

## 話題 50 「農地・農業水利資産と農業土木技術について」

中 達雄

### 目次

1. はじめに
2. 3.11 東日本大震災時の原子力発電所放射性物質放出事故
3. 食料生産を支える工学技術
4. 地球環境を保全するための社会資本の視点
5. 社会（的）共通資本としての農業水利資産
  - (1) 農業水利資産（システム）の特徴
  - (2) 農業水利資産の価値と評価
6. 水利資産を支える科学技術
  - (1) 農業水利施設の本来機能の保全に必要な技術
  - (2) 工学の重要性
  - (3) 農業土木学の技術組織
7. 水利資産の次世代への継承に向けて（むすびにかえて）
  - (1) 農業土木学の今後の技術課題
  - (2) 個別地区のプロジェクト型事業から横断的技術課題解決型事業へ

### 参考文献

## 要旨

論者の観点から背景とするテーマを『「人口と食料」の関係の持続性』に設定する。このテーマをバックグラウンドとして、食料生産に関連する「社会資本（資産）と科学技術の在り方」について、農地や農業水利施設を整備・保全・運営管理するための科学技術である農業土木学（農業工学分野）の事例から考える。

その大きな視点は、現存する農業水利施設を社会（的）共通資本と位置づけ、その構築段階では、ある限られた条件や仮定下で計画設計されており、これまでの供用中の実態を踏まえ、システムを保全しつつ、その時代の要請や現場の実態に適合するよう的確に更新する技術の展開の必要性である。最近の言葉を借りれば、計画設計時の想定外についても想定することの必要性である。このためには、システム学的視野を持つ工学の重要性を認識し、技術の対象物に関して常に技術的課題を把握しつつ、これらに対する機能の最適化とリスク管理を目指し、組織的な総合技術力が必要なことを述べる。この農業の生産基盤を支える地道な学術の進展とその社会への実装が日本における食料生産、地域および環境の持続性に不可欠である。

## プロフィール

1979年 東京農工大学大学院農学研究科農業工学専攻修了

同年 農林水産省入省（本省、地方農政局）

1984年 農業土木試験場入所（現農研機構 農村工学研究所）

この間、主に、農業水利施設の水理および水利学的研究に従事

現在 農村工学研究所水利工学研究領域長

## キーワード

- ・農業水利施設、農業水利資産、農業土木学、社会（的）共通資本、要求性能、本来機能、リスク管理、最適化、システム工学、組織的技術力、事業

## 連絡先（勤務先）

〒305-8609 茨城県つくば市観音台2-1-6

TEL 029-838-7536,7609(FAX) , naka29@affrc.go.jp

## 1. はじめに

人間が健康でゆたかに暮らすための社会、地域および環境などの多様な資源の持続性を考える際には、あらゆる方向からのアプローチを模索し、人それぞれの経験や知識を背景に多様な議論を展開することが必要である。ここでは、農業土木技術の研究を長年の経験としてきた論者の観点から背景とするテーマを『「人口と食料」の関係の持続性』に設定する。人口と食料は、どちらも人間の叡智と科学技術によりコントロールできる問題である。この大きなテーマをさらに事例的に考察するための主要テーマとして、食料生産に関連する「社会資本（資産）と科学技術の在り方」の課題を、農地・農業水利資産と農業土木技術の持続性の視点から考察を深めて行く。

食料を安定的に生産するためには、生物資源などの自然資源を利活用するとともに、人間が長年構築してきた人工的資源である農業生産基盤の再整備と保全が必要となる。そして、農業生産基盤の主体は、歴史的に人間が構築してきた農地とそこに用水を供給する農業水利施設などの基盤的資産である。

特に、モンスーンアジアに位置し、コメを主役にしてきた日本の農業にとって、水田に必要な水を供給し、排水する灌漑排水施設などの農業水利資産は、社会資本の中でも最も基盤的で重要な位置を占める。社会資本とは、「人間とその社会全体の持続性（再生産）の維持のために必要な価値」と考え、その資本の中で、後世にわたってその価値や役割が継承されるべき資本を資産と考える。

この時に、これらの資産を構築し、将来にわたって保全するための術<sup>すべ</sup>である科学技術の本質とそのあり方が大きな鍵となる。この科学技術の方向やその適用と運用を人間が誤れば、農業生産を基盤から支えてきた農地や農業水利資産が衰退し、引いては、食料供給および地球環境の持続性を失わせる大きな要因ともなりうるのである。

ここでは、この社会資本を支える科学技術の在り方を、日本の近代から戦後を経て、現在に至るまでに、大きく発展し、農地や農業水利施設を整備・保全・運営管理するための科学技術である農業土木学（農業工学分野）の事例から考える。

## 2. 3.11 東日本大震災時の原子力発電所放射性物質放出事故

日本の現代社会において、科学技術を論ずる場合、直近（2011年3月11日）に発生した東日本大震災時の原子力発電所事故を考えない訳にはいかない。地球の自律的活動としての巨大地震やこれに連動する津波自体は、自然災害であり、いくら科学技術が発展しても人間が完全にこれを予知し、その発生を防止することは不可能に近い。しかし、この自然の事象に対して、どのように人間が生活し、また、人間が構築してきた社会資本をどのように保全・運営管理していくかを歴史的に深く考察し、その自然災害に対する対策を誠実かつ着実に講じていけば、その被害は、人間の力（＝科学技術）によって防止あるいは、最小限に抑止することができると思う。

今回発生した原子力発電所の広範囲な環境中への放射性物質の放出・拡散事故は、人為

的な事故とも認識されており、改めて、日本の科学技術の真価が国際的にも問われている。

発電所の重大な損傷とそこからの放射性物質の拡散は、地域や地球環境に対して広域で、かつ長期間の脅威となっている。現在、地球環境問題で課題とされている人間活動に伴うCO<sub>2</sub>の排出による地球温暖化、生物多様性の減少および水資源の枯渇や汚濁等の即座に解決が困難な課題に比べれば、科学技術によるリスク管理で十分その2次災害の発生を防止または、被害を最小限にできたと考えられる。このことが今回の原子力発電所事故に対して日本国民全体が無念と後悔の念を抱く要因となっている。このリスク管理の技術自体は、決して高度な科学技術の進歩を必要とするものではなく、たとえば、非常電源の確保やその津波からの防御法に対して既存技術を活用した対策にコスト（費用）をかけていれば、防止できたかもしれないからである。このことは、科学技術の使命と基本を忠実に実施・実践することの重要性を教えてくれている。一方、短期の経済性が重要視される昨今の世の中の動向の中で、リスク管理に対する妥当な投資については、当事者と社会がどう立ち向かうかの判断が重要である。科学技術の実社会における適用と運用の方法を改めて再検討することが、現在重要と考える訳である。

### 3. 食料生産を支える工学技術

人間の生命維持（再生産）には、大気と水、そして食料の確保が最も重要であり、その食料の持続的生産と供給には、太陽エネルギー、生物資源と地域環境資源（水、土等）等の自然資源の活用とその持続的な保全が必要である。また、自然災害も含め地球環境の保全は、人間の生命維持と健康に係わる最も基本的な問題である。さらに、食料の確保には、その生産の基盤となる自然資源の活用を容易にする土と水を利用するための農地・農業水利資産（農業生産基盤）の造成と保全が不可欠である。生物資源の利用は、農学の目指すところである。この生物資源の利用環境を整備・保全する農地・農業水利資産は、人間が科学技術を駆使して得た基盤的な社会資本であり、その構築には工学を含めて広範な学術から構成される組織的な科学技術が必要とされた。そのための技術の事例としては、生物学を主体とする純粋農学だけではなく、人工的なシステムを対象に数理物理学を基礎とする工学を基盤にした農学としての農業工学（以下、農業土木学という）が大きな役割を果たした。この農業土木学は、人間の生活をゆたかにする食料生産の向上を目的に広範な自然科学を基盤とした農業生産のための人工物を創造する工学技術である。この科学技術の本質の継承とさらなる発展が食料生産を持続的なものとし、地球環境の保全と人間の生存とを保証することに大きく貢献することになると考える。

農業土木学は、今回の東日本大震災の被災地への初動段階での関連施設の復旧復興に対して、農業水利施設の復旧技術と農地の除塩および除染等の修復技術を通じて、大きく貢献した。なお、この時に重要な視点は、組織化された農業土木技術者がその施設の本来の機能に近いレベルまでいち早く復元したことが重要になる。今後、この基盤の下に、地域全体の復興、さらには、地域の発展が展開されることが期待されている。

このように農業土木学は、地域の基盤を農業生産面から支える科学技術であり、その実績に対して、自信を持っていく必要がある。以前、論者が調べた或る書籍の中で、その人文科学者である著者が、本文中の注釈で「著者が扱おうとしている農業水利、農業土木のテーマは、日本では工学部の土木工学で研究・教育されるのではなく、農学部の中にある。農業土木は日本の農地開発・圃場整備、農業水利開発を担ってきた誇り高き分野である（低地の歴史生態システム -日本の比較稲作社会論- 野間晴雄 関西大学出版部、2009）。」と述べていることに強い印象を持った。このことは、当事者として、謙虚に受け止めるとともに、日本の将来に対する技術の継承とその責任を同時に重く受け止める必要があると考える。

#### 4. 地球環境を保全するための社会資本の視点

明治大正期の思想家である内村鑑三の名言であり、今から 100 年以上の前の 1894 年（明治 27 年）に講演された「後世への最大遺物」の中で、内村は、「私に五十年の命をくれたこの美しい地球、この美しい国（日本）、この楽しい社会、このわれわれを育ててくれた山、河、これらに私が何も遺さずには死んでしまいたくない」と言い、遺物として、第一に、社会に遺す「金」、すなわち、遺産金を挙げた。この金（富）は、後世の人が用いることのできるものとした。富を金というかたちで、一つにまとめることは、一つの大事業としてしている。第二に挙げたものが、この金を使う「事業」である。その分かりやすい事業の例として、「土木的の事業」を挙げ、内村は、それを見るのが非常に好きであると述べている。そして、「一つの土木事業を遺すことは、快楽であるし、また、永遠の喜びと富を後世に遺すことではないか」とも述べている。続けて、この事業の例として、講演場所（芦ノ湖湖畔）に近い田畑を灌漑する箱根用水の隧道（灌漑事業）について説明し、この隧道を開削した有名な兄弟の話をし、この事業により、米がとれ、多くの人口を扶養していると語った。なお、内村は、同時にこれらの事業には、害を来すものがあると述べ、金や事業の処し方によっては、これらが社会に不利益をもたらすことがあることは、良く理解できる事実である。このためには、金や事業のための広い意味でのマネジメント学が存在する必要がある訳である。これに続けて、内村は、金も事業も遺す才がなければ、己の思想を遺すことも後世に遺す遺物であると述べている。最後に、以上の 3 つの事業は、いずれも最大遺物とは言えず、最大遺物は、誰にでも遺すことのできる「勇ましい高尚なる生涯」であると結んでいる。内村が後世へ遺すべき遺物としての事業で築き上げられた灌漑施設の機能をこの日本の中に遺し、さらに機能を現代の社会に対応させて行く事業こそが、農業土木技術には、求められていることが分かる。その根底にある考えが、内村が述べた「この美しい地球、この美しい国、このわれわれを育ててくれた山や河」に何か有益なものを遺した上で、その永遠を願うことである。地球環境問題を考えるときに、現世で、強調されていることに対して、個人として迎合することが最も容易いことであるが、その人間の高尚なる生涯をかけることは、その人間の行動としては、容易いことではない。

## 5. 社会（的）共通資本としての農業水利資産

農業水利資産は、社会（的）共通資本と言われるが、社会（的）共通資本 (Social Overhead Capital) とは、「一つの国ないし特定の地域に住むすべての人々が、ゆたかな経済生活を営み、すぐれた文化を展開し、人間的に魅力ある社会を持続的、安定的に維持することを可能にするような社会装置」として経済的に定義されている。社会（的）共通資本は、制度主義の考え方を具体的なかたちで表現したもので、21世紀を象徴するものと解説されている。そして、制度主義とは、資本主義と社会主義を超えて、すべての人々の人間的尊厳が守られ、魂の自立が保たれ、市民的権利が最大限に享受できるような経済体制を実現しようとするものであり、19世紀の終わりに、ソースティン・ヴェブレムが唱えたものである。以上の社会（的）共通資本の解説・考察には、経済学者の宇沢弘文氏の文献に詳しく述べられている。

社会（的）共通資本は、①自然環境、②社会的インフラ、③制度資本の三つの大きな範疇に分けて考えられている。この区分を農業水利資産（システム）に置き換えれば、①水資源（流域等）、②施設資源（ハード）および③ソフトとしての水管理組織と制度である人的社会資源がそれぞれ対応し、上記の三つの範疇を農業水利資産は包含している。

また、社会全体にとっての共通財産であるこれらの資産の運営については、社会的な基準に従って、職業的専門家の規範によって、管理、維持されるべきと解説されている。この中の社会的な基準とは、正しく、人それぞれの各観点からのその資産に対する社会的要求性能であると解釈できる。さらに、職業的専門家の規範とは、どの組織からも中立な科学者や技術者の間のソサエティーである学会などが築き上げるものと考えられることができる。以上のことは、社会資本に関連する科学技術を担う者のあり方の本質を具体的に示唆するものとして、経済学から生まれた考えであるが、科学技術の組織面からも、これを正しく認識し行動していく必要があると考える。

### （1）農業水利資産（システム）の特徴

農業生産のための用水供給等を目的とする農業水利資産は、①流域・水源システム、②水路システム、③末端圃場システムから構成され、これらサブシステムが全体として本来の機能を発揮するように④水管理システムが配置される（図-1）。そして、これらのシステムは、不可分の関係にある。また、この農業水利資産は、その下流に食料を得るための農地が付随して初めてその価値が発現されるものであり、何らかの理由で下流の農地が社会的食料生産（生産者個人の消費や農家の経済・経営活動のためだけの農業生産でない、その自国民や他の地域への安全・安心な食料の供給を担う農業生産を社会的農業生産と考える）に利用されなくなれば、その社会的役割を終えた水利遺産（遺構）としての文化的意味を持つことになる。農業水利資産は、このように、農地と不可分なものとして、常に議論されなければならない。

一方、社会資本における文化的意味とは、現在では、社会等からの必要性が無くなり役割を終えたが、また、将来、そのものの存在や価値が必要になると予想されることから、

この世にその価値観を共有することである。

さらに、農業水利の場合、用水を効率的に送配水するためには、水管理システムが必要であり、この場面では、人間およびその水利組織の行動が大きく影響を与える社会システムの側面も有する。

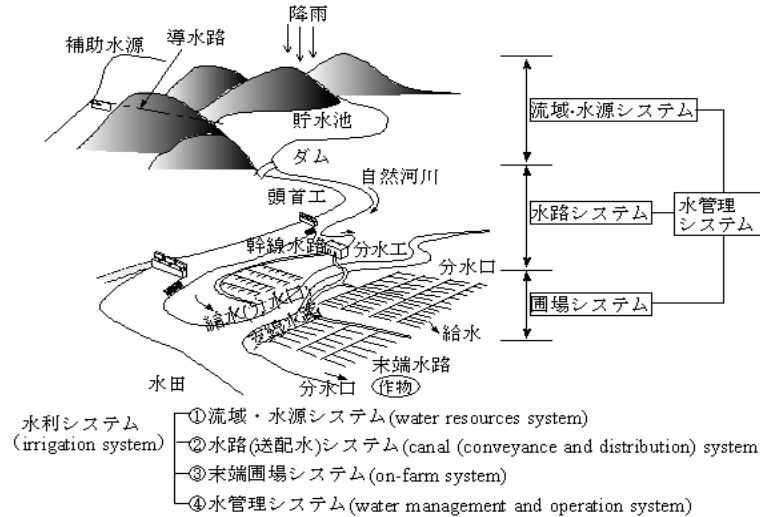


図-1 農業水利資産（用水システム）の俯瞰的概要

## （２）農業水利資産の価値と評価

農業水利資産の価値を考える場合、用水を供給すべき農地が存在する限り、その資産が世代を超えて継承されるべきである。次に、その価値をどのような単位で計量して社会的に説明し、運営管理するかが、重要となる。

一般に社会に存在するものの価値を評価するには、その経済的な価値を計量することが便利である。農業水利資産についても、現存するその価値は、その物理的量を構築するための再建設費により、金銭で表現することが多い。たとえば、「水利資産の中の水路の我が国における総延長が 40 万 km であり、その資産は、再建設費で 32 兆円（平成 21 年度時点）である」との表現の仕方である。しかし、この表現であれば、先に述べた農地がその水路の下流に存在しなくなっても計量ができるものであり、これだけでは、社会に果たす役割を説明するための社会（的）共通資本の正しい計量と評価にはならない。農業水利資産の本来の目的である、農地への用水の供給、その農地の目的である農産物の収穫量までを視野にいれ、最終的には、社会的農業生産による人間への食料の供給量を農業水利資産の計量に使い、そのものの真の価値すなわち、その機能を計量する必要がある。ただし、その最終的な量を直接計量することは、困難であることから、農業水利資産の減価、用水を供給する先の農地面積と用水供給量をもとに、人間がもっと恩恵を受ける農産物の収穫量（その経済価値）を計量することが考えられる。

次に、これらの資産を計量する概念として、農業の多面的機能の概念から、個々の人間

への恩恵を重要視する生態系サービスの概念の導入が、以上の事柄を分かり易くするものであると考える。これまで、農業分野では、恩恵を受ける人間を特定せず、公益的機能の発揮として、不特定多数の人間にたいする環境や生態系からの機能として、多面的機能の実態とその経済（貨幣）価値を議論してきた。しかし、近年、環境・生態系サービスとして、個々の人間が実感できる環境や生態系からの恩恵をサービスとして、その価値を考える概念が世界的に広まりつつある。したがって、農業水利資産の保全についても、人間へのサービスの評価とその最大化と最適化を進める必要がある。

## 6. 水利資産を支える科学技術

### （1）農業水利施設の本来機能の保全に必要な技術

人間が長年歴史的に構築・蓄積してきた社会資本に対して、特に近代において、これを支える科学技術の役割が不可欠である。それぞれの社会資本に応じて、それぞれの科学技術分野が発展し、それが学術となり世代間に引き継がれてきた。この中で、日本の近代の農地整備や灌漑排水技術の学として、農業土木学（現在は、名称が農業農村工学）が誕生して、約 80 年足らずである。この間、日本では、戦前から戦後の 70 年間で、社会資本として、生産性の高い農地が整備されるとともに水資源を効率的に利用する灌漑排水施設（農業水利資産）が構築され、日本農業の基盤を支えている。農業水利資産に限っても、その資産額は、約 32 兆円（平成 21 年度時点再建設費相当）に達する。これらの社会資本を将来にわたり、支えて行くためには、関連の科学技術のあり方を確かにする必要がある。

農業土木学は、大学の農学教育の中では、比較的歴史が新しく、日本農業の生産性向上のためには、国が積極的に農業基盤投資を開始した昭和 30 年代から、関連技術者を養成するための高等技術教育機関として、全国の国立大学を中心に、農学部にも農業工学分野の学科が創設されるに伴い発展した。しかし、現在、農業生産基盤への国全体の投資額が減少し、安定化するとともに、農学部の教育や研究の分野の多様化に伴い、その教育研究内容が大きく変容してきている。この事象を農業水利施設への社会的要求の多様化で説明することができる。図-2 は、農業水利施設（用水路システム）に求められる要求性能とそれに付随する科学技術を対応させて、説明したものである。

農業水利施設が造成される目的は、農地への新たな農業用水の供給や補給により、農地の生産性と品質の向上および水管理の改善等が主であり、その時点では、図に示す本来機能（水理、水利用、構造機能）が具備されていれば、受益者や社会からは、満足されていた。時代が進み、人や社会の価値観の多様化にともない、社会的要求が拡大し、その要請に対応するためには、農業土木学の研究分野が拡大し、その結果、学術が多様な分野へ派生した。ここ 10 年～20 年間の農業水利施設を対象とする研究分野として、生態系保全や多面的機能の発揮に関する研究が活発化した。しかし、本来機能に関する測量学、水理学、構造・材料学および農業水利学（灌漑排水工学など）を基礎・基盤にする学術の発展と次世代への継承の必要性がなくなった訳ではない。本来機能の保全のためには、これらは不可欠な



技術分野である。これらの機能が低下すれば、本来機能のみならず、社会的な要求に応えることができなくなることが予測される。したがって、農業土木学の基礎学、応用学および社会的要求に応える学際的学術がバランス良く発展する必要がある。

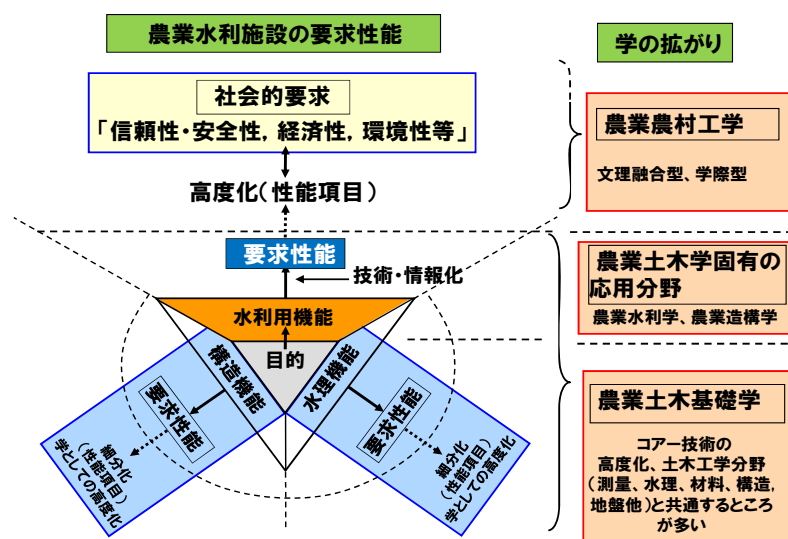


図-2 農業水利施設（用水路システム）の要求性能と技術との関連

## (2) 工学の重要性

農業水利施設（たとえば、用水路システム）は、前にも述べたように、地域の農地の分布に応じて、広大な拡がりを有し、また、多くの構造物要素から構成されている。また、これを運用する水管理組織などと有機的な繋がりを持つ、多様性のあるシステムである。

計画、設計、運営管理および保全では、このシステムの構成およびその特性をよく理解する必要がある。システムの本質をとらえるための思考方法として、システム工学が発展してきた。水利システムのような、多くの水利的要素から構成される大規模で複雑なシステムを全体としての特性あるいは性質を見失わないよう、本質を見極めるためにはシステム工学的思考が不可欠である。

一般に人間一人の能力には限界があり、農業水利施設などの複雑な構造のものを完成させるためには一人の能力では困難で、ある期間、大勢の人が協力して作業を分担する必要がある。大勢の人が協力するためには、協力に参加する人たちの考え方と有する技術分野が同じであることが必要である。このために対象に対する統一概念とその固有の学術が必要となる。

システムについての定義は、日本機械学会では「単独の機能をもつ、多くの要素が有機

的に結合され、全体として、ある目的に沿って、高度の機能を発揮するように構成されたもの」としており、JISでは「多数の構成要素が有機的な秩序を保ち、同一目的に向かって行動するもの」となっている。

システムという言葉を変換すれば、「全体は部分より成る。全体は部分に依存し、部分は全体を前提として存在する」ということができる。また「部分の best (最良) は必ずしも全体の best ではない。瞬間の best は必ずしも期間の best ではない」ということが、システム工学の考え方そのものといえる。このものの捉え方は、多くの分野においても共通するものである。

以上のシステムの考え方の基盤を構築した科学技術が工学である。システム工学は、全ての工学分野に共通する最も基盤的な技術または、その概念であり、工学の基礎学である。

工学は、自然科学を活用して、人間の生活に役立つ人工物の構築のための科学技術である。その人工物に機能性 (最適性)、安全性および経済性を付与し、これらを追求める学術である。一方、農学は、土地と水などの自然資源を活用し、生物資源を人間の食料を得るために育み、収穫物を得るための科学技術である。人間の生活に役立つものを生産する目的においては、工学と共通するところが多い。異なる点は、その対象が人工物か人間に有用な生物資源かの違いである。工学では、素材自体は、自然資源 (木材、金属、土など) であり、これらを人間の働きにより物理的、化学的に組み合わせて人工物を構築することがテーマであり、人間の行為がその主体となる。一方、農学は、生物資源の機能を最大限に活用するために、これらに、人間が補助的に働き掛け、その生物資源の自律的な成長により有用な食料素材を得ることがテーマとなる。有用物を得る根源は、生物資源の自律的機能である。これに対し、人間の生活に有用なものを創出する際に、機能性、安全性、経済性を明確に目的とするのが工学である。したがって、農業土木学 (農業工学) の最も根底の基盤である工学技術を常に重要視し、これらの技術を継承しつつ、社会からの要求性能に対応する関連技術をも駆使できる組織的な技術力が必要である。その基礎的原理は、数理工学、物理学、物理化学、自然現象学である。

農業土木学は生物機能の働きをより活発化されるために、作物が成長する環境を自然の節理に従い土と水を工学的に活用して、良好に保持する工学技術である。目的は、農業生産の向上にあるが、その科学技術の基盤 (コア) は、工学である。

そして、時代は、既存の人工物に対する新たな機能の創造とその最適化およびリスク管理へと移行している。

### (3) 農業土木学の技術組織

最適化とリスク管理を目指して農業水利資産を継承するためには、農学の目的と工学の使命を認識し、また、その素養を有する科学技術者から構成される組織が不可欠である。すなわち技術者集団である。その技術者は、実務技術者、事業遂行 (たとえば、行政) 技術者、研究開発技術者 (技術教育者を含む) 等の各立場でその役割を果たす技術者集団で

ある。ここで、重要な事項は、これらを将来にわたって再生産できる技術力の維持と向上が社会的責務となる。技術力と言うと、個人の知識と技能や問題解決能力などの個々の技術者の技術的素養が議論されることが多いが、ここでは、広く農業水利資産を保全することのできる組織を意味する。

組織の技術力として、社会（的）共通資本の観点から以下の要件が必要と考える。

- ①課題とする技術に対峙する組織内の規範が存在する。
- ②継承できる知見、手法、技法が確立され、さらにそれらを向上・発展させる意欲、責任感および能力を技術者個人とその組織が有している。
- ③各技術者が同一に組織化され、関連する知見、手法、技法を議論する場が確保されている。

## 7. 社会資本の次世代への継承に向けて（むすびにかえて）

この社会に有用な社会資本を次世代へ継承するためには、その関連する科学技術の総合的技術力が必要であることを述べた。次には、その時代における技術の必要性和社会への実践を確かなものにするためには、技術が対象とするモノや事象に対する技術課題の正確な把握が必要である。ここでは、本話題のむすびとして、その具体例について、考えて見る。

### （1）農業土木学の今後の技術課題

農業土木学の技術分野として、水田を中心にした農業水利システムを事例に今後の技術課題を考えて見る。戦後、国営等の事業を主体に補給水源としての貯水池、河川から一元的に農業用水を取水する合口のための頭首工および各灌漑地区へ取水した用水を送水する幹線水路系から構成される大規模な農業水利システムが構築され、その下流には用水の配水路系が圃場の整備と一体となり県等の事業により整備されてきた。その技術の基盤は、新たなシステムを建設・構築するための主に米国から移入された計画設計基準であった。この米国からの基準の適用は、戦後のGHQによる日本の統治の一因でもあるが、戦後の農業生産基盤の発展と水資源の有効利用に大きく貢献した。2000年の後半から現在は、用水補給のための新規の事業から、これらの農業水利システムの保全管理の時代と変化している。そして、当面の中長期的課題として現在構造機能を主体とし、施設の長寿命化とライフサイクルコストの最小化を目的としたストックマネジメントが事業の主体となっている。

しかし、ここで、工学の本来の使命であるシステムの新たな機能の創出とその向上、安全性・信頼性の確保および経済性の追求などへの方向を常に見据える必要がある。そして、現在の工学的視点は、6.(2)でも述べたように、技術的対象物に対する最適化とリスク管理である。具体的には、計画設計基準が仕様規定の技術体系であり、当時、幾つかの社会的、技術的条件下で、ある条件値や仮定値をもとに計画設計され、構築されたシステムであることをもう一度レビューし、今後の技術的な課題とその対応を検討する必要があると考える。

現存する農業水利システムの構築には、ある限られた条件や仮定下で、計画設計されており、これまでの供用中の実態を踏まえ、システムを保全しつつ、実態に適合するよう機能の向上を図るための的確な更新技術の展開が必要である。最近の言葉を借りれば、計画設計時の想定外についても、これまでの供用中の実態を踏まえ、想定することの必要性である。これらの想定により、農業水利施設の本来機能と社会的効果のさらなる向上や各種リスクの低減に結びつくものと考えられる。以下、農業水利システムを構成する機能ごとに、これを考える。

#### ①貯水機能（貯水池）

灌漑計画において、その水源を確保し、用水を貯留する機能を持たせるものの代表が貯水池であり、その貯水機能を保持するために、ダム等の構造物が数多く構築されてきた。具体的な計画設計では、気象上、10年に一度発生する程度の渇水に関する計画基準年が想定され、これを基準に貯水容量等が設計された。また、河川内に建設される貯水池については、河川内の計画洪水量を放流可能な放流施設が作られるが、その洪水量についても、ある確率的な発生に基づく、設計洪水量が想定されている。また、ゲート付き放流施設では、貯水管理と洪水管理が両立する放流操作を具体的に想定した施設構造の検討もこれまでの管理実態を踏まえた上で必要である。

さらに、貯水池の持続性で最も基本的な性能が貯水容量であり、その中には、計画堆砂量が設計されるが、この量は、一般に貯水池が供用される100年間の堆砂量を推定して、決定される。そして、推定が正しく、かつ効果的な対策がなければ100年後に所定の量が堆積し、その後、経年的に貯水機能が低下することを意味している。このため、貯水機能の持続性を考えれば、施設のモニタリングにより、設計期間を超えた後の対策について、供用中に考える必要が有るわけである。戦後から約70年が過ぎようとしている現在、戦後に多く造成された大規模農業水利システムの水源を支える貯水池の寿命を本格的に考える時期に直面している。

以上のように、計画設計時には、長い年月の本来機能の持続性まで考慮されていない事象や機能があり、今後の技術課題として、解決を迫られる問題である。戦後、農業水利の目覚ましい発展により、多くの農業用の貯水池が建設されたが、貯水容量の中の堆砂量とその質についての100年問題の解決に向け、その現象のモニタリングと対策について、今後検討を深めるべき重要な時期に差し掛かっている。

#### ②取水機能（頭首工）

取水機能を具体化する取水施設は、河川内の流水を用水として取り入れ、用水路システムへ送水するものである。その取水機能の持続性に最も関連するのが、河川の河床変動等の土砂環境である。特に、1980年代以降扇状地の上流部に造成された頭首工の多くで、可動堰（ゲート）の上流部での堆砂が進み、ゲート操作が困難になるものがある。

また、取水堰下流では、河床の洗掘や浸食が進み、河床の不連続や低下が進み、頭首工本体への構造的な危険性まで懸念されている。これらに対応する技術は、河川管理者

との協議を必要とする技術であることから、治水機能を踏まえた利水の観点からの取水堰の技術力の維持向上が必要であり、河床変動に対応した新たな取水構造の提案等の基礎となる知見の解明や技術開発を重要視する必要がある。

さらに、この土砂管理は、毎年の取水管理上、維持管理を必要とする場合もあり、土地改良区や農家等への維持管理費の軽減に向けて、経済性からの観点からも重要な技術開発事項である。今後、機能保全に向けて頭首工を一部改築あるいは、全面的に更新する事業は、一定の割合で必要になることから、河川の状況変化に対応する頭首工に関する技術を継承し、新たな技術の開発の推進が必要である。

### ③送配水機能（水路システム）

用水路システムの技術は、農業水利技術の中心的なものであり、農業土木学の独自の技術分野である。その基盤は、水理学であり、他の土木分野と共通する部分が多いが、水利用機能の面からは、農業土木学（農業水理学および灌漑排水工学等）として、独自の発展を遂げてきた。この分野では、機能保全に向け、水理機能を基盤に水利用機能の保全が今後、重要な課題となってきた。

計画設計時には、土地改良区や農家等が行う水管理・運用についても、多くの想定がなされ、調整池や分土工（口）等が造成された。今後は、長年の供用中の水管理実態を踏まえ、さらに将来の水管理の方向に適合するシステムへ更新していくことが重要となる。このためには、当初造成された時点よりも高度な技術判断を必要とされることが予想される。今後は、水路システムの全面更新ではなく、部分更新が中心となり、この更新された部分が全体システムとして上手く適合して機能するかを判断するためには、全体システムの機能までを俯瞰する高度な技術や経験が要求される。農業土木技術者間の世代を越えて、これらの技術を継承することが必要となる。

一方、経済性の面を考えた場合、重力灌漑や自然排水が不可能な地区では、用排水システムの中に多くの揚水施設（ポンプ）が適用されている。この電力量は、大規模な土地改良区では、毎年数千万円のレベルでの電力料金を支出している場合もあり、土地改良区や個々の農家の負担軽減は、農業土木技術の大きいな課題である。また、この電力消費の問題は、我が国のエネルギー問題としても重要な課題である。さらに、農業水利システム内には、未利用な流水エネルギーが内蔵されており、その利活用技術とも連動し、エネルギー消費を効率化する技術を発展させ、日本のエネルギー問題に貢献する必要がある。

なお、頭首工を含む送配水システムは、河川の上流部で灌漑用水を取水し、その受益とする農地（水田）流域を流下して、河川の下流でその還元水を河川へ戻すメカニズムを有している。これを河川のバイパスとしての機能を有していると考えれば、農業および農業水利以外の社会的貢献の発揮の可能性がより高まる。現在、河川水の利用においては水利権が設定されており、多くの水田では、年間概ね4月～8月末までの水利用時期に水利用が限定されている。この水資源の利用を農業水利システムの河川水の

バイパス機能として考え、そのエネルギーや地域用水としての水利用として、より公益的な利用技術が科学的に発信できれば、社会的な理解が得られ、農業水利システムの社会貢献が進むと考えられる。このためには、農業水利を熟知した農業土木技術者からの技術提案や技術開発が不可欠である。また、この社会貢献を果たすことは、農業土木技術（者）の社会的地位の向上にも役立つと考える。

#### ④農地の保全整備

農業水利の本来目的は、水資源を有効に活用しながら、農地の用排水を作物生産に好適な条件に整えることである。その中で、水田はその主な対象である。現在、この水田の役割は、食料自給率の向上の要として、水田のフル活用を前提にした主食用米以外の麦、大豆、米粉用米および飼料用米の作付け増・生産増である。これまでの主食用米主体の生産機能から、新規の戦略導入作物の実効ある生産性向上のための用排水機能の発揮が水田には求められている。特に、畑作物に対しては、水田の排水性（通気性）のより一層の向上が求められている。このように、穀物生産を中心に据えた食料自給率の向上対策において、既存の水田に対する用排水機能の向上に対応した圃場整備技術が求められている。用水確保の面では、水利権の制約に捕らわれない地区内での用水確保技術として、たとえば、補助的な水源確保技術や用水の反復利用の技術開発と食の安全・安心に答える水質保全技術等の開発が想定される。さらに、配水システムから各圃場への用水供給を時間的により弾力化を図る技術も必要とされる。圃場の排水技術では、農水省が選定する「農業新技術 2008」に選ばれた一筆圃場を対象とした地下水位（暗渠内水位）制御技術が期待されている。その技術の従来には無い大きな特徴は、暗渠内水位をある一定値に制御可能な具体的な性能が明示されていることである。この暗渠による地表および地下の水位制御により、土壌の通気性が確保されると同時に、作物の根群域への適時の水分補給も可能となる。本地下水位制御技術をより広範囲にかつ効果的に現場に普及させるためには、当然、圃場整備区域内の用排水条件や地下水位環境を整える必要がある。幹支線排水路の水位管理を強化する等の既存の用排水施設を有効活用した整備・運用技術の開発も必要である。現在、栽培分野においても圃場の地下水位管理の最適化に向け大豆等の畑作物の生産性と圃場の地下水位の関連についての研究が進展している。農業土木分野として、作物や栽培技術分野との連携も重要であり、各圃場の土壌特性と水移動メカニズムの解明、作物生産に好適な生産・環境性能を提供するための排水改良等の要素技術を開発する必要がある。これらの要素技術を組み合わせ、水田機能の総合力を発揮させ、これを実現する最適化が工学分野として重要になると考えられる。

#### （２）個別地区のプロジェクト型事業から横断的技術課題解決型事業へ

社会的な必要性に基づく農業土木学から生まれた技術の社会への実装は、国県等の土地改良事業（農業農村整備事業）により行われる。その事業は、農業地帯において、ある受益面積を囲い込んだ地区事業として、地元からの申請に基づき実施される。国営事業であ

れば、水田の場合、受益面積が 3,000ha 以上、総事業費は、100 億円以上のレベルであり、その事業目的は、農業生産に必要な用水補給や水管理の近代化等であった。戦後の 1950 年代以降、国営事業では、既存の水源だけでは不足する用水を補給するための貯水池の造成および数多くの中小の既存灌漑組織を 1ヶ所の頭首工と導水路としての大容量の幹線水路系を整備する事業等により各灌漑ブロックが統合化された（合口）事業が典型的である。事業地区ごとに固有の問題はあるが、農業水利事業の目的やその事業内容（新たな、貯水池、頭首工、送配水路の造成）を比較的同じくした計画設計基準に基づくプロジェクト型事業がこれまでに全国で推進され、農業水利資産が構築されてきた。

今後は、7.(1)で見て来た農業水利を巡る技術課題解決のための事業の展開が必要となる。この事業は、各地区の多様な課題を把握し、最も共通的で、投資効果のある技術課題解決に向けての横断的な事業展開である。その典型が 2007 年から本格化したストックマネジメント事業である。本事業は、施設の長寿命化やライフサイクルコストの低減に向け、施設の構造機能を対象に、その保全のための診断・補修補強が事業の主体である。そして、国等では、施設の現状把握と将来に向けての整備戦略を立案することを目的に約 5 年間で、すべての国営事業の診断等の事業を展開した。このように、既存事業の運用実態をレビューし、その中から事業の課題解決のテーマを設定し、その事業地区の課題に柔軟かつ多様に対応する費用対効果を踏まえた事業展開を図る必要がある。すなわち、横断的技術課題解決型の事業への展開である。その際には、工学的発想からの法律や事業制度についての改正等も不可欠となる。事業は、その法律や制度のために存在するのではなく、実社会の要求や必要性の実現および課題解決のために存在することを決して忘れてはならない。

この社会に適合する事業の実施により、農業水利システムの機能性、安全性・信頼性および経済性が向上しその社会的使命を果たすことができる。そして、農業水利施設と農地に対するこのような人間の働き掛を持続的に行えば、農業を支える基盤が保持され、食料供給力も維持されると考えられる。もし、その働き掛を怠れば、人間や社会の気づかない内に、リスクが増大し、その老朽化が進展し、その現象が顕著になった段階では、対応が間に合わない事態も想定される。

内村鑑三が述べた「この美しい地球、この美しい国（日本）、この楽しい社会、このわれわれを育ててくれた山、河」を守るためには以上で述べた要件を満たす継続的な技術力が必要である。このことは、一つの文明の持続性にも通じるものがあると考えられる。

・ 主な参考文献

宇沢弘文：社会的共通資本、岩波新書（2000）

中達雄・高橋順二編著：農業水利施設のマネジメント工学、養賢堂（2010）