

平成 16 年度環境省委託事業

平成 16 年度 CDM / J I 事業調査

ポーランドの遊休製糖工場を活用した草本系バイオマス利用
コージェネレーション事業調査

報告書概要版

平成 17 年 3 月

みずほ情報総研株式会社

(1) プロジェクト実施に係る基礎的要素

■提案プロジェクトの概要と企画立案の背景

本プロジェクトは、2001年の砂糖生産を最後に操業を停止したポーランド国営砂糖会社 Rejowiec 工場において、既存のコージェネレーション設備などを有効活用し、草本系バイオマス（ビート、菜種残渣）を燃料としたコージェネレーション事業を実施するものである。当工場においては工場用地及び既存設備の有効活用が求められており、またこれまで砂糖原料としてのビートを栽培・供給してきた周辺農家からも、ビートの買い取り継続を求める声強いことから本計画が進められている。

本プロジェクトでは、現在周辺農家が生産している糖度の高いビートに代わり、より成長率が高いビートを契約栽培し、また近隣で排出される菜種残渣（絞り粕及び藁）とともに、それらをコージェネレーション事業の原料とするものである。発電した電力は配電会社に売電し、熱は熱供給会社又は周辺の熱需要家に販売する予定である。

ポーランドでは、EUの再生可能エネルギー導入指令への対応として、2010年時点でポーランド国内発電量の7.5%を再生可能エネルギーベースの発電とすることを目標としており、本プロジェクトはこうした国の政策とも方向性が合致するものである。

■ホスト国の概要

ポーランド共和国は、中・東欧諸国で人口、国土、経済力ともに最大の規模を持つ。バルト海沿岸に位置し、ドイツ、チェコ共和国、スロバキア共和国、ウクライナ、ベラルーシ、リトアニア、およびロシア連邦と国境を接している。

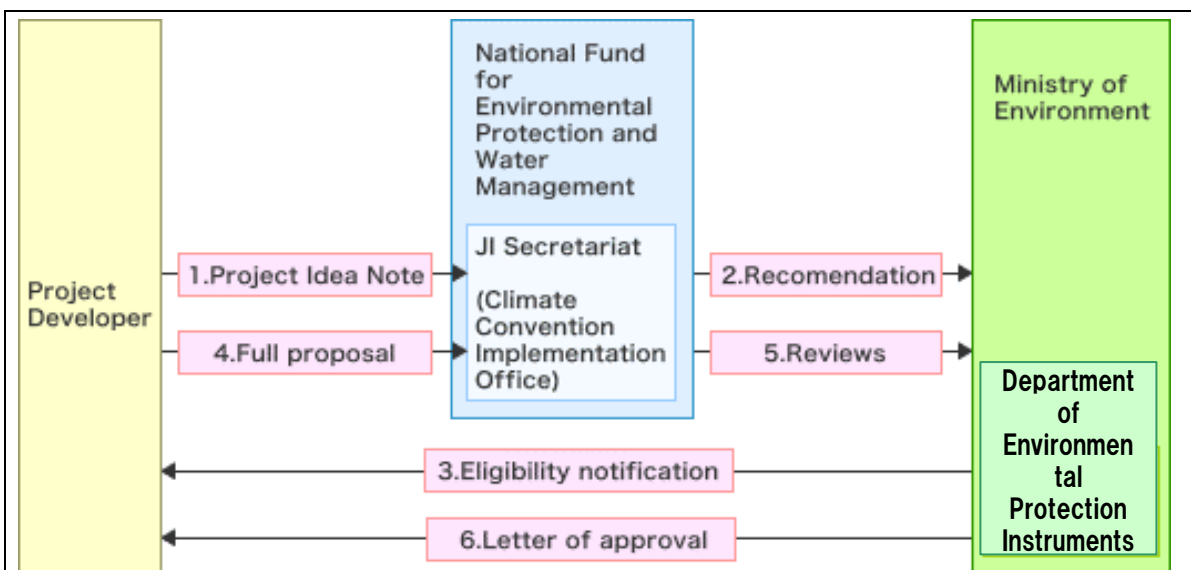
10世紀に建国され、15～17世紀には東欧の大国であった。18世紀末には独、墺、露の隣接三国に分割され、第一次大戦終了までの123年間世界地図から姿を消した。第二次大戦ではソ連とドイツに分割占領された。大戦での犠牲者は、アウシュビッツ収容所での虐殺など総人口の5分の1を数え、世界最高の比率。大戦後は、ソ連圏にくみ込まれたが、「連帯」運動（1980-81年）など自由化運動が活発で、東欧諸国の民主化運動をリードした。1989年9月、旧ソ連圏で最初の非社会主義政権が発足した。

「欧州への統合」を目標に、1999年3月にNATO加盟を果たし、2004年5月にEU加盟。

■ホスト国のCDM/JIの受入のクライテリアやDNAの設置状況など、CDM/JIに関する政策・状況

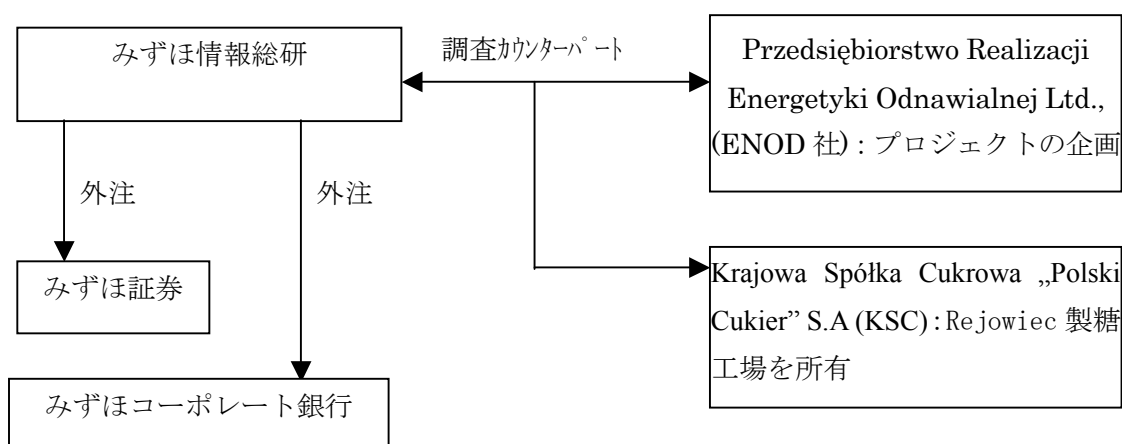
環境ファンド JI 事務局 (the JI Secretariat at the National Fund for Environmental Protection and Water Management) が一次的取扱機関 (Focal point) となっている。最終承認 (approval stage) は、環境省内に設置されている環境保護条約部 (Department of Environmental Protection Instruments ; DEPI) が行う。

ポーランドにおいて JI 承認の基準は公式には定められていないが、ポーランド環境省はドナー国側からのプロジェクトに対する Up-front での支払い (出資 and/or 排出権前払い) を JI 承認の条件としている。



(出典：The Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe 資料を一部改正)

■調査の実施体制（国内・ホスト国・その他）



(2)プロジェクトの立案

■プロジェクトの具体的な内容

1) バイオマス燃料の調達

本プロジェクトで主燃料とするバイオマスは、地域の農業の特性を考慮し、砂糖ビートパルプあるいは飼料ビートバイオマス、菜種の藁、菜種絞り粕とする計画である。下表に時期別のバイオマス調達計画を示す。

表 本プロジェクトでの燃料バイオマス調達計画

バイオマスの種類	7-10月及び3-5月		11-2月		年間
	t/h	t/period	t/h	t/period	t/a
Rape straw	5.59	25,904	4.26	12,261	38,164
Beet pulp	0	0	2.13	6,130	6,130
Oil cake	1.86	8,635	1.06	3,065	11,700
Total	7.45	34,538	7.45	21,456	55,994

2) 再生可能エネルギーの生産

Rejowiec 製糖工場の既存電力システムを活用して以下の設備導入・改修を行う計画である。

(1) わら貯蔵乾燥施設の設置

(2) バイオマス加工/燃料パレット生産設備の設置

バイオマス加工/燃料パレット生産設備は、バイオマス生産地近隣に分散して設置する予定。以下のものを装備したバイオマス加工/燃料パレット生産設備を建設する。

(3) ボイラーへの燃料供給設備の設置

(4) 蒸気ボイラーの改修

本プロジェクトの初期段階では、既存のボイラーの利用が計画されており、つまり火格子加熱炉の対応燃料を石炭からバイオマスペレット燃料に切り替える予定である。

(5) タービン及び発電機利用の設置

製糖工場にある既存の蒸気タービンセットはキャパシティが小さいため、約10MWeの新規設備に更新する予定である。

(6) 焼却灰肥料化設備の設置

以下に本プロジェクトのバイオマス燃料消費計画量、売電計画量、熱販売計画量を示す。

表 本プロジェクトの売電計画量、熱販売計画量

Production in a month		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Labour hours		744	672	744	720	744	0	216	744	720	744	720	744	7512
fuel consumption	t/month	5546	5009	5546	5367	5546	0	1610	5546	5367	5546	5367	5546	55994
Sold electrical energy	MWh	7531	6802	7531	7288	7531	0	2186	7531	7288	7531	7288	7531	76038
Sold heat	MWh	7198	6501	6398	4644	3999	0	1161	3999	4644	6398	6966	7198	59104

■プロジェクト境界・ベースラインの設定・追加性の立証

1) ベースライン方法論

本プロジェクトはバイオマスを燃料とする CHP プロジェクトであり、電力はポーランドのナショナルグリッドに売電、熱は熱供給会社、近隣の倉庫等に供給する。したがって、ナショナルグリッド及びそれぞれの熱需要家への熱供給先からの温室効果ガス排出を削減することができる。

①電力にかかるベースライン

本プロジェクトはポーランドのナショナルグリッドに接続する発電プロジェクトである。したがって、本プロジェクトがない場合に「グリッド内で増加するであろう発電量に伴う CO2 排出量」がベースライン排出量となる。

「グリッド内で増加するであろう発電量に伴う CO2 排出量」とは、すなわちグリッドに接続されたプラントの中のマージナルプラントから排出される CO2 排出量のことである。ベースライン排出量はグリッドへの売電量により計算されるため、それらマージナルプラントを対象としたマルチ・プロジェクトの CO2 排出係数をベースラインとする。

また、ポーランドの発電所における発電量当りのエネルギー消費量は低下傾向にあるため、Carbon Emission Factor も同様に低下傾向にあることが推定される。したがって Carbon Emission Factor の算出においては、保守的な設定として将来の実データに基づき算出する” Ex-post” の考え方を採用する。

②熱にかかるベースライン

熱販売に係るベースラインは、熱供給先の熱生産又は熱購入の現状に基づき、将来最も経済的な熱生産又は熱購入を想定した場合の排出量とする。ここでベースライン排出量は、熱供給先への熱販売量をベースに計算されるため、使用燃料及びボイラーの効率に基づく単位熱量当りの温室効果ガス排出量をベースラインとする。

2)プロジェクト境界

<ベースライン>

①グリッドにおける発電

本プロジェクトは、ポーランドのナショナルグリッドに接続されるものであるため、バウンダリーに含まれる。

②熱需要家における熱生産

本プロジェクトは、CHP プロジェクトであり熱を近隣の工場等に供給するものである。したがって、ベースライン設定においては熱供給先の熱生産又は熱購入がバウンダリーに含まれる。

<プロジェクト活動>

③コージェネレーションプロジェクト

本プロジェクトである菜種およびビートを利用した CHP プロジェクトサイトは全て、バウンダリーに含まれる。

④バイオマスペレット製造

バイオマスペレットは12ヵ所の分散施設で製造され、その製造過程もバウンダリーに含まれる。なお、バイオマスペレット製造設備は、グリッドからの購入電力によって稼動する。

⑤バイオマスおよびバイオペレットの貯蔵

菜種残渣、菜種藁、ビートといったバイオマスは、バイオペレットに製造されるまで一時的に貯蔵される。また、バイオペレットも CHP に投入されるまで一時的に貯蔵されることとなる。これらの貯蔵過程もバウンダリーに含まれる。

⑥バイオペレットの CHP への輸送

バイオペレットは栽培地に近い分散施設で製造され、その後 CHP プラントへ輸送されることとなる。したがってそれら製造施設から CHP までの輸送はバウンダリーに含まれる。

3) 追加性

①燃料調達リスク

本プロジェクトはビートや菜種といった一年生の作物を燃料として有効利用する CHP プロジェクトである。しかし、これら農作物の栽培・収穫は気候に大きく影響され、強風、大雨、渇水、などの予測不可能な天候不順が生じた際には農作物の収穫が大幅に不足する事態が発生する。すなわち本プロジェクトでは自らの責任で菜種残渣を調達する必要があるため、燃料供給契約は締結するものの、通常の化石燃料を利用した発電と比べて燃料調達リスクが高いと考えられる。

②技術バリアー

ポーランドにおいては、本プロジェクトで使用するような複数のバイオマスを混合したペレットを燃料としたバーナー・ボイラーは普及しておらず、導入においては運転・管理技術の習得などのバリアーが存在する。

■プロジェクト実施による GHG 削減量及びリーケージ

1) プロジェクト活動による温室効果ガス排出量

- ・バイオペレット燃焼による排出量：CH₄ 排出量= 564 t CO₂-eq、N₂O 排出量= 1,111 t CO₂-eq
- ・プラント起動時の燃料の燃焼による排出量：石炭消費量のモニタリングデータに依存するため、現時点での排出量算出は行わない。
- ・バイオペレット製造時の電力消費による排出：グリッドからの購入電力量のモニタリングデータに依存するため、現時点での排出量算出は行わない。
- ・バイオペレット製造地点から CHP までのペレット輸送に係るトラックからの排出量：= 262 tCO₂-eq

2) リークエージ

- ・栽培時における排出量 := 346tCO₂-eq
- ・施肥による排出量 := 950tCO₂-eq
- ・バイオペレット製造施設へのバイオマス輸送による排出 := 48 tCO₂-eq

3) ベースラインにおける排出量

① 電力にかかるベースライン排出量

2001年、2002年及び2003年のCO₂排出原単位の計算結果を示す。

$$CEF_{2001} = 104,620 \text{ (ktCO}_2\text{)} / 112,724 \text{ (GWh)} = 0.93 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}$$

$$CEF_{2002} = 102,827 \text{ (ktCO}_2\text{)} / 111,343 \text{ (GWh)} = 0.92 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}$$

$$CEF_{2003} = 108,237 \text{ (ktCO}_2\text{)} / 116,707 \text{ (GWh)} = 0.93 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)}$$

上記3年間のCarbon Emission Factorのうち、最も低い2002年の0.92 (tCO₂/MWh)を参考値とする。

電力に係るベースライン排出量の計算において、年間売電量は毎年の実績値を使用するが、ここでは現時点で予定している年間発電量76,038 (MWh)を用いて、参考値としてのベースライン排出量を計算する。

$$0.92 \text{ (tCO}_2\text{/MWh)} \times 76,038 \text{ (MWh)} = 69,955 \text{ (tCO}_2\text{)}$$

② 熱にかかるベースライン排出量

本プロジェクトでは年間59,104 (MWh) x 3.6 = 212,774 (GJ)の熱を販売する計画である。熱需要先としては、近隣にある集合団地やビル、砂糖保管用倉庫等が存在しており、現在は熱を石炭ボイラーから購入している。従って、現状の石炭ボイラーをベースラインとする。現時点で予定している年間売熱量212,774 (GJ)を用いて、参考値としてのベースライン排出量を計算する。

$$\text{熱販売に係るベースライン排出量} = 212,774 \text{ (GJ)} \times 10^{-3} / 0.85 \times 25.8 \text{ (tC/TJ)} \times 0.98 \times (44/12) = 23,319 \text{ (tCO}_2\text{)}$$

4) プロジェクト実施による温室効果ガス排出削減量 (t-CO₂e/y)

Year	Year	Baseline emissions		Project emissions		Emissions reductions
		Electricity	Heat	Project	Leakage	
1	2008	69,955	23,319	1,938	1,033	90,303
2	2009	69,955	23,319	1,938	1,033	90,303
3	2010	69,955	23,319	1,938	1,033	90,303
4	2011	69,955	23,319	1,938	1,033	90,303
5	2012	69,955	23,319	1,938	1,033	90,303

■モニタリング計画

1) プロジェクト排出量に係るモニタリング

プロジェクト排出量に係るモニタリングは、CHP で消費されるバイオペレット量とスタートアップ時の石炭消費量、およびバイオペレット製造時に外部から購入する電力に係るデータについて実施する。

2) リークージに係るモニタリング

Leakage に係る排出量は、プロジェクト全体の排出削減量に比べて極めて少ない排出量であるため、年間輸送距離はモニタリングデータに基づかず、想定値に基づく計算結果を排出量とする。そのため、特にリークージに係るモニタリングデータはしない。

ただし、作物不作時の緊急時における外部からのバイオマス購入に際しては、バイオマス輸送距離が顕著に増加することが想定されるため、その輸送距離についてモニタリングを行う。

3) ベースライン排出量に係るモニタリング

本プロジェクトではグリッドへの売電、及び近隣の熱需要家への熱販売をするプロジェクトであるため、グリッドにおけるベースライン排出量及び熱需要家におけるベースライン排出量に係るデータをモニタリングする。特に売電にかかるベースラインは、“Ex-post”により計算するため、Grid に接続されている対象発電所についてもモニタリングする必要がある。

■環境影響/その他の間接影響

予備的な環境影響評価を実施した。

- 1) 空気中への汚染物質の排出 (SO₂、NO₂、CO、及び塵を含む。)
- 2) 騒音の影響範囲
- 3) 汚水 (工業排水、生活排水、雨水)
- 4) 廃棄物

■利害関係者のコメント

ステークホルダーコメントとして、プロジェクトサイト周辺の自治体関係者、県環境ファンド、県立農業指導センター、労働組合からコメントを聴取した。

(3) 事業化に向けて

■プロジェクトの実施体制（国内・ホスト国・その他）

プロジェクト参加（候補）者	役割、負担範囲など
KAE Rejowiec	事業実施主体
ENOD	KAE Rejowiec へ出資、技術全般、事業準備～実施
EJK Co., Ltd.	設計
設備納入企業（未定）	各種設備の納入と関与部分に関する訓練
金融機関、政府機関等	融資、信用供与（交渉中）
外部投資家（未定） （欧州のベンチャーキャピタルと交渉中）	出資
みずほ情報総研(株)	JI 申請・承認のアドバイス、日本からの参加者の発掘
日本のクレジット需要家（未定）	前払いによるクレジット購入
日本の投資家（未定）	出資によるクレジット取得

上記は、交渉中の部分や、検討中の部分を含む。

■プロジェクト実施のための資金計画

所要資金		調達先	
【第1フェーズ】		<u>クレジット代金前受</u>	<u>1,746</u>
技術部分	1,135		
乾燥設備	5,120	借入 第1フェーズ部分	7,854
ボイラ、タービン等	2,100	借入 第2フェーズ部分	21,600
燃料加工設備	1,480	(銀行、ポーランド環境ファン ドなど)	
既存ボイラの改修	1,600		
現金リザーブ	565		
<u>第1フェーズ 計</u>	<u>12,000</u>	<u>借入 計</u>	<u>29,454</u>
【第2フェーズ】		<u>投資ファンド等の投資家から の出資</u>	<u>7,800</u>
技術部分	1,375		
ボイラ、タービン等	24,430		
現金リザーブ	1,195		
<u>第2フェーズ 計</u>	<u>27,000</u>		
総投資額	39,000		39,000

上記以外の候補として
公的補助制度・融資制度の活用、保証契約を活用した借入など、様々な形態について交渉中。

検討中・交渉中等の要素を含む

■費用対効果

1) 内部収益性 (IRR) 金利支払前、税引前の CF に基づく内部収益率

クレジット 獲得期間	クレジット無し	US\$5/t-CO2
2008 年から 5 年間	23.53%	25.79%
2008 年から 21 年間		26.88%

上記は事業計画に基づき仮定を置いたうえでの計算であり、実際の事業結果はこれらと異なることがあります。

2) 投資回収年数

クレジット 獲得期間	クレジット無し	US\$5/t-CO2
2008 年から 5 年間	6.25 年	5.52 年
2008 年から 21 年間		5.52 年

上記は事業計画に基づき仮定を置いたうえでの計算であり、実際の事業結果はこれらと異なることがあります。

■ 具体的な事業化に向けての見込み・課題

本プロジェクトは Przedsiębiorstwo Realizacji Energetyki Odnawialnej Ltd., (ENOD 社) がポーランド国営砂糖会社 (Krajowa Spółka Cukrowa „Polski Cukier” S.A : KSC 社) に対して提案し、現在 KSC 社においてその実現可能性を検討しているものである。

KSC 社はまだ結論は出していないものの、現在本事業の実施を前向きに検討しており、その結論が下り次第資金調達、JI 申請・承認手続きなど進めていく予定である。技術的な検討は ENOD 社により強力に進められており、また資金調達においては欧州の再生可能エネルギーを専門とする投資家社やポーランドの公的な金融機関などと交渉を進めている。

ただし、本プロジェクトを実現させるためには、以下のような課題がある。

- 本プロジェクト周辺エリアは、本文中で述べているとおり、以前砂糖生産のためにビート栽培をしていた地域であり、菜種など他の一年草植物の栽培も行われてことから、燃料供給の基盤は存在する。ただし、砂糖生産は一年間の内の約 2 ヶ月間であるのに対し、本プロジェクトは 10 ヶ月強の稼動をする計画であるため、より長期間での稼動に耐えうる安定的な燃料調達・供給体制を構築する必要がある。
- KSC 社は本プロジェクトへ土地、利用可能設備を現物出資する予定である。それらの資産価値は事業会社を設立する際の出資比率交渉のベースとなるものであり、今後のそれらの資産査定を実施する必要がある。
- ポーランド政府 (環境省) の方針により、日本側から出資 and/or 排出権前払いがあることが JI 承認の条件とされている。すなわちリスクテイクをする日本側参加者を発掘する必要がある。