タイにおける持続可能な稲作由来バイオマス発電の現状と展望

Current Status and Future Perspective of Sustainable Biomass Power Generation derived from Rice Field in Thailand

園部　太郎　Taro Sonobe
佐藤　孝宏　Takahiro Sato
奥村　与志弘　Yoshihiro Okumura
広田　勲　Isao Hirota
津田　冴子　Saeko Tsuda
小石　和成　Kazunari Koishi
大村　善治　Yoshiharu Omura

Kyoto Working Papers on Area Studies No.38
(G-COE Series 36)

March 2009

このグローバル COE ワーキングペーパーシリーズは、下記 G-COE ウェブサイトで閲覧する事が出来ます
(Japanese webpage)
http://www.humanosphere.cseas.kyoto-u.ac.jp/staticpages/index.php/working_papers
(English webpage)
http://www.humanosphere.cseas.kyoto-u.ac.jp/en/staticpages/index.php/working_papers_en

〒606-8501
京都市左京区吉田下阿達町 46
京都大学東南アジア研究所

このワーキングペーパーは、JSPS グローバル COE プログラム (E-4)：
生存基盤持続型の発展を目指す地域研究拠点　の援助によって出版されたものです。

タイにおける持続可能な
稲作由来バイオマス発電の現状と展望

園部　太郎
佐藤　孝宏
奥村　与志弘
広田　勲
津田　冴子
小石　和成
大村　善治

Kyoto Working Papers on Area Studies No.38
JSPS Global COE Program Series 36
In Search of Sustainable Humanosphere in Asia and Africa

March 2009

タイにおける持続可能な稲作由来バイオマス発電の現状と展望

園部太郎[1]、佐藤孝宏[2,*]、奥村与志弘[3]、広田勲[4]、津田冴子[4]、小石和成[5]、
大村善治[6]

Current Status and Future Perspective of Sustainable Biomass Power Generation derived from Rice Field in Thailand

Taro Sonobe,[1], Takahiro Sato[2,*], Yoshihiro Okumura[3], Isao Hirota[4], Saeko Tsuda[4],
Kazunari Koishi[5], Yoshiharu Omura[6]

Abstract

A possibility of sustainable biomass power generation from rice fields in Thailand has been investigated from view points of potential power generation, their chemical properties, current status of power generation using rice production residue and the field survey at the rice husk power plant and rice mill of Chainat in Thailand. It is found that rice husk has been mostly used in this region for power generation mostly because of its easiness of collection and transportation as compared with rice straw. With comparison of chemical properties of rice husk and rice straw, it is also suggested that rice husk can be converted to heat relatively easier compared with rice straw. In order to supply the electricity from biomass power plant steadily in Thailand, it can be suggested to increase the fuel variation by utilization of other biomass resources such as rice straw.

1.　緒言

21世紀初頭の現在、世界の総人口約60億人に対し、年間総エネルギー消費量は約90億（toe; 石油換算トン）である（シュバリエ, 2007）。1900~2000年の100年間で、世界人口は5.6倍

[1] 京都大学生存圏研究所・ミッション専攻研究員（現所属：京都大学大学院エネルギー科学研究科）
[2] 京都大学東南アジア研究所・G-COE研究員
[3] 京都大学大学院情報学研究科・博士課程
（現所属：（財）ひょうご震災記念２１世紀研究機構　人と防災未来センター）
[4] 京都大学大学院農学研究科・博士課程
[5] 京都大学大学院理学研究科・博士課程
[6] 京都大学生存圏研究所・教授
* Corresponding Author（takahiro@cseas.kyoto-u.ac.jp）

に増加した一方、エネルギー消費量は 18 倍に達した（シュバリエ, 2007)。しかしながら、世界の総人口の 5%以下を占めるにすぎないアメリカが、世界のエネルギーの 4 分の 1 を消費し人口 1 人あたりの年間エネルギー消費量が 8（toe）である一方、最貧国の人口 1 人あたりのエネルギー消費量は、年間 1toe 以下に過ぎない（シュバリエ, 2007）など、エネルギー消費量には国家間で大きな格差が認められる。

一般的に、エネルギー消費量は経済発展に比例して増大する。アジア地域を中心とする発展の著しい国々においても、2030 年におけるエネルギー消費量が 2002 年の約 2 倍近くに増大することが予測されているが（赤石、2004)、その一方で、化石資源の消費による二酸化炭素等の排出が地球温暖化の原因となっていることが明らかとなりつつあるなど、化石資源利用を巡る様々な問題が顕在化している。エネルギー需給をめぐるこのようなジレンマを解決する方策の一つとして、太陽エネルギー、バイオマスエネルギー、水素エネルギー等の新エネルギー開発に加え、省エネルギー技術や減エネルギー技術の導入があげられる。同分野における技術革新や社会ニーズは近年めまぐるしく変化しているが、これら新エネルギーの導入においてもすでに様々な問題が顕在化している（Wiley, 1979 ; Mariita, 2002 ; Gundimeda, 2004 ; Berndes et al., 1996.)。よって、持続可能な新エネルギーシステムを構築するためには、技術的側面のみならず、当該地域の社会、経済、文化といったさまざまな側面を総合的に考慮した上で、システムを設計する必要がある。

東南アジア諸国では、エネルギー消費量の増大と原油高の高騰を受けて、エネルギー自給率の向上を目指す動きが近年活発化しているが、これらの動きの中でも特にタイで、自国に存在するバイオマスを化石エネルギー代替資源として利用する試みが、積極的に推進されている。同国で現在行われているバイオマス発電において用いられている作物としては、サトウキビ、イネ、キャッサバ、アブラヤシなどがあげられるが、その中でも稲作残渣を利用したバイオマス発電は、同国が世界でも有数のコメ生産国であること、多期作の実施により稲作残渣が豊富にしかも年間を通じて安定的に利用できる状況にあること、農業生産との間で土地利用の競合が生じないこと、などの理由により有効であるものと思われる。

そこで本調査では、①稲作由来バイオマスポテンシャルの推定、②籾殻・藁の化学組成・基礎化学特性分析、③タイ国内における稲作残渣バイオマスエネルギー利用の現状、④Chainat 県の籾殻発電所を対象としたフィールド調査、という 4 つの視点から、タイにおける稲作由来のバイオマス資源（籾殻、藁）のエネルギー利用について議論を行う。本ワーキングペーパーで報告される、タイにおける稲作由来のバイオマス利用状況の理解は、他の東南アジアにおけるバイオマスエネルギー利用の展開にとって重要な指針を与えるものであると考える。

2. 材料・資料及び方法

2-1. 稲作由来バイオマス発電ポテンシャルの推定

Energy for Environment Foundation (EFE;2008)が公開している、2006 年農業生産統計データ

を基本資料として用いた。稲作残渣を藁と籾殻に分け、それぞれの生産量（R_{straw}, R_{husk}）を以下の式により推定した。

a.　藁から発電可能な電力量

藁生産量は、藁/籾比（*SGR* : Straw to Grain Ratio）を用いて以下のように示される。

$$R_{straw} = P_{rice} \times SGR \qquad (1)$$

藁 1t から発電可能な電力量は *LHV*（Lower Heating value）により表現される。*LHV* はエネルギー損失や燃焼に伴う水分蒸発に用いられるエネルギーを除いた、燃焼により実際に獲得可能なエネルギー量である（EFE,2008）。エネルギー工場での発電に伴うエネルギー消費量を生産量の 60%とすると、発電可能な電力量（E_{straw}）は以下の計算式により求められる。

$$E_{straw} = 0.4 \times LHV \times P_{rice} \times SGR \qquad (2)$$

SGR を 0.75（Gadde et al., 2007）、藁の LHV を 13517（$kJ \cdot kg^{-1}$）、電力量に換算して 3.8（$MWh \cdot t^{-1}$）（EFE,2008）とすれば、E_{straw}（MWh）は、

$$E_{straw} = 1.14 \times P_{rice} \qquad (3)$$

b.　籾殻から発電可能な電力量の算出

籾殻生産量は、籾殻/籾比(*HGR* : Husk to Grain Ratio)を用いて以下のように示される。

$$R_{straw} = P_{rice} \times HGR \qquad (4)$$

上述の聞き取り調査の結果によると、HGR=0.2 であり、籾殻 1.2（t）から 1（MWh）の電力量が発電可能となる。エネルギー工場での発電過程におけるエネルギー消費を生産量の 60%とすると、籾殻から発電可能な電力量（E_{Husk}）は以下の計算式により求められる。

$$E_{straw} = 0.067 \times P_{rice} \qquad (5)$$

式（4），（5）から、稲作残渣による発電ポテンシャル（E_p）は、

$$E_p = 1.207 \times P_{rice} \qquad (6)$$

式（6）を用いて、タイの各県における稲作残渣による発電ポテンシャル電力供給ポテンシャルを算出し、地理情報システム（ArcGIS9.1, ESRI）によって地図化を行った。

2-2. 稲作由来バイオマス（籾殻、藁）の基礎特性調査分析

稲作由来のバイオマス資源（籾殻、藁）の化学組成を調べるため、元素分析（CHN-O）および JIS 工業分析（JIS M8812: Approximate Analyses）を行った。元素分析は、バイオマスを構成する有機成分の組成元素であり主成分である C, H, N を、完全燃焼分解して CO_2、H_2O、N_2 に変換し、これらを定量することにより C, H, N 量を定量する方法である。O は C+H+N+O=100 とした時の差分から求める。また、JIS 工業分析は、熱重量天秤による JIS 工業分析用温度プログラムを用いて減少重量を測定することにより、含水量、揮発分、固形炭

素、灰分量を測定する方法である。両測定情報は、バイオマス資源の燃焼分解速度や生成物、生成熱量を予測する上で重要なパラメーターであるため、上記２つの分析は、燃焼炉、ボイラー等の設計に一般的に利用されている。

また、誘導結合プラズマ質量分析装置（ICP-MS）を用いて、籾殻および藁に含有されているアルカリ・アルカリ土類金属量を測定した。バイオマス資源中のアルカリ・アルカリ土類金属は、バイオマスの燃焼・熱分解触媒として作用する一方、その蒸気が燃焼炉の腐食をもたらす。よって、アルカリ・アルカリ土類金属量もバイオマスを燃料として利用するためには考慮すべき重要なパラメーターとされている。

2-3. 稲作由来バイオマス発電の現状

バイオマス発電所のモデルケースとして、2008 年 3 月 18 日に、タイ国 Chainat 県の 6　MW 籾殻発電所（BIO-MASS Power CO., LTD）を訪問し、発電方式、籾殻収集方法および輸送方法等の聞き取り調査を行った。また、聞き取り調査結果を踏まえ、各種文献をもとにタイ国内におけるバイオマス発電の現状に関する情報の整理を行った。

3.　結果及び考察

2-1.　稲作由来バイオマス発電ポテンシャルの推定

図 1 に 2006 年における県別コメ生産量をもとに推定した（a）年間、（b）雨季（5～10 月）、（c）乾季（11～4 月）における稲作由来バイオマス発電ポテンシャルの推定値を示した。まず年間発電ポテンシャルを見ると、中部・東北タイにおいて高い値を示し、東部・南部タイでは低くなっていることが分かる。国内全体での発電ポテンシャル量は 35790GWh（籾殻 1986GWh、藁 33803GWh）であり、藁による発電ポテンシャルが全体の 95％を占める。2006 年におけるタイ国内全体での電力消費は 123900GWh なので（Nation master, 2009.）、稲作残渣によるバイオマス発電がまったくのロスなく実施されたと仮定すれば、国内電力消費の約 28.9％をまかなうことができる。また、タイ全土でみると、籾・藁の生産は雨季に集中する傾向があるが、中部タイでは雨季、乾季とも高いポテンシャルを示しているのに対し、東北タイでは乾季中のポテンシャルは低い。

発電ポテンシャル値はコメ生産量に比例するので、図 1 に示した空間分布はタイ国内におけるコメ生産の空間分布に一致する。チャオプラヤ川流域にあたる中部タイでは、水田水稲作における水資源確保が容易であり、古くから乾季・雨季にかかわらずイネの作付が行われてきた地域である。その一方で、東北タイは降水量 750（mm）程度の半乾燥地が広がる平原地帯であり、乾季中の水源確保は難しい。また、それ以外の地域では地形の起伏が激しいため、水稲作があまり発達しなかった地域（北タイの一部を除く）である。図 1 に示された発電ポテンシャルの空間分布は、このようなタイ国内の地形・水利条件を反映したものであるといえよう。

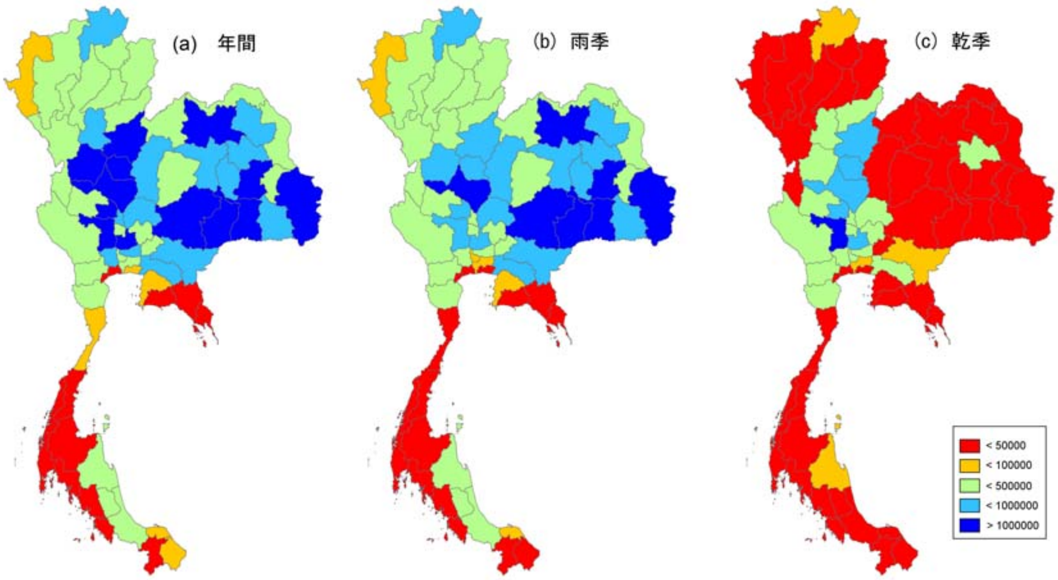


図 1　稲作由来バイオマス発電ポテンシャルの空間分布　**(2006 年推定値、単位：MWh)**

3-2. 稲作由来バイオマス（籾殻、藁）の基礎特性調査分析

表 1 にタイ産の藁、籾殻の元素分析、JIS 工業分析、LHV を示す。化学組成（C, H, N, O）は藁、籾殻藁と籾殻に特筆すべき相違はない。しかし、JIS 工業分析結果が示すように、燃焼時の特性は両者で異なる。即ち、籾殻は、藁と比較して、灰分を多く生成し、また固形炭素分と揮発分が少ない。また、単位重量あたりの熱量は、籾殻が藁よりも 1.18kj/kg だけ多い（表 1）。つまり、同じ重量であれば、藁より籾殻の方が多くの熱エネルギーを得られる。

表 1　**藁、籾殻の元素分析、JIS 工業分析、熱量**

(Sonobe et al., 2007 および Worasuwannarak et al., 2007 より引用)

	元素分析結果 [wt % daf.]				JIS 工業分析結果 [wt % db.]			LHV[MJ/kg]
試料	C	H	N	O(diff.)	揮発分	固形炭素分	灰分	[1]
藁	44.2	6.2	0.8	48.8	71.6	14.5	13.9	12.33
籾殻	47.4	6.7	0.8	45.1	68.9	11.1	20.0	13.52

表 2 藁、籾殻の含有アルカリ、アルカリ土類金属濃度(mg/g-sample)

(Sonobe et al., 2007 より引用)

Samples	Na (mg/g-sample)	Mg (mg/g-sample)	K (mg/g-sample)	Ca (mg/g-sample)
藁	1.01	1.84	16.79	4.84
籾殻	0.21	0.58	5.37	1.67

この燃焼特性の違いは、藁と籾殻に含まれるアルカリ・アルカリ土類金属（Na, Mg, K, Ca等）含有量の違いに因ることが指摘されている（Sonobe et al., 2007.; Worasuwannarak et al., 2007）。これらの成分は、燃焼時には熱分解促進剤（触媒）としての働きを有する（Sonobe et al., 2007.; Worasuwannarak et al., 2007）。両バイオマスの含有アルカリ・アルカリ土類金属の濃度は、表２に示すように、籾殻は、藁に比べて４分の１程度と少なく、高温にならないと熱分解が進まない（Worasuwannarak et al., 2007）。つまり、両バイオマスの最適な燃焼条件は異なり、燃焼施設はバイオマス燃料に応じて設計する必要がある。さらに、火力発電を考える場合には、両バイオマスに含まれるアルカリ・アルカリ土類金属にボイラー耐火煉瓦や伝熱パイプを腐食させる性質があることを無視できない（野村ら、2004.）。これらの成分を多く含む藁は、バイオマス発電への利用に際し、設備の腐食が課題となる。

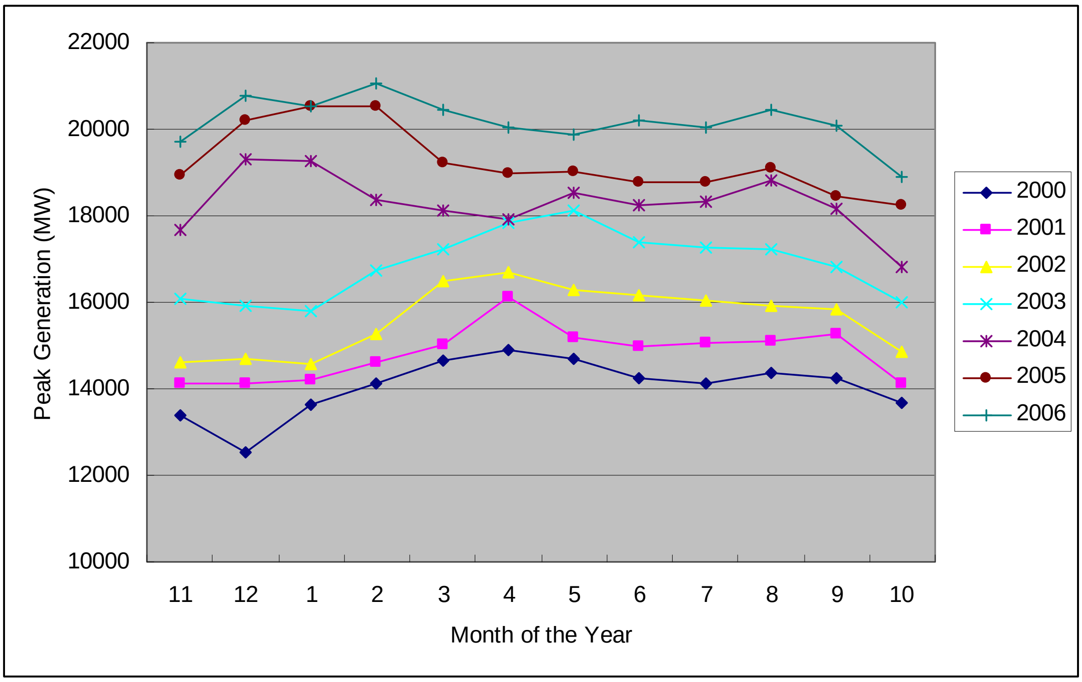
3-3. <u>稲作由来バイオマス発電の現状</u>

3-3-1. *タイのバイオマス発電概要*

タイ政府による SPP（Small Power Producers）プログラムは再生エネルギーや廃棄残余燃料の利用を促進するとの観点から、9 万 kW 以下クラスの小規模な事業者が発電し、それをタイ王国電力庁（EGAT）に売電することを認める政策に沿って 1992 年に制定された法律である。

Prove International (2005) がオンライン配布している資料をもとに SPP プログラムに関して概説すると、タイ国内では SPP プログラムをはじめとした発電事業の民間への譲渡がこの 10 年で大きく進み、国内電力消費の 41％が民間発電会社からの供給により賄われている。SPP プログラムでは、EGAT により定められた制度にのっとり、EGAT または発電所に隣接した工場事業主、もしくはその両方に対して売電することが可能である。EGAT と SPP 事業主の契約期間は 5 年から 25 年の間で設定され、固定契約と臨時契約の２種類がある。前者の場合は電力需要が増大する月を対象として、一定の電力を EGAT が買電する契約であり、後者は EGAT がエネルギーコストの上昇を避けるために短期間の契約を臨時で行う制度である。図 2 に 2000 年から 2006 年における、ピーク発電量および総発電量の月別の推移を示す。2000 年以降、ピーク発電量・総発電量とも毎年増加する傾向が明らかであるが、2004 年以降は発電量の季節変動が少なくなる傾向になっていることがわかる。

(a)　ピーク発電量



(b)　総発電量

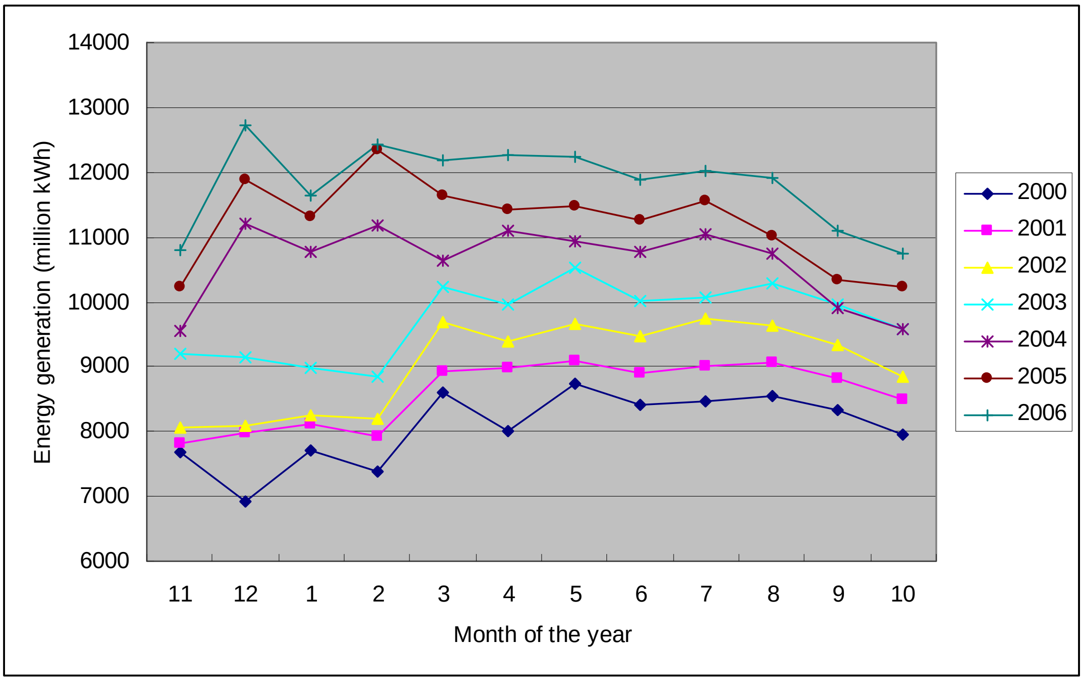


図 2　タイ国内における電力消費の推移

また、SPP プログラムとそれよりも小さい 1MW 未満の再生可能エネルギー利用発電を促進するプログラムである VSPP（Very Small Power Producers）プログラムも導入されている。

具体的には、(1)水力・風力・ミニ水力発電、(2)バイオマス発電、(3)火力・コージェネ（熱電併給）システムのいずれかによって発電した電力をEGATが買電する。附表1に2005年4月時点でのタイ国内SPPの一覧を示す。2005年4月時点で稼働中のSPPのうち、バイオマス由来の発電プラントは49件あり、総発電設備容量は953.6MW、系統接続容量は428.4MWとなっている。発電材料として籾殻を用いている施設は全部で18あるが、そのうち籾殻のみを原材料として用いる発電所は10件（発電設備容量94.6MW、系統接続容量72.7MW）、籾殻を含めた複数の原材料から発電を行っている施設が8件（発電設備容量236.6MW、系統接続容量165.9MW。籾殻以外による発電量も含む）存在する。また、VSPPのうち、327の民間会社が5,324kWのバイオマス発電設備容量を持っている。

タイ国内における籾殻発電所の推移を図3に、籾殻発電所の空間分布を図4に示した。タイ国における籾殻発電は2000年から2006年にかけてほぼ10倍近く増加しているが、それらは東北タイの南部、中部及び東部タイの一部にしか分布していない。図1と比較すると、首都バンコク周辺の発電ポテンシャルの高い地域を中心に分布しており、バンコクから離れた地域では発電ポテンシャルが高いにもかかわらず、発電所が設置されていないことがわかる。また、図1で認められた発電ポテンシャルの季節間差異は発電所の分布に影響を与えていない。バンコク周辺はチャオプラヤデルタに位置しており、かつては稲作が盛んに行われていたものの（佐藤、2006）、現在は都市的土地利用が多く認められる地域であることを踏まえると、籾殻発電所の設立は、原材料供給の利便性に加え、電力需要の空間分布の影響を多く受けていると考えられるが、このことは、SPP発電所が工場経営の観点からEGATよりも隣接する工場事業主に売電することで経営維持を図っていることを示唆している。これらの点から、今後の稲作残渣バイオマス発電の推進を制度面から考えた場合、EGATによる買電制度のさらなる整備が不可欠であると考えられる。

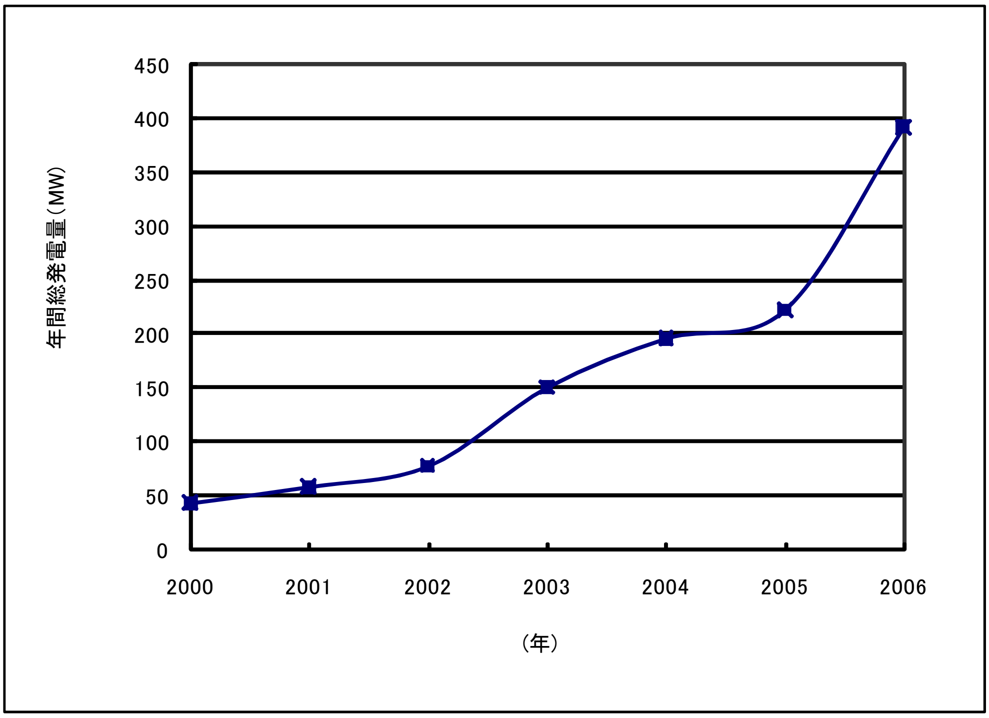


図3　タイ国における籾殻発電量の推移 [2]

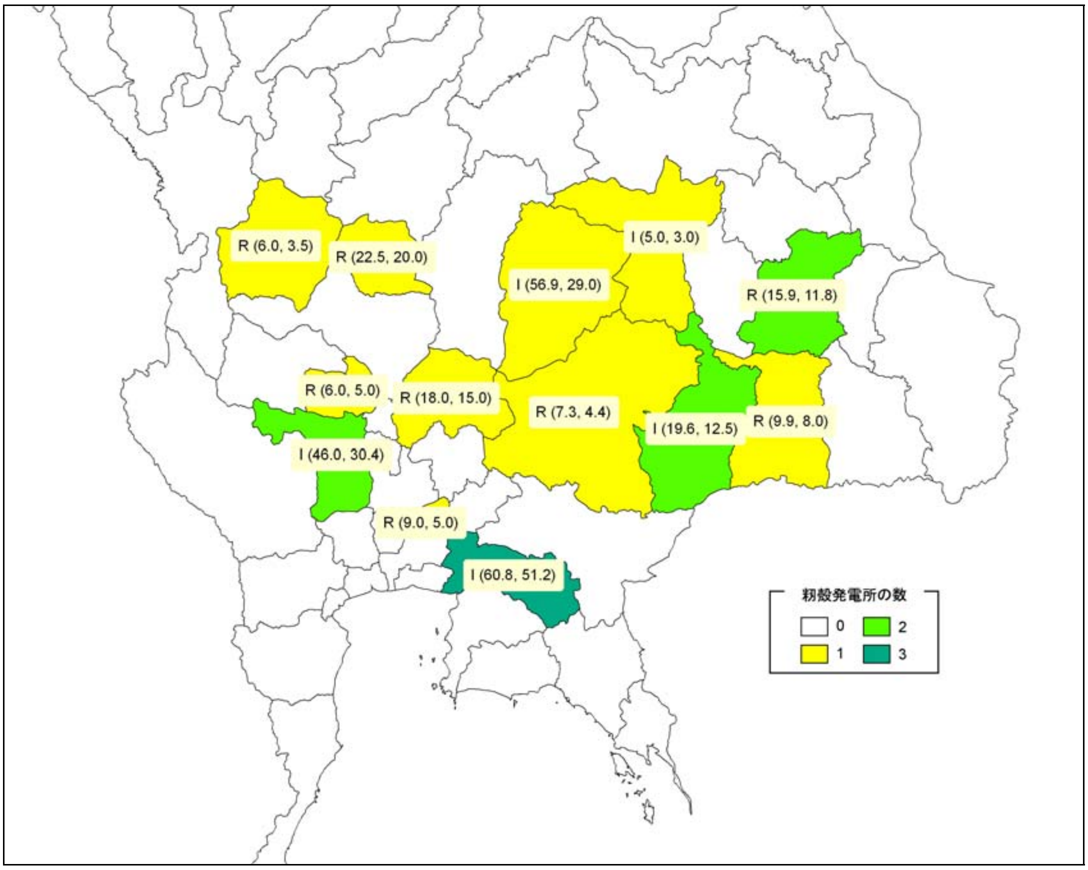


図 4　籾殻発電所の分布

(ラベルの内容は、R が籾殻のみによる発電、I が籾殻以外の材料も用いた発電を示し、カッコで囲まれた値は、発電設備容量および系統接続容量（MW）を示す。図 4 に示されていない地域には発電所は存在しない)

3-3-2. *Bio-mass Power* 社

今回訪問した籾殻発電所はタイ国Chainat県の6MW籾殻発電所SPP（BIO-MASS Power CO., LTD）であり、SPP プログラムとして全発電量 6MW のうち 5MW をタイ電力公社 EGAT に売電していた。同発電所は、SPP プログラム策定後の 1993 年に設立された。図 5 に発電所概観図を示す。燃焼ボイラーは中国製の常圧循環型流動層燃焼（CFB）を用いており、ボイラー効率は 80％である。また、前述のとおり、籾殻 1200kg で 1 MWh の電力を発電しており、一日平均して 7200kg の籾殻を消費していた。

ここで、常圧循環型流動層燃焼とは、適当な大きさの固体粒子を容器内に充填し，容器の底から均一に空気を吹き込むと，粒子はある高さまで浮遊し，激しく動き回る状態になる。この激しく動き回る粒子の層を流動層といい，この中で燃料を燃焼させ蒸気を発生させるボイラーを流動層ボイラーという。固体粒子の流動により，籾殻は瞬時に乾燥・着火し，さらに層内に均一に分散され，空気との良好な混合と長い滞留時間により効率良く燃焼する。このため，従来の燃焼方法では燃えにくかった低質燃料でも燃焼可能となる（野村ら、2004.）。

プラントの外観　　　　　　　　　　　籾殻倉庫

図 5　中部タイ・Chainat 県の Biomass Power 社

(2008 年 3 月 18 日撮影)

図 6　Biomass Power 社が籾殻仕入れを
行っている大規模精米工場

(2008 年 3 月 18 日撮影)

図 7　東北タイ・Khon Kaen 県
にある小規模精米所

（京都大学東南アジア研究所　渡辺一生氏提供）

表 1 より、同プラントの発電効率は 22%程度と見積もることができる。また、同プラントでは、多段サイクロンを用いて、煤塵対策および排水浄化装置を設置し、環境対策を施していた。さらに、捕集した煤塵は工場内での土壌改質および、セメント、肥料用にも販売していた。

同プラントで燃料として使用している籾殻は、Chainat 県の 15 の精米工場から購入していたが、購入価格は季節変動を示し、2008 年 3 月現在では、1000 バーツ/t とのことであった。発電所関係者によれば、会社設立当時の籾殻の仕入価格は 50 バーツ/t であり、15 年間で 20 倍近く上昇したとのことである。タイの卸売物価指数は、2000 年を 100 とした場合、1993 年で 74.814、2005 年で 126.22 であり、1.69 倍にしか上昇していない点を考慮すると（IRRI, 2009）、図 3 に示したように、籾殻発電の拡大に伴い市場が大きく拡大したことが、籾殻価格の急騰につながったものと推察される。

図 6 に Biomass Power 社が籾殻を仕入れている 15 の精米工場のうちの 1 つの様子を、図 7 に農村部で一般的にみられる精米所の様子を示した。タイ全土では精米工場は約 2 万ヵ所あるといわれているが（Deuthai Rubber, 2009）、その多くは図 7 に示したような小規模なものである。発電規模を大きくした場合には多くの精米工場にアクセスする必要があるが、原料となる籾殻のさらなる確保には、籾殻の単位量当たりの輸送費及び輸送エネルギーが飛躍的増加することが予想される。図 1 で認められたように、同プラントの位置する Chainat 県の発電ポテンシャルは比較的高いものの、総発電量は 6（MW）と低めに設定されていた。しかしながら、さらに大型の発電規模とする場合、燃料の確保および輸送エネルギーの増大により、そのエネルギー収支が崩れるとともに、工場経営も困難になるであろう。

3-3-3. *籾殻と藁の実用可能性の比較*

図 1 では籾殻および藁を原材料として利用すると仮定し、発電ポテンシャルを推定したが、器官別にみたポテンシャルは、藁が 95%、籾が 5%となっている。しかしながら、実際には藁を原材料としたバイオエネルギー工場はほとんど認められない。そこで、両者の原材料利用としての違いを、エネルギー利用に関するライフサイクルアセスメントの視点を考慮して検討するため、図 6 に籾殻と藁のエネルギー利用のためのフロー図を示した。図中の実線で示したラインが両者のエネルギー利用に関して考慮されるべきフローである。籾殻の場合、稲作の主目的である精米プロセスの一環として、水田から収集、乾燥のプロセスが精米工場にて必然と実施されるため、発電プラントにおいて籾殻の利用は、精米工場からの輸送のみ考慮すればよい。一方で、藁の場合は、その多くが、稲の収穫の際に水田に放置されるため、水田からの収集、パッキング乾燥、裁断のプロセスを追加して考慮する必要がある。また、藁は農地から発電所まで直接輸送する必要があり、さらに、籾殻に比べて、藁は密度が低いため、輸送用トラック一台あたりの可荷量が低く、籾殻に比べて輸送にかかるエネルギーが多いと考えられる。

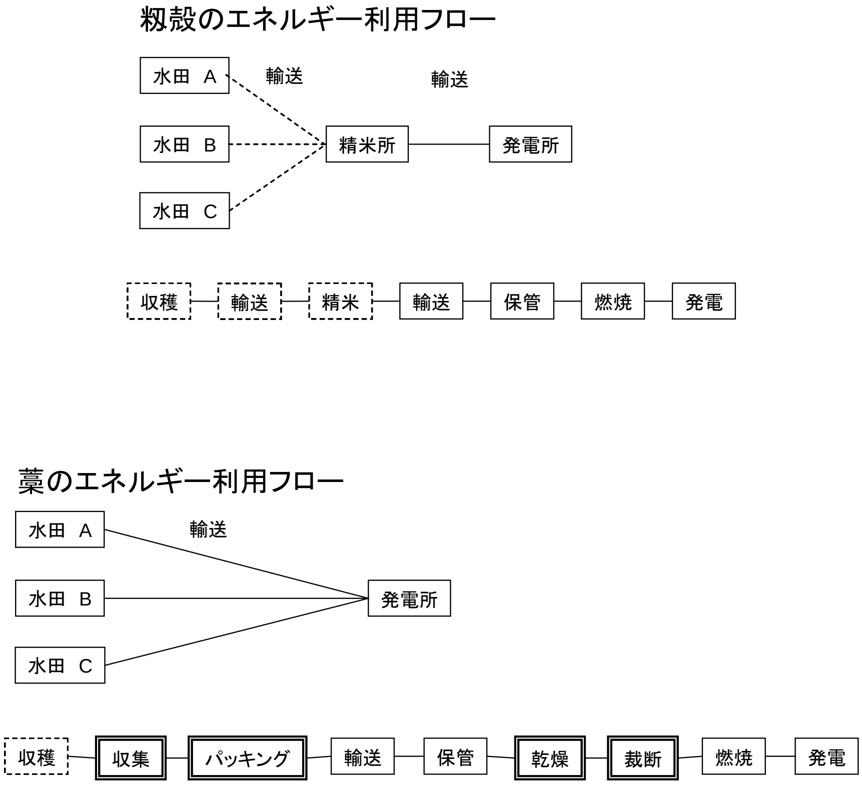


図 7　籾殻および藁のエネルギー利用までのフロー図

現状では、藁のエネルギー源としての利用は少なく、その大部分は水田で野焼きするか、家畜の飼料として利用されている。藁の野焼きや放置は水田土壌を肥やす効果があり、過剰な化学肥料導入の抑止にも貢献してことが予想される。一方、燃料の基礎特性として、3.2 で述べたとおり、藁は籾殻に比べてボイラーを腐食させるアルカリ・アルカリ土類金属を多く含んでいることから、籾殻に比べて、ボイラー素材の改良もしくは、前処理によるアルカリ・アルカリ土類金属の除去が必要となる。以上より、化学特性はアルカリ金属含有量の差の他に特筆すべき違いは認められないが、バイオマスの収集過程がタイの稲作システムの中で籾殻の方が圧倒的に有利であることから、燃料としての利用が拡大しているものと考えられる。

4.　まとめ

前節で算出した稲作由来のバイオマス発電ポテンシャル推定において、タイ国内の約 33%にあたる電力量を供給することが理論的に可能であることを示したが、実際には限られた利用しか行われていないことが明らかになった。発電ポテンシャルの 95%が藁由来のものであるにもかかわらず、現実には発電燃料として藁はほとんど使われていない。今後、同資源の利用拡大を図るためには、藁のエネルギー資源としての利用を促進する必要があるが、具体的な方策として以下の２点があげられるであろう。

（1）　コメ生産とエネルギー生産のリンク

タイ国内で生産される籾殻は、精米工場における脱穀、精米の過程で乾燥され、そのまま同工場で集積されている。従って、集められた籾殻を SPP に輸送さえすれば、乾燥、裁断などの前処理を施すことなく、燃焼炉に投入できる。一方で藁は、コメ収穫時に水田に放置されたままであるため、燃料として利用するには収集、保管、乾燥、裁断といったプロセスを組込む必要がある。稲作残渣バイオマス発電が、現状では籾殻を利用したものがほとんどをしめている主たる原因はここにある。しかし、籾殻発電をさらに促進しようとした場合でも、小規模精米工場を数多く回る必要があるため、輸送費を考慮すると原料費の増大は不可避であろう。タイの稲作が持つ高いポテンシャルを発揮するためには、コメ生産とエネルギー生産を効率的にリンク可能な物流システムを設計する必要があるであろう。その際には、収集、保管、乾燥、裁断などのプロセスで消費する化石燃料と、バイオマス発電による化石燃料の節約量とのバランスに関して、収集エリアの最適な広さなどを含めて、定量的に評価することも不可欠である。

（2）　稲藁の燃焼特性に関する基礎研究の推進

籾殻は藁に比べ単位重量あたりの発熱量が高く、また、腐食性のアルカリ・アルカリ土類金属の含有量が少ないため、技術的に熱転換が容易であると考えられる一方、藁を SPP の燃料として活用するためには、前述の通り、最適な燃焼時温度条件やガス炉の設計条件などに関する知見を得る必要がある。これらの研究の推進によって、技術的な裾野を広げてゆくことが、藁のエネルギー資源としての利用促進につながると考えられる。

謝辞

本調査に協力いただいた、タイ国エネルギー環境合同大学院大学（JGSEE）の Dr.Suneerat Pipatmanomai, Mr. Butchaiah Gadde1(Ph. D Candidate)、Ms. Nutsupak に深く感謝する。また、視察団を受けれていただいた、BIO-MASS POWER CO., LTD の Managing Director である Ms. Rungrath Prapasiriku、STFE CO., LTD の Deputy Managing Director である Mr. Prasong Limsirichai に深く感謝する。さらに、タイ滞在中に東南アジア研究所バンコク連絡事務所に駐在されていた、神崎護農学部准教授に感謝する。

本調査は、京都大学グローバル COE プログラム“生存基盤持続型の発展を目指す地域研究拠点”の次世代研究イニシアティブ助成、および京都大学生存基盤科学研究ユニットの総合研究プロジェクト”生存圏シミュレーションのためのデータベース構築（代表　大村善治）”経費のサポートのもと実施した。

参考・引用文献

[日本語文献]

赤石浩一, 2004. 『2030 年のエネルギー需給展望と日本のシナリオ』、独立行政法人経済産業研究所報告書 [Online]. Available at http://www.rieti.go.jp/jp/events/bbl/bbl040902_s.pdf

佐藤孝宏. 2006. 「東南アジア大陸部の統合型データベースを利用した稲作の地域間比較」、河野泰之編、『平成 15 年度～平成 17 年度科学研究費補助金（基盤研究(B)(2)）研究成果報告書, 東南アジア大陸部の統合型生業・環境データベース構築による生態資源管理の地域間比較』、pp.64-81.

ジャン＝マリー・シュヴァリエ. 2007. 『世界エネルギー市場. 石油・天然ガス・電気・原子力・新エネルギー・地球環境をめぐる２１世紀の経済戦争.』（増田達夫監訳） 作品社

野村正勝、三浦孝一、鈴木俊光、薄井洋基、2004. 『２１世紀を担うクリーンコールテクノロジー』、大阪大学出版会

[外国語文献]

Berndes, G., Wirsenius, S., 1996. Biomass for energy, food and materials in an industrial society of 10 billion people. *Renewable energy* 9, 926-929.

Butchaiah Gadde, Christoph Menke, Reiner Wassmann, Possible Energy Utilization of Rice Straw in Thailand: Seasonal and Spatial Variations in Straw Availability as well as Potential Reduction in Greenhouse Gas Emissions, *GMSARN International Conference on Sustainable Development: Challenges and Opportunities for GMS 12-14 Dec. 2007*

Detchai Rubber, 2009. Website of Detthai Rubber Co.Ltd., [Online] Available at : http://members.tripod.com/detchairubber/ *(verified Feb 6, 2009.)*

EFE (Energy for Environment Foundation) 2008. Thai agricultural products Year 2006, [Online]. Available at: http://www.efe.or.th/home.php?ds=preview&back=content&mid=DeZwjQu3bH9fFT4J&doc=CYSfnXAPFJ2370Qm *(Verified Feb 9, 2009.)*

EGAT (Electricity Generating Authority of Thailand), 2002. Annual Report 2001. [Online]. Available at http://pr.egat.co.th/english/report_2001/ *(Verified Feb 10, 2009.)*

EGAT (Electricity Generating Authority of Thailand), 2003. Annual Report 2002. [Online]. Available at http://pr.egat.co.th/english/report_2002/ *(Verified Feb 10, 2009.)*

EGAT (Electricity Generating Authority of Thailand), 2004. Annual Report 2003. [Online]. Available at http://pr.egat.co.th/english/report_2003/ *(Verified Feb 10, 2009.)*

EGAT (Electricity Generating Authority of Thailand), 2005. Annual Report 2004. [Online]. Available at http://pr.egat.co.th/english/report_2004/ *(Verified Feb 10, 2009.)*

EGAT (Electricity Generating Authority of Thailand), 2006. Annual Report 2005. [Online]. Available at http://pr.egat.co.th/english/report_2005/ *(Verified Feb 10, 2009.)*

EGAT (Electricity Generating Authority of Thailand), 2007. Annual Report 2006. [Online]. Available at http://pr.egat.co.th/english/report_2006/ *(Verified Feb 10, 2009.)*

EPPO, 2005. List of small power producers. [Online] Available at:
http://www.eppo.go.th/power/data/spp-egat-E.html *(Verified Feb 10, 2009.)*

Gundimeda, H., 2004. How 'sustainable' is the 'sustainable development objective' of CDM in developing countries like India? *Forest Policy and Economics* 6, 329-343.

IRRI, 2009. Wholesale price index, selected countries, IRRI World Rice Statistics [Online]. Available at http://www.irri.org/science/ricestat/data/may2008/WRS2008-AppendixTable01.pdf *(verified Feb 6, 2009.)*

Mariita, N.O., 2002. The impact of large-scale renewable energy development on the poor: environmental and socio-economic impact of a geothermal power plant on a poor rural community in Kenya. *Energy Policy* 30, 1119-1128.

Nakorn Worasuwannarak, Taro Sonobe, and Wiwut Tanthapanichakoon, 2007. Pyrolysis behaviors of rice straw, rice husk, and corncob by TG-MS technique. *Journal of Appl. Anal. Pyrolysis*, **76.** 265-271

Nation Master, 2009. Thailand energy statistics [Online]. Available at
http://www.nationmaster.com/country/th-thailand/ene-energy *(verified Feb 6, 2009.)*

Probe International, 2005. Small Power producers in Thailand [Online]. Available at:
http://www.probeinternational.org/index.php?q=probe-international/sources/small-power-producers-thailand *(verified Feb 10, 2009.)*

Statistic Bureau of Japan, 2008. Main economic indicators of selected countries. Statistical handbook of Japan 2008 [Online]. Available at
http://www.stat.go.jp/English/data/handbook/pdf/ap_2.pdf *(verified Feb 6, 2009)*

Taro Sonobe, Nakorn Worasuwannarak, 2007.Kinetic analyses of biomass pyrolysis using the distributed activation energy model. *Fuel*, **87** pp414

Wiley, J., 1979. Solar energy and restrictive covenants: The conflict between public policy and private zoning. *California Law Review* 67 (2), 350-385.

付表１　タイ国内の SPP 業者一覧　(2005 年４月現在)

Company	Type of Business	Fuel Used	Capacity (MW)	Sale to EGAT (MW)	Contract Signing Date Type of Contract Length of Contract	In - Service Date
1. Thai Power Supply Co.,Ltd (1) Phanom Sarakham, Chachoengsao (Agroline Co.,Ltd.)	Rice mill and Saw mill	Paddy husk and wood chips	47.400	41.000	Firm 25 yrs. 16 Apr 1999	In Operation (21 Apr 1999)
2. Thai Power Supply Co.,Ltd. (2) Bangpakong, Chachoengsao (Suan Kitti Reforestation Co.,Ltd.)	Rice mill and Saw mill	Paddy husk and wood chips	10.400	8.000	Firm 21 yrs. 16 Apr 1999	In Operation (7 May 1999)
3. Kaset Thai Sugar Co.,Ltd. Takhli, Nakhon Sawan	Sugar factory	Bagasse	52.500	8.000	Non - Firm Continually Y/Y 16 Aug 1993	In Operation (25 Jan 1994)
4. Ratchaburi Sugar Co.,Ltd. Ban Pong, Ratchaburi	Sugar factory	Bagasse	17.500	6.800	Non-Firm 5 yrs. Continually Y/Y 14 Oct 1993	In Operation (25 Jan 1994)
5. Korat Industry Co.,Ltd. (1) Phimai, Nakhon Ratchasima	Sugar factory	Bagasse	15.000	8.000	Non - Firm Continually Y/Y 8 Nov 1994	In Operation (10 Jan 1995)
6. Thai Identity Sugar Factory Co., Ltd. Muang, Uttaradit	Sugar factory	Bagasse	16.500	3.000	Non - Firm Continually Y/Y 17 Feb 1994	In Operation (20 Jan 1995)

Company	Type of Business	Fuel Used	Capacity (MW)	Sale to EGAT (MW)	Contract Signing Date Type of Contract Length of Contract	In - Service Date
7. Ruampol Enterprise Co.,Ltd. Muang, Nakhon Sawan	Sugar factory	Bagasse	12.500	2.500	Non - Firm Continually Y/Y 30 May 1996	In Operation (1 Jun 1996)
8. Ban Pong Sugar Co.,Ltd. Ban Pong, Ratchaburi	Sagar factory	Bagasse	18.000	3.000	Non - Firm 5 yrs. Continually Y/Y 7 Apr 1996	In Operation (24 Mar 1997)
9. Mitr Phu Wiang Co.,Ltd. Nong Reua, Khon Kaen	Sugar factory	Bagasse	27.000	6.000	Non-Firm 5 yrs. Continually Y/Y 22 May 1997	In Operation (11 Jun 1997)
10. N.Y. Sugar Co.,Ltd. Korn buri, Nokorn Ratchasima (Nong Yai Co.,Ltd. (2))	Sugar factory	Bagasse	26.000	6.000	Non - Firm Continually Y/Y 12 Dec 1997	In Operation (23 Dec 1997)
11. T.N. Sugar Co.,Ltd. Tha Luang, Lop Buri	Sugar factory	Bagasse	12.000	6.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 7 Aug 1997	In Operation (19 Jan 1998)
12. Ratchasima Sugar Factory Co.,Ltd. (1) Kaeng Sanamnang, Nakorn Ratchasima	Sugar factory	Bagasse	15.000	8.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 7 Aug 1997	In Operation (26 Jan 1998)

Company	Type of Business	Fuel Used	Capacity (MW)	Sale to EGAT (MW)	Contract Signing Date Type of Contract Length of Contract	In - Service Date
13. Refine Chaimongkol Sugar Co.,Ltd. U-Thong, Suphanburi	Sugar factory	Bagasse	18.000	7.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 25 Mar 1999	In Operation (8 Feb 2000)
14. Eastern Sugar Co., Ltd. Watthana Nakhon, Sa Kaeo	Sugar Factory	Bagasse	22.000	6.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 22 Sep 2000	In Operation (20 Feb 2001)
15. Kanchanaburi Sugar Industrial Co., Ltd. Ban Rai, Uthai Thani	Sugar Factory	Bagasse	20.000	4.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 20 Mar 2001	In Operation (3 Jan 2002)
16. Saraburi Sugar Co., Ltd. Wang Muang, Saraburi	Sugar Factory	Bagasse	29.500	8.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 20 Mar 2001	In Operation (4 Jan 2002)
17. PRG Granary Co., Ltd. Muang, Pathum Thani	Rice Mill	Paddy Husk	9.000	5.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 25 Apr 2001	In Operation (13 Dec 2002)
18. Buri Ram Sugar Co., Ltd. Khu Muang, Buri Ram	Sugar Factory	Bagasse	14.800	5.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 19 Dec 2001	In Operation (11 Mar 2003)

Company	Type of Business	Fuel Used	Capacity (MW)	Sale to EGAT (MW)	Contract Signing Date Type of Contract Length of Contract	In - Service Date
19. Thai Rungruang Industry Co., Ltd. Sri Thep, Petchaboon	Sugar Factory	Bagasse	29.500	4.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 3 Dec 2001	In Operation (21 Jan 2003)
20. Bio-Mass Power Co.,Ltd. Wat Sing, Chainat	Power plant	Paddy husk	6.000	5.000	Firm 25 yrs. 22 Jun 1998	In Operation (9 Sep 2001)
21. Roi Et Green Co., Ltd. Muang, Roi Et	Rice Mill	Paddy Husk	9.900	8.800	Firm 21 yrs 22 Oct 2001	In Operation (29 May 2003)
22. Pisanulok Sugar Co., Ltd. Bangkratum, Phitsanulok	Sugar Factory	Bagasse	18.500	4.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 14 Mar 2002	In Operation (25 Mar 2002)
23. Mitr Kaset Industry Co., Ltd. Tha Maka, Kanchanaburi	Sugar Factory	Bagasse	20.500	3.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 29 Aug 2002	In Operation (11 Feb 2003)
24. Pranburi Sugar CO.,Ltd. Pranburi, Prachuap Khiri Khan	Power Plant	Bagasse	10.000	3.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 25 Dec 2002	In Operation 2 Apr 2003
25. Korat Industry Co.,Ltd. (2) Phimai, Nakhon Ratchasima	Power Plant	Bagasse	15.000	8.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 17 Jan 2003	In Operation 23 Apr 2003

Company	Type of Business	Fuel Used	Capacity (MW)	Sale to EGAT (MW)	Contract Signing Date Type of Contract Length of Contract	In - Service Date
26. Satuk Biomass Co.,Ltd. Satuk, Buriram	Power Plant	Paddy Husk, Bagasse	9.800	6.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 20 Feb 2003	In Operation 22 Apr 2004
27. Thai Carbon Black (Public) Co., Ltd. Muang, Ang-Thong	Carbon black manujfacturing	Waste Gas from Carbon black production process	19.000	12.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 5 Apr 2001	
28. Phuket Municipality Muang, Phuket	Waste disposal using incineration	Waste	2.500	1.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 12 Jul 2001	In Operation 23 Jun 2003
29. Gulf Yala Green Co.,Ltd. Muang, Yala (Gulf Electric PLC.)	Power Plant	Wood Chips	23.000	20.200	Firm 25 yrs. 19 May 2003	1 Jun 2005
30. Ratchasima Sugar Factory Co.,Ltd. (2) Kaeng Sanamnang, Nakorn Ratchasima	Power plant	Bagasse	34.000	30.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 22 May 2003	In Operation (22 Aug 2003)
31. A.A. Pulp Mill 2 Co.,Ltd. Srimahaphot, Prachinburi	Power plant	Black Liquor	32.900	25.000	Firm 25 yrs. 22 Sep 2003	In Operation (2 Dec 2003)

Company	Type of Business	Fuel Used	Capacity (MW)	Sale to EGAT (MW)	Contract Signing Date Type of Contract Length of Contract	In - Service Date
32. Advance Agro Public Co.,Ltd. Si Maha Phot, Prachin Buri	Power Plant	Bark, wood chips, Black Liquor	87.200	50.000	Firm 25 yrs. 22 Sep 2003	In Operation (5 Nov 2003)
33. New Krung Thai Sugar Factory Co., Ltd. Tha Maka, Kanchanaburi	Power plant	Bagasse	13.000	2.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 30 Sep 2003	In Operation 7 Apr 2004
34. New Kwang Sun Hree Sugar Co., Ltd. Panutnikom, Chonburi	Power plant	Bagasse	5.000	2.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 30 Sep 2003	In Operation 9 Apr 2004
35. Tha Maka Sugar Co., Ltd. Tha Maka, Kanchanaburi	Power plant	Bagasse	5.000	2.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 30 Sep 2003	In Operation 9 Apr 2004
36. Kumpawapee Sugar Co., Ltd. Kumpawapee, Udon Thani	Power plant	Wood Chips	19.600	4.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 27 Sep 2003	In Operation 2 Apr 2004
37. Siam Model Parm Co., Ltd. Aolluk, Krabi	Power plant	Wood Chips	4.800	4.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 27 Sep 2003	

Company	Type of Business	Fuel Used	Capacity (MW)	Sale to EGAT (MW)	Contract Signing Date Type of Contract Length of Contract	In - Service Date
38. Thai Power Supply Co., Ltd (3) Bang Samak, Chachoengsao	Power plant	Paddy Husk, Eucalyptus	3.000	2.200	Firm 25 yrs. 26 Dec 2003	In Operation 30 Mar 2004
39. Mitr Phol Sugar Co.,Ltd. Dan Chang, Suphan Buri	Power Plant	Bagasse, Woody bark, Paddy Husk	40.000	25.000	Firm 21 yrs. 19 Dec 2003	In Operation 1 Aug 2004
40. A.T. Bio Power Co., Ltd. Bangmunnak, Phichit	Power plant	Paddy Husk	22.500	20.000	Firm 25 yrs. 29 Mar 2004	
41. Phu Khieo Bio Energy Co., Ltd. Phu Khieo, Chaiyaphum (United Farmer & Industry Co.,Ltd. (2))	Power plant	Bagasse, Woody bark, Paddy Husk	56.900	29.000	Firm 21 yrs. 13 May 2004	
42. Thai Permpoon Industry Co., Ltd. Tamong, Kanchanaburi	Power plant	Bagasse	22.500	4.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 19 May 2004	In Operation (2 March 2005)
43. Singburi Sugar Co., Ltd. Bangrajang, Singburi	Power plant	Bagasse	12.000	4.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 19 May 2004	In Operation (18 Jul 2004)
44. Bua Yai Bio Power Co., Ltd. Bua Yai, Nakhon Ratchasima	Power plant	Paddy Husk	7.300	4.400	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 28 May 2004	

Company	Type of Business	Fuel Used	Capacity (MW)	Sale to EGAT (MW)	Contract Signing Date Type of Contract Length of Contract	In - Service Date
45. Ream Udom Sugar Factory Co., Ltd. Nong Han, Udontani	Power plant	Bagasse	24.000	2.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 16 Jul 2004	In Operation (4 March 2005)
46. Sahareang Co., Ltd. Muang, Mukdahan	Power plant	Bagasse	24.000	7.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 23 Jul 2004	In Operation (16 Dec 2004)
47. Mitr Kalasin Sugar Co.,Ltd. Khuchinarai, Kalasin	Power plant	Bagasse	10.000	8.000	Firm 21 yrs. 6 Aug 2004	
48. Khon Kaen Sugar Co., Ltd. Numpoo, Khon Kaen	Power plant	Bagasse, Woody bark, Paddy Husk	5.000	3.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 21 Sep 2004	In Operation (8 Dec 2004)
49. Thaisari Generating Co., Ltd. Klong Kung, Kamphangpetch	Power plant	Paddy Husk	6.000	3.500	Firm 21 yrs 28 Sep 2004	
50. Bua Sommhay Co., Ltd. Muang, Roi Et	Power plant	Paddy Husk	6.000	3.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 5 Oct 2004	
51. Uthong Bio-mass Co.,Ltd. Uthong, Suphan Buri	Power plant	Paddy Husk	6.000	5.400	Under Negotiation Non-Firm 1 year Continually Y/Y	

Company	Type of Business	Fuel Used	Capacity (MW)	Sale to EGAT (MW)	Contract Signing Date Type of Contract Length of Contract	In - Service Date
52. Rayong Sugar Co., Ltd. Bo-Thong, Chonburi	Power plant	Bagasse	18.000	6.000	Under Negotiation Non-Firm 1 year Continually Y/Y	
53. Ratchburi Power Co.,Ltd. The Pasak Chonrasit Dam in Lopburi	Hydro Power plant	Hydro Power	6.700	6.700	Under Negotiation Non-Firm 1 year Continually Y/Y	
54. Khon Kaen Sugar Power Co., Ltd. Numpoo, Khon Kaen	Power plant	Bagasse, Biogas	30.000	20.000	Under Negotiation Firm 21 years	
55. Thai Petrochemical Industry Public Co.,Ltd. Muang, Rayong	Plastic platelet manufacturin g factory using cogeneration	Waste gas, Fuel oil, Coal	108.000	45.000	Non-Firm 1 year Continually Y/Y 28 Jul 1993	In Operation (28 May 1994)
56. Glow SPP Public Co.,Ltd. (1) Muang, Rayong Map Ta Phut Industrial Estate [The Cogeneration Public Co.,Ltd. (1)]	Cogeneration Power plant	Natural gas	150.000	90.000	Firm 21 yrs. 7 Jan 1998	In Operation (1 Apr 1996)

Company	Type of Business	Fuel Used	Capacity (MW)	Sale to EGAT (MW)	Contract Signing Date Type of Contract Length of Contract	In - Service Date
57. Glow SPP Public Co.,Ltd. (2) Muang, Rayong Map Ta Phut Industrial Estate [The Cogeneration Public Co., Ltd. (2)]	Cogeneration Power plant	Natural gas	150.000	90.000	Firm 21 yrs. 7 Jan 1998	In Operation (1 Oct 1996)
58. National Petrochemical Public Co.,Ltd. (NPC1) Muang, Rayong Map Ta Phut Industrial Estate	Cogeneration Power plant	Off-Gas from Olefins Factory and Natural Gas	133.700	32.000	Firm 21 yrs. 26 Jan 1998	In Operation (1 Apr 1997)
59. Glow SPP 1 Co.,Ltd. (1) Muang, Rayong, Eastern Industrial Estate [Industrial Power Co., Ltd. (1)]	Cogeneration Power plant	Natural gas	67.680	55.000	Firm 23 yrs. 25 Dec 1997	In Operation (3 Feb 1998)
60. Thai Oil Power Co., Ltd. Siracha, Chonburi	Cogeneration Power plant	Natural gas	117.200	41.000	Firm 25 yrs. 17 Dec 1997	In Operation (1 Apr 1998)
61. Gulf Cogeneration Co.,Ltd. Kaeng Khoi, Sara Buri (Gulf Electric Co.,Ltd.)	Cogeneration Power plant	Natural gas	111.000	90.000	Firm 21 yrs. 6 Jan 1998	In Operation (3 Sep 1998)

Company	Type of Business	Fuel Used	Capacity (MW)	Sale to EGAT (MW)	Contract Signing Date Type of Contract Length of Contract	In - Service Date
62. Amata - EGCO Power Co.,Ltd. Muang, Chon Buri, Bangpakong Industrial Estate	Cogeneration Power plant	Natural gas	150.000	90.000	Firm 21 yrs. 23 Feb 1998	In Operation (17 Sep 1998)
63. Glow SPP 1 Co.,Ltd. (2) Muang, Rayong, Eastern Industrial Estate [Industrial Power Co., Ltd. (2)	Cogeneration Power plant	Natural gas	66.345	55.000	Firm 23 yrs. 25 Dec 1997	In Operation (18 Sep 1998)
64. Bangkok Cogeneration Co.,Ltd. Muang, Rayong, Map Ta Phut Industrial Estate (Bangkok Industrial Gas Co.,Ltd.)	Cogeneration Power plant	Natural gas	107.000	90.000	Firm 21 yrs. 19 Dec 1997	In Operation (4 Feb 1999)
65. Glow SPP 2 Co.,Ltd. (1) Muang, Rayong, Map Ta Phut Industrial Estate [MTP Cogeneration Co., Ltd. (1)	Cogeneration Power plant	Natural gas	70.000	60.000	Firm 25 yrs. 23 Dec 1997	In Operation (29 Mar 1999)
66. Sahacogen (ChonBuri) Co.,Ltd. Si Racha, Chon Buri (Saha Phatana Inter - Holding Plc. Saha Group Industrial Park	Cogeneration Power plant	Natural gas	120.000	90.000	Firm 25 yrs. 19 Dec 1997	In Operation (19 Apr 1999)

Company	Type of Business	Fuel Used	Capacity (MW)	Sale to EGAT (MW)	Contract Signing Date Type of Contract Length of Contract	In - Service Date
67. Glow SPP 2 Co.,Ltd. (2) Muang, Rayong, Map Ta Phut Industrial Estate [MTP Cogeneration Co., Ltd. (2)]	Cogeneration Power plant	Natural gas	70.000	60.000	Firm 25 yrs. 23 Dec 1997	In Operation (26 Apr 1999)
68. Rojana Power Co.,Ltd. Uthai, Ayutthaya Rojana Industrial Park	Cogeneration Power plant	Natural gas	120.000	90.000	Firm 25 yrs. 19 Dec 1997	In Operation (26 May 1999)
69. Samutprakarn Cogeneration Co.,Ltd. Muang, Samutprakan Bang Poo Industrial Estate	Cogeneration Power plant	Natural gas	160.300	90.000	Firm 21 yrs. 24 Dec 1997	In Operation (23 Aug 1999)
70. Thai National Power Co., Ltd. Pluak Daeng, Rayong	Cogeneration Power plant	Natural gas	110.000	90.000	Firm 25 yrs. 5 Jan 1998	In Operation (4 Oct 2000)
71. Nong Khae Cogeneration Co., Ltd. Nong Khae, Saraburi (Siam Steam and Power Co., Ltd.)	Cogeneration Power plant	Natural gas	159.500	90.000	Firm 21 yrs. 24 Dec 1997	In Operation (12 Oct 2000)
72. Laem Chabang Power Co., Ltd. Siracha, Chonburi (Sri U-thong Co., Ltd. (Laem Chabang)	Cogeneration Power plant	Natural gas	103.582	60.000	Firm 21 yrs. 5 Jan 1998	In Operation (16 Jul 2001)

Company	Type of Business	Fuel Used	Capacity (MW)	Sale to EGAT (MW)	Contract Signing Date Type of Contract Length of Contract	In - Service Date
73. Amata Power Co., Ltd. Muang, Chonburi Bangpakong Industrial Estate	Cogeneration Power plant	Natural gas	150.000	90.000	Firm 21 yrs. 9 Jan 1998	In Operation (28 Sep 2001)
74. TLP Cogeneration Co., Ltd. Ban Khai, Rayong (Rayong Power Co., Ltd.) Rayong Industrial Park	Cogeneration Power plant	Natural gas	103.000	60.000	Firm 21 yrs. 9 Jan 1998	In Operation (28 Jan 2003)
75. Siam Power Generation Co.,Ltd. Ban Khai, Rayong SSP Industrial Park	Cogeneration Power plant	Natural gas	300.000	60.000	Firm 25 yrs. 19 Mar 1998	31 Dec 2004
76. District Cooling System and Power Plant Co., Ltd. Bangpee, Samut Prakan	Power plant	Natural gas	55.000	50.000	Under Negotiation Non-Firm 1 year Continually Y/Y	
77. Thai Acrylic Fibre Co., Ltd. Kaeng Khoi, Saraburi	Fibre manufacturing factory	Lignite	17.200	6.000	Non - Firm 5 yrs. 6 Apr 1995	In Operation (1 Aug 1995)
78. Panjapol Pulp Industry Public Co., Ltd. Bang Sai, Ayutthaya	Paper factory	Black Liquor, Coal	40.000	10.000	Non - Firm 10 yrs. 12 Jul 1994	In Operation (16 Nov 1995)

Company	Type of Business	Fuel Used	Capacity (MW)	Sale to EGAT (MW)	Contract Signing Date Type of Contract Length of Contract	In - Service Date
79. TPT Utilities Co., Ltd. Muang, Rayong Map Ta Phut Industrial Estate (Tuntex Petrochemicals (Thailand) Plc.)	Cogeneration Power plant	Coal	55.000	10.000	Firm 21 yrs. 12 May 1998	In Operation (1 Feb 1997)
80. National Power Supply Co., Ltd. (1) Si Maha Phot, Prachin Buri (Thai Power Supply Co., Ltd.1) 304 Industrial Park	Cogeneration Power plant	Coal, eucalyptus bark	164.000	90.000	Firm 25 yrs. 6 Jan 1998	In Operation (12 Mar 1999)
81. National Power Supply Co., Ltd. (2) Maha Phot, Prachin Buri (National Power Supply Co., Ltd. 1) 304 Industrial Park	Cogeneration Power plant	Coal, eucalyptus bark	164.000	90.000	Firm 25 yrs. 6 Jan 1998	In Operation (12 Jul 1999)
82. Glow SPP 3 Co., Ltd. (1) Muang, Rayong, Map Ta Phut Industrial Estate [Thai Cogeneration Co., Ltd. (1)]	Cogeneration Power plant	Coal	160.000	90.000	Firm 25 yrs. 23 Dec 1997	In Operation (1 Sep 1999)

Company	Type of Business	Fuel Used	Capacity (MW)	Sale to EGAT (MW)	Contract Signing Date Type of Contract Length of Contract	In - Service Date
83. Glow SPP 3 Co., Ltd. (2) Muang, Rayong, Map Ta Phut Industrial Estate [Thai Cogeneration Co., Ltd. (2)]	Cogeneration Power plant	Coal	160.000	90.000	Firm 25 yrs. 23 Dec 1997	In Operation (20 Mar 2000)
84. Defence Energy, Fang, Chiangmai	Diesel combined-cycle Power plant	Fuel oil	10.400	9.000	Firm 21 yrs. 12 Jan 1998	In Operation (26 Jun 1998)
85. Country Electric Co.,Ltd. Tha Wung, Lopburi	Power Plant	Padday Husk	18.000	15.000	Under Negotiation Firm 25 years	2 Feb 2003
86. Gulf Electric Co.,Ltd. Huai Yot, Trang	Power Plant	Rubber Wood Chips, Palm Residue	23.000	20.200	Under Negotiation Firm 25 years	1 Nov 2005
87. Advance Bio-Power Co., Ltd. Muang, Burirum	Power plant	Paddy Husk, Bagasse, Eucalyptus	9.800	6.500	Under Negotiation Non-Firm 1 year Continually Y/Y	
88. Tropical Asia International Co., Ltd. Kopanom, Krabi	Power plant	Palm Residue	12.000	8.500	Under Negotiation Non-Firm 1 year Continually Y/Y	

Company	Type of Business	Fuel Used	Capacity (MW)	Sale to EGAT (MW)	Contract Signing Date Type of Contract Length of Contract	In - Service Date
89. Mungjarean Power Co., Ltd. Muang, Surin	Power plant	Paddy Husk	9.900	8.000	Under Negotiation Firm 21 years	
90. Isan Sugar Industrial Co., Ltd. Samchai, Kalasin	Power plant	Bagasse	18.500	2.500	Under Negotiation Non-Firm 1 year Continually Y/Y	
91. Surachtanee Green Energy Co., Ltd. Punpin, Surattanee	Power plant	Plam	9.900	8.800	Under Negotiation Firm 25 years	
92. Compact Bio-Energy Co., Ltd. Sikot, Trang	Power plant	Plam	12.000	6.000	Under Negotiation Non-Firm 1 year Continually Y/Y	
TOTAL			**4,614.207**	**2,527.000**		