

# 「グリーン・エネルギー プロジェクト in 高知」 推進のシナリオ

永野正展\*, 永野正朗, 久須美雅昭

(受領日: 2011年6月6日)

高知工科大学 地域連携機構 地域活性化研究室  
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

E-mail: \*nagano.masanobu@kochi-tech.ac.jp

**要約:** 本稿では、高知県における豊富な森林資源を背景に、火力発電、排熱利用、および固形燃料生産を複合した木質バイオマス・エネルギープラントの提案を行う。このプラントは、燃料造林の考え方にに基づき木質バイオマスを火力発電に用い、余熱をフル活用し、さらに重油を代替するペレット燃料を製造するもので、アグロフォレストリーによる林床の有効活用や、電力・余熱とペレット燃料によるハウス園芸の植物工場的な高度化など、高知県の一次産業の構造改善にもつながる。環境的価値も含む総合的な経済合理性という観点から、木質バイオマスが再生可能エネルギーの主力となり得ることを示す。そして、高知工科大学の電気・熱需要をこのエネルギープラントによってまかない、さらに太陽光・小水力発電なども加えて100%の再生エネルギー自給を目指すことを提起する。

## 1. はじめに

欧米各国ともに再生可能エネルギーへの切り替えは、近年急速に進められている。例えば、オーストリアのギュッシング市は1990年代には市の年間財政規模900万ユーロのうち、実に620万ユーロも電力と熱の域外購入に充てていたが、この頃から森林バイオマスを中心とする再生可能エネルギーの活用を進め、2009年には域内のエネルギー需要の完全自給を実現したのみならず、逆に470万ユーロの売電収入を得るに至っている。<sup>(1)</sup> すなわち、バイオマス・エネルギーには単なる補間的な役割以上のポテンシャルがあることがここでは実証されている。

このときに重要なのは、エネルギー体系を地域産業や環境、地域社会の持続的発展をも含めた全体的なシステムとして捉え、その中で経済合理性を位置づけるといった俯瞰的な視点<sup>(2)</sup>である。原子力発電が、未来世代からの計り知れないほどの負債の上に成り立っており、さらに事故に伴う膨大な損害を加算すると実は経済合理性を欠いたシステムであることは、残念ながら実証されてしまった。

逆に、本稿で提案する森林を活用した新エネル

ギーサイクルシステムは、木質バイオマスによる火力発電を中心とするものであるが、発電の局面に限っては一目非効率のようでありながら、排熱の有効利用や、産業連関構造も含めた俯瞰的視点においては、十分な経済合理性<sup>(3)</sup>を持つ。

本稿では、地域連携機構を中心に今まさに始めようとしている、「グリーン・エネルギー in 高知」の推進シナリオについて提案する。

## 2. 背景データ

### 2.1 高知工科大のエネルギー消費

事業所におけるエネルギー消費の例として、図1に本学の平成21年度の電力と重油の使用量を示す。

年間で電力購入は870万kWh、その金額は1.3億円にのぼる。またA重油の購入は170kl/年で、他にLPGも合わせた燃料費は年間1千万円である。さらに、これらの電力利用、燃料利用にともなうCO<sub>2</sub>排出量は年間で4,735tとなる。

冒頭に紹介したギュッシング市の例に倣って、仮にこの電力と熱の消費を、木質バイオマスによる火力発電と、熱電併給システムによる余熱の供給とで置き換えた場合、少なくとも毎年数千万円

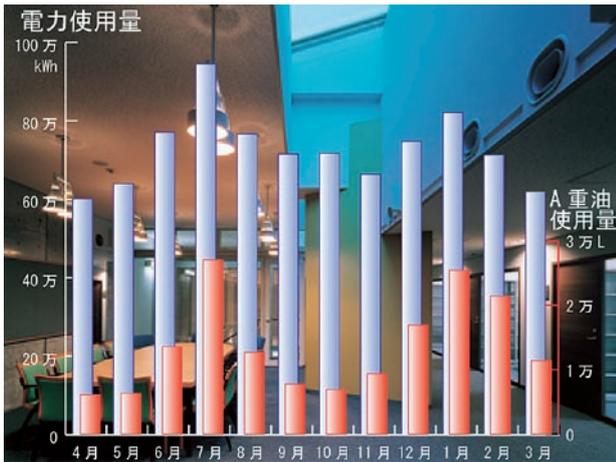


図1 工科大の月別電力・重油使用量(H21)

の支出を抑えることができる。また、CO<sub>2</sub> サイクルにおいては、高知の森林が固定した大気中の炭素を燃焼により大気に戻すという、いわゆるカーボン・ニュートラルの状態となる。

## 2.2 高知県の森林ポテンシャルとハウス農業

高知県の森林はどのくらいのバイオマスを供給できるか。試算によると年間の森林成長量は417万m<sup>3</sup>と見込まれ、これをA重油に換算すると90万kl相当が毎年生産されていることになる。

図2は高知県の森林ポテンシャルを示しているが、県土の84%は森林が占め、さらにその65%は人工林である。また林業従事者比率は全国でも一番という林業県である。しかし、現況は補助金漬けの切捨て間伐で林材が放置されるなど、資源の有効活用は必ずしも図られているとは言えない。

森林バイオマスの活用システムにおいては、火

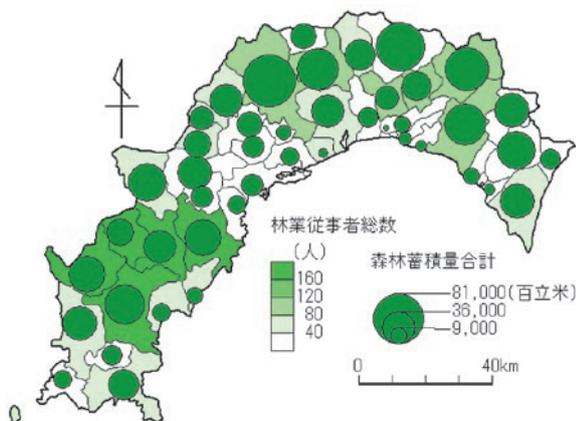


図2 高知県の森林ポテンシャル  
林業従事者数(H21 高知県資料)  
森林蓄積量(H17 中国四国農政局資料)

力発電・熱供給のラインとともに、高品質の木質ペレット製造ラインの併設が想定され、その際、製造規模と生産コストの関係<sup>(4)</sup>が考慮される。これにより、固形燃料としての木質ペレットが安価で製造されることとなり、高知県の主要産業である野菜・果樹・花卉などのハウス園芸の暖房用熱源として、経営の改善に大きく寄与することとなる。

高知県内には約7,000棟のハウスがあるが、その多くでは重油ボイラーによる暖房が行われ、その燃料費だけで農業経営費の2割から、ときには3割以上も占めることがある。しかも、このA重油は価格が安定しない。過去においては、2004年1月に1リットルあたり45円であったものが、2008年7月には120円まで急騰した例がある。一般に加温ハウス農業では重油価格が70円/ℓ以上になると赤字になるといわれている。そこで、熱量の点では多少重油に劣っても価格的に安定かつ安価な木質ペレットによって重油を代替することができれば、経営基盤は安定する。<sup>(5)</sup>

それだけではなく、カーボン・ニュートラルの状態での生産は環境的な付加価値ともなり、実際、「低炭素野菜」<sup>(6)(7)</sup>というブランド化が市場で評価されるようになってきている。

## 3. 森林有効活用のシナリオ

### 3.1 燃料林としての活用

従来の木質バイオマス利用のシナリオでは、林地残材や製材残渣などの「廃物利用」しか考えられてこなかった。これに対し、本提案は既にヨーロッパで進められている「燃料林」としての森林利用という発想にもとづき、資源を積極的に創り出す体系を構築しようとする点に最大の特長がある。廃物利用を前提としないため、計画性が向上し、材料の収集コストなども根本から異なる。

木質バイオマスのコスト上の弱点である林地からの搬送コストについても、丸太での搬出を前提としないため、現場でのチップ化と圧送などの新技術体系を大胆に取り入れた技術開発を試みることができる。従来、木質バイオマスのエタノール抽出など高次利用を提案する研究では、ほとんどにおいて林地からの搬送コストは無視され、それゆえ実効性を伴わないものとなっていた。したがって、林地からの搬送システムの革新は、これらの木質バイオマス高次利用提案にとってもブレークスルーとなる。

燃料林といっても皆伐をするわけではなく、本

来の用材生産に必要な間伐を行い、そこで発生する間伐材を利用するため、用材の育成にもプラスとなり、製品の価値もより高めることになる。

### 3.2 新時代の林業と雇用の創出

伐採後の林床では、有用資源植物の昆作と輪作を計画的に行う「アグロフォレストリー」を導入することによって、総合的に林床の価値を高めることができる。高知県はもともと植物の宝庫であり、自生する3,170種のうち少なくとも1割は有用資源植物と考えられるが、ほとんど未利用のままである。薬用植物は山地などの苛酷な条件下で強い活性を持つものが多く、間伐後の林床は栽培適地ともいえる。

また、林床の土中に湿度センサーなどを設置し、無線LANで結び、さらにGISなどと組み合わせることでICT化を図ることで、林床の遠隔総合管理やさらには防災にもつなげることが可能となる。これらの高度な林地管理システムを導入することで、林業の省力化だけではなく、薬用植物圃場としての品質保証が図られることになる。それによって製薬会社、化粧品会社などの専属的な契約栽培が可能となり、安定的な収入にもつながる。ひいては若い人材の林地経営への参入もまた期待できるようになる。

上述のシナリオは、木質バイオマス・エネルギープラントへの投資を起点として、林業構造の革新というところまで連鎖的に繋がっている。逆に言うと、このような連鎖構造を俯瞰した上で、

初期投資の経済合理性が量られねばならないということである。

## 4. ハウス経営の高度化・合理化シナリオ

### 4.1 植物工場型ハウス農業

一般に火力発電所では、発生する熱は電力生産のロスとして廃棄されるが、熱電併給システムにおいては排熱の有効利用<sup>(3)</sup>が図られる。その際、隣接する地域に熱をフル活用できる施設があることが望ましい。この条件にもっとも適しているのが、大規模なハウス園芸施設である。

近年、植物工場が注目されるようになり、オランダなどの先進事例にならって国内でも様々な取り組みが農水省と経産省との連携のもとに進められつつある。現在の植物工場の主流は、水耕栽培、人工光、ロボット化の三つの技術を組み合わせた薬物野菜生産であるが、実は投入エネルギーと比べて通常の野菜生産ではコスト的にペイしないことが明らかとなっている。そこで一部の商社などでは、アラブ諸国を対象に植物工場コンテナごと輸出するなどの方向を模索している。

これに対し、従来型の温室栽培を高度化して植物工場に近づけていくというアプローチが有効と考えられる。その場合、水耕栽培とならんで、土壌栽培に力点が置かれる。詳細はここではふれないが、土壌栽培により根菜類も栽培対象と出来るなどのメリットがある。熱電併給プラントと隣接して大規模施設園芸ハウスを設置することで、電力と熱を安価に取り入れることが可能となり、IT

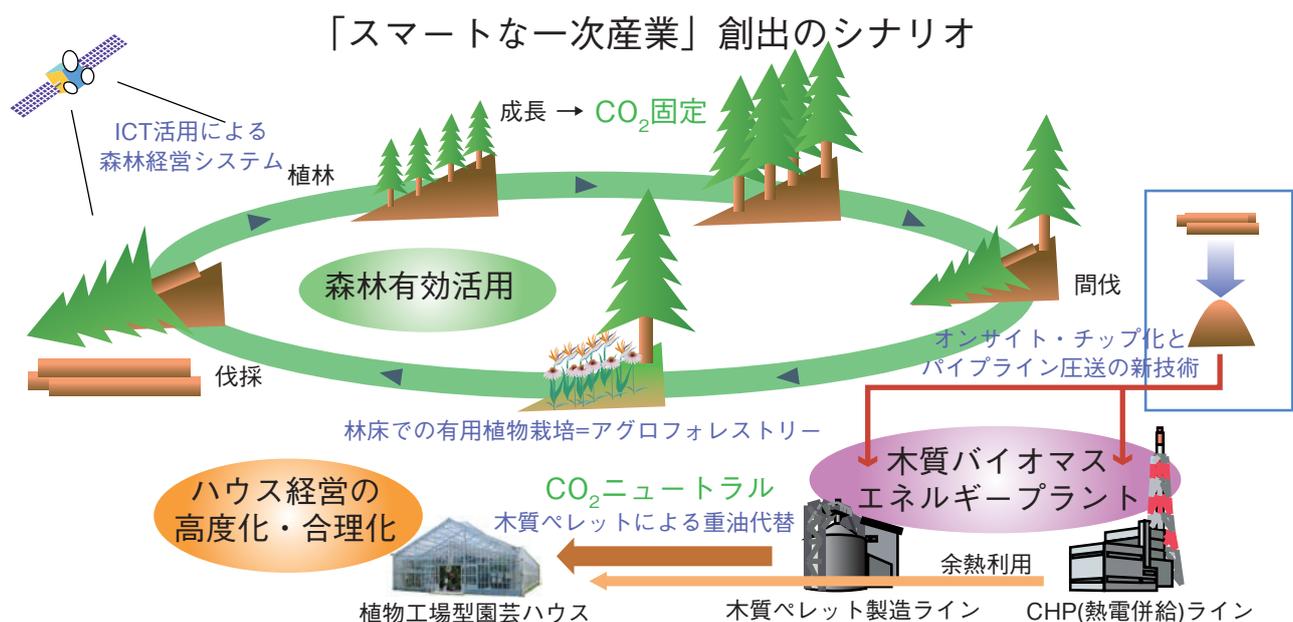


図3 木質バイオマス・エネルギーの連関構造

化やロボット化などの農作業の高度化・合理化の促進につながる。

こうした大規模ハウスでの高度化技術の開発は人材育成も伴うものとなり、ここでの先行投資は熱電併給プラントからは離れた距離に立地する一般の小規模ハウスにも波及することとなる。その場合に、直接的な熱供給に代わる熱源が、先にもふれた木質ペレットなのである。

このシナリオにおいてもまた、木質バイオマス・エネルギープラントへの投資を起点とする連鎖構造の中で経済合理性を量るべきことが分かる。

前ページの図3では、森林バイオマス・エネルギープラントと、森林有効活用シナリオ、ハウス経営の高度化・合理化シナリオ<sup>(8)</sup>がどのようにに関連するかを示した。これらをひとことで括るなら「スマートな一次産業」の創出と言えよう。

## 5. おわりに

本稿で描いたシナリオでは、最初に火力発電所とペレット製造工場とのプラント建設で、約25億円程度の初期投資が必要とされる。高知県の現状では、このような投資は絵にかいた餅としか思えないかもしれない。しかし、わが国が直面する危機的な状況において考えれば、エネルギー需給構造から地域産業構造までを一気に書き換えるシナリオとして、この投資額は決して高くはないものとする。

その際、投資の効果を最大限に活かす方策が、まず高知工科大学の100%グリーン・エネルギー化に取り組むことであろう。

大学はどここの国でも大きなエネルギー消費の核となっており、欧米各国では既に大学を対象とした、もしくは大学自らが主体となったグリーン・エネルギー化が始められている。例えば、アメリカではニューヨーク州立大学で2012-13年には木質ペレットによる発電・熱供給システムが稼働するほか、ミズーリ大学、モンタナ大学、アイオワ大学などでも同様の取り組みが今後1-2年のうちに実現する予定となっている。カナダのブリティッシュ・コロンビア大学、イギリスのイースト・アングリア大学でも化石燃料からバイオマス燃料への転換が進められている。ただし、まだいずれも100%のグリーン化までは掲げていない。

高知工科大学が100%グリーン化に挑戦するならばそれは世界でも初の試みとなる。

図1に示したように、工科大の電力需要は年間変動が大きい。そこでピーク時需要に合わせて発電プラントを設計すると排熱の活用効率も合わせた全体収支では必ずしもコストパフォーマンスが良いとは言えない。当面は、平均需要に合わせて設計し、一部は電力購入も行いつつ、並行して太陽光発電や小水力発電などにも積極的に取り組み、徐々に100%グリーン化に近づけていくのが現実的な戦略となる。

なにより重要なのは、最初の一步を高知工科大学が踏み出すことである。

## 文献

- (1) 永野正展, ギュッシング報告 高知工科大学地域連携機構 2009年度報告書
- (2) 永野正展, “森林資源のエネルギー化による持続可能な地域経営へー高知県における加温ハウス農業を事例としてー,” 砂漠研究 Vol 19-2, pp.435-439, 2009
- (3) 永野正展, “平成21年度 物部川流域「緑の分権改革」推進事業成果報告書”, 2011.3
- (4) M. Sudhagar, in a presentation titled “Simulation of Biomass Operation,” at the Bioenergy Conference & Exhibition 2006, Prince George, May 31.
- (5) 永野正朗, “Utilization of Wood Biomass Energy in Japanese Agricultural Industry: an Example of Greenhouse Horticulture in Geisei Village,” Bioenergy 2009 Sustainable Bioenergy Business, 4th International Bioenergy Conference, Jyväskylä, Finland, 平成21年8月31日 - 9月4日
- (6) 永野正展, “低炭素栽培野菜を対象としたLCAと見える化に関する研究,” 第5回日本LCA学会研究発表会, 2010.3
- (7) 永野正展, “木質ペレット・ヒーティングシステムへのLCA導入,” 第4回日本LCA学会研究発表会 2009.3
- (8) 永野正展, “持続可能な木質エネルギー供給システムの実践的研究・加温式ハウス農業への対応を事例として,” 2010

# Implementing a “Green Energy Project in Kochi”

**Masanobu Nagano\*, Masao Nagano, Masaaki Kusumi**

(Received : June 6th, 2011)

\*The Organization for Regional Alliances, Kochi University of Technology  
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami city, Kochi 782-8502

E-mail:\* nagano.masanobu @kochi-tech.ac.jp

**Abstract:** This article aims to describe the development of a “Green Energy Project in Kochi”, which involves the construction of a biomass energy plant complex. The plant incorporates both a Combined Heat Power (CHP) plant and a Wood Pellet Fuel plant to produce green energy using a combination of electricity, heat sources and solid fuels. This energy plant complex will not only generate green energy, but it will also bring dramatic changes to the Kochi Prefecture’s primary industrial sector. The forestry industry can be improved by implementing the idea of fuel production, a popular concept among the northern European countries. In addition, the agriculture industry in Kochi can involve the development of ‘plant-factories’ that produce, for example, high end medicinal plants.

The key point to the project is to create an entire renewable cycle that produces electricity from biomass and reuses waste heat. The renewable cycle begins with the selective cutting of local forest area. The wood is then processed into fuel onsite and transported directly to an energy generating plant via an innovative supply route. Once at the plant, less valuable wood will be burned to produce heat energy and the harder more valuable wood will be pelletized for use as a heating fuel for local green houses and for larger ‘plant factories’. Using this cycle, a more productive and profitable integrated agroforestry approach can be sustained.

This green energy project will start as a local project at Kochi University of Technology. The first step is to create a 100% green energy campus using a bio mass system fueled by renewable local resources. The concept will later be expanded to other parts of Japan where biomass resources are readily available.