

3-4 魚類養殖における食糧の安定供給の鍵は？

高知大学大学院黒潮圏海洋科学研究科

大嶋 俊一郎

1. 世界人口の推移と予測

現在、世界人口は約 65 億人といわれている。200 年前には数億人、100 年前には十数億人で、近年、幾何級数的に増加していることが分かる。この人口増加数を一日に換算すると、地球上で毎日 20 数万人ずつ増えている計算になる(図 1)。このまま人口が増え続けると、2050 年には 90 数 ~ 100 億人に達すると予測される。

人口増加率に関する総務省の最近の発表によると、1991 年から 2000 年には発

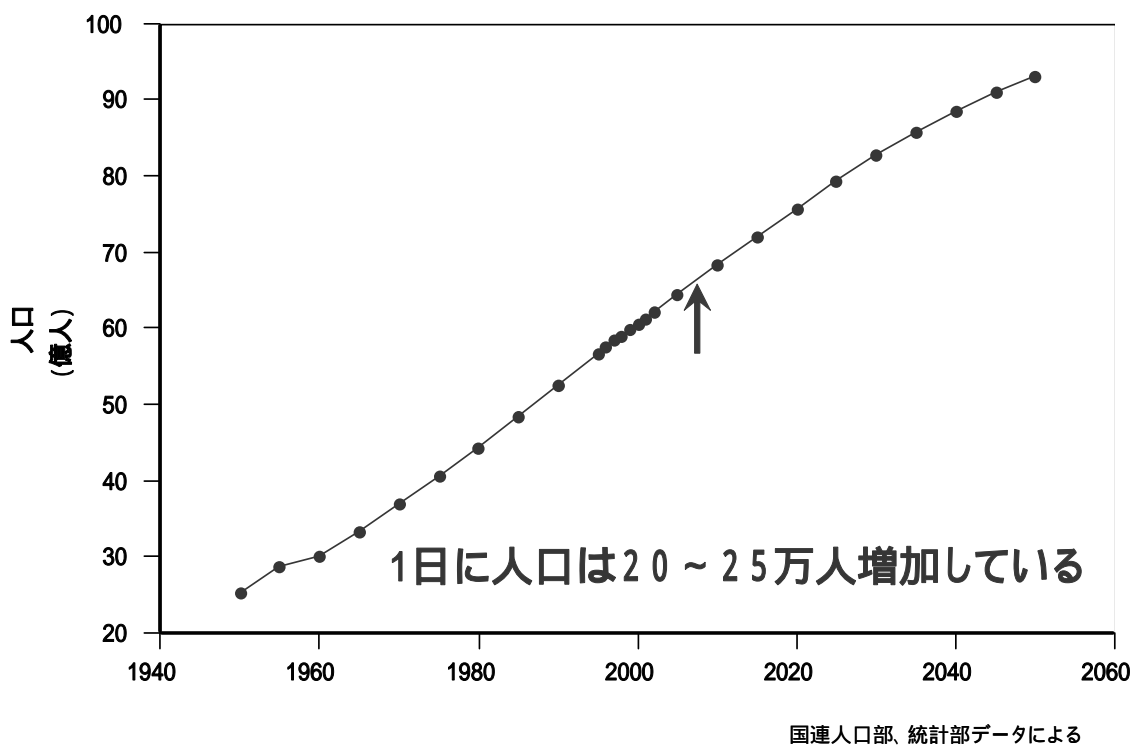


図 1. 世界人口の推移と予測

展途上国に比べて先進国の増加率が著しく低下したという。欧州主要国の人口増加率は0.5%未満で、日本は0.3%である。

人口増加率の特に高い国はエチオピア（3%）、パキスタン（2.5%）ならびにフィリピン（2.2%）などとなっている。ロシアがマイナス0.2%と唯一減少していて、これはソビエト連邦崩壊後の経済不安による影響と考えられている（日本経済新聞 2004年8月5日）。

2. 世界の穀物類の生産・消費と在庫率の推移

人類の食糧として重要な穀物類はどのような状況にあるのか。図2は過去約40年間の小麦・とうもろこし・大豆の生産量・消費量・価格ならびに在庫率を示している。1960年から人口の増加に伴って、小麦・とうもろこし・大豆は生産量も消費量もともに右肩上がりである。この図で注目すべきは赤線の在庫率である。在庫量が増えていない。これは、近年問題になっている地球温暖化にともなう各種災害などが人類に襲いかかった場合、たちまちのうちに食糧危機が起こることを意味している。先に述べたとおり、人口増加がそのまま進んで行くとしたら、食糧として最も重要なこれら穀物類の在庫率を上げていくことが、深刻な問題と思われる。

図3に示すとおり、主要農産物の輸出国別のシェアでは、穀物のほとんど

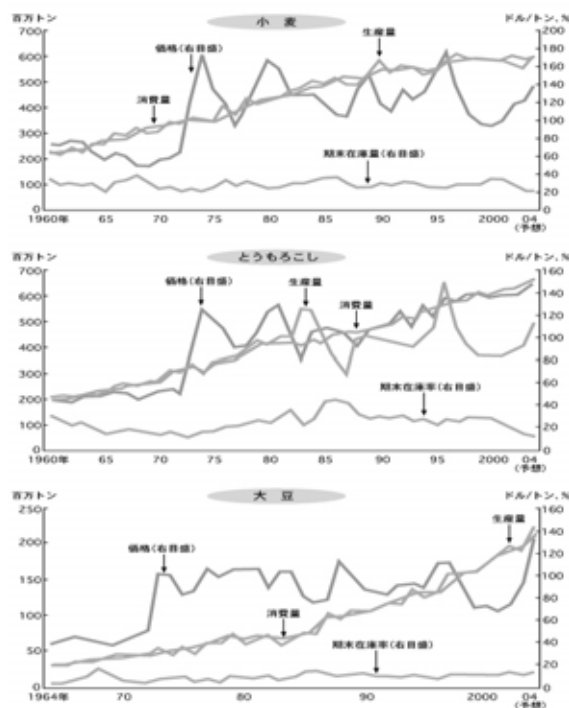


図2. 穀物類の生産・消費・価格の推移

(出所：http://www.e-shokuiku.com/index.html)

が米国とオーストラリアで生産・輸出されており、牛肉・鶏肉・柑橘類も米国の生産と輸出量の高さが一目瞭然である。残念ながらこの図の中に日本の名前は出てこない。

■ 主要農産物の輸出国別シェア (2002年)



図 3. 主要農産物の輸出国別シェア (2002年)

(出所: <http://www.e-shokuiku.com/index.html>)

そこで、日本の主要農産物の国別輸入割合をみると、農産物全体、つまり小麦・とう

もろこし・大豆・グレイソルガム・牛肉の全てで米国に大きく依存していることが分かる(図 4)。ここに示されている国々のどこかで輸出に障害がおけると、日本にとって大変なことが容易に想像できる。

具体的な輸入障害として、狂牛病の問題が記憶に新しい。1986年に英国で初めて狂牛病に感染した牛が報道され、さらに、1996年には狂牛病が人間に感染する可能性のあることが報告され、世界保健機関(WHO)は牛に肉骨粉を与えないように勧告している。また、国内でも2001年には千葉県で飼育されていた牛に狂牛病の疑いのある症状が確認され、牛に対する安全性が疑われるようになる。

農林水産省は2001年10月4日より、狂牛病の感染源とされる肉骨粉の輸入・製

■ 我が国の主要農産物の国別輸入割合 (2003年)

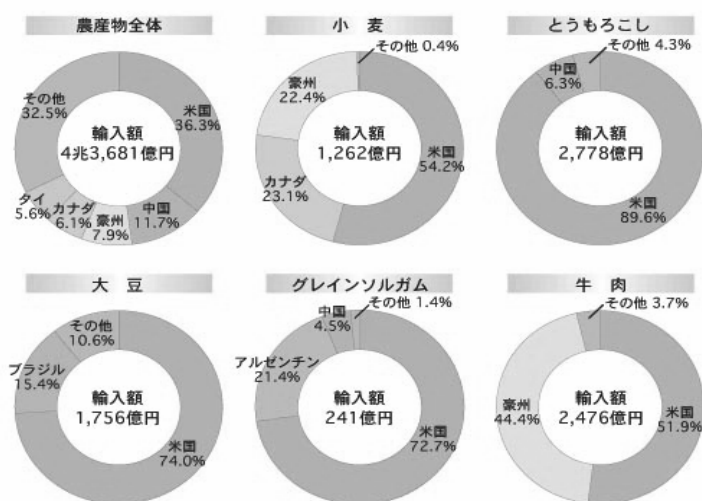


図 4. 日本の主要農産物の国別輸入割合 (2003年)

(出所: <http://www.e-shokuiku.com/index.html>)

造・流通を一時全面停止することを発表している（日本経済新聞 2001年10月2日）。このことをきっかけに、外国より牛肉をはじめとする乳製品の輸入が再検討されることとなった。この問題から我が国が学ぶべきことは、輸入先

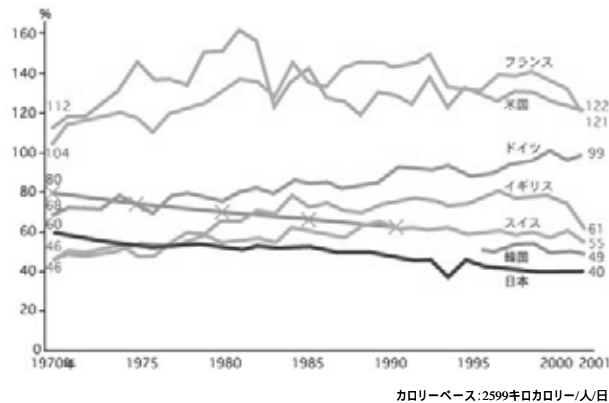


図5. 国別の食糧自給率推移

(出所: <http://www.e-shokuiku.com/index.html>)

をできるだけ複数国にする努力を続け、同時に国産の安全で安心な農産物の生産を促進することが何よりも求められるということである。

日本は農産物の多くを特定の国に依存していて、上述した狂牛病などの感染症やその他の自然災害が起こった場合、たちまち食糧危機に陥る危険がある。

国別の食糧自給率を、図5に示した。2001年のカロリーベースの食糧自給率はフランスが最も高く122%、次いで米国が121%、ドイツが99%と続く。先進諸国の中で最も低いのは日本で、40%となっている。単純に考えると、私たちが毎日食べている食糧のうち60%は外国に依存していることになる。私たちが生きていくうえで必要不可欠な食糧がこのような状況にあることを理解することは、日本が今後どうあるべきかを明確に示している。

3. 食を取り巻く世界の現状

3.1 食の安全性

これまで世界人口の推移と過去数十年の食糧状況を紹介したが、ここでは食を取り巻く世界の現状に触れたい。現在、食の安全性に対する世界の関心は高く、日本でも例外ではない。狂牛病は先にも述べたとおり、ヨーロッパや日本

においても今なお大きな問題になっている。

また、鳥インフルエンザも深刻で、京都の養鶏場で鶏の大量死が発生し大きな問題になったことは記憶に新しい（日本経済新聞 2004年2月29日）。鳥インフルエンザの国内での発症は、2003年12月28日に山口県で鶏8羽が死ぬことに端を発し、その後、2004年2月14日に大分でチャボが3羽死ぬなどの被害が発生、続いて京都府、香川県へ拡大していった（日本経済新聞 2004年3月9日）。また、タイでヒトに対する鳥インフルエンザ感染により、8人目の死者が出たことが2004年3月に報じられている（毎日新聞 2004年3月17日）。

このように狂牛病や鳥インフルエンザの問題で、肉食離れが世界的に進んでおり、安全で健康な動物タンパク源として、魚類が注目されるようになっている。

その大きな理由は、感染症の視点から安全性を考えると、畜産動物は恒温動物でヒトの体温と近く、上述のとおり人畜共通の感染症が存在する。これに対して魚類は変温動物で、ヒトとは生活している温度帯が大きく違っていて、畜産動物よりも安全性は高い。

しかしながら、天然の魚資源が非常に減少していることが近年報告されており、資源保護の観点から国際的に漁獲量を規制する方向に進んでいる。また、戦争などの国際的な不安要素から原油が長期間に渡り高騰しており、船を出して漁業を行うこと自体が難しい経済状況になっている。

3.2 ブリックス (BRICs)

BRICs は、ブラジル・ロシア・インド・中国の頭文字をとった省略であり、ブリックスという。これら4カ国の人口を合わせると現在、28億人であると言われている。これは先に述べた世界人口のおよそ半数を占める。近年、BRICs

の生活水準は向上し、食糧に対する需要が高まり、また、食の西洋化や高級化が進んでいるといわれる。

BRICsの各種食糧の世界シェアをみると、2005年には、牛肉が世界の約30.5%を占め、大豆が39.9%、トウモロコシが28.5%を消費している。これが20年後には、牛肉の40%、大豆の47.8%、トウモロコシの40.7%を独占するようになり、2035年には牛肉・大豆・トウモロコシの約半分をこれら4国が独占すると予測されている。特に牛肉のシェアはブラジル・ロシア・中国で増大し、大豆はベジタリアンの多いインドで増えることが予測されている（国連食糧農業機関：FAO，エコノミスト）。

現在、認識されている世界の190カ国のたった4カ国でこれだけの食糧を独占してしまうことは、多くの諸国に影響を与えることが容易に想像される。

また、この問題をさらに深刻にしているのは、これら4カ国はこれまで食糧の主要な供給国であったということである。食糧を供給していたこれらの国々が、近年の工業化の進展によって農業用地が減り続けている。

食糧の消費は人口増加に伴って増えつづけ、また、食糧生産国の工業化に伴い食糧生産量は減少していくと、食糧問題は益々深刻化する。

日本においても、年間に廃棄される食糧は700万tに及ぶとされ、これは金額に換算すると11兆円にもなるといわれる。地球上では人口増加がどんどん進み、現在、世界人口のうちの約8億人が栄養失調ならびに飢餓の状態にあるなか、食糧の生産地が次々に工業化し、また、一方で多くの食糧が捨てられている。この現状を見ただけで、我々人類の食糧の未来には多くの問題が山積していることが分かる。

ここまで見てきたように、食を取り巻く世界の環境は、まず、牛肉や鶏肉な

どの動物性タンパク質の狂牛病やインフルエンザウイルスなどによる安全性不安を背景に、欧米での健康志向ブームもあいまって、シーフードブームが到来しており、食糧としての魚類が見直されている。また、特に中国やインドなどの経済成長に伴い、水産物の購買力が増加して BRICs の食の大量消費が既に始まっている。このような背景から、世界的に水産物の需要が増加している。

4. 魚類の漁獲生産量と養殖生産量

世界の漁獲生産量はどのようになっているのかをみると、2000 年頃までは漁獲量は増加していたが、その後は減少している。これは、地球温暖化による各種環境への影響によって資源量が減っていることはもちろんであるが、何よりもこれまで魚を取りすぎたことが原因として大きい。

この傾向は、国内でも顕著で、漁獲量は減少の一途を辿っている。農林水産省の発表では、2005 年の日本の漁業生産量は 572 万 t と、この 20 年で半分以下になった。

マイワシなどは、90 年代のはじめ頃には 150 万 t 以上の漁獲量を上げていたが、近年は 10 万 t 以下に激減し、2006 年は一匹 1000 円を越す小売価格が話題になった。このような現状のなか、水産庁は 2002 年から「資源回復計画」をスタートさせ、緊急を要する魚種について、国と都道府県が目標値を設定し、1：減船・休漁による漁獲の削減、2：稚魚放流、3：漁獲環境の保全などを行っている（日本経済新聞 2006 年 8 月 21 日）。このように国内においても、動物タンパク源として有望な魚類の確保は、厳しい状況にある。

世界の養殖生産量は、1954 年以降漁獲生産量を上回っているが、ここ数年は頭打ちが続いている（図 6）。この原因として、養殖環境の悪化、養殖魚を育てるための餌の主成分が魚粉であり、天然魚自体が減少する中で、餌の高騰化が

進んでいることがあげられる。国内では2006年に資源量の減少と、原油高騰により魚粉の価格が倍になり、養殖業の経営を大きく圧迫している。

今後、水産増養殖を持続可能にしていくためには、餌の主成分を魚粉から他のものに代えていく必要がある。そこ

で、我々は2003年より南極オキアミが魚粉の代替になりえるか否かを、サケ科魚類ならびに国内の主要海産養殖魚であるブリなどで試験し、比較的よい成績を上げている。現在、南極オキアミの資源量は数億トンといわれており、FAOはこのうち400万tまで獲ってもよいとしている。ちなみに現在、人類が利用している南極オキアミの量は15万t程度である。

今後は養殖を更に持続可能にしていくために、南極オキアミなどの持続可能な資源を有効に利用していく研究が重要になると思われる。

食糧としての魚類の安全性は、畜産動物よりも高いことを前述したが、飼料効率という観点からも魚類は重要な動物タンパク源であることが分かる。

飼料効率とは、簡潔にいうと餌1kgを与えたときに、どれだけ肉に変わるかということである。

牛は十数パーセント、豚は30%前後、鶏は70%弱であるとされている。魚類はマダイ・ギンザケ・ニジマスなどで70%弱であり、ティラピアで80数パーセントと非常に高い。しかし、魚類は軒並み飼料効率が良いわけではなく、ウナギは20数パーセント、ハマチやトラフグなどは40%程度である。

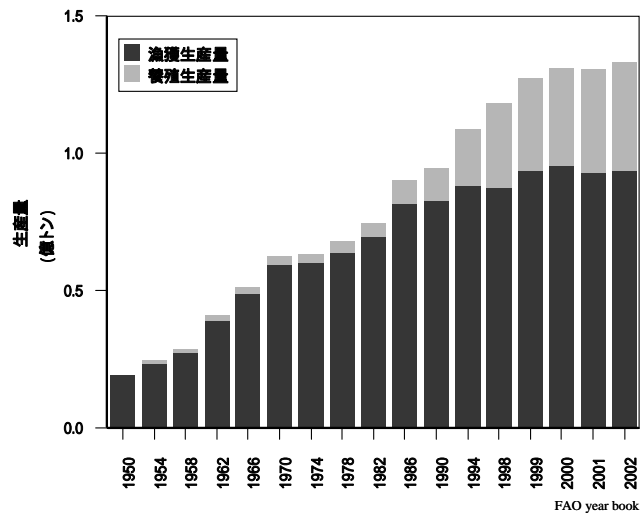


図6. 世界の漁業生産の推移

ここに時間軸を入れて費用対効果を見ると、鶏が最も良いことになる。鶏は品種改良の結果、卵から孵って約42日で大人の鶏、つまり、食用サイズになる。ところが、魚類は食用の大きさになるまでに、短くても1年弱の時間がかかることから、鶏には遠く及ばない。ただ、食は文化であり、安全性が高く、飼料効率も比較的良好で、食材として多様性のある魚類は、今後益々重要な動物性タンパク源になることは容易に予想される。

5. 魚類養殖と感染症対策

人類の動物タンパクの生産と確保において、魚類養殖は多くの利点のあることを前述したが、養殖は感染症との闘いといってもよく、したがって、養殖では魚類に感染する感染症を如何に制御するかが非常に重要な問題である。

日本における魚類の感染症は、水産増養殖が始まった1960年代後半から各種感染症の報告が多くなり、これに伴って本格的に研究されるようになった。なかでも、海ではブリ養殖が盛んに行われ、ブリに関する感染症が多数報告されるようになったのもこの頃からである。

これまでに国内で問題になった魚類の感染症の背景には前述の食糧自給率の問題がある。とういのは、海外から輸入された水産動物が各種病原体を国内に持ち込んで、それらが養殖魚類に感染して被害を出した。これらのうち、特にウイルス感染症の多くは外来種と考えられている。

外来種のウイルスが我が国に侵入し問題となった具体的な例を、我々の研究をもとに以下に紹介する。

5.1 伝染性造血器壊死症ウイルス (IHNV)

サケ科魚類に感染する伝染性造血器壊死症ウイルス (IHNV) は、ラドウェイ

ルス属に分類され、狂犬病ウイルスと同じ仲間である。このウイルスに感染した魚は、脾臓が壊死しニジマスの稚魚などは、ほぼ 100% 死亡する強い毒性をもっている。

このウイルスの構造は、さやに包まれた砲弾型をしていて、ウイルスゲノムは、3'側から、ウイルス粒子を構成する N タンパク質および P タンパク質、ウイルスのさやの裏打ち構造をつくる M タンパク質、ウイルス粒子の表面でスパイク構造をつくり、ワクチン源として重要だと思われる G タンパク質、非構造タンパク質の NV タンパク質、およびウイルスポリメラーゼの L タンパク質をつくる情報をもっている。

1950 年代に北米の太平洋岸諸国で発生が確認され、その後 1970 年代にアジアやヨーロッパに拡散したと考えられる。国内では 1970 年代に北海道で初めて確認された。その後、IHNV による被害は本州に拡大したが、その経緯は明らかではない。北海道で初めて分離された IHNV の発生は、アラスカからのベニザケの輸入卵と共に持ち込まれたと考えられており、これまでの血清学的研究から、国内の IHNV 分離株は米国カリフォルニアおよびオレゴン州の分離株とは異なるタンパク質で出来ているとされていた。そこで我々は、長野県で分離された IHNV HV7601 株の遺伝子配列を決定し、系統を作って分類してみた。用いたウイルスは 1976 年に長野県のニジマスから分離された HV7601 株である。

GenBank の 1F 株の遺伝子配列の情報を基にプライマーを設計し、PCR による増幅産物を用いた TA クローニングによりシーケンス解析し、NJ 法ならびに ML 法で系統樹をつくった。

その結果、mid-G 領域の系統樹では、7601 株は、北米のアラスカ、コロンビア川流域、ワシントン沿岸の分離株が属する U グループに分類された。同様のグループ分けは、GenBank のアジア株（日本由来の G4 株と韓国由来の PRT 株）

と欧州株を含めた G 領域の系統樹でも確

認され、G4 株と PRT 株は U グループ、欧州株は M グループに大別された。このことから、国内の IHNV は、同系の遺伝子型が蔓延したと考えられた。また、G4 株の遺伝子配列が利用できなかった 5'N、NV、P および M 領域の系統樹分類の結果は、HV7601 株と PRT 株は近縁な関係を示し、日本と韓国の IHNV の関連性が疑われた。

今回の我々の解析結果は、魚類に感染するウイルスはヒトと物の動きに連動して世界に拡散していることを示す一例である。

5.2 魚類の感染制御研究の必要性

水産養殖における細菌感染症は、各種ワクチンが開発され、また、抗生物質も多種存在することから、抗生物質の残留や多剤耐性菌の出現などの問題はあ

るもののある程度は感染制御が可能になっている。

一方、ウイルス感染症は、世界的に増加の一途を辿っている。これまでに、魚のウイルス感染症に対するワクチンとして実用化されたものは、その被害やウイルスの種類に比べてあまりに少ない。この原因としては、ウイルス感染に関わる基本的な情報が少ないために、有効性の高いワクチンの開発に至らないことが一因に挙げられる。

今後、水産増養殖において感染症に対する有効性の高い予防法、診断法ならびに治療法の開発が益々求められると考えられるが、そのためには基本となる病原微生物の増殖機構や、宿主との相互作用についての分子レベルの正確で詳細な理解が不可欠である。

6. 今後の必要な取り組み

前述のとおり，世界人口が巨大となり，増えつづけると近い将来，世界的に深刻な食糧問題の起こることが心配される。特に動物性タンパクとして水産動物が食糧問題解決の鍵になることはここまでに述べてきたとおりである。

今後，人類と地球環境との共生を図りつつ，安全かつ安定な食糧の生産を実現し，供給できる仕組みをつくることが急務である。

また，人類が未来に向けて持続可能な社会をつくり，子供の世代，その次の世代においても安全で安心な社会をつくることを目指すことが，現世代の人々の責務であり使命である。

第二次世界大戦敗戦後，日本はあらゆる点で非常に厳しい状況に追い込まれた。

このような状況に対して，まず，優先されたのは戦後の国民の生活水準を上げることであった。戦後，日本は水道・ガス・金利に至るまで全てを官業主導で進めてきた。また，各種国営交通を設けることにより，失業者の吸収に成功し，世界に類を見ない経済復興と発展を遂げた（図7）。

これはまさに官業主導の賜物で，時代背景をもとにこの仕組みが大きな利益

戦後、我が国は国民全体の生活を底上げする必要があった

・ガス料金、電気料金、交通料金などは国が決める
・国営（交通公社・国鉄など）により、失業者を吸収



世界でも稀に見る戦後復興を見事に官業主導で成し遂げた

ベルリンの壁崩壊により、自由主義経済圏の拡大（金融自由化）
外資の流入・買収が頻発する



平等（非競争の原理）な社会から 公平公正（フェアな競争）な社会への意識改革
官業主導経済では、国はもたない（対応できない）

図7. 戦後の日本の復興と今後の課題

を国民にもたらしたことは否めない。

しかし、ベルリンの壁崩壊後、自由主義経済圏の拡大により、日本も例外ではなくこの大きな波に飲み込まれる可能性がある。戦後の官業主導は、上述のとおり平等（競争しない仕組み）により奇跡的な復興を成功させたが、現在、自由主義経済圏の拡大により日本が求められているものは、平等ではなく公正で公平なものの考え方である。つまり、これまでとは異なる意識改革が求められているのである。これは官業主導では対応できない波であり、日本は新たな時代を迎え、現在の社会システムを大きく変更しなければならない状況におかれている。

これまでの、経済発展という目標だけで行動するには環境問題を筆頭に限界が生じ、その結果、人類社会は多くの点で危機的な状況に直面している。

この時代を切り拓くためには、戦後の復興に貢献してきた官業主導ではなく産学官が融合することこそが、最も現実的で社会の利益を最大限に生かした仕組みであるとする。

この際に最も重要で必要な共通認識は「地球にある全てのものは相互に繋がっているというもののとらえ方」である。これは吉野源三郎氏作の「君たちはどう生きるか」の中にも触れられている。登場人物であるコペル君は中学生であるが、ある時コペル君は銀座のデパートの屋上から人の動きを眺めて、『人間で、ほんとうに分子みたいなものだね』とおじさんに話しかけます。すると、おじさんは、「一人一人の人間はみんな、広いこの世の中の一分子なんだ。みんなが集まって世の中を作っているのだし、みんな世の中の波に動かされて生きているんだ」と教えます。また、コペル君は粉ミルクが自分の口に届くまでを考え、牛、牛を飼う人、乳を搾る人、これを工場に運ぶ人、工場で粉ミルクにする人、缶に詰める人、それをトラックに運ぶ人などなど、一つの製品を見て

もどれだけ多くの人に関わっているかに驚き，これに「人間分子の関係 網目の法則」と名づけます。これに対しておじさんは，生産関係という言葉を使って人間のつながりについて説明します。

この例にあるように，あらゆる事象を論じる際，物ごとのつながりを理解し，全てを単体で考えるのではなく，「社会組織全体の最適」を考えること，つまり，部分最適ではなく，全体最適を意識することが重要で，この思想が最終的には，社会全体の利益を上げることとなる。（「会社は誰のために」(文藝春秋社)）

これらの概念を強く意識しつつ，異分子が如何に融合して新しい社会システムを構築していくかが，自由主義経済圏の大きな波に飲まれず持続可能な社会の構築に向けた現実的で，人類に対して利益の高い選択であると思われる(図8)。

2001年2月19日の毎日新聞に「ダ・ビンチ精神 次世代に発信」という興味深い記事がある。記事の中ではレオナルド・ダ・ビンチは，力学・光学・天文学・解剖学・気象学など彼の思索はとてつもない領域に広がっており，芸術・自然科学・技術これらが彼の中で一つのものとなっていたことに触れている。

**日本の産界・学界・官界の融合と産界の各業種の融合により、自由主義
経済圏の拡大に対応した仕組み(非官業主導型)創り**

各界の融合により

現在、各界とも個々の最適(1つの物を取り合う競争)だけを考えてきた結果、国内産業界は疲労を起こしている



社会全体の利益を上げる

各界全体を見渡し、常に全体の最適を調整し強みを出し合い利益を上げる 国益・人類益向上

図8. 求められる新しい社会の仕組みづくり

また、ダ・ビンチから学び、どうしたら持続可能な地球社会を創造できるかの答えのひとつとして、「新たな総合科学の創造」の必要性について触れている。

日本は四方を豊かな海に囲まれており、緑に包まれた山々や河川が多く存在し、海水ならびに淡水が豊富に存在する特性を持っており食糧生産の環境という観点から考えると、非常にポテンシャルの高い国である。

今後は、総合科学の発想の基、わが国を支えている企業・地方自治体・大学法人の壁を取り払いそれぞれの個性と強みを融合（産学官融合）し、また、産業界の壁をも取り払ってあらゆる方面からの英知を結集し、これから予測される問題に対して全体の最適の観点から迅速に答えを出していける仕組み作りが重要であり急務であると考えます。

また、同時に「武士道」（「武士道」新渡戸稲造 三笠書房）から学び、高い倫理観を再び我々の心の中に息づかせることは、無宗教である我が国を持続的に発展させる上でもう一つの重要な要素であると考えます。

参考文献

吉野源三郎（著）. 1982. 「君たちはどう生きるか」. 岩波書店. 東京. 339 頁.

御手洗富士夫・丹羽宇一郎（著）. 2006. 「会社は誰のために」. 文藝春秋社.
東京. 221 頁.

新渡戸稲造（著）. 2006. 「武士道」. 三笠書房. 東京. 109 頁.