

## 実践的学問としての土木工学 —エンジニアリング教育の復権のために—

小林 潔司

### 【大学研究教育の問題】

国際化時代の土木技術者には、企業家精神、強靱な精神力、リーダーシップ、コミュニケーション能力、異文化対応力、高度な専門性、教養が必要であり、高度専門技術の体系化と実践を志向したエンジニアリング教育の復権が急がれる。土木工学のカリキュラムから、道路工学、橋梁工学というエンジニアリング科目が消滅して久しい。基礎科目重視という名目の下で、細部に特化した要素技術偏重のカリキュラムが組まれている。このようなテクノロジー偏重の教育により、土木工学実践の現場におけるニーズと、大学等における研究・教育の距離が遠ざかる一方である。さらに研究者の研究テーマがある特定の限られた領域にクラスター化し、必要とされる研究領域が網羅されないという現象が常態化している。

しかし、グローバル化が進展し、社会システムが極めて高度化・複雑化した現在、伝統的なエンジニアリング科目を単純に復活しただけでは問題は解決しない。エンジニアリング教育の発展には、高度専門知識・スキルによる一層の体系化と、グローバル市場における実践を志向した総合化が不可欠である。それと同時に、過酷な国際競争で活躍する人材を育成するためには、経験と理論を結びつける能力を開発する機会や、不利な立場に追い込まれた場合においても折れない心の重要さなどの経験を教授していく機会を提供することが必要である。また、多種多様な価値観と文化の理解力を高めていくために、高い倫理性や世界の多様な文化・歴史に対する理解力をも涵養していくような土木工学教育カリキュラムの開発が必要である。

### 【学問的専門職の誕生】

大学という制度は、中世ヨーロッパで誕生した。ボローニャ大学を嚆矢とする中世の大学は、教師と学生による共同組合（*Universitas societas magistrorum discipulorumque*）として出発し、神学、法学、医学という3職業に携わる学問的専門職（*learned professionals*）を養成することを目的とした。学問的専門職とは「文化的・観念的な学問的基盤に支えられ、自由で機知に富んだ妨害されることのない知性」を意味する。

ボローニャ大学は豊饒な学問的専門職の母（*motherhood for flourished learning professionals*）と称えられた。実務における実践の世界は、必ずしも専門職を必要とするわけではない。しかし、人類が蓄積した知性と教養は、実務における実践を通じて、はじめて人々の役に立つ。ここから、実務における実践の世界と知性・教養の世界との関わりあいのあり方を探求することが必要となり、双方の架け橋を担う学問的専門職が生まれた。

学問的専門職は、実社会とのかかわりを持ち続けなければならない。それと同時に、実社会から自由であり続ける必要となる。このように、お互いに矛盾する目的を同時に達成することは簡単ではない。そのためには、現実社会からの要求に対して、常に基礎的な学問基盤に基づいた知的対決を行っていかなければならない。それが学問的専門職の使命である。

### 【研究大学の誕生】

19 世紀に、フンボルトにより「研究大学」という新しい大学モデルが提唱され、ベルリン大学が創設された。米国においても、研究大学としてジョン・ホプキンス大学が設立されて以来、高等教育研究機関では、いわゆる形式知に基づいた科学的・客観的な知識 (know-why) の体系化という学問観が支配的になった。日本の帝国大学も研究大学として誕生した。

研究大学に代表される学術研究機関は、基礎研究や応用研究を偏重し、実践的な能力やプロフェッショナルのわざ (artistry) をあえて無視するという特殊な考え方に支配されてきた。一方で、実務の世界では「自分が知っていることは、とても言葉に表現できるものではない」という職人肌的な考え方が支配しており、大学と実務家、研究と実践、思想と行為との間に埋めがたい溝が広がった。その結果、工学、経済学や経営学等は実社会と密接に関わる実学の 1 分野でありながら、学問の成果を実社会に生かしていく実践を研究対象としてとりあげない、という奇妙な関係が常態化した。非常に不幸なことである。

一般に、大学が取り扱う専門的知識は know-why の体系であるといわれる。専門的知識は、それぞれの専門分野に固有の知識であるが、それを応用する文脈とは距離をおいて理論として体系化された。しかし、文脈から隔離された know-why の知識だけでは、学問の成果を現実世界に応用できない。個々の知識を実務とつなぎ合わせる know-how の知識が必要となる。Know-how の知識は文脈に依存した知識であり、数式や理論モデルを用いて表現することが難しい。欧米のビジネススクールにおける教育では、ケースワークやワークショップの実施を通じて、know-how の知識を修得するために徹底的なトレーニングを実施する。

一方、日本社会は複雑なシステムの構成要素をうまく組み合わせながら部分を全体へとまとめあげる know-how の知識に支えられてきた。Know-why の知識を基礎としながら know-how の知識に基づいて、システムの組み合わせを変えていくという日本企業の実践原理は、一定の枠組みの中でシステムのファインチューニングを繰り返すというやり方である。しかし、このような日本型技術経営方式が行き詰まりを見せている。

### 【土木工学の新しい像をめざして】

日本のビジネスリーダーとして育成すべき人材は何よりも新しい独自のコンセプトを創造する意思と力のある人材である。新しいコンセプトを創造するためには know-what の知識が必要となる。know-what の知識が進化しない限り、新しいコンセプトは生まれない。実学分野の大学では、学生に know-why を修得させるだけでなく、研究成果の実際的な意味 (know-what) を考える機会を与えるという実践教育を実施することが求められている。大

学は、ビジネス社会のニーズに対して、大学の学問的基盤が知的対決を行う場であり、大学の教育研究リソースの価値がビジネス社会で直接評価される場でなければならない。

社会のニーズと大学教育の乖離を指摘するのは簡単であるが、「なぜそういう状況になったのか」、さらには「それを克服するためにはどうすればいいか」に答えないと問題は解決しない。もちろん、両者の乖離を、「研究論文を書きやすい」、「教材を標準化しやすい」などという、教員の個人的な理由に帰することは容易である。しかし、実践と研究・教育の乖離が、世界的動向として生起している背景には、個人的理由を越えた大きな同時代的なメカニズムが機能していることを認めざるをえない。

土木工学が対象としているのは、「社会事業 (social enterprise)」である。社会事業とは、公共的な計画であれ、プロジェクトであれ、社会のビジョンを実現していく事業のことを意味する。社会事業は、当然のことながら学際的に色々な分野の知見や研究者・専門家の協力がないと実現できない。一方で、土木工学が進化するにつれて、学問的分野が細分化され、複雑化していく。細分化された1つの研究分野だけで、社会事業を語り尽くすことは不可能である。必然的に個々の研究分野や研究グループが貢献していることは社会事業のごく一部にすぎない。

土木工学は、すぐれて社会事業の実践を支える学問である。土木工学がそういう宿命にあるのであれば、「細分化された個々の分野に共通する方法論が無いにしても、土木工学全体として、実践としての社会事業全体を対象とする方法論体系というものが存在するのか」が問われる。さらに、「方法論があるとすれば、我々が守らなければならない一つの科学的な原理、あるいは学問的な論理性というものがあるのか」という問題が次にでてくる。それが、「実践的学問としての土木工学とは何か？」という問いである。

### 【実践的学問とは】

実践については、数多くの哲学的議論が存在するが、ここで問題とするのは「社会事業を実現する」という意味での実践である。その手掛かりとして、ピエール・ブルデュー (Pierre Bourdieu) が「ホモ・アカデミズム」の中で議論した「客観化の客観化」という考え方を出発点としたい。おおよそ、科学・学問というものは客観化を目指している。ところが、社会事業を行う、あるいはそこに携わる研究者、あるいは意思決定者には、自分が行っている客観化行為そのものを正統化 (legitimate) するための客観性の客観化、この二重の論理性というものが要求されている。それが、ブルデューが主張する客観化の客観化である。

かつて、論壇で「知の転換」が議論されたことがあった (中村雄二郎：哲学の現在、岩波書店、1981)。従来の伝統的な学問は、1) 普遍性の原理、2) 論理性の原理、3) 客観性の原理で営まれてきた。これに対し、実践にかかわる学問では、普遍性の原理に対しては個別性の原理が対応する。目の前にある現実の問題を解決しなければならない。論理性の原

理に対してはシンボリズムの原理が対応する。論理的展開をするには抽象化して議論を深めますが、現実の問題は丸ごと答えられなければならないという意味でシンボリズムの原理が作用する。それから客観性の原理は能動性の原理に置き換えられる。研究者自身が対象に働きかけて、現実を変えていかなければならない。このような立場は、伝統的学問の客観性と相容れない。知の転換に関わる論議とは、1) 個別性の原理、2) シンボリズムの原理、3) 能動性の原理を基礎とするような実践的学問が果たして成立しうるのかという問いでもある。

シェーンは、「技術的合理性 (technical rationality) に基づいた技術的熟達者 (technical expert)」という伝統的なプロフェッショナル像に対して、「行為の中の省察 (reflection in action)」に基づく反省的实践家 (reflective practitioner)」という新しいプロフェッショナル像を提示した (Schön, D.A.: *The Reflective Practitioner; How Professionals Think in Action*, Basic Books, 1983. (柳沢昌一, 三輪建二監訳: 省察的实践とは何か—プロフェッショナルの行為と思考, 鳳書房, 2007)。近代の土木技術者像は、実証的科学を基盤として形成された技術的合理性を根本原理として成立している。道路工学や橋梁工学という伝統的な土木工学におけるエンジニアリング教育は、土木構造物を実現するという最終目的に対して、技術的合理性原理の下で、土木工学分野における科学的技術を合理的に適用するための知識・技術体系の修得を目指していた。

しかし、現代社会が直面する問題は複合的であり、土木技術者は専門分化した自らの領域をこえる越境性に対峙せざるを得ない。そこで必要とされる土木技術者像は、「技術的合理性」のみならず、対象とする問題の個別的な文脈の下で、対象とする問題のシンボリズム総体に目配りし、問題に能動的に働きかける実践的合理性を有しているプロフェッショナルである。今日、土木技術者の実践は、土木技術者自身が関与する人間関係、社会事業を進める上での文脈や、問題に関わるさまざまなステークホルダーの関心や意向に由来する制約を受けることになる。したがって、土木工学分野におけるエンジニアリングには、既往の土木技術の単なる「適用」ではなく、「状況との対話を通してフィールドの知を生成する」という土木技術者の知のプロセスのあり方を、具体的な文脈に応じて展開していくことが要請される。すなわち、土木技術者とクライアントとの関係、さまざまなステークホルダーとのコミュニケーションに基づく合意形成、土木技術者の知を拘束する組織的・制度的制約の改善を行いながら、具体的な実践プロセスを通じて、インフラストラクチャの計画、施工、運用を行っていくことが求められる。

### 【エンジニアリングのための実践的方法論】

実践的学問が学問として成立するためには、1) 実践的研究における実践の形式化操作 (「客観化」) と、2) 実践における客観化の妥当性の検証 (「客観化の客観化」) という 2 重の客観化が必要となる。前者は、技術的合理性に基づく厳密性が支配する領域であり、伝統的な土木工学の発展が多大な貢献をなしえてきた領域である。後者はフィールド的な実

践に要請される個別性、シンボル性、能動性の原理に基づいて、実践的研究における客観化操作が、実践の要求に対して適切性を有するのかが議論される領域である。

実践的研究は、分析者が利用可能な客観化過程の道具立て(レパートリー)を蓄積するとともに、「客観化の客観化」を実施するための道具立て(実践的研究モデル)が必要である。これら2つの過程は、互いに独立して存在するのではなく、互いに不可分に関係している。実践的研究モデルは、以下の示した a) フレーム分析, b) フィールド実験, c) 橋渡し理論, d) 行為の中の省察, という4つの基本的な研究モデルで構成される。

#### a) フレーム分析

土木技術者は常に対象とする具体的な問題を対象とするため、対象の固有性を踏まえて問題のフレームを設定しなければならない。過去の経験、類似の事例、科学技術に関する知識に基づいて、対象とする個別の問題に対してフレームの設定を試みる。この時、設定するフレームの善し悪しは、当の土木技術者が理解したり、修得している技術や知識・経験の総体に依存する。土木技術者が理解し行動するために利用可能な道具立ての集合をレパートリーと呼ぶ。

土木技術者は、自らが知りえるレパートリー内にある知識や技術の中から利用可能なものを探索し、あるいは利用可能な外部知識や技術を利用して、対象とする問題の解決のための道具立てを揃える。このように利用可能な道具を揃えることをレパートリーの再構築と呼ぶ。レパートリーの再構築にあたっては、土木技術者にとって専門外である自然科学、社会科学をはじめとする関連分野で開発された知識や技術、モデルなどが必要になることもある。このようなレパートリー再構築の過程においては、1) 既往事例の調査と利用可能なレパートリーの抽出、2) 新たな視点、問題点の抽出によるフレーム分析、3) レパートリーの再構築とフィールド実験というプロセスが繰り返される。

技術者が未知の状況に出会った場合、土木技術者が利用するレパートリーの範囲を拡大するためにフレーム分析が必要となる。フレーム分析とは、自分が問題解決において利用するレパートリーの範囲や分析の対象を明示的に記述することを意味する。フレーム分析において、とりあげるべき要因としては、1) 問題解決のために用いる道具立て(レパートリー)のリスト、2) 問題状況を記述するモデル、3) 問題の内容を理解するための理論、4) 実践に参加するプレーヤーとそれぞれの役割などである。

このようなフレーム分析を通じて、土木技術者は自分が直面している問題全体を理解することが可能となる。さらに、フレーム分析の結果に基づいて、クライアントやステークホルダー達とコミュニケーションすることにより、対象とする問題に対する視点が、多元的であることを認識することができる。また、自分自身が複数の役割を演じなければいけないことに気づく場合もある。

#### b) フィールド実験

フィールド実験の目的は、科学的・理論的仮説モデルを検証することを目的とした科学実験とは異なる。フィールド実験は、たとえば、社会実験や試験施工のように、土木技術者が「自らが直面している状況の不確実性を減らすことにより、より望ましい意思決定や判断を行う」ことを目的としている。言い換えれば、土木技術者にとって、実験の目的は科学的理論や技術的命題を検証することではなく、土木技術者が取り組んでいる問題自体を実験対象とし、問題の解決にあたって、より良い結果をもたらす手立てを見出すことを目的としている。

フィールド実験の成否は、実験結果の精緻性・厳密性や学術的新規性により判断されるのではなく、「問題の状況をどの程度把握できたか」、「土木技術者が置かれている意思決定環境をどの程度改善できたか」というフィールド実験の適切性によって判断される。フィールド実験のプロセスは、科学的手続きによって設計されることは言うまでもないが、それ以上に 1) 意思決定や判断のために、必要な情報が得られるのか、2) 状況に新しい意味を与え、疑問の性質が解明されるか、という課題に応えられるように設計されなければならない。

### c) 橋渡し理論

土木技術者は、対象とする問題とそれを解決するために必要なレパートリーをマッチングさせることが必要である。しかし、土木技術者が、自分が持っているレパートリーだけでは、直面する問題に対して十分に対処できない場合がある。土木技術者が、自分の過去の経験や知の体系とは相容れないように思える新しい状況を理解するためには、状況を再構築するための理論が必要となる。土木技術者は自分が有しているレパートリーと、自分の外部に存在する経験や知の体系とを結びつけ、レパートリーを再構築することが必要となる。このようなレパートリーを再構築するための理論を「橋渡し理論」と呼ぶ。典型的な橋渡し理論は、1) 普遍的法則ではなく、固有の事象に内在するある主題的なパターンを発見する方法、2) 主題的なパターンを個別的な文脈に適した形に翻訳する方法、3) 科学的厳密性を求めるのではなく適切さを検討する方法、で構成される。

問題が複合性や越境性を有する場合、土木技術者が自分とは異なるフレームやレパートリーを有するプロフェッショナルや研究者とのパートナーシップが必要となる。そこでは、「土木技術者としての研究者」と「研究者としての土木技術者」とのパートナーシップが必要となる。産官学共同モデルが提唱されて久しいが、社会事業に関わる分野で産官学共同が実を結んだ実例はそれほど多くない。橋渡し理論に基づけば、パートナーシップを実践するためには、まずは知の形式化のプロフェッショナルである研究者の方から「土木技術者としての研究者」として土木技術者に歩み寄り、土木技術者の暗黙知を形式知に変換するアクションを起こすことが出発点になる。



#### d) 行為の中の省察

土木工学は、土木技術が社会基盤として結実されることによって、その有用性が評価されてきた。従って、土木工学の実務分野において、これまでも土木技術者による「行為の中の省察」は常に実践されてきたと言ってよい。現場では、ベテランの土木技術者による行為を通じて、若手技術者が実践について多くのことを学んできた。このような試みは、「有能な土木技術者は、自分が言葉に出して語る以上のものを知っている」ことを意味する。有能な土木技術者は、「実践の中の知の生成」(knowing-in-practice)を行っているが、その行動の多くは暗黙のうちになされている。土木技術者は、実践の中で知識や技術、個人の経験や見識に基づいて、不確実で多くの矛盾を孕んだ実践状況の中で意思決定を行い、その成果からフィードバックすることによって自己の知の適切性を評価している。まさに、「行為の中の省察」を実践してきたと考えてよい。

土木技術者は実践の過程の中で、当初設定したフレームの適切性、再構築したレパトリ一の有効性、フィールド実験の適切性について、状況との対話を通じて省察することが必要である。

すなわち、土木技術者は

- 1) 設定したフレームは問題を解決するために適切であるか？
- 2) 現在のレパトリイを用いて、問題を解決することが妥当であるか？
- 3) 思考過程やフィールド実験による検討過程が理路整然としているか？
- 4) 対象とする問題の意味の構造（シンボリックな意味）を正しく把握しているか？
- 5) 現在の方向性で探究を推進し続けることが可能か？

という問いを自分自身に向かって問い続けることが必要である。シェーンがいう、行為の中の省察である。

土木技術者は行為の中の省察を通じて、問題フレームの設定を転換していく。しかし、問題の枠組みを転換した時点で、どのような解決法があるのかを知らないし、新たな問題を解決できるという確信を持っていない場合も多々ある。しかし、問題フレームを転換することにより、問題や状況に対する理解が進んでいることを確かめ、新しいレパトリイを再構築することが可能となる。また、土木技術者が再構築したレパトリイは新しい効果や予期せぬ効果を生み出すが、効果自体に新しい意味や有用性が発見できるかという視点より、新たなレパトリイの適切性を評価することになる。問題のフレーム変換と新しいレパトリイの導入により、対象とする問題や状況に新しい変化が生じる。土木技術者はこのような問題や状況の変化と対応して、適宜問題のフレーム転換を行っていくのであり、それは問題状況との省察的な対話によって可能となる。

#### 【実践的学問の発展をめざして】

土木工学は実社会と密接に関わる実学の 1 分野でありながら、技術合理性に基づいた「フ

オーマルな形式知」と、わざや表に出ない意見などの「フィールド的な暗黙知」との2分法が確立し、土木工学の成果が結実される実社会における実践を研究対象としてとりあげないという奇妙な事態が常態化して久しい。実践的研究は、個別性、シンボリズム、能動性という特性を持つがゆえに、普遍性、論理性、客観性という実証科学的な基準を用いて、その妥当性を十分に評価できないという本質的な問題をはらんでいる。

その結果、土木技術者による実践は、

- 1) プロフェッショナルの意味が正しく捉えられておらず、行為の中の省察が十分であるとは言い難い。
- 2) 自分たちは技術的熟達者であるという見方にとらわれて、実践の世界の中で省察を行う機会が少ない。
- 3) 省察的土木技術者は、行為の中の省察を形式知として記述できていないという状況に陥っている場合が少なくない。

こうした状況の打開に向けて、

- 1) 行為の中の省察について研究を深めることがきわめて重要である、
- 2) 厳密性か適切性のジレンマは、実践のプロセスの中で克服していかなければならない。

土木工学は、まさに土木技術の実践の中から発展してきた学問体系である。それにも関わらず、土木工学の実践的研究の重要性が認識されてまだ日も浅く、十分な研究が蓄積されているとは言い難い。実践的学問としての土木工学を発展させるためには、当然のことながらレパートリーの拡大と蓄積を図る必要がある。レパートリーの開発にあたっては、伝統的土木工学分野における目的合理性や技術的合理性を考慮することが重要であることは論を待たないが、それと同時に土木工学における要素技術の総合化によって達成できることを忘れてはならない。

また、実践的研究のための独自の方法論の開発も必要である。そのためには、1) フレーム分析、2) フィールド実験、3) 橋渡し理論、4) 「行為の中の省察」プロセス等の実践的研究モデルに関する研究の蓄積が必要である。実践的研究モデルの開発にあたっては、実践的研究の個別性、シンボル性、能動性を考慮した視点が必要であり、良質な実践事例やエピソード等に関するフィールド的な知を形式知化する努力を積み重ねることが重要である。