

平成 20 年度 CDM/JI 実現可能性調査 報告書 概要版

調査名

中国・車両工場省電力 CDM 事業調査

団体名

株式会社三菱総合研究所

1. プロジェクトの概要

(1) ホスト国、地域

中国

(2) プロジェクトの概要

本プロジェクトは、中国の車両工場（A 工場）において、ディーゼル発電ユニットの新造時及び修理時に試験のため発電され捨てられている（水抵抗により電力を消失している）膨大な電力を、システムを変更することにより工場内で有効利用するものである。

A 工場では、ディーゼル発電ユニットを機関車に据え付ける前に、試験台で性能試験を行っている。現在、試験台から出た電力は利用されずに抵抗により消失している。その電力を、逆変器（直流→交流）を新たに開発して（市販の逆変器は安定性に欠けるため）設置することにより、周波数と出力を安定させて電力を取り出し、工場内で有効利用する。これによりネットワークから購入して工場内で消費していた電力を節約でき、発電による CO₂ 排出量が削減される。試験台は 4 台あり、常時稼働している。

本プロジェクトによる回収電力量は 2,700MWh と算出される。工場全体の 2007 年における年間電力消費量は、16,155 MWh であることから、全体の約 16% に当たる電力の省エネになる。

また、ディーゼル発電ユニットの試験中に発生する廃熱・排ガスも利用可能であり、回収された廃ガスにより蒸気を発生させ、工場内蒸気ラインに供給することで蒸気の省エネルギー化を図ると共に、廃熱を利用して部品を洗浄できるように工場の生産ラインを変更することでボイラの利用を代替する。

現状では、2010 年 3 月までにシステムの設置を予定しており、本格稼働は 2010 年 4 月を見込んでいる。

2. 調査内容

(1) 調査課題

課題 1 適用方法論

プロジェクトがなければ捨てられていたはずのエネルギーを利用するプロジェクトに適用可能な方法論としては、ACM0012（廃エネルギー回収プロジェクトのための GHG 排出削減のための統合方法論）があるが、廃ガス・廃熱・廃圧の有効利用を対象とした方法論であり、「廃電力」の利用は想定されていない（改訂が必要）。同じ廃エネルギーの方法論で小規模プロジェクト向けの AMS-III.Q.（廃エネルギー（ガス/熱/圧力）回収プロジェクト）も適用条件を修正すればオプションとなる。本調査では ACM0012 あるいは AMS-III.Q. の改訂を CDM 理事

会に申請し、廃電力利用に適用範囲を拡大することを検討することを第一の課題とした。廃棄されているエネルギーの有効利用という概念は同じであることから、改訂を要請して廃電力を含めることは理論的に問題ないとする。一方で承認小規模方法論の適用可能性として AMS-II.I.（産業施設における廃エネルギーの有効利用）の利用も考えられる。

ACM0012 あるいは AMS-III.Q.の改訂にかかる時間、小規模方法論 AMS-II.I.の適用可能性、CDM 化までの時間、登録のされやすさ等を総合的に考慮し、本調査の中でいずれの方法を採用するかを検討する。

課題2 ESCO を利用した事業スキーム

実施にあたっては、ESCO 事業者がシステムの開発及び設置を行うスキームに決定しており、システム開発・設置者（ESCO 事業者）と工場側との WIN-WIN の関係を狙っている。

課題3 排ガスの利用可能性（調査中に新たに発生した課題）

当初は回生電力による省エネのみをターゲットとしていたが、現地調査時に、廃電力の他、排ガスなど他の廃エネルギーの有効利用も検討してほしいという要請があり、削減量、方法論、複雑さ等を考慮して検討することとなった。

(2) 調査実施体制

A 工場<カウンターパート>

- 基礎情報の提供

B 社<共同カウンターパート>

- 基礎情報の提供

C 社<現地調査コンサルタント>

- PDD 作成に関わるデータの提供
- 技術関連データの提供
- 事業性評価関連データの提供
- 現地調査のアレンジ・同行

(3) 調査の内容

調査にあたってはまず、C 社を通じて、PDD 作成に必要な基本情報（カウンターパートの情報、技術情報、削減量算出に必要なデータ、収益性評価に必要なデータ）を収集した。

課題1 適用方法論の検討結果

適用する方法論として①ACM0012 の改訂あるいは②小規模方法論 AMS-III.Q.の改訂、③小規模方法論 AMS-II.I.の利用の3つのオプションを検討した。

オプション1：ACM0012 の改訂

ACM0012（廃エネルギー回収プロジェクトのための GHG 排出削減のための統合方法論）は廃ガス・廃熱・廃圧の有効利用を対象とした方法論であり、廃電力の利用が想定されていない。廃棄されているエネルギーの有効利用という概念は同じであることから、改訂を要請して廃電力を含めることは理論的に問題ないとする。

オプション2：AMS-III.Qの改訂

AMS-III.Q. (廃エネルギー (ガス/熱/圧力) 回収プロジェクト) は ACM0012 と同様、廃ガス・廃熱・廃圧の有効利用を対象とした方法論であり、廃電力の利用が想定されていない。小規模 CDM は、通常の CDM に比べて簡易な手続きが利用できるため、こちらの方法論の方が PDD の作成に要する時間と労力が少なく済む。タイプ III の小規模方法論は排出削減量が二酸化炭素換算で年間 6 万 t 以下のものを対象とするが、この要件は確実に満たす。

オプション3：承認小規模方法論 AMS-II.Iの利用

AMS-II.I. (産業施設における廃エネルギーの有効利用) が適用可能であれば承認方法論がそのまま利用でき、CDM 化までの時間を大幅に短縮することができる。小規模方法論のタイプ II (省エネルギープロジェクト) は、エネルギー供給側又は需要側における年間の削減エネルギー消費量が 60GWh 以下のものを対象とする。方法論の内容を検討したところ廃エネルギーからは電力は除外されていないと考えられ、本方法論の対象として廃電力が含まれると考えることは妥当であろう。一方、本方法論作成時には廃電力の利用は想定されていない可能性もあり、この点については指定運営組織 (DOE) への確認が必要である。

以上のオプションについて DOE にも意見を求めたが、③AMS-II.I.の適用可能性が高いということで、まず AMS-II.I.の適用を試みた。しかしながら、生産物 1 トンあたりに必要なエネルギー量の算出が求められるところ、1 台あたりのエネルギーで良いのか、1 台あたりで良いにしても部品を含めて正確に生産単位あたりのエネルギー量を算出することは困難であることが判明した。そこで、AMS-III.Q.に廃電力を含める改訂案を小規模 CDM ワーキンググループに提案した。2009 年 4 月 29 日～5 月 2 日にかけて開催される第 20 回会合で審議される予定である。

課題2 ESCO を利用した事業スキームの検討結果

ESCO を利用する事業スキームに関しては、日本企業と中国企業がシステムの開発及び設置を行うことで決定しており、出資比率も含めて事業スキームは確立したといえる。初期投資は 7,594 万円であり、初期投資、メンテナンス費 (380 万円) を含めて十分に ESCO 事業を行えるような形で、今後 ESCO 会社設立などの具体的措置に移っていく。

課題3 廃熱・排ガスの利用可能性の検討結果

試験台をエネルギーセンターに見立て、廃電力、廃熱、排ガスを回収する案を検討した。削減量も廃電力の回収と同等程度かそれ以上に見込まれ、廃電力回収と同じ方法論 (AMS-III.Q.) で CDM 化が可能である。廃電力の回収・利用と比較するとデータの収集等が複雑になるが、工場側の期待が大きいため、データの収集についての協力は得やすいと考えられる。また、現地調査時に廃熱・排ガス回収の計画が提示されたが、実施可能性は高いと判断した。以上を考慮して、廃熱・排ガスの回収も検討対象とする。なお、当該工場にはディーゼル発電ユニットの試験台は 4 台あるが、当面 1 台についての ESCO 事業の実施を計画している。年間削減量は

19,456 トンである（2010 年 4 月にプロジェクトは開始されるので、2012 年までの総削減量は 53,500 トン）。試験台の稼働率も勘案すると将来的には試験台 2 台への設置が考えられる（この場合 2012 年までの総削減量は、107,000 トン）。中国には同様の新造工場が他に 4 ヶ所あるので、今回の対象工場と同様の削減が他の工場でも可能と仮定すると（実際には工場内の電力バランス、熱バランスを考慮し検討を行う必要がある）、2012 年までの総削減量は 428,000 トンと算出される。

3. プロジェクトの事業化

以下では、AMS-III.Q に廃電力を含める改訂案（廃エネルギー（ガス／熱／電力／圧力）回収プロジェクト）に従ってプロジェクトの CDM 化の可能性を検討する。

(1) プロジェクトバウンダリー及びベースラインの設定

適用条件

AMS-III.Q の適用条件は以下の通りであり、プロジェクトはすべての適用条件を満たす。

- 本方法論は、既存の施設における排ガス／廃熱／廃電力を、以下を目的とするエネルギー源として利用するプロジェクト活動に利用される。即ち、
 - (a) 発電
 - (b) プロセス加熱用熱源としての直接使用
 - (c) プロセス電源としての直接使用
 - (d) 基本的プロセスにおける熱（例えば、蒸気、熱水、加熱油、熱風）の生成のため
- 排ガス／廃熱／廃電力の回収は、既存の施設における新規の対策でも或いは追加的な増分でもよい。
- プロジェクト活動が追加的な増分である場合、プロジェクト活動実施以前に使われていた技術と当該プロジェクトの技術の差異を明確に立証する必要がある。プロジェクト活動実施前に使われていた技術の使用を妨げない、プロジェクト活動の障壁がなぜ存在するか立証する必要がある。
- 対策は、年間 CO₂ 相当 60 キロトン以下の排出削減をもたらすものに限定される。対策が既存の廃熱回収方法に対する追加的な廃熱回収をもたらすものである場合、追加的な GHG 排出削減のみを考慮に入れ、かかる追加的な増分が年間 CO₂ 相当 60 キロトン以下の排出削減をもたらすものとする。
- この方法は下記の諸条件に基づいて適用される。即ち、
 - (a) 回収される排ガス／廃熱／廃電力によって生成されるエネルギーが測定可能でなければならない。
 - (b) プロジェクト活動で生成されるエネルギーは排ガス／廃熱／廃電力が生成される施設内で使われなければならない。プロジェクト活動によって生成される電力で、送電線網へ送り出されるものは除外される。
 - (c) プロジェクト活動で利用される排ガス／廃熱／廃電力は、プロジェクト活動がない場合にフレアリングされたか大気中／水中へ放出された筈のものである。
- この方法においては、廃エネルギーは利用可能なエネルギーを供給する能力を持っているが、廃棄されていたことを立証できる、機械或いは製造工程から副産物として生

成されるガス／熱／電力と定義される。例えば、フレアリングされるか大気中へ放出されていたガス、回収されなかった熱や電力（つまり、廃熱／廃電力）などである。スポット市場でエネルギー保有体又は化合物として本来の価値を持っているガス（例えば、天然ガス、水素、液化石油ガス、或いはそれらの代替物）はこの方法の対象とはならない。

プロジェクトバウンダリー

排ガス／廃熱／廃電力が生成され、有用なエネルギーに転換される施設の物理的、地理的なサイト、つまり工場がプロジェクトのバウンダリーとなる。

ベースラインシナリオ

プロジェクト活動の最も妥当なベースラインシナリオは、本プロジェクト活動に対する代替案を検討することによって評価する。評価には、「ベースライン・シナリオの特定及び追加性の証明のためのコンバインドツール」の最新版のステップ1～3を使用する。これによって特定されるベースラインシナリオがこの方法論によるベースラインと同じで、「CDMに登録することなく実施されるプロジェクト活動案」としてのプロジェクトの実施が当該地域では通常の慣行（コモンプラクティス）ではないことが立証できる場合、方法論を適用できる。

代替シナリオは以下の通り。

- 現状の継続（廃電力・廃熱・排ガスは利用されず現状の設備の運転を継続する）
- プロジェクト活動の全部あるいは一部を CDM の枠外で実施する（例えば ESCO が単独で実施する）
- プロジェクト活動の計画よりもさらに効率の高い省エネ設備を導入する。

CDM においては、クレジット収入を考慮しない場合に、当該プロジェクトがビジネスベースでは起こらないことを立証する必要がある。この場合、IRR が通常におけるビジネスの基準よりも低いことを証明すればよい。

IRR が低いために ESCO が単独で実施する可能性は低く、また、試験台を設置して 12 年が経過したが、省エネの知識・経験がないため、プロジェクト活動の計画よりもさらに効率の高い省エネ設備が導入される可能性はほとんどない。従って、本プロジェクトがない場合のベースラインシナリオは現在のシステムの継続利用となる可能性が高いと言える。

また、本プロジェクトは中国では類似案件がなく、車両工場の試験プロセスにおける廃電力・廃熱の利用は初めての試みである。

ベースライン排出

電力が既存の電力グリッドから入手でき、また熱が化石燃料ベースの基本的プロセス（例えば、蒸気ボイラ、熱水生成器、熱風発生器、加熱油生成装置）から入手できた場合、ベースラインの排出量は下記のように計算できる。

(a) 廃電力

代替されるのは、既存の電力グリッドが供給する電力であり、ベースライン排出量 ($BE_{elec,y}$) は以下のように計算される。

$$BE_{elec,y} = f_{cap} * f_{wcm} * \sum_j \sum_i (EG_{i,j,y} * EF_{Elec,i,j,y})$$

ここで、

$BE_{elec,y}$ = y 年度に廃電力により代替される電力に起因するベースライン排出量 (tCO₂)。

$EG_{i,j,y}$ = y 年度にプロジェクト活動がなければ電力グリッド($i=gr$)から入手したであろう電力量 (MWh)。

$EF_{Elec,i,j,y}$ = 電力グリッド i から供給される電力の CO₂ 排出係数 (tCO₂/MWh)。

f_{wcm} = 1 ($EG_{i,j,y}$ はすべて廃電力により生成される。)

f_{cap} = 1 (廃電力の発生量はプロジェクト実施前と変わらない。)

(b) 排ガス・廃熱

代替されるのは、工場内のボイラが供給する蒸気であり、ベースライン排出量 ($BE_{heat,y}$) は以下のように計算される。

$$BE_{heat,y} = f_{cap} * f_{wcm} * \sum_j \sum_i (HG_{i,j,y} * EF_{Heat,i,j,y})$$

ここで、

$BE_{heat,y}$ = y 年度に排ガス・廃熱に代替される蒸気 (熱) に起因するベースライン排出量 (CO₂ トン)。

$HG_{i,j,y}$ = y 年度にプロジェクト活動がなければボイラ($i=Boiler$)から入手したであろう熱量 (TJ)。

$EF_{Heat,i,j,y}$ = ボイラ i から供給される熱の CO₂ 排出係数 (tCO₂/TJ)。

f_{wcm} = 1 ($HG_{i,j,y}$ はすべて排ガス/廃熱により生成される。)

f_{cap} = 1 (排ガス/廃熱の発生量はプロジェクト実施前と変わらないと仮定。)

ベースラインの熱源が特定の既存のボイラであるので、CO₂ の排出係数は以下のように求める。

$$EF_{Heat,i,j,y} = \frac{EF_{CO2,i,j}}{\eta_{Boiler,j}}$$

ここで、

$EF_{CO2,i,j}$ = ボイラ i で使われた化石燃料のエネルギー単位当たり CO₂ 排出係数 (tCO₂ /TJ)。

$\eta_{Boiler,j}$ = プロジェクト活動がない場合に使ったであろうボイラ i の効率。

プロジェクト排出

プロジェクトからの排出は発生しない。

排出削減量の計算

排出削減量の計算に利用する各パラメータは次の通り。

	廃電力	
$EG_{i,j,y}$	2,700	MWh
$EF_{Elec,i,j,y}$	0.9928	tCO ₂ /MWh
$BE_{elec,y}$	2,681	tCO ₂ /年
$PE_{elec,y}$	0	tCO ₂ /年

	廃ガス	廃熱	
蒸気量	1,670	16,460	トン
$HG_{i,j,y}$	12	114	TJ
$EF_{CO2,i,j}$	106.5		tCO ₂ /TJ
$\eta_{Boiler,j}$	80		%
$EF_{Heat,i,j,y}$	133.1		tCO ₂ /TJ
$BE_{heat,y}$	1,545	15,231	tCO ₂ /年
$PE_{heat,y}$	0	0	tCO ₂ /年

(2) モニタリング計画

ベースライン排出量を決めるためのモニタリングは以下からなる。即ち、

- 生成される熱エネルギー或いは電気エネルギーを測定する。熱エネルギーの場合、熱水／蒸気など熱エネルギーの出口における流れのエンタルピーをモニターする必要がある。
- 排ガス／廃電力の量又は廃熱に含まれるエネルギーの量を測定する。

(3) 温室効果ガス削減量

	2010年	2011年	2012年	合計
廃電力回収・利用	2,010 t	2,681 t	2,681 t	7,372 t
廃ガス回収・利用	1,159 t	1,545 t	1,545 t	4,249 t
廃熱回収・利用	11,423 t	15,231 t	15,231 t	41,884 t
合計	14,592 t	19,456 t	19,456 t	53,505 t

(4) プロジェクト期間・クレジット獲得期間

プロジェクト期間

プロジェクト期間はシステムの耐用年数を基準とする。

本プロジェクトは設備に関する契約を締結した日がプロジェクト開始日となる。現状では2009年6月までに契約の締結が行われる見通しであり、設置後20年間をプロジェクト期間とする。つまり、プロジェクト期間は2009年6月～2030年12月である。

クレジット獲得期間

クレジット獲得期間は10年間とする。2010年3月までにシステムを設置する見通しであり、

本格稼働は 2010 年 4 月となる。よって 2010 年 4 月 1 日～2020 年 3 月 31 日までがクレジット獲得期間となる。設備の耐用年数はクレジット獲得期間よりも十分長い。

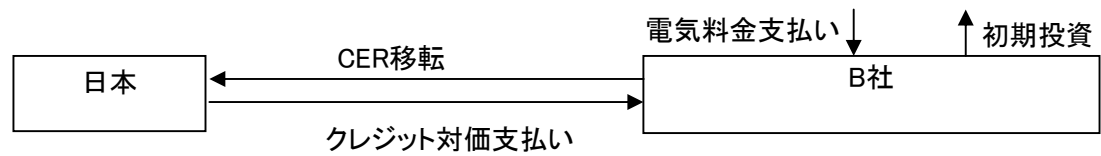
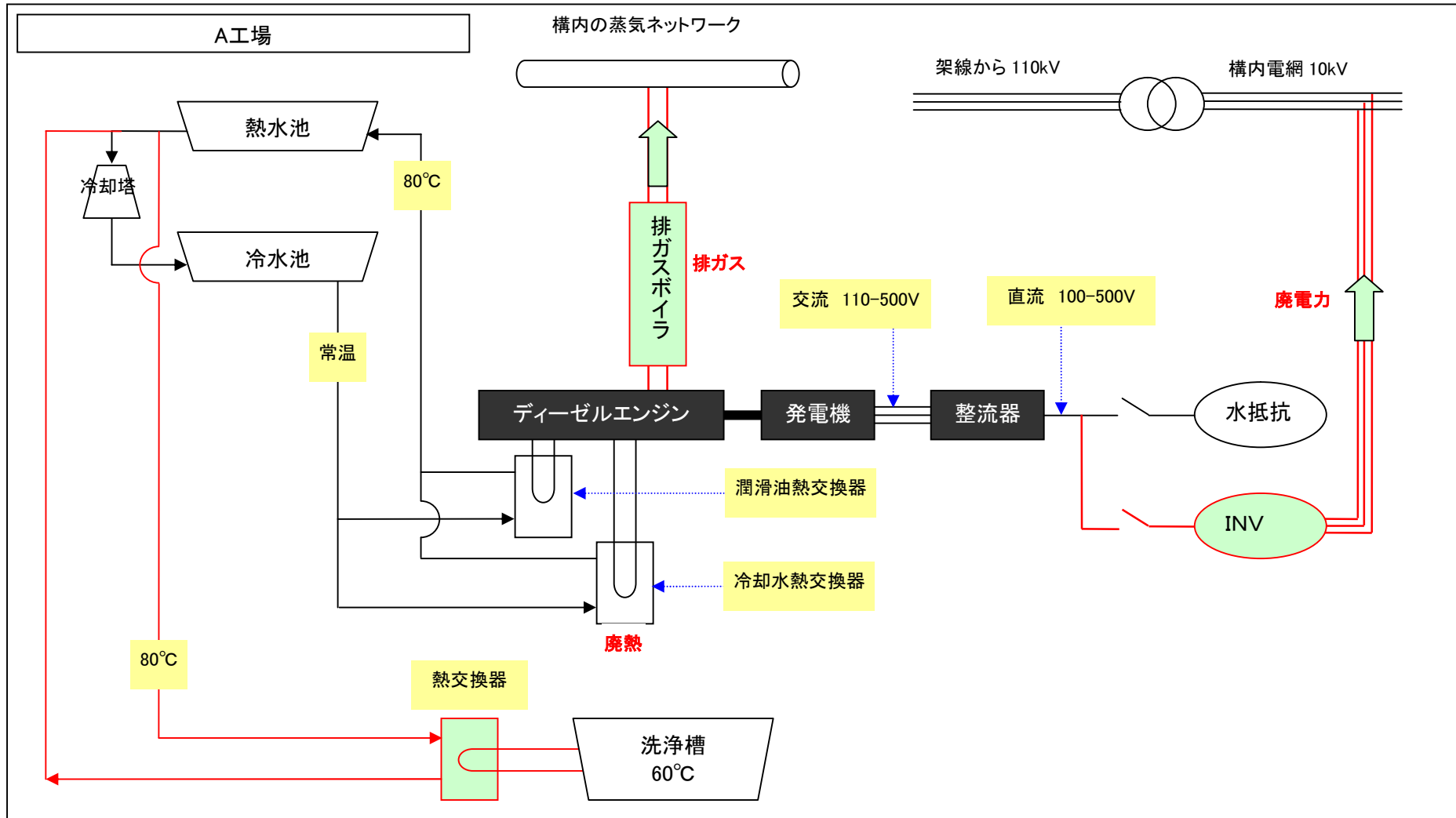
(5) 環境影響・その他の間接影響

本プロジェクトは、工場内で省エネシステムを設置するプロジェクトであり、本プロジェクトによる負の環境影響は存在しないか、回避可能と考えられる。一方、プロジェクト実施によって、電力グリッドにおける SO₂、NO_x 排出量及び石炭灰が減少するため、地域の環境保全促進に繋がると考えられる。

(6) 利害関係者のコメント

実施に先立ち、利害関係者となる周辺住民及び株主を対象とした説明会を開き、プロジェクトに対する意見を聞く。時期は設備に関する主要事項決定後の 2009 年 5 月頃となる見通しである。

(7) プロジェクトの実施体制



(8) 資金計画

ESCO 会社の自己資金で進める。資金調達に関しては日本企業と中国企業がそれぞれ本事業を賄うに足る自己資金を出資し、ESCO 事業を行うことに決定しており、銀行からの借入れは行わない。

(9) 経済性分析

検討の前提データと IRR を以下に示す（キャッシュフロー計算書は別添する）。

- 運転開始 2010 年 4 月
- システム設置費用 75.94 百万円
- 収入 13.38 百万円 (初年度はその 3/4)
- 税率 30%
- CO₂削減量 19,456 トン/年
- クレジット単価 8 ユーロ/t-CO₂
- 為替レート 1 ユーロ=120 円

	クレジット無	クレジット有
I R R (10 年間)	-1.07%	10.83%

以上に示したのは、試験台 1 台から発生する電力と廃ガス・廃熱による蒸気を工場に販売する事業スキーム全体の経済性である。

(10) 追加性の証明

「ベースラインシナリオの特定及び追加性の証明のためのコンバインドツール」を利用して追加性を立証する。

ステップ 1. 代替シナリオの特定

特定されたベースラインシナリオは以下の通りである。

- シナリオ 1 現状の継続（電力・熱は利用されず現状の設備の運転を継続する）
- シナリオ 2 プロジェクト活動の全部あるいは一部を CDM の枠外で実施する（例えば ESCO が単独で実施する）
- シナリオ 3 プロジェクト活動の計画よりもさらに効率の高い省エネ設備を導入する。

中国では五ヵ年計画に代表されるように省エネの規制が厳しくなっているが、プロジェクト活動の実施やプロジェクト活動よりもさらに高度な省エネの実施は義務付けられておらず、あくまでも自主的な判断に任された範囲（義務付けられたレベルを超えるもの）である。

ステップ 2. 障壁分析

- 投資障壁（ステップ 3 で分析する財務リターン不足以外）
- 技術的障壁
- 普及のための慣行の欠如
- その他の障壁

シナリオ3は技術的障壁があるために排除される。

ステップ3. 投資分析

CDM においては、事業者におけるクレジット収入を考慮しない場合に、当該プロジェクトがビジネスベースでは起こらないことを立証する必要がある。この場合、IRR が通常におけるビジネスの基準よりも低いことを証明すればよい。

(11) 事業化の見込み・課題

カウンターパートも強い意欲を見せており、政府もサポートを表明していることからプロジェクトの実現に向けた見通しは明るい。現在 ESCO 事業の詳細（設置する省エネ設備の仕様、投資額、リスク分担比率、利益分担比率、メーカーの選定など）について A 工場と日本側投資家（銀行系）、中国側投資家（銀行系）及び中国側投資家（個人投資家）の間で検討中である。その結果を受けて CDM が実施される。

4. ホスト国におけるコベネフィットの実現

(1) ホスト国における公害防止の評価

今回のプロジェクトを実施することにより、①今まで捨てていた電力を有効活用することにより系統電力の消費量が減少し、発電所で使用される石炭も減少する、また②廃熱・排ガスを有効活用することにより工場のボイラで消費していた石炭消費量が減少する。ここで主要な大気汚染物質として SO₂、NO_x を対象に考えると、文献調査の結果、①に対応するのは中国における発電所部門の石炭の原単位（SO₂ : 833.6g/GJ、NO_x : 298.8g/GJ）、②に対応するのは産業部門の石炭の原単位（SO₂ : 934.2g/GJ、NO_x : 241.8g/GJ）である。これらに該当する石炭消費削減量（①9,720GJ、②126,014GJ）を乗じて SO₂、NO_x 排出削減量を求めると、毎年 SO₂ は 126 トン、NO_x は 33 トンと求められる。

(2) コベネフィット指標の提案

ここでは外部不経済の概念を導入することにより、環境汚染物質の統合化、個別便益の一体化を図りつつコベネフィット指標の提案を行った。

コベネフィット指標 1（コベネ貢献指標）

温暖化問題対公害対策寄与度指標

$$= \text{外部不経済低減額（公害対策）} / \text{外部不経済低減額（温暖化）} \cdots (1)$$

温暖化問題改善あるいは公害問題改善（大気、水質、廃棄物）であっても、いずれも外部不経済を低減するものである。コベネフィット効果とは、温暖化問題を主とし公害問題を従とした場合の効果を測定するものと考え、(1) 式を設定した。

ここでは、IPCC1995 で理論的に正しい方法とされているダメージコストに基づいて外部不経済を評価している事例である CO₂ : 26 ドル/t、SO₂ : 7,425 ドル/t、NO_x : 14,483 ドル/t を採用し、本プロジェクトの各ガスの削減量を乗じた。その結果、例えば 10 年間の削減量と外

部不経済低減額は以下のとおりである。これより、ここで定義したコベネフィット指標は、2.8と求まる。すなわち、本プロジェクトの公害問題への寄与度は温暖化問題への寄与度の2.8倍であることを意味する。対策効果の公害問題改善の価値も日本によるCDMの貢献として明確にホスト国に認識してもらうための指標となると考えられる。

CO₂ : 194,560 トン 456,750 千円

SO₂ : 1,260 トン 843,530 千円

NO_x : 330 トン 436,430 千円

コベネフィット指標 2 (コベネ投資効率指標)

$$\text{投資効率指標} = \text{外部不経済低減額 (温暖化+公害対策)} / \text{投資額} \cdots (2)$$

投資金額に対して回避された外部不経済の大きさを尺度とすることを考えたのが(2)式である。ホスト国にとってみれば投資金額対比での外部不経済低減が大きいプロジェクトほど、温暖化・公害改善に効率的に役立つという指標となる。

今回のプロジェクトで、この(2)に示したコベネフィット指標(投資効率指標)を求めると22.8となる。これはCO₂、SO₂、NO_xの外部不経済合計値(ここでは10年間分の合計値とした:1,736.71百万円)を省エネシステムへの投資額(75.96百万円)で割ったものである。投資本来の経済的メリットに加えて、環境的メリットをも投資意思決定に勘案することができる方式である。民間投資はともかく、ODAなどは環境配慮も念頭においたものなので、こういった形で明示的に投資意志決定、あるいはプロジェクトの選定に用いるべきである。