

平成 16 年度 CDM/JI 事業調査

タイにおける砂糖工場における
バイオマス発電の事業化補完調査

報 告 書

平成 17 年 3 月

株式会社 環境総合テクノス

目 次

第1章 補完調査の概要	1
1.1 プロジェクト目的	1
1.2 プロジェクト概要	1
1.3 本補完調査の内容	1
第2章 昨年度の調査結果の概要	3
2.1 目的	3
2.2 調査結果の概要	3
2.2.1 タイ国の基本的情報	3
2.2.2 プロジェクト概要	4
2.2.3 プロジェクトサイトの状況	4
2.2.4 燃料として使用するバイオマスの概要	6
2.2.5 設備設計	7
2.2.6 プロジェクト収支	9
2.2.7 プロジェクト実施方法	9
2.2.8 プロジェクト評価	11
2.3 その他	12
第3章 本年度（補完調査）の調査結果	13
3.1 trash 収集方法の検討	13
3.2 trash 保管方法の検討	22
3.3 trash の利用率の検討	26
3.3.1 モデルの概要	26
3.3.2 モデルの特徴	26
3.3.3 モデルの構造	26
3.3.4 モデルの初期値設定	28
3.3.5 結果と考察	31
3.4 ライスハスクの購入価格	37
3.4.1 昨年度の価格設定	37
3.4.2 ライスハスクの需要状況	37
3.4.3 ライスハスクの価格動向	42
3.4.4 ライスハスクの価格設定	43
3.5 ライスハスクの灰の売却額調査	45
3.6 アルコール工場の概略設計	46
3.6.1 タイのエタノール事情	46
3.6.2 エタノール製造の基本原理	48
3.6.3 設備設計	50

3.7	バイオマス発電設備設計の見直し	54
3.8	プロジェクトの領域、実施体制	62
3.8.1	プロジェクトの領域	62
3.8.2	プロジェクト実施体制	63
3.9	資金計画	64
3.9.1	所要資金額	64
3.9.2	収入	67
3.10	CDMプロジェクトの立案	69
3.10.1	ベースラインの概要	69
3.10.2	温室効果ガス排出削減量	72
3.10.3	環境影響、その他の間接影響	75
3.10.4	収益性評価	76
3.10.5	費用対効果	76
3.10.6	利害関係者のコメント	78
3.10.7	タイ国政府のCDMに関する政策・状況	78
3.10.8	プロジェクト設計書の草案	80
第4章	むすび	81

本報告書で使用する用語の説明

- CDM (Clean Development Mechanism) : クリーン開発メカニズム
- EGAT (Electricity Generating Authority of Thailand) : タイ発電公社
- PEA (Provincial Electricity Authority) : 地方配電公社
- IPP (Independent Power Producers) : 独立系発電事業者
- SPP (Small Power Producers) : 小規模発電事業者
- Rajburi Sugar Co., Ltd. : 本プロジェクトのサイト企業である砂糖会社
- Cane : サトウキビの茎の部分 (糖分を含んでいる)
- trash : サトウキビの枯葉 [写真2-1のハーベスタ後部から吐き出されている枯葉部分参照]
- Rai (タイでの面積の単位) : 1Rai = 1,600m²
- ライスハスク : 籾殻
- バガス : サトウキビの Cane 部分の絞り滓
- 廃糖蜜 (モラセス) : 砂糖を抽出した後に残る残渣液
- ハーベスタ : (サトウキビの) 機械収穫装置
- FS (Feasibility Study) : 実施可能性調査
- GHG (Greenhouse Gas) : 温室効果ガス
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) : 気候変動に関する政府間パネル
- PDD (Project Design Document) : プロジェクト設計書
- SPC (Special Purpose Company) : 特別目的会社
- IRR (Internal Rate of Return) : 内部利益率
- US\$1 = 109円 (平成15年11月～16年1月の平均為替レート : 昨年度報告書で使用したレートを準用)
- 1Baht = 2.81円 (平成15年11月～16年1月の平均為替レート : 昨年度報告書で使用したレートを準用)
- DNA (Designated National Authority) : 指定国家機関
- DOE (Designated Operational Entity) : 指定運営機関
- ONEP (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning) : 天然資源環境政策計画局

第1章 補完調査の概要

1.1 プロジェクト目的

本プロジェクトは、サトウキビ栽培の過程で収穫残渣として畑に残されているサトウキビの枯葉部分（これを trash と呼んでいる）を新たなバイオマス燃料とし、これにライスハスク（籾殻）も加えてバイオマス発電をすることにより、地球温暖化対策に資することを目的とする。

1.2 プロジェクト概要

本プロジェクトでは、砂糖の収穫にともなって発生する trash を収集・運搬し、バイオマス発電を行う。trash は主にサトウキビの収穫期（タイでは概ね 12 月～翌 4 月頃）にしか入手できないため、残りの期間についてはタイで豊富に入手可能なライスハスクを購入し、バイオマス発電を継続する。このように年間を通じてバイオマス燃料を確保することによってタイ電力公社（EGAT：Electricity Generating Authority of Thailand）に通年で売電する計画である。

ただし、trash 部分は現在、畑の土壌被覆材として有効利用していることから、砂糖の収穫に影響を与えない範囲で燃料に利用できる妥当な量を検討し、農業面でもエネルギー面でも持続的発展可能なシステムを構築する。

また、廃糖蜜（砂糖を抽出した後に残る残渣液）にはまだ糖分が残っているため、これを原料としてアルコールを醸造することができる。発電で得られた余剰蒸気を有効利用することを目的に、このようなアルコールを製造する工場を誘致し、熱供給するコージェネレーションも検討する。

1.3 本補完調査の内容

本年度の調査内容は以下の通りである。

（1）事前調査

a．trash 収集方法の検討

現在、trash の収集方法としてはハーベスタの後部にコンテナを取り付け、Cane（糖分を多く含んでいるサトウキビの茎部分）の機械収穫時に吐き出される trash を自動収集する案を想定しているが、これが実際に問題なくできるものかどうかについて事前検討する。

b．trash の利用率の検討

現在、trash はサトウキビ畑に放置されているが、これには肥料効果が考えられる。昨年度の調査では、文献による肥料面での検討を行い、70%の trash を畑から持ち出してもサトウキビ栽培に問題はないとの結論を得ているが、本年度はさらに詳しい文献に基づく詳細検討を行う。

（2）現地調査

a．trash 収集方法の検討

trash の収集方法について農家や Rajburi 製糖工場側の意見をヒアリングして問題があれば代替案を検討する。

b . trash 保管方法の検討

収集してきた trash をボイラーで燃焼させる前に一時的に保管しておく必要があるが、これらは袋詰めのまま野ざらしで保管する計画である。最長で約 1 ヶ月間野ざらしになると予想されるので、保管による trash の性状変化がないかどうかを現地実験により確認する。

c . trash の利用率の検討

trash の利用率については、文献調査に加えて農家からのヒアリングによる現地調査結果も踏まえ、適切な利用率を求める。

d . ライスハスクの購入価格の調査

ライスハスクの購入価格について、将来の需要と供給も視野に入れてどのような情報収集を行い、妥当な価格設定を行う。

e . ライスハスクの灰の売却額調査

ライスハスクの灰の売却額がどの程度かを実態調査する。

f . アルコール工場の調査と設計

本プロジェクトで建設するバイオマス発電所に隣接する場所に、廃糖蜜を原料としてアルコールを製造する工場を誘致することを想定し、この概略設計を行う。昨年度の調査では 7t/h の蒸気と 0.36MW の電力を供給することを想定してバイオマス発電所側の設備設計を行ったが、今年度は Rajburi 製糖工場からのヒアリングによる現地情報に基づき、アルコール工場の設計を見直す。

この工場についてはあくまでも本プロジェクトのスコープ外であるが、供給する蒸気量と電力量を明確にしなければ、バイオマス発電側の設備設計も明確にならないため、本年度の調査でこのアルコール工場の設計も行う。

(3) 資金計画に関する再評価

前述の調査結果を反映し、本プロジェクトに関する必要経費や収入を見直して事業性評価を再検討する。

(4) プロジェクト設計書 (P D D) 案の修正

前述の調査結果を反映し、本プロジェクトに関する P D D 案について修正版を作成する。

第2章 昨年度の調査結果の概要

本年度の補完調査の前提となっている平成15年度の調査結果を「タイ国におけるバガスとライスハスクを用いた熱電併給の事業化可能性調査」（平成15年度報告）の概要報告書を再掲することで説明する。

2.1 目的

地球温暖化対策が緊急に取り組まなければならない課題として注目されている今日、京都議定書で認められた CDM（クリーン開発メカニズム）によるプロジェクト推進は有効な手法の一つと期待されている。

本プロジェクトの目的は、サトウキビ栽培の過程で収穫残渣として畑に残されているサトウキビの枯葉部分（trash）をバイオマス燃料とし、これにライスハスク（籾殻）も加えてバイオマス発電をすることによって地球温暖化対策に資することである。

対象サイトとしては 2002-2003 年（収穫期は 2002 年 12 月～2003 年 4 月）における Cane（砂糖成分が含まれているサトウキビの茎部分）の年産が 104 万トンであるタイの Rajburi 製糖工場を選定した。燃料としては、この工場が契約しているサトウキビ農家から新たに収集する trash を対象とする。本プロジェクトでは、主にこの燃料を製糖期に使用して発電するが、非製糖期はライスハスクを購入してバイオマス発電を継続し、これらを EGAT（Electricity Generating Authority of Thailand）に売電する計画を立てている。ただし、trash 部分は現在、畑に鋤き込んで肥料等に役立っていることから全量を燃料にすることはできない。砂糖の収穫に影響を与えない範囲でバイオマス燃料に利用できる妥当な量を検討し、農業面でもエネルギー面でも持続的発展可能なシステムを構築する。

また、廃糖蜜（砂糖を抽出した後に残る残渣液）にはまだ糖分が残っているため、これを原料としてアルコールを醸造することができる。発電に必要な蒸気の一部をこれらの工場に熱供給するコージェネレーション（熱電併給）も検討する。

本調査は以上のシステムをタイに導入し、CDM 案件として成り立つかどうかの可能性調査を行うものである。

2.2 調査結果の概要

2.2.1 タイ国の基本的情報

タイは王国であるが、タクシン首相が強固な政治基盤を築いており、ASEAN 諸国の中でも積極的にリーダーシップを発揮している。政治、経済、宗教的には比較的安定しているものの、殺人、強盗、麻薬、テロ行為等の発生が少なくないのも現状である。

他方、タイは熱帯圏に属しているために農産物に恵まれており、特にサトウキビ（2003年は 7,407万トン）や米（同2,700万トン）の生産高が多いという特徴も有している。

同国は発展途上にあり、経済的にも電力需要の面でも高い成長率が見込まれている。1997年には通貨危機に見舞われたものの、1999年には再び回復し、今後も高い経済成長率が見込まれている（予想も含めて1999年～2003年の実質 GDP 成長率の平均値は4.6%）。これに呼応するように、電力需要も高い伸び率を示しており、EGAT によれば2007～2016年におけるタイの電力の伸び率は年6%前後と予想されている。政府は国営の発電所を民営化する一方、民間の電力事業参入を促

進するため、IPP (Independent Power Producers) や SPP (Small Power Producers) からの電力購入を積極的に押し進める方針である。

しかし、経済発展に伴い、水質や大気の汚染といった環境問題が発生し、住民運動の高まりを見せているといった状況もある。

このような中で、タイ政府は1995年3月に気候変動枠組条約を批准し、さらに2002年8月には京都議定書を批准している。CDM に関しては基本的にオープンなスタンスを取っており、タイの国益に適う、社会・経済の持続的開発に寄与することが証明される案件であれば、事業を承認している。

2.2.2 プロジェクト概要

本プロジェクトは、主に製糖期には trash を、非製糖期にはライスハスクを燃料としてバイオマス発電をし、CDM プロジェクトとする計画である。trash の収集方法はハーベスタによる Cane の機械収穫時に、ハーベスタ後部に取り付けたコンテナに取り込むことで、人力による収集の手間を省き、コストダウンを図る。trash の量については年間を通して発電できる量を確保することが困難であるため、残りの期間については精米工場からライスハスクを購入して売電を継続する。また、蒸気の有効利用を図るために、発電所で使用した蒸気の一部を隣接する敷地に誘致するアルコール工場に供給する。ただし、アルコール工場の運営については本プロジェクトの対象外である。

2.2.3 プロジェクトサイトの状況

本調査の提案段階では、プロジェクトサイトの Rajburi Sugar Co., Ltd. が、将来、設備改造計画を持っているというヒアリング結果に基づき、以下のような計画を立てていた。

- ・既設のボイラー、タービン、発電機を高温高压の蒸気で発電できる設備に改善し、現在、余剰にあるバガスを燃料にしてバイオマス発電をし、温暖化対策プロジェクトにする。売電を通年で行うために、ライスハスクを購入してバイオマス発電を継続する。
- ・野積みのバガスから発生しているであろうメタン抑制方法や設備も検討する。
- ・余剰蒸気を利用してコージェネレーションを行う。

しかし、その後、Rajburi 社では発電機の一部が老朽化している事態を重く見て、緊急に改修する必要性を痛感し、2003年5月の時点で新たな10MW 発電機の建設を決定した。同設備が同年12月に完成したことを受けて、以下の点について計画の見直しを行った。

- ・余剰バガスは Rajburi 社が新設した10MW の燃料に使用されるため、対象燃料を trash に変更する。
- ・バガスは Rajburi 製糖工場で消費されることから、メタン抑制の検討は取り止める。

以上のような変更はあるが、Rajburi社としても新たなバイオマス発電事業については興味を抱いている。Rajburi社は図2-1に示すように、Ratchaburi県のBan Pongにある。同社のサトウキビの生産高は2002-2003年実績では1,043,477t/年、作付け面積は108,250Rai (1Rai=1,600m²)であった。2001-2002年のタイ全土のサトウキビ生産高は5,949万t/年であり、この年の同社の生産高は86万t/年であったので、タイ国内に占める生産高の割合は1.4%である。



図 2-1 プロジェクト実施サイト (Rajburi 製糖工場)

Rajburi 社の会社設立は1985年12月、資本金は2億 Baht（2003年11月～2004年1月の平均為替レートは2.81円/Baht）である。製糖事業に関連した同社の取り組みは以下の通りである。

- ・ 農民によるサトウキビ栽培、収穫の効率改善や経費節減を助けるために、ハーベスタ、ケンピッカー、トラクタ、耕運機等の機器を用意している。
- ・ Norng Puchan Project と呼ばれる新しい灌漑システムを開始した。これはアジア開発銀行による9,600万 Baht の資金を受けて行ったもので、対象は630エーカー以上、147農家に及んでいる。
- ・ Financially Secured Cane Farmers Project の下で、研究機関とともに、ハーベスト計画、技術向上、機械化による省力化、土と環境のための化学肥料から有機肥料への移行等を通して農民への教育プログラムを開始した。
- ・ 1999年3月に ISO9002を、また、2001年4月には ISO14001を取得し、品質管理、環境管理に注力している。
- ・ 1994年から EGAT に電力供給している。

2.2.4 燃料として使用するバイオマスの概要

Rajburi 契約農家において、本プロジェクトで燃料として考えている trash は以下のように使用されている。

- ・ 25%の農家では収穫前に焼かれている。これは人力収穫の畑では、主に収穫を容易にするために行われる火入れのためであるが、たばこや籾殻焼却による飛び火等も 5%程度含まれている。
- ・ 75%の農家では畑に鋤き込まれ、腐植による有機物の供給や通気性、保水性、陽イオン交換容量等の増大に寄与していると考えられる。

土壌からの有機物消耗量は、Rajburi 農家の腐植含量 2.38%（現地調査結果）、有機物の年間消失割合 1%（文献値）、trash の有機物含量 40%（文献値）を用いると 595kg/ha と推定される。投与されたバイオマス量の半分が有機物に分解されると言われているので、最低限 1,190kg/ha は畑に残す必要がある。

一方、単位面積当たりの Cane 生産高 62.5t/ha（現地調査結果）とそれに対する trash の乾燥ベースの重量比（文献値）から trash 量は以下のように推定できる。

$$62.5\text{t/ha} \times 29.5\% \div 69.5\% \times 22.2\% = 5.9\text{t/ha}$$

29.5% : Cane の乾燥重量率（すなわち、水分率 70.5% : 文献値）

69.5% : サトウキビ全体に占める Cane の乾燥ベースでの重量割合（文献値）

22.2% : サトウキビ全体に占める trash の乾燥ベースでの重量割合（文献値）

したがって、trash 量 5,900kg/ha と最低限残すべき 1,190kg/ha との差 4,710kg/ha が畑から収集できる trash の最大量となり、この割合は 80%となる。地力向上も考慮すると畑には 1,190kg の2倍の 2,380kg/ha を残すことが望ましいと考えられ、この場合の収集可能量は 60%となる。しかし、trash の燃焼灰を畑に還元することを考えれば、この中間値である 70%程度の収集は問題ないと考えられる。なお、タイ国環境省の Dr. Ampon からも trash 等のバイオマス資材の灰が優れた土壌肥料であるとの見解を得ている。

2.2.5 設備設計

本プロジェクトの設備を設計する前提条件を以下に示す。

- ・サトウキビの収穫高は Rajburi 契約農家の過去 5 年間における平均収穫量である 863,200 t-c/年 (t-c は Cane の重量トン、100t-c 未満は切り捨て) とする (最低は 755,400t-c/年、最高は 1,043,400t-c/年)。
- ・Rajburi 製糖工場では 9,880t-c/日のサトウキビを処理している実績があるので、製糖期間は $863,200\text{t-c/年} \div 9,880\text{t-c/日} = 87$ 日間とする。
- ・Rajburi 製糖工場に隣接する敷地に 10MW 規模のバイオマス発電所を新設する。
- ・設備条件は Rajburi 周辺の水が硬水であることを考慮し、ボイラーで使用する蒸気の条件は圧力 33barG、温度 425℃とする。
- ・昼間は 8MW、夜間は 6MW (昼間の 75%) を EGAT に売電する (実際に系統連係するのは PEA (Provincial Electricity Authority))。ただし、日曜、祝祭日は 24 時間とも 6MW の売電を行う。
- ・製糖期の燃料は主に trash、非製糖期はライスハスクを購入してバイオマス発電を行う。
- ・trash 利用に関しては、サトウキビ畑の地力低下を招かないように考慮し、畑から収集する trash の率は 70%とする。新発電所で発生する trash の燃焼灰はサトウキビ畑に肥料として還元する。
- ・trash は写真 2-1 及び図 2-2 に示すように、ハーベスタで Cane を機械収穫する際に収集し、袋詰めして新発電所敷地に搬入する。
- ・SPC (本プロジェクトを実施する現地の特別目的会社) は新たに 19 台の新ハーベスタを購入して、農家に貸し出す。新ハーベスタの能力は 240t-c/日とする。なお現在、Rajburi で所有しているハーベスタの能力は中古品ということもあり、平均 120t-c/日である。したがって、Rajburi 工場側が所有しているハーベスタ 16 台と合わせて 35 台で機械収穫をする。
- ・35 台のハーベスタを用いた場合の機械化率は 65%である。現在、Rajburi 社からの回答では機械化できる畑の割合は 40%程度であろうとの回答を得ているが、将来的にはハーベスタを導入できるように石礫を取り除くような畑の改善や機械化によるコストダウンのメリットが農家側に認知されれば、65%の導入は可能と見ている。



写真 2-1 現在のハーベスタによる Cane 収穫方法

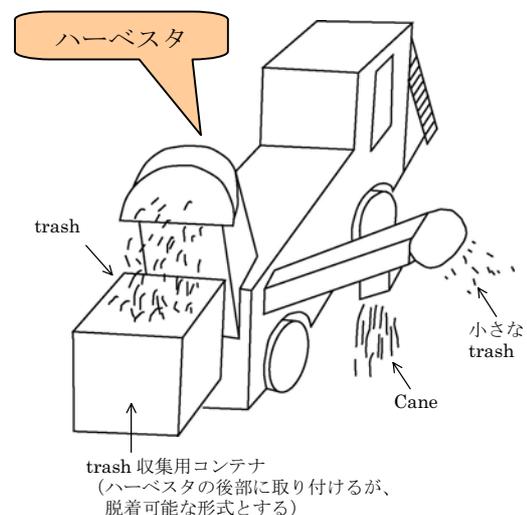


図 2-2 本プロジェクトで計画している trash 収集方法

- ・供給水は Rajburi 製糖工場が取水している地下水から追加取水し、排水は同工場排水に追加放流する。
- ・Rajburi 製糖工場の設備改造はしない。
- ・熱の有効利用のために、蒸気の一部をアルコール工場に供給する（アルコール工場は本プロジェクトのスコープ外）。
- ・アルコール工場では Rajburi 製糖工場の廃糖蜜を原料としてエタノールを醸造する。同工場で発生する廃糖蜜は Cane の 4.3～4.8%（同工場からのヒアリング結果）であるから $863,200\text{t-c}/\text{年} \times 4.3\% = 37,100\text{t-m}/\text{年}$ （t-m は廃糖蜜の重量トン）とする。供給蒸気量はメーカー設計値である $7\text{t-s}/\text{h}$ （t-s は蒸気の重量トン）とする。

以上により、表2-1に示すようなバイオマス発電量と温暖化対策効果が見込まれる。本プロジェクトのシステム概要図を図2-3に示す。

表2-1 本プロジェクトの設備概要と温暖化対策量

項目	試算結果	備考
1. 設備規模		
(1) ボイラー	60 t/h	このうち、7t/h はアルコール工場に供給
(2) 発電機	9.64 MW	昼間8MW、夜間6MW を売電
2. 燃料		
(1) trash	73,200 t/年	水分率49%、熱量1,800kcal/kg
(2) ライスハスク	64,300 t/年	熱量3,440kcal/kg
3. 発電と温暖化対策量		
(1) PEA への売電量	54,810 MWh/年	
(2) アルコール工場への売電量	2,341 MWh/年	
(3) 温暖化対策量	35,188 t-CO ₂ /年	

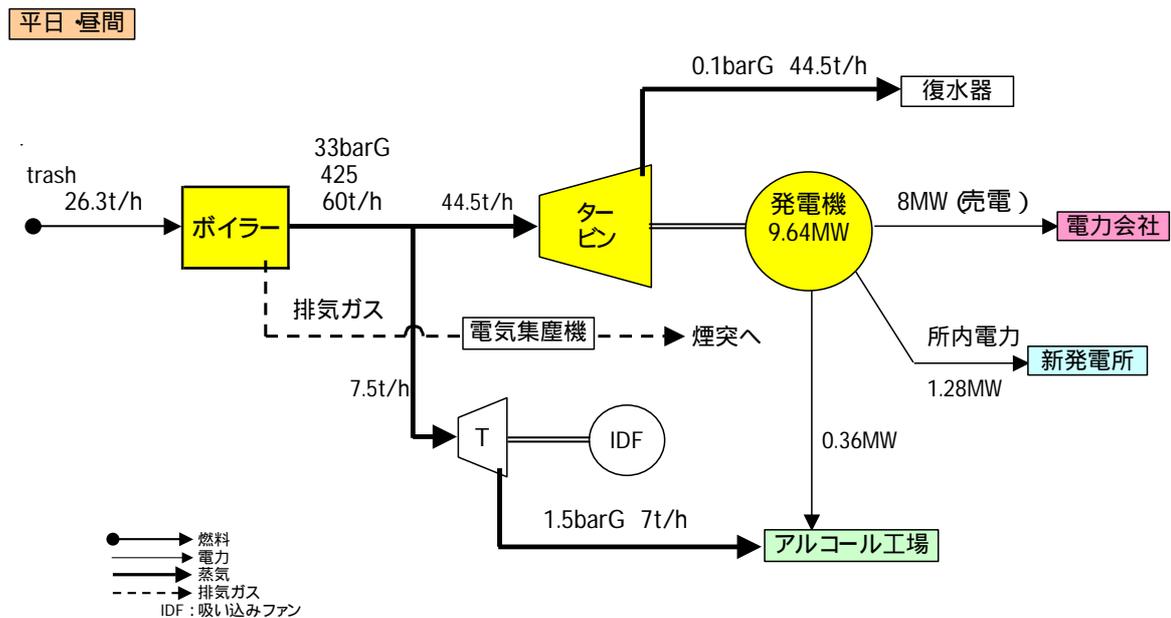


図 2-3 システム概要図

2.2.6 プロジェクト収支

本プロジェクトの収支は表2-2に示す通りである。

ただし、収支を試算した条件は以下の通りである。

- ・設備費に関しては、必要最低限の設備に限定し、かつ、メーカー見積額の3割引を想定した。
- ・ライスハスクの購入価格については、現在は需要過多のために価格が高騰しているが、将来的に落ち着くであろう熱量に見合う妥当な価格と考えられる400Baht/t を設定した（現状は800～900Baht/t で取引されているが、タイのライスミル協会の意見も参考に想定した）。
- ・ライスハスクの燃焼灰についてはシリカが含まれていることから、半導体の原料として高値で売却できるとの情報を得ているが、その価格を正確に予測できない状況であるので、事業収支を検討する中には含めない。

表2-2 本プロジェクトの収支概要

(単位：百万円)

項目	金額	備考
1. 収入	470	
(1) 電力販売	349	EGAT の売電契約条件より算出
(2) アルコール工場からの収入	79	電力15百万円、蒸気64百万円
(3) ハーベスタ収入	42	ハーベスタ19台分
2. 営業経費	160	
(1) 燃料費等	89	trash 12百万円、ライスハスク 72百万円他
(2) その他	71	人件費、メンテナンス費、消耗品費、土地リース費、SPC 運営費、モーターング経費
3. 初期投資（設備関係）	2,064	メーカー見積額の3割引きを想定
(1) ボイラー、タービン、発電機	910	
(2) 周辺機器	350	コンベア、取水・排水設備、シャベルローダー、トラックスケール
(3) ハーベスタ	475	19台分
(4) 現地建設費	329	電気・配管工事、送電線工事、輸送費含む
4. その他	20	SPC 設立費

2.2.7 プロジェクト実施方法

以下に、本プロジェクトの領域（図 2-4）、実施体制案（図 2-5）、スケジュール案（表 2-3）、資金調達案（図 2-6）を示す。

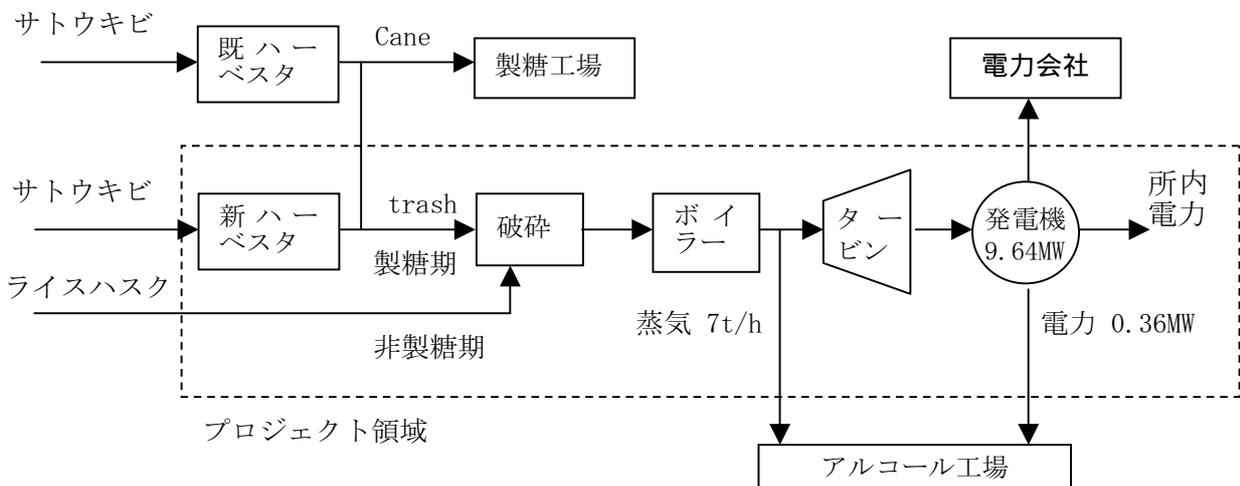


図 2-4 プロジェクト領域説明図

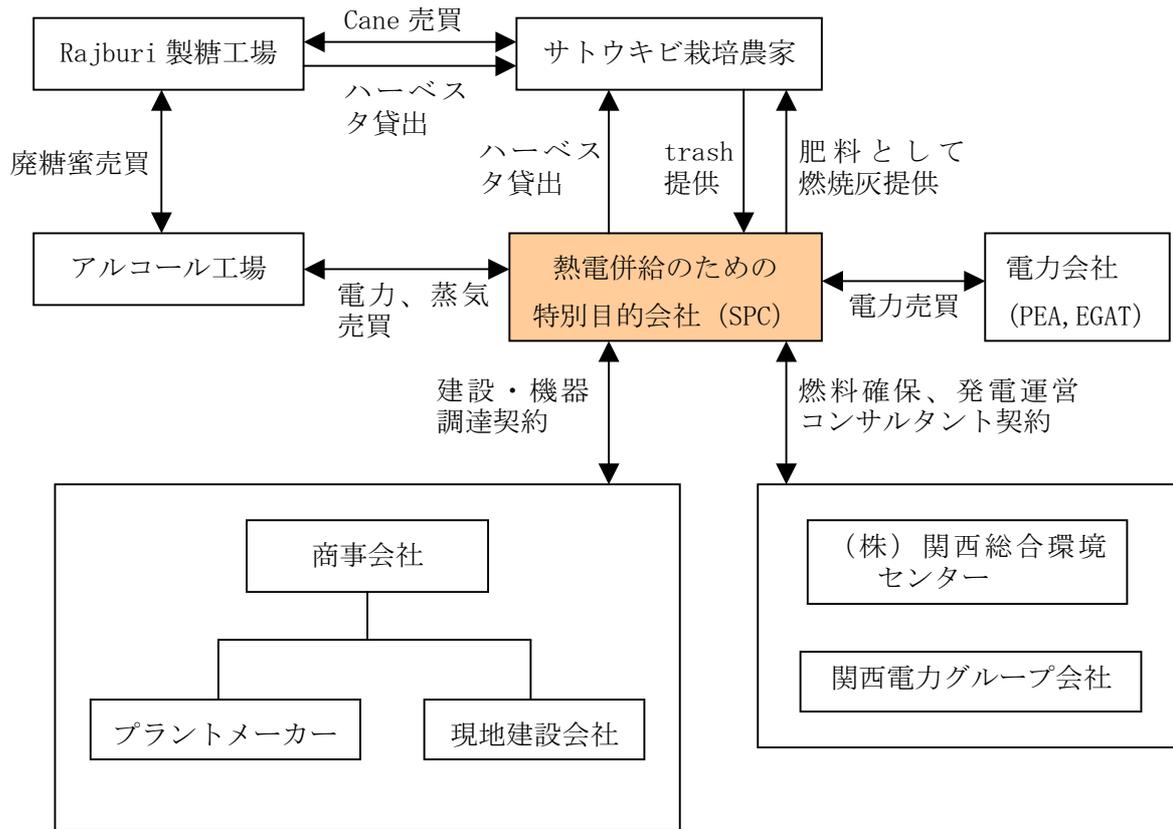


図 2-5 実施体制図 (案)

表 2-3 実施スケジュール表 (案)

項 目	2004 年度	2005 年度	2006 年度	2007 年度
a) 詳細調査・アセス	■			
b) 投融資者確保	■			
c) PDD の認証		■		
d) 設 計		■		
e) 機器製作		■		
f) 建設・輸送・据付		■		
g) 性能試験・試運転			■	
h) 本格運転				■
i) モニタリング				■■■■■■

(注) PDD : プロジェクト設計書

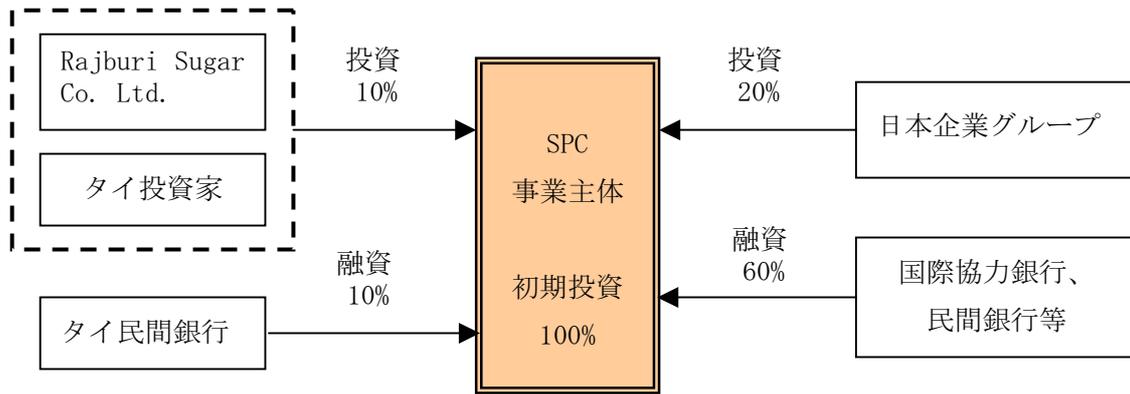


図 2-6 資金調達（案）

2.2.8 プロジェクト評価

本プロジェクト評価に関する要点は以下の通りである。

a. CDM プロジェクトの方法論

一次ボイラーの定格出力は60t/h であり、蒸気1kg/h \approx 0.7kW で換算するとこれは約42MW (<45MW) に相当することから、コージェネレーション設備容量に関しては小規模 CDM 活動としての適格性を有する。また、本プロジェクトについてはその内部利益率（IRR）の低さに起因する「投資のバリア」が存在し、投資上より実効性の高い代替案からのより多い GHG 排出が生じていたかもしれないというベースラインシナリオからの追加性を主張できる。

b. ベースラインの選定

本 CDM プロジェクトのベースラインとしては、小規模 CDM タイプ I.D における適用可能な簡易ベースラインのうち、「現状の発電ミックスの加重平均排出量」を選定する。すなわち、現状（現時点で2002年の EGAT 実績データが最新）の発電ミックスの加重平均排出量（本プロジェクトの売電量にグリッド電源の加重平均排出係数を乗じた値）をベースラインとする。

c. リークエージの検討

本小規模 CDM プロジェクトが該当するタイプ I.D の規定によると、当該プロジェクトが既設の発電設備をどこからか移転、導入するケースに該当する場合にリークエージを計算することとされている。本プロジェクトはバイオマス発電の新設プロジェクトであり、ホスト国における既設の発電設備を移転、導入するケースには該当しない。したがって、リークエージを考慮する必要はない。参考までに本プロジェクトに起因する可能性のあるリークエージについて考察する。

本プロジェクトで使用するtrashが境界外のどこかで化石燃料の代替となっている事実あるいは情報はまったくない。他方、ライスハスクの一部については、すでにホスト国内でバイオマス発電燃料として使用されている。しかし、本プロジェクトで使用する量が年間64,300tであって、タイ全土で発生するライスハスクの1.3%程度であることから、本プロジェクト実施によって供給量に支障を来し、領域外で新たな化石燃料の使用を引き起こすとは考えにくい。また、本プロジェクトでは燃料として使用したtrashの灰をそのまま肥料としてサトウキビ畑に還元することから、trashを回収した畑での化学肥料の追加施肥は必要なく、したがって追加的な施肥に起因した亜酸化窒素（N₂O）発生によるリークエージはないと考える。結論として、現時点で本プロジェクト実施に起因するリークエージはない。

d. 温室効果ガス排出削減効果が発生する技術的根拠

EGAT グリッドの電源構成に化石燃料（天然ガス、石油、石炭等）による火力発電が含まれているため、グリッドの排出係数はゼロでないことと、本プロジェクトで使用する燃料がバイオマスであるために排出係数がゼロ（カーボンニュートラル）であることから、これらの差が温室効果ガス削減量となる。

e. 温室効果ガス排出削減効果量

EGATグリッドの平均CO₂排出係数（2002年のデータから推定）は0.642t-CO₂/MWhと算出され、本プロジェクトによるEGATへの年間売電量が54,810MWhであることから、これら乗じた値、すなわち35,188t-CO₂が年間のベースライン排出量となる。

バイオマス燃料の排出係数はゼロである。本プロジェクトが該当する小規模 CDM プロジェクトのタイプ I.D の規定によると、売電量やバイオマス燃料使用量（化石燃料との混焼発電の場合）だけがこのタイプのプロジェクトに関わるモニタリング対象項目となっていることから、ここではボイラー起動時の始動燃料使用やバイオマス燃料運搬に伴う軽油燃料使用などの付随的な活動からの GHG 排出量は考慮する必要はないと解釈する。また、リーケージによる GHG 排出もない。

したがって、本プロジェクト活動によるCO₂排出削減量は年間35,188t-CO₂となる。

f. 収益性検討

事業収支計画表から、本 CDM プロジェクトの IRR（10年間）は4.98%と計算される。また、炭素クレジット（CER）の価値を US\$5（¥550）とした場合では、IRR は1.15%上昇して6.13%となる。参考までに、サトウキビ収穫量が過去5年間の平均値ではなく最低値および最高値とした参考ケースでは、IRR はそれぞれ3.59%および6.67%となり、プロジェクト実施期間中のサトウキビ収穫量の変動による IRR の変動はおそらくこの範囲に収まると予想される。また、累積損失が解消して黒字を計上できるのは9年目である。

なお、本プロジェクトについては、燃料として使用するライスハスクの燃焼灰が高値で売却できる可能性もあることから、この収益を含めると事業性はある程度改善するものと期待される。一方、ライスハスクの購入価格は近年の需要過多を反映して高騰しているため、事業経費の一部である燃料購入費用に不確定要素を含んでいる。

2.3 その他

本プロジェクトの意義は、trash の燃焼灰をサトウキビ畑に還元し、肥料としての有効利用をすることによってサトウキビ栽培の持続的発展可能な状況の中で、燃料を確保しバイオマス発電を実現することができるという新たな試みにある。同時に経済成長を遂げつつあるタイでも今後予想される人件費の上昇の中で、いかに収穫経費を抑えるかという問題に対して導入されるであろう機械化を進める一助ともなることである。

また、新設発電所による排煙、排水、騒音、振動等に関する環境影響については十分な対策を講じることにより、周辺環境への影響を抑えた設備とするが、Rajburi 製糖工場周辺には住宅地等が存在しないことから大きな問題は生じないものと考えられる。

以上

第3章 本年度（補完調査）の調査結果

3.1 trash 収集方法の検討

昨年度に計画した trash 収集方法（第2章 昨年度の調査結果の概要”の写真 2-1 及び図 2-2 参照）については、本プロジェクトのカウンターパートである Rajburi Sugar Co., Ltd. から以下のようなコメントが寄せられた。

「ハーベスタの後部に Cane 収穫とは関係ないコンテナを取り付けると、本来の Cane 収穫の能率が低下する。これは農夫としては嫌うだろうから、この方法は好ましくない。」

この意見を取り入れて trash 収集方法の改良案として図 3.1-3～6 のような方法を先方に打診した。これらの考え方とそれらに対する先方の意見は以下のものであった。

（改良案 1）

図 3.1-3 に示すように、trash が吐き出されるハーベスタの後部フードに吹き流しを取り付け、後ろを追走するトラックの荷台に受けるという方法である。これならハーベスタ後部には荷重が掛からず、Cane 収穫の作業能率が落ちることは少ないと考えた。

（先方の回答）

Cane の収穫というのは、ハーベスタが畑を何往復もして Cane を刈っていく。図 3.1-1 に示すように、往路の走行が終われば向きを変えて復路の収穫作業を行う。この際、ハーベスタの Elevator と呼ばれるアームを車体の左右反対側に振るステップが入るので、後ろに吹き流しがあっては邪魔になる。したがって、この方法は採用できない。

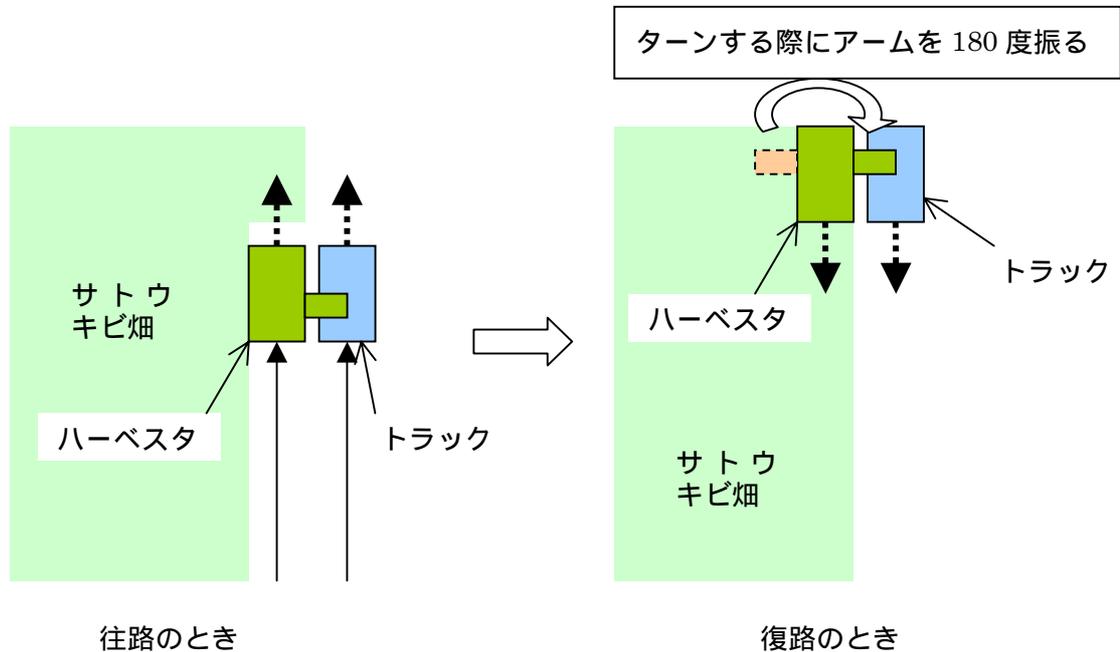


図 3.1-1 ハーベスタの収穫方法とアームの位置

これについては、昨年度の計画では図 3. 1-2 に示すような刈り方をすればアームを振る必要はないと考え、フードの後部に何かが付いていても問題ないだろうと考えていたが、先方は従来からの収穫方法を変えることには抵抗があるようである。したがって、これに対しては改良が必要である。

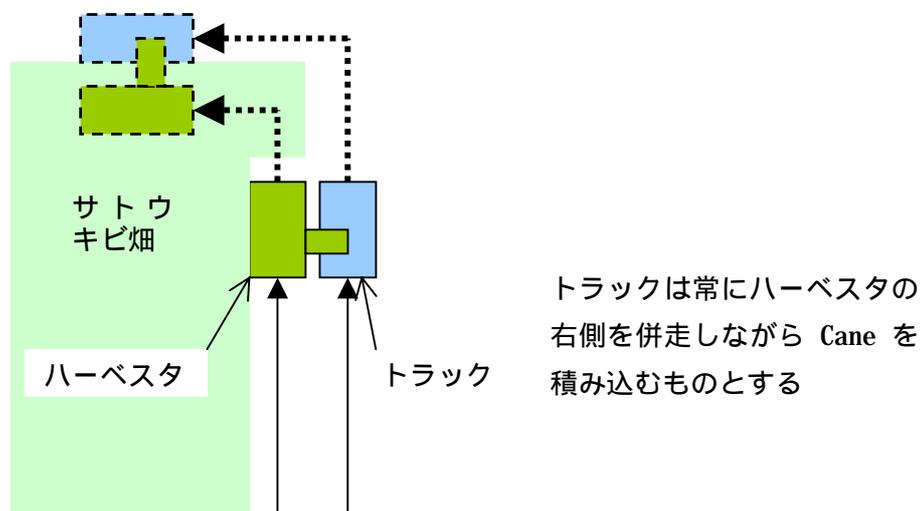


図 3. 1-2 弊社の Cane 収穫方法案

(改良案 2)

前述の指摘を受けて、図 3. 1-4 の方法を提案した。これはアームが左右に振れる度に別々の吹き流しで trash を捕らえ、アームがどちらにあっても追走するトラックに trash を自動捕集できるように改良したものである。しかし、この方法でもまだ軽いとはいえ、ハーベスタの運行に制約を与える可能性のある付着物が付いていることが懸念材料である。

(改良案 3)

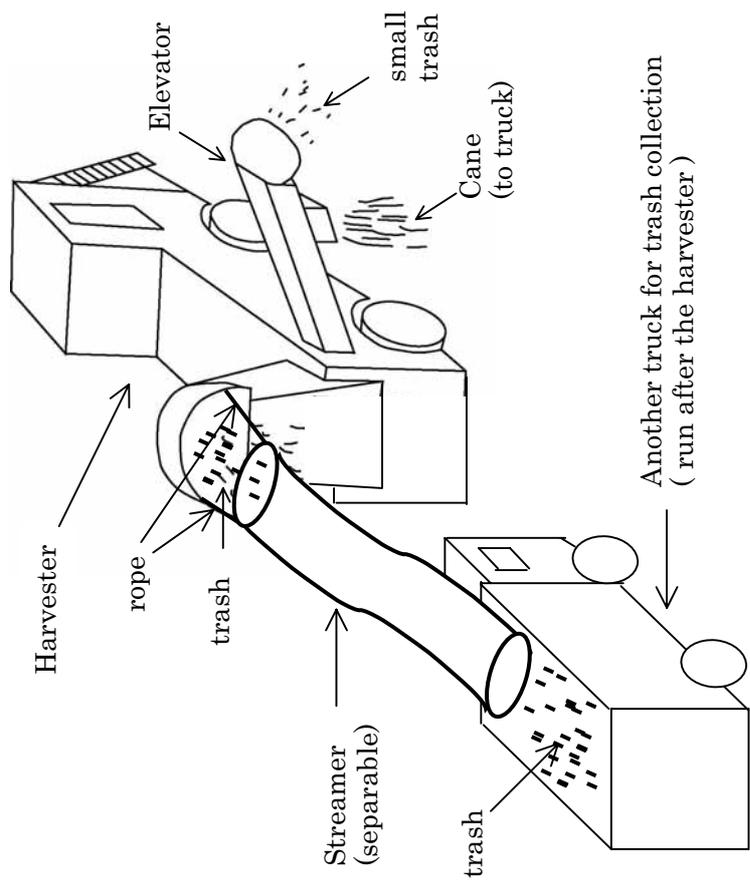
改良案 2 の問題をクリアするために、ハーベスタには一切何も付けず、ハーベスタのフードから吐き出される trash を追走するバケット車で捕集しながら適宜、吸い取って併走するトラックに積み込むという方法を考えた。この方法では trash が確実に捕集できるかどうか分からないといった点以外に、4 台の車両が同時並行的に畑を動かさなければならず、危険が付きまとうという問題が考えられる。

(改良案 4)

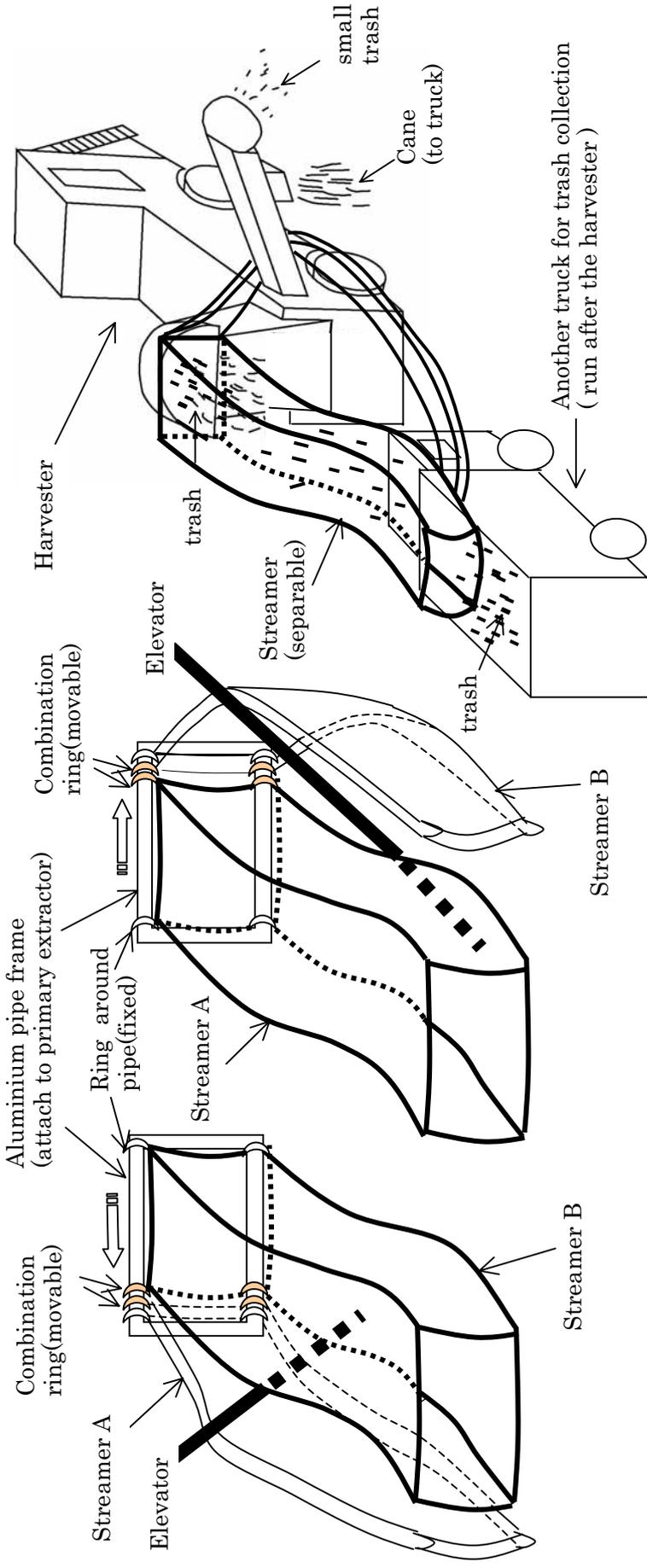
改良案 4 はユニック車のブームに trash 捕集用の受け皿を付け、これで吐き出される trash を受けて適宜、トラックの荷台に流し込むというアイデアである。改良案 3 よりも台数は少ないものの依然として、ハーベスタとユニック車のブームが接触する危険性はある。

以上の弊社提案に対し、先方の回答は以下のものであった。

「コンテナでなくても Cane 収穫作業に支障がある方法は好ましくない。ハーベスタによる作業とはまったく切り離して trash を収集する方法を考えてほしい。」



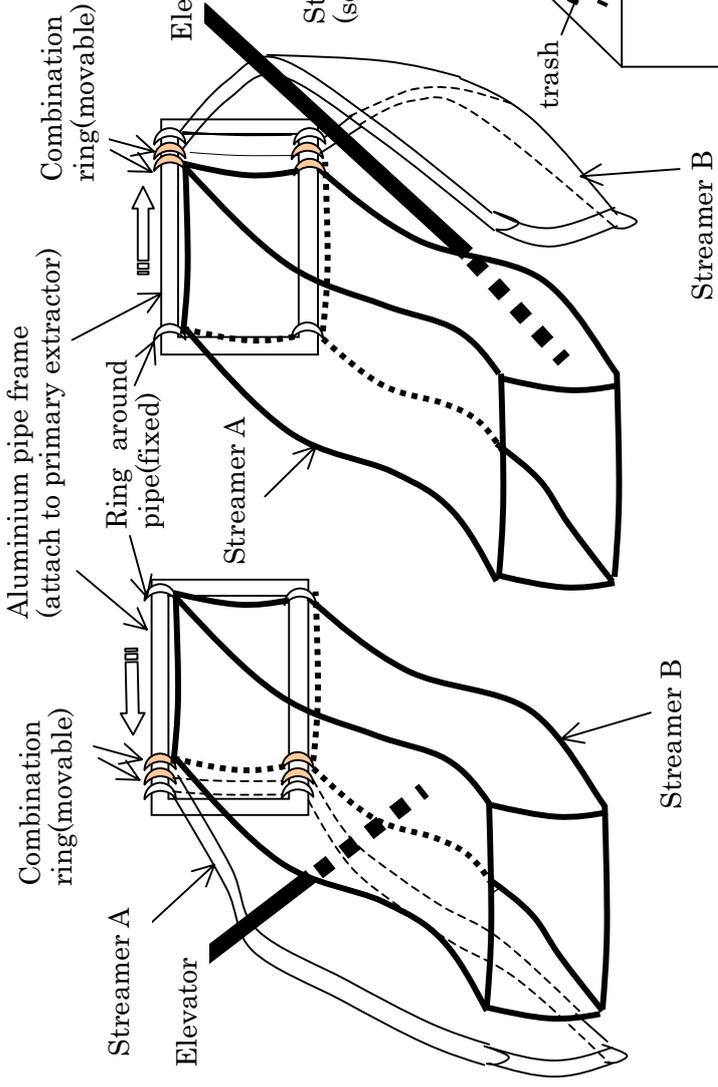
☒ 3.1-3 Image of trash collection (new idea 1)



When elevator is in right side

Whole image

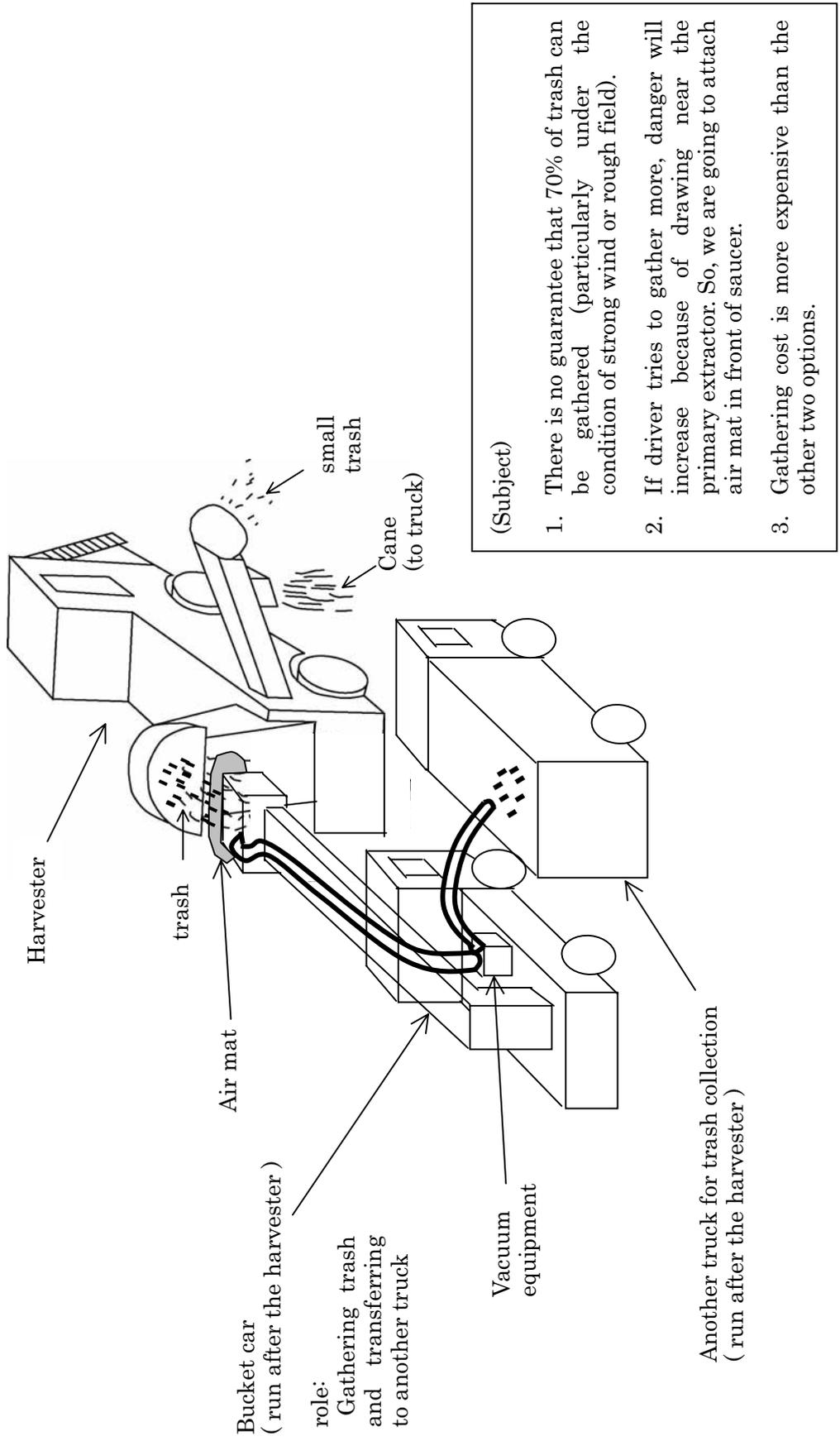
(Subject)
Aluminium pipe frame needs to be attached to the primary extractor.



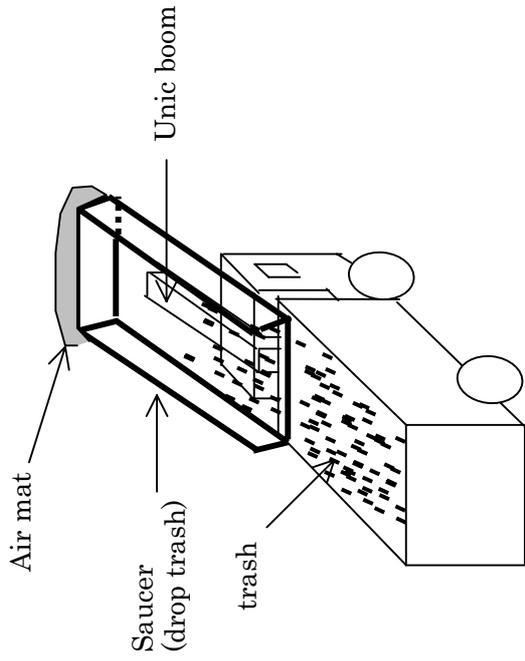
When elevator is in right side

Condition of streamer

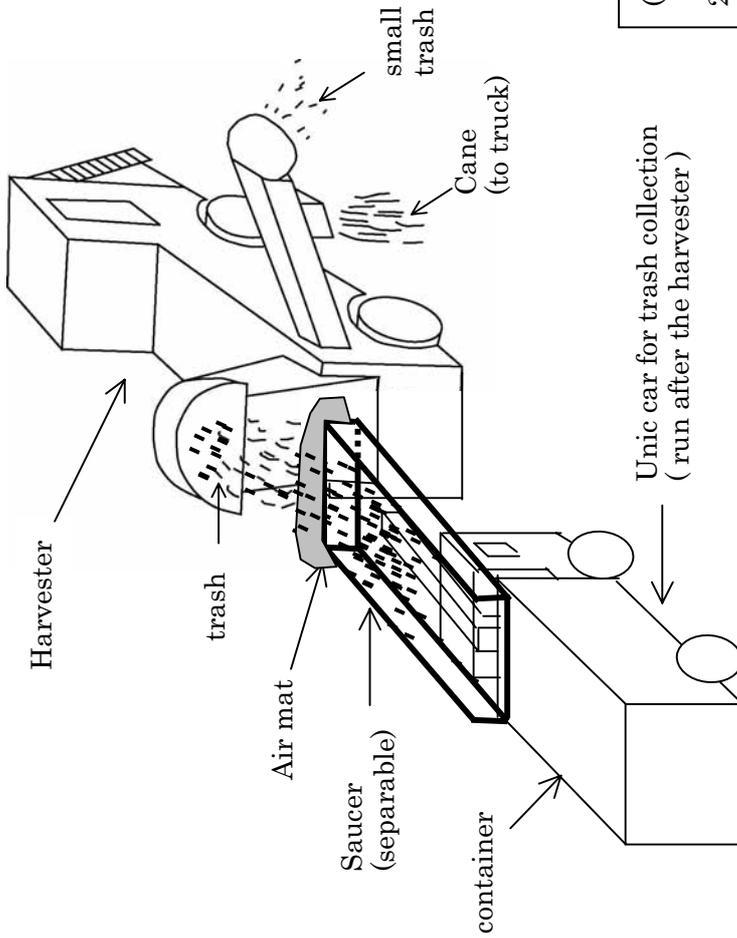
3.1-4 Image of trash collection (new idea 2)



3.1-5 Image of trash collection (new idea 3)



When trash is dropped to container
(By lifting up unic boom on occasion)



When trash is gathered

(Subject)

2. There is no guarantee that 70% of trash can be gathered (particularly condition of strong wind or rough field).
3. If driver tries to gather more, danger will increase because of drawing near the primary extractor. So, we are going to attach air mat in front of saucer.
4. When driver tries to drop the trash on saucer into the container, he needs to stop the unic car and can gather no trash during that operation.

图 3.1-6 Image of trash collection (new idea 4)

以上のことから、ハーベスタの収穫時に同時に trash を収集することは断念し、以下の方法に方針転換した。

「ハーベスタによる作業の数日後に、牧草を集める用途で開発されたロールベアラを利用して trash を収集する。」

ロールベアラで trash を収集するためには、その前段で巻き取りやすいように trash を集めておく必要がある。このための機器としてはレーキと呼ばれる集草機が別途に必要になる。また、これをトラックに積み込むためのフロントローダも必要となる。さらにこれらを駆動させるためにはトラクタが必須の機器である。これらの作業状況を牧草で行っている例を引用することによって説明する（写真 3.1-1~4）。写真引用元は以下の通りである。

- ・北海道歌登町 HP「おいしいロール牧草の作り方」(添付資料1)
- ・(独)農業・生物系特定産業技術研究機構・北海道農業研究センター「収穫(サイレージ)作業体系」(添付資料2)



写真 3.1-1 集草風景
大型のレーキで牧草を集めているところ



写真 3.1-2 牧草の畝
集められた牧草は畝になっている



写真 3.1-3 ロールペーラによる収集
牧草を取り込んでロール状に成形するロールペーラ



写真 3.1-4 ロールの運搬、積み込み
ロールを串刺しにして運んでいるところ

本プロジェクトのカウンターパートである Rajburi Sugar Co., Ltd. からは「以上のようなロールペーラでハーベスタの作業とは全く切り離れたタイミングで trash を収集するのであれば問題ない」とのコメントを得た。これより trash の収集方法はロールペーラ等によるものを検討するものとする。機器の規模については収集する trash の量が多いことからスケールメリットを考慮して最大規模のものとする。設備一覧表を表 3.1-1 に示す。

表 3.1-1 trash 収集用機器一覧表

機 種	性 能	価格 (千円)	メーカー：型番
トラクタ	90PS	7,980	ヤンマー農機：AF890 (添付資料 3)
ツインレーキ	120 個相当/h (30 秒/個)	1,700	タカキタ：TR5401 (添付資料 4)
ロールペーラ	24 個/h (2.5 分/個)	3,980	タカキタ：RB1552W (添付資料 4)
フロントローダ	120 個相当/h (30 秒/個)	1,470	山陽機器：YLLAF890MC
合 計	-	15,130	

(注) 機器の性能はメーカー (タカキタ) からのヒアリングに基づいて設定した。

表 3.1-1 の機器を利用すれば、収集できる trash の量は以下のように試算できる。

trash のロールは添付資料 4 のロールベアラ(RB1552W)のベール寸法に示すように 1.55m × 1.2m であるから、その体積は以下ようになる。

$$0.775\text{m} \times 0.775\text{m} \times 1.2\text{m} = 2.26\text{m}^3/\text{ロール}$$

ロール状にした trash の比重を 0.25 (通常、乾燥したわら等の比重は 0.05 ~ 0.1 程度であるが、多少の水分もあり、ロール状に圧縮するため、メーカのヒアリング結果による 0.25 を採用) とすると、重さは以下ようになる。

$$2.26\text{m}^3/\text{ロール} \times 0.25 = 0.57\text{t}/\text{ロール}$$

農作業は実働 8 時間/日とし、以下のような作業時間を見込む。

- ・集草：1.1 時間/日
- ・トラクタ後部に付ける機器をツインレーキからロールベアラへ交換：0.2 時間/日
- ・ロール作成：5.6 時間/日
- ・トラックへの積み込み：1.1 時間/日

(トラック 1 台分のロールができた段階でトラックに積み込むので、トラクタには常にフロントローダを装着しておくものとする。)

これより上記の機器 1 式を用いて 1 日で収集できる trash 量は以下ようになる。

$$0.57\text{t}/\text{ロール} \times 24 \text{ロール}/\text{h} \times 5.6\text{h}/\text{日} = 76.6\text{t}/\text{日}$$

一方、トラクタの燃料使用量は北海道農試畑作部・機械化栽培研究室の研究資料(添付資料 5)によると 90PS クラスのトラクタの場合、191g/PSh である。軽油の比重を 0.83 (添付資料 6) とすると 90PS のトラクタを稼働させる場合、時間当たりの燃料使用量は以下ようになる。

$$191\text{g}/\text{PSh} \div 0.83\text{g}/\text{ml} \times 90\text{PS} = 20.7\text{L}/\text{h}$$

ツインレーキでもロールベアラでも 90PS のトラクタはほぼ常時、稼働しているので機器 1 セットの 1 日当たり燃料使用量は以下ようになる。

$$20.7\text{L}/\text{h} \times 8\text{h}/\text{日} = 165.6\text{L}/\text{日}$$

3.2 trash 保管方法の検討

サトウキビ畑からロールベラで収集・運搬してきた trash は“ 3.7 バイオマス発電設備設計の見直し” で後述するが、最長で 36 日間の保管が必要になる。現在の計画ではロール状にした trash は野ざらしで保管することになっている。収穫期が終わった翌月の 4 月は比較的雨量が少ない暑期であるので、腐敗は少ないものと考えているが、実際にどの程度、腐敗が進むのかを実験することが望ましい。そこで、ロール状にした trash の圧縮度や季節・期間は違うものの、実際に trash が野ざらし状態でどの程度、腐敗するものかについて実験した。

trash の保管は以下の 3 ケースである。

- ・ロール状にした trash を野ざらしで保管する。ただし、ロールベラではかなりの圧力で trash をロール状にするが、今回の実験では人力でロール状にした違いはある。
- ・ロールベラで収集した後、ポリエチレン、ポリプロピレン等の材質でラッピングすることが可能であるが、嫌気性状態にすると腐敗はいつそう進むのかどうかを確認するために、ビニールシートで包んで保管する。
- ・収集した trash をそのまま地面に放置する。

なお、対象とした trash はサトウキビ畑から Cane とともに運び込まれた際に付着していたもので、Cane 収穫後、1 日程度経過したものである。これらの trash の状況は表 3.2-1 及び写真 3.2-1 に示す通りである。

表 3.2-1 実験した trash の量

trash の状態	重量(kg)	体積(m ³)	比重
1．ロール状	15	0.30	0.05
2．ロール状にしてビニールシートで包んだもの	20	0.16	0.13
3．自然放置	10	0.20	0.05



(a)



(b)



(c)

写真 3.2-1 保管実験用の trash 写真

- (a) ロール状
- (b) ロール+シート
- (c) 自然放置

trashの腐敗実験条件を表3.2-2に示す。これらについて現地で2週間にわたり観測した。

表3.2-2 trashの腐敗実験内容一覧表

項目	条件	備考
1. 期間	平成17年1月13~27日	
2. 場所	Rajburi Sugar Co., Ltd. 工場敷地	
3. 分析内容		
(1) 含水率	開始日と2週間後の2回のサンプル比較	炭素 / 窒素比
(2) 高位・低位発熱量		
(3) C/N比		
(4) 硝酸態窒素		
4. 付帯観測		
(1) 外見上の変化	開始日から1週間ごとに3回監視	
(2) 臭気		
(3) 天候	開始日から毎日3回(9時、13時、17時)	
(4) 気温		
(5) 湿度		
(6) 日降水量		開始日から毎日1回(9時)

実験結果をまとめると表 3.2-3 のようになる。現地での気象データや trash の状況については添付資料 7 に示す通りである。

表 3.2-3 trash の腐敗実験結果一覧表

	項 目	trash の状態	1 月 13 日	1 月 20 日	1 月 27 日(対 13 日増減)
分 析 結 果	(1) 含水率 (%)	ロール状	23.5	-	26.4 (+12%)
		ロール+シート		-	30.9 (+31%)
		自然放置		-	17.8 (-24%)
	(2) 高位発熱量 (kJ/kg)	ロール状	18,350	-	18,640 (+2%)
		ロール+シート		-	18,520 (+1%)
		自然放置		-	18,590 (+1%)
	(3) 低位発熱量 (kJ/kg)	ロール状	17,090	-	17,350 (+2%)
		ロール+シート		-	17,220 (+1%)
		自然放置		-	17,300 (+1%)
	(4) C/N 比	ロール状	68	-	89 (+31%)
		ロール+シート		-	65 (-4%)
		自然放置		-	90 (+32%)
	(5) 硝酸態窒素 (ng/kg)	ロール状	19	-	31 (+63%)
		ロール+シート		-	9.7 (-49%)
		自然放置		-	27 (+42%)
付 帯 観 測	(1) 外見上の変化	ロール状	変化なし	変化少々	変化少々
		ロール+シート	変化なし	変化なし	多少の変化
		自然放置	変化なし	変化少々	変化少々
	(2) 臭気	ロール状	若干あり	若干あり	若干あり
		ロール+シート	若干あり	若干あり	あり
		自然放置	若干あり	若干あり	若干あり
	(3) 天候	晴：11 日、晴のち曇：2 日、曇：2 日			
	(4) 気温	9 時：15 日間平均 26.4 (19~29)			
		13 時：15 日間平均 30.3 (20~34.5)			
		17 時：15 日間平均 29.2 (21~31.5)			
	(5) 湿度	9 時：15 日間平均 76% (61~90%)			
		13 時：15 日間平均 59.6% (41~91%)			
17 時：15 日間平均 62.7% (54~86%)					
(6) 日降水量	2.8mm/日が 1 日で他の 14 日間は降雨なし				

表 3.2-3 の結果から trash はロール状にした後、ラッピングすると水分率が高くなることがわかった。対象期間にはほとんど雨が降らなかったことから自然状態では乾燥が進むのに対して、ロール+シートでは通気が悪いためにビニールシートの中にもこもった湿気も trash が吸い込んだものと考えられる。熱量的にはほとんど変化がないが、ロールにして通気を遮ると水分率が高くなる分、

実際の燃料としては熱量的に価値が下がることになる。

また、C/N比は一般に有機物分解の指標として用いられ、分解が進むとC/N比は小さくなる。ロール+シートでは、水分率が高まったことと多少の臭気があったことから、若干の腐敗はあったもののC/N比の低下が少なかったことからその程度は小さいものと推定できる。硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) が減少したことから通気の悪い状態で $\text{NO}_3\text{-N}$ の酸素が消費され、 NO または NO_2 として抜けていったものと考えられるが、完全な嫌気性状態ではなかったため、腐敗状態にまでは至らなかったものと推定できる。

一方、ロール及び自然放置では、熱量の変化がほとんどなく、C/N比が高まり、硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) が増えていることから好気性状態の下でtrashのアミノ酸が酸化分解され、アンモニア態窒素 ($\text{NH}_3\text{-N}$) を経て硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) として大気中に抜けていったものと考えられる。このケースではまったく腐敗は見られなかった。

今回の実験に用いたロールは機械の圧力で巻いたものではないので、実際にはこれより通気性は悪いと考えられるが、少なくともタイのような熱帯気候で、降雨の少ない乾期ではビニール性の材質でラッピングすることは得策ではないようである。

現在、バガスで野積み状態にしても悪臭問題は起こっていないとのことから、高々1 ヶ月程度であれば trash も同様に積み上げることによって保管できると思われる。

以上のことから trash の保管はロール状に巻いた状態で袋づめにしないでそのまま積み上げ、写真 3.2-2 に示すようにバガス同様、ブルドーザで整地しながら野積みしていくものとする。



図 3.2-2 野積みされたバガスを整地するブルドーザ
(Rajburi 製糖工場敷地にあるバガスのストックヤードにて
平成 17 年 1 月 12 日撮影)

3.3 trash の利用率の検討

trash の利用率については昨年度にも検討したが、文献による簡易なものであったので、本年度は現地データを元にシミュレーションを行った。モデルはコロラド州立大学の W. J. Parton らによって開発された土壌有機物の長期動態（数十年から数百年）を予測するものである。

3.3.1 モデルの概要

近年の急速なコンピュータの発達やプログラム言語の普及により、農耕地生態系における有機物動態をシミュレートするモデルが多く開発されてきた。例えば Powlson ら (1996) や Smith ら (1997) によってその一部が紹介され、英国 Rothamsted 試験場を含む 7 地点の温帯耕地の長期連用試験圃場での実験値との整合性が評価されている。

これらのモデルの中には熱帯や森林生態系での評価も行われているものもあり、中でも以下に述べる CENTURY モデルは、その開発の初期から積極的に適用されてきている（添付資料 8）。

熱帯の農耕地生態系は一般にその高温・湿潤な気候により有機物の代謝回転が速く、また土壌が養分を保持しにくい性質を持つものが多いため、土地管理を誤ると急速に劣化する可能性が高い。そのため農地の適切な管理には、シミュレーションモデルによる事前評価が重要である。

trash を過剰に持ち出すことは圃場の肥沃度に影響を与えかねない。肥沃度の低下は将来的にサトウキビ収量、バイオマス量の低下を引き起こすことになる。そのため適正な trash 持ち出し量を把握するため、サトウキビ品種による収量の違いや灌漑の有無などが Rajburi 地域の土壌肥沃度を与える影響を考察した。土壌肥沃度の指標としてはサトウキビ収量及び土壌中の有機炭素、窒素を用いた。それらの 30 年間の変化から Rajburi 地域でサトウキビの安定した生産を長期にわたり維持しつつ、かつ土壌肥沃度を現状レベルに維持し得るような trash の持ち出し可能量はどの程度かを検討した。

3.3.2 モデルの特徴

使用した CENTURY モデルは、初めは温帯草地を対象地域としていたが (Parton et al. 1986)、その後、耕地、森林、サバンナへ適用範囲が拡大された。熱帯への適用も開発当初から盛んに行われている (Parton et al. 1989, Fernandes et al. 1997, Fernando 2004)。CENTURY モデルでは有機物の主要な構成成分である炭素だけでなく、窒素、リン、硫黄の動態もシミュレートでき、それら養分が不足しがちな熱帯地域では有効なモデルであるといえる。

3.3.3 モデルの構造

CENTURY モデルは、植物バイオマス生産サブモデル、水分状態サブモデル、土壌有機物動態サブモデルの 3 つのサブモデルを持っている。図 3.3-1 に示したように、植物バイオマスは地上部と地下部に分けられ、それぞれ Metabolic と Structural 画分に分けられる。土壌中の有機物は 3 つの画分 (Active, Slow, Passive) に分けられており、それぞれが固有の代謝回転速度を持っている (表 3.3-1)。代謝回転速度は主に温度・水分によって制限を受けるが、Structural 植物バイオマス画分ではリグニン/窒素比、Active 土壌有機物画分では土性にも影響を受けている (Smith et al. 1997)。

植物バイオマス生産サブモデルは、農耕地、森林、草地、サバンナの各生態系別に存在するが、農耕地生態系サブモデルは数多くの作物、品種に対応するように、月別最大可能生産量、温度に対する反応性、C/N 比、落葉時期、などの変数が用いられている。

本解析では、(<http://www.nrel.colostate.edu/projects/century5/T>)で配布されているCentury Model Interface ver.5 モデルプログラムを使用した。

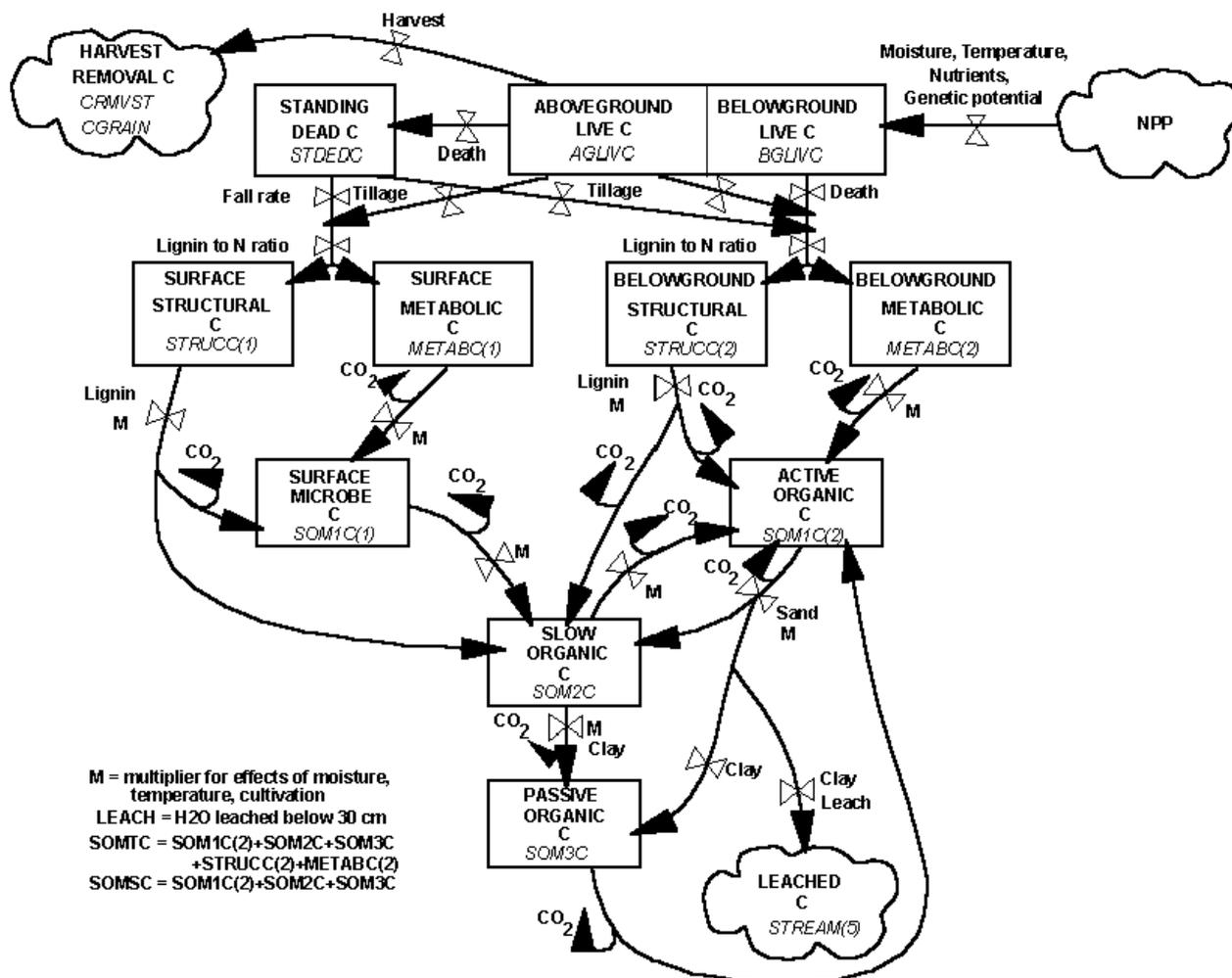


図 3.3-1 CENTURY モデルの構造と各有機物画分間の動態規定要因

表 3.3-1 CENTURY モデルにおける各有機物画分の最大代謝回転速度

有機物画分	最大代謝回転速度 (year ⁻¹)
植物バイオマス、Structural	4.9
植物バイオマス、Metabolic	14.8
土壌有機物、active (SOM1)	7.3
土壌有機物、slow (SOM2)	0.2
土壌有機物、passive (SOM3)	0.0045

(注) SOM : Soil Organic Matter

3.3.4 モデルの初期値設定

(1) 対象地域の気候条件

シミュレーションで使用する気象データには長期データ(過去10年間)が存在するSuphan Buriの気候条件を用いた。

Suphan Buri は、バンコクから北西約 170kmに位置し、乾季を持つ熱帯モンスーン気候に属している。表 3.3-2 に示すように、Suphan Buri の年平均気温は 28.2、年降水量は 1,013mmであり、降水量の年変動が大きくなっている。

CENTURY モデルでは月別の最高・最低気温、降水量が必須の変数となっている。解析では月別降水量の 10 年間の標準偏差と歪度から統計的なモデル気象をシミュレートした。

表 3.3-2 Suphan Buri の気候統計値

		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
気温	最高()	32.3	34.0	35.7	37.0	35.5	34.3	34.1	34.1	33.6	32.8	32.0	30.9	33.9
	最低()	20.9	22.5	24.3	25.8	25.8	25.3	25.3	25.1	24.9	24.5	22.7	20.4	24
	平均()	26.2	27.6	29.1	30.6	29.8	28.9	28.8	28.6	28.4	28.2	27.1	25.4	28.2
降水量	平均(mm)	3.2	5.0	25.5	61.9	124.9	92.9	99.0	92.6	237.6	166.7	43.9	6.1	1013
	標準偏差(mm)	5.8	10.0	33.9	49.7	53.7	49.4	65.3	46.1	74.5	80.5	54.2	13.3	246
	歪度	1.7	2.7	1.0	0.8	0.7	0.2	0.8	0.0	-1.5	0.0	1.9	2.4	0.26

(注) 歪度はデータ X_i の平均値を μ 、標準偏差を σ としたとき、次式で表される分布の偏り度を示す指標である。ただし、 E は期待値であり、データ数は 10 (年間) である。

$$E(X_i - \mu)^3 / \sigma^3$$

(2) サトウキビの作物季節と灌漑管理

モデルに組み込んだサトウキビは、新植するサトウキビを想定し、作期として 9 月に耕起、10 月に植え付け、そして約 10 ヶ月後の 7 月に収穫、そして 9 月と 1 月に 50kg/ha の N (窒素) 施肥、さらに 10 月、12 月、3 月にそれぞれ 1 回ずつ 50mm 分の灌漑を行うものと仮定している。この仮定は現地の実際の営農状況を反映させたものである。

(3) 土壌

対象地域の土壌特性値を表 3.3-3 に示す。対象地域の土壌はアメリカ土壌分類では Typic Dystrustepts に分類され、比較的砂質で有機物が少ないのが特徴である。モデルでは初期全有機物量の 2% を SCM (active 画分)、54% を $SCM2$ (slow 画分)、44% を $SCM3$ (passive 画分) に分けており、それらの割合を本土壌にあてはめ、 SCM : 49、 $SCM2$: 4,700、 $SCM3$: 2,300 (gC m²) と設定した。

モデルにおいては 50cm までの深さの土壌を炭素、窒素動態の考察対象とした。50cm に設定したのは、対象地域土壌の一般的な A 層(表 3.3-3 では (Ap+AB) の層)の厚さが 50cm であることと、タイ農業省の Dr. Prahan へのヒアリングによって現地サトウキビの根伸長がおおよそ 50cm まであるという情報に基づいている。

表 3.3-3 Suphan Buri の土壌特性値

層位	厚さ	仮比重	有機炭素	窒素	C/N比	炭素量	粘土	シルト	砂	CEC
cm	cm	kg L ⁻¹	%	%		gC m ⁻²	%	%	%	cmol(+) kg ⁻¹
26 Ap	26	1.63	0.58	0.05	11.6	2458	6	30	64	3.6
50 AB	24	1.59	0.49	0.04	12.3	1870	6.1	35.8	58.1	4.8
84 Bw1	34	1.58	0.25	0.02	12.5	1343	9.5	34.3	56.2	4.4
115 Bw2	31	1.57	0.25	0.02	12.5	1217	6.5	38.6	54.9	3.8
165 Bw3	50	1.59	0.14	0.01	14.0	1113	6.5	35	58.5	3.4

(注) CEC: 陽イオン交換容量

(4) サトウキビ収量と残渣投入量、および有機物の質

サトウキビを月別潜在可能生産量により高収量品種 (650gC m² month⁻¹) と低収量品種 (530gC m² month⁻¹) とに分け、それぞれについてシミュレーションを行った。潜在可能生産量とは作物が持つ理想的な条件下での光合成による有機物生産力、すなわち植物の持つ潜在的な炭酸固定能力を表している。CENTURYモデルではC4植物に対して潜在可能生産量の最大値として650gC m²が設定されており、またサトウキビの最大乾物生産量の文献値(D. J. Heinz et al. ed: Encyclopedia of Agricultural Science vol. 4 P. 225-)では530gC m²が用いられているためこれら2通りの値を採用した。ちなみに現地で収集した収量データから推測すると、Rajburi地域のサトウキビ収量には650gC m²がより近いものと思われる。

収量は地上部バイオマスの60%としている。すなわち砂糖生産のために畑から工場へ持ち出すサトウキビの部分が地上部全体のバイオマスの60%を占めると仮定した。今回のモデル内で用いた変数を表3.3-4に示す。シミュレーションは30年間の期間について行った。変数の略語の意味は添付資料9に記す通りである。

表 3. 3-4 CENTURY モデルに用いたサトウキビの作物変数

変数	高収量品種	低収量品種	変数	高収量品種	低収量品種
'PRDX(1)'	650	300	'FLIGNI(1,1)'	0.03	0.03
'PPDF(1)'	30	30	'FLIGNI(2,1)'	0	0
'PPDF(2)'	45	45	'FLIGNI(1,2)'	0.015	0.015
'PPDF(3)'	1	1	'FLIGNI(2,2)'	0	0
'PPDF(4)'	2.5	2.5	'HIMAX'	0.6	0.5
'BIOFLG'	0	0	'HIMSF'	0	0
'BIOK5'	1800	1800	'HIMON(1)'	2	2
'PLTMRF'	0.5	0.5	'HIMON(2)'	1	1
'FULCAN'	150	150	'EFRGRN(1)'	0.6	0.6
'FRTC(1)'	0.4	0.4	'EFRGRN(2)'	0.6	0.6
'FRTC(2)'	0.15	0.15	'EFRGRN(3)'	0.6	0.6
'FRTC(3)'	8	8	'VLOSSP'	0.04	0.04
'BIOMAX'	700	700	'FSDETH(1)'	0	0
'PRAMN(1,1)'	10	10	'FSDETH(2)'	0	0
'PRAMN(2,1)'	150	150	'FSDETH(3)'	0	0
'PRAMN(3,1)'	190	190	'FSDETH(4)'	1000	1000
'PRAMN(1,2)'	62.5	62.5	'FALLRT'	0.1	0.1
'PRAMN(2,2)'	150	150	'RDR'	0.05	0.05
'PRAMN(3,2)'	150	150	'RTDTMP'	2	2
'PRAMX(1,1)'	20	20	'CRPRTF(1)'	0	0
'PRAMX(2,1)'	230	230	'CRPRTF(2)'	0	0
'PRAMX(3,1)'	230	230	'CRPRTF(3)'	0	0
'PRAMX(1,2)'	125	125	'SNFXMX(1)'	0.05	0.05
'PRAMX(2,2)'	367	367	'DEL13C'	-15	-15
'PRAMX(3,2)'	230	230	'CO2IPR'	1	1
'PRBMN(1,1)'	60	60	'CO2ITR'	0.77	0.77
'PRBMN(2,1)'	350	350	'CO2ICE(1,1,1)'	1	1
'PRBMN(3,1)'	340	340	'CO2ICE(1,1,2)'	1	1
'PRBMN(1,2)'	0	0	'CO2ICE(1,1,3)'	1	1
'PRBMN(2,2)'	0	0	'CO2ICE(1,2,1)'	1	1
'PRBMN(3,2)'	0	0	'CO2ICE(1,2,2)'	1	1
'PRBMX(1,1)'	123	123	'CO2ICE(1,2,3)'	1	1
'PRBMX(2,1)'	591	591	'CO2IRS'	1	1
'PRBMX(3,1)'	420	420			
'PRBMX(1,2)'	0	0			
'PRBMX(2,2)'	0	0			
'PRBMX(3,2)'	0	0			

3.3.5 結果と考察

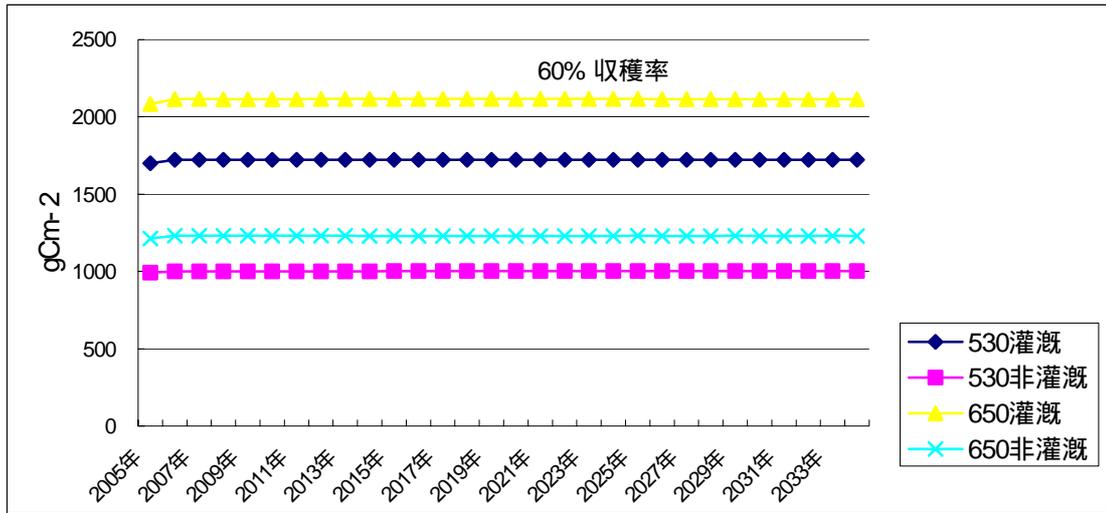
表 3.3-5 及び図 3.3-2 にサトウキビ収量のシミュレーション結果を示す。現在 Rajburi 地域では trash の利用は行わず、サトウキビの Cane 部分だけを収穫のために畑から持ち出しているが、ここで言う収穫率とは地上部の Cane 及び trash の両方を 1 バイオマスの収穫 z と言っている。このモデル設定では Cane 部分は地上部バイオマスの 60%としている。すなわち、収穫率 60%とは Cane 部分の全量を収穫し、trash は持ち出さない状態である。

収穫率 60%のサトウキビ収量を見てみると、灌漑ありで 15.4 t Rai^{-1} 、灌漑なしで 8.9 t Rai^{-1} というシミュレーション結果になっている。Rajburi 契約農家からのヒアリング結果は添付資料 10 に示す通りであるが、灌漑ありの 9 農家の平均 Cane 収穫量は 15.6 t Rai^{-1} 、灌漑なしの 4 農家では 9.6 t Rai^{-1} である。これらのヒアリング情報とシミュレーション結果を比較してみると、両者は近い数値を示しており、モデルによる推測がほぼ妥当であることを示している。潜在地上部生産量が 530 gC m^{-2} 、 650 gC m^{-2} とともに、灌漑のある地域が、灌漑のない地域に比べて、収量が 1.5 倍ほど高くなっているが、これも Rajburi 地域でのヒアリング内容と一致するものであり、モデルは灌漑の影響を良く反映させていると考えられる。

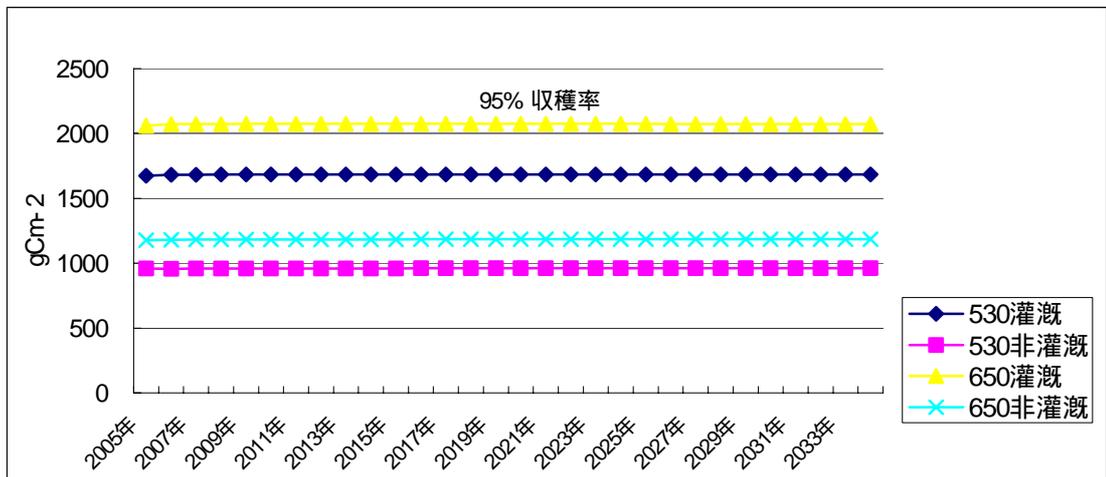
図 3.3-2 の結果からも明らかのように、現行の施業形態（ 50 kg/ha の施肥を年 2 回、灌漑を 50mm ずつ年 3 回）を続けていく限り、灌漑の有無や潜在地上部生産量あるいは収穫率の違いにかかわらず、いずれのケースでも 2 年目に若干の増加（1~2%）を示した後、サトウキビ収量は 30 年間でほとんど変化しないことがわかった。収穫率を 95%（trash 持ち出し率 = $(95\% - 60\%) / (100\% - 60\%) = 87.5\%$ ）としてもまったくサトウキビ収量に落ち込みは認められなかった。シミュレーションの結果によれば、trash をほとんど持ち出してもサトウキビの収量には顕著な影響を与えることはないという結論になった。このように、サトウキビの収量面からは trash の持ち出し率を制限する条件を見出すことは困難と思われる。

表3.3-5 潜在地上部生産量が 530 gC m^{-2} と 650 gC m^{-2} の時の地上部炭素量とサトウキビ収量（生重）

	収穫率	潜在地上部生産量= 530 gC m^{-2}			潜在地上部生産量= 650 gC m^{-2}		
		地上部バイオマス炭素量 tC ha ⁻¹	サトウキビ収量（生重） t ha ⁻¹	サトウキビ収量（生重） t rai ⁻¹	地上部バイオマス炭素量 tC ha ⁻¹	サトウキビ収量（生重） t ha ⁻¹	サトウキビ収量（生重） t rai ⁻¹
灌漑あり	60%	17.2	78.3	12.5	21.2	96.1	15.4
	80%	17.1	103.9	16.6	21.0	127.5	20.4
	95%	16.8	121.1	19.4	20.7	149.2	23.9
灌漑なし	60%	10.0	45.5	7.3	12.3	55.9	8.9
	80%	9.9	60.2	9.6	12.2	74.1	11.9
	95%	9.6	69.2	11.1	11.8	85.2	13.6



(a) 収穫率 60% (Cane 部分のみ全量持ち出し) のケース



(b) 収穫率 95% (Cane 部分の全量 + trash87.5%持ち出し) のケース

図 3. 3-2 サトウキビ収量の経年変化

次に、trashの持ち出しが土壌中の炭素量、窒素量に与える影響をシミュレーションした。

図 3. 3-3~4 及び表 3. 3-6~8 に trash 持ち出し率に対する 30 年後の土壌炭素量と土壌窒素量の増減率を示す。土壌炭素量の減少には Slow画分 (SOM2) の減少による寄与が大きく、この画分は土壌の養分供給だけでなく、土壌構造、透水性などの土壌物理性などにも重要であるだけに、Slow画分の急激な減少など、その動態には注意が必要である。

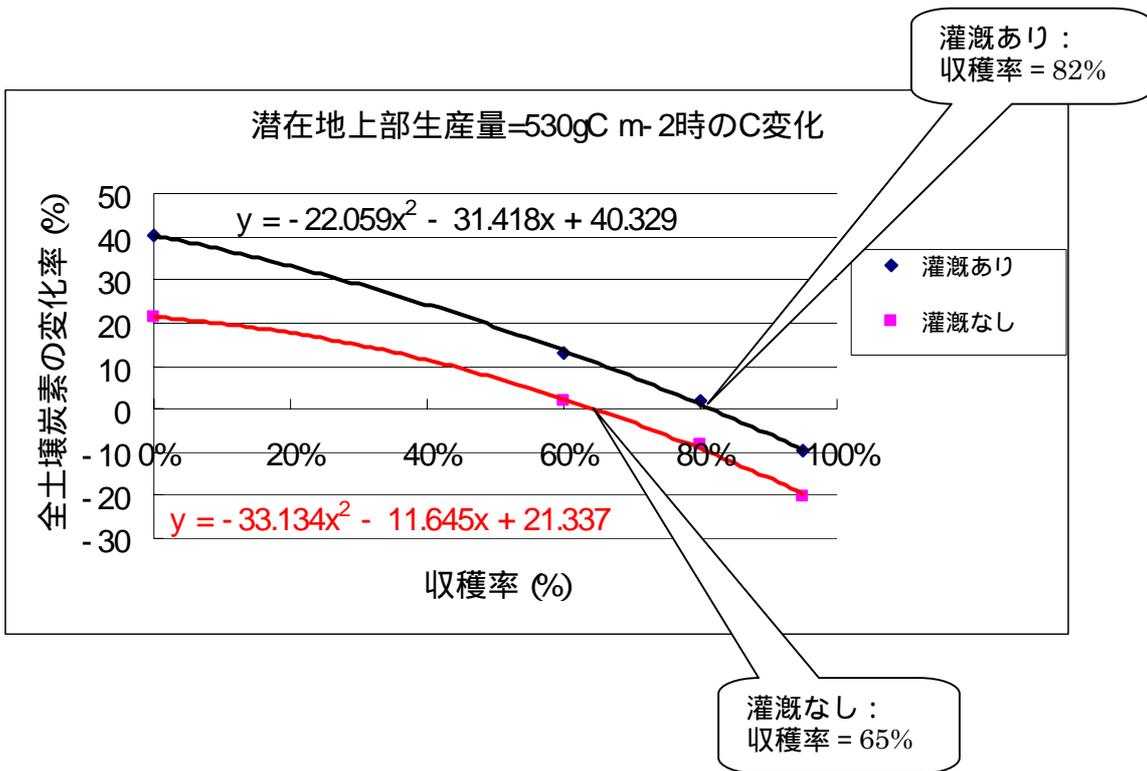
図 3. 3-3~4 において、現在の有機物量レベルが維持できるtrashの持ち出し限界率は、土壌炭素の増減が 0%になる値を求めることによって得られる。すなわち、1灌漑あり zの地区で高収量品種 (潜在地上部生産量 = 650gCm²) なら 96%までCane+trashを収穫しても土壌中の炭素は 30 年間で現状維持できることがわかった (図 3. 3-4(a) の灌漑あり参照)。これはすなわち、trashの持ち出し率としては(96%- 60%)/(100%- 60%) = 90%になる(表 3. 3-8 参照)。同様に 1灌漑なしの地区ならtrash持ち出し率として 45%。低収量品種 (潜在地上部生産量 = 530gCm²) で 1灌漑あり zな 55%。1灌漑なし zなら 13%しか持ち出せないという結果になった (図 3. 3-3~4 の(a) 及び表 3. 3-8 参照)。土壌窒素についても同様に図 3. 3-3~4 の(b) 及び表 3. 3-8 に示す通りであるが、土壌炭素よりtrashの持ち出しによる影響はいずれのケースも少ない。したがって、trashの持ち出し限界率は土壌炭素で決めることとする。

さて、サトウキビの苗は高収量品種では収量も多い反面、購入価格も高い。できるだけコストを抑えたい農家にとっては灌漑設備のある地域ではそれだけで収量が多いことと水購入代が掛かることから、低収量品種を植える農家が多い。そこで、1灌漑あり zの地区ではtrashの持ち出し限界率は 530gCm²の 55%(= 約 50%) とする。1灌漑なし zの地区では高収量品種を選ぶか低収量にするかは農家の考え次第であり、一概に決められないので両品種の平均とし、(13%+ 45%)/2 = 29%(= 約 30%) とする。

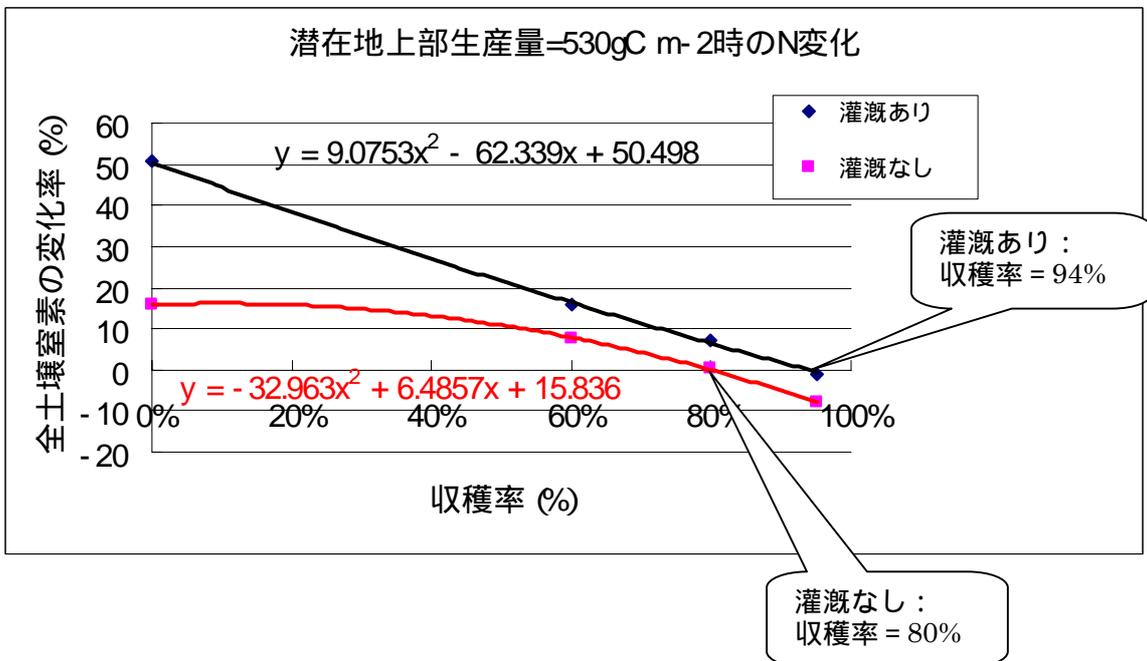
以上のことから、trashの持ち出し可能率は灌漑区で 50%、非灌漑区で 30%とする。

表3.3-6 土壌炭素量 (gC m⁻²)の30年後の変化率

Cane+trash 収穫率(%)	潜在地上 部生産量 (gCm ⁻²)	灌漑、非 灌漑区分	有機物画分別の土壌炭素量			
			SOM1	SOM2	SOM3	Total(SOM1+2+3+Litter)
0%収穫	530	灌漑	105.9	99.8	5.7	40.4
		非灌漑	20.4	36.3	0.6	21.4
	650	灌漑	134.1	142.2	9.2	52.8
		非灌漑	26.5	67.1	2.4	35.7
60%収穫	530	灌漑	10.6	23.9	0.3	13.0
		非灌漑	9.4	0.2	-1.6	1.8
	650	灌漑	15.0	51.3	2.7	25.9
		非灌漑	13.5	9.9	-0.5	7.4
80%収穫	530	灌漑	5.2	1.9	-1.3	2.0
		非灌漑	1.2	-17.9	-2.6	-8.2
	650	灌漑	9.4	24.4	0.8	13.3
		非灌漑	8.3	0.7	-1.4	1.9
95%収穫	530	灌漑	-1.6	-19.8	-3.2	-9.9
		非灌漑	-11.3	-38.1	-4.1	-20.1
	650	灌漑	3.8	-0.7	-1.2	0.4
		非灌漑	-2.7	-23.0	-2.9	-11.5

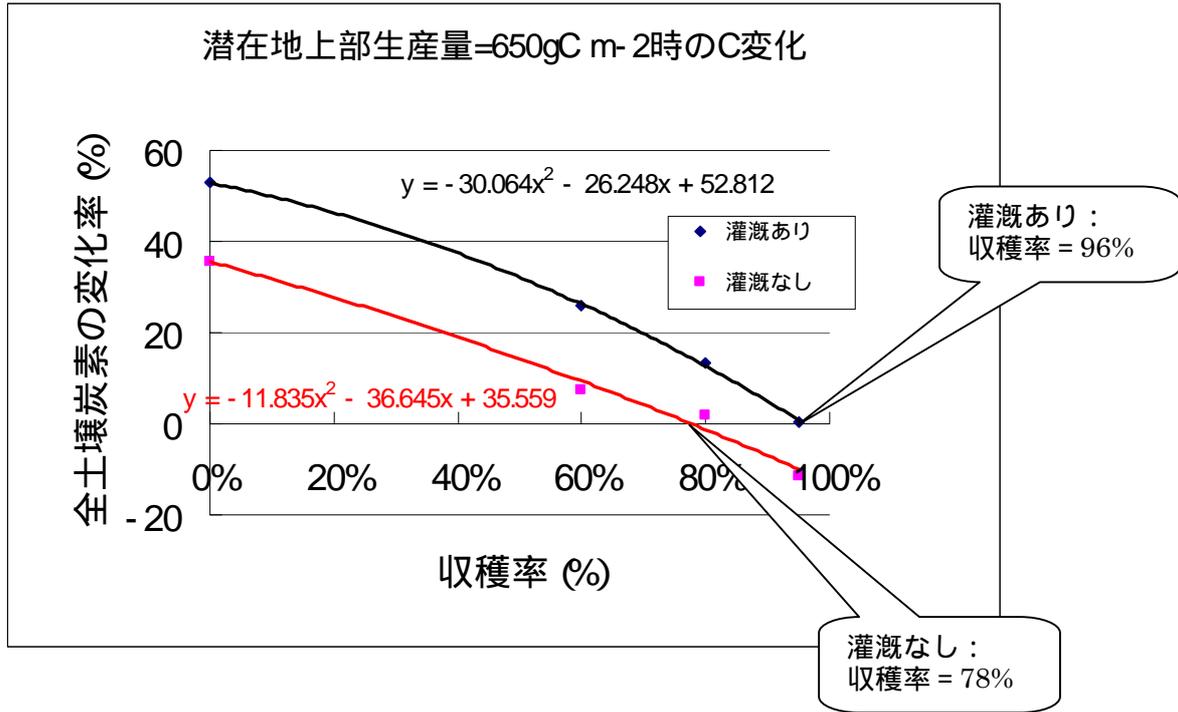


(a) 土壌炭素量変化 (x : Cane+trash の収穫率(%), y : 土壌炭素量の変化率(%))

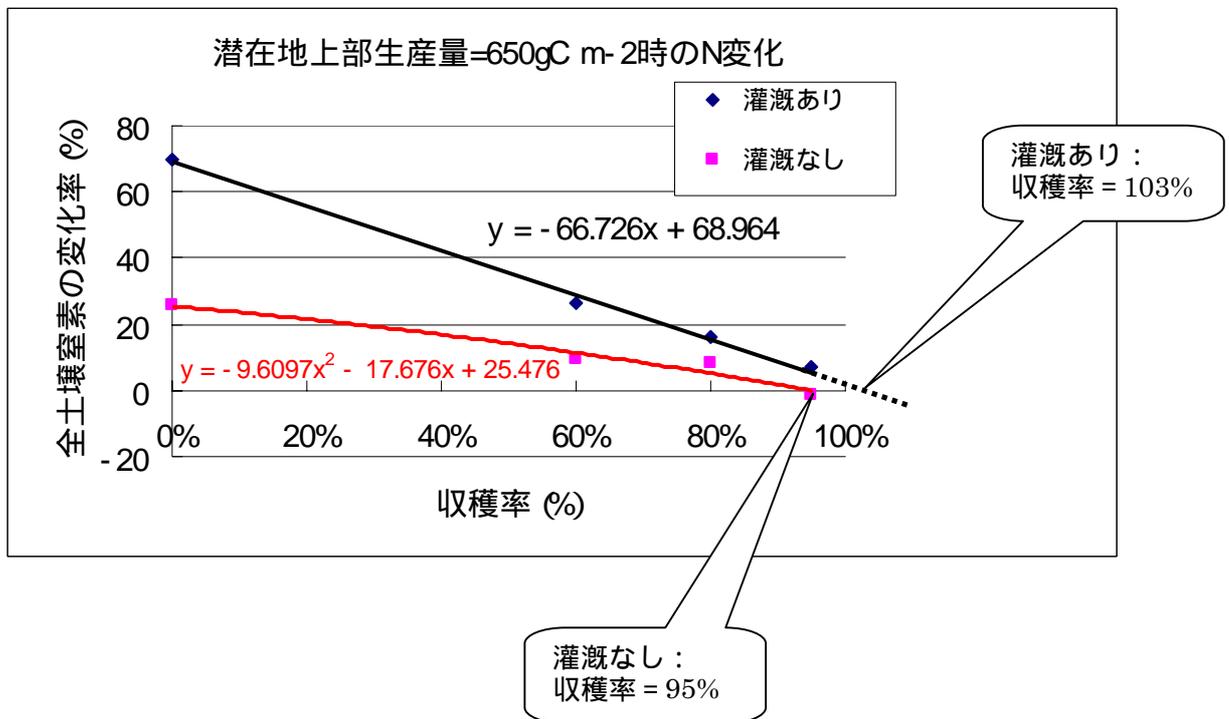


(b) 土壌窒素量変化 (x : Cane+trash の収穫率(%), y : 土壌窒素量の変化率(%))

図 3.3-3 低収量品種の 30 年後における収穫率と土壌成分変化率の関係図



(a) 土壌炭素量変化 (x : Cane+trash の収穫率(%), y : 土壌炭素量の変化率(%))



(b) 土壌窒素量変化 (x : Cane+trash の収穫率(%), y : 土壌窒素量の変化率(%))

図 3.3-4 高収量品種の 30 年後における収穫率と土壌成分変化率の関係図

表3. 3-7 地上部バイオマスの持ち出しが与える30年後の土壤炭素及び土壤窒素の変化推定結果

(初年度に対する割合(%))

潜在地上部生産量=530gC m ²	土壤全炭素量の変化率(%)				土壤全窒素量の変化率(%)				土壤炭素の減少がない収穫限界率	土壤窒素の減少がない収穫限界率
	0%	60%	80%	95%	0%	60%	80%	95%		
収穫率(地上部に対する割合)										
灌漑あり	40.4	13.0	2.0	-9.9	50.5	15.8	7.4	-1.0	82%	94%
灌漑なし	21.4	1.8	-8.2	-20.1	15.9	7.6	0.4	-8.0	65%	80%

潜在地上部生産量=650gC m ²	土壤全炭素量の変化率(%)				土壤全窒素量の変化率(%)				土壤炭素減少がない収穫限界率	土壤窒素減少がない収穫限界率
	0%	60%	80%	95%	0%	60%	80%	80%		
収穫率(地上部に対する割合)										
灌漑あり	52.8	25.9	13.3	0.4	69.9	26.3	16.0	6.9	96%	103%
灌漑なし	35.7	7.4	1.9	-11.5	25.6	9.8	8.1	-1.4	78%	95%

(注) z土壤炭素(あるいは土壤窒素)の減少がない収穫限界率 zとは 0年間にわたり土壤中の炭素(あるいは窒素)を減少させることなく維持できる地上部バイオマス収穫率 zを意味する。

表3. 3-8 土壤炭素および土壤窒素の変化から推定されるtrash持ち出し可能性

潜在地上部生産量=530gC m ²	trash持ち出し可能性(残渣回収率)	
	土壤炭素	土壤窒素
灌漑あり	55%	90%
灌漑なし	13%	45%

潜在地上部生産量=650gC m ²	trash持ち出し可能性(残渣回収率)	
	土壤炭素	土壤窒素
灌漑あり	90%	108%
灌漑なし	45%	88%

(注) 本表の結果は表3. 3-7で得られた z30年間にわたり土壤中の炭素あるいは窒素を減少させることなく維持できる地上部バイオマスの収穫率 zを用いて trashの持ち出し可能性(残渣回収率) zを求めたものである。

参考文献

Fernandes et al. (1997) Management control of soil organic matter dynamics in tropical land-use systems. *Geoderma* 79 49-67

Fernando et al. (2004) Simulating trends in soil organic carbon of an Acrisol under no-tillage and disc-plow systems using the Century model. *Geoderma* 120 283-295

Parton et al. (1998) Modeling soil organic matter dynamics in tropical soils *in* Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Ed) D.C. Coleman et al.

Powison, D.S., P. Smith, J. U. Smith ed). (1996) Evaluation of soil organic matter models.

Smith P. et al. (1997) A comparison of the performance of nine soil organic matter models using datasets from seven long-term experiments. *Geoderma* 81. 153-225

3.4 ライスハスクの購入価格

3.4.1 昨年度の価格設定

本プロジェクトでは trash を使い切った残りの 207 日間はライスハスクを購入してバイオマス発電を継続する計画である。昨年度の調査でもライスハスクの売買価格は 800～900Baht/t であるとの情報を得ていたが、以下のような理由でライスハスクの購入価格を 400Baht/t として設定した。

- ・ライスハスクとバガスの熱量を単位重量で比較した場合、ライスハスクはバガスの 1.911 倍である。バガスの売買価格が 200Baht/t であることを参考に、燃料としての価値を熱量比例で算定すれば $200\text{Baht/t} \times 1.911 = 382\text{Baht/t}$ となり、400Baht/t 程度が本来の妥当な価格と考えられる。
- ・現在は籾殻発電等によるライスハスクの需要過多の状況を反映して価格が急騰しているが、将来的にはリーズナブルな価格に落ち着く可能性は十分考えられる。
- ・ここ数年の急騰以前は、実際に 400Baht/t で取引されていた実績がある。

以上のような想定の下に昨年度は 400Baht/t でプロジェクト収支を試算したが、希望的な価格設定ではプロジェクトの開始はできない。そこで、今年度はこのライスハスクの価格見通しについて詳細に調査した。

3.4.2 ライスハスクの需要状況

(1) タイの米生産量

タイにおける主要な農作物は米であり、作付面積は国土の約 20%を占めている。タイ中央部のように、灌漑設備が整備された地域では二期作が可能であり、三期作が行われているところも一部にはある。

通常の一期作(雨季作)は、天水を利用して雨季初期の 6 月に播種、または移植され、乾季初期の 11 月以降に収穫される。一期作米の収穫量は、籾ベースで 1,800～2,100 万トンである。二期作(乾季作)は 2 月に始まって 5 月に終わり、収量は籾ベースで 400～600 万トン程度である。1999～2002 年の一期作と二期作を合わせた総生産量は、表 3.4-1 に示すように 2,300～2,700 万トンで推移しており、平均では年間 2,513 万トンとなっている。このうち、約 60%が国内で消費され、残る約 40%から種子用及び備蓄用を差し引いたものは輸出に回される。タイの輸出量は 600～700 万トン(精米換算)で、全世界の米輸出の約 3 割を占める世界最大の米輸出国である。

表 3.4-1 タイ全土の米生産量表

作物年度	作付面積 (Rai)	生産量 (トン)	Rai 当り収量 (Kg)
1999年	61,088,084	23,351,219	382
2000年	60,716,670	24,944,112	411
2001年	63,624,366	26,954,067	424
2002年	59,204,608	25,255,427	427
平均	61,158,432	25,126,206	411

出典：Office of Agricultural Economics, Ministry of Agriculture and Cooperatives

(2) プロジェクトサイト近郊の米生産量

プロジェクトサイトのある Ratchaburi 県は、タイ中央部の南西に位置している。タイ中央部 19 県の米の総生産量は、表 3.4-2 に示す通り 600～700 万トンで推移しており、1999～2002 年の 4 年間の平均ではタイ全体の生産量の約 27%を占めている。

タイ中央部の稲作の特徴は、整備された灌漑設備を利用した二期作(乾季作)が盛んなことにある。2002 年を例にとると、タイ全土の年間生産量は約 2,525 万トンだが、一期作米は約 1,963 万トン(年間生産量の約 78%)、二期作米は約 562 万トン(同約 22%)となっている。これに対して、タイ中央部の 2002 年の年間生産量は約 722 万トンで、このうち、二期作米は約 331 万トンと年間生産量の約 45%に達する。このことは他の地域でライスハスクの供給量が減る乾季であっても、タイ中央部では相当量のライスハスクの供給が期待出来ることを意味している。

表 3.4-2 タイ中央部の米生産量表

県名	年度別生産量 (トン)				
	1999年	2000年	2001年	2002年	平均
Uthai Thani	242,114	318,576	325,323	275,157	290,293
Chainat	755,762	782,760	916,290	1,001,971	864,196
Sing Buri	311,568	431,499	411,808	434,917	397,448
Lop Buri	385,854	402,678	491,069	456,782	434,096
Sara Buri	170,915	202,621	226,612	281,786	220,484
Ang Thong	241,757	362,634	443,652	429,369	369,353
Suphan Buri	1,378,639	1,249,246	1,369,843	1,411,101	1,352,207
Ayutthaya	602,162	646,330	804,765	804,638	714,474
Kanchanaburi	223,196	217,142	233,641	237,281	227,815
Nakhon Pathom	457,391	439,164	444,017	443,275	445,962
Nontaburi	170,015	160,239	176,540	153,839	165,158
Pathum Thani	426,713	383,728	424,267	463,557	424,566
Pranakhon (Bangkok)	86,845	114,396	146,504	149,753	124,375
Samut Sakhon	27,815	23,576	20,142	17,548	22,270
Samut Prakarn	67,472	47,046	64,160	51,869	57,637
Samut Songkhram	3,125	4,584	3,661	2,200	3,393
Ratchaburi	296,265	280,015	308,327	335,385	304,998
Phetchaburi	218,740	274,201	277,183	229,149	249,818
Prachuap Khiri Khan	19,917	29,938	35,733	41,895	31,871
合計	6,086,265	6,370,373	7,123,537	7,221,472	6,700,414

出典：Office of Agricultural Economics, Ministry of Agriculture and Cooperatives

(3) ライスハスクの供給量

タイ農業協同組合省農業経済局から聴取したところでは、ライスハスクの発生量に関しては、公表された統計資料は存在しておらず、正確な数値を把握することは困難とのことである。しかしながら、農業経済局によれば、ライスハスクは重量比で籾の総重量の約23～26%を占めており、ライスハスクの発生量を推測する事は可能である。

すなわち、2002年のタイ全土の米生産量が約2,525万トンであることから、少なくとも約580万トンのライスハスクが発生したと推測される(2,525万トン×23% = 580万トン)。1999年～2002年の4年間では年間530～620万トンのライスハスクが発生し、4年間の平均では約578万トンとなる。

プロジェクトサイトのあるRatchaburi県単体で見ると、1999～2002年の4年間で64,000～77,000トンのライスハスクが発生し、4年間平均では約70,000トンに過ぎないが、タイ中央部19県の合計では1999～2002年の4年間で140～166万トン、平均で年間約154万トンのライスハスクが発生しており、Ratchaburi県の近隣県を含めれば、ライスハスクの供給量は豊富に存在していると考えられる。

表 3.4-3 タイのライスハスク発生量の推定表

地域	年度別発生量 (トン)									
	1999年		2000年		2001年		2002年		平均	
タイ全体	乾季	997,177	乾季	1,185,821	乾季	1,392,767	乾季	1,293,567	乾季	1,217,333
	雨季	4,373,604	雨季	4,551,325	雨季	4,806,668	雨季	4,515,181	雨季	4,561,695
	通年	5,370,781	通年	5,737,146	通年	6,199,435	通年	5,808,748	通年	5,779,028
中央部	乾季	524,758	乾季	614,663	乾季	710,023	乾季	762,053	乾季	652,874
	雨季	875,083	雨季	850,523	雨季	928,390	雨季	898,885	雨季	888,220
	通年	1,399,841	通年	1,465,186	通年	1,638,413	通年	1,660,938	通年	1,541,094
Ratchaburi県	乾季	28,458	乾季	23,107	乾季	29,682	乾季	38,301	乾季	29,887
	雨季	39,683	雨季	41,296	雨季	41,233	雨季	38,838	雨季	40,263
	通年	68,141	通年	64,403	通年	70,915	通年	77,139	通年	70,150

(注) 本表の数値は、Office of Agricultural Economics の米生産量統計をベースにした推定値である。

(4) ライスハスクの需要量

従来、タイでは発生したライスハスクの70%程度は投棄されたり野積みになっており、残る30%程度しか利用されていなかった。主な利用方法は、精米所及び工場の動力源や稲の乾燥用の蒸気製造用及び家庭用燃料が25%程度、レンガ製造用燃料が1～2%程度、養鶏場の敷材用が1～2%程度などであった。

しかしながら、1992年に施行されたエネルギー保護促進法に基づき、発電公社(EGAT)がSPPから電力を積極的に購入する方針を発表して以降、ライスハスクを燃料の一部に利用するSPPが設立され、最近ではライスハスクの需要が高まっている。

エネルギー省エネルギー政策計画局(EPP0/Energy Policy and Planning Office)によれば、2004年11月現在で、ライスハスクを燃料として使用しているSPPは15箇所(13社)あり、その内4箇所がタイ中央部に位置している。

SPP各社から個別に聴取した発電量ベースでのライスハスク利用率と、そこから計算したライスハスクの年間使用量を表3.4-4にまとめた。年間使用量については、プラントの稼働率を100%とし、発電に必要なライスハスクの量を9,800トン/MWとして計算している。実際には、プラント稼働率は85~90%程度と推定されるが、本プロジェクト実施に必要なライスハスクの供給量を想定する意味で、あえて保守的に計算した。

表 3.4-4 SPP で利用されていると想定されるライスハスク量

	会社名	所在県	発電能力 (MW)	ライスハスク 利用率	ライスハスク 年間使用量 (トン)
1	Thai Power Supply (1)	Chachengsao	47.4	45%	209,034
2	Thai Power Supply (2)	Chachengsao	10.4	45%	45,864
3	PRG Agriculture	Pathumthani	9.0	85%	74,970
4	Bio-Mass Power	Chainat	6.0	15%	8,820
5	Roi-At Green	Roi-At	9.9	40%	38,808
6	Satuk Bio-Mass	Burirum	9.8	20%	19,208
7	Thai Power Supply (3)	Chachengsao	3.0	45%	13,230
8	A.T. Bio Energy	Pichit	22.5	35%	77,175
9	Phukhaew Bio Power	Chaiyaphoom	56.9	15%	83,643
10	Bua Yai Bio Power	Korat	73.0	20%	143,080
11	Chonnabot Power	Lop Buri	18.0	30%	52,920
12	U-Thong Bio-Mass	Suphan Buri	6.0	25%	14,700
13	Thai Seri Engineering	Kamphaengpet	6.0	20%	11,760
14	Advance Bio Power	Burirum	9.8	35%	33,614
15	Mitpol Sugar	Suphan Buri	40.0	30%	117,600
合計			327.7		944,426

(注) 本表は、EPP0より入手したSPPの概要データをベースに、SPP各社よりヒアリングしたライスハスク利用率を用いて、ライスハスクの年間使用量を算出したものである。

SPP 15箇所のライスハスクの平均利用率は約30%で、ライスハスクの想定年間使用量は約94万トンである。これは、2002年にタイ全土で発生したライスハスク約580万トンの約16%に相当する。

タイ中央部には、Pathumthani県のPRG Agriculture社、Chainat県のBio-Mass Power社、Lop Buri県のChonnabot Power社、Suphan Buri県のU-Thong Bio-Mass社、同じくSuphan Buri県のMitpol Sugar社の合計5社のSPPがある。これら5社の総発電能力は79.0MWで、ライスハスクの想定年間使用量は約27万トンとなり、これは2002年にタイ中央部で発生したライスハスク約166万トンの約16%に相当する。

前述の通り、従来のライスハスクの利用率は30%程度であり、それにSPPによる発電用の需要を加えても、全ライスハスク発生量の50%程度は依然として投棄あるいは焼却処分されている計算になり、新規需要が発生しても十分な供給量は存在すると考えられる。

本プロジェクトで想定している、ライスハスクの必要量は“3.7 バイオマス発電設備設計の見直し”で後述するように、年間64,300トンであることからRatchaburi県内のライスハスクだけで供給を賅うには、同県内のライスハスクの大部分を確保しなくてはならないことになってしまう。しかしながら、タイ中央部全体で見れば、ライスハスクの年間発生量が140万トン以上あり、その半分の70万トンが新規供給に回せる可能性を考慮すれば、プロジェクト実施に必要なライスハスク量を確保することは十分可能であると考えられる。

3.4.3 ライスハスクの価格動向

(1) 現状

Rice Mill Association によれば、ライスハスクの主な需要家は、前項で述べた通り、これまではライスハスクをそのまま焼却して燃料として使用する精米所、工場及びレンガ製造業者、または敷材として利用する養鶏場などであり、需要はライスハスク発生量の約 30%程度であった。

精米所の場合は、自社の精米所で発生したライスハスクをそのまま燃料として用いるため、購入価格はゼロである。これに対して、精米所以外の工場やレンガ製造業者、及び養鶏場の場合は、他所の精米所からライスハスクを買い付ける必要があり、過去 5 年間の調達コストは 350 ~ 500Baht/t で推移していた。

ところが、最近では SPP がライスハスクを燃料として使用する発電所を建設し、ライスハスクを大量に買い付け始めたことから価格が上昇しており、Rice Mill Association によれば、現在の価格レベルは 700Baht/t 前後に急騰している。

SPP 全体が買い付けているライスハスクの量は、ライスハスク発生量の約 16%程度と推定できるため、SPP が買い付けを行ったとしても、ライスハスク発生量の 50%以上は依然として投棄または焼却処分されていると考えられる。半数以上のライスハスクが使用されずに投棄・焼却されているにもかかわらず価格が上昇している背景としては以下のようなことが考えられる。

- ・タイにはライスハスクの専門流通業者が存在していないため、需要家は個別に精米所とライスハスクの調達に関する交渉を行わなければならない。
- ・大部分の精米所は規模が小さく、大量買い付けに対応するだけの量を供給できる精米所の数が限られている。
- ・そうした一部の大規模精米所に多くの需要家が集まっていることが、現在の価格の急騰を招いているものと考えられる。

SPP の中でも、精米所を本業としている企業や、自社のグループ会社に精米所を有しているような企業の場合は、長期的に安定した価格での調達を確保している。実際、直接 SPP にライスハスクの購入価格のヒアリングを試みたところ、情報開示に応じた Thai Power Supply 社及び PRG Agriculture 社の購入価格は、いずれも 400 ~ 500Baht/t と安定しているが、両社は精米所を関係会社に持っており、当該精米所と長期的な買い付け契約を締結しているためと考えられる。

(2) ライスハスクの価格見通し

Thai Rice Mill Association では、ライスハスクの広汎かつ効率的な流通システム(収集/運搬など)が確立されなければ、ライスハスクの供給は、引き続き特定の精米所に依存せざるを得ず、ライスハスクの価格は徐々に上昇していくと見ており、800 ~ 1,000Baht/t になる可能性もあるとしている。

Thai Power Supply 社及び PRG Agriculture 社でも、今後米の生産量が少なくライスハスクの発生量が少ない年が出てくれば、自社グループ以外の精米所からライスハスクを購入しなければならなくなり、その場合は現在の購入価格を維持出来ないと考えている。

両社では、将来的に他所の精米所から購入する場合は、700 ~ 1,000Baht/t 程度になると推測している。

3.4.4 ライスハスクの価格設定

以上のように、現状では700Baht/tであるが、将来的には700~1,000Baht/t程度の価格を予想せざるを得ない状況であることがわかった。需要の増大に合わせてライスハスクの流通システムも整備されていくと思われるが、それを期待して400Baht/tでプロジェクトの採算性を算出するのには無理がある。

したがって、本プロジェクトのライスハスクの購入価格は700~1,000Baht/tの中央値である850Baht/tとする。

一方、ライスハスクの購入先はRajburi Sugar Co., Ltd.になるべく近い精米工場とし、表3.4-5及び図3.4-1に示すように同社から100km圏内を想定している。

運搬距離は平均100kmとし、運搬費として60Baht/t(バガスの運搬費を準用)を加算して最終的なライスハスクの購入価格は910Baht/tと設定する。

表 3.4-5 ライスハスク購入先候補地域表

対象県名	米生産高 (t/年)	ライスハスク量 (t/年)
Ang Thong	369,353	84,951
Suphan Buri	1,352,207	311,008
Ayutthaya	714,474	164,329
Kanchanaburi	227,815	52,397
Nakhon Pathom	445,962	102,571
Nontaburi	165,158	37,986
Pathum Thani	424,566	97,650
Pranakhon (Bangkok)	124,375	28,606
Samut Sakhon	22,270	5,122
Samut Prakarn	57,637	13,257
Samut Songkhram	3,393	780
Ratchaburi	304,998	70,150
Phetchaburi	249,818	57,458
合計	4,462,026	1,026,265

(注) ライスハスク量は米生産高×23%で求めた。

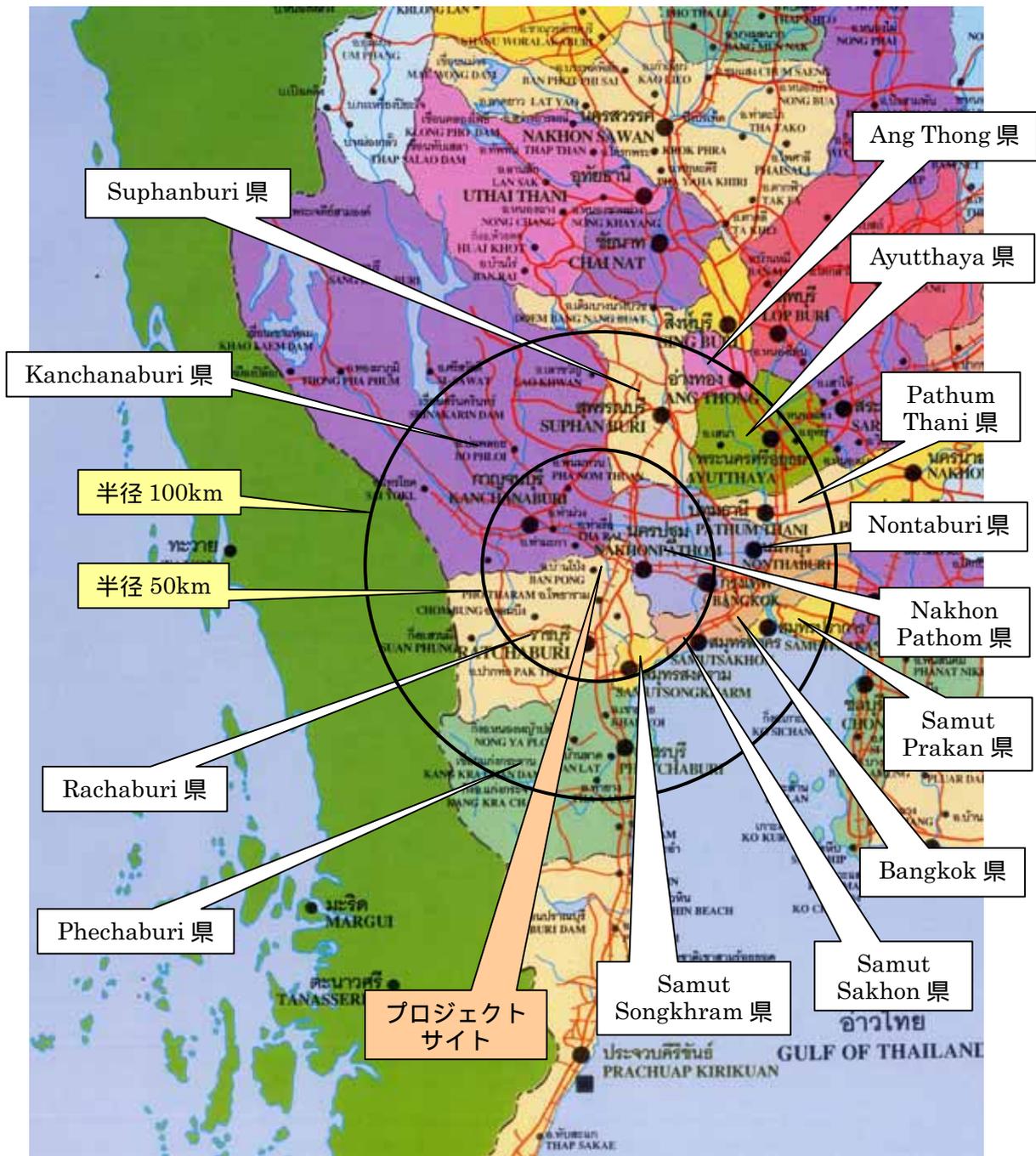


図 3.4-1 プロジェクトサイトと近隣県の位置関係地図

3.5 ライスハスクの灰の売却額調査

本プロジェクトではライスハスクの燃焼灰を売却し、副収入を得ることによって事業収益を改善することを検討している。

ライスハスクを焼却すると、重量にしてライスハスクの19%程度の灰が生成される(昨年度報告書の添付資料参照)。ライスハスクの焼却灰は、製鉄の過程で不純物を吸着させて取り除いたり、セメントに混合してその強度を高めるために用いられるなど再利用が可能である。

また、ライスハスクの焼却灰には、二酸化ケイ素(SiO_2 /通称シリカ)が豊富に含まれることから、シリコン原料などの用途も可能性として考えられるが、現在のところ、タイではそうした分野への利用は図られていないようである。

Thai Cane and Sugar Co., Ltd. 及び Thai Rice Mill Association からの情報によると、ライスハスクの燃焼灰の売却価格については以下の通りである。

- ・灰の価格は質によって変わる。バンコク港での FOB price (本船渡し値段) は、高品質なもので US\$130/t、低品質なもので US\$100/t である。
- ・質とはシリカの量のことで、シリカの量が増えれば価格は上がる。
- ・売却するには完全燃焼する必要がある。

また、SPP 各社からのヒアリングの結果、13社の内、少なくとも Thai Power Supply 社と Phukhaew Bio Power 社の2社はライスハスクの焼却灰を販売していることが判明しており、本プロジェクトを実施するに際して、プロジェクトの採算性を向上させるためにライスハスクの焼却灰を販売することは十分可能と考えられる。

両社とも主な販売先は韓国と台湾の製鉄所で、焼却灰をコンテナに詰めて輸出している。Thai Power Supply 社によれば、販売価格は FOB ベースで 4,000Baht/t (= US\$103/t) 以上、Phukhaew Bio Power 社の場合は 4,000~5,000Baht/t (= US\$103~129/t) である。

以上の情報を総合的に勘案し、ライスハスクの燃焼灰の売却価格は US\$100/t と設定する。

3.6 アルコール工場の概略設計

3.6.1 タイのエタノール事情

本プロジェクトでは熱の有効利用を図るため、図 3.6-1 に示すように、発電用蒸気（具体的には吸い込みファンを駆動させるためのタービンに用いた 7t/h の蒸気）とバイオマス発電で得られた電力の一部である 0.36MW をアルコール工場に供給する計画を立てている。ただし、アルコール工場については現在では存在しないが、新たに誘致することを前提としていた。

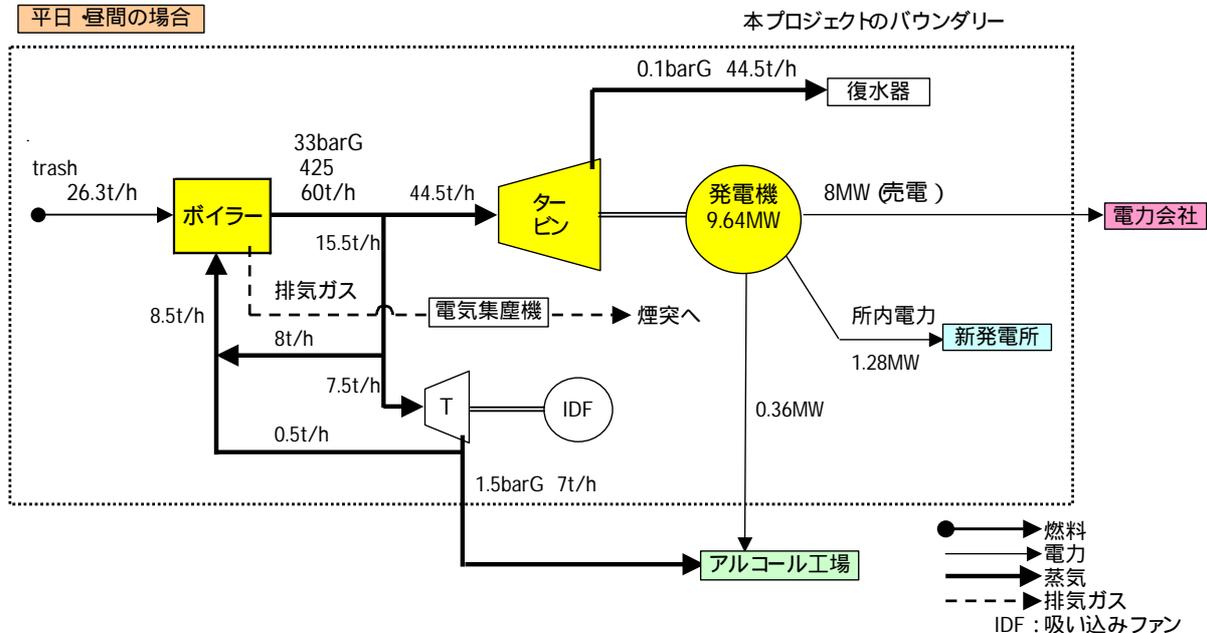


図 3.6-1 本プロジェクトのシステム概要図（案）

ところが今般、Rajburi Sugar Co., Ltd. の話によると、タイ国政府はエネルギー政策の一環としてガソリンに混ぜるエタノールを複数の製糖工場等に製造させる方針を打ち出し、同社にも申し入れがあったとのことである。この要望に対し、同社は応諾し、2004年9月1日にアルコール製造の認可を受けたとのことである。

タイのアルコールに関するエネルギー政策について、国家エタノール委員会にヒアリングした結果は以下のようであった。

- (1) エタノール製造については砂糖工場のモラセス（廃糖蜜）を原料にしたものが最優先である。他の作物に比べてエネルギー的なポテンシャルが高いからである。また、砂糖の価格が下がっており、エタノール等の他の物質に変換しようという方向性もある。
- (2) サトウキビ以外のエタノール原料としてはキャッサバがあるが、砂糖工場に重点を置き、優先的にエタノール製造のライセンスを与えている。
- (3) ライセンスを与えたエタノールプラントは、2002年に6施設、その後2施設、今回（9月1日）16施設で、計24施設になる。
- (4) 国の設定した2006年における目標は300万L/日である。10%のエタノールを混入する場合（ガソール）、ガソリンの消費量が増えれば必要となるエタノール量も増える。
- (5) 輸出もするだろう。需要は大きい。
- (6) （需要が大きすぎる場合はどうするのか？という質問に対して）市場の動向（企業）に任せ

ることになるだろう。サトウキビ増産等によるサトウキビ利用の促進は図る。

- (7) (エタノール導入促進のための補助金は?という質問に対して)補助金はない。優遇税制措置のみである。
- (8) (ガソリンに混入する場合、エタノールの品質に関する基準はないのか?という質問に対して)基準を作ろうとしている。
- (9) (ノルマで義務づけることはしないのか?という質問に対して)ブラジルは十分ポテンシャルがあったから義務量を設定してエタノール製造を促進した。タイは施設等が十分ないからインセンティブによって促進する。

以上のことから Rajburi Sugar Co., Ltd. のエタノール生産量に応じて、このエタノール工場の設計を月島機械株式会社に依頼した。Rajburi Sugar Co., Ltd. の想定しているエタノール生産条件は以下の通りである。

- (1) 原料は年間 50,000t (Cane の 5%) のモラセスを使用する。
- (2) エタノールの生産量は年間 12,500kl (エタノール生産割合はモラセス 1t 当たり 0.25kl) である。
- (3) これを 300 日 / 年で生産する。
- (4) モラセスは 7 つのタンクに貯蔵して使用する。
- (5) 非製糖期はボイラー 1 基を稼働させて蒸気と電気を作り、エタノールを生産する。
- (6) 運開当初の 2007 年は 50kl / 日のキャパシティでスタートし、その後、100kl / 日に増強する。

以上の条件の下にアルコール (エタノール) 生産工場の設備設計を行う。

3.6.2 エタノール製造の基本原則

(1) 酵母発酵によるエタノール製造基本原則

生物のエネルギー源として最も広く利用される炭水化物を構成するブドウ糖の分解は、動植物や微生物に共通した経路である。酵母による代謝には好気発酵と嫌気発酵があり、前者の場合、基質は炭酸ガスと水に酸化される。グルコースの場合、以下のように1モルのグルコースは、6モルの炭酸ガスと水に分解される。



酵母の増殖工程においても、好気的な増殖を行う。嫌気発酵は、無酸素条件（嫌気条件）での代謝であり、この場合グルコース等の基質は解糖系を経てピルビン酸までしか酸化されず、生物種によってその後エタノール、乳酸、酢酸等に変換される。アルコール発酵は発酵性の糖があり嫌気状態にあると、以下のようにエタノールと炭酸ガスを生じる。



理論上180gのグルコースから92gのエタノールと88gの炭酸ガスを生成する。しかし、実際にはエタノール収量は理論値の90~95%止まりで、発酵条件により基質の一部は、菌体の増殖や他の生成物に変換される。

(2) 発酵原料

モラセスの一般的な組成、性状は表3.6-1に示す通りである。

表 3.6-1 モラセスの組成、性状表

発酵性糖分 (wt.%)	水分 (wt.%)	固形分 (ng/L)	粘度 (mPa·s)
45~55	20~30	~30	~60,000

モラセスの発生量は、一般的に処理するサトウキビ重量に対して3~7%発生する。ただし、上記の組成、性状及び発生量に関しては、各製糖工場によって変動する。

(3) 製造方法

エタノールの生産プロセスは発酵 / 濃縮 / 蒸留 / 脱水 (燃料用) で構成されている。この中で発酵法については、使用する菌体または回分法 / 連続法により表 3.6-2 のように区分される。以下の記述では、繰返し回分法をベースとした一般的なデータを採用する。

表 3.6-2 エタノール製造法の比較表

名称	発酵方法	長 所	短 所
回分法	培養にて増殖された酵母、あるいは外部より調達した酵母を発酵ごとに培地に投入し行われる発酵方法である。	酵母をリサイクルしないため、アルコール濃度を高くすることが可能である。生産の変動、工程変化に対応しやすい。	発酵初期から酵母濃度を高くすることが困難で、生産性を上げにくい。設備も多く、作業負荷も高い。発酵のバッチごとに酵母を作製するため菌体の廃棄量が多い。
繰返し回分法	凝集性酵母を使用し、発酵終了後静置し、凝集菌体を沈殿させ上澄の発酵液を取り出した後、新たな糖液を添加して次の発酵を行う方法である。	簡便に発酵中の酵母濃度を高めることが可能なため、発酵生産性が高い。凝集性の強い酵母菌株を使用するため、菌体分離に遠心分離機等の装置や酵母の酸処理等が不要である。菌体を繰返し使用するので、菌体廃棄量が少ない。	同一菌体を無処理で繰返し使用するため、微生物汚染に配慮した設備設計・運用設計が必要となる。
改良メルポア法	回分発酵終了後、遠心分離機などを利用して酵母部分と清澄部分とに分離する。清澄部分は蒸留工程に、酵母分は硫酸などによる酸処理を行った後、新たな糖液に添加して次の発酵を行う。	発酵中の酵母濃度を高めることが容易であり、発酵生産性が高い。 培養設備の必要性は薄い。	発酵終了液からの菌体分離に遠心分離機等の装置と酸処理用の酵母タンクの設置が必要となる。全体として設備が増えて所要動力が大きく、作業負荷が高い。菌体の活性管理が必要である。
連続発酵法	発酵槽数基をシリーズ状に連結し糖液を第 1 槽に連続的に添加しオーバーフローした発酵液を逐次、次の発酵槽に流入させる。最終槽のオーバーフロー分から酵母を遠心分離機などで分離し、清澄液を蒸留工程に移すとともに、酵母の一部を処理して第 1 槽に添加して連続的に発酵を行う方法である。	発酵中の酵母濃度を高めることが容易であり、発酵生産性が高い。 作業負荷を抑えやすい。 省設備、所要動力も比較的抑えやすい。	発酵終了液からの菌体分離に遠心分離機等の装置と酸処理用の酵母タンクの設置が必要となる。 糖液の流入速度の調整及び発酵タンクの微生物コントロールが難しい。

(4) 留意点

一般的にモラセスは、おおよそ同量の水にて希釈した後、発酵槽へ供給される。希釈後のモラセスは雑菌による汚染や腐敗がしやすい液体であり、ひとたび汚染されると糖成分の欠損が生じるだけでなく、後段の発酵設備でコンタミ要因となる。したがって、原料調合のプロセスから発酵工程に至るまで微生物汚染されにくい設備の構築、及び適切な設備洗浄を実施して系内の微生物汚染を最低限に抑える必要がある。

3.6.3 設備設計

(1) 設備概要

アルコール製造プロセスの構成は、以下の通りである。アルコール製造に関する参考文献を添付資料 11～17 に示す。

a. 酵母増殖工程

酵母増殖工程は、フラスコで純粋培養された酵母を発酵槽での発酵スタートに必要な菌体量まで増殖させる工程である。寒天斜面培地にて冷蔵保存された菌株を希釈糖蜜培地で純粋培養し、スケールアップして用いる。純粋培養された酵母は増殖タンクの糖液に無菌的に接種される。酵母を安定して増殖させるためには酵母以外のバクテリアが存在しない糖液が必要である。このため、タンクに所定の液量を取り切ると直ちに加熱蒸煮殺菌を行う。殺菌後、糖液は外部散水冷却またはタンクジャケットの冷水循環などにより発酵適温まで冷却される。所定温度まで冷却が完了するとフラスコ培養した酵母を無菌的にタンク内部に投入し増殖工程を開始させる。酵母増殖工程によって発生する熱は、タンクジャケットの冷水循環によって発酵至適温度で冷却管理する。

b. 糖濃度調製工程

原料を酵母増殖、及び発酵工程に適した濃度になるように希釈混合調整し、所定のタンクに原料を投入する工程である。原料となるモラセスは、酵母による発酵を最適に行うためには窒素源が不足するため、原料希釈の段階で助成剤を同時に添加する。

c. 発酵工程

発酵工程については、回分式を以下に記載する。

増殖した酵母に糖液を添加してエタノール発酵をさせる工程である。発酵に必要な時間は一般的には 36～48 時間必要とされている。しかしながら酵母及びプロセスを選択することにより 24 時間程度にまで短縮することも可能である。発酵は酵母菌体の代謝により大量の発酵熱が発生する。そのために内部攪拌目的を兼ねた外部循環冷却により発酵熱の除去を行う。高温多湿であるタイの地域性のためにクーリングタワー程度の冷却設備では必要冷水温度まで冷却できないため、冷凍設備で冷水冷媒を作り熱交換を行う。発酵工程では多量の炭酸ガスも発生する。この炭酸ガス発生により発酵液は激しく泡立ち、タンク上部よりあふれる懸念があるため、消泡剤を散布し、泡立ちを一定以下に抑える必要がある。

d. 濃縮設備

モラセスを原料として発酵した後、濃縮工程に供給される。エタノールは、この工程で各缶からベーパーとして回収され、約 30%のエタノール溶液となる。この回収したエタノール溶液は次工程の蒸留塔に供給される。濃縮された発酵液は、固形分濃度として約 30～40%となり液肥用の原料として貯留タンクに移送される。

e . 蒸留工程

本工程では燃料用アルコールの規格までエタノール純度を高めるために濃縮、精留を行う。モラセス発酵液の濃縮工程から回収されたエタノール水溶液は、蒸留塔供給タンクより濃縮を目的とした第1の蒸留塔に供給される。共沸点近くの約95%まで濃縮されたエタノールは含有する不純物成分の除去を行う精留塔に供給される。具体的にはフーゼル油及び低沸点成分である低級アルコール成分やエステル成分を順次除去して純度を高めている。

g . 脱水設備

燃料用エタノールは、燃料の層分離やエンジン本体の腐食の原因となる水分を5,000ppm以下にする必要がある。しかし、エタノール - 水系の気液平衡は95wt%で共沸となるため、通常の蒸留ではその濃度以上の濃縮は行えない。目的の濃度まで蒸留方式で濃縮する場合、気液平衡の改良しかなく、この改良法には圧力を変化させる方法、第3成分を添加する方法（抽出蒸留、共沸蒸留、塩添加法）がある。第3成分を添加する方法は、共沸点ではエタノールと水と第3成分を塔頂から排出させるために、第3成分を除去する塔がさらに必要となり、蒸気消費量も多くなる。また、第3成分となる薬品の使用は、エネルギー、経済面のデメリットが生じる。

したがって、最近ではモレキュラーシーブを使用した吸着方式を採用することが多くなっている。モレキュラーシーブとは、分子ふるい効果を利用して水を吸着するものである。使用する吸着剤は合成ゼオライトであり、3オングストローム（ \AA ）のいくつもの孔が開いている。水分子の直径は約2.5 \AA であり、一方エタノール分子は4 \AA である。したがって、水分子はゼオライト中の孔に取り込まれ、エタノール分子はゼオライトの充填層を通過する。このような原理で、エタノール - 水混合系から水のみを除去する。

蒸留塔からのアルコール蒸気は2塔式の吸着塔で無水化处理する。2塔のうち1塔が吸着、他の1塔が脱着を行い、切り替えを行いながら、連続で操業する。脱着は操作圧力を下げ、アルコール蒸気の熱で脱着を行い、脱着後の水を含む濃縮エタノールは、濃縮塔に供給され再度濃縮される。脱水されたエタノールは製品貯槽に貯められて燃料用エタノールとして出荷される。

(2) プロセスフロー

アルコール製造プロセスのブロックフローを図3.6-2に示す。

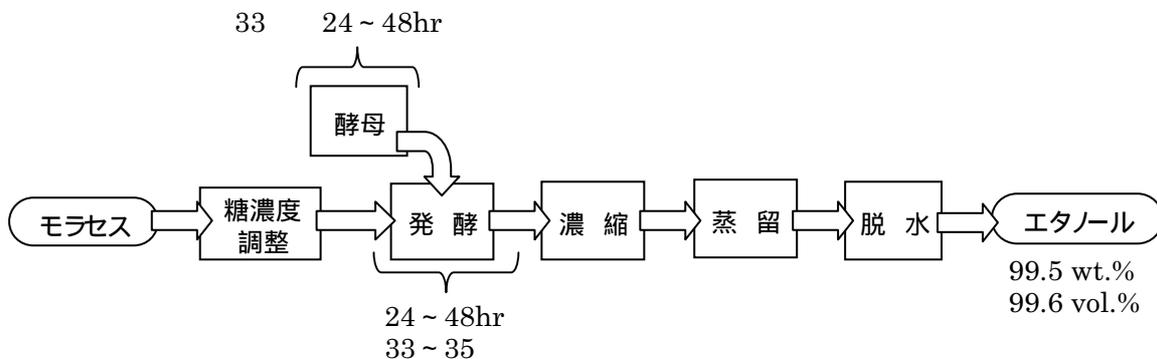


図 3.6-2 エタノール製造プロセスフロー図

(3) 設備構成

プロセスを構成する設備と主要機器を表 3.6-3 に示す。

表 3.6-3 設備機器一覧表

No	設 備	主要機器
	酵母増殖設備	酵母増殖タンク、ポンプ、プロワー
	糖濃度調整設備	ラインミキサー、ポンプ
	発酵設備	発酵槽、攪拌機、冷却器、ポンプ
	濃縮設備	濃縮器、コンデンサー、廃液タンク、ポンプ
	蒸留設備	蒸留塔、リボイラー、コンデンサー、ポンプ
	脱水設備	吸着塔、タンク、ポンプ
	製品貯蔵設備	製品貯蔵タンク、ポンプ
	ユーティリティ設備	クーリングタワー、チラーユニット、コンプレッサー
	CIP 設備	タンク、ポンプ
	薬品受入設備	薬品受入タンク

(4) 設定条件

以下に、メーカーによるプラントの設定条件及びこれらから導かれる必要蒸気量と電力量を示す。

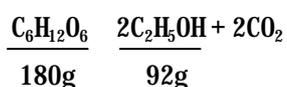
a. 設定条件

- ・ エタノール生産容量 50 kl/日 (無水エタノールの比重は 0.794)
- ・ エタノール濃度 99.5 wt.% (99.6 vol.%)
- ・ 運転要員 50 人
- ・ 稼働日数 300 日/年間

表 3.6-4 原料及びユーティリティ原単位表 (月島機械(株)設計値より)

区 分	項 目	設定条件	原単位(エタノール 1t 100%相当)
原料	モラセス	発酵製糖分 50 wt.%	4,348 kg
ケミカル	硫安	もしくは尿素	2 kg
	消泡剤	-	2 kg
	その他	苛性ソーダ、硝酸	
ユーティリティ	プロセス水	-	1,000 kg
	蒸気	120 , 0.3 MPaG	3,800 kg
	電気	380 V , 3 Phase , 50 Hz	200 kWh
	その他	冷却水(32)、冷水(7)、温水(90)、計装空気	

表 3.6-4 において、100%の無水エタノールを 1t-e (t-e はエタノール重量トン) 製造するために必要なモラセス量は反応式から以下のように求めている。



モラセスの水分率を 50%とし、生産効率を 90%とすると、1t-e のエタノールを得るのに必要なモラセスは以下ようになる。

$$1\text{t-e} \times (180\text{g} \div 92\text{g}) \div 50\% \div 90\% = 4.348\text{t-m} \text{ (t-mはモラセスの重量トン)}$$

Rajburi Sugar Co., Ltd. の設計では当初は 50kl/日のエタノール生産を計画しているとのことであるから 1 日当たりの必要モラセス量は以下ようになる。

$$50\text{kl/日} \times 0.794 \times 4.348\text{t-m/t-e} = 173\text{t-m/日}$$

一方、Rajburi Sugar Co., Ltd. の対 Cane 当たりのモラセス比率は 5%であるから平均の Cane 収穫量である 863,200t-c/年 (t-c は Cane の重量トン) からは $863,200\text{t-c/年} \times 5\% = 43,160\text{t-m/年}$ のモラセスが得られる。したがって、この場合のエタノール工場の稼働日数は以下ようになる。

$$43,160\text{t-m/年} \div 173\text{t-m/日} = 250 \text{ 日}$$

また、時間当たりの必要蒸気量と電力量は表 3.6-4 に示すメーカー設計値より、以下のように求められる。

$$3.8\text{t-s/t-e} \times 50\text{kl/日} \times 0.794 \div 24\text{h} = 6.3\text{t/h}$$

$$0.2\text{MWh} \times 50\text{kl/日} \times 0.794 \div 24\text{h} = 0.33\text{MWh}$$

蒸気量についてはロス分を含め、電力量については照明等も考慮して 10%分を上乗せし、それぞれ以下のように設計する。

$$6.3\text{t/h} \times 110\% = 7\text{t/h}$$

$$0.33\text{MWh} \times 110\% = 0.36\text{MWh}$$

3.7 バイオマス発電設備設計の見直し

(1) 設計条件

昨年度の調査結果をベースにして本年度分を加味し、本プロジェクトの設備設計を以下のように見直す。見直し後の設備設計の前提条件を以下に示す。

- ・サトウキビの収穫高は Rajburi 契約農家の 1999～2003 年の過去 5 年間における平均収穫量である $863,200\text{t-c/年}$ (t-c は Cane の重量トン、 100t-c 未満は切り捨て) とする (最低は $755,400\text{t-c/年}$ 、最高は $1,043,400\text{t-c/年}$)。
- ・Rajburi 製糖工場では $9,880\text{t-c/日}$ のサトウキビを処理している実績があるので、製糖期間は $863,200\text{t-c/年} \div 9,880\text{t-c/日} = 87$ 日間とする (Rajburi 製糖工場の 2003 年実績によると、95 日間で処理した Cane 量は $938,675\text{t-c/年}$ であった)。
- ・Rajburi 製糖工場に隣接する敷地に 10MW 規模のバイオマス発電所を新設する。
- ・設備条件は Rajburi 周辺の水が硬水であることを考慮し、ボイラーで使用する蒸気の内容は圧力 33barG 、温度 425 とする。
- ・昼間は 8MW 夜間は 6MW (昼間の 75%) を EGAT に売電する。ただし、日曜、祝日は 24 時間 6MW の売電を行う。これは平日の夜間と休日は電力需要が低いことを考慮し、平均的には平日・昼間の 75% 程度を売電すると想定したものである。
- ・製糖期の燃料は主に trash、非製糖期はライスハスクを購入してバイオマス発電を行う。
- ・trash 利用に関してはサトウキビ畑の地力低下を招かないように考慮する。新発電所で発生する trash の燃焼灰はサトウキビ畑に肥料として還元する。
- ・trash はサトウキビ畑で Cane が収穫された後、畑に撒き散らされているものをロールベアでロール状に丸め、トラックで運搬して新発電所敷地に搬入する。
- ・本プロジェクトは現地に SPC (Special Purpose Company : 特別目的会社) を設立して実施する。SPC は新たにロールベア 1 式 (トラクタ、ツインレーキ、ロールベア、フロントローダ) を購入して、農家に無償で貸し出す。
- ・供給水は Rajburi 製糖工場が取水している地下水から追加取水し、排水は同工場排水に追加放流する。
- ・Rajburi 製糖工場の設備改造はしない。
- ・熱の有効利用のために、蒸気の一部をアルコール工場に供給する (アルコール工場は本プロジェクトのスコープ外)。
- ・アルコール工場では Rajburi 製糖工場の廃糖蜜を原料としてエタノールを醸造する。Rajburi 製糖工場で発生する廃糖蜜は Cane の 5% (Rajburi 製糖工場からの情報) であるから $863,200\text{t-c/年} \times 5\% = 43,160\text{t-m/年}$ (t-m は廃糖蜜の重量トン) とする。供給蒸気量はメーカー設計値である 7t-s/h (t-s は蒸気の重量トン) とする。

(2) バイオマス燃料の確保

本プロジェクトで実施するバイオマス発電（一部、熱供給含む）の燃料調達方法については既に“ 3.1 trash 収集方法の検討” の項で述べたようにロールベアを用いて1セット当たり76.6t/日の trash を収集する。

また、畑から持ち出せる trash の割合は“ 3.3 trash の利用率の検討” で述べたように灌漑地域で50%、非灌漑地域で30%と見込まれる。現在は収穫作業の軽減のために収穫前に火入れをしている農家もあるが、trash がよい収入源になると分かれば火入れをしないで Cane の収穫作業をする農家も増えるであろう。たばこや籾殻焼却による飛び火が10%程度あるとのことであるので、この程度の trash の焼失はやむを得ないが90%程度の畑から trash を収集できると仮定する。過去5年間の平均収穫量である863,200t-c/年から得られる trash 量を以下に試算する。

まず、サトウキビの部位の割合については昨年度の報告書でも引用した Kawashima et al. (2001)を基に trash 量を求める。

同文献には表3.7-1に示すようにタイ北東部にある Khon Kaen 農場の9村19農場におけるサトウキビの部分別構成比率の平均値が記載されている。

表3.7-1 サトウキビの構成部分ごとの構成比率および水分率表

構成部分	構成比率 (%)	乾燥重量率 (%)	水分込みでの補正構成比率 (%)	対 Cane 当たりの構成比率 (%)
Stalk(Cane)	69.5	29.5	235.6	100
Top	8.2	36.7	22.3	9.5
trash	22.2	91.0	24.4	10.4
合計	100.0	-	282.3	119.9

出典：Sugarcane Stalk as a Roughage for Dairy Cattle (Kawashima et al.)

この結果に従えば、Cane 収穫量に対して Top (Cane top：梢頭部) は9.5%、trash は10.4%が発生することがわかる。その水分率は Top で63.3% (乾燥重量率は36.7%)、trash で9% (乾燥重量率は91%) である。したがって、畑に散逸しているこれら Top と trash は Cane100%に対して水分含みで19.9%得られることになる。これら Top と trash の混ざった状態での水分率は平均的には以下のようにになると考えられる。

$$100\% - (8.2\% + 22.2\%) \div (8.2\% \div 36.7\% + 22.2\% \div 91\%) = 35.0\%$$

しかし、表3.2-3に示すように、実測した trash の水分率は23.5%程度である。ここで言う trash とは Top 部分も混ざったものであるが、これは雨が少なければ数日後には乾燥が進み、表3.2-3に示すように23.5%程度まで水分率が低下するものと考えられる。水分率が23.5%になった段階では対 Cane 当たりの比率は以下のように修正すべきである。

$$19.9\% \times (100\% - 35.0\%) \div (100\% - 23.5\%) = 16.9\%$$

次に、畑から持ち出せる trash の量を試算してみる。Rajburi Sugar Co., Ltd. の契約している農家のうち、灌漑地域は30%、非灌漑地域は70%であるからこれらの畑から trash をそれぞれ

れ50%と30%ずつを持ち出すと trash 量全体に占める割合は以下ようになる。ただし、火入れ等による焼失分を10%とする。

$$(50\% \times 30\% + 30\% \times 70\%) \times 90\% = 32.4\%$$

したがって、863,200t-c/年である Cane からは以下の trash 量を見込むことができる。

$$863,200\text{t-c/年} \times 16.9\% \times 32.4\% = 47,265\text{t-t/年}$$

47,265t-t/年の trash を76.6t-t/日の処理能力があるロールベアラ1セットで87日間収集し続けると以下の台数が必要となる。

$$47,265\text{t-t/年} \div 76.6\text{t-t/日} \div 87\text{日} = \text{約7セット}$$

したがって、7セットのロールベアラで収集できる trash 量は以下ようになる。

$$76.6\text{t-t/日} \times 87\text{日} \times 7\text{セット} = 46,600\text{t-t/年}$$

(3) 発電容量の設計

10MW 規模のバイオマス発電設備を運転する際に必要な所内電力は、昨年度の報告書に示すようにメーカー設計値によると、1.28MW である。また、アルコール工場で消費される電力は 0.36MW である。したがって、売電の8MW 以外に1.64MW の電力を余分に発電するように設計する。これに必要な燃料を求めると表3.7-2のようになる。

表3.7-2 本プロジェクト設備の設計条件表

項目	単位	設定値	備考
1. 設備容量			
(1) 昼間			
・売電容量	MW	8.0	
・所内電力	MW	1.28	メーカー設計値
・アルコール工場	MW	0.36	メーカー設計値
・合計	MW	9.64	
(2) 夜間			
・売電容量	MW	6.0	昼間の75%
・所内電力	MW	1.28	昼間と同じ
・アルコール工場	MW	0.36	昼間と同じ
・合計	MW	7.64	
2. 必要蒸気量			
(1) 昼間			
・必要蒸気量	t-s/h	44.5	9.64MW×4.08+5.18(回帰式より)
・アルコール工場用蒸気	t-s/h	7.0	メーカー設計値
・循環蒸気	t-s/h	8.5	メーカー設計値
・合計	t-s/h	60.0	
(2) 夜間			
・必要蒸気量	t-s/h	36.4	7.64MW×4.08+5.18(回帰式より)
・アルコール工場用蒸気	t-s/h	7.0	昼間と同じ
・循環蒸気	t-s/h	8.5	昼間と同じ
・合計	t-s/h	51.9	

(注) t-s は蒸気のトン数、t-t は trash のトン数を示す。

次に、以上の蒸気量を trash の燃焼で生み出すための燃料量を求める。

表3.2-3に示すように水分率23.5%の trash の熱量は高位発熱量が18,350kJ/kg、低位発熱量が17,090kJ/kg であるからボイラーへ投入する際の熱量は以下のように求められる(熱量分析は JIS M 8814に準拠)。

$$18,350\text{kJ/kg} \times (100\% - 23.5\%) - 2,512 \times (9 \times 6.87\% + 23.5\%) = 11,894\text{kJ/kg}$$

$$11,894\text{kJ/kg} \div 4.1868\text{J/cal} = 2,840\text{kcal/kg}$$

したがって、アルコール工場への7t/h の蒸気を含めて9.64MW の電力を生産するための60t/h の蒸気を生み出す trash 量は以下ようになる。

$$60\text{t-s/h} \times (784.4 - 131) \text{ kcal/kg} \div 85\% \div 2,840\text{kcal/kg} \div (100 - 2.5)\% = 16.7\text{t-t/h}$$

ここで、各数字の意味は以下の通りである。

$$60\text{t-s/h} \quad : \text{昼間の必要蒸気量}$$

- 784.4kcal/kg : 32.5barG、425 の蒸気の持つエンタルピー（0.5barG 降圧）
- 131kcal/kg : 復水のエンタルピー
- 85% : ボイラー効率
- 2,840kcal/kg : trash の持つ熱量
- 2.5% : ハンドリングや運搬の際にロスする trash 率

夜間についても同様に必要蒸気量である51.9t-s/h から求めることができるが、夜間についてはボイラー負荷率が87%程度であることから部分負荷による損失を3%程度勘案して求める。

$$51.9\text{t-s/h} \times (784.4 - 131) \text{ kcal/kg} \div 85\% \div 2,840\text{kcal/kg} \div (100 - 2.5)\% \div (100 - 3)\% \\ = 14.9\text{t-t/h}$$

以上のように、設備面からの必要燃料量から製糖期間中に収集する必要のある trash 量を求めると表3.7-3のように、平日で381t-t/日、休日で358t-t/日となる。

表3.7-3 本プロジェクト設備のための必要燃料表

項目	単位	設定値	備考
1. 平日			
(1) 昼間			
・必要燃料量	t-t/h	16.7	
・時間数	h/日	13.5	EGAT 契約条件より
・昼間燃料量	t-t/日	225	16.7t-t/h × 13.5h/日
(2) 夜間			
・必要燃料量	t-t/h	14.9	
・時間数	h/日	10.5	EGAT 契約条件より
・昼間燃料量	t-t/日	156	14.9t-t/h × 10.5h/日
(3) 合計	t-t/日	381	
2. 休日			
・必要燃料量	t-t/h	14.9	
・時間数	h/日	24	
・日燃料量	t-t/日	358	14.9t-t/h × 24h/日

(注) t-t は trash のトン数を示す。

Rajburi 周辺におけるサトウキビ収穫期間は概ね1月～3月で、収穫期間である87日間には日曜日が12日、祝祭日が2日あるので、休日を14日とすると、この間に必要となる燃料は以下のようなになる（タイの祝祭日は昨年度報告書の添付資料の通り）。

$$381\text{t-t/日} \times 73 \text{ 日} + 358\text{t-t/日} \times 14 \text{ 日} = 32,825\text{t-t}$$

一方、収集する trash の全量は前述のように、46,600t-t であるから、32,825t-t との差、13,775t-t はストックすることになる。ロール状にされた trash を野積みするとし、trash の比重を0.25とすると、ストックする trash の体積は以下のようなになる。

$$13,775\text{t-t} \div 0.25\text{t-t/m}^3 = 55,100\text{m}^3$$

この結果からストックヤードとしては、概ね 100m×110m×5m（高さ）程度が必要となることとわかる。このストックされた trash で発電できる期間は1週間の消費燃料が 381t-t/日 ×

6 日 + 358t-t/日 = 2,644t-t/週であるから 5.2 週間、日数では約 36 日間と見積もることができる。これは概ね 4 月であるので、祝祭日は 4 日間である。

EGAT への売電は 330 日を計画しているので、残り 207 日はライスハスクを購入して売電を継続する。

ライスハスクの熱量は Rajburi Sugar Co., Ltd. からの情報によると 3,440kcal/kg であるので、ライスハスクの trash に対する熱量比は以下のようになる。

$$3,440\text{kcal/kg} \div 2,840\text{kcal/kg} = 1.211$$

したがって、trash の代替としてのライスハスク必要量は以下のようになる。

$$\text{平日} : 381\text{t-t/日} \div 1.211 = 314\text{t-h/日} \quad (\text{t-h はライスハスクの重量トン})$$

$$\text{休日} : 358\text{t-t/日} \div 1.211 = 296\text{t-h/日}$$

また、207 日間における日曜は 30 日、祝祭日は 7 日であるので、休日は 37 日、平日は 170 日となる。このためのライスハスクの量は以下のようになる。

$$314\text{t-h/日} \times 170 \text{日} + 296\text{t-h/日} \times 37 \text{日} = 64,332\text{t-h/年} \quad (\text{約 } 64,300\text{t-h/年})$$

以上をまとめると表3.7-4のようになる。

表3.7-4 本プロジェクト設備設計のための設定条件一覧表

項目	単位	設定値	備考
1. Cane 収穫量	t-c / 年	863,200	過去 5 年の平均収量
2. 製糖期間	日 / 年	87	収穫量 ÷ 9,880t-cane/日 (製糖工場の日当たりの Cane 処理量)
3. バイオマス燃料量			
(1) trash (主に製糖期)	t-t / 年	46,600	ロールペーラは 7 セットで収集
(2) ライスハスク等 (非製糖期)	t-h / 年	64,300	購入先は未定
4. PEA への売電日数	日 / 年	330	EGAT の買電条件 (35 日間の定期点検日数を除いた期間) より
5. アルコール工場用蒸気量	t-s / h	7	廃糖蜜量は 43,160t/年 (Cane の 5%) を仮定

(4) 設備の詳細設計

前述の設計条件と燃料条件に従う設備設計については昨年度と同様であるが、再度記載する。
また、システム概要を図3.7-1に示す。

a . ボイラー

- ・ 型式 : Water tube boiler
- ・ 燃焼方式 : Traveling stoker with pneumatic spreader
- ・ 燃料種別 : trash、ライスハスク
- ・ 定格主蒸気条件 : 33barG、425
- ・ 定格蒸気蒸発量 : 60t/h

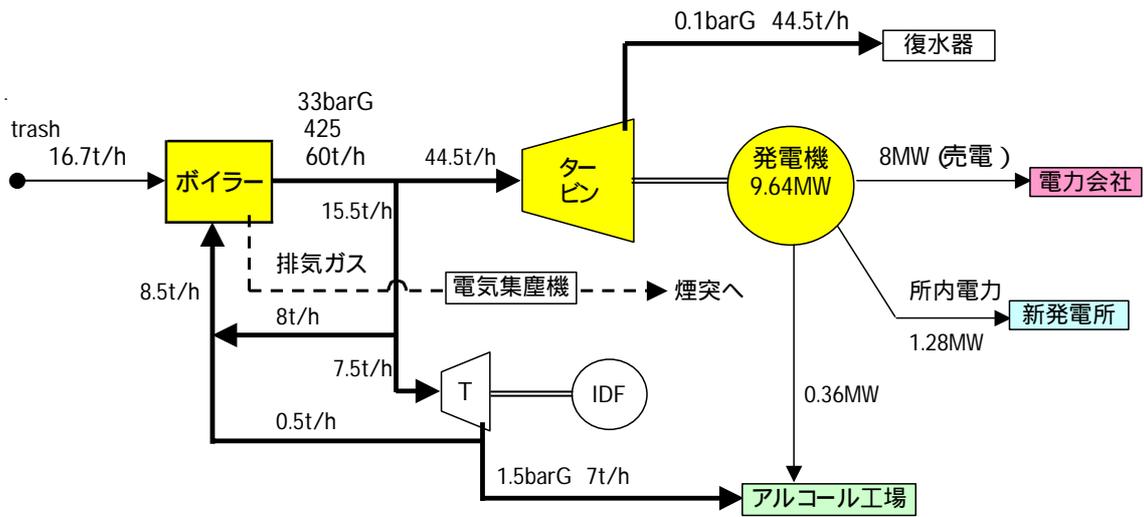
b . タービン

- ・ 型式 : 12段落衝動復水式
- ・ 定格蒸気条件 : 32.5barG、425 、46t/h
- ・ 復水器蒸気条件 : 0.1barA、45.8

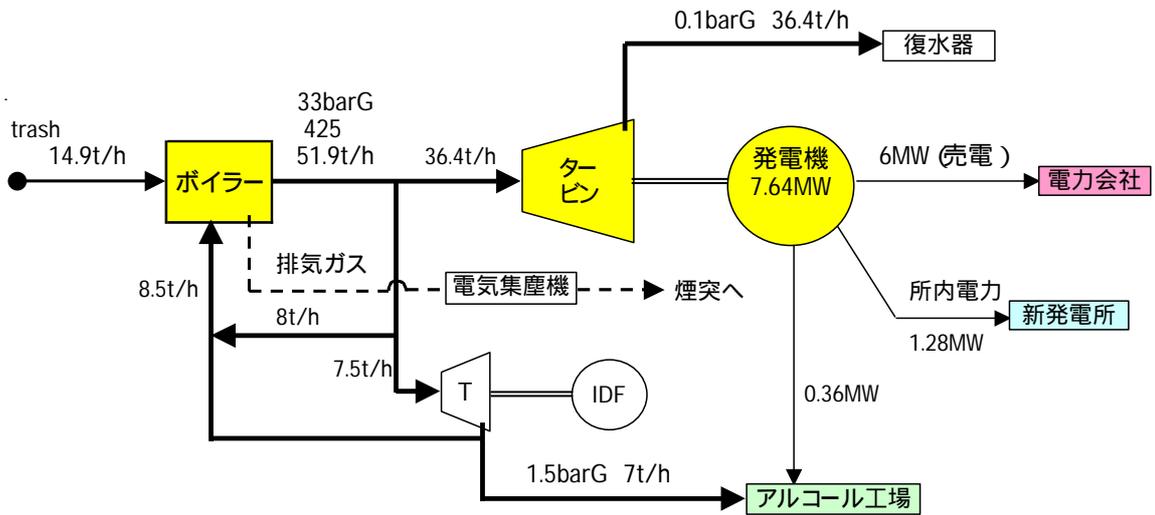
c . 発電機

- ・ 型式 : 三相同期自励発電機
- ・ 定格出力 : 12,500kVA
- ・ 常用電圧 : 6.6kV
- ・ 周波数 : 50Hz

平日・昼間の場合



平日・夜間及び休日



- → 燃料
- → 電力
- → 蒸気
- - - → 排気ガス
- IDF : 吸い込みファン

図 3.7-1 設備設計に基づくシステム概要図

3.8 プロジェクトの領域、実施体制

3.8.1 プロジェクトの領域

本プロジェクトの領域は図3.8-1に示す通りである。

- ・サトウキビ畑の trash を Cane 収穫作業が終わった後、ロールベアラで収集し、トラックで新設発電所に運搬する。
- ・非製糖期はライスハスクを精米工場から購入し、新設発電所に運搬する。
- ・これらの燃料をクラッシング装置で破碎し、ボイラー燃料にして 60t/h の蒸気を生産し、9.64MWのバイオマス発電を行う。
- ・9.64MWのうち、8MWを EGAT に売電する（夜間及び休日は平日の昼間の 75%である 6MWを売電する）。
- ・60t/hの蒸気のうち、7t/hをアルコール工場に供給する。

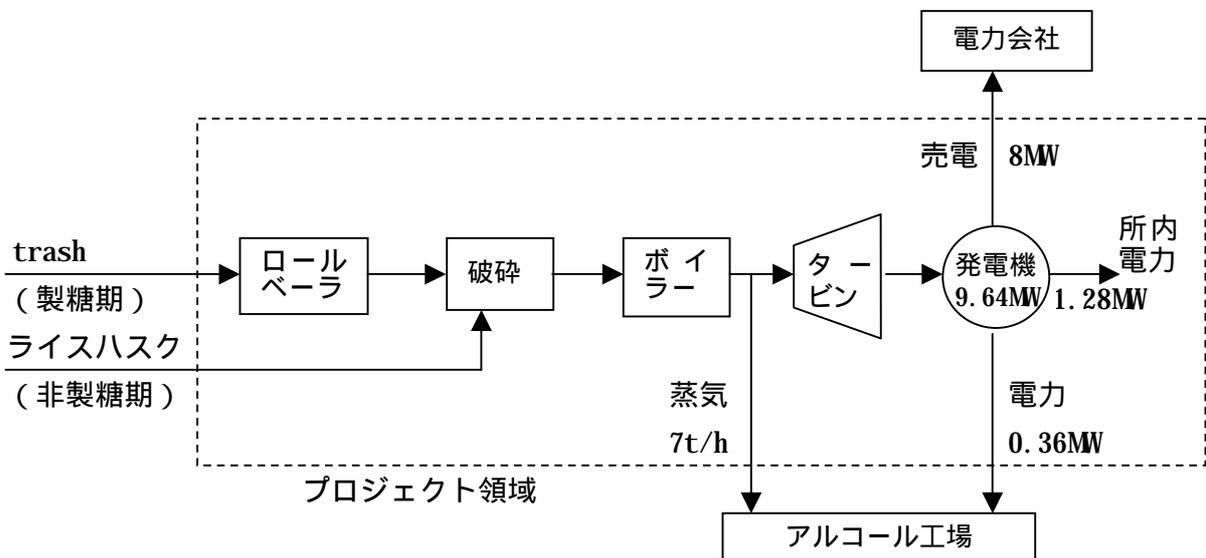


図 3.8-1 プロジェクト領域

3.8.2 プロジェクト実施体制

本プロジェクトを実施する体制案を図 3.8-2 に示す。

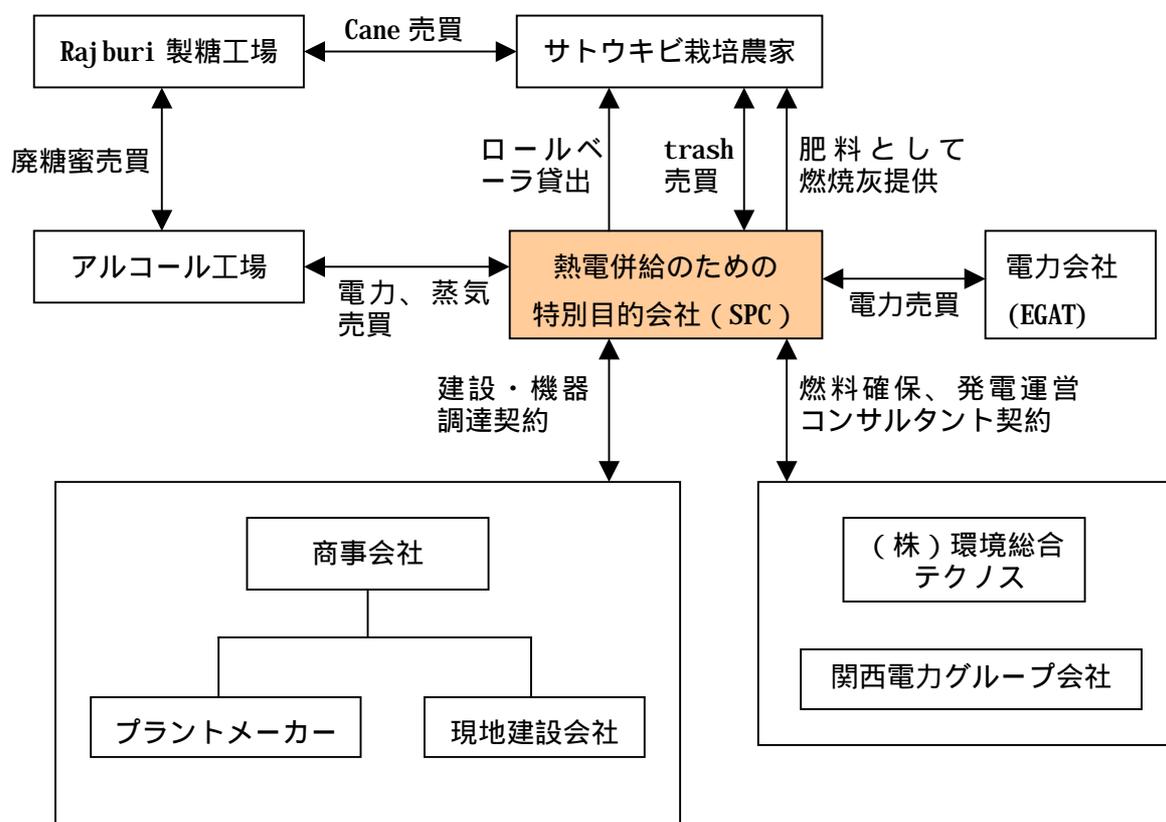


図 3.8-2 プロジェクト実施体制図 (案)

3.9 資金計画

3.9.1 所要資金額

(1) 設備費

本プロジェクトの設備費に関しては昨年度と同様であるが、再度記載すると表3.9-1の通りである。なお、為替レート等についても昨年度報告書記載のものを準用する。

表3.9-1 設備費に関するメーカー見積額 (単位：百万円)

項目	金額	備考
1. ボイラー	900	EP、純水装置、据付工事含む
2. タービン、発電機	400	コンデンサー、エアフィンクーラー含む
3. コンベア類	310	
4. trash 保管場所	700	受入場所含む
5. 付帯設備	190	取水・排水設備、建家、シャベルロダー、トラックスケール
6. 現地建設費	400	材料費含む
7. 送電線関連	40	トランス、遮断機、送電線工事
8. 輸送費	30	
9. その他	910	設計費、一般管理費
合計	3,880	

(注) PEA (EGAT の地方電力局) によれば、「送電線工事については最長5km までで納まるだろう。付設のためのポールは既存のものを利用できるので、700,000Baht/km でできるだろう」とのことであったので、700,000Baht/km×5km×2.81円/Baht = 約10百万円を計上している。

しかし、メーカー見積額で IRR (内部利益率) を試算するとまったく採算が採れないので、実プロジェクトに移行する場合を想定し、コストダウンした設備費を設定する。国際競争入札を視野に入れてバイオマス発電設備の相場が150千円/kW であることも考慮し、以降の事業収支を検討する際の設備投資額は表3.9-2に示す価格を使用する。なお、trash 保管は野ざらしとするため、trash 保管場所の設備費は割愛する。

表3.9-2 設備費に関するメーカー見積額 (単位：百万円)

項目	見積金額 (百万円)	削減率 (%)	削減後の価格 (百万円)
1. ボイラー	900	30	630
2. タービン、発電機	400	30	280
3. コンベア類	310	30	217
4. trash 保管場所	700	100	0
5. 付帯設備	190	30	133
6. 現地建設費	400	30	280
7. 送電線関連	40	30	28
8. 輸送費	30	30	21
9. その他	910	100	0
合計	3,880	-	1,589

また、7セットのロールベアラ等の購入費については以下の額を見込む。

$$15\text{百万/台} \times 7\text{台} = 105\text{百万円}$$

さらに、SPC 設立時の費用として20百万円を見込む。

(2) 人件費

本プロジェクトは SPC を設立して Rajburi 製糖会社とは別組織で運営管理を行う計画である。
以下の人件費を見込む。

経営者	= 2.0百万円/年 × 1人	= 2.0百万円
エンジニア	= 1.0百万円/年 × 2人	= 2.0百万円
運転員	= 0.3百万円/年 × 6人 × 3班	= 5.4百万円
事務職員	= 0.3百万円/年 × 2人	= 0.6百万円
	合計	10 百万円

(3) trash 収集費

trash の回収はロールペーラ等を農家に無償で貸し出して収集する方式であるため、収集のための農民への労働対価及び運搬費を trash 購入経費として計上する。

収集のための経費としては、以下のように算定する。

・トラクタ等機器操作者	: 400Baht/人日 × 2人 = 800Baht/日 (工場運転員相当賃金)
・農作業補助者	: 170Baht/人日 × 4人 = 680Baht/日 (2003年におけるバンコクの最低賃金169Baht/日より想定)
・燃料費	: 165.6L/日 × 15Baht/L = 2,484Baht/日
・その他諸経費	: 595Baht/日 (上記合計額の15%)
合計	4,559Baht/日

1日に収集できる trash の量が76.6t であるから trash の1t 当たりの買取価格を以下のように算定する。

$$4,559\text{Baht/日} \div 76.6\text{t/日} = \text{約}60\text{Baht/t}$$

運搬費用はバガスの運搬費である60Baht/t(Rajburi 社からの情報)を準用する。

したがって、trash は運搬費を含めて120Baht/t でサトウキビ農家から購入するものと設定する。

(4) ライスハスク購入費

ライスハスクの購入価格については前述のように、運搬費を含めて910Baht/t と設定する。

(5) モニタリング経費、検証費用

CDM プロジェクトとして実施するため、モニタリング経費と指定運営機関 (DOE: Designated Operational Entity) によるモニタリング報告書の検証費用を合わせて毎年3百万円を見込む。

(6) SPC 運営費

SPC 会社としての運営経費 (総務・広報関連費用、事務所運営費用、会計監査費用、弁護士費用など) として20百万円を見込む。これには社員の人件費は含まない。

以上の経費及びその他関連経費について、本プロジェクト実施のために毎年必要な運転経費及び条件設定内容をまとめたものを表3.9-3に示す。

表3.9-3 毎年の運転経費と事業収支検討用設定内容表

項 目	金 額	備 考
1. 人件費	1 0 百万円	
2. trash 購入費	1 6 百万円	120Baht/t × 46,600t/年 × 2.81円/Baht
3. ライスハスク購入費	1 6 4 百万円	910Baht/t × 64,300t/年 × 2.81円/Baht
4. 設備維持費	2 0 百万円	
5. 設備関係消耗品費	1 0 百万円	
6. 工業用水購入費	5 百万円	15.81Baht/t × 15t/h × 24h × 330日 × 2.81円/Baht
7. 借入土地代	8 . 4 百万円	120円/㎡ × 70,000㎡
8. モニタリング経費	3 百万円	
9. SPC 運営費	2 0 百万円	
10. 借入金金利	5 %	年率
11. 実効税率（法人税等）	3 0 %	
12. 償却率	1 4 . 2 %	定率償却、残存価額10%まで
13. 繰延資産償却年数	5 年	定額償却
14. 建設年数	1 年	建中金利計算用
15. 資金調達中の資本金割合	3 0 %	
16. 借入金返済方法	最短	会計上可能な限り最短で返済

3.9.2 収入

(1) EGAT からの売電収入

本プロジェクトで発電した電力は EGAT に売電するが、その売電価格については EGAT の売買条項に計算式の記載がある（昨年度報告書に添付）。売電価格は設備規模に応じた分と発電電力量に見合ったものの2種類で構成されている。バイオマス発電の場合、その計算式は以下の通りである。

$$\begin{aligned} \cdot \text{設備支払レート (Baht/kW /月)} &= CP_0 \times [0.8 \times (\text{Baht/US\$レート} / 38) + 0.20] \\ &= 400 \times [0.8 \times (39 / 38) + 0.20] \\ &= 408.42 \text{ Baht/kW月} \end{aligned}$$

（売電契約が 20 年超 25 年以下の場合、 CP_0 は 400Baht/kW月と定められている。）

$$\begin{aligned} \cdot \text{エネルギー支払レート (Baht/kWh)} \\ &= 1.49 + (\text{天然ガス単価} - 151.4518) \times 8600 \times 10^{-6} \\ &= 1.49 + (158.6192 - 151.4518) \times 8600 \times 10^{-6} \\ &= 1.552 \text{ Baht/kWh} \end{aligned}$$

（天然ガス単価は2003年10月～12月の3ヶ月平均で158.6192Baht/millionBtuであった。）

本プロジェクトでの PEA への売電量は以下ようになる（330日の売電期間中の日曜は47日、祝祭日は13日である）。

$$\begin{aligned} \text{平日} &: (8\text{MW} \times 13.5\text{h/日} + 6\text{MW} \times 10.5\text{h/日}) \times (330 - 47 - 13) \text{日} = 46,170\text{MWh} \\ \text{休日} &: (6\text{MW} \times 24\text{h/日}) \times (47 + 13) \text{日} = 8,640\text{MWh} \\ &\text{合計 } 54,810\text{MWh} \end{aligned}$$

したがって、売電収入は以下のように計算できる。

$$\begin{aligned} \text{設備相当分} &: 408.42 \text{ Baht/kW月} \times 8\text{MW} \times 12 \text{ヶ月} = 39,208 \text{ Baht/年} \\ \text{燃料相当分} &: 1.552 \text{ Baht/kWh} \times 54,810 \text{ MWh/年} = 85,065 \text{ Baht/年} \\ &\text{合計 } 124,273 \text{ Baht/年} \end{aligned}$$

2.81円/Baht を用いてこれを円に換算すると、349百万円となる。

(2) エタノール工場からの売電収入

前述のように、エタノール工場では7t-s/h の蒸気を用いて、173t-m/日（t-m は廃糖蜜のトン数）の廃糖蜜から50kl/日のエタノールを生産する計画である。エタノール工場の稼働日数は250日/年であるので、この工場からの売電収入は以下のように見込める。

$$0.36\text{MW} \times 24\text{h/日} \times 250 \text{日} = 2,160\text{MWh}$$

一方、エタノール工場への売電についても前述の EGAT への売電単価を適用するものとする。単位電力当たりの単価は349百万円 ÷ 54,810MWh = 6.4円/kWh であるので、エタノール工場からの売電収入は以下ようになる。

$$6.4 \text{ 円/kWh} \times 2,160 \text{ MWh} = 14 \text{ 百万円}$$

(3) ライスハスクの燃焼灰収入

ライスハスクの燃焼灰の売却益については前述のように、US\$100/tを見込む。

$$\text{US\$100/t} \times 64,300\text{t} \times 19\% \times 109\text{円/US\$} = 133\text{百万円}$$

以上をまとめると、本プロジェクトでの収入は表3.9-4のようになる。

表3.9-4 本プロジェクトでの収入一覧表

項 目	金 額	備 考
1. EGAT からの売電収入	3 4 9 百万円	
2. エタノール工場からの売電収入	1 4 百万円	
3. エタノール工場からの蒸気販売収入	5 9 百万円	500Baht/t × 7t/h × 24h × 250日 × 2.81円/Baht
4. ライスハスクの燃焼灰の収入	1 3 3 百万円	
合 計	5 5 5 百万円	

3.10 CDM プロジェクトの立案

3.10.1 ベースラインの概要

第7回CDM理事会(2003年1月開催)において小規模CDM (Small-Scale CDM: SSC) のプロジェクト設計書 (PDD) と簡素化方法論に関するガイドラインが“first living version”として採択された。それによると、コージェネレーションシステムが小規模CDMの適格性を有するためには、すべての形態のエネルギーアウトプットについてそれらの合計が $45\text{MW}_{\text{thermal}}$ を超えてはならない、とされている。本CDMプロジェクトの場合、一次ボイラーの定格出力は 60t/h であり、蒸気 $1\text{kg/h} \doteq 0.7\text{kW}$ で換算するとこれは約 42MW (上限である 45MW 以内) に相当することから、コージェネレーション設備容量に関しては小規模CDM活動としての前提条件を満たしている。

また、本プロジェクトの追加性の立証については、上述した小規模 CDM ガイドラインの付録 B の添付 A (Attachment A to Appendix B) に記載された4種類のバリア (当該事業の実現を妨げていると考えられる障害) のうち、少なくとも投資のバリア (investment barrier) が該当するものとする。すなわち、“当該プロジェクト活動に代替する、投資上より実効性の高い代替案が、より多くの GHG 排出を生じさせたかもしれない” ケースに本プロジェクト活動は該当する。その根拠として、以下の点が挙げられよう。

- ① CDM プロジェクトではない通常の事業 (CER 獲得による収入なし) を想定した場合、後述する3.10.4 (収益性評価) によると当該事業の内部利益率は 7.91% と予想され、事業リスクを伴う投資行為の意思決定にかかわる重要な指標である事業収益性の判断基準 (控え目に見ても IRR は 10% 以上) を 2% 以上下回っている。したがって、“当該プロジェクト活動に代替する、投資上より実効性の高い代替案” はホスト国にはいくらかでも存在するであろう。
- ② ホスト国タイにおける長期国債 (格付け会社S&PによるランクはA) の利回りが約 6% であることを勘案すると、投資者から見て限りなく投資リスクの低いタイ国の長期国債は、IRRが若干上回る程度の本プロジェクト (通常の投資リスクを伴う) より魅力的である。
- ③ 投資案件の検討には一定の費用や時間を要することを考慮すると、本プロジェクトの事業規模が小さい点も投資対象としての魅力に欠けるであろう。

以上の考察から、サトウキビ畑から trash を回収運搬してバイオマス燃料として利用する本プロジェクトに対し、より安価で安定供給が確実な化石燃料 (石炭、ディーゼルなど) を利用する IPP 事業が“投資上より実効性の高い代替案”と考えられ、そのような代替シナリオの下ではより多くの GHG 排出を生じるものと予想される。

このように、ホスト国において本プロジェクトの実現を妨げていると考えられるバリアの存在は明白であり、このことにより本プロジェクトは小規模 CDM としての適格性を有するものとする。

小規模 CDM 事業では簡易ベースラインおよびモニタリング方法論が利用できる。本小規模 CDM プロジェクトは、小規模 CDM のプロジェクトタイプ I.D (グリッド用の再生可能電力発電) に分類され、また接続対象グリッドに現在供給されている電力が燃料油またはディーゼル燃料を利用するシステムからのものだけで構成されているわけではないことから、ガイドラインに記載された以下2種類の簡易ベースラインのいずれかを使用できるとされている。

- ・ 近似オペレーティングマージンとビルドマージンの平均値
- ・ 現状の発電ミックスの加重平均排出量

(1) プロジェクト領域における現在の温室効果ガス排出状況

本プロジェクトを実施する予定領域は、現在のRajburi製糖工場構内の一部およびその周辺の空地（草地）からなる。したがって、老朽化した既存のコージェネレーション設備等からのCO₂排出やため池からのメタンガス排出など、本プロジェクト領域に関して現時点で特記すべき温室効果ガスの排出源は存在しない。

(2) ベースラインの選定

本 CDM プロジェクトのベースラインとしては、小規模 CDM タイプ I.D における適用可能な簡易ベースラインのうち、「現状の発電ミックスの加重平均排出量」を選定する。すなわち、事業開始時点での最新の発電ミックス加重平均排出量（本プロジェクトの売電量にグリッド電源の加重平均排出係数を乗じた値）をベースラインとする。昨年度報告書作成時点で入手可能であった最新のデータ（2002年のデータ）を本報告書でもベースラインの計算に使用する。なお、本プロジェクトに対して使用できる簡易ベースラインのうち、上記の“近似オペレーティングマージンとビルドマージンの平均値”を選定しない理由は以下のとおり。

- ・ 近似オペレーティングマージンについては、本プロジェクトが実現しないとした場合の本プロジェクトによる供給電力相当分が既設の火力電源による負荷対応に必ずしも結びつかない。すなわち、現実のグリッドによる負荷対応の仕組みは複雑であり、通年で見ると火力電源を単純に本プロジェクトの代替電源と想定することは妥当でない。
- ・ ビルドマージンについては、電力自由化が進行中のホスト国の最新発電設備について GHG 排出係数の計算に要求される品質（信頼性、一貫性、透明性）を満足するデータ（主として、発電量と燃料消費量）を民間会社から入手することは困難である。事実、EGAT の電源開発計画（PDP）や年次報告書（Annual Report）においても、SPP（小規模発電事業者）からの受電量データは電源ごとに開示されているが、電源ごとの燃料消費量（例：石炭火力の石炭消費量）のデータは掲載されていない。

(3) リークエージ（事業の境界外で発生する排出量変化）の検討

本小規模 CDM プロジェクトが該当するタイプ I.D の規定によると、当該プロジェクトが既設の発電設備をどこからか移転、導入するケースに該当する場合にリークエージを計算することとされている。本プロジェクトはバイオマス発電の新設プロジェクトであり、ホスト国における既設の発電設備を移転、導入するケースには該当しない。したがって、この点についてのリークエージは考慮する必要はない。また、小規模 CDM プロジェクトのガイドラインによると、バイオマス利用プロジェクトについてはリークエージを考慮することが要求されている。

以下、本プロジェクトに起因する可能性のあるリークエージについて考察する。

まず、本プロジェクトで使用する trash にかかわるリーケージ発生の可能性について検討する。

プロジェクト境界外で trash が化石燃料を代替しているという情報および事実はない。trash の需要と供給に関しては、本プロジェクトが位置する Ratchaburi 県内で発生する trash 量と本プロジェクトで使用する trash 量を以下、比較検討する。

1999年から2001年までの3年間について Ratchaburi 県でのサトウキビの平均年間生産量は 2,756,000トンで、そのうち trash の発生率は16.9%であることから、trash は年間465,764トンと見積もられる ($2,756,000 \times 16.9\% = 465,764$)。本プロジェクトで回収される trash 量は年間46,600トンであり、この量は Ratchaburi 県で発生する全 trash 量の10%にすぎない (逆に表現すると、本プロジェクト使用量の9倍もの余剰量が存在する)。

次に、本プロジェクトで使用するライスハスクにかかわるリーケージ発生の可能性について検討する。ライスハスクの一部については、すでにホスト国内でバイオマス発電燃料として使用されているのは事実である。しかし、本プロジェクトで使用する量が年間64,300t であって、本プロジェクト実施候補地が位置するタイ中央部におけるライスハスク発生量が140万トン以上、そのうちの約半分 (70万トン) が未利用であろう (本報告書3.4参照) ことを勘案するならば、本プロジェクトを実施することによってタイ中央部におけるライスハスクの供給量に支障を来し、そのことが原因でプロジェクト境界外での新たな化石燃料の使用を引き起こすとは考えられない。また、本プロジェクトでは燃料として使用した trash の灰をそのまま肥料としてサトウキビ畑に還元することから、trash を回収した畑における化学肥料の追加的な施用は最小限に抑えられ、したがって追肥活動に起因する温室効果ガスの発生というリーケージ発生の可能性は低いものとする。

結論として、現時点で本プロジェクト活動に起因するリーケージの可能性は考えられない。

3.10.2 温室効果ガス排出削減量

(1) 温室効果ガス排出削減効果が発生する技術的根拠

本プロジェクト実施により温室効果ガス排出削減効果が期待できる技術的根拠は以下のとおりである。

- EGAT のグリッド電源構成に化石燃料（天然ガス、石油、石炭など）による火力発電が含まれているため、ベースラインの温室効果ガス排出係数はプラス。
- 本プロジェクトの熱電供給システムに供給する燃料は trash とライスハスクだけであり、これらバイオマス燃料の燃焼に伴う温室効果ガス排出量はゼロ（カーボンニュートラル）。
- 上記2種類の排出係数の違いがベースラインと比較した場合の本プロジェクト活動による温室効果ガス排出削減量となる。

なお、アルコール醸造工場が本プロジェクト境界に隣接して進出し、そこへ本プロジェクトから熱電供給することが期待されるものの、現時点でそのようなプロジェクトは実現していない。したがって、本プロジェクト活動による架空のアルコール醸造工場への熱電供給による温室効果ガス排出削減については、本調査の検討対象としない。

(2) 温室効果ガス排出削減量

温室効果ガス排出削減量は以下の3項目から求める。

① ベースライン排出量

昨年度報告書から変更なし。報告書で引用したEGAT電源開発計画（2003年4月公表）（General Information, EGAT Power Development Plan, April 2003）に掲載された2002年の発電量と燃料消費量の実績データをもとに、EGATグリッドの平均CO₂排出係数（2002年ベース）を算出し、0.586t-CO₂/MWhが得られた（表3.10-1）。なお、SPPに関する燃料消費量データが掲載されていないため、SPPのデータは排出係数の計算から除外した。

本プロジェクトによるEGATへの年間売電量は54,810MWhであることから、これらに乗じた値、すなわち32,119t-CO₂が年間のベースライン排出量となる。

② プロジェクト排出量

上述した通り、バイオマス燃料消費によるCO₂排出はないものとする。本プロジェクトが該当する小規模CDMプロジェクトのタイプI.Dの規定によると、売電量やバイオマス燃料使用量（化石燃料との混焼発電の場合）だけがこのタイプのプロジェクトに関わるモニタリング対象項目となっていることから、ここではボイラー起動時の始動燃料使用やバイオマス燃料運搬に伴う軽油燃料使用などの付随的な活動からのGHG排出量は考慮する必要はないと解釈する。

③ リークエージ

上述のとおり、本プロジェクトに起因する本プロジェクト境界外でのGHG排出の可能性は考えられない。すなわち、本プロジェクト活動に起因するリークエージはゼロ。

以上の考察から、①のベースライン排出量（32,119t-CO₂）から②のプロジェクト排出量（ゼロ）と③のリークエージ（ゼロ）を差し引いた値、すなわち32,119t-CO₂が本プロジェクト活動に

よる年間のCO₂排出削減量となる。したがって、全クレジット期間の総排出削減量は以下のとおり。

- クレジット期間10年の総排出削減量=321,190t-CO₂
- クレジット期間21年（7年×3回）の総排出削減量=674,499t-CO₂

表 3.10-1 EGAT の 2002 年発電データからの原単位算出表

EGAT の原データ (2002 年実績)		IPCC ガイドラインに準拠して算出						
燃料の種類	発電量 (GWh)	燃料消費量	単位発熱量**	炭素排出 原単位 (tC/TJ)	炭素の 酸化比 率係数	二酸化炭素 と炭素の 分子量比	CO ₂ 排出量 (tCO ₂)	CO ₂ 排出係数 (tCO ₂ /MWh)
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(G) ÷ (A) ÷ 1000
水力	9,288						{(B) × (C) × (D) × (E) × (F)}	0
天然ガス*	67,443	1,632 MMSCFD	40.9 × 10 ⁻⁶ TJ/Nm ³	15.3	0.995	44/12	36,514,965	0.541419643
重油*	2,025	521 MLiters	39.1 TJ/MLiters	21.1	0.99	44/12	1,560,284	0.770510451
軽油	258	67 MLiters	38.2 TJ/MLiters	20.2	0.99	44/12	187,671	0.727405288
亜炭	16,890	15.2 MTons	12,140.00 TJ/MTons	27.6	0.98	44/12	18,300,749	1.083525691
輸入石炭*	0	0 MTons	26,380.00 TJ/MTons	26.8	0.98	44/12	0	0
再生可能エネルギー	648						0	0
EGAT-TNB	13						7,735	0.595
新設備	0						0	0
合計	96,565						56,571,403	0.586

* SPP は除く

** 天然ガス、重油および軽油については、環境省地球環境局「事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン（試案 ver1.5）」を参照

http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santeiho/guide/pdf1_4/mat_01i.pdf

3.10.3 環境影響、その他の間接影響

昨年度報告書に比べ、設備導入にかかわる環境影響については特記すべき変化はない。本補完調査においてサトウキビ畑からの持続可能な trash 持ち出し率について検討した結果、その持ち出し行為がサトウキビ収量に対して与える直接的な影響はないことがわかった。ただし、土壌の持つ炭素量が現状維持できるという意味で trash の持ち出し率を制限した。以上のことから本プロジェクトの trash 回収活動によるサトウキビ栽培への影響はほとんど無視できるものと考えられる。

環境影響分析結果に関しては昨年度と同じであるが、以下に再掲する。

(1) 大気

本プロジェクトによる周辺の大気環境への影響としては、ばいじん、NO_x（窒素酸化物）、SO_x（硫黄酸化物）の排出による影響が考えられる。

ばいじんについては、電気式集じん機を設置し、粒子状物質濃度を120mg/m³_N以下（タイの排出基準は、粒子状物質：400 mg/m³_N以下）にしてから排出する計画である。

NO_xについては、排出濃度は250ppmで設計しており、排出基準（NO_xで470mg/m³_N又は250ppm以下）を満足するものと考えられる。

SO_xについては、排出濃度は trash 燃焼時に300ppm（trash 及びライスハスク中のS分：0.1%と想定）と予想している。脱硫装置の設置は現時点では想定していないが、排出基準（SO₂で1,300mg/m³_N又は500ppm以下）を満足しないおそれがある場合には、脱硫装置を設置するものとする。

以上のように、本プロジェクトを実施する場合には周辺の大気環境への影響が十分少ない設備を設計するものとする。

(2) 水質

Rajburi 製糖工場敷地内には沈澱池があり、既設プラントからの排水は沈澱池において懸濁物等を取り除き、再利用している。本プロジェクトにおいても、Rajburi 製糖工場内の既存沈澱池を利用し、排水をプラント等の用水として再利用する計画である。排水を敷地外に排出しないことから、周辺の水環境への影響は特にないものと考えられる。

(3) 騒音

主要な騒音発生源となる機器は、建屋内に収納することを基本とし、屋外に設置せざるを得ない機器についても低騒音型機器の採用に努め、必要に応じて遮音壁の設置、機器配置の検討等の対策を講じること、Rajburi 製糖工場敷地は広大であり発電所近傍に住宅地等は存在しないことから、周辺の環境に与える影響は特にないものと考えられる。

(4) 振動

本プロジェクトにおいて、主要な振動発生源となる機器は、基礎を強固なものにする等の対策を講じること、Rajburi 製糖工場敷地は広大であり発電所近傍に住宅地等は存在しないことから、周辺の環境に与える影響は特にないものと考えられる。

3.10.4 収益性評価

本補完調査で得たデータを反映させた本プロジェクトの事業収支計画（21年間）を表3.10-2に示す。

（1）内部利益率（IRR）

事業収支計画表から、本 CDM プロジェクトの IRR（10年間）は7.91%と計算される。また、炭素クレジット（CER）の価値を US\$5（=¥545）とした場合では、IRR は1.15%上昇して9.06%となり、さらに US\$10（=¥1,090）とした場合には10.19%まで上昇する。

（2）投資回収年数

事業収支計画表より、本プロジェクト開始から8年目に累積損失が解消して黒字を計上する予想であることから、投資回収年数は8年となる。

3.10.5 費用対効果

本プロジェクトの初期投資額はSPC設立費用を含めて 1,714 百万円、年間経費は 256.4 百万円と見積もられることから、10 年間の総事業費は 4,278 百万円となる。一方、本プロジェクト活動によるGHG削減量は年間 32,119t-CO₂であることから、10 年間のクレジット期間の総削減量は 321,190t-CO₂と見積もられる。したがって、本プロジェクト実施によるGHG削減努力の費用対効果は 13,319 円/t-CO₂と算出される。

表3.10-2 事業収支計画一覽表

《タイの砂糖工場におけるバイオマス発電の事業化補完調査》

事業年度	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
(単位:百万円)																					
損益計算書																					
売上高	555	555	555	555	555	555	555	555	555	555	555	555	555	555	555	555	555	555	555	555	555
営業経費(売上原価+販管費)	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256
減価償却費	241	206	177	152	130	112	96	82	71	61	52	45	38	33	28	1	0	0	0	0	0
土地リース代	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4
営業利益	50	84	113	138	160	178	194	208	220	230	238	246	252	257	262	289	290	290	290	290	290
支払金利	121	52	41	29	18	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
繰上資産償却費	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
税引前当期利益	-76	28	68	105	138	172	194	208	220	230	238	246	252	257	262	289	290	290	290	290	290
法人税率	0	8	21	31	41	52	58	62	66	69	71	74	76	77	79	87	87	87	87	87	87
当期利益	-76	19	48	73	97	120	136	146	154	161	167	172	176	180	183	203	203	203	203	203	203
キャッシュフロー計算書																					
税引前当期利益	-76	28	68	105	138	172	194	208	220	230	238	246	252	257	262	289	290	290	290	290	290
償却費(設備+構築)	245	210	181	156	134	112	96	82	71	61	52	45	38	33	28	1	0	0	0	0	0
不良資産償入	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
資金調達合計	169	238	249	261	272	284	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290
法人税率支払	0	8	21	31	41	52	58	62	66	69	71	74	76	77	79	87	87	87	87	87	87
借入金返済	169	230	229	229	231	126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
不足資金返済	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
余剰資金増減	0	0	0	0	0	106	232	228	224	221	219	217	215	213	212	203	203	203	203	203	203
資金運用合計	169	238	249	261	272	284	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290
買付対照表																					
流動資産(余剰資金)	0	0	0	0	0	106	338	566	790	1,011	1,230	1,447	1,661	1,874	2,068	2,289	2,482	2,696	2,899	3,102	3,305
固定資産	1,694	1,453	1,247	1,070	918	788	676	580	498	427	368	314	270	231	193	170	169	169	169	169	169
(内)有形資産	1,694	1,453	1,247	1,070	918	788	676	580	498	427	368	314	270	231	193	170	169	169	169	169	169
繰上資産	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
繰上負債	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
借入金(当初借入)	1,214	1,045	816	587	357	126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
不良資産償入(追加借入)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
負債合計	1,214	1,045	816	587	357	126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
資本金	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
その他資本	-76	-56	-9	65	161	282	418	563	717	878	1,044	1,216	1,393	1,573	1,766	1,959	2,162	2,365	2,568	2,771	2,974
資本合計	500	424	444	491	565	661	782	918	1,063	1,217	1,378	1,544	1,716	1,893	2,073	2,256	2,459	2,662	2,865	3,068	3,271
負債+資本合計(負債及び資本の部)	1,714	1,469	1,259	1,078	922	788	782	918	1,063	1,217	1,378	1,544	1,716	1,893	2,073	2,256	2,459	2,662	2,865	3,068	3,271
採算計算																					
税引後キャッシュフロー	169	230	229	229	231	126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
税引後キャッシュフローの累計(S)	169	398	627	857	1,088	1,320	1,552	1,780	2,004	2,228	2,444	2,661	2,875	3,088	3,300	3,503	3,706	3,910	4,113	4,316	4,519
(S)-投下資本	-1,546	-1,316	-1,087	-857	-628	-394	-162	66	290	511	678	847	1,014	1,174	1,328	1,483	1,638	1,793	1,948	2,103	2,258
採算率(採算率) [ROIC]	2,90%	3,89%	4,30%	5,61%	6,93%	8,24%	9,55%	10,86%	12,17%	13,48%	14,79%	16,10%	17,41%	18,72%	20,03%	21,34%	22,65%	23,96%	25,27%	26,58%	27,89%
内部利率率 [IRR] (初期投資外、税金繰込)	-	2,90%	3,89%	4,30%	5,61%	6,93%	8,24%	9,55%	10,86%	12,17%	13,48%	14,79%	16,10%	17,41%	18,72%	20,03%	21,34%	22,65%	23,96%	25,27%	26,58%
(IRR計算データ)	-1,714	290	282	270	259	249	239	228	224	221	219	217	215	213	212	203	203	203	203	203	203
IRR(第10期)																					
IRR(第10期)	7.91%	8.08%	8.25%	8.42%	8.59%	8.76%	8.93%	9.10%	9.27%	9.44%	9.61%	9.78%	9.95%	10.12%	10.29%	10.46%	10.63%	10.80%	10.97%	11.14%	11.31%
IRR(第10期)	7.91%	8.08%	8.25%	8.42%	8.59%	8.76%	8.93%	9.10%	9.27%	9.44%	9.61%	9.78%	9.95%	10.12%	10.29%	10.46%	10.63%	10.80%	10.97%	11.14%	11.31%
IRR(第10期)	7.91%	8.08%	8.25%	8.42%	8.59%	8.76%	8.93%	9.10%	9.27%	9.44%	9.61%	9.78%	9.95%	10.12%	10.29%	10.46%	10.63%	10.80%	10.97%	11.14%	11.31%
IRR(第10期)	7.91%	8.08%	8.25%	8.42%	8.59%	8.76%	8.93%	9.10%	9.27%	9.44%	9.61%	9.78%	9.95%	10.12%	10.29%	10.46%	10.63%	10.80%	10.97%	11.14%	11.31%
IRR(第10期)	7.91%	8.08%	8.25%	8.42%	8.59%	8.76%	8.93%	9.10%	9.27%	9.44%	9.61%	9.78%	9.95%	10.12%	10.29%	10.46%	10.63%	10.80%	10.97%	11.14%	11.31%
IRR(第10期)	7.91%	8.08%	8.25%	8.42%	8.59%	8.76%	8.93%	9.10%	9.27%	9.44%	9.61%	9.78%	9.95%	10.12%	10.29%	10.46%	10.63%	10.80%	10.97%	11.14%	11.31%
IRR(第10期)	7.91%	8.08%	8.25%	8.42%	8.59%	8.76%	8.93%	9.10%	9.27%	9.44%	9.61%	9.78%	9.95%	10.12%	10.29%	10.46%	10.63%	10.80%	10.97%	11.14%	11.31%
IRR(第10期)	7.91%	8.08%	8.25%	8.42%	8.59%	8.76%	8.93%	9.10%	9.27%	9.44%	9.61%	9.78%	9.95%	10.12%	10.29%	10.46%	10.63%	10.80%	10.97%	11.14%	11.31%
IRR(第10期)	7.91%	8.08%	8.25%	8.42%	8.59%	8.76%	8.93%	9.10%	9.27%	9.44%	9.61%	9.78%	9.95%	10.12%	10.29%	10.46%	10.63%	10.80%	10.97%	11.14%	11.31%
IRR(第10期)	7.91%	8.08%	8.25%	8.42%	8.59%	8.76%	8.93%	9.10%	9.27%	9.44%	9.61%	9.78%	9.95%	10.12%	10.29%	10.46%	10.63%	10.80%	10.97%	11.14%	11.31%
IRR(第10期)	7.91%	8.08%	8.25%	8.42%	8.59%	8.76%	8.93%	9.10%	9.27%	9.44%	9.61%	9.78%	9.95%	10.12%	10.29%	10.46%	10.63%	10.80%	10.97%	11.14%	11.31%
IRR(第10期)	7.91%	8.08%	8.25%	8.42%	8.59%	8.76%	8.93%	9.10%	9.27%	9.44%	9.61%	9.78%	9.95%	10.12%	10.29%	10.46%	10.63%	10.80%	10.97%	11.14%	11.31%
IRR(第10期)	7.91%	8.08%	8.25%	8.42%	8.59%	8.76%	8.93%	9.10%	9.27%	9.44%	9.61%	9.78%	9.95%	10.12%	10.29%	10.46%	10.63%	10.80%	10.97%	11.14%	11.31%
IRR(第10期)	7.91%	8.08%	8.25%	8.42%	8.59%	8.76%	8.93%	9.10%	9.27%	9.44%	9.61%	9.78%	9.95%	10.12%	10.29%	10.46%	10.63%	10.80%	10.97%	11.14%	11.31%
IRR(第10期)	7.91%	8.08%	8.25%	8.42%	8.59%	8.76%	8.93%	9.10%	9.27%	9.44%	9.61%	9.78%	9.95%	10.12%	10.29%	10.46%	10.63%	10.80%	10.97%	11.14%	11.31%
IRR(第10期)	7.91%	8.08%	8.25%	8.42%	8.59%	8.76%	8.93%	9.10%	9.27%	9.44%	9.61%	9.78%	9.95%	10.12%	10.29%	10.46%	10.63%	10.80%	10.97%	11.14%	11.31%
IRR(第10期)	7.91%	8.08%	8.25%	8.42%	8.59%	8.76%	8.93%	9.10%	9.27%	9.44%	9.61%	9.78%	9.95%	10.12%	10.29%	10.46%	10.63%	10.80%	10.97%	11.14%	11.31%
IRR(第10期)	7.91%	8.08%	8.25%	8.42%	8.59%	8.76%	8.93%	9.10%	9.27%	9.44%	9.61%	9.78%	9.95%	10.12%	10.29%	10.46%	10.63%	10.80%	10.97%	11.14%	11.31%
IRR(第10期)	7.91%	8.08%	8.25%	8.42%	8.59%	8.76%	8.93%	9.10%	9.27%	9.44%	9.61%	9.78%	9.95%	10.12%	10.29%	10.46%	10.63%				

3.10.6 利害関係者のコメント

今回の現地調査によって新たに得られた利害関係者のコメントを以下に列挙する。

- 農業組合省農業局を 2005 年 1 月 10 日に訪問し、ヒヤリングを行った結果、以下の情報とコメントを得た。
 - a) サトウキビ植物全体の約 5% (重量比) を占める trash のうち、60%は野焼きされ、残りの 40%は土壌改良材となっている。手作業による収穫作業の効率化のため、農民が収穫直前に火をつけている。
 - b) 原則として、農地から trash は回収しないことが望ましい。しかし、土壌条件 (特に保水性) の良い農地であれば回収は可能。また、trash 販売によって副収入が得られるのであれば、価格と回収量については農民との交渉ごととなる。

- ONEP (DNA) を 2005 年 1 月 11 日に訪問してインタビューしたところ、CDM は今後どう進んでいくかについて、投資国からの財政支援に頼るのではなく、投資国とホスト国の両当事者のパートナーシップが重要と考える、との見解が得られた。

- Rachaburi 県知事を 2005 年 1 月 12 日に訪れた際、以下の発言があった。
 - a) trash は土壌改良材として有用。
 - b) 県内で開発プロジェクトを行う場合、利害の衝突が生じた場合は最終的に住民投票が行われる。したがって、行政と住民の協力がないとプロジェクトは進まない仕組みになっている。
 - c) このプロジェクトは Rachaburi 県の持続可能な発展に貢献する。

- Rajburi Sugar 社工場を 1 月 11 日に訪問した。野焼きは行っていないが、もらい火が 10%あり、機械収穫は 20%で残りの 80%は手刈りであることがわかった。また Rajburi Sugar 社契約農家からは trash は畑にあったほうが望ましいとの発言があった。

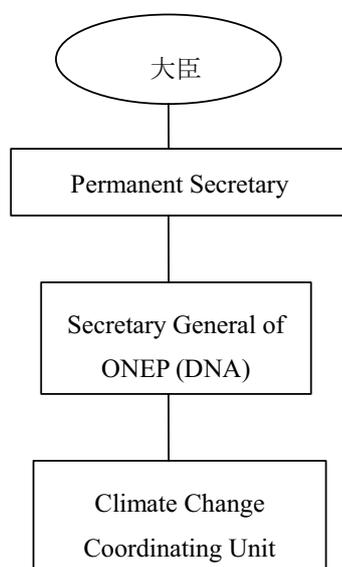
3.10.7 タイ国政府の CDM に関する政策・状況

2005 年 1 月 11 日にタイ天然資源環境省の ONEP (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning) (DNA、指定国家機関) を訪問してインタビューしたところ、現時点でのタイ国の DNA の組織・体制、CDM 承認プロセスについては以下の図の通りであるとの情報を得た。

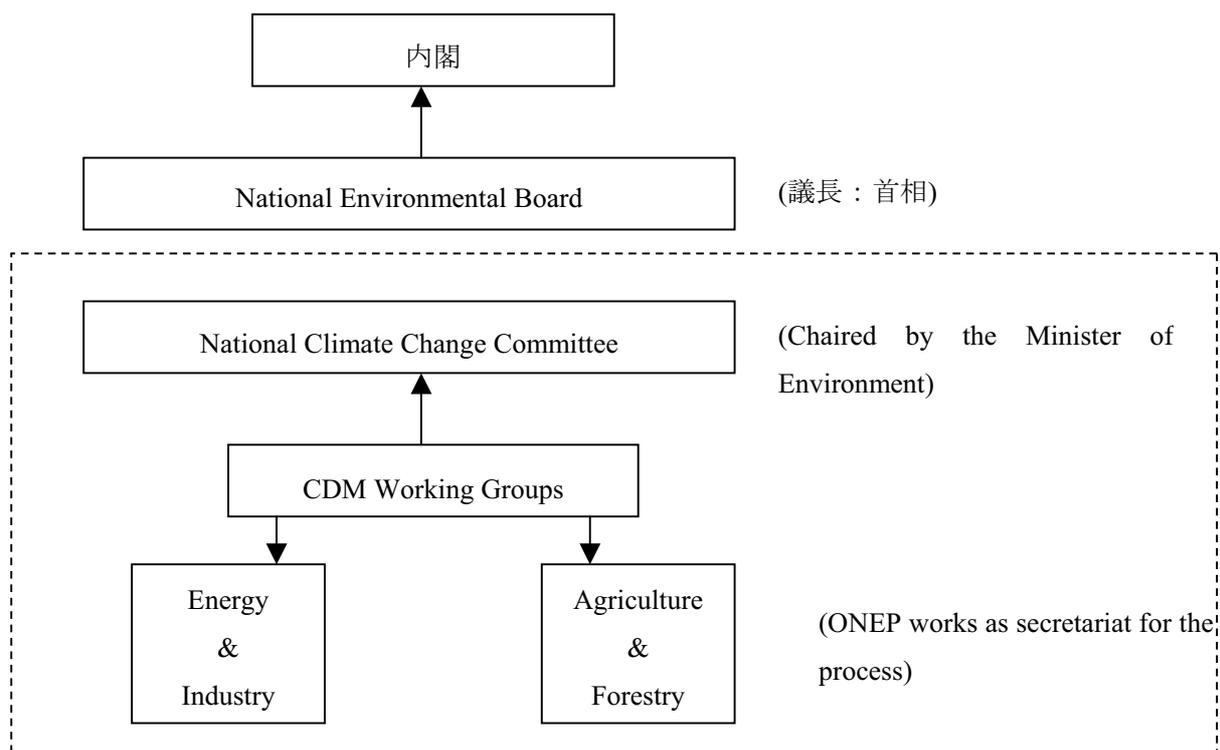
ONEP 担当者のコメント

- CDM に対する承認基準については、担当者としては 2 月末までに発表したい意向。
- 承認にかかる時間は、担当者レベルで審査に 4 ヶ月、その後は上層部の判断になりどれくらいかかるかわからない。

【タイ国の DNA 組織図】



【CDM プロジェクトのタイ国政府承認体制】



3.10.8 プロジェクト設計書の草案

昨年度報告書で作成した本プロジェクトの PDD（プロジェクト設計書）草案について、今年度補完調査の成果を反映させるための修正作業を行い、その改訂版を作成した（添付資料 18）。

第4章 むすび

本プロジェクトの意義は、サトウキビの収穫に悪影響を与えない範囲で trash をバイオマス燃料として発電することにより、地球温暖化対策の一助とするという新たな試みにある。この点についてはシミュレーションによる trash 利用可能率を求めたが、プロジェクト化する前には現地において実証する必要がある。trash の燃焼灰をサトウキビ畑に還元し、肥料としての有効利用をすることも含めてサトウキビ栽培の持続的発展可能な状況を構築するとともに、急増するタイの電力需要の一端を担えれば意義深いものとなるだろう。

同時に、砂糖の生産工程で残る廃糖蜜からアルコールを製造しガソリン代替とするタイ政府の方針に沿って、Rajburi 製糖工場に隣接する敷地にアルコール工場が建設される場合を想定して行う熱供給もエネルギーの有効利用に繋がるものと考えられる。

なお、新設発電所による排煙、排水、騒音、振動等に関する環境影響については十分な対策を講じることにより、周辺環境への影響を抑えた設備とするが、Rajburi 製糖工場周辺には住宅地等が存在しないことから大きな問題は生じないものと考えられる。

地元県知事からも本プロジェクトは持続可能な発展に貢献するとのコメントをいただいております、農業関係者の合意を得てプロジェクト化に結びつけたいと考えている。