

継続教育シリーズ 3

水土の知を学ぶ



農業農村工学会

「水土の知を学ぶ」

キーワード

水土の知 水土 水 土 科学 利用技術 水環境 利水技術 農地保全 物質循環 水循環 生物多様性 環境容量 資源循環 生命循環 制度資本 社会的共通資本 地域コミュニティ ソーシャルキャピタル 科学／技術の総合化 イノベーション

要旨

「水」と「土」を合わせた「水土(すいど)」という言葉は、古くから「水と陸地、土地あるいはその土地の自然環境、風土」(広辞苑より)を表すものとして広く使用されています。「水土の知」には、**循環**という自然の**科学的機能**を最大限活かした**技術**(知恵)があります。日本にはこの島国を人類の生存基盤とするため、物質と生命がうまく循環するように仕組んできた「水土の知」と呼ばれる知恵が培われています。

しかし、現在地球環境問題に代表される私たちの生存基盤に大きな影響を与える事態が徐々に、そして確実に進行しています。その原因は、水土の知にある循環の技術を活かしていないことにあると考えています。この水土の知は、現代の科学／技術の体系から見ると多岐にわたり、理解するのに時間を要するものとなっています。そこで、これから「**水土の知を学ぶ**」と題して、様々な既存の文献や論文をもとに、著者自身の考え方に沿って整理したものを紹介します。

現代の地球環境問題の深刻さと殺伐とした人間関係の事件の多発は、今や具体的に地球環境と人間の心という形で暗示されていると言えます。JT 生命誌研究館館長の中村佳子氏は、この現象を「**実はこの二つはそれぞれ「外の自然」と「内の自然」の崩壊であり、生命の危機という共通の側面を持っている**」と言っています。しかも危機をもたらしている原因は、過度に利便性と金銭にこだわり、欲望を満たすことを幸せと位置づけた価値観であり、この価値観の下でそれらを用い、それを絶対と考えることが生命の危機につながると言っておられます。環境問題には技術開発、人心について教育制度の変更などが検討されていますが、価値観の見直しなしでは根本的解決にはならないのです。

価値観の見直しとは大げさですが、「**自然(循環)を生かして暮らす**」という単純な選択をすれば良いのです。それには、人々が「自分は生き物であり、自然の一部である」という実感を持つことです。それは「**わきまえて生きる**」という生き方につながり、地球上のすべての人が、生きる喜びを感じながら暮らす生活を可能にしようとする行動が始まるはずです。

それは、利便性、欲望、金銭とは異なるところに価値をおく社会です。日本文化の基点は、「**自然を畏れ、自然と共に暮らす**」ところにあるのです。これは日本の原点を見直すことになるだけでなく、日本文化のよさを世界へ発信することにもつながるのです。その原点が「水土の知」にあるのです。逆を言えば、私たちの生存基盤に大きな影響を与える事態が徐々に、そして確実に進行しているのは、水土の知にある循環の技術を活かしていないことにあると考えています。この水土の知は、現代の科学／技術の体系から見ると多岐にわたり、理解するのに時間を要するものとなっています。そこで、これから「**水土の知を学ぶ**」と題して、様々な既存の文献や論文をもとに、著者自身の考え方に沿って整理

したものを紹介します。

具体的には、**第1章**は、水土の知の系譜につながる学会が発表した基本的な考え方を整理します。**第2章**は、水土の知を形成してきた歴史的意義を整理します。**第3章**は、現代社会が抱える地球環境の課題と進むべき社会のあり方を整理します。**第4章**は、第3章で提起した地球環境の課題を「水土の知」の視点からとらえ、科学／技術の原則、現代社会の課題など基本的考え方を整理します。

第5章は、物質を知り、それが利用できる根拠や方法、さらに自然界における役割を理解するには、その物質の様々な性質を知ってはじめて可能となります。ここでは、水土の知を学ぶために必要な水の科学（物理的、化学的、環境的な科学）を整理します。**第6章**は、水の科学を基にして循環を視点においた水を利用する技術にはどのようなものがあり、その技術の考え方は何であるかを整理します。

第7章は、土は、人間の体で言えば、脳であり、筋肉であり、消化器官等であり、循環を担う組織母体そのものです。土について、自然界でどのように存在し、土の物理的、化学的、生物学的な科学の原理を整理します。**第8章**は、土の科学をもとにした土の循環機能を活かす利用技術を整理します。

第9章は、水は人間に例えると血液です。健全な血液の循環、つまり水循環が国土、地球環境（土の組織）を維持してきており、水の循環にかかわる水循環の科学を説明します。**第10章**は、例えば血液に溶けて循環する物質循環の整理です。それは土を媒体として様々な物質が水に溶けて、循環していること、時には土を浄化する機能まで有していることを整理します。**第11章**は、生命循環と題して、水循環や物質循環の機能を用いて織りなす生命の循環の複雑さについて生物多様性を例に整理します。**第12章**は、循環を健全に促す技術を整理します。環境容量は循環を促進する基本的な尺度ですが、その容量の減少を防ぐ技術や増加させる技術まで整理します。

第13章は、人々が循環を図るために自然に働きかけてきた結果として生まれてきた地域コミュニティの歴史や特徴を整理します。人々の働きかけてきた水土の知の技術が活かされている循環の思想は、地域固有の文化を創り上げてきているのです。**第14章**は、人々の作り上げた循環のためのコミュニティの時代に即した新しい環境の担い手、ソーシャル・キャピタルのあり方を整理します。

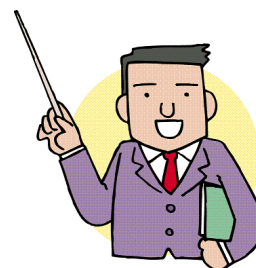
第15章は、水土の知を活かすために今必要となる科学／技術の総合化という視点で整理しています。環境はフィールド・サイエンスであり、それを活かす技術には総合化が必要となることを整理します。**第16章**は、科学技術の倫理として、地球環境問題を解決していくために必要な技術開発にはより明確な倫理観が求められるとすることを整理します。そして、**第17章**として未来を切り開く科学／技術のイノベーションを整理します。温暖化、人口増大と砂漠化等耕地減少、食料とエネルギー供給の調和など地球環境問題に加え、日本の人口減少社会の到来と高齢化、地域格差の拡大などを踏まえた場合、日本が世界に向けて発信できる科学／技術とは何か、どのような技術を開発していく必要があるか、循環の技術を取り入れた今後必要となる技術開発の方向を整理します。

そして、最後に**第18章**として「水土の知を学ぶ」ための参考となる話題をいくつか用意しています。なお、この原稿の元となった資料はホームページ

(<http://seneca21st.eco.coocan.jp/>) に掲載しておりますので、参照されたい。

目次

第1章	水土の知の基本的考え方	1
第2章	水土の知の歴史的意義	6
第3章	循環機能の発揮を脅かすグローバルな動き	10
第4章	水土の知が目指すべき科学／技術	14
第5章	循環を知るための水の科学	18
第6章	循環のための水の利用技術	22
第7章	循環を知るための土の科学	26
第8章	循環を生かす土の利用技術	31
第9章	水循環の科学	35
第10章	物質循環の科学	38
第11章	生命循環の科学	44
第12章	循環の技術	48
第13章	循環を担う地域社会の現状と課題	53
第14章	循環を生む新しい制度資本の形成	58
第15章	地球環境問題の解決に不可欠な科学／技術の総合化	64
第16章	循環を担う科学／技術の倫理	68
第17章	未来を切り開く科学／技術のイノベーション	72
第18章	おわりに	78
参考文献		90



第1章 水土の知の基本的考え方

1 生命を律する〈循環の原理〉

地球は“生命の星”です。誕生以来億年の歩みの中で、地球上では、太陽光エネルギーを原動力とし自転や公転の作用で水や大気が循環するようになりました。その恵みを得て地殻の組成物から原初的なタンパク質が生まれて生命となり、生命は進化を遂げ、地表の一構成員として生物圏を形成するに至っています。

地表では多種多様な**物質循環**がそれぞれ関連しつつも固有の形態と大きさ、時間を持ち、その結果、生命が存続可能な状態に維持されています。そこに育まれた生物圏にも食物連鎖と死後の無機物への還元という特有の循環があり、多数の生命がその営みを持続させています。絶えざる〈循環の原理〉は生命をも律し、**水と土から生まれた生命は、水と土へと再び還っていきます**。人類が誕生したのは、生命の歴史上最後の一瞬にすぎない数百万年前のことです。そこから現在までの短期間のうちに、人類は他の生物を凌駕し、地表の至る所に活動を拡張しました。人類は生物圏の中から生まれ、いまや人類圏ともいうべき新たな圏として、地表に独自の強固な地位と影響力を持つようになりました。それを実現したのは、生物史上人類が初めて農耕や牧畜によって生命維持を行う基盤を形成したことによります。

これらは**生物圏の循環を活用した生産活動**であり、ここから作物など自然に対する深い理解や循環の仕組みへの関心が育ちました。とりわけ**農耕**は、水と土に条件づけられて地表の各地域で多様な形態をとり、生産性を向上させることにより人類の増加を支えてきました。農耕がもたらした社会的余剰は文明を生み出し、地域色豊かな**文化**を育んだのです。

生物圏の循環に深く関与する**水と土**は、生存基盤の最も**基礎**にあります。水は作物の形を正常に保ち、光合成の素材となります。また、大気から降水で地表に到達した水は、流れ、止まり、潜るなど多様な形態で地域を巡り、蒸発散で再び大気へ戻るというように、自ら循環するとともに物質循環を媒介します。他方、土は水を受け止め、物質循環の場であり、広がりとしての大地でもあります。

生存基盤の健全な維持にとっては、その基礎にある水と土を〈循環の原理〉に即して健全に維持することが不可欠です。水と土が空気や生物に広く開放された状態（開水面や開土面）で存在していることは、循環を維持していくために重要であり、生物圏や人類圏にとって大きな意義を有しています。

2 水土の知

モンスーン・アジア地域は森林地帯の多様な自然と多くの降水量で特徴づけられ、諸民族は**水田稲作**に深く依存しつつ適応し定着しています。アジア大陸縁辺に位置する日本においても、人口扶養力の高い水田稲作を基軸とした生存基盤を発展させてきました。わが国の水田稲作農耕の基礎には、季節的偏りのある降雨と大陸に比べて比較的制御しやすい小規模の地形単位という特性を有する水と土があります。

水と土は自然そのものではなく、循環の仕組みを増進しつつ恵みが受け入れやすいように人工物が組み込まれて基盤として形成されています。また、これを維持・運営するため、社会集団や制度、儀礼、年中行事、慣行などを伴っています。

こうして独特の性格を持つようになった〈水〉と〈土〉と〈人〉の複合系は、一つの**社会的共通資本**としてとらえることができ、広がりのある地域として展開しています。この複合系にあつては〈水・土・人〉が分かちがたく緊密に結びつき、個々の構成、要素（部分）の単なる

集合以上のものとして、つまり統合されたもの（全体）として独自の特質を発揮しています。



先人たちはこの複合系を巧みに「水土」と呼んできました。

水土は今日“風土”と呼ばれる内容をも含んでおり、わが国の各地に、そしてモンスーン・アジア地域にも、個性豊かに展開しています。水土を巧く機能させるための知が創出され、発展してきた〈水土の知〉は、①〈水〉と〈土〉を中心に据え〈人〉を介して水土に及ぶ複合系が有する全体性を反映し、対象が広範囲にわたること、

②基盤は長期にわたって機能し続けることから、過去を踏まえ将来を見据えて長時間にわたる視野を持つこと、③地域の課題に応じて水や土、作物など個別の関連分野の知を総合化し、水土を形成、維持していく手法であること、④知を体得し、水土に働きかけてその仕組みを助長する水土の知の集団を形成してきたことを特徴としています。我々はその系譜の上に位置しています。

水土の知は、こうした特徴を十分に生かして各地で**成果**を上げてきました。たとえば立地条件を見極め、循環の仕組みを保ちつつ、土地に潜在する生産力を引き出して優良な農地を拓くこと、水や物質の循環の場としての土を育て養うこと、自然のままに変動する水を安定させて効率よく使うために貯留し新たな水源とすること、この水源や河川から水路を開削して農地への水分補給を行うこと、過剰な水を農地から適切に排除すること、水循環を保全するために森林など流域をも保全すること、これらとの関係で人々が住む拠点を適切に配置、形成すること、水と土の循環を円滑にするため人と人の間に規範を作り集団としてさらには社会として組織化することなどを実現させてきた歴史を振り返れば、先人たちがこのような知を駆使して水土を維持し、その水準を高め続けてきたことが明白です。日本の扇状地や平野に現在も機能している水利システムは近世までにその基礎が築かれたものが多い清冽な水で名高い安曇野扇状地では斜面に沿った本来の流路を限りなく分岐させた（縦堰）うえに、それらと直交する水路（横堰）を設けることにより、地表水が浸透して不足がちの地域にまで水を行きわたらせる工夫を施しました。また、瀬戸内海に面する岡山平野では、干満の差を利用し、水源を養う山の保全をも考慮して用水を保持しつつ、排水を強めることにより海底を平野そのものとして拓いた。こうした例は各地で大小限りなく存在しています。

人間活動の領域が拡張し、高質化されても、各地の水土は自然界が本来備えていた循環を破壊せずに経営され、国土全体の視点から見ても**都市と農村との間に物質循環を介した共生関係**が保持されていました。農村は人材や農産物を都市へ提供し、都市はその機能を発揮し、その有機廃棄物などを農村が受け入れ活用し、食料生産を支えることができました。この循環は、豊富な開水面や開土面を持ち、生活圏の大半部分を占める農村が水土を維持することによって成立していました。そこに**農の営みが循環を十分発揮できるような基盤づくり**がなされていたことは言うまでもありません。

このような〈循環の原理〉を基本とする水土の知は、流水域と止水域が多様で複層的に存在し、独特の生態系を形成しているモンスーン・アジア地域の人々と共有されるものです。そこ

では水田稲作を基軸とした農耕が西欧とは異なる独自の自然観を育み、さらには共通の文化圏の形成にも関わっています。

3 水土を巡る変化

わが国では工業の急速な発展に伴い、**大量生産と大量消費**が定着し、生活の便利さは向上した反面、物的生産の効率化が他の過程を顧みずに追求された結果、生産と消費に伴う**大量廃棄**が定着することとなりました。農業においても大量の輸入地下資源エネルギーが消費され、また、大量の食料輸入は国土に窒素を蓄積させ、それを水圏に排出することで**循環に重大な歪み**を与えるようになりました。国土経営の点から見ても、都市は自ら処理できない大量の廃棄物を産出し、その対処に困惑しています。

循環を巡っても事態は変化してきました。生産から消費に至る仕組みが巨大化したのに伴い、人々が循環を認識できなくなっています。また、従来循環のうちに備わっていた浄化能力を質的にも量的にも超える廃棄が行われるようになり、循環の健全さが失われ、あるいは循環それ自体が失われるようになっています。

水土の知にも変化が訪れました。近代以降、細分化して要素還元し、分析して法則を発見する西欧近代科学の導入とともに、教育・研究体制が確立されました。これにより知の様態が、観察と経験に基づき個人が体得するような技能から、**専門化し普遍的な“科学／技術”**に変化しました。個々の科学は分科し、それぞれの対象と方法を確立した後に精緻になり、水準も向上しました。技術もまた、このように高度化した近代科学に基礎づけられて質量ともに能力を高め、たとえば構造物や水理の詳細な解析による安全性・安定性の向上、多数の施設に対する制御能力の増強などを可能としました。その成果は、水の乏しい台地を新たに開削した水路により潤したり、大河川の氾濫原に機械排水を導入して次々に農地とすることなどに現れ、こうした成果が敗戦後の食料危機を克服し、その後の人口と生産力の増大に大いに貢献したことは周知の事実となっています。

ただこの過程で水土の知も生産効率一辺倒に偏った社会全体の大きなうねりに抗することが困難となり、個別技術の充実のみを図る傾向が助長されたことは否めません。その結果、分科する科学の方法への過剰な依存が生じ、**細分化された科学／技術の視点で地域全体を評価**するようになり、本来水土の特性に応じた全体性を扱うことを特徴としてきた知が水土を見失う場面も生じてきました。現在、このような地道な努力の方向を、時代が求めるようになっています。

4 新たな水土の知の定礎

21 世紀初頭に立つ私たちは、人口爆発、温暖化の進行、生態系の破壊、資源濫用など地球規模の危機に直面しています。これらの事態は近い**将来人類の存立を脅かす**までになっており、いわば人類は自らが生み出した文明の帰結に押しひしげられつつあるといえます。

今日の文明が直面している地球規模の危機に対しては、個別的、部分的な対応では不十分です。このため、①人間のみならず**自然も生存の権利**を持つ、②現世代は後世代の生存可能性を狭めてはならない、③地球は有限であるという**環境倫理の確立**が望まれるとともに、さまざまな水や物質の循環系、あるいは生態系を回復していくような全体的な対応が必要です。

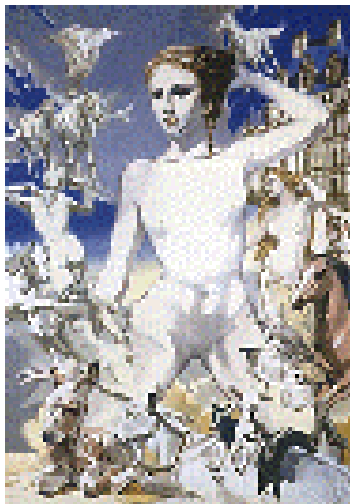
私たちは、食料生産の基本である農業とそれを育む水土を通じて、生命を律する〈循環の原理〉に関わってきました。水土の全体性を理解し、科学／技術に成果を蓄積してきました。物質的に有限な系である地球に住む人類の活動を持続させるため、その経験を活かし、率先して

行動することが可能であるし、しなければなりません。これは水土の知の担い手の文明や文化に対する責務であり、私たちはそのことを自覚すべきです。また、高い倫理を持った後継者を育成していくことが、**社会への大きな貢献**であることも忘れてはなりません。

新たな水土の知は以下の方向で展開されます。

(1) 水土の知は〈水〉と〈土〉に関する知見を中心に〈人〉を介して地域の水土に及ぶ対象を反映して全体性を有しており、これまでもその特徴を活かして数々の成果を上げてきましたが、過度に細分化され、水土の特性に応じた全体性を見失う傾向にあることも否定できない事実です。

このため、この知には水循環にせよ、物質循環にせよ、細分化されて過程の一部分を担って発展してきた個々の分野を**総合化**し、循環の全過程の中でとらえる本来のあり方に今一度視座



を転換し、その体系化、普遍化を強力に推進し、新たな形態の科学／技術として定礎すべきです。その際、近代以降の科学／技術に裏打ちされ、現在までの成果の蓄積に立脚しつつ、近世までに確立された**水土の精神を再評価**し、生産力も技術もはるかに異なる水準にある現代に再生することが求められています。

(2) 健全かつ活発な農業生産活動の継続が水土の維持に不可欠であることから、**農村が循環を十分発揮できるような基盤づくり**を行いつつ、国内に持続的で安定した食料生産を確立すべきです。かつての物質循環をそのまま現代に再現することは不可能ですが、豊富な**開水面や開土面を持つ農村**が生活圏の大半部分を占め続けることを踏まえ、そこで水土と循環の維持を前提とした生産・消費・廃棄の様式を確立することが重要です。

また、大量・遠距離・一方向の食料移動は、輸出国の水土を破壊するばかりでなく、国土に大量に窒素を集積させ、地球規模で循環を攪乱する所業と指弾されるでしょう。これを回避するためにも、その原因となる国内生産の弱さを克服し、国内に持続的で安定した食料生産を確立することが重要です。

(3) 健全な循環の管理が行われる場であり、その担い手が居住する農村地域に対して、適正な評価が行われるべきです。農村地域の生活条件の整備、人的／物的／文化的、あるいは有形／無形など多様な資源を活かした振興は、そこに生活している人々にとって、またその水土の経営にとっても最も基礎的な前提となります。

加えて農業や農村が食料生産以外に優れた**多面的な機能**を有していることの認識が浸透してきましたが、農村は洪水防止など国土の保全、多様な自然環境の保全といった物象的な機能を超えて、生命と直接接触することに伴う豊かな感性の回復、水土を通じた環境教育など社会に必要なさまざまな**人間的価値を発見する場**としても有効です。このことから、農村を都市では享受できない活動や生活を実現し、受け入れる社会的、文化的な場としていくことが重要です。

(4) 水土の知は**世界に向けて展開**されていくべきです。各地の水土の状況を的確に、把握するとともに、その健全化のために積極的に支援していく必要があります。その際、これまでは西欧の考え方が世界のデファクト・スタンダード（事実上の標準）化してきましたが、異なる水土を形成した科学／技術はそれぞれ固有の特徴を有するものであり、世界一律に適用することはその水土を損ねるおそれがある〈水土の知〉の発展のためには、わが国と共通した特徴を有するモンスーン・アジア地域の各国とのより一層の連携が重要であります。さらに、近い将来、食料需給の不安定や循環破壊が地球規模に累積することが予想されますが、それぞ

れの地域で水土の全体性を回復していく取組みがこの難問の解決の糸口として重要であり新たな水土の知の定礎が汎く求められるゆえんです。

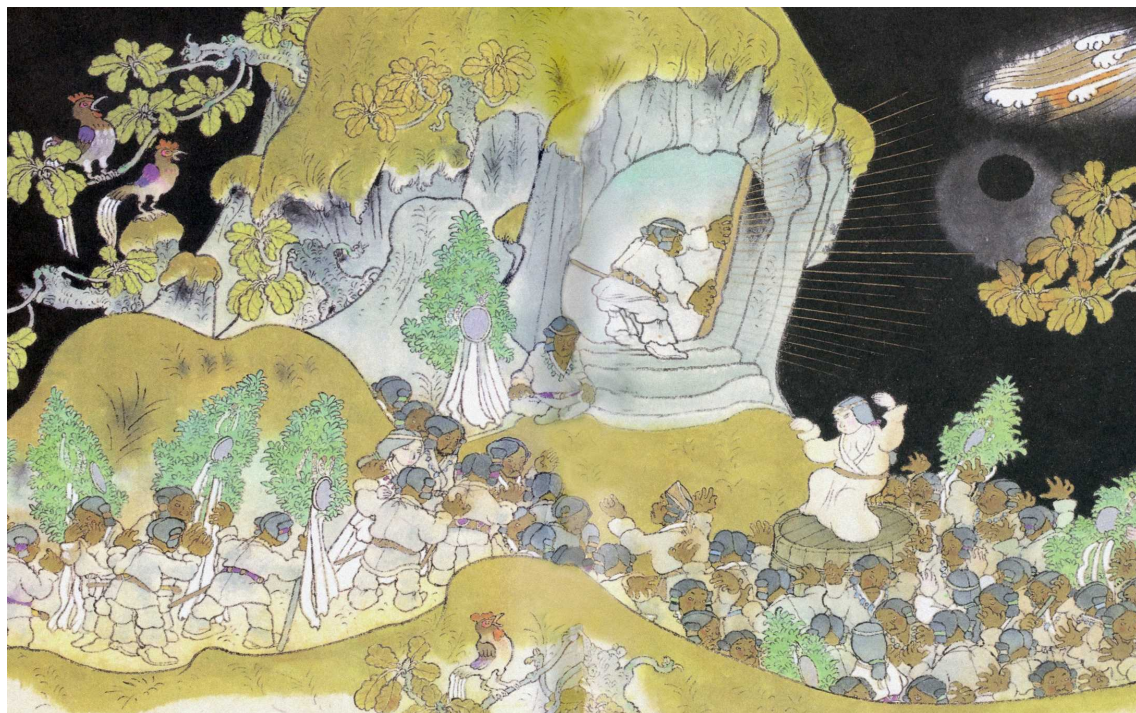
引用文献

- ①農業土木学会ビジョン検討委員会、「水土の知」の定礎に向けてー主文、
農業土木学会誌 70-(1)、pp2-4、2002.1

第2章 水土の知の歴史的意義

1 水土の語源

私たちの先達たちは、有史以来、土地を拓き、水を治めるために心血を注ぎ、この国土を築き、守ってきました。この「土地」と「水」、すなわち「水土」。この「水土」に働きかけて人々が豊に、安全に暮らせるように努力を尽くしているのが、水土の知の系譜につながる私たちの分野です。ところで、この「水土」という言葉は、最近でこそ耳慣れない言葉ですが、近世にはよく使われていた言葉です。広辞苑には、「水と陸地を表し、転じてその土地の自然環境・風土を表す」と記されています。近世における「水土」の使用については、東大名誉教授の西川治先生が、「江戸時代の環境思想に関する覚書」の中で、「水土の思想」として紹介されています。それによれば、山鹿素行（1622～1685年）が著した『中朝事実』（1669年）の中の日本の特徴を記した一節に、「その水土は万邦の中で際だってすぐれ」とあり、「水土」という言葉を「環境」あるいは「立地」の意味で使っています。下って、長崎の天文・地理学者の西川如見（1648～1724年）は、『日本水土考』（1720年）で、日本の立地・環境を論じていますが、その内容は、今日でいう「風土」に近いものであったと想定されます。「風土」という言葉が、和辻哲郎によって有名となったために、「水土」という言葉は「風土」に取って替わられるようになりましたが、彼も、その書『風土』のはじめの部分で、このことを紹介しています。



私たちのふるさとの先達たちが、この風土、すなわち「水と土」に手を加えて、よりよき国土を築くために、様々な努力を尽くしてきたのです。

2 日本の風土

風土というものを考えるとき、まず私たちの頭に浮かぶのは**気候**であります。気候

climate は、その語源となったギリシア語の klima が「傾く」を意味するように、植生を変え、大地にさえ徐々に変化を与え、人間の生活舞台を準備して具体的な形、すなわち風土へと向かわせる（傾きを与える）大きな力です。

かつて『風土』で哲学者和辻哲郎が区分した、砂漠と牧場に並ぶもう一つの種類の、モンスーン・アジア地域に、日本列島の大部分は属しています。夏期にはほとんど熱帯と変わらないほどの高温が続き、日射量も多い。そのうえモンスーン性の降雨にも恵まれるという自然条件が生み出したものは、**熱帯原産の稲を主要な農作物**とし、耕地の半ばを水田として民族の生活を維持してきた、**稲作文化の展開**でありました。

しかし、気候上モンスーンといいながら、わが国の稲作が東南アジアの大部分のそれとはずいぶんかけ離れた姿をとっているのはなぜでしょうか。気候のうえで乾季と雨季の生じ方に顕著な差がみられるとともに、大陸とちがって規模の大きな河川や地形の広がりがないといった風土の基礎をなす自然の差はあります。風土を現実の姿にしていくのは自然に立ち向かう人間であり、言いかえれば人間の労働の蓄積が風土をつくりあげるのである。

風土は、単なる自然ではなく、歴史的に形成された社会的な内容をも含んでいます。気候や地形といった自然自体は風土そのものではありません。また、自然が直接、風土を決定するものでもありません。自然に立ち向かう人間、そして人間生活および社会が自然を一つの風土へとつくりあげていきます。

人間が継続的に自然への働きかけを行い、自然が特殊な形となると同時に、この特殊化した自然を自分たちの営みに取り込んで形成される人間集団の性格や社会のつながり、**文化など生活のすべてを総称して、「風土」とよぶのです。**

モンスーン地域では、降雨と流水の制御の観点を抜きにしては語れません。生存に必要な食糧生産に生育期間における豊かな降雨の恵は特に重要です。季節によるモンスーンの交代は生産や生活にとっての時間的な枠組みをつくり、物質面だけでなく、精神面にも深い影響を与えています。大陸モンスーン地域とわが国の共通点はそうしたところにあります。しかし、わが国には大陸級の大河川がなく、入り組んだ複雑な地形を流れる中小規模の河川と沖積平野しか存在しません。これは人間の手によって制御しやすいばかりでなく、巨大な洪水によって農村が一举に壊滅するという事態からも逃れていることを意味しています。

大陸との違いはこの点に生じ、土地を人間の手で改良し、馴化し、それが順調に蓄積されていったのです。すでに食糧生産のスタートから整った水田が小規模なかんがい施設とともにつくられてきたのは、大陸河川の巨大な三角州ではみられない特徴なのです。この自然的条件のうえに集約的な農業が営まれ、高い生産力をあげ、樹枝状に分岐する水利システムを代表とした共同的なつながりを核とする社会組織がつくりあげられ、現在に至っているのです。

一方、西欧と比較すれば、労働用具すなわち畜力農具類の貧弱さがわが国の伝統的な農業の特色の一つといわれてきました。農具の発達には確かに技術や文明をみる一つのバロメータですが、わが国では農具よりも土地の改良に努力が集中され、そこに実現した精密なかんがい・排水技術の発展によって農具の改良が置きかえられたといえます。

こうして、絶え間なく水を制御し、利用し、かんがいと排水が有効に作用しあい、持続的に生産力を高めていくことができたのです。言いかえれば、大地への労働が蓄積され得

たこと、その繰り返しこそが風土となったのです。営々と築き上げた精巧な装置としての水田群こそが、労働蓄積の象徴であり、それを通じて形成された水田稲作社会が、わが国の風土の歴史的・社会的あるいはまた精神的内容の大きな部分となっています。

3. 国土を支える先人の遺産

岡山の街の東に百間川という川があります。私たちは**百間川に国土づくりの縮図**をみることができます。日本三名園の一つの後樂園は、岡山城と向かい合った旭川の川中島に築かれています。旭川はこの地点で鋭く向きを変え、このためしばしば城下町を氾濫流で呑み込みました。約300年前、洪水被害を防ぐために、旭川が市街地に到達する直前で放水路が掘削されました。広々としたこの水路は、百間川と呼ばれています。

1977(昭和52)年、百間川の改修に際して、弥生後期の水田跡が発見されました。水路や井堰を備えた水田は、土地のわずかな高低に順応して営まれています。集落のある微高地とその縁辺部では傾斜に応じて小さな区画が、広大な低地では大畦で囲まれた大きな区画が現れ、当時としては誠に計画性をもった造成がうかがわれます。田面には、多数の稲株跡とされる、砂の詰まった小穴も見つかっています。つまり、この低地は百間川開削以前には水田として活用されていたことがわかります。

この水田が営まれたと思われる弥生期から約1,500年たった江戸中期になると、岡山城下の市街の発達と人工の稠密化が水害を許容しない時代となり、前期の百間川開削構想が生じました。一方、領国を富ませるために全国的に新田開発の必要性が高まり、岡山でも干拓による農地造成が行われる気運が高まりました。

しかし、当時池田藩の重臣であった熊沢審山は今にいうエコロジストで、自然の生態系を重視し、水害防除策としては治山を第一とするとともに、水系の生態系を混乱させる新田開発は極力抑制すべきものとしのした。こうした思想から百間川構想は高く評価されず、いわば次善の策と考えました。蕃山が矛盾と捉えたものを、津田永忠が解決しました。彼は蕃山時代には構想にとどまった百間川の工事を実施し、旭川の洪水量の半分を導き、城下町の水害を回避するとともに、その流末に2千町歩もの干拓新田を造成しました。

百間川という巧妙な**排水路**を整備することにより、旧開地の水抜きを行い、同時に新田の排水も行って、干拓地の常である新田造成による湛水被害を排除したのです。水系を活用し、人の手で自然と類似した機構を構築して、**自然に順応した仕組みをつくる**思想と技術が実現したのです。

弥生人は集落を中心とした小宇宙に微地形をうまく利用して稲の生産の場をつくり、藩政下の人々は水系全体をとらえた広い視野に立って河川と農地の結合を図りました。同様の歩は、わが国の各地で、農耕開始以降のあらゆる時代で行われました。こうした歩みが、「文明」といわれるものの具体的な像なのです。

文明の発展に伴い、技術の操作で周囲の自然に対して積極的に働きかけることができるようになり、いまや人類は彼を取り巻く自然を改変し、人工的に環境をつくり出し、自らの頭の中の設計図どおりに実現できるまでになりました。

日本列島は、モンスーンの卓越する風土にあります。私たちの先祖が食糧を自らの手で



生産するようになったとき、稲が彼らのもとにもたらされました。稲はモンスーンの風土に適した作物であり、人々が水と土を操作することにより、またたく間に日本列島を水田稲作社会に変化させました。

現在私たちが目にする土地の姿は、こうした**風土**がもたらしたものであり、それが私たちの**国土**であります。国土の形成の歴史は、**文明の歩み**であり、その歩みは起伏に富み、現代の私たちが将来を考えるうえで

も得るところ大であろうと思います。

参考文献

- ①農業土木学会編、水土を拓いた人びと、農山漁村文化協会、pp1-2、1999. 7. 10
- ②西川治、江戸時代の環境思想に関する覚書、人文科学科紀要 No6、東京大学、pp51-64、1979、3、31
- ③農業土木歴史研究会編、大地への刻印、公共事業通信社、pp7-11、1988. 11. 10

第3章 循環機能の発揮を脅かすグローバルな動き

1 地球システムの自己修復性

人間活動が依拠する**地球システム**は、空間と時間の広大なスケールの中で太陽エネルギーによってもたらされる生物学的、地質学的、化学的循環の複合的相互作用を中核とする極めて頑強なシステムであり、**自己修復的**でした。しかし、豊かさへの欲望と人口の増大により、人間活動は許容量を越えて拡大し、地球システムの危機が叫ばれるようになりました。ジェフリー・ヒールのいうように「**修復費無料・家賃無料の時代**」は終わりを告げたようです。

生態系は生命維持のための機能を果たしており、人間活動を支える最も基本的な基盤となって、**種々のサービス（エコシステム・サービス）**を私たちに提供してくれています。穀物ならびに自然植生の授粉作用、種子の散布作用、土壌の生成・保全およびその肥沃度の再生、栄養物の循環と運動、生物多様性の維持、気候の安定化、干ばつや洪水の緩和、大気や水の浄化、廃棄物の解毒作用と分解作用などはそうしたサービスの例です。人間の利益のためにたくさんの動植物種を制御することを本質とする農業も、生態系に影響を及ぼし、地球システムの**自己修復性を脅かす**ことについて、例外ではありません。

農業は、太陽光のもとで、二酸化炭素、酸素、水、養分を吸収し成長する植物の循環機能を活用し食料を生産する産業です。家畜を飼育する畜産や酪農も牧草等飼料作物に依存するので、農業同様に、植物の循環機能を活用し食料を生産する産業です。農業の本質である動植物種の制御とは、**農業が自然の循環機能**をどのように活用するかであり、それは地球システムの自己修復性を維持することと大きな関係を有しています。植物の生長を促し豊かな実りを得るため大量に肥料を投入することが水質を汚染させるなど環境に大きな負荷を与えていることを、私たちはたくさん見聞しています。レスター・ブラウンの報告によれば、単一作物の連続的な栽培は、自然の循環機能に大きな障害を与えています。

トウモロコシや小麦の連作は年々土壌を流亡させ、その量は **1ha** 当たりにしてそれぞれ **19.7 t**、**10.1 t** にものぼっています。これを、トウモロコシ、小麦、クローバーの輪作に換えるならば、**2.7 t** に減少させることができます。ちなみに、アメリカ土壤保全局によれば、毎年 **1 エーカー 5 t** の土壌流亡は、**30 年ごとに 1 インチ** の作土を失うことに等しく、温帯地域の場合にそれを自然の力で再生するには **500 年** を要するとのこと。

2 グローカルな取組み

21 世紀の社会はグローバル社会といわれるように、地球規模で生じている種々の課題と無関係に国の政策枠組みを組み立てることはできないでしょう。それらは、第一に**貧困の問題**であり、第二に**地球環境変動の問題**であり、第三に**生産と貿易の国際化(WTO 体制)**の問題です。

こうした地球規模での課題に対処するための国際間での取り決めや政策枠組みは、たとえば国家レベルでの政策の枠組みを規定するとともに、地域、市町村、集落、農家、さらには圃場レベルに至る地域的階層の各レベルでの各種の行動に影響を及ぼし、行動を規定します。しかし、重要なことは、**シンク・グローバル、アクト・ローカル**という発想であり、地域から世界を変えていくという取組が重要です。

(1) WTO 体制のもとでの自己修復性

日本の**食料自給率**は供給熱量ベースで現在**39%**であり、**45 %**に高めることが当面の政策課題となっています。WTO 体制のもとでは国際価格が国境を越えた物流を規定するので、日本では飼料はもとより外食産業が用いる食材のほとんどすべては輸入農産物である現実、比較優位の法則が冷徹に作用している結果であると言えます。ヘクシャ＝オーリン定理は、生産費の差は生産要素の利用可能性における相違と生産のために必要な生産要素の相違に起因していることを教えています。

生産費の差が輸送費を越えるほどに大きいならば、農産物は生産国から消費国へと一方向に移動します。このとき、＜循環の原理＞に即して水と土を健全に維持するためには、輸出国における生産要素の利用のありようを問う必要があります。すなわち、生産費における差を吟味する必要があります。

なぜなら、土地が豊富な国でそれを集約的かつ収奪的に利用するなどによって生産費を低く抑えて得られる農産物の大量・遠距離・一方向の食料移動は、ビションが述べるように「輸出国の水土を破壊するばかりでなく、地球規模で循環をかく乱する」ので、地球システムの自己修復性を脅かすことに繋がるからです。

したがって、私たちは、輸出国における農業が自然の循環機能をどのように活用しているかを問うことからはじめ、自然の循環機能を適切に活用する健全かつ活発な農業生産活動をそれぞれの地域、国において確立するための叡智をださなければなりません。アメリカ合衆国で進められている**低投入持続型農業 (Low Input Sustainable Agriculture ; LISA)**、英国やオランダで進められている**管理協定(Management Agreement)**、環境保全型農業の推進の一環として日本でも取り組んでいる**適正農業規範 (Good Agricultural Practices ; GAP)**、農業環境規範は進むべき一つの方角でしょう。

(2) 飢餓の撲滅に向けて

185 カ国の指導者たちがローマに集まった世界食料サミット(1996 年)は、2015 年までに 1990 年現在における全世界の飢餓人口の半減を目ざすことを宣言しました。また、2000 年 9 月ニューヨークで開催された国連ミレニアム・サミットに参加した 189 の加盟国代表は、21 世紀の国際社会の目標として**国連ミレニアム宣言**を採択しました。

これら国際開発目標を統合したミレニアム開発目標 (Millennium Development Goals : MDG s) が掲げる 8 つの目標の一つに**極度の貧困と飢餓の撲滅**が取り上げられています。すなわち、2015 年までに 1 日 1 ドル未満で生活する人口の割合を 1990 年の水準の半数に減少させることと、2015 年までに飢餓に苦しむ人口の割合を 1990 年の水準の半数に減少させることです。

「2006 年世界の食料不安の現状」と題する 2006 年 10 月 30 日の FAO プレスリリースは、今なお約 8 億 2 千万人が開発途上国で飢えに苦しんでいること、飢餓人口は減っているどころか、年に 400 万人のペースで増加していることを伝えています。「飢餓削減目標を達成するためには、今までと比べて飛躍的な取組みが不可欠である」とディウフ事務局長が述べる状況の解決に向けた取組みは私たちに課された課題でもあります。

これ以上耕地面積を拡大することは不可能であるといわれていますが、他方、気候条件が良く植物の生長に好適な土地の一人当たりの面積は、世界人口の増加によって、減少し、2000 年時点ですでに 1.5ha にまで減少しています。将来、この面積は 1ha 以下となる可

能性が高く、人類と多くの野生生物とが共存するには余りにも狭い面積だと内嶋は述べています。飢餓削減のための食料生産の増大は、耕地面積の拡大に求めることが不可能であるならば、土地面積当たりの生産量を高める以外にはないことになります。しかし、**自然の循環機能**を適切に活用する健全かつ活発な農業は、食料生産の最大化（High Input and High Return）を基本概念とする農業に比べて、収量の低下を免れることはできないでしょう。私たちはこのディレンマを止揚する叡智を水土の知に求めることになります。

（３）地球温暖化に備えて

地球温暖化の影響は、作物の生育環境の変化、病虫害の発生状況の変化、降雨・積雪の変化などによる収量への影響、適地適作の変化による収量への影響などが考えられています。地球環境変動の予測は大変に困難であるので、農作物の収量に及ぼす影響を的確に予測することは一層困難です。

熱帯・亜熱帯アジアの柑橘類の最重要病害であるカンキツグリーンング病は日本では発生しないと考えられていましたが、果樹試験場が行った柑橘類の病虫害に関する研究は、1988年に西表島、1994年に沖縄本島でその病気の発生が確認され、またその病虫害は鹿児島県南部の島嶼部に分布を拡大していることを明らかにし、温暖化による**新たな病虫害の発生**を示唆しています。

独法農業環境技術研究所の研究成果によると、FACE 実験から、水稻の高 CO₂濃度による増収効果は 14 %前後であり、CO₂施肥効果が過大評価されていること、高 CO₂濃度環境下での収量を予測するためには生育期間中に生じる作物応答の変化を考慮することが重要であること、イネいもち病、紋枯病といった**主要病害は高 CO₂濃度**によって高まることが明らかになっています。また、回帰推定式を用いて最大収量が期待される適温値を推定した結果は、北陸、南関東および九州北部では、現在の気候条件においても適温値より高温の条件で栽培されているため、温暖化による高温ストレスの影響を受けやすいことを明らかにしています。病虫害の発生状況の変化に関し、有効積算温度則を用いたヒメトビウンカの発育速度を推定した結果は、温暖化時には発育速度が速まって世代数が増え、イネ縞葉枯病の多発危険地域が東北から北陸および関東南部にまで広がることを示しています。

降積雨量の変化量の推定結果は、温暖化時の気温の変化により東北から北陸の日本海側では、積雪量が約 15 %減少し、融雪時期も現在より早まるため、これらの地域では水稻の代かき・田植え期に河川水量が減少し、農業用水が不足する可能性が高くなることを示しています。

これらの結果を概観すると、北陸地方では地球温暖化による気象、水資源、害虫の主要因の変化が水稻生産に負の影響を及ぼすこと、東北日本海側地域は水資源と害虫要因の変化にぜい弱であること、南関東地域は気象と害虫要因の変化にぜい弱であることが推定されています。

こうした推定ないしは予測結果は、多くの制約条件のもとで得られたものです。制約を少なくし確かな推定・予測結果を得るために実験研究をさらに積み重ねる必要があります。また、温暖化など地球環境変動の影響評価については、全球規模での評価のみならず、地域別、作物別に評価するなどの研究を推進するとともに、そこで得られた影響評価に対

処するための技術の開発研究を推進することは、これからの食料問題を考える上で極めて重要なことです。

これらの緊急的な課題に直面しているため、私たちにできることは何でしょうか。それは、これまでの生活を大きく見直すことです。そのためには、それを実現できる**科学技術の倫理**と具体的な**技術開発**が不可欠です。

引用文献

- ①佐藤洋平、持続的で安定した食料生産をグローバルに考える、農業土木学会誌 75-(1) pp9-13、2007.1
- ②石弘之：地球・環境・人類、岩波書店(2006)
- ③coffrey Heal：Nature and The Marketplace－Capturing the Value of Ecosystem Services, Island Press(2000)（細田衛士ら訳、はじめての環境経済学，東洋経済新報社(2005)）
- ④Lester R. Brown：State of the World, World Watch Institute (1984)
- ⑤Clive Ponting, A Green History of the World (1991)（石弘之ら訳，緑の世界史，朝日新聞社（1994））
- ⑥農環研ニュースNo. 71(2006. 7)
<http://www.niaes.affrc.go.jp/sinfo/publish/news.html>
- ⑦たとえば、嘉田良平：世界各国の環境保全型農業(全集 世界の食料 世界の農村 16)，農文協(1998)
- ⑧たとえば英国については、佐藤洋平：環境保全優先地域(ESA)施策にみる英国の農村資源管理，新しい農村計画 No. 71，農村開発企画委員会(1992)。オランダについては、佐藤洋平：管理協定に見るオランダの農村資源管理政策，農村計画学会誌 7(3) (1988)
- ⑨内嶋善兵衛：人類にとって地球は狭い，ARDEC 第 35 号，pp. 2~6(2006)
- ⑩温暖化が農業生産へ及ぼしている影響の実態を把握するために，全国規模で調査し，各地で取られている温暖化への対応や研究課題の事例を収集・整理した下記報告は，日本農業における温暖化の現状を知る恰好の資料である。杉浦俊彦，住田弘一，横山繁樹，小野洋：農業に対する温暖化の影響の現状に関する調査，研究調査室小論集 第 7 号，(独)農業・生物系特定産業技術研究機構(2006)
- ⑪芦原亘：カンキツグリーンング病と媒介昆虫ミカンキジラミの分布拡大，今月の農業 49 巻，化学工業日報社(2005)
- ⑫長谷川利弘：大気 CO₂ 増加，温暖化で水稻生育，収量はどうなる，「農業環境技術研究所研究成果発表会 2006－農業と環境を考える－」要旨集所収，
http://www.niaes.affrc.go.jp/magazine/pdf/seika_06_27.pdf(2006)
- ⑬農業環境技術研究所地球環境部食料生産予測チーム：生育阻害要因を考慮した日本の水稻生産の温暖化に対するぜい弱性の評価，農業環境技術研究所農業環境研究成果情報第 18 集(平成 13 年度成果)所収(2002)
http://www.niaes.affrc.go.jp/sinfo/result/result_18/niaes_00013/niaes_00013.html

第4章 水土の知が目指すべき科学／技術

1 水土の科学／技術の歴史

水土の知は、水や土壌、地盤などの個別システムを対象とする基礎的な**個別科学技術**と農村空間の構成要素である個別システムを平面的、重層的に関連づける農村空間の**総合技術**から成り立っています。

日本の位置する**アジア・モンスーン地域**では、降雨という**現象**を流水の制御というの**技術**で豊かな大地を作り上げる。生存に必要な食糧生産に生育期間における豊かな降雨の恵は、生存に必要な食料生産にとって特に重要です。季節によるモンスーンの交代は生産や生活にとっての時間的な枠組みをつくり、物質面だけでなく、精神面にも深い影響を与えてきました。大陸モンスーン地域とわが国の共通点はそうしたところにあります。

しかし、わが国には大陸級の大河川がなく、入り組んだ複雑な地形を流れる中小規模の河川と沖積平野しか存在しません。これは技術(人間の手)によって制御しやすいばかりでなく、巨大な洪水によって農村が一举に壊滅するという事態からも逃れていることを意味しています。大陸との違いはこの点に生じ、土地を人間の手で改良し、馴化し、それが順調に蓄積されていったのです。すでに食糧生産のスタートから整った水田が小規模なかんがい施設とともにつくられてきたのは、大陸河川の広大な三角州ではみられない特徴なのです。この自然的条件のうえに集約的な農業が営まれ、高い生産力をあげ、樹枝状に分岐する水利システムを代表とした共同的なつながりを核とする社会組織がつくりあげられ、現在に至っているのです。もちろん、不足する水には反復利用やため池による貯留など**循環**をいかにスムーズに行うかという知恵も大いに発達してきたのです。

わが国においては、水を引くことを中心とした土地の条件を改良していくような適応の仕方が優勢でした。この自然改変の技術の進歩によって、土地利用の高度化が実現したのです。すなわち、**土地利用の高度化が技術**を要求し、**技術**が土地利用の高度化を可能にするという**相互作用**のもとに、現在の姿に至ったのです。

有機物の循環も土の育て方の知恵として生まれてきました。近隣の都市で排出されるし尿は、良質な堆肥として農地に還元されました。また、里山の落ち葉も堆肥として活用され、里山の自然を保全してきました。さらに、田畑でつくった作物の使い残しは、田畑に再び戻したのです。たとえば、イネを育て、米を利用したあとの稲わらは堆肥にし、その土地の肥料として使いました。わらを畜産農家が家畜の敷きわらとして使い、家畜のふんや尿で汚れた糞を集めて堆肥にし、それを肥料として、再び水田や畑に戻すのです。

技術の進歩に伴い、開発は、自然発生的で飛石的な形から、しだいに一定の領域をとらえて計画的・面的な形態をとるようになります。技術が低位の段階にあっては、自然への働きかけは単発的で、力のおよぶ範囲も限られている。技術が相当進んだ段階になれば、一定の広い範囲をみて適切な技術の組み合わせで根本的な改変が可能となるからです。

地域的な開発と呼べるような開発の形態が出現したのは、条里制の施行を先駆とします。その後、中世の荘園開発、現代にも通じるところのある新田開発と、一定の領域全体を対象とした開発が出現し、近代に至っています。もちろん小規模で自然発生的な開発も常に絶ゆみなく続けられました。それらが積み重なって、現代の我々がみることのできる多様で有機的なつながりをもった国土が形成されたのです。

ここで発展した技術は、いうまでもなく主産業である農業、それも作物や農具などに集積される技術とは別の、土地に関する総合的な技術でした。すなわち、耕地の造成や整備、かんがい・排水といった広い意味での耕地開発のすべてを扱う独自の技術体系であったのです。最近まで「農業土木」とよばれるこの技術は、農耕開始以来、近代に至るまで土地にかかわる技術のほぼすべてでした。

このことは、作家司馬遼太郎が、紀行文である「街道を行く」と「この国のかたち」の中で農業土木という言葉が節々に用いられています。

同時に、人間の手が加えられ、よく管理された水田や畑、牧場などは、森林とともに美しい景色を形づくっています。それは、人間の心に安らぎをあたえ、また、生活環境を豊かなものにしてくれます。農業は作物や家畜を生産するだけでなく、**自然の美しい風景**をつくりだすうえでも、大きな役割を果たしてきたのです。



この**技術体系**においては、歴史の長い水利システムをみればよくわかるように、長い年月にわたる試行錯誤と経験の繰り返しを経て、自然の人工化ではなく、**循環**という自然へ順応し巧みに自然を利用することで、面的に開発を進めることが可能となったのです。国土の基軸をなす耕地とそれに付帯するもろもろの構造物を、すべてにわたって**面的に形成**すること、そ

れは現在のビルディングや高速道路といった点や線の開発とは異なり、自然の多様さに応じた多様な対応を可能にしてきました。

わが国の風土に大きな影響を与えている河川を制御する場合といえども、洪水を速やかに海に流す近代以降の方式が確立されるまでは、耕地の開発の中でいかに地域の状況に応じて河川を扱うか、というようにとらえられてきたのです。こうした総合的な面的開発という特徴を生かして、国土は作りあげられてきたのです。

2 循環を見失った高度経済成長期の科学／技術

昭和30年代に入って工業がめざましい発展をとげると、その技術は農業にも取り入れられるようになりました。それまで農作業はウシ、ウマの力をかりるぐらいで、ほとんどが人手によって行われる非常につらいものでした。それがトラクターやコンバインなど動力をもった機械が普及したお陰で、農作業は重労働から開放され、能率も何倍にも高まったのです。また、**農薬や除草剤、化学肥料も大量**に使われるようになりました。病気や害虫のひ害ははるかに少なくなり、手間のかかる堆肥をあまりつくらなくても、作物の収穫量は大幅に向上したのです。

こうして私たちは、海外に依存する**石油エネルギー**を基にした**機械化や化学製品**に大きく頼るようになっていくとともに、土を大切にすることを忘れていきました。土を深く耕すことや堆肥を与えることが少なくなったために、土はやせていき、廃棄物は循環される

ことなく、焼却や埋め立て処分されていったのです。

一方、工場から吐き出す煙や水にまじっている毒成分が、ぜんそくや神経をおかす病気をおこさせる公害もふえてきました。農業で大量に使われた農薬も土や水をよごし、そのために魚や鳥が死ぬこともおきてきて、人体への影響も心配されるようになったのです。

アメリカのレーチェル・カーソン女史は、農作物がたくさんとれるようになる反面で、鳥や昆虫、魚など、わたしたちのまわりの自然が急速に失われていくようすを、『サイレント・スプリング（沈黙の春）』という本に書き著しました。この本はベストセラーとなり、世界中で大きな反省の声がまきおこったのです。

JT 生命誌館館長・(社) 農村環境整備センター理事長の中村佳子先生が、世紀の変わり目に「**火と機械の世紀**」から「**水と生命の世紀**」へ¹⁾と言われています。すぐれた科学者はすぐれた文を創られるものです。「火と機械の世紀」(20世紀)は工業、都市の世紀でした。それが、「水と生命の世紀」(21世紀)へ変わる大きな転換点に今立っているということを的確に表現されています。

東大の工学部長、総長を歴任された吉川弘之先生が、「**20世紀は農業が工業化した時代、21世紀は工業が農業化する時代**²⁾」と話されています。大学の工学部の研究分野も、農学部に近いといえますし、産業の分野でもそうだと思います。水と生命にあらゆる分野が関心を持つようになっていきましたし、産業の分野でもそうだと思います。水と生命にあらゆる分野が関心を持つようになっていきました。

それでは、「農業は、また農学はどうするのか」と問われないといけないと思いますが、残念ながらそのような動きはありません。

「循環」が非常に軽く使われていることを警告する人がたくさんいます。「循環型社会」という言葉が人々に受け入れられるにつれて、いつのまにか、その目指すところは、モノがぐるぐる循環しさえすれば良いという、上滑りの議論に陥ってはいないだろうか³⁾とも言われています。(社) 農村文化協会が出版ダイジェストに「世に、糞尿一土一作物を結んだ整理された情報が無い！」⁴⁾と広告を出しました。農学書はたくさん出版されていますが、糞尿が土に入って作物に吸収されることの的確な指導書がないという広告です。

無機質から有機物を造ることが化学の長年の課題でしたが、約2世紀前に尿素が無機物からつられました。しかし有機物を土中で菌により無機物にして有機物にできる(循環させることができる)のは植物だけです。この循環は、植物の働きがない限り成り立たない。植物をそのように働かせるのが農業です。

明治から大正時代に東京郊外で田舎居住をし、半農生活をした徳富蘆花は著書「みみずのたわごと」で、有機物が土に戻りミミズに食べられ、そのふんを菌が食べて無機物にし、それを生物が吸収する「**農**」の営みを的確に表現しています。

3 水と土が目指す総合化

江戸時代、都市と周辺農村の間で人糞と農作物を介して存在していた物質循環は、豊かな国土をつくり上げました。そこにあったのは、「**農的**」な発想です。農的な発想では「もの」は「育ててつくられ(grow)」、その過程で**多面的機能**が発揮され、つくられたものは循環の環の中に入り消えていきます。一方、「**工的**」な発想では「もの」は「材料にエネルギーなどを加えてつくられ(make)」、その過程で環境に負荷を与え、廃棄物が残さ

れます。

個別システムである水や土壌、地盤、森林、川、生態系、社会基盤、経済、地域社会の制度・組織、文化などと係わりながら、豊かな美しい農村環境を再生・創出・保全する仕事の中でも、特に、持続性や環境容量、物質循環などに係わる諸問題は、極めて複雑な自然的(社会的)現象を包有し、長期的な研究が必至です。

例えば、水の循環系を考えると、土壌、大気、植物などの細分化された細かな系(個別システム)に関する個別科学技術を追求するだけでなく、総合化し、全体の系としての土壌・大気・植物システムとして捉えることが極めて重要なのです。

従って、多様な対象について、各関連専門分野(個別科学技術)の**基礎的研究の深化**とその**総合化(総合科学技術)**を長期的な視野で追求し、創造的な科学技術を産み出すという考え方を基礎に据える必要があります。また、情報工学やバイオテクノロジー、リモートセンシング、地理情報システム(GIS)、新素材などの先端科学技術についての基礎的研究の深化と総合化を長期的な視野で図ることも重要なのです。このような中で、国際的に評価される格調高い学術的成果と独創的な技術の展開を目指す必要があります。

さらに、今後は水土の知が対象とする領域の拡大に伴って、特に学際領域における他専門分野との本格的協同を大学においても学会活動においても追求することが必至と思われるので、その在り方についても十分整理、論議を深める必要があります。

参考文献

- ①農業土木学会ビジョン検討委員会、本論、農業土木学会、pp5-28、2001. 12
- ②中道宏、水土里ネットが地球を救う、水土里ネット北海道、pp9-11、2007. 3
- ③都留信也、土との対話、自然の中の人間シリーズ2 1、PHP 研究所 pp32-36、1985. 2. 19

第5章 循環を知るための水の科学

物質を知り、それが利用できる根拠や方法、さらに自然界における役割を理解するには、その物質の様々な状態における性質のすべてを知ってはじめて可能となります。ここでは、水土の知を学ぶために必要な水の科学を説明します。

1 水の三態

自然界の中では、水は**3つの状態**で存在しています。水という名称は主として**液体**の状態にあるものをさしていますが、固体の水は**氷**、気体の水は**水蒸気**と呼びます。液体の特徴は無秩序な分子運動とよわい分子結合にあります。分子の運動は一般に**ブラウン運動**によって証明されます。

水の分子運動の結果、分子は個々ばらばらに大気中に表面から飛び出していくことができます。大気中に移行していく分子の数は、分子の運動の速さや水の温度によって異なります。氷は熱伝導性の小さい物質ですが、これは水が水面上に浮遊できる性質とあいまって、氷面下にある水の熱量を保存し、河川の貯水池や池などで底まで氷結することを防ぎ、そのお陰で水中生物の生活が保護されています。

密度の単位となる水の最大値は、4℃において観察できます。また、ある与えられた物質の質量1gを1℃だけ温めるために要する熱量は**比熱**と呼びます。一般に水の熱容量は、他の物質の**熱容量**と較べて最も大きい値を示します。水の熱容量が大きいことから加熱されることによって水と陸における様々な現象が説明できます。地表と水面の間には著しい温度差が生じた場合、そのエネルギーによって空気の移動が起こります。海風や陸風と呼ばれる気象現象がその例です。

蒸発は1気圧のもとでは、0℃から100℃までのどの温度下においても起きています。水面上の水蒸気は、外部の条件に変化のないかぎり増減しなくなります。水蒸気と水との平衡状態になったとき、この水蒸気を**飽和水蒸気**といいます。地球上の温暖の場所から冷温の場所に移動した水蒸気は、液体へと凝縮しはじめますが、その際に水蒸気となるときに蓄積した熱量を分離します。放出された熱によって大気と地球は温められます。水蒸気を形成する2番目の現象は沸騰です。沸騰は水蒸気泡がその液体の内部に生成する現象です。また、水蒸気から水への逆の過程を凝縮といい、塵や小さな水滴が存在すると、水蒸気の凝縮が促進されます。

2 水の化学性

自然環境内で生じる多くの事象を把握する場合、まず気体や液体の理想状態での挙動を把握するために理想気体の状態方程式を理解する必要があります。

理想気体の圧力を $P[\text{Pa}]$ 、体積を $V[\text{m}^3]$ 、温度を $T[\text{K}]$ 、関連する気体のモル数を n 、気体定数を R とすると、気体の状態方程式は

$$PV=nRT \quad \text{と表されます。}$$

熱力学の第1法則は、外界から機械仕事による働きかけもなく、熱力学的に閉じられた系では、系の内部エネルギーは常に保全される、というもので第一種永久運動が不可能であることを意味します。系の内部エネルギーとは、物質や場のもつエネルギーから運動エネルギーを引き去った残りの部分をさします。一般に環境分野では1気圧下でかつ穏和な

温度条件下で生じる現象を対象とすることが多く、ある状態のエネルギーを E とすると、

$E+PV=H$ が成り立ち、この H を**エンタルピー** (enthalpy) と呼びます。エンタルピーとは、熱力学における示量性状態量のひとつです。物質が発熱して外部に熱を出すとエンタルピーが下がり、吸熱して外部より熱を受け取るとエンタルピーが上がります。また、物質が他の物質などに仕事をするときエンタルピーが下がり、外部より仕事を受けるとエンタルピーが上がります。**エントロピー** (entropy) とは、物質の属性の一つで、記号「 S 」を用いて表されます。物質の「乱雑さ」を表すパラメーターです。エントロピーが大きいほど、その物質は「乱雑な状態」にあります。外部からの仕事を伴わない気体の混合、あるいは拡散のみによってもエントロピーが増大することから、エントロピーは系の乱雑さを表す状態量と呼ばれることも多いのです。エントロピーが増加するために、熱エネルギーのすべてを他のエネルギーに変換することはできません。

自然界の pH はなぜ中性付近に保持されているのでしょうか。これは水中に多く物質が溶け込んでいることに起因しています。大気中に 0.03% 存在する炭酸ガスと水中に溶けた炭酸ガスが炭酸平衡に達していることも大きな一因でもあります。

Bronsted および Lowry によれば、**酸**とは陽子を他の物質に与える物質であり、**塩基**とは陽子を他から受け取る物質とされています。

3 水の環境物理性

水環境の水質構成を左右する因子の中には、**希釈**、**拡散**、**濃縮**、**沈殿**、**浮上**、**放散**、**吸着**、**ろ過**などの物理的な過程が含まれています。水域内での水質の変化を流れに沿ってみると、一般的には上流部で比較的清浄なものが、人が関与して水質を消費するにつれて質は低下し、複雑な組成となる場合が多いのです。日本の水質基準は、濃度規制であり、汚濁水を放流する場合、清水で**希釈**すればこと足りるとされた時代もありました。しかし、汚濁の限度が一定の限界を超えると希釈の方法は使えなくなります。それは循環の能力を超えた汚濁となったためです。もちろん、汚濁水の水処理で希釈して活性化を促すための手段として有効な場合もあります。

水域に流入した微細な砂や有機固形物、あるいは水中で発生する動植物プランクトンなどは水と密度差があるため、水中を**沈殿**したり、**浮遊**したりします。一定の粒子が水中を沈殿する際には、重力と浮力が働き、その差が粒子の沈殿(浮上)速度を支配します。粒子が沈殿する際には水の抗力が働き、その値と重力と浮力との差が沈殿粒子の速度を決定します。

地下水の流れ、あるいは表流水が砂や石ころの場を流れて地下へ浸透していく流れでは、構成土壌や砂層で粒子の物理的な抑留が生じたり、溶解物については化学的な吸着や生物学的な分解を受け、水質を変化させます。これが**ろ過**です。ろ過が常時生じていると考えられる地下水など充填層内の流れについては、**ダルシー(Darcy)則**がよく知られています。

断面積 A 、長さ L の砂層を想定し、その間の損失水頭を hf とすると、そこを流れる水量 Q は、

$$Q=k \times A \times hf / L$$

と示され、 $U=Q / A$ を比流量ないし濾過速度、あるいは空筒速度と呼び、 k を透水係数と呼んでいます。

次に水の物理的性質を理解しましょう。水面から鉛直下方距離 h の点の平面に作用する単位面積当たりの水圧は

$p = \rho gh$ で表されます。これを**静水圧**と呼びます。

ここで ρ は水の密度、 g は重力加速度、 h は距離です。



水の流れには、様々な形があります。ある地点で流速・圧力等が時間的に変化しない流れを**定常流**、変化する流れを**非定常流**といいます。定常流で流速、通水断面が場所的に変化しない流れを**等流**、変化する流れを**不等流**といいます。等流は断面が一定の開水路や管水路で、不等流は自然河川などでみられます。水の運動状態を微視的にみれば、**層流**と**乱流**に分類されます。分子一つひとつの流れをみると、分子が描く流線が層状で安定しているものが層流、流線が乱れて激しく混合するものが乱流となります。この状態を示す指標として**レイノルズ数**があります。

ります。

開水路の流れには、平均流速 U と長波速度 $(gD)^{1/2}$ ($D=A/B$: 水理水深、 A : 断面積、 B : 水面幅) の大小により重力が支配的な**常流**と流れの慣性力が大きい**射流**に分けられます。この違いを**フルード数**で表します。また、水の流れは、質量の保存則を示す**連続方程式**があります。そして、連続体の力学として問題をとらえ、圧力という流体特有の概念に立って、理想化ではあるが粘性のない流体、すなわち完全流体の運動の基礎方程式を導き出したのが、**L. オイラー**であり、これを継承したのが、**J. L. ラグランジュ**でした。

これに先立ち、圧力、運動エネルギーおよび位置エネルギーの総和が流線に沿って一定であるという**ベルヌーイの定理**の原形を確立し、また今日の流体力学の名づけ親となったのは**D. ベルヌーイ**でした。

4 水環境生物

水質指標とは、水の清澄さや汚濁の度合いを定量的に示すもので、**物理的指標**、**化学的指標**、**生物学的指標**に分類できます。

物理的指標には、水温 (water temperature)、濁度 (turbidity)、懸濁物質 (SS: Suspended Solids)、透視度 (transparency)、色 (color)、臭気 (odor) があります。化学的指標には酸性雨のような環境問題にも取り上げられ、酸性・アルカリ性を評価し、水質の基本特性を評価する pH、排水源の特定や水の流動性を評価する電気伝導度 (EC)、水中に溶けている酸素

量により健全性を評価する溶存酸素(DO)、有機物質が多いほど大きい値を示す生物化学的酸素要求量(BOD)、化学的に有機物・無機物を酸化させ消費した酸化剤の量を酸素量に換算した化学的酸素要求量(COD)、酸化されうる有機物の全量を示す全有機炭素(TOC)、有機物の C、H、N、S、P 等によって消費される酸素の全量を示す全酸素要求量(TOD)、窒素(N)、リン(P)、塩化イオン(Cl^-)、硫酸イオン(SO_4^{2-})、カルシウム(Ca)、ナトリウム(Na)、鉄(Fe)、農薬、重金属類、トリハロメタン(THM)、外因性内分泌攪乱化学物質があります。

生物学的指標には、クロロフィル a、藻類生育ポテンシャル、一般細菌、大腸菌群などがあります。

水質汚濁による被害や影響としては、**上水道、農業用水、水産用水、工業用水**等の利水の面で障害があげられます。水質汚濁は水中および水辺の動植物相を変化させ、ひいては生態系のバランスや親水機能を崩します。この影響は食物連鎖の頂点に立つ人間へ達し、生物濃縮によって母乳の安全性が議論されています。汚濁物質の発生源は**自然的および人為的発生源**に分類されます。人為的発生源には、鉱山、工業、都市、農業等があります。鉱山排水には重金属が、工場からの排水には水銀やヘドロ汚染が、都市下水には大量の有機物や窒素・リンが含まれます。農業排水からは肥料中の窒素・リンや農薬が、畜産業からは糞尿中の有機物や窒素・リンが流出します。

農業用水の汚濁が農業に与える影響には、①酸、アルカリ、塩類、過剰窒素等による生育障害、②カドミウム米のように品質低下、③ゴミによる通水障害や酸性排水による金属の腐食等農業用施設への影響、④悪臭やユスリカ等による農業者や周辺住民への影響などがあげられます。

これらの水質を保全するために環境基本法のもとに、水質汚濁防止法による水質環境基準があります。

自然界の水には、これらの汚濁物質を浄化する**環境生物群**があります。その代表は**微生物**であります。狭義には、細菌、真菌類、ウィルスを指し、広義には原生動物、微小後生動物、微細菌類などが含まれます。**プランクトン**とは、遊泳力がないか、あっても非常に小さいために水中に浮漂あるいは浮遊して生存する生物群で、植物プランクトンと動物プランクトンに分けられます。陸域と水域のように二つの異質な生物環境が隣接している場所では、その境界部に環境諸条件の連続的な変化があり、それに伴って植物群落や動物群集の移行が見られます。このような場所を**推移帯(エコトーン)**と呼びます。淡水域ではヨシ、ガマ、ヒシ、ホテイアオイ等の大型**水生植物**が、藻場ではアマモ、ホンダワラ、マコンブ等が生息し、物質循環や水質浄化に重要な役割を果たしています。そして、海洋、湖沼、河川などの水域の水底に棲む生物を総称して**底生生物**と呼びます。魚類はもとより、貝類、エビ類などが該当します。

参考文献

- ①ゲ・ユルコフ、水の本性、東京図書、pp7-32(1962)
- ②宗宮功、津野洋著、水環境基礎科学、コロナ社、pp16-45、pp66-73、pp106-137、1997. 4. 25
- ③農業土木学会編、農業土木ハンドブック基礎編 4 水理、pp74-80、2008. 8
- ④農業土木学会編、農業土木ハンドブック基礎編 6 水質・水処理、pp124-130、2008. 8

第6章 循環のための水の利用技術

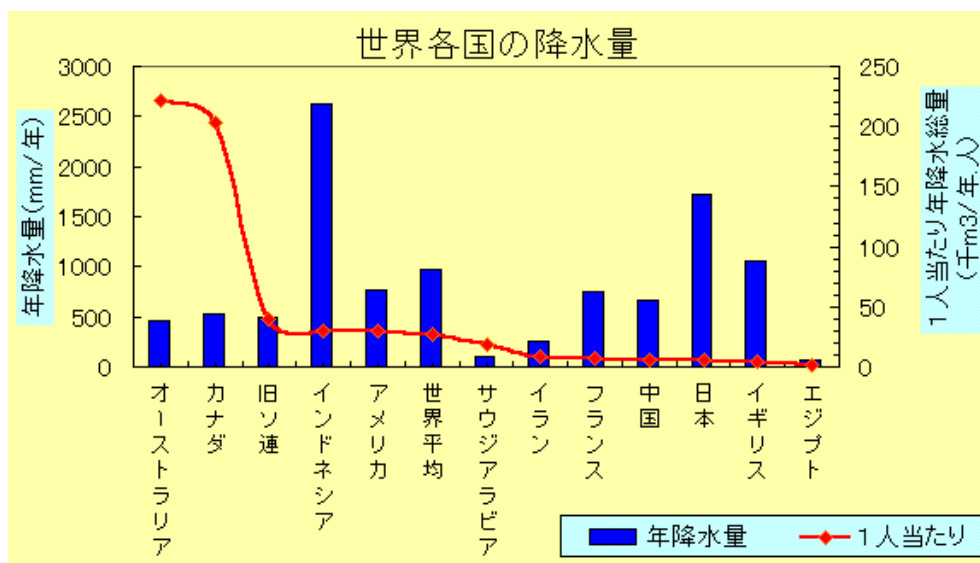
1 利水技術

灌漑とは作物の適正な生育に必要な地中水分を人為的に供給する行為で、供給する水を**灌漑用水**といいます。この灌漑用水を水源から末端のほ場まで効率的に、効果的に供給する計画を**灌漑計画**といいます。灌漑計画では、必要水量の予測、水源の確保、灌漑用水の適切な取水、導水、配水、給水等を技術的に検討して作成します。灌漑計画の中心は作物栽培に必要な水を農地へ人為的に供給することでありますが、そこには苗の定植、雑草抑制、防除、防霜、施肥、温度調節、有害物質の洗い流し等量と質の両面にわたり様々な活用技術があります。また、収穫した農産物や農業機械の洗浄、家畜の飲雑用水としての活用、防火、流雪、潤いの場の創設、地域の生態系保全など、灌漑用水は作物の生育に必要な水を供給する目的にとどまらず、多様な活用方法があります。

灌漑計画と表裏一体の関係にあるのが、**排水計画**です。降雨により土に含まれた過剰水を排除することで湿潤な土壌が改良され、生産性が高まります。また、水田は国土面積における大きさと畦とよばれる貯留機能から、洪水調節機能があります。それが下流にある都市等を洪水被害から守る役割を果たしています。

このような利水を実現するために、水源となる河川を堰き止めて雪解け水や洪水を貯留するダム、雨水等を貯留するため池、地下水の流れを止めて地下に水を貯める**地下ダム**等の**貯水工**、ダムから河川に放流された水を灌漑用水として取り入れる頭首工、ポンプ場等の**取水工**、取り入れた用水を動脈のように広い農地や地域の隅々まで効率的に配水するための**分水工**、分水された用水をさらにきめ細かく配水するための**水路工**などの施設計画が必要となります。これらの利水施設を効率的に使う仕組みを**水利システム**といい、その技術の基本は、循環です。

降雨で貯められた農業用水は、河川から農地に導かれ、地下に浸透する一方、排水された農業用水は下流において再度河川や直接農地に導かれ、利用されます。



なお、世界的にみれば、乾燥・半乾燥地では灌漑による土壌の塩類化やウォーターロギング（過剰な過湿害）の対

策として排水改良が効果的です。

日本における灌漑の特徴としては、①農業用水は我が国の水資源総使用量の 64%を占

める多量の水を利用しています。②水土の知が示しているように歴史的な積み重ねのもとに現在があるという経緯から、後発の都市用水等に比べ優先的に利水する権利「慣行水利権」を有している地域が多くあります。③農業用水は夏季を主体に季節変動が大きく、温度や降雨も含めて水需要量は大きく変化します。

2 生産技術

水田灌漑の用水量は、通常 25mm / 日となっている蒸発散量と地下への浸透量の合計値で表される減水深に栽培管理用水を加えたほ場単位用水量が基本となります。これにその地域の雨量の内、用水として有効になる雨量(少量の雨量はすぐに蒸発として無効になってしまいます)を差し引いて水田が必要とする純用水量が算定できます。これに配水する過程で漏水や浸透などで失われる水量や管理用水を加え、水田が消費する必要水量である粗用水量が求められます。この必要量に対して既存のため池や反復利用による供給可能量を控除して新たな水源に必要となる用水量が求められます。

畑地灌漑の用水量は、作物毎に異なりますが、平均的に見て通常 5mm / 日とされている蒸発散量が基本になります。スプリンクラーという言葉が畑地灌漑の方式を示す事例と言えます。しかし、畑は土壌が保有する水分をすべて作物が吸収できるわけではありません。この部分は、作る作物の種類と根の深さ、水をどの程度保有することができるかとい



いう土壌の特性などによって変化します。この日消費水量に栽培管理用水量を加えたものがほ場単位用水量となります。これに有効雨量、損失水量、地区内利用可能量等を考慮したものが畑地灌漑に必要な用水量となります。

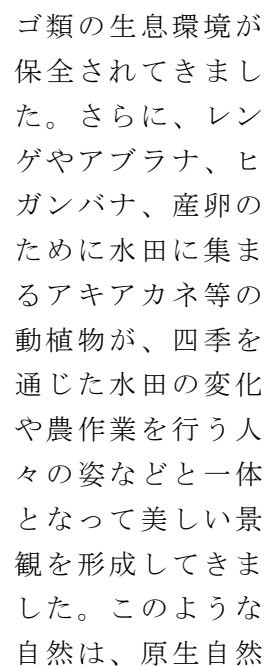
灌漑という作物生産に必要な生育としての灌漑量に加え、その生産性を左右する大きな要因が農地の形状と質です。これには一つ一つのほ場の区画の大きさを大きくした形に変える区画形質、畑地灌漑のためのスプリンクラー施設や給水施設の整備、漏水を防ぎ管理の手間を省力化する用・排水路の整備、湿田や地下からの灌漑を可能とする暗渠排水や地下灌漑、農地の所有形態を分散型から換地という手法により集団化を図る方法、トラクターなど農業機械の通行を容易にする農道整備が**水田整備**や**畑地整備**であります。

日本における灌漑施設の管理は、ほとんどすべてを土地改良区という農業者の組織が担っています。そのため、農業者は各農地の水管理はもとより、水源からほ場に至る**水管理**を担っています。このような管理を行うには、管理のしやすさ、維持管理費の少なさ、他の水需要との調整機能を果たせるよう各施設の整備において総合的な観点からの体制づくりが必要であります。この仕組みは、特に水田農業では日本の農業の歴史に基づいた文化とも言えるものがあります。

一方、視点を変えると、灌漑やほ場整備という生産技術は防災的な機能を果たしていることがわかります。降雨、融雪、地表水等により土壌が流され、失われることを**水食**といいます。その防止のために、排水路の整備や緑化等の整備が効果的です。**風食**とは強風によって起こる土粒子の移動・飛散をいいます。風食を防止するためには、土壌が直接地表

さらに、災害の度合いが高くなる場合の代表例が洪水です。生産技術としての排水技術がそれに適応して**洪水調節機能**を果たします。通常灌漑施設は十年に一度発生する干ばつを対象に計画していますが、水田の田面は貯水機能を有しています。また水源であるダムやため池も貯水量が少なければそれだけ洪水を貯める機能を持っています。

我が国の農村地域では、水田等の農地のほか、用排水路、ため池、二次林といった多様な環境が農業の営みを通じて有機的に結合し、多くの生物を育む環境や良好な農村景観を保全・形成してきました。例えば、水田では、代かきや耕起により植生の遷移が抑えられ、植物に覆われない浅い水辺が存在することによりカエル類の生息環境が保全されてきました。また、水路やため池では、定期的な泥上げにより腐敗した泥の堆積が抑えられ、タナ



水田、用排水路等に多く生息している魚類などの生物の多くは、成長とともに水田、用排水路、ため池などの生息環境を移動します。このため、これらの生物を保全するためには、生物が生息・生育するための良好な環境と移動経路が確保されていること、**生物のネットワーク**が重要であります。

- 3 -

魚道の確保、ビオトープの形成、ため池の清掃や水路の維持管理などこれまで生産性の向上一辺倒の思想、例えばコンクリートによる三面張の水路から生態保全、水質保全など環境との調和に配慮した多様な取組が行われています。

このような対策技術の基本にあるのは、**循環**であります。

参考文献

- ①農業土木学会編、農業土木ハンドブック本編第2部3 灌漑・排水計画、pp170-173、pp173-207、2008. 8
- ②農林水産省事業計画課監修、生態系配慮の技術指針、農業土木学会、pp1-17、2006.3、

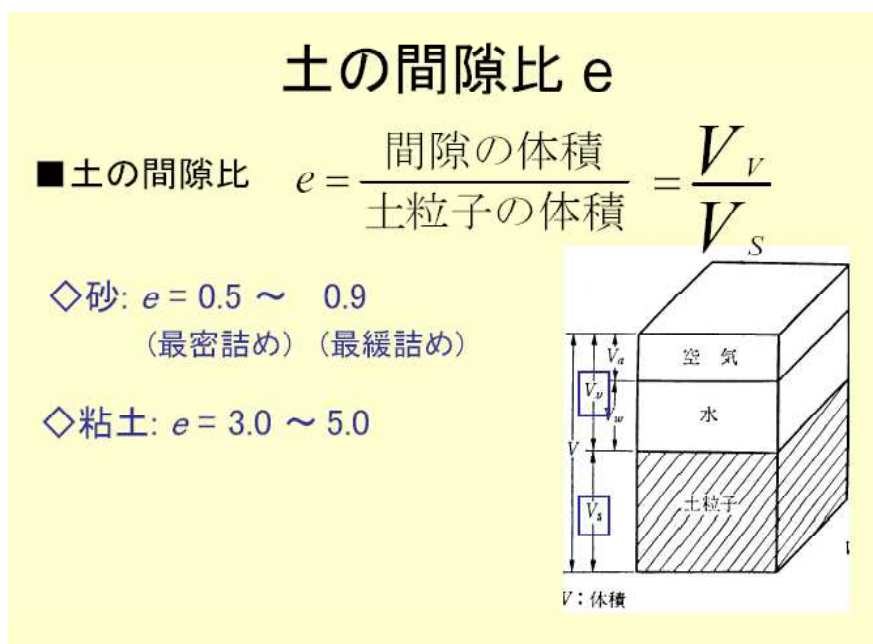
第7章 循環を知るための土の科学

1 土の成り立ち

「土」とは何かとの問いかけに対するもっとも多い回答は、「土は植物の培地である」というものです。この回答は土の1つの機能を表現したものであり、これには土の物質構成に関する視点はほとんど含まれていません。土とは地表をおおう**無機物・有機物からなる粉粒体層の全体**のことです。その上部は大気圏に接し、下部は岩石圏に接します。ここで注意してほしいのは、粉粒体＝土ではないということです。

土は人間にとって身近な存在です。土が何からできているかに関する科学の過程では、物理学、化学、生物学、地球科学などで用いられたありとあらゆる分析方法や装置が投入されています。

土の粒子はごくゆるく集合していることが多いため、無造作に掘り取ると構造は破壊されます。不攪乱試料は、金属円筒を貫入することにより採取できます。この試料の、単位体積当たりの乾燥質量は容積重、かさ密度、乾燥密度などと呼ばれ、 $0.8 \sim 1.5 \text{ t/m}^3$ の範囲にあることが多くあります。もっとも泥炭土では 0.1 t/m^3 、ほとんど固結したよう

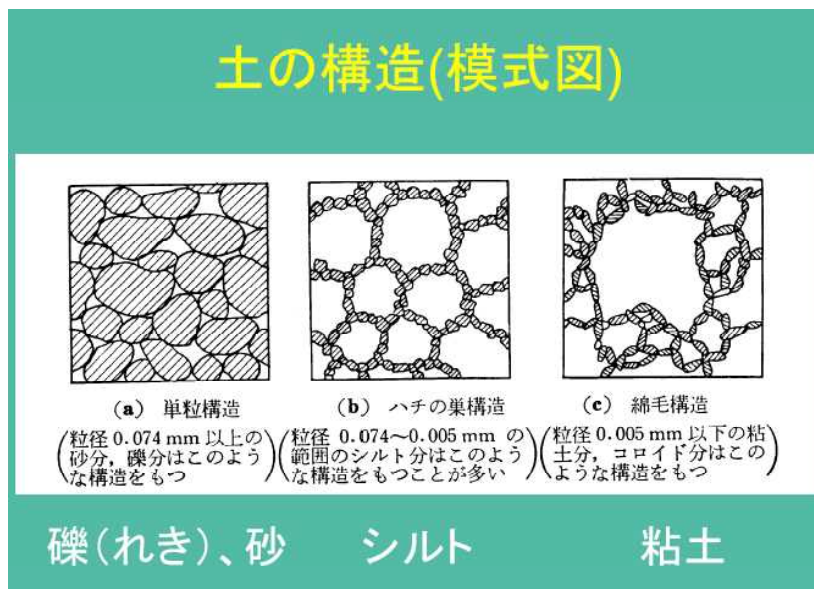


な土では 2.7 t/m^3 に達することもあります。固体粒子自体の密度 (約 $2.5 \sim 2.7 \text{ t/m}^3$) と、かさ密度の値から計算すると土の全体積に占める固相体積の割合 (固相率) は、 $30 \sim 60\%$ であることが多く、残りは土壤空気と土壤溶液によって占められます。

一般には、土の

母岩となった岩石の岩片や石英、長石、輝石、雲母などの造岩鉱物粒子や孔隙の分布が明瞭にみとめられ、偏光顕微鏡を用いるなら鉱物種の同定も可能です。同時に、岩片や造岩鉱物粒子と同様な大きさの粒子の多くが、光学顕微鏡の分解能以下の微小粒子の集合体 (粒団) であることもわかります。土の炭素と窒素の大部分は、言うまでもなく有機物として存在します。土の炭素と窒素含量が高いのは、土のなかで生物活動が活発なことの反映です。土の有機物のうち、生きた植物根、ミミズなどの動物・微生物体を構成するのはこのうち 5% ほどです。残りは、さまざまな程度に摂食・分解された生物の死骸、生物の代謝・分解産物などであります。腐植物質を含む土、とくに表層部分では土の無機粒子は有機高分子によって接着されています。有機物を除去し、個々の構成粒子を分散させた土は、

ふる篩い分けや、水中での沈降速度の差を利用していくつかの粒径画分に分けるのが普通です。



国際土壌学会では大きい方から礫 (> 直径 2 mm)、粗砂 (2 ~ 0.2 mm)、細砂 (0.2 ~ 0.02 mm)、シルト (0.02 ~ 0.002 mm) および粘土 (< 0.002 mm = 2 μ m) とよんでいます。これらの構成がどのような形になるかによって自然環境における影響度合いが変わってきます。

2 世界の土、日本の土

世界にはどのような土壌が、どこに、どのくらい分布しているのか、という問いへの答えは実は簡単ではありません。正確に言えば、国際的に統一された土壌分類体系や命名規約が確立していないからです。自然条件で言えば、日本には乾燥地の土壌は出現しないし、火山のない国では火山灰土壌をイメージすることは困難であるためです。

土の縦の断面の深さは岩石がでてくるまでとされいますが、その深さが 1m をこえるときは、1m 程度でよいとされています。断面は色、固さ、粗さあるいは構造とよばれる土のかたまりの形の違いなどによっていくつかの層に分けることができます。これらの層は、生成的層位とよばれます。土壌断面の模式図から、これらの層は形態的特長だけでなく、土壌の物理・化学的性質の定量化された値によって、特徴的な層に類別されることも多いのです。これらの層の存在と組合せが土壌断面形態です。

このような土壌断面形態を決定しているのは、気候や地形などの土壌生成因子とその組合せによって起こるさまざまな土壌生成作用です。土壌生成因子には気候、生物、母材、地形、時間、人為の 6 つがあげられます。このような作用・過程をへてできあがった土壌断面形態のデータを用い、どの土壌に該当するのでしょうか。一般の分類体系は特徴・性質の類似性による統合と相違性による区分を階層的に行なうことによってグループ分けされ、ピラミッド型の階層が構成されています。生物分類では生物進化の系統関係によって類縁関係が説明できるように、土壌では前に述べた土壌生成過程が系統分類の基礎となっています。最新の土壌分類にもとづいて世界の土壌分布をみると、土壌分類体系は新しい知見の発見にともない更新されるもので、アメリカ合衆国ではほぼ 3 年ごとに改訂されています。つまり常に土壌の分類は地球環境の変化に対応して変化していると考えた方がよいと言えます。

土の形態はこれを取りまく環境条件、すなわち、地形、気候、母材、時間、人為の影響によって、いろいろに変化します。日本における土を取りまく環境条件の特徴は、①地形が急峻であること、②雨量が多い気象条件にあること、③火山灰に由来する母材が多いこ

と、④水田という人為の影響が強い土地が多いこと、です。これらの条件の下に、日本の土は独特の特徴をもって分布しています。

日本の地形をみますと、山地が 224、700ha で 60.8 %、丘陵地は 34、500ha で 9.3 %、台地は 43、800ha で 11.8 %、低地は 66、800ha で 18.1 %です。この数字は、山地・丘陵地が全体の 7 割以上も占めることを物語っており、日本の地形が急峻であることを示しています。山地・丘陵地はたえず土壌浸食の危険にさらされ、土は流亡されるとともに、新しい材料が出現し、新しい土が形成されています。さらに、日本の年降水量の平均は約 1800mm です。

世界の陸地の平均値は 600mm ですから、明らかに多雨地帯となっています。したがって、2 ～ 3 日で数百 mm の豪雨にみまわれることもしばしばで、山地・丘陵地は、激しい水食にさらされています。

日本で水田がつくられるようになったのは、3000 年前の縄文晩期からといわれています。日本では長い間、土地が水田として利用されてきたことになります。水田の特徴は湛水した土を利用することにあります。つまり、本来は水がそれほど存在しないところに、人為によって水を湛水状態にまで与えることにより、森林や畑の土とはいちじるしく性質の異なる土ができあがっているのです。

3 土の水分

土に含まれる水を量的に表現する方法として用いられるのは、単位重量の土が保持する水分量(含水比)または単位体積の土が含む水分量(体積含水率)です。この水がどのような形で土に含まれているかを示す方法として**水分特性曲線**があります。これは、体積含水率と水を吸引する圧力を常用対数で表した **pF**(ピーエフ)で示せます。この場合砂は水を保有する力が少ないため、比較的小さい pF 値で体積含水率がいきなり小さくなりますが、火山灰土は、水を保有する力が大きいため、圧力の増加に応じて徐々に含水率が小さくなります。

また、土と水の関係では、徐々に乾燥状態になる場合と乾燥状態から湿潤状態になる場合とでは水分特性曲線が異なる特性があります。これを**ヒステリシス**といいます。土の中の水は、液状と水蒸気の状態で存在しています。それが周辺の状況に応じて移動し、また変化する特徴があります。土の中を流れる水は、その流れ全体の現象から**浸潤**、**浸透**、**排水**と呼ばれます。浸潤は降雨により与えられた水が地表面から土の中の乾いた部分に浸入する現象です。浸透は、流れの両端に自由水面が存在する場合の流れをいいます。また排水とは、地表面からの水の供給が停止されると、地表面から下方へ水分の減少が進行する現象をいいます。

植物が土の水分を吸収するのは、根の水ポテンシャル（植物の水分保持力を示す値）が土の水ポテンシャルより低いからです。根の水ポテンシャルの低下にも限界があるため、土が乾燥すると根の吸収は衰えます。植物が活用できる水分量をほ場含水量、水分量が減少し植物が使えなくなる限界を**生長阻害水分点**といいます。

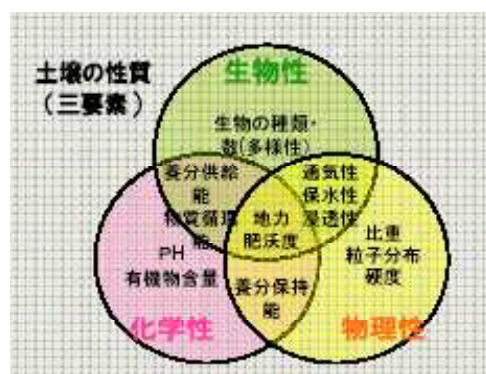
4 土と食物生産

食物生産を支え育む土は、岩石が変化してできたものです。その変化は、地質的变化の

過程を経ており、地球と生物の歴史からうかがい知ることができます。**生物の出現**を経て岩石は初めて土となる契機を得たのです。作物は太陽エネルギーと温度に応じて、土から水と養分を吸収して生育しています。土中で生じる有機物の分解による窒素の解放、岩石の溶解にともなう元素の吸収が養分の源です。水は雨により供給されますが、その雨は地球全体では平均 10 日に一度、年間約 1000mm 降るといわれています。当然、地域による差は大きいですが、土はこの雨を一度保持して、作物の根に供給しています。

砂漠の土、高山の土、南極の土、わずかでも土があれば、何かの動物がいます。なかでも厚い落葉層を持つ森林の土には、もっともたくさんの動物が生息しています。土の中にはたくさんの動物がいることは確かですが、例えばミミズ、ヤスデ、ダンゴムシ、ムカデ、ヒメフナムシ、クモなどの大型土壌動物と呼ばれるものも 1m³ 当たり 100 ～ 1000 個体ぐらゐは普通にいます。

土壌動物は生息地の気象・土壌・生育する植物に大きく影響を受けていますが、逆に土壌動物が土壌の性質を変え、土壌生成にも大きな影響を与えています。土壌動物が土壌と有機物を混合・攪拌することによって、**土壌の物理的性質**が変化します。団粒構造が形成され、孔隙量が増加し、通気・透水性が改良されます。より深くまで孔隙が増大し、酸素



が供給されるので、動物の生息空間が増え、より多くの動物が生息できるようになります。固い土も実はカステラのように空隙だらけなのですが、これが土壌動物によって維持されるのです。

土壌動物による有機物の粉砕、土壌との混合・攪拌といった土壌改良による増収の増加とともに、最近では動物相・微生物相が豊になることで、病原性の微生物の活動が抑えられるという、**土をつくる動物**の恩恵がここにも見えてきます。

土は人間にとって有用なものやサービスを生み出しています。この有用なものを消費し、作物の残渣、人間の排泄物、遺体等を土に戻さなければ、つまり循環させなければ土の生産力は低下していきます。このような土の機能の減少を**土壌劣化**(Soil degradation)といいます。塩類集積、酸性化、乾燥・砂漠化などがその例としてあげられます。

(5) 土中の微生物の役割

土の中には、数多くの微生物が存在しています。植物が枯れて土に戻るのには有機物の分解を行う微生物があるためです。なお、植物により窒素含有量が異なります(0.5%～ 3%)が、炭素含有量はほぼ一定(40%)となっています。炭素量と窒素量(C/N 比)の比は有機物の特性を示す値として使います。一般に C/N 比の高い有機物は分解が遅く、堆肥の腐熟度を示す指標として用いられます。

アンモニア化成と窒素肥料が土に供給されると、植物に吸収されるとともに、それ以外アンモニアは、微生物の作用により硝酸に酸化されます。硝酸は水に溶けやすいため、雨水とともに土から溶脱します。そのため過剰な施肥は地下水の汚染などを引き起こす可能性があります。この硝酸が亜酸化窒素や窒素ガスなどに還元され大気中に揮散しますが、これも微生物による作用で脱窒といわれます。

さらに、微生物には、農薬を分解する能力、温室効果ガスの一つとされているメタンを生成する微生物の能力、植物の成長に欠かせない根圏微生物、微生物の能力を活用した病害防除、重金属の分解など様々な機能があります。

これらの微生物群は、循環の原理の基本にあり、プラス効果のみならず、マイナス効果も考慮すると、二酸化炭素の土中貯蔵等温暖化防止などの環境保全対策の重要な役割を果たす可能性を秘めています。

参考文献

- ①佐久間敏雄・梅田安治編著、土の自然史、北海道大学図書刊行会、pp17-20,28、1998.3.25、
- ②農業土木学会、農業土木ハンドブック基礎編・7 土壌・土壌物理、pp149-151、2000.8
- ③土の環境圏、第一編、第 12 章 土中の微生物の働き、pp281-323

第8章 循環を生かす土の利用技術

1 農用地の整備

水田は水稻の生育にあわせて一時的に水を貯めることができる農地です。そのため、①平坦であること、②水の浸透が制限されていること、③水を貯める畦畔があること、④灌漑水を導き、かつ洪水を排水する水路を持っていること、⑤水源が確保されていること、などの特徴を持っています。このような水田の特徴は、**土壌侵食や土壌劣化を防ぐ機能**を果たすことになっています。このことは、それぞれの地域の自然生態系の一部となっています。



一方、畑の土壌は、表面排水のために緩く傾斜することが必要ですが、**土壌流亡を防ぐ**ことが求められます。また畑は排水のために農地の地層の**排水性**が必要ですが、行いすぎると養分の溶脱と地下水の**富栄養化**を招きます。また蒸発が激しければ塩類の集積も発生します。畑は有機物が必要ですが、

その分解速度は速いのです。そのために有機物を付与する必要がありますが、過剰なものは地力を低下させます。さらに畑は連作障害があり、それを生じないような工夫が必要です。このようなことから、畑作は多様な作物を生産できる可能性を有していますが、マイナス面とのバランスでその地域に適した微妙な**営農技術と整備技術**が必要になります。

このような農地を作り、改良していく技術が長い経験の中で生まれています。水を保ち、作物に必要な栄養素を持つ土を作るには、大きく**物理的・土木的な方法**と**生物的・化学的・営農的方法**の二つに分類されます。

前者には(1)新たに農地を作る方法として、①河川から流れてきた土砂が河口に堆積した地形を利用する**干拓**、②別な所から土砂を沿岸に運び農地を作る**埋立て**、③山を切り開いて農地を作る**農地造成工**があります。これらの場合、根を排除したり、石礫を取り除いたり、栄養分を多く含む表土を最後に表面に戻す工法が必要になります。また(2)既存の農地の土を改良するため、①良質な土を土取場が農地に入れる**客土**、②下層に肥沃な土がある場合に行う**混層耕**、③下層に堅い地層が形成され、透水性等が不良な場合に行う**心土破碎**、④砂礫を取り除く**除礫**、⑤漏水を止めるための**床締め**などがあります。

後者である生物的・化学的・営農的方法には、①地力を高めるための牧草栽培、②堆肥

や有機物の施用、③気象による影響を防止するためのマルチングなどがあります。

2 農地保全

努力して作った農地も、常に自然環境と調和し、農地としての機能を維持していくことが重要です。循環を基本とした農地の機能を適正に維持できないと、砂漠化、塩類集積、土壌の流亡などを引き起こし、地域のみならず、国や大陸全体、そして地球環境の悪化を招くことにつながっていきます。

土壌浸食対策工の原則は、雨水の地下浸透を促し、地表流出水をできるだけ少なくすること、地表流出水の流速をできるだけ小さくすること、集中する水を安全に流下させるように排水路網を整備すること、土壌の耐食性を高めることです。そのため、基本は排水路の整備があげられます。排水路の規模を決めるには、ピーク流出量を適正に算定することが必要です。この算定には、合理式が用いられます。

$$Q_p = 1/3.6 \cdot r_e \cdot A$$

Q_p はピーク流出量(m^3/s) r_e は与えられた確率年における平均有効降雨強度(mm/h)

A は対象とする流域面積(km^2)



傾斜地でのガリ侵食

これ以外にも、日頃の排水を安定的に行う暗渠排水、流れ出る土砂を堰き止める土留工、土を直接地表面に出さないようにする緑化や作物によるマルチングなどがあります。

風食防止工は、防風のための柵、防風ネット、防風林が基本的な対策になります。その場合、対策すべき風の方向、風速に応じた間隔や高さなどが大切な要素になります。

地すべり防止工は、地すべり活動を促す要因を除去もしくは軽減することによって間接的に地すべりを安定させる**抑制工**と、地すべりに対する抵抗力を付加することによって安定させる**抑止工**があります。抑制工には、地表水排除工、地下水排除工、侵食防止工などがあります。抑止工には、地すべりを止める杭工、岩盤等動かない基盤と地表の土塊をアンカーで結ぶアンカー工、すべり面の先端などに設置する擁壁工などがあります。

一方、土の利用を世界に向けると、地球上で砂漠化の影響を受けている土地は、陸地のおよそ 1/4 に相当する約 3,600 万 km^2 で、世界人口のおよそ 1/6 がその影響を受けていると云われています(UNEP, 1991)。このうち、砂漠化の影響を受けている土地の面積は、アフリカ地域だけで 1,000 万 km^2 となっています。この原因には、自然発生的なものとな人為的なものがありますが、今日問題となっているのは人為的なものです。それは、半乾燥地における森林の乱伐、農業開発による**塩類集積**、農地の生産力を超えた過剰な家畜の放牧などがあげられます。このような影響への対策として、植林による緑地の確保、点滴灌漑や下層からの塩分上昇防止など効率的な灌漑、生産方式の見直しなどの**砂漠化防止対策**

が必要です。

3 農地生態の保全

水田は、水稻を作付けるための農地であり、耕紀、代かき、田植え、水管理、施肥、除草、稲刈りなどの作業が連続的に実施されます。水田は、浅い湛水面だけでなく畦畔という陸地を有していることにより、様々な農地生物が生活する場となり、それが土を作る**農地生態**を形成しています。

畑に生息・生育する生物は、畑の農産物や周辺の地形、植生などを含めた自然環境に適応しています。特に水田地域に分布している畑には、水田や周辺にある「ため池」を生息・生育空間にしている生物種がみられます。

このような農村地域の**環境構成要素**は、互いに連続して存在するとともに、多様な環境が一定のまとまりをもって存在しており、生物もその生活史に応じて多様な環境を生息・生育空間として利用してきました。農村環境を構成するこれらの要素(水田、水路、ため池、雑木林など)の配置と**連続性**が、そこに生息・生育できる生物種や**生物多様性**に影響しています。

この農地に生息する生態を基にした農業の営みの連続性が、広く見れば、農村地域固有の**景観**を形成しています。また、農業生産のために工夫された利用形態が**土地利用**を規定し、整然とした、美しい**ランドスケープ**を創りあげています。



さらに、農村地域は、地域ごとに異なった自然環境を有しており、それぞれ特徴のある生態系がみられます。これらは、気候や地形などの立地条件の違いによるところが大きいのです。そのため、それぞれの地域の特徴を活かすためには、生態の実態を技術的に評価する**モデルの構築**が必要となっています。

一方、このような農地生態の形成に影響を与える様々な人間の開発行為によって発生する自然環境への影響を緩和、または補償する方法と

して**ミティゲーション**(Mitigation)という方法が使われています。この方法を適応するには、**ミティゲーション5原則**があります。第1は、**回避**です。良好な環境を有している区域について、整備を実施せず、現状のまま保全します。それが困難な場合は、第2として、**低減**があります。農地生態生物の生息・生育が可能な自然石や自然木を利用した整備によりその影響を最小化するものです。第3は、**修正**です。影響を受けている範囲について環境そのものを修復・復興・回復することです。改修に併せて魚道を設置したり、落差を無くすなどが考えられます。第4は、**影響の軽減／除去**です。生物の避難場所を残すなど生態に配慮した施工範囲を検討し、段階的に施工するなど行為期間、環境を保護および維持管理をすることです。そして、第5は、**代償**です。多様な生物の生息・生育する環境の代償として、保全地帯等を区域外に設け、同等の環境を確保することがあげられます。

このように農地生態の保全のために、現在の機能を適正に評価すること、またその機能を継続して確保することが、循環の機能を保つ手段を施していくという地球環境問題の解

決の基本にあると言えます。



参考文献

- ①農業土木学会、農業土木ハンドブック本編第3部7 圃場整備、pp523-529、2000.8
- ②農業土木学会、農業土木ハンドブック本編第3部12 農地保全・防災、pp604-624、2000.8
- ③岩田進午他監修、土の環境圏、地球規模の環境破壊における土の問題と対策、pp1352-1356、1997.5
- ④農業土木学会、環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き3、－ほ場整備(水田・畑)－、2004.5

第9章 水循環の科学

1 土と作物における循環

水は太陽のエネルギーの作用を受けて、**蒸発、凝縮、流動**などの複雑な過程を経て地球上を循環しています。生物はこの無限の水循環のなかで生活し、またその流れの一部を占めています。水のエネルギー変換、可動性、溶解性、高い比熱などの物理、化学的特性は生物のあらゆる生命活動と密接に関係しています。植物は水循環の過程において最も**ミクロな循環**であり、それが重要な役割を占めています。

植物が環境から吸収する物質のなかで水は最も多量に摂取するものであり、よく繁茂した水稲では1日あたり 70 ton/ha に相当する水を吸収します。吸収された水のうち、原形質の機能の保持や光合成などに利用される割合は 5%以下であり、大部分は水蒸気となって気孔から失われます。蒸散作用には葉面積、葉の構造、気孔の開度などの内部要因と光エネルギー、温度、湿度、風、土壌水分などの外部要因が複雑に関係しています。

作物をほ場容水量の付近で栽培し、最大葉面積に到達したときの葉面積指数と蒸散比の関係をみると、葉面積指数が 3 以下の作物では葉面積が大きいほど蒸散比は高くなります。しかし、葉面積指数が 3 以上になり、地表面が茎葉によってほとんど覆われるようになると、蒸散比は作物によってあまり変わらず、その平均値は約 1.2 となります。

つまり、蒸散量は植被が完成するまでは作物要因の葉面積によって支配されますが、植被が完成した後は気象条件の影響を強く受けるようになるのです。作物の蒸散量がある葉面積以上で一定に近づくことは蒸散と密接な関係がある日射量に限界があるためとみられます。

このような土と植物の間における水循環と併せて生まれる機能として、二酸化炭素の吸収があります。植物は、葉の気孔から CO_2 を吸収し、根から吸い上げた水を原料に、光エネルギーを利用してブドウ糖などの有機物をつくる働きをもっています。これは光合成と呼ばれますが、このときにブドウ糖と共に酸素も作り出されます。植物は CO_2 だけでなく、有毒な二酸化窒素や二酸化硫黄なども吸収し、空気を浄化してくれる働きをもちます。

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の特別報告書によると、世界全体の森林などの持つ吸収量のポテンシャルは、2050 年までの期間において化石燃料の燃焼による排出量の 10 ～ 20 % に相当すると予測されています。

森林による CO_2 の吸収量は、樹種や林齢などの条件により異なりますが、例えば 50 年生のスギ人工林は 1ha 当たり約 170t の炭素を貯蔵しており、1 本当たり 1 年間に平均して約 3.8kg の炭素 (約 14kg の CO_2) を吸収したことになります。土壌と植物の間で行われる循環は地球環境の仕組みの基本をなすものがあるのです。

2 水循環システム

水は相変化を伴って様々な時間的・空間的スケールの現象として**収束と発散、集成と再配分**が繰り返されます。大気中の水蒸気収束の過程で、凝結熱を放出しながら降水が形成され、重力の直接の作用を受けて海域・陸域地表面に達します。陸域では、直接土壌面に到達し、あるいは、植物葉面などに達して降雨遮断として直接土壌面などへの水分到達が

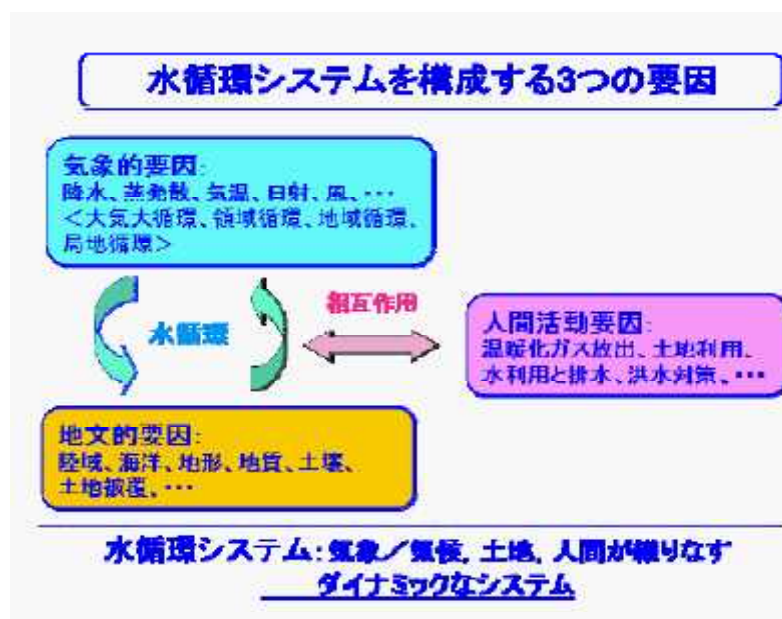
制限されます。

地表面では土壌条件により、浸潤、浸透、貯留、流出が生じます。土壌中では重力、毛管力により水分移動がコントロールされ、鉛直下方への水の流れはやがては飽和に達して地下水を形成します。地表面付近の水分は正味放射量の一部を熱源として**潜熱フラックス**（温度の高いところから低いところへ輸送されるエネルギー）の形で蒸発し大気中の水分となります。土壌中に発達した根系から吸収された水分は、植物の水分補給持続の生理作用として、葉面気孔から大気へ水分放出が行われます。土壌への浸透速度より強い強度の降水があれば凹地に水が貯留され、それ以上では地表面流として流域斜面を流下します。

地中における不透水層や不均質な土壌層構造により土壌中にも鉛直、水平成分をもつ水

分移動が生じます。斜面に流下した水は、集合して溪流そして河川を経由して海に至ります。海ではもっぱら蒸発が行われ、長期には海上に降る雨と蒸発との差が河川流出に対応し、水収支として理解できます。

水循環は様々な現象とそれらの相互作用から成り立ちます



が、それらの個別現象の理解と**水循環システム**としての理解が必要となります。陸域地表面は降水の直接補給を受ける場であると同時に、蒸発散として大気への**潜熱フラックス**の生成の場でもあります。このとき、陸面流域における水の循環としてシステム的關係が構成され、降水を入力、蒸発散や土壌水分や流域からの流出を出力とする全体システムとしてとらえることができます。水循環システムの解明のためには、水文観測または関連する現象の把握のための情報収集システムが大切です。水循環にかかわる現象過程は、さまざまな**時間的・空間的なスケール**を持ちます。雨滴の直径は例えば 0.01 から 5mm のオーダーであり、大河川の流量は数万 m^3/s のオーダーに及びます。また時間スケールでみると、 mm/s の単位から km/year という単位でとらえることで正確に理解できるなどその範囲も肘用に広いものとなっています。

3 水質浄化

水域に汚濁物が負荷された場合、希釈・拡散、ろ過、沈殿、環境生物群などの働きが充分機能すれば、つまり循環機能が働いていれば、水質汚濁の問題は生じません。しかし、負荷が過度になると、いずれかの構成要素が増加したり、あるいは経路での進行に伴って非生物性の環境が悪化したり、汚濁物が構成要素中に蓄積されたりして、問題が生じるようになります。

河川・水路・湖沼・ため池など中で、汚濁物が濃度が流下するにつれて減少する現象を、**自浄作用**と呼んでいます。微生物では、最初に非生物性有機物を分解する細菌や真菌類が増殖し、続いてそれらを捕食する原生動物が、そして最後に独立栄養性生物である付着藻類が優先します。

河川水に負荷された汚濁物を、その河川水中に生存する水生生物群に悪影響を及ぼさない範囲で自浄する能力は**同化容量**と呼ばれています。一般には、溶存酸素(DO)がある一定以上あることがまず必要であるとして、限界 DO 以下にならずに自浄される汚濁物負荷として取り扱われます。限界 DO としては、4mg/L 程度が用いられることが多くあります。

生活用水などの汚濁が進行した河川においては、アンモニア性窒素の硝化による DO の消費も生じます。また、水中の窒素およびリンを用いての河床での付着藻類の増殖による DO の供給と、その死骸による浮遊性 BOD の供給も生じます。これらの影響は水深が浅いか停滞性の水域で大きくなります。湖沼や湾のように閉鎖性が強く水が 10 日～2 週間以上滞留する水域では、物質循環のすべての機能が、全ての過程で働いています。藻類は、光合成により水中の無機の炭素により有機物を合成し、増殖します。これに伴い酸素が放出され、pH が上昇し、水質が悪化します。水域で窒素およびリンの濃度が高くなり、藻類が異常に繁殖し、これに伴って種々の水質使用外が生じる現象は、**富栄養化**と言われています。リン濃度で 30 $\mu\text{g/L}$ 程度および窒素で 500 $\mu\text{g/L}$ 程度以上となると、水域は富栄養化する傾向があります。

水の表面での藻類濃度が非常に高く 1mL 当たり 1000 個体以上になると、水は顕著に着色し始めます。アオコはその代表的な現象です。これにより、景観障害、透明度の低下、レクリエーション障害、溶存酸素の枯渇、生活環境の悪化、魚介類の斃死など様々な循環機能障害が生じるのです。

循環の機能を最も悪い形で現れるのが、**生物濃縮**です。生物濃縮とは、一般に生物がその生活環境により高い濃度である物質を含んでいる状態をいい、その濃度の度合いを表すのに濃度係数という数値で示します。生物濃縮や濃縮係数は、飼料生物とそれを捕食する生物の間でも設定されます。牧草地に除草剤をまくとそれに含まれている有害物質が牛の餌となり、牛乳となり、母親の母乳となって濃縮されていく過程や海に放出された重金属が直接あるいは食物連鎖という間接的な方法で徐々に大型魚類に蓄積されてやがて人間の口に入るという例が最もわかりやすい生物濃縮となっています。

参考文献

- ①小田桂三郎他著、耕地の生態学、築地書館、pp30-39、1972.1.10
- ②水文・水資源学会、水文・水資源ハンドブック・3 水文システム、朝倉書店、pp45-54、1997.10.25
- ③宗宮功、津野洋著、水環境基礎科学、コロナ社、pp145-158、1997. 4. 25

第10章 物質循環の科学

1 土の物質循環

様々な物質が大気を媒介して広い地域に拡散し、土の表面に沈着します。枝葉の繁茂した植物は、**大気を浄化**すると同時に、土への供給量を増やします。陸水には河川の氾濫や灌漑によって土の表面に加えられるものと、**浸透水**によって土中を移動するものがあります。生物は、植物による無機養分の吸収と有機物の地表への還元による流れを形成します。

土から環境に排出される経路についても、**大気への放出・揮散**としては、蒸発散、風食による黄塵、メタンガス等の空気中への揮散があり、大気の透明性や温室効果、オゾン層破壊などに幅広い影響を及ぼしています。

水圏への流出としては、①水食による懸濁および溶解性物質の地表水への流出、②溶脱による溶解性物質の地下水への流出が問題となりますが、この例として硝酸イオンによる地下水汚染があげられます。人間が食料、薪炭、繊維などを森林や農耕地から収穫して、それらを最後には自然に返すという循環の流れに乗せていない場合に問題が生じます。人口増大、食料自給率の低下などは、陸域の物質循環を左右する重要な流れを作る原因となっています。

陸地における物質の流れは、その大部分が土にはいり、そこに蓄積し、ふたたび生物、大気、水に拡がっていきます。入ってくるものがあれば出て行くものがあって、土はある安定な状態を保っています。流れが停滞すればいろいろな物質が土に蓄積します。出て行くものが多くなれば、土のストックが減少し、やがては流れが止まってしまう。流れ



の停止は、生態系の死を意味します。土は物質循環の要であり、生態系にとって不可欠な貯留槽の役割を果たしているのです。生態系から得られる様々な自然のサービスの多くは、多数の生物によって水や栄養分を循環

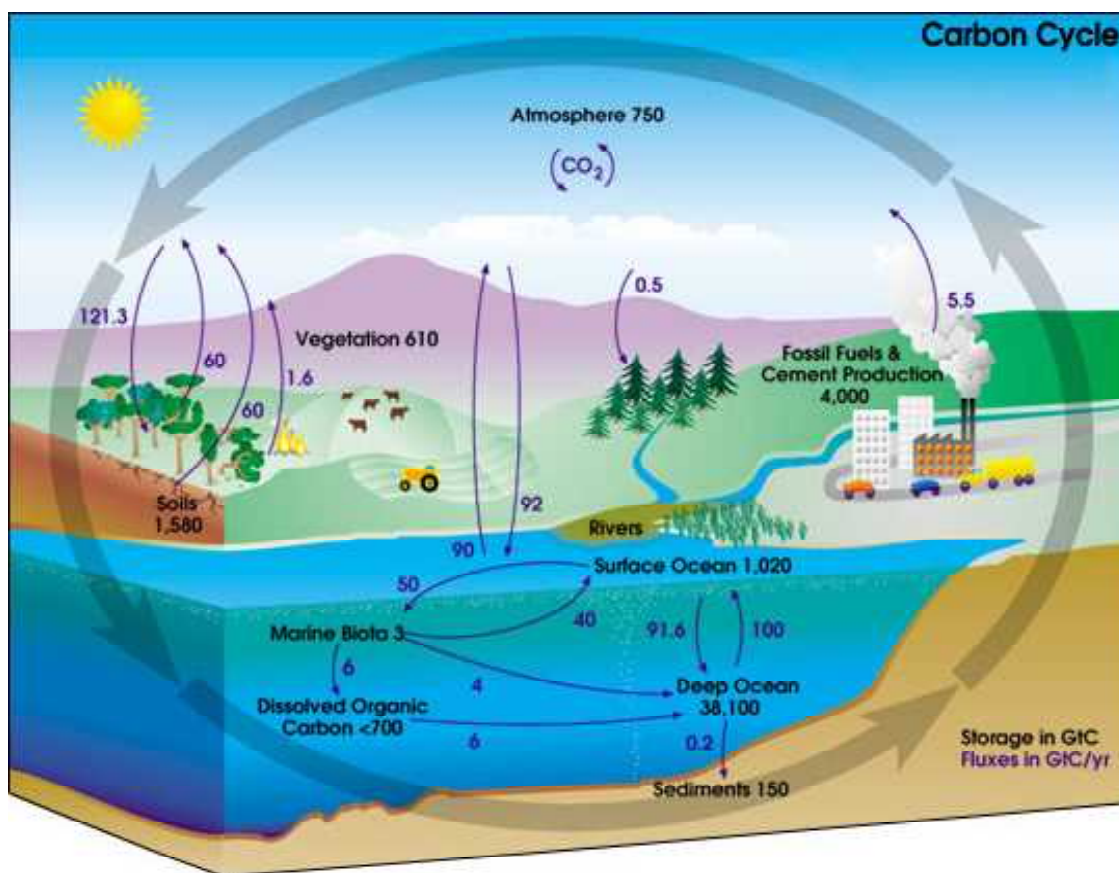
し、廃物を分解し、分解した産物を貯留あるいは再循環する能力によっているのです。

その意味で、土は毎年作物の種子を蒔き、土の養分を吸収して生長し、実りをもたらし、堆肥などによる地力の増強を図るといった繰り返しが行われており、**物質循環の要**であるといえます。

2 炭素の循環

大気圏、海洋における炭素の主体は、**二酸化炭素**とその**溶存イオン**であり、特に海洋には大気圏の 50 倍以上の量が存在し、大気中の二酸化炭素濃度を一定に保つ緩衝体の役割

を果たしています。海洋には二酸化炭素に加え、約 1.0×10^{12} t の有機態炭素が存在します。地方、陸域の炭素はおもに有機態であり、約 1.7×10^{12} t の土壌有機物および泥炭、約 6.0×10^{12} t の落葉落枝が存在すると推定されています。



大気圏と陸域との間の循環速度は、年間約 1.1×10^{11} t、大気圏と海洋との間の循環速度は約 9×10^{10} t と推定されています。これらの循環速度からしますと、大気圏の二酸化炭素は数年で更新されているものと考えられます。また落葉落枝の分解にともなって土壌有機物へと変化する炭素量は、年間 $2 \sim 5 \times 10^9$ t であり、土壌有機物量の数百分の1となっています。

今日、大気圏の二酸化炭素濃度の増加に伴う**地球の温暖化**が国際問題となっていますが、その年間増加量は炭素に換算して約 3×10^9 t で、海洋・陸域と大気圏間の年間炭素循環速度 200×10^9 t の 1.5% に相当します。また現在化石燃料の消費に伴う二酸化炭素の年間発生量は炭素にして 5×10^9 t と算定され、化石燃料に由来する二酸化炭素の約 60% が海洋・陸域に吸収されずに大気圏に残存する結果、地球の温暖化を促進しているといわれています。地球生態系は微妙なバランスの上に機能してきましたが、化石燃料に由来するわずかに 2.5% の二酸化炭素の 1% しか地球は循環のサイクルに取り組むことができず、残りが毎年蓄積され、二酸化炭素の増加を招いているのです。

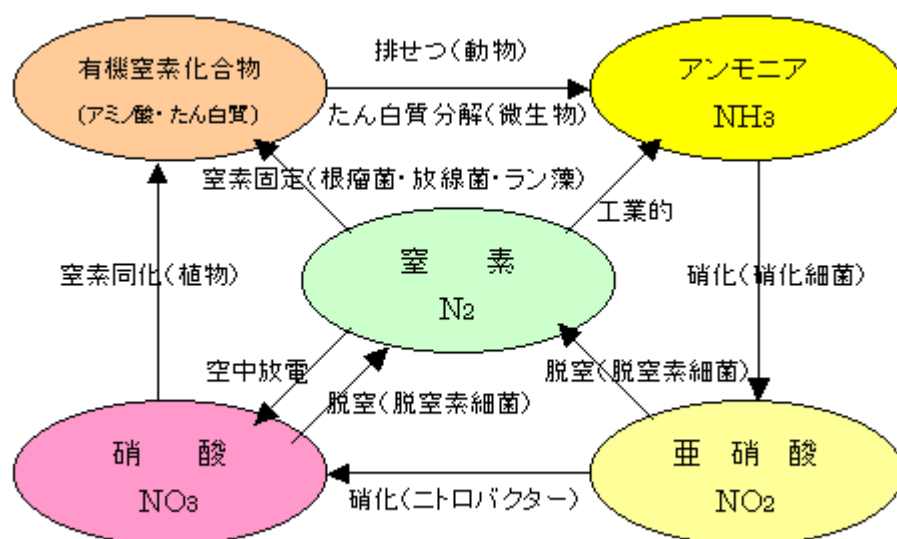
現在地球温暖化でよく使われる言葉に**カーボンニュートラル**（排出される二酸化炭素と吸収される二酸化炭素が同じ量であるという概念）があります。これは、例えば、植物のからだはすべて有機化合物で出来ています。

その植物が種から成長する時、光合成により大気中の二酸化炭素の炭素原子を取り込ん

で有機化合物を作り植物のからだを作ります。そのため、その植物を燃やして二酸化炭素を発生させても、空気中に排出される二酸化炭素の中の炭素原子はもともと空気中に存在した炭素原子を植物が取り込んだものであるため、大気中の二酸化炭素総量の増減には影響を与えません。そのため、カーボンニュートラルと呼ばれます。そのため、炭素の循環を円滑にするためカーボンニュートラルな取り組みがなされているのです。

3 窒素の循環

大気の 79%を占める窒素の量は $3.9 \times 10^{15}\text{t}$ であり、その 50 倍近くの窒素が地殻の岩石中に存在します。しかし、これらの大量の地殻中の窒素は、炭素の場合と同様に循環にはあまり影響しません。海洋に存在する窒素もその 95%以上が窒素ガスという形態であり、その量は $2.2 \times 10^{13}\text{t}$ に達します。海洋中にはさらに $5.7 \times 10^{11}\text{t}$ の硝酸・アンモニア態窒素、それとほぼ同量の有機態窒素が存在すると推定されます。他方陸域では $3.0 \times 10^{11}\text{t}$ の有機態窒素と $1.6 \times 10^{11}\text{t}$ の無機態窒素が土壌中に存在します。



大気圏から陸域への循環は生物的窒素固定などにより行われ、その推定量は年間約 $3 \times 10^8\text{t}$ で、大気圏に存在する窒素量の約 10^7 分の 1 に相当します。そのため、炭素の循環は

炭素の循環とは大きく異なります。窒素循環は、さまざまな生物の働きによって行われます。大気圏と海洋、陸域間の循環には窒素固定や脱窒($\text{NO}_3, \text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}, \text{N}_2$)が大きな割合を占め、近年は人間活動に由来する肥料の施用や燃焼にともなう窒素循環量が急増しています。

その結果、断定的には言えませんが、窒素酸化物の増加のもたらすオゾン層破壊の影響も懸念されています。その原因は酸化二窒素ガスが大気中で一酸化窒素ガスに変化し、成層圏では一酸化窒素や二酸化窒素ガスがオゾンと反応し分解するためといわれています。加えて 21 世紀は農業生産に用いる窒素等の施用量が生物的窒素固定量に匹敵する量に達しているといわれています。

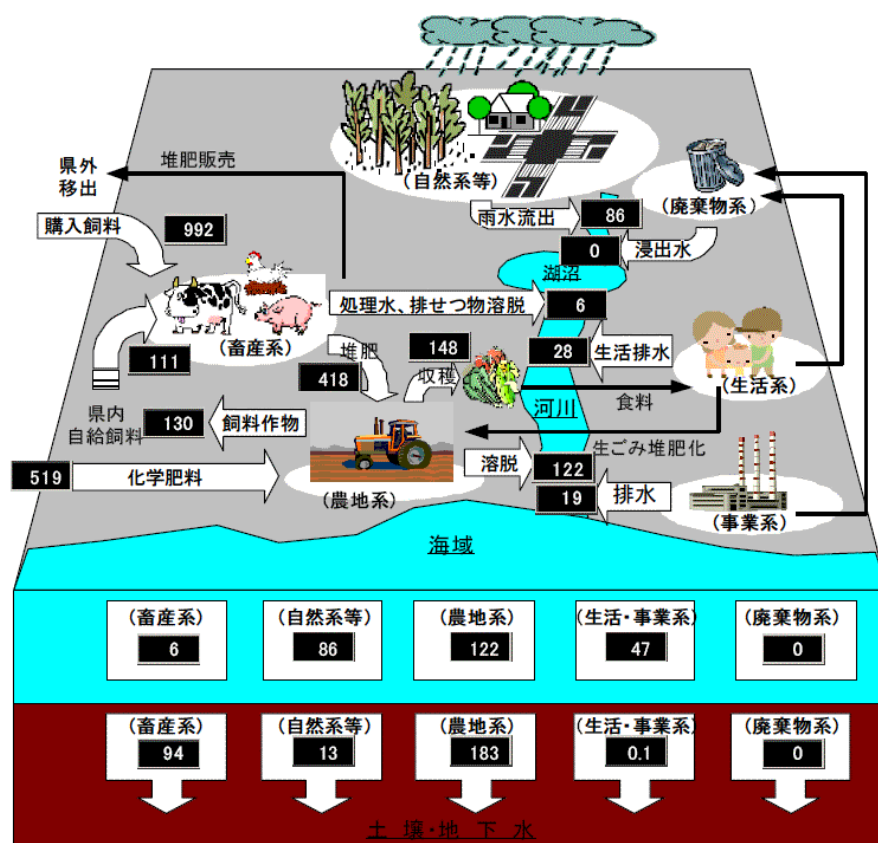
作物等の高等植物は、アンモニア(NH_3)、硝酸(NO_3)の形態で窒素を根から吸収し、タンパク質などの有機態窒素に同化します。したがって、枯死して土に還元された植物遺体中の窒素は有機態窒素です。この有機態窒素を無機化し、高等植物が再利用できる形にするのが土中の微生物です。

4 リンの循環

リン（P）は元素記号でいうと15番目の元素です。元素のうち生物活動に必須な材料となる物質のことは「親生物元素」と呼ばれていますが、炭素、窒素、酸素等と同様にリンもその一つです。海水中の元素としては多いほうから数えて19番目で、人体中では6番目に多い元素です。体重70kgの人では700～780g含まれています。つまりリンがなくては生命がなりたないのです。

基本的にリンは比重が重いので、重力にしたがって地球上に分布しています。自然に任せていけば、リンは山から川などを経て海の底深くに行くということで一方的な動きしかありません。

しかし長い地質学的な時間で見ればリンは大きな循環構造の中に入っています。人間を含めた動物に食べられることによって、リンを地上に運ばれます。つまりそうした魚類も鳥類と同様、重力に逆らってリンをより高い場所へ運び上げるという循環のルートを形成しているのです。



このように生物にとって非常に重要なリンですが過剰と不足の両面から問題になっています。一つは**過剰ゆえの問題**です。現在の農業では、窒素、リン酸、カリウムが化学肥料として農地に施肥されていますが、リン酸は与えたうちの10%しか吸収されないそうです。そのため収量を上げようとする**過剰な投与**が増えます。

岩手県のリン資源循環

しかしこれは土中の「リン酸貯金」が増えることにはなりますが、他の成分と結合するため、植物がすぐに使える状態にはなりません。また畜産動物（牛・豚・鶏）の排泄物にはリンや窒素をはじめとして有機物も多く含まれ、本来は肥料としても有効なものです。しかし現状ではそれが廃棄物として処理されたり、畜舎からの排水を通して河川や湖沼などに入り込み、それが水質悪化の元になっています。

一方で**不足ゆえの問題**があり、今後その問題が社会的にも重要になってくるでしょう。基本的には人間が利用できる地球上の資源としての量は限られています。自然循環に従っ

て鉱石が作られ人間が利用可能になる時間と、人類による消費速度の**時間スケール**が異なるので循環ができていないことが不足の大きな理由です。先ほどもあげた農業用の三大肥料（窒素・リン酸・カリウム）の中では、**リンが一番不足**しています。水系では不足すると貧栄養化がおこり、生態系全体に影響を与えます。

リンを含んだ鉱床は島だけでなく大陸の内部にあるのですが、石油や宝石と同じように世界的に見てある場所が偏っています。農業分野での**肥料**としての役割は大きく、現在 40 %の食料自給率が問題になり自給率の向上や食糧安全保障の課題も検討されていますが、それらのことを考えるならば当然リンを筆頭に**肥料の安全保障**も考えていかななくてはならないでしょう。

このように生物にとってもまた社会的にも重要なリンについて私たちには何ができるのでしょうか。大きなレベルでは森林の保護、植樹・造林などをして鳥類を大切にすること、魚の遡上ができるようにダムや砂防ダムの問題に関心を持つこと、野生生態系の保護や回復がリンの循環の輪を断ち切らないためにも重要な行為であることを認識しながら、そうした活動を支援することが大切でしょう。身近なレベルでは肉よりも魚や水産物をたくさん食べることが重要かもしれません。体内にとりこむことで海から地上へのリン循環に私たちも参加していることは、食卓と物質循環、悠久の地球の時間との関係を身近に感じさせてくれるでしょうから。

5 土壌汚染と自浄作用

山奥の溪谷にわき出ている水を口に含んだときの清涼感は忘れがたいものではないでしょうか。また古くから井戸水を飲料水として利用してきたことや上水道施設でもろ過施設を設けて河川水を浄化して利用していることは知っているはずです。汚れた水が土を透過する間に清い水に変わります。

いいかえますと土には水を浄化する作用があることは、長い間の経験によって培われてきたのです。土が行う水の浄化は、水の濁りを除去することであり、水に溶解している塩類や各種の化合物を吸収することであり、また微生物を捕捉することです。この土の持つこの**フィルター機能**によって水の循環が再び行われるのです。

水に含まれている物質が除去される原理は、二つの側面から説明できます。その一つが**イオン交換**現象に基づいているものです。水を汚している原因物質がイオンとなって水に溶解しているとき、このイオンが土を構成している材料の表面に静電氣的な力で吸着され、水から除去されるものです。

もう一つは、水を汚している原因物質が主として微粒子体であり、微粒子体が土の中に形成されている微小な間隙を通過できず土中にとどまり、水から取り除かれるものです。これを**ろ過現象**といいます。土の間隙の大きさは、砂の層ではおおよそ 150 μm から 50 μm の幅があります。締まった土では、75 μm 以下であり、0.1 μm より小さい間隙も少なくありません。

また稲作は病害虫と雑草との戦いの歴史であるといわれているように、これまで様々な農薬が開発され、使用されてきました。現在では使用禁止となった農薬もあり、また新たな化学物質の製造により散布された農地や周辺環境への影響は依然として不透明なところがあります。しかし、この部分においても土は、微生物や酸化還元状態の変化等の働きに

より農薬を無害化する**農薬の分解**機能を果たしています。最近はこの微生物による分解機能に着目して一定期間を経過した農薬が無害化するような農薬の開発も盛んに行われています。

さらに、土には**大気浄化機能**も認められています。第1は土壌による汚染物質の捕捉です。大気中にある汚染ガスを土の液相や固相の表面に吸着する機能です。第2は物理・化学的形態変化で、水との反応や粒子表面の電気化学的反応によりイオン化するものです。第3は、微生物代謝による形態変化です。

土壌の空気浄化は、この3つの機能により行われ、最終的には植物吸収、土壌への固定、浸透水として系外へ排出する、ガス化によって大気へ放出、土壌有機物として蓄積するという形で循環していきます。

参考文献

- ①佐久間敏雄・梅田安治編著、土の自然史、北海道大学図書刊行会、pp213-214、172-174、175-176、1998.3.25、
- ②森元之、市民科学教室、貴重な資源・リンの循環からみえてくるもの、2007.2.8、
<http://www.csij.org/>
- ③岩田進午他監修、土の環境圏、土の機能と活用技術、pp481-502、1997.5

第11章 生命循環の科学

1 自然とは生命循環なり

森の中の木陰をゆっくりと歩いて大きな木の傍らに立ち、落ちている小枝をひろって木の下を軽く掘ってみると、そこには朽ちた葉っぱや木の小枝、花などからなる多量の落ち葉がフワフワとした状態で堆積されています。そしてさらに掘り進めると、そこには昆虫や小さな生き物がいることがわかります。森林は植物の他にもこうした数百万のさまざまな生き物が住み家としており、それらの排泄物や死骸が、描物の落葉とともに**土壌の『腐食化』**に多大な貢献をしているのです。

木の葉が枯れ落ち、小枝が風に折られ、樹木の幹が倒れて横たわり、動植物たちによって徐々に食いつくされていきます。やがてこれらの微小な動植物たちも死を迎え、他の有機廃棄物とともに地上に集積します。そしてミミズや蟻がこれら地上に集積した腐食物を運び去ります。この集積された蓄積物が腐食化されてゆくプロセスこそが、新しい生命（誕生）のはじまりであり、**自然の循環の法則**です。**生命の誕生→成長→成熟→死→腐食→誕生**という循環を形成しています。そのため、自然とは循環という言葉と同等ではないかと思われま

す。私達の周囲の**自然の生命の多様性**は、子供たちの想像力を強く感動させるものです。子供たちは、至る所で自然の生物を見て感動します。家の近くの野原や雑木林で、いつも遊んでいる小川や海岸の浅瀬で、またそのような日当たりのよい遊び場のない街の子供たちも粗末な裏庭や公園においてめまぐるしい変化や驚きに満ちた動物の世界や、ほしいままに選べる草花や材木などをみて感動します。つまり子供たち自身、その一部である宇宙の自然として永久に受け入れるにあたり、初めて、そしてこの上もなく力強い序曲ともいべき**多種多様な生物**をみて感動するのです。「肉眼でみても限りなく多様な形状は、顕微鏡下ではさらに目覚ましい。

たとえば、淀んだ水中の緑色の粘液を調べると、新しい世界が展開しています。あまたの簡単な隠花植物、藍藻や緑藻これらの植物には、常に下等動物が共存しています。何十億もの人類を養っている稲（米）が良好な生育をするためには緑藻の働きに大きく依存しています。

カビの生えたパンの1部を拡大すると、緑色物質を全く含まない美しい透明の菌糸でできている隠花植物の他のグループの一群が見えます。これらは農耕や園芸にきわめて重要な部分を占める糸状菌に属しています。そこには、さまざまな形の生物をみることができますが、これらの様相から安定性の原理を認識するまでには、さらに洗練された**科学の能力**が必要です。

2 生命循環と生物多様性

地球の**生命の多様性**については、4千万種にもものぼる生命体が確認されていることでも明らかです。植物の世界をとってみても、**25万種**にもものぼる種が確認されており、こちらもまた多様性は顕著です。ちなみに、植物の25万種の内訳は材木が50%、草が50%と言われています。多様性については、以上のようなことから分かるように、正に**地球**

は生命の多様性の宝庫と言えるのです。蛇足ながらこのような多種多様な生命が地球にな



ぜ存在するのか、それは偶然なのか必然であったのか全くナゾに包まれています。17 世紀にガリレオ・ガリレイ (1564 – 1642) が「宇宙は無限なのだ」と指摘したことが物理学

の始まりとした場合、コペルニクス、ニュートン、アインシュタイン、そして現代宇宙物理学の最高権威スティーブン・ホーキングに至るまでの現代科学の進歩も、いまだ生

命がなぜ存在するのかということや、この生命の多様性について説明できる法則や理論は今のところもちあわせていないのです。ハワード卿は、もち

ろん地球の生命の誕生については述べておりません。しかし彼が述べていることの中で



地球の生命体一つ一つが相互に依存しあい、そして共生関係によってこそ多様性が維持され存続しているということに触れているのです。それは、環境の生命体が偶然によって発生したのではなく、必然であったという考え方であると私は思います。

地球の多様な生命体、言い換えれば大自然が多種多様な**生命の輪**によって結ばれ、それぞれが依存しあい、助け合い共生しているということ。また、多様性は地球の生命体が生存してゆくために不可欠のことであり、自然界の安定性とは正に多様性により支えられています。

地球が多様性を失ってゆく時に、地球の自然は安定性を失い、安定性を失った自然は、種の減少というプロセスをたどっていくことは現在の状況からでも明らかです。

最近になって地球の様々な種が**絶滅**しつつあるニュースは耳にされたことがあるかと思います。これらのニュースは、一面的な感情論でとらえるべきではありません。地球の幾度もの急激な環境変化に対して耐え、そして生き残った進化の成功者たちが、今になって生きていくことの出来ない状況に立たされているということなのです。

人間も哺乳類に属していることは言うまでもありませんが、この哺乳類の例で話しますと、古い昔約 350 万年前の更新世時代には、一世妃あたり絶滅した種の数全体は全体のわずか 0.01 %であり、約 10 万年前の更新世後期には 0.08 %であったといわれています。ところが近世 17 世紀に入るとヨーロッパ文明の拡大にともなう狩猟と乱獲によって、絶滅をする種は、急激に増加し、さらに現代に至る産業化と人口増加によってその数にはますます加速がつき、1600 年～ 1980 年の間には、なんと一世妃あたり 17 もの種が絶滅しているのです。この勢いでいけば 1980 年から 2000 年の間には、その数字は 145 にまで達してし

まうであろうと予測されています。

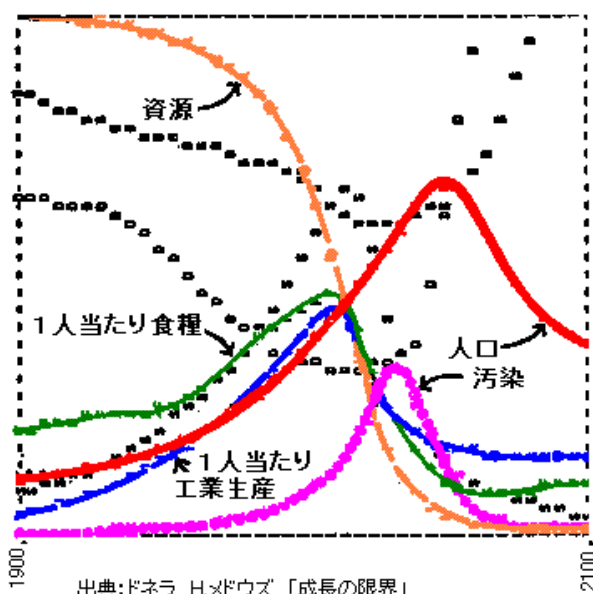
この事実は、先にお話しした地球を構成する一つ一つの単位が死んだ時に何が起こってくるのか、またそれらに依存していた動植物たちの環境にどのような影響を及ぼしてくるのかについて、今私達は関心をはらっていかなければならないと思うのです。

1993 年、ブラジルのリオデジャネイロで開催された第 2 回人間環境会議は記憶にあるかと思います。この国際会議で 2 つの条約が結ばれました。1 つは生物多様性条約であり、1 つは地球温暖化防止条約（気候変動枠組条約）です。生物多様性条約は、アマゾンの熱帯雨林を、人間が経済的な利益だけを目的として開発しないで大切に現状保全していこうという条約なのです。アマゾンの熱帯雨林は、地球上で最も多様な種が存在している正に多様性の宝庫であり、これらを安定させ残していくという考え方で結ばれた条約なのです。今、地球の自然を守っていこうという考え方は、地球の多様性を守ることと同じ意味をもつものであり、そのことに世界は気づいているということです。

しかし、発展途上国の経済問題やそれぞれの国の権益も絡み合う中で現実には、なかなか条約の考えるような方向は難しいということなのです。

生態系の破壊、気候の激変、砂漠化する森、絶滅していく種、酸性雨、人口の爆発、汚れていく海、大気汚染、オゾン層の破壊、土壌侵食、地下水の枯渇など地球環境問題が総

「成長の限界」世界モデルの標準計算



合化され、生物多様性の崩壊をはじめとする生命循環の危機が生じています。人間の知性ゆえの科学の進歩が、水土の知のもとにある循環の仕組みを疎かにしたことが、これらの現象を生み出したといえるのではないのでしょうか。

ローマクラブの「人類の危機」レポート「成長の限界」という本があります。ローマクラブを簡単に説明すれば、1970 年 3 月にスイス法人として設立された民間組織で、世界各国の科学者、経済学者、プランナー、教育者、経営者などから構成されており、現に政府等の公職にある人たちはメンバーに含まれない。またローマクラブはいかな

るイデオロギーに偏せず、特定の国家の見解を代表するものでもありません。このクラブは最近に至って急進に深刻な問題となりつつある天然資源の枯渇化、公害による環境汚染の進行、発展途上国における爆発的な人口の増加、軍事技術の進歩による大規模な破壊力の脅威などによる人類の危機の接近に対し、人類として可能な回避の道を真剣に探索することを目的としています。

当時の国連事務総長ウ・タント氏が、「成長の限界」の序論で以下の様に述べています。「私は芝居がかっていると思われたくないけれども、事務総長として私が承知している情報から、次のような結論を下しうのみである。すなわち、国際連合加盟諸国が古くからの係争をさし控え、軍拡競争の抑制、人間環境の改善、人口爆発の回避、および開発努力

に必要な力の供与をめざして世界的な協力を開始するために残された年月は、おそらくあと 10 年しかない。もしこのような世界的な協力が、今後 10 年間のうちに進展しないならば、私が指摘した問題は驚くべき程度まで深刻化し、我々の制御能力を越えるにいたるであろう。」

1970 年ローマクラブが世界に発表した人類の危機レポートは、あれから 38 年もたってしまったことになります。人類はウ・タント氏のいう制御能力をはるかに越えてしまったのでしょうか。ハワード卿は自然界の顕著な性格は「多様性と安定化」であると 150 年も前に論破しています。この原理こそが、大自然を支配しているのであると述べています。更にこの原理は、永久に循環するサイクルによって休むことなく繰り返され、生物の存続を確認するサイクルを支配しているのです。地球という大地に人間しかいないという状況が仮にあるとしたら、人間が人間を食べ初め、その秩序は完全に失われてしまいます。



循環には、それぞれ次の循環に渡すために必要な時間があります。瞬時から数十年という幅広い時間（時間スケールの多様性）がそれぞれにあります。そのサイクルを決めているのが、生物の多様性に基づく生命循環です。その循環を、速く人間の利益に変えるために、人工的に

循環の速度や相互の関係を変えることで、様々なところで歪みが生じます。その意味で循環をつかさどる科学的な解明とその的確な理解が必要になります。

そして、農山漁村は生命循環の要であります。農山漁村は、1 次自然の一部に自然応答型の技術で手を加えた 2 次自然空間で生産・生活を営んできました。そのため、農山漁村には生命循環が保たれ、生物多様性が保持されてきたてきたのです。生命循環系を保全し、生物多様性を保証するのは人間の責務であり、同時に自然の豊かさと自然を育む責務を広く伝える必要があります。

参考文献

- ①地球人クラブ、地球人マガジン、循環

http://www.chikyu-jin.com/column/series_index.html

- ②日本建築学会農村計画委員会、国土形成計画策定に向けて、2006.7.7

第12章 循環の技術

1 環境容量

環境容量とは、「再生可能な有機的自然資源の扶養能力」のこと(OECD、1992)です。陸地の有機的自然資源は生態系そのものと受け取ってよいと思います。また、扶養能力とは、物理的には「ある面積の土地で何頭の家畜を養うことができるか」というような場合に用いられます。しかし、より広い意味では化学的・生態学的な機能を含めた「自然資源のサービス提供能力」を意味しています。

したがって、ひとたび環境容量が決定されると、環境か経済開発かの問題ではなく、経済活動間の資源配分の問題に帰結します。

例えば、ある林地を開墾して農地にすれば樹木が失われ、土・水の保全、生物多様性の維持などの面で自然のサービス提供能力は低下します。一方、食料その他の農産物を提供する能力は増えます。農地に適切な土・水保全対策を講じ、森林の一部を保全・育成すれば自然のサービス提供能力を損なわないで農産物の供給を増やせる可能性があります。生態系は幅広い適応能力をもっており、ある種の機能を人工によって置き換えたり、補償したりできるからです。

しかし、このような生態系の適応能力には、ある限界があります。そのため、環境容量の決定は、環境の持つ機能を経済的、政治的にどう評価するかの問題であるといわれますが、再生可能性を保てる物理的な限界を知ることが重要な課題です。

これまで、環境容量を算定する範囲は、流域単位と考えられてきましたが、現在物質循環は廃棄物の処理を含め、流域を越えたフローが存在しており、必要に応じて環境容量の算定には、**流域の捉え方**を検討する必要があります。



この環境容量の算定方法には、例えば窒素、炭素などの物質を捉えて、対象となる範囲においてどの程度の吸収・循環能力があるのかという算定方法があります。家畜排泄物は、アンモニア態窒素の集積から始まり、硝化、溶脱、地下

水への流入と循環していきます。そこに持続可能な環境容量が算定できます。

土が自然にできていく速度は、平均して年間 1t(約 0.1mm)/ha 程度であります。これに対して、厚い植被に覆われた土地の自然侵食速度は、平均年間 0.004 ~ 0.05t/ha と見積もられています。この状態では土は少しずつではありますが、蓄積されていくことになります。しかし、植被が取り払われたり、洪水や強い風食が起こればこのバランスは大きく変

化します。**農業形態と環境容量**との関係は単一ではないのです。また環境容量の算定には当然のことながら、上流にある森林資源から河口、海に至るまで総合的に考える必要があります。「森は海を育てる」という言葉が環境容量の重要性を物語っています。

そこで、環境容量を増大させる取組の事例を次に示します。基本は、多面的機能の評価です。そして、その具体例として資源循環を促進するバイオマスの活用と水循環を促進する水利施設の機能です。

2 多面的機能の評価

環境容量を適正に発揮して機能されている例が、農業・農村の有する**多面的機能**です。この機能が適正に発揮されなくなることは、循環の機能が発揮されていなくなっていることとも言えます。多面的機能は、物理的、化学的、生物学的、そして人為的な行為が循環に貢献した結集として現れる現象です。その意味で、多面的機能を理解する技術は非常に重要となってきます。

農業・農村の有する多面的機能は、「**国土の保全、水源のかん養、自然環境の保全、良好な景観の形成、文化の伝承等農村**で農業生産活動が行われることにより生ずる食料その他の農産物の供給の機能以外の多面にわたる機能」と定義されています（「食料・農業・農村基本法」第3条）。農業には食料供給を超え、国民生活及び国民経済の安定に果たす役割があり、将来にわたって、適切かつ十分に発揮されなければならないとの基本理念が法律化されています。

平成12年12月14日、農林水産大臣から日本学術会議会長に対し、「地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について」諮問がなされました。日本学術会議は、この諮問を受けて直ちに「農業・森林の多面的機能に関する特別委員会」を設置した。10回のW/G会合と6回の特別委員会を経て、平成13年11月1日に答申しました。

その後、(独)農研機構の農村工学研究所は、2006年7月に「環境勘定による農業・農村の多面的機能の評価」を発表しました。その中で、

(1)個別機能では、洪水防止機能が1/100確率の洪水に対して全国で2兆6,321億円、水質浄化機能が畑地の排水負荷を考慮して農地全体としては水環境にとって7,800億円の外部不経済、有機性資源活用機能が240億円/年（条件の違いによる評価額の変化幅は100～1,200億円）等の評価を行うとともに、その他の機能についても新たな手法の開発を試みたものです。

さらに、様々な機能の(2)総合機能評価では、

①農業水利施設等の農村社会資本ストックそれ事態にも環境面での効果があることを示し、

②それらをもとに環境勘定手法により試算し、農林業部門の環境費用(負荷)は10兆590億円、環境便益は47兆6260億円との結果が得られました。

③全機能の総額評価ではなく、多面的機能の20%が無くなる場合の評価額をCVM法により「4,441円/世帯・年」と算定しました。

このような取組には、これまで提起された問題点を含め、より精緻化を図るための手法開発がありました。それは、結果の数値のみに意義があるのではなく、科学的な根拠に基づく多面的機能の評価を進めるため、機能の複雑性、多様性をより科学的に解明したこと

に意味があると考えています。

多面的機能の研究には、「解明・評価」とそれを踏まえた「維持・向上」という二つの側面があります。前者は、地域ごとに個別機能や総合評価に関する研究を進めて全国的評価を行うものであり、後者は、その地域の有する多面的機能の中で、具体的にどのような機能を何のために、また誰のために行うかという目標・目的が定まって果たせる地域的課題です。目標とした食料自給率の達成が困難視され、食の安全性が懸念される中で、多面的機能の国内政策における位置づけの定着がなお重要な課題となっています。

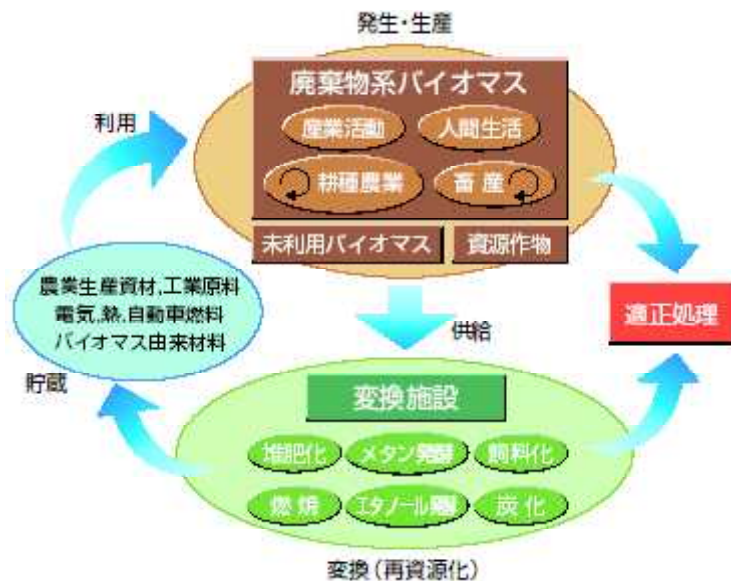
3 資源循環システム構築

多面的機能の基本をなすものの一つが、**バイオマスの資源循環**です。バイオマス（Biomass）は、そもそも生物による大気圏・水圏・土壌圏に広く分散して存在している物質の、集積・改質・合成という営みによってつくられます。**植物**は、光と水と二酸化炭素（CO₂）を用いた**光合成**によって有機物を生産します。**根粒菌**は、空中窒素（N）を固定します。これらの**食物連鎖**を通して、物質の集積が進みます。死滅した生物は、土壌微生物が分解し、植物が養分として吸収できるようになります。物質の移動量として、人によるものが圧倒的に多いとしても、それは局所的で特定物質に限られたものであり、種の存続や生態系保全に欠かせない広範な物質移動は、自然界の生物のみが担える機能であります。

ここでは、「バイオマス」を**バイオマス・ニッポン総合戦略**による「再生可能な、生物由来の有機性資源で化石資源を除いたもの」と定義します。この定義は、人間による利用に力点をおいたものといえます。具体的には、**家畜ふん尿・食品廃棄物・生活系廃水汚泥・農作物非食用部・林地残材・資源作物**などをバイオマスと呼びます。これらは、ポテンシャルとしてのバイオマス資源と理解すべきです。人間が介在したバイオマスは、収集・変換（再資源化）して実用上の価値が生じ、資源と呼べる状態になります。「バイオマス資源循環利用診断モデル」（以下、「モデル」と呼びます）は、地区をマテリアル・フローの観点から診断し、バイオマス利活用に係わる構想立案やマスタープラン作成の際に有効利用されることを目的として開発したものです。

バイオマス利活用の推進に当たっては、持続的な地域資源の管理・信頼できる運営組織・確実な再生資源の需要および輸送が重要になります。構想や計画づくりの主体（推進役・担当者）は多様であり、多くの組織が係わります。バイオマスの利活用は、地域特性に大きく委ねられ、地域独自の創意工夫や合意形成を図っていくことが大切です。住民やNPOが主体となる場合もあるし、行政または企業が主体となる場合もあります。さらに、対象とするバイオマスの種類とその変換の方法も、千差万別である。構想策定の初期段階では、地域のなかで何をしたいか、何をすべきかを明確にすることが重要です。**あるべき地域の姿**を描くことから始め、しっかりした理念をもたないと、目的と手段を取り違えることになりかねません。先行事例に学び、情報をうまく活用しつつ、地域独自の構想を立案するという気概が必要です。構想・計画づくり、バイオマス変換プラント建設・運営の各段階において、中心となる主体は異なり、先の長い活動となります。このため、構想づ

くりの段階から、目標年次・スケジュール・後継者・達成感を味わえるインセンティブの維持を意識することが望まれます。



ここで、特に重要なことは、環境容量に即した**地域診断**です。バイオマスの利活用システム構想は、地域の自然条件・社会基盤・産業社会構造を色濃く反映したものになります。公的資金を用いたバイオマス利活用システムは、行政区域が対象範囲になる場合が多いのですが、変換方法と地域特性によって、適正な空間規模は異なります。多くの場合、輸送・地縁・生活圏の問題から、おおむね 30km 以内

の空間で議論が進められています。どのような構想や計画を提案する場合でも、提案者あるいは地方自治体などの担当者は、現状を正しく認識した上で、提案内容の効果と影響を、早い段階で分析しなければなりません。

4 循環を促進する施設の機能と整備

多面的機能の発揮、循環を促進するもう一つ的手段には、水循環を促す農業**水利施設**があります。

農業水利施設のうち、基幹的（水を利用する面積 100ha 以上）な農業用排水路の延長は約 4 万 5 千 km、ダム、頭首工、用排水機場等は約 7 千ヶ所、その資産価値は再建設費に換算して約 2.5 兆円にのぼります。これらの施設は、我が国の水資源使用量の 3 分の 2



に相当する農業用水が円滑な水循環を行うため農業者が造り上げた国民共有の財産となっています。歴史的なストック形成の結果、我が国のかんがい率は先進国で最高となっています。また、水田農業は、かんがい用水のほとんどを河川に還元（取水量の約 6 割）するとともに、地下水を涵養（同約 2 割）する水循環の重要な役割を果たしています。

しかしながら、戦後整備された施設の多くは老朽化が進んでおり、近年、標準的な耐用年数を経過している基幹的な水利施設は、再建設費に換算して約 1.9 兆円にものぼっています。

そのため、施設の長寿命化に取り組むため、施設の深刻な機能低下が発生する前に、機能診断に基づく適切な対策を施す予防保全対策を実施しています。そして、膨大な農業水

利ストックの機能を適切かつ効率的に発揮させるための手法として、ストックマネジメントを導入し施設の長寿命化を図り、ライフサイクルコストを低減する取組を行っています。

参考文献

- ①佐久間敏雄・梅田安治編著、土の自然史、北海道大学図書刊行会、pp214-218、1998.3.25、
- ②農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」、バイオマス利活用システムの設計と評価、2006.3
- ③農業工学研究所、農業・農村の有する多面的機能の解明・評価、2006.6

第13章 循環を担う地域社会の現状と課題

1 地域コミュニティの形成の歴史

我が国の自然環境機能を活用した循環を担う地域は、主として農村或いは大都市近郊の中小都市です。それらの地域は、食料生産の場として国民の日常生活を支えてきました。それと同時に、これらの地域の有する豊かな自然環境とそこで営まれる生産・生活の諸活動が織りなす里山の景観は、日本の原風景ともいえる魅力を形成するとともに、自然環境を始めとする様々な地域資源が個性ある**多様な文化**を醸成し、**生活に潤い**と安らぎを与えています。



農地や農業用水等の地域資源は、農業生産活動を通じ、洪水防止等

の国土保全機能や、地下水涵養、河川流況安定、自然環境の保全など、多面的機能を発揮しています。これらの地域では、古くから自治組織としての集落が主体となって、生産活動だけでなく、祭祈行事など生活全般にわたる様々な活動が行われ、地縁的結びつきの強い安定的な**地域社会(農村コミュニティ)**を形成しています。また、諸活動を通じて、多様な自然的資源と土地、空間を巧みに扱う地域の知恵が蓄積されるとともに、それらが日々の生活に活かされています。

これら多くの地域の**コミュニティ**の形成には、水田農業の歴史との深い関わりが見られます。すなわち、戦国時代から江戸時代にかけての新田開発により、水田農業が全国に拡大するとともに、河川等から農業用水を取水する灌漑技術が発達しました。水田農業は、小規模で分散した農地所有という特徴により、田植えや虫送り、田越し灌漑など、共同活動を基礎としていることから、近隣に多くの住民が居住する農業集落を形成しました。

また、農業用水路が河川流域に網目のように張り巡らされるとともに、農業用水は灌漑用水のみならず、集落における生活用水、防火用水などとしても利用されたことから、集落の多くは農業用水路と密接不可分に形成されています。

さらに、水田面積の増大により、水争いが各地で起こる中、水の有効利用を徹底的に図ることが必要となり、灌漑施設の共同管理体制が築かれていきました。このような水田農業、農業用水および水管理等の共同作業を通じ、集落において村落共同体が形成され、集落毎の強い絆が形成されていきました。このような水利共同体としての性格は、現代の地域コミュニティの根幹を造りあげてきたのです。

2 農村コミュニティの特徴

人間が生存の営みを続けていくためには、環境との関わりが不可欠です。主体としての人間は、環境から制約を受けるだけでなく、必要に応じてその改変を行います。こうした相互作用を持つ関係から、人間は他の動物とは異なり環境との間に媒介としての**文化**を形成してきました。文化といっても文化財のような限定的なものではなく、環境に適応する

仕方、つまりそれぞれおかれた状況に応じてできあがった様々な**地域社会の組織**をいいます。それが祭りであったり、防災であったり、生産活動であったり、様々な形で現れてきますしよ。その活動の推進役となるのが、**部落会、町内会**、共有の山林を維持管理する**入会区**、災害時に活動する**消防団**や**自衛団**などであります。



これらの機能を整理すると、①行政の末端組織として連絡やとりまとめの機能、②相互扶助を通じた一種の社会保障機能、③消防団のような防災組織といった自警団的機能、④村の祭事の基礎単位としての機能があげられます。さらに、農村コミュニティの力を支えている要素として、①農村の地域資源が地域社会の共同活動を必要としてきたこと、②農村が定住性の高い社会であることが重要であるとし、加えて③地域の歴史に育まれた様々な伝承の存在が重要な役割を發揮していることがあげられます。

農村の特性を「自然性」および自然と密接不可分の「農」を中心としたネットワークであるとする見解もあります。自然性は、自然の対応の仕方から、①景観、生態系、治山治水等の自然の維持保全、②自然の利用としての農林業の営みと自然を生活に活用する自然の利用、③自然への順応、④有害動植物、干ばつ、冷害等の自然のもつマイナス面の制御があります。

3 農村コミュニティの衰退

以上で述べた我が国の**農村コミュニティ**の特徴も、戦後の高度経済成長と農業の近代化により農業構造とともに大きく変化してきています。すなわち、昭和 30 年代の農村あるいは中小都市は、農地および農業用水が農村の土地・水利用の大部分を占めるとともに、住民も主として農家であり、専業農家を中心としたいわば**等質な農業構造**であったといえます。現在においても、農村の土地・水利用の面では、都市的利用は増大したものの、依然として農地および農業用水は大宗を占めていますが、農村住民の構造や性格は大きく変化してきました。

昭和 36 年制定の農業基本法において、構造政策の推進が盛り込まれて以来、農業の経営規模拡大、農地の集団化等が進められている中で、専業農家と兼業農家という**農家の二極分化**、農業経営の個別化が進行し、農家の**等質性を喪失**してきました。また、農村から都市への人口流出や農村地域における産業としての農業の相対的地位の低下等と相俟って農業就労人口が減少する一方、農村地域の混住化や都市化の進展により、非農家が農村住民の大部分となり、農村は大きく変化してきたのです。

さらに少子高齢化による人口減少時代の到来が、これからの農村にさらなる変化を与えることが予想されます。我が国の人口予測によれば、2005 年に約 1 億 3 千万人でピークを迎え、その後減少に転じて 2050 年には約 1 億人程度に減少するとされています。

一方、高齢化は、2013 年頃には我が国の人口の四人に一人が 65 歳以上になると予測されています。農村では高齢化率は 2025 年までに 4 割程度に進行した後は、それほど進まない見込みであるものの、人口減少は 2025 年以降も継続し、2050 年には 2000 年の 3 割以上の大幅な減少になるとの予測がなされています。

また、農家人口の予測は、2000年から2020年にかけて約4割減少し、約800万人とされています。高齢化率も上昇傾向は変わらず、2020年には65%程度まで上昇すると予測されています。その一方で、農村に居住する非農家は相対的に増加し、混住化率は2020年に約9割と全国的に進行し、中山間地域でも7～8割に達するものと予測されています。

4 循環機能を担ってきた地域組織の役割と課題

この地域社会に根ざした農村コミュニティ組織の一つとしてあるのが、**土地改良区**という組織です。土地改良区は、農用地に「水」を引き、あるいは農業にとって過剰な水を排除し、農地を整備しそのために必要な「施設」を管理するなど農村の循環機能を支える事業(**土地改良事業**)を行うことを目的として、土地改良法に基づき設立された自主的団体です。



この土地改良区は、歴史をたどると農民達が集まり組織した水利組合、排水組合、開墾・開拓組織などが元にあります。そのため、農地や農業用施設の建設に係わってきたのです。そして、その歴史から様々な文化も形成してきたのです。文化が意味を持つのは人間が集団なればこそであり、文化の伝承や変形が生じたり、集団に対して実体として拘束力を持ったりすることになります。個人が独自の技術で個別に対処する限界があり、また、複数の者の利害を調整するため、集団としての活動やルールが形成されます。その集団が組織となり、**共同体**となっていくのです。こうして、水－灌漑－協同組織－共同労働－共同体－国家が展開し、我が国の歴史の原動力となったのです。

(1) 土地改良区の現状

土地改良区の数 は昭和36年の約13,000地区をピークに、その後合併の推進等により年々減少し、平成9年度末では7,414地区となり、現在では約5,060地区となっています。しかし、これらの組織が支えているわが国の農業用排水路等のかんがい施設は、公共性の高い施設等は国や地方自治体によって管理されているものもありますが、大半は農業用水の利用者（農家）によって構成される土地改良区による管理が行われており、**4万 km** におよぶ**主要な農業用排水路**も、その**約8割**が土地改良区によって管理さ

れています。

しかし、高度経済成長期以降、農業と他産業の収益力格差の拡大、農家人口の減少、兼業化の進行等により、後継者不足や農家の高齢化が深刻化する中で、土地改良区はその役割を果たすよう懸命に努めているものの、かんがい施設の老朽化に対応するための管理が困難となることが危惧されています。

農業用水が適切に確保され、持続的に使用されることにより、農業用水の使用による**水循環**と所与の自然の水循環が融合された健全な水循環が維持・形成されていくためには、農家や農業者団体による農業生産や土地改良区等による農業用水の適切な管理が今後も続けられることが必要です。中でも土地改良区が、現在抱える課題を克服し、引き続き、農業用水やかんがい施設の管理における役割を果たしていくことが必要となっています。

(2) 中山間地域における土地改良区の課題

このような課題が特徴的に発生しているのが、**中山間地域**です。第一は、不在地主の増加です。それが、**賦課金徴収の困難化**による**土地改良区の運営**に大きな支障となって現れてきています。第二は、土地改良施設の**維持管理問題**です。施設の維持管理における最大の問題点が「受益区域に比べ水路等の土地改良施設が長大で、平場の土地改良区の施設に比較して効率が悪く維持補修費が嵩む」という問題です。

第三は、末端施設まで直轄管理する土地改良区が抱える課題として、**夫役出役者確保の困難化**があげられます。具体的には、「耕作者の減少で出役作業をする人数が減り、残った耕作者に負担がかかる」、「組合員の高齢化等により組合員が減少した分、施設の管理に人手不足が生じつつある」、「高齢化・後継者不足等によりだんだん機能しなくなっている」、「労力不足、管理のための維持費を上げることも困難」などであり、高齢化、農家戸数の減少等により土地改良区による直轄管理を支える夫役体制が維持できなくなっていることが共通した問題となっています。

(3) 土地改良区が農村地域の維持・保全に果たす役割

このような厳しい現状ではありますが、土地改良区は今、地域社会発展への積極的な貢献を果たすべく、様々な取組を進めています。その一例が、**多面的機能の充実・展開**です。土地改良区は農地や農業用水のみならず、歴史、伝統文化などの地域資源を総合的に管理する団体として、その機能を十分に発揮していくため、土地改良施設及び農村地域がもつ多面的機能について、その管理の充実と積極的展開を図っています。これら多面的機能を有する施設を土地改良区が管理していることについて、「水土里ネット」と呼んで地域住民の理解と協力を得るため、地域に対して積極的にPR活動を実施しています。

また、**地域づくり・村づくり**への関与のため、地域資源を総合的に管理する団体として、地域資源を活用した村おこし・イベント・PR等を通して、地域づくり・村づくりや都市・農村との交流などを積極的に行っています。また、「田んぼの学校」のように農村環境整備センターなど関係する様々な団体や民間も応援団となっていていろいろな活動に取り組んでいます。

これらの活動は、直接的には**耕作放棄地**を可能な限り解消するための仲介・斡旋や**担い手の育成・確保**ということにも結びついてくるものとなっています。これからの土地改良区は“自らが従来から担ってきた役割を振り返り、地域に対しその活動を積極的に紹介することを通じ、土地改良区に対する理解と協力を得ると共に、地域住民と一体となって新

たな時代の、新たな役割を積極的に果たすことを目指すものである。”という姿勢を多くの国民が支援する必要があると思います。

参考文献

- ①農村におけるソーシャルキャピタル研究会、農村のソーシャル・キャピタル、pp23-30、2007.6

第14章 循環を生む新しい制度資本の形成

1 社会的共通資本

社会的共通資本というのは、リベラリズムの理念にかなうような経済社会を実現するために重要な役割を果たす資本とか資源、サービス、モノを、社会にとって共通の財産として大事に管理・維持していこうという考え方です。

具体的には、第一に、自然環境、大気や森林、土壌や水などの**自然環境**です。第二に、社会的インフラストラクチャー。これを**社会資本**と呼ぶ人もいます。そうするとどうしても土木工学的な面が強調されてしまうように感じますので、少し長いですが、私は社会的インフラストラクチャーという言葉を使うことにしています。これは道路、鉄橋、公共的な交通機関、電気・ガスその他の普通のインフラです。重要なのは、それらがどういうルールで運営され、どういうふうにして供給されているかも含めて考えることです。

第三は**制度資本**です。教育とか医療、金融、資本といった社会的制度を社会的共通資本として位置付け考えていこうということです。

これらの社会的共通資本をどうやってうまく管理・維持し、そしてそこから生み出されるサービスをどうやって公正に、社会正義にかなった形で分配するかが大切です。しかもそれぞれの分野の職業的な専門家が専門的な知見を十分に活用し、そして公正な形で維持



・管理し分配していくということが重要な点です。特に自然環境の場合、こういった社会組織はコモンズと呼ばれる歴史的な制度があります。

コモンズというのは、自然環境をうまく、安定的に、そして持続的に管理していくための組織の総称です。よく例に出される日本のコモンズは、灌漑用の溜池の管理とか、つまり土地改良区、森林の入会制度、漁業協同組合、

一種の漁場の入会制度です。東南アジア的、日本的な、非常に心のやさしい、優雅な文化的香りの高い、そういう人間の生き方を取り戻すという象徴でもあります。そういう意味で、社会的共通資本の研究を通じ、経済学や工学などさまざまな分野が手を取りあうことで、何か新しい社会の文化的・人間的な営みの再生をはかっていくことが、私たちの願いです。その動きを生み出すもとになる知恵が「水土の知」にあると考えます。

2 都市と農村の共生・対流

相次ぐリストラや残された人の業務量の増大など、社会環境が厳しくなっている昨今、都市に住む人々の”ゆとり”や”やすらぎ”に対するニーズが増加しています。一方、農山漁村地域では、過疎化や高齢化により、地域の活力が低下しています。

現在、都市に住む人々が、日本の原風景とも言える農山漁村地域を訪れ、地元の人々と交流して心身をリフレッシュしたり、平日は都市で働き、週末は農村で田舎暮らしをしたり、気に入れば農村に定住したりといった事例がみられるようになってきました。

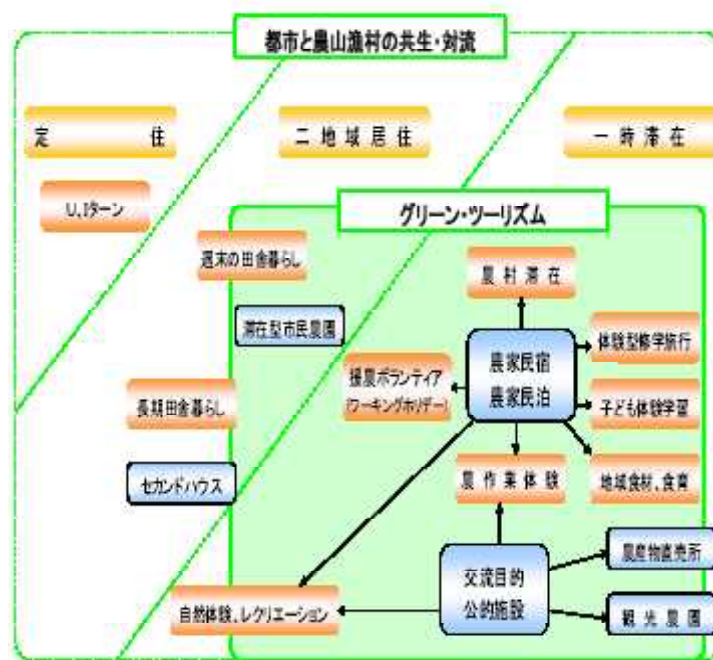
また、この都市住民との交流を通じて地域の活性化を図る地域も増えています。このように都市と農山漁村の間で「人・もの・情報」が交流する新たなライフスタイルの実現を通じ、ゆとりある国民生活や地域の活性化を図る取組を「都市と農山漁村の共生・対流」と呼んでいます。

(1) 都市における「農的生活」の回復

都市においてかつての「ドーナツ現象」にかわり、近年「あんぱん現象」が生じていると言われています。東京の都心回帰は典型的な例です。こういった中で、「アーバン化」から「ルーラル化」へ」ということも言われています。このような現象は、無秩序な都市空間の形成や都市的な生活スタイルへの反省から生じており、最近「都市再生」が求

められる所以でもあります。

都市と農村が連続している我が国の都市を、西欧の城郭都市的な発想から捉えるのは誤りだと思います。都市の公園というと、西欧都市の公園を連想し、青々とした芝生が広がり、美しい噴水が公園の中心にあるというイメージが日本人に定着しています。これは、西欧の事物を先進的なものとして無条件に取入れた悪しき産物でないでしょうか。どのような家にもよく手入れされた庭があり、美しい庭を見ながら静かにお茶を飲んでいる、このような江戸時代末期



の日本の様子をみて、英国人がガーデニングに勤しみ、オープンガーデンを楽しむようになったことは、あまり知られていません。

開水面や開土面が十分に確保され、それらが適正に配置された日本型の都市の姿を回復する必要があります。そして、開水面や開土面の創造や維持に市民が積極的に参画していくことが大切です。近代の日本は、水を閉じ込め、土を閉じ込めることに腐心してきました。その結果として、芝生と噴水に代表される金太郎飴のような西欧型の都市公園が出来上がったのではないのでしょうか。

都市農業や国民の農業・園芸志向を満足させる庭づくりや市民農園が展開されてこそ、都市における「農的生活」の回復がなされるものと考えます。米国シアトルのP-パッチのような、都市のささやかな空間で園芸を楽しむ動き、が日本の住宅団地にも現れています。

(2) 農村における「農的生活」の回復

農村が工業化し、農村生活も都市化し、そのあるべき姿を見失っていると考えられます。農村は、今一度、そのあるべき姿を真剣に模索する必要があると思います。農村のあるべき姿を考える時、活発で健全な農業生産活動、換言すれば循環がよく機能する農業生産活

動が展開されることが基本であると考えます。

そのためには、これを支える多様な担い手と人材を確保する必要があります。かつて、農村は人材の宝庫でした。これは、各地域の特性に応じて長年培われてきた「水土の知」を備えた人材が豊富であったことを意味し、こうした知恵の結集こそが農民を百姓と言わしめた源泉ではないかと考えます。そして、こうした「水土の知」を備えた優秀な人材が都市に誘引され、日本を押し上げる原動力となったのでしょう。

今、農村に求められているのは、まずかつて水土が備えていた循環を回復することです。その基本となるのが、農村における「農的生活」の回復であり、これは「新たな「水土の知」の定礎」を図ることで達成されるものと考えます。

(3) 都市と農村

我が国の都市と農村は、西欧や中国とは異なります。これは、都市と農村を考える上での基本認識として極めて重要です。こうした基本認識が欠けていると、美しい言葉や議論のすり替えによる誹謗中傷に惑わされやすくなると思います。都市と農村を対立させてはいけません。一方的な見方が多いジャーナリストや産業人の虚構に乗ってはいけません。このような近代科学の手法である二項対立の考え方では、「都市と農村の共生」を整理することは困難のように思えます。

都市においては、当然のことですが「農的生活」への関心の深度に応じて、「農的生活」を実現するには限界があります。そこで、都市の"足らざる"を農村に求めることが考えられます。そして、都市の"足らざる"分を農業生産の大宗を担う農村で受け入れ、自らの農業農村創りに都市の積極的な参加を求める必要があります。

(4) 共生・対流

「共生」とは、「動物学用語」で「相利共生」（互いに利益を得ている）という意味合いがあります。また、「生態学用語」では、きわめて曖昧な定義とされ、あえて定義すれば「地球上にヒトを含むさまざまな生物が、さまざまな関係をもちながら互いに絶滅することなく調和を保って共存するということ」ということだそうです。

しかし、どのような生物も共生を考えて生きてきたわけではありません。それぞれが思い切り生きて行くシステムが長い時間をかけて形成されているわけです。自然神道では、「自然そのものを神としてみる、人間は自然と一体である」としており、さらに、「仏教用語」では「自分は他者(万物)によって生かされている有り難み」と解されるそうです。いずれにしても、「共生」という用語は、その意味するものが深淵でかつ曖昧な側面もあり、軽々に使う用語ではなさそうです。しかし、「共生」があれば「共死」もあります。都市と農村は「共生」できなければ、「共死」が待っているくらいの覚悟が必要でしょう。

(5) 都市と農村の共生・対流

「都市と農村の共生・対流」は、一方向の流れでは成立しません。したがって、これまでのような都市の勝手を許してはならないと思います。まず、共生・対流の場を農村で考えることにしたいと思います。それは、現段階では都市の場において農村が働きかける共生・対流は、一部臨時的な農産物直売所を除き見いだすことができないからです。

農村は、活発で健全な農業生産活動を行うことが必要です。国民の農業農村に対する期待や要請、あるいは圧力は、農村の「農的生活」の意識を醸成せしめるとともに、活発で健全な農業生産活動を進める原動力になると考えます。都市からの刺激により、農村が人

生ドラマを演じる劇場となることにより、新たな国民共有の農業農村が創られるものと考えられます。



VS



地元グループの発表

よそ者グループの発表

この国民共有の農村づくりは、美しい国づくりや豊かで質の高い国民生活が

実現されるための農村からの発信となり、これが都市づくりに反映されます。これにより、都市と農村の共生が更に進展するものと考えます。美しい都市と豊かな田園は一对のものです。豊かな都市と美しい田園も一对のものです。都市と農村は一蓮托生の関係にあります。表裏一体なのです。

3 伝統的なソーシャルキャピタル

ソーシャル・キャピタル (Social capital, 社会関係資本) は、社会学、政治学、経済学、経営学などにおいて用いられる概念です。人々の協調行動が活発化することにより社会の効率性を高めることができるという考え方のもとで、社会の信頼関係、規範、ネットワークといった社会組織の重要性を説く概念です。

人間関係資本、社交資本、市民社会資本とも訳されます。基本的な定義としては、人々が持つ信頼関係や人間関係（社会的ネットワーク）のこと、と言って良いと思われます。上下関係の厳しい垂直的人間関係でなく、平等主義的な、水平的人間関係を意味することが多いのです。

この視点を農村地域において当てはめてみましょう。我が国の農村コミュニティの社会的特徴としては、①定住性の高い社会であることにより、**歴史、伝統、安定、保守**という特性を持っていること、②地域農業資源の維持管理機能、農業生産面での**相互補完機能**が発揮されていること、③農村の暮らしの中で育まれた**経験や知恵等の伝承の存在**が重要な役割を果たしていること、④農村社会に継承されているルールを遵守する気風や農村社会に備わった合意形成力を有する**農村コミュニティ**が存在すること、があげられます。これらを総称して「**農村協働力**」とも言えるでしょう。

4 新たなソーシャルキャピタルの形成

伝統的なソーシャル・キャピタルの存在は必ずしも農村活性化のための十分条件ではなく、新たな状況変化に対応して、一般に保守的・閉鎖的と考えられているそれらの負の側面を克服し、**新しいソーシャル・キャピタル**を醸成する必要があると言えます。また、住民参加型事業の導入など、農業・農村振興施策によって、農村のソーシャル・キャピタル醸成に有効に働きかけることの可能性が窺えます。

我が国の農村をソーシャル・キャピタルの観点からみれば、「地域における話し合い」や「信頼」「地域貢献」「地域活動」といった、地域を中心とした協働的なソーシャル・キャピタルの要素と、「近所、友人、親戚とのつきあい」や「相互扶助」といった、互助

的なソーシャル・キャピタルの要素が重要な役割を果たしています。生活の知恵や経験等の意識も重要な要素と考えられます。また、都市・平地よりも中山間地の農村の方がより



高いソーシャル・キャピタルを維持している傾向が見て取れます。さらに、寄合や集落共同の活動への参加率の高さなどから、全般的に農林漁業あるいは農地との関わりがある人の方が農村におけるソーシャル・キャピタルとの関わりが強いと言えます。こうした共同活動への参加状況には集落内の「規範」の存在が影響していると推察されます。

そのため、これまで、社会的共通資本、都市と農村の共生・対流、ソーシャルキャピタルというような新たな視点から**制度資本**を捉えてきましたが、これからは、次のような視点からの取組が重要と考えられます。

①農村のソーシャル・キャピタルを構成する主体(集落、自治会、区、それらと連携する都市住民、NGO など)を政策ターゲットとして位置づけ、農村・都市双方において、自発的かつ持続的な集落活性化のための新たな活動(機能)に取り組むことを期待します。



②さまざまな条件下にある各地域が新たなソーシャル・キャピタル形成に取り組むうえでのノウハウ、あるいは関連情報や外部ネットワーク等へのアクセスなどが容易に確保できるような条件を整備することが重要です。

③このままでは十分に継承されない可能性がある農村のソーシャル・キャピタルを、若い世代に適切に継承、さらには各世代が共に担うような取組を支援する必要があります。

④さまざまな施策において優れたソーシャル・キャピタルを壊さないための配慮を明らかにすることにより、今後の農業・農村振興施策を効果的・効率的に推進する必要があります。

⑤ソーシャル・キャピタルの評価・分析を実用的なものとするにより、さまざまな政策による社会的効果を数値で把握することが可能となり、従来は主として経済的効果の観点から評価していた政策を多面的に検証できます。

農村振興には、担い手以外のすべての農家さらには非農家も含め、地域の農業を振興するために各主体が果たすべき役割を支援するという視点が必要です。共生・対流を一步進めた都市との協働により、より積極的かつ対等な双方向の交流が行われる農村が必要です。農村の振興とともに、都市サービスと自然に恵まれたゆとりある生活の両立を可能とする空間とライフ・スタイルの実現を図るのです。そのために、集落内の非農家、周辺集落、都市住民等とも連携した新たなコミュニティ形成により、暮らしの利便性・快適性とともに地域資源の管理・保全が適切に図られる農村を目指します。非農家も適切に農業・農村環境とパートナーシップを維持するような社会システムを地域で築き上げるのです。

既存の農村コミュニティの機能が低下する中で、非農家・都市住民・企業・NPO 等との協働を図るため、農村のソーシャル・キャピタルの再生を図る組織に向けた仕組みやきっかけづくりの促進が大切です。

地域経営のリーダーシップを執る人材や進行管理・調整機能の育成、住民全体の地域づくりへの参加意識・能力の向上を図る施策、さらにはワーキング・ホリデー制度の活用による外国人青年の受け入れの後押しなどがあげられます。環境・景観などの地域資源は、そのクラブ財的な性格を活用して、地域の発意による活動を国や地方自治体がサポートする等の新たな政策手段を検討も必要と考えます。都市との協働のためには、食料・エネルギー・水資源等の供給、二酸化炭素の吸収、休息・学習の場の提供など、都市が農村から享受しているメリットについて都市住民の認識を高める取組も忘れてはいけません。

農村環境への国民の関心の高まりを勘案して、「農村の人と暮らし・生業」「環境ビジネス」、さらには「これまでに損なわれた農村環境の修復・再生」など、新しい視点からの政策展開を検討すべき時期に来ています。

企業に農村振興に関わるCRS（企業の社会的責任）の取組のインセンティブを与えるためには、農村側から積極的にCRS活動の場の提供やCRS活動を評価する働きが重要であり、表彰事業等によるきっかけづくりや情報提供などの支援が必要です。

参考文献

- ①宇沢弘文、社会的共通資本、岩波新書、2000年、同解説 大泉 英次
- ②日本水土総合研究所編、「水土の知」を語る 5 都市と農村の交流・対流
- ③農村におけるソーシャルキャピタル研究会、農村のソーシャル・キャピタル、pp23-30、2007.6

第15章 地球環境問題の解決に不可欠な科学／技術の総合化

1 技術の細分化の功罪

研究した科学／技術の成果が社会の変革に向けて的確な対応を図っていくためには、対応が求められる内外の諸課題の性格を十分捉えていくとともに、グローバル化の進展や地球的、人類的課題への対応の重要性を考え、世界の動きをよく見つめていくことが重要となります。変革に向けて対応が求められる内外の諸課題の多くは複雑です。ここでは、次の2つの側面から、諸課題の複雑性を見てみます。

(1) 細分化、専門化された個別の科学／技術分野だけでは対応が困難です。

現代の科学／技術は細分化、専門化が進行しているといわれます。科学／技術の細分化、専門化は、それぞれの分野における科学／技術の進歩やその応用による産業の発展等到大いに貢献してきており、また、今後も、広範な専門分野での研究の深化を通じ科学／技術の発展を促していくものと考えられます。

しかし一方で、変革の時代、内外の諸問題に対応していくにあたっては、細分化、専門化された個別の分野の科学／技術だけでは対応しきれないことも多くあります。

その代表的な例である地球環境問題は、気象、水文、環境、エネルギー、土壌、森林、化学、生態、情報処理など幅広い科学／技術分野の知識が結集しなければ、解決は困難です。

(2) ある問題への対処が別の問題を引き起こすことが多くあります。

ある個別の問題の解決策が、時として、別の問題を引き起こしたり、問題を悪化させたりすることがあります。別の言葉で言えば、ある経済的、社会的ニーズの解決に向けた取組が別の経済的、社会的ニーズへの対応の観点からは逆効果をもたらすことがあります。

例えば、大気汚染物質の排出を防止するための施設・設備を設置することにより、大量のエネルギーを消費することになるとしたら、大気汚染防止には寄与するが、地球温暖化問題やエネルギー問題の観点からは負の影響をもたらします。また、ゴミ焼却場でのゴミの燃焼がダイオキシン発生の危険性をもたらすとすれば、ゴミの焼却は減量化には寄与するが、新たな汚染問題を引き起こします。さらに、これらの問題を解決するため、極端に費用が上昇するとすれば、国際的な競争の激化に伴い高コスト構造の是正が求められる状況において科学技術も従来以上にコスト概念が重要となる中、大きな問題となります。

このような問題については、相容れないと見える異なる課題の両立、同時達成を図るべく最適点を見いだすための真剣な努力が求められています。そのことを端的に表しているのが、フィールド・サイエンスという面で見ることができます。

2 フィールド・サイエンスと技術

(1) フィールド・サイエンスとは

フィールド・サイエンスは、通常「自然と人間を取り巻く場（フィールド）について、個別の諸要素を統合的に扱うことを目指して、生きたシステムの法則性を理解し、諸現象を総合化して把握しようとするものである」とされています。

これに対して、対象を構成要素に細かく還元・分析する方法によって現象を解明する**実験科学**は、工業化社会を実現するための科学／技術の進展に寄与してきました。しかし、

それによって噴出した「地球環境」問題、つまりは「人間生存環境の危機的様相」に「実験科学」への批判的なテーゼとして、総合化した「フィールド研究」への視点の転換が必要とされてきています。

つまり、フィールド研究は、「自然現象の複雑さ」に有効に対処できない「実験科学」に対する素朴な疑問、あるいは批判的見解としてはきわめて貴重であります。

川喜多は、「野外科学（つまりフィールド・サイエンス）は、対象が「ありのままの自然」であり、多くの要素が複雑に絡み合ったままの複合的な性格もつ「場」を研究する科学である。」と説明しています。つまり、人間も自然の一部であるという「(全) 自然」を対象とすることが、「ありのままの自然」であり、対象とする現象は自然現象、社会現象を同時に含めることとなり、自然現象、社会現象が複合された「フィールド」の科学がフィールド・サイエンスと考えられます。自然現象の細分化されたサブ・システム、社会現象の細分化されたサブ・システム、そして、その相互作用がトータルシステムとして**複合されたシステム**の場が「フィールド」です。

これらの自然現象、社会現象には、法則性（その本質として）があり、法則として人間が認識し、具体的な理論として、人間がその法則を意識的に適用し、人間生活に有効に利用するのが技術・実践です。ここで、技術・実践のトータルなシステムを考えると、もっとも困難な問題は、自然科学と**社会科学**の本質的な差異です。

自然科学は、対象を構成要素に細かく還元・分析し、その一つ一つの挙動特性を、明らかにする方法をとります。それによって認識される法則、その具体化された「理論」の実証性、再現性、具体性が明確です。それに対して、社会科学は、現実の人間社会「場」で「実験的」に「理論」を検証することができません。つまり、不可逆的な実践としてのみ有効なのです。このことは、複合場の理解に対する自然科学的認識と社会科学認識との本質的な差異でもあります。

（２）フィールド・サイエンスで、何を、どのように学ぶか？

「フィールド・サイエンス」における教育の意義、目的は、結論的に言うところ「現場で実際に見て、触って、考えて、みんなと考えて、また、見て、触って、考える」ということでもあります。さらに言えば、「何を、どう学ぶか」は、自分にあるということです。今までの与えられた知識ではなく、「自分の（創造した）知識として、身につける」、その方法と実践を行うのです。

したがって、この「フィールド・サイエンス」では、「正解のない問題」に自分で「解答」を創造するところに、最大の目的があります。そこでは、本当の知識とは何か、自分で証明できることは何か、全体は要素の集合ではない、「生きる」ことは、「殺す」ことであるなど、実例を示し、固定観念的な「知識」から自分で納得する「知識」を得るための柔軟な考え方のおもしろさ、つまり、サイエンス（知識）への興味を刺激し、自己の勉学に対する目的意識を明確にさせることが、フィールド・サイエンスを学ぶ目的であるといえます。

3 水土の知における科学／技術の総合化

（１）水土の知の分野とフィールド・サイエンス

水土の知の分野は、何よりも**フィールドのスケール**が大きく、流域全体、地域全体のよ

りよい循環のための環境、生態系の適切な創造と管理を担っています。そのため、自然の知識を得るだけではなく、その自然の摂理をもとに明確な**循環という目的意識**を技術という手段で達成しています。

このような目的を達成するには、技術の体系化による循環という目的からみた**科学／技術の総合化**が不可欠であります。



もちろん、細分化は、革新的な技術開発につながり、これまでの技術を大きく変換するものもあるのは当然であります。現在の科学技術によって生じた環境問題に対して、二つの考え方があります。「技術楽天主義」と「エコロジー信仰」です（吉本隆明；梅原猛；中沢新一；日本人は思想し

たか、新潮文庫）。

技術楽天主義は、今後とも科学技術によって生じた問題は、将来科学技術によって解決できるとして、問題解決を先送りにしてしまう恐れが強く、技術モラトリウムとでも言うべきものであると考えます。確かに、近代技術は、多くの難題を解決してきました。しかし、現在の環境問題は、同じ次元でしょうか。また、技術楽天主義は、現在の経済効率主義を容認するわけであるから、さらに問題が悪化し、歯止めが効かないという危険性があります。

また、エコロジー信仰は、「自然征服はできない」として、現在の科学・技術を否定するわけです。しかしそれは、逆に科学の進歩、開発を制限することになり、問題の現実的解決を遅らせることにもなります。21世紀技術の考え方は、これらの、欠点を解決する科学技術の考え方が必要で、より高度で、サイエンス的、より完全に近いトータルな「自然システム」技術、「合自然」技術を開発することが重要である。それが「水土の知」の基本にある循環のための科学／技術の総合化と考えます。そして、これには、フィールド・サイエンスの哲学（思考方法）が基礎となることは言うまでもありません。

また、サイエンスという視点から、あえて、象徴的にみますと、自然を細かく切り刻んでも、いじくり回しても、自然の現象とは、似ても似つかぬものがでできます。自然は、理論どおりであるはずがありません。つまりは、サイエンスは永久に自然を超えることはできません。しかし、少なくとも、自然との関係で、少しでも人間が生き延びるためには、科学／技術は、循環のための**試行錯誤で最善の方法を常に見直し、改善し、取り組むこと**であるといえます。

参考文献

- ①小川滋、フィールド・サイエンスの教育的意義、九州大学農学研究院森林資源科学部門 <http://rche.kyushu-u.ac.jp/education/paper1110.pdf>
- ②小泉健、耕地整理から農業農村整備への変遷にみる技術の展開と方向、農業土木学会誌 67(4)、pp349-356(1999)
- ③中根千枝、フィールドワークの意味するもの、農業土木学会誌 71(1)、pp1-2(2003)

第16章 循環を担う科学／技術の倫理

1 実の技術と虚の技術

私たちは、経済の発展とともに、節約より浪費が経済を救う手段として見てきました。しかし、バブル経済崩壊および地球温暖化による様々な影響が発生する過程において、節約、倹約、シンプルライフは苦痛ではなく、価値観の高い生き方の選択の一つであり、適切な消費を超えた浪費は地球環境・資源問題に対応した望ましいあり方を示唆していると考えます。

このような発想に立つと、今後の社会を形作るいくつかの必要な条件が見えてきます。第1は、**社会的な矛盾の解決**に向けて仕組みを改めようとする行為が経済の適正な成長をもたらすこと、それが社会のあり方の基本であること、第2は、そのような行為の判断を行う基本となる視点は、**実の技術と虚の技術**であります。その**判断基準は、循環**に資するか、損なうものであるかです。実の技術と虚の技術はそれを示す考え方です。循環に資するものは、実の技術、循環に資さないものは虚の技術なのです。

浪費なき成長、持続的な社会、低炭素化社会、ゼロエミッション型社会、地球環境保全型社会など現代社会のあり方を見直すために様々な言い方で表されている目標は、**循環の技術**がキーワードとなっています。人間社会の矛盾、悲惨、限界を解き放つべく生み出されたはずの技術が時を経て、逆に生態系への悪影響はもとより、循環に資さない、あるいは循環を削ぐ技術になっていることはいうまでもなく、生の存在そのものを傷つけるに至る技術が虚の技術です。その一例がフロンの開発に見られる新技術開発です。フロンは冷蔵庫の開発と普及に非常に重要な役割を果たしました。

しかし、その廃棄物となった冷蔵庫のフロンガスは地球環境に悪影響を与える原因となっているのです。これと同様なものが、防腐剤、顔料、揮発性油、ワックス、合成着色料、農薬、などの**工業化の世界**で存在しています。短期的な効果が企業の利潤と社会の成長を生み出しても、長期的にはむしろ循環を妨げる技術になるのです。

食品の冷凍技術の開発を見ますと、これが廃棄する食品の削減に結びついているかという逆の傾向があります。日本でブラジルやアメリカ並みの**エタノール**を生産するという技術開発に取り組んでいますが、果たしてそれが実の技術となり得るのかは、技術開発の方向に大きく影響されます。コストを比較すると国産のエタノールは非常に割高であるとともに、それを必要とする大都市、あるいは工業化社会へ農村から輸送するコストの割高などを考慮すると、必要なことは地域の循環容量に適した打段階利用による地域循環システムです。エタノール変換技術の開発は必要でも、それが日本型の循環型社会に向いているかどうかの理念と方針が不可欠です。

最近話題となっている**機能性食品の開発**についても虚の技術が存在しています。従来の数倍以上の機能性を有する農産物の開発、人間の体に吸収しやすい栄養素を含んだ食品の開発、おいしさや食感のよい食品の開発などは本当に必要な技術開発でしょうか。人間の体に限らず、よい条件を得られれば得られるほどその環境に適応してまたその体が順応します。それが体を鍛える方向に向かえば良いのですが、むしろ抵抗力を低下させ、環境への適応性が損なわれる危険性が大きいのです。実の技術という視点から見れば、これだけの研究開発は、むしろ、廃棄物を増大させ、栄養素の抽出のための膨大なエネルギーコス

トを要することも見えてきます。

畑地灌漑に関しても類似の傾向があります。日本では、畑地灌漑は、畑作農業を行うための補給用水を供給するための条件整備であると考えていますが、実態は、もともと水利条件の不利なところが多く、時として数百メートルのポンプアップを行って実現されます。問題はそれによってもたされる効果とのエネルギーコストが果たしてプラスとなっているのかということです。

場合によっては、そのエネルギー源を石油に依存し、エネルギー収支・炭素収支から見るとマイナスとなることがあります。畑地灌漑は、多様な農産物を生産できる潜在能力を発揮するための必要条件ではありますが、そのエネルギー源をその地域で作ることのできる太陽・風力・地熱・波力などの様々なエネルギーで賄うことができるかが、実の技術、循環の技術の分岐点になるのです。

このように考えますと、技術開発には、単に細分化された世界での効率化のみを追求するのではなく、その技術がもたらす世界全体を見据えた影響や効果を考えなくてはなりません。それが実の技術と虚の技術の論理です。

2 水土の知の技術者の倫理規程

(1) 倫理規程を定めるに当たって

昨今、エネルギー、食料、クローン技術など科学技術の信頼にかかわるグローバルな問題群や、**倫理観の欠如**に起因すると思われる事件が発生しています。すでに欧米諸国においては、技術者倫理を身につけることが技術者の資格要件とみなされており、大学の技術者教育の重要な課題として位置づけられています。

また、技術の国際化に対応し、JABEE のワシントンアコードへの加入や APEC 諸国における技術者資格の相互承認などがあります。このような状況に対して明確な姿勢を示すためにも、我が国において技術者の**倫理教育**が必要とされています。

倫理規程を定める目的は、履行すべき基本的義務と価値観と抱負を倫理規程の体系で示し、技術者が持つべき行動の規範についての共通理解の足掛かりを供することであり、もって技術者としての倫理意識の向上に資することにあります。

(2) 水土の知の技術者の倫理規程

水土の知の技術は、食糧事情の推移や農村社会の変化に対応しつつ、効率的かつ安定的な食料生産の基盤整備を図るとともに、豊かで快適な農村空間の形成に貢献してきました。一方、地球温暖化や生物多様性の減少など、有限な地球環境に対して人間活動が与える影響についての認識が高まる中、循環型社会の構築など、持続可能な発展の実現が全人類の直面する課題となっています。このため、技術者は、技術専門職としての業務を遂行するに当たり、**水土の知の科学／技術**が人類の持続可能な生存基盤の維持形成に密接に関連することを深く認識するとともに、自らの良心に従う自律ある行動が、技術の発展とその成果の社会への還元に不可欠であることを自覚し、以下に定める項目を尊重することになっています。

(安全、健康、福祉への貢献)

①教養と品位の向上につとめ、自らの専門的知識、技術、経験を活かして、人類の安全、健康、福祉の増進に最善を尽くし、社会の持続可能な発展に貢献する。

(環境、多面的機能への配慮)

②環境との調和および農業・農村の有する多面的機能、すなわち国土の保全、水源の涵養、自然環境の保全、良好な景観の形成、文化の伝承などに配慮しつつ、先端技術のみならず伝統技術の研究、活用に努め、総合的見地から活動する。

(情報の公開)

③関与する業務の意義を十分に理解・評価し、公に正しく説明するとともに、それへの批判にも誠実に対応することを心がける。

(契約の遵守)

④ 技術的業務に関して、雇用者あるいは依頼者の誠実な代理人あるいは受託者として行動する。また、契約上知り得た情報の中に、人間社会や環境に対して重大な影響が予測される事柄が存在する場合、契約者間で適切な措置が講じられるよう努める。

(不正行為の回避)

⑤欺瞞的な行為を犯さず、技術的業務に係る全ての形態の不当な対価を拒絶する。

(公平性の確保)

⑥地域の特性と文化の多様性に配慮するとともに、人種、宗教、性、年齢など個人の属性によって差別せず公平に対応し、個人の自由と人格を尊重する。

(技術の研鑽)

⑦自己の専門的能力の向上を図り、学術の研究に励む。また、他者との意見の交換に努めるとともに、互いの業務を適切に評価する。これらのことを通じ、技術の発展、普及、人材の育成、さらには国際交流に努める。

水土の知の技術者が担うべき倫理規程では「人類の安全、健康、福祉への貢献」、「情報の公開」、「契約の遵守」、「公平性の確保」、「自己の研鑽」などの他、「環境、多面的機能への配慮に関する」事項が掲げられていることが特徴です。「環境との調和および農業・農村の有する多面的機能、すなわち国土の保全、水源の涵養、自然環境の保全、良好な景観の形成、文化の伝承などに配慮しつつ、先端技術のみならず伝統技術の研究、活用に努め、総合的見地から活動すること」とされています。

日本に技術者倫理は存在するのか、あるとすればそれは精神論ではないのか、社会への影響を具体的にイメージさせるような技術者教育は行われていなかったのではないのか、という疑問があります。技術者は多くの場合、組織に雇われて仕事をしています。そして個人として倫理問題を意識する機会はいままでの普通です。

今日、日本の現状は、組織が問題を起こすとしたら、その責任は主として組織の幹部にあり、問われるべきは**組織の倫理**か幹部の倫理であって雇われ人である**技術者の倫理**ではないような風潮にあると感じられます。しかし技術が作り出したものが、我々の日常生活に大きな影響を与えていること、技術とそれによる成果との関係をきちんと把握できるのは幹部ではなく技術者であること、を忘れてはなりません。誤った技術が引き起こす災害を防止できるのも技術者なのです。

3 広い視野をもった人材の育成

変革に向けて対応が求められる内外の諸課題は、細分化、専門化された狭い個別の科学技術分野だけでは対応が困難であることは、すでに前章で述べたとおりです。ある問題へ

の対処が別の問題を引き起こすことがある(いわゆるトレードオフ問題)、科学技術面からだけでは対応困難であることから、複雑な対応が求められます。また、グローバル化の中での健全な競争と地球的規模での連携の調和を図りつつ、世界的視野を持った取組が求められています。

このことを踏まえれば、今後の研究分野には、変革につながる諸課題を狭い個別の科学技術分野から捉えるのではなく、

- ①幅広い科学技術の視野を持つこと
- ②科学技術面以外の対応や状況を踏まえること
- ③世界的視野を持つこと

が求められるといえます。また、その際、諸課題の未来像を見据えた対応が重要となります。

これらを一言で言えば、「総合的・俯瞰的視点」を持ち、変革の時代における内外の諸課題を見つめ、それへの対応を図っていける人材の育成が、従来以上に求められているといえます。

大きく自然と人間の営みの関係を見てみますと、物質的な豊かさのみを追求すれば自然への悪影響が懸念されます。科学技術の発達は、人類の生活を豊かにしてきました。しかし一方で、既述のとおり、科学技術が社会に適用されるに当たり、環境問題など人類生存に係る問題を惹起してきたことは否めません。こうした点が、国民の科学技術に対する不安にもつながっている。

この点を踏まえれば、安心で安全な、また、快適で健康な日常生活の確保、地球環境問題の解決など地球、人類、あるいは生活者に係る諸課題に的確な対応を図っていかなければならない今日、自然と人類が調和・共生していくことが求められる。それを果たせる人材の育成には、水土の知の科学／技術に見られる英知を再構築することが必要です。

参考文献

- ①内橋克人、実の技術・虚の技術、岩波書店、pp1-26、199.1.28
- ②農業農村工学会、農業土木技術者の倫理規程について
<http://www.jsidre.or.jp/new/rinri.htm>
- ③柵木環、小泉健、柏原学：農業土木技術者教育における倫理教育方法 農土誌 71(2) pp109-112(2003)

第17章 未来を切り開く科学／技術のイノベーション

1 基本的視点

水土の知が有している循環の考え方をこれからの科学／技術の開発のあり方に照らしてみますと、自ずと必要な技術開発の方向が見えてきます。農業や農村における技術開発は、これまでにない厳しい状況と新たな技術開発の理念が求められています。

そのため、第1には、水と土が生産・自然・エネルギーと密接に関連する中で、その担うべき重要な役割を果たし、地球温暖化等地球環境の保全に貢献する**循環型社会**をつくることです。

第2は、少子高齢、過疎化と農業者の激減が想定され、エネルギーと食料を巡る国際情勢の変化にも対応した社会が求められている中で、循環型社会の基本を構成する生物多様性の保全を含む**国土経営のあり方**に貢献できることです。

第3は、具体的な社会貢献を果たすため、**数値目標**を持ち、また**イノベーション技術**の開発により、新たな農業・農村社会をイメージできる技術開発のプログラムを作成して取り組むこと、等が考えられます。

これらを勘案すると循環を基本とした技術開発の目指すべき成果のあり方は次のように考えられます。

- ①循環の機能を逸した大都市が、循環の機能を発揮している農業地域と地方都市（これを循環地域という）の取組を見本にできる技術開発の方向を示すことになること。
- ②農業経営が自立できる地域、そうでない地域など地域の特徴に合わせた技術開発であること。むしろ、都市部への食料供給やエネルギー資源の供給など**農村地域が自立する**という発想に立つこと。
- ③都市と農村の対比などこれまでの概念を払拭した、連携・協働の考えに根付いた技術開発計画であること。
- ④農業農村整備技術は目指すべき農業・農村社会を実現する手段であることを認識すること。
- ⑤国際化を踏まえて、ISO、JABEE、CPDなど技術基準、国際的にも通用する人材育成にも貢献できる技術であること。
- ⑥数値目標を掲げた具体的な計画であること。
- ⑦激変する農村社会、ひいては都市にイノベーションをもたらす計画であること。

これらを総合すると、循環という視点で、①現状を的確に**把握する技術**、②大きく変動する社会に適応した**動的予測技術**、③そして循環を育む**対策技術**の開発があげられます。

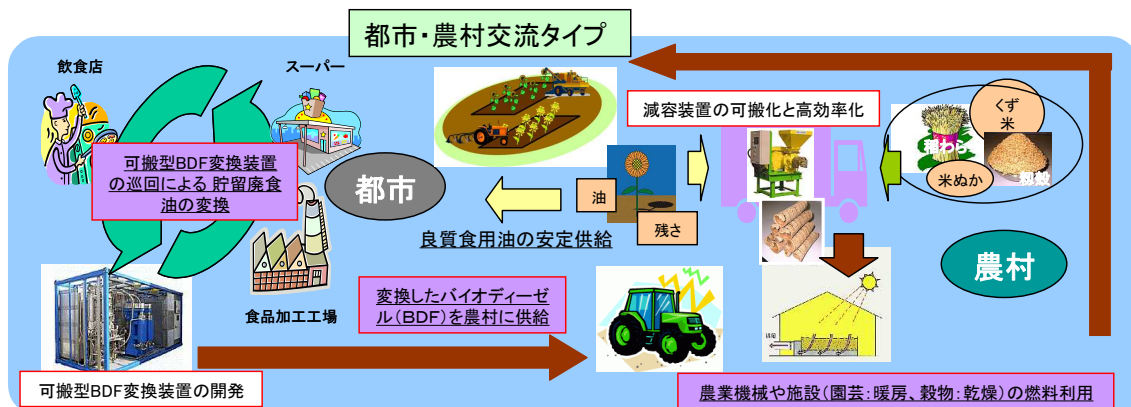
2 地域の現状評価システムの開発

循環をすべての尺度の基本として、様々な予測を行い、それに対応した対策技術を開発するためには、現状がどのような状況にあるかを正確に把握することが最も重要です。

例えば、バイオマスの物質循環がどのようになっているかを把握する事例で説明します。さまざまな有機性副産物・残さをバイオマスとして利活用する試みは、個々の地域ごとに、具体的なバイオマスの種類と地域の状況にあわせて検討すべき問題です。また、活用・成功事例を同種の廃棄物処理で苦慮している地域に応用することは、わが国全体に係わる環

境問題を解消する鍵になるものとして期待されます。

これらに加え、地域の総体である日本全体における副産物・残さの発生、処理状況を明らかにすることも必要です。日本全体を対象とした物質循環に関するこれまでの研究成果として、岩元・三輪 26)、袴田 27)による、「全国版養分収支算定システム」(以下、算定

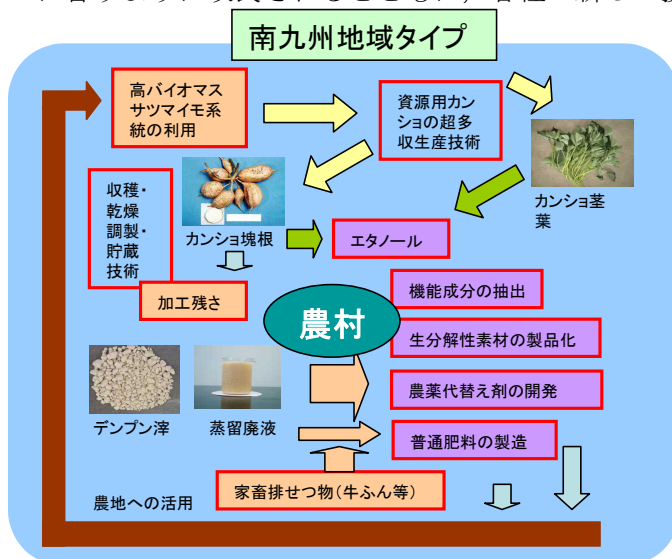


システム)を用いた、1960年・1982年・1987年・1992年の経年的な窒素(N)収支の算定があります。これらの算定結果からは、わが国における食飼料システムの問題点である輸入依存と、環境への窒素負荷増大の傾向が明らかにされています。

こうしたマクロな物質循環の現状評価と併せて、重要なことは各地域ごとの特徴を正確に把握するための地域診断モデル技術です。モデル開発の前提となるバイオマス利活用の発生パターンは実に多様であり、一部は発生場所で循環利用されます。

これらのバイオマスは、飼料・コンポスト・液肥(メタン発酵消化液)・炭・エネルギーなどに変換されて利活用されたり、焼却・埋め立て処理されたりします。変換は、いわゆる廃棄物処理の側面が強いものと、新たなマテリアル・エネルギー生産の側面が強いものに大別されます。

個別の変換技術については、堆肥化・メタン発酵・炭化などの従来技術が、需要者ニーズに合うように改良されるとともに、各種の新しい技術が開発され実証試験が始まっています。



しかしながら、原料としてのバイオマスの供給と再生資源の需要は、多くの地区でバランスがとれておらず、時期的にも一致しないことから、再生資源の貯蔵が必要とされています。

このように、循環という視点で見ますと、マクロとミクロの両面からとらえ、現状の課題を客観的にとらえることが非常に重要になります。こうした技術は、水循環、物質循環、生命循環など様々な循環の場面で必要となる技術です。

例えば、水循環を円滑にする評価技術では、施設機能の評価があります。老朽度合い、

機能診断、LCAなど多様な視点からの現状評価技術が必要となっています。また、それらを総合化して、例えば、循環域の設定手法の開発など**多様な循環尺度の総合評価技術**の開発が求められているといえます。

3 動的地域変動予測モデルの開発

現状を把握する技術ができて、それが将来とも直線的に推移するとは限らないのが、地球環境問題に代表される現在の課題です。そこには、**二次曲線的推移、指数関数的変化、不連続的な現象の発生**など、過去の現象の解明から予測しただけでは到底説明できない現象が現れてきています。それは、人間が直接行う行為がどのようなようになるかというような予測の分野では、ある程度過去から推定できるものがあるとしても、それが自然界に放たれた場合には通用しなくなっています。

その事例として将来の日本の人口予測が前者であり、二酸化炭素の増加による自然環境の劣悪化が後者です。この後者の現象を限りなく正確に予測することが、対策技術の基本となります。その将来の現象は、まるで気ままに動いている物体のようであり、その動的な変化を捉えること、それを**動的地域変動予測モデル**といいます。

中山間地域の農業がこれから衰退し、多面的機能が大きく損なわれるという予測、地域資源の管理が人的資源の不足により粗放化し、地域の生命線が維持できなくなるという予測、温暖化等の影響で集中豪雨の激化と干ばつによる水資源の不安定化と洪水被害の甚大化という予測、温暖化による新たな病虫害の発生と耐病性品種の不足による生活と生産環境の悪化という予測、など例をあげればきりが無いほど、将来の予測技術は非常に重要となってきます。

しかし、予測技術で重要なことは、その予測結果を左右する**影響因子の設定方法と因子の大きさの設定**です。これがある程度明確にならないと、対策技術の目標が定まらないこととなります。また、一つの予測モデルができて、そのことが他の現象とどのように関係するのか、あるいは影響しあうのかという**総合的な視点**での検討も重要な課題となります。

4 対策技術の開発

現状が把握でき、将来の予測が可能となって始めて、**対策技術の目標**が設定できます。その対策として重要なことは、「**循環**」にどのように**資するか**という視点に尽きます。例えば、**地球温暖化で豪雨の集中と降雨強度の増加**という予測に対して、循環を視点にとらえるならば、可能な限り洪水を貯留し、平常時に活用して、水循環を円滑にするための対策技術が考えられます。そのためには、予備放流などの管理技術はもちろんのこと、場合によっては洪水調整用のため池の活用、新たなダム施設の新設なども必要となってくるでしょう。

また、温暖化で**水温が上昇**する場合、貯水池から表面取水するのではなく、水温の低い深部から取水する方法やパイプラインによる地中化による水温の低下対策なども有効な技術となるでしょう。

さらに温暖化で言えば、温暖化の被害者としての農業や農村ではなく、影響物質となる飛躍的に**二酸化炭素を吸収**する技術開発も循環を円滑にする対策技術といえます。工学分

野では、空気中の二酸化炭素を触媒技術を活用してプラスチックに変換する技術開発が進められていますが、課題はそれを活用できる場をどのように作るかということです。農地は広大であり、水路も長いため、様々な形で応用が利くと考えています。

東京大学林教授によれば、かつて**名水**と呼ばれていた水は、いまや**天然水**に置き換わり、民間の商品名も名水ではなく、天然水に変わってしまっている。名水というのは、そこにある自然とそこに住む人々が作り上げてきた産物であり、いわば水土の知を活かした一つの事例です。

疎水もその事例になります。このような名水や疎水は、**環境からみた水の価値**だけではなく、**生命からみた水の価値**の重要性をあらわしています。循環を円滑にする名水の復活も大きな対策技術の一つと考えられます。また、水循環を円滑に安全に行うには、水質を含めた管理技術が必要となってきます。中国では灌漑用水にサルモネラ菌が、またアメリカでも灌漑用水に病原性大腸菌が含まれO 157を発症していますが、その原因がわからず、的確な対策が打ち出せなかったという事実もあります。どの地点でどのような水質にあるかを監視することは予防的な対策技術としても重要な技術といえます。

資源循環利用技術としては、再資源化技術、メタン発酵、堆肥化、炭化、ガス化、エタノール生産、集落排水処理技術、汚泥と処理水の利用、バイオリアクター等も有効な対策技術といえます。また、施設機能再生技術としては、建設廃材再利用、施設周辺資材の再生利用、ため池底泥再生、中・長期的な視点からの総合管理技術としてのストックマネジメント手法などが考えられます。

さらに、国土環境保全の技術としては、ビオトープとエコトープ、生態保全水路、魚道再生、ミティゲーション、歴史と文化の保全、水環境保全、水質・大気浄化、バイオレメディエーション、地域エネルギー、水力・風力、太陽エネルギーの利活用、リスク管理技術などが考えられます。

そして、**循環のスケール**は、対象となるものによって異なってきます。その規模が大きくなればなるほど、**農林水産の連携**、**都市との連携**、**工業との連携**などを考慮した対策技術も必要となってきます。

以上のような事例に加えて、重要なことは、**人材育成**であります。苦労して作り上げた技術であっても、それを使える人材、さらには後継者となる青少年の育成が、環境教育という意味においても非常に重要なことです。

5 農工連携の新たな技術開発

東京大学林教授によれば**農業の強み**は、太陽光を主たるエネルギー源とすることから、低コスト・低エネルギーであり、生物の自己増殖能を活用しているため、持続的再生産可能となっている。また、栄養分・生活素材として利用可能であり、廃棄物は生分解性となるなど生産物は大部分が有機物であるということである。

これに対して**工業の強み**は、リアルモニター、センシング、演算処理等大量データの収集・処理が可能であること、波長可変人工太陽（LED）、成長加速パラメータの導入等自然環境の人為的管理が実現可能であること、モデル化、プロセス開発など生産設計が可能であり生産の高効率化・省力化が可能となっていることである。

一方、**農業の弱点**は、自然・環境に影響され、また、技術が伝承的なことから人為的か

つ安定的な生産が困難であること、生産が精緻に制御できないため、安全性・画一性の担保が重要であること、労働者人口減少・高齢化への対応の遅れなど厳しい労働環境にあること、単位面積あたりの生産性の低さなど生産には大空間が必要となっています。それに対して、**工業の弱点**は、原材料、生産工程等コストの負担が必要であること、製品の再生効率が悪く、エネルギーを大量に消費すること、材料の本質・特性の理解、多様性の軽視など効率性重視のあまり生物材料の理解が不十分であることなどがあげられます。

このような相互の利点・欠点を補い、新たな異分野融合による次世代生物生産システムをいかに創成するかが大切です。そのため、まずは、農への先端的工学技術の導入から始める（これまであまりにも遅れている知的財産も含めて）こと、各分野の文化（風土）の融合を図るためのシステムが不可欠であること、その結果、真の融合が図れるという提案がなされています。

江戸時代には戻れませんが、**農工融合研究**によって**循環型社会**を取り戻すことが可能になると考えます。**都市に「農的」環境を創成する、農村に「農的」環境を取り戻す**、これらはすべて循環をより円滑にするための対策技術といえます。

6 水土の知に求められる**アート**な思想

水土の知は、**Wisdom based on "Land and Water"**となりますが、そこには循環の思想による環境への取組に必要な**技術**があります。この技術という言葉には、〔**技芸**〕 **an art**; 〔**技能**〕 **(a) skill**; 〔**技法**〕 **(a) technique**; 〔**専門的技能**〕 **technical skill**; 〔**科学技術**〕 **technology**等の意味を内包した意味が含まれています。特に、**Art** という意味に、水土の知は深く関わっています。

例えば、水土の知が生かされ、循環が円滑に行われている農山漁村は、食料を含む多様な農林水産物が生産される場であるとともに、農林漁業従事者を含む地域住民の生活の場であることが特色です。これらの農山漁村は、人間が自然と向き合う中で、地域の地形、気候などを活かし、長い年月をかけて農地や里山などの二次的な自然を創り上げ、地域の資源を維持管理しながら持続的に展開してきた農林漁業の営みを通じて形成され、そこに暮らし続けてきた人々によって、個性ある地域社会や伝統文化とともに育まれてきました。

人間と自然との共生の営みがたゆみなく続けられてきた農山漁村空間には、生活様式と文化の多様性があり、美しさと長い年月を経た風格が感じられます。農山漁村は、利便性には満ちているものの無機質で画一的な要素を有する都市空間とは異なった魅力を醸し出しています。この美しさがすなわち、**Art** であると考えます。それも一人の芸術家を作ったものではなく、多くの人々により長年築いてきたものなのです。

農山漁村の美しさは、その外観のみにとどまらず、土、水の匂いや感触、せせらぎの音や潮騒など五感で感じる要素と、地域の伝統文化等に支えられた集落の活力など幅広く知性に訴えかけてくる要素の相乗的な働きによって醸成されるものです。

人間が厳しい自然に働きかけ、創意・工夫を行いながら生活を営んできた農山漁村では、自然の造形を背景とし、気候風土にあわせて農林漁業を営む中で編み出されてきた生きるための技や、人々の生活や暮らしの息遣いが感じられるような、それぞれの地域に固有の個性ある美しい風景がつくられてきました。農山漁村では、農林漁業の生産に関わる農地・森林の土地利用、漁場や整った集落のたたずまいなど、生産、生活に関わる秩序を反映

した美しさ、自然資源の持つ多様な美しさ、地域の伝統行事や文化などが醸し出す伝統的な美しさなど、様々な視点から美しさを捉えることができます。

このようなことから、水土の知を担う技術者には、アートな思想が求められると考えます。

参考文献

- ①農林水産省農村振興局、次期土地改良長期計画の策定について、2007.12.14
<http://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/nousin/bukai/05/pdf/data1.pdf>
- ②農業土木学会編、豊かで美しい地域環境をつくる、地域環境工学シリーズ1、pp1-26、1995.4.1
- ③林良博、農業農村工学会に期待する、名称変更シンポジウム資料、2007.11.29
- ④小泉健、耕地整理から農業農村整備への変遷にみる技術の展開と方向、農業土木学会誌、67(4)pp349-355、1999.4
- ⑤農林水産省農村振興局、美しい農山漁村づくりに向けて－農山漁村の美しさに関する検討会報告－、2002.7

第18章 おわりに

1 エネルギーについて

エネルギーに関して、漠然と暫くすると石油が枯渇するのではないか、太陽エネルギーを利用するようにすれば、暫くは資源の枯渇を心配しなくてもよいのではないかと多くの方々が考えておられると思うので、最初に、エネルギー資源の現状を紹介します。

世界のエネルギーの消費動向は1900年頃迄はたいしたものではなく、その後徐々に増加の傾向を辿って、1950年頃から急激に消費が伸びたのです。この1950年頃からエネルギー消費が急激に伸びた傾向に示さされる如く、色々な変化がこの頃から急激に起こっています。

最近のエネルギー資源の利用比率は、石油29%、石炭39%、天然ガス22%、水力3%、原子力7%です。この比率から判るように化石エネルギーが90%となっています。この化石エネルギーが貯めたり、使ったりと言う訳ではなく、大昔に地球に貯められたエネルギーを一方的に使っている訳です。風力エネルギーや地熱エネルギーもありますが、こうしたエネルギーは現状では微々たるものです。エネルギーの消費動向としては、開発途上国の消費が急激に立ち上がって来ています。しかし、アメリカ、カナダ、旧ソ連邦、日本、ヨーロッパ等の先進国のエネルギー消費は世界の消費の3分の2を占めています。開発途上国が残りの3分の1を消費しています。人口で言うと5分の1の人々が3分の2エネルギーを消費し、残り5分の4の人々が3分の1エネルギーを消費しています。言い方を変えれば、先進国の人々は生きていくだけで開発途上国の人々に対して悪いことをしていると言えると思います。

石油石炭天然ガスの資源はその生成過程と分布が非常に異なります。石油や天然ガスは、大陸同士が何億年もかかって、ぶつかりあって浅い海が出来ると、その浅海に藻類が発生し、複雑な過程を経て藻類型ケロシンと言うものが出来て、それで石油や天然ガスが生成します。いわゆる海洋性の資源で分布が偏っています。一方、石炭は、昔の樹木、植物がその生成源で、陸生の資源です。

資源の利用可能な残存量は石油が45年、天然ガスが65年、石炭は200余年となっています。将来はどんどん石炭に依存するようになって行くでしょう。特に、発展途上国がどんどん使うようになります。しかし、石炭はカーボンの固まりであるので、炭酸ガスをどんどん出す事になり、石炭は硫黄を多量に含んでいるので、酸性雨の問題が大変になるでしょう。特に隣国の中国が石炭を多量に使うと日本はそれによる酸性雨を浴びる事になります。現在中国は世界の石炭消費の3分の1を占めているのです。

次に金属資源の状況を紹介します。鉄、ボーキサイト、銅等々1950年代から生産量が急激に伸びています。この現象はエネルギーの場合と全く同じです。1900年代の頃と比較して20倍位になっているが、このようにどんどん伸びていく傾向が永久に続くわけがありません。可採年数は金銀で20年、銅も40年弱で、いずれも枯渇が心配です。

環境に影響を与えるという意味で炭酸ガスの排出量について紹介します。これも1950年代から急激に増加しています。何もかもが1950年代から増加している訳です。炭酸ガスの排出と言う事では石炭の消費比率は29%ですが、炭酸ガスの排出量で言えば40%が石炭からきています。天然ガスは水素を含んでいて、燃やしても水になるので、炭酸ガスの排出としては22%です。国で言うとアメリカ、カナダ、旧ソ連等々の先進国が3分の2を出しています。

す。開発途上国は急激に排出が増加しています。開発途上国の生活レベルからして、炭酸ガスの排出に配慮してられないのが現状でしょう。

一人あたりのエネルギー消費で言うと石油換算で、開発途上国で0.5トンです。アメリカ、カナダが8トン、ヨーロッパが4トン、日本が3トン程度です。一方中国は少ないが伸びが急激であり、これを押さえる事が出来ないのも、恐ろしい話です。

空気中には窒素が78%、酸素が21%、アルゴン、炭酸ガス等が1%となっています。炭酸ガスの観測はマウナロアで1960年に始まり、280PPMであったものが、今では360PPMになっています。地球科学的には炭素は空気中には6700億トンあり、陸地に生きている物に8330億トン、死んだ生物に1万億トン、海中に5000億トン、化石燃料に10万億トン、岩石に20百万億トンもあります。岩石としては方解石やロードクロサイト等です。こうした空気中の炭酸ガスを岩石にして埋め戻せば問題が解決する訳ですが、こうした岩石を構成するカルシウムやマンガンをどこから入手出来るかを考えると、炭酸ガスを減らす為には、エネルギーを使うのを減らすのが一番の近道と言えます。

次に酸性雨に状況を紹介します。PH 7が中性であるが、ヨーロッパでは PH4.3、アメリカ東部では PH4.2、の酸性雨が降ります。中国のデータがありません。日本では東京で PH4.7、北九州で PH4.7 で、これは工業地帯であるので当然と理解出来ますが、利尻島で PH4.8、佐渡島で PH4.6、隠岐の島で PH4.9、対馬で PH4.5 で既に中国からとんどん酸性雨が来ていると考えてよいでしょう。幸いなことに黄砂には10%の石灰岩が含まれていて、中和してくれている。中国がこのまま酸性雨に対策を取らないまま発展を続けると、日本の森林は壊滅すると予想されます。

人口爆発の曲線、資源・エネルギーの消費曲線、廃棄物を代表する炭酸ガスの排出曲線、資源の消費を代表する鉄の生産曲線、こうした曲線は全く同じ形をしており、急激に増加していますが、これが続くものとは考えられず、早晚破局がやってくるのではないのでしょうか。この破局はやってくるなら、むしろ早く起こる方が良くとも考えられます。早く起これば起こる程破局性を和らげることが可能となると考えるからです。

2 リサイクルとゴミ

リサイクルという言葉は色んな風に使われていますが、循環型社会基本推進法が制定されていて、白書が発行されている中で、定義されています。この基本法の下に例えば容器包装リサイクル法とか、家電リサイクル法とか、食品リサイクル法とかがあり、こういう幾つかの法に掲げられていないものについては資源有効利用推進法で色々なものをリサイクルしようと言う事になっています。日本では、家庭や事業所から排出される廃棄物量は年間5000万トン程度、産業廃棄物は4億トンで、これらを処分する処理場が不足してきました。産業廃棄物の処理は後三年で満杯になってしまうと言われていています。新しい処理場を建設しようとしても、住民の反対運動が起こって、新しい処理場を建設出来ないのも、こうした法律を作って廃棄物を減らそうと言う事になっています。そこで、国の方針として少々エネルギーを使って無理をしてもよい、無理をしても廃棄物を減らそうと言う事だと理解しています。

循環型社会基本推進法の基本理念として、3Rと言う事が謳われています。Reduce, Reuse, Recycle の三つで、これを推進するのですが、この中で Reduce が最重点項目となっています。最初 Reduce を生産量を減らすのかと思われませんが、そんな事を言えば環境省が経済産業省の

お叱りを受ける訳で、そうではなくてゴミの量を減らそうと言う事なのです。それで、ゴミの量を減らして、どうしても減らない分を **Reuse** で再使用再利用しましょう、それでもどうしても駄目だったら高分子ならモノマーまで戻し、金属なら金属材料まで戻してマテリアル **Recycle** をしましょうと言う理念です。これで経済産業省にとっても重要なプログラムとなって、3Rを推進しましょうと動いて、色々な産業で推進されています。

ゴミはある人にとって不要になったものと定義出来ます。これは別の人には使えるかもしれない、これがリサイクルの基本の第一歩です。また、そのままでは使えなくても形を変えれば使えるかも知れない、こういうリサイクルもあるかも知れない。そういうリサイクルを考えましょうというのが話の要点です。要するにゴミとはその持っている意味からはある人にとって不要になったものですが、別の人や皆にとって不要なものではないのです。ゴミとは、捨てるゴミあれば拾うゴミありで、必ず誰かが拾ってくれるものなのです。リサイクル出来るもの、出来ないものをはっきりさせなさいと言われれば、大抵のものはリサイクル出来るものと言って良いのではないのでしょうか。

産業では例えば板から小さい円板を打ち抜くと3割は残材になるし、プラスチック製品を作る時には湯道が残材になりますが、産業ではこうしたものを必ずリサイクルして原料として使用しています。大抵のものはリサイクル出来ると考えて間違ありません。日本の32産業分野で排出される廃棄物量を試算してみました。そうすると製造業からは殆どゴミが出ていないのです。日本の製造業は無駄な事をしていません。それではどの産業からゴミが出ているかというとサービス産業から物凄くゴミが出ているのです。公務関係医療関係建設業等で、見逃せないのが教育関係で結構ゴミが出ているます。冗談ですが、プリントを配っても直ぐゴミとして捨ててしまわれるし、大体教えた事でも頭に残っていないから教育は全部ゴミかも知れません。

例えば、何かの分野で1万円の価格で何かをした時、その分野でどの位ゴミを出しているかを調べました。500分野について調査を行って、例えば映画を1万円分楽しむ為には、この分野で物凄い量のゴミを排出しています。マスコミ関係もゴミが多いと言えます。映画やテレビのセットは一度使ったら二度と使わないので、使った物は全部捨ててしまっているらしいのです。分別もリサイクルもされていないようです。こちらの映画で使ったセットをあちらのドラマで使おうとか言う事なしに、全部ゴミになっています。要するに製造業分野ではリサイクルを行っていてゴミが少なく、サービス産業では分別が行われずいろいろな物が混ざってしまって物凄くゴミが出ているのです。素材が判っていて、分ける事が出来たり、大量に同じ物があれば、リサイクルが進むのですが。

それでは次に家庭ではどうでしょうか。「分別は分別」(ぶんべつはフンベツ)と読んで下さい。ぶんべつはゴミを分けると言う事で、フンベツは良くもの事が判っていると言う事です。フンベツのある人はゴミをぶんべつして出して資源としてリサイクルするのです。

しかし、これにはいろいろ問題もあります。それぞれの地方でゴミの分別の仕方は種々雑多です。各自治体毎に分別の仕方が異なり、友人の家に行ってお手伝いをする時も、缶と瓶は分けるのかどうか、聞かないと判らない。缶と瓶を分ける、一緒に良い、缶と瓶を分けた上で瓶を色毎に30種類に分ける必要がある等、日本全国まちまちです。楽な処ではつくば市内など不燃物なら一緒に良いと言う所もあります。

それでは家庭では分別をどの位まで行うのが適当でしょうか。今日はこの位迄は実践した方が良いのではないかと言う所を考えてみましょう。家庭では容器包装がゴミの中に占める割合

が比較的に大きくて一番問題です。容積で言うと55%を占めています。容器包装をきちっと処理すれば普通に出すゴミは半分に減るはずですが、重さで言えば22%です。容器包装以外のゴミは残飯とかへたなどの野菜くず等で水分が多く重いのですが、容器包装は紙とかプラスチックとか、瓶とか缶で軽いのです。それで、容器包装リサイクル法をきちっとやれば、容積で50%、重さで22%のゴミが減量出来る訳でゴミ問題が可成り解決される事になります。ところが、現行の容器包装リサイクル法は上手く出来ていないのでなかなか進まないのです。

容器包装リサイクル法よれば消費者の出したゴミについては地方自治体が回収と保管に責任を負っています。事業者はリサイクルの再商品化の義務を負うので、容器包装リサイクル協会という指定法人に委託して処理をして貰っています。そして再商品化出来るものは事業者が再商品化し、再生加工の必要なものは指定法人が再生加工し、リサイクルの輪が上手く廻るだろうと法律が作られました。

しかし、法律、施行令をよくよく読むと、自治体はその年の収集実績を見積もり、その見積もりを指定法人に登録する。指定法人はその見積もりに従って引取量を決める。指定法人はこの見積もり量以上は引き取らない。そこで各家庭が自治体からの指示に従ってゴミを分別して捨て、現実にはゴミが集まると自治体はこれを指定法人に持ち込むのですが、この見積もり量が物凄く過小申告をしてるので、沢山ゴミが集まっても、指定法人の引取量は最初の少ない見積もり量しか引き取りません。その上、容器包装の判断基準が難しいのです。その定義は容器又は包装で商品を包んでいる物であって、中身と分離した時不要となるものとされています。

例えば、CDのケースは中身のCDと分離した後もそのケースとして保管するために使えるのでこれは容器包装ではありません。外側の透明なフィルムをはがして捨ててしまうのでこれは容器包装です。社会通念上、容器包装であると概ね判断可能ですが、これに反する例として、弁当のバランは昔は本物の植物で問題がないのですが、現在はプラスチックで出来ています。これはどう考えても容器包装ではなく、容器包装リサイクル法の対象外なので、幾ら分別しても引き取ってくれません。それではどうすれば家庭で間違いなく分別できるかと言うと容器包装リサイクル法の対象になる容器包装には必ずリサイクルのマークがついています。紙なら紙のマーク、プラスチックならプラスチックのマークがついて、材質が表示されています。こうしたマークのついているものについては分別して廃棄すればよいのです。しかし、これでも難しい例があります。例えば、練り辛子とか、マヨネーズのプラスチックのチューブの先にアルミ箔がついていますが、これは容器包装リサイクル法の対象になる金属なので分別して回収しなければなりません。このアルミ箔を剥がして集めて分別して捨てている方がおられるなんて信じられません。一方先程のバランのような大きなものでも対象外のものも沢山あります。法律にこうした処がきちんと書かれていれば良いのですが、それがなかなか出来ていないのが現状です。

容器包装は歴史的にも非常に大切でありました。縄文式土器に始まって、弥生式土器となり、ガラスになって、器から密閉出来る瓶になり、これらの容器は大切なものでした。ビールや醤油や酒は瓶を持って行って、中身を購入するデポジット制となっていました。ビール瓶は酒屋が5円で引き取り、問屋は7円で、そしてビールメーカーは11円で引き取る。新しく瓶を購入すると30円かかるところを洗って使えば20円程度で済むので、関係する皆が得をする事になるように、うまくシステムが出来ていました。それ故、ビール瓶は90数%の回収率で、30回程度使われています。ところが昭和30年代、瓶の大量生産方式が開発され、製造コス

トが大幅に下がり、ものとしての価値が下がってしまい、リサイクルが進まなくなりました。

ペットボトルもこれ以上便利なものがないと言うようなもので、全く科学技術の進歩のお陰です。ペットボトルは中身込みで150円程度であるが、これを250円程度に値上げすると上手くリサイクルされるようになるかも知れません。実際にある大学の生協では、デポジットすると10円返してくれすようになっています。なかなか感心な事だと思って、学生に聞いたですと「いやあー、返しても10円ですからねー。わざわざ下宿まで帰ってペットボトルを持ってきませんよ。」との事で、現実にはどうもうまくいっていません。それでは1万円ならどうなるかと言うと自動販売機を壊して、自動販売機の中身の現金を盗むのではなく、ペットボトルを盗む奴が出てくるので、どうも、やはり100円程度のような適正なデポジットの価格がありそうです。

ペットボトルの生産量は平成12年で35万トンで、約34.5%の回収率です。3分の2がどこかに廃棄されてしまっています。これをなんとかするよい手だてが必要でしょう。ペットボトルの回収率は上がってはいますが、生産量が増加しているのです、廃棄される量自体はどんどん増えてきています。

ペットボトル以外のプラスチックの回収を行っている市町村比率とその人口比率を紹介します。例えば、京都府では34%の市町村が回収を実施していますが、京都市では回収していないので、人口当たりになると0.34%の回収しかしていないことになります。政府では、市町村の実施比率をみて、どんどんプラスチック回収が進んでいると称していますが、大都市ではそれ程進んでいないので、人口当たりでみると一向に進んでいるとは言えません。コストの問題があって大都市では回収が行われないのです。名古屋市の例ですが、名古屋市ではゴミ処理場が完全にパンクしてしまい、厳しく分別収集を行って、ほぼ完全に回収するようになりました。しかし、その費用は一般ゴミの処理費用が1kg当たり55円で済むところを資源回収処理をすると93円かかり、要するに税金の負担は重くなっています。資源回収処理をすると高くつくのですが、最終処分場がないので仕方なく行っているようです。

東京都の粗大ゴミの処理費用は212円、家電リサイクル費用が40円から80円。鉄鋼会社の鉄の元売り価格はキロ当たり22円なので、新しい鉄を買って来て、使わずになにもせずにそのまま捨てると40円から80円かかると言う時代です。うっかり鉄鋼会社からプレゼントですよと鉄を1トン貰うと捨てるのに莫大な費用がかかる時代であると知る必要があります。

プラスチックリサイクルの例では、発泡ポリスチレンの新品コストがキログラム150円に対し、再生品は350円から550円。ペットボトルでは新品が200円に対し、再生品は320円から620円で、どうしても再生品のコストが高くなってしまいます。最近、プラスチックを高炉還元と言うことで政府が進めています。プラスチックを鉄鋼会社に持って行けばよいと言うことですが、この処理費用が230円から240円、一方通常は微粉炭を使っておりこれが5円で、とても太刀打ち出来る値段ではありません。

紙の例を最近調べました。昔からちり紙交換があつて古新聞をちり紙と交換してくれます。私自身学生時代にアルバイトでこれを行ったことがあります。軽トラック一台で、7000円位になったこともありました。一日頑張ったら2台分位集まったので、一日14000円になりました。これは当時としてはとてもよいアルバイトでした。この当時、新聞1キロ当たり12円から13円でした。今の新聞紙の値段は、製紙会社が購入するのは9円ですが、回収間屋

では2円から2.5円です。雑誌は売れるのではなく、こちらが1円支払わねばなりません。段ボールはゼロ円です。この話をすると主婦の方々は昔は古紙を集めたらお金になったけど今では損することもあるので、集めずゴミとして廃棄するのだとおっしゃる。しかし、これは間違いで、ゴミとして処理をするには55円かかり、これは税金で支払っていることになります。要するに無料で引き取って貰える紙はましな方で、歴史的にもビール瓶より古くからリサイクルされていて、物の中で一番うまく廻っているということです。

昔は「もったいないから持っている。」と言うことでしたが、今では「持っていたら損。」と言う時代になっています。素材コストより流通コストが高くなっているのです。ペットボトルの水の例をとると、ペットボトルの原料コストは20円、流通コストは80円、中身の水は5円もしません。回収すると流通経路を上回ることになり、流通コストと同じコストの80円がかかるので、回収しても20円の原料コストに太刀打ち出来ません。要するに捨てたらもったいないと言う時代から捨てるのに高くつく時代になっているのです。そこで何が起きているかと言いますと、ここ3年間で急にプラスチックの輸出量が増加しているのです。ゴミはバーゼル条約で輸出を禁じられていますが、プラスチックは資源としての輸出が急増しています。

中国にはプラスチック街道と言うのがあり、行けども行けども道の両側にプラスチックの廃材が山積みになっているところがあるそうです。中国ではプラスチックを再生しています。それが例えば、ユニクロの衣料として、日本に輸入されています。聞くところによると価格体系は中国がプラスチック廃材を有償で引き取っている訳ではありません。中国の港の引き渡し価格が丁度ゼロ円になっています。日本からは有償で港を出港していますが、輸送料で荷出しを行っています。これがお金を出して輸出していると廃棄物の輸出ということでバーゼル条約に抵触しますが、丁度抵触しないぎりぎりのところで取引が行われているのです。

昔、紙の消費は文化のバロメーターと言われていました。文化人類学の学者に言わせると文化とは「人間生活に関わりのあるものの中で、種の保存にとって本質的でないものすべて」ということです。だから、言語は文化です。食べ物は食べるだけなら文化ではありませんが、美味しく食べるとか、料理をするということになります。こうなるとゴミは文化ということが出来るのではないのでしょうか。そうするとゴミと文化は比例するのではないかと考えられます。OECDの統計資料を調べると、一人当たり年間の排出量でアメリカでは700kg、次がカナダで650kg、ドイツはゴミの先進国と言われているが、351kg、日本は400kg、ベトナムのハノイ市で153kgです。日本で容器包装リサイクル法を完全に実施すると320kg位まで減らす事が出来るという事になります。それでは、アメリカ、カナダは文化の進んだ国で、ベトナムは遅れているということになるのでしょうか。

ゴミは文化の中でも物質文明に結びついています。精神的なことには関係なく、物質に結びついており、物質文明の象徴であり、文化です。文化であるとする種保存に関係のないものであり、生活にとって本質的なものではないので必ず減らすことが出来るはずで、最近、携帯電話が普及して、携帯電話が生活必需品となり、持っていないと生活して行けないとか、或いは電気がなかったら生きていけないとか、テレビがなかったら生きて行けないとかいう人がいます。もしそれがなければ生きていけないと思った時には、それは生活必需品であって、もう文化ではなくなってしまうのではないのでしょうか。それを種の保存に必要な事であると概念的に頭に受け入れた時には、もうそれは無くすることが出来ない。そういう事を沢山抱え込んでいる人達を文化の進んでいる人間と思うのは間違いで、生活必需品であると思った時には、

それはもう文化ではないので、そういう人達は文化人とは認めがたいと考えます。文化人というのは何時でもそういうものは捨てられるよと、これは生活必需品ではなくプラスアルファとして楽しんでいるのだと、そういう気持ちでおれる人が本当の文化人で、本当に文化的な国であれば、ゴミを減らす必要があれば、直ちに減らす事が出来るはずだと考えています。

3 倫理

司馬遷（BC145-86）は史記列伝の始めに、行いをつつしむ正しい人が報われず、やりたい放題の悪者がはびこる世の中を見て、「私は、はなはだ当惑する（余甚惑焉）」と書いています。世界の歴史を見ると人類はいつも「今ほど倫理が地に堕ちた時代はない」と思っています。

現在の世の中を見渡しても、限りなくぜいたくな暮らしを求める人々がいる一方、多数の人々が飢えています。土地は本来誰のものでも無いはずなのに、それを争う紛争、戦争に至る所で生じています。何とか「まとも」な方向に人間社会が向わないと困る、と誰しも思っているけれども、果して歴史始まって以来いつも「地に堕ち」続けてきた倫理を今更考え直す価値があるのでしょうか？

歴史を振り返って見ると、倫理がいつも地に墜ちた状態にある理由は社会の貧しさのせいである、と多くの人々が見なしています。中国の古典の中でも古い書物とされる“管子”は、人間の社会活動の基本を述べた「牧民」という章から始まっていて、その冒頭に「穀物の倉庫が充実すれば、人民は礼儀や節操を身につけるようになり、衣食の日常生活が充足すれば、栄誉と恥辱をわきまえて行動するようになる（倉廩実 則知礼節（そうりんみちて れいせつをしり）、衣食足 則知栄辱（いしょくたりて えいじよくをしる）」と述べられています。つまり、豊かな社会が実現すれば、倫理の問題は自づから解決するだろうと見ているのです。

しかし本当に、豊かな社会が実現すれば社会の倫理も向上するのでしょうか？今の日本は、人類の歴史始まって以来、と言っても過言でない程、倉廩実ちて衣食足っています。けれども、この社会がこれで良いと人々は思わず、一方ではもっと豊かになろうとあせりながら、他方では、何となく将来に不安を持ち、これで良いのかと憂えています。そうなると、衣食足りることが倫理に適した社会を実現することと必ずしも一致しないことになります。

それでは倫理に沿った社会は、どういう方向に人々、ひいては社会を導くことによって実現できるのでしょうか？歴史的に見ると、それを考えるためには、人の本性（ほんせい）、つまり自然に備わった人の本来の性質と、倫理のあり方との関連を、二つの流れとして見ると分り易いことに気付くはずで

そのひとつは、人の本来の性質、つまり本性は善であるため、教育、訓練によって善い性質に育てることが可能で、すべての人々が倫理的な行動を行う社会を作るよう指導すべきだという見方です。これは歴史的には孟子やプラトンの考え方として知られています。その流れは、近世では“人間不平等起源論”のルソーや“資本論”のマルクスなどに続くもので、理想社会の実現が、人の考え方（性質）の訓練によって可能となるとされています。

もうひとつの流れは、荀子（じゅんし）やアリストテレスにその源を見出せるもので、人間はそれぞれ個人によって異なる性質をもっており、自分の利益を考えて行動するという前提に立つというものです。その考えの下に如何にして個人の集りである社会を上手く運営できるかを考えようとする見方です。つまり、人間の本性は悪なのであって、それは教育や訓練によって善に変え得ないのだから、その性悪（せいあく）、すなわち利を好む強い力を、社会の利益

につながるように社会の仕組みを対応させるべきだと見るのです。この流れは近世のイギリスで特に発展し、その代表的な思想家には、“蜂の寓話”のマンデビル、“道德情操論”、“国富論”のスミス、“人口の原理”のマルサスなどがいます。性悪、というと聞こえが良くないので、言葉だけで性悪説を嫌う人が多いけれども、悪、というのは、生き伸びるという本能に根ざす自分の利益を守る強い力を指しているのです。元氣、活力に通ずるものであり、性悪説の人すなわち悪人という見方をするのは間違いです。

結局、性善説派の主張は、個々の人の行動、すなわちミクロなレベルでの正しい行為が守られるような努力が、社会全体のマクロな善のために有効であって欲しいと願う、願望に基づくものと言えます。他方、性悪説派の考えは、個々の人の活力を尊重する考えに基づくから、たとえミクロなレベルで悪がはびこっても、それは総計すれば社会全体の活力に資する。つまりマクロな善につながるのだと願う、これも願望に根ざす主張だと言えます。

このように今まで我々は願望に根ざした見方で倫理を考えて来たと言えます。けれども、今まではそれで「何とかなって」来た。そこで、なぜ「何とかなって」来たかを考えて見ることが次に大切となります。中国の歴史においては、社会活動の盛衰を表す「一治一乱」という言葉があります。つまり人々が豊かさを求めて活動して、人口が増えてくると人々の利害がぶつかり、社会にひずみがたまる。そしてある所まで来ると大乱が起って人口が激減して国全体が荒廃する。けれどもそのときには、人間一人あたりの自然のめぐみは大きくなるので、再び人々は活力を取り戻して繁栄する。歴史はこのくり返しと見なせるということなのです。

歴史が本当にくり返すのであれば、性善であれ、性悪であれ、またミクロ倫理もマクロ倫理も、その時点では重大な問題かも知れませんが、人類が、いずれにせよ喜んだり悲しんだりというドラマを継続してゆく、という見方をすれば「いつれは何とかなる」という範囲で納得できるのです。けれども、物事の変化は一方通行で、一度起ったことは決して二度起らないのがエネルギー学（熱力学）の教える宇宙の原理なのだから、何事も厳密には決してくり返すことはありません。歴史はくり返す、という教えを限度をわきまえずに信ずることは、やりたい放題やってもあとは何とかなる、というこれも願望に根ざした思考法につながる危険性を含むもののなのです。

今や、「何とかなる」と思うことが、許されない所まで、取り返しのつかない環境の劣化を人類はひき起こしつつあります。この事実を正面から見つめることをしないで、従来の通りのやり方で豊かさや繁栄を追い求めれば、仮名草子の“竹斎”が、大変な失敗をして「この事夢になれ！この事夢になれ！」と叫んだような事態となるでしょう。病気の対症療法のように、技術によって、それらの問題を克服できると見て、その原因を見直す事をしない今の世界の社会は、現実を直視しないで願望に基づいて動いているといえます。今、技術と倫理について考える必然性はここにあるのです。技術者は何が技術で解決できて、何は不可能なのかを知っています。技術で解決できない問題を解決するための、倫理学の拡張が必要なのです。

人類が 20 世紀において、技術と深く係わりを持ち、それに大きく依存する生活をするようになり、更に 21 世紀にも、その習慣を続けようとしている今、技術者が、人間の生きるべき本来の姿について考える事、すなわち倫理＝自然の摂理＝循環＝水土の知に目を向けるべきではないか、と問い掛ける意味で、この本を読んでいただければ幸いです。

4 これから何が必要か

(1) 二つの自然の崩壊

地球環境問題の深刻さと殺伐とした人間関係の事件の多発は、今や具体的に地球環境と人間の心という形で暗示されていると見えます。実はこの二つはそれぞれ「外の自然」と「内の自然」の崩壊であり、生命の危機という共通の側面を持っていると言えます。しかも危機をもたらしている原因は、過度に利便性と金銭にこだわり、欲望を満たすことを幸せと位置づけた価値観であり、現代科学技術文明と金融市場原理を絶対とする資本主義がこれを支えているのです。

科学技術も資本主義経済も悪くはないのですが、前述の価値観の下でそれらを用い、それを絶対と考えることが生命の危機につながるのです。環境問題には技術開発、人心について教育制度の変更などが検討されていますが、価値観の見直しなしでは根本的解決にはならないのです。

価値観の見直しとは大げさですが、「自然を生かして暮らす」という単純な選択をすれば良いのです。現代生物学は、地球上の生き物は祖先を一つにすること、38億年という長い間生き続けてきたこと、人間もその仲間であることを明らかにしました。人類の生存を考えるなら、生き物の一員としていかに生きるかを考えなければなりません。

それには、人々が「自分は生き物であり、自然の一部である」という実感を持つことです。それは「わきまえて生きる」という生き方につながり、地球上のすべての人が、生きる喜びを感じながら暮らす生活を可能にしようとする行動が始まるはずです。

それは、利便性、欲望、金銭とは異なるところに価値をおく社会です。日本文化の基点は、「自然を畏れ、自然と共に暮らす」ところにあるのです。これは日本の原点を見直すことになるだけでなく、日本文化のよさを世界へ発信することにもつながるのです。

(2) グローバルの意味

グローバル化により世界経済の融合・連携、異文化交流が増大し、環境問題、貧困問題、人権などの課題を地球規模で解決できると言われましたが、現実には熾烈な競争と格差、そして戦争まで引き起こしています。

宇宙の中の地球、生き物の住む世界としての地球を意識するのが本来のグローバル化であり、人間は有限の地球で38億年間生き続けてきた生物の生存戦略に学ぶことが多いのです。まず、自然の中で暮らし、人間が生き物であるという感覚を持つことが大切です。日本は自然を生かし、自然の中で活かされるという文化を持ち、海に囲まれた限られた土地で豊かに暮らす工夫をしてきました。これを生かすことで、世界各地の自然・文化と地球をつなぐ役割ができます。戦争、貧困、飢餓、環境、人口などの問題は、「他者への想像力の欠如ゆえに起きている」という芸術家の指摘があります。それは創造力の源泉は想像力だからだそうです。この想像力を生かすには、地球規模の空間的広さと、長い時間を見渡す豊かな想像力が不可欠です。

フードマイレージという言葉があります。今食べている食べ物がどこで作られ、どのように運ばれてきたのか、そのためにどれだけエネルギーが使われているかを考えるのです。それにとどまらず、食べ物を作った人々の暮らしやその地域の自然や文化まで思いをはせ、私たちが食べ物を輸入することがどのような影響を与えるのかということまで考えると、今なすべきことが見えてきます。

（３）生きる力

経済活動は豊かで幸せな人間生活を支えるためにあります。しかし、金融市場に振り回され、懸命に働いて会社の業績が上がっても株主に配当が行き、給料はあがらないということでは何のための経済かわかりません。年収二百万円以下の人が占める相対的貧困率の高さが OECD 中、アメリカに次いで二位という数字に何の責任もないと言える社会でしょうか。まず人間としていかに生きるかを考え、それを支える科学技術を開発し、それを経済活動に結びつけるという考え方で新しい挑戦を行うのが社会が安定し、経済も伸びるはずで。経済→技術→人間という流れでは、人間は権力の中で使われる素材になってしまいます。一方、人間の側から出発するとそこで生まれるのは「生きる力」になります。医療・福祉、環境、食、教育など人間に直接関わる分野では、既にこのような活動が各地で活発化しています。経済として小さくても、関わる人は増えており、意識は高まっています。技術というとすぐに先端科学技術を思い浮かべますが、むしろ社会技術、ソフト技術が重要です。そのような活動に携わる人々の作る地域や家庭は生きる力を持っています。

これまでの体験から、生きる力は、笑顔、豊かな表現力、活発な関わりで測定でき、そこに人心の荒廃はありません。このような力を生かす制度や政策が社会を安定させ、暮らしやすく豊かにするのです。

（４）根本を農に

人間から出発すると重要課題は、食、健康、教育、環境になります。これらが社会をしっかりと支え、一人ひとりが豊かな暮らしができるようにするための制度や科学技術、産業を興さなければなりません。生きることを支える基本は、食であり、農業です。農業は食を通じて健康・教育につながり、作物の育成や水田、里山の維持は環境の質を高めます。多くの人が食・健康・教育・環境に問題点を感じ、それぞれの改善の努力をしていますが、その根元に農をおくことで、これらすべて良い方向へ向ける方策が見えてきます。

自然は複雑で一筋縄ではいきません。もちろん自然の一部である生物や人間も複雑です。農業は、その自然の複雑さに向き合うと同時に、産業、経済、地域社会などあらゆる教育課題を含んでいます。人間関係のつく方、自ら考え判断する力の獲得など、農業体験を通じて子供たちはめざましく成長します。まさに生きる力です。

５ 地方・農村の活性化に求められること

（１）あらゆることがターニングポイント

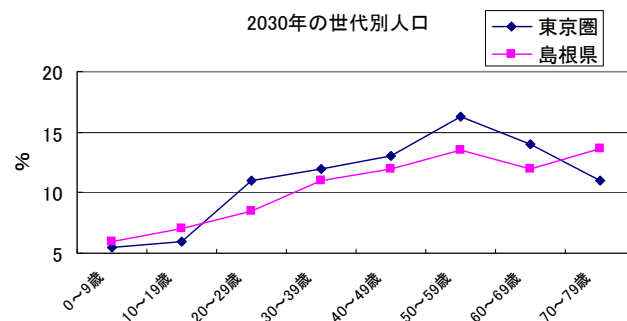
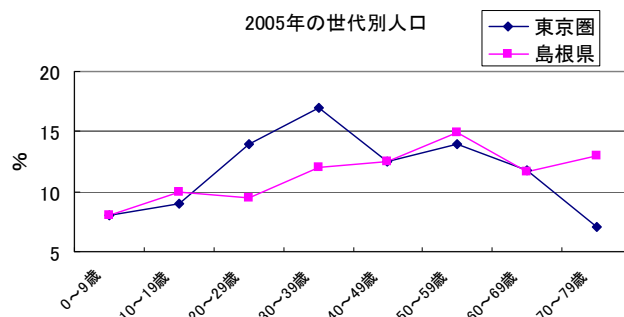
大都市と地方・農村の格差が再び社会問題化しています。しかし、現在進行している事態は、単なる経済力格差の拡大ではなく、集落の消滅など地方地域自体の崩壊であり、地方財政においても単なる収支の悪化ではなく、財政構造自体の破綻に直面していると言えます。それだけ今回は格段に深刻というべきでしょう。もはや大都市から地方への所得フローの拡大という伝統的な政策対応では問題は解決しません。

必要なのは人口再生産力の向上、つまりは持続可能な人口構造を形成し、税収などの縮小に對した持続可能な財政収支構造を構築することにあります。問題の根元は大都市及び地方それ自体に内在しているのです。

持続可能な人口構造は、当然ながら地方・農村における若い人の定住です。観光や二地域居住といった交流人口が拡大しても人口は再生産されず、集落としての持続可能性は向上しません。持続可能な支出構造とは、人口に比例して財政支出が縮小するような支出構造です。人口の高齢化で今後は労働力が継続的に低下するため、技術進歩による労働生産性向上を考慮しても一人当たりの国民所得はほぼ横ばいにとどまるとみられています。

そのため、国も地方も現在のような一人当たりの財政支出が年々増加する支出構造では、確実に「際限のない増税」という破滅的事態に陥ってしまいます。増税や地方交付税の増額といった収入拡大策を軸に財政収支の改善を図る伝統的な政策対応では、財政問題は解決しません。

①現状のままでは20年後は東京圏も島根県も同じ人口構成となる。



(2) 持続可能な人口構造

どのように持続可能な人口構造と支出構造を地方に構築すべきでしょうか。その方策の一つとして、今後の財政支出の最大の増加要因である高齢者福祉サービスを都市へ集約化し、その効率化を図ることが考えられます。

その場合、都市の負担を軽減するため、教育サービスを農村部で担うことが大切です。つまり、高齢者と子供という社会的扶養が必要な世代への財政支出を地方都市と農村部が分担し、それぞれの財政支出を大幅に縮減するのです。

こうした機能分担で、集落の持続可能性も高まります。契機になるのは人々の新たな動きです。若いときは就職の機会も多く、刺激的な都市に住み、結婚して子供ができれば教育環境の整った、豊かな自然のある農村部に移住し、高齢になれば都市に戻って住むのです。

そうしたライフステージによる都市・農村部の行き来のほか、農村部から都市への通勤や買い物、都市からの通勤農業やピクニックなどの日常的な往来も増加するでしょう。そうなれば、地方都市と農村は一体的な生活圏になり、そこに「広域コミュニティ」が形成されるのです。

（３）水土の知の原点

「自然(循環)を生かして暮らす」。それには、人々が「自分は生き物であり、自然の一部である」、「わきまえて生きる」という思想があります。それは、利便性、経済至上主義とは異なるところに価値をおく社会です。日本文化の基点は、「自然を畏れ、自然と共に暮らす」ところにある。その原点が「水土の知」にあります。豊かな自然環境、美しい農村で育つ子供たちに「内なる自然の崩壊」はありません。

人口減少、高齢社会への課題解決には、社会システムのみではなく、経済システムも変革が求められているといえます。

参考・引用文献リスト

- 1) 農業土木学会ビジョン検討委員会、「水土の知」の定礎に向けてー主文、農業土木学会誌 70-(1)、pp2-4、2002.1
- 2) 農業土木学会編、水土を拓いた人びと、農山漁村文化協会、pp1-2、1999. 7. 10
- 3) 農業土木歴史研究会編、大地への刻印、公共事業通信社、pp7-11、1988. 11. 10
- 4) 佐藤洋平、持続的で安定した食料生産をグローバルに考える、農業土木学会誌 75-(1) pp9-13、2007.1
- 5) 農業土木学会ビジョン検討委員会、本論、農業土木学会、pp5-28、2001. 12
- 6) 中道宏、水土里ネットが地球を救う、水土里ネット北海道、pp9-11、2007. 3
- 7) 都留信也、土との対話、自然の中の人間シリーズ 2 1、PHP 研究所 pp32-36、1985. 2. 19
- 8) ゲ・ユルコフ、水の本性、東京図書、pp7-32(1962)
- 9) 宗宮功、津野洋著、水環境基礎科学、コロナ社、pp16-45、pp66-73、pp106-137、1997. 4. 25
- 10) 農業土木学会編、農業土木ハンドブック基礎編 4 水理、pp74-80、2008. 8
- 11) 農業土木学会編、農業土木ハンドブック基礎編 6 水質・水処理、pp124-130、2008. 8
- 12) ゲ・ユルコフ、水の本性、東京図書、pp7-32(1962)
- 13) 宗宮功、津野洋著、水環境基礎科学、コロナ社、pp16-45、pp66-73、pp106-137、1997. 4. 25
- 14) 農業土木学会編、農業土木ハンドブック本編第 2 部 3 灌漑・排水計画、pp170-173、pp173-207、2008. 8
- 15) 農林水産省事業計画課監修、生態系配慮の技術指針、農業土木学会、pp1-17、2006.3、
- 16) 佐久間敏雄・梅田安治編著、土の自然史、北海道大学図書刊行会、pp17-20,28、1998.3.25、
- 17) 農業土木学会編、農業土木ハンドブック基礎編・7 土壌・土壌物理、pp149-151、2000.8
- 18) 農業土木学会編、農業土木ハンドブック本編第 3 部 7 圃場整備、pp523-529、2000.8
- 19) 農業土木学会編、農業土木ハンドブック本編第 3 部 12 農地保全・防災、pp604-624、2000.8
- 20) 岩田進午他監修、土の環境圏、地球規模の環境破壊における土の問題と対策、pp1352-1356、1997.5
- 21) 農業土木学会編、環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き 3、一ほ場整備(水田・畑)一、2004.5
- 22) 小田桂三郎他著、耕地の生態学、築地書館、pp30-39、1972.1.10
- 23) 水文・水資源学会、水文・水資源ハンドブック・3 水文システム、朝倉書店、pp45-54、1997.10.25
- 24) 宗宮功、津野洋著、水環境基礎科学、コロナ社、pp145-158、1997. 4. 25
- 25) 佐久間敏雄・梅田安治編著、土の自然史、北海道大学図書刊行会、pp213-214、172-174、175-176、1998.3.25、
- 26) 森元之、市民科学教室、貴重な資源・リンの循環からみえてくるもの、2007.2.8、
<http://www.csij.org/>
- 27) 岩田進午他監修、土の環境圏、土の機能と活用技術、pp481-502、1997.5
- 28) 地球人クラブ、地球人マガジン、循環
http://www.chikyu-jin.com/column/series_index.html

- 29) 佐久間敏雄・梅田安治編著、土の自然史、北海道大学図書刊行会、pp214-218、1998.3.25、
- 30) 農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」、バイオマス利活用システムの設計と評価、2006.3
- 31) 農業工学研究所、農業・農村の有する多面的機能の解明・評価、2006.6
- 32) 農村におけるソーシャルキャピタル研究会、農村のソーシャル・キャピタル、pp23-30、2007.6
- 33) 宇沢弘文、社会的共通資本、岩波新書、2000年、同解説 大泉 英次
- 34) 日本水土総合研究所編、「水土の知」を語る5 都市と農村の交流・対流
- 35) 農村におけるソーシャルキャピタル研究会、農村のソーシャル・キャピタル、pp23-30、2007.6
- 36) 小川滋、フィールド・サイエンスの教育的意義、九州大学農学研究院森林資源科学部門 <http://rche.kyushu-u.ac.jp/education/paper1110.pdf>
- 37) 小泉健、耕地整理から農業農村整備への変遷にみる技術の展開と方向、農業土木学会誌 67(4)、pp349-356(1999)
- 38) 中根千枝、フィールドワークの意味するもの、農業土木学会誌 71(1)、pp1-2(2003)
- 39) 内橋克人、実の技術・虚の技術、岩波書店、pp1-26、199.1.28
- 40) 農業農村工学会、農業土木技術者の倫理規程について
<http://www.jsidre.or.jp/new/rinri.htm>
- 41) 柵木環、小泉健、柏原学：農業土木技術者教育における倫理教育方法 農土誌 71(2) pp109-112(2003)
- 42) 農林水産省農村振興局、次期土地改良長期計画の策定について、2007.12.14
<http://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/nousin/bukai/05/pdf/data1.pdf>
- 43) 農業土木学会編、豊かで美しい地域環境をつくる、地域環境工学シリーズ 1、pp1-26、1995.4.1
- 44) 林良博、農業農村工学会に期待する、名称変更シンポジウム資料、2007.11.29