

持続可能型社会の経済特区と生態工学

Eco-Engineering and Community Special Zone for Sustainable Society

玉浦 裕*、青木宏文*、西尾光夫**、大政謙次***、
村松 晋****、長谷川紀子*、新田慶治*****、西崎進治*****
Yutaka Tamaura*, Hirohumi Aoki*, Mitsuo Nishio**, Kenji Omasa***,
Susumu Muramatsu****, Noriko Hasegawa*, Keiji Nitta***** and Shinji Nishizaki*****

* 東京工業大学炭素循環エネルギー研究センター 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1

*Research Center for Carbon Recycling and Energy, Tokyo Institute of Technology
2-12-1 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo 152-8552, Japan

** (株) 地域環境研究所 〒113-0033 東京都文京区本郷 4-1-6 ユニマツト本郷ビル

**Regional Environment Institute INC

4-1-6 Hongou, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033, Japan

*** 東京大学大学院農学生命科学研究科 〒113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1

***Graduate School of Agricultural and Life Sciences, the University of Tokyo

1-1-1 Yayoi, Bunkyo, Tokyo 113-8657, Japan

**** (社) 畜産技術協会 〒302-0032 茨城県取手市野々井 1007-1

****The Livestock Technology Association (JLTA)

Nonoi 1007-1, Toride, Ibaraki 302-0032, Japan

***** (財) 環境科学技術研究所 〒039-3212 青森県上北郡六ヶ所村大字尾駮字家ノ前 1 番 7

***** Institute for Environmental Sciences

1-7 Ienomae, Obuchi, Rokkasho-mura, Kamikita-gun, Aomori 039-3212, Japan

***** (有) コスモハーモニー研究所 〒247-0002 横浜市栄区小山台 2-13-21

***** Cosmo Harmony Resarch Institute Ltd.

2-13-21 Koyamadai, Sakae-ku, Yokohama 247-0002, Japan

ABSTRACT

The eco-engineering is discussed from the view point of realization of the sustainable society and creation of the new industry of [1+2+3] industry, which will be empirically proved in the community special zone. This new industrial system can be economically driven by the low cost fuel energy produced by hybridizing fossil fuels such as natural gas and coal with renewable energy of biomass (biomass-hybrid fuel). When this hybrid fuel is mainly used as a low cost fuel for production of the primary industry such as agriculture, forestry, stock raising, and fishery, the productivity in the 1st industry will be increased. This productivity can be further accelerated by introducing the green market for those products made by using biomass in the hybrid fuels. This system can progressively reduce the CO₂ emission by increasing the green market, because the renewable energy of the biomass can be increased.

Key words : [1+2+3] industrialization design, Special Zone for Structural Reform,
Eco-Engineering System, Hybrid fuel, Biomass

1. はじめに

経済特区は、「規制緩和を中心とする特区に限定し、地域の活性化や新産業の創出を図る」ところがポイントであり、地域を限定して必要な規制緩和を導入し、優れた社会システム構想の産業化を実証することができる。21世紀の持続可能型社会や産業に移行することが求められているにも関わらず、その社会の実現性は未だ漠然としており、日本のあるべき産業の姿や日本人の新しい真のライフスタイルが何であるかを明確にし、さらにそれらの実現化可能性を実証することが求められる。日本のあるべき次世代の基幹産業を支える工学技術の一つに生態工学技術が注目できる。生態工学会では、このような生態工学技術による次世代産業（[1+2+3]次産業）での地域の活性化・新産業創生について経済特区構想を検討している。

2. 日本の持続可能型社会と生態工学

日本の食料自給率（カロリーベース）は40%を切っており、輸入60%に頼っている。これらの輸入先相手国での農薬やホルモン剤の使用実態や規制をどこまで厳密にできるのかという不安は、食の安全への一つの脅威となっている。また、輸入飼料の過大な輸入依存には飼料用トウモロコシ等の農薬・ホルモン問題や骨粉飼料のBSE問題などの肉・乳製品の食の安全への不安を伴っている。主要国の穀物自給率（FAO1992年－1994年）を見ると、オーストラリア307%を筆頭に、アメリカ242%、フランス209%、カナダ182%、イギリス114%、ドイツ113%、インド99%、中国99%となっている（FAO, 2003）。日本は飼料を含めると、穀物の自給率は30%を割っている（農業白書, 2002）。これは農村の過疎化による人的資源の減少とも相俟って、さらに深刻な問題へと発展することが懸念される。また、輸出国の港湾荷役スト・局地戦争・国際紛争などによる輸送上の緊急事態、主要輸出国の不作による供給削減や輸入減少の緊急事態などによる食糧危機の不測の事態に対する不安もある。

食料資源に関する持続可能型社会は、自然生態系と食料に関わる人間社会活動とのバランスによって成立するものである。しかし日本は工業製品の貿易黒字という経済力の基に大量の食料を海外に依存し、結果として地球生態系を破壊し、非持続型となっている（Matsumoto, Imura, 2000, Takahashi et al., 2002）。また、食料供給安全の面から見ると、日本の国際経済力の強さが安全を保障する形となっているが、わが国の工業技術の国際競争力と工業生産国際競争力は一体いつまで持続可能であるかについては何ら保障

がない（Sawa, 2000）。工業不振に伴う食料安全保障の不安が懸念される。これらのさまざまな不安を解消して行かねばならないが、まずは、わが国内での持続可能型を基として、わが国内の穀物自給率が100%を上回る確かな農業生産力の回復と維持を前提とすることが重要と考えられる。

また、穀物に限定した安全保障という農業の一面に限るのではなく、広く一次生産性を高めるという観点が必要である。つまり、農林水産・牧畜業をどう高度産業化するかという課題として捉えることである。これは日本国内の自然生態系をどう高度に利用するかということであり、また高度産業化ということからすれば、自然生態系をいかに維持しつつ工業的手法がどう適用できるかということでもある。結論とすれば、生態工学的に農林水産・牧畜業をどう高度化できるかという生態工学的な工業化技術を開発することであり、さらにそれらを産業化することである。このような産業は、自然生態系が維持されるという点から、持続可能型社会への次世代産業であり、さらに地域の一次産業の工業化（持続可能型）による地域の経済発展につながる。

3. 一次産業を工業化する技術としての生態工学

一次産業に生態工学的な工業化技術を組み込むことにより、安定した一次生産性を高めることが可能となる。重要なポイントは、単なる工業化ではなく、自然生態系を保持できる生態工学的手法により工業化するところである。工業化技術の適用において自然生態系への影響を考慮し、生態系の物質循環が維持されると同時に、エネルギー消費を太陽エネルギー（再生可能エネルギー）によりバランスさせる。しかし、実際には工業化において機械や制御システムなどのハードを導入することと、それらの運転に要するエネルギーを投入することが求められるので、再生可能エネルギーをどのように増大するかが大きな課題となる。また、一次生産製品による産業化ということであれば、一次生産製品（自然生産物＋養殖品、植林生産品、人工栽培製品・・・）の生産性の向上による消費拡大という構図が必須となる。そして、その増大が経済にどの程度寄与できるのかについて経済指標で適正に評価されるものでなくてはならない。一方で何らかの規制緩和も必要である。このような視点から、経済特区において何が提案できるかについて、生態工学的な工業化技術を地域に合わせて検討することが重要と考えられる。

このような考え方から、生態工学会では一次産業への生態工学的な工業化技術システムの導入（「エコエンジニア

リングによる [1 + 2 + 3] 次産業化) について、経済特区で実証すべき内容を検討しているところである。生態工学会に設置されている新事業検討委員会 (西尾光夫 (地域研) 委員長) およびエコエンジニアリング検討委員会 (玉浦 裕 (東工大) 委員長) においてこれを行っている。この委員会で検討されているものの一つに青森県を対象とした経済特区案がある。その内容は本特集号で別に詳しく紹介されている。東北地方特有の寒冷時における熱供給と [1 + 2 + 3] 次産業化のためのエコエンジニアリングとを結びつける点を骨格としており、エネルギー経済特区と位置づけられる。しかし、単なるエネルギー利用特区とは異なる。エコエンジニアリングの導入により、自然生態系とのバランスとエネルギーバランス (炭素エネルギー循環) とを一元化した持続可能型社会への移行のための技術システムを実証すると共に、同時に持続可能型地場産業を創生する点を重要な柱とする経済特区構想である (Fig. 1)。

問題は [1 + 2 + 3] 次産業の経済性であり、最終的には一次生産製品の生産性やコストの低減化が図れるかどうかにかかっている。

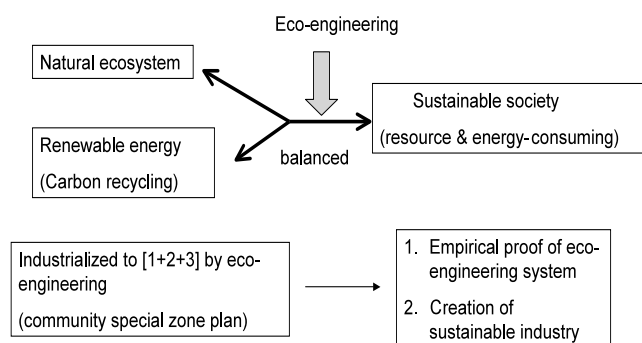


Fig. 1 Community special zone: industrialization to [1st+2nd+3rd] by eco-engineering

4. 経済性の成立する [1 + 2 + 3] 次産業の可能性

北海道厚岸町でのカキ養殖産業は生態工学技術による [1 + 2] 次産業の雛形の一つと位置づけられる (IT 技術導入との関連は十分ではないので [1 + 2] 次産業と表現)。この詳細については本特集号の次号で別に詳しく述べられるので、ここでは概略を紹介する。カキのシードが数ミリの大きさに育つまでは、プランクトン培養による工場養殖を行い (工業化)、その後漁業組合により厚岸湾内で自然を利用した養殖を行う (従来水産業)。カキを網に入れて湾内で養殖が可能のように、シングルシード法と呼ばれるシード育成工程を工場養殖により行い、生産性を高めることに成功している。工場養殖では人工光 (蛍光灯) による

植物プランクトンのタンク培養によりカキのシード育成の餌を工場生産している。カキのシードを安定供給すると共に、シングルシードとして供給する点は工業化であり、その後の養殖ステップを従来水産業で行うという、一次と二次の産業が混成した [1 + 2] 次産業として一次生産製品のビジネスが地場産業として成立している (Fig. 2)。

次に、森林管理や林業という一次産業をエネルギー産業 (二次産業) と組み合わせた産業 ([1 + 2] 次産業) (ハイブリッドエネルギー産業; IT を考慮しないケース) で、経済性の成立する可能性のある生態工学技術について考えてみることにする。例えば天然ガスや石炭と森林バイオマスを高効率でガス化する技術などで、化石燃料と自然エネルギーとのハイブリッド燃料生産技術と呼ばれる。この場合、CO₂ 排出の増大する化石燃料を用いるが、もともと利用している化石燃料を用いるとすれば、理論上は新たに CO₂ 排出量が増大するのではないので、森林バイオマスを全く利用しない場合には CO₂ 削減効果はゼロとなる。実際にはこの技術では森林バイオマスがハイブリッドで利用されるので、導入量に相当する CO₂ 削減効果がある (ハイブリッド利用の新システムでのトータル CO₂ 排出量が化石燃料単独利用システムよりもエネルギー利用効率において低減するように新システムを開発・実用化されることが前提)。ここであえてハイブリッドで利用するのは、森林バイオマスの利用には収集コストが掛かるために単独での経済性が成立しにくいという課題を解決するためである。つまりハイブリッド技術では森林バイオマス (間伐材利用) を経済的に一定量導入することが可能であり、地場産業創生につながる可能性が高い。これに対して、例えば太陽電池や風力のための電力を売電する新エネルギー事業は、ハイブリッドエネルギー事業に比べると生産エネルギー対比でみると初期設備投資の負担が 5 - 10 倍ほど大き

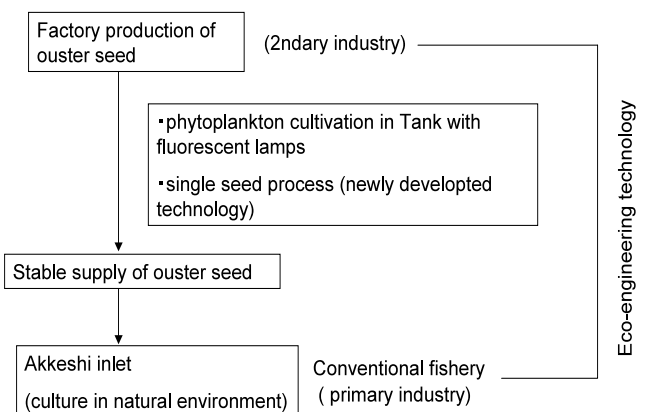


Fig. 2 [1+2] Industry of oyster cultivation at Akkeshi in Hokkaido

く、地場産業の創生や、[1+2]次産業の創生へとつながりにくい。また、同様の理由で森林バイオマスのみをガス化するエネルギー事業よりもハイブリッド燃料生産技術によるガス化エネルギー事業の方が経済性に優れる。しかも、一定規模の大量のハイブリッド燃料（ガス）を安定供給することが可能で、信頼性のあるエネルギー供給産業として位置づけされる。このようなハイブリッド利用技術は、従来どおりの化石燃料の使用をベースとして、そこに再生可能エネルギーを経済性の成立する範囲で導入してビジネスとして新産業を創生するもので、化石燃料時代から再生可能エネルギー時代へと橋渡しをするためのソフトランディングシナリオとしての意味を持つ。

さらに、ハイブリッド燃料生産で地場産業として有効に普及するには、ハイブリッド燃料（エネルギー）を地域の一次生産製品の産業用のエネルギーとして低価格で販売できるような規制緩和や、低価格のハイブリッド燃料を利用した製品生産・販売までの一連での生産性の向上と高利潤化のしくみがさらに重要な意味をもつ。例えば一般家庭の電力や純然たる工業生産業については旧来の電力会社からの電力料金や重油コストは従前のままとするが、農林水産業の一次生産製品の製造産業に利用するハイブリッド燃料やその燃料からの電力の使用については現地内ではコストを低く抑えた別料金システムを導入することが考えられる。あるいは、化石燃料のみから生産された製品には、ハイブリッド燃料からの生産により導入される再生可能エネルギー量に相当する炭素税を賦課する（特区としての規制導入）。また、再生可能エネルギーが導入されているのでグリーン市場を形成できる。これらのいずれかにより、ハイブリッド燃料を使用する農林水産業の一次生産規模が拡大でき、農林水産業をベースとして雇用や地域経済の活性化が期待できる。同時に、低コストエネルギー供給を行うハイブリッド電力生産部門やハイブリッド燃料生産部門に対しては、一次生産規模の拡大に伴う利益を還元する仕組みを織り込み、この低コストエネルギー供給の経済性を成立させるようにする。トータルとして、森林バイオマス事業とリンクした農林水産業の一次生産規模の拡大による一次生産消費経済の発展につながる（Fig. 3）。例えば、東北地方での冬季のハウス暖房用の燃料である重油・軽油や電力に対抗して、ハイブリッド燃料（ガス）を経済的に導入できることになるので、低価格エネルギーによる冬季のハウス栽培の集約化につながり、[1+2]次産業（ハウス栽培＝農業＋工業）を持続可能型に近づけるようにできる。しかも森林バイオマス導入が促進されるので二酸化炭素削減（炭素エネルギー循環）への寄与が期待できる。

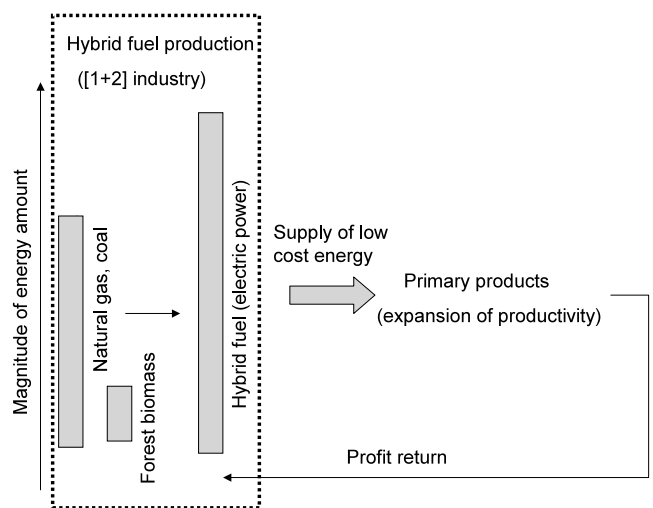


Fig. 3 Expansion of primary productivity and profit return using hybrid fuels

また、先述の厚岸町のカキ養殖では、工場養殖工程が導入された分に相当するエネルギーが余分に投入されているが、このエネルギー源として、上述のように規制緩和および一次生産製品利益の低コストハイブリッドエネルギー供給者への還元を基に導入することにより、コスト的に競争力のあるカキが出荷し易くなり、町の産業競争力を高めつつ [1+2]次産業の導入を進めることが可能となる。同時に、森林バイオマスという自然エネルギー導入が促進でき、町に持続可能な産業が発生することにもなる。同様に二酸化炭素削減も期待できる。また、即効的ではないとしても、日本の食糧安全保障という視点からの解決に資する。

以上のような観点に立ち、森林バイオマスハイブリッド燃料生産（[1+2]次産業）とその利用の規制緩和による一次生産製品の製造産業（[1+2]次産業）を経済特区で実証することが今後重要である。同時に、これらの技術開発および地方への天然ガスや石炭供給についての経済性（国内パイプライン構想との連関）などについて更なる検討を進めることも必要である。

また、CO₂削減という点からは、燃料電池など高効率エネルギー利用技術の導入や助成による太陽電池や風力発電など地域の新エネルギー導入促進も生態工学的な工業化という面で検討すべき課題ではある。しかし、先述したようにこれらの単独での新エネルギー導入はハイブリッド燃料生産に比べるとコスト高となるために地域の新産業創生とはなりにくく、ハイブリッド燃料生産ほどの雇用促進や地域の活性化に繋がり難い。

さらに、生態工学的には、農林水産業廃棄物の資源有効利用を、物質循環の視点から持続可能型社会産業として導

入を図る必要がある。しかし、その収集コストや設備費コストがかかるので、これらの地域内資源リサイクル費用については地域の一次生産製品に組み込み地域活性のトータルコストとして地域消費者が負担するしかない。これは、むしろインセンティブとなって地域に持続可能型の新産業が創生でき、雇用も地域で発生するので、トータルとしては地域の産業の活性化へと繋がる。さらに生態工学的には、廃棄物の資源循環に要するエネルギーに再生可能エネルギーを用いることを考える必要がある。これについても、先ほどのハイブリッド燃料を導入することが考えられる。経済性の面も含めて、これは有望と考えられる。

生態工学会の委員会で現在検討中の注目されるもう一つの点は、新アグリシステムの導入である。この内容については本特集号で詳しく紹介されているとおりである (Omasa, 2004)。先述のバイオマスハイブリッド利用における森林生態系の保存や管理への適用が可能で、最新のリモートセンシング技術を生態学的現地調査結果と照合する IT 技術を導入して管理する手法である。さらには農業生産や漁業生産の生態系管理や、物流管理などもリンクさせ、地域の一次産業の土地利用と土地生産のリアルタイムでの一括管理を行うもので、生態工学技術として位置づけられる。これには経費が発生し一次産業製品へのコスト高となって跳ね返るが、一次生産製品の増産による地域産業の一旦として位置づけ、生態系管理費として織り込んで地域産業活性化につなぐことで解決できると考えている。具体的には、物流移動の高効率化、ストック費の低減、持続可能な生産・消費活動の合理化、などにより一次生産製品のコストミニマムを図るなどである。これを先のハイブリッド燃料生産と組み合わせることにより、さらに合理的な新産業システムとなる。この技術は森林バイオマスハイブリッド燃料生産/新アグリシステム産業 ([1 + 2 + 3] 次産業) を創生するものとして期待できる。

5. [1 + 2 + 3] 次産業と新産業経済構造

一次生産製品による経済効果を高めるためには、一次生産製品をさらに加工して高付加価値化を図ることが重要である。このような技術として、物流に乘せやすい製品への加工技術、鮮度を維持する技術、薬品やホルモンを使用しない育成の代替技術、消費者が好んで選択する付加価値化技術 (生態系に優しい製品等) などである。これらの技術は [1 + 2 + 3] 次産業 (一次産業への生態工学的な工業化技術システムと IT 技術の導入) の生産品の付加価値を高め、関連産業の活性化につながり、結果として [1 + 2 + 3] 次産業の普及促進につながる。このような [1 + 2 + 3]

次産業を中心とする関連経済は都市の食糧消費経済と密接にリンクし、わが国の自給率の向上に支えられた食文化と食料産業の豊かな発展が期待できる (Fig. 4)。先述のように、生態工学会が考えている [1 + 2 + 3] 次産業は、生態系の保持と再生可能エネルギーの開発を促進するものである。このような産業が日本の産業の 3 分の 1 程度を占め、日本の食料自給率が 100 % 程度に達するようになれば、一次生産産業 ([1 + 2 + 3] 次産業を含む) と周辺の食産業、さらには [1 + 2 + 3] 次産業に関わるハイブリッド燃料生産産業 (森林バイオマス産業) なども関わって、日本の新しい時代の新産業構造の一角が形成されるものと考えている。

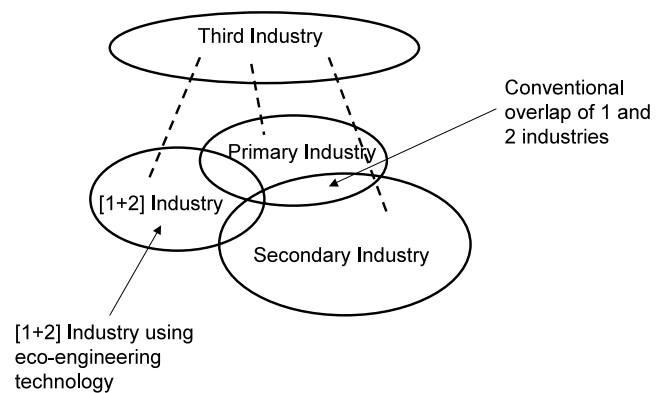


Fig. 4 [1+2] Industry and new economical structure

引用文献

- The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)
home page : Statistics, 2003.
http://www.fao.org/waicent/portal/statistics_en.asp
- The Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan, 2002 :
Annual Report on Food, Agriculture and Rural Areas in Japan FY 2002, Chapter I Establishing a System for Stable Food Supply (Related to Food Policies), Section 3 World Supply & Demand in Agricultural Products and Japan's Food Self-Sufficiency. (農業白書 2002 : 平成 14 年度 食料・農業・農村の動向に関する年次報告 ; home page; 第 3 節 ; 世界の農産物需給と食料自給率, 表 I-7 食料農水産物の自給率の推移)
http://www.hakusyo.maff.go.jp/books_a/A030_WN01.htm
- Matsumoto, T., and Imura, H., 2000 : Changes in Japanese dietary habits after the world war II and their implications for energy consumption, *Environmental Science*, **13** (4), 455-468. (環境科学会誌, 2000 : 戦後日本の食生活変化とエネルギー消費に関する研究, 455-468)

Omasa, K., 2004 : New agrisystem : Innovation for Primary Industries, *Eco-engineering*, **16** (1), this issue. (大政謙次, 2004 : 新アグリシステム : 第1次産業のイノベーション. 生態工学, **16** (1)本誌)

Sawa, T., 2000 : An end of market doctrine, Iwanami publisher. (佐和

隆光, 2000 : 市場主義の終焉—日本の経済をどうするのか—. 岩波新書)

Takahashi, H., Houfuku, N., Miyamoto, M. and Yamamoto, M., 2002 : Human society and environment. Sankyō publisher. (人間社会と環境, 2002, 三共出版)