

●活動実績

第108回技術交流研究会

●日時 平成19年6月7日(木) 15時00分～17時00分

●場所 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4番1号 (株)ドーコン会議室

●出席者数 19名

●講演概要

演 題

『自然エネルギーを巡る北海道の現状と課題 - バイオマスを中心に - 』

株式会社NERC センター長 大友 詔 雄 氏

講演要旨

1. はじめに—新エネルギーとは—

1997年の「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法(新エネ法)」の施行から10年が経過し、ようやく「新エネ」も定着しつつある。この間、バイオマス、雪氷熱が仲間入りし、そして現在中小水力と地熱などの従来のエネルギーも含め自然エネルギー(再生可能エネルギー)としての概念整理(図1)が進んでいる。



図1 新エネルギーの概念整理

(「財団法人 新エネルギー財団」より)

「北海道省エネルギー・新エネルギー促進条例」(2000年)では、新エネルギー・ローカルエネルギーとして、以下のものを定めた。

- 一 太陽電池を利用して発生させる電気
- 二 風力を利用して得られる電気
- 三 水力発電設備(出力三万キロワット以下の規模のものに限る。)で発生させる電気
- 四 雪氷を熱源とする熱
- 五 バイオマスを利用して得られる燃焼の用に供する物(薪炭及び紙パルプの製造に伴い発生する黒液を除く。)、熱又は電気
- 六 海水、河川水その他の水を熱源とする熱
- 七 波力を利用して得られる電気
- 八 潮汐を利用して得られる電気
- 九 太陽熱又はこれを利用して発生させる電気
- 十 地熱又はこれを利用して発生させる電気

ここでは廃棄物によるものが除かれているが、当時未だ「新エネ」に位置づいていなかったものをローカルエネルギーとして含めた先見的な内容がある。

「新エネ」は、自然の構成要素との関係で次のように整理できる。「自然」は、太陽、空気、水、土から構成されることは異論の無いところであるが、もう一つの構成要素として「生命体」の存在を不可欠とする自然観に立脚する。生命体は「バイオマス」そのものであるが、人間が営む社会生活から発生する「廃棄物」も広義の自然に含まれる。^{1~3)}

表1 自然の構成要素と自然エネルギーとの関係

自然の構成要素	エネルギー形態	対応する自然エネルギー	機器装置
太陽	太陽光	太陽光発電	太陽電池
	太陽熱	太陽熱利用	温水器
		太陽熱発電	ソーラースタリングエンジン
空気	風力	風力発電	風車
水	水力	水力発電	水車
	波力・潮汐力	波力発電・潮汐発電	防波堤・フロート
	雪氷	雪氷熱利用	貯雪庫・アイスシールド
	温度差	温度差発電	ヘルチ素子・ゼーベック素子
土	地熱	地熱発電	蒸気タービン
		地中熱利用	ヒートパイプ・温泉水
生命体	バイオマス	バイオマス発電	ガス化発電・コージェネ
		バイオマス熱利用	燃焼機器
		バイオマス燃料製造	RDF
	廃棄物	廃棄物発電	
		廃棄物熱利用	
		廃棄物燃料製造	

電気・ガス	クリーンエネルギー自動車	電気自動車・燃料電池車
電気+熱	天然ガスコージェネレーション	
水素	燃料電池	

2. 導入状況

表1の通り、「新エネ」は実に多種多様である。大分すると、電気として使うもの、熱として使うもの、電気と熱の両面を使うもの、動力として使うもの等に分けられる。図2に北海道における「新エネ」の導入状況を発電分野について比較した。ちなみに、北海道の総電力供給量は、平成18年度実績で381億5,900万kWhであった。その内「新エネ」からの供給分は8億kWhで、供給量全体の2.3%、約26万世帯分（全世帯の約10%）に相当する量で、この5年間で2倍以上の増加となっている（図3）⁴⁾

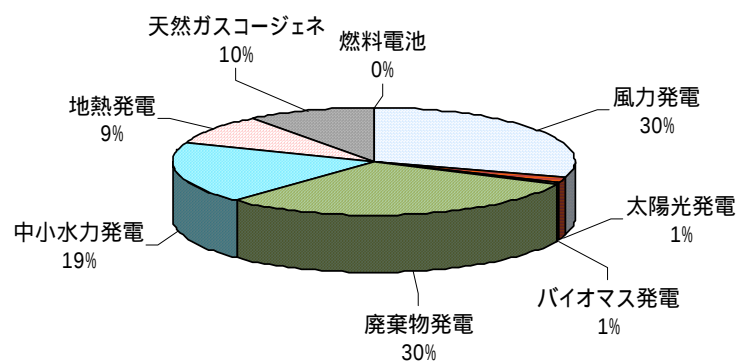
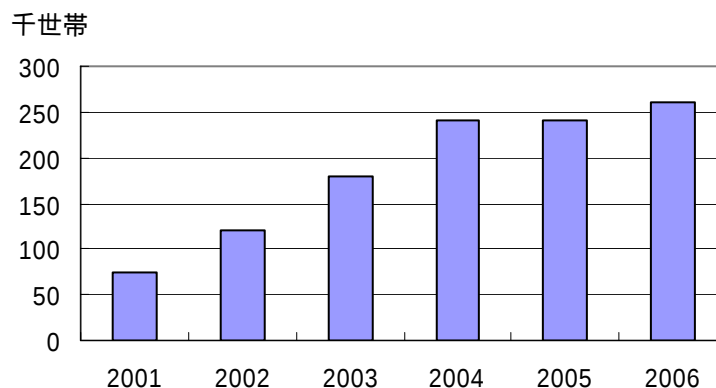


図2 北海道における主要な新エネルギーの導入状況

図3 相当世帯数で見た「新エネ」からの供給量



(1) 風力発電^{5~7)}

道内には、192基（総出力160MW、全国の24%）の風車が、46ヶ所に設置されている（平成15年度末現在）。宗谷岬や苫前等のウィンドファームを含む道北地域（宗谷・留萌支庁）に、22ヶ所（道内の48%）、119基（同62%）、出力114MW（同72%）が集中している。

道北地域に風車が林立することになった理由は、風が強いことに尽きる。風力発電所の設備利用率は、宗谷支庁で年間25.7%と最も高く（全道平均21.5%）、また月間のピークは留萌支庁の41.6%（同37.0%）となっていることから風の強いことが頷ける。地域の活性化への期

待がつる。例えば留萌支庁の年間総発電量は推計約 170GW（設備利用率 25%）となり、売電価格を 10 円/kWh とすれば年間の売電金額は約 61 億円/年、住民 1 人当り約 2 万 8,000 円にもなり、もし住民所有の風車であれば、住民が受ける恩恵は実に大きいものがあると思われる。

建設された風力発電の中で注目すべきは、2004 年に導入された旧瀬棚町の日本初の洋上風車である。建設に先立つ風況調査では、稼働率 80%、設備利用率 50%（当時の NEDO の評価基準：稼働率 45%、設備利用率 17%）を示し、洋上風力発電の有効性を実証している。加えて、海底の基礎部を魚礁に使う、周辺を人工海中林とするなどの工夫がなされ、高齢者でも漁が続けられる配慮がある。

また稚内市の例のように、風力発電からの電力によって水を酸素と水素に電気分解し、水素を燃料電池に使う仕組みは、天候に左右される自然変動電源の弱点を補う試みとして注目される。

（２）太陽光発電・太陽熱利用

太陽光発電は、全国的には世界一、二を争う普及（2004 年 3 月現在で、17 万件 623MW）となっているが、北海道の普及状況（同現在、1,730 件 6.8MW）は全国の 1%程度である。可動部を持たない発電装置としての期待があるものの、北海道では積雪の問題等があるため普及は今一つ伸びが見られない。

図 4 はこの 20 年間の北海道の太陽光発電（出力 5kW 以上）の設置状況を示す。90 年代半ばまでは、散発的・モデル的導入であったのが、最近では着実に普及が進んでいることが見て取れる。

太陽電池パネルを屋上や屋根に設置する例がこれまでの主流であったが、札幌駅北口のビル屋上の太陽電池タワーや外壁にパネルを敷設した例のように、斬新な形態も普及し始めている。将来の可能性としては恵庭の工場で生産に入りつつある球状セルがある。

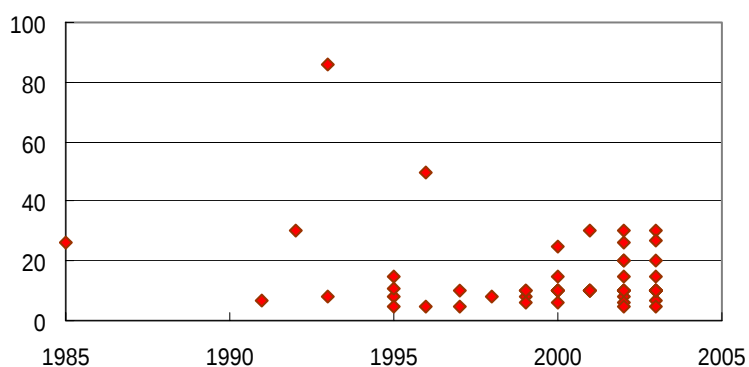


図4 北海道の太陽光発電の設置状況の散布図(出力 > 5kW)

太陽熱利用は、かつて一般家庭や公共施設に「太陽熱温水器」として導入されたが、80 年代半ば以降普及に陰りが続いていた。しかし最近、真空管式集熱器を利用した太陽熱利用が、病院（旭川）、老健施設（旭川、釧路）等、道内各地で進んでいる。

興味深い事例として、足寄町で実施されている「太陽熱木質系材料乾燥装置」の開発（NEDO の委託事業）がある。これは太陽熱で「木材」やペレットの原料となる「おが粉」を乾燥させる装置である。太陽熱を木材乾燥に使用する試みは、1980 年代初めに既に北海道立林産試験場

等で実施された経緯があるが、今後の産業技術として発展することが期待される。

（３）水力発電

1 万 kW 以下の小水力発電は、今 EU を中心に法行政面での裏づけを取りつつ全世界的に普及が進んでいる。小水力発電はかつて全国津々浦々に見られ、道内にも数多く普及していた。例えば自家用水力発電所が 1991 年段階で 24 ヶ所あったと報告されている。⁸⁾ 現在でも出力 3 万 kW 未満の中小水力発電所は、道内 28 ヶ所、総出力 108MW となっており、廃棄物発電を除くと、風力発電に次ぐ規模となっている（図 2）。その殆どは製紙工場や電力会社等の民間企業の水力発電所である。

今脚光を集めているのは、堰止め型のダム方式ではなく、流れをそのまま活かした型の発電方式である。河川や農業用水、工業用水、上下水道があらためてエネルギー資源として見直されている。これまで発電に利用されてこなかった既設ダムも、サイフォン式水車を導入することで、ダムに一切手を着けずに発電ができる。特に農業の水使用総量は年間約 570 億 m³、基幹的用水路延長約 45,000km に及び、未利用落差も多く、土地改良区も小水力発電を積極的に位置づけ始め、既に全国 23 ヶ所で実施している。しかしながら北海道の事例は未だ無い。

（４）雪氷熱利用

雪氷熱利用施設は、現在道内 40 ヶ所（全国 93 ヶ所）内氷利用は 12 ヶ所となっている。豪雪及び寒冷な北海道の地域特性を活かした自然エネルギーの利用形態であるが、貯雪庫や氷室の建設コストや集雪の手間等から、より簡易な方式が求められている。

そうした中で、「除排雪雪山を夏まで長期保存し、自然に融解して得られる冷水」を、自然地形を利用して公共施設に導き、冷風冷房に用いる実証試験が岩見沢市で進められている。多額の費用がかかっている除排雪を有効活用する試みとして注目される。

（５）地熱発電・熱利用

地球内部の熱エネルギーを利用する歴史は古く、中でも地熱発電は、世界 20 ヶ国（総設備容量 800 万 kW）で実施され、我が国でも全国 18 ヶ所（総設備容量 50 万 kW）で行われている。北海道では、森町で 1982 年に実施（50MW）しているが、環境影響の関係から広まりはない。

熱利用としては、とりわけ火山の多い日本では温泉としての利用が最も盛んである。最近注目されているのは、比較的地表に近い場所の地熱エネルギーの利用で、家庭、農業、工業分野における暖房・温水利用である。

（６）バイオマス発電・熱利用・燃料製造

「新エネ法」施行当時、バイオマスは未だ一般には馴染みがなく、「新種の鱒か」と質問されたり、「バイオガス」と混同されたりもした。それが今や日本全国どこでもバイオマスが地域活性化の中心に位置づき、その可能性を鮮明にしている。この数年の石油高騰は更にそれに拍車をかけている。

バイオマスとは、森林（林産業）系・農業系・畜産系・水産系・生活系・事業系と多くの由

来がある。森林は全国の 1/4 が北海道にあり、乳牛の半分は北海道に集中している、食料王国として一次産業が中心である等など、元々潜在量としては極めて大きい。北海道の最大の可能性はバイオマス資源の利用にあると言っても過言ではない。国が「バイオマスニッポン総合戦略」を推進し、バイオマスのエネルギー利用を軸に CO₂削減の具体化を図ろうとしている現在、北海道のバイオマスが果たすべき役割は大きい。

北海道でいち早く注目が集まったのは、家畜（特に乳牛）ふん尿のメタン発酵による「バイオガス」のエネルギー利用で、現在まで 20 数ヶ所に導入されている。中でも足寄町に設置された「コンテナ・モジュール式」は、工期短縮とコスト削減が期待できるプラントとして、別海町の「サイロ有効利用」プラントは、農村景観保全に貢献するプラントとして期待される。また別海町の施設におけるバイオガスの水素改質、有機ハイドライド化、あるいはガスの圧縮輸送などの実証試験も進められる等、新しい動きがある。しかしながら、全体として家畜ふん尿のバイオガス化の取り組みは、当初の期待通りには展開しなかった。その最大の理由は、高コストのプラントへの批判のあまり、技術の確立を待たずにメーカーへのコスト競争を迫ったことにある。

メタン発酵によるバイオガス生産は、下水汚泥や生ごみでも進められている。生ごみのバイオガス化は、北見でメーカーの先駆的な実証試験が行われて以来、現在道内 4 ヶ所（深川市、滝川市、砂川市、浜頓別町）で実用技術になっている。可燃ごみとして焼却処理に回っている生ごみを焼却し続けるのか、という議論も出ており、今後の展開が注目される。

木質バイオマスのエネルギー利用については、これまで多くの地域で賦存量調査や可能性調査が実施されていたが、なかなか具体的な導入に結びつかなかった。それが石油高騰の中で一躍脚光を浴び出している。図 5 に具体的導入状況をまとめてある。

まず先鞭を切ったのが「ペレット生産」であり、滝上町、厚沢部町、足寄町、旧大滝村の 4 地域で始まった。石油が高騰し始める前に開始された、これらの地域の取り組みには、「地域に豊に存在する木質バイオマスの有効利用によって地域の活性化に貢献する＝地産地消型地域社会の構築」という高邁な考え方が見られる。現在道内のペレット生産工場は、江別、南幌、苫小牧、旧穂別の 4 地域を加え 8 ヶ所を数え、生産規模も年間 2,000 t を越える状況になっている。しかし一般家庭のペレットストーブでの使用だけでは需要の大幅な拡大は望めず、公共施設でのペレットボイラーの導入（足寄町、西興部町）や農業用ハウスでの実証試験（厚沢部町、伊達市）の成果の展開が待たれている。

一方、木質チップを燃料とするチップボイラーの導入も進んでいる。下川町や網走市の温泉の追炊き用、東神楽町のクリーニング工場の石油代替用等に導入されている。

今最も注目を集めているのがバイオエタノールの製造である。遊休地や休耕田を利用して生産した穀物や木質系バイオマスから、化粧品や試薬等に利用する工業用エタノールや自動車のガソリンに混合させる燃料用エタノールの生産が進められようとしている。

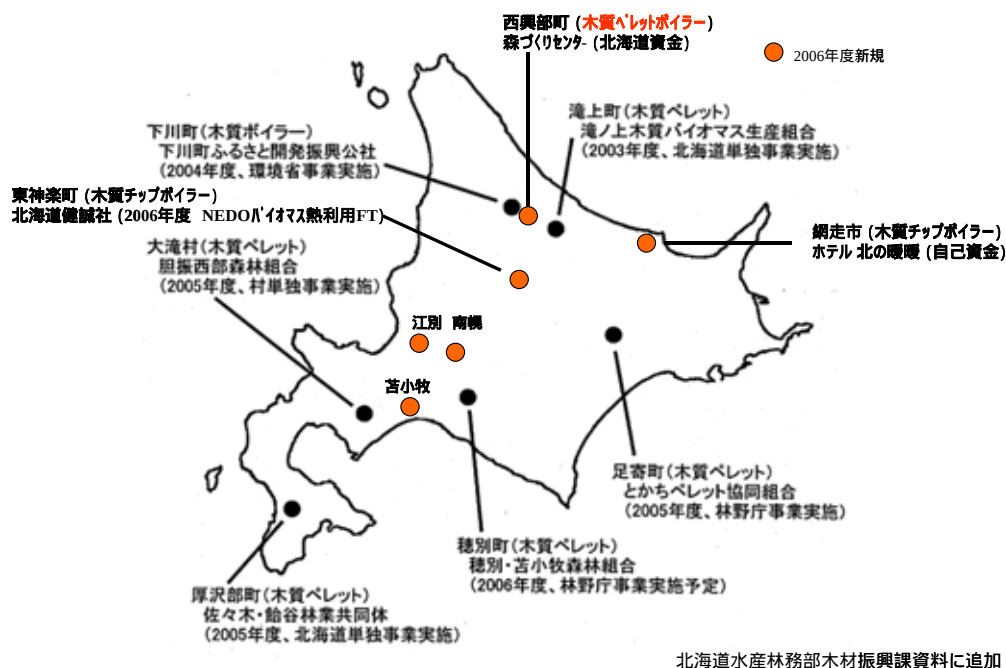


図5 北海道における木質バイオマスの導入事例

(7) 廃棄物発電・熱利用・燃料製造

北海道の廃棄物のエネルギー化施設は延 30 ケ所、内発電は 15 ケ所、総定格発電量 147,230kW、熱利用は 12 ケ所、燃料製造は延 8 ケ所、内 RDF 製造は日当り 364 t、油化 1 ケ所となっている。都市生活や産業活動で発生する大量の可燃性ごみの焼却処理で発生した熱を発電や熱供給を行うほか、焼却灰を高温で溶融し減容化と無害化を進め、埋立処分場の延命化につながるものとなっている。しかし今後可燃ごみがこれ返と同じように大量に出るか、という根本問題も指摘されている。

廃棄物は資源の宝庫であり、リサイクル資源の供給源であるとともに、可燃性廃棄物はエネルギー資源として、都市部の有力な電気・熱エネルギーとなる。このことと産業創出・雇用確保が結びつく例として、ドイツのルール地方の事例が興味深い。ドイツのルール地方はかつて炭鉱で栄えた地域であり、閉山による雇用確保・新産業創出が大きな課題になった。そこでルール地方州政府は、60 年代後半に 100ha、高さ 140m もの巨大なズリ山を根こそぎ削りオランダの干拓に運び、平地となった跡地に廃棄物を運び込み、以来 30 余年を経過して、周辺にリサイクル産業と廃棄物発電・熱利用産業を創出させ、地域雇用を確保したという。歴史も文化も違うからルールと北海道で違いが出るのは当然としても、ルールの事例は検討するだけの価値はある。

(8) 水素・燃料電池

21 世紀社会の都市部の大量エネルギー消費を賄うためには、小型・分散エネルギー生産設備としてのガスコージェネレーションや燃料電池等々の所謂マイクロパワーを利用することが効果的であって、米国を先頭に先進国で技術開発が精力的に進められている。⁹⁾ 一方こうしたマイクロパワーは、自然エネルギーを利用するにふさわしいものであって、広大な送電網を維持

しなければならない北海道にあっては、自然エネルギーが豊かに存在する地域に分散するマイクロパワーのメリットは大きく、地産地消型地域社会の構築と共に、設備・装置や利用形態の多様性から地域の中小企業のニッチ産業としての展開も期待できる。

マイクロパワーのようなエネルギー装置に見られるように、新しい画期が到来している。これまでの動力手段は、内燃機関で且つ蒸気機関であるが、今蒸気によらない動力が登場しつつある。外燃機関であるスターリングエンジン（写真１）や直接発電方式の風力発電や太陽電池、燃料電池などは、これまでの動力手段であった内燃機関とは違っている。その動力手段の主役は水素エネルギーになると考えられている。水素は、天然ガスやバイオマスから生産され、その水素を利用する燃料電池は新しい時代のエネルギー生産技術となる。天然ガスやバイオマスに恵まれる北海道には、水素生産・貯蔵・利用を実現する技術の全面開花が期待される。

写真１ 左：２クランク式４気筒スターリングエンジン、
右：スチームランキンスターリングエンジン
（一色尚次元東京工業大学教授設計・（株）NERC 製）



３．課題

自然エネルギーの活用は、自然を相手にするだけに、まず自然・環境との調和が挙げられる。例えば、風力発電では、バードストライクや景観問題、自然公園・国立公園内の設置の問題等々、水力発電では、水質保全や魚の回遊を保証すること等々である。またバイオマスについて見れば、最大の問題はそのエネルギー密度の低さである。バイオマスは、地域に賦存する潜在量としては莫大なものがあるが、薄く広く分散するために、収集する技術的対応とそれを支える社会的仕組みの構築＝地産地消型社会の仕組みがどうしても必要である。また燃料化を最後とし、その前に他用途に循環利用することを示した「バイオマスリファイナリー」の考え方も大切である。北海道においては、「新エネ」は一次産業への利活用を全面的に展開すべきである。^{10,11)}

自然エネルギーは、新しい技術的適用もしくは開発の必要性を有するのは当然であるが、大前提として、その地域の「生の自然現象」を利用するという点で、地域固有の自然現象そのものの正しい理解が必要となる。自然が地域固有であればあるほど、自然現象も地域固有であり、

それを前提にした自然エネルギー技術も地域固有にならざるを得ない。ここに自然エネルギー生産が地場産業にならざるを得ない必然性がある。

今日最も重要なことは、地域の固有財産としての自然エネルギーによる恩恵の地域への還元である。かつてデンマークでは、風力エネルギーの普遍性（誰でも使え、独占されない）に根ざし、その利用には、地域資源・住民の利権財産として、地域住民が直接関与すること、即ち住民の主体的取組みを重視し（1999年段階で全風力発電の80%以上が個人所有）、所有への居住の条件規程（投資の手段とすることを禁止、2年間以上の居住者に設置を認める）などの施策を講じ、風力エネルギーの生産手段は地域住民が所有することを明確にして普及を図った。

2,7,11)これに対して我が国の場合、地元自治体もしくは地元住民の所有する風車の割合は著しく少ない。地域住民が関与できない風力発電の普及の仕方が実は一番大きな問題である。これは全ての「新エネ」の利活用にあてはまる。

いずれにせよ、本格的に「新エネルギー」を利用する社会は、「新エネ」から「新」がとれる時代にならなければ実現し得ない。そうした時代はこれ迄とはかなり違ったものとなっているように思われる。

参考文献

- 1) 拙著「自然エネルギーが拓く北海道の可能性《前編》—なぜ自然エネルギーなのか—」、「開発こうほう」No.448、2000年11月号。
- 2) 拙著「自然エネルギーが拓く北海道の可能性《後編》—北海道の新産業創出に向けたビジョン—」(「開発こうほう」No.450) 2001年(平成13年)新年号。
- 3) 拙著「自然エネルギーを巡る理念的問題に関する一考察」(「特集：北海道における自然エネルギーの現状と課題—バリエーションを中心として—」)、「日本の科学者」Vol.40、No.2、2005年。
- 4) 北海道経済産業局「電力需要実績」2001～2006年。
- 5) NEDO 北海道支部「北の大地 自然エネルギーとの共存—北海道新エネルギー導入促進事例集—」2006年8月。
- 6) NEDO 北海道支部「北海道新エネルギーマップ」2006年3月。
- 7) 拙著「北海道北部地域の風力発電」「道北の地域振興を考える研究会」10周年記念誌「北海道北部の地域社会—その現状と21世紀の展望—」2007年3月。
- 8) 拙著「自然エネルギーの特質と北海道における展開の歴史的経過」日本農業気象学会北海道支部創立50周年記念誌、2002年。
- 9) レスター・ブラウン「エコ・エコノミー」邦訳2002年。
- 10) 拙著「自然エネルギーが拓く北海道の可能性—続・北海道の新産業創出に向けたビジョン—」北海道政策情報誌「epoca22」第25号—新生北海道 恵まれた環境の未来への継承—、2003年12月。
- 11) 拙著「自然エネルギーによる地域社会の再構築」、「学会会報」第854号、2004年3月。