

平成 16 年度 CDM / J 事業調査

カンボジアの精米工場における

籾殻コージェネレーション発電事業の実施可能性調査

報告書

平成 17 年 3 月

三菱証券株式会社

平成 16 年度

目次

1. 目的.....	1
2. 現地調査.....	2
3. カンボジア国の基礎情報.....	3
3.1 カンボジアの地勢・気候.....	3
3.1.1 地勢.....	3
3.1.2 気候.....	4
3.2 社会・言語・宗教.....	4
3.3 カンボジア概観.....	5
3.3.1 カンボジアの歴史.....	5
3.3.2 カンボジアの政治.....	7
3.3.3.1 内戦終了後のカンボジアにおける経済成長率.....	8
3.3.3.2 カンボジアの経済政策と海外投資による経済発展.....	10
3.3.3.3 カンボジアの貿易概観.....	12
3.3.3.4 カンボジアにおける米作の重要性.....	13
3.3.3.5 日本とカンボジアの関係.....	15
3.4 カンボジアのエネルギー及び電力事情.....	15
3.4.1 カンボジアの消費エネルギー源とその推移.....	15
3.4.2 カンボジアの電化率.....	19
3.4.3 カンボジアの電力セクター.....	19
3.4.4 カンボジアの電力料金.....	20
3.4.5 カンボジアの発電所と電力供給可能量.....	21
3.4.6 カンボジアの電力需要の推移.....	22
3.4.7 電力セクターの発展におけるカンボジア政府の現在までの取り組み.....	24
3.4.8 カンボジアの再生可能エネルギーについての取り組み.....	25
3.5 カンボジアの温室効果ガス（GHG）インベントリー.....	26
3.5.1 カンボジアの1994年におけるGHGインベントリー.....	26
3.6 カンボジアのクリーン開発メカニズム(CDM)への取り組み.....	34
3.6.1 CDM事業に関わるカンボジア政府の政策.....	34
3.6.3 CDMプロジェクト承認までの流れ.....	36
3.6.4 CDMプロジェクト承認のための条件.....	38
4. プロジェクトの内容.....	40
4.1 事業概要.....	40
4.2 プロジェクトの目的及び意義.....	41
4.3 プロジェクト参加主体.....	41
4.4 プロジェクト期間（クレジット獲得期間）.....	45

4.5	実施スケジュール	45
4.6	事業実施サイト	46
5	AKR 精米工場の現況	47
5.1	基礎情報	47
5.2	現在の電力供給源	48
5.3	必要な電力量	49
5.4	プロセス蒸気のニーズ	49
6	本プロジェクトのバイオマス発電技術	50
6.1	精米の作業過程における廃棄物	50
6.2	本プロジェクトのコージェネプラント	52
6.2.1	建設予定地	52
6.2.2	ボイラー技術の選択	53
6.2.3	タービン技術の選択	53
6.2.4	籾殻燃料発電プラントの基本システム構造	54
6.3	建設予定のコージェネプラントの概要と CDM のクレジット期間	56
6.4	籾殻灰について	57
6.5	本プロジェクト実施サイトの燃料としての籾殻	58
6.5.1	本プロジェクトの籾殻の熱量	58
6.5.2	本プロジェクトに必要なバイオマス燃料（籾殻）の量	58
6.5.3	燃料供給量	59
6.5.4	籾殻の取扱い及び保管	59
6.6	建設・運営	60
6.6.1	必要とされる人員数	60
6.6.2	必要とされるスキル及び研修プログラム	60
6.7	資金計画	61
6.7.1	資金の見積もり	61
6.7.2	財務計画	62
7	プロジェクト設計書（Project Design Document: PDD）の作成	65
7.1	本プロジェクトのベースライン方法論	65
7.1.1	プロジェクト境界	66
7.1.2	ベースライン排出量の算定	67
7.1.3	プロジェクト排出量	70
7.1.4	リーケージ	71
7.1.5	本プロジェクトの追加性	73
7.1.6	プロジェクト効果	76
8	本プロジェクトのモニタリング計画	78

9	環境影響評価	81
10	ステークホルダーからのコメント	82
10.1	ヒアリング実施スケジュール	82
10.2	公聴会実施内容及び結果	82
11	仮の有効化審査（バリデーション）	84
11.1	審査を依頼した DOE	84
11.2	PDD の提出から現地審査まで	84
11.3	現地審査後の DOE との確認作業及び PDD の改訂	87
12	案件の全体評価	89
12.1	カンボジアのエネルギー政策との整合性	89
12.2	カンボジアの持続可能な開発基準との整合性	89
12.3	プロジェクトの現地状況	90
12.4	本プロジェクトへの期待	91
12.5	普及可能性	91
13	むすび	92

添付資料

添付資料 1．プロジェクト設計書（PDD）

添付資料 2．ステークホルダー公聴会参加者一覧

添付資料 3．プロジェクト IRR キャッシュフロー

添付資料 4．仮有効化審査概要

1. 目的

1997年に国連気候変動枠組条約第3回締約国会議（COP3）で採択された京都議定書は、2004年11月にロシアが議定書を批准したことにより2005年2月16日に発効の運びとなった。一方、2004年11月に初のCDMプロジェクトが国連CDM理事会により登録され、2005年1月には初の小規模CDMプロジェクト（RIO BLANCO Small Hydroelectric Project）が登録された。

本調査対象となるプロジェクトは、内戦の終結後、国の復興に努めるカンボジアで最大のアンコール精米工場（Angkor Kasekam Rongroeng Co., Ltd.: AKR）において、籾殻発電プラントを同工場に隣接させて建設し、15MW以下の発電を行うものである。この発電事業は、AKRが設立した特別目的会社であるアンコール・バイオ・コージェン社（Angkor Bio Cogen: ABC）が実施する。本プロジェクトで発電された電力は所内利用分を除いてすべてAKRへ販売され、AKRの自家発電燃料であるディーゼル油を代替する。カンボジアでは系統電源の整備が遅れており、首都プノンペンを除いては、ほとんどの事業所でディーゼル油などを燃料に自家発電を行っている。また、カンボジアは農業国であり、多くの農業廃棄物のバイオマス資源が利用されることなく廃棄されているのが現状である。

AKRでは現在、廃棄物として籾殻が野積みで放置されているため、そのままでは腐敗して地球温暖化効果の高いメタンが発生する原因となる。本調査では、本プロジェクトによってこのメタンの発生量を抑制する効果についても明らかにする。

本プロジェクトのCDM実施可能性を調査することにより、カンボジアにおける持続可能な籾殻発電事業の実施を通して、カンボジアの国情に適合し、関係者にとって受け入れ易く、かつ温暖化ガスの削減に寄与する技術をカンボジアで発展させることが可能であるかを検討する。炭素クレジットの獲得が見込まれることになれば、事業の実現可能性を高め、カンボジア初の籾殻のバイオマス利用技術として最適なものを導入するための資金を調達できるようになる。本調査では、プロジェクト設計書（Project Design Document: PDD）を作成し、指定運営機関（Designated Operational Entity: DOE）による仮の有効化審査を実施し、CDM事業としての実施可能性を明らかにする。

2. 現地調査

本調査は、表1のようなスケジュールに従って実施した。

表1 調査スケジュール(2004年6月~2005年3月)

	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
(1) 事前調査	→									
(2) 現地調査				→						
(3) ベースライン方法論に関する調査			→					→		
(4) プロジェクト実施期間/クレジット獲得期間に関する調査			→					→		
(5) モニタリング手法/計画に関する調査						→				
(6) 温室効果ガス排出量(又は吸収量)計算に関する調査			→					→		
(7) 環境影響に関する調査				→			→			
(8) その他の間接影響に関する調査				→			→			
(9) 利害関係者のコメントに関する調査							→			
(10) 資金計画に関する調査						→			→	
(11) その他の調査	→									→
(12) プロジェクト設計書(PDD)案の作成							→			→
(13) 仮の有効化審査の実施								→		

3. カンボジア国の基礎情報

3.1 カンボジアの地勢・気候

3.1.1 地勢

カンボジアはインドシナ半島に位置し、日本のおよそ半分に相当する面積 18.1 万 km² を有する国家である。首都はプノンペンで人口およそ 100 万人を擁している。カンボジアとその周辺国の地図を図 1 に示す。



図 1 カンボジアとその周辺国の地図

(出典: <http://www.geocities.jp/yamanob3/mapSEAsia.htm>)

3.1.2 気候

カンボジアは熱帯モンスーン気候に属し、1年は大きく雨季と乾季に分けられる。雨季は5月下旬から10月下旬で、9～10月が最も雨が多い。乾季は11月上旬～5月中旬で、この期間ほとんど雨は降らない。年間を通した平均気温は摂氏27度である。一番暑いのは、2月上旬～5月中旬で、日中の気温が摂氏35～40度である。このカンボジアの気候は稲作に適したものであるが、灌漑設備等が整備されていないため、一毛作が一般的である。

3.2 社会・言語・宗教

カンボジアの基礎情報を表2に示す。

表2 カンボジアの基礎情報

総人口（2004年7月）	約1,336万人
年齢構成（1998年） ¹	20歳未満：54.6%；20～34歳：21% 35～54歳：16.8%；55歳以上：7.6%
人口増加率（2004年）	1.8%
実質GDP成長率（2003年）	5%
一人あたりのGDP（購買力平価） （2003年）	1,900米ドル
物価上昇率（消費者物価） （2003年）	1.7%
為替レート （リエル/米ドル）	3,973.33（2003年）；3,912.08（2002年） 3,916.33（2001年）；3,840.75（2000年） 3,807.83（1999年）
識字率（2002年）	69.4%
民族構成	カンボジア人 （9割がクメール系）
宗教	仏教（上座仏教）
言語	クメール語（公用語）

（出典：米中央情報局（CIA）²）

¹ National Institute of Statistics of Cambodia (2000). *Census of Cambodia 1998*. Phnom Penh, Cambodia: The Royal Government of Cambodia.

² Central Intelligence Agency (2004). *Cambodia. The World Fact Book 2004*. Washington, DC: Government Printing Office.

カンボジアの総人口は緩やかな増加をたどっている。同国の人口の特徴は、1970年代から20数年続いた激しい内戦や虐殺の結果、20歳未満が全人口の54.6%と大部分を占めることである。

1997年の政治騒乱やアジア経済危機などの影響によって失速したカンボジアの経済状況は、1999年以降は上昇に転じ、物価上昇率は低く抑えられ、為替レートも安定している。

3.3 カンボジア概観

3.3.1 カンボジアの歴史³

国土の三方をタイ、ラオス、ベトナムに囲まれるカンボジアの歴史は、国際紛争や内戦の連続であった。特に1970年代から約20年間続いた内戦の傷跡は深い。内戦中に破壊された社会基盤や経済機能の再建、虐殺による人材の不足、数百万個に及ぶ地雷や不発弾の処理など、カンボジアは多くの課題を抱えている。

現在のカンボジアの基礎となったアンコール王朝（クメール王朝とも言われる）は8世紀頃、ジャヤヴァルマン2世によって開かれた。1113年に即位したスールヤヴァルマン2世の時代には、同王朝の芸術・宗教文化は頂点を迎え、現在国連によって世界遺産に指定されているアンコール・ワットを始めとする、多数のヒンズー寺院が建築された。その後、カンボジアにおけるヒンズー教信仰は次第に廃れ、13世紀以降は上座仏教が普及し、現在に至っている。

一方、アンコール王朝の政治事情は、内部闘争や13世紀後半から始まったアユタヤ王朝（現タイ）の侵攻により衰退の一途をたどることになる。1431年、アユタヤ王朝はアンコール王朝の首都アンコールを占領、当時のアンコール王朝ポニャーヤット王は、現在のプノンペンのあるチャドモックに遷都を余儀なくされた。以降、カンボジア - タイ間の対立はおよそ150年に渡って続くこととなる。さらに、17～18世紀はベトナムからの侵略や干渉も加わり、カンボジア国内情勢は混乱の色を濃くした。19世紀半ばからフランスによるインドシナ半島の植民地化が始まり、1863年、カンボジアはフランスの保護領となった。1887年には事実上の植民地として仏領インドシナに編入され、1953年に至るまでの約90年間、フランスがカンボジアの統治権を握った。

第二次世界大戦中に日本がカンボジアへ進軍し、フランス勢力の武装解除を行ったのを機に、

³ フリー百科事典「ウィキペディア（Wikipedia）」、カンボジアの歴史、2005年1月27日、<http://ja.wikipedia.org/wiki/>より入手

当時のカンボジア国王ノドロム・シアヌークはカンボジアの独立を宣言する。しかし独立は一時的なものであり、日本軍が連合軍に降伏するとカンボジアはフランスの統治下に戻された。その後、フランスからの独立を願うベトナムとフランスとの間に第一次インドシナ戦争が勃発。この戦いに敗北したフランスのインドシナ半島における統治力は弱まり、カンボジアは1953年に独立を果たした。

カンボジアの政情は、独立達成後も冷戦や近隣諸国との権力闘争に翻弄される。1960年に開戦したベトナム戦争中、カンボジアはベトナム反共産主義勢力を援助するアメリカ軍の攻撃を受けた。1965年5月にはシアヌーク国王がアメリカとの断交を宣言。しかし1970年3月、親米派のロン・ノルがクーデターを執行し、シアヌーク派は追放される。シアヌーク国王は中国へ脱出したが、毛沢東主義を掲げるポル・ポト率いる共産主義勢力ポル・ポト派（クメール・ルージュ）はシアヌーク国王を支持し、共にカンボジアへと帰国した。同年10月、ポル・ポトはシアヌークを擁立してクメール共和国の樹立を宣言し、ロン・ノル政権との間で内戦となった。

1971年10月、ロン・ノルは軍事独裁体制を敷き、翌年3月に新憲法を公布した。しかし1973年1月のパリ協定でインドシナ半島からのアメリカ軍撤退が決定したことでロン・ノルは後ろ盾を失い、1975年4月に亡命を余儀なくされた。ロン・ノル失脚を受けポル・ポト派が政権を獲得、1976年1月に「カンボジア民主国憲法」を公布し、国名を民主カンボジアに改称した。

ポル・ポト派は急進的な共産主義を標榜し、強固な集団管理の下で国民を統制した。プノンペンを始め、都市に住む中産階級を強制的に農村に入植させ、過酷な労働を課する。また、頭脳階級や留学生をはじめ、100万人を超える虐殺が行われたと言われる。

1978年1月、中国と関係の深いポル・ポト政権は、ソビエト連邦との関係を強化しているベトナムと国境紛争を起こしたために、中ソ対立の構図に巻き込まれ、ベトナムとの国交を断絶するに至った。1979年1月、ベトナムはプノンペンを攻略し、ポル・ポトらをタイ国境近くまで駆逐した。替わって親ベトナム派のヘン・サムリン政権が樹立されるが、ポル・ポト派のゲリラ活動による新政権への抵抗は続き、中国軍や国王派なども加わり内戦はさらに複雑なものとなる。この後、1989年までベトナムのカンボジア支配が続いた。ベトナムの統治下に置かれた10年間は、冷戦の影響により西側諸国からの援助が行われず、国交さえも途絶えた状態であった。

1991年10月、パリでカンボジア和平協定が締結された。翌年には国連カンボジア暫定統治機構（UNTAC）の平和維持活動（PKO）がカンボジア入りし、1993年に総選挙が行われた。同年9月には議会が新憲法を公布、シアヌークが再び国王として即位し、カンボジアに立憲君主制が成立した。1997年、連立政党を構成するフンシンペック党と人民党間の確執が武力衝突に至り、カンボジアの政治情勢は一時混乱を見せた。しかし1998年11月にフン・セン人民党副党首を単独首相とする新政権が成立、国内政情の混乱は収束した。カンボジアは1999年4月にアセアン（ASEAN：東南アジア諸国連合）加盟を果たした。

3.3.2 カンボジアの政治⁴

カンボジアの政治構造は、主にフンシンペック党と人民党で構成された国民議会に国王を加えた立憲君主制である。国民議会の任期は5年間であり、近年では2003年に総選挙が行われた。

現在のフン・セン政権は、国内の健全な発展のために7つの改革（財政改革、行政改革、兵員削減、森林資源管理、社会セクター改革、グッド・ガバナンス改革、土地管理）を推進している。改革の成果は、付加価値税の導入等による財政収入の増加等に徐々に現れてきている。懸案であった兵員削減計画も2001年末までに1万6,500名の除隊が終了した。

一方、1995年以降は山間部でゲリラ活動を続けていたポル・ポト派から政府側への投降者が増加、1998年にはグループ最大の実力者であったポル・ポトの死亡が確認された。こうしてカンボジア国内政治における不安因子であったポル・ポト派の脅威は事実上消滅した。

カンボジアは海外から多くの援助を受けており、支援国との全体的な調整の場としてカンボジア支援国会合が開催されている。2004年12月には第7回カンボジア支援国会合が首都プノンペンで開催され、出席したフン・セン首相は国家繁栄のためには改革の断行が必要不可欠であるとの考えを強調した。支援国側は、世界貿易機構（WTO）への加盟、森林利権の停止及び情報公開などの森林管理に関する国内対策、エイズの感染問題に対する取り組みの強化、識字率の上昇、女兒の就学率の向上など、カンボジアにおける近年の改革による着実な成果を評価した。その一方で、同国の法制度・司法改革、汚職対策、行政、国家歳入管理、不法な森林伐採などに対する取り組みには遅れが見られるとした。同会合は、カンボジアが引き続き持続可能な発展及び貧困撲滅へ向けた包括的な改革に取り組むことで合意に至った。カンボジアは引き続き、国内の平和維持と国力再建に努めている。

⁴ 外務省：「最近のカンボジア情勢と日カンボジア関係」（2003-02）、2005年2月1日、<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/cambodia/kankei.html> より入手

3.3.3 カンボジアの経済

カンボジアの産業は、フランス植民地時代にも工業化が行われず、伝統的に農業（特に米とゴム）、林業、漁業などの第一次産業によって構成されている⁵。カンボジア政府が策定した Socio-Economic Development Requirements and Proposals の統計⁶によると、経済の工業化が推し進められている 1994 年以降、第一次産業が国内総生産に占める割合は減少傾向にある。しかし、第一次産業が国内総生産に占める割合は 2000 年においても 32.2% と高く、現在に至っても国民の 80% 以上が農業に従事している。

1975 年より続いたポル・ポト政権下、カンボジアでは計画経済が敷かれた。農業は協同組合によって経営され、他の産業は国営化された。厳しい支配政治下において国民に課された重労働や虐待、及び知識人を主な対象とした大虐殺は、カンボジアの労働力や人材資源の深刻な減少を招いた。専門的な管理職や技術者の人材資源不足は、現在のカンボジアの経済発展にとって大きな障害となっている。また、数十年に及ぶ激しい内戦や国際紛争は、カンボジアの社会基盤、工場、及び企業など経済活動の根幹となる機能を破壊した。

3.3.3.1 内戦終了後のカンボジアにおける経済成長率

ポル・ポト政権による独裁時代が終わり、1993 年に立憲君主制の政権が誕生して以来、カンボジアは内戦中に壊滅した経済の復興に邁進している。図 2 に、1994～2002 年までのカンボジア国民一人あたりの GDP と GDP 成長率を示す。

⁵ Ministry of Industry, Mines and Energy. (2003). Cambodia's Economy. *Renewable Electricity Action Plan* (pp.14-22).

⁶ 廣畑伸雄：「カンボジア経済入門 市場経済化と貧困削減」、日本評論社（2004-01）から引用

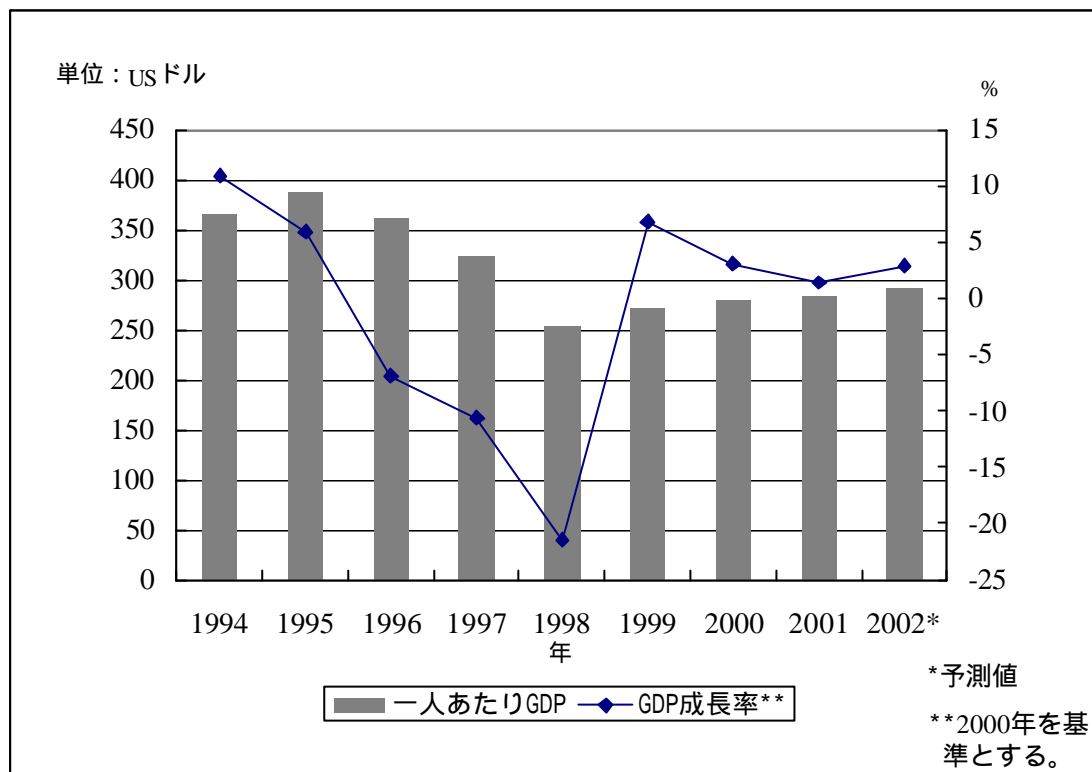


図 2 カンボジア国民一人あたりの GDP と GDP 成長率（1994～2002 年）

（出典：カンボジア国家統計局（National Institute of Statistics of Cambodia）⁷）

図 2 にあるように、内戦終結直後、カンボジア経済は 1994 年、1995 年と好調な GDP 成長率を示した。これは主に、カンボジアの安い労働力を求めて繊維縫製業を中心に海外直接投資による資本が流入し、また、1995 年カンボジアの主要生産品目である米の生産量が大幅に増加したためである。しかし 1997 年 7 月の政治騒乱、アジア通貨危機の影響によって海外援助事業の停滞、投資の減少が顕著となり 1996 年後半から 1998 年まで経済は失速した。政治騒乱後のカンボジア新政府は、海外投資減少に歯止めをかけるべく、政府の国内経済活動における透明性を強化し、開放的な経済体制の更なる向上に努めている。カンボジアは、米国ヘリテージ財団とウォール・ストリート・ジャーナル紙が共同で発表している市場開放自由指数年鑑において、同国のデータが初公開された 1997 年以降、東南アジア諸国でもトップの経済自由指数を与えられている⁸。

⁷ National Institute of Statistics of Cambodia (n.d.). *National Accounts of Cambodia 1993-2002*. Retrieved January 27, 2005, from <http://www.nis.gov.kh/PERIODIC/NA/Table1.htm>.

⁸ Miles, M. A., Feulner, E. J., O'Grady, M. A., Eiras, A. I., & Schavey, A. (2005). *Cambodia, 2005 Index of Economic Freedom* (pp. 131-132). Washington, DC & New York: The Heritage Foundation & Dow Jones & Company, Inc.

カンボジアの経済成長率は 1998 年には 21.5% 減まで落ち込んだが、1999 年には 6.8% 増と上昇に転じ、以降順調に回復している。ただし、国民一人あたりの GDP を見ると 1999 年は 271 米ドルであり、これは国連指定による開発途上国の指標である GDP750 米ドル⁹を大きく下回る。従って、カンボジアは現在も国連指定による 49 の開発途上国の一国である。1999 年、計画省 (Ministry of Planning) によるカンボジア社会経済調査 (Cambodia Socio-Economic Survey) の結果によると、カンボジア全体の貧困率¹⁰は 35.9% である¹¹。

3.3.3.2 カンボジアの経済政策と海外投資による経済発展

内戦終結後のカンボジアにおける最も大きな経済変革の一つは、計画経済から市場経済への経済体制の移行である。カンボジアは財政・経常支出共に赤字が続いており (図 4 参照) 経済復興に要する国内資産の不足を補うために、海外直接投資の受け入れや国内民間セクターによる産業発展を奨励する政策を採ってきた。1994 年 8 月には、カンボジア王国投資法 (Law on Investment of the Kingdom of Cambodia) が施行され、投資に関する新たな法律や規則が定められた。2003 年に修正条項が加えられたこの投資法は、外資系資本の誘致を目的とした色合いが強く、海外資本家を対象にカンボジアでの投資ビジネスに関する様々な施策が採られている。この法令により、海外投資家はカンボジアにおけるビジネス活動について、土地所有権を除いては国内投資家と同等の権限が認められた。また、海外投資家においては法人税の軽減、長期の法人税免除期間、配当金への非課税、関税の免除などの優遇措置が定められた。

カンボジア王国投資法に基づき、投資に関する国の体制を整え、投資案件の申請処理を行う政府機関として、カンボジア開発評議会 (Council for the Development of Cambodia: CDC) が創設された。CDC は、公共投資と海外からの援助事業の調整を行う復興開発理事会 (Cambodian Rehabilitation and Development Board: CRDB) と民間投資事業に対応する投資理事会 (Cambodian Investment Board: CIB) によって構成されている。CIB は投資案件の受け入れ・審査・認可・監督のすべてをワン・ストップで行い、提案書の提出後 28 日以内¹²に審査及び決定通知を行う。カンボジア政府はこのような政府機関を通して、投資案件に対する迅速かつ効率的な対応を可能にする体制の整備に取り組んでいる。

⁹ United Nations (2004). *The criteria for the identification of the LDCs*. Retrieved January 31, 2005, from <http://www.un.org/special-rep/ohrrls/ldc/ldc%20criteria.htm>.

¹⁰ 人間が一日に必要な最低限と定義されるカロリー摂取とその他最低必要な非食糧品のための支出額を賄え切れない人口の割合

¹¹ 国際協力銀行:「貧困プロファイル 要約 カンボジア王国」(2001-12)より引用

¹² Council of Development of Cambodia & Cambodian Investment Board. (n.d.). *Who We Are*. Retrieved January 27, 2005, from <http://www.cambodiainvestment.gov.kh/Information.asp?PageID=About+Us%3AWho+We+Are>.

カンボジアは地域及び国際経済機関への参加にも積極的で、1999年にはアセアンに加盟、2004年10月には、WTOにおいて開発途上国で初めての加盟国となり、国際経済社会の一国として認知された。

海外からの投資に大きく依存した経済改革の結果、カンボジアのGDP全体に占める海外投資の割合は、1993年の13.9%からほぼ毎年上昇し、2000年には22.1%となった¹³。同国の経済は、特に海外投資の多い繊維縫製業やアンコール・ワット周辺の観光業を中心に発展している。繊維縫製業が国内総生産に占める割合は1994年で2.0%であったのが、2000年には9.5%にまで上昇している。2003年の世界銀行のレポートによると、カンボジア国内の繊維縫製業の90%近くが海外投資事業である¹⁴。図3に1994～2002年におけるカンボジアへの投資上位国を示す。

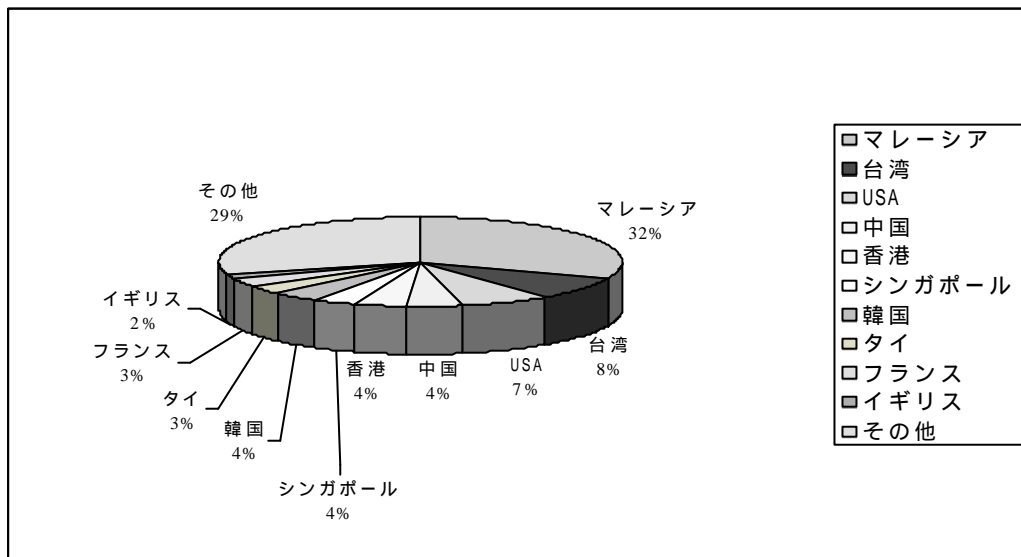


図3 1994～2002年におけるカンボジアへの投資上位国

(出典：経済財務省、カンボジア国立銀行、計画庁内カンボジア国家統計局：Thoraxy, 2002より引用)

¹³ Thoraxy, H. (2002, August). *Cambodia Country Report*. Presented at the meeting of the Foreign Direct Investment: Opportunities and Challenges for Cambodia, Laos, and Vietnam, Hanoi, Vietnam.

¹⁴ Siphana, S. (2003). Mainstreaming trade for poverty alleviation: A Cambodian experience. [Electric version]. *Development Outreach*, July.

図 3 に示されるようにカンボジアへの海外投資上位国はマレーシア、台湾、中国、香港などの近隣アジア諸国やアメリカである。日本からカンボジアへの民間投資は非常に少なく¹⁵、日本は投資上位国には含まれない。

カンボジア政府は海外投資の誘致による国内経済の活性化に取り組む一方で、海外投資に依存した自国経済の脆弱性を認識しており、アジア開発銀行（ADB）など国際金融機関からの援助を利用した国内民間投資家の養成に尽力している¹⁶。

3.3.3.3 カンボジアの貿易概観

図 4 に 1994～2000 年におけるカンボジアの貿易収支を示す。

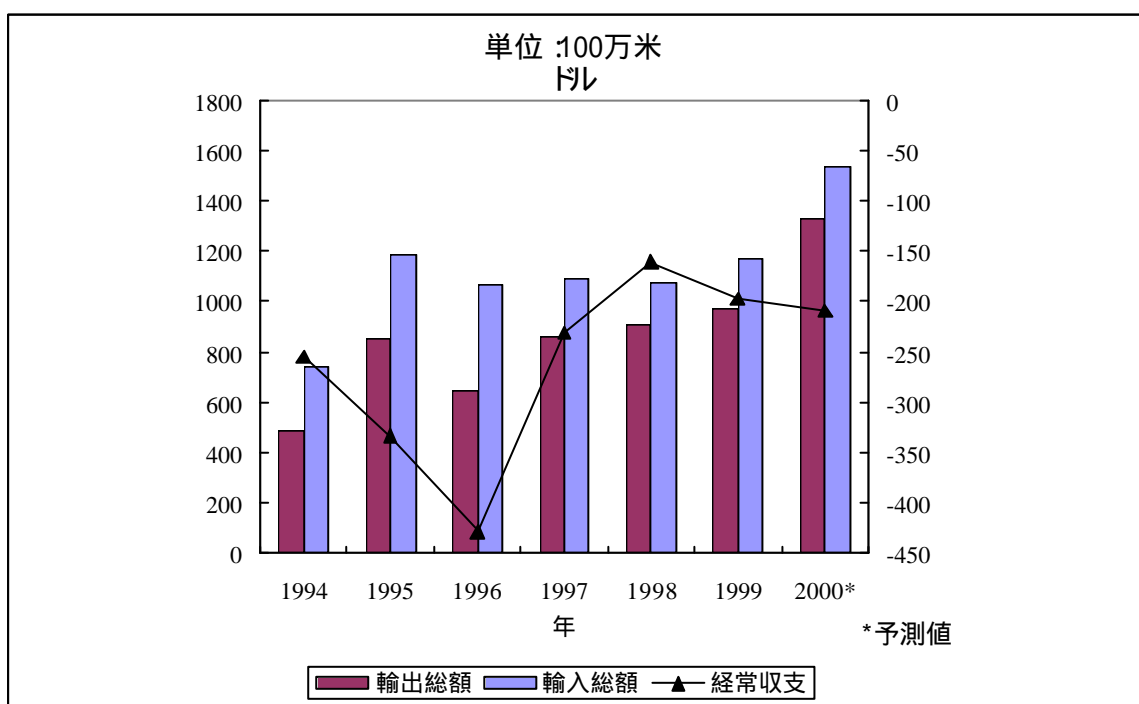


図 4 1994～2000年におけるカンボジアの貿易収支

(出典: ADB¹⁷)

¹⁵ 国際協力機構:「カンボジア援助実施体制評価調査報告書」(2000-03)、2005年1月27日、http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/shiryo/hyouka/kunibetu/gai/cambodia/ej99_01_index.html より入手

¹⁶ ASEAN-Japam Centre. 「外国投資に対する政策」(2001)、2005年1月27日、<http://www.asean.or.jp/invest/guide/cambodia/02pol.html> より入手

¹⁷ Asian Developmental Bank (2001). *Key Indicators of Developing Asian and Pacific Countries: Cambodia*. Retrieved January 25,

図 4 に示されるように、カンボジアの経常収支は例年赤字が続いている。国内主要輸出商品は繊維縫製業で製造される衣料品や履物であり、これらの品々が合計輸出総額に占める割合は、2001 年において 90%以上であった。その主たる輸出先は、最恵国待遇を受け特惠関税が適用されるアメリカや、一般特惠待遇を受けた欧州連合（EU）諸国や日本などである。海外諸国からの特惠待遇を受け、近年海外からの投資が増えたことを背景に、繊維縫製業の更なる活性化が実現し、今後の輸出額が増加することへの期待が高まっている。カンボジアはまた、木材製品や、ゴム、米なども輸出している。

カンボジアの主な輸入相手国はタイ、シンガポール、香港、中国などの近隣諸国であり、石油製品、タバコ、建築物資や機械類などを輸入している。特に交通部門及び発電部門にて広く利用される石油は、自国での生産が皆無であるため 100%輸入に頼っている状態である。近年の国内経済発展に伴い、石油の利用は急増しており、エネルギー源としての石油への依存がカンボジア経済や環境問題に与える影響が懸念されていることから、政府は代替エネルギーの開発・発展に力を注いでいる。

3.3.3.4 カンボジアにおける米作の重要性

米はカンボジア人の主食であり、国民一人あたりのエネルギー摂取量の 70%、一般的な国民の全飲食費の 40%を占め¹⁸、カンボジア人にとって重要な農作物である。その耕作地は、カンボジアにおける食用作物の全作付け面積のおよそ 90%に及び¹⁹、米作は国内総生産の 11.6%にあたる。米の生産は、国内における食料安全保障という意味合いのみならず、加工、輸出入、流通、関連農機具の製造や販売といった経済活動が雇用の創出に結びつくため、その生産量の推移は同国の経済状態を表す指標の一つであると言える。

2005, from http://www.adb.org/Documents/Books/Key_Indicators/2001/cam.pdf.

¹⁸ The Royal Government of Cambodia. (2002). *Second Five Year Socio-Economic Development Plan 2001-2006*. Retrieved January 27, 2005, from http://www.moc.gov.kh/develop_policies/SEDPII_SUBMMIT_TO_PARLEMENT%20V1/next1-final-sedp1-all-chapter-main-volume.htm.

¹⁹ Ministry of Commerce. (2004). *Study on the Improvement of Marketing System and Post Harvest Quality Control of Rice in Cambodia: Executive Summary of Final Report*. Retrieved January 27, 2005, from <http://www.moc.gov.kh/depts/EPD/Study%20on%20Improvement.htm>.

図 5 に、カンボジアにおける 1970～2004 年までの米の生産量推移を示す。

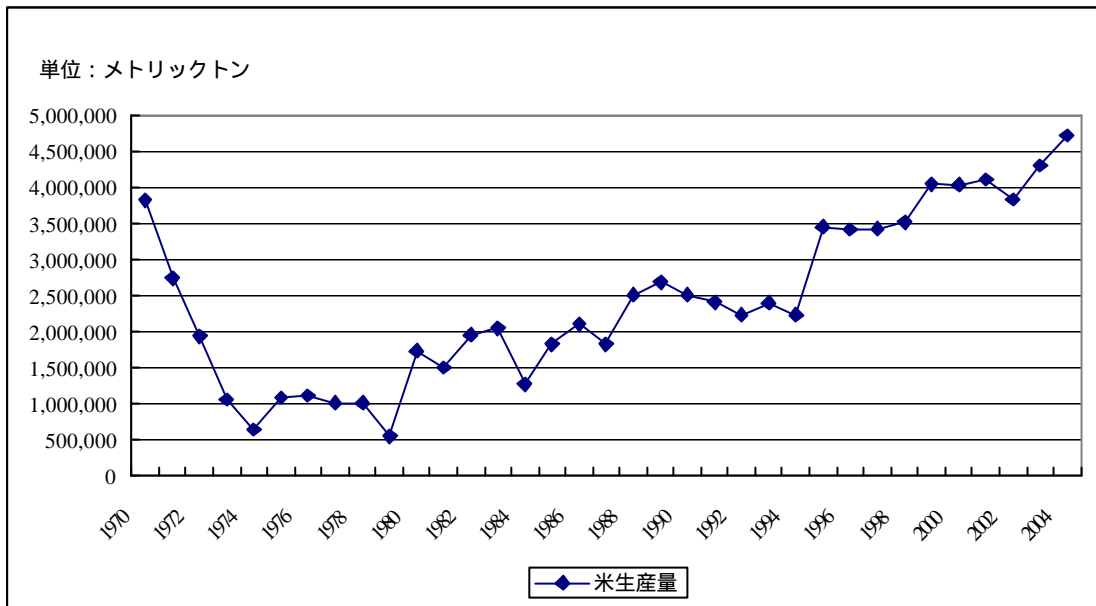


図 5 1970～2004年のカンボジアにおける米の生産量の推移

(出典：国連食糧農業機関 (FAO)²⁰より弊社作成)

1960年代には米の自給自足を達成していたカンボジアは、米生産量の多い近隣東南アジア諸国の中でも主要な米輸出国の1つであった。しかし内戦勃発後の1970年代には、その生産量が激減し、近隣諸国から輸入を必要とするほど落ち込み、断続的な飢饉が起きるようになった。

内戦終結後は政府の奨励策に加え、日本の国際協力機構 (JICA) を始めとする海外からの大規模な技術援助により、再び米の自給自足を達成した。以降、その生産量は順調な伸びを見せ、輸出が可能なまでに回復している。

カンボジアでは主に海外援助を介しての、輸出可能な高品質種の開発・栽培の促進、化学肥料使用の増加、灌漑用水の整備、農業先進国からの先端農業技術の移転に積極的に取り組み、引き続き米の生産量の増加に努めている。UNDPの人間開発報告白書によると、カンボジアの1999～2015年までの人口増加率は2.3%増と予測されており²¹、増加する人口に対する食料安全保障を確保するためにも、米の生産量増加はカンボジアの将来にとって避けられない課題であろう。

²⁰ Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2004). *FAO STAT Data, 2004*. Retrieved January 27, 2005, from <http://apps.fao.org/faostat/servelet/>

²¹ United Nations Development Programme. (2004). *Human Development Reports*. New York : Author.

さらにカンボジアは 2001 年、EU から開発途上国の貿易参加促進を目的とする「武器以外すべて“everything but arms”」制度による貿易特惠措置を受けた。これによって同国から EU 諸国への全輸出品について、関税及び関税割当が廃止されることとなったため、カンボジアでは輸出向けの高品質な米の生産・開発を促すことで、欧州への米の輸出拡大にも期待している。

3.3.3.5 日本とカンボジアの関係

JICA による農業開発に対する協力のほか、日本政府は様々な援助をカンボジアに対して行っている。日本からの援助の内容は大きく分けて無償資金援助と技術協力であり、その対象となる分野は農業、運輸インフラ（道路、橋梁など）、社会インフラ（上下水道、電力など）、教育、保健医療など多岐に渡っている²²。1992 年以来、日本はカンボジアにとって最大の援助供与国である。一方、日本にとってのカンボジアは、2000 年以後、日本が行う無償資金援助の 10 大相手国のひとつである。2002 年 2 月に日本政府が発行した“Japan’s Assistance Policy for Cambodia”²³によると、日本は今後 5 年間に、カンボジアに対して、1) 持続可能な経済成長と安定した社会の実現、2) 社会的弱者への援助、3) 環境問題への対応策、4) 他のアセアン諸国との格差是正のための援助、の 4 点に焦点を置いた援助を続けていく予定である。

3.4 カンボジアのエネルギー及び電力事情

3.4.1 カンボジアの消費エネルギー源とその推移

カンボジアの産業は繊維縫製産業などの軽工業が中心で、従来多くの電力消費を必要とする重工業は小規模である。そのため、カンボジア全消費エネルギーの大部分は主に調理や照明に利用される一般家庭部門が占めている（図 6）。

²² 国際協力機構：「カンボディア国別援助研究会報告書 - 復興から開発へ」, pp. 9-10(2001-10)

²³ The Government of Japan (2002, February). *Japan’s Assistance Policy for Cambodia*. Retrieved January 27, 2005, from <http://www.kh.emb-japan.go.jp/cooperation/japfc.htm>.

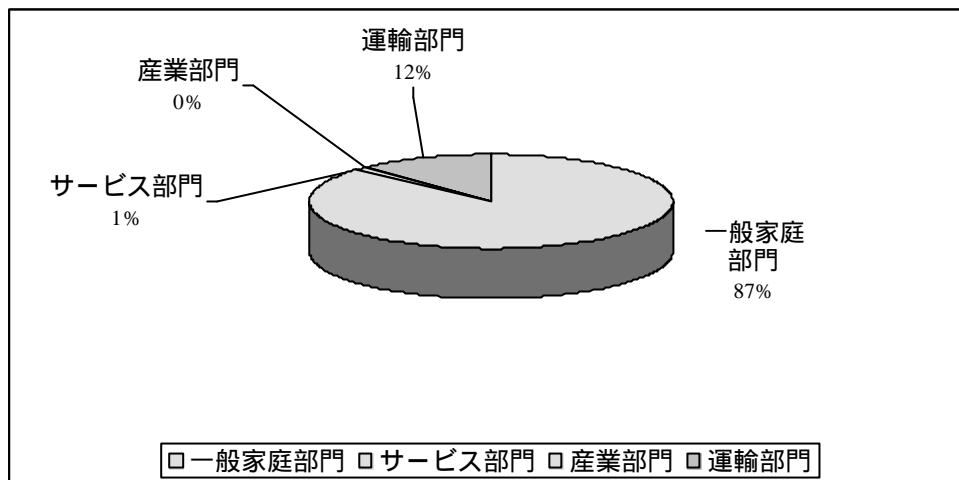


図 6 カンボジアのエネルギー消費利用先内訳 (1995年²⁴)

(出典：NEDO²⁵)

こうした一般家庭のエネルギー源として、特に人口の80%が居住し、電力の普及率が極めて低い農村部では、現在に至っても薪、灯油、炭などが広く利用されている(図7)。

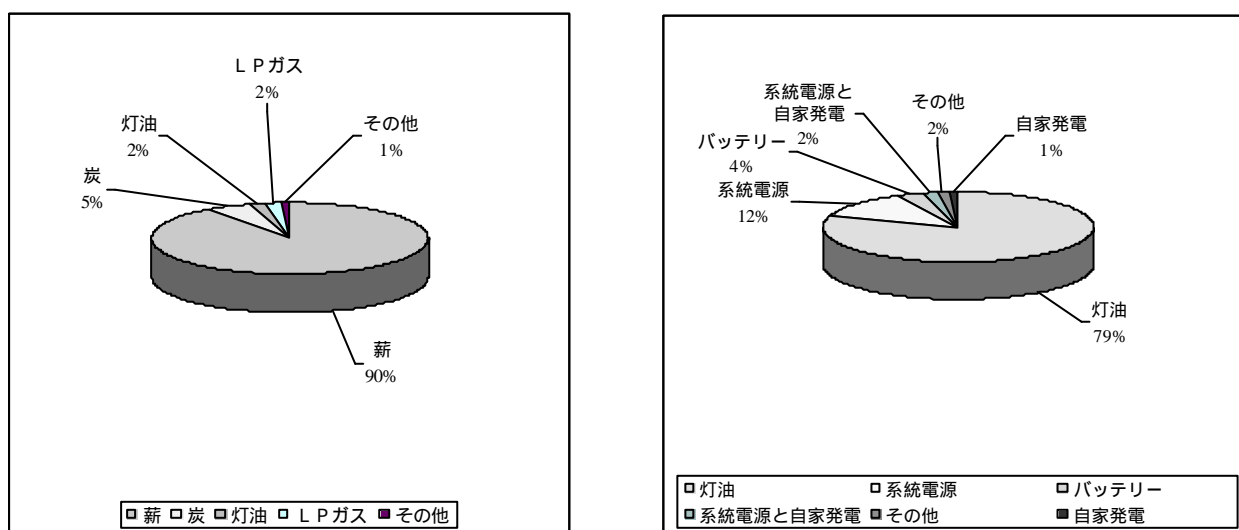


図 7 カンボジアの調理・照明用エネルギー源の内訳

(出典：カンボジア国家統計局)

²⁴ カンボジアの統計制度は現在も未発達であるため、信頼性のある近年のデータはなく、アジア開発銀行の行った1995年のデータ値を最新値として引用する。

²⁵ 新エネルギー・産業技術総合開発機構：「カンボジアにおけるエネルギーマスタープラン作成支援評価調査報告書」(2002-03)

一方、近年の経済発展に伴い、カンボジアの部門別消費エネルギー源と消費量の推移には変化が見られる。

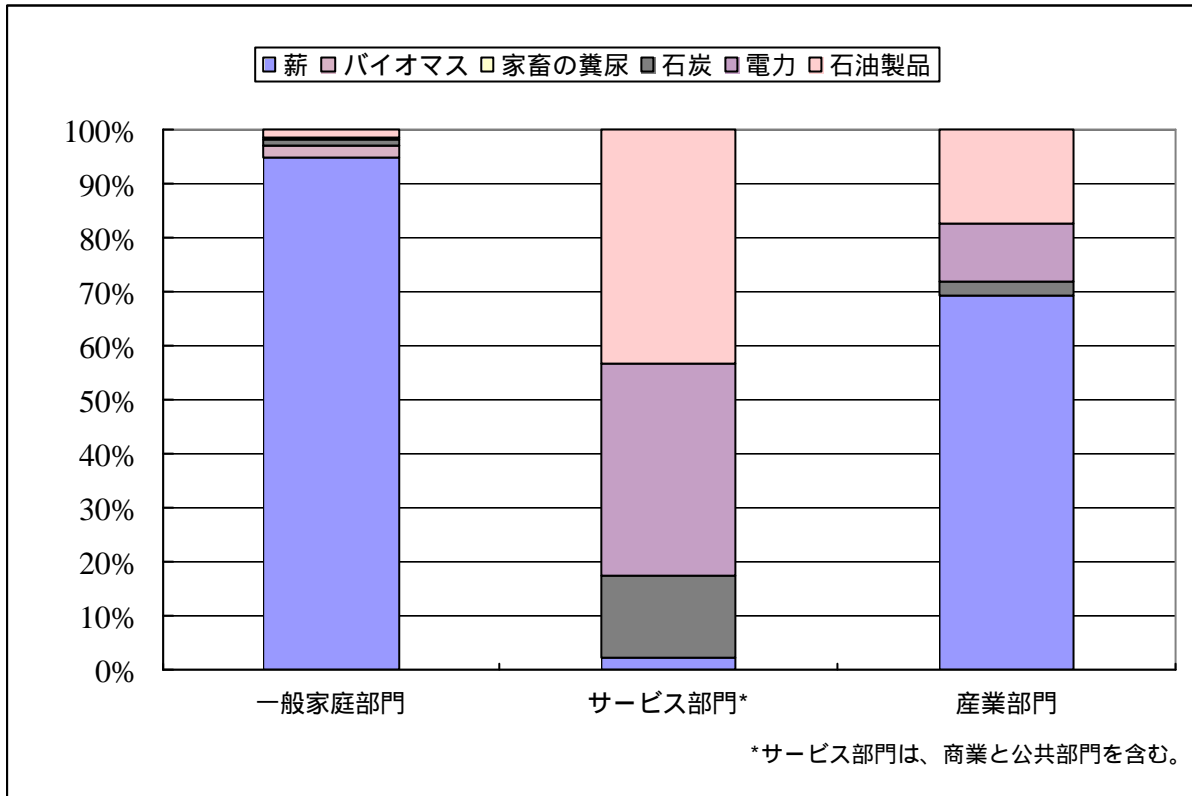


図 8 部門別消費エネルギー源の内訳 (1995年)

(出典：Strengthening Energy Planning in the Department of Energy (1996-10) NEDO より引用)

まず、図 8 に示す通り、一般家庭部門と産業部門では、近年でもその消費エネルギーのほとんどが薪で賄われている。一方、サービス部門では石油製品と電力が主なエネルギー源となっている。

表 3 部門別エネルギー消費量の推移（1993～1995年）

一般家庭部門

(単位: TJ)

	薪	バイオマス	家畜糞尿	石炭	電力	石油製品	合計
1993	77329	1624	19	935	329	1070	81306
1994	77329	1736	18	935	352	1160	81530
1995	77329	1624	18	935	378	1111	81395
年率	0	0	-2.67	0	7.19	1.9	0.05

サービス部門

(単位: TJ)

	薪	バイオマス	家畜糞尿	石炭	電力	石油製品	合計
1993	23	0	0	149	356	333	861
1994	23	0	0	149	367	379	918
1995	23	0	0	149	391	426	989
年率	0	0	0	0	4.8	13.11	7.18

産業部門

(単位: TJ)

	薪	バイオマス	家畜糞尿	石炭	電力	石油製品	合計
1993	370	0	0	13	62	77	522
1994	370	0	0	13	58	85	526
1995	370	0	0	13	57	93	533
年率	0	0	0	0	-4.12	9.9	1.05

(出典: Strengthening Energy Planning in the Department of Energy (1996-10) NEDO より引用)

また、一般家庭部門と産業部門におけるエネルギー消費量の増加推移が比較的緩やかであるのに対し、サービス部門におけるエネルギー消費の増加は著しい。エネルギー源別の消費量の推移を見ると、サービス部門では1993～1995年にかけて電力、石油製品ともにその消費量が急増し、エネルギー消費量の増加要因となっている(表3参照)。

一般家庭部門と産業部門の消費エネルギー源の内訳推移を見ると、従来、薪による消費エネルギーが大部分を占めているが、一般家庭部門では、電力の消費割合が1993～1995年の間に7.19%増加、産業部門では、電力の消費が減り、石油製品の消費が激増した。

その他、100%石油製品で賄われる運輸用のエネルギー消費量は、自動車やオートバイの増加に伴い1993～1995年にかけて20.7%増と急増した。運輸用に使用される石油製品は、カンボジア国内全体における石油製品消費量の64.5%を占め、発電に使用される石油製品は国内全体消費量の26.5%を占めている。近年カンボジアでは、特に石油製品によるエネルギー消費が急増する傾向にあり、その消費量は、経済発展を続ける同国にあって今後も増加が予想される。一方で、価格の高さ、特に道路事情の悪い山間農村部への運搬過程での安全性の問題、化石燃料への依存による環境問題など、石油に依存したエネルギー消費の増加に伴うリスクも指摘されている。

3.4.2 カンボジアの電化率

カンボジアの電力セクターは、長年続いた国内・外紛争の間に放置・破壊されたため、その電力事情は現在も非常に未発達な状態である。カンボジアにおける電力の普及率は極めて低く、1998年に行われた国勢調査の結果によると、系統電源による安定した電力へのアクセスがあるのは、首都であるプノンペン周辺に住む全人口の15.1%に限られ、国内発電量の70%以上はプノンペン周辺で使用される。都市部と地方部の電力普及率は格差が広く、都市部における系統電源の普及率が53.6%であるのに対して、人口の80%近くを占める農業従事者が住む農村部では、普及率は8.6%と非常に低い。

その一方で、近年は系統電源がまだ普及していない農村地方においても、バッテリーの使用などにより、電力利用率²⁶は増加を見せている。こうした電力は、主に昨今の著しい経済発展に伴って広まったテレビなどの新しい家庭電気製品のために使われている。その結果、バッテリーによる電力供給だけでは賄い切れない電力需要の拡大がすでに起こりつつあり、国内全域にわたる、系統電源による安定した電力供給が強く求められている。

3.4.3 カンボジアの電力セクター

カンボジアの電力セクターに関わる公的機関は以下の通りである。

- 鉱工業エネルギー省 (The Ministry of Industry, Mines and Energy: MIME) : 国内の電力セクターにおける様々な政策の計画、遂行、モニタリングなど、電力関連政策全般を統合する役目を担う。
- カンボジア電力庁 (Electricity Authority of Cambodia: EAC) : 2001年2月に施行された電気法 (Electricity Law) の基に設立された独立の規制機関である。発電、送配電のライセンス許可、電力料金の承認や検討といった、電力産業全体の規制を、国有機関であるカンボジア電力公社 (Electricite du Cambodge: EDC) と民間の電力供給企業双方に対して行う。
- カンボジア電力公社 (EDC) : MIME と経済金融省で共同所有された国有有限責任会社である。カンボジアの9つの州で発電、送電、配電を担う。国有機関ではあるが、独占販売権や電気料金の決定などの権限は持たず、独立法人機関として機能している。

²⁶ 系統電源だけでなく、バッテリー電力供給を含めた電気利用世帯の割合

また、独立系発電事業者（Independent Power Producer: IPP）²⁷ から電力を購入し、その配電も行う。

3.4.4 カンボジアの電力料金

2004年7月現在、アセアンエネルギーセンターが行った調査によると、カンボジアの電力料金は、アセアン諸国の中で最も高い。表4にカンボジアを含め、アセアン諸国の部門別電力料金を示す。

表4 アセアン諸国の電力料金

単位：米ドル²⁸

国名	一般家庭用	商業用	産業用
カンボジア	8.77 ~ 16.29	15.03 ~ 16.29	12.03 ~ 15.04
シンガポール	9.35	4.48 ~ 7.27	4.23 ~ 6.78
マレーシア	5.53 ~ 8.94	2.63 ~ 10.52	2.63 ~ 10.52
タイ	3.36 ~ 7.35	2.89 ~ 7.35	2.89 ~ 7.01
フィリピン	3.10 ~ 7.35	2.89 ~ 7.35	2.80 ~ 13.83
ベトナム	2.89 ~ 8.09	4.20 ~ 13.83	2.80 ~ 13.83
インドネシア	1.50 ~ 4.10	2.46 ~ 5.04	1.52 ~ 3.90
ラオス	0.39 ~ 2.71	2.98 ~ 3.72	2.50

（出典：ASEAN Centre for Energy²⁹）

東南アジア諸国内だけでなく、世界的に見ても、カンボジアは最も電力料金が高い国々のひとつである。その理由として、どの発電所も小規模であること、発電エネルギー効率の悪さ、高価な石油製品ベースの発電機の使用、配電ロスの高さなどが考えられる。

また、カンボジア国内における電力料金の地域格差も問題点として挙げられる。EAC など政

²⁷ EDC、MIME、他の政府機関との契約を基に発電や配電を行っている事業のことである。

²⁸ 2004年6月4日為替レート（www.xe.com/ucc/full.sthtml）による換算

²⁹ ASEAN Centre for Energy (2000-8). *Basic Electricity Tariff in the ASEAN Member Countries*. Retrieved January 27, 2005, from http://www.aseanenergy.org/publication/electricity_prices.htm.

府機関による電力売買に関する規制が緩慢な地方部では、国民は高価な電力料金で不安定な電力利用を強いられている³⁰。カンボジアにおける電力料金の高さや、政府規制の不行き届きによる不平等な電力供給は、カンボジアの経済復興、及び同国民の生活向上を妨げる大きな弊害の一つであり、安価で安定性のある電力の迅速な供給が期待されている。

3.4.5 カンボジアの発電所と電力供給可能量

カンボジアの電力は、24 の小規模な発電所によって発電されている³¹。その他、プノンペン以外の地方都市や農村部においては、現在も系統電力による電力普及率が低いため、主に小規模な個人所有の発電機が国内に多数存在している。いくつかの大規模な自家発電機による発電量は国内発電量の合計を表すデータに含まれるが、小規模な発電機による発電量の公式なデータが存在しないことから、カンボジア国内の正確な発電容量を見積もるのは極めて困難である。そのため、いくつか公表されたカンボジア国内の発電容量合計の数値にはばらつきが見られる。ここでは、世界銀行より援助を受けて 2003 年にカンボジア政府が策定した“ Renewable Electricity Action Plan (REAP) ”³²のデータを用いる。

表 5 にカンボジアの発電タイプとその供給可能量、図 9 にそれぞれの発電タイプが全体の供給可能量に占める割合を示す。

単位 MW

発電タイプ	供給可能量
EDC	87
IPP	57
地方民間電力企業	60
自家発電	116
水力発電	13
太陽光発電	0.2
輸入	20
合計	365.4

表 5 発電エネルギータイプ別供給可能量

(出典 : Ministry of Industry, Mines and Energy)

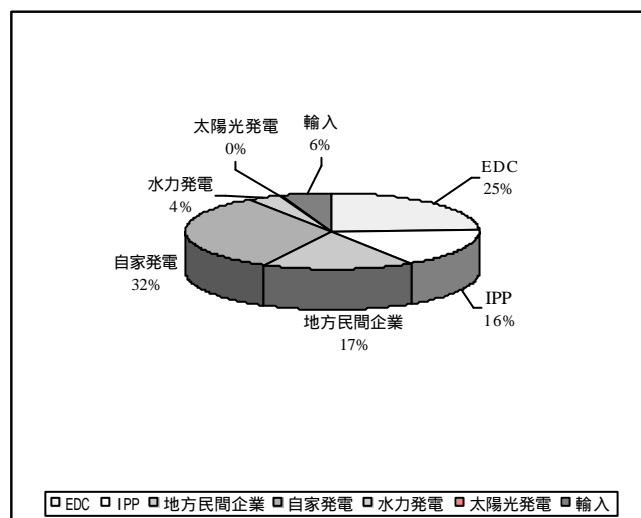


図 9 カンボジアの発電タイプとその電力供給可能量の割合

(出典 : Ministry of Industry, Mines and Energy)

³⁰ 国際協力機構：「事業事前評価表カンボジア国再生可能エネルギー利用地方電化マスタープラン調査」(2004-07)、2005 年 1 月 27 日、http://www.jica.go.jp/evaluation/before/2004/cam_02.html より入手

³¹ Ministry of Industry, Mines and Energy. (1999). *Cambodia Power Sector Strategy*. 1999-2016. Phnom Phen, Cambodia: The Royal Government of Cambodia.

³² Ministry of Industry, Mines and Energy. (2003). Electricity market. *Renewable Electricity Action Plan* (pp.30-57).

EDC、IPP、地方民間電力企業などの経営による発電所と自家発電のほとんどが、小規模なディーゼル油による火力発電を利用している³³。国内発電所の内2ヶ所は水力発電所である。メコン川及びその支流、南西の海岸線、トンレサップ湖など、カンボジアは豊富な水資源を有しており、カンボジアの水力発電潜在可能量は10,000MWに上ると推定される。カンボジア政府は1999年以降いくつかの大規模な水力発電所の建設・開発計画を予定しており、今後の更なる発展が期待されている。また、カンボジアでは電力不足を補うため、タイ、ベトナム、ラオスなど近隣諸国から電力を輸入している。

カンボジアの電力は、EDCを加えて大きく分けて3つの供給機関によって配電されている。EDCは、プノンペンとその周辺、その他6つの州で配電をしており、その量は、カンボジア国内の合計供給電力の85%におよぶ。MIMEの地方電力機関が、10の地方の州に国内合計供給電力量の内10%を、民間電力供給企業が他4州やその他の地方へ残りの5%の電力を供給している。

3.4.6 カンボジアの電力需要の推移

現在のカンボジアの電力消費量を見ると、カンボジアの国内年間電力消費量は、国民一人あたり55kWhと、東南アジアの中でも最小である³⁴。しかし、近年の急速な経済発展によって電力消費量は年々上昇の傾向にあり、2003年のピーク時需要量はプノンペンで120MW、他の地方都市では40MWであった。系統電源、バッテリー電源両方を含む電力需要量の増加は今後も更なる加速が予測されている。

図10にカンボジアの部門別電力需要量、潜在需要量、供給可能量の2000～2015年までの予測推移を示す。

³³ Cambodia Renewable Energy and Rural Electrification (2004). *Energy Overview*. Retrieved January 27, 2005, from <http://www.recambodia.org/energoverview.htm>.

³⁴ Sat, S. (2004, April). *Country Report on Renewable Energy Promotion and Development in Cambodia*. Presented at the Workshop on Promotion of Renewal Energy, Energy Efficiency, and Greenhouse Abatement, Phnom Phen, Cambodia.

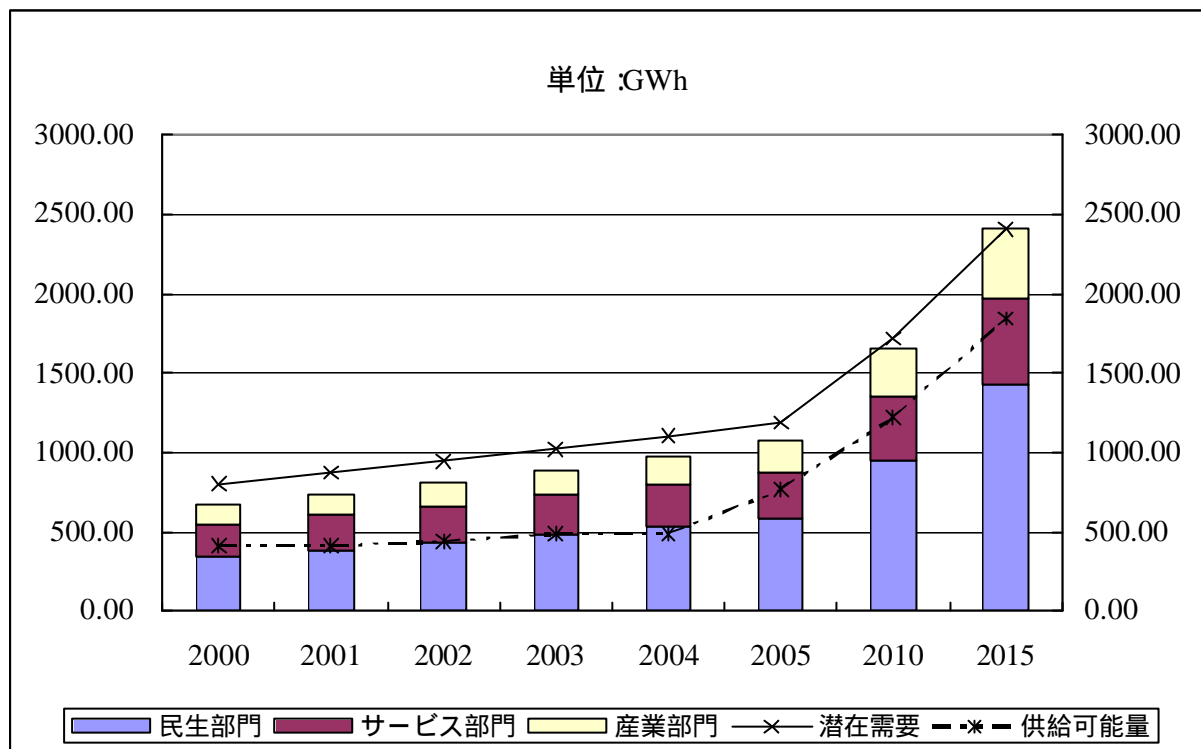


図 10 部門別電力需要量、潜在需要量、供給可能量の予測推移

(出典: NEDO)

配電の整備が極端に遅れているカンボジアにおいては、系統電源やバッテリー電源へのアクセスがない大多数の国民の電力に対するニーズが電力需要量に反映されず、真の国内電力需要量を表した数値とは言い難い。そこで、電力需要量とともに、実線の折れ線グラフにて潜在需要量が示してある。潜在需要量とは、電力のニーズはあるが、系統電源またはバッテリー電源へのアクセスがない、あるいは電力価格が高いために電気利用の出来ない世帯の需要を推定し、系統電源またはバッテリー電源を通した電力需要量に加算したものである。潜在電力需要量は、継続して電源を通した電力需要量を上回っている。しかしながら、その格差は年々減少し、バッテリー利用を含めた電気利用率 100%の達成が目指されている 2015 年には同値になる事が予測されている。これは、系統電源またはバッテリー電源による配電の普及が近年中に進むことが見込まれ、より多くの世帯の電力ニーズが、系統電源を通した電力需要として計算されることが予想されているためである。

電力需要量、潜在電力需要量ともに 2005 年以降著しい上昇が予測されている。推定潜在電力需要量は、2005～2015 年の間に約 2 倍にまで跳ね上がっている。産業別に見ると、特に民生部門と産業部門での消費エネルギー増加が顕著で、2010～2015 年の推定年率電力需要増加率は、

それぞれ 8.5%、8.0%となっている。

一方、EDC の計画値より推定されたカンボジアの発電供給可能量は、特に水力や天然ガスによる新しい発電所の創設が見込まれ、年々上昇の傾向にある。しかし、急増する潜在需要量に対し、供給可能量は、需要量を継続して大幅に下回ることが予測され、迅速な電力供給設備の設置が迫られている。

3.4.7 電力セクターの発展におけるカンボジア政府の現在までの取り組み

カンボジア政府は、国内電力セクターの未整備に起因する国民の生活や国内経済発展へのマイナス評価を認識し、積極的に電力セクターの改革に取り組んできた。1994年10月、エネルギーセクター開発政策（Energy Sector Development Policy）が策定され、1）カンボジア国内全域へ、十分量で、かつ、適正、安価な電力を供給すること、2）カンボジアへの投資や国内経済発展を促進出来る価格にて、電力を安定的かつ確実に供給すること、3）カンボジア経済のすべてのセクターに対して供給が必要とされるエネルギー資源に関する、環境や社会に配慮した持続可能な開発や研究の奨励をすること、4）エネルギーの効率的な利用を促進し、また、エネルギー供給や利用によってもたらされる環境への弊害を最小限に抑えること、などが目標として掲げられた。さらにカンボジア政府は、現時点において系統電源の供給がない地域に関して、2030年までに70%のエリアで系統電源を用いた電化率達成を目指している。

1999年、世界銀行の援助を得て、カンボジア政府は長期的なエネルギーセクターの政策実行計画として、カンボジア電力セクター戦略（Cambodia Power Sector Strategy for 1999-2016）を新たに策定した。以下の点における開発計画が述べられている。

- 価格競争、技術改良、政府の公的責務の削減を狙いにした、電力セクターに対する民間企業投資の奨励
- 地方都市や農村部を含めた地域での発電、送配電
- 発電マスタープラン（既存する発電所における発電量の増加、水力、天然ガスによる新しい発電所の創設など）
- 送配電マスタープラン（近隣諸国からの電力の系統電源による接続、近隣諸国との電力の輸出入、高圧電線網の整備など）
- 電力セクターに関する規則や実施体系の強化

- EDC を含めた電力市場の商業化
- 電力事業に関する環境問題政策と規制

この開発計画に基づいて、2001 年には電気法（Electricity Law）が発効され、電力セクター全般における法的規制体制が敷かれた。また、電力の輸出入及び自由競争の強化を目的として、カンボジアは 1999 年にベトナム、2000 年にタイ、2001 年にラオスと電力協力協定を結び、近隣諸国との系統電源の建設計画を推し進めている。

3.4.8 カンボジアの再生可能エネルギーについての取り組み

経済の大部分をゴムや木材などの天然資源の輸出に頼るカンボジアでは、国内における天然資源の枯渇や地球規模の気候変動などの問題を注視している。カンボジアにおいて輸出用や燃料として重要な木材の産出量は、近年の経済発展に伴う大量伐採により、自然増加量を超えてしまった。また、近年急激な増加の見られる石油などの商工業用に使用されるエネルギーの価格は、輸入に完全に依存しているために高価であり、経常収支の赤字が続くカンボジアにおいて、その経済的負担は大きい。同時に、化石燃料への過剰な依存に起因する環境問題への影響も懸念されている。そのためカンボジアでは、代替エネルギー源として、環境的負荷が少ない太陽熱、風力、水力、バイオマスなどの再生可能エネルギーの研究・発展に高い関心を寄せている。特に太陽熱、風力、水力発電は供給が不安定であるのに比べ、より安定したエネルギー供給が可能なバイオマス発電に注目が集まっており、これらの電力源の更なる発展が期待されている。

MoE は、再生可能エネルギー技術が地方の電化政策を推進するために達成すべき目標を次のように掲げている。

- 1) 新規に設置される発電設備容量の内、5 パーセント、もしくは 6MW が再生可能エネルギーを用いた技術から調達されるようになること
- 2) 10 万世帯が再生可能エネルギーを用いた技術によって電力を賄えるようになること
- 3) 1 万世帯が太陽光もしくは類似の再生可能エネルギーを用いた電力システムによって賄えるようになること

- 4) 民間セクターが再生可能エネルギーを用いたシステム関連商品及びサービスの持続可能な市場をサポートようになること

3.5 カンボジアの温室効果ガス (GHG) インベントリー

カンボジアは産業発展に努める現在も、その経済活動の大部分を農業や林業などの天然資源に頼っている。同国の主要農作物である米を中心とした天然資源の生産は、洪水や干ばつ、害虫の発生など自然災害による影響を受けやすい。そのため、カンボジア政府は気候変動や異常気象の発生などに関係の深い地球温暖化現象に強い関心を示し、その緩和を目指し積極的に取り組む姿勢を示している。

2002年8月、カンボジアは国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) 参加国として Initial National Communication を作成、UNFCCC 事務局に提出した。同文書は1999年に UNDP 及び地球環境ファシリテーター (GEF) の協力を得て MoE が実施した Climate Change Enabling Activity Project (CCEAP) の結果に基づき作成されている。

3.5.1 カンボジアの1994年におけるGHGインベントリー³⁵

UNFCCC によって報告が義務付けられている三大主要 GHG は二酸化炭素 (CO₂)、メタン (CH₄)、亜酸化窒素 (N₂O) である。本項では、これら3種類のGHGを中心に、カンボジア国内における1994年のGHG排出量を検証する。それぞれのGHGの温室効果は異なるため、CO₂以外のすべてのGHGは地球温暖化係数 (GWP) を用い、CO₂による温室効果に等価換算されている。

1) 部門別CO₂換算後のGHG排出量

表6に部門別GHG排出量を、図11に三大GHGの排出源内訳を示す。

³⁵ Ministry of Environment (2002). *Cambodia's Initial National Communication*. Phnom Penh, Cambodia: The Royal Government of Cambodia.

表 6 1994 年におけるカンボジアの GHG 概要一覧 (単位: Gg)

排出源セクター/GHG の種類	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NM VOC	SO ₂
I. エネルギー							
A. 燃料の燃焼							25.63
1. エネルギー業界	331.31	0.02	0.00	0.91	0.07	0.02	
2. 製造業	6.53	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	
3. 運輸	825.25	1.14	0.01	7.55	52.54	9.93	
4. 商業/公共団体	26.50	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	
5. 一般家庭	82.49	0.01	0.00	0.12	0.02	0.01	
B. バイオマスからの排出	7,773.54*	23.96	0.32	8.06	403.91	47.58	
小計 (A+B)	1,272.08	24.13	0.33	16.69	456.56	57.54	25.63
CO ₂ 換算	1,272.08	506.82	102.44				
CO ₂ 換算合計	1,881.35						
II. 工業							
A. セメント	49.85						0.03
B. 食品及び飲料						0.02	
C. パルプ及び紙				0.01	0303	0.22	0.03
小計 (A+B+C)	49.85	0.00	0.00	0.01	0.03	0.24	0.06
CO ₂ 換算	49.85	0.00	0.00				
CO ₂ 換算合計	49.85						
III. 農業							
A. 家畜		184.79	3.88				
B. 稲作		150.40					
C. 草地の野焼き		1.98	0.02	0.88	51.90		
D. 農業残余物の焼却		2.09	0.05	1.81	43.86		
E. 農業土壌			7.13				
小計 (A+B+C+D+E)		339.25	11.08	2.70	95.76		
CO ₂ 換算		7,124.26	3435.89				
CO ₂ 換算合計	10,560.15						
IV. 廃棄物							
A. 一般廃棄物		5.90					
B. 一般家庭/商業廃液		0.66					
C. 産業廃液		0.21					
D. 尿尿			0.42				
小計 (A+B+C+D)		6.77	0.42				
CO ₂ 換算		142.33	131.16				
CO ₂ 換算合計	273.39						
V. 土地利用法の転換及び林業							
A. 森/木質バイオマスの転換	-64,850.23						
B. 森林・土地利用法の転換	45,214.27	74.77	0.51	18.58	654.20		
小計 (A+B)	-19,635.96	74.77	0.51	18.58	654.20		
CO ₂ 換算	-19,635.96	1,570.08	159.34				
CO ₂ 換算合計	-17,906.54						
国内 GHG 排出合計	-18,314.03	444.92	12.35	37.97	1,206.54	57.78	25.69
CO ₂ 換算	-18,314.03	9,343.39	3,828.85				
吸収分 CO ₂ 換算合計	-5,141.79						

*気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の規定により、バイオマス燃焼時に排出される CO₂ は植物の再生長時に吸収されることで相殺されると仮定されているため、GHG 排出合計には加算されない。

(出典: Ministry of Environment)

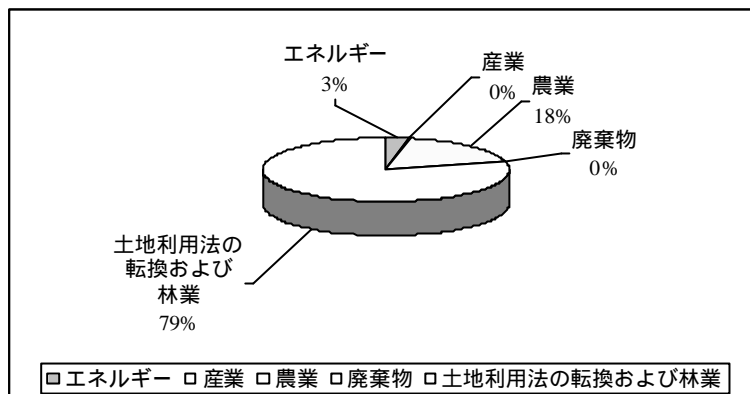


図 11 三大 GHG 排出源の内訳

(出典 : Ministry of Environment)

表 6 によれば 1994 年のカンボジアにおける CO₂ の吸収量は、排出量を上回っており、この年のカンボジアは CO₂ 吸収国であった。

GHG 排出量を気候変動に関する政府間パネル (IPCC) によって規定された 1) エネルギー、2) 工業、3) 農業、4) 廃棄物、5) 土地利用法の転換及び林業 (Land-use Change and Forestry: LUCF) の部門別に検証すると、LUCF が GHG 排出量全体の大部分を占め、その後に農業、エネルギーが続く。しかし、LUCF における GHG 排出量の詳細を見ると、サブセクターである森/木質バイオマスの転換 (森林管理、伐採、薪収集によるバイオマス貯蔵量の増減) において 6 万 4,850Gg の CO₂ を吸収したことがわかる。もう 1 つのサブセクターである森林・土地利用法の転換からの GHG 排出量は 4 万 5,214Gg と多いものの、全て吸収されている。全体として見ると、LUCF は約 5,142Gg の GHG を吸収したことになる。

GHG 排出量合計が吸収量で相殺される LUCF を除いた部門別 GHG 排出量の割合に関しては、農業部門とエネルギー部門が多く GHG を排出している。従って、これらの部門における GHG 排出量削減が重要なポイントといえる。

2) エネルギー部門と農業部門における GHG 排出量

a) エネルギー部門

カンボジアのエネルギー部門における GHG は主に石油、天然ガス、石炭など燃料の燃焼活動によって排出される。

カンボジアの一般家庭で使われるエネルギー源の 90%を占める薪、炭、家畜の糞、農業残留物などのバイオマス燃焼時に排出される GHG は排出量合計には加算されない。しかし、バイオマス燃焼時の CO₂ 排出量は推計 7,774Gg であり、これはバイオマス燃焼時の GHG 排出量を除外したエネルギー部門合計 GHG 排出量の 6.1 倍に相当する。

b) 農業部門

農業部門は、カンボジア国内における CH₄ と N₂O の主な排出源である。カンボジアの農業部門における GHG 発生源サブセクターは家畜、稲作、草地の野焼き、農業残余物の焼却、農業土壌である。表 7 にそれぞれのサブセクターにおける GHG 排出過程とそれによって正じる主な GHG の種類を述べる。図 12 には農業部門における GHG 排出量全体に対して、それぞれのサブセクターの発生源が占める割合を示す。

表 7 農業セクターGHG 発生源の分類、GHG 排出過程、排出される主な GHG の種類

農業部門 サブセクター	GHG 排出過程	発生する 主な GHG
家畜	家畜の体内で起こる腸内発酵が原因となって発生する。	CH ₄
稲作	水田中の有機物質の嫌気性分解によって生じる。	CH ₄
草地の野焼き	植物の生長コントロール、害虫や雑草の除去、土中有機物の循環促進、及び家畜用の新しい牧草の成長のために草地を焼く習慣。特に発展途上国で広く行われている。草地の焼却時に排出する CO ₂ 以外の GHG。CO ₂ は、同規模の植物が翌年再成長する過程で吸収される CO ₂ によって相殺されると想定されるため、排出量としては計算されない。	CH ₄ CO N ₂ O NO _x
農業廃棄物の焼却	農業廃棄物（米の籾殻など）を農地で焼却するときに発生する CO ₂ 以外の GHG。草地の野焼きの場合と同様、CO ₂ は排出量としては計算されない。農地から運搬され、火力燃料として利用された際の GHG 排出量は、エネルギーセクターのバイオマス排出量として示される。	CH ₄ CO N ₂ O NO _x
農業土壌	天候の変化や土壌温度、湿度、灌漑手法あるいは水素をベースとした肥料によって農業土壌から発生する。	CH ₄ N ₂ O

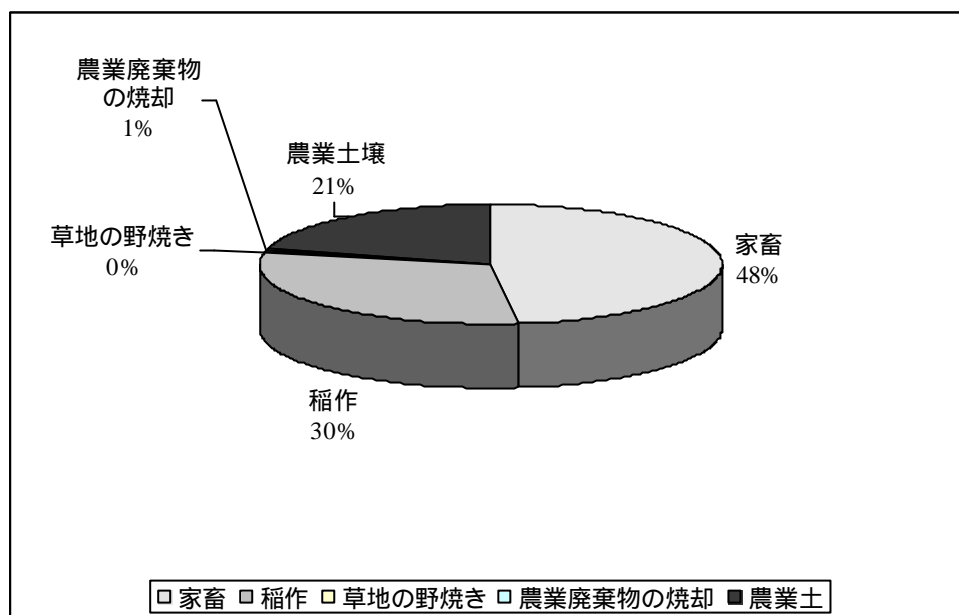


図 12 サブセクター別農業部門に占める GHG 排出量の割合 (CO₂換算)

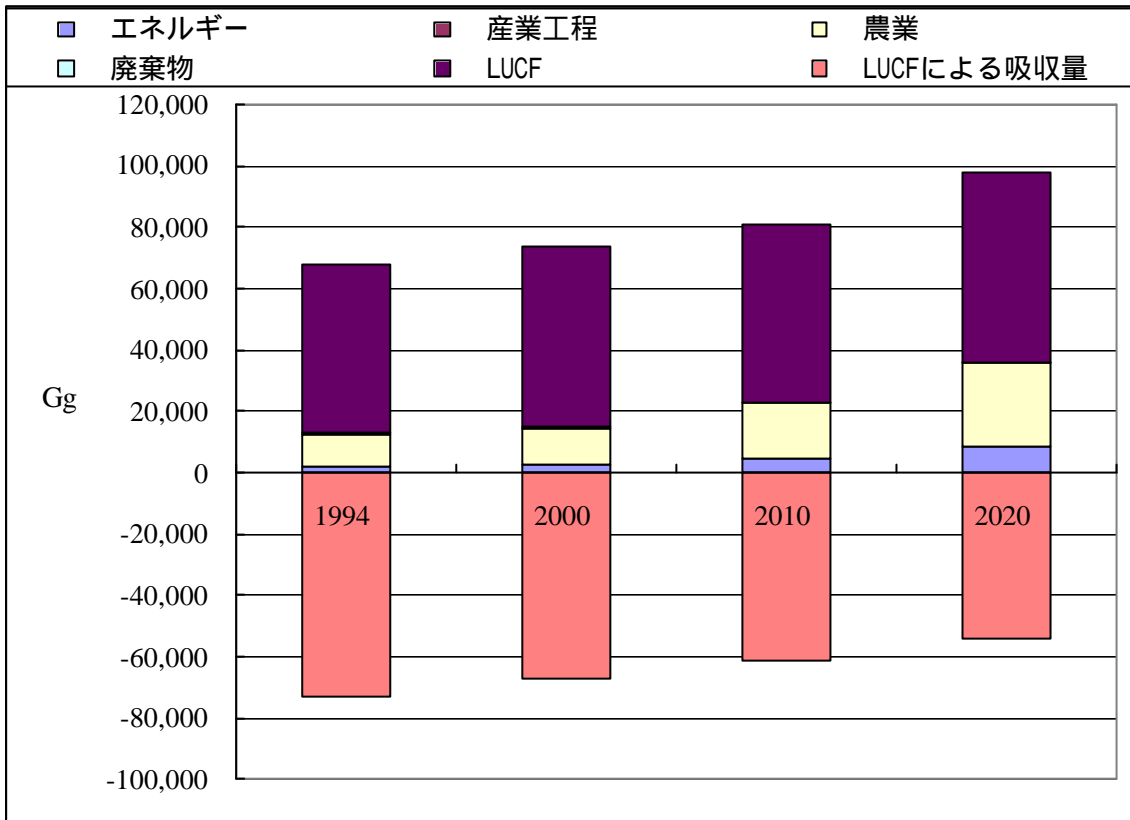
(出典: Ministry of Environment)

図 12 に示されるように、農業部門における GHG 排出量は家畜、稲作、農業土壌がほとんどを占め、草地の野焼きや農業廃棄物の焼却が占める割合は少ない。

3) カンボジアの GHG 排出量と吸収量の予測

a) 部門別 GHG 排出量と吸収量の予測

カンボジアにおける GHG 排出量と吸収量の部門別予測を図 13 に示す。産業界からの予測値が記されていない理由は、同国における 2020 年までの産業発展計画が主に縫製産業や食品加工産業などの軽工業を中心としたものであり、大規模な GHG 排出に結びつかないと想定されたためである。



	1994		2000		2010		2020	
	Gg	%	Gg	%	Gg	%	Gg	%
エネルギー	1,881	2.8	2,622	3.6	4,780	5.9	8,761	9.0
産業工程	50	0.1						
農業	10,560	15.5	12,030	16.4	17,789	22.1	26,821	27.5
廃棄物	273	0.4	331	0.4	425	0.5	523	0.5
LUCF	55,216	81.2	58,379	79.6	57,627	71.5	61,512	63.0
LUCFによる吸収量	-73,122		-67,118		-61,090		-53,769	
合計排出量	67,980	100.0	73,362	100.0	80,621	100.0	97,612	100.0
正味排出量	-5,142		6,244		19,531		43,848	

図 13 セクター別 GHG 排出量と吸収量の予測

(出典 : Ministry of Environment)

予測によると、1994 年の時点で GHG 吸収国であったカンボジアは 2000 年以降、GHG 排出国に転換し、その排出量は上昇の一途をたどり、2020 年には 2000 年における排出量の 7 倍以上にまで達するとされている。

部門別の GHG 排出量を見ると、LUCF の占める割合が引き続き最も大きいですが、その割合は次第に減少傾向をたどり、一方でエネルギー部門及び農業部門において大幅な増加が見込まれている。

b) 農業セクターにおける GHG 排出量の予測

農業部門における GHG 排出量はその総量、全体に占める割合ともに大幅に増加する見通しである（図 14 参照）。CH₄ 排出量は 2020 年には 1994 年の約 2.5 倍、N₂O の排出量は約 2.6 倍に上昇すると予測されている（表 8 参照）。CO₂ 換算での合計量では、1994 年には 1 万 560Gg であった農業分野からの GHG 排出量は年々増加し、2020 年までにおよそ 2.5 倍の約 2 万 6,821Gg に達するとみられている。

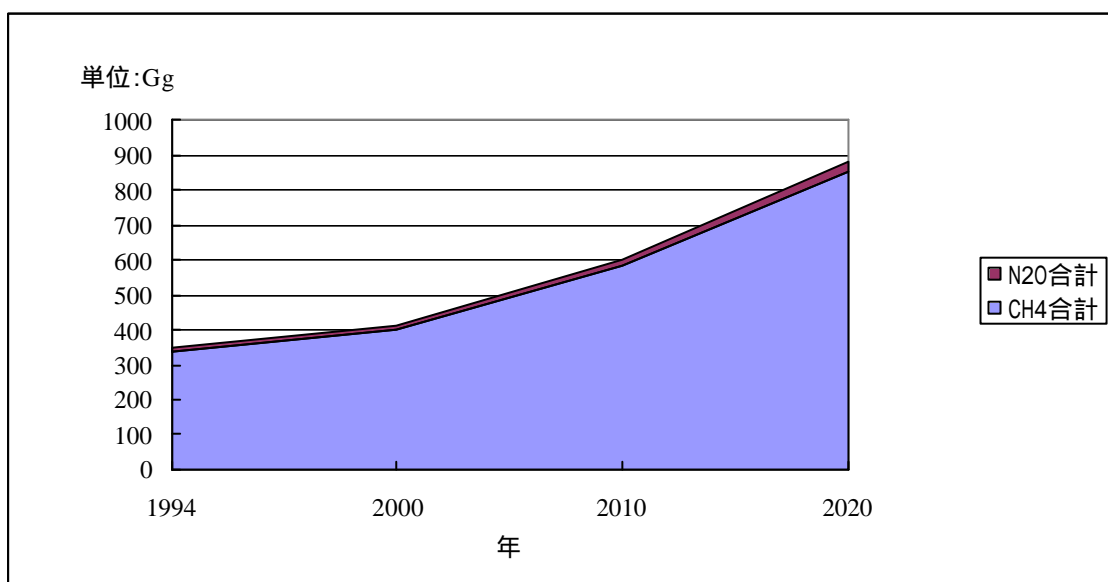


図 14 農業セクターにおける CH₄ 及び N₂O の排出量予測

(出典 : Ministry of Environment)

表 8 農業分野サブセクターにおける GHG 排出量予測 (Gg)

サブセクター	GHG	1994	2000	2010	2020
家畜	CH ₄	185	195	323	545
	N ₂ O	4	4	7	13
稲作	CH ₄	150	198	254	303
草地の焼き畑	CH ₄	2	2	2	2
	N ₂ O	0	0	0	0
農業廃棄物焼却	CH ₄	2	4	4	5
	N ₂ O	0	0	0	0
農業土壌	N ₂ O	7	7	10	16
CH ₄ 合計		339	399	584	854
N ₂ O 合計		11	12	18	29
CO ₂ 換算合計		10,560	12,030	17,789	26,821

(出典: Ministry of Environment)

1999～2015年におけるカンボジアの平均人口増加率は2.3%と見込まれており、この人口増加率に見合う食糧保障を確保するため、カンボジアでは農畜産業の活性化が計画されている。この活性化と共に地球温暖化対策が講じられなければ、GHG排出量の増加は深刻な問題となるであろう。

c) 籾殻の処理による GHG 排出

国民がエネルギー摂取量の75%を米から得ているカンボジアにおいて、米の生産量の増加は国民の食糧安全保障を確保するための重要な課題である。近年における海外からの技術援助の結果、カンボジアの米の生産能力が向上し、生産量は年々増加の傾向にある。この増加に伴って増える農業廃棄物である籾殻が、国内GHG排出量増加につながる可能性が考えられる。

現在、カンボジアの精米所の大半は家族経営による小規模なものであり、脱穀後の藁や籾殻は調理などの燃料用に地元自治体や家庭に売却され、その処理は大きな問題にはなっていない。しかし、今案件の対象であるアンコール精米工場 (Angkor Kasekam Rongroeng Co., Ltd.: AKR) のように、国内に既存するいくつかの大規模な精米所では、排出される籾殻処理の問題が表面化しつつある。

籾殻はカンボジアでは生活燃料として利用されるほか、野焼きにされたり野積みにして放置されることが多い。野焼きによる温暖化効果はゼロとされているが、無秩序な野焼きは地域社会において火災や空気汚染を招き、住民が呼吸器系疾患などの健康

障害を受けるなどの危険性がある。そのため、将来的に米の生産量が増加することにより籾殻が大量に排出され、焼却しきれずに野積み放置される確率は非常に高い。野積みされた籾殻からは腐敗によりCO₂の21倍の温室効果を持つメタン（CH₄）が発生する。CH₄は植物の生長時に吸収されて相殺となるGHGではないため、地球温暖化の原因となってしまう。従って、排出量が増え続けるとみられる籾殻処分の対策をなるべく早い時期に策定し、実施することは、地球温暖化防止に積極的に取り組むカンボジアにとっての重要課題と言えるだろう。その意味で、本プロジェクトの実施は籾殻対策の一例として意義深いものとする。

3.6 カンボジアのクリーン開発メカニズム(CDM)への取り組み

3.6.1 CDM 事業に関わるカンボジア政府の政策

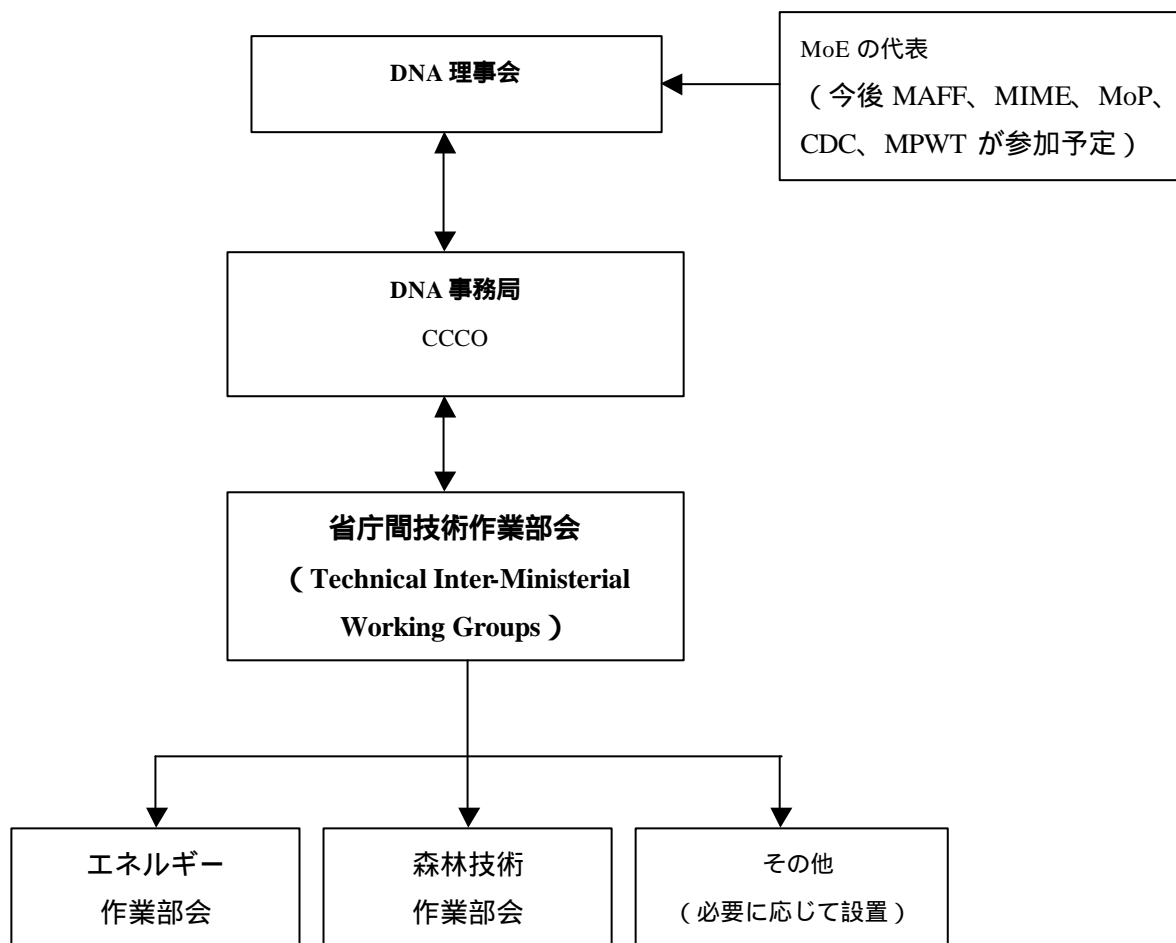
カンボジアは近年、繊維縫製産業や観光業を中心に急速な工業化による経済発展を遂げているが、現在も米、材木、ゴムなどの農産物輸出に頼る農業国である。国内の限りある天然資源保護のため、カンボジア政府は環境問題に対して積極的に取り組む姿勢を示している。

1995年12月、カンボジアは国連気候変動枠組み条約（UNFCCC）を、2002年8月には京都議定書を批准した。カンボジアは非附属書I国であり、温室効果ガス排出量について削減義務を負ってはいない。しかし、内戦終結の2年後である1995年にUNFCCCを批准し、1999年にはUNDPとGEFの援助を得て、MoEが最初の気候変動関連プロジェクトであるThe Climate Change Enabling Activity Project（CCEAP）を行うなど、CDMプロジェクトに前向きに関わって来た。2002年には、CCEAPの結果を基にCambodia Initial National Communicationを作成し、UNFCCC事務局に提出した。

京都議定書批准直後に、カンボジア政府はMoEを暫定的に指定国家機関（Designated National Authority: DNA）に任命した。また、2003年8月に、MoEは新たに気候変動室（Cambodian Climate Change Office: CCCO）を創設し、DNA事務局に任命した。

3.6.2 カンボジアにおけるCDM承認に関する組織構造

カンボジアのDNAによるCDMプロジェクトの承認体制を図15に示す。



MoE: 環境省

MAFF (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries): 農林水産省

MIME (Ministry of Industry, Mines and Environment): 鉱工業エネルギー省

MoP (Ministry of Planning): 計画省

CDC (Council of the Development of Cambodia): カンボジア開発評議会

MPWT (Ministry of Public Work and Transport): 公共事業運輸省

図 15 カンボジアにおける CDM プロジェクト承認体制

(出典: Thy³⁶)

2002 年 8 月、カンボジア政府は MoE を気候変動枠組み条約のフォーカルポイントに、2003 年 7 月、MoE を DNA に任命した。今後、MoE 以外にもいくつかの関連政府機関が、DNA 委員

³⁶ Thy, S. (2004, October). *Cambodian Designated National Authority (DNA-CAM)*. Presented at the Clean Development Mechanism (CDM) Investor Forum in the Asia Region, Manila, Philippines.

会へ参加する予定である。DNA として、MoE は CDM に関するすべての国内・国際連絡の拠点となり、CDM 案件の承認基準の設定、承認審査、承認書の発行などを行う。

2003 年、MoE は DNA 事務局として CCCO を設置した。CCCO は一般事務の他、政府に対する気候変動に関連する情報提供、温室効果ガス排出量緩和のための新技術の審査、気候変動に関する国内専門家の養成、ならびに一般市民への啓蒙活動などを行う。これらの業務は、関連政府機関、NGO、民間企業、地域団体、関連国際機関との密接な結びつきの下に行われる³⁷。

省庁間技術作業部会は、MoE と関連省庁との合同機関であり、CDM 案件の詳細な審査を行う。案件の種類により、エネルギー案件の審査を担当するエネルギー技術作業部会と、森林案件の審査を担当する森林技術部会に分かれている。その他の作業部会が設置される可能性があるが、現段階では未定である。

バイオマス発電である本案件は、MoE と MIME との合同機関であるエネルギー技術作業部会によって審査される。

3.6.3 CDM プロジェクト承認までの流れ

CDM 案件承認までの流れを、図 16 に示す。

³⁷ Minister of Environment (2003). *Declaration on the Establishment of Climate Change Office*. Phnom Penh, Cambodia: The Royal Government of Cambodia.

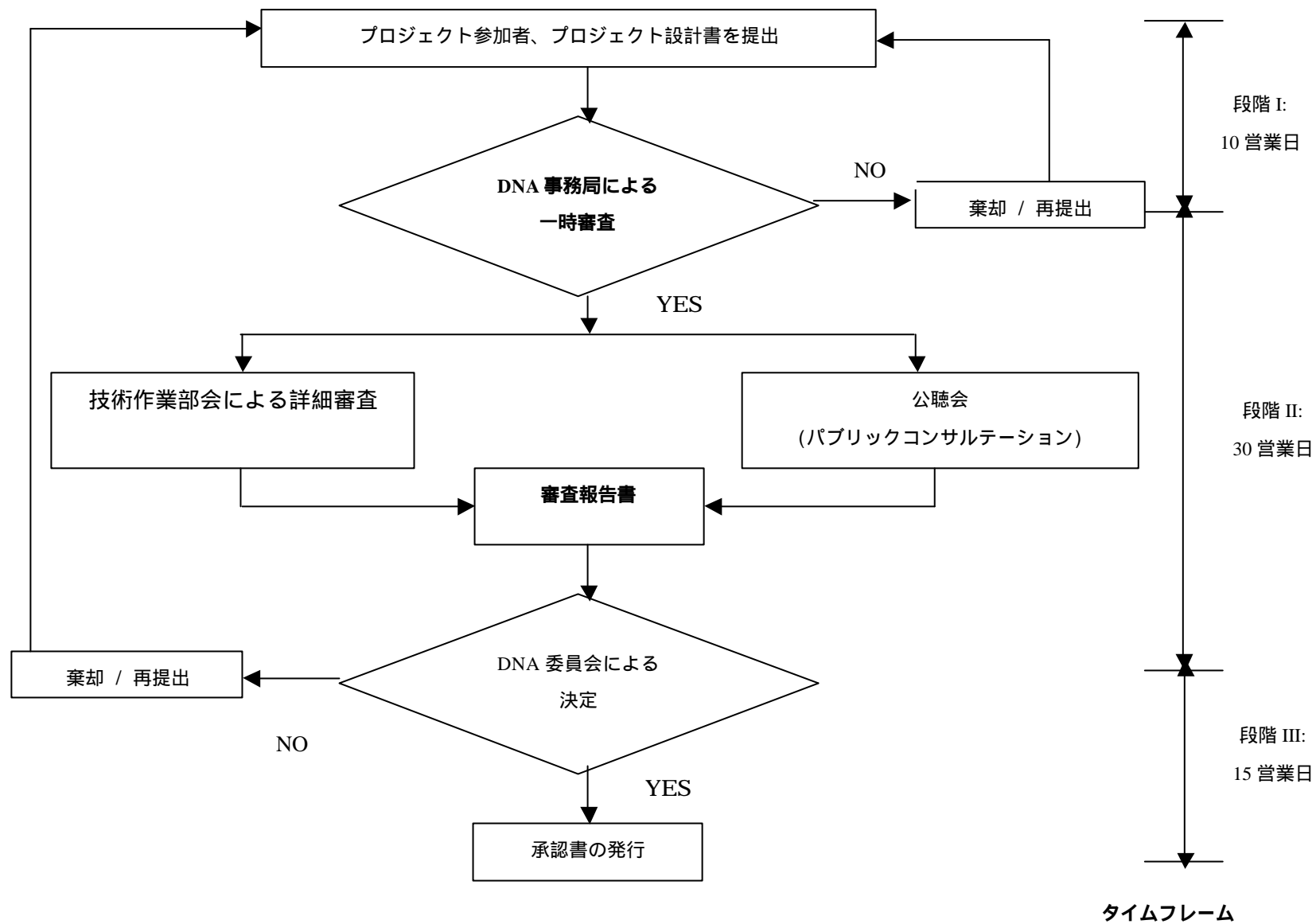


図 16 CDM案件承認までの流れ

(出典 : Thy)

まず、審査に必要なプロジェクト設計書（Project Design Protocol: PDD）及びその他の関連書類の提出を受けて、CCCO が初期的なスクリーニングを実施する。このスクリーニングに合格した場合は、案件の種類に応じて、エネルギー技術作業部会または森林技術部会に送られる。2004年8月に行われた弊社による第1回現地調査³⁸によると、CDM 案件はカンボジアの「持続可能な開発」に貢献しているかどうかを重点に審査され、CDM 案件が無かった場合と比べて、温室効果ガス排出量が減少を示したかどうかを測定する「追加性」については審査されない。

審査に必要な日数は、CCCO に申請を行ってから最終的な承認の結果が出るまでに、最長で約55営業日と見積もられている。

なお、図16にある公聴会は、PDDが正式にDNAに提出された後、カンボジア国内で開かれる。参加対象者は、当該案件に関心のあるNGO及び専門家などであるが、具体的には案件ごとに決められる。

3.6.4 CDM プロジェクト承認のための条件

CDM プロジェクトホスト各国は、国家レベルの「持続可能な開発」³⁹に照らして、CDM プロジェクトに関する「持続可能な開発の基準」を策定することが義務付けられている。案件の承認審査は、案件が、プロジェクトホスト国特有に設定された「持続可能な開発」に貢献するかどうかを焦点として行われる。カンボジアでは、2004年12月、カンボジアの法令、規制、閣僚会議令、“Cambodia’s Commitments to International Conventions”などを基に、MoE、MIME、MAFFの代表者によって構成された省庁間技術作業部会が、同国におけるCDM プロジェクトに対する「持続可能な開発」の基準を提案した。提案された基準は、現在まだ政府により正式承認はされていないが、ほぼ完成に近い形になっている。具体的な承認の時期は明示されていないものの、今後数ヶ月以内に正式決定される見込みである。なお、正式承認前であってもDNAにはPDDを審査する権限が与えられているので、PDDがいつ提出されても問題はない。

審査基準は、環境、社会、経済、技術移転の4つに分類され、カンボジアにおけるCDM 案件に期待される項目が挙げられている。それぞれの項目に対する貢献度において、-3から0を含めて+3までの尺度を使ってスコアリングされる。

³⁸ 三菱証券株式会社：「第一回現地調査報告書」（2004-11）

³⁹ カンボジアの「持続可能な開発」は、第2次社会経済開発5ヵ年計画（Second Five Year Socio-Economic Development Plan 2001-2005: SEDPII）において定められた国家発展のための3大指標（Three Pillars）に反映されると言われる。3大指標は、1) 貧しい人々が生活の糧としているセクターを含めた、幅の広い経済成長、2) 社会的、文化的発展、3) 天然資源の持続可能な利用と適切な環境管理である。

表 9 CDM案件における審査基準

<p>A. 環境保護とその改善</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 地球気候変動緩和への貢献 ➤ 大気汚染の減少 ➤ 水質汚染の減少 ➤ 土壌汚染の減少 ➤ 騒音公害の減少 ➤ 生物多様性の保全 ➤ 土地資源の持続可能な利用 ➤ 鉱物資源の持続可能な利用 ➤ 森林資源の持続可能な利用 ➤ 水資源の持続可能な利用 ➤ 文化財の維持 	<p>B. 社会 - 収入と生活の質の改善</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 貧困率緩和 ➤ 地域社会におけるインフラ供給 ➤ 投資家へのコンサルテーション ➤ 貧富の格差の減少 ➤ 国内雇用の創出 ➤ 公衆衛生への影響
<p>C. 技術移転</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 適切かつ最良な技術の移転 ➤ 生産能力増強 	<p>D. 経済的利益</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 地元ビジネスや産業の利用 ➤ カンボジアに対する経済的収益率（もしくは社会的、環境的費用対効果の割合） ➤ プロジェクト資金がカンボジア国内で支出される割合 ➤ 化石燃料への依存の減少（エネルギー案件に対してのみ） ➤ 輸入燃料への依存の減少（エネルギー案件に対してのみ）

（出典: Thy）

なお、プロジェクト参加者が DNA に提出する PDD には、当該プロジェクトが同国の掲げる持続可能な開発目標をどれほど満たしているかの概要を説明せねばならない。

カンボジアは石油価格の高騰や国内電力不足などの問題を抱えており、その対応策としても、再生可能エネルギーによる発電計画に強い期待を示している。また、国内の豊富ではあるが限りある天然資源の保全のためにも、CDM 受け入れ体制の整備に積極的に取り組み、質の高い案件の受け入れを目指している。

4. プロジェクトの内容

4.1 事業概要

本プロジェクトは、カンボジア国カンダル州の Phum Ang Snoul のアンスヌール村（Ang Sounl Village）にあるカンボジア最大の香り米精米工場であるアンコール精米工場（Angkor Kasekam Roongroeng Co., Ltd.: AKR）に隣接して、籾殻発電のためのコージェネレーションプラント（以下コージェネプラント）を建設するものである。プロジェクトの実施主体は同工場が設立する特別目的会社のアンコール・バイオ・コージェン社（Angkor Bio Cogen: ABC）である。本プロジェクトにより、これまで同工場がディーゼル油を燃料として実施していた自家発電を代替することが可能となる。また、これまで野積みで放置されていた籾殻の腐敗により発生するメタンを抑制することにも結びつく。なお、本プロジェクトではプロセス蒸気を籾殻の乾燥に利用するが、籾殻の乾燥は元々天日干しによって行なわれているため、作業効率は向上しても、この部分の排出削減はない。

カンボジア王国は、長い内戦の時代を経て、復興へ進み始めてからまだ 10 年ほどである。そのため、マレーシアやフィリピンに見られるような系統電源網は構築されていない。系統電源の恩恵に与れているのは首都プノンペンに限られているのみならず、燃料となる石油等をすべて輸入に頼っているため、電力価格が非常に高い。従って、レストランやホテル、製造業などの殆どは自家発電で電力を賄っている。一般家庭では明かりには灯油を、調理には薪を使用している。

しかしながら、このような国情の下、カンボジアは持続可能な発展を目指して動き出している。同国政府は、京都議定書を批准し、ホスト国としてクリーン開発メカニズム（Clean Development Mechanism: CDM）プロジェクト承認のための持続可能な発展基準を策定している。また再生可能エネルギーの利用にも注目し、僻地の電化対策として大いに期待を寄せている。

本プロジェクトが実施されれば、カンボジア初のバイオマス発電事業となる。ABC は電力購買契約（Power Purchase Agreement: PPA）に基づき、AKR に電力を販売する。AKR は余った電力を近隣の工場や地域住民に売電する可能性がある。近隣の工場もまた、その操業をディーゼル自家発電によって賄っている。なお、プロジェクト境界内には、ABC から AKR への売電及び AKR による余剰電力の近隣工場への売却を含めるが、PDD の B.4 及び D.3 に示すように、AKR から地域社会への売電はプロジェクト境界外とする。

4.2 プロジェクトの目的及び意義

本件は、籾殻を燃料とする発電により、温室効果ガスの排出削減に貢献し、ひいてはカンボジアの持続可能な発展に寄与するものである。

現在、カンボジアは、内戦後の国造りに心血を注いでいるところであり、AKR も米の輸出が順調に伸びている。そのため AKR では、精米能力を現在の 1 時間 10 トンから、2005 年には同 30 トンに増強する予定である。生産の増強はより多くの電力を必要とし、また、より多くの廃棄物（籾殻）を排出することとなる。京都議定書の批准国として、持続可能な発展を目指すカンボジアの政策に鑑みれば、環境への配慮を欠いた生産力の増強は同国にとって望ましくないシナリオである。

本プロジェクトが実現すれば、同国初のバイオマス利用による再生可能エネルギープロジェクトとなる。さらに、AKR がカンボジア最大の精米工場であることから、その普及にも好影響を及ぼすものと考えられる。

4.3 プロジェクト参加主体

1) アンコール・バイオ・コージェン社 (Angkor Bio Cogen: ABC)

2004 年 8 月、本プロジェクトの実施のために特別目的会社として設立された。同社の持ち株構造は、精米工場を経営する下記の Angkor Kasekam Roongroeung 社とは別の、独立事業体である。

2) アンコール精米工場 (Angkor Kasekam Roongroueng: AKR)

AKR は 2001 年に操業を開始したカンボジア最大の精米工場であり、本プロジェクトのために土地を提供する。この土地の所有権は ABC に完全に移行される見通しである。また、PPA に基づき、プロジェクト期間を通じて ABC に対して籾殻と水の供給を保証する。

AKR は協同組合方式を採り、高品質の米のみを契約農家から買い入れ、精米している。AKR は事業開始以来、カンボジアの農業セクターにおいて重要な役割を果たしている。

AKR の業務内容は主に農業促進・研究事業部、精米事業部、販売事業部の 3 つに分けられる。

a) 農業促進・研究事業部

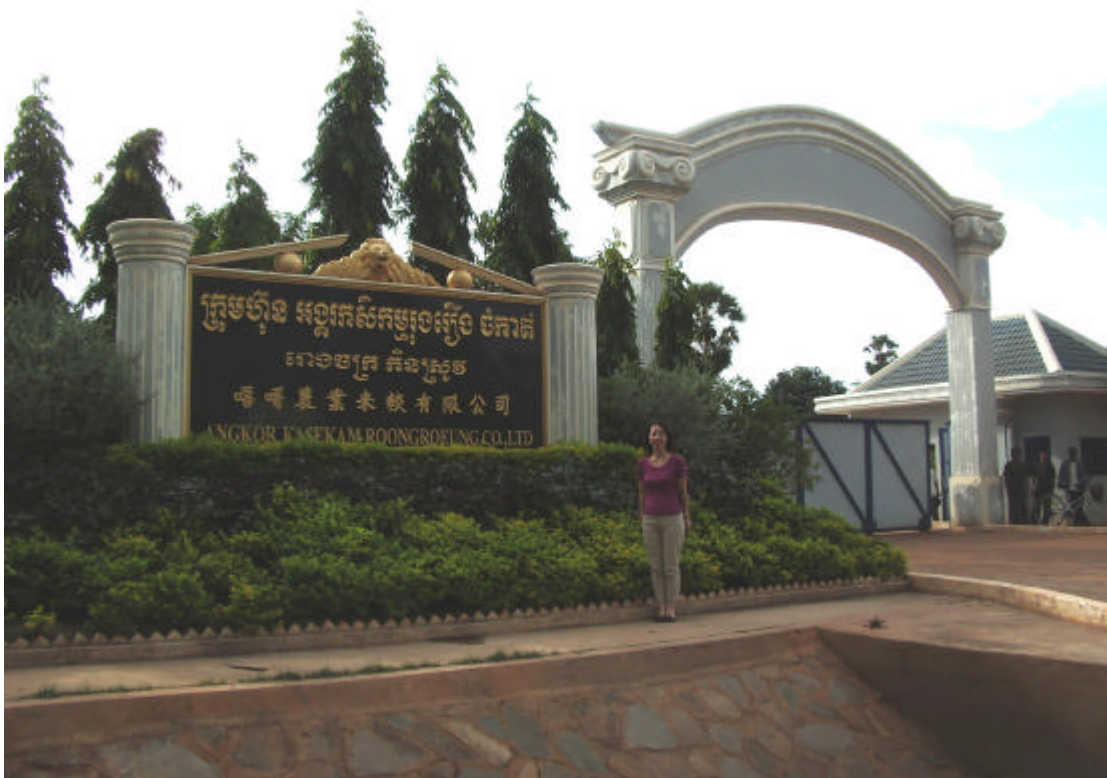
契約農家への対応を担当する。AKR と契約し稲作に従事している農民は 4 つの州にまたがり、その数は 2 万 5,000 人以上にのぼる。AKR は高品質の種もみを各農家に完全支給し、契約にしたがって収穫された米を契約農家から買い付ける。また、農民に対して市場情報、農業知識、機材などを提供し、小規模な融資も行っている。

b) 精米事業部

精米施設の効果的な運営を支えている。現在、AKR の工場では 1 時間に 10 トンを精米することが可能である。これに加えて 1 時間 20 トンの精米ラインを導入する計画が進められており、2005 年には運転開始の見通しである。

c) 販売事業部

国内外への販売を担当し、また市況の分析も行っている。高品質な香り米の輸出業者として、AKR はカンボジアの米輸出の大半を担っている。しかし同社によると、国内外を問わず米市場において高まる需要に応じきれていないのが現状だとのことである。精白米の大部分は、主に欧州や中国などへ輸出されている。



アンコール精米工場（AKR）の門



持ち込まれた香り米



野積みされた籾殻

4.4 プロジェクト期間（クレジット獲得期間）

本プロジェクトの稼働寿命は、最短でも 20 年となる見通しである。このため、クレジット期間を 7 年とし、その後 7 年ごと 2 回まで更新可能（最長 21 年間）とする。

4.5 実施スケジュール

本プロジェクトの実施スケジュールは、表 10 のとおりである。

表 10 本プロジェクトの実施スケジュール

プロジェクト 業務項目	2004年	2005年
準備作業 (詳細調査)	■	
設計・機器製作		■
機器設置・工事		■
据付		■
試運転		■

4.6 事業実施サイト

カンボジア王国カンダル州のアンヌール村にあり、首都プノンペンから南西へ 23 キロの所に位置する (図 17 参照)。

5 AKR 精米工場の現況

5.1 基礎情報

AKR はカンボジア最大の精米設備を擁し、現在の設備精米可能量は 1 時間当たり 10 トン、1 年当たり 8 万トンである。これに加えて、一時間当たり 20 トンの精米能力のある精米ラインの導入が進められており、2005 年には運転が開始される見通しである。精米工場は、1 年のうち約 11 ヶ月間、24 時間運転の予定で、年 1 回の定期点検には最長で 1 ヶ月があてられる。

図 17 にアンコール精米工場の所在地を示す。工場はプノンペンの南西 23 キロ、カンダル州アンスヌール地区に位置する。プノンペン国際空港までは約 15 キロ、最寄りの港までは約 255 キロ、タイ国境の町ポイペットまでは約 320 キロ離れている。

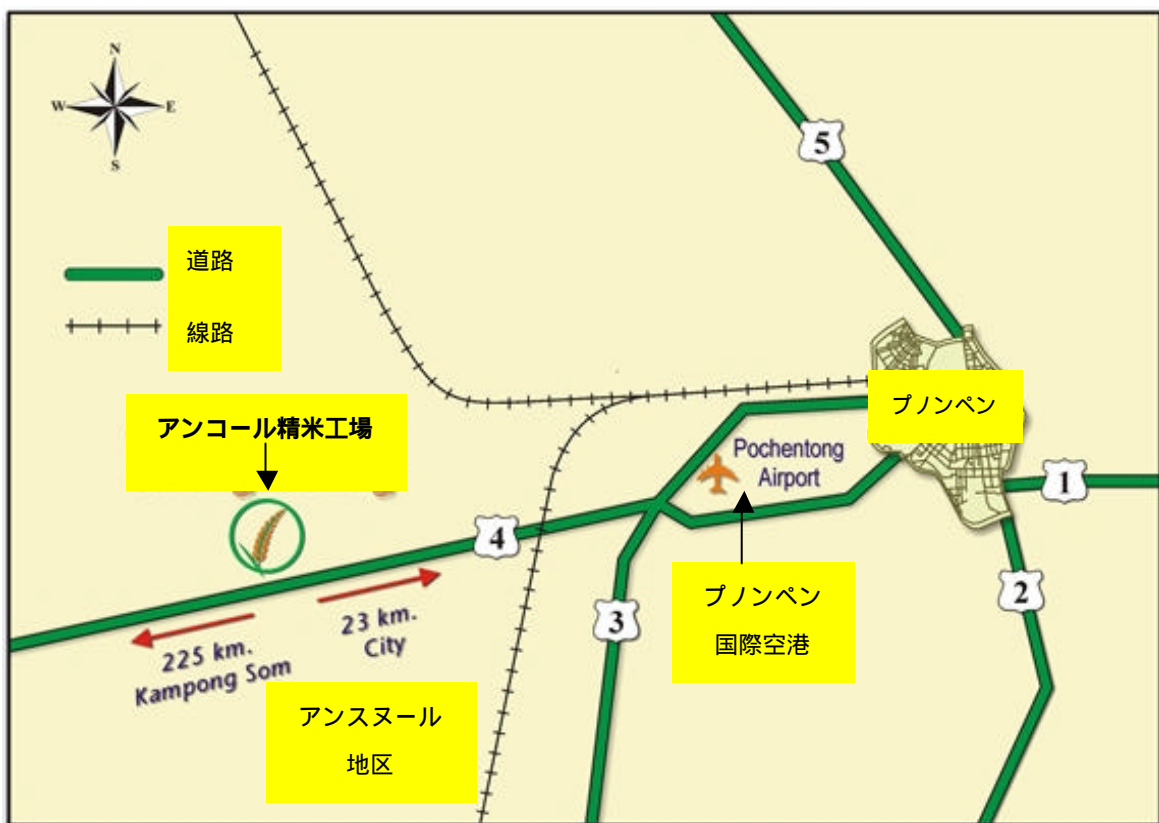
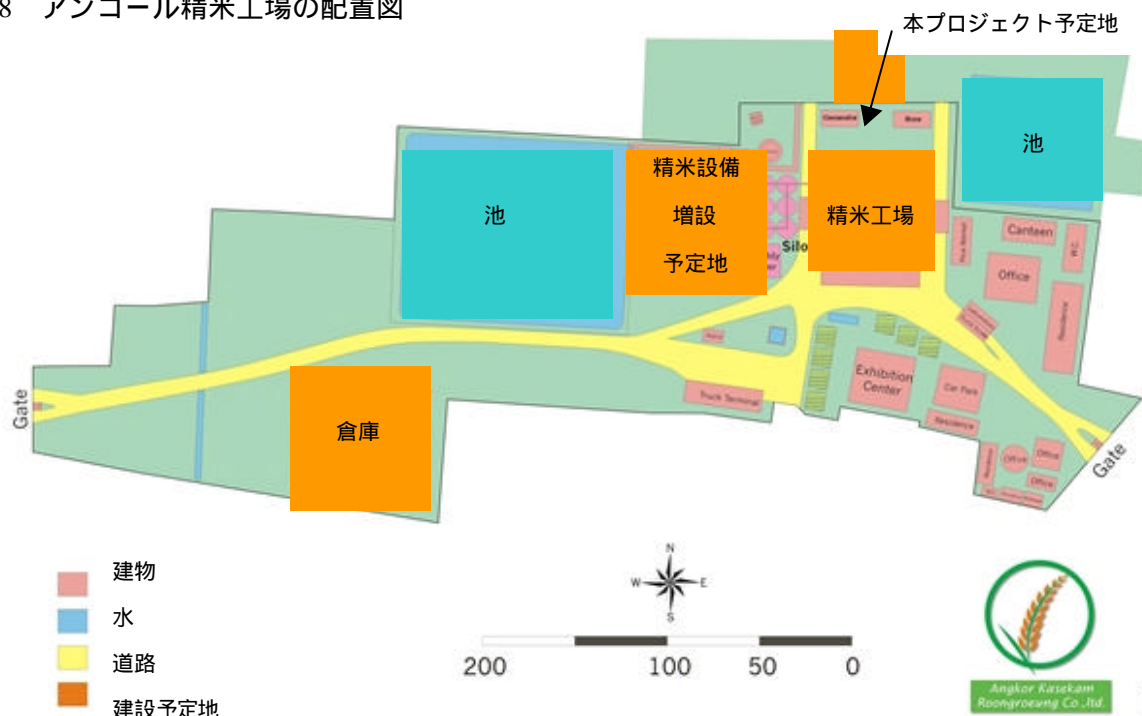


図 17 AKR の所在地

AKR は 1999 年、カンボジア商務省の認可を得て商業運転を開始した。精米施設の敷地面積は合計約 12 ヘクタールで、これには精米機や倉庫、業務に必要な施設（事務所、従業員宿舍、保守整備場）が含まれる。池と倉庫の北西に位置する一画では、家畜や家禽が飼育されている。図 18 に施設の配置図を示す。

図 18 アンコール精米工場の配置図



5.2 現在の電力供給源

現在、1 時間 10 トンの精米ラインを運転するために約 350kWe のエネルギーを必要としている。これに加え、敷地内にある従業員宿舍、食堂や多機能ビル等、その他の施設は約 30kWe を消費する。

精米工場の負荷電力は、ディーゼルを燃料とする発電機 3 台のみで賄われている。それぞれの発電機の発電容量は 400kW、320kW、120kW である。精米の最盛期には 400kW か 320kW の発電機を運転し、120kW の発電機は待機させる。一方、シーズンオフには 120kW の発電機を運転する。AKR が消費するディーゼル燃料は毎月約 3 万 6,000 リットルで、これは約 1 万 7000 米ドル分に相当する。1 時間 20 トンの精米ラインが運転を開始した場合、ディーゼル消費量は

約 200%増になるとみられている。

5.3 必要な電力量

精米工場が必要とされている電力を以下に示す。

1 時間 10 トンの精米ラインの最大電力消費	= 350kW
1 時間 20 トンの精米ラインの最大電力消費	= 700kW
事務所・設備の最大電力消費	= 30kW
必要とされる電力合計	= 1,080kW

5.4 プロセス蒸気のニーズ

現在 AKR は、天然資源である太陽熱を利用し稲の乾燥を行っている。コージェネレーション計画が実施された後も、天日乾燥は続けられると思われる。しかし、天日乾燥に替わって窯で稲を乾燥させる方法の導入も考えられている。

稲の含水率は通常約 19%だが、稲の品質悪化を防ぐためには、含水率およそ 14%まで乾燥させなければならない。この稲を乾燥させる過程において、籾殻焼却の際に発生する蒸気が利用出来る。このためには、蒸気を空気に変換する装置を窯乾燥機に設置し、摂氏 50～55 度の温風を作り出す必要がある。この温風が湿った稲を乾燥させるのである。このように、本案件では、発生するエネルギーを最大限に駆使した、効率的なエネルギー利用を計画している。

6. 本プロジェクトのバイオマス発電技術

6.1 精米の作業過程における廃棄物

カンボジアでは、田植えと米の収穫は年に 1 回しか行われていない。平均的な収穫の時期は 11 月末～5 月までである。

AKR における精米手順及び廃棄物の排出ポイントを、図 19 に示す。

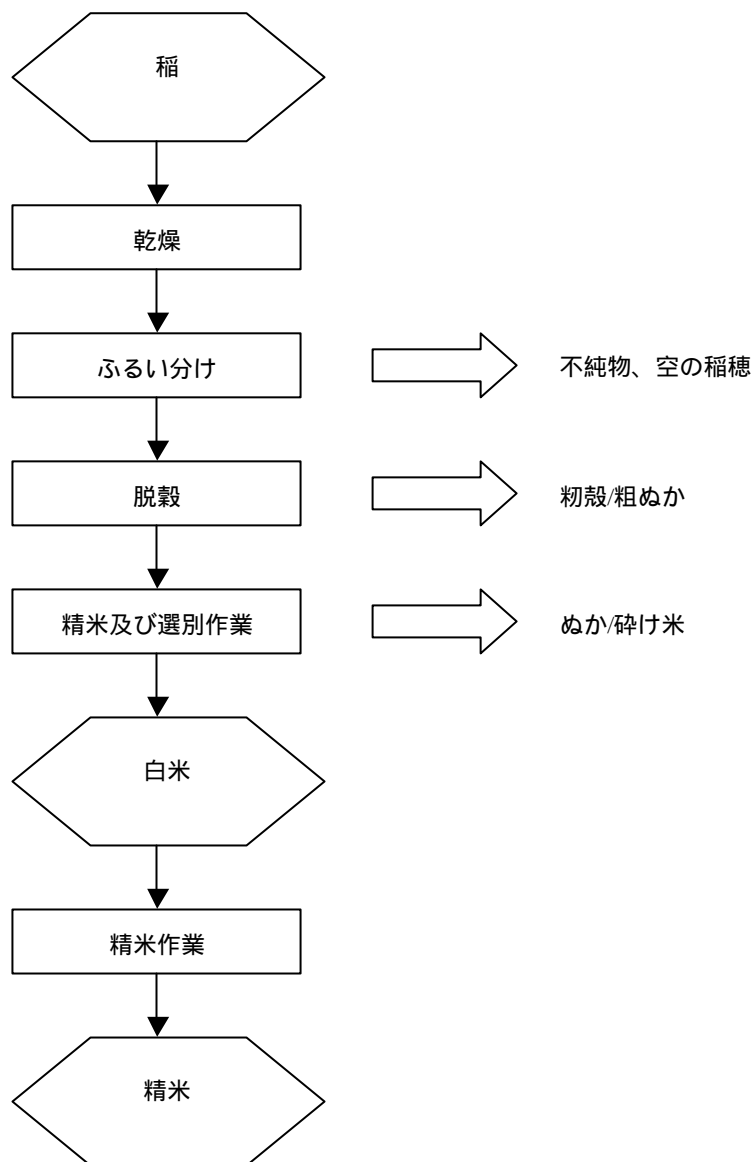


図 19 精米の工程からの廃棄物の排出

収穫された稲は、含水率が約 14%になるまで乾燥させる。乾燥した稲は脱穀し、藁ともみ殻、空の稲穂が取り除かれる。その後、精米機にかけられる。

脱穀により米と籾殻が分別される。籾殻はボイラーの燃料として用いられるほか、さまざまな用途で使われる。粗ぬかは家畜の飼料となる。脱穀後の米は、精米してぬかを取る。その後、さらなる精米作業を経て、精白米となる。なお、質の良い米ぬかからは、ぬか油が抽出され、残余物は家畜の飼料となる。

米の生産では、主に精米作業で電力が必要となる。機械的に稲の乾燥またはパーボイルを行う場合などには、熱も必要となる。精米施設におけるエネルギー消費のパターンは、施設がパーボイル米工場か精米工場かで異なってくる。パーボイル米工場では、精米作業だけでなくパーボイル加工作業にもエネルギーが必要となるため、精米工場よりも多くのエネルギーを消費する。AKR は精米工場である。単純な精米作業には、稲 1 トン当たり約 30kWh のエネルギーが必要となる。

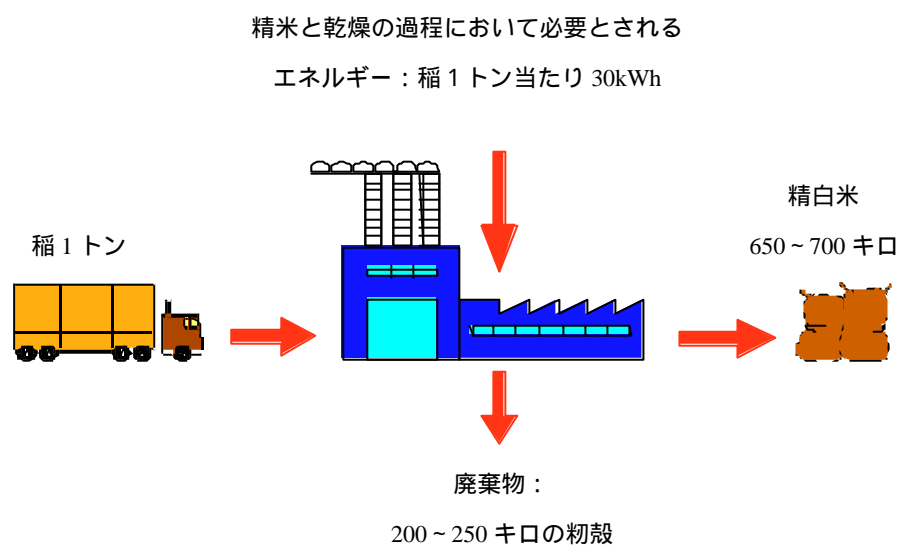


図 20 精米工場の必要エネルギー量

図 20 の如く、一般的な精米作業では、稲 1 トンから約 200 ~ 250 キロの籾殻が出るが、その量は精米システムと精米工場の条件によって異なる。図 20 の各値の算出に当たっては、稲に対するもみ殻の割合を保守的に見積もって 20%とした。

6.2 本プロジェクトのコージェネプラント

6.2.1 建設予定地

本プロジェクトのコージェネプラントは、AKR の敷地内、精米工場に隣接して建設される。

本プロジェクトのコージェネプラントの建設予定位置を図 21 に示す。

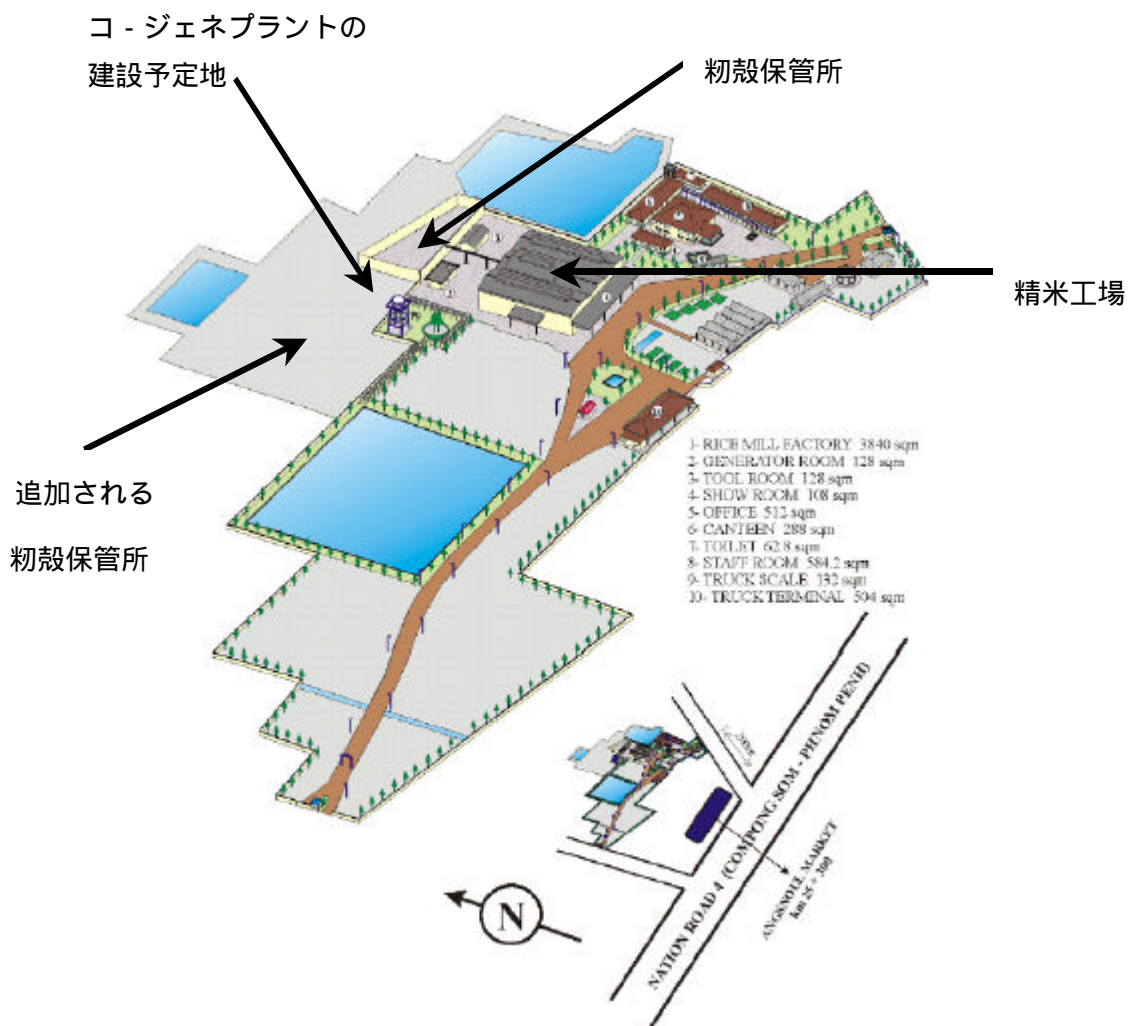


図 21 発電設備の建設予定位置

コージェネプラントは、井戸と倉庫に隣接した一画に建設が予定されている。なお、地下水

脈は地中のかなり深いところに位置するため、本プロジェクトによる影響はないと考える。

6.2.2 ボイラー技術の選択

本プロジェクトについては、設備規模が 1.5MWe であることから、移動火格子システムの採用が推奨される。籾殻ボイラーとしては、この他に気泡型流動床ボイラー、循環流動床ボイラーなどの技術の適用も考えられるが、東南アジアにおいては“傾斜式階段火格子”システムと“移動火格子”システムが最も一般的である。近隣諸国でコージェネレーション事業の実施経験のある精米業者の間でも、移動火格子システムは他のシステムに比べ質の良い灰を生み出すと言われている。また、経済的な優位性を持ち合わせていることも注目に値する。表 11 は現在、籾殻を用いるコージェネプラントとして移動火格子を導入している東南アジアの精米工場の一部である。

表 11 近隣諸国の移動火格子コージェネプラント

プロジェクト名	場所	発電能力
チアメン精米工場	タイ	2.5MWe
パトゥム精米工場	タイ	10MWe
バン・ヘン・ビー	マレーシア	1.5 MWe

さらに、機能的には乾燥、燃焼、燃料の脱灰のコントロール能力が高いという特徴があり、燃料の燃え残りが比較的少なく、短時間で修理や点検を実施することが可能である。同システムには速度の選択肢が複数あり、燃料の粒子の細かさや湿度の有無を問わず、2種類以上の燃料に対応できる。

6.2.3 タービン技術の選択

タービンには衝動あるいは反動、それらの複合型の3つに分類される。動翼の蒸気噴流で生じた推進力を利用するタービンは衝動タービン、ローターを回転させる反動力を利用するものは反動タービンと呼ばれているが、本プロジェクトは設備が非常に小規模であるため、衝動タービンが適していると考えられる。

6.2.4 粉殻燃料発電プラントの基本システム構造

蒸気火力発電装置の主な構成要素は次の通りである。フローチャートを図 22 に示す。

- ・ ボイラー
- ・ 粉殻取扱いシステム
- ・ 水処理システム
- ・ 脱気装置
- ・ 計装制御設備
- ・ プログラマブル理論制御装置 (PLC)
- ・ 灰取扱いシステム
- ・ 燃料ガス浄化システム
- ・ 蒸気タービン、付属装置
- ・ 冷却塔
- ・ 復水器
- ・ 発電機
- ・ 変圧器
- ・ スイッチギヤ
- ・ 直流電源設備
- ・ 配管 (ボイラー、タービン装置、プロセス統合用)
- ・ 防火、火災探知システム
- ・ 通信システム
- ・ 土木工事

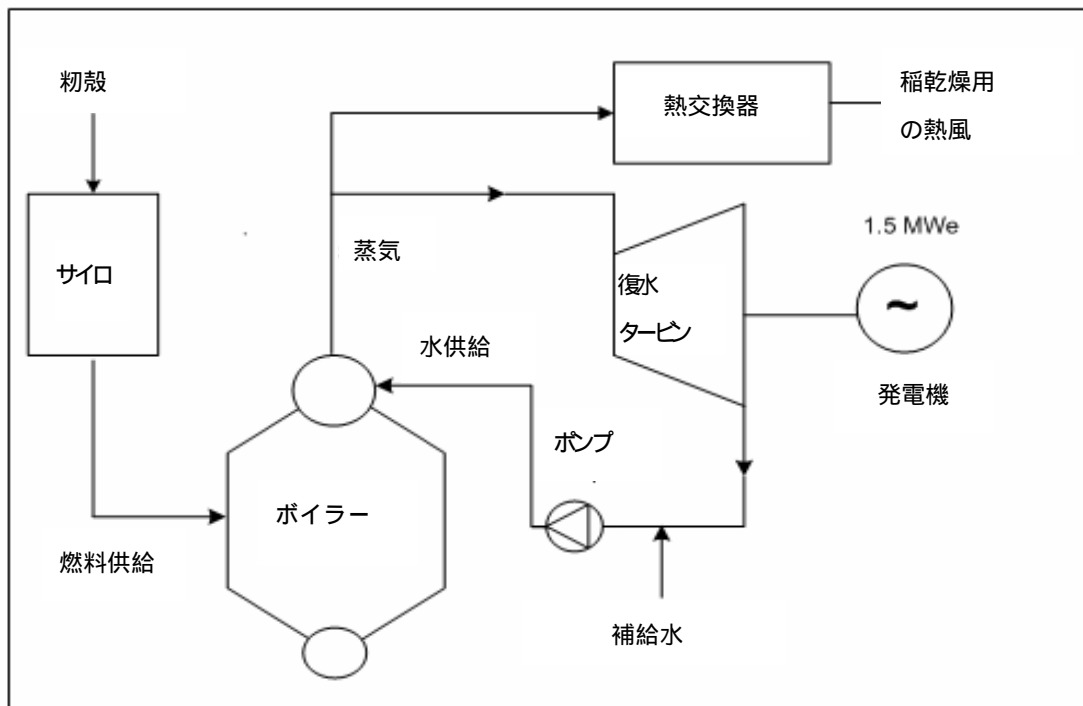


図 22 蒸気熱発電システムの系統図

池から汲み上げられた原水は水処理システムで処理される。ここで不純物が浄化器に沈殿し、メカニカルフィルターによってろ過される。水はさらに給水処理施設で浄化され、水質向上のために数種類の化学薬品が加えられてからボイラーに供給される。ボイラーの燃料となるのは籾殻のみ。ボイラーは 28 パール且つ摂氏 310 度の状態で蒸気を発生させる。蒸気タービンは、蒸気となった熱エネルギーを機械力（軸動力）に転換し、機械力は発電機によって電力へと転換される。計画されている電力 1.5MWe を発電するには、毎時 14 トンの蒸気が必要である。このうち 1.2 パール且つ摂氏 110 度の毎時 6 トンの蒸気は後にプロセス蒸気として利用され、残りの 0.14 パール且つ摂氏 54 度の毎時 8 トンの蒸気は復水冷却システムで液化され、ボイラーで再利用される。

装置内の熱平衡を図 23 に示す。ボイラーで発生した燃焼排ガスは、大粒の粒子を取り除くためにガス清浄システムを通過し、排気筒へと送られる。

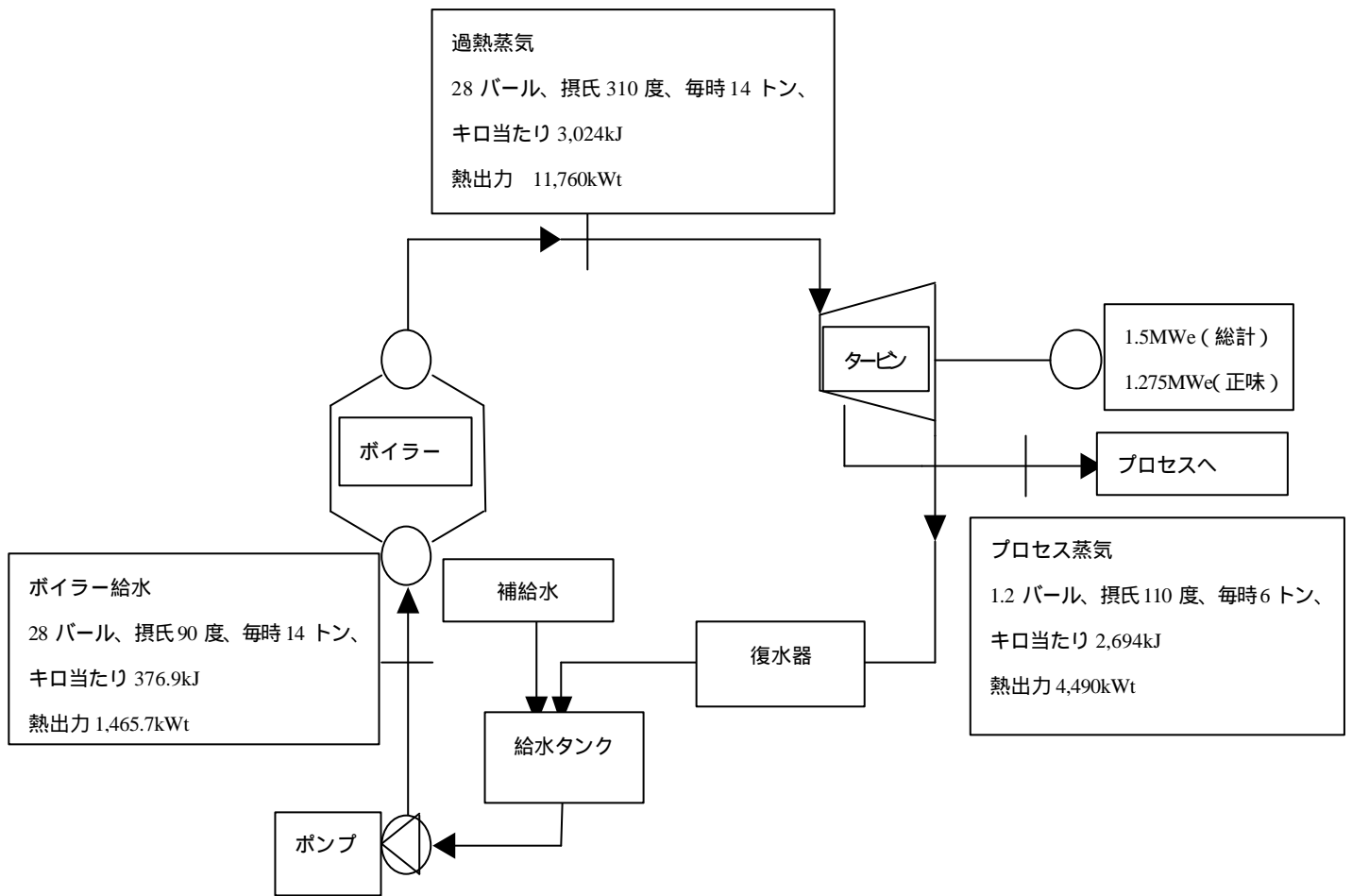


図 23 熱平衡の系統図

6.3 建設予定のコージェネプラントの概要と CDM のクレジット期間

本プロジェクトのコージェネプラントの基本情報を表 12 にまとめた。

表 12 本プロジェクトのコージェネプラント

発電規模	1.5MWe
電気系統	3相 400ボルト
運転時間	7,920時間/年
稼働寿命	25～30年 (最新の設備で十分なメンテナンス状況と仮定して、7,000～8,000時間/年の稼働ペースとした場合)
総発電量見込み	11,880MWh/年 (1.5MWe × 7,920時間/年)
うち所内消費分	1,782MWh/年
AKRへの 売電量見込み	10,098MWh/年

プラントの稼働寿命は25～30年であるので、CDMプロジェクトとしてのクレジット期間は2007年から7年間で、7年ごと更新2回まで(最長クレジット期間21年)を選択して申請することとする。

6.4 粉殻灰について

粉殻灰の処分方法については、ABCは粉殻灰をセメント業界などに売却処分する予定である。また、同業界の買取り基準に合わない品質のものが余った場合には、肥料として肥料会社へ売却する。

一般的に、粉殻の燃焼後に発生する粉殻灰は、鋼鉄、セメント、肥料、耐火物、養鶏場、レンガ製造、ダイカスト、半導体、ゴム製品、石油リサイクル等の産業で利用されている。地理的には、日本、北米、北欧、南欧、韓国、台湾、オーストラリア、ニュージーランドに粉殻灰の需要がある。国際価格は1トン当たり50～100米ドルで、灰の品質によって異なってくる。しかしながら、粉殻灰の将来的な需要が不透明であるため、売却による潜在的利益をメリットとして検討することは避けるべきであると考え。その理由は、東南アジアでは数々のコージェネレーション設備の建設が進められていることから、灰の供給量は今後2年間で増加するとの予測もあり、将来的な見通しを立てるのが困難だからである。したがって、本プロジェクトでは粉殻灰売却による収益は考慮しないこととする。

6.5 本プロジェクト実施サイトの燃料としての籾殻

6.5.1 本プロジェクトの籾殻の熱量

本プロジェクト実施予定地から、山積みされた籾殻の表層にあったものと、内部にあったものの2種類のサンプルを、タイのバンコク市に所在する COGEN Asian Institute of Technology の実験室で分析した。その結果、本プロジェクトサイトの籾殻の平均熱量は 0.014800TJ/ton であった。

6.5.2 本プロジェクトに必要なバイオマス燃料（籾殻）の量

6.3 の表 12 にあるように、アンコール・バイオ・コージェン社（Angkor Bio Cogen, ABC）では本プロジェクトから年間 11,880MWh/年の電力生産を見込んでいる。これをエネルギーに換算するには、以下の計算で求める。

$$11,880 \text{ MWh/年} \times 3,600 \text{ MJ/MWh} \times 1 \text{ TJ/100 万 MJ} = 42.8 \text{ TJ/年}$$

従って、発電プラントで生産される電力量は年間 42.8 TJ に相当する。

さて、採用を検討している発電機は、ボイラーで生み出された熱量のうちの 17.5%を電力に転換する。計画されている電力量を生産するのに必要な熱量は、以下の式で求められる。

$$42.8 \text{ TJ/年} \div 0.175 = 244 \text{ TJ/年}$$

従って、年間 244TJ がボイラーから供給されなければならない。

一方、稲穂の乾燥用には年間 50TJ に相当する熱が必要となる。従って、1 年間に必要とされる熱量は上記 244TJ と合わせて、294TJ となる。

ここで、ボイラー効率は 76%であるため、ABC のプラントで燃焼される籾殻のエネルギーを次のように確定する。

$$294 \text{ TJ/年} \div 0.76 = 386.8 \text{ TJ/年}$$

1 トンあたりの熱量が 0.014800TJ の籾殻を燃料として使うことを想定した場合、必要とされるエネルギーを生み出すために要求される籾殻の量は次のように求められる。

$$386.8 \text{ TJ/年} \div 0.014800 \text{ TJ/トン} = 26,136 \text{ トン/年}$$

ここで、プラントの年間稼働は 7,920 時間であるので、1 時間あたりに必要な籾殻の量は 3.3 トンとなる。

$$26,136 \text{ トン/年} \div 7,920 \text{ 時間} = 3.3 \text{ トン/時}$$

よって、本プロジェクトが必要とする籾殻量は、年間でおよそ 2 万 6,136 トン、1 時間あたりでは 3.3 トンとなる。

6.5.3 燃料供給量

AKR における、籾殻生産量の予測及び本プロジェクトによる利用量は表 13 のとおりである。

表 13 AKR の籾殻生産量と本プロジェクトによる利用量

	1時間あたりの 精米量	1 時間あたりに生産 される籾殻の量 ⁴⁰	年間の運転時間	1 年間に生産される 籾殻の量
2004 年以前	10 トン	2 トン	7,920 時間	15,840 トン
2005 年以降	30 トン	6 トン	7,920 時間	47,520 トン
発電に利用される籾殻量				
	/	1 時間あたりに 利用される籾殻の量	年間の運転時間	1 年間で利用される 籾殻の量
2006 年以降		3.3 トン	7,920 時間	26,136 トン

2005 年より 1 時間あたり 30 トンの精米量へ増産することから、2005 年以降は年間 4 万 7,000 トン以上の籾殻量が見込まれる。6.5.2 の計算により、本プロジェクトのコージェネプラントが必要とする籾殻の量は年間およそ 2 万 6,000 トンであることから、1.5MWe のコージェネプラントを稼働させたとしても、籾殻の量は十分といえる。従って、本プロジェクトは燃料不足に陥らない見通しである。

6.5.4 籾殻の取扱い及び保管

本プロジェクト開始後は、籾殻を発電燃料に使用することにより、籾殻の保管期間は現状よ

りも短縮される。このため、保管中の籾殻からのメタンガスの発生はほとんど無いと考えられ、したがってこのようなメタンガスの発生については本プロジェクトの排出削減量の算出に考慮しないこととする。

6.6 建設・運営

導入する発電設備は、日本または欧州から購入する予定であるが、現在検討中である。

6.6.1 必要とされる人員数

本プロジェクトに必要な人員数は、表 14 に示す同規模・同タイプのコージェネプラントの標準的な担当別必要人員数とほぼ同じと考える。

表 14 本プロジェクトの必要人員数

内訳	シフトごとの人数	合計
工場責任者	-	1
維持管理監督者	-	1
交代勤務監督者	1	3
制御室技師：ボイラー担当	1	3
制御室技師：発電機担当	1	3
燃料取扱い技師	1	3
保守管理者	1	3
電気/制御の技術者	1	3
水処理要員	1	3
必要人員数の合計	8	26

6.6.2 必要とされるスキル及び研修プログラム

ABC は、コージェネレーションプラント担当のマネージャー1 名に加え、経験のある技師を運転の初期に 1～2 年間採用する計画である。これらの技師は当初、プラントの操業管理と地元
の技師の育成にあたり、地元技師が装置を長期にわたって操業できるようにする。一方、操業
及び保守 (Operation and Maintenance: O&M) 契約を結んだ業者による、設備技師と作業員の研
修も実施される予定である。

⁴⁰ AKR が行った分析によると、稲穂に対する籾殻の割合は約 20% (6.1 参照)。

研修プログラムは、以下の項目を網羅する。

- ・ プラント操作、安全装置、エンジニアリングの基本
- ・ 粕殻を燃料とするコージェネレーションプラント操作の基本
- ・ 環境管理及び環境意識の育成
- ・ 廃水及び水処理作業
- ・ 発電プラントの工業技術及び制御システム
- ・ 火災に対する安全及び避難対策

6.7 資金計画

6.7.1 資金の見積もり

本件の初期投資の総額は、約 350 万ドルと見積もられる。そのうち、本プロジェクトに導入を考慮しているボイラー及びタービン発電機の費用は、およそ 200 万ドル、企画及び設計にかかる費用は約 25 万 9,000 ドル、また、土木工事及び機器設置にかかる費用は約 51 万 8,000 ドルである。初期投資総額の詳細な内訳を表 15 に示す。

表 15 本プロジェクトの初期投資内訳

項目	金額(米ドル)
企画及び設計	258,750
ボイラー及びタービン発電機	2,070,000
土木工事及び機器設置	517,500
敷地整理及び事務所	46,000
土地	287,500
準備及び立ち上げ	11,500
輸入税(外国からの EPC に対する)	103,500
建造物の定期保険	39,100
臨時出費	129,950
総額	3,463,800

また、表 16 のように操業費用が毎年必要となる。

表 16 操業費用内訳

項目	金額など
管理費用	1万5,000米ドル
O&M 費用	上記初期投資総額の以下の割合に相当する費用が毎年必要となる。
1年目から5年目	4.0%
6年目から10年目	4.5%
10年目以降	5.0%

6.7.2 財務計画

ABC は 6.7.1 で示した初期投資のうちの 50% を株主資本、残る 50% を銀行からの融資によって調達する方針である。AKR 及び AKR の筆頭株主である Chieu 一族は、株主資本のおよそ半分を提供する予定である。ABC は、本件が CDM プロジェクトとなることによって、残る半分の株主資本に対する投資家の関心が高まることを期待している。

現地の銀行からの融資にかかる金利は年率で 9~13% になる見込みである。ABC はカンボジアに拠点をもつタイ系の銀行にも融資の協議を行っている。また、ボイラー及びタービン発電機の輸出国の金融機関からの融資を受けるサプライヤーズ・クレジットの可能性も探っている。

本件の財務分析として、プロジェクト IRR を算出し検討する。エクイティ IRR でなくプロジェクト IRR を算出する理由は、CDM 理事会がプロジェクトの投資バリアの検討にプロジェクト IRR を指定しているためである。本件のプロジェクト IRR の算出に必要なデータは表 17 のとおりである。これらの数値をもとに本件のプロジェクト IRR を計算した結果は、17.9% となった。

表 17 プロジェクトの IRR の算出に必要なデータ

為替レート	1 ユーロ = 1.15 米ドル 3,800 リエル = 1 米ドル
初期投資額	346 万 3,800 米ドル
売電価格	0.08 米ドル/kWh
売電量	80 万 7,840 米ドル/年
プロジェクト期間	20 年間

本件は、バイオマスを発電に利用するカンボジアで初めての再生可能エネルギー案件である。ごく小規模な実験的案件と 2 件の水力案件 (1MW と 12MW) を除けば、カンボジアにおいてこれまで再生可能エネルギーの案件は実施されていない。

本件の実施によって、ABC はカンボジアにおける再生可能エネルギー分野の先駆者となるわ

けだが、今まで同国になかった分野の案件を実施するという大きなリスクをとることになる。また、海外の民間投資家が関与する場合、カンボジアのカントリー・リスクも考慮する必要がある。他の東南アジア諸国と比較すると、カンボジアのカントリー・リスクは非常に高い。1921年創立のベルギーの信用保険会社である Decroire/Delcredere(D/D 社) のカントリー・リスクレーティング⁴¹によれば、同社が定めるコマーシャル・リスク(債務者が支払不能となる財務状況に陥るリスク)を最もリスクが高い C ランクとし、政治的リスク(戦争、革命、自然災害、外貨不足、政府の動きなど、被保険者または債務者にとって不可抗力の出来事が起こるリスク)及び返済のための送金が不可能となるリスク(何らかの出来事または当局による決定により債務者の支払が不能となるリスク)のいずれもが、最もリスクが高いものを 7 とする 7 段階評価で 6 とされている。また、フランスの大手信用保険会社 Coface 社のレーティング⁴²でも、カントリー・リスクが最も高い D ランクとされ、既に返済実績の悪い状況が、カンボジアの経済的及び政治的環境により更に悪化する可能性ありと位置付けられている。一方、カンボジアと同地域のタイ及びベトナムの場合、D/D 社はコマーシャル・リスクでタイを最もリスクが低い A ランク、その他のリスクは 1~3 とし、ベトナムはそれぞれ C ランク及び 2~4 と位置付けている。Coface 社では、タイを A2 ランク(A1~4、B、C、D のうち、A1 が最も低リスク)、ベトナムを B ランク(不安定な政治的及び経済的環境が既に芳しくない返済実績に影響することもあり得る)としている。カンボジアは、タイ、ベトナムいずれの国よりもはるかにハイリスクな国と評価されているのが現状である。

実際に、本プロジェクトへの投資について、本プロジェクト実施主体である ABC が複数の投資家候補者に打診したところ、いずれの投資家からもカンボジアのカントリー・リスクの高さから、具体的に 25%以上の IRR を求めるとの見解が寄せられた。以上のことから総合的に判断すると、カンボジアにおいて投資の面から魅力的だと考えられる案件には、25%またはそれ以上のプロジェクト IRR が必要と考えられる。

本件のプロジェクト IRR は 17.9%であり、投資対象の基準となる 25%を大きく下回っている。現在のところ、本件の資金調達の方法は立っていないが、その理由は投資に対する収益の見込みが低いためである。前述したとおり、ABC は、本件が CDM プロジェクトとなることによって、投資家の投資に対する関心が高まることを期待している。

炭素クレジット 1 トンあたり 5 ドルで売却したときの本件のプロジェクト IRR を試算してみると、25.0%となる。本件が CDM プロジェクトとして登録され、認証された排出削減量(Certified Emission Reductions: CER)の売却による収益が期待できて初めて、本件に投資対象としての魅力が出てくることがわかる。

⁴¹ Ducroire/Delcredere, <http://www.ondd.be>

費用対効果については、初期投資総額 346 万 3,800 米ドルを本プロジェクトによるクレジット期間 7 年間の排出削減量 CO₂ 換算 279,867 トン（7.1.6 表 22 参照）で除すと、CO₂1 トン当たり約 12.4 米ドルとなる。費用対効果は魅力的なものとは言えず、投資額を見直すなどの検討が必要である。

⁴² Rating country experience, <http://www.trading-safely.com>

7. プロジェクト設計書 (Project Design Document: PDD) の作成

本プロジェクトは15MW以下のプロジェクトであるので、小規模CDMプロジェクトの様式を用いて、PDDを作成した (添付資料1参照)。

PDD の構成は以下のようになっている。

- A. General description of project activity (当該プロジェクトの概要)
- B. Baseline methodology (ベースライン方法論)
- C. Duration of the project activity / Crediting period (プロジェクト活動期間/クレジット期間)
- D. Monitoring methodology (モニタリング方法論)
- E. Calculation of GHG emission reductions by sources (排出源別 GHG 排出削減量の算出)
- F. Environmental impacts (環境負荷)
- G. Stakeholders comments (利害関係者からのコメント)

Annexes (附属文書)

Annex 1: Information on participants in the project activity (プロジェクト参加者の情報)

Annex 2: Information regarding public funding (公的資金の情報)

Appendix (付録)

Appendix: List of community members participated in the public consultation meeting (パブリック・コンサルテーションへの地元コミュニティからの参加者名簿)

上記のうち、A 及び C については本報告書第 4 及び 6 章に述べたので、ここではその他の部分について述べる。

7.1 本プロジェクトのベースライン方法論

6.3 で述べたように、本プロジェクトは発電設備容量 1.5MW のバイオマス発電で、発電された電力の 1 割強を発電所内で使用し、残りはすべて AKR へ売電する。本プロジェクトによる発電はそれまで AKR が所内で行っていたディーゼル発電を代替することとなる。

本プロジェクトのような発電設備容量 15MW 以下の小規模な系統連系の再生可能エネルギー発電事業には、アプローチの手法を簡素化することでコストの削減を図れるように、CDM 理事会で承認された手法を用いることが可能である。これは、「指定された小規模 CDM プロジェクトに関する簡素化されたベースライン及びモニタリング方法論」(Indicative Simplified Baseline and Monitoring Methodologies for Selected Small-scale CDM Project Activity Categories) の「小規模 CDM プロジェクトのための簡素化手続き附属書 B (Appendix B of the simplified modalities and

procedures for small-scale CDM project activities)」⁴³ (以下「小規模 CDM 簡素化手続き」と呼ぶ) に定められている。本プロジェクトの特徴を精査した結果、この手続きのタイプ I.A.「当該電力使用者による発電」のベースライン及びモニタリング方法論が本プロジェクトに適用できる。

一方、籾殻を燃料とするバイオマス発電を実施することにより、それまで野積みで放置されていた籾殻の半分以上を焼却することになる。したがって、本プロジェクトは、野積み放置で腐敗する籾殻から発生するメタンの排出を抑制することが可能である。この削減については、簡素化手続きのタイプ III.E.「メタン排出の抑制」の方法論が適用できる。

7.1.1 プロジェクト境界

本プロジェクトのプロジェクト境界は、次のようになる。AKR のディーゼル発電を代替する部分は、小規模 CDM 簡素化手続きのタイプ I.A.項目 3 の「発電ユニットと発電された電力を使用する設備の物理的、地理的位置がプロジェクトの境界となる」が適用される。また、野積み放置される籾殻から発生するメタンの抑制部分については、同じく小規模 CDM 簡素化手続きタイプ III.E.項目 2 の「プロジェクト境界は、バイオマスの取扱いが行われる場所の物理的、地理的位置である」が適用される。近隣の工場でもディーゼル発電が行なわれているため、境界内に含まれるが、AKR が地域住民へ余剰電力を売電する部分に関しては、現在未電化村落への電力供給の取扱いが小規模 CDM 簡素化手続きにおいて決定されていないので、境界内には含まない。

従って、これを図式化すると図 23 のようになる。

⁴³ 附属書 B は、UNFCCC のホームページから入手可能である。 <http://cdm.unfccc.int/Projects/pac/ssclistmeth.pdf>

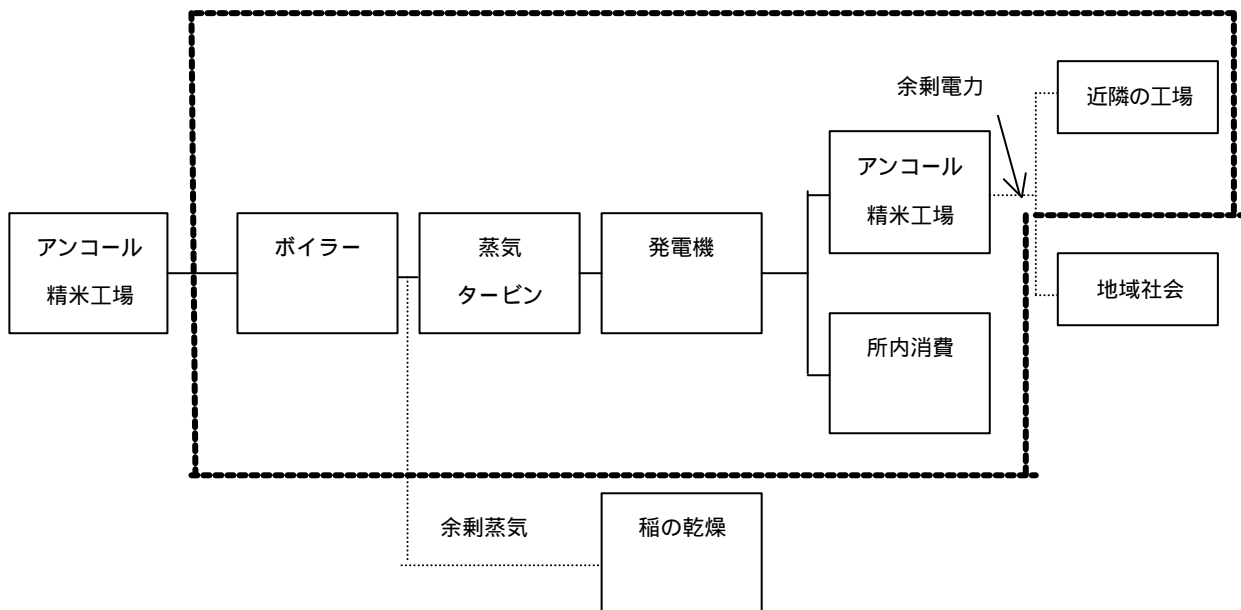


図 24 プロジェクト境界

7.1.2 ベースライン排出量の算定

1) 本プロジェクトが代替する AKR のディーゼル発電による排出量

簡素化手続きタイプ I.A. の項目 4~6 には、このタイプのプロジェクトのベースライン方法論が述べられている。ベースライン排出量の算出にあたっては、二つの選択肢（オプション）が与えられている。オプション 1 は、当該再生可能エネルギープロジェクトからの電力の消費者が、個人や法人など複数存在する場合に使用される公式である。例として、地域健康センター、地方都市の学校などが挙げられる。

これに対し、オプション 2 は、当該プロジェクトが代替するのがごく限られたエリア内のディーゼル発電である場合の公式である。本プロジェクトは AKR の精米工場所内のディーゼル自家発電を代替するものであるため、オプション 2 を用いることとする。

選択した公式は以下の通りである。

$$EB = SiOi / (1 - I)$$

各値は次のように定義される。

E_B = 年間のエネルギー・ベースライン (kWh/年)

S_i = プロジェクトの一環として実施される再生可能エネルギー技術のグループ “i” の総和

O_i = 導入された再生可能エネルギー技術のグループ “i” による再生可能エネルギー技術からの年間予想発電量 (kWh/年)

l = 公共プログラム、あるいは隔離された地域の配電会社によって設置された、ディーゼル油による小規模な系統電源の技術的配電ロスの平均値 (比率で表示)

小規模 CDM 簡素化手続きの附属書 B の項目 6 では、「上記の式で算出されたエネルギー・ベースライン」に、「代替される燃料の CO₂ 排出係数」を乗じてベースライン排出量を求められている。したがって、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) が定めたディーゼル発電装置のデフォルト値である係数 0.9kgCO₂e/kWh を用いることとする⁴⁴。なお、AKR のディーゼル発電プラントは AKR の敷地内にあるので、配電ロス l はゼロとする。

6.3 の表 12 で示したように、本プロジェクトの AKR への売電量は 10,098MWh/年である。よって、ベースライン排出量は、次のように算出される。

$$\begin{array}{rcllclclcl}
 \text{ベースライン} & = & \text{総発電量} & \times & \text{CO}_2 \text{ 排出係数} & \times & \text{MWh 換算} & \times & \text{t 換算} \\
 \text{排出量} & & & & & & & & \\
 \text{tCO}_2/\text{年} & & \text{MWh/年} & & \text{kg CO}_2\text{e/kWh} & & \text{kWh/MWh} & & \text{ton/kg} \\
 \\
 = & 10,098 & \times & 0.9 & \times & 1,000 & \times & 1/1,000 \\
 & \text{MWh/年} & & \text{kgCO}_2\text{e/kWh} & & \text{kWh/MWh} & & \text{ton/kg} \\
 \\
 = & 9,088 & & & & & & & \\
 & \text{tCO}_2/\text{年} & & & & & & &
 \end{array}$$

従って、本プロジェクトにおけるディーゼル発電のベースライン排出量は、9,088tCO₂/年である。

2) 野積みの籾殻から排出されるメタンのベースライン排出量

本プロジェクトのベースライン排出量を構成するもう一つの要素であるメタン排出の抑制に

⁴⁴ 小規模 CDM 簡素化手続きタイプ I.A.項目 6

関するベースライン排出量の算定は、小規模 CDM 簡素化手続きのタイプ III.E.の項目 3 の公式に従って算出する。

$$\text{CH}_4\text{-IPCC}_{\text{decay}} = (\text{MCF} \times \text{DOC} \times \text{DOC}_F \times \text{F} \times 16/12)$$

各値は次のように定義される。

$\text{CH}_4\text{-IPCC}_{\text{decay}}$	プロジェクトが実施される地域のバイオマス腐敗によるIPCCのメタン (CH ₄) 排出係数 (バイオマス1トン当たりのCH ₄ のトン換算量)
MCF	メタン補正係数 (割合、未管理で深さ5メートル未満の浅いごみ捨て場とした場合のIPCCデフォルト値0.4)
DOC	分解性有機体炭素含有率 (割合、IPCCデフォルト値0.3)
DOC _F	埋立地ガスに異化するDOCの割合 (IPCCデフォルト値0.77)
F	埋立地ガスに含有されるCH ₄ の割合 (IPCCデフォルト値0.5)

通常、排出係数は実際の計測に基づいた値、またはあればホスト国が公式に提供する値を用いるのが望ましいとされているが、小規模CDMのガイドラインでは、時間やコストの面を考慮して、IPCCのデフォルト値を用いてよいとしている。

この公式の計算は以下のようになる。

$$\begin{aligned} \text{CH}_4\text{-IPCC}_{\text{decay}} &= \text{MCF} \times \text{DOC} \times \text{DOC}_F \times \text{F} \times 16/12 \\ &= 0.4 \times 0.3 \times 0.77 \times 0.5 \times 16/12 \\ &= 0.0616 \text{ (tCH}_4\text{/ton)} \end{aligned}$$

従って、本プロジェクトのメタン排出係数は、0.0616 (tCH₄/ton) となる。

次に、下記の公式によってメタンのベースライン排出量を求める。

$$\text{BE}_y = \text{Q}_{\text{biomass}} \times \text{CH}_4\text{-IPCC}_{\text{decay}} \times \text{GWP}_{\text{CH}_4}$$

BE_y	バイオマスの腐敗によって発生したメタンのベースライン排出量 (CO ₂ 換算トン)
$\text{Q}_{\text{biomass}}$	プロジェクト活動によって処理されたバイオマスの量 (トン)
$\text{CH}_4\text{-GWP}$	CH ₄ の GWP (地球温暖化係数) (CO ₂ 換算トン/CH ₄ トン)

6.5.2で求めたように、本プロジェクトの籾殻燃料の量は年間 26,136 トンである。したがって、本プロジェクトのメタンのベースライン排出量は以下のように算出され、33,810tCO₂/年となる。

$$\begin{aligned}
 BE_y &= Q_{\text{biomass}} \times \text{CH}_4\text{-IPCC}_{\text{decay}} \times \text{GWP}_{\text{CH}_4} \\
 \text{tCO}_2/\text{年} &= \text{ton}/\text{年} \times \text{t CH}_4/\text{t 籾殻 1 トン} \times \\
 &= 26,136 \times 0.0616 \times 21 \\
 &= 33,810 \text{ tCO}_2/\text{年}
 \end{aligned}$$

3) 本プロジェクトのベースライン排出量

本プロジェクトのベースライン排出量を、次のように求める。

$$\begin{array}{rcccl}
 9,088 & & 33,810 & & 42,898 \\
 \text{tCO}_2/\text{年} & + & \text{tCO}_2/\text{年} & = & \text{tCO}_2/\text{年} \\
 \text{ディーゼル発電の} & & \text{メタン回避の} & & \text{ベースライン合計} \\
 \text{ベースライン} & & \text{ベースライン} & & \\
 \end{array}$$

従って、本プロジェクトのベースライン排出量は、42,898t CO₂/年である。

7.1.3 プロジェクト排出量

IPCC の 1996 Revised IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual の第 3 巻によれば、バイオマス発電においては、「バイオマス燃料がその生長過程で吸収した CO₂」が「燃焼により排出される CO₂」と同量であるとみなし、これをカーボン・ニュートラルと呼んでいる。したがって、本プロジェクトによるバイオマス燃料の燃焼からの CO₂ の排出はない。しかしながら、「小規模 CDM 簡素化手続きのタイプ III.E. メタン排出の抑制のモニタリング項目 5」では、バイオマス燃料の燃焼により発生するメタン及び亜酸化窒素 (N₂O) の排出量を、以下の公式によって算出するよう義務付けている。

$$PE_y = Q_{\text{biomass}} \times E_{\text{biomas}} (\text{CH}_4\text{bio_comb} \times \text{CH}_4\text{-GWP} + \text{N}_2\text{Obio_comb} \times \text{N}_2\text{O-GWP}) \div 10^6$$

各値の定義は以下の通りである。

PE _y	プロジェクト排出量 (CO ₂ 換算キロトン)
Q _{biomass}	プロジェクト活動によって処理されたバイオマス量 (トン)
E _{biomass}	バイオマスのエネルギー含量 (TJ/トン)
CH ₄ bio_comb	バイオマス及び廃棄物 (糞、農業廃棄物、一般及び産業廃棄物を含む) の燃焼に対する CH ₄ 排出係数 (CH ₄ キロ/TJ、デフォルト値 300)

CH ₄ _GWP	CH ₄ の GWP (CO ₂ 換算トン/ CH ₄ トン)
N ₂ O _{bio_comb}	バイオマス及び廃棄物 (糞、農業廃棄物、一般及び産業廃棄物を含む) の燃焼に対する N ₂ O 排出係数 (キロ/TJ、デフォルト値 4)
N ₂ O_GWP	N ₂ O の GWP (CO ₂ 換算トン/ N ₂ O トン)

この公式により、本プロジェクトのプロジェクト排出量を計算する。

$$\begin{array}{cccccc}
 26,136 & \times & 0.014800 & \times & [300 \times 21 & + & 4 \times 310] & \div & 1,000 \\
 \text{t/年} & & \text{TJ/ton} & & \text{kgCH}_4/\text{TJ} \times & & \text{kgN}_2\text{O}/\text{TJ} \times & & \text{kg/ton} \\
 & & & & \text{tCO}_2/\text{tCH}_4 & & \text{tCO}_2/\text{tN}_2\text{O} & & \\
 \\
 = & & 2,917 & & & & & & \\
 & & \text{tCO}_2/\text{年} & & & & & &
 \end{array}$$

従って、本プロジェクトからのプロジェクト排出量は、2,917tCO₂/年となる。

小規模 CDM 簡素化手続きタイプ III.E.項目 6 では、プロジェクト排出量が CO₂ 換算で 15 キロトン以下でなければならないと規定されているが、本プロジェクトからの排出はそれをはるかに下回るので同手続きが適用できる。なお、同手続きは、プロジェクト排出がこの 15 キロトンという上限をクレジット期間中に超えることのないよう、モニタリングを義務付けている。

7.1.4 リークージ

小規模 CDM 簡素化手続き附属書 B の最初の部分である指針の概略 (General Guidance) の項目 8 では、「バイオマス事業では、リークージを考慮すること」とされている。同手続きのタイプごとの指針に沿って、本プロジェクトのリークージについて分析する。

1) AKR のディーゼル発電代替に関わるリークージ

小規模 CDM 簡素化手続きタイプ I.A. では、リークージについて以下のように記載されている。

「当該エネルギー効率化事業が他所から移転された設備を使用したり、或いは既存の設備を他所へ移転した場合には、リークージを考慮すること。」

本プロジェクトはこれまでカンボジアでは使用されたことのない新規の技術を導入して事業を行うものであり、また、6.5.3 で示したように、発電燃料となる粕殻は十分に入手可能である。

しかしながら、これまで AKR が余剰籾殻を近隣のレンガ工場に焼成用燃料として供給してきた部分に関するリーケージの可能性の有無は明確にする必要がある。本調査では、プロジェクトによる籾殻の利用がレンガ工場の化石燃料への転換につながらないかどうかを調査した。表 18 は 2002 年及び 2003 年に当該レンガ工場へ売却された籾殻の量を示したものである。

表 18 AKR の近郊におけるレンガ製造の籾殻需要

年度	AKR で生産される籾殻の潜在的生産量合計 (単位：トン)	レンガ工場に販売された籾殻の合計 (単位：トン)	レンガ工場に販売された籾殻の割合
2002	15,840	481.83	3.04%
2003	15,840	530.15	3.34%

表 18 から、レンガ工場からの籾殻の需要は AKR の全籾殻生産量の 4%未滿と、きわめて限定的であることが分かる。

一方、1 時間あたり 20 トンの精米ラインを増設した場合の籾殻需要予測は、表 19 のとおりである。

表 19 2005 年以降 AKR で見込まれている籾殻需要

項目	量 (単位：トン)	条件
籾殻の生産量合計	47,520	1 時間 6 トンの籾殻製造を 7,920 時間運転
発電に利用される籾殻の量	26,136	ボイラー運転に必要な籾殻が 1 時間に 3.3 トンで、運転時間は 7,920 時間
レンガ工場に販売される籾殻の量	1,000	過去の販売実績に基づき、保守的に想定
差引	20,384	-

表 19 にあるように、2005 年以降、また、本プロジェクトが実施されてからも、籾殻の量にはかなり余裕がある見通しである。また、AKR と同じ地域にある他の精米所からも、籾殻の供給が可能である。表 20 に AKR の近隣にある主な精米所の精米能力をまとめた。

表 20 アンコール精米工場の近隣にある精米所

名称	場所	平均精米能力	籾殻生産量の予想
Thnol Tortoeung	Road No 4	1時間あたり 17 トン	1時間あたり 3.4トン
Srok Ang Sngvol	Khum Peuk	1時間あたり 27 トン	1時間あたり 5.4 トン
Pochengzong	Chom Chau	1時間あたり 17 トン	1時間あたり 3.4 トン

以上のことから、仮に AKR の籾殻量が不足したとしても、レンガ工場が焼成燃料用の籾殻不足に陥ることはないと考えられる。これに加えて、カンボジアでは籾殻の発電燃料としての需要がまったくない。また、本プロジェクトは籾殻を燃料とする事業としては同国初の試みである。したがって、本プロジェクトが炭素濃度の高い燃料への転換を招いたり、現存あるいは計画されている籾殻プラントを代替することにはつながらないとみられる。よって本プロジェクトによるリーケージの発生はない。

2) メタン排出の抑制に関わるリーケージ

小規模 CDM 簡素化手続きタイプ III.E の項目 4 において、メタン排出の抑制に関わるリーケージの算出は要求されていない。

7.1.5 本プロジェクトの追加性

本プロジェクトが実施された場合と実施されなかった場合とを比較した後、本プロジェクトがベースライン・シナリオとはならない理由、すなわち、追加性を分析する。

まず、籾殻の処分方法について、本プロジェクト以外に AKR にはどのような選択肢があり、それぞれどのようなシナリオが描けるのかを分析する。

シナリオ 1: 籾殻を山積み野に野外投棄して、腐敗するがままに放置する。

カンボジアにおける籾殻の処分方法としては、自然分解するまで屋外に放置するのが一般的であり、AKR は現在この方法を採用している。また、同工場の周辺には処分場所として利用可能で、誰にも占有されていない広大な土地がある。同国には現時点において、この処分方法に対する国レベル、或いは地域レベルでの要件や規制といったものが存在しない。また、本プロジェクトのクレジット期間中に新たに規制が設けられ、AKR が現在の処分方法の変更を余儀なくされるという事態は想定されない。

シナリオ 2: 籾殻を野外焼却する。

概念上は可能といえるが、実際に野外焼却が実施される可能性は低い。焼却による籾殻処分は、カンボジアにおいて一般的な手段ではない。その理由は、地域住民に著しい健康被害を及ぼす事態、すなわち有毒物質及び粒子状物質の排出、煙害、火災の危険などが懸念されるためである。また、このような懸念を軽減する焼却設備を設けるには多大なコストがかかる。そのため、特に処分に対する規制がない限り、そのような設備を整えるインセンティブはない。

シナリオ 3: 本プロジェクトを CDM 化せずに実施する。

カンボジアは、本プロジェクトのような籾殻の有効利用を促進するような状況にはない。また、本プロジェクトはカンボジア初のバイオマスプロジェクトであるため、技術的なリスクも多い。したがって、CDM 化なくしては、本プロジェクトの実施はきわめて困難である。

シナリオ 1~3 では、シナリオ 2 が現実となる可能性は極めて低いと言わざるを得ない。よって、シナリオ 1 がベースラインになると考えられる。

シナリオ 1 のベースラインに対するものとして考えられるのが、シナリオ 3 である。

シナリオ 3、すなわち本プロジェクトが、カンボジアでは籾殻を野外に放置して処分するのが一般的であること及び技術的リスクの問題により実現できない理由を説明し、CDM 化の必要性を主張できることが、本プロジェクトの追加性の証明につながる。追加性の分析にあたっては、小規模 CDM 簡素化手続きの附属書 B、添付資料 A に、追加性の根拠が規定されている。表 21 の 4 つのバリア（障害）のうちの少なくとも 1 つが存在するがために、本プロジェクトが実施されないということを述べなければならない。

表 21 4種のバリア

投資上のバリア	当該プロジェクトよりも資金的により実施しやすいプロジェクトによって、より多くの温室効果ガスが排出される。
技術上のバリア	当該プロジェクトに適用しようとする新技術の成果が不確実であったり、その市場シェアが低いために、当該プロジェクトよりも低レベルの技術の方が選択され、結果としてより多くの温室効果ガスが排出される。
一般的な習慣に起因するバリア	ホスト国の現行の法規制や慣行により、より排出量の多いプロジェクトが実施される。
その他のバリア	当該プロジェクト参加者により、その他の理由（制度的バリア、情報不足、管理職の人的資源の問題、資金源の問題、新技術習得の問題、組織的能力の問題）が確認されるために本プロジェクトが実施されず、より多くの温室効果ガスが排出される。

（出典：小規模 CDM 簡素化手続き附属書 B、添付資料 A より弊社作成）

本プロジェクトについては、「一般的な習慣に起因するバリア」と「技術上のバリア」が考えられる。

1) 一般的な習慣に起因するバリア

現在、籾殻の管理に関する規制は存在せず、本プロジェクトのクレジット期間中に新たな規制が導入され、アンコール精米工場が籾殻管理法の転換を迫られることは考えにくい。また、籾殻の処分方法に関する標準的技術もないため、籾殻が自然分解するまで野外に放置するのがカンボジアにおける一般的な処分方法である。従って、炭素クレジットというインセンティブ無くしては、AKR がこの処分法を続けるであろうことは明らかである。

2) 技術上のバリア

本プロジェクトは、バイオマス燃焼による発電技術を採用するカンボジアで初めてのケースである。発電を目的とした籾殻燃焼に関する技術は、すでに他国で実施された事業により証明されているが、籾殻の持つ特殊な性質上、カンボジアに同技術が導入された際に不測の事態が発生しないという保証はない。籾殻はミネラル分が豊富で、かつその組成上、燃焼温度が適切に管理されない場合はスラグを生成する傾向にある。このような事態に備え、地元の従業員は適切な燃焼温度を確実に管理できるよう、広範囲にわたるトレーニングを受けなければならない。トレーニング内容には灰の処分や、発電プラントの適正運転に関するその他の事項もカバーされるべきである。さらに、発電プラントがダメージを受けた場合、カンボジア国内で予備部品を迅速に調達するのは不可能であるとされている。

このように、1) 一般的な習慣に起因するバリア、及び 2) の技術上のバリアに直面しているため、通常の事業過程において本プロジェクトを実施することは困難である。したがって、本プロジェクトはベースラインシナリオに対して追加的であると言える。

7.1.6 プロジェクト効果

本項では、本プロジェクト実施により予想される効果について述べる。

1) ディーゼル発電の代替による排出削減量

本プロジェクトがディーゼル発電からの電力を代替することによる排出削減量は、AKR への売電量にディーゼル発電の二酸化炭素排出係数を乗じたものに等しい。したがって、本プロジェクトによるディーゼル発電代替分の排出削減量は、7.1.2 の 1) で求めた AKR のディーゼル発電のベースライン排出量と同値の、9,088tCO₂/年である。

2) メタン排出の抑制による排出削減量

野外に放置されて腐敗し、メタン発生元となる粕殻を発電利用することで、本プロジェクトが削減できるメタンの量を算出する。1 年間に粕殻発電に使用する粕殻の量 26,136 トンに、7.1.2 の 2) で求めたメタンの排出係数を乗じて CO₂ 換算したものが、本プロジェクトによるメタンの排出抑制に関する排出削減量であり、33,810tCO₂/年となる。

3) 本プロジェクトによる排出削減量合計

本プロジェクトによる排出削減量の合計は以下のように算出する。

$$\begin{array}{rcl} 9,088\text{tCO}_2/\text{年} & + & 33,810\text{tCO}_2/\text{年} & - & 2,917\text{tCO}_2/\text{年} \\ \text{AKR のディーゼル発電} & & \text{メタン排出の抑制に関} & & \text{プロジェクト排出量} \\ \text{に関する排出削減量} & & \text{する排出削減量} & & \\ \\ = & & 39,981\text{tCO}_2/\text{年} & & \\ & & \text{本プロジェクトによる総排出削減量} & & \end{array}$$

最初のクレジット期間 7 年間における本プロジェクトによる排出削減量を表 22 にまとめた。7 年間の排出削減量の合計は、279,867tCO₂/年となる見込みである。

表 22 本プロジェクトのベースライン排出量及び排出削減量

年度	ベースライン排出量		プロジェクト排出量	排出削減量
	ディーゼル発電による CO ₂ 排出量 (CO ₂ トン)	野積み投棄された 籾殻からの CH ₄ 排出量 (CO ₂ 換算トン)	発電のために利用された 籾殻からの CH ₄ 及び N ₂ O 排出量 (CO ₂ 換算トン)	排出削減量 (CO ₂ 換算トン)
2007	9,088	33,810	2,917	39,981
2008	9,088	33,810	2,917	39,981
2009	9,088	33,810	2,917	39,981
2010	9,088	33,810	2,917	39,981
2011	9,088	33,810	2,917	39,981
2012	9,088	33,810	2,917	39,981
2013	9,088	33,810	2,917	39,981
合計	63,616	236,670	20,419	279,867

4) その他の効果

本プロジェクトにより、腐敗してメタンを発生する籾殻量が減量されるため、悪臭などの悪影響の軽減につながると言える。

8. 本プロジェクトのモニタリング計画

小規模 CDM 簡素化手続き附属書 B にしたがってモニタリング方法を決定する。

1) タイプ I.A (AKR のディーゼル発電代替分) のモニタリング計画

タイプ I.A. 項目 8 には、次のように定められている。

「モニタリングは次の何れかの方法で行う。

- a) 当該設備が稼働し続けているかどうかを、すべての設備または設備のサンプルを毎年チェックすることにより確認する。(設備機器のレンタルまたはリース料の支払を示すような設備稼働の証拠書類での代用も可)
- b) サンプルとする設備または設備全体からの発電量を計測する。」

2) タイプ III.E. (メタン排出の抑制) のモニタリング計画

タイプ III.E. の項目 5 には、リーケージの管理に関連して、発電で消費されたバイオマス燃料の量をモニタリングし、燃料の燃焼によって排出された CH_4 及び N_2O の量を IPCC の公式(7.1.3 参照)によって算出することとしている。しかしながら、7.1.4 で分析したように、レンガ工場の化石燃料へのエネルギー転換または既存または計画中の他の籾殻発電設備を本プロジェクトが代替することは考えられない。さらに、本プロジェクト以外からの籾殻需要は限定的であり、その状況は将来的にも変化しないと見込まれる。したがって、タイプ III.E. の項目 6 に規定されている、「プロジェクト排出量は CO_2 換算で 15 キロトン以下でなければならない」という上限を超えることは無いとみて、リーケージの可能性をモニタリングする必要はないと考える。

また、AKR が余剰電力を地域社会に売電する場合、売却された電力量を生産された電力量から差し引いて GHG 排出削減量を計算する。

以上を踏まえ、本プロジェクトでモニタリングすべき項目を表 23 に示す。

表 23 モニタリング対象となるデータ

ID ナンバー	データ タイプ	与件変数	データ 単位	計測 (m)、 計算 (c)、 推測 (e)	記録の 頻度	モニターされる データの割合	データの 保管方法 (電子/紙)	記録データの 保存期間	コメント
D.3-1	数量	発電量	MWh	m	毎月 (総計)	100%	電子	最後の CER 発行から 最短でも 2 年間	PDD の A3 で示した通り、ABC はアンコール精米工場とは別の、独立した株式保有構造を持つ。電力の生産記録は ABC に保管され、毎年行われる財務監査の対象となる。
D.3-2	数量	燃烧した 籾殻量	トン	m	毎月 (総計)	100%	電子	最後の CER 発行から 最短でも 2 年間	計量機能がある流量計にて測定される。流量計は精米工場から ABC まで籾殻を運搬するコンベアに設置される。
D.3-3	数量	取り扱われる バイオマスのエネルギー含有量	TJ/トン	m	毎年	100%	電子	最後の CER 発行から 最短でも 2 年間	独立系の第三者によって測量される。

注) 発電量は、メーターを設置して計測する。

籾殻の量は、フロー・メーターにより自動計測する予定である。

3) モニタリングの品質管理

ABC の取締役会及び出資者により、AKR への売電収入及びその基礎となる発電量がチェックされる。また、監査法人及び保険会社による審査も行なわれ、客観性が保たれるよう留意する。

9 環境影響評価

本プロジェクトのような発電規模すなわち 5MW 未満の発電事業は、カンボジアの環境影響評価 (Environmental Impact Assessment: EIA) の実施対象とはならない。本プロジェクトによって環境に悪影響が及ぶことはないと考え。しかしながら、ABC の発電プラントで留意すべき点を挙げるとすれば以下ようになる。対策と共に表 24 に示す。

表 24 環境影響に関する留意事項

留意点	対策など
低密度の籾殻を燃焼させること及び燃焼ガスに含まれる粒子状物質に対する懸念	燃焼管理の自動化及び湿式集塵装置により、排気塔から排出される粒子状物質を軽減する。
SO ₂ 及び NO _x の排出	SO ₂ の排出量は極僅かである。NO _x の排出については、MIME が推奨する現行排出基準内に収める見通しである。排出のモニタリングについては、MIME との協議によって決定する。
汚水処理	汚水は施設内で十分処理された後に天然池または小さな水路に排出される。排水については、社内操業チームによって定期検査を実施する。

表 24 のような対策を施すことにより、留意事項はしっかりと管理される。したがって、本プロジェクトによる環境への負荷は殆どないと考え。

10 ステークホルダーからのコメント

プロジェクト実施地域の住民などの利害関係者に対する公聴会の実施、コメントの収集、対応策の内容などは、PDD の要件とされている。当該プロジェクトに対してホスト国の EIA が実施され、その中で公聴会が開催されれば、その内容を記載する。また、EIA の対象にならなくても、自発的に公聴会を開催し、結果を PDD に述べなければならぬ。9 の環境影響評価の項で述べた通り、本プロジェクトはカンボジアの EIA の対象とはならないが、本プロジェクト実施者は公聴会を開催し、その内容は PDD に盛り込まれた。

本プロジェクトの実施者である ABC は、公聴会実施に向けてカンボジアの環境省 (MoE) MIMÉ、その他の関係機関と度々協議を重ねて準備をすすめた。公聴会には、AKR、同社が所在するアンスヌール村、及び同村を含むいくつかの村を抱える Perk Commune の住民などが参加した。

10.1 ヒアリング実施スケジュール

参加者名及び所属については、添付資料 2 を参照。

実施日：	2004 年 9 月 18 日
実施場所：	AKR 精米工場のオフィス
参加者数：	22 名
参加者概要：	Perk Commune の長 アンスヌール村村長とその住民 AKR 従業員

10.2 公聴会実施内容及び結果

1) 住民への説明

ABC は、本プロジェクトについて以下のような説明を行った。

- プロジェクトの主要目的が、バイオマスを活用した発電であること
- 籾殻燃焼の熱を利用して蒸気を発生させ、かつ発電機を運転する過程のメカニズム
- GHG 排出量削減に本プロジェクトがどのように貢献するか
- アンスヌール村を含む近隣の村々で、生産された電力がどのように利用可能になるか (現在、これらの村々には配電システムがない。PDD の A.2.3.2 で述べられている)

ように、AKR と ABC は小規模の余剰電力を比較的安い料金で近隣の村々に供給することを合同で検討している)

- 装置の安全性及び十分に経験を積んだチームが機械の管理、運転を担当すること
- 微粒子排出の管理がいかに徹底されるのか

2) 住民からのコメント概要

出席者全員から本プロジェクトへの支持の表明があり、否定的な反応はなかった。AKR が本プロジェクトから買電したうちの余剰電力を低料金で安定的に地元へ供給することを検討しているため、公聴会参加者はすぐにでも本プロジェクトが始動することを希望している。また参加者は、本プロジェクトには環境的・経済的な恩恵が期待でき、近隣住民の生活の質を向上させるものであるとの認識を示した。

11 仮の有効化審査（バリデーション）

本プロジェクトの仮の有効化審査は、ノルウェーの指定運営機関(Designated Operational Entity: DOE)である Det Norske Veritas Certification (DNV) に依頼した。

仮の有効化審査について、本件では以下の までが終了している。括弧内は、本案件で各項目を実施した日付である。

PDD のドラフト版を DOE へ提出 (2005 年 1 月 17 日)

DOE よりデスク・レビューの結果である Customized Protocol を受領 (同年 1 月 31 日)

現地審査 (同年 2 月 2 ~ 3 日)

現地審査を基にしたフィードバックを DOE から受領 (同年 2 月 3 日)

に基づいて PDD の改訂版を DOE へ提出 (同年 2 月 7 日)

予備有効化審査報告書 (Preliminary Validation Report) を DOE より受領 (未了)

DOE により PDD がパブリックコメントにかけられる (未了)

11.1 審査を依頼した DOE

ノルウェーを本拠地とする DNV は、UNFCCC より DOE として最初に認可された企業である。認可は部門別に与えられるが、DNV は、全 15 部門のうちの 11 部門について有効化審査の実施を認められている⁴⁵。

11.2 PDD の提出から現地審査まで

1) 予備審査

PDD の提出を受け、DNV はまず書類上の審査 (デスク・レビュー) を行う。その結果は、Validation Protocol として、基本的には現地審査の前に PDD 作成者に伝えられる。デスク・レビューの内容は概ね次の 3 つに分かれている。

a) 小規模 CDM プロジェクトとしての要件

京都議定書第 12 条に定められた CDM プロジェクトとしての要件を本プロジェクトが満たし、なおかつ同条第 2 項に定める小規模 CDM プロジェクト活動のための簡素

⁴⁵ UNFCCC ウェブサイト <http://cdm.unfccc.int/DOE/list>

化手続きを遵守しているかどうかの審査結果。具体的には以下の点が是正措置要 (Corrective Action Required: CAR) または確認要 (Clarification Requests: CL) とされた。

本プロジェクトによるホスト国の持続可能な発展への貢献に関するホスト国側の確認 (CL)

ホスト国及び投資国による承認 (CAR)

CER の分配に関する CDM 理事会との連絡 (CAR)

追加性の立証 (CL)

参加する附属書 I 国に、京都議定書に則った GHG 排出量の見積もり及び国家登録簿のための国家的システムがあるか (CAR)

ステークホルダー・コメントの収集及び対応について (CL)

ホスト国による EIA の必要性 (CL)

PDD のパブリック・コメントの実施 (CAR)

以上 8 点のうち、及びについては、DNV も現地審査後に実施されるものとして認識しており、現地における質問事項からは除外された。は、日本は国家登録簿を検討中だがまだシステムとして設置されていないと説明し了解を得た (その後 2005 年 2 月 16 日に経済産業省及び環境省が運用を開始)。また、は PDD のセクション G において 2004 年 9 月 18 日にステークホルダーのための公聴会を実施し、本プロジェクトに対して好意的な反応を得ているので、これも現地調査は不要となった。は有効化審査後に行われるので、現地審査には影響しない。、については現地審査によって確認する。

b) PDD の各項目の要件

PDD の目次立てに沿って、提出された PDD が各項目の要件を満たしているかの審査結果である。カンボジアの再生可能エネルギー利用促進政策の確認、及び PDD の細目についての質問がまとめられている。詳細は「11.3 現地審査後の DOE とのやり取りと PDD の改訂」を参照。

c) 是正措置及び確認を要する事項

上記 a) 及び b) で確認を要するとされた項目のみをまとめたもの。a) で除外されたもの以外の項目で、現地にて明確化する必要があるとされたものである。

2) 現地審査

予備審査の結果を基に、DNV の検査官 1 名に弊社から 2 名が立ち会い、現地で仮の有効化審

査が行われた。2005年2月2日にカンボジア環境省（MoE）、2月3日にカンボジア鉱工業エネルギー省（MIME）及びアンコール・バイオ・コージェン社（ABC）を訪問した。

a) MoE

DNVからMoEへの質問は、11.2の1)のa)で述べたうちの、すなわち主にカンボジアの持続可能な発展に関する基準と本プロジェクトとの整合性、同国としてCDM案件の承認条件にAnnex I国からの参加が必要か否か、及びb)に関連した靱殻の一般的な処理方法についてであった。これに対し、MoEのカンボジア気候変動室(CCCO)の長であるDr. Thyを始めとする3名の方々から、本プロジェクトはカンボジアの持続可能な発展基準に適合すると考えられること、案件承認にはCERのバイヤーの有無などでなく、同国の持続可能な発展に関する基準を満たすかどうかのみを重要視していること、また、同国では靱殻処理に関する規制はなく、地域によって燃料に使われたり、屋外に放置されたりしている旨の説明があった。

b) MIME

MIMEに対しては、PDDのセクションB.ベースライン方法論などに係る再生可能エネルギー促進制度の有無などの他、発電・買電に関するライセンス取得の必要性、及びMIMEとしてCDMプロジェクトに求めるもの等がDNVから質問された。これには、MIMEの再生可能エネルギー室室長であるThok Sovanna氏が次のように回答した。現状、太陽光と小規模水力発電以外に促進策はなくバイオマス発電は対象にならないこと、ライセンスは売電のみカンボジア電力庁(Electricity Authority of Cambodia: EAC)から取得が必要であること、CDMプロジェクトに求めるのは、MoE同様、カンボジアの持続可能な発展に貢献するかどうかという点のみであることなどの説明を受けた。

c) ABC

ABCに対するDNVの質問では、プロジェクト境界及びモニタリングに係る質問が主であった。発電プラントの購入先、靱殻の量及びその熱量の計測方法、管理・責任体制、モニタリングに使用する機器と品質管理などである。ABCからはマネージング・ディレクターであるAdisorn Chieu氏が次のように回答した。発電設備の購入先は現在検討中であること、管理・責任体制については、Chieu氏が統括責任者となることが明らかにされた。モニタリングに関する部分については、本報告書の第8章及び表23の注釈を参照されたい。

11.3 現地審査後の DOE との確認作業及び PDD の改訂

現地での関係者訪問が終了した後、その時点での感想として、日本への帰国前に DNV 検査官から疑問点はすべてクリアになったとの発言があり、概ねよい反応であった。

帰国後は、現地審査を参考にした DNV による精査の結果、DNV から指摘があり、必要な部分は PDD を改訂し再提出した。主な論点を表 25 に示す。なお、添付資料 1 に示した PDD は、この結果を反映したものである。表 25 の「提出した PDD」の項の、最初のアルファベットと数字は PDD 上の該当セクションを示す。

表 25 PDD の内容に係る DNV の指摘及びその対応

	提出した PDD	DNV からの指摘	弊社対応
1	B.3.1 プロジェクト寿命 20 年で算出した IRR が、25% の目標に満たないという投資バリアの主張	材木屑やバガスなどのバイオマス利用の CDM では、通常プロジェクト寿命を 25~30 年とすることが一般的。既に技術的バリアは十分な内容であり、投資バリアよりも一般的な習慣に起因するバリアの主張の方が可能であるので、追加性の証明に投資バリアは不要と考える。	投資バリアの主張を削除し、既に記載済みの「技術的バリア」と共に「一般的な習慣に起因するバリア」を主張。
2	A.2 本プロジェクトからの電力のうち、余剰分は近隣の工場及び地元村落へ売却の可能性がある。	AKR と近隣工場は共にディーゼル発電であるため、どちらも小規模 CDM 簡素化手続きタイプ I.A とできるが、未電化村落への電力供給についてのタイプは設定されていないため、その扱いをはっきりさせる必要がある。熱の供給についても明解にすべき。	余剰電力の扱いについて明記し、本プロジェクトからの電力はすべて ABC から AKR へ売却されるため、AKR から地域社会への給電はプロジェクト境界内に含まないこととする。熱の供給については A.4.2.2 に記述済みである。
3	D.3 AKR から地域社会への余剰電力の売却は、プロジェクト境界には含まず。	現状、地域社会への売電は未定であるため、プロジェクト境界外でよいが、売電が決定した場合はベースライン（境界内）に含まれる。	売電決定の場合は境界内に含まれるが、売電量はごく僅かに留まる見込みであることと、プロジェクト効果をより保守的に見積もるために、この売電が生じた場合は本プロジェクトの GHG 削減量から差し引くこととする。
4	A.3 ABC は AKR から独立した株式保有構造を持つ。	ABC は AKR から独立しており、電力の売買取引は通常の取引計器によって客観的に行われることを明記すべき。	モニタリング項目の表 D.3-1 にその旨を明記した。



2005年2月 現地調査時のスナップ（AKR 前にて、ABC 責任者と DNV 検査官と共に）

12. 案件の全体評価

12.1 カンボジアのエネルギー政策との整合性

カンボジアの電力価格は他の東南アジア諸国と比較しても非常に高い。カンボジア政府は、代替エネルギー源としての再生可能エネルギーに強い関心を示している。太陽光、風力、水力による発電は供給が不安定であるのに対して、バイオマス発電では安定供給が可能であるため、バイオマス発電への期待を高めている。一方、カンボジア政府はバイオマス発電の潜在性に対する調査及びプロジェクトの実施を奨励する政策を掲げているが、現在のところ再生可能エネルギーの促進に対する具体的な優遇政策を打ち出すまでには至っていない。

第1回及び第2回現地調査をとおしてカンボジアのエネルギー政策を策定する鉱工業エネルギー省（MIME）の再生可能エネルギー室室長の Toch Sovanna 氏にインタビューを行い、カンボジアにおけるバイオマス発電の可能性と本件に対する MIME の見解を訊ねた。Sovanna 氏によれば、カンボジアにおいて農業は最も重要な産業であり、農業廃棄物をエネルギーとして利用する潜在的な可能性は非常に高い。また、籾殻の他に木材チップ及びバガスのバイオマスがエネルギー活用できるとのことであった。Sovanna 氏は、「本件はカンボジアで初めてのバイオマス発電事業であり、多いに期待している」と表明した。

12.2 カンボジアの持続可能な開発基準との整合性

カンボジア政府は 2004 年 12 月に CDM プロジェクトに関する「持続可能な開発」の審査基準を発表した。以下の 4 つの審査基準を挙げている。

1. 環境保護とその改善
2. 収入と生活の質の改善
3. 技術移転
4. 経済的利益

本件は放置されたままであろう廃棄物を再生可能エネルギーとして活用し、温室効果ガスの削減につなげるという点で第1の基準を満たしている。大気汚染の軽減及び持続可能な土地利用という点において本件がもたらす貢献は大きい。一方、検討の結果、本件がもたらす環境への悪影響に関しては、ほぼないと言ってよい。（詳細に関しては PDD のセクション F を参照）

AKR は ABC から買い上げた電力のうち精米所で使用しない余剰分の電力を比較的安い料金で近隣のアンスヌール村に供給する事を検討している。現在までアンスヌール村に配電システムは接続されていない。このため村人は照明燃料として灯油を、調理燃料として木屑を利用している。このように本件は、近隣住民の生活の質改善につながるという点で第 2 の基準を満たしている。また、ABC は 2004 年 9 月に地元住民を招待して公聴会を実施しており、出席者全員がプロジェクトに賛同した。

本件の技術は欧州または日本から提供される予定で、カンボジアへの技術移転につながるという点で第 3 の基準を満たしている。本技術は他の東南アジア諸国においては導入されているものの、カンボジアで採用されるのは今回が初めてとなる。最終的に現地のエンジニアが単独でプラントを運転できるようになるための訓練プログラムを実施する予定であり、ノウハウの移転にもつながる。

本件がもたらす経済的利益は大きい。本件の実施はディーゼル油の使用を代替し、輸入石油に対する依存度の軽減に貢献する。よって、第 4 の基準を満たしている。

以上のとおり、本件はカンボジアの 4 つの持続可能な開発基準を満たしていると考えられるが、この点に関して、第 1 回及び第 2 回現地調査の際にカンボジアの CDM 案件の政府承認審査を行う環境省 (MoE) の気候変動室室長の Thy 氏に MoE の見解を訊ねた。Thy 氏によれば、本件は大変良いプロジェクトであるという感想をもっており、大筋において本件は持続可能な開発基準を満たしていると考えたとのことであった。現在、カンボジアにおいては CDM の潜在的な可能性は大きいもののプロジェクトの発掘は進んでおらず、MoE 自身も本件を通してバイオマス利用による発電事業の CDM 化とその可能性を学びたいとのことであった。

12.3 プロジェクトの現地状況

AKR は、現在、排出されている籾殻を野外に放置している。自然分解するまで放置する処理方法はカンボジアでごく一般的であり、AKR の精米所もこの方法を採用している。同工場は広大な空き地に囲まれており、処分場所として利用することができる。カンボジアでは現時点において、この処分方法に対する規制は存在しない。本件が実施されなければ、この処理方法が継続されると考えられ、規制の面からの問題はないものの、近隣住民の健康問題も含めた環境面での問題点が残る。

2006 年以降には本精米所の米の生産高は現在の 3 倍になる予定である。これに伴い排出され

る籾殻の量も大幅に増えるが、現在においてもすでに多くの籾殻が山積みされており、本件が実施されなかった時の近隣の環境への影響は計り知れない。本件の実施は、籾殻を山積みするという状況の改善に大きく貢献する。

12.4 本プロジェクトへの期待

カンボジアにおいて CDM に関するキャパシティ・ビルディングのプログラムが実施され、国内において高まりを見せている一方、アジアの CDM 案件への期待により、アジア諸国において CDM 事業推進のため炭素クレジットの買い手向けにアピールするためのイベントも開催されている。調査実施中にカンボジア政府に推薦され、本案件の事業者がプレゼンテーションを依頼されたり、また、カンボジア政府が他国でのプレゼンテーションに本案件をケース・スタディに取り上げるなど（表 26 参照）本案件に対する高い評価が伺える。

表 26 本案件の紹介された CDM に関する会議一覧

日時	場所	会議	発表者
2004 年 10 月 28 日	マニラ	CDM Investor Forum in the Asia Region	Mr. Sum Thy, Chief, Climate Change Office, Ministry of Environment, Cambodia
2004 年 10 月 28 日	マニラ	CDM Investor Forum in the Asia Region	Mr. Adisorn Chieu, Managing Director, Angkor Bio Cogen Co., Ltd.(ABC)
2005 年 2 月 4 日	プノンペン	IGES workshop	Mr. Adisorn Chieu, Managing Director, Angkor Bio Cogen Co., Ltd.(ABC)

12.5 普及可能性

3.1.2 で述べたように、カンボジアにおいては灌漑設備が未整備のため、気候に恵まれているにも係わらず米の栽培は一毛作が主流である。一方、カンボジア国土の実に 9.7% が米の栽培を目的とした土地で占められている。また、3.3.3.4 にあるように、耕作地のうちで米の栽培を行っている面積の割合は約 90% に及んでいる。このため、カンボジアにはバイオマス燃料として利用可能な籾殻が豊富であるが、現在はその殆どが廃棄物扱いであり、有効な利用方法の開発は大きな課題である。

本プロジェクトが実施されれば、カンボジア初の籾殻を利用したバイオマス事業となり、籾殻の有効利用に新しい道を拓くことになる。カンボジア全土において本件のような籾殻発電案件の普及可能性を正確に把握するにはさらなる調査が必要であるが、本プロジェクトが新たな案件の発掘につながることを期待したい。

13 むすび

アセアン（東南アジア諸国連合）諸国にとって、妥当な価格での安定した電力供給は経済発展に欠かせない。カンボジアは電力供給システムの整備を最も必要としている国のひとつである。その点から、国内に豊富にあるバイオマスを利用して発電する技術利用の能力を培うことは、自助力を蓄え、環境に配慮する持続可能な発展につながる重要課題である。

本調査の対象は、カンボジアで最大の精米所から廃棄される籾殻を燃料とする発電施設の建設事業であり、カンボジアの重要課題に挑戦するものである。籾殻発電そのものは確立した技術であり実施可能性の高い事業ではあるが、カンボジアでは初めて利用される技術であり、排出権を生むことがなければ、通常の投資活動としては国内外の投資を呼び込むことは困難である。本調査では CDM 事業の実施可能性について調査を実施した。

京都議定書発効とともに、日本国内において CDM は重要な排出権獲得の手段として脚光を浴びている。同時に再生可能エネルギーなどを含む排出削減事業の CDM 化の手続きはかなりの面で標準化されつつあり、本案件のような小規模のバイオマス発電事業を CDM とする上で手続きにおけるハードルはあまりないと考えられる。

農業生産、特に米、及び電力需要の増加、電力価格の昂騰、電力不足などの諸問題を解決する足がかりとして、本案件に対するホスト国の期待は非常に高い。CDM としても大変意義のある事業と思われる。すでに手続き上、大きなハードルもなく、本案件に関しては CDM 化は視野の範囲である。今後最も重要なのは、事業の実施である。アセアン諸国の中に経済格差があるように、CDM に関しての格差があるのも否めない。マレーシアなどの他のアセアン諸国に比べ、カンボジアは CDM に関する実際的知識が不足している懸念があるが、十分なポテンシャルがあることは本調査において明らかとなった。

格差是正のためにも、本案件を実施に結びつけることにより、カンボジアの CDM に関する潜在能力を高めることが今後期待される。

表一覧

表 1	調査スケジュール (2004 年 6 月 ~ 2005 年 3 月)	2
表 2	カンボジアの基礎情報	4
表 3	部門別エネルギー消費量の推移 (1993 ~ 1995 年)	18
表 4	アセアン諸国の電力料金	20
表 6	1994 年におけるカンボジアの GHG 概要一覧 (単位: Gg)	27
表 7	農業セクター GHG 発生源の分類、GHG 排出過程、排出される主な GHG の種類	29
表 8	農業分野サブセクターにおける GHG 排出量予測 (Gg)	33
表 9	CDM 案件における審査基準	39
表 10	本プロジェクトの実施スケジュール	46
表 11	近隣諸国の移動火格子コージェネプラント	53
表 12	本プロジェクトのコージェネプラント	57
表 13	AKR の籾殻生産量と本プロジェクトによる利用量	59
表 14	本プロジェクトの必要人員数	60
表 15	本プロジェクトの初期投資内訳	61
表 16	操業費用内訳	62
表 17	プロジェクトの IRR の算出に必要なデータ	62
表 18	AKR の近郊におけるレンガ製造の籾殻需要	72
表 19	2005 年以降 AKR で見込まれている籾殻需要	72
表 20	アンコール精米工場の近隣にある精米所	73
表 21	4 種のバリア	75
表 22	本プロジェクトのベースライン排出量及び排出削減量	77
表 23	モニタリング対象となるデータ	79
表 24	環境影響に関する留意事項	81
表 25	PDD の内容に係る DNV の指摘及びその対応	87
表 26	本案件の紹介された CDM に関する会議一覧	91

図一覧

図 1	カンボジアとその周辺国の地図.....	3
図 2	カンボジア国民一人あたりの GDP と GDP 成長率 (1994 ~ 2002 年)	9
図 3	1994 ~ 2002 年におけるカンボジアへの投資上位国	11
図 4	1994 ~ 2000 年におけるカンボジアの貿易収支.....	12
図 5	1970 ~ 2004 年のカンボジアにおける米の生産量の推移.....	14
図 6	カンボジアのエネルギー消費利用先内訳 (1995 年)	16
図 7	カンボジアの調理・照明用エネルギー源の内訳.....	16
図 8	部門別消費エネルギー源の内訳 (1995 年)	17
図 10	部門別電力需要量、潜在需要量、供給可能量の予測推移	23
図 11	三大 GHG 排出源の内訳.....	28
図 12	サブセクター別農業部門に占める GHG 排出量の割合 (CO ₂ 換算)	30
図 13	セクター別 GHG 排出量と吸収量の予測	31
図 14	農業セクターにおける CH ₄ 及び N ₂ O の排出量予測	32
図 15	カンボジアにおける CDM プロジェクト承認体制.....	35
図 16	CDM 案件承認までの流れ.....	37
図 17	AKR の所在地.....	47
図 18	アンコール精米工場の配置図	48
図 19	精米の工程からの廃棄物の排出.....	50
図 20	精米工場の必要エネルギー量	51
図 21	発電設備の建設予定位置	52
図 22	蒸気熱発電システムの系統図	55
図 23	熱平衡の系統図	56
図 24	プロジェクト境界.....	67

参考文献リスト

外務省：「最近のカンボジア情勢と日カンボジア関係」(2003-02)

<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/cambodia/kankei.html>

外務省(対カンボジア援助実施体制調査団)：「カンボジア援助実施体制評価調査報告書」(2000-03)

http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/shiryo/hyouka/kunibetu/gai/cambodia/ej99_01_index.html

国際協力機構：「カンボディア国別援助研究会報告書 - 復興から開発へ」, pp. 9-10 (2001-10)

国際協力機構：「事業事前評価表カンボジア国再生可能エネルギー利用地方電化マスタープラン調査」
(2004-07) http://www.jica.go.jp/evaluation/before/2004/cam_02.html

国際協力銀行：「貧困プロファイル 要約 カンボジア王国」(2001-12)

新エネルギー・産業技術総合開発機構：「カンボジアにおけるエネルギーマスタープラン作成支援評価
調査報告書」(2002-03)

フリー百科事典 ウィキペディア (Wikipedia)：「カンボジアの歴史」, <http://ja.wikipedia.org/wiki/>

三菱証券株式会社：「第一回現地調査報告書」(2004-11)

廣畑伸雄：「カンボジア経済入門 市場経済化と貧困削減」, 日本評論社 (2004-01)

ASEAN Centre for Energy (2000). *Basic Electricity Rariff in the ASEAN Member Countries*. Retrieved January 27, 2005, from http://www.aseanenergy.org/publication/electricity_prices.htm.

ASEAN-Japan Centre. 「外国投資に対する政策」(2001)

<http://www.asean.or.jp/invest/guide/cambodia/02pol.html>

Asian Development Bank (2001). *Key Indicators of Developing Asian and Pacific Countries: Cambodia*. Retrieved January 25, 2005, from http://www.adb.org/Documents/Books/Key_Indicators/2001/cam.pdf.

Cambodia Renewable Energy and Rural Electrification (2004). *Energy Overview*. Retrieved January 27, 2005, from <http://www.recambodia.org/energoverview.htm>.

Central Intelligence Agency (2004). Cambodia. *The World Fact Book 2004*. Washington, DC: Government Printing Office.

Cogen Energy Field of Study Asian Institute of Technology. (2004). *Rice-husk Fired Cogeneration Project Angkor Bio Cogen Co., Ltd.: Full Feasibility Study*.

Council of Development of Cambodia & Cambodian Investment Board. (n.d.). *Who We Are*. Retrieved January 27, 2005, from <http://www.cambodiainvestment.gov.kh/Information.asp?PageID=About+Us%3AWho+We+Are>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2004). *FAO STAT Data, 2004*. Retrieved January 27, 2005, from <http://apps.fao.org/faostat/servlet>

Miles, M. A., Feulner, E. J., O'Grady, M. A., Eiras, A. I., & Schavey, A. (2005). Cambodia. *2005 Index of Economic Freedom* (pp. 131-132). Washington, DC & New York: The Heritage Foundation & Dow Jones & Company, Inc.

Minister of Environment (2003). *Declaration on the Establishment of Climate Change Office*. Phnom Penh, Cambodia: The Royal Government of Cambodia.

Ministry of Commerce. (2004). *Study on the Improvement of Marketing System and Post Harvest Quality Control of Rice in Cambodia: Executive Summary of Final Report*. Retrieved January 27, 2005, from <http://www.moc.gov.kh/depts/EPD/Study%20on%20Improvement.htm>.

Ministry of Environment (2002). *Cambodia's Initial National Communication*. Phnom Penh, Cambodia: The Royal Government of Cambodia.

Ministry of Industry, Mines and Energy. (1999). *Cambodia Power Sector Strategy. 1999-2016*. Phnom Penh, Cambodia: The Royal Government of Cambodia.

Ministry of Industry, Mines and Energy. (2003). *Renewable Electricity Action Plan*.

National Institute of Statistics of Cambodia (2000). *Census of Cambodia 1998*. Phnom Penh, Cambodia: The Royal Government of Cambodia.

National Institute of Statistics of Cambodia (n.d.). *Main Source of Cooking Fuel*. Retrieved January 27, 2005,

from <http://www.nis.gov.kh/CENSUSES/Census1998/Fuel.htm>.

National Institute of Statistics of Cambodia (n.d.). *Main Source of Light*. Retrieved January 27, 2005, from <http://www.nis.gov.kh/CENSUSES/Census1998/Fuel.htm>.

National Institute of Statistics of Cambodia (n.d.). *National Accounts of Cambodia 1993-2002*. Retrieved January 27, 2005, from <http://www.nis.gov.kh/PERIODIC/NA/Table1.htm>.

Sat, S. (2004, April). *Country Report on Renewable Energy Promotion and Development in Cambodia*. Presented at the Workshop on Promotion of Renewal Energy, Energy Efficiency, and Greenhouse Abatement, Phnom Penh, Cambodia.

Siphana, S. (2003, July). *Mainstreaming trade for poverty alleviation: A Cambodian experience*. [Electric version]. *Development Outreach*.

The Government of Japan (2002, February). *Japan's Assistance Policy for Cambodia*. Retrieved January 27, 2005, from <http://www.kh.emb-japan.go.jp/cooperation/japfc.htm>.

The Royal Government of Cambodia. (2002). *Second Five Year Socio-Economic Development Plan 2001-2006*. Retrieved January 27, 2005, from http://www.moc.gov.kh/develop_policies/SEDPII_SUBMMIT_TO_PARLEMENT%20V1/next1-final-sedp1-all-chapter-main-volume.htm.

Thoraxy, H. (2002, August). *Cambodia Country Report*. Presented at the meeting of The Foreign Direct Investment: Opportunities and Challenges for Cambodia, Laos, and Vietnam, Hanoi, Vietnam.

Thy, S. (2004, October). *Cambodian Designated National Authority (DNA-CAM)*. Presented at the Clean Development Mechanism (CDM) Investor Forum in the Asia Region, Manila, Phillipines.

United Nations (2004). *The Criteria for the Identification of the LDCs*. Retrieved January 31, 2005, from <http://www.un.org/special-rep/ohrlls/l dc/l dc%20criteria.htm>.

United Nations Development Programme. (2004). *Human Development Reports*. New York

United Nations Framework Convention on Climate Change, CDM Executive Board (22 October 2004). *Appendix B of the Simplified Modalities and Procedures for Small-scale CDM Project Activities, Indicative*

Simplified Baseline and Monitoring Methodologies for Selected Small-scale CDM Project Activity Categories from <http://cdm.unfccc.int/Projects/pac/ssclismeth.pdf>.

United Nations Framework Convention on Climate Change, CDM Executive Board (the Sixteenth Executive Board Meeting Report) *Tool for the Demonstration and Assessment of Additionality* from <http://cdm.unfccc.int/EB/Meetings/016/eb16repan1.pdf>.