

10. 持続可能な地域社会の物的構成 ー2011年バージョンー

水谷 潤太郎

フェロー・上級土木技術者（環境&流域・都市）（〒222-0024 横浜市港北区篠原台町36-20）

E-mail: QZF02502@nifty.ne.jp

本文は、昨年の地球環境シンポジウム提出論文を基に、東日本大震災・大津波&原発事故の教訓及び新たな地球温暖化対策、銅などの資源制約、生物多様性の名古屋議定書と海洋保護区などの新規事項を盛り込んだものである。地球温暖化対策としては、原子力の早期再建を進めつつ、当面、トリプル複合発電など火力発電の効率を飛躍的に増大することで、対応するとしている。さらにガスパイプラインとスマートグリッド電力供給システムを組み合わせたシステムを構築し、自然エネルギー等で水素を作り燃料電池車・固定式燃料電池等で利用する、水素エネルギー社会を創出することで、さらなる温暖化対策を進めるとしている。

Key Words : *sustainability, copper, triple combined cycle, pipeline, hydrogen energy society*

1. はじめに

昨年の第 18 回地球環境シンポジウムで発表した論文「イノベーション・フォー・サステナビリティにおける技術的配意事項とその実現方策」¹⁾以降も多くの事件が起き、以下の如き事項が提起されており、これらに対する方策を盛り込んだ新たなビジョンを提示する必要がある。そのため本論文を提出する。

(a) 本 2011 年 3 月 11 日に起きた東日本大震災では原子力発電所の脆弱性が浮き彫りにされた。日本の地球温暖化対策は、一方では省エネルギー・節エネルギーにより需要を抑制するとともに、供給面では自然エネルギー利用と原子力発電の増設及び火力発電の高効率化による低炭素化を図ることにより進められてきたのであるが、その重要な一角が弱体化しつつある。この事態に対応して、いかなるエネルギーシステムを構築して温暖化対策可能とするのか、問われている。

(b) 希少金属資源の限界が見えてきている。この間レアメタルの供給面からの制約が明らかになったが、さらに多量に使われている銅についても、その鉱石の品位低下など供給面の制約が露わになってきている²⁾。筆者は社会基盤インフラのトータルな電化の必要性を主張してきたが^{3,4)}、そのためには銅資源の安定的な確保が欠かせない。また他の方法により鉄など比較的豊富な資源⁵⁾

にシフトできないか検討する必要がある。この点からしても、エネルギーシステムの見直しは避けられない。

(c) 従来筆者は、輪中堤や二線堤で守られたコンパクトシティに居住することを提案してきた¹⁾。東日本大震災でこのことはますます裏書きされたのであるが、津波対策として標高を 20~30m 以上にすることを新たに付け加える。また一戸建ては避けアパートに居住することも、省エネルギー・省土地効果だけでなく、エレベーターが設置できるので高齢者に優しくなることから、さらに推進するべきである。

(d) 東日本大震災では多くの農地も海水に浸かり、塩抜きしなければ耕作できない状態となっている。発想を変えて、従来のような米作中心の農業に戻るのではなく、工業化された農業や植物工場に転換していくことも考えるべきではないか。漁業についても、集団化や株式会社化により生産性を高めるとともに、漁業資源の保全が図れるようにすべきである。

(e) 2010 年 10 月に名古屋市で開催された生物多様性条約第 10 回締約国会議 (COP10) では名古屋議定書が採択され、新戦略計画 (愛知目標) など多数の文書が採択された。従来から筆者はコンパクトシティや植物工場による省土地効果で陸域の生態系を保全することを提唱してきており¹⁾、東日本大震災からの復興にあたってこの精神は貫かれるべきであると考え。例えば、鎮魂

の森の構築や三陸地方の国立公園としての再編など、貴重な提案がなされている。一方 2011 年 3 月には海洋生物多様性保全戦略が環境省により策定されており、海洋保護区の充実とネットワーク化の推進が求められている。本文においてもこの点を織り込んでいく必要がある。

以下、2 章で今後構築すべきエネルギーシステムについて示し、続く 3 章で持続可能な地域社会の物的構成－2011 年バージョン－を提示する。

2. 今後構築すべきエネルギーシステム

東日本大震災で福島第 1 原子力発電所が地震・津波に被災し、その冷温停止には極めて長時間を要しつつある。このため、原子力の安全性に疑問符がなげられ、脱原発の機運が高まっている。しかし下記の理由から、原子力発電所の使用を今すぐやめることは難しく、革新的技術を採用して、安全性を高めながら継続して使用していくことが求められる。

(a) 原子力はエネルギー費用が安く、エネルギー安全保障を向上させるとともに、地球温暖化対策も推進する優れたエネルギー源である。実際、100 万 kW 級原子力発電所 1 基を止めることは年間 1,000 億円の国富流出につながり⁶⁾、また原子力発電所全機を 5 年以内に停めると 2020 年に 4.5 兆円燃料費が増加すると指摘されている⁷⁾。今後とも原子力発電により温暖化対策も進めていくことが賢明である。

(b) 既にプルトニウムを含む大量の放射性廃棄物がたまっている。このプルトニウムを消費してしまわないと、安定した廃棄物の処分も難しい。プルトニウムを消費するためには、原子炉で燃料として使う必要があり、原子炉の運転が不可欠である。

(c) 現在の原子力発電は、ウラン～プルトニウムを用いて、軽水炉さらに高速増殖炉で行っている。高速増殖炉まで開発されないと、長期間のエネルギー源とはならない。しかし高速増殖炉は液体ナトリウムを熱媒体に用いており、事故が起きると拡大して惨禍に陥る危険性がある。高速増殖炉システムに匹敵する使用可能年数を持つ核エネルギーシステムにトリウム原子炉の体系がある。熱媒体／燃料としてトリウム熔融塩を用いるが、熔融塩は液体ナトリウムと異なり、漏れても大事故を起こすことはない。また原理的に水素が発生せず、水素爆発を起こさない。水蒸気爆発も起こさないようであり、ヨウ素やセシウムなどの副産物も燃料塩中に捕捉され、撒き散らされることもない。さらに、プルトニウムなどを消費しつつ運転することが可能であり、放射性廃棄物を減らすことができる。このように優れた特性を持つ炉である

ので、今後トリウム原子炉にシフトすれば、賢明かつ安全な核エネルギーの利用が長期間可能となる⁸⁾。

(d) 原子力発電所を停めたとしても、核燃料の冷温停止状態を確保するため、電力を用いて冷却し続ける必要がある。もし全電源喪失に到らば、やはり深刻な事態に陥る可能性がある。原子力発電所を停めることには、安全度向上の点でそれ程大きな意義があるか疑問である。

(e) 東日本大震災で関係者は大きな教訓を得ている。必ずや以前よりも格段に安全な原子力発電所を造ることができると思料する。また、こうした経験と能力を活用する場を与えないことは、世界的な損失につながる。

(f) 原子力事故の災害は決して不可逆的な損害を地域に及ぼすものではない。放射性セシウムなども土壌の上下転置などで充分除染可能である。半減期も 30 年と比較的短く、有機塩素化合物や有機水銀が未来永劫毒性を保つのに比して、むしろマイルドな毒物だと言える。現在、死者は一人も記録されていないが、この環境リスクの程度を早急に見極め、他の環境リスク（喫煙や病原性大腸菌等）と比較してみることが肝要である。1950～1970 年代に多くの核実験が行われ大量の死の灰が降っている。それによる被曝量は福島原発の事故によるものよりはるかに大きかったが、その被曝を浴びてきた我々の間で発がん率の上昇・奇形児・知能低下など報告されていないことが指摘されている⁹⁾。原子力事故の損害をあまりに過大視し、脱原発を唱えるのは行き過ぎである。

しかし、原子力に対する国民の嫌悪感は増大しており、今後は原子力に対する逆風が強まることが懸念される。そのために地球温暖化対策が遅滞することがあってはならない。当面、原子力に並行して進める他の方策を打ち出さなければならない。

図-1 は、こうした他の方策も織り込んで、今後構築すべきエネルギーシステムを提示したものである。以下、この図の説明を行う。

金子¹⁰⁾は、天然ガス焚きあるいは石炭ガス化のトリプル複合発電システムにより、火力発電所を代替していくことを提案している。トリプル複合発電は、固体酸化物型燃料電池 (SOFC) + ガスタービン + 蒸気タービンの組み合わせで、天然ガスや石炭ガスを燃料として行う火力発電で、発電効率は天然ガス燃料で 65%、石炭燃料で 55% になる。日本の平均的な火力発電の効率は 39% であるから、発電量当たりの燃料消費量、したがって炭酸ガス発生量は 3 割から 4 割減少する¹¹⁾。原子力が抑制され、自然エネルギーが頼りにならない現下では、温暖化対策としてもこの方策を進めるべきとされている。

この発電方式のメガワット当たりのコストは、各種の自然エネルギーの発電コストに比して 1/2～1/5 と、低廉である¹²⁾。

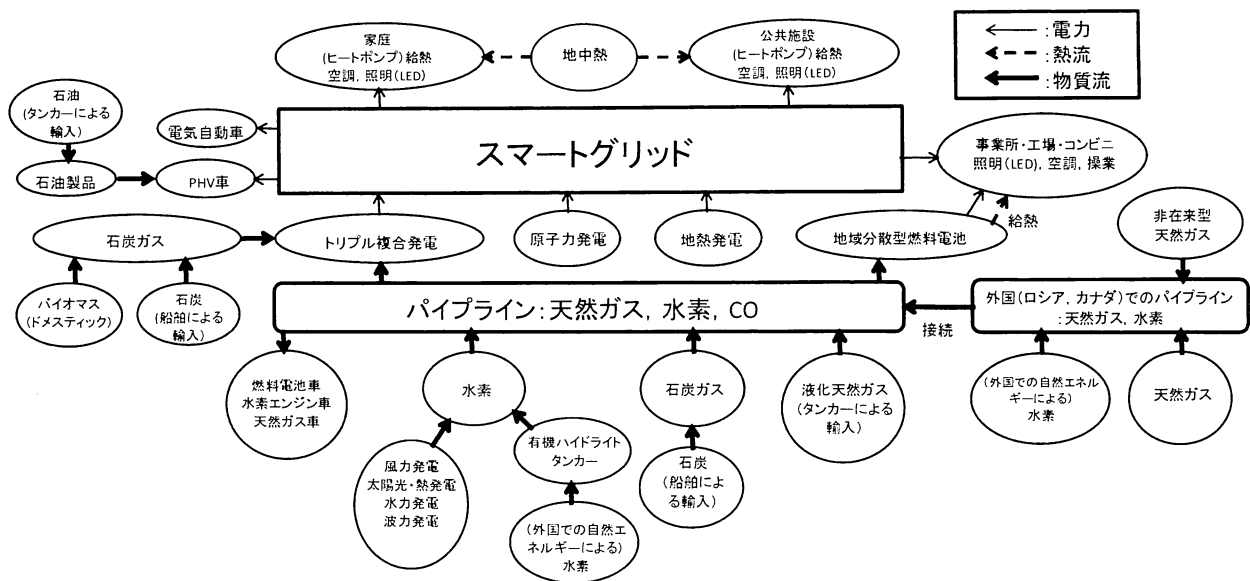


図-1 今後構築すべきエネルギーシステム

(改善後)

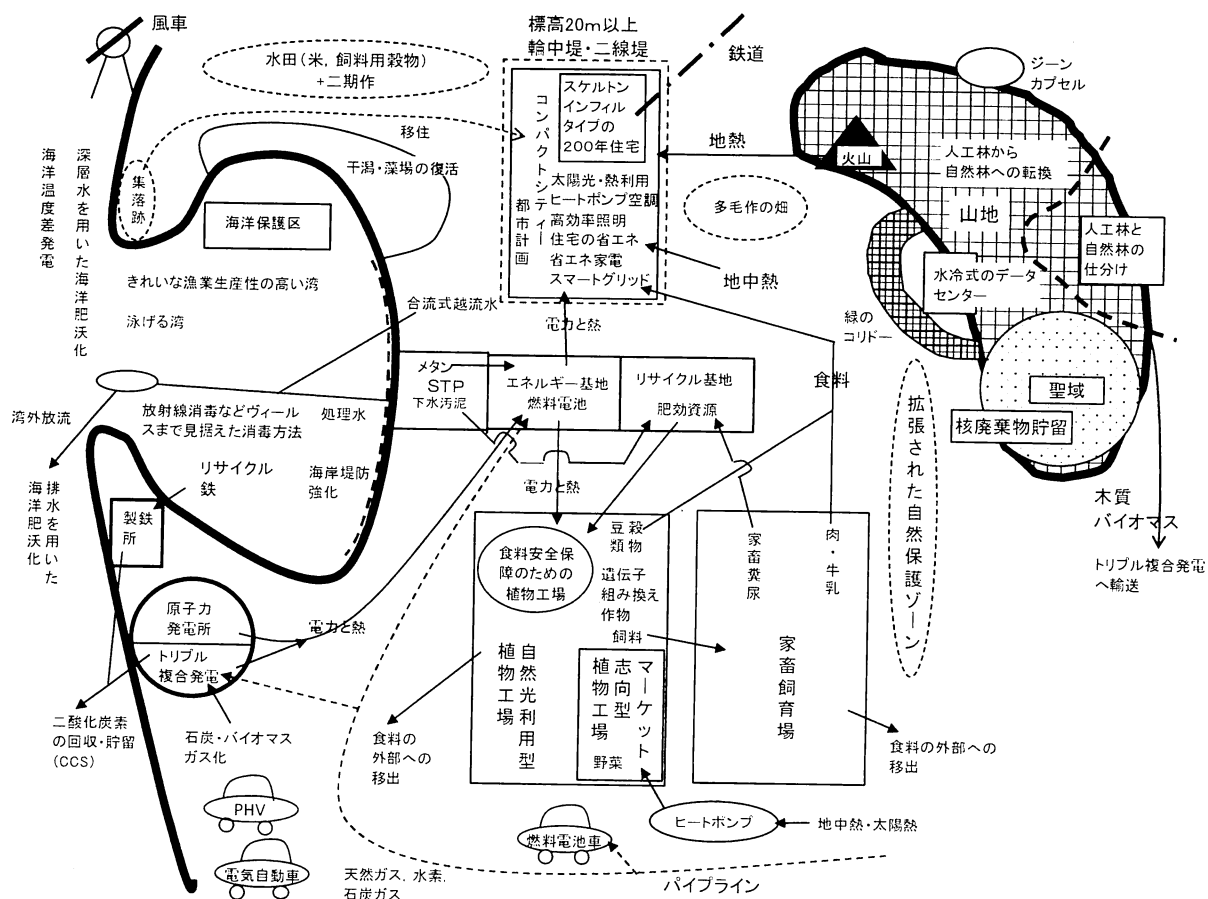


図-2 持続可能な地域社会の物的構成図 (2011年7月)

天然ガスだけでなく石炭ガスも燃料とするのは、天然ガスは世界的に需要が急増しているので、こればかりに頼るのは危険であり、比較的豊富かつ低廉な石炭の活用も併せて行うべきだからである。

併せて間伐材などのバイオマスも同時にガス化して燃料とすれば、さらに温暖化ガス発生量を削減できるとされている。

東日本大震災では、原子力発電所だけでなく火力発電所も大きな打撃を受けた。この場合も、地震による被害より津波によるものがはるかに甚大であり、火力発電所の立地について検討が必要である。火力発電所を内陸に設ける場合には、天然ガスなどを輸送する手段が必要であり、パイプライン網の充実を図る必要がある¹³⁾。

ただしこれは、パイプラインを各家庭まで限なく連結する、現在のガス管網を推奨しているのではない。各家庭や公共施設では、(地中熱・空気熱)ヒートポンプを利用した給湯や空調による、オール電化方式とすべきであろう³⁾。パイプラインから地域分散型燃料電池により給熱と給電を行うのは、事業所・工場・コンビニなどに限るべきである。各家庭まで電線とパイプラインのエネルギー二重供給体制を維持するのは、無駄である。

以上の方策により当面の温暖化対策に対処できる。2007年度の1次エネルギー供給のうち石炭+天然ガス+LPGの占める割合は合計23+19+3=45%であり¹⁴⁾、その30~40%が削減できれば、エネルギー供給全体では15%程度は削減できる。

しかし、温暖化対策はさらに進める必要があり、また数百年オーダーで考えれば、原子力や天然ガスも枯渇することは明らかである。長期的には、自然エネルギーでほとんどすべてのエネルギー需要を満たす必要がある。自然エネルギーをうまく利用するためには、水素エネルギー社会を構築する必要がある¹⁵⁾。自然エネルギー等を用いて水素を作り、これを上記のパイプラインに注入して、火力発電(トリプル複合発電)や固定式燃料電池あるいは燃料電池車・水素エンジン車に用いることが考えられる。自然エネルギーなどの不安定電源でも、電力系統の不安定化¹⁶⁾を避けるための電池による電力貯蔵せずに、有効活用できる。

パイプラインは国内に限るのではなく、ロシア(シベリア)あるいはアラスカ・カナダまで接続することが考えられる。こうすればシベリアの天然ガスやカナダの非在来型天然ガス¹⁷⁾(シェールガス)などをより安価に入手できる可能性がある¹⁵⁾。さらにシベリア・カナダの水力や地熱などの比較的廉価な自然エネルギーを用いて水素を作り、このパイプラインを通じて輸入できる。

パイプラインを通じて水素を送れない場合には有機ハイドライドタンカーなどで輸送することが考えられる¹⁵⁾。

太陽光などの自然エネルギーの利用は生態系保全や農業と土地利用の面で相互にぶつかり合う。稠密な土地利用が行われている日本国内では自然エネルギーに頼り切ることはできない。しかし上記のようにして自然エネルギーの輸入が可能となれば、この問題は解決し、自然エネルギーの活用により温暖化対策が格段に進展する¹⁾。

パイプラインを用いてガスの形態でエネルギー輸送することにより、長距離送電線に大量に必要とされる銅の使用を抑制できる可能性がある。銅から鉄へ資源のシフトが行われる。

原子力発電と並行して上記のエネルギーシステムを構築していけば、将来とも温暖化対策は可能である。

3. 持続可能な地域社会の物的構成 —2011年バージョン—

昨年(2010年)の第18回地球環境シンポジウムで提出した論文¹⁾に対し、1章及び2章の検討結果を加味したものが、図-2に示す「持続可能な地域社会の物的構成図(2011年7月)」である。そのポイントは以下のとおり。

(1) 食

水田で人間の食用米だけでなく、飼料米や飼料稲などの飼料用穀物も栽培して、現在40%の食料自給率(カロリーベース)を50%以上にする。残りは海外から輸入し、低廉な食料価格を享受する。

消費者に米消費の拡大を訴える。併せて、食品残渣が減るような食生活を確立するよう働きかける。

バイオ燃料については、セルロースを用いた、食料を原料としないものを開発・普及する。

マーケット志向型の植物工場を推進し、野菜や果樹などの企業的生産を行う。国内向けだけでなく輸出産業化も推進する。この際、農業用ロボットを開発し、生産性の向上を図る。津波で浸水した農地についても、塩抜きせずに利用できる、人工土壌を用いた植物工場の活用を図る。

食料安全保障は備蓄の増強により対処できる。遺伝子組み換え技術も含むバイオテクノロジーと(自然光利用型の)植物工場を組み合わせた先端的な農業技術を確立しておき、非常時に拡大・展開して食料安全保障を確保する方策も、併せて検討する。

植物工場の利用などにより食料の単収を飛躍的に高め、農地の拡大を防ぎ、あるいは休耕地の一部を自然生態系や森林に戻す。

現況の家畜飼育場も、臭気公害がないように、配置を変更する。

漁業資源の持続的利用を図るため、広範な魚種に対し科学的調査に基づく漁獲量の上限を定め、厳格に守らせる¹⁸⁾。特に東日本大震災で三陸の漁業が壊滅している現下は、こうした改革を実施するチャンスである。長期の休漁や減船には保障を行う。

漁業資源の増殖を図るため、深層水を活用して海洋肥沃化を行う。また湾の水質を改善し干潟や藻場を復活して、内湾漁業を振興する。

下水処理水などの栄養物質に富む排水は、湾内外の栄養物質を必要としている地点に個別に配給するようにし、資源の有効利用を図るとともに、富栄養化や海洋汚染を避ける¹⁹⁾。その際、衛生面に配慮する必要がある、放射線消毒など、ヴィールスまで見据えた方法で排水を消毒する。

(2) 住

市街地は一点集中型²⁰⁾でないコンパクトシティ²¹⁾にまとめる。そうなるように都市計画で誘導する。こうすれば、福祉、上下水道あるいは交通などのサービス効率がよくなり、居住のエネルギー効率も向上する。また近傍にオープンスペースを確保できるので、良好な住環境を保てる。

コンパクトシティは安全な土地を選んで立地できるので、防災（洪水・土砂災害・地震・津波・高水）の観点からも有利である。限界集落などの防災上問題のある地域から移住を進める。津波の教訓に鑑み、コンパクトシティは20～30m以上の高度を持つ丘上、あるいは二重堤や輪中堤の内側に設ける。

地域社会に誰でも低廉に居住できるようにするため、例えばスケルトンインフィル型のアパートを整備する。スケルトン（外枠）部分は長期の利用が可能であり、随時インフィル（内装）部分を変更して居住者のニーズに応える。こうして200年住宅など、住宅の長期利用が可能となる。このアパートにはエレベーターを設置し、高齢者に便宜を図る。

高効率照明と照明制御・複層ガラスや外断熱など住宅の省エネを進める²²⁾。併せて、都市計画でRC造りのアパートを促進し、一戸建てを制限する²³⁾。

温暖化の適応策として堤防の強化などの護岸工事、海岸堤防の嵩上げや強化、輪中堤や二線堤の整備を進める。

(3) エネルギー

東日本大震災後の状況下でも温暖化対策を着実に推進するため、以下を進める。

a) 原子力の継続

原子力を継続する。現在のものより格段に安全性を高めた施設を構築する。

放射性廃棄物は地域内で管理する。こうした廃棄物は自然保護区域の地下に保管し、自然保護区域「聖域化」の縁とすることが考えられる。

先端的原子力発電として、トリウム熔融塩炉などの革新的原子炉の開発を進める。遠い将来には、核融合を目指す。

b) スマートグリッド型電線網の整備

スマートグリッド型電線網を整備し、電力の需給調整を容易にする。

原子力発電、地熱発電、高効率火力発電から受電し、各家庭・事業所・公共施設に配電する。電気自動車・PHV車に給電する。

c) 高効率火力発電

トリプル複合発電などの高効率火力発電を行う。燃料は天然ガスまたは石炭ガス化から得る。将来的には水素ガス主体の燃料で発電する。

必要に応じ二酸化炭素回収・貯留（CCSという）を行う。

d) パイプライン

天然ガスのパイプラインを整備する。将来的にはロシア（シベリア）・アラスカ・カナダまで連結し、シベリアの天然ガスやカナダの非在来型天然ガス（シェール・ガス）を受け入れる。

このパイプラインには自然エネルギー等で造られた水素ガスも受け入れる。

パイプラインに接続しない海外からのガスは、LNGタンカーあるいは有機ハイドライド（水素）タンカーにて運搬する。

このパイプラインから燃料電池車・水素エンジン車・天然ガス車にガスを供給する。

また、トリプル複合発電などの火力発電所に燃料を供給する。

さらに、このパイプラインから地域分散型燃料電池にガス供給する。燃料電池は熱と電力をコジェネレーションし、事業所・工場・コンビニに供給する。

e) 家庭・公共施設などの省エネルギー

LED・液晶・有機EL照明とテレビ・省エネエアコン・高効率給湯機など家電の省エネを進める²⁴⁾。また、周辺熱源（外気・水源・浅部地下・太陽熱）を利用したヒートポンプによる空調を行う²⁵⁾。

植物工場の断熱性の向上と、ヒートポンプを用いた地中熱や太陽熱の利用を行う。

f) 自然エネルギーの利用

太陽光・海洋温度差発電・風車・波力などの自然エネルギーは水素の製造に用い、パイプラインでこの水素を受け入れる。こうすれば、電池などを用いた電力の貯蔵を減らすことができる。

間伐材などのバイオマスは、石炭ガス化施設に送り、トリプル複合発電の燃料とする。バイオマスは食料供給と競合しないものとする。

自然エネルギーは、国内産だけでなく、国外からの輸入も行う。

(4) 湾の水質保全

下水処理水などの栄養物質に富む排水は、湾内外の栄養物質を必要としている地点に個別に配給するようにし、資源の有効利用を図るとともに、富栄養化や海洋汚染を防止する¹⁹⁾。その際、衛生面に配慮する必要がある、放射線消毒など、ヴィールスまで見据えた方法で排水を消毒する。

しかし東京湾などの排水量が多い内湾では、高度処理しても十分な浄化効果は期待できない。下水処理水や合流式下水道の越流水などは湾外にバイパスし、湾への負荷を削減する²⁰⁾。

植物工場を利用し、循環養液を適正に管理することも、湾への負荷削減につながる。一般に、露地栽培である田畑からの排水を管理するより、植物工場の循環養液を管理する方が容易である。

さらに家畜糞尿をリサイクル基地へ回収して適正に処理すれば、こうしたものを農地などに放置するより、肥効資源の流出が少なくなる。こうして湾の水質が保全される。

(5) 自然保護

市街地をコンパクトシティにし、農地の単収を格段に高めると、広大な土地が空く。これを利用して干潟や藻場を復活し、また押し縮められた自然保護ゾーンを拡張する。

将来の自然生態系の復活に備えて、種地となる生態系を適宜確保し死守する。また生物のジーンカプセルを整備し、絶滅危惧種のバックアップとする。

温暖化の適応策としても緑のコリドー創出・機能強化、人工林から自然林への転換、人工林の分断を進める。

政府は国内木材供給量を50%に引き上げる目標を掲げている。自然保護の立場からは、自然生態系と造林地を適正に区分けした後取り組むべきだと考える。

海洋保護区を適正に設置する。

(6) 肥効資源の循環

下水汚泥や畜産廃棄物から肥効資源を無機的に抽出して、植物工場の肥料分とする。これを露地栽培に散布することは、リン資源の損失につながる²¹⁾。

また先に述べたように、下水処理水などの栄養物質に富む排水を湾内外の栄養物質を必要としている地点に個

別に配給するようにすることも、肥効資源の循環を促進する。

こうして肥効資源のほぼ完全な循環が可能となる。

(7) 交通

都市間や長距離交通では、今後とも自動車・鉄道・船舶及び航空機を用いる。モーダルシフトを行い、できるだけエネルギー使用の少ない交通を利用する。

自動車は電気自動車や（プラグイン）ハイブリッド（PHV）車の普及を図る。また、水素燃料の燃料電池車や水素エンジン車も普及する。この際、高速道路などで非接触にて電力を供給し、長距離運行を可能とすることも考えられる。

船舶においてもハイブリッド化など化石燃料使用の抑制を図る。将来的には原子力の利用も選択肢である。鉄道も、エネルギーの回生などさらに省エネを図る。

航空機については、バイオ燃料の利用などが構想されているものの、温暖化ガス排出を抑制する方法は十分に開発されていない。したがって航空需要を抑制する必要がある、貨物輸送などは鉄道や船舶にシフトする。テレビ会議の普及により、交通需要を抑制するという意見もある²²⁾。

都市内の交通については地下鉄や路面電車あるいは（電動）バスなど公共交通機関を整備する。ただ歩くことや（電動）自転車の利用も促進する。しかし交通弱者の問題は依然として残るので、将来的には低速自動車型やモパイルスーツ型の電気自動車を開発する必要がある。

(8) 元素戦略

以上のような各施策を遂行するためには、その基盤となる材料を確保する必要がある。特にレアメタルなど枯渇が懸念されているものがあり、各地球環境保全施策をこの隘路からも評価する必要がある。

元素に対する戦略としては、できるだけ普遍性の高い資源にシフトすると共に、希少資源を避ける製品デザインとし、用途ごとの使用量を原子レベルで減らし、効果的に用いるようにし、回収技術や非拡散設計などリサイクル戦略を向上させる等がある。このため検出・分析技術、処理・保管用材料技術などの確立が必要とされる。さらに、新たな鉱床の開発など行う必要がある。

特に銅資源は逼迫しつつあり、相対的に豊富な鉄資源などに代替していく必要がある。長距離送電網ではなくガスパイプラインを敷設し、燃料電池車にシフトしていくなどの方策が考えられる。

トリウム原子炉を開発し、トリウムやプルトニウムの有効活用を図り、長期間のエネルギーを確保するとともに、放射性廃棄物の削減を図る²³⁾。

近年、材料物性学の進展とともに、材料の電子状態を制御して、希少金属なしに同等の性能をもつ材料を作り出すことが可能となりつつある²⁹⁾。これは究極の元素戦略と言えるものであり、今後の進展が期待される。

廃コンクリートのリサイクルを推進する。

セルロースナノファイバーやポリ乳酸バイオプラスチックなどの低炭素型材料の使用を増やし、鉄鋼などに代替して、自動車等移動体部材・家電筐体・住宅材料に用いる。

鉄鋼生産の原料についてリサイクル鉄の割合を増やす。

(9) その他

製鉄所・セメント工場などはプロセス自体から二酸化炭素が発生するので、CCS以外に有力な対応策は見出されていない。国際的なセクター毎の合意の下に、施設の周辺でCCSを行う必要がある。

IT関連機器の電力使用は依然として増加している。発熱量の少ない半導体が開発されつつあるが、現状では十分に開発されていない。特にデータセンターの熱対策が求められており、効率的な空冷あるいは水冷が提唱されている。一つの対応策は、発生する熱をオフィスや植物工場などの熱源として利用することである。一種のコジェネレーションであり、トータルで省エネとなり、炭酸ガスの発生量を削減する。

参考文献

- 1) 水谷潤太郎：イノベーション・フォー・サステナビリティにおける技術的配意事項とその実現方策，地球環境シンポジウム講演集，土木学会，Vol. 18，pp. 19-29，2010/8.
- 2) 澤田賢治：持続可能な材料のための資源確保戦略，平成 22 年度・東京大学生産技術研究所サステナブル材料国際研究センター・シンポジウム概要集－資源循環の諸問題と 100 年の安定に向けて－，pp. 81-96，2010/11.
- 3) Mizutani J. : Wholly electrified infrastructures as the most vital first step towards the sustainable regional society, *Journal of Global Environment Engineering*, JSCE, Vol. 15, pp. 69-77, 2010.
- 4) Mizutani J. : Methodology to present whole picture of sustainable infrastructures in a region, *Proceedings of the 5th Civil Engineering Conference in the Asian Region*, Sydney, 2010/8.
- 5) 森田一樹：鉄鋼生産における環境負荷と将来像，平成 22 年度・東京大学生産技術研究所サステナブル材料国際研究センター・シンポジウム概要集－資源循環の諸問題と 100 年の安定に向けて－，pp. 145-156，2010/11.
- 6) 萩本和彦：エネルギー需給の将来を考える－エネルギーインテグレーション－，先端エネルギー変換工学寄付研究部門・第 5 回技術フォーラム・東日本大震災とエネルギーの動向－課題と革新的解決策－講演資料集，東京大学生産技術研究所，pp. 171-193，2011/5.
- 7) 萩本和彦：エネルギーインテグレーションと国内実証，第 10 回 CEE シンポジウム「エネルギーシステムインテグレーション－スマートグリッドがもたらすもの－」講演要旨集，東京大学エネルギー工学連携研究センター，pp. 39-71，2011/6.
- 8) 三田地紘史：トリウム熔融塩炉とエネルギーの持続可能性，環境監査研究会例会資料，2011/6/19.
- 9) 50 年前の日本は「放射能まみれ」だった，週刊ポスト，第 43 巻第 31 号，2011/7/11.
- 10) 金子祥三：大震災の教訓とエネルギー問題の課題と解決策，先端エネルギー変換工学寄付研究部門・第 5 回技術フォーラム・東日本大震災とエネルギーの動向－課題と革新的解決策－講演資料集，東京大学生産技術研究所，pp. 29-131，2011/5.
- 11) 橋本彰：複合発電の時代へー天然ガス焚きと石炭 IGCC 更にはトリプル複合発電へー，先端エネルギー変換工学寄付研究部門・第 5 回技術フォーラム・東日本大震災とエネルギーの動向－課題と革新的解決策－講演資料集，東京大学生産技術研究所，pp. 133-150，2011/5.
- 12) 大橋弘：自然エネルギーの電力買い取り・効率最優先の価格設定を，日本経済新聞，2011/7/8.
- 13) 都市ガス網・地域間接続，日本経済新聞，2011/4/28.
- 14) 石崎隆：震災とエネルギー情勢，先端エネルギー変換工学寄付研究部門・第 5 回技術フォーラム・東日本大震災とエネルギーの動向－課題と革新的解決策－講演資料集，東京大学生産技術研究所，pp. 17-24，2011/5.
- 15) 粟飯原周二：高圧ガスパイプラインで構築する水素エネルギー社会，東京大学工学系エネルギー関連 3 研究センター第 2 回合同シンポジウム－低炭素社会におけるエネルギー・資源開発の役割－講演要旨集，pp. 72-96，2011/3/8.
- 16) 谷口治人：電力システムの将来，第 10 回 CEE シンポジウム「エネルギーシステムインテグレーション－スマートグリッドがもたらすもの－」講演要旨集，東京大学エネルギー工学連携研究センター，pp. 103-122，2011/6.
- 17) 石井彰：非在来型天然ガス革命と日本の温暖化対策，東京大学工学系エネルギー関連 3 研究センター第 2 回合同シンポジウム－低炭素社会におけるエネルギー・資源開発の役割－講演要旨集，pp. 12-30，2011/3/8.
- 18) 小松正之：日本の漁業は大丈夫？，朝日新聞，2008/8/10.
- 19) 海の栄養減りすぎ防止，日本経済新聞，2010/8/23.
- 20) Malone-Lee Choo : The twinning strategy : new towns with familiar places as an alternative planning strategy for Asian cities, *Abstracts for international conference on science and technology for sustainability 2004 "Asian mega-cities and global sustainability"*, 134-136, Science council of Japan, 2004.

- 21) 水谷潤太郎：エネルギー・資源基地としての下水道（近代下水道制度 100 年記念懸賞論文・21 世紀における下水道のあり方），下水道協会誌，Vol. 38, No. 461, 2001.
- 22) 村上周三：生命親和建築・都市システムによる民生用エネルギー消費の削減，慶応義塾大学理工学部・生命親和建築・都市システム寄付講座記念シンポジウム「民生用エネルギー消費の削減対策の推進と対応」，2008/1/11.
- 23) 伊藤滋：都市計画による低炭素化（試案），第 1 回 NSRI 都市・環境フォーラム，2008/1/24.
- 24) 中上英俊：家庭部門のエネルギー消費と省エネルギー，第 22 回環境工学連合講演会・講演論文集，学術会議，pp. 15-22, 2008.
- 25) 岡田慎也：環境対応型ヒートポンプの取り組み，日経環境シンポジウム「ヒートポンプが切り開く地球温暖化防止～一人ひとりが取り組む CO₂削減～」，2008/5/29.
- 26) 水谷潤太郎：東京湾の水質保全，下水道協会誌，Vol. 39, No. 475, 2002.
- 27) 水谷潤太郎：長期に持続可能な肥効資源の循環，環境科学会誌，16(2)，pp. 87-96, 2003.
- 28) 松野泰也：二つの視点で目指すグリーン IT，ITpro グリーン IT フォーラム基調講演，2008/3/13.
- 29) 高橋雅之：文部科学省における元素戦略プロジェクトの検討経緯，元素戦略／希少金属代替材料開発（第 2 回シンポジウム）・我が国材料技術の新展開～レアメタル問題解決に向けて～講演要旨集，2008/1/23.

Basic Infrastructures of Sustainable Regional Society -2011 Version-

Juntaro MIZUTANI

Fellow and Senior Professional Civil Engineer (JSCE)

[Main; Environmental Engineering and Management: Sub; Watershed, Coastal Zone and City]

This paper is written based on the previous paper submitted to the 18th symposium Global Environment last year. Such items are also added on this paper; lessons of the Great East Japan Earthquake & Tsunami and Fukushima nuclear plants accident, resource constraint of copper, and Nagoya protocol of life's diversity and marine protected areas.

For the global warming countermeasure, reestablishment of nuclear plants is firstly carried out. Triple combined cycle technique is secondly employed to increase the efficiency of the thermal power generation. Additionally hydrogen energy society will be established, where hydrogen is supplied to the fuel cells through the gas pipelines and generated with the natural energy. Smart grid electric power supply system is fitted together with the gas pipelines.