して 40.1% 増加、対前年比では 4 億 t-CO₂e、1.5% 増加した。上位 10 カ国の CO₂ 排出量の合計は 191 億 t-CO₂e で、世界の CO₂ 排出量の 2/3 を占める。中国は、CO₂ 排出量が 65.5 億 t-CO₂e で対前年比 8% 増加し、米国の 56.0 億 t-CO₂e を上回り、世界最大の排出国となった。京都議定書を批准していない米国と中国の合計は 121 億 t-CO₂e で、世界の CO₂ 排出量の 41% を占める。

燃料別の CO₂ 排出量を見ると、石炭燃焼からの CO₂ 排出量は 126 億 t-CO₂e で全体の 43% を占め、対前年比で 3%、3.7 億 t-CO₂e 増加した。世界の CO₂ 排出量が対前年比では 4 億 t-CO₂e 増加した最大の要因は、石炭燃焼からの CO₂ 排出量の増加によると言える。石炭燃焼からの CO₂ 排出量を国別にみると、中国が 54.3 億 t-CO₂e で全世界の 43% を占める。中国は、対前年比で 8.6%、4.3 億 t-CO₂e 増加した。従って、中国の石炭燃焼による CO₂ 排出量増加が、世界の CO₂ 排出量増加につながったといっても過言ではない。

1.2.1. 世界の一次エネルギー需給

IEA⁵によると、2008 年の一次エネルギー供給は 12,264Mtoe で中国が 17.4% を占める。最終エネルギー消費量は、1973 年の 4,676 Mtoe⁶ が 2008 年には 8,428Mtoe へと増加、中国が占める割合は 7.9% から 16.4% に増加した。

BP⁷によれば、2009 年の世界の一次エネルギー消費量は 11,164.3 Mtoe で、2008 年の 11,315.2Mtoe に対して 150.9Mtoe、1.1% 減少した。最大のエネルギー消費国である米国が 2,302.4Mtoe から 2,182.0Mtoe へ 271.3Mtoe、5% 減少したのに対して、中国は 2,007.4Mtoe から 2,177.0Mtoe へ 169.6Mtoe、8.7% 増加した。

EIA の速報データでは、09 年の中国の消費量は石油換算で 2,252.0Mtoe、米国の 2,170.0Mtoe を約 4% 上回り、世界最大のエネルギー消費国となった

⁴ CO2 Emissions from Fuel Combustion Highlights :
<http://www.iea.org/co2highlights/co2highlights.pdf>

⁵ 2010 IEA Key World Energy
statistics:http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2010.pdf

⁶ 100 万石油換算 t

⁷ BP Statistical Review of World Energy June 2010 :
<http://www.bp.com/bodycopyarticle.do?categoryId=1&contentId=7052055>

1.3. ホスト国に関する情報

1.3.1. 基本情報

中国の国名は中華人民共和国 People's Republic of China、面積は日本の 26 倍の 9,600,000km²、人口は 133,473 万人（2009 年 12 月末時点）、首都は北京である。政体は社会主義共和制（人民民主独裁）、元首は胡錦濤主席、内閣にあたる国務院の総理は温家宝である。基礎的な経済指標を表 1-5 に示す。

表 1-5 基礎経済指標

実質 GDP 成長率	9.1% [2009 年]
名目 GDP 総額	34 兆 507 億元 [2009 年]
	4 兆 9,844 億ドル [2009 年]
一人あたりの GDP（名目）	3,735 ドル [2009 年]
消費者物価上昇率	-0.7% [2009 年]
失業率	4.3% [2009 年]
経常収支（国際収支ベース）	2,971 億 4,205 万ドル [2009 年]
貿易収支（国際収支ベース）	2,495 億 926 万ドル [2009 年]
外貨準備高	2 兆 3,991 億 5,200 万ドル [2009 年]
対外債務残高	4,286 億 5,000 万ドル [2009 年]
為替レート（期中平均値、対ドルレート）	6.8314 元 [2009 年]
為替レート（期末値、対ドルレート）	6.8282 元 [2009 年]
通貨供給量伸び率	27.7% [2009 年] M2
輸出額	8 兆 2,030 億元 [2009 年]
	1 兆 2,016 億 1,000 万ドル [2009 年]
対日輸出額	978 億 6,766 万ドル [2009 年]
輸入額	6 兆 8,618 億元 [2009 年]
	1 兆 59 億 2,000 万ドル [2009 年]
対日輸入額	1,309 億 1,490 万ドル [2009 年]
直接投資受入額	781 億 9,273 万ドル [2009 年] 国際収支ベース

出典：JETRO http://www.jetro.go.jp/world/asia/cn/basic_01/

1.3.2. エネルギー需給構造と二酸化炭素排出量

表 1-6 に 2008 年の中国のエネルギー指標を示す。2009 年に中国は世界最大の一次エネルギー消費国であり、CO₂ 排出国となった。

表 1-6 2008 年のエネルギー指標

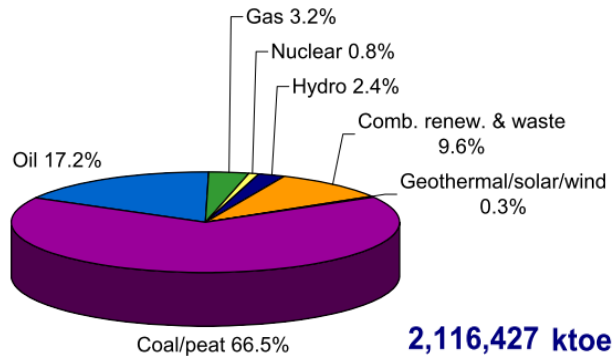
Population (million)	1,325.64	TPES/Population (toe/capita)	1.6
GDP (billion 2000 USD)	2,602.57	TPES/GDP (toe/thousand 2000 USD)	0.81
GDP (PPP) (billion 2000 USD)	10,803.84	TPES/GDP (PPP) (toe/thousand 2000 USD)	0.2
Energy Production (Mtoe)	1,993.31	Electricity Consumption / Population (kWh/capita)	2453
Net Imports (Mtoe)	184.7	CO₂/TPES (t CO ₂ /toe)	3.08
TPES (Mtoe)	2,116.43	CO₂/Population (t CO ₂ /capita)	4.91
Electricity Consumption* (TWh)	3,252.28	CO₂/GDP (kg CO ₂ /2000 USD)	2.5
CO₂ Emissions ** (Mt of CO ₂)	6,508.24	CO₂/GDP (PPP) (kg CO ₂ /2000 USD)	0.6

*Gross production + imports - exports - losses

**CO₂ Emissions from fuel combustion only. Emissions are calculated using IEA's energy balances and the Revised 1996 IPCC Guidelines.

出典：IEA http://www.iea.org/stats/indicators.asp?COUNTRY_CODE=CN

中国の一次エネルギー消費の特徴は、図 1-6 に示すように石炭の占める割合が 66.5%を占めることである。図 1-7 に示すように、旺盛な経済成長を支えてきたと言える。これにより、前述したように中国が世界最大の CO₂ 排出国となったと言える。

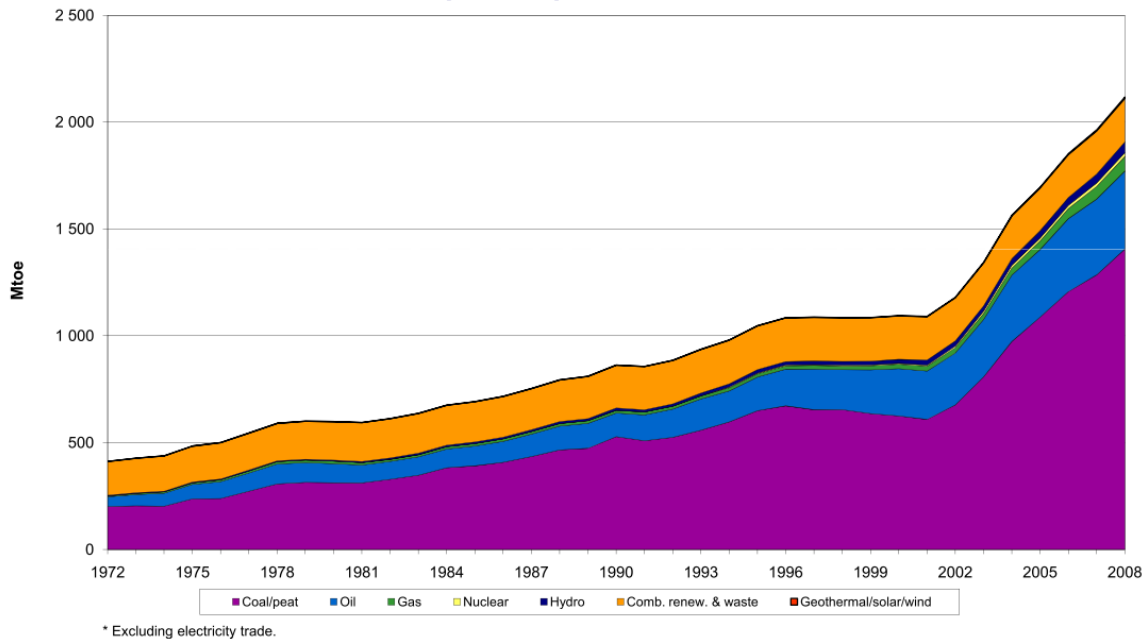


* Share of TPES excludes electricity trade.

Note: For presentational purposes, shares of under 0.1% are not included and consequently the total may not add up to 100%.

出典 : http://www.iea.org/stats/pdf_graphs/CNTPESPI.pdf

図 1-6 2008 年中国の一次エネルギー供給のソース別割合



出典 : http://www.iea.org/stats/pdf_graphs/CNTPES.pdf

図 1-7 中国のソース別一次エネルギー供給の推移

中国共産党第 17 期中央委員会第 5 回全体会議が 2010 年 10 月 15 日から 18 日にかけて北京で開催された。会議では、「中共中央の国民経済及び社会発展の 12 次 5 カ年計画に関する意見」が討論・審議された。そして、中国の第 11 期全国人民代表大会（全人代＝国会）が 3 月 5 日から開催され、政府活動報告を承認し、国民経済の新中期計画である「第 12 次 5 カ年計画」（「十二・五」計画）を決定する見通しである。

「十二・五」計画の期間、中国の国内総生産（GDP）成長率の調整目標は 7%とされ、政府は経済の質向上をより重視していく見通しである。

中国国家能源局発展計画局局長の江氷氏は「2015年迄に、中国における一次エネルギー消費量は 40億～42億 t（標準炭）にまで抑えられ、非化石燃料消費の割合は 11%以上にすることができる」と示した。また、中国中央政府は「2020年迄に、非化石燃料が一次エネルギー消費量に占める割合を 15%位に引き上げ、単位 GDP 当たりの二酸化炭素排出量を 2005年より 40%から 50%まで下げる」という目標を打ち出した。「この二つの目標を実現させる為に、「十二・五」期間において、一次エネルギー消費総量を 42億 t（標準炭）に抑えると同時に、非化石燃料が一次エネルギー消費に占める割合を 11%以上に保たなければならず、水力発電・原子力発電建設や、風力発電・太陽エネルギー・バイオマスなどの再生可能エネルギーの発展を迅速に推進しなければならない。」と江氷氏が述べた⁸。

検討中の中共中央の「十二・五」計画基本構想は次の内容を含むと見込まれる。

今後 5年間で、経済構造・社会構造の両改革を開始し、発展モデル転換及び経済構造の調整を主流とし、経済社会を「外需から内需へ」、「高炭素から低炭素へ」、「強国から国民の豊かさへ」の三つのモデルへ転換させていく。そのうち、経済構造の調整については、「十二・五」計画の核となる部分である。

産業発展の面において、戦略的に新興産業を育成・発展させるのは、「十二・五」計画の重点の一つだと明確にされた。関連産業の発展方向、戦略的な重点及び重大な措置もそれに基づき確定される。現在の戦略的新興産業は、省エネ・環境保全、新世代の情報技術、バイオテクノロジー、最先端の装備製造、新エネルギー、新材料及び新エネルギー自動車産業を含む。この七つの戦略的新興産業は、真っ先に推進され、中国産業経済の新しい駆動力と希望になると望まれている。

新興エネルギーの面において 2015年迄で、天然ガスは、中国エネルギー需要の 8%を満たし、現在の 4%を超える。風力エネルギー、太陽エネルギーとバイオマス電力は、エネルギー需要の 3%に達する。また、水電と原子力エネルギーの割合は、今後 5年間で 7%から 9%まで引き上げると規定されている。

省エネ・環境保全の面で、「十二・五」計画は、エネルギー消費、二酸化炭素排出削減量、国民収入の増加率、都市化率などの指標に対して一定の拘束力があり、国民を豊かにさせることや、環境に優しく且つ都市と農村の発展を兼ね備えることまで幅広くカバーし、「十二・五」計画の注目される投資の話題となっている。

⁸ 財新網 2010-11-26 <http://www.china5e.com/show.php?contentid=137074>

「十二・五」計画では、省エネ・環境保全と関連する指標の予測値は、以下のとおりである。(1)単位 GDP 当たりのエネルギー消費は、15%～20%まで低下。(2)単位 GDP 当たりの二酸化硫黄の排出量は 20%低下。(3)「十二・五」期間で、COD と SO₂ の 2 種類の主要汚染物を含め、アンモニア・窒素及び窒素酸化物 (NO_x) も指標総量体系に納められる。

それに先立ち、温家宝首相は 2 月 27 日、「第 1 2 次 5 カ年計画」期間中の国内総生産 (GDP) 成長率目標を年平均 7%に設定し、持続的安定成長を目指す方針を明らかにした。昨年までの 5 カ年計画は目標を年 7.5%としたが、実際は 9～14%台の高い伸びが続きインフレや環境汚染が問題化したため、成長率を低めに抑え省エネルギーや環境に配慮する考えをあらためて強調した。今後 5 年間の中期計画について温首相は、これまでの浪費型経済からの脱却や内需拡大を図る「発展方式の転換」を強調。さらに、高成長の追求だけでは「経済発展は続かない」と語り、エネルギー消費と二酸化炭素 (CO₂) 排出量の対 GDP 比率を 15 年までに 16～17%削減する考えを示した⁹。

1.3.3. 石炭生産

中国人民日報は、中国煤炭工業協会の速報として 2010 年の石炭生産量が 32 億 t に達したと報じた。中国では石炭の生産量が毎年 2 億 t 増加しており、このスピードで増産が続けば、第 12 次 5 カ年計画の最終年度である 2015 年には 40 億 t を越えるの見込まれる。エネルギー白書 2010 年版によると、日本の石炭消費量は、1965 年度の 6,978 万 t から 1984 年度には 1 億 t を、2000 年度には 1 億 5,000 万 t を超え、1 億 8,943 万 t と過去最高を記録し、2008 年度は前年度に比べて 607 万 t 減少し、1 億 8,336 万 t となっている。その日本の消費量に匹敵する量が、中国では毎年増え続けている。

中国の石炭企業は、大きく中央政府が資本を拠出した国有重点炭鉱、地方政府が拠出した地方国有炭鉱、個人・企業が拠出した郷鎮炭鉱に区分される。2008 年の企業の生産規模別出炭量を表 1-7 に示す。また、石炭企業の経営形態別石炭生産量を表 1-8 に示す。大規模企業は国有重点炭鉱、中規模は国有重点炭鉱と地方国有炭鉱、小規模は郷鎮炭鉱と言える。企業の集約化が進められており、石炭産業の第 12 次 5 カ年計画では、2015 年に 5,000 万 t 以上の特大型石炭企業が石炭生産量に占める割合を 65%以上に、1,000～4,000 万 t 規模の大型石炭企業を 20 作る計画が盛り込まれ

⁹ 毎日新聞 2011 年 2 月 28 日 東京朝刊

ると見込まれる。

表 1-7 2008 年石炭企業の生産規模別石炭生産量

	生産量 百万 t /年	%	企業数
年間生産量 1 億 t 以上	395.7	14.6%	2 社
年間生産量 5 千万 t 以上	325.0	12.0%	5 社
年間生産量 2 千万 t 以上	208.0	7.7%	14 社
年間生産量 1 千万 t 以上	208.0	7.7%	15 社
年間生産量 1 千万 t 未満	1,579.0	58.1%	
合計	2,715.8	100.0%	

表 1-8 2008 年石炭企業の経営形態別石炭生産量

単位：百万t

国有重点炭鉱	地方国有炭鉱	郷鎮炭鉱	合計
1,339.9	340.4	1,035.5	2,715.8

1.3.4. 炭鉱メタンガス

(1) 炭鉱メタンガス災害と安全規定

中国では炭鉱メタンガス爆発事故で多くの人命が失われており、その対策として、メタンガスの多い炭鉱では、ガス爆発を防止するためにボーリングをして CMM を抜いている。

2005 年当時、1958 年の建国からの 100 人以上が死亡した災害数は 19 で 3,162 人が死亡した。その内、18 がガス爆発事故・ガス炭塵爆発事故・炭塵爆発事故・ガス突出事故で 3,052 人が死亡、それぞれ全体の 94.74%と 96.52%を占めた。これらの災害を起こした炭鉱の内、18 炭鉱は大型の国有重点炭鉱であった。また、2001 年から 2005 年 2 月末までの 30 人以上が死亡した災害数は 28 で 1,689 人が死亡した。その内ガス災害は 24 で、1,558 人が死亡、それぞれ全体の 85.71%と 92.2 を占めた。小規模の炭鉱を経営する郷鎮炭鉱では、死亡者 30 人以下の小規模の災害が頻発した。

メタンガス爆発事故防止は、中国政府の喫緊の課題であり、2005 年 6 月 22 日に国家発展改革委員会は「煤礦瓦斯治理与利用実施意見的通知」発改能源[2005]1119 号を公布した。時期を同じくして、2005 年 6 月 22 日に「煤礦瓦斯治理与利用総体方案的通知」発改能源[2005]1137 号を公布した。それぞれ、ガス爆

発事故の防止目標として、2005年～2006年に死亡者数100人以上の災害を現状の1/3に、2007年～2010年に死亡者数50人以上の災害を現状の1/3に、2011年～2012年に死亡者数10人以上の災害を現状の1/3にする目標を掲げた。からCMMの開発利用の目標として、2006年のCMM抽出率30%以上、抽出量40億m³、CMM利用量8億m³、2010年にはCMM抽出率50%以上、抽出量100億m³、CMM利用量50億m³以上を掲げた。

中国の石炭生産量、CMM抽出量、ガス爆発災害の推移を表1-9に示す。2005年には414回ガス爆発事故が発生し2,171人の人命が失われたが、2010年には135回、593名まで減少した。

表 1-9 CMM/CBM抽出量とガス爆発災害の推移

	石炭生産量	CMM抽出量	CMM利用量	CBM抽出量	CBM利用量	ガス爆発災害	
	億 t	億 m ³	億 m ³	億 m ³	億 m ³	事故数	死亡者数
2005		23	6			414	2171
2006		32.4	11.5			327	1319
2007	25.2	47	14			272	1084
2008	27.2	53	16	5	3.7	182	778
2009	30.5	64.5	19.3	10.15	5.8	143	710
2010	32	73.5	25	14.5	11	135	593

第11次5カ年計画（2006年～2010年）のCMM回収利用計画では、2010年のCMM回収量100億m³、CMM利用量80億m³以上、内坑内からのCMM回収量52.8億m³、CMM利用量32.0億m³の目標に掲げた。各省別第11次5カ年計画（2006年～2010年）のCMM回収利用計画を表1-10に示す。

表 1-10 第 11 次 5 力年計画（2006 年～2010 年）CMM 回収利用計画

単位：万 m³

省(区、市)	2006 年		2007 年		2008 年		2009 年		2010 年	
	抽采量	利用量	抽采量	利用量	抽采量	利用量	抽采量	利用量	抽采量	利用量
河 北	4219	2310	4961	2860	5511	3520	5951	4070	6061	4180
山 西	59820	34562	104880	71748	107995	76204	127840	80112	151570	120111
内 蒙 古	2827	1200	3135	1200	3300	1500	3410	1500	3410	1500
辽 宁	24497	13510	32517	24878	31133	26171	31846	26384	37770	27339
吉 林	1705	330	2184	845	2294	880	2679	1386	3119	1584
黑龙江	6356	2642	8056	3830	9346	4449	10676	5132	10986	5267
江 苏	273	150	273	150	273	150	220	150	220	150
安 徽	29480	10398	35860	15364	41360	19120	45540	25186	49500	26682
江 西	2640	396	3166	475	3960	594	5146	772	6946	1042

省(区、市)	2006 年		2007 年		2008 年		2009 年		2010 年	
	抽采量	利用量	抽采量	利用量	抽采量	利用量	抽采量	利用量	抽采量	利用量
河 南	11000	2387	15000	12718	22000	27298	30000	39365	35000	48670
湖 南	3000	1000	3500	2000	4500	3000	6000	4500	8000	6000
重 庆	20632	3536	22492	4097	24551	4645	26856	5560	29601	6704
四 川	5926	3792	7586	5656	15055	10401	21237	15822	22774	17054
贵 州	68618	14520	78408	16786	87272	20268	93238	19918	104956	21384
陕 西	9031	1300	11318	2947	11648	7260	26754	8162	32692	11264
甘 肃	2607	1100	2860	1500	3608	3190	4290	3960	4290	3850
宁 夏	9020	7216	10395	8835	13200	11880	16500	15675	21500	17300
合 计	261651	100349	346591	175889	387006	220530	458183	257654	528395	320081

ガス爆発事故は、管理を徹底することで、対策が困難なときは採掘を中止することで、かなりの確率で未然に防ぐことが可能である。

中国においても、煤砒安全規定で炭鉱メタンガスの管理について、厳しい規定がある。

炭鉱は安全規定第 133 条により、低ガス炭鉱、高ガス炭鉱、ガス突出炭鉱に区

分される。

- 低ガス炭鉱：相対メタンガス湧出量が $10\text{m}^3/\text{t}$ 以下の炭鉱、或いは絶対メタンガス湧出量が $40\text{m}^3/\text{min}$ 以下の炭鉱。
- 高ガス炭鉱：相対メタンガス湧出量が $10\text{m}^3/\text{t}$ より多い炭鉱、或いは絶対メタンガス湧出量が $40\text{m}^3/\text{min}$ より多い炭鉱。
- ガス突出炭鉱：自然発火性、炭塵爆発性などから地方の安全監察局が査定する。

VAM に関しては、下記の規定によりメタンガス濃度が 0.75% を越えてはならない。

安全規定 135 条

炭鉱の総排気或いは 1 採掘ブロックの総排気が 0.75% を越えたときには、直ちに原因を調査し対策を講じなければならない。

採掘現場の排気は、下記の規定によりメタンガス濃度が 1% を越えてはならない。

安全規定 136 条

採掘区排気坑道、採掘作業切羽現場の拝個行動のメタンガス濃度が 1.0% を、若しくは CO_2 濃度が 1.5% を超えた場合、作業を中断し、従業員を撤退させ、相応しい措置を講じることにより、処理を行う。

安全規定 145 条 に基づき、以下の条件の時は地上に恒久的なガス抽出センターを建設してガス抜きを行わなければならない。

- (1) 石炭採掘切羽のメタンガス湧出量が $5\text{m}^3/\text{min}$ より多いとき、或いは掘進切羽のメタンガス湧出量が $3\text{m}^3/\text{min}$ より多いとき。
- (2) 炭鉱の絶対ガス湧出量が以下の条件の時
 1. 年間生産量が 150 万 t より多い炭鉱： 40m^3 より大
 2. 年間生産量 100 万 t ～ 150 万 t の炭鉱： 30m^3 より大
 3. 年間生産量 60 万 t ～ 100 万 t の炭鉱： 25m^3 より大
 4. 年間生産量 40 万 t ～ 60 万 t の炭鉱： 20m^3 より大
 5. 年間生産量 40 万 t より小さい炭鉱～ 150 万 t： 15m^3 より大

利用については、安全規定 148 条 に基づき、メタンガス濃度が 30% より低いときは燃焼利用できない。但し行業標準に定められたガス輸送システムとガス利用設備を使用してよいという適用除外がある。

フレアリングについては、ガス抽出センターから 20m の範囲内は火気禁止の規定がある。

この他、細々とした規定がある。

また、中華人民共和国国家標準 GB-21522-2008 「煤層気（煤矽瓦斯）排放標準（暫行）」において 2010 年 10 月 1 日よりメタン濃度 30% の高濃度 CMM は、大気中への放流が禁止され。燃焼利用等するかフレアリングしなければならない。（表 1-11 参照）

表 1-11 煤層気（煤矽瓦斯）の排出放流

ガス処理方法	ガスの区分	対策
煤層気（狭義・資源 CBM） 地表からの開削系統	煤層気（狭義・資源 CBM）	排出放流禁止
煤矽ガス（CMM） 抽出系統	高濃度ガス （CH ₄ 濃度 ≥ 30%）	排出放流禁止
	低濃度ガス （CH ₄ 濃度 < 30%）	—
煤矽回風井（VAM）	通気ガス（VAM）	—

坑内掘り炭鉱では、石炭を採掘するとメタンガスが湧出する。中国の坑内掘り炭鉱の比率は 95%¹⁰なので、約 30 億 t の石炭が坑内掘り炭鉱で生産したと見込まれる。

IPCC ガイドライン¹¹によれば、Tier1（個別の炭鉱からのガス湧出量データが全くない国）の場合、石炭を 1t 採掘した際に石炭から湧出するメタンガス量を求める際に使う数値は表 1-12 とおりである。

表 1-12 採掘深度別メタンガス湧出量

採掘深度	ガス湧出量
< 200 m,	10 m ³ /t
200m～400m	18 m ³ /t
> 400 m	25 m ³ /t

中国は比較的深い震度の石炭を採掘しており、200m～400m の数値を使うのが妥当であるが、保守的に見て、石炭 1t 採掘した際に 10m³ の CMM（CH₄=100%）

¹⁰ 国家《煤层气（煤矿瓦斯）排放标准（暂行）》编制说明

¹¹ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories/4.1.3.2 CHOICE OF EMISSION FACTORS FOR UNDERGROUND MINES

が湧出したとして試算すると 300 億 m³、CO₂ 換算すると 4.2 億 tCO₂e 湧出していることになる。

中国では、湧出したメタンガスの 70%が VAM であるといわれている。2010 年に抽出された CMM 量 73.5 億 m³ から逆算すると、CMM の湧出量が 245 億 m³、VAM が 171.5 億 m³ となる。2010 年、以上の試算から保守的に見て、少なくとも 245 億 m³ 以上のメタンガスが湧出し、73.5 億 m³ がボーリングにより抽出され、残りの 171.5 億 m³、CO₂ 換算すると約 2.4 億 tCO₂e 温室効果ガスが VAM として大気中に放出されたことになる。中国の 2008 年の化石燃料燃焼による CO₂ 排出量が 65.5 億 t-CO₂e であり、それに加えて VAM の放出を考えれば、石炭生産と利用が地球温暖化に与える影響は極めて大きいと言える。

1.4. ホスト国の CDM/JI に関する政策・状況等

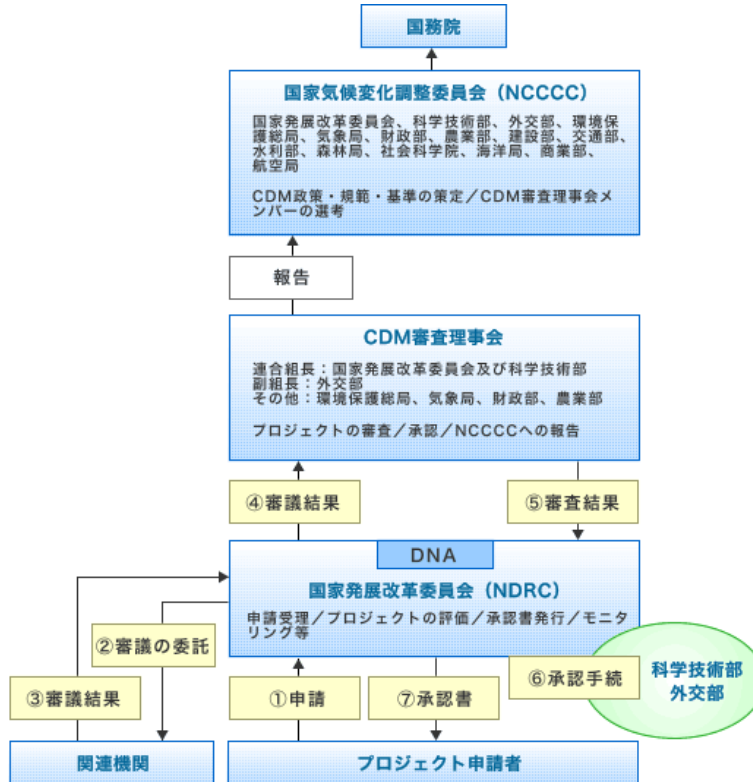
中国政府は、1993 年 1 月に国連気候変動枠組条約を批准、2002 年 8 月に京都議定書を批准した。CDM プロジェクト活動に関する管理するために『CDM プロジェクト運行管理弁法』（以下、CDM 管理弁法）を 2005 年 10 月から施行した。管理弁法により、国家発展改革委員会（NDRC）が国家指定機関（DNA）となった。

図 1-8 図 1-8 に、CDM の承認体制を示す。プロジェクト実施者は、NDRC に対して承認申請を行なう。中国語版の CDM プロジェクト設計書（PDD）とあわせて地方政府発展委員会のプロジェクト承認書、地方政府環境保護局の環境影響評価、排出量取引購入協定（ERPA）その他企業情報等を提出する。中国政府は、事業者が排出権を売り出す際の最低価格（フロアプライス）を設けている。これは非公式の数字であり、公表されていないが、ERPA 提出により承認の可否が決定されるので留意しなければならない。

CDM 管理弁法では、第十一条で、「中国国内の中国資本企業および中国資本が支配権を有する企業は、外国の団体と CDM プロジェクトを実施することができる。」と規定しており、外国企業が支配権を有する企業は、ホスト国承認の資格を有しない。また、第四条で、「中国において展開される CDM プロジェクトの重点分野は、エネルギー効率改善、新エネルギーと再生可能なエネルギーの開発・利用およびメタンガスと石炭層ガスの回収・利用が中心である」と炭鉱メタンガスのプロジェクトを推奨している。

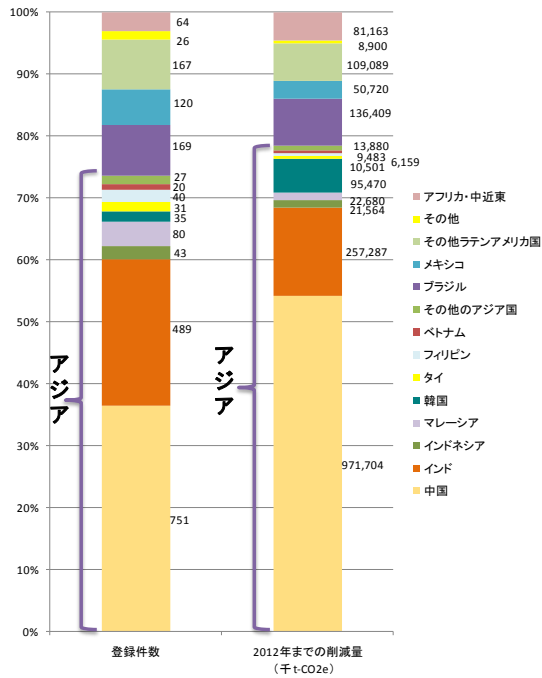
中国において、CDM から得られる収入（CER）の一部は国家に属するものとされており、炭鉱メタンガスプロジェクトは、その他に分類され、3%課金される。

中国の CDM の登録状況（2010 年 3 月末実績）は、図 1-9 とおりであり、登録件数の 37%、2012 年までの CER の 54%を占めている。



出典：京都メカニズム情報プラットフォーム

図 1-8 CDM の承認体制



出典：IGES CDM プロジェクトデータ分析（2010年3月更新）

図 1-9 国別の登録済み CDM プロジェクト件数と CO₂ 削減量

2. 調査内容

2.1. 調査実施体制

(株)PEAR カーボンオフセット・イニシアティブ；調査・報告書作成・PDD 作成

- 外注；DNV；有効化審査
- 外注；超え対中環境ビジネスコンサルティング（株）；現場バリデーション対応

2.2. 調査課題

- ベースラインシナリオに関する調査
ホスト国の今後の政策など現地の状況、当該分野における技術の普及可能性、CDM 理事会での審議などを踏まえ、当該プロジェクトのベースラインシナリオを設定する。ベースラインシナリオの設定に当たっては、プロジェクトバウンダリーや追加性の考え方を明確にする。
- モニタリング手法・計画に関する調査
当該プロジェクトにおける適切なモニタリング手法を明らかにし、モニタリング計画を立案する。モニタリング計画の立案に当たっては、ベースライン方法論と整合のとれたものとする。
- プロジェクト実施期間及びクレジット獲得期間に関する調査
ベースラインシナリオに基づいて、適切なプロジェクト実施期間及びクレジット獲得期間を設定する。
- 温室効果ガス排出量の計算に関する調査
現地調査での実測データや、ホスト国が保有する、あるいは国際的に認められているデフォルト値、パフォーマンス値等を基に、プロジェクトバウンダリー内におけるプロジェクトを実施する場合と実施しない場合の温室効果ガス排出量を定量化する。必要に応じて、リーケージも検討する。
- 環境影響に関する調査
当該プロジェクトの特徴を考慮した環境影響を調査する。その際には、ホスト国における環境影響評価に関する制度を十分、考慮するものとする。
- その他の間接影響に関する調査
当該プロジェクトの特徴を考慮しながら、社会的、経済的、文化的側面等における間接影響を検討する。
- 利害関係者のコメントに関する調査
当該プロジェクトの利害関係者の範囲を特定し、利害関係者へのヒアリング調査を実施して利害関係者コメントを収集し、そのコメントへの対応策を

検討する。

- 資金計画に関する調査

当該プロジェクトを実施するために必要な経費や収入を試算するとともに、CDMプロジェクトとして実現するための資金計画を立案する。あわせてプロジェクトの事業性を評価する。

- プロジェクト設計書（PDD）の作成

上記の調査結果を基に PDD を作成する。

- 有効化審査の実施

作成した PDD について、指定運営組織（DOE）による有効化審査を実施する。

また、CDM の事前考慮（Prior Consideration）の提出に関する協議を、現地カウンターパート等と行い、有効化審査（又はプレバリデーション）実施の際には、事前考慮提出時期を明確化する。

- コベネフィットの評価に関する調査

プロジェクト実施によるホスト国における環境汚染対策等と温暖化対策の「コベネフィット」の実現に関して、環境汚染対策等効果を可能な限り定量的に評価する。コベネフィット対象項目としては、当該プロジェクトで代替するグリッド電力を生成する石炭火力発電所での SO_x、煤塵等の排出削減となる。この SO_x、煤塵等の排出状況を調査し、プロジェクト実施による大気汚染改善効果を評価する。

2.3. 調査内容

2.3.1. プログラム CDM による事業計画

本プロジェクトは、中国陝西省の彬長集団新生能源有限公司をプログラムコーディネーターとして、中国の炭鉱を対象に、PoA で VAM の酸化事業を行う。（図 2-1 参照）PoA の Activity1 は、彬長集団傘下の大佛寺炭鉱から大気中に放出されてきた VAM の酸化事業を、彬長集団傘下の新生能源有限公司が行う。VAM 発電は、世界で初めての商業ベースでのプロジェクトである。

プログラムコーディネーターの彬長会社は、Activity の炭鉱に対して、CERs 配分等 CDM に関わるサービスを提供するとともに、各 Activity の国連登録、モニタリング等の CDM に関わるマネジメントを行う。PEAR は、彬長会社のマネジメントをサポートするとともに Buyer への CERs 販売に関わる。

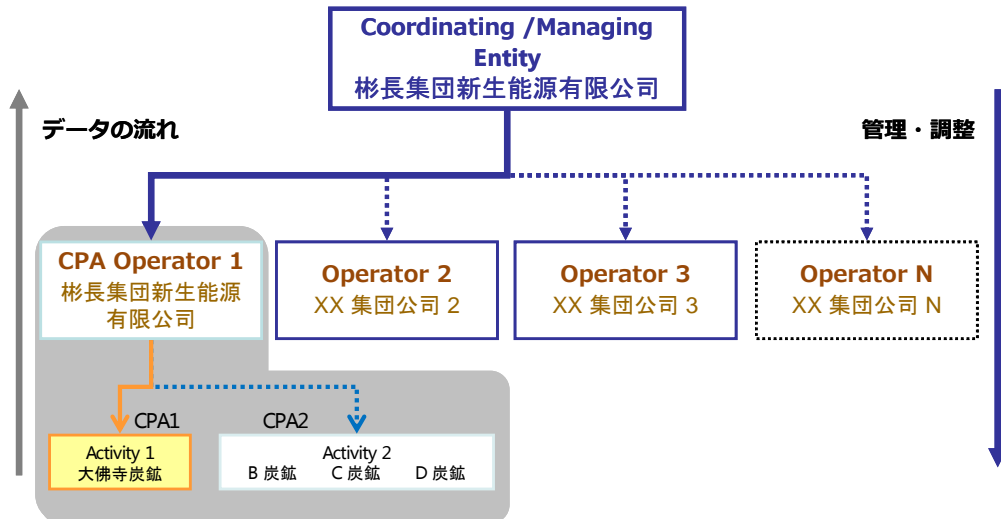


図 2-1 PoA 実施体制

対象技術（設備）は、勝利動力製の VAM Oxidizer で行う。酸化した熱は、発電、熱供給、或いは放熱する。メタン濃度 30%未満の CMM をブレンドするケースでは、対象炭鉱は、現状低濃度 CMM 発電を実施せずに放流しているか、実施しているとしても CDM 事業で実施していることが条件となる。

現状の CDM では、バリデーション開始から登録するまで 500 日以上かかり、加えて EB に却下されるリスクを抱えている。また、2013 年以降の EU-ETS の CER 価格も不透明である。通常の CDM の方式では、CERs の価格が明らかになり、投資決定後に国連登録作業委にはいる。

プログラム CDM は、同種の活動 (CDM Program Activity (CPA)) をパッケージにする「プログラム」を CDM とする新しい CDM のルールであり、最初の活動で登録されれば、二番目以降の審査は軽くて済み、個別に何度も厳しい審査を受ける必要はない。

PoA のプロジェクトで国連登録されたプロジェクトは全て小規模 CDM である。(表 2-1 参照) バリデーション中のプロジェクトでは、ブラジル、モロッコ、フィリピンのランドフィル、ベトナムの水力を除いて小規模 CDM である。中国の PoA でバリデーション中のプロジェクトは全て小規模 CDM である。(表 2-2 参照)

表 2-1 国連登録された PoA プロジェクト (2010 年 12 月 8 日現在)

CDM-EB Ref	PoAプロジェクト名/CPAタイトル	ホスト国	他の関係締約国	プロジェクトの種類	プロジェクトの補足説明	PoA規模
POA 3562	Masca Small Hydro Programme	ホンジュラス	オランダ	水力発電	流れ込み式	小規模
POA 3223	CFL lighting scheme – “Bachat Lamp Yojana”	インド	なし	省エネ	民生	小規模
POA 2956	Uganda Municipal Waste Compost Programme	ウガンダ	オランダ	メタン回避	コンポスト化	小規模
POA 2767	Methane capture and combustion from Animal Waste Management System (AWMS) of the 3S Program farms of the Sadia Institute	ブラジル	英国	バイオガス	家畜ふん尿	小規模
POA 2535	CUIDEMOS Mexico (Campana De Uso Inteligente De Energia Mexico) - Smart Use of Energy Mexico	メキシコ	英国	省エネ	民生	小規模

表 2-2 バリデーション中の中国の PoA プロジェクト (2010 年 12 月 8 日現在)

PoAプロジェクト名/CPAタイトル	ホスト国	ホスト国内地域	他の関係締約国	プロジェクトの種類	プロジェクトの補足説明	PoA規模
Sichuan Rural Poor-Household Biogas Development Programme	中国	四川省	ドイツ	バイオガス	家畜ふん尿	小規模
Biogas Micro-digester Promoting Program for Rural Farmer Households in Chongqing, China	中国	重慶市	日本	バイオガス	家畜ふん尿	小規模
Henan Province Zhoukou City Rural Household Biogas Development Programme (2007-2010)	中国	河南省	英国	バイオガス	家畜ふん尿	小規模
Henan Province Shangqiu City Rural Household Biogas Development Programme (2008-2012)	中国	河南省	英国	バイオガス	家畜ふん尿	小規模
Hunan Household Biogas Digester Programme	中国	湖南省	フィンランド	バイオガス	家畜ふん尿	小規模
Hydraulic rams for irrigation and domestic water supply in Zhejiang, China	中国	淳安县、開化县、衢州市、遂昌县、松陽県、麗水市、瑞安市、蒼南県	ドイツ	水力発電	無動力ポンプ	小規模

PoA で、炭鉱メタンガスのようにひとつの活動のユニットの年間排出削減量が数十万 t-CO₂e 規模のプロジェクトはまだ国連登録されていない。

制度はすでに整備されており、VAM 酸化事業の主たる収入がクレジットで追加性の証明が容易であることから、プログラム CDM としても、国連登録できる可能性は

高い。また、PEAR は、重慶市においてバイオガスマイクロダイジェスターのプログラム CDM の国連登録作業（バリデーション中）を行っており、その経験を生かすことが出来ることから、本取り組みを行うこととした。

従って、Activity 2 以降の炭鉱は、PoA の国連登録が終わった後に投資の意思決定を行えば、国連登録作業の期間の短縮と、EB で却下されるリスクを回避することが出来る。

2008 年、中国の全国に年産 120 万 t 以上の炭鉱が 469 炭鉱あり、年間生産量は 14 億 t、全生産量の 53% を占める。Activity 2 以降の炭鉱は、これらの炭鉱が対象となる。

2.3.2. 大佛寺炭鉱 VAM 酸化プロジェクト

(1) プロジェクトの概要

PoA の Activity1 は、新生能源有限公司が大佛寺炭鉱の VAM と低濃度 CMM を、VAM Oxidizer で酸化して破壊し、その破壊の際に生じる熱を回収し、第 1 期では蒸気を発生させ蒸気タービンで発電を行い、第 2 期では熱水は大佛寺炭鉱の暖房用に供給する。

大佛寺炭鉱及び新生能源有限公司は、煤業化工集団有限責任公司傘下の彬長集団が経営する企業である。Activity1 の実施体制を図 2-2 に示す。

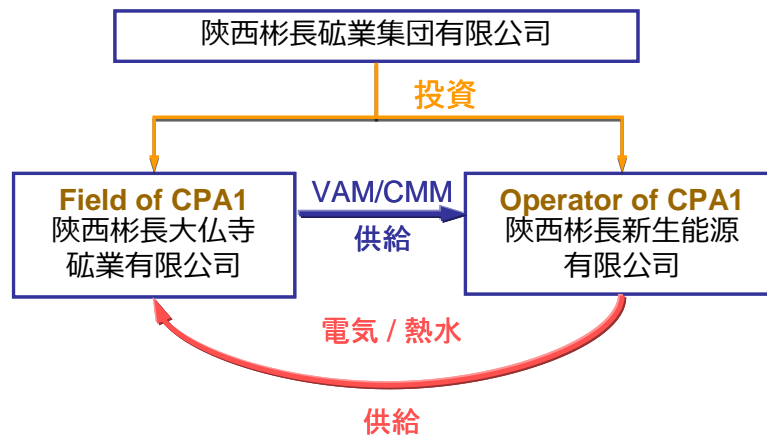


図 2-2 CPA1 実施体制

(2) 陝西煤業化工集団有限責任公司

陝西煤業化工集団有限責任公司（陝煤集団）は、2004 年 2 月 21 日に設立した陝西省管轄の国有大型企業集団であり、陝西省の旧国有重点炭鉱である銅川炭鉱、

蒲白炭鉱、澄合炭鉱、韓城炭鉱、黄陵炭鉱、陝北炭鉱をグループ化した企業で、傘下に 40 社を抱え、石炭の生産、輸送、販売、石炭化学工業、発電までを手掛けるエネルギー企業である。2009 年の石炭生産量は 7,100 万トンを超え、石炭化学製品生産量は 200 万トン、売上高は 321 億元、従業員数は 94 千人である。第 11 次 5 カ年計画（2006～2010）期間に 800 億元の投資を行い、大佛寺炭鉱建設等 80 余りのプロジェクトを開発し、最後の年である 2010 年には、年間石炭生産量 1 億トン、年間売上高 500 億元を達成した。

(3) 陝煤集団

陝煤集団は、陝西省政府管轄の国有大型企業で、陝煤集団が黄陵ジュラ紀炭田彬長鉱区の石炭を開発するために 2003 年 3 月に設立した会社である。本社を咸陽市に置き、同市の北部、彬県と長県に跨る彬長鉱区で大佛寺炭鉱、胡家河炭鉱、孟村炭鉱、小庄炭鉱、文家坡炭鉱の 5 炭鉱を建設中である。炭鉱位置図を図 2-3 に示す。



図 2-3 陝煤集団彬長鉱区位置図

彬長鉱区の面積は 790km²、石炭の地質埋蔵量は 67.29 億 t である。年間の石炭生産規模は、大佛寺炭鉱 800 万 t、胡家河炭鉱 500 万 t、孟村炭鉱 600 万 t、小庄炭鉱 600 万 t、文家坡炭鉱 400 万 t、合計 2,900 万 t である。良質の低硫黄石炭を生産し、電力会社等に販売を行う。2011 年には、大佛寺炭鉱は 330 万 t、胡家河炭鉱が 100 万 t の石炭を生産し、他の炭鉱も石炭の生産を開始する計画である。胡家河炭鉱 500 万 t と孟村炭鉱 600 万 t は、現在建設中の隣接する 7,200MW の馬屋発電所に送られ、発電した電力は東部地域に送られる。

“0 エミッション炭鉱” を目指しており、大佛寺炭において CDM として 12MW の低濃度発電プロジェクトを実施している。(「Dafosi Coal Mine Low Concentration Coal Mine Methane Power Generation Project」国連登録日：2009 年 10 月 28 日)

(4) 大佛寺炭鉱

大佛寺炭鉱は、陝煤集団の子会社で陝西彬長大佛寺炭業有限責任会社が正式の会社名である。図 2-4 に示す通り、大佛寺炭鉱は咸陽市の彬県と長県の境に位置し、西安市の東南 160km に位置する。彬県と長県は甘肅省に接している。



図 2-4 大佛寺炭鉱位置図



写真 2-1 大佛寺炭鉱全景

鉱区の面積は 86.3km²、可採埋蔵量は 7.66 億 t、約 92.5 年間石炭を生産できる埋蔵量を有している。

第 1 期の年間石炭生産規模 300 万 t、第 2 期の完成時には年間石炭生産規模が 800 万 t となる。2003 年 8 月に建設を開始し 2006 年 8 月に生産を開始した大型の近代的炭鉱で、現在第 1 期が完了し、第 2 期の建設中である。2011 年の石炭生産計画は 330 万 t である。

石炭採掘は、401 ブロックと 411 ブロックの 2 ブロックで行われており、401 ブロックは採炭切羽が 1、掘進切羽が 2、411 切羽は 3 掘進切羽が稼働している。採炭切羽は、炭層の厚さが平均 12m の石炭層をケービング採炭で採掘をしている。



図 2-5 ケービング採炭法

ケービング採炭法は、図 2-5 に示すように、厚層の石炭を採掘する際に用いられる採炭方法で、2.5m～3m の厚さで石炭層の下部を掘削しながら進行し、天盤を支える枠の採掘跡側で上部の石炭を崩落させて回収する方法である。

2009 年のガス湧出量は絶対ガス湧出量は 78.8m³/min、相対ガス湧出量は 9.60m³/t で高ガス炭鉱に位置付けらる。安全規定 145 条の「炭鉱の絶対ガス湧出量：年間生産量が 150 万 t より多い炭鉱：40m³ より大」に該当するため、ガス抜きを行わなければならない。表 2-3 に大佛寺炭鉱のガス抜き実績と計画を示す。

401 ブロックは、1# 排気立坑の 750kw の扇風機を設置して 10,172m³ の VAM を排気している。411 ブロックは 2#、3# 排気立坑に各々 345 kw の扇風機を設置して 6,975m³ の VAM を排気している。

現在、401 ブロックのガス抜きが行われており、地上に設置された 9 台のブロアで吸引し、1#～5#の 5 パイプラインで地上に送られている。写真 2-2 に大佛寺炭鉱ガス抽出センターの写真を示す。

また、現在、411 ブロックのガス抜きのため 6#、7#、8#のパイプラインとブロアの建設が行われている。

表 2-3 大佛寺炭鉱ガス抜き実績と計画

Year	ガス湧出量 10 ³ m ³	CMM		VAM 10 ³ m ³	
		10 ³ m ³	発電利用 10 ³ m ³		大気中に 放出 10 ³ m ³
2008	78,840	47,304	12,096	35,208	31,536
2009	115,632	78,840	24,192	54,648	36,792
2010	115,632	78,840	24,192	54,648	36,792
2011	120,888	86,724	24,192	62,532	34,164
2012	120,888	86,724	24,192	62,532	34,164
2013	120,888	86,724	24,192	62,532	34,164
2014	120,888	86,724	24,192	62,532	34,164
2015	161,184	124,392	24,192	100,200	36,792
2016	161,184	127,020	24,192	102,828	34,164



CMM抽出センター



ブローア

写真 2-2 大佛寺炭鉱ガス抽出センター

表 2-3 大佛寺炭鉱ガス抜き実績と計画表 2-4 に、大佛寺炭鉱の 2010 年 4 月のガス抜き実績（1#~5#）と計画（6#~8#）と計画を示す。3#と 4#パイプラインの CMM がメタンガス濃度 8%以上で、低濃度メタンガス発電機に送られている。その他のパイプラインの CMM は、現状は大気中に放流されており、プロジェクトが開始すれば、VAM とブレンドされて VAM Oxidizer で酸化処理される。

表 2-4 大佛寺炭鉱ガス抜き実績（1#~5#）（2010 年 4 月）と計画（6#~8#）

CMM ガス抜きライン	ガス抜き量		メタンガス濃度 (%)	ガス抜き量 純メタン換算	
	(m ³ /min)	(m ³ /h)		(m ³ /min)	(m ³ /h)
1#	189	11,340	0.80%	1.5	91
2#	167	10,020	2.20%	3.7	220
3#	233	13,980	13.20%	30.8	1,846
4#	294	17,640	13.50%	39.7	2,381
5#	201	12,060	4.30%	8.6	518
小計		65,040		84.3	5,056
6#	130	7,800	4.00%	5.2	312
7#	130	7,800	6.00%	7.8	468
8#	150	9,000	8.00%	12.0	720
小計	410	24600		25.0	1,500
合計 CH ₄ > 8%	527	31,620	13.37%	70.5	4,227
合計 CH ₄ < 8%	967	58,020	4.00%	38.8	2,329

(5) 新生能源有限公司

新生能源有限公司は彬長集団の子会社で、大佛寺炭鉱で抽出された CMM 内メタン濃度 8%以上の CMM を利用して発電事業を行っており、VAM の酸化事業も行う。

低濃度 CMM 発電事業は、CDM により 勝利動力製の 0.5MW ガスエンジン発電機 24 台、12MW を設置して発電を行っている。同事業は「Dafosi Coal Mine Low Concentration Coal Mine Methane Power Generation Project」として、2009 年 10 月 28 日に国連登録された。写真 2-3 に写真 2-3 低濃度メタンガス発電所発電所の写真を示す。



ガス抽出センターと低濃度メタンガス発電所



ガスエンジン発電機

写真 2-3 低濃度メタンガス発電所

2.3.3. VAM 酸化技術

世界的に開発が進められている主な VAM の酸化技術は、TFRR: Thermal Flow-Reversal Reactor と CFRR: Catalytic Flow-Reversal Reactor 二つの方式である。

TFRR 方式は、極低濃度 (0.1%~2%) のメタンガスを酸化させてその反応熱を回収する装置である。装置内には 1,000℃に保たれた (スタートアップ時には電気またはガスにより昇温される) 酸化床があり、ここに VAM を通すことによりメタンが酸化され、発熱反応が起きる。この反応熱の一部は、稼動中の酸化床を 1,000℃に維持するために使われ、残りの熱は熱交換器により回収され、温水や蒸気を発生させる。この装置では VAM の流入方向を一定時間毎に交互に入れ替えることで、熱回収効率の向上が図られている。図 2-6 に TFRR 方式の概念図を示す。

スウェーデンの MEGTEC System 社が VOCSIDIZER として製品化しており、他産業

(排ガス中に微量の可燃性ガスを含む)での排出抑制用途に既に700台ほど出荷している。VAMにおいても中国の下記の2炭鉱で熱水利用のプロジェクトがCDMとして国連登録されている。

- Yima Coal Industry (Group) Co., Ltd. CMM utilization project
- Zhengzhou Coal Industry (Group) Co., Ltd. Coalmine Methane Utilization Project

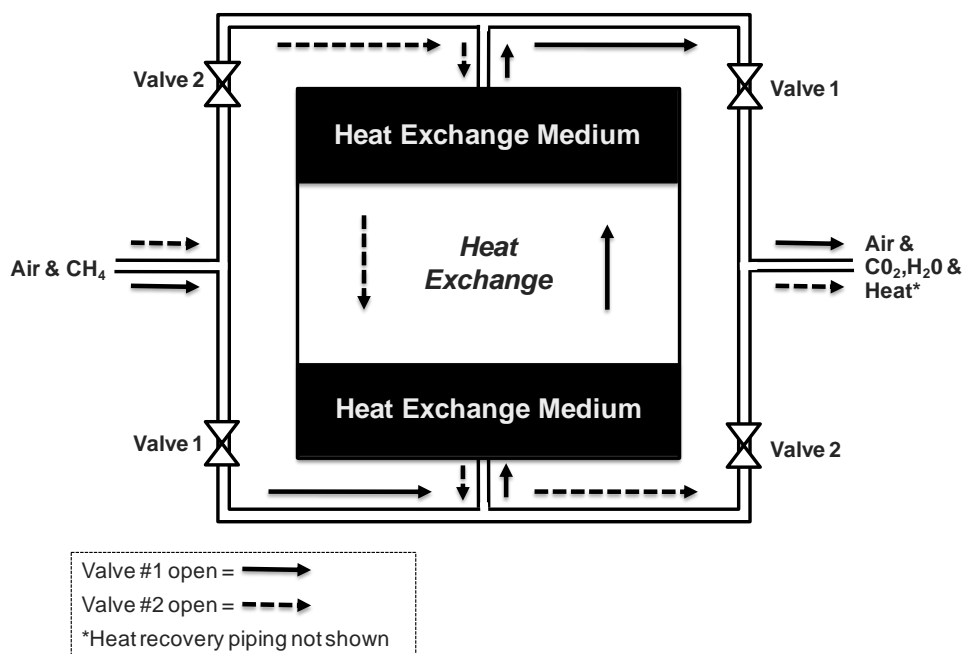


図 2-6 TFRR 方式の酸化メカニズム

CFRR 方式は、カナダの CANMET が開発を進めているシステムで CH₄MIN と呼ばれている。動作原理的には上述の TFRR と同じであるが、酸化床の手前に触媒層を設け、より低温でのメタンの酸化を実現する。TFRR のメタン酸化温度は 350～800℃であり、低 NO_x 化や使用する素材の低コスト化に有利であるといわれている。実用化の点では TFRR に一歩遅れており、未だ実証試験には至っておらず、ベンチスケール試験段階である。図 2-7 に CFR 方式の概念図を示す。

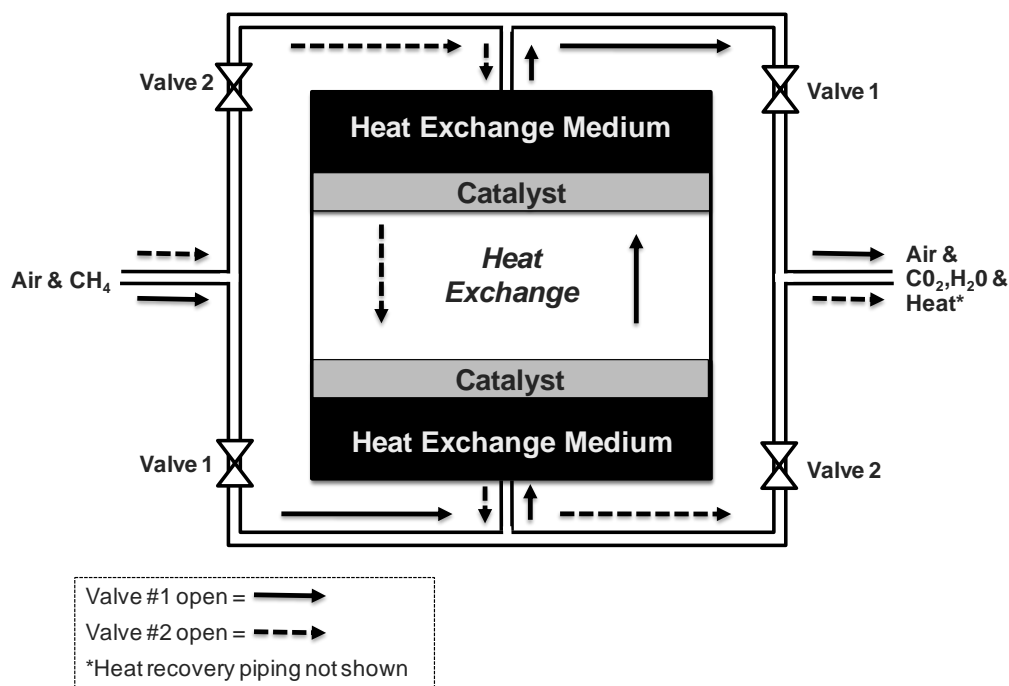


図 2-7 CFR 方式の酸化メカニズム

2.3.4. VAM 酸化と熱利用システム

PoA に含まれる CPA には全て同じ技術あるいは設備を適用する。このプロセスでは、VAM に含まれるメタンを破壊するために、VAM を回収し、その VAM を VAM Oxidizer に送り込む。VAM の酸化により熱エネルギーが生み出されるが、そのエネルギーの利用に関しては、PoA に含まれるそれぞれの CPA は、次の三つのオプションのいずれか、あるいはそれらの組合せを採用する。図 2-8 に概念図を示す。

- ・ 熱エネルギーを利用せず、放流する。
- ・ 熱エネルギーを暖房用などの熱水製造に利用する。
- ・ 熱エネルギーを蒸気タービンで発電するための高温蒸気の製造に利用する。

VAM 酸化の効率を上げるために VAM の濃度を上げる必要がある場合には、そうでなければ大気に放流されたであろう濃度 30%以下の CMM を添加することもある。このように濃度の低い CMM については、それを利用するあるいは破壊することについて法的な要求は存在していない。

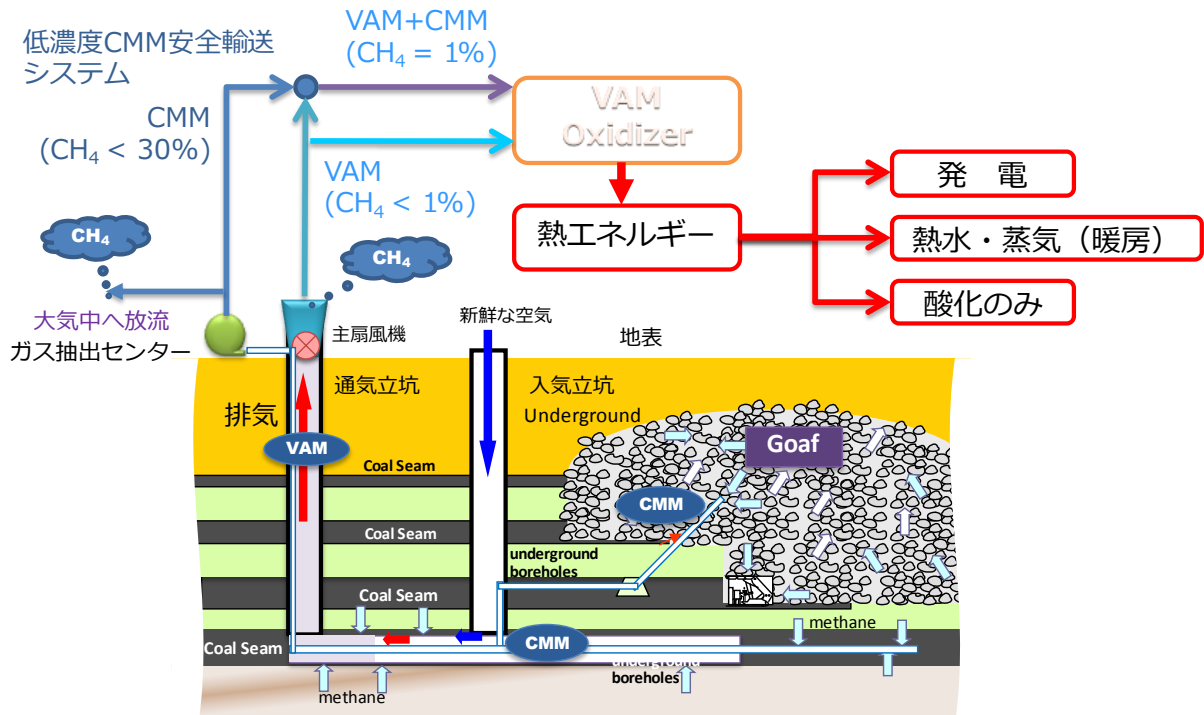


図 2-8 VAM 及び低濃度 CMM の酸化と利用

図 2-9 に PoA で採用する技術の概要を示すが、それぞれの CPA で用いる技術には以下に示すような装置を含んでいる。

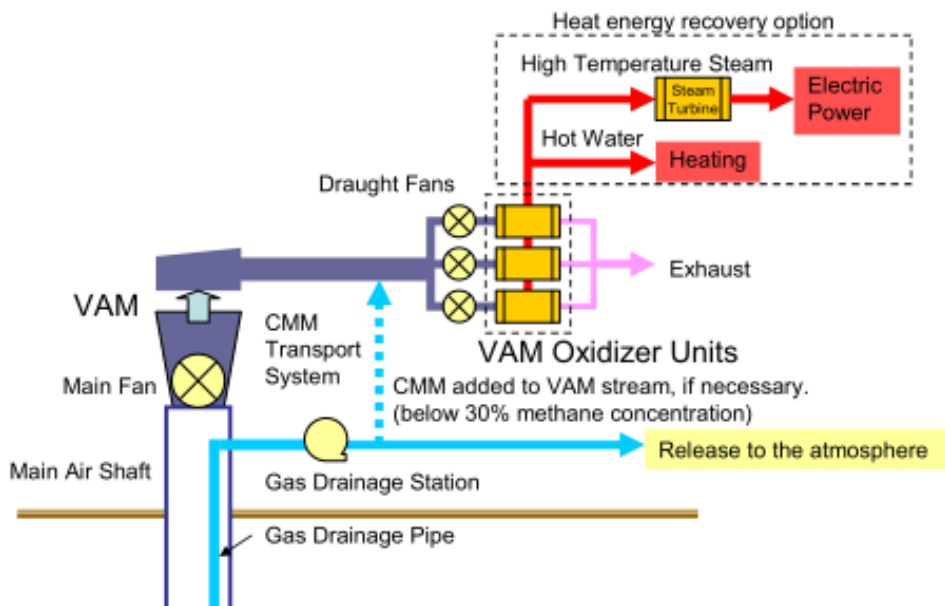


図 2-9 PoA で採用する技術の概念図

(1) VAM Oxidizer

現在、大佛寺炭鉱で進められている VAM 発電プロジェクトに導入する VAM Oxidizer は、勝利動力が、中国で初めて VAM 酸化理論を提案し、その後 200Nm³/h の酸化装置を製作し、試行錯誤によりその理論を裏付けることに成功した。2006 年 3 月に中国国家特許を出願して 2007 年 5 月に取得した。2006 年 10 月には、同社は 10,000 Nm³/h の酸化装置の開発を開始し、阜新炭鉱で試験を行い、2007 年 8 月に、国家発展改革委員会、石炭工業協会、及び環境保護局の数人の専門家が中国の炭鉱における VAM 酸化技術を評価し、この技術が炭鉱での VAM 酸化にとって最も重要な革新技术であり、省エネと温室効果ガスの削減を推進するのにあたり最も実践的に価値のあることであると結論付けた。2007 年 11 月には、同社は 60,000 Nm³/h の VAM Oxidizer (VAM60) の開発に着手し、2009 年 8 月から現在まで、大佛寺炭鉱で実証試験（写真 2-4 参照）を行っており、2010 年 5 月 11 日に国家能源局の技術認証を受けている。



写真 2-4 VAM Oxidizer

表 2-5 に VAM Oxidizer の主な仕様を示す。

VAM Oxidizer は、酸化床と制御システムで構成されている。装置の動作原理を図 2-10 に示す。酸化床は装置の始動時に電気により約 1,000℃の作動温度にまで加熱される。次に、VAM を 2 台の送風扇風機で酸化床に送り込むと、VAM が酸化されることにより発熱反応が発生する。酸化床内では、酸化床の入気側から離れた側に酸化熱が集まるので、既に加熱された側の熱が入ってくる VAM を加熱するように、一定間隔で VAM の流れ方向を自動的に変更する。酸化エネルギーの一部は酸化プロセスを保つために消費されると同時に、余った熱エネルギーは熱交換器により熱として回収され、この熱を発電に利用することもできる。

表 2-5 VAM OXIDIZER の主な仕様

項目	単位	仕様
VAM OXIDIZER の型式	VM60	
酸化能力	Nm ³ /h	60,000
VAM 温度	°C	10 - 40
VAM 最高メタン濃度	% CH ₄	1.2
VAM 最低メタン濃度	% CH ₄	0.25
VAM 最高含水量	mg/Nm ³	30
送風扇風機の定格容量	kW	2 x 55
加熱装置の定格容量	kW	400
始動（初期加熱）時間	hours	72
定格出力（1% CH ₄ 入力）	MJ/Nm ³	35.8
酸化率	%	≥ 97
CO 排出	mg/Nm ³	≤ 50
NOx 排出	mg/Nm ³	≤ 5
騒音	dB	80
運転時間	hours	8,000
寸法	m	8.750 x 7.586 x 7.543
重量	kg	75,000
オーバーホールサイクル	年	3
更新期間	年	12

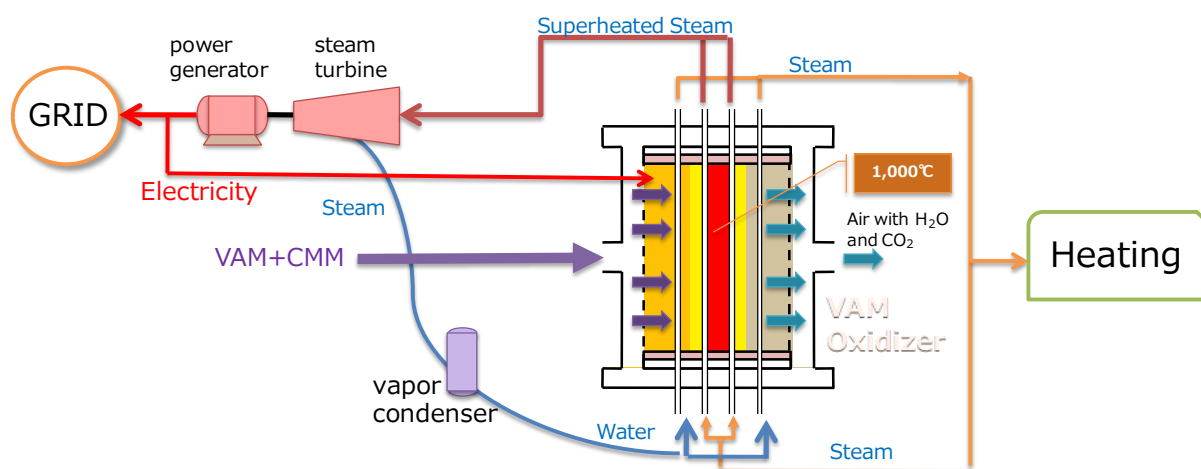


図 2-10 VAM Oxidizer の動作原理

この装置の特徴は、送風用扇風機の電力消費量が少ないことと、処理できる VAM の水分が高いことである。海外で開発された典型的な無炎 VAM Oxidizer は 230kW の送風扇風機を必要とし、最高でも 10mg/Nm³ の水分までの VAM しか酸化できないけれども、この VAM Oxidizer は僅か 110kW の送風扇風機で稼動し、また 30mg/Nm³ の水分まで対応可能である。

VAM Oxidizer のエネルギー回収効率は、図 2-11 に示すようにメタン濃度に比例している。メタン濃度 0.6% では回収効率は 50% であるが、メタン濃度が 1% の場合には効率は 70% に増加する。メタン濃度 1% のケースを仮定すると、VAM Oxidizer は 10,000Nm³/h の VAM に含まれるメタンを酸化することで、400℃、2.5MPa の蒸気を毎時 4.15 トン発生させることができる。この蒸気は発電機を回転させる蒸気タービンに送られるが、4.0MW の発電機を稼動させることが可能である。

VAM のメタン濃度は一般的に 0.3～0.7% であるので、効率的に発電を行うには低濃度 CMM を VAM に添加する必要がある。メタン濃度 0.3% の場合には、VAM Oxidizer のエネルギー回収効率は非常に低い。従って、回収される熱エネルギーは熱水を作るためだけに利用されるか、あるいは大気中に放出される。

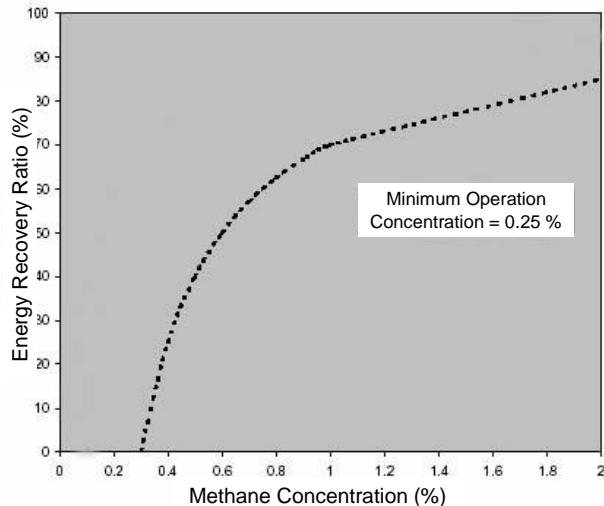


図 2-11 VAM Oxidizer のエネルギー回収効率とメタン濃度の関係

(2) 蒸気タービン発電装置

当該 CPA の場合、VAM Oxidizer で作られた蒸気は、勝利動力製の蒸気タービン (N4.0-1.27) に送られる。その蒸気タービンは同社製の 4MW の発電機 (TFW4000-6) と連結している。

(3) CMM 安全輸送システム

当該 CPA では低濃度（メタン濃度 8%以下）CMM を VAM に添加して VAM のメタン濃度を 1%にまで増加させ、効率的に発電用の蒸気を発生させる。添加する CMM のメタン濃度は爆発限界濃度にあるため、CMM ガス抜きステーションから VAM への添加箇所までの CMM 輸送には防爆形の CMM 安全輸送システムを用いる必要がある。このシステムは勝利動力がメタン濃度 30%以下の CMM を安全に輸送するために開発したもので、安全生産技術標準（AQ 1076-2009 and AQ 1078-2009）として承認されている。また、石炭鉱業規則においても安全輸送に安全基準を満たしたシステムの使用を求めている。

図 2-12 にこのシステムの概念図を示す。このシステムの特徴は、通常の防爆機器に加えて噴霧輸送システムを採用していることである。VAM との混合箇所までの CMM ガス輸送管内にはリング状の噴霧装置が配置されており、霧発生装置により発生させた霧を管内に噴霧している。常時、霧で管内を充満させることで、静電気に起因する爆発を防止している。

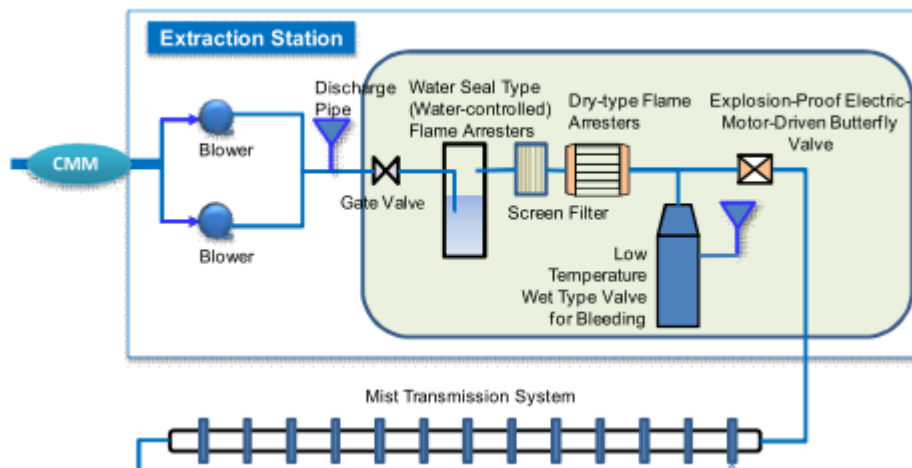


図 2-12 CMM 安全輸送システム

(4) VAM への CMM 混合装置と安全システム

図 2-13 は CMM を VAM に添加するための装置と安全システムを示している。この装置は VAM Oxidizer に送り込まれる VAM に CMM を混ぜるために使用されるが、CMM と VAM の両方のモニタリング機器（メタン濃度と圧力など）、データ解析装置、並びにバルブ制御装置などで構成されている。モニタリングデータに基好づき、VAM Oxidizer に送り込まれる VAM の濃度があらかじめ設定された濃度になるように、CMM 添加ラインの流量調整を自動的に行う。CMM は VAM への添加ポイントまで先に示した噴霧装置を装備したパイプラインで輸送される

が、添加ポイントにも次のような安全装置が設置されている。

- ・ 機械的な安全装置：VAM を酸化装置に送り込む送風扇風機の運転中は、風圧の作用により CMM 添加ラインの機械式バルブは開いている。送風扇風機が停止すると、そのバルブは復帰スプリングの力で閉じる。
- ・ 送風扇風機と安全バルブのインターロック：送風扇風機への電気が遮断された場合には、安全バルブが直ちに作動し、VAM の流れを遮断して VAM を大気に放流する。
- ・ CMM が添加された VAM のメタン濃度があらかじめ設定した値を超える場合には、VAM OXIDIZER と混合装置の安全バルブが自動的に閉じ、VAM は大気に放流される。

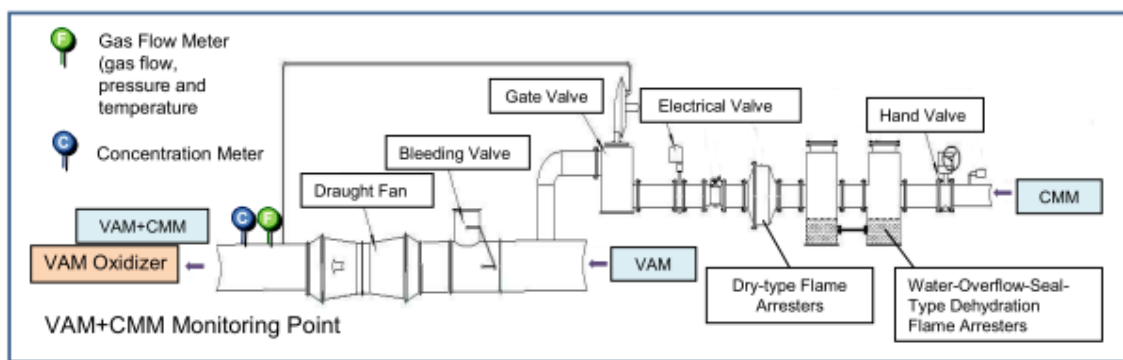


図 2-13 VAM への CMM 添加装置と安全システム

3. CDM プロジェクト実施に向けた調査結果

3.1. 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

PoA のベースラインシナリオは承認方法論 ACM0008 (Version 07) に従って決定する。方法論の“ステップ 1：CBM/CMM/VAM の回収・利用に関する技術的に実現可能なオプションの特定”、及び“ステップ 2：法律・規制要求に適合しないベースラインオプションの排除”に基づき、ステップ 3 で以下の 3 つの代替ベースラインシナリオを特定した：

シナリオ I：従来どおりのシナリオ。ガス回収は CMM と VAM の組合せで行われる。回収された VAM 及び VAM に添加される CMM は、破壊・利用されることなく大気に放流される。炭鉱の全電力需要はグリッドにより賄われ、炭鉱の全熱需要は炭鉱の石炭ボイラにより賄われる。

シナリオ II：処理されるガスの割合と各オプションで指定されるエネルギー生産の割合に応じて追加のグリッド向け電力/自家消費電力の発電、及び／あるいは熱生産のために VAM を破壊・利用する。このシナリオは CDM プロジェクトとして実施されない場合の提案されているプロジェクトである。

シナリオ III：追加のグリッド向け電力/自家消費電力用の低濃度 CMM 発電

“ステップ 4：活動を妨げる障壁に直面するベースライン代替シナリオの排除”を検討した結果、シナリオ I（従来どおりのシナリオ）だけが活動を妨げる障壁に直面しないシナリオである。従って、シナリオ I がこの PoA のベースラインシナリオであると考えられる。



図 3-1 PoA の地理的バウンダリー

当該 PoA の地理的バウンダリーは中国全土である（図 3-1 参照）。当該 CPA は地理的には中国陝西省内に位置するので、この CPA の地理的バウンダリーは明らかに当該 PoA 内に含まれる。

適用する方法論で要求される条件に基づき、プロジェクトバウンダリーは、ガスを回収する大佛寺炭鉱、ガスを利用・破壊および発電を行う施設、ならびに発電した電力により置き換えられる電力グリッドである。また、熱水利用を行う場合は、熱水を発生させる石炭ボイラ、その熱を利用する大佛寺炭鉱である。その概念図を図 3-2 に示す。

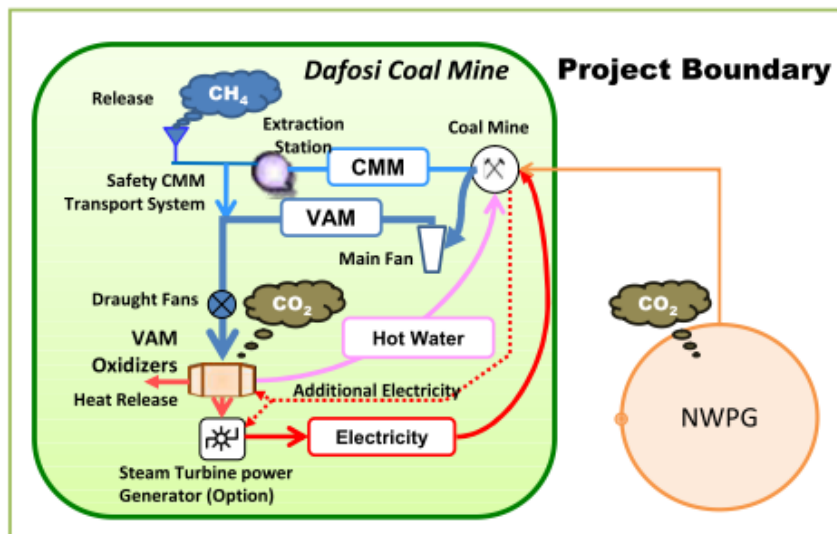


図 3-2 プロジェクトバウンダリー

ベースライン排出量は、ベースラインシナリオでのメタンの破壊からの排出、プロジェクト活動により回避された大気中へのメタン放出からの排出、プロジェクト活動により置き換えられた電力生産からの排出の合計である。熱水利用を行う場合は、ボイラでの石炭燃焼による CO₂ 発生があるが、モニタリングが困難なため、保守的に見て“0”とする。メタンの地球温暖化係数は、21 tCO₂e/tCH₄ である。ベースラインシナリオではメタンの破壊は行われていない。

ベースライン排出量

承認方法論 ACM0008 に従い、ベースライン排出量は次式により求める：

$$BE_y = BE_{MD,y} + BE_{MR,y} + BE_{Use,y}$$

ここで：

BE_y y年のベースライン排出量 (tCO₂e)

$BE_{MD,y}$ ベースラインシナリオにおけるメタン破壊からのy年のベースライン
排出量 (tCO₂e)

$BE_{MR,y}$ プロジェクト活動により回避されるy年の大気中へのメタン放出から
のベースライン排出量 (tCO₂e)

$BE_{Use,y}$ プロジェクト活動により置き換えられる動力や熱の生産、あるいはガ
スグリッドへのガス供給からのy年のベースライン排出量 (tCO₂e)

当該 CPA の場合、ベースラインにおけるメタン破壊は行われていないので：

$$BE_{MD,y} = 0$$

$BE_{MR,y}$ は、VAM Oxidizer に送られた VAM と CMM に含まれるメタン量とメタン
の地球温暖化係数の積である。また、このメタンの量はプロジェクト排出における
 MM_{OX} (tCH₄) に等しい：

$$BE_{MR,y} = GWP_{CH_4} \times MM_{OX}$$

ここで、

GWP_{CH_4} メタンの地球温暖化係数(21 tCO₂e/tCH₄)

MM_{OX} VAM Oxidizer に送られたメタン量 (tCH₄)

表 3-1 に、AM Oxidizer に送られたメタン量を示す。メタンの重量は標準状態 (1
気圧、0°C) におけるメタン 1 Nm³ の密度を 0.714g として求める。

表 3-1 VAM Oxidizer に送られたメタン量

		ガス消費量		メタンガス消費量	
		Nm ³ /h	%	Nm ³ /h	milion Nm ³ /yr
第 1 期 (5 Units)	VAM+CMM	300,000	1.00%	3,009	24.0
	(VAM)	243,000	0.30%	729	5.8
	(CMM)	57,000	4.00%	2,280	18.2
第 2 期 (5 Units)	VAM	300,000	0.30%	900	7.2
合計 (10 Units)	VAM	543,000	0.30%	1,629	13.0
	CMM	57,000	4.00%	2,280	18.2
	Total	600,000	0.65%	3,909	31.2

Operating Hours: 8,000

さらに、CPA では熱エネルギーの一部を暖房用の熱水として利用するためにベー
スラインシナリオにおける石炭ボイラによる熱水と置き換えることになるが、これ

に関しては量も少ないために CER は請求しない。よって保守的に見て排出量は”0”と見なす。また、ガスグリッドへのガス供給もない。従って、 $BE_{Use,y}$ で計算されるのは VAM 発電により置き換えられる電力からの排出量であり、VAM 酸化プラントでの発電量($BE_{Use,y}$)と置き換えるグリッドの排出係数(EF_{ELEC})の積から求めることができる：

$$BE_{Use,y} = GEN_y \times EF_{ELEC}$$

NWPG の排出係数 EF_{ELEC} (tCO_2/MWh) は、“電力システムに関する排出係数の計算ツール (Version 02)” に従い計算する。本プロジェクトでは、中国政府の China's Regional Grid Baseline Emission Factors 2009 のデータを採用する。表 3-2 に、NWPG の EF_{ELEC} を示す。

表 3-2 NWPG の EF_{ELEC}

NCPG	EF_{OM}	1.0246 tCO_2/MWh
	EF_{BM}	0.6433 tCO_2/MWh
	EF_{ELEC}	0.83395 tCO_2/MWh

ベースラインの温室効果ガス排出量を表 3-3 に示す。

表 3-3 ベースラインの温室効果ガス排出量

Year	BE_y	$BE_{MD,y}$	$BE_{MR,y}$	$(CMM_{PJ,y} + PMM_{PJ,y} + VAM_{PJ,y}) = MM_{OX}$		$BE_{use,y}$	GEN_y
	tCO ₂	tCO ₂	tCO ₂	tCH ₄	10 ³ Nm ³	tCO ₂	MWh
2012	386,778	0	359,856	17,136	24,000	26,922	32,000
2013	494,735	0	467,813	22,277	31,200	26,922	32,000
2014	494,735	0	467,813	22,277	31,200	26,922	32,000
2015	494,735	0	467,813	22,277	31,200	26,922	32,000
2016	494,735	0	467,813	22,277	31,200	26,922	32,000
2017	494,735	0	467,813	22,277	31,200	26,922	32,000
2018	494,735	0	467,813	22,277	31,200	26,922	32,000
2019	494,735	0	467,813	22,277	31,200	26,922	32,000
2020	494,735	0	467,813	22,277	31,200	26,922	32,000
2021	494,735	0	467,813	22,277	31,200	26,922	32,000
Total	4,839,393	0	4,570,171	217,627	304,800	269,220	320,000

3.2. プロジェクト排出量：

プロジェクト排出量は、メタンの回収や利用のために使用するエネルギーからの排出、メタンの破壊からの排出、非酸化（酸化装置の排気中）メタンからの排出の合計である。

プロジェクト排出量

承認方法論 ACM0008 に従い、プロジェクト排出量は次式により求める：

$$PE_y = PE_{ME} + PE_{MD} + PE_{UM}$$

ここで：

PE_y y年のプロジェクト排出量 (tCO_{2e})

PE_{ME} メタンを回収し利用するために用いたエネルギーからのプロジェクト排出量 (tCO_{2e})

PE_{MD} メタン破壊からのプロジェクト排出量 (tCO_{2e})

PE_{UM} 未燃焼メタンからのプロジェクト排出量 (tCO_{2e})

CPA では、VAM を VAM 回収装置に送り込む送風機、VAM Oxidizer の始動時の加熱、蒸気タービン発電機の運転などに電力を使用する。その他のガスや重油等の燃料は使用しない。従って、PE_{ME} は次式より求められる：

$$PE_{ME} = CONS_{ELEC,PJ} \times CEF_{ELEC}$$

ここで、

$CONS_{ELEC,PJ}$ プロジェクトに追加的に使用した電力 (MWh)

CEF_{ELEC} 追加的に使用した電力の排出係数

CPA では、通常 VAM 中の NMHC (非メタン炭化水素) の割合は 0.1% 以下であり、この燃焼による排出量は含めない。承認方法論の規定に従い PE_{MD} は次式により求められる：

$$PE_{MD} = MD_{OX} \times CEF_{CH_4}$$

ここで、

MD_{OX} VAM OXIDIZER で酸化されたメタン (tCH₄)

CEF_{CH_4} メタン破壊による排出係数 (2.75 tCO_{2e}/tCH₄)

また、MD_{OX} は VAM Oxidizer に送られたメタン量と酸化されることなく VAM Oxidizer から排出されるメタン量 PE_{OX} (tCH₄) の差であり、このことから PE_{MD} は次式で表すことができる：

$$PE_{MD} = (MM_{OX} - PE_{OX}) \times CEF_{CH_4}$$

ここで、

MM_{OX} VAM Oxidizerに送られたメタン量 (tCH₄)

PE_{OX} 酸化されることなくVAM Oxidizerから排出されるメタン量 (tCH₄)

PE_{UM} は上記の $PE_{OX}(tCH_4)$ とメタンの地球温暖化係数 GWP_{CH_4} (21 tCO₂e/tCH₄) の積として次式で求めることができる：

$$PE_{UM} = PE_{OX} \times GWP_{CH_4}$$

VAM oxidizing plant で消費される電力及び消費される VAM 及び CMM を表 3-4 に示す。以上の計算では、メタンの重量は標準状態（1気圧、0℃）におけるメタン 1 Nm³ の密度を 0.714g として求める。NWPG の排出係数は、表 3-2 に示す。

表 3-4 VAM oxidizing plant で消費される電力及び消費される VAM 及び CMM

Year	VAM Oxidizes	Steam Turbine Power Generators		Electricity Generation	Additional Power Consumption	Methane Consumption (CH ₄ 100%)
		Units of Generator	Installed Capacity			
	Units	Units	MW	MWh	MWh	10 ³ Nm ³
2012	5	1	4	32,000	5,830	24,000
2013	10	1	4	32,000	9,578	31,200
2014	10	1	4	32,000	9,578	31,200
2015	10	1	4	32,000	9,578	31,200
2016	10	1	4	32,000	9,578	31,200
2017	10	1	4	32,000	9,578	31,200
2018	10	1	4	32,000	9,578	31,200
2019	10	1	4	32,000	9,578	31,200
2020	10	1	4	32,000	9,578	31,200
2021	10	1	4	32,000	9,578	31,200
Total				320,000	92,029	304,800

プロジェクト活動による GHG 排出量を表 3-5 に示す。

表 3-5 プロジェクト活動による GHG 排出量

Year	PE _y	PE _{ME}	PE _{MD}	MD _{ox}	MM _{ox}	PE _{ox}	PE _{UM}
	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCO ₂ e	tCH ₄	tCH ₄	tCH ₄	tCO ₂ e
2012	61,411	4,905	45,710	16,622	17,136	514	10,796
2013	81,515	8,058	59,423	21,608	22,277	668	14,034
2014	81,515	8,058	59,423	21,608	22,277	668	14,034
2015	81,515	8,058	59,423	21,608	22,277	668	14,034
2016	81,515	8,058	59,423	21,608	22,277	668	14,034
2017	81,515	8,058	59,423	21,608	22,277	668	14,034
2018	81,515	8,058	59,423	21,608	22,277	668	14,034
2019	81,515	8,058	59,423	21,608	22,277	668	14,034
2020	81,515	8,058	59,423	21,608	22,277	668	14,034
2021	81,515	8,058	59,423	21,608	22,277	668	14,034
Total	795,046	77,427	580,517	211,098	217,627	6,529	137,102

3.3. モニタリング計画

モニタリングは承認方法論（ACM0008/Version07）の規定に従い実施する。CPA では正確なモニタリングを実施するために、図 3-3 に示すようにプロジェクト全体を管理する CDM 管理者の下にモニタリングチームを設置する。モニタリングチームは CPA のモニタリング全般に責任を持つ部署で、具体的なモニタリングは別途作成するモニタリングマニュアルに従い、主扇風機、VAM 酸化プラント、ガス抜きステーション、変電所などで行う。

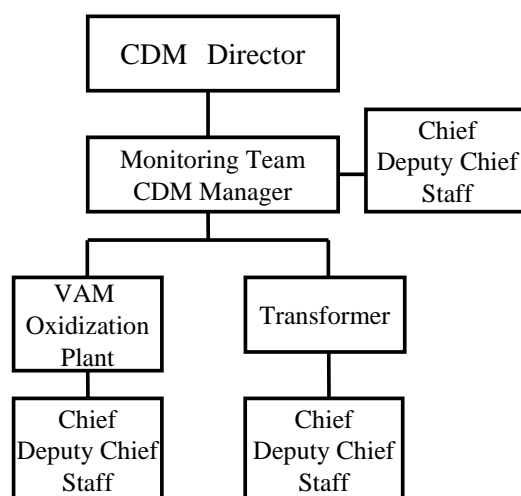


図 3-3 モニタリングに関する CDM 管理機構

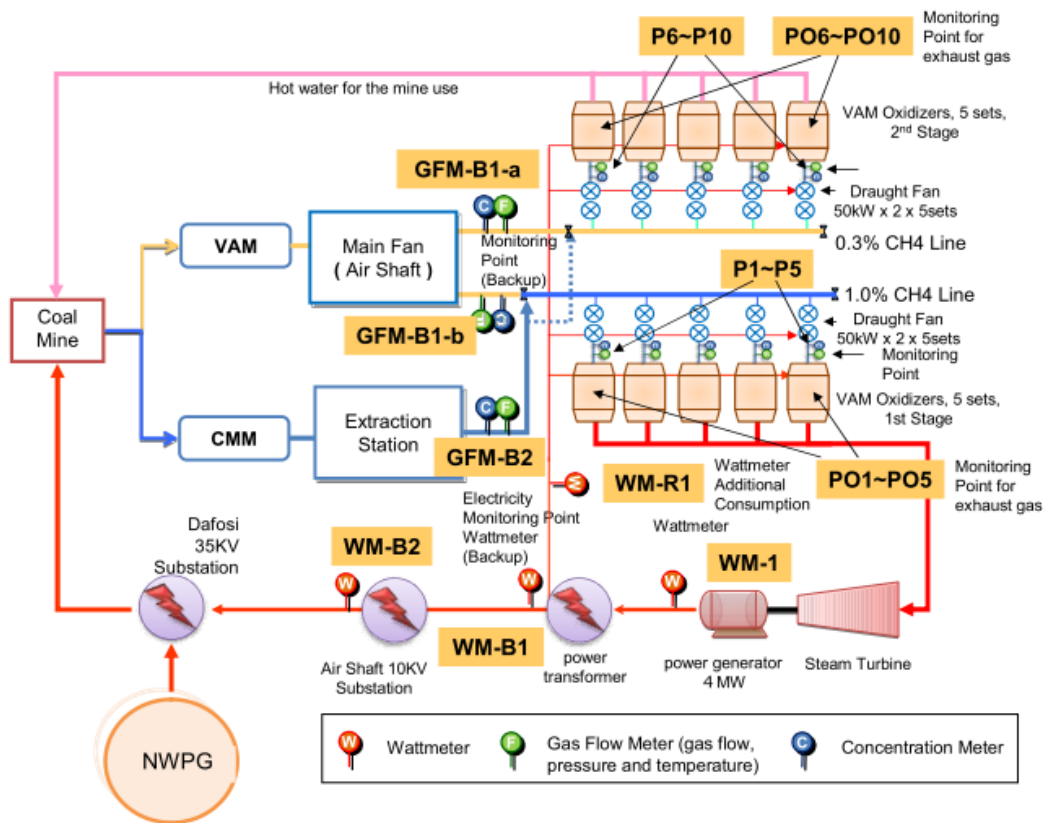
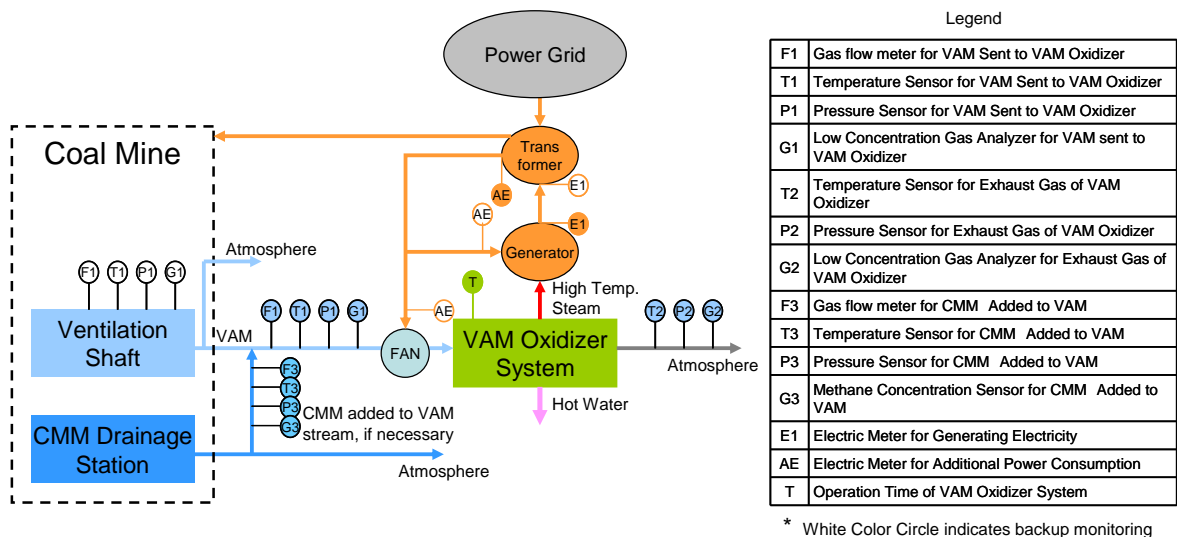


図 3-4 モニタリング箇所とセンサ種別

図 3-4 には一般的な CPA 及び当該 CPA に関するモニタリング実施箇所とセンサ種別を示す。排出削減量を算出するのに必要なモニタリング項目は、ベースライン排出量及びプロジェクト排出量の計算式より、表 3-6 に示す 4 項目である。表 3-6 には、図 3-4 の各モニタリング箇所の記号、センサ種別などとモニタリング項目の関係も示している。

全ての計測は適切な産業標準に準じて校正された計測機器を用いて行い、計測し

た全てのデータは電子的に記録し、最後のクレジット期間終了後少なくとも2年間は保管する。

表 3-6 モニタリング項目と説明

項目	モニタリング記号	センサ種別	説明
GEN _y	WM-1	電力計	プロジェクト活動による発電電力量 (MWh) : 電力計を用いて連続計測。
	WM-B1	電力計(バックアップ)	
	WM-B2	電力計(バックアップ)	
CONS _{ELEC,PJ}	WM-R1	電力計	プロジェクト活動に追加的に使用した電力 (MWh) : 電力計を用いて連続計測。
MM _{ox}	P1~P10	流量計・温度計・圧力計 メタン濃度計	酸化装置に送られた VAM/CMM 量 (tCH ₄) : 酸化装置の入気側に取り付ける流量計、温度計・圧力計 (温度・圧力補正用) とメタン濃度計により純メタン流量として連続計測。重量は標準状態 (1 気圧・0°C) に換算した流量と標準状態でのメタンの密度 0.714kg/m ³ から求める。
	GFM-B1-a	流量計・温度計・圧力計	
	GFM-B1-b	メタン濃度計(バックアップ)	
	GFM-B2		
PE _{ox}	PO1~ PO10	流量計・温度計・圧力計 メタン濃度計	酸化装置の排気中のメタン量 (tCH ₄) : 酸化装置の排気側に取り付ける流量計、温度計・圧力計 (温度・圧力補正用) とメタン濃度計により純メタン流量として連続計測。重量は標準状態 (1 気圧・0°C) での換算流量とメタンの密度 0.714kg/m ³ から求める。事前計算ではメーカー仕様書の酸化率 0.97 を用いて計算する。

3.4. 温室効果ガス削減量

リーケージの排出量

リーケージは次式で求める :

$$LE_y = LE_{d,y} + LE_{o,y}$$

ここで、

LE_y y年のリーケージ (tCO₂e)

$LE_{d,y}$ y年のその他のベースラインでのメタンの熱利用の置き換えに起因するリーケージ (tCO₂e)

$LE_{o,y}$ y年のその他の不確定要素に起因するリーケージ (tCO₂e)

当該 CPA に関しては、ベースラインでその他のメタンの熱利用はない。また CBM も利用されていない。さらに、CPA が石炭生産や石炭価格、ならびに市場での流動性に影響を与えることもない。従って、承認方法論に基づきリーケージは”0”と判断できる。

排出削減量の計算

以上の式より、y年の排出削減量 ER_y は、次式により求めることができる：

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y$$

ここで、

ER_y y年のCPAによる排出削減量 (tCO₂e)

BE_y y年のベースライン排出量 (tCO₂e)

PE_y y年のプロジェクト排出量 (tCO₂e)

LE_y y年のリーケージ (tCO₂e)

本プロジェクトの温室効果ガス排出削減量を表 3-7 に示す。

表 3-7 排出量および排出削減量の計算結果

年	プロジェクト 排出量 (t-CO ₂ e)	ベースライン 排出量 (t-CO ₂ e)	リーケージ 排出量 (t-CO ₂ e)	排出削減量 (t-CO ₂ e)
2012	61,411	386,778	0	325,367
2013	81,515	494,735	0	413,220
2014	81,515	494,735	0	413,220
2015	81,515	494,735	0	413,220
2016	81,515	494,735	0	413,220
2017	81,515	494,735	0	413,220
2018	81,515	494,735	0	413,220
2019	81,515	494,735	0	413,220
2020	81,515	494,735	0	413,220
2021	81,515	494,735	0	413,220
合計	795,046	4,839,393	0	4,044,347

3.5. プロジェクト期間・クレジット獲得期間：

VAM Oxidizer の試験機（1組）の建設が始まったのは2009年1月7日であるが、現時点での所有権は、勝利動力機械集団有限公司にある。当該プロジェクトの開始日は、同所有権の彬長集団への移管（購入）時で、プロジェクトのバリデーション以後を予定している。

第1期建設開始から12年間（試験期間を含めて14年）で、2011年4月から本格的な営業運転が始まることと、2010年中にバリデーションを開始して1年程度での国連登録を目指すことを考慮すると、クレジット獲得期間は2012年1月から2021年12月までの10年間とすることが妥当と考えられる。プロジェクト期間も、主たる収入がCERsであることから、2021年12月までである。

3.6. 環境影響・その他の間接影響：

当該プロジェクト活動に関する環境影響評価は、情報産業部総合電子調査研究院（西安）により2008年6月に既に完了しており、2008年12月11日には山西省咸陽市環境保護局により承認済みである。しかしながら、承認取得後2年以上が経過してプロジェクトの実施計画に変更が生じたこともあり、DNAとの協議の結果、環境影響評価は再度咸陽市の担当部局に申請して承認を得ることとなった。再申請は既に提出済みであり、承認は2011年3月10日に取得できる見込みである。

3.7. 利害関係者のコメント：

当該プロジェクト活動の目的および事業詳細を利害関係者に説明し、十分な理解を得るために2008年10月16日に大佛寺炭鉱に於いてステークホルダーミーティングが開催されている。ステークホルダーミーティングの開催通知は、周辺住民に対しては戸別訪問、関係官庁に対しては電話連絡、および彬長集団の掲示板への開催案内の掲示などの方法で行われた。このミーティングへの参加者は、周辺住民代表（二村）、県の計画委員会および環境保護局代表、VAM発電所および炭鉱労働者代表等であった。

ミーティングでは、プロジェクトに関する説明の後、意見交換が行われたが、プロジェクトが地域経済に貢献することを歓迎する意見が多く、反対意見は出ていない。尚、VAM発電所の建設予定地の村の代表から、騒音公害への懸念が示されたが、これに対して事業者側から、プロジェクトの建設ならびに実施期間を通して国の環境規則に従い、国の基準値以下の騒音で操業するために必要なあらゆる騒音防止対策を講じる旨の説明があり了承されている。写真3-1にステークホルダーミーティングの写真を示す。



写真 3-1 ステークホルダーミーティング

3.8. プロジェクトの実施体制：

本プロジェクトは、図 3-5 に示すように、中国陝西省の彬長集团傘下の新生エネルギー有限公司をプログラムコーディネーターとして、中国の炭鉱を対象に、PoA で VAM の酸化事業を行う。

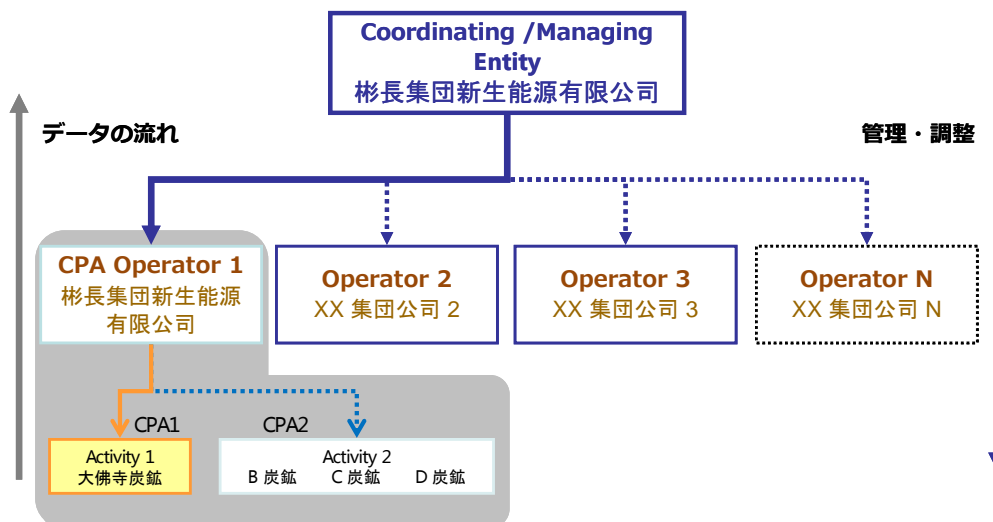


図 3-5 PoA 実施体制

CPA1 の実施体制は、図 2-2 に示す。彬長集团が出資して、大佛寺炭鉱と新生能

源有限公司を設立した。新生能源有限公司が VAM 発電事業を行い、大佛寺炭鉱に電力を販売する。VAM と CMM は大佛寺炭鉱が新生能源有限公司に無償で供給する。本プロジェクトに必要な資金は、陝西彬長砒業集团有限公司が調達する。

3.9. 資金計画：

本プロジェクトの資金調達は彬長集団が行う。固定資本に関する投資計画を表 3-8 に示す。第 1 期は 5 台の VAM Oxidizer で CMM を添加した VAM を破壊し、発電用に高圧蒸気を発生させる。第 2 期には、5 台の VAM Oxidizer を追加して暖房・熱水用に熱エネルギーを回収する。第 1 期については既に資金調達済みで、今年度建設を開始する。第 2 期については熱エネルギーを利用して発電を実施する可能性も残されているために、現時点ではまだ計画は確定していない。

表 3-8 設備投資に関する投資計画

unit: mil RMB

Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Capital Expenditure (Fixed Asset Investment)	61.58	29.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	91.38

3.10. 経済性の評価

財務指標（IRR）は CER 収益がある場合とない場合について求めた。CER 収益がない場合は、IRR は-1.54%である。従って、CER 収益を伴わない場合には当該プロジェクト活動は財務的に魅力的であるとは見なされない。一方、CER 収益を考慮すると、IRR は 27.90%となり、ベンチマークとして採用した 15%を大幅に上回る。この結果は、プロジェクトオーナーが CDM 事業として投資決定を行うには十分な値である。

表 3-9 にプロジェクトの投資分析の主要データ、表 3-10 に IRR 分析、表 3-11 に感度分析を示す。

表 3-9 プロジェクトの投資分析の主要データ

Item	Value	Source
Volume of Oxidized VAM	10,000 Nm ³ /min	FS Report
Methane Concentration of VAM	0.3 & 1.0 %	FS Report
Annual VAM Consumption (Pure Methane)	31.2 Million Nm ³ /year	FS Report
Number of VAM Oxidizes	10 units	FS Report
Fixed Assets Cost	91.38 Million RMB	FS Report
O& M Costs (average)	5.72 Million RMB/year	FS Report
Power Generation Amount	31.89 GWh/year	FS Report
Additional Power Consumption	9,58 GWh/year	FS Report
Power Unit Price (without VAT)	0.5 RMB/kWh	FS Report
Power Cost for additional Use (without VAT from the Grid)	0.5 RMB/kWh	FS Report
Project Lifetime	19 years	FS Report
Income Tax Rate	25 %	Enterprise Income Tax Law
VAT	17 %	FS Report
City Maintenance and construction tax rate	5 %	FS Report
Education additive charge rate	3 %	FS Report
FIRR (benchmark after tax)	15 %	Economic Evaluation Method and Parameter of Construction Projects

表 3-10 IRR 分析

Project FIRR without CER revenues	-1.54 %
Project FIRR with CER revenues	27.90 %

表 3-11 IRR の感度分析

Parameters	20 %	10 %	0	-10 %	-20 %
Capital Expenditure	-3.24%	-2.44%	-1.54%	-0.48%	0.77%
Operating Cost	-4.41%	-2.91%	-1.54%	-0.27%	0.92%
Power Sales Price	3.14%	0.93%	-1.54%	-4.39%	-
Power Sales Amount	3.14%	0.93%	-1.54%	-4.39%	-

3.11. 追加性の証明 :

方法論 ACM0008 に従い、CPA の追加性を実証するには“追加性の実証と評価のためのツール”の最新バージョン (Version 05.2) を適用する。各ステップでの検討結果より、本 CPA が追加性を有することが証明できる。以下にツールの各ステップとそれぞれの調査結果を示す :

ステップ1 : 現行の法律・規則に反しない、当該プロジェクトの代替シナリオの特定

方法論 ACM0008 の“追加性”の段落より、このステップは無視できる。

ステップ2 : 投資分析

サブステップ2a : 適切な分析手法の決定

ベンチマーク分析 (オプションⅢ) を選択。

サブステップ2b : オプションⅢーベンチマーク分析の適用

ベンチマーク分析に関して最適な財務指標として IRR (内部収益率) を採用する。国家発展改革委員会 (NDRC) の投資基準に基づき、石炭鉱業部門に関する 15% の IRR をベンチマークとして採用する。この基準は、NDRC と中国建設部により発行されているもので、潜在的な新規事業の財務的な実行可能性を評価するために、中国の関係機関により広く採用されている。

サブステップ2c : 財務指標の計算・比較

方法論によれば、「もし CDM プロジェクトがベンチマークより好ましくない指標 (例えば低い IRR) を有する場合には、その CDM プロジェクトは財務的に魅力あるものとは見なされない」。

従って、CPA の IRR が NDRC の投資認証基準の下での 15% のベンチマークを下回る場合には、その CPA は財務的に魅力的であるとは見なされない。

サブステップ 2d : 感度分析

財務的・経済的な魅力についての結論が、重要な過程事項の合理的な変化に対しても変わることのないものであるかどうかを示すために、感度分析が必要である。総投資コスト、運転コスト、販売価格、及び販売量などのパラメータがそれぞれ-10%から+10%の範囲で変動する場合の IRR への影響（CER 収益を伴わない場合）を評価する。

感度分析を行った後、提案 PoA に含まれる CPA が財務的・経済的に最も魅力的となる可能性がない場合には、ステップ 4（一般的慣行分析）に進むことができる。

ステップ 3：バリア分析

ツールに従えば、PoA に含まれる CPA が財務的・経済的に魅力的でない場合には、このステップ（バリア分析）を飛ばすことができる。

ステップ 4：一般的慣行分析

既存の一般的慣行を以下のサブステップにより特定し、検討する。

サブステップ 4a：提案プロジェクトに類似の他の活動の分析

VAM Oxidizer は VAM のメタンを破壊するだけでなく、VAM からの熱エネルギー回収を可能にする。世界的には幾つかのタイプの VAM Oxidizer が開発されて、イギリス、アメリカ、豪州などの炭鉱で試験的に導入されてはいるものの、何れも試験操業の域を抜け出てはいない。中国では、CDM プロジェクトとして河南省の義馬煤鉱集団公司（CDM 参照 NO.1613）と鄭州煤鉱集団公司（CDM 参照 NO.1603）において二つのプロジェクトが進行中である。使用されている装置は MEGTEC 社が開発した Vocsidizer と呼ばれる酸化装置で、VAM 利用の目的は発電ではなく、熱水供給である。中国ではこの他に CER 収入を考慮せずに VAM Oxidizer を利用するプロジェクトは進行していないし、また計画もされていない。

当該 PoA に CPA が含まれる適合条件の一つは、勝利動力が製造した無炎 VAM Oxidizer を導入することである。この VAM Oxidizer を実規模の商業プラントに設置することは中国では初めてのケースである。従って、CDM 支援のない同様のプロジェクト活動は中国では見ることができないと結論付けることができる。

サブステップ 4b：発生しているあらゆる類似オプションの検討

サブステップ 4a で類似活動が広く見られる、あるいは一般的に行われていると判断された場合には、サブステップ 2b で当該プロジェクト活動と類似活動の基本的な違いを合理的に説明する必要がある。しかしながら、上述のサブステップ 4a によると、メタンを酸化して発電及び、または熱利用のために熱エネルギーを回収する VAM 酸化技術を利用する CDM 支援を伴わない別のプロジェクト活動は中

国では存在しない。

従って、上記の各ステップでの検討結果より、ステップ 2 の投資分析を満足する場合には、即ち当該 PoA に含まれる CPA が経済的に魅力的でない場合には、当該 PoA に含まれる CPA は追加的である。

3.12. 事業化の見込み：

VAM Oxidizer の試験機（1 組）は 2009 年 1 月 7 日に建設が始まり、この日までには単独 CDM プロジェクトとしての事業開始に必要な全ての手続き（咸陽市環境影響評価承認、咸陽市発展委員会建設承認）は終えていた。

2008 年 6 月 18 日に開催されたプロジェクトオーナーの役員会において、当該プロジェクトを CDM 事業として実施することが経済的リスクを少なくする意味からも重要であることが議決された。現時点での VAM Oxidizer 試験機（1 組）の所有権は、勝利動力機械集団有限公司にあり、プロジェクトのバリデーション開始以降速やかに、同所有権を彬長集団に移管（購入）し、第一期 VAM Oxidizer 残り 4 台の建設を開始する予定である。既に、彬長集団は第 1 期への投資の決定を既に行っている。

2009 年 4 月 9 日には中国政府承認を取得済みであり、2010 年 3 月に PoA への変更手続きを行う。また、Prior Consideration に関しては、“CDM の Prior Consideration の実証と評価についての指針（EB49 Report Annex 22）”の第 2 項の規定（“当該プロジェクトの開始日以前に、GSP あるいは EB への新しい方法論の提案に関する PDD が公開されている場合には Prior Consideration の必要はない”）に従い、提出する必要はない。

4. 有効化審査

4.1. 有効化審査の概要

DNV とのバリデーション契約は 2011 年 1 月 4 日に完了した。2011 年 1 月 28 日には GSP のために UNFCCC のウェブサイトへの CDM-PoA-DD, CDM-CPA-DD 及び Specific CDM-CPA-DD 他のアップロードを完了した。

（China Coal Mine Ventilation Air Methane Oxidization Programme）：

<http://cdm.unfccc.int/ProgrammeOfActivities/Validation/DB/HC7SLUPA2SQI2NOJAU DTFVSCNJF878/view.html>

また、2011 年 2 月 28 日から 2 日間、サイトビジットを実施した。

4.2. DOE とのやりとりの経過

CDM プロジェクト開始に必要な全ての手続き（咸陽市環境影響評価承認、咸陽市発展委員会建設承認）を終えていた。しかしながら、承認取得後 2 年以上が経過してプロジェクトの実施計画に変更が生じたこともあり、DNA との協議の結果、環境影響評価と建設承認については再度咸陽市の担当部局に申請して承認を得ることとなった。この協議に時間を要し、バリデーション契約が 2011 年 1 月 4 日に完了したが、GSP のための UNFCCC のウェブサイトへのアップロードは 2011 年 1 月 28 日となった。

写真 4-1 と写真 4-2 にサイトビジットの写真を、以下に、2 月 28 日、3 月 1 日のサイトビジットへの要求を示す。



写真 4-1 DOE によるサイトビジット



写真 4-2 DOE によるサイトビジット

5. コベネフィットに関する調査結果

5.1. 背景

環境保護第 11 次 5 年計画では、第 10 次 5 年計画の環境保護計画指標はすべて実現されたわけではなく、二酸化硫黄排出量は 2000 年比で 27.8% 増加したと評価し、「二酸化硫黄排出量の削減、大気染の防止・処理」を重点任務に掲げ、重点プロジェクトでは、「石炭燃焼、発電所・鉄鋼焼成機の排煙脱硫プロジェクト：現役発電ユニットが運転する脱硫設備容量を 2.13 億キロワットにする」としている。そして、2005 年の二酸化硫黄総排出量 2,549 万 t を、2010 年には 2,295 万 t まで 10% 削減する目標を掲げている。

2008 年の全国排ガスで二酸化硫黄排出量は 2,321.2 万 t で昨年比 5.9% の削減。そのうち工業二酸化硫黄排出量は 1,991.3 万 t で二酸化硫黄排出総量の 85.8% を占め、昨年比 6.9% の削減。生活二酸化硫黄排出量は 329.9 万 t で、二酸化硫黄排出総量の 14.2% を占め昨年比 0.5% の増加。煤塵排出量は 901.6 万 t で昨年比 8.6% の削減。そのうち工業煤塵排出量は 670.7 万トンで煤塵排出総量の 74.4% を占め、昨年比 13.0% の削減。生活煤塵排出量は 230.9 万トンで煤塵排出総量の 25.6% を占め、昨年比 7.1% 増加した。

5.2. ホスト国における環境汚染対策等効果の評価

VAM Oxidizer の試験結果、NO_x、SO_x の排出量が“0”であった。本事業では、NWPG の電力を代替する。VAM Oxidizer は SO_x、NO_x を発生させないことから、Grid の発電所から発生する大気汚染物質の削減に貢献する。

中国統計年鑑によると 2009 年の電力及び熱供給事業部門からの二酸化硫黄排出量は、932.99 万 t、煤塵排出量は 222.15 万 t、粉じん排出量は 0.67 万 t であった。中国統計年鑑によると、発電量は 37,146.5 億 kWh、火力発電所の石炭消費量が 93,448 万 t、熱供給が 11,087 万 t であったので、其々の石炭消費量で大気汚染物質を比例配分して、大気環境汚染対策効果を求めた。表 5-1 に示す通り年間 71.8t の二酸化硫黄排出量削減効果を有する。

表 5-1 大気環境汚染対策効果

		二酸化硫黄	煤塵	粉じん
発電・熱供給事業部門の排出量	t/yr	9,329,904.4	2,221,484.2	6,733.7
発電事業部門の排出量（試算）	t/yr	8,340,390.0	1,985,877.2	6,019.5
発電量 1MWh 当たりの排出量	t/MWh	0.0022	0.0005	0.000002
32,000MWh 発電時の排出削減効果	t/yr	71.8	17.1	0.1

6. 持続可能な開発への貢献に関する調査結果

本プロジェクトでは、52名の雇用を行う計画である。また、勝利動力は、本CPAの成功を受けて、今後VAM Oxidizerを1,600台販売する計画である。これらにより、プラント製造、炭鉱での操業等、新たな産業と雇用が創出され、経済効果、雇用創出効果等、中国の持続的発展に貢献すると考えられる。

NET IRR with CER

unit: mli RMB

	Year																			Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Power Sales Amount (GRID) (Gwh)		2617	22.42	22.42	22.42	22.42	22.42	22.42	22.42	22.42	22.42	22.42	22.42	22.42	22.42	22.42	22.42	22.42	22.42	
Power Sales Revenue (Grid)		13.08	11.21	11.21	11.21	11.21	11.21	11.21	11.21	11.21	11.21	11.21	11.21	11.21	11.21	11.21	11.21	11.21	11.21	
CER Sales Amount (10 ⁴ -CO2e)		318.67	404.79	404.79	404.79	404.79	404.79	404.79	404.79	404.79	404.79									
CER sales Revenue			27.96	35.52	35.52	35.52	35.52	35.52	35.52	35.52	35.52									
Coal (t)		0.00	737.60	737.60	737.60	737.60	737.60	737.60	737.60	737.60	737.60									
Coal (mli RMB)		0.00	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33									
Remaining Value in Asset		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
Cash flow In		13.08	39.50	47.06	47.06	47.06	47.06	47.06	47.06	47.06	47.06									
VAT		1.90	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63									
City maintenance and construction tax		0.10	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08									
Education additive charge		0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05									
Income tax		0.00	5.77	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36									
O&M Cost			4.46	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72									
Capital Expenditure (Fixed Asset Investment)		61.58	29.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
Cash flow out		61.58	36.32	13.25	14.84	14.84	14.84	14.84	14.84	14.84	14.84									
Net Cash flow		▲ 61.58	▲ 23.24	26.26	32.22	32.22	32.22	32.22	32.22	32.22	32.22									
FIRR with CER Revenue		27.90%																		
Key assumption		Payout time: 4.82																		
Power Sales Unit Price (Grid) (Yuan/kwh) (after VAT)	0.5000	CER Unit Price																		
VAT	17%	CER Unit Price																		
City Maintenance and construction taxrate	5.0%	Rate																		
Education additive charge rate	3.0%	Rate																		
Income Taxrate	25%	Rate																		
		2010.7~9 Average																		
		231.42	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	
		244.68	8.41	8.71	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57	8.57	
		91.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		72.01	0.93	1.23	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	
		0.55	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
		0.91	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	
		18.19	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	
		476.11	11.54	12.73	13.67	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73	
		0.00	0.00	1.19	2.13	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		347.61																		
		3961.78																		
		250.39	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	
		250.39	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	125.18	

添付資料：經濟性分

NET IRR without CER

Year	1	2	3	4	5	6	7	8	12	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Total
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	
Power Sales Amount (GRID) (Gwh)		2617	2242	2242	2242	2242	2242	2242	2242	2242	2242	2242	2242	2242	2242	2242	2242	2242	2242	22797
Power Sales Revenue (Grid)		1308	1121	1121	1121	1121	1121	1121	1121	1121	1121	1121	1121	1121	1121	1121	1121	1121	1121	11397
Coal (t)		000	737.60	737.60	737.60	737.60	737.60	737.60	737.60	737.60	737.60	737.60	737.60	737.60	737.60	737.60	737.60	737.60	737.60	
Coal (unit RMB)		000	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	
Remaining Value in Asset		000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	2.13	1.19	000	000
Cash Flow In		13.08	11.54	11.54	11.54	11.54	11.54	11.54	11.54	11.54	11.54	11.54	11.54	11.54	11.54	11.54	13.67	12.73	11.54	116.96
VAT		1.90	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	16.56
City maintenance and construction tax		0.10	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.83
Education additive charge		0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.50
Income tax		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O&M Cost		4.46	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	5.72	55.93
Capital Expenditure (Fixed Asset Investment)		61.58	29.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	91.38
Cash Flow out		61.58	36.32	7.48	7.48	7.48	7.48	7.48	7.48	7.48	7.48	7.48	7.48	7.48	7.48	7.48	7.48	7.48	7.48	165.20
Net Cash Flow		▲ 61.58	▲ 23.24	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	4.06	6.19	5.25	4.06	-48.24
FIIRR with CER Revenue	-1.54%																			

unit: million RMB

Key assumption			
Power Sales Unit Price (Grid) (Yuan/kwh) (after VAT)	0.50	CER Unit Price	9.5 EUR
VAT	17%	CER Unit Price	87.74 RMB
City Maintenance and construction tax rate	5.0%	Rate	92353 RMB/EUR
Education additive charge rate	3.0%		2010.7~9 Average
Income Tax rate	25%		