

持続可能な地域社会の物的構成 —2008年秋バージョン—

水谷 潤太郎

上級技術者(環境&流域・都市) 日本上下水道設計㈱ (〒162-0067 東京都新宿区富久町6-8)
E-mail: QZF02502@nifty.ne.jp

本年は、7月の洞爺湖サミットで地球温暖化と気候変動につき一定の方向が示され、食料価格高騰の要因と対策について議論された、記念すべき年である。またWTO閣僚会合は決裂したが、今後の農業のあり方に大きな影響を及ぼすものである。こうした動きを受け、本文で提示するイメージはこうした事項について今後の大枠を示し、地域の環境システムのあり方を将来的に決めていくものである。

地球温暖化と気候変動対策については、原子力や自然エネルギーに加え、炭酸ガスの回収・貯留(CCS)と技術開発による省エネルギーの必要性が述べられた。

食料については、水田で食用米だけでなく飼料用米・稲も生産する。またバイオテクノロジーと植物工場を組み合わせた先端的な農場を国営設置し「食料安全保障」軍とすることを提案した。

本文の内容の実現計画である「環境システム・マスタープラン」について、その項目など検討した。

Key Words : sustainability, carbon capture and sequestration (CCS), rice for feed grains, plant factory, environmental system master plan

1. はじめに

本年は、7月の洞爺湖サミットで地球温暖化と気候変動につき一定の方向が示され、食料価格高騰の要因と対策につき議論された、記念すべき年である。

7月のWTO閣僚会合では、日本に対し農産物関税の大幅削減が求められたが、最終的に交渉は決裂し、当面事なきを得たと安堵した向きも多い。しかし食料価格の高騰と相まって、これからのわが国の食料安全保障をどう確保するのか、真剣な討議が始まっている。

これらはすべて地域の環境システムのあり方を将来的に決めていくものであり、これからの持続可能な地域社会の物的構成についてここで再度検討する必要がある。

特に、本年8月の第16回地球環境シンポジウムに提出した論文¹⁾「持続可能な地域社会の物的構成—2008年夏バージョン—」(以下「夏バージョン論文」と言う)では洞爺湖サミット開催前の情報に基づいて作業仮説を示したが、上記の知見などを織り込んで新たな作業仮説を提示する。

今回提示するイメージは地球温暖化と気候変動対策及び食料安全保障について今後の大枠を示すものであり、その実現計画として「環境システム・マスタープラン」を提示する必要がある。この項目についても考察する。

2. 物的構成図の提示

今回提示する持続可能な地域社会の物的構成図を図-1に示す。そのポイントは以下のとおりである。

(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²⁾。残りは海外から輸入し、低廉な食料価格を享受する。

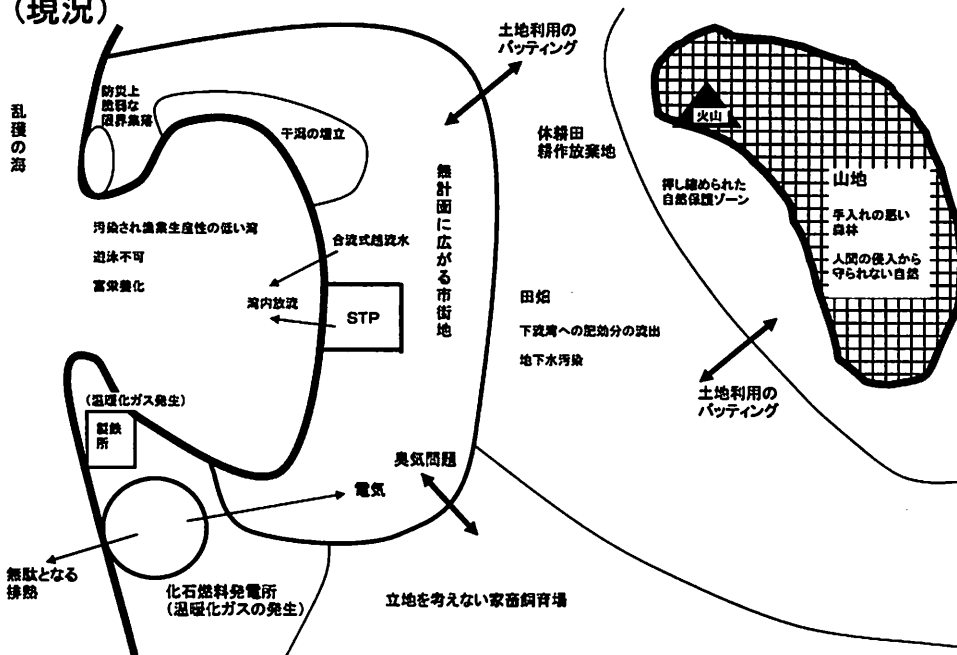
消費者に米消費の拡大を訴える。併せて、食品残渣が減るような食生活を確立するよう働きかける³⁾。

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⁴⁾。

遺伝子組み換え技術も含むバイオテクノロジーと植物工場を組み合わせた先端的な農場を、国営で、1市町村1ヶ所設置し⁵⁾、「食料安全保障」軍とする。通常時は一定の生産水準を確保し、単収の増大と施設の省エネ・省コストを図る。食料輸入が妨げられ、あるいは飢饉の際には、この施設をすみやかに拡大・展開し、食料安全保障を確保する。

上記のようにして食料の単収を飛躍的に高め、農地の拡大を防ぎ⁶⁾、あるいは休耕地の一部を自然生態系や森林に戻す。

(現況)



(改善案)

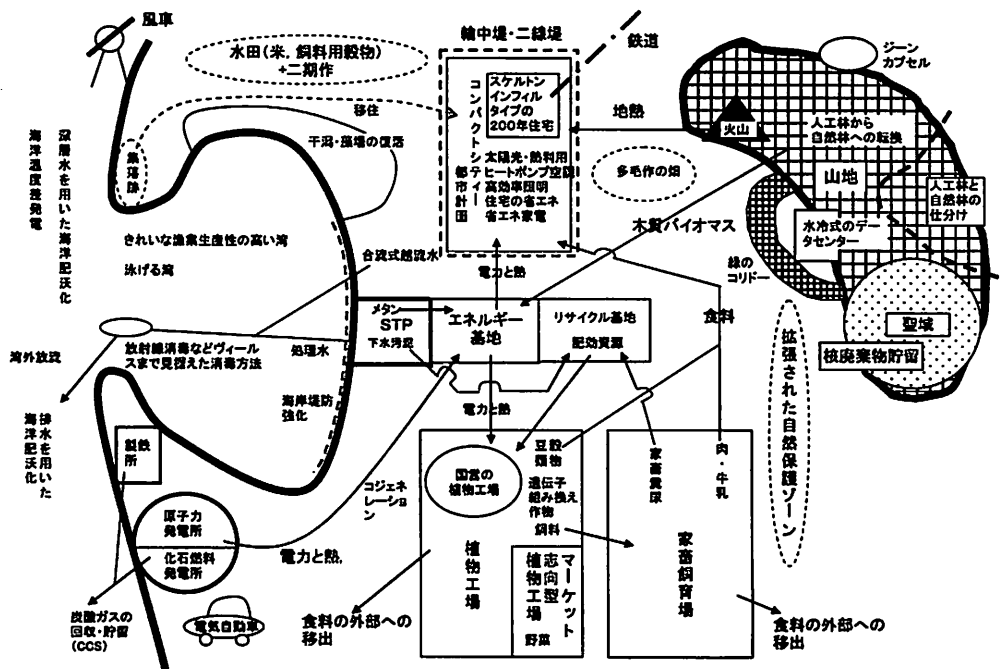


図-1 持続可能な地域社会の物的構成 (2008 年秋)

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¹⁾。

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²⁾。長期の休漁や減船には補償を行う。

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³⁾。

下水処理水などの栄養物質に富む排水を湾外までバイパスし、水産資源の増殖を行う⁴⁾。その際衛生面に配慮する必要がある。放射線消毒など⁵⁾、ウイ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でない⁶⁾コンパクトシティにまとめる⁷⁾。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⁸⁾。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⁹⁾。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¹⁰⁾。

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¹⁾。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。

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²⁾。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³⁾。

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、輪中堤や二線堤の整備を進める⁴⁾。

(3) エネルギー

温暖化対策として、以下を進める¹⁾。

高効率火力発電と炭酸ガス回収・貯留（以下CCSと言う）。

（先進的）原子力発電。将来は、ブルサーマル→増殖炉→核融合をめざし、ゼロ・エミッション電源とする。

原子力の利用に伴う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」の寄与処とすることが考えられる。市街地で太陽光発電・太陽熱利用など行う。

食料供給と競合しないバイオマス利用。海洋温度差

発電や地熱の利用。海岸部等に風車を設置。

このように、エネルギーセキュリティにも配慮したエネルギー・ベストミックスを迫る。

LNG管路を整備するとともに、コジェネレーションを進める。

LED・液晶・有機EL照明とテレビ・省エネエアコン・高効率給湯器など家電の省エネを進める¹⁾。また、周辺熱源（外気・水源・浅部地下）を利用したヒートポンプによる空調・給湯を行う²⁾。

(4) 湾の水質保全

下水処理水や合流式下水道の越流水を湾外にバイパス放流し、湾への負荷を削減する³⁾。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。病原性微生物対策としても、排水バイパスの方が優れている⁴⁾。

また植物工場を利用し、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⁵⁾。

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締められた自然保護ゾーンを拡張する¹⁾。

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²⁾。

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転換、人工林の分断を進める³⁾。

森林・林業基本計画では、国内木材供給量を2015年までに2004年比で35%引き上げる目標を掲げており、その財源として輸入木材や木製品への関税を導入する動きがある⁴⁾。この財源を国内森林の間伐や途上国での植林の推進に充て、地球温暖化対策とする考えであるが、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。

(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¹⁾。

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外までバイパスし、水産資源の増殖を行うことも、肥効資源の循環を促進する¹⁾。

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¹⁾。

自動車は電気自動車やプラグインハイブリッド車の普及を図る。バイオ燃料を用いた低公害ディーゼル車も選択肢である。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¹⁾。

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¹⁾。

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未開発である。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¹⁾。

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、将来的には低速三輪車型やモバイルスーツ型の電気自動車を開発する必要がある¹⁾。

(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¹⁾。

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¹⁾。

さらに、新たな鉱床の開発など行う必要がある¹⁾。

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¹⁾。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¹⁾。

(9) その他

製鉄所・セメント工場などはプロセス自体から炭酸ガスが発生するので、CCS以外に有力な対応策は見出され

ていない¹⁾。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。その際適当なキャプロックが無い場合は、微細泡注入方式を採用する¹⁾。

近年、オフィスなど業務用施設のエネルギー使用が急増しているが、これはIT関連機器の増加が主原因である。その為グリーンIT¹⁾が叫ばれており、古いデスクトップ・コンピューターから新型への切り替え、あるいはラップトップへの切り替えが求められている。

また、データセンターの仮想化による統合が提唱されている。

さらに、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。

データセンターなどは必ずしも都会にある必要はなく、例えば水資源の豊富な地方や発電所のそばに移転させるのも有力選択肢である¹⁾。こうすれば、都市内の熱源を減らすことができ、ヒートアイランド現象の緩和にも役立つことが期待される。

3. 自己討議

本文では、エネルギーと温暖化防止、食料問題及び湾の水質保全について自己討議する。さらに、こうした問題意識を受けて、環境システム・マスタープランの項目など検討する。

(1) エネルギーと温暖化防止

a) 温暖化防止の緩和策

従来筆者は、環境システム研究論文発表会に提出した論文²⁾で、温暖化防止の緩和策は自然エネルギーと原子力エネルギーの利用により対処するよう提案してきた。なぜなら、自然エネルギーは緩和策として有効であるが、この獲得のためには広大な土地を必要とし、自然生態系の保全や食料の確保などの土地利用とぶつかり合うため、それだけでは緩和策として心もとないからである。そのため原子力の利用も必要とされる。

しかしこの間の各方面の研究に基づき、火力発電所・製鉄所・セメント工場などでCCSを行う必要があること、あるいは供給面だけでなくエネルギー需要抑制の面からも取り組む必要があることが示された。

本年8月に発表した夏バージョン論文¹⁾では、こうした知見を取り入れ、緩和策として自然エネルギーや原子力の利用、CCSの活用及びエネルギー節約の各施策を網羅した。

この夏バージョン論文では、松野¹⁾、小出²⁾、小宮山・黒川・加藤³⁾、石谷⁴⁾、村上⁵⁾、中上⁶⁾、伊藤⁷⁾、大田⁸⁾、茅⁹⁾などの研究、あるいは経済産業省のOOL

EARTH-エネルギー革新技術計画²⁶⁾に基づいて、地域社会における緩和策を以下のようにまとめている。

- 高効率火力発電とCCS。
- (先進的)原子力発電。あわせて、放射性廃棄物の処分も忘れてはならない²⁷⁾。
- 製鉄所・セメント工場などでのCCS。
- コンパクトシティ。その都市計画。
- コジェネレーション。
- 天然ガス供給用管路。
- エネルギー使用の少ない交通。
- モーダルシフト²⁸⁾。
- プラグインハイブリッド車・電気自動車。
- バイオ燃料農場とその供給スタンド。
- 建築・住宅の省エネ(高効率照明と照明制御・複層ガラスや外断熱など高断熱化)。CASBEE評価。
- RC造りのアパート推進、一戸建ての制限。200年住宅。
- 家電の省エネ(LED・有機EL照明、液晶・有機ELテレビ、省エネエアコン、高効率給湯器)。
- 太陽光発電。太陽熱利用。
- 周辺熱源(外気・水源・浅部地下)利用のヒートポンプ。
- データセンターの地方への立地。

IEA(国際エネルギー機関)では洞爺湖サミットの直前に、2050年までに炭酸ガスを半減するための技術オプションをリストアップしている²⁹⁾。この内容を洞爺湖サミットに提示した。

これによると、工業や(燃料)改質のCCSで9%、発電のCCSで10%、原子力で6%、再生可能エネルギーで21%、発電効率の改善と燃料転換で7%、需要端での燃料転換で11%、需要端での電力効率改善で12%、需要端での燃料効率改善で24%を受け持つとされている。

洞爺湖サミットに向け福田首相は2008/6/9に福田ビジョン³⁰⁾を発表し、地球温暖化に対する日本の方針を示した。その骨子は以下のとおりである。

- 2050年までの長期目標として温暖化ガス排出量を現状比60-80%削減。
- 2020年までに現状比14%削減は可能。2009年に中期目標を発表。
- 2008年秋に国内で排出量取引を試験的に実施。
- 日英米で創設する地球温暖化対策の多国間基金に最大12億ドルを拠出。
- 環境税を含め、低炭素化促進の観点から税制全般を横断的に見直し。
- 革新的太陽電池、CCS、次世代原子力発電などの革新技術を開発するとともに、既存技術の普及を行う。2020年に14%削減を実現するには、太陽光・風力・水力・バイオマスなどの再生可能エネルギーや原子力などの「ゼロ・エミッション電源」の比率を50%以上に

引き上げると同時に、新車販売のうち2台に1台の割合で次世代自動車を導入する必要がある。

2008/7/7~2008/7/9に開催された洞爺湖サミットのG8会合では、2050年までに世界全体の排出量の少なくとも50%削減を達成するビジョンを、国連気候変動枠組条約(UNFCCC)のすべての締約国と共有し、採択することを求めることで合意した³¹⁾。中期目標については、排出量の絶対的削減を達成するため、各国が野心的な中期の国別総量目標を実施することとなった。

サミット時に開催された主要経済国首脳会合(MEM)(G8+中国・インド・ブラジル・オーストラリア・インドネシア・メキシコ・韓国・南アフリカ及び国連事務総長・世銀総裁・IMF専務理事・OECD事務総長・IEA事務局長)では、2050年までに世界全体の排出量の少なくとも50%削減を達成する目標というビジョンを共有するG8の呼びかけに対し、インドネシア・韓国及びオーストラリアより評価し賛同する発言があった。全参加国間で、世界全体の長期目標を採択することが望ましいと信じる旨合意した³²⁾。

またMEMでは、先進国として、中期の国別総量目標を実施、排出量の絶対的削減を達成することを約束するとともに、途上主要経済国として、対策をとらないシナリオの下での排出量からの離脱を達成するために、国別の適切な行動を遂行することで合意した。

MEMでは省エネ、エネルギー効率、災害抑制、水・天然資源管理に関する技術、再生可能エネルギー、原子力、CCS等の技術の重要性が認められた。

以上から明らかなように、夏バージョン論文でまとめた技術リストは、温暖化の緩和策のリストとして概ね確立しており、これをもとに社会インフラの物的構成を考えていけばよいことが分かる。

政府は将来の低炭素社会に向けた行動計画を作るとしている。その内容は以下のとおりである³³⁾。

- CCSの大規模実証事業に2009年度に着手。2020年度までに実用化。
- 3~5年後に太陽光発電の価格を現在の半額程度に。
- 2020年までに新車販売の半数をハイブリッドや電気などの次世代自動車に。
- 2017年度までに原発を新規に9基建設。
- 2009年4月から建売住宅にもトップランナー規制導入。
- 国内排出量取引制度を、今年10月をめどに試行的実施。
- 環境税あるいは地球環境税について検討。
- 食品や商品の製造・流通・廃棄に伴う炭酸ガス排出量の表示制度を来年度から導入実験。
- 今年度中にサマータイム制度の導入効果やコストを基礎調査。

環境システム・マスタープランでは、夏バージョン

論文で示した技術リストと共に、こうした実施スケジュールや政策手法についても検討する必要がある。

b) 適応策

a)項で示された緩和策は2050年に温暖化ガス排出量半減というトップダウン型の目標設定に対する実行計画であるが、次のような問題点がある³⁰。

●この目標と温暖化対策の究極目標との関係が不明瞭である。ここで究極目標とは、危険でない濃度での安定化とともに持続可能な経済成長を可能ならしめるものであるが、世界的にはコンセンサスが無いようである。EJは、究極目標は産業革命後の気温上昇を2℃以内とすることだとしており、炭酸ガス濃度に換算すると350～400ppm、炭酸ガス削減率(2050/2000)は85～50%となる。半減案はこれよりは緩いようであり、気温上昇は2.4～2.8℃、炭酸ガス濃度は400～440ppmのレベルである。これが究極目標とどう関係するのか定かでない。

●排出量を半減(2050/2000比)するためには、世界のすべての石炭火力発電所にCCS設備を付加し、原子力発電は約2,600TWh(100万KW発電所約300基相当)から10,800TWh(1,250基)、風力は30TWhから2,630TWh、太陽光発電も0.2TWhから4,450TWhへと大幅に増加させ、さらにバイオマス発電+CCSをしなければならない。常識的にもこれは無理である。

●排出量を半減するためには、先進国が100%削減を行っても、発展途上国の排出量は24%しか増やせない。もし先進国が80%削減に止まる場合は、発展途上国も6%削減しなければならない。これを発展途上国にコミットしてもらうのは無理である。

結局、半減化目標は達成できないものであり、しかも達成したから温暖化が十分に緩和されたと言えるのか不明である。しかし日本人としては、a)項で提示された緩和策のメニューを可能な限り遂行したと、世界に示す以外にないのである。

したがって緩和策に取り組んでも、温暖化や海面上昇は続くのであり、温暖化の悪影響に対する適応策も実施する必要がある。

環境省では地球温暖化影響・適応研究委員会を設けて適応策の検討を行っている³¹。食料、水環境・水資源、自然生態系、防災・沿岸大都市、健康、国民生活・都市生活に分けて検討を進めている。並行して途上国分野も検討している。

基本的な哲学としては、限られた財政的・人的・時間的な資源を有効に活用し、賢い適応策を実施することを打ち出している。

食料では、温暖化による高温障害に議論が集中している。西日本を中心に米などの収穫量が減るとか、ミカンの栽培適地が北に移るとか言われている。対応策とし

ては、高温耐性品種の開発とか、栽培地域移動などが提案されている。今後は、温暖化はチャンスでもあることを踏まえ、次節で述べる食料自給率向上の課題と結びつけて考えるべきである。例えば、西国では飼料用穀物に転化するとか、多毛作をするなどである。北海道・東北を稲作の中心地にするとか、植物工場を援用して農地の回転率を高めるなども考えられる。

温暖化で海面が上昇すると、沿岸域における高潮被害等が激化する恐れがある。また短期集中型の豪雨が増えることが懸念され、河川における洪水・土砂災害が激化する恐れがある。従来から実施されている堤防の強化などの護岸工事を強化する必要がある。さらに、限界集落の撤退とコンパクトシティへの移住、輪中堤や二線堤の整備³²も求められる。

温暖化により自然生態系が大きな被害を受ける恐れがある。緑の廊下創出・機能強化、人工林から自然林への転換、遺伝子保全などを進める必要がある。林業生産との協調が求められる。

健康分野では、熱中症や蚊媒感染症が懸念されている。特に、蚊の駆除が大切であるとされている。

途上国はもともと脆弱であるので、温暖化によりさらに困難な状況になることが懸念される。新たに、氷河湖の決壊、永久凍土層の融解、渇水の深刻化などが言われている。日本としては、ODAにより積極的に対応していく方針。

以上、地域社会の観点から適応策をまとめると、次のとおりである。

- 高温に強い農業(品種の改良や転換など)。
- 温暖化を利用する食料自給率向上。西国では飼料用穀物に転化するとか、多毛作をする等。北海道・東北を稲作の中心地にする。植物工場などを援用して農地の回転率を高める。
- 緑の廊下創出・機能強化、人工林から自然林への転換、遺伝子保全。
- 堤防の強化などの護岸工事。海岸堤防の嵩上げ。
- 輪中堤や二線堤の整備。
- 限界集落の撤退とコンパクトシティへの移住。
- 蚊の駆除。熱中症対策。

(2) 食料問題

a) 食料をめぐる世界情勢と対応策

洞爺湖サミットでは、食料の価格高騰問題と食料安全保障について以下の首脳声明が出されている³³。

●世界的な食料価格の高騰、多くの途上国で食料の入手が困難となり、世界の食料安全保障が脅かされていることを深く懸念。

●あらゆる可能な対策を取ることを決意。影響を受けた

国への支援として100億ドル以上を表明。

- 次の作付け期に向けて種子・肥料を入手しやすくするため協力。効果的な食料支援を強化し、農業の生産性を高めることの重要性を強調。
- 食料安全保障には、食料と農業のための堅固な世界市場と貿易システムも必要。上昇する食料価格は発展途上国でインフレ圧力を強め、マクロ経済の不均衡を生じさせている。この観点からWTOドーハラウンドに取り組む。
- 十分な食料備蓄を持つ国に、余剰の一部を食糧難の国々に提供するよう呼びかける。
- 農業への投資の重要性。包括的アフリカ農業開発プログラム(CAADP)の実施を含む、途上国のイニシアティブへの支援の大幅な増加。農業生産性を年6.2%成長させるCAADPの目標を支持。アフリカ諸国での主要食用作物の生産量を5年から10年で倍増するよう取り組む。
- 灌漑、輸送、サプライ・チェーン、貯蔵・流通システム、品質管理を含むインフラの改善を支援。食料安全保障の早期警戒システムを開発。
- 農業生産を増大させるため、研究開発を加速。
- 非食用植物や非可食バイオマスから生産される第2世代バイオ燃料の開発や商業化の取り組みを加速。

2008年7月21日～7月29日に開催されたWTOドーハラウンド閣僚会合は、途上国を対象にした農産物輸入急増への「特別緊急輸入制限(セーフガード)措置」を巡って、インド・中国と米国の対立が解消せず、決裂した³⁹。高関税保護品目数の削減と関税率引き下げを求められていた日本は、安堵した人も多いようである。

この閣僚会合に対しWTOラミー事務局長が提示した裁定案は次のとおりであった⁴⁰。ラミー事務局長はこの実現を引き続き求めるとしている。

- 先進国の農産物の高関税品目の関税引き下げ率は70%。
- 関税削減を例外的に軽くする「重要品目」数は全品目の4%。ちなみに日本の関税率が100%を超える農作物は米・乳製品など125品目、全品目の9.4%に上る⁴¹。
- 重要品目について、関税の引き下げ率を一般品目の3分の1に縮小する場合は、低関税での輸入枠を国内消費量の4%分拡大する。
- 関税の品目構成などで不利益を被っている場合は、重要品目数を2%上積みできる。ただその場合は、低関税の輸入枠を同0.5%分さらに上積みする。

このラミー事務局長の案が実現すると、関税率78%の米や252%の小麦など、土地集約的な農産物の関税大幅引き下げが求められる⁴²。たとえば関税率が大幅に下がって米などの値段が半分になったとしよう。それでも農家の所得を守るため、農業総生産の金額を同一にしようとするれば、①より付加価値の高い農産物にシフトするか、②農地面積と総生産量を倍にするか、③単収と総生

産量を倍にするか、あるいは④直接支払い額を農業総生産額(2002年度に5兆2,066億円⁴³)の半分(2兆6,000億円)にする必要がある。

①付加価値の高い野菜・果樹や花卉にシフトすることは経済学者が推奨している⁴⁴。しかしこればかりにシフトすると食料安全保障が脅かされる。これらは穀物・豆類ではない。

②農地面積を倍にするのは生態系破壊につながるの避けるべきである。

④莫大な直接支払いをするのは、2002年度の農林水産関係総予算3兆1,114億円⁴⁵のほとんどを充当することになってしまうので、無理であろう。

結局、③単収を倍にして総生産量を倍にする方向に行かざるをえない。

価格高騰が続く穀物の輸入確保のため、大手商社は農業や生産地への投資を本格化している⁴⁶。三井物産はブラジルの農業生産会社に出資し、大豆を確保する。丸紅は米国のトウモロコシ・大豆の生産地のノースダコタ州でエレベータ集荷装置をさらに8基買収した。双日、三菱商事、伊藤忠でも体制の整備を図っている。日本の食料安全保障の一助になると思われる。

b) 日本における対応

夏バージョン論文では、食料問題に対する日本の対応について次のようにまとめている⁴⁷。

「食料については、水田で米だけでなく飼料用穀物も生産する⁴⁸。食用米の生産は北海道や東北地方にシフトし、西国では飼料用穀物の多毛作を行うという、地方分業も考えられる。また遺伝子組み換えなどのバイオテクノロジーと植物工場を組み合わせた先端的な農場を国営で設置し、穀物の面積当たり生産性の飛躍的向上を図ることを提案した。」

2007年度の全国の飼料米の作付面積は292haと前年度の3倍近くまで増えた。飼料稲である稲発酵粗飼料は6339haと20%増えている⁴⁹。平成20～29年度の第7期北海道総合開発計画では北海道の食料供給力を強化としている⁵⁰。米粉をパンや麺あるいは洋菓子に混入する動きも強まっている⁵¹。こうした動きを通じて、現況で40%の食料自給率(カロリーベース)を2015年までに45%、将来は50%超まで増やすと農水省は言っている⁵²。

飼料用米について2期作を行う動きがある⁵³。こうした動きは食料の単収を増やすものであり、地球環境を守りつつ食料自給を図る方向を向いているものである。また、a)項末尾で触れたように、WTO協議による関税引き下げに対処する上でも有効である。

この間暫時、米の減反政策をやめ増産を目指すべきという意見があったが⁵⁴、生産調整は必要であるという線で収まったようである⁵⁵。これに替わってできたのが、

上記の飼料米や飼料稲である。交付金を与えて食用米からこれら用途への転作が進められている。

このように日本農業が競争力に乏しいのは、海外の農業労働者が安く使われていることも一つの原因である。米国の農場では多数の不法移民が低賃金で働いている⁴⁹。これと競争を強いられる日本農業をある程度保護することは、やむをえないとも言える。大田前経済財政担当相は、農業の生産性向上と直接的所得保障を避けることを主張しているが⁵⁰、こうした事情を考えると、一概に「避ける」とばかり述べるのは妥当ではないだろう。

ただ補助金のばら撒きに陥らないように、食料安全保障を強化できること、環境を保全するものであること、及び日本農業の技術力を向上させるものであることが条件となろう。

従来筆者は、農業公害が少なく、しかも面積当たり生産性を高める優れた方法であるので、植物工場により農業を行うことを提唱してきた^{51,52}。しかしこの方法はコストが高いと思われており、野菜・果樹や花卉など付加価値の高いものにしか使われていない。

上記のように、水田を用いて食用米・飼料用米・稲を作る方が現実的であるとして、現在のところ推進されている。そしてある程度、食料自給率向上に役立ち、地球環境保全にも益となるものである。

しかしこうした従来の農業技術に依拠した方法には次のような問題点がある。

- 単収の増加が不十分で、農地の拡大を招き、自然生態系を十全に保護できるのか疑問がある。
- 窒素肥料の大量使用を避けることは困難であり、その為に地下水の硝酸汚染・閉鎖性水域の富栄養化を招く恐れがあること⁵³。この対策として有機農業などが提唱されているが⁵⁴、こうした方法では単収の増加は望めず、食料安全保障の確保は覚束ない。
- 土壌と天候に頼った農業であることは否めず、技術の進歩が頭打ちになること。また収穫量の変動リスクが大きく、リン資源などの損耗を防げないこと。
- 飼料米・稲や二期作など推進するためには、農業生産者の規模を大きくしないと、経済的にも力量の面でも成り立たないと思われる。その為、担い手への農地の集中が必要となるが、地域で職にあぶれる者が多数出るであろう。企業農場で吸収したり他産業に転出したりできればよいが、遠隔地などでは地域社会を崩壊させる恐れがある。この手当てが必要。
- 農業の世襲体制は改変されず、新しい血が参加して来ない。

そのため本項当初に述べたように、遺伝子組み換えなどのバイオテクノロジーと植物工場を組み合わせた先端的な農場を国営で設置し、穀物の面積当たり生産性の飛

躍的向上を図ることを、夏バージョン論文で提案している⁵⁵。

この農場を各市町村1ヶ所、特に安定した職場のない地方で、国営施設として設置し、穀物・豆類などを生産する。事業は公設民営方式で行い、栽培作物と方法は国が決め、民間企業はその指導の下で作業を行う。優れた企業の参加が期待される。報酬は当該地方の給与水準を基に定め、作物は実勢価格で販売する。差額は国が補填するが、傾向的に低減を図るよう監視する。

これは「食料安全保障」軍とも言えるものであり、食料供給が危機に瀕した際に速やかに拡大・展開して不足する生産を補うようにする。ただし平常時には一定の生産レベル（政府は食料自給率目標50%と言っている⁵⁶）に止め、外国の安い農作物を輸入できるメリットを享受する。a)項末尾にも述べたように、食料輸入を安定化することも食料安全保障に寄与するものである。

植物工場では、土壌などの熟成に長時間かかるものでなく、水耕栽培や人工培地など急速に利用可能となるものを用いることができるので、農業生産の拡大・展開が速やかにできる。このため「食料安全保障」軍として最適である。

植物工場は農業使用を低減し肥料の土壌への流亡を減らす点でも有効である⁵⁷。肥効資源の土壌への吸着による損耗を防ぎ、肥効資源循環を確立してリン鉱石などの使用を不要とすることにもつながる⁵⁸。

遺伝子組み換え技術を用いて単収を倍にする動きがある⁵⁹。植物工場では通年農業ができるので単収が倍以上になる。植物工場のエネルギーであるが、空気膜二重被覆とヒートポンプを用いて60～80%の省エネルギーを可能とした例がある⁶⁰。ヒートポンプは寒冷地ではOOP（効率）が下がるという意見があるが、太陽熱や地中熱利用と組み合わせることで対処可能である⁶¹。こうした技術開発が今後求められる。

以上本項の内容をまとめると以下のとおりである。

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。

遺伝子組み換え技術も含むバイオテクノロジーと植物工場を組み合わせた先端的な農場を、国営で、1市町村1ヶ所設置し、「食料安全保障」軍とする。通常時は一定の生産水準を確保し、単収の増大と施設の省エネ・省コストを図る。食料輸入が妨げられ、あるいは飢饉の際には、この施設をすみやかに拡大・展開し、食料安全保障を確保する。

(3) 湾の水質保全

筆者は、湾の水質保全については、下水処理水や合流式下水道の越流水を湾外にバイパス放流し、湾への負荷を削減することを提案してきた。併せて、植物工場を利用し循環養液を適正に管理すること、家畜糞尿をリサイクル基地へ回収して適正に処理することも、湾の水質保全に役立つとしてきた¹²⁰⁾。

バイパスされた下水処理水などの栄養物質に富む排水は、水産資源の増殖に用いることを提案している。その際、衛生面に配慮する必要がある、排水の放射線消毒など行うとした。

排水の湾外へのバイパスを提案する理由として次のように述べている¹²¹⁾。

「湾の富栄養化や水質保全だけに対処するなら、下水の高度処理で栄養物質を除去し、あるいは合流式下水道の越流水対策を進めることで、相当程度対応できる場合もあると考えられる。

もっともこの場合でも、高度処理水中の残存栄養物質だけで富栄養化を進めてしまう場合もある。例えば東京湾のように、流域人口が極めて多い場合などである¹²²⁾。

また合流式下水道の越流水対策だけで病原菌対策が全うできるか疑問である。越流水対策は簡易な処理方法となるので、ウイルスまで含んだ病原菌対策としては不徹底になりやすい。さらに、都市の雨天時排水は路面の汚濁物を掃流してくるので、それ自体相当汚染されており、分流水道化しても効果は限定的である。

こうした排水を湾外にバイパスし放射線消毒すれば、残存栄養物質による富栄養化や越流水中の病原菌の問題を避けることができるので、湾の水質保全上有利である。

下水処理水中の栄養物質は、湾の富栄養化の原因となるだけでなく、湾外の水産増殖の栄養源ともなるものである。したがって、こうした排水は湾外までバイパスする方が、肥効資源循環の観点からはベターである。」

ここで提起した問題への取り組みは極めて遅々としたものである。内湾への下水流入の影響と水質生態系やウイルス等の感染リスクを考察した論文が出始めているが¹²³⁾、その数は少ない。

問題が複雑でモデル化しにくいことも原因であると思われるが、下水道と内湾管理者間の縦割り問題もあるように思われる。

なお本論の場合には、放射線消毒のような強力な消毒方法が必要になると思われるが、放射線消毒は取り扱いが難しい。他に優れた消毒技術が開発されることを期待して、本文では「放射線消毒などウイルスまで見据えた方法で排水を消毒する」と記載した。

(4) 環境システム・マスタープラン

環境政策に全国総合開発計画レベルのマスタープランが必要であることは、7月に開催された地球温暖化対策特別委員会シンポジウムで栢原会長から提言があった⁵⁰⁾。土木学会からの提言としたいとしている。

このマスタープランは、地球温暖化だけでなく、食料問題や自然生態系保全をも見据えたものでなければならないと考える。なぜなら、「自然生態系の保全や自然エネルギーと食料の確保などの課題は土地利用に関して相互にぶつかり合う¹⁾」のだから、地球温暖化だけ取り上げると片手落ちの計画となるからである。

環境システム・マスタープランに掲載すべき事項を以下に示す。

A: 排出・産出の現状と削減・生産目標量

地域の温暖化ガス排出量、湾への汚濁負荷量（栄養物質・病原菌）、食料の産出量、木材の産出量などを把握する。

また温暖化ガスの削減目標量、湾への汚濁負荷の削減目標量、食料の生産目標、木材の産出目標を定める。

B: 削減・生産目標の達成ストーリー

温暖化ガス削減の方法と削減量を示す。方法としては、省エネに関するもの—コンパクトシティと都市計画・コジェネレーション・モーダルシフト・公共交通・自動車の低炭素化・建築住宅の省エネ・RC造りアパート・家電の省エネ・ヒートポンプ・データセンターの切り離しなど、CCSIに関するもの、原子力発電に関するもの、太陽光発電・太陽熱利用に関するものなどがある。

湾への汚濁負荷削減の方法と削減量を示す。方法としては、排水バイパスに関するもの、高度処理に関するものなどがある。

食料生産の方法と生産量を示す。方法としては、既存水田によるもの、露地栽培畑によるもの、植物工場（国営・マーケット志向型）によるものなどがある。

木材産出の方法と産出量を示す。方法としては、間伐材によるもの、成木によるものなどがある。

C: 自然生態系保全のイメージ

量的目標、

水と緑のネットワーク・緑のコリドー・干潟・藻場・種地となる生態系などの配置計画、

ジーンカプセルなど遺伝子保存計画、

造林地と自然生態系の仕分け、人工林の分断計画・自然林への転換計画、聖域としての自然生態系の指定。

D: 温暖化への適応方策を述べる。

堤防の強化方策、流域治水と輪中堤・二線堤、限界集落の移転計画など。

E: 環境システムの配置計画

以上に示された各環境システムの配置計画を作る。相

互にバッティングしていないか確認する。

項目としては、コンパクトシティ、公共交通、OCSサイト、放射性廃棄物の処分地、太陽光発電設備、自然生態系、造林地、干潟・藻場、水田、畑、植物工場、家畜飼育場、排水の放流地点、深層水を用いた海洋肥沃化地点、堤防強化地点、輪中堤・二線堤、移転する限界集落などがある。

F: 実施計画

食料自給率の目標、農地の回転率目標、「食料安全保障」軍の規模や能力、休耕地や林地の仕分け（農地・造林地・自然生態系など）、人工林から自然林への転換計画、漁業資源の保全計画、

排水の消毒計画、湾の水質管理計画、

生物のジーンカプセルや種地となる生態系・緑の corridors などの計画、

肥効資源の循環計画、元素戦略、グリーンIT等の計画、コンパクトシティ実現計画、200年住宅計画、OCS管理計画、原子力整備計画、省エネルギー計画、モダリティ計画、次世代自動車化計画、ODM計画、国内排出権取引計画、

交通弱者対策、流域治水計画。

G: 市民とのコミュニケーション

米消費拡大、食品残渣の少ない食生活、漁獲量の上限設定、自然生態系との共生、

原子力の安全性、放射性廃棄物の処分地、OCSの環境評価、歩行者や自転車利用、

環境税制、元素戦略としてのリサイクル、熱中症対策。

H: 計画年次は2050年とし、中間年次は2020年とする。

参考文献

- 1) 水谷潤太郎：持続可能な地域社会の物的構成－2008 年夏バージョン－，第 16 回地球環境シンポジウム，2008/8/30。
- 2) エコノ入門塾・日本の食料自給率：日本経済新聞，2008/6/30。
- 3) 小松正之：耕論－日本の漁業は大丈夫？，朝日新聞，2008/8/10。
- 4) 水谷潤太郎：持続可能な地域社会の物的構成－フォローアップ－，第 35 回環境システム研究論文発表会講演集，2007/10。
- 5) 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", pp.134-136, Science council of Japan, 2004.
- 6) 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, 2001/3。
- 7) 水谷潤太郎：持続可能な地域社会のイメージ，環境経済・政策学会 2003 年大会報告書，2003。
- 8) 気候変動への賢い適応：地球温暖化影響・適応研究委員会報告書（環境省），2008/6。
- 9) 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，慶應義塾大学理工学部，生命親和建築・都市システム寄附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。
- 10) 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。
- 11) 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，pp. 15-22, 2008。
- 12) 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。
- 13) 水谷潤太郎：東京湾の水質保全，下水道協会誌，Vol. 39, No. 475, 2002/5。
- 14) Juntaro Mizutani: Preservation of water quality in Tokyo bay with the use of wastewater ocean discharge, Proc. of 2nd International Conference on Marine Water Discharges, MWWD 2002 Istanbul, 2002。
- 15) 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。
- 16) 日本経済新聞，2008/8/10。
- 17) 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。
- 18) 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。
- 19) 小出仁：CO₂回収・貯留（CCS）と省エネルギー，第 22 回環境工学連合講演会・講演論文集，pp. 147-154, 2008。
- 20) 水谷潤太郎：持続可能な地域社会の物的構成－シンセシスを用いた解決策の提示－，第 33 回環境システム研究論文発表会講演集，2005/10。
- 21) 小宮山宏，黒川清，加藤寛：ヒートポンプで地球の温暖化に歯止めを，日本経済新聞朝刊広告特集，2007/12/19。
- 22) 石谷久：持続可能な道路交通をめざして，日経環境シンポジウム（第 2 回）「自動車と次世代エネルギー」，2008/4/21。
- 23) 太田勝敏：環境的に持続可能な交通まちづくりへの日本の動き，東洋大学国際共生社会研究センター国際シンポジウム「環境共生社会の交通まちづくり」，2007/7/6。
- 24) 茅陽一：基調講演「地球温暖化対策と原子力の役割」，日経環境シンポジウム「エネルギーセキュリティと環境保全から考える原子力発電」，2008/5/8。
- 25) 経済産業省：COOL EARTH－エネルギー革新技術計画，2008/3。

- 26) International Energy Agency : Energy technology perspectives, Scenarios & Strategies to 2050, in support of the G8 plan of action, 2008. 気候変動に関する中長期戦略国際会議（日本国政府及び東京大学主催, 2008/6/30～2008/7/1）にて提示.
- 27) 日本経済新聞, 2008/6/10 朝刊.
- 28) 外務省 : 北海道洞爺湖サミット概要, 2008/7/9. 速報！洞爺湖サミットーエネルギーと企業戦略（日経 BP 環境経営フォーラム, 2008/7/11）にて提示.
- 29) 朝日新聞, 2008/7/26 朝刊.
- 30) 山口光恒 : 日本の環境外交と政策, 国際問題, No. 572, pp. 22～32, 2008/6.
- 31) 近藤徹 : 治水の歴史と新しい展開, 第 17 回土木学会トークサロン, 2007/7/10.
- 32) 日本経済新聞, 2008/7/9 朝刊.
- 33) 朝日新聞, 2008/7/30 朝刊.
- 34) 朝日新聞, 2008/7/26 夕刊.
- 35) 日本経済新聞, 2008/7/26 夕刊.
- 36) 朝日新聞, 2008/7/31 朝刊.
- 37) 農業関係基本指標 : 農林水産省資料. 環境監査研究会にて葛谷氏が提示, 2008/7/13.
- 38) 阿部頼三 : 経済教室「難航する農業, WTO で」, 日本経済新聞, 2008/8/20 朝刊.
- 39) 朝日新聞, 2008/8/7 朝刊.
- 40) 葛谷栄一 : 私の視点「畜産含め水田の多角利用を」, 朝日新聞, 2007/12/4.
- 41) 日本経済新聞, 2008/8/14 夕刊.
- 42) msn 産経ニュース, 2008/7/4.
- 43) 日本経済新聞, 2008/7/7.
- 44) 日本経済新聞, 2008/8/14.
- 45) 日本経済新聞, 2008/6/1.
- 46) 日本経済新聞, 2008/6/3.
- 47) 朝日新聞, 2008/7/31 朝刊.
- 48) 大田弘子 : 経済教室「弱み克服たゆめぬ成長で」, 日本経済新聞, 2008/8/13.
- 49) 川島博之 : 世界の食料生産とバイオマスエネルギー, 2050 年の展望. (財) 東京大学出版会, 2008/5/22.
- 50) 日本経済新聞, 2008/8/8.
- 51) 朝日新聞, 2008/7/20 朝刊.
- 52) 林真紀夫 : 環境制御における省エネ機器と利用法ーヒートポンプの活用事例, アグロイノベーション 2008 特別セミナー資料（日本農学会・全国農学系学部長会議共催）, 2008/7/18.
- 53) 鯉淵幸生 : 内湾への下水流入の影響と水質生態系の応答, 水環境学会誌, Vol. 31, No. 2, 2008.
- 54) 栢原英郎 : 土木学会地球温暖化対策特別委員会シンポジウムの概要報告, 1. 土木学会と地球温暖化問題, 土木学会地球環境委員会 Newsletter—Earth & Forest, NO. 43, 2008/8.

BASIC INFRASTRUCTURES OF SUSTAINABLE REGIONAL SOCIETY - 2008 AUTUMN VERSION -

Juntaro MIZUTANI

This year we are experiencing a great push in the global environmental issues, as decisions are made at the TOYAKO SUMMIT conference on these matters of the global-warming & climate-change and the soaring cost of grains. Discussions at the WTO meeting, which was ruptured this year, will make a great influence on the Japanese agricultural industry. Visions of sustainability presented herein are defined based on the findings shown at these meetings and previous studies, and will decide the outline of countermeasures towards these environmental matters. Environmental systems of sustainable regional society will be formed based on these visions.

The carbon capture and sequestration (CCS) and the energy-saving based on the technical means are also demanded other than the nuclear and natural energies to reduce the carbon dioxide emission.

Not only rice for humankind but feed grains should be produced at the paddies to increase the food self-sufficiency ratio. State-run leading-edge farming plants with the plant factory technology and the genetically-modified crops are proposed here to facilitate the food security.

Items of the "environmental system master plan" are studied, which is an implementation plan for contents of this paper.