

11. 持続可能な地域社会の物的構成 ー2008年夏バージョンー

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IPCC第4次報告書が公表され、世界的な穀物高騰が大問題になり、洞爺湖サミットでこれらが首脳間で討議されるなど、地球環境問題をめぐって大きな動きのある年である。そのため各方面で真剣な討議がなされており、これを受けて昨年提示した論文を見直し、最新の作業仮説を提示する。主要なポイントは次のとおり。

- 「自然生態系の保全や自然エネルギーと食糧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」という命題は、地球環境問題に関する環境科学の基本テーゼとして既に確立している。今後とも、この命題の解決が最重要の課題である。
- この衝突を緩和するため、原子力エネルギーの利用が必要とされている。さらにそれを補完すべく、火力発電・製鉄所・セメント工場などで炭酸ガス回収・貯留（CCS）を行う必要がある。需要面では、コンパクトシティや省エネ住宅あるいはヒートポンプ式空調などにより、エネルギーの節約を図る。
- 食糧については、水田で米だけでなく飼料用穀物も生産する。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。

Key Words : *sustainability, nuclear power, carbon capture and sequestration (CCS), compact city, food*

1. はじめに

筆者はこの間、各学会で持続可能な地域社会の物的構成について発表してきた¹⁾²⁾。その方法はシンセシスによるものであり、提示された作業仮説を叩き台として、幾多の実践を踏まえた後、反省と総括により、さらに高レベルの作業仮説を生み出すことを目指すものであった。

本年はIPCC第4次報告書の公表、COP13の開催があり、京都議定書の第1約束期間に入った年でもある。そして7月の洞爺湖サミットで、ポスト京都議定書の枠組をどうするか首脳間で討議される年でもある。

これを受け各方面で、温暖化の緩和策や適応策が真剣に討議されている。こうして新たに得られた知見を加えて、作業仮説をリニューアルする必要がある。

また世界的な食糧価格の高騰や不足を背景に、昨年12月には国際穀物フォーラムが日本で開催された。さらに遺伝子工学などを用いた植物生産力の向上を目指して、

植物科学シンポジウムも開催されている。植物工場についても、その省エネルギーなどについて多くの知見が出されている。

こうした背景を踏まえ、食糧の自給率向上についても意見が提出されている。こうした意見も加味して、作業仮説を見直す必要がある。

本文の目的は、こうした両面の知見を盛り込んだ、新たな「持続可能な地域社会の物的構成」のイメージを提示することである。

2. 物的構成図の提示

今回フォローアップ後の、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、飼料用穀物も生産する。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。

消費者に対し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、食糧を原料としないものを開発・普及する。

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。遺伝子組み換えを用いて多収穫作物の開発を行う。また植物工場の省コスト・省エネを図る。

上記のようにして食糧の面積当たり生産性を飛躍的に高め、農地の拡大を防ぎ、自然生態系の用地を確保できるようにする。

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。

漁業資源の増殖を図るため、深層水を活用して海洋肥沃化を行う。あわせてその乱獲を防ぐ。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を湾外までバイパスし、水産資源の増殖を行う。その際、衛生面に配慮する必要があり、排水の放射線消毒など行う。

(2) 住

無計画に広がる市街地は一点集中型でないコンパクトシティにまとめる。そうなるように都市計画で誘導する。各市街地の間には緑地や水辺を設ける。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。

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。

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。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。

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。

(3) エネルギー

温暖化対策として、以下を進める。

高効率火力発電と炭酸ガス回収・貯留（CCS）。

（先進的）原子力発電。将来は、プルサーマル→増殖炉→核融合をめざし、再生可能エネルギー源とする。

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て、自然保護区域「聖域化」の寄す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。

食糧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・ベストミックスを追及する。

LNG管路を整備するとともに、コージェネレーションを進める。

LED・有機EL照明・液晶・有機ELテレビ・省エネエアコン・高効率給湯器など家電の省エネを進める。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を行う。

(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。

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。

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、肥効分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、農地の面積当たり生産性を各段に高めると、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、人工林の分断化を進める。

(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³⁾。

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。

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、プラグインハイブリッド車や電気自動車の普及を図る。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（マイクロ波を用いた）電力供給を行い、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⁴⁾。

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、将来的にはモバイルスーツ型の電気自動車など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ともに、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。

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⁵⁾。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。

(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、この回収・貯留(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、施設の周辺で回収・貯留(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、微細包注入方式を採用する⁶⁾。

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IT⁷⁾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。

温暖化により、熱中症や蚊媒感染症など健康影響が懸念されている。蚊の駆除や熱中症対策が求められる。

3. 自己討議

本文では、エネルギーと温暖化防止あるいは食糧問題について、以下のとおり自己討議する。

(1) エネルギーと温暖化防止

a) 温暖化防止の目標値とその緩和策

温暖化防止に向けて、種々の目標値が提示されている。

EUは長期の温度上昇を2℃に抑えることを提案している。これはIPCC第4次評価報告書・統合報告書⁷⁾の長期的展望カテゴリーⅠ（表-1参照）を目指すものであり、生物多様性、異常気象、農業生産、GDP、熱塩循環崩壊その他非可逆現象について損害を最小限に抑えることができるとされている⁸⁾⁹⁾。

しかし、このカテゴリーⅠは一部の小グループが作成したものに過ぎず、もしバイオマスで必要エネルギーを賄おうとすると、世界の熱帯雨林の1/3の農地を充当しなければならなくなるなど、極めて深刻な影響があるものであり、実現性に乏しいという指摘がある⁹⁾。

昨年5月に、当時の安部首相は「クールアース50」を提案し、世界の温暖化ガス排出量を現状に比して2050年までに半減させるとしている。これは長期的展望カテゴリーⅡを目指すものだと思われ、農業生産、GDP、熱塩循環崩壊その他の非可逆現象については損害を最小限に

表-1 安定化シナリオによる長期の世界平均気温上昇と熱膨張による海面上昇
(IPCC 第4次評価報告書・統合報告書⁷⁾による)

カテゴリー	CO ₂ 平衡濃度 (2005年=379ppm)	温室効果ガス平衡濃度 (CO ₂ 換算、エーロゾル 含)(2005年=375ppm)	CO ₂ 排出がピーク を迎える年	2050年における CO ₂ 排出量(2000年 比)	気候感度の最良の推 定値を用いた産業革 命からの世界平均気 温上昇	熱膨張のみに由来す る産業革命前の値と 比較した世界平均海 面上昇	研究されたシ ナリオの数
	ppm	ppm	年	%	℃	m	
I	350-400	445-490	2000-2015	-85to-50	2.0-2.4	0.4-1.4	6
II	400-440	490-535	2000-2020	-60to-30	2.4-2.8	0.5-1.7	18
III	440-485	535-590	2010-2030	-30to+5	2.8-3.2	0.6-1.9	21
IV	485-570	590-710	2020-2060	+10to+60	3.2-4.0	0.6-2.4	118
V	570-660	710-855	2050-2080	+25to+85	4.0-4.9	0.8-2.9	9
VI	660-790	855-1130	2060-2090	+90to+140	4.9-6.1	1.0-3.7	5

抑えることができるが、生物多様性や異常気象の面では深刻な影響を蒙るとされている^{8,9)}。

問題は、この50%削減提案では、発展途上国を横這いに抑えても、先進国は70%削減が強いられることであり、極めて厳しい案であると思われる¹⁰⁾。

茅^{8,9)}は、先進国の50%程度削減を目標とすることが、技術的には達成可能な線だろうとしている。これは長期的展望カテゴリーⅢ相当だと思われ、温度は3℃上昇し、2050年の炭酸ガス排出量は現状程度となる。農業生産、GDP、熱塩循環崩壊その他の非可逆現象については損害を最小限に抑えることができるが、生物多様性や異常気象の面では深刻な影響を蒙るとされている点では、クールアース50構想と軌を一にしている。

茅提案の中身は次のとおりである。

＃ 2050年に人口は2割減少、各部門のエネルギー需要は人口減と機器エネルギー効率向上で2～4割減少、電力は炭酸ガス原単位6割低減、自然エネルギーは横這い、炭酸ガス回収・貯留（CCS）はオプション扱い（電力・鉄鋼に適用可能）がその内訳。

＃ 電力は需要が2割減。原子力比率（kwh）26%→40%、自然エネルギー比率12%横這い、LNG／火力比率34%→75%、火力発電効率41%→49%とする。

＃ 自動車は、輸送需要1割減、燃費2割向上。プラグインハイブリッド車、電気自動車、バイオ燃料の普及により、燃料全体の炭酸ガス排出量原単位が2割低下。

＃ 周辺熱源（外気・水源・浅部地下）を利用したヒートポンプの積極的活用¹¹⁾。

＃ 鉄鋼の需要は人口減少と産業サービス化の影響で1～2割減少。省エネルギーは1割可能。コークス炉ガス→水素→高炉で鉄鉱の部分水素還元が実現し、炭酸ガス排出量原単位1～2割減少。

一方、西岡¹²⁾は、コンパクトシティ・電気自動車・住宅の省エネあるいはモーダルシフト等の技術開発による解決により、日本など先進国が70%の炭酸ガス排出量削減を実現することができ、クールアース50構想を達成することは可能であるとしている。エネルギーについては、原子力の必要性を認めてきている。

西岡の提案は、その技術的内容では茅の提案と類似していると考えられる。両者の削減率の想定が異なるのは、西岡は今後の経済体制はサービス経済・高度知識産業社会であると想定しており、鉄鋼やセメントなどは縮小するものと考えているが、茅は従来型の産業構造のトレンドを想定している点にあるものと考えられる。

茅の場合には、鉄鋼やセメントなどからの温暖化ガスは回収・貯留（CCS）に頼ることになるのではないかと。東京湾や大阪湾などで温暖化ガス回収・貯留（CCS）を大規模に実施する必要がある？（茅は温暖化ガス回収・貯留（CCS）はオプション扱いしているが、）東京湾や大阪湾では十分なキャップロックが無いことも考えられ、この場合には微細泡炭酸ガス注入法が必要になると指摘されている⁶⁾。

一般に鉄鋼やセメントは、その製造プロセス自体から炭酸ガスが発生するので、その発生量原単位を下げるのは難しい。日本ではこれから需要が減るので、西岡の言うように縮減していけば良いのかもしれないが、世界的には発展途上国の開発に不可欠であるので、今後その需要が急増する。日本から鉄鋼業やセメントが出ていったとしても、外国で大幅増産することになるので、世界の炭酸ガス排出削減にはつながらない。劣悪な技術で作ることになるので、かえって問題を悪化させる。

恐らく、世界中で協定して、温暖化ガスを回収・貯留（CCS）することになるのではないかと。

いずれにしても、日本での鉄鋼やセメントは今後増加することはないだろう。

経産省では2050年に世界の温室効果ガス排出量を半減させるエネルギー革新技術のメニュー¹³⁾を発表している。

＃ 高効率火力発電・温暖化ガスは回収・貯留（CCS）：12%。

＃ 先進的原子力発電：12%。

＃ 革新的太陽光発電（量子ドット型・色素増感型）：7%。

＃ 産業部門（水素還元製鉄・革新的材料等）：8%。

＃ 民生部門の省エネ機器（ヒートポンプ・燃料電池・IT機器等）：11%。

次世代自動車（燃料電池・電気自動車・バイオマス等）¹⁴⁾：11%。

その他（既存技術の普及等）：40%。

この様に、高効率火力発電まで含めて多様なエネルギー源を想定しているのは、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するためである。

上記の既存技術の普及については、建築・住宅の省エネルギーや都市計画・IT機器の省エネルギーなどの観点から提案がなされている。

建築・住宅部門ではCASBEE評価が導入され、高効率照明や照明制御、高断熱ガラス・複合ガラス・外断熱などの高断熱化、自然の活用など省エネルギーが進められている¹⁵⁾。家電分野ではLEDや有機EL照明、液晶・有機ELテレビ、省エネエアコン、高効率給湯器、コジェネの普及などが言われている¹⁶⁾。

伊藤¹⁷⁾は、都市をコンパクトシティにして交通のエネルギーを減らし、住宅はRC造りのアパートにし、太陽エネルギーを活用すれば、大幅な省エネルギーが可能であるとしている。その為の都市計画論を提案した。

政府では、地球温暖化に先進的な取り組みをする環境モデル都市を10箇所選定し、財政支援するとしている¹⁸⁾。エネルギー使用の少ない交通機関や200年住宅などが想定されている。

近年、業務部門のエネルギー消費が急増しているのは、IT関連機器のエネルギーが増加しているからである。その為グリーンIT¹⁹⁾が叫ばれており、コンピューターの新型への切り替え、データセンターの仮想化による統合、効率的な空冷・水冷によるデータセンターの熱対策が求められている。さらに、データセンターは冷涼な水資源の豊富な地方や発電所の傍に移転するという構想も述べられている。

以上、地域社会における緩和策をまとめると次のようになる。

- 高効率火力発電と炭酸ガス回収・貯留（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²⁾。
- 製鉄所・セメント工場などでの炭酸ガス回収・貯留（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¹⁹⁾。
- 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造りのアパートと一戸建ての制限。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）を利用したヒートポンプ。
- データセンターの地方への立地。

洞爺湖サミットに向け日本の温暖化防止の目標値に対する考え方を提示する必要がある。可能な限り技術的方策で対応すべきであり、環境税を財源とすることも考えられる。排出権取引はその効果の検証が必要である。

b) 適応策

以上の各緩和策は長期的展望カテゴリーⅡ～Ⅲ相当であり、これによる温室効果ガス濃度の安定化後も、数世紀にわたり温暖化・海面上昇は続く。したがって、温暖化の悪影響に対する適応策を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²⁰⁾を設けて検討している。農業、水環境・水資源・治水、自然生態系、防災・沿岸大都市、健康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。

農業では、温暖化による高温障害に議論が集中している。西日本を中心にコメや大豆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、高温に強い品種の開発とか、栽培品種の変更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、次節で述べる食糧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、沿岸域が浸水の被害を蒙る可能性がある。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²¹⁾も求められている。

先に述べたように、温暖化により自然生態系が大きな被害を受ける。緑のコリドー創出・機能強化、人工林から自然林への転換、人工林の分断化、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。

沿岸大都市の海面上昇や高波への対応策は、防護・順応・撤退の3方面から検討する。海岸堤防の嵩上げ、高床式住宅、安全な土地への移住などの方策がある。

健康分野では、熱中症や蚊媒介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、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糧自給率向上。西国では飼料用穀物に転化とか、多毛作をする等。北海道を稲作の中心地にする。植物工場を援用して農地の回転率を高める。
- 緑のコリドー創出・機能強化，人工林から自然林への転換，人工林の分断化，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。
- 高床式住宅，安全な土地への移住。
- 蚊の駆除。熱中症対策。

(2) 食糧問題

a) 食糧をめぐる世界情勢と必要な対応策

穀物価格の高騰により，小麦の政府受渡価格が4月から30%も上昇し，各家庭の食卓を直撃している²¹⁾。シカゴ商品取引所では，主要穀物すべてが高騰し，大豆やトウモロコシはここ1年で2倍，小麦は2年で3倍にはね上がった²²⁾。穀物の在庫も落ち込んでおり，大豆の2007年度末の在庫量は4.6%，約半月分しかない歴史的な低水準

となる見通しである。

またタイ米長粒種1級（精米・100%）の輸出価格は4月9日時点で1トン886ドル，年初の2倍強，ここ1年で約2.5倍に上昇した²⁴⁾。

ベトナム・インド・中国などでは，米の輸出を禁止し始めた。ロシアやウクライナ・中国・アルゼンチンでは小麦に輸出税を課し又輸出枠を設ける動きに出ている²⁵⁾。

このため，バングラディッシュやハイチあるいはモリタニア・カメルーン・コートジボアール・マダガスカルなどのアフリカ諸国では抗議活動や暴動が起きている²⁶⁾。

政府は7月の洞爺湖サミットで，各国に食糧輸出規制の自粛を要請し，世界貿易機関（WTO）には，食糧輸出規制を簡単に導入できないよう，輸入国の異議申立権など新ルールを提案する方針である²⁴⁾。もっとも，輸出国との交渉は難航している²⁶⁾。

短期的には，5月からの3ヶ月間で約1億ドルの緊急食糧援助を行う²⁴⁾。

また中長期的には，特にアフリカ向けに，アフリカの気候に適したネリカ米などの生産拡大，灌漑施設の建設や品種改良などの技術協力，食糧を原料としないバイオ燃料の開発・普及などの経済協力を行うとしている²⁶⁾。

李明博韓国大統領は，ロシアの沿海州に農場を設け，北朝鮮から労働者を募る構想を提示している。併せて，東南アジアで2毛作，3毛作を進めるとしている²⁷⁾。

表-2 生活水準向上に必要な穀物消費増加量

国名	人口(人)			穀物消費量(1998年)(kg/人/年)				穀物消費量 全国/年(万t)	生活水準向上を加味した穀物消費量 全国/年(万t)
	2004年	増加率(%)	2050年	米	小麦	コーン	計		
中華人民共和国	1,298,847,624	0.59	1,702,469,652	110.4	93.6	94.6	298.6	50,836	51,074
インド	1,065,070,607	1.38	2,000,707,482	82.0	68.3	11.0	161.3	32,271	60,021
アメリカ合衆国	293,027,571	0.91	444,510,444	14.4	138.8	683.3	836.5	37,183	37,183
インドネシア	238,452,952	1.41	454,065,712	166.6	12.0	30.5	209.1	9,495	13,622
ブラジル	184,101,109	1.04	296,312,472	48.9	51.1	196.1	296.1	8,774	8,889
パキスタン	159,196,336	2.09	412,249,790	18.4	150.7	8.9	178.0	7,338	12,367
ロシア	143,782,338	-0.37	121,241,566	3.1	233.1	12.3	248.5	3,013	3,637
バングラデシュ	141,340,476	2.09	366,010,821	150.5	28.1	0.0	178.6	6,537	10,980
ナイジェリア	137,253,133	2.38	404,965,500	23.8	13.8	44.5	82.1	3,325	12,149
日本	127,333,002	0.02	128,509,753	72.6	49.6	131.8	254.0	3,264	3,855
メキシコ	104,959,594	1.16	178,413,574	5.7	53.8	233.5	293.0	5,228	5,352
フィリピン	86,241,697	1.8	195,936,381	104.8	29.4	59.9	194.1	3,803	5,878
ベトナム	82,689,518	1.02	131,883,120	204.3	6.4	20.8	231.5	3,053	3,956
エジプト	76,117,421	1.75	169,070,286	40.9	199.9	149.2	390.0	6,594	6,594
イラン	69,018,924	1.1	114,161,940	34.8	238.6	26.8	300.2	3,427	3,427
トルコ	68,893,918	1.06	111,899,566	8.2	253.2	49.9	311.3	3,483	3,483
エチオピア	67,851,281	2.31	193,994,736	0.0	31.1	53.9	85.0	1,649	5,820
コンゴ民主共和国	58,317,930	3.07	234,361,786	0.0	59.8	8.2	68.0	1,594	7,031
スーダン	39,148,162	2.55	124,667,128	0.5	33.3	0.0	33.8	421	3,740
ケニア	32,021,856	2.57	102,892,295	11.3	25.2	90.4	126.9	1,306	3,087
ウガンダ	26,404,543	3.37	121,290,393	0.0	0.0	36.2	36.2	439	3,639
合計								193,032	265,786
								倍率	1.38

注1: 2004年の人口はCIAワールドファクトブック2004年版(ウィキペディア)による。

注2: 人口増加率はCIAワールドファクトブック2006年版(ウィキペディア)による。

注3: 2050年の人口は，2004年の人口×(1+増加率)⁴⁶で求めた。この2050年の人口が1億人を超える国をリストアップした。

注4: 穀物消費量(kg/人/年)は伊藤正一(鳥取大学農学部，<http://worldfood.apionet.or.jp/web/9.htm>)による。

注5: 穀物消費量(全国/年)は2050年の人口に穀物消費量(1998)計を乗じて求めた。

注6: 生活水準向上を加味した穀物消費量は2050年の人口に300(kg/人/年)の穀物消費量を乗じて求めた。ただし1998年の穀物消費量が300を超える国は，1998年の値をそのまま用いた。300(kg/人/年)は中華人民共和国・ブラジル・メキシコ・イラン・トルコの諸国の水準である。

こうした対応を踏まえ、世界の専門機関の共通の予測は、2010年頃まではタイトな需給局面が続くものの、その後は徐々に需給は緩和し、名目価格は若干低下するとされている。冷静な対応が要請されている²⁹⁾。

しかし問題はその後である。2050年に向けて世界の人口は、2005年の65億人から92億人と1.4倍になる。一方同期間に、穀物の生産量は1.5倍程度の増加になると推測されている。これは、収穫面積の6%増加、単位面積当たり収穫量の年増加率1.1%を前提としており、さらにネリカ米・ハイブリッド小麦・ハイブリッドとうもろこしなどの高収量品種の導入を前提としている³⁰⁾。

したがって2050年に向けて、7% ($1.5 \div 1.4 = 1.07$) 程度しか生活水準向上を受容できないことになる。表-2は、貧困国が中華人民共和国・ブラジル・メキシコ・イラン・トルコ程度の穀物消費水準 (300kg/人/年) まで消費を増やしたら、世界の穀物消費量は38%増加することを示している。ただしアメリカ合衆国など、既にこの水準を越えている国は、そのまま据え置いた。

とても7%では賄えるものではない。アメリカ合衆国など一部の富裕国が自主的に消費量を減らすなど、博愛的な行動が無い限り、食糧の奪い合いは深刻度を増し、日本の輸入も脅かされる。

この対策は抜本的な技術開発を必要とするものであり、遺伝子組み換えなどのバイオテクノロジーや、植物工場に代表される高度情報化された機械式農業が必須のものとなる³¹⁾。情緒的な遺伝子組み換え反対論を唱える余裕はない。日本は、こうしたハイテク農業の分野でも世界のリーダーとなる必要がある。

b) 日本における対応

日本の食糧自給率 (カロリーベース) は、2006年で39%に過ぎず、先進国で最低水準となっている。このため膨大な食糧を輸入しているが、将来的にこれが困難になることは、先に指摘したとおりであり、国民に深刻な不安感を与えている³²⁾。

これを受け、日本での農業生産を拡大する方策が提案されている。

蕨谷³³⁾は、主食用の米だけでなく飼料用イネ (葉と茎も利用) も、水田で生産することを提案している。現状でも水田面積の4割もの生産調整に四苦八苦しており、一方では畜産農家は飼料の確保に苦心しているのだから、この両者を一举に解決することができる方策であるとしている。水田を水田として維持していくことが最大の食糧安全保障であるとともに、水の涵養や治水、農村の景観保全を含めた多面的機能の発揮を可能とする水田は、国民の共有財産であるとしている。

飼料米の価格を下げるため、多収穫米の品種改良を重ね、栽培方法も変える必要性が提唱されている³⁴⁾。

小麦の高騰対策として、米粉をパンや麺・洋菓子などに一部利用することが提案されている。米の需要が増え、自給率の向上に結びつくと考えられる³²⁾。

食糧価格の高騰の原因の一つはバイオ燃料の急速な進展にあるのだから、セルロースなどを用いて、食糧を原料としないバイオ燃料の開発・普及が取り組まれている。とうもろこしではなく、廃材やワラなどを用いる³⁴⁾。

外国で食糧が高騰しても、この価格シグナルが日本の農業生産の増大に直ちに結びつかないのは、それでも日本の穀物は数倍高いことが原因である。依然として米の生産調整が重要な政策課題となっている。飼料用米への転換、米粉の利用など、優れたアイデアを実施に移すには補助金が常に求められ、それでも耕作者等の抵抗にあうのである。

日本の一人当たり農地面積が小さいこと、あるいは人件費の高さなど、穀物価格が高くなる原因は種々考えられる。抜本的には、生産調整をやめ企業を含めて自由に米を生産できるようにし、担い手となる者に所得保障し、これらの者に農地も集約するようにすれば良いことは分かっているが、選挙を抱える政治家は十分に取組めないでいる。それに補助金も、耕作を放棄し転用益を狙う地権者や、流通独占による中間マージンを稼ぐ農協に相当部分リークしてしまうと言われている³²⁾。

結局、世界の食糧価格がもっと高騰して、国内価格と並ぶような非常時を待つしかないのかもしれない。技術者の考えるべきことは、こうした非常時を切り抜ける方策を今から構築しておくことではないだろうか。

世界の農業を考察した際あきらかになったように、以上述べたような在来型の方策・技術では早晩どうしようもなくなるのである。

遺伝子組み換えなどのバイオテクノロジーや、植物工場に代表される高度情報化された機械式農業が、世界でも日本でも必須のものとなる。

私は、この両者を組み合わせた先端農場を、各市町村1ヶ所、国営施設として設置し、穀物・豆類などを生産することを提案したい。常時はこうした技術の習得と開発に努め、穀物の面積当たり生産性を高めるとともに、コストの低減を図り、世界のリーダーを目指す。そして、穀物価格が高騰する非常時には、植物工場を速やかに拡大・展開して、不足する生産を補うようにするのである。

いくらでも長期的対応が可能なので、この方法は政府が進めている備蓄³⁵⁾よりも優れた食糧安全保障となる。

技術開発により未だ高いコストを順次引き下げ、将来的には露地栽培と大差無いところまで持ち込む。こうして野菜や花卉など換金作物だけでなく、穀物・豆類も生産できるようになり、世界の食糧増産に寄与できる。

各市町村1ヶ所設けることにより、農業技術の継承と

発展が可能となり、雇用安定にも役立つ。農業の担い手に直接所得保障でき、補助金のリーケージを避けられる。

国営で設けることにより、確実に事業が進展する。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。報酬は当該地方の給与体系を基に決め、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。

植物工場は、農業生産を飛躍的に増大させるだけでなく、農薬使用を低減し、肥料の土壌への流出を減らす点でも有効である。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用とすることにもつながる³⁾。

食糧問題は生産者だけの問題ではなく、消費者も応分の貢献をすべきである。環境の観点から消費者に求められるのは、食品廃棄物を少なくすること、米など国内で生産可能な食物を優先して食べることである。国内で生産可能な食物を優先して食べるようにすれば、食糧の国内生産が促進され、自給率の向上が図られ、世界の食糧需給にも好影響を及ぼすと考えられる。例えば、朝食をご飯で毎日摂るようにするなどが考えられる³⁰⁾。

c) 遺伝子組み換え等のバイオテクノロジーと植物工場を組み合わせた農業生産方式

遺伝子組み換え作物が世界の食糧不足の解決策になると言われている。あるいは遺伝子組み換え作物を拒み続ければ、経済的に行き詰るとされている。長らく遺伝子組み換え作物に抵抗してきた国でも、その受容に動きつつある²⁹⁾。実際には日本でも、非遺伝子組み換え作物の調達は難しくなってきたり、遺伝子組み換え作物は既に入っているとされる。ある意味で既に検査はされており、遺伝子組み換え作物の安全性は確立しているが、情緒的不安が拭い切れないのが日本の現状である。

遺伝子組み換え作物の導入を考えるにあたっては、2点検討する必要がある。一つは、それでどの程度食糧問題を解決できるのかという点であり、もう一つは、その生態系に及ぼす影響である。

生態系への影響については不明な点が多い。遺伝子組み換え植物の花粉が周辺の植物と交雑する可能性は否定し切れていない。そのため花粉の不活化などの対応策が検討されている³¹⁾。あるいは、こうした植物の生産は植物工場などの閉鎖系で行うことが考えられる。遺伝子組み換え等のバイオテクノロジーと植物工場を組み合わせた農業生産方式を、本文が推進する理由はここにある。

遺伝子組み換え作物が食糧問題の解決に役立つのは、乾燥耐性・塩害に強いあるいはアルカリ土壌耐性の作物を提供でき砂漠など従来農耕に適さなかった土地でも農業生産を可能ならしめること、抗害虫性・対病抵抗性・低温耐性をもつ作物を提供でき収穫が安定すること、穂

や種子の数が多し作物や密植可能な作物あるいは生長の早い作物を提供でき面積当たり生産性を高められること、あるいはオレイン酸などの有効成分を多く含む大豆など生産でき有効成分の収量が増えるためである³²⁾。

従来農耕に適さなかった土地でも生育可能な作物は、海外技術協力で発展途上国の農業生産力の向上に役立つものと考えられる。

サイエンスによれば、遺伝子組み換え技術を用いることにより、面積当たり生産性は2〜3割増やすことができるとされている³⁰⁾。

しかしハイブリッドとうもろこしでは102%上昇するという報告もある²⁹⁾。カルビン回路を遺伝子導入で強化すると光合成が70%生産力は50%上昇するという研究成果もある³¹⁾。サイエンスのデータはもう少し大きくすることが可能だろう。

遺伝子組み換え作物は、農業の手間を減らすため、まず除草剤耐性の大豆として導入された³²⁾。これからの高齢化社会では、機械化農業と相まって、こうした努力も必要である。

遺伝子組み換え技術は、健康機能性や薬効性あるいはワクチンなどを含む植物体の生産を可能とする。こうした植物は、環境設定が容易で閉鎖性が高い完全制御型の植物工場で作られる³³⁾。

植物工場は光や温度あるいは炭酸ガスなどの環境を制御し、天候に左右されずに通年の植物生産を可能にするシステムである。利用する光源の種類により「太陽光利用型」と、人工光源のみの「完全制御型」に分けられる。

完全制御型は季節性や場所依存性がなく、完全無農薬栽培が可能になり、閉鎖性が強いので、先にも述べたように健康機能性や薬効性あるいはワクチンなどを含む植物体や葉菜類の生産に用いられる³⁴⁾。ただし、温度制御だけでなく照明にもエネルギーを要するので、コストと炭酸ガス排出量が問題となる。何段でも培地を積み上げることができ面積当たり生産性を格段に高められるが、当面、食糧問題の解決に用いるのは無理がある。

食糧問題の解決に用いられるのは、ガラスやビニールで被覆された太陽光利用型の植物工場³⁵⁾である。これらも天候に左右されず通年の植物生産を可能にするので、面積当たりの生産性を倍以上に高めることができる。先に述べたように、遺伝子組み換えによる面積当たり生産性の上昇は数十%程度であるが、これに比しても格段の増大が期待できる。

あるいは、遺伝子組み換えと（太陽光利用型の）植物工場を一緒に用いれば、3倍（＝1.5×2）以上の面積当たり生産性向上が期待できる。その上、天候に左右されず安定的に農業生産でき、おいしい（が環境に弱い）作物も作ることができる。先にも述べたように、農薬や肥

料による公害も大幅に減らせ、肥効資源の循環を図ることもできるので、遺伝子組み換え技術と（太陽光利用型の）植物工場を組み合わせた農業生産を国営農場として推進するよう、本文では提案している。

ただし太陽光利用型の植物工場の場合にも、そのコストとエネルギーの低減、あるいは温暖化ガスの排出削減が求められる。

植物工場の省エネルギーは、熱消費側省エネ、熱供給側省エネ、作物側省エネの3方面の技術がある⁴⁰⁾。

熱消費側省エネは植物工場の保温性向上を目指す技術であり、多重被覆（固定2重・空気膜2重）、保温カーテン（2層カーテン・3層カーテン）、アルミ蒸着資材や赤外線吸収資材・複層板などの高保温性被覆資材、隙間抑制、多連棟化による床面積／被覆面積比向上、昼夜温管理による地面からの供給熱増、防風ネットなどの風抑制がある。

熱供給側省エネは、暖房機の高効率運転、代替エネルギー利用、ヒートポンプやトリジェネレーションなどの効率的エネルギー利用がある。代替エネルギーとしては、地下水利用のウオーターカーテン（空気膜2重構造ハウスを使うこともある）、太陽熱を土壤に蓄熱する地中熱交換方式、木質ペレットの燃料使用などがある。

作物側省エネとしては、根圏加温、循環扇による室温分布の均一化などの方策がある。ハイドロメンブランを用いた根圏加温については、既に前報で紹介した²⁾。

これらの方法を用いて、空気膜2重被覆で30%、太陽熱を流水で収集し蓄熱層に貯める空気膜構造ハウスでヒートポンプを利用することにより60～80%の省エネルギーが可能であると、報告されている⁴¹⁾⁴²⁾。

こうした省エネルギーの技術開発を進め、野菜だけでなく穀物・豆類なども植物工場で生産できるようにすることが求められる。

d) 本節のまとめ

以上をまとめると、地域社会では次の各施策が必要とされている。

- 水田で米だけでなく、飼料用穀物も生産する。(1)項で温暖化の適応作として述べたように、食用米は北海道や東北にシフトし、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。
- 米消費の拡大。
- セルロースを用いた食糧を原料としないバイオ燃料の開発・普及。
- 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。遺伝子組み換えを用いて多収穫作物の開発を行う。また植物工場の省コスト・省エネを図る。

参考文献

- 1) 水谷潤太郎：持続可能な地域社会の物的構成－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，pp.391-402,2005.
- 2) 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，pp.199-207,2007.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) Summary for policymakers of the synthesis report of the IPCC Fourth Assessment Report, Draft copy 16, 2007/11.
- 8) 茅陽一：持続可能な社会と温暖化対応，银杏会（東京大学同窓会）第13回トップフォーラム「持続可能な社会と地球温暖化について」，2008/3/8.
- 9) 杉山大志，星野優子：IPCCの低排出シナリオは実現可能か，（財）電力中央研究所・社会経済研究所 Discussion Paper SERC7006 ver.2，2007.
- 10) 「2050 日本低炭素社会」シナリオチーム（国立環境研究所・京都大学・立命館大学・みずほ情報総研）：2050 日本低炭素社会シナリオ・温室効果ガス70%削減可能性検討，2007/2.
- 11) 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.
- 12) 西岡秀三：日本低炭素社会シナリオ二酸化炭素70%削減を目指して，第22回環境工学連合講演会・講演論文集，pp.123-132，2008.
- 13) 経済産業省：COOL EARTH－エネルギー革新技术計画，2008/3.
- 14) 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.
- 15) 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.
- 16) 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.
- 17) 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.
- 18) 環境モデル都市10 都市選定へ：日刊建設工業新聞，

- 2008/1/30.
- 19) 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.
 - 20) 地球温暖化影響・適応研究委員会(第3回)：影響・適応に関する基本的考え方（環境省事務局のたたき台），2008/3/3.
 - 21) 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.
 - 22) 松井彰彦：経済論壇から，日本経済新聞，2008/4/27.
 - 23) 朝日新聞，2008/3/21.
 - 24) 日本経済新聞，2008/4/26.
 - 25) 日本経済新聞，2008/4/19.
 - 26) 朝日新聞，2008/5/8.
 - 27) 日本経済新聞，2008/4/16.
 - 28) 農林水産省：食料をめぐる国際情勢とその将来に関する分析－国際食料問題研究会報告書の概要－，2007/11，国際穀物フォーラム（農林水産省・外務省・国際穀物理事会主催）（2007/12/5）にて提示.
 - 29) 人類は食糧危機を乗り切れるか，日経ビジネス，2008/4/7.
 - 30) 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.
 - 31) 社説・農業を「成長産業」に変えよう，朝日新聞，2008/3/17.
 - 32) 日本経済新聞，2008/4/27.
 - 33) 食料の未来を描く戦略会議（農林水産省）：食料の未来を確かなものにするために(案)，2008/5/7.
 - 34) 農林水産省：食料自給率向上のための集中重点事項の取組について(案)，2007/9.
 - 35) 総合科学技術会議：最近の科学技術の動向「環境・エネルギー・食料問題の解決に貢献するゲノム育種」，2007/10/29，植物科学シンポジウム「植物科学の発展－植物生産力の向上による食料，生物生産，環境保全への貢献－」（独）理化学研究所・植物科学研究センター主催，2007/12/3）で提示.
 - 36) T. レイニー，P. ビンガリ：農業革命の種をまく・組み換え作物を生かす道，日経サイエンス，2007/12.
 - 37) 横田明穂：サイエンス「光合成と農業⑥」，日本農業新聞，2008/4/16.
 - 38) 後藤英司：遺伝子組換え植物工場を用いた高付加価値物質の生産，SHITA REPORT No. 25「進化をつづける植物工場」，日本生物環境工学会・植物工場部会，2008/1/25.
 - 39) ゼミナール次世代農業ビジネス⑩植物工場，日本経済新聞，2008/3/21.
 - 40) 林真紀夫：最新省エネ技術の現状と展望，第29回施設園芸総合セミナーテキスト，（社）日本施設園芸協会，2008/2/20・21.
 - 41) 岩崎泰永，相澤正樹：30%の省エネ・節油効果が期待できる「空気膜二重皮膜」の具体的利用法，第29回施設園芸総合セミナーテキスト，（社）日本施設園芸協会，2008/2/20・21.
 - 42) 島地英夫：ここまできた！バイオマス等代替エネルギーによる省エネ・脱石油技術の最前線，第29回施設園芸総合セミナーテキスト，（社）日本施設園芸協会，2008/2/20・21.
 - 43) 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.

BASIC INFRASTRUCTURES OF SUSTAINABLE REGIONAL SOCIETY -2008 SUMMER VERSION-

Juntaro MIZUTANI

A great push is expected this year in the global environmental issues after the publication of the IPCC Fourth Assessment Report, soaring cost of grains, and the earnest discussion towards the TOYAKO SUMMIT conference. Follow-up of the previous version of this paper is needed to bring in the findings learned during these studies. Main points are as follows:

- Preposition “Land use for conservation of natural ecology is severe competitive to food production and natural energy exploitation” has already well established in the environmental science field concerning the global environmental problems. Solution of this preposition continues to be most vital in the future.
- Atomic energy is needed to alleviate this conflict. Carbon capture and sequestration (CCS) should be conducted at the thermal power plants, the steel plants and the cement factories to complement the atomic power towards the low carbon society. Compact city urban planning, energy-saving houses, heat-pump air-conditioning and other methods should also be installed to save energy usage.
- Not only rice for humankind but feed grains should be produced at the paddies to increase the food self-sufficiency ratio. Production of rice for human consumption will be shifted to Hokkaido and other northern area. Feed grain is mainly produced in the western prefectures, 2 or 3 times a year or more. State-run leading-edge farming plants with the plant factory technology and the genetically-modified crops is proposed here to increase the per area productivity drastically.