

国総研の研究者に求められる技術力の構造化の試み ～「研究の心構え」に基づく人材育成体系の検討～

宮原 史

1. はじめに

国土技術政策総合研究所（以下「国総研」という。）は、「技術を原動力に、現在そして将来にわたって安全・安心で活力と魅力ある国土と社会の実現を目指す」ことを使命に掲げている¹⁾。自然災害の激甚化・頻発化、デジタル化の加速、カーボンニュートラル実現に向けた動き等、国土交通行政を取り巻く社会経済の構造が変化中、国総研が使命を果たしてゆくためには、研究者一人一人の力量が確保されるよう人材育成を継続してゆく必要がある。

人材育成を、計画の立案（Plan）、実施（Do）、評価・改善（Check & Action）のPDCAサイクルのシステムとして捉えると、このサイクルが機能するためには、人材育成の目標が明確に設定されている必要がある（図-1）。しかし、国総研の研究者に対する人材育成の目標が、人材育成の計画と対応付けることが可能な形で整理されてきたとは言い難い。人材育成の目標は、国総研以外の多くの組織においても整理されているケースは稀と考えられ、明確に設定することが必ずしも容易ではない。

このような中、国総研が平成29年に定めた「研究の心構え」²⁾に改めて注目すると、同文書には国総研の研究者に求められる技術力の要素が明文化されている。この内容を分解し、要素間の関係を整理することで、人材育成の目標の一例を提示することができると考えられる。そこで本稿では、PDCAサイクルの人材育成体系の構築に向けて、研究の心構えに基づき、国総研の研究者に求められる技術力の

構造化を試みる。そして、構造化された技術力に基づく人材育成の計画や評価の方法論を提示する。なお、本稿の内容は、国総研で若手研究者の育成を担当している筆者が個人的に検討したものである。

2. 人材育成の目標となる技術力の構造化

2.1 構造化に用いるブルーム・タキソノミーの枠組

筆者はこれまで、主に道路橋の維持管理に着目して、技術力の解明に関する研究^{例え2)}に取り組んできた。これらの研究を通じて、教育目標を分類し明確に記述するために開発された「ブルーム・タキソノミー」^{3),4)}の有効性を確認している。そこで、本検討においても技術力を構造化するための枠組としてブルーム・タキソノミーを用いる。なお、本稿ではアンダーソンらによって提起された2次元で構成される枠組を「ブルーム・タキソノミー」と称す。

ブルーム・タキソノミーは、表-1に示すように横軸の認知過程次元に、教える内容（知識）を類型化した縦軸の知識次元を加えて2次元で構成される。認知過程次元は、表-1に示すように「記憶する」から「創造する」へと、単純なものから複雑なもの順で配列された6領域から構成され、表-2に示すとおりそれぞれの次元に計19の認知過程が分類されている。知識次元は、表-3に示すとおり個別・具体的な内容要素を指し示す知識である「事実に知識」、より組織化され一般化された知識である「概念的知識」、やり方についての知識である「手続的知識」、そして、自分自身の認知過程や人間一般の認知過程についての知識である「メタ認知的知識」から構成され、それぞれ類型化されている。特定の知識のタイプは特定の認知過程と結びつきやすい性質をもっており、表-1に示すように、1)「事実に知識の記憶」、2)「概念的知識の理解」、3)「手続的知識の応用」、4) 様々なタイプの知識の複合体に支えられた「高次の認知過程」という4つの目標の類型が考えられるとされている。

2.2 技術力の構造化の方法

「研究の心構え」には、「行政・現場の真のニーズを理解し、本質的な技術的課題を明確化」等、国

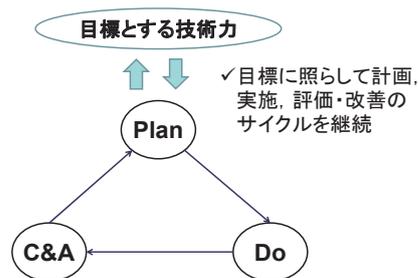


図-1 PDCAサイクルの人材育成システム

総研の研究者が研究を行う上での留意点や工夫が一般化された形で記述されている。これらから読み取ることができる、国総研の研究者に求められる知識と認知過程の組合せを、ブルーム・タキソノミーの枠組を用いて分類することにより技術力の構造化を試みる。例えば上記の記述は、まず、「行政・現場のニーズに関する知識を理解する」、「技術的課題を明確化する」という2つの要素に分解される。その上で、前者は「概念的知識の理解」に分類する。後者は、さまざまな知識に基づいて情報を「区別する」という認知過程が最もよく該当すると考えられることから、「分析する」に分類する。

ここで、国総研では研究の心構えを定めるのと同時期に、ベテランの経験・ノウハウを具体的な体験談として伝承する手段として「経験・ノウハウ伝承講演会」（以下「ノウハウ講演会」という。）を実施してきている⁹⁾。そこで、研究の心構えの記述に加え、ノウハウ講演会でこれまでテーマとして扱われ伝承が図られてきている内容も、同様に技術力の構

造化に考慮する。

2.3 技術力の構造化

2.2に示した方法で国総研の研究者に求められる技術力を構造化した結果を図-2に示す。以下の(1)、(2)で、図-2に示す技術力の要素を解説する。なお、国総研の研究者の職位には研究員、研究官、主任研究官（以下「主研」という。）、室長等があり、職位に応じて求められる技術力の水準も異なる。そこで図-2では、国家公務員法に基づく人事評価制度⁶⁾における能力評価の評価項目も参考にしながら、概ね修得することが求められると考えられる職位の観点から個々の技術力の要素を色分けして示している。

(1) 高次の認知過程に位置付けられる研究プロセス

研究の心構えから読み取った「a)技術的課題の明確化」「b)研究計画の作成」「c)研究の実施」「d)成果のとりまとめ」「e)社会実装に向けた道筋の構築」「f)実装結果のフォローアップ」から成る研究プロセスに沿った要素を、いずれも高次の認知過程（「分析する」「評価する」「創造する」）に分類した。

計画の策定、見直しといったプロセスは、表-2に示した認知過程の類型に基づき「創造する」に分類した。これらの多くは主研以上に修得が求められる要素とした。仮説の検証、考察や研究成果のとりまとめといったプロセスは、情報を「区別する」「組織化する」という側面と、妥当性を「点検する」という側面の両方に該当すると考え、「分析する」と「評価する」の両方に跨るものとして分類した。計画に基づく仮説の検証や研究成果のとりまとめは、職位によらず研究職には修得が求められる要素とした。ただし、成果の技術基準・手法としてのとりまとめは、過去からの国総研の研究蓄積も踏まえて行う必要があることから主研以上に修得が求められる要素とした。なお、「政策の方向性の提案」は、研究行為そのものではないものの、国総研の研究者（特に室長以上）に求められる重要な要素であることから、研究プロセスの上流に示した。

(2) 研究プロセスを支える様々な知識

国総研の研究者に求められる様々な知識は、事実的知識の記憶、概念的知識の理解、手続的知識の応用及びメタ認知的知識に分類するとともに、高次の認知過程に位置付けた研究プロセスを支えていることを矢印で示した。

各専門分野に特有の知識を表す「専門知識」と行政に関する知識を表す「行政知識」は、研究の心構

表-1 ブルーム・タキソノミー

知識次元	認知過程次元					
	1.記憶する	2.理解する	3.応用する	4.分析する	5.評価する	6.創造する
A.事実的知識	1) 事実的知識の記憶					
B.概念的知識		2) 概念的知識の理解		4) 高次の認知過程		
C.手続的知識			3) 手続的知識の応用			
D.メタ認知的知識						

表-2 認知過程の類型

認知過程	類型
1. 記憶する	再認する、再生する
2. 理解する	解釈する、例示する、分類する、要約する、推論する、比較する、説明する
3. 応用する	実行する、応用する
4. 分析する	区別する、組織化する、帰属する
5. 評価する	点検する、批評する
6. 創造する	一般化する、計画する、生産する

表-3 知識の類型

知識	類型
A. 事実的知識	・用語の知識 ・個別的な知識
B. 概念的知識	・分類やカテゴリーの知識 ・原理や一般化の知識 ・理論、モデルや構造の知識
C. 手続的知識	・教科固有のスキルやアルゴリズムの知識 ・教科特有のテクニックや方法の知識 ・適切に手続を用いる際の判断基準の知識
D. メタ認知的知識	・方略についての知識 ・文脈と条件についての適切な知識を含む認知的課題に関する知識 ・自己に関する知識

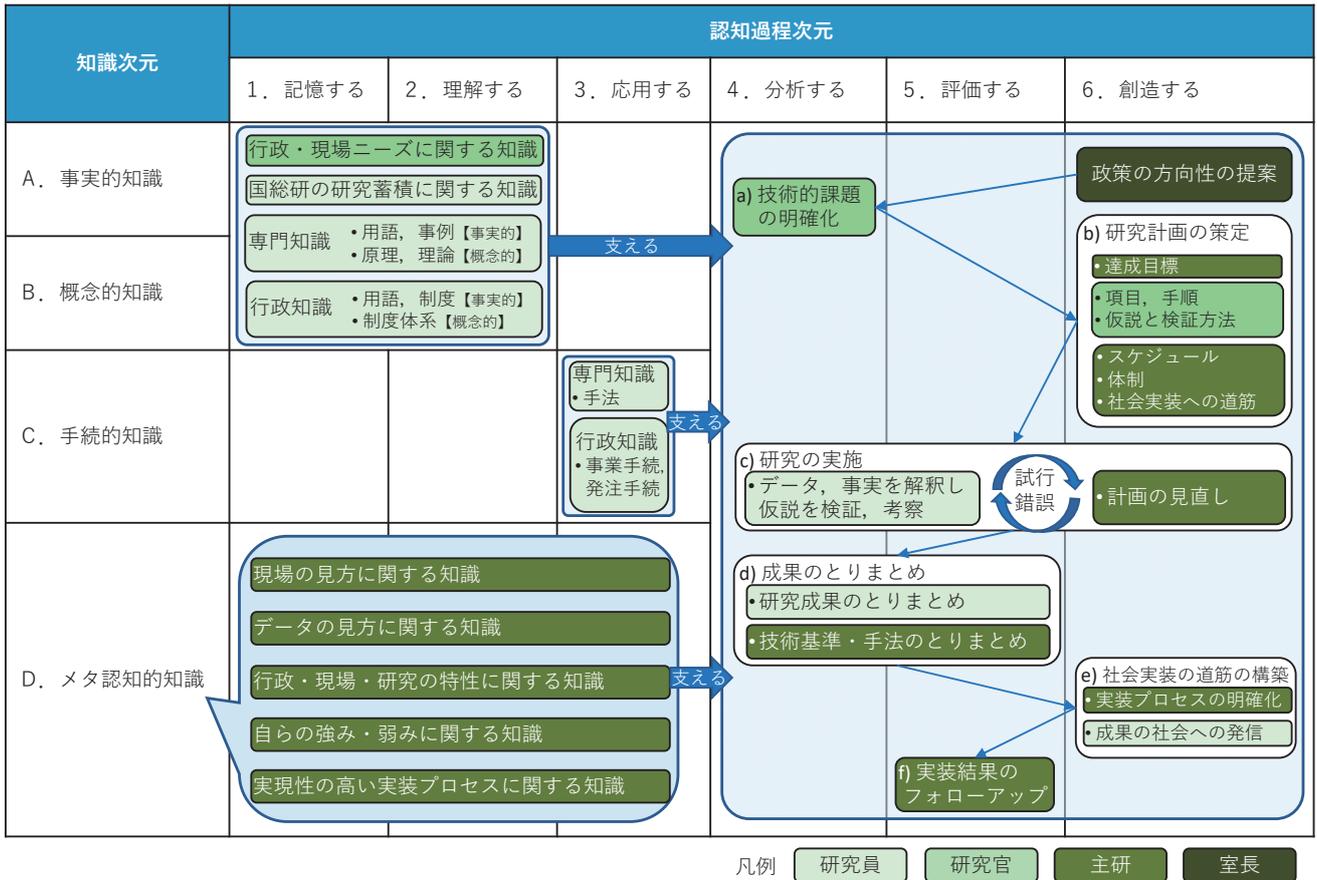


図-2 国総研の研究者に求められる技術力の構造化の例

えに直接該当する記述があるわけではないものの、必要性が明白であるため筆者の判断で技術力の構造化に考慮した。このとき、例えば専門知識に着目すると、同じ専門知識といっても、用語、事例といった事実に知識、原理、理論といった概念的知識、設計や施工の手法といった手続的知識と、様々な知識次元の知識が求められると考えられる。このような知識は、複数の知識次元に跨るものとして分類した。

「現場の見方」、「データの見方」といった知識は、2.2で述べたノウハウ講演会において伝承が図られてきている知識である。これらは方略（方策、方法）についての知識であるため、メタ認知的知識に分類した。また、研究の心構えに記述がある「行政・現場・研究の特性」、「自らの強み・弱み」といった知識は自己に関する知識であるため、同様にメタ認知的知識に分類した。メタ認知的知識は、その他の知識と異なり、経験を積んで次第に育ってくるものであるため、主研以上に修得が求められる要素とした。

行政・現場ニーズ、組織的に積み上げてきた研究蓄積、実現性の高い実装プロセスに関する知識が求められる点が、国総研の研究者の特徴であると考え

られる。

(3) 国総研の研究者に求められる適応的熟達

心理学では、既習の技能を柔軟に応用したり、以前の経験を新しい事態に生かしたりすることができる者は「適応的熟達者」と呼ばれ、決まった課題において手続を正確に素早く実行できる「定型的熟達者」と区別されている⁷⁾。国総研の研究者も、(1)、(2)で解説したように、幅広い知識を修得するとともに自由自在に研究プロセスに生かすことができる適応的熟達者になることが求められると解釈できる。

3. 構造化した技術力に基づく人材育成の計画

3.1 人材育成計画の立案の考え方

2.で構造化した技術力の要素に対して、Off-JT (Off the Job Training) やOJT (On the Job Training) といった様々な人材育成手段を対応付けることができれば、目標に整合した、ターゲットを明確にした人材育成計画の立案が可能となる。以下では、構造化した技術力に基づく人材育成計画の方法論を提示するため、国総研企画部が研究職職員向けに実施してきたOff-JTをサンプルとして、2.で構造化した技術力の要素と人材育成手段の対応の整理を試みる。

3.2 構造化した技術力と人材育成手段の対応の整理 ～国総研企画部実施のOff-JTの例～

2.で構造化した技術力の要素と国総研企画部が実施してきたOff-JTの対応を整理した結果を図-3に示す。図-2に示した研究プロセスに対応するOff-JTとして以下が挙げられる。

- ・ノウハウ講演会で扱ってきた「研究計画の立案」が「b) 研究計画の策定」に対応する等、ノウハウ講演会の一部のテーマは研究プロセスに対応している。
- ・研究発表会で研究成果を発表することは、「成果のとりまとめ」、「社会実装の道筋の構築」といった研究プロセスに対応している。

一方、図-2に示した知識の習得に対応するOff-JTとしては以下が挙げられる。

- ・現場見学や発注手続の講習会は、これらに関する知識の習得に対応している。現場見学は、経験を積むことでメタ認知的知識が育ってくることも期待されるため、「現場の見方に関する知識」にも対応すると整理している。なお、「実地体験は認識の形成に非常に大きな働きをしている」とされており⁸⁾、現場見学は専門知識の理解の深化にも寄与している可能性が高い。

- ・若手勉強会は、知識の習得を目的に開催することもあるものの、ここではグループワーク等での若手同士の対話が自らの強み・弱みを認識する機会となることに着目し、「自らの強み・弱みに関する知識」に対応すると整理している。

以上のように、構造化した技術力と対応付けることで、ターゲットを明確にした人材育成計画の立案が可能となると考えられる。なお、整理結果からは、企画部が実施してきたOff-JTが構造化された技術力の要素に幅広く対応した内容となっている一方で、カバーできていない要素もあることが可視化できた。既存の人材育成の取り組みに対してこのような気付きを得ることができることも、目標となる技術力を構造化することの意義である。

3.3 今後の課題

成人の能力開発の70%以上は業務上の経験によって説明できるとの研究もあるように⁹⁾、構造化された技術力は企画部等が実施するOff-JTと各研究部等におけるOJTが相まって修得されるものである。特に研究プロセスに沿った要素の修得、すなわち2.3(3)で述べた適応的熟達には、OJTで研究経験を積むことが不可欠である。

しかし、2.3(3)で述べた適応的熟達化は、そのプ

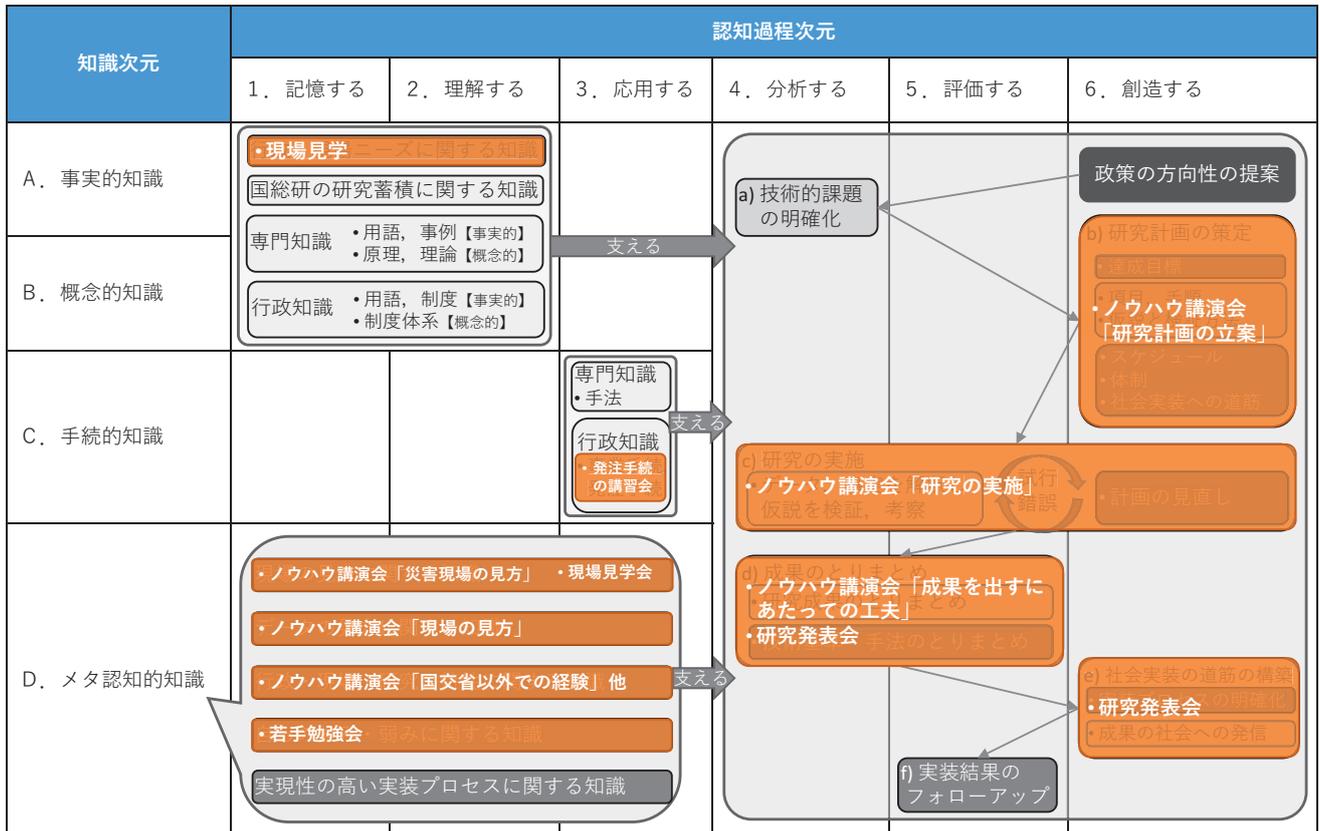


図-3 構造化された技術力と国総研企画部実施のOff-JTの対応

プロセスについてはあまり多く分かっていないとされており、適応的熟達化のために不可欠な条件として以下の4点が示されるに留まっている。

- 1) 絶えず新奇な問題に遭遇すること
- 2) 対話的相互作用に従事すること
- 3) 緊急、外的な必要性から解放されていること
- 4) 理解を重視するグループに所属していること

これらの条件を参考にしつつ、今後は様々な条件で行われるOJTがどのような技術力向上効果を有するかを明らかにしてゆくことが課題と考えられる。

なお、このような観点から、筆者は経験による学習内容と技術力向上効果を明らかにすることを目的とした研究にも着手している¹⁰⁾。この研究では地方整備局職員の国総研道路構造物研究部への出向経験に着目しているものの、同様の方法論で国総研の研究者を対象として経験による技術力向上効果を分析することも可能である。

4. 構造化した技術力に基づく人材育成の評価

4.1 人材育成の評価の考え方

2.で人材育成の目標とする技術力を構造化したことにより、個々の技術力の要素に着目して習得度合いを評価することが可能となる。3.で示したように、個々の技術力の要素に人材育成手段を対応付けることができれば、各人材育成手段に着目して目的の達成度合いを評価することも可能となる。

具体的な評価方法に関して、教育分野では、目標に応じた評価方法を採用することが重要とされている。ブルーム・タクソノミーの認知領域でいうところの「1. 知識」～「3. 適用」に相当する教育目標の場合には、テストのように個別の内容の習得の有無を点検する「行動目標に基づく評価」で評価が可能である一方、「4. 分析」～「6. 評価」に相当する高次の教育目標の場合には、学習者の振る舞いを手掛かりに、知識の総合的な活用力を質的に評価する「パフォーマンス評価」が必要とされている¹¹⁾。また、パフォーマンス評価では、テストのように目標の達成・未達成の二分法で評価することは困難であり、ルーブリックと呼ばれる、パフォーマンスの質（熟達度）を評価する評価基準表を用いることが必要となるとされている。

これらのことを考慮すると、図-2において高次の認知過程に分類されている研究プロセスに沿った要素に着目して習得度合いを評価するためには、ルーブリックを整備する必要がある。以下では、当該ルーブリックの試案を提示する。

4.2 研究プロセスに着目したルーブリックの整理

2.で構造化した技術力の要素のうち、研究プロセスに沿った要素の習得度合いを評価するためのルーブリックの試案を表-4に示す。ここでは、実務の便を考慮して、図-2と同様に研究員、研究官、主研、室長の職位別の4段階で整理した。職位別の目標を

表-4 研究プロセスに着目したルーブリックの試案

a) 技術的課題の明確化	
研究員レベル	専門知識に基づいて技術的課題を抽出し、明確化することができる。
研究官レベル	行政・現場ニーズや専門知識に基づいて技術的課題を抽出し、明確化することができる。
主研レベル	行政・現場ニーズや国総研の研究蓄積に関する知識、専門知識に基づいて技術的課題を抽出し、明確化することができる。
室長レベル	
b) 研究計画の策定	
研究員レベル	専門知識に基づいて、研究の目標を達成するための研究項目・手順、仮説と検証方法を立案することができる。
研究官レベル	行政・現場ニーズや専門知識に基づいて、研究の目標を達成するための研究項目・手順、仮説と検証方法を立案することができる。
主研レベル	行政・現場ニーズや国総研の研究蓄積に関する知識、専門知識に基づいて、社会実装を想定し、研究の達成目標、研究項目・手順、仮説と検証方法、スケジュールを立案することができる。自らの強み・弱みを認識した上で、外部とも連携した研究体制を構築することができる。
室長レベル	
c) 研究の実施	
研究員レベル	専門知識に基づいてデータ、事実を客観的・中立的に解釈して仮説を検証し、考察することができる。
研究官レベル	専門知識に基づいてデータ、事実を客観的・中立的に解釈して仮説を検証し、考察することができる。その結果を踏まえた研究計画の見直しを受け、試行錯誤を繰り返すことができる。
主研レベル	専門知識に基づいてデータ、事実を客観的・中立的に解釈して仮説を検証し、幅広い分野の専門家と議論を行い、考察することができる。その結果を踏まえ、研究計画を見直すとともに、試行錯誤を繰り返すことができる。
室長レベル	
d) 成果のとりまとめ	
研究員レベル	専門知識に基づいて研究成果をとりまとめることができる。
研究官レベル	専門知識に基づいて研究成果を体系立ててとりまとめることができる。
主研レベル	専門知識に基づいて研究成果を体系立ててとりまとめることができる。行政・現場ニーズや国総研の研究蓄積に関する知識に基づいて研究成果を技術基準・手法としてとりまとめることができる。
室長レベル	
e) 社会実装への道筋の構築	
研究員レベル	研究成果を正確に発信することができる。
研究官レベル	研究成果を専門外の者にも分かりやすく発信することができる。
主研レベル	行政・現場・研究、各々の特性に基づいて実装プロセスを明確化することができる。実装プロセスを踏まえて、研究成果の社会への発信を計画することができる。研究成果を専門外の者にも分かりやすく発信することができる。
室長レベル	

記述するにあたっては、図-2と同様に人事評価制度⁶⁾における能力評価の評価項目も参考にした。

各分野の専門知識に基づいて研究を行うことが求められることは若手の研究者を含む全ての職位に共通する。これに加え、研究官以上となれば行政・現場ニーズに関する知識、さらに主研以上となれば国総研の研究蓄積に関する知識と、知識の幅を広げながら、研究計画の策定、成果の技術基準・手法としてのとりまとめといった国総研の研究の根幹を担うことが求められる。なお、主研と室長の記述が同じになっているのは、図-2に示した研究プロセスにおいては両者に求められるパフォーマンスの質に差異は無いと想定したためである。ただし、図-2に示した「政策の方向性の提案」においては、室長には主研よりも高いパフォーマンスの質が求められるように、室長には研究行為以外において主研とは差別化された要求が存在することとなる。

5. まとめ

本稿では、国総研の研究の心構えに基づき、国総研の研究者に求められる技術力の構造化を試みるとともに、構造化された技術力に基づく人材育成の計画や評価の方法論を提示した。本稿で提示したPDCAサイクルによる人材育成体系の概念図を図-4に示す。目標となる技術力を構造化して明確に設定することで、技術力の要素に対応付けて人材育成を計画し、実施し、評価・改善するマネジメントが実現できる可能性がある。今年度国総研では、本稿で提示した技術力に基づいた若手研究者の育成に試行的に取り組み始めたところである。

一方、本稿で提示した技術力は一例に過ぎない。認知領域に着目した枠組を用いたため、例えば態度や価値観、身体的な技能といった観点は考慮していない。こういった観点も含めて「技術力」とすべき、という考え方もあろう。また、研究の心構えに倣い、研究プロセス全体を包括し、かつ、分野を特定化しない一般的な形で整理した。これに対して、特定の研究プロセスや分野に着目して、より具体的な整理を試みることも可能であろう。

引き続き、若手を含む研究者等との対話を重ね、人材育成体系の検討、改善を続けて参りたい。

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所 研究方針,2017.
<https://www.nilim.go.jp/lab/bcg/busyoukai/kenkyuho>

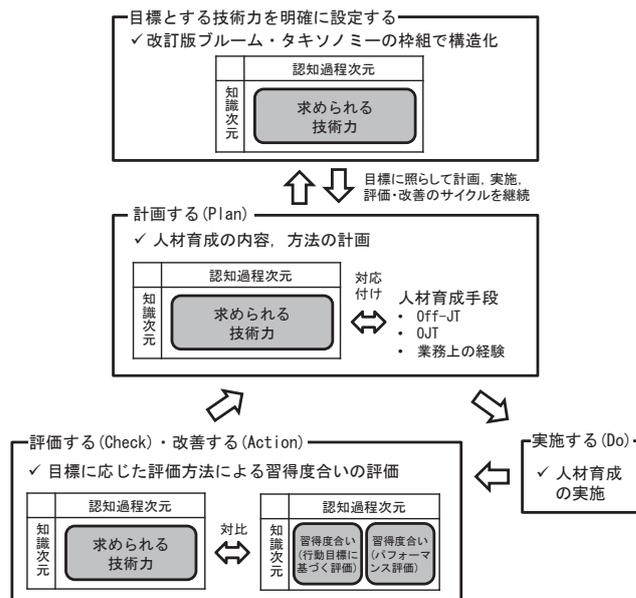


図-4 本稿で提示した人材育成体系の概念図

ushin/housin29.pdf

- 2) 宮原史、堤盛人：戦略的な人材育成の実現に向けた道路橋を維持管理する技術力の解明の試み—ブルーム・タキソノミーの応用—、土木学会論文集F4（建設マネジメント）、Vol.76、No.1、pp.14～28、2020。
- 3) Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Rath, J. and Wittrock, M. C.: Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives, Longman, 2000.
- 4) 石井英真：「改訂版タキソノミー」によるブルーム・タキソノミーの再構築—知識と認知過程の二次元構成の検討を中心に—、日本教育方法学会紀要「教育方法学研究」第28巻、2002。
- 5) 伊藤正秀：研究の心構え～スキルを高め、より良い研究を効率的に進めるために、国総研レポート2018。
- 6) 内閣人事局・人事院：人事評価マニュアル、2021。
- 7) 波多野諺余夫：適応的熟達化の理論をめざして、教育心理学年報、Vol.40、pp.45～47、2001。
- 8) 梶田正己：勉強力をつける—認識心理学からの発想、ちくま新書、1998。
- 9) 松尾睦：経験からの学習 プロフェッショナルへの成長プロセス、同文館出版、2006。
- 10) 宮原史、堤盛人：土木技術者の経験と学習 —地方整備局職員の研究所出向と道路構造物を維持管理する技術力に着目して—、土木学会論文集H（教育）、Vol.78、No.1、pp.20～37、2022。
- 11) 石井英真：今求められる学力と学びとは—コンピテンシー・ベースのカリキュラムの光と影—、日本標準ブックレット、No.14、2015。

宮原 史



国土交通省国土技術政策総合研究所
 企画部企画課長、博士（社会工学）
 Dr. MIYAHARA Fumi