

日本のインフラ技術の米国展開

APPLICATION OF JAPANESE INFRASTRUCTURE TECHNOLOGY IN THE UNITED STATES

松本正人*

Masato MATSUMOTO

ABSTRACT: This paper describes a successful example of exporting Japan's infrastructure technology and the effort to educate the young engineers who should be responsible for Japan's overseas infrastructure business in the next decade.

KEYWORDS: インフラ技術, 構造物点検, 海外展開

Infrastructure Technology, Structural Inspection, Overseas Business

1. まえがき

日本政府は、令和2年に「インフラシステム輸出戦略」の改訂版を公表した¹⁾。ここでは、我が国によるインフラシステムの輸出は、科学技術・イノベーションを活用した持続可能な開発の実現及びその前提としての環境、防災、健康等の地球規模課題の解決に資することから、国連サミットで採択された国際目標である「持続可能な開発目標 (SDGs)」達成への貢献を通じ、我が国のソフトパワーの強化及び外交的地位の向上にも貢献するとしている。しかしながら、現状では高度な性能や品質を求める日本国内において進化した技術やサービスが、世界市場のニーズやスペックに対応できず苦戦を強いられる場面も散見される。これまで、日本の質の高いインフラの輸出はどちらかと言えば新興国を対象とした技術協力を中心に展開されてきた。筆者が拠点を置く米国においても、現時点では日本のインフラ技術の輸出事例は多くないが、2017年10月に米国の運輸長官と日本の国土交通大臣の間で交通インフラ分野に関する協力覚書²⁾が取り交わされるなど、日本政府は北米へのインフラ輸出に関する取り組みを強化し始めている。それ以降、6度にわたって開催された「日米インフラフォーラム」³⁾等の機会を通じて日本のインフラ技術が米国政府及び民間の関係者に紹介され、米国内における日本のインフラ技術への関心が高まっている。一方では、インフラ輸出を促進するためには海外において日本のインフラ技術の優位性や便益が相手国のインフラ管理者に認知されることが不可欠であり、そのためには実際に技術を現場で適用し課題に対するソリューションを提案するという過程が必要になる。今後、日本企業が他国との競争に勝ち海外のインフラプロジェクトを受注していくには、現地においてこのような役割を担える技術者の育成が急務である。筆者は、2011年1月より米国ワシントンD.C.に拠点を置く現地法人に所属し、北米及び南米のインフラに対して日本発の構造物非破壊検査技術を適用すべく事業を展開している。また、同様にインフラ技術で海外進出を考えている日本企業の支援や、海外の優れたインフラ技術の日本への導入に関する支援を通じ、インフラ技術のグローバル化への対応を促進している。本稿では、筆者らが米国拠点において実施してきた活動について紹介し、さらに、将来の日本のインフラ輸出を担う人材育成に関する取り組みについて記載する。

2. 米国への進出

米国の道路の総距離延長は世界一であるが、1930年代のニューディール政策時に建設されたものも多く、米国土木学会によると、全国にある約61万の橋梁のうち建設後50年以上経過するものの割合

* President and CEO, NEXCO-West USA, Inc. (8300 Boone Blvd. Suite 260, Vienna, VA, USA)

は約 4 割とされており、構造物の老朽化対策が急務となっている。筆者が所属する西日本高速道路株式会社は、日本で開発した橋梁の赤外線検査技術等を米国にて展開することを目的に、2011 年に米国において現地法人 NEXCO-West USA, Inc.（以下「NEXCO-USA 社」）を設立し、首都ワシントン D.C. を拠点に 13 年間にわたってインフラの点検業務を実施してきた。2024 年 7 月現在で、米国内 15 の州にて 100 件以上の業務受注実績を挙げ、米国でのプレゼンスの向上に努めてきた。

2.1 赤外線技術を用いた構造物点検技術

NEXCO-USA 社が米国において展開している道路橋点検技術である赤外線法は、構造物の表面温度を測定して特異な温度分布を検出し、構造物内部の損傷を特定する非破壊検査技術である。赤外線法のメリットは、離れた場所から面的な診断が可能であり、従来は点検員による打音で確認していたコンクリート構造物の空洞・浮き・剥離が生じている箇所を効率的に絞込みできる点にある。日中の外気温の上昇とともに、コンクリート表面の温度も上昇するが、健全部と異常部では一日の温度履歴に違いが生じる。これらの温度差を赤外線技術により検出することで、異常部を発見することが可能となる。

2.2 米国での業務受注

米国には、日本のようにアスファルト舗装を施工せず、コンクリート床版の上にコンクリート系の摩耗層を施工した構造の道路橋が多い。こうした道路橋の点検は、作業員が路面上で鎖を引いて、音の変化によって損傷箇所を発見する「チェーン・ドラッグ法」が一般的であった。しかし、この方法を適用するためには車線規制を実施する必要があり、渋滞につながる懸念があることから、作業効率が悪いとされてきた。また、点検員が事故に巻き込まれる危険性もあり、さらに、経験が少ない点検員は損傷箇所を見逃す可能性があるなど、客観性の確保も課題とされてきた。そこで、日本の高速道路で実績のある赤外線検査の技術を適用し、検査車両にて橋梁上を時速 50～60 マイル (80～96km) で走行することで路面上の温度分布を記録し、安全かつ迅速に損傷の検出を行う技術を米国にて適用することとした。業務の受注に先立ち、道路管理者である州政府に対して、日本で 10 年以上の利用実績がある技術を米国に導入できないかと説明を行ってきたが、日本での実績が豊富な技術でも、米国内での適用実績が 1 件もない技術を採用することは難しいと言われ、なかなか受注獲得には結びつかなかった。そこで、まずは実際に技術の有効性を実感していただくため、無償のパイロット事業を実施した。2011 年～2013 年にかけて複数の州において合計 10 件程度のパイロット事業を行った結果、われわれの技術を評価した州の担当者が、具体的な点検案件を持つ他州の担当者に推薦してくれることで、徐々に州政府関係者との間に信頼関係を構築することができた（写真-1 はオハイオ州における道路橋床版点検の様子）。



写真－ 1 オハイオ州における道路橋床版点検の状況

さらに、日本では道路橋点検の目的で使用していた各種非破壊検査技術であるが、米国で実績を積み重ねていく中で、道路橋以外のコンクリート構造物の点検についても相談を受けるようになり、こうした顧客のニーズに応えるために技術を応用し、鉄道橋、高層ビルの外壁、水力発電用ダム の 軀 体、地下鉄トンネル等の点検業務を受注するに至った。



写真－２ ワシントン・メトロ地下鉄トンネルの点検の様子

2.3 赤外線技術の標準化に向けた取組み

当社は、米国に拠点を構えた 2011 年以降、赤外線技術による橋梁点検の有効性が徐々に市場に認知されるようになり、赤外線技術に関心を持つ道路管理者が増加し、赤外線カメラのメーカーに対する問い合わせが増加した。ところが、メーカー側には橋梁点検に適したカメラの種類や、現場撮影及びデータ解析に関するノウハウがなかったため、このような潜在顧客からの問い合わせに十分に対応できず、技術の普及が思うように進捗していなかった。そこで、赤外線カメラのメーカーと、解析ソフトウェア及び現場での点検ノウハウを有する当社がパートナーとなり、エンドユーザーから問い合わせを受けたカメラメーカーが当社に顧客を引き継ぎ、過去の経験とノウハウを生かして顧客に説明することで技術の普及促進を図るという仕組みを構築した。米国に進出して以来、実績ゼロからのスタートで無償パイロットを通じて顧客の信頼を獲得するのに奔走してきたが、上記のメーカーとのパートナーシップにより彼らのブランド力と営業販売網も味方に付けることができ、技術の普及を加速させることにより将来のデファクトスタンダード化に向けた体制を構築した。

3. 米国で経験したプロジェクトと得られた教訓

前述の通り、たとえ日本で実績がある優れた技術であっても、相手国において信頼と実績の積み重ねのない会社は仕事を受注することができなかった。インフラの技術は様々な現場で実際に適用し問題解決に寄与してはじめて便益を発揮するものであり、現場条件や制約条件に応じて技術をカスタマイズし、相手の立場で課題を解決できる技術者の介在が伴って、はじめてその技術の価値が認知される。以下に、NEXCO-USA 社が米国で経験した PC 箱桁橋の点検業務を例に取り、これを通じ得た教訓について述べる。

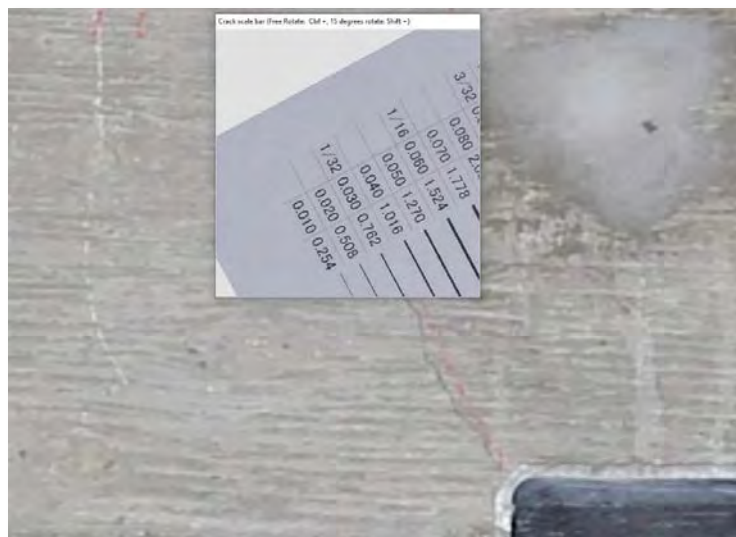
本業務は、米国コネチカット州にあるエクストラードード橋（写真－３）の箱桁内部及び桁下面、床版上面、主塔の内側及び外側面のコンクリートのひび割れを電子的に記録し、その延長を報告することが目的であった。



写真－3 コネチカット州の点検対象橋梁

従来の目視点検では、ひび割れの位置と幅及び延長を記録する場合は点検員が現場にてクラックスケール等でひび割れの幅や延長を測定し、現場にて作成したメモを基に展開図上にスケッチするという方法で実施されてきた。この方法では、点検者の経験値によってひび割れ幅及び延長の測定に誤差が生じ、ひび割れの位置を正確にスケッチすることが困難であるという課題があった。また、目視点検においては、現場にて発見できたひび割れは記録されるものの、現場でひび割れを見落とした場合はその記録が残らないという問題もあった。

一方、当社が提案した高解像度画像を用いたデジタルひび割れマッピングの場合、画像をパソコンに取り込みモニターにバーチャル・クラックスケールを読み込んで画像を拡大することでひび割れ幅を測定することが可能であり（写真－４）、パソコンのモニターの前で複数者がチェックし、経験の少ない技術者を訓練することでひび割れの判定誤差を抑えることができる。



表－１ 目視点検と画像点検の比較

目視とスケッチ	高解像度画像
幅及び延長の測定誤差（限られた時間とスペースの中で測定） 熟練度の違いによるひび割れ判定のばらつき	パソコン画面上にて、複数者でチェックすることも可能 経験の少ない技術者の訓練が実施可能
現場で見たひび割れの起点と終点位置を正確に図面の落とすことが困難	画像から描画することで位置を正確に記録できる
点検者がひび割れを発見できなかった箇所には何も記録されないため、ひび割れがなかったのか、見落としていたのかが分からない	過去の画像を再チェックできるため、ひび割れがなかったことの証拠としても有効

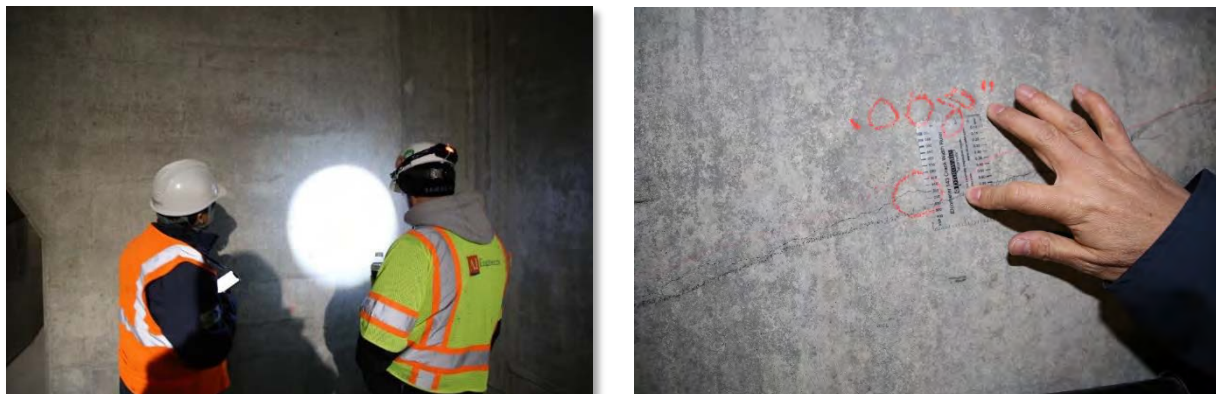
本業務では、現場にて取得した高解像度画像からひび割れを抽出し、合計で４万本以上のひび割れの描画に成功した。箱桁内部の点検においては、写真ごとの画素数を揃え貼り合せに適した高品質な画像を撮影するため、三脚、手押し式カート、カメラ治具等を独自に製作して現場での撮影を進めた。箱桁内部の天井部分（上フランジ下面）の撮影には手押し式カートを使用し、あらかじめ計算された画角で撮影ができるようにカメラを上向きに設置し、天井面全体が漏れなく撮影できるように工夫した（写真－５）。



写真－５ 箱桁内における画像撮影状況

こうして検出できた４万本強のひび割れのすべてに ID 番号を付与し、ひび割れの幅及び延長の情報とともに総括表に取りまとめた。こうして作成したひび割れ展開図及び総括表を提出後、発注者により全体の５%のひび割れが無作為に抽出され、高解像度画像を基に作成したひび割れ展開図の精度に関する検証が行われた。現地のコンサルタント会社が無作為抽出されたひび割れの幅と延長を現場で測定し、NEXCO-USA 社の結果と比較したところ、ひび割れ幅に関しては、現地のコンサルタント会社が測定したひび割れ幅の方が大きくなる傾向が見られた。ひび割れ幅の乖離の主な原因は気温の低下によるコンクリートの収縮で、NEXCO-USA 社が現場で画像を取得したのは夏場でコンクリートの膨張に起因してひび割れ幅は縮小していたが、現地コンサルタントが現場でひび割れ幅を測定した

のは冬場であり、気温の低下に伴いひび割れ幅が拡大し現場で測定されたひび割れ幅が大きい値を示したものと推察された。これを受け、画像を用いたひび割れ点検の妥当性についてご理解をいただくため、現場で現地コンサルタントの技術者と一緒に実際のひび割れを見ながら議論し（写真－6）、道路管理者を交えてひび割れ幅に乖離が生じている原因について説明する機会を設けていただくことにした。



写真－6 現場におけるひび割れ幅の検証作業（筆者と現地コンサルタント会社の技術者）

現場では、現地コンサルタントの有資格技術者と筆者が同じひび割れをクラックスケールで交互に測定し、それぞれのスケールの目盛りを確認したところ、現地コンサルタントの技術者はクラックスケールの目盛りを若干大きめに読む傾向があることが分かった。この作業は現場で何度か繰り返したが、ほとんどのひび割れにおいて同様の傾向であった。このことから、クラックスケールによる判定には個人差があるということを説明し、近接目視と画像点検でひび割れ幅に差異が生じている要因について理論的に説明をした。その説明を聞いた道路管理者側の技術者はこれに納得され、「私は近接目視が 100%正解値を示しているとは思っておらず、貴殿の説明にもあったように、クラックスケールでひび割れ幅を判定する場合にも個人誤差があることは避けられない。また、夏場と冬場ではひび割れ幅が異なるという点についても同意できる。近接目視と画像点検の結果の整合率は 90%程度とのことだが、近接目視そのものにも同程度の誤差が含まれることを考えると、画像点検は十分に信頼できる技術であると言ってよい」と結論付けた。仮に近接目視点検の精度が 100%であるという前提に立つと、目視点検との整合率が 90%である画像点検は精度が 10%不足しているので不合格であるという結論にもなりかねない状況であったが、現状の目視点検の信頼性やひび割れ幅の測定方法を勘案し、90%の精度は合格点であるという結論に至ったことは、発注者が新技術の採用の可否を検討する際の判断基準として示唆に富んでいる。今回のプロジェクトにおいては、日本から持ち込んだ画像点検技術の質の高さを発注者に認めていただくために、画像の品質の確保、ひび割れ抽出時の精度の確保、成果品提出後の精度検証結果に対する発注者との技術的議論等を通じて成果品の品質を発注者にみとめさせることが必要であった。一方では、今回の業務で発注者に評価されたもう一つの要因は、4 万本に及ぶひび割れを電子的に記録するという作業を最後までやり切り、発注者の要求に 100%応えようとする真摯な姿勢であったと実感している。写真－7 は点検作業終了後に現場で汗まみれになったスタッフの集合写真であるが、「NEXCO's most valuable asset is the dozen individuals in your final photo. (NEXCO の最も価値のある資産は、最後の写真に映っている人々です。)」というコメントをいただいたのが印象的であった。このことを通じて、インフラの技術は現場における技術者の努力と発注者の課題を解決しようとする真摯な姿勢が伴って初めて相手に評価されるものであり、今後のインフラ輸出の促進のためには、高度な技術力及び関係者とのコミュニケーション能力を有する技術者の育成が急務であることを実感した。



写真－７ コネチカット州橋梁点検現場にて

4. 米国の技術士資格（Professional Engineer）の取得

4.1 米国での仕事と資格の必要性

筆者は 2003 年 3 月に日本の技術士資格を取得し、その直後に APEC エンジニアに登録した。当時は、技術者が国境を越えて他国で有資格技術者として活躍するようなシーンは具体的にイメージできなかったが、将来このような資格が有効に機能する時代が来ると考え登録をすることにした。実際には、2011 年に米国の現地法人に勤務するようになってから海外で勤務する機会を得た。米国には Professional Engineer（PE）という資格があり、技術文書には PE の押印（Seal という）が必要で Seal を付与した PE がその技術文書に関する責任を負うことから、公共事業においては事実上の業務独占資格のような位置付けになっている。筆者は、米国においては橋梁点検等のエンジニアリング業務において管理技術者を務めているが、最初は契約形態が元請（Prime Consultant）ではなく下請（Sub Consultant）での受注であったことから、自身が PE 資格を有していなくても元請コンサルの PE が我々の成果品をレビューして最後に PE の Seal を付与することで成果品を提出することができた。ところが現地法人設立から 7 年目の 2017 年になって発注者と直接契約する機会が発生したことから、業務受注のために米国の PE 資格が必須になった。そこで、技術士資格の国際相互認証制度を活用して APEC エンジニアを自らの居住州の PE に読み替えていただけるよう必要書類（学歴、業務経歴、他の PE からの推薦状、日本で取得した技術士及び APEC エンジニア・IPEA 国際エンジニアの資格証明書等）を提出した。ところが、審査の結果、免除されたのは FE 試験（日本でいう技術士第一次試験）のみであったことから、半年ほど米国の構造工学に関して勉強した後、米国の PE 試験を受験することとなった。試験に合格した後、拠点を置いているバージニア州の PE の登録申請を行い数週間後に郵送にて登録証を受け取った。

4.2 PE 取得の効果と他州への拡大

米国バージニア州の PE に登録後、州政府が発注する入札案件に応札できるようになり、実際にいくつかの案件において元請受注を果たすことができた。なお、発注者により調達方法は様々でその後も下請で受注する案件も数多く存在したが、その場合も発注者からの信頼を得て競合他社と対等に渡り合うために PE 資格は大いに役立った。また、前述のコネチカット州における発注者との技術的議論の場面においても、自らが PE 資格を保有していることで、発注者や現地コンサルタントの有資格技術者と対等に議論することができ、技術理論の展開に説得力が増した。一方、実際に PE として実務に携わるようになり、PE の受験勉強で得た知識が実務で役立つ場面がしばしばあることが分かった。当初は、技術者相互認証制度での読み替えが認められず残念に思っていた時期もあったが、今では受験勉強をきっかけに米国の設計基準や規程類に精通する機会を与えられたことに感謝している。なお、米国の PE は州ごとの登録となっており、他州に登録している PE では業務受注の資格が得られないケ

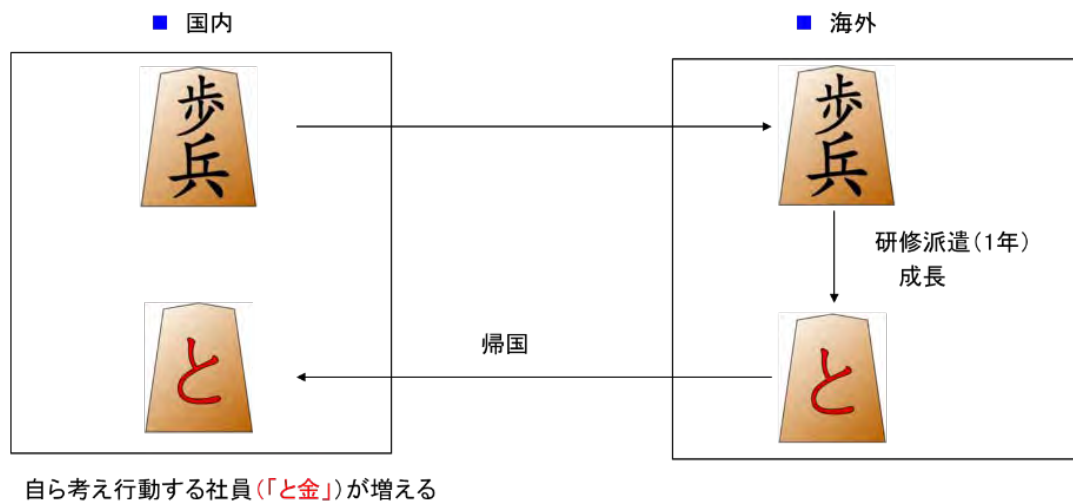
ースもある。様々な州において受注機会を拡大していくためには、その都度当該州の PE に登録申請する必要があるが、米国のほとんどの州では他州の PE を保有している技術者に対して比較的簡単な書類と他の PE からの推薦状等を提出することで当該州の PE 資格を認める制度を設けている。米国の多くの技術者は、この仕組みを活用して複数州で PE に登録して活躍の範囲を拡大している。その場合、審査の対象となるのは学歴、業務経歴、FE 試験の合格歴、PE 試験の合格歴、他州の PE の登録証、他の PE（3～5 名程度）からの推薦状等であるが、日本の大学を卒業した技術者が米国にて学歴審査を受ける場合、履修した授業のシラバスの英語版を提出する必要がある、英語のシラバスがない時代に大学を卒業した技術者にとっては障壁の一つになり得る。また、筆者の場合は FE 試験が免除となったことから、他州の PE に申請する際に FE 試験の合格歴を提出できないという問題に直面した。試験が免除になることで PE への道がショートカットできるというメリットはあったが、逆に他州の PE への登録の申請に必要な書類がなかなか揃わないといったデメリットもあることが分かった。そこで、遅ればせながら免除になったはずの FE 試験を受験することにした。PE 試験を通じて米国の設計基準や規程類について学ぶことができたが、FE 試験では土木技術者の基礎を形成する構造工学、交通工学、土質力学、流体力学、施工管理、技術者倫理等の知識を幅広く習得することができた。現在、筆者は若手技術者に対して FE 及び PE の受験を推奨し技術指導を実施しているが、指導者が「率先垂範」の精神で模範を示し自らがどのようにして資格を取得しキャリアを積み重ねてきたかを共有することは、将来海外で活躍する技術者を育成するために有効であると考えている。

5. 質の高いインフラの輸出と人材育成

一般に、海外勤務では国内の何倍もの大きな責任を背負い、慣れない環境で幅広い業務を担当しなければならない。米国市場において、ゼロからの出発で事業が軌道に乗るまでの導入期に困難を乗り越えた経験から、インフラ輸出を担う人材には、たとえ困難に遭遇しても挑戦を続け、事業を成功に導くという人並み外れた情熱と強い意志が必要だと感じている。米国に赴任してから、ずっと急な坂を上り続けているような 13 年間であったが、そのお蔭で平坦な道を歩んでいるよりも足腰が鍛えられ、技術者として、また、人間として大きく成長することができたと実感している。人は安定を求めるようになるとそこで成長は止まってしまうが、あえて困難に立ち向かい、厳しい環境で結果を出すという成功体験が、人や企業を次のステージへと大きく躍進させるのではないかと思う。

筆者らは、次世代を担う若手技術者の中から、世界に通用する人材を育成し輩出するため、米国拠点において社会人及び学生の研修生を受け入れ、彼らに成長の機会を提供している。日本人の研修生は、現地スタッフと一緒に仕事をしてもらうことにより、多様な価値観を持つスタッフとのチームビルディングの方法を学んでもらう。日本人スタッフも、渡米後 3 カ月もすれば言葉や文化の違いに慣れ、現地スタッフと一緒に仕事を進められるようになる。英語で自分の意思を伝え、仕事で成果を挙げるためにどうすれば良いかを自分たちで考えてもらうよう指導している。また、当社では毎月全員参加のミーティングを開催しており、研修生であっても積極的に発言してプロジェクトの推進に参画していくことを奨励している。こうして、積極的なコミュニケーションにより周囲の協力を得ながら、日々の課題に挑戦して活路を見出していくという訓練を通じて、自ら提案・調整して同僚や上司を動かしていく業務遂行能力を養ってもらい、上司に言われた作業をこなすのではなく、自ら考え積極的に発言して周囲をリードする姿勢を引き出す。新たなプロジェクトに取り組む場合、やる気と熱意のあるスタッフを募ってプロジェクト・チームを形成し、場合によっては研修生でも多国籍チームのリーダー役となってプロジェクトを推進していくことが求められる。さらに、職場の仲間と助け合いながら業務を遂行する能力を養ってもらうため、同僚や上司に教わるばかりではなく、自分が他のスタッフに対して貢献できることを見つけ、積極的に組織に貢献することを推奨している。米国のジョン・F・ケネディ第 35 代大統領の演説で、「And so, my fellow Americans:

ask not what your country can do for you--ask what you can do for your country。」という有名な一節があるが、当社でも、組織が自分に何をしてくれるかではなく、自分が組織に対して何ができるかを考えるよう指導している。このような訓練を通じて、海外拠点における奮闘の後に若手社員が去皮剥けて成長することは、将棋の駒に例えれば、「歩」が敵陣に果敢に進入して「と金」に昇格することに似ている。こうして、縦横無尽に動き回れる駒に成長した若手が再び国内に戻り、そのバイタリティを生かして国内事業も大いに活性化することができれば、組織全体の人材の底上げにも寄与すると考えている。このように、海外拠点での経験により人材育成及び組織の活性化に寄与できるという考え方を「と金理論」と名付けた（図 - 1）。近年、団塊世代の大量退職や若手入職者の減少で、建設技術者の数が大幅に減少し、人材不足が深刻化している。建設業界が次世代を担う若者にとって魅力のあるものになるためには、技術者一人ひとりがその個性と能力を発揮して世界に挑戦し、国際社会で評価を受けて活躍する機会を増やしていくことが必要であると考えている。このような高い志を持った若手社員に挑戦の機会を与え、立派な「と金」に成長してもらうことで、将来の日本の建設業界の発展に寄与できれば幸いに思う。



図ー1 「と金理論」の説明図

参考文献

- 1) インフラシステム輸出戦略（令和2年度改訂版）
- 2) 日米交通インフラ協力覚書，2017.10.16
- 3) 第6回日米インフラフォーラム（https://www.mlit.go.jp/report/press/sogo05_hh_000344.html）