

インフラ維持管理・更新・マネジメント技術の 海外展開プロジェクト

— 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) —

横田 弘*1・長井 宏平*2

内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) においてインフラ維持管理・更新・マネジメント技術がひとつの課題に選定され、多くの技術開発や実証が現在進んでいる。課題の目的に海外展開が含まれており、著者らが中心となり取り組んでいる。本稿では、その概要を解説する。日本では、アジア各国に先んじてインフラの老朽化問題が顕在化し、これに対応する技術や制度の開発、適用が進んでいる。これを、今後日本と同様の状況を迎えるであろうアジア各国に広めることは、建設当初からの効果的な対策が可能であることも含め有用である。しかし、建設ラッシュ時から維持管理を考慮することは実際には容易でなく、まず維持管理への意識向上が必要である。また、アジア各国の開発度や技術レベルは大きく異なるので、本プロジェクトでは、まずはタイ、ベトナム、ミャンマーを主な対象国として、各国の実情に応じた展開を試みている。また、SIPの目標は日本の経済発展であり、海外展開についても、単に政府開発援助 (ODA) をベースとしたプロジェクトに取り組むのではなく、インフラ維持管理に関係して日本企業が海外発注事業を直接受注できるような基盤となることも目指している。日本の技術や制度のコンセプトがより広く展開できるように、国際規格化も目指している。

キーワード：SIP, インフラ維持管理・更新, マネジメント, 海外展開, アジア域

1. はじめに

内閣府「総合科学技術・イノベーション会議 (CSIT)」(議長・安倍晋三内閣総理大臣) は、自らが司令塔機能を発揮し科学技術イノベーションを実現させるために、戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) を平成 25 年に創設した。省庁・分野横断型プログラムとして、基礎研究から実用化・事業化までを見据えて、日本の経済発展にイノベーションが不可欠な 10 課題が選定され (平成 27 年度に 1 課題追加)、平成 26～30 年までの 5 年間にわたり集中的に予算配置がなされる (表-1)。そのひとつに「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」が選定され、藤野陽三・横浜国立大学上席特別教授がプログラムディレクター (PD) を務め、その下で現在約 60 のプロジェクトが推進されている¹⁾。表-1 をみると分かるように、自動走行システムなど多くの選定課題が社会的にも注目度が高く、そのひとつにインフラ、さらには維持管理が、日本社会の重

要課題と認識されていることは注目に値し、笹子トンネルの事故以降、急速に関心が高まっているインフラの維持管理と更新について、インフラの根幹をなす材料であるコンクリートに関係するわれわれが果たすべき役割は小さくない。表-2 にはインフラ維持管理・更新・マネジメント技術のなかで設定された 5 つの研究開発項目を示す。従来型のインフラに関する研究開発をベースに置く材料や補修・補強の技術開発に加え、点検・モニタリング、情報・通信技術、ロボット技術があり、維持管理に関する取組みにおいて他分野との連携がさらに進むものと予想される。

表-1 SIP 対象 11 課題

革新的燃焼技術
次世代パワーエレクトロニクス
革新的構造材料
エネルギーキャリア
次世代海洋資源調査技術
自動走行システム
インフラ維持管理・更新・マネジメント技術
レジリエントな防災・減災機能の強化
次世代農林水産業創造技術
革新的設計生産技術
重要インフラ等におけるサイバーセキュリティの確保 (平成 27 年～)

表-2 インフラ維持管理・更新・マネジメント技術における研究での個別技術開発項目

点検・モニタリング・診断技術
構造材料・劣化機構・補修・補強技術
情報・通信技術
ロボット技術 (点検・災害対応用等)
アセットマネジメント技術



*1 Hiroshi YOKOTA

北海道大学大学院
工学研究院 教授



*2 Kohei NAGAI

東京大学生産技術研究所
准教授

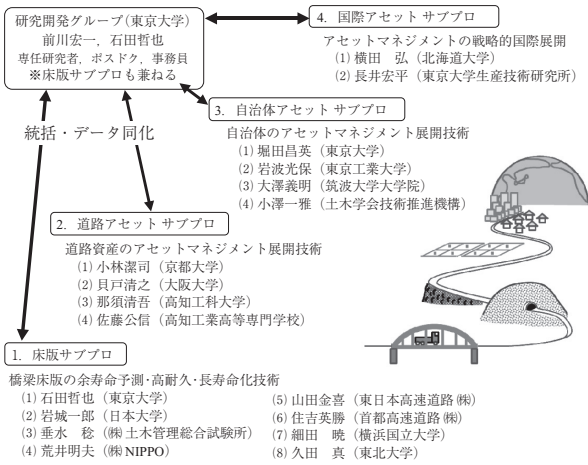


図 - 1 「道路インフラマネジメントサイクルの展開と国内外への実装を目指した統括的研究」のサブプロジェクト構成

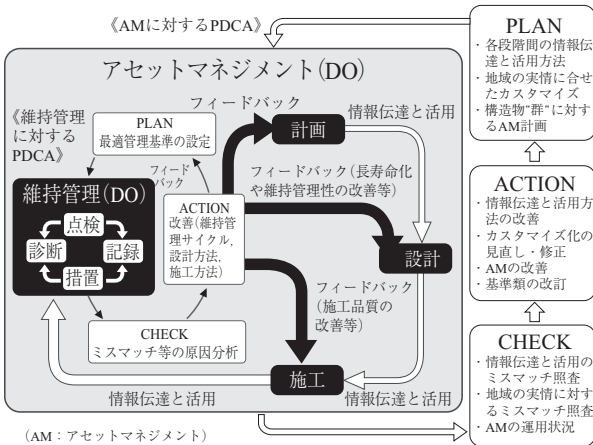


図 - 2 ライフサイクルを包含したアセットマネジメント

個別技術の開発とともに、インフラの効率的な維持管理には多様で複雑な条件下において最適な手法を適用していくマネジメント手法の確立が必須である。その項目に「道路インフラマネジメントサイクルの展開と国内外への実装を目指した統括的研究」(代表：前川宏一・東京大学教授)が採択されており、構造部材スケールでの寿命予測や高耐久化から、ライフサイクルの最適化、地域のインフラマネジメントの合理化までを包含するサブプロジェクトが設定され、多角的な取組みがなされている。さらにインフラ維持管理・更新・マネジメント技術のプロジェクト全体で開発された技術や制度を、海外に展開するための基盤を整え、実装に向けた活動をするサブプロジェクト「アセットマネジメントの戦略的国際展開」(以下、国際アセットサブプロ)が設置され、筆者らが担当している(図 - 1)。

ここでは、国際アセットサブプロの活動の紹介を通して、主にアジア域の現状や諸課題、将来展望について論じたい。

2. 国際アセットサブプロの活動

2.1 国際アセットサブプロの活動概要

国際アセットサブプロの活動概要は以下である。

- ・アジア域におけるインフラ維持管理の情報と研究の拠点形成
- ・インフラ維持管理に関する情報の集約と発信
- ・アジア各国でのインフラアセットマネジメントの実装
- ・インフラアセットマネジメントに関する国際規格の提案

本プロジェクトでの活動は、主にアジア域を対象としている。これは日本の維持管理技術や制度の展開先は現実的にアジアが第一となると考えられるからである。技術レベルで考えると、欧米と伍して最先端の技術レベルを向上させることも考えられるが、SIPの目的である実装や日本の経済発展に繋がる活動となると、アジア域の方が実現可能性が高い。これは、これまでのインフラの新規建設と同様である。さらに維持管理となると、現地の気候や社会情勢、技術力が深く関係し、長期的な展望も必要となるので、地理的にも近いアジア域が、日本の技術の展開には適している。

実際に海外で日本の技術や制度を適用するには、各国の道路管理者に、そのままではなく、いくらかの改良を経て採用してもらうことが必要となるが、容易なことではない。本プロジェクトでは、各国の大学との連携を深め道路管理者へアプローチするとともに、アジア各国で事業展開を図っている日本企業や、(独)国際協力機構(JICA)による技術協力プロジェクト関係者の協力を得ながら、実装に近づけるための活動をしている。各国の状況にもよるが、道路管理者や研究者に維持管理の重要性をより具体的に理解してもらい、マネジメントのコンセプトについて意識してもらうことや、研究者には関係する研究課題があることを知ってもらうことが第一段階である。新規建設が盛んな国では、維持管理の重要性は認識しつつも具体的な策は講じられておらず、本プロジェクトで意識向上を図り維持管理への取組みを促すことは、すぐには実装や日本企業の利益にはつながらないが、長期的に効果を発揮する。これは、本プロジェクトのように、「学」が中心となって進めることが適している。

2.2 アセットマネジメントの基本コンセプト

道路インフラの管理には、戦略的なマネジメントが有効とされ、点検、診断、措置、記録のサイクルから、補修や更新の方法やタイミングについて、劣化予測や長期の予算推計をしながら最適な策を決定することが謳われている。さらに理想的には図 - 2にあるように、このサイクル自体をつねに検証し、改善をしながら運用していくことや、点検結果の分析などから損傷が生じやすい箇所や構造についての対策を、新設の計画、設計、施工に反映させていくことが、効率的なアセットマネジメントに繋がる。

日本では橋梁の定期点検が実質義務化され、市町村道も含めた全国約70万橋の定期点検が進み、橋梁の維持管理のシナリオ策定のためのシステムが多くの自治体で導入されている。しかし実際ははまだ図 - 2のような理想的な状況にはなっていない。海外展開をするにあたっての説明の際も、日本の例を具体的には示すことはできておらず、日本も維持管理サイクルを向上させながらの海外展開となっている。

本稿では余談となるが、道路インフラの管理といえ、日本では橋梁であるが、アジア各国では舗装である。日本では舗装の技術やマネジメントはおおよそ完成しており、研究もほとんど行われなくなっているが、アジアでは舗装技術のレベルが高くなく、早期に損傷することが多いことから、技術とマネジメントへのニーズは高い。たとえばベトナムでの舗装マネジメントに関する JICA による技術協力プロジェクトは好例である²⁾。しかしここでも、日本企業がベトナムから直接利益を得られたかという点、残念ながらそう容易ではない。舗装には現地材料を用いて適した材料配合と施工が必要であり、日本の技術を直接は適用できない。日本の舗装会社が海外進出し、現地材料での最適舗装を開発し利益を上げることは、施工がほかの建設工事に比べて単純作業であることも考えると、困難である。ニーズとシーズがマッチしていない例であり、JICA による技術協力プロジェクトとしては成功しているが、日本の経済発展には直接的には繋がらない。新規建設から維持管理の時代へアジア各国も移行した際に日本企業がビジネス展開を成功させるには、個別の工事規模は新規建設に比べて小さいので、高度な付加価値が必要とされる。

2.3 情報と研究の拠点形成

ここから、国際アセットサブプロの個別活動項目について説明する。まず、国際展開を行うには、拠点を設けることが重要である。プロジェクト終了後も含め、つねに先端の研究と情報がストックされていると認知されていることは、情報の集約と発信の効率を高め、実装においても活動をスムーズに推進させることに役立つ。本プロジェクトでは、東京大学生産技術研究所・都市基盤安全工学国際研究センター (ICUS) を日本の拠点とし、アジア域でインフラ維持管理技術についての中心となることを目指している。ICUS は 2001 年に設立され、都市安全に関する国際学会を毎年主催するなど、先端研究と情報発信を国際的にしている。また、海外のメインカウンターパートとして、タイのタマサート大学 Sirindhorn International Institute of Technology (SIIT) の Construction and Maintenance Technology Research Center (CONTEC) と協働している。センター長の Tangtemsirikul 教授は東京大学の卒業生であり、タイのコンクリート工学分野の中心的な人物である。タイと共同研究を実施するとともに、日本の情報をタイを通じて地理的にも近いアジア各国に広めることを目的にしている。

2.4 インフラ維持管理に関する情報の集約と発信

アジアの経済や社会情勢は国ごとに大きく異なる。日本のようにインフラが整備され、維持管理の時代を迎えている国もあれば、ミャンマーのようにこれから建設ラッシュを迎えるであろう国もある。海外展開にはそれぞれの国の状況 (ニーズやレベル) に適した技術や制度の適用が必要であり、そのためには各国の維持管理の現状を把握することが重要である。そこで現在、インタビューと質問紙を用いてアジア各国の状況を整理することに取り組んでいる (写真 - 1)。これにより、アジア各国のインフラの整備度と維持管理制度や採用技術について比較を行ったり、制度や技術が必要な国が、他国を参考にすることで効率的に実

装に繋げることが可能になると期待している。

また、情報発信としてはプロジェクトホームページを整備し蓄積した情報を閲覧可能にするとともに、アジア域で開催される主要な国際会議で SIP 特別セッションをオーガナイズし、日本の維持管理技術の先端研究を発表したり、各国で道路管理者や研究者を対象としたセミナーを開催し、維持管理の重要性の周知や日本の技術の紹介を行っている。

国際会議の SIP 特別セッションは、平成 28 年 1 月にベトナム国ホーチミン市にて開催された環太平洋地域の構造工学分野で最大の学会である The Fourteenth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-14) にて企画し、日本から 13 件の研究が発表された (写真 - 2)³⁾。今後も、Asian Concrete Federation (ACF) の国際会議などで継続的に情報発信を続けていく。

SIP セミナーは、維持管理の海外展開のために本プロジェクト主導で各国の関係団体と共催し、すでにタイ、ベトナム、カンボジアで開催しており、毎回 100 名以上の道路管理者、実務者、研究者の参加を得ている (写真 - 3)。共催には、現地の大学や道路管理者とともに、現地での展開を図っている日本の企業や学会、JICA などに加わっていただき、講演もしていただくことで、研究ではなく、実践的なインフラ維持管理の技術や制度、課題について共有する場としている。また、カンボジアでは橋梁点検デモを首都高技術 (株) に行っていたいただき、ドローンによる点検を紹介するなど、好評であった (写真 - 4)。現在は、(公社)プレストレストコンクリート工学会と共催して、ミャンマーでのセミナーの開催を計画している。

2.5 インフラアセットマネジメントの実装

インフラアセットマネジメントの実装に向けた取組みを行っている。具体的には、インフラの整備度や技術レベルを考慮し、タイ、ベトナム、ミャンマーの 3 か国を対象としている。それぞれに社会情勢が異なる国であるが、本プロジェクトでは、図 - 2 のライフサイクルを包含したアセットマネジメントのコンセプトに基づき維持管理を進めていくことを考えている。タイではインフラ整備が進み、維持管理への意識も高くなっているとともに、技術力もある。地方道路局では、JICA による技術協力プロジェクトの支援のもと、橋梁データベースが作成されており、タブレット端末を用いた点検も開始している。点検、診断、措



写真 - 1 ミャンマー建設省へのインタビュー



写真 - 2 EASEC での SIP 特別セッション



写真 - 3 SIP セミナー (タイ)



写真 - 4 SIP セミナー (カンボジアでの点検デモ)

置、記録のサイクルを効果的に回すことを目的に、損傷構造物を事例に調査とその結果に基づく将来予測から合理的な維持管理シナリオを提案することに取り組んでいる。この取組みは、タイの高速道路や地方道路局管理の橋梁を対象にしている。

ベトナムでは建設ラッシュがピークを迎え、今後、維持管理の時代へと進んでいく。このサイクルを回すにあたり、現地の大学や道路管理者へのインタビューから、維持管理技術者の育成が重要であると考え、日本の維持管理技術者育成プログラムを移転することに取り組んでいる。ベトナムから共同で本プロジェクトを進める大学教員を日本へ招聘し、日本の(国研)土木研究所や、維持管理技術者育成



写真 - 5 ベトナムからの維持管理技術者育成プログラム見学



写真 - 6 ミャンマーでの橋梁位置情報と橋梁画像の取得

プログラムを開いている名古屋大学や岐阜大学、高速道路会社などへの見学を行い、同様のプログラムの創設を目指して活動している(写真 - 5)。また、日本の大学教員がベトナムの大学で維持管理に関する講義を一部担当することにもなっている。

ミャンマーはインフラ維持管理のための基盤が整っておらず、サイクルのひとつひとつの要素を作り上げていく必要がある。そこで、ほかの日本からのプロジェクトとも協働し、橋梁のデータベース作成を開始している(写真 - 6)。これまでミャンマー建設省の保管する橋梁リストは、活用できるようなデータベース化はされておらず、また位置情報も無い。本プロジェクトでは現在、位置情報の取得を進めており、将来的には道路ネットワークなどの空間情報との連携が可能となるようなデータベースとしたい。

このように、アセットマネジメントの実装に至っては無いが、各国の状況に応じて、その基盤となるコンセプトの浸透を図っている。

2.6 国際規格の提案

効果的なインフラ維持管理の考え方を普及させるにあたり、国際規格を制定することも一つの手段となる。本プロジェクトではインフラアセットマネジメントに関する国際規格の策定のための活動も行っている。建設分野では、他の分野と比べて国際規格策定による直接的な効果や影響は

大きくはないが、図 - 2 のようなコンセプトを世界で共有することで、合理的な維持管理が広く普及する。同時に、日本からの提案によりプレゼンスも向上する。

本プロジェクトの実施以前より、コンクリート構造物に
関係する ISO/TC71 Concrete, Reinforced Concrete and Prestressed Concrete (コンクリート、鉄筋コンクリートおよびプレストレストコンクリート) において、コンクリート構造物のライフサイクルマネジメントに関する規格の策定を著者の一人である横田が提案してきている。日本はこれまで、ISO/TC71 での活動に積極的に参加しており、専門委員会 (TC) の分科委員会 (SC) の議長や幹事長を務めるなどしている^{4,5)}。なお、ISO/TC71 の国内審議団体は (公社) 日本コンクリート工学会である。そこで考えているライフサイクルマネジメント規格は、コンクリート構造物の計画 - 設計 - 施工 - 維持 - 廃棄というライフサイクルの全部あるいは複数の段階をカバーするマネジメントの手法を規定するもので、先進的な考えを導入することが計画されている。このライフサイクルマネジメント規格の策定に際して、マネジメントの枠組みや具体的な手法論に関して本プロジェクトからの有用なアウトプットが期待できることから、意見交換を行いながら規格化を進めていくことを考えている。

平成 28 年 9 月にコロンビアにて TC71 の第 22 回総会が開催された。そこでライフサイクルマネジメントの ISO 規格化に正式に着手することが決議され、新作業項目 (NWI) としての規格作成作業が始まることとなった。順調に進んだとしても、ISO 規格に正式に採用されるまでに、少なくとも 3 年が必要であるが、各国のエンジニアなどとも議論を重ね、実行可能な規格の内容を検討していく予定である。

2.7 今後の活動の方向

国際アセットサブプロの活動概要を説明した。現状では日本のインフラ維持管理技術やマネジメント手法が海外に展開され、日本の企業が事業を展開できるレベルには至っていない。これは現在のアジア各国がまだ維持管理への意識が高くないことと、日本から適用できる技術や制度を示せていないためである。しかし、遠くない将来にアジア各



写真 - 7 内在塩分により腐食した桁と床版 (ミャンマー)

国も維持管理の時代を迎え、そこでは日本の技術や制度が貢献し、ビジネスとしても成り立つ場があるはずである。そのための基盤形成は重要で、本プロジェクトではこれを進めるとともに、維持管理ビジネスで日本企業が利益を得られるのは、どのような場合か、それを進めるにはどうすればいいか、関係する企業や政府開発援助 (ODA) 関係団体などとの議論も通して、多角的に検討を進めたい。

3. プレストレストコンクリートへの期待

開発途上国でのインフラ整備において、プレストレストコンクリート (PC)、とくにプレキャスト工法への期待は大きい。日本でもそうであるが、劣化が生じるインフラの多くが初期の施工不良を抱えている。インフラを長持ちさせるには、最初に丁寧な作ることがもっとも重要である。しかし現実には、現場技術者が施工の重要性を理解し適切に作業できるだけの技術レベルが無い場合も多く、品質が確保されたかどうかの確認も含め、コントロールが難しい。極端な話ではあるが、著者らが対象としているミャンマーの橋梁では、塩分を含んだ水でコンクリートを製造した結果、橋梁の桁が 10 年も経ずに激しい腐食が生じている例がある (写真 - 7)。事情を聞くと、沿岸部で真水の利用が困難で、工期の制約もあり、海水を含んだ川の水を利用していることが原因と分かるが、耐久性についての基本が十分に理解されていないのがその根本にある。地方に行くと、現場で鉄筋を組んでいるのは地元の若者である。材料の運搬となると、女性や子供も加わる。鉄筋のかぶりの確保の重要性を伝えるのは難しい。とくにコンクリート構造物は現場でのコンクリートの打設の丁寧さや養生など、施工の細かい点がその後の耐久性に大きな影響を与えるので、現場技術者のレベルが重要であるとともに、施工の適切さや構造物の出来を確認する発注者側の技術力も要求される。そのため、かぎられた技術者で多くの構造物を建設するのは困難である。鉄鋼メーカーの方にうかがったところでは、ミャンマーでは、発注者がコンクリート橋より鋼橋を、供用後に問題が生じずらい点で信頼しているようで、比較的短い橋でも鋼橋で建設される場合があるそうである。すなわち、コンクリートの品質への信頼性が低いのである。

このような状況で信頼できるコンクリートは、プレキャスト製品であり、橋梁の主桁や床版には PC である。実際にかぶりを確保して、コンクリートを不良なく打設できれば、よほどの塩害地域でなければ問題は生じない。また PC は確実に設計され施工がなされれば、ひび割れも生じず塩害地域でも高耐久である。たとえばミャンマーにおいては、現在は現場技術レベルも高くないので、信頼性の高い PC やプレキャスト製品の使用を進めながら実績を積み、技術レベルの向上とともに、現場打ちを増やしていくことなどが理想形となる。つまり構造物の品質確保から考えると、PC で実績を積んでから鉄筋コンクリート (RC) を建設することが望ましい。技術移転を行えば、可能なことである。そのためにも PC の利点が理解され、積極的に導入されることが、できるだけ早いタイミングで望まれる。

4. おわりに

遠くない将来にインフラ維持管理の時代をアジア各国も迎える。その際に日本が培った技術や制度、経験を活かし、貢献をするとともに、ビジネスとしても成り立たせることができるかと期待される。これまでの日本の経験から、戦略的な維持管理の導入が有効であることと、建設時の施工を丁寧にすることが重要であることが分かっている。これをいかに新規建設を急ぐ各国に伝え、実装していくかが、今後のインフラの品質を確保するうえでの課題である。技術、人材育成、制度と多角的な取組みが必要とされているが、コンクリート構造物の品質を確保するためにPCに期待される役割は大きい。

本プロジェクトは平成30年度までであるが、国際活動は継続性が重要である。さまざまな機会を活用し、多様な

チャンネルを通して、また多方面からの引続きの支援を得て、インフラ維持管理技術と制度の海外展開を継続していきたい。関係各位のご支援とご協力をお願いする。

参考文献

- 1) 戦略的イノベーション創造プログラム、インフラ維持管理・更新・マネジメント技術：<http://www.jst.go.jp/sip/k07.html>
- 2) (独) 国際協力機構、道路維持管理能力強化プロジェクトフェーズ2：<http://www.jica.go.jp/project/vietnam/035/index.html>
- 3) 長井宏平：国際会議 EASEC にて SIP 特別セッションを開催、橋梁と基礎、2016年3月号
- 4) 堺孝司：ISO/TC71 活動の現状と展望、土木 ISO ジャーナル、土木学会、Vol.18、pp.3-8、2008.
- 5) ISO/TC 71 対応国内委員会：I 第21回 ISO/TC 71 総会報告、コンクリート工学、2016年6月号

【2016年9月26日受付】



刊行物案内

会誌「プレストレストコンクリート」講座集 2016年1月

本書は、本工学会が発行する会誌「プレストレストコンクリート」に掲載された連載記「講座」のバックナンバー(1963～2014年)を系統的に整理して単行本化したものです。

「講座」では、プレストレストコンクリートに関連する材料、設計、施工、維持管理、数値解析等、多岐にわたる技術を取り上げ、各分野の専門家による当時の最新技術の紹介や適当な専門書がないテーマの解説がされています。この機会に、過去の貴重で良質な連載記事「講座」を体系的な知識習得にお役立てください。



冊子の構成

講座集 1.	建築編
講座集 2.	施工・品質管理編
講座集 3.	施工・品質管理編
講座集 4.	設計編
講座集 5.	材料編
講座集 6.	PCに関する試験および測定入門講座編
講座集 7.	PCの新しい材料入門講座編
講座集 8.	FEM解析・耐震解析・温度応力解析編
講座集 9.	よくわかる補修・補強・非破壊検査編
講座集 10.	プレストレッシングの基本編
講座集 11.	わかりやすいPC技術編

セット販売価格 (全11冊 化粧箱入)
 定 価 27,000 円+税/送料 1,500 円
 会員特価 22,000 円+税/送料 1,500 円

公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会