

第28回技術セミナー

28th Construction Engineering Seminar OKUMURA CORPORATION

イノベーションが拓くインフラ産業の未来
－新たな挑戦と成功へのヒント－

平成28年11月

 株式会社 **奥村組**

ご 挨拶

奥村組は、本年も時節の話題を取り上げて「技術セミナー」を企画し、日頃ご指導賜っております皆様方へご案内させていただきました。本年で28回目を迎えられましたのも、これまでにご参加いただきました皆様方や講師の先生方のご支援とご指導の賜物と深く感謝しております。

今回のテーマは、社会資本整備に係る産官学の総体としての「インフラ産業」が変革の必要性に迫られている中、『イノベーションが拓くインフラ産業の未来—新たな挑戦と成功へのヒント—』といたしました。

プログラムとしましては、京都大学の木村亮氏および株式会社リバネスの丸幸弘氏による基調講演、さらに木村亮氏をコーディネーターに、丸幸弘氏、阪神高速道路株式会社の篠原聖二氏、弊社職員によるパネルディスカッションを企画いたしました。また、パネルディスカッションでは、丸幸弘氏が関与するベンチャー経営者からの技術紹介も予定しております。

ご出席の皆様からご意見、ご指導をいただき、ますます有意義なセミナーにしていきたいと思っております。今後とも温かいご支援を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。

平成28年11月

取締役副社長執行役員

技術開発委員長

土木本部長

土谷 誠

目 次

メインテーマ

イノベーションが拓くインフラ産業の未来 － 新たな挑戦と成功へのヒント－	1
---	-------	---

－基調講演－

「イノベーションが拓くインフラ産業の未来」	3
-----------------------	-------	---

京都大学大学院 工学研究科 教授 きむら まこと 木村 亮 氏

「イノベーションの実践 －QPMI サイクルを回せ－」	5
-----------------------------	-------	---

株式会社リバネス 代表取締役 CEO まる ゆきひろ 丸 幸弘 氏

－パネルディスカッション－

コーディネーター

京都大学大学院 工学研究科 教授 木村 亮 氏

パネリスト

株式会社リバネス 代表取締役 CEO 丸 幸弘 氏

阪神高速道路株式会社 技術部 技術推進室 しのはら まさつぐ 篠原 聖二 氏

株式会社奥村組 東日本支社土木技術部 きのした しげき 木下 茂樹

ベンチャー経営者からの技術紹介

4Dセンサー株式会社 代表取締役社長 まさや あきひろ 榎谷 明大 氏

株式会社未来機械 代表取締役社長 みやけ とおる 三宅 徹 氏

－過去の基調テーマと講演者－

イノベーションが拓くインフラ産業の未来

—新たな挑戦と成功へのヒント—

社会資本整備に係る産官学の総体を「インフラ産業」と定義しますと、現在、インフラ産業においては、担い手不足や社会資本老朽化への対応、将来の市場規模縮小への懸念などを背景に、インフラ生産システムの一層の効率化、社会資本の合理的なメンテナンスシステムの構築、新規事業への取り組みなど、旧来にはない「変革」の必要性に迫られています。

今回の技術セミナーでは、これらの変革のうち、特に技術開発に関するものを「イノベーション（技術革新）」と捉え、これを成し遂げるためには何が必要か、また、どうすればよいのかなどについて、多方面の方々から事例紹介を交えつつ、示唆をいただきます。

「イノベーションが拓くインフラ産業の未来」

きむら まこと
木村 亮

京都大学大学院工学研究科
社会基盤工学専攻 教授

特定非営利活動法人「道普請人」理事長



1985 年京都大学大学院工学研究科修了。京都大学助手、助教授、オランダ GeoDelft 特別研究員、京都大学国際融合創造センター教授、同大学産学連携センター（現 産学連携本部）教授を経て、2010 年より現職。専門は、地盤工学、基礎工学、新工法・新技術開発、国際技術協力。

筆者は今年から「国際開発ジャーナル」という月刊誌の論説委員を頼まれ、年に 2 回ほど論説を書いている。2016 年 2 月号「視点 国際開発ジャーナル論説委員」に掲載した文章を、少々長くなるが以下に記載する。タイトルは「国際開発に新たな風を」である。

筆者は 2015 年、(株) 滋賀銀行が主催する「サタデー起業塾」という起業家向けの集まりに参加した。そこで登壇した 37 歳の起業家の言葉を聞いて、目からうろこが落ちる思いがした。彼は「PDCA など古い。これからは『QPMI』の時代だ！」と言い切ったのだ。

QPMI とは何か。Q (Question) は、なぜ問題が解けないのか、解決しないのかという疑問である。P (Passion) は、疑問を何とか解きたい、解決したいという情熱（この情熱は一人の情熱でも十分）だ。また、M (Mission) は、Q と P があればその活動は多くの人に賛同される行動になるということ。そして I (Innovation) は、この流れを根気よく続ければ、行動はおのずと革新（イノベーション）となるということだ。

講演者の名前は丸幸弘。(株) リバネス代表取締役 CEO である。リバネスは、「科学

技術の発展と地球貢献を実現する」という理念の下、専門知識や技術・人などをつなぎ、組み合わせることによって社会に新たな価値を創造する研究者集団なのだという。現在は、企業や大学に対し、研究開発の強化に役立つさまざまなコンサルティング・サービスを提供している。

この丸氏は、(株)ユーグレナの技術顧問でもある。ユーグレナは、「バイオテクノロジーで昨日の不可能を今日可能にする」という企業ビジョンを打ち出し、「ミドリムシが地球を救う」をスローガンに掲げて QPMI を実践している企業である。食料やエネルギー源になるミドリムシ（英語名ユーグレナ）を活用し、さまざまな社会課題を解決しようとしている。ミドリムシから生成した燃料で飛行機を飛ばす計画を昨年末に発表したほか、バングラディッシュでは、子どもの栄養状態の改善を目指した「ユーグレナ GENKI プログラム」を実施中だ。ミドリムシよろしく緑のネクタイを常に着用している出雲充代表取締役をテレビなどで見たことがある読者も多いだろう。

筆者は「誰々がこのように言っています (What they say.)」ということを紹介するのは苦手で、「私はこのように考える (What I say.)」と発言することを基本とし、研究活動も同じようにしてきた。上記の論説のように、人が考えたことを紹介することは初めてである。それほど『QPMI』の考え方には感銘を受けたわけである。今回の技術セミナーで、再び丸幸弘氏の話が聞けることを楽しみにしている。

土木の原点は「人々の暮らしを守り、豊かにする」ことである。当然時代の移り変わりとともに、何らかのイノベーションが必要である。解決しなければならない問題を見つけ出し、情熱をもって事に当たれば、多くのイノベーションが土木の世界で起こると思っているし、実際起こっている。自然を相手に単品生産の土木構造物に対し、土木に関わる人々は、小さいイノベーションや大きなイノベーションを、ローテクやハイテクを用いて今後も展開するべきである。そのためには「発想の転換と若い人々のエネルギー」が必要であろう。

本講演の中で、筆者自身が仕掛けている「フーチングレスの杭基礎（鋼管柱基礎）」と「円筒型の蛇籠（かご丸君）」、最近展示会で見つけた崩落地盤の地盤性状を安全・迅速に収集する「マルチクローラー型無人調査ロボット」を紹介し、筆者なりのインフラ産業の未来を語ってみたい。

「イノベーションの実践 - QPMI サイクルを回せー」

まる ゆきひろ
丸 幸弘

株式会社リバネス
代表取締役 CEO



2006年東京大学大学院農学生命科学研究科修了。博士（農学）。在学中の2002年6月に理工系大学生・大学院生のみでリバネスを設立。中高生に最先端科学を伝える仕組みとしての「出張実験教室」を中心に、現在200以上のプロジェクトを同時進行させる傍ら、ユングレナなど30社以上の技術系ベンチャーの立上げ・経営に携わる。著書に『世界を変えるビジネスは、たった1人の「熱」から生まれる。（日本実業出版社）』『「勘違いする力」が世界を変える。（リバネス出版）』。

■ イノベーションを生むのは「PDCA」ではなく「QPMI」

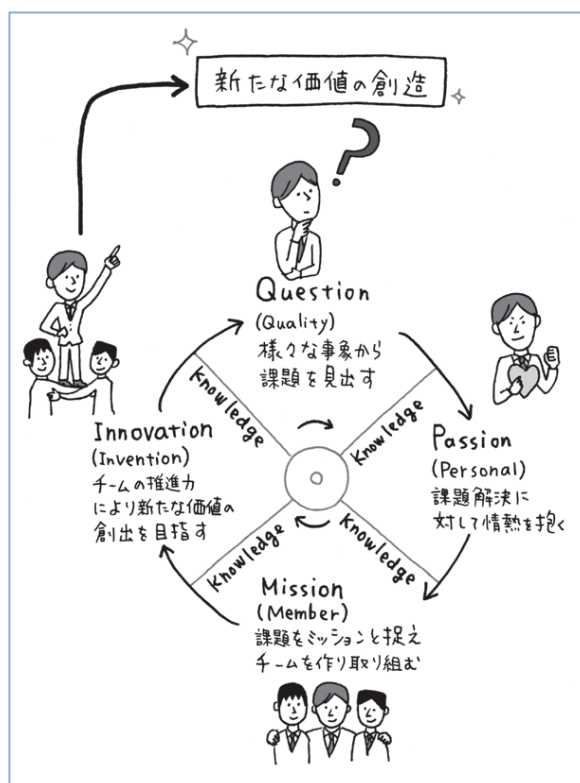
ビジネスの世界にいれば、「PDCA」という言葉を知らない人はいないでしょう。「PDCAをいかに早く回せるかが重要だ」と言われたりしますよね。僕は、このPDCAという言葉が好きではありません。言うまでもありませんが、PDCAとは、Plan（計画）→ Do（実行）→ Check（評価）→ Act（改善）というサイクルをグルグル回していくことで、生産管理や品質管理の質を高めていく手法です。たしかに、やるべきことがはっきりしている仕事の質を上げていくのには効果があるでしょう。でも、PDCAサイクルを回しているだけで、イノベーションが生まれるでしょうか。

戦後、半世紀以上が経って、日本には強固なレギュレーションシステムが出来上がりました。そのなかで、人がコントロールされながら、PDCAサイクルを回して、業務の改善を図っていく。このやり方では、今ある仕事をよくすることはできても、新しい仕事を作り出すことはむずかしいのです。イノベーションとは、世の中を動かす新しい何かを生み出すことであって、お金をかせぐことではありません。PDCAは、人間をきちっとした枠にはめていこうというイメージがありますが、イノベーションを生

み出すには、もっと自由で、フレキシブルなしくみが必要です。

そこで考えたのが、「QPMI サイクル」です。「Q」は Question (クエスチョン)、「P」は Passion (パッション)、「M」は Mission (ミッション)、「I」は Innovation (イノベーション)。この4つの頭文字をとったものが QPMI です。質 (Quality) の高い問題 (Question) に対して、個人 (Personal) が崇高なまでの情熱 (Passion) をかたむけ、信頼できる仲間たち (Member) と共有できる目的 (Mission) に変え、解決する。そして、あきらめずに試行錯誤をつづけていけば、革新 (Innovation) や発明 (Invention) を起こすことができる。QPMI サイクルは、このイノベーションが生まれる過程全体を指しています。

「サイクル」と呼ぶのは、一度革新 (Innovation) が起きても、また新たな課題 (Question) が見つかって、その解決のために動いていくことがほとんどだからです。



イノベーション創出サイクル (QPMI)

改めて、QPMI サイクルの中身をみてみましょう。

Q : 様々な事象から課題を見出す

P : 課題解決に対して情熱を抱く

M : 課題をミッションと捉え、チームを作り取り組む

I : チームの推進力により新たな価値の創出を目指す

この QPMI を「植物工場」の事例で考えてみるとどうなるか。植物工場は、技術としては昔からあったけれど、これまでは普及しませんでした。そうすると、「なぜ、40年も技術として存在する植物工場が未だにブームに終わるのか？」というクエスチョン (Q) が浮かび上がってきます。この、「問いに対して学ぶ」という姿勢と、それによって得られる知識 (Knowledge) が QPMI サイクルの原動力になります。

でも、クエスチョンがあるだけでは、物事は動きません。そのクエスチョンを解決しようとする熱いパッション (P) を持った個人が必要です。僕自身も、大学院で植物の研究をしていて食糧問題に高い関心をもっていましたが、もっと大きなパッションをもった人間が大学院の後輩にいました。

彼が、ある日「丸さん、未来の食料問題を解決するために植物工場をやりたいんですけど」と提案してきた。僕は植物工場が40年も前から技術として存在していたが未

だにブームで終わっていたことを知っていたので、「でも、植物工場はうまくいっていないだろう」と答えました。しかし、彼はあきらめないんです。「今まで植物工場がうまくいかなかったのは、作った野菜を売る市場がなかったからです。新たな市場を開拓できれば、きっと実現できます」と熱くプレゼンするので、「じゃあ、やってみるか」と勉強会からスタートした。メンバーを集め、ミッション (M) をつくり共有するためです。こういうクエスチョンをなんとしてでも解決しようとする熱いパッションをもった個人がいるかどうか。QPMI サイクルがうまく回るかどうかは、その点にかかっていると言ってもいい。

ビジネスというと、すぐに「事業計画はどうなっているか」という話になりがちですが、それでは独創的なイノベーションは起こせません。まず、大事なのは個人が抱くパッションとクエスチョン。これを起点にして、あとは、周囲を巻き込めるようなミッション (M) をかかげて、一緒に動いてくれるメンバーを巻き込んでいく。

植物工場の場合、いかに消費者に受け入れてもらうかという課題があったので、「外食産業や一般消費者が植物工場に触れる機会を創出し、理解を促進して出口確保につなげる」というミッションをかかげることになりました。そして、それを解決するためのイノベーション (I) として生まれたのが、「外食産業とドッキングさせる」というアイデアです。それを、「地産地消」ならぬ「店産店消」として打ち出したら、グッドデザイン賞をもらえるほどのヒットにつながった。

植物工場の QPMI を整理してみると、次のようになります。

Q：なぜ、40 年も技術として存在する植物工場が未だにブームに終わるのか？

P：未来の食料問題を解決するための技術として植物工場を育てたい

M：育てるソフトの提供と出口確保を行う

I：外食産業とドッキングさせる



植物工場の導入事例：サブウェイ野菜ラボ丸ビル店（リバネス HP より）

クエスチョン (Q) を解決しようとするパッション (P) をもった個人が、ミッション (M) をかかげて仲間とともに試行錯誤する。その先に、イノベーション (I) が待っているのです (別表参照)。

かつての日本には、QPMI サイクルを自然と回す土壌があったと思います。特に終戦後の焼け野原から復興していった時代は、堅苦しいレギュレーションができあがっておらず、それ以前のシステムも破壊されていたため、クエスチョンやパッションが全国で次々と持ち上がって、ミッションをみんなで実現していこうという自由な風土がありました。代表的な企業としては、電子機器の分野で世界を驚かせたソニーがあげられるでしょう。

でも今は、レギュレーションやコンプライアンスでがんじがらめになって、個人のパッションを活かすことができていません。大企業の研究所には優秀な人材がたくさんいるのに、その能力を活かしきれず、イノベーションにつなげられていないのではないかと。僕はそう考えています。

■ すべての研究者は QPMI サイクルを回している

イノベーションを生むしくみ「QPMI サイクル」は、実は全然むずかしいことではありません。研究者だったら、100 人中 100 人がやっていることだからです。

研究者はみな自分の研究テーマを持っていますが、それは言わばクエスチョン (Q) です。自分自身で選んだテーマだから、その答えをなんとかして見つけたいという強いパッション (P) をもっています。つまり、研究者はイノベーションを起こすビジネスパーソンとして欠かせない要素を、すでに身につけていると言っていい。

研究者は、個人で研究を進めていくこともありますが、基本的には、自分の指導教官や研究室の仲間のサポートが必要です。特に、理系の研究の場合は費用もかさむことが多いので、ときには企業と提携することもあります。自分の研究に周囲を巻き込むためには、ミッション (M) を掲げて周囲に共感してもらう必要があります。

Q と P と M がそろえば、あとはひたすら、Q を解き明かすための研究を進めていくだけです。そしていろいろな試行錯誤を経て、イノベーション (I) を見出していく。すると、また新しい「Q」が生まれ、新たな QPMI サイクルが回っていくのです。

■ 社員のパッションにクエスチョンを与える

繰り返しますが、QPMI サイクルの 4 要素で一番大切なものはパッション (P) です。イノベーションを起こすためには、そこに関わる人間の熱いパッションが不可欠だというのが僕の実感です。

パッションはパーソナルなものですから、「みんなでイノベーションを起こす」ということは、なかなかむずかしい。一人がパッションをもって、これをやらなきゃいけないと強く思ったところに人が集まってくる。情熱が人を呼び寄せる。

だから、「モチベーションコントロール」ということには、あまり意味がないと思っています。その社員が何をやりたいか、そして、その熱意の大きさはどれくらいなのかを見極めること、つまり「パッションコントロール」が最重要事項です。

新しい人材を採用するときも、極端なことを言えば、パッションがあるかどうかだけを見る。イノベーションをおこしたいのならば、ちょっとエッジが効いていると感じるぐらいのパッションをもった人がいい。そういう人間は、自分でクエスチョンを見つけて、それを解決するために、試行錯誤を繰り返しながら、人を巻きこんでいきます。

実は、クエスチョン (Q) のところは、トレーニングでどうにかかります。つまり、課題の見つけ方は、教えることができる。でも、パッションはパーソナルなものなので、教えても、簡単に植えつけられるものではありません。パッションのない人間に向かって「パッションをもて」というのは、無理だろうと思います。

でも、その人のなかに眠っている潜在的なパッションを刺激して呼び覚ましたり、小さなパッションを育てて大きくすることはできる。

とくに大きな組織では、それぞれの組織固有のレギュレーションにはめこまれるうちに、パッションをもった人間は潰されてしまいがちです。でも、イノベーションを起こしたいと思うのなら、それはやめたほうがいい。パッションをもつ人の前に壁を作るのではなく、前へ進めるような道を作ってあげることです。

「お前のやりたいことを突き通せ。その代わり、みんなを巻き込むなら、きちっと責任をとれ。最後までやり通せ」と背中を押す。次代を作る若者のパッションを大切に、彼らのパッションをマネジメントしていきたい。

そして、熱いパッションをもった人間に対しては、できるだけクオリティの高いクエスチョンを示すことです。上司の役割は、パッションの大きさにふさわしいクエスチョンを示してあげること。そうすれば、QPMI サイクルは自然に回っていくはずです。

もし、あなたが経営者やマネジャー、プロジェクトリーダーなどの立場にあるならば、モチベーションが下がっている社員に対してどうはたらきかければよいか悩んだことは、一度や二度ではないはずです。

そこであなたがすることは、叱ることもなければ、飲み会に連れ出してモチベーションを上げようとするでもありません。その社員が元々もっていたはずのパッションに対して、あなたの今までの経験や知見のすべてを注いで道筋をつけてあげることが、唯一の解決策だと僕は思います。

(自著『世界を変えるビジネスは、たった1人の「熱」から生まれる。(日本実業出版社)』より)

パネルディスカッション

■ コーディネーター

きむら まこと
木村 亮

京都大学大学院工学研究科
社会基盤工学専攻 教授

特定非営利活動法人「道普請人」理事長



(経歴は前掲)

■ パネリスト

まる ゆきひろ
丸 幸弘

株式会社リバネス
代表取締役 CEO



(経歴は前掲)

■ パネリスト

しのはら まさつぐ

篠原 聖二

阪神高速道路株式会社
技術部 技術推進室



2003 年阪神高速道路公団（現阪神高速道路株式会社）入社。2012 年から 2014 年まで国立研究開発法人土木研究所構造物メンテナンス研究センター主任研究員。現在、阪神高速道路株式会社にて建設・更新、維持管理技術の開発などに携わる。「性能向上とコスト縮減を両立した鋼管集成橋脚の開発」で平成 25 年度土木学会賞（技術開発賞）受賞。博士（工学）、技術士（建設部門）。

■ 兵庫県南部地震における教訓と南海トラフ地震への対策

平成 7 年に発生した兵庫県南部地震により、阪神高速道路は甚大な被害を受けた（写真-1）。震災時には緊急車両が通行できず、救助活動や復旧作業に支障をきたしたことを踏まえ、改めて地域の緊急輸送路としての阪神高速道路が果たす役割の重要性が再認識された。



写真-1 兵庫県南部地震の被害状況

近い将来、南海トラフ地震が高い確率で発生することが予想されているが、兵庫県南部地震での被災経験を有する阪神高速道路においては、落橋のような致命的な損傷を生じさせないのはもちろんのこと、震災後に阪神高速道路が緊急輸送路としての機能を継続できるような耐震性能を確保することが求められる。平成 23 年東北地方太平洋沖地震や平成 28 年熊本地震をはじめ大規模な地震が頻発する中、国土強靱化が推進されている社会情勢において、阪神高速道路のような重要インフラにおいては、大規模な地震に対しても高い安全性を有することが求められる。

■ 「京」を活用した阪神高速の新たな取り組み

阪神高速道路では、平成 26 年度から理化学研究所の HPCI「京」の計算資源を活用して、阪神高速道路ネットワークの高架橋や長大橋の地震応答シミュレーションを実施してきた（図-1）。

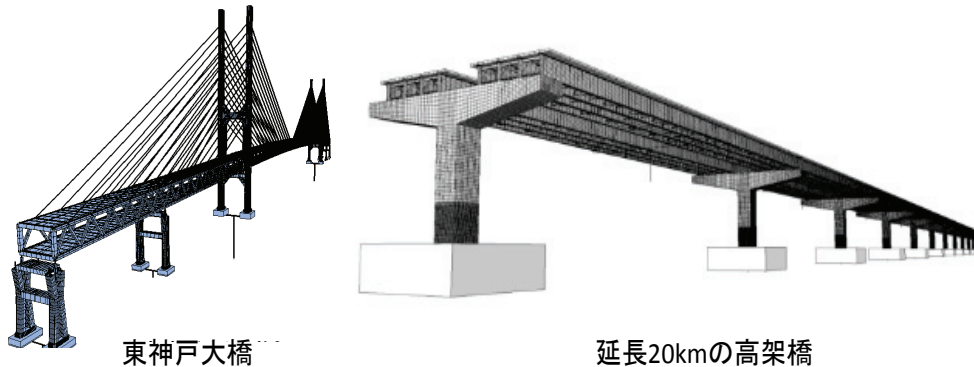


図-1 大規模解析モデルの例

ネットワーク単位で構造物の地震時応答を求めることで、隣接する橋梁同士の影響や長大橋と一般橋など構造形式が大きく変化する箇所の応答についても着目した評価を行うことが可能となる。ネットワーク単位で構造物の応答を連続的に求めることで、地震後の構造物としての健全性の評価のみならず阪神高速の上を走行するお客様の安全性の評価にも役立てることができる。また、将来的には、様々な地震シミュレーションを実施し、構造物損傷に着目した分析を行うことで、地震後の避難経路や緊急輸送路のルート計画など BCP の高度化にも寄与することが期待される。

■ センサーネットワークと大規模解析技術を基幹とした次世代道路ネットワークマネジメントへの挑戦

近年、IoT、ビッグデータ、人工知能等の情報技術による社会の変革がかつてないスピードとインパクトで進んでおり、今後、ビジネスや社会システムの在り方そのものを根底から揺るがす「第四次産業革命」とも呼ぶべき大変革が到来すると言われている。

このような背景の下、阪神高速では平成 28 年 4 月に「阪神高速グループビジョン 2030」を策定した。このビジョン 2030 では、2030 年のありたい姿のひとつとして、「最高の安全と安心を提供する阪神高速」を掲げ、阪神高速道路を将来にわたって健全で走りやすい状態に管理し、お客さまに最高の安全と安心を提供する阪神高速になっているために、IoT、ビッグデータ、人工知能等の情報技術やロボット等の新技術を活用して道路ネットワークの管理を高度化・効率化し、また、地震・津波等の災害時でも地域のライフラインとして機能することを目指した防災・減災対策を推進していくことがあげられている。例えば、センシング技術による構造物の劣化状態の評価、人工

知能を用いた将来の劣化予測に基づくメンテナンスサイクルの最適化、交通流ビッグデータの解析による自動運転時代に対応したトラフィックマネジメント、気象データや環境データに基づくエネルギーマネジメントなどが考えられる。このように現実世界にある多様かつ膨大なデータをセンサーネットワークにより収集し、サイバー空間において HPCI「京」のような大規模データ処理技術を駆使して分析・知識化を行い、そこで創出した情報・価値によって、道路ネットワークマネジメントの最適化を図っていくことを目指す（図-2）。

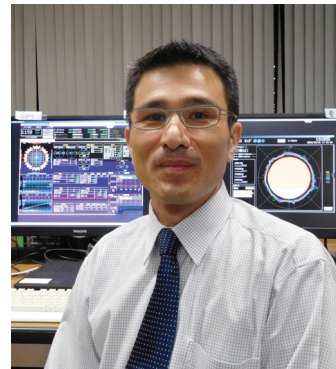


図-2 センサーネットワークと大規模解析技術を基幹とした次世代道路ネットワークマネジメントのイメージ

■パネリスト

きのした しげき
木下 茂樹

株式会社奥村組
東日本支社 土木技術部



1998年(株)奥村組入社。8年間の工事所勤務の後、一貫して都市トンネル分野の技術開発・技術提案業務を担当。

■ シールド工事を得意分野に

シールド工法は、1825年にブルネルによってロンドンのテムズ川トンネルに初めて採用されて以来、今日まで様々な技術的進歩を遂げている。シールド工法とは、掘削手段として筒状のシールド機を用い、その後部内でセグメントと呼ばれるプレキャスト部材をリングに組立てながら、このセグメントを反力としてシールド機をジャッキ推進させることによりトンネルを掘り進めるものである(図-1)。

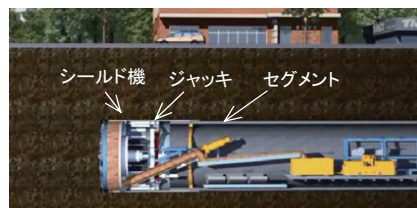


図-1 シールド工法の概念図

当社においては、およそ50年前の昭和40年に我が国初の泥水式シールド機を開発し(写真-1)、以降に軟弱地盤でのトンネル築造技術として主流となるシールド工法の先駆者としての歩みが始まった。シールド工事の施工件数については、統計的な整理を始めた昭和58年からカウントしても330件を超える実績を有しており、ゼネコン全体で第4位である。



写真-1 最初の泥水式シールド機

なお、当社は、技術的に難しく、敬遠されがちな「難工事」を担当することが多かったが、その経験こそが技術開発の「ニーズ」となり、困難な条件を克服する新たな技術を生み出してきた。以下にその一例を紹介する。

1) 機械式ビット交換技術「スライドカッター工法」

長距離の掘進になると、シールド機前面で回転するカッタースポークに配した掘削刃(ビット)の摩耗が進み、その交換作業が必要になる。この作業は、地上から地中のシールド機に向けて立坑を掘り、この立坑内にカッタースポークを露出させた後に

人力により行うのが一般的であるが、地中に埋設物が輻射している等の条件によりこの手段が採れない場合がある。「スライドカッター工法」は、このような場合に、立坑を設けなくてもビット交換ができる工法として開発した。カッタースポークを前後2段に配置し、片方を前後にスライドさせる独特な発想をしており（写真-2）、ビットの摩耗が激しい長距離の礫地盤におけるシールド工事で実績を伸ばしている。

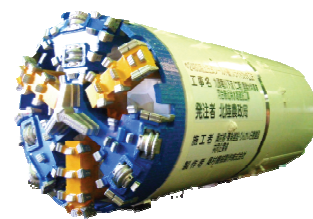


写真-2 スライドカッター工法用掘進機
(黄色部分が前後にスライド)

2) 簡易解体型掘進機「やどかり君工法」

終点に到達したシールド機は、通常、機体を分解して到達立坑から回収されるが、終点場所の空間的制約により、この方法が採用できない場合がある。「やどかり君工法」は、到達後にシールド機最外周の鋼殻を地中に残置する一方で、カッターフェイスとその駆動部を一体のまま、構築したトンネル内を通じて引戻す技術であり（写真-3、4）、引戻したものをそのまま再利用することが可能である。「シールド機は到達側から取り出して、その場で細かく解体するもの」という当時の常識を覆したもので、空間的制約の多い都市部のシールド工事を中心に実績を伸ばしている。



写真-3 やどかり君工法用掘進機

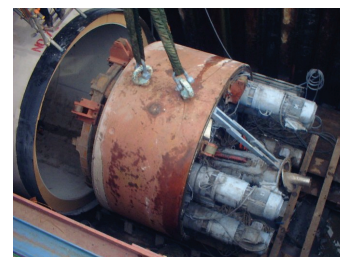


写真-4 内部の引き戻し状況

■ さらなる独自性の発揮 「ハニカムセグメント」

シールド工事に使用するセグメントは、一般的には瓦せんべいのような矩形板（矩形セグメント）であり、これをリングに組立てて坑内を覆う（図-2、写真-5）。シールド工事における高速施工の理想形は、このセグメント組立てとシールド機の推進を並行して行うこと（いわゆる「同時施工」）にあるが、矩形セグメントでは既設のリングに4辺のうち1辺が固定されるのみで、リングに組立てられるまでは不安定であり、その間、セグメントへシールド機の推進に必要な負荷を作用させることができないという問題があった。

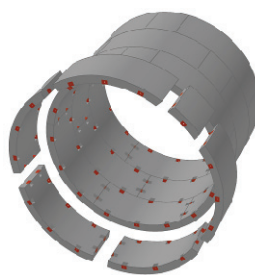


図-2 矩形セグメント



写真-5 矩形セグメントの出来形

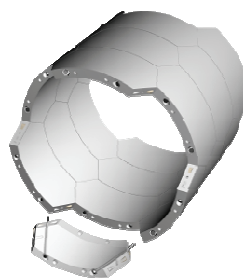


図-3 ハニカムセグメント



写真-6 ハニカムセグメントの出来形

この問題解決の糸口をな

かなか見い出せずにいたが、セグメントの「形状」に着目し、1ピースごとに6辺のうち3辺を固定できる六角形の形状にたどり着いた（図-3、写真-6）。

このセグメントは、その組立てられた形状から「ハニカムセグメント」と名付け、当社の代表的技術として、今まで12件のシールド工事に採用されている（写真-6）。また、掘進と組立ての同時施工に加え、セグメントの搬送から組立てまでを全自動化することで、従来の倍以上の施工速度を可能にしたとして、平成13年に国土交通省「国土技術開発賞 最優秀賞」を受賞した。

■ 次世代に向けた取組み

シールド工事では、自然地盤に「穴」をあける。砂、粘土、礫そして岩盤まで、対象地盤は工事ごとに、また掘進中においても変化する。やはりここでは、経験工学が出番となり、自然相手には「豊富な経験と優れた勘が重要なのだ」といった技術者の自負がシールド工事を支えている。

その一方で、当社が現在取組んでいる技術開発は、「切羽の可視化」である。これは、肉眼で見ることができないシールド機前方（切羽）の地盤構成を可視化する技術で、掘削中のビット振動を加速度センサーで取込み、値の変化から土質を判別して、「今掘っている地盤の構成」を画面表示するものであり（図-4、5）、上述した「経験や勘」に頼らず、リアルタイムに切羽を観察することが可能になる。まだまだ改良の余地はあるが、既に3件の実績があり、3件が施工中である。

将来、人口減少や高齢化を迎え、労働者不足となる中で、自動掘進のニーズは間違いなくやってくる。シールド工法に新しい「技術の目」を提供し、そのデータを蓄積することで、AI（人工知能）が、データを分析しながら自然地盤を相手とするシールド工事を担当する時代が来ることを夢見ている。

■ 技術開発とは

ここまで述べたように、技術開発は、①時代ごとのニーズに応えるもの、②独創性で時代を牽引するもの、③将来のニーズのために取り組むものの3つがあると認識している。他分野では、「ニーズはまだ無いが、すごい素材ができた」との発表を目にするケースがあるが、これは③に近いと感じている。

「必要は発明の母（Necessity is the mother of invention.）」という言葉は好きであるが、発明が必要に先行することにはもっとワクワクする。「技術革新が必要の父（Innovation is the father of necessity.）」となる技術開発に挑戦していきたい。

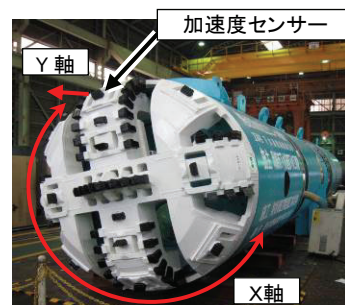


図-4 切羽可視化装置

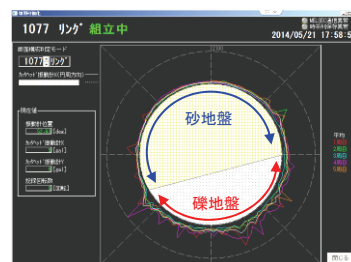


図-5 地盤構成の可視化画面

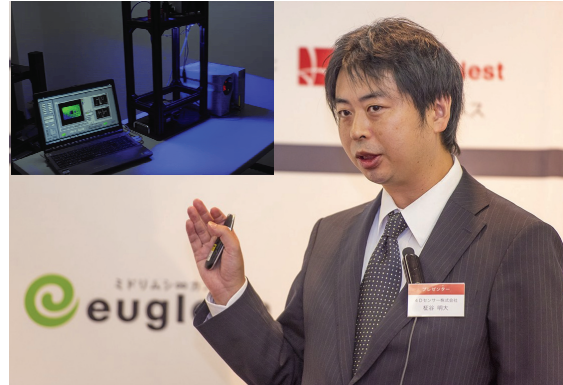
■ ベンチャー経営者からの技術紹介

形状や変形を瞬時に計測する『4Dセンサー』の実力

まさや あきひろ
梶谷 明大

4Dセンサー株式会社
代表取締役社長

1997年東京理科大学卒業。2007年茨城大学大学院理工学研究科博士前期課程修了。株式会社日立カーエンジニアリングで電子部品の外観検査装置開発に従事した後、和歌山大学特任助教、一般社団法人モアレ研究所主任研究員を経て、和歌山大学発ベンチャー企業として2012年に4Dセンサー株式会社を設立。特許を取得した独自の画像解析技術をもとに、リアルタイムにモノの形状や変形を計測できるセンサーを開発し、事業化に乗り出す。博士（工学）。

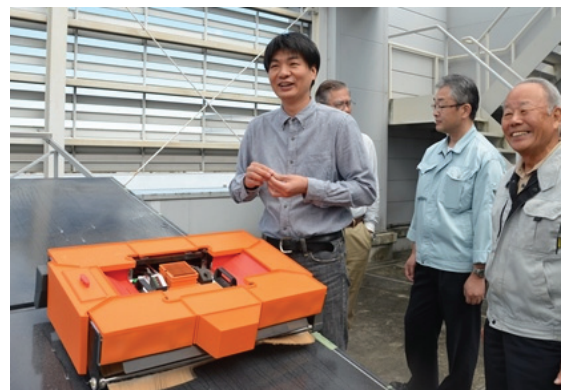


摂氏 50 度 灼熱の砂漠で働く『お掃除ロボット』開発秘話

みやけ とおる
三宅 徹

株式会社未来機械
代表取締役社長

2003年香川大学工学部卒業。2008年同学工学研究科博士後期課程単位取得満期退学。2004年に香川大学発学生ベンチャー企業として株式会社未来機械を設立。ロボット・メカトロニクス、レーザー三次元センサーなどの開発・製造・販売を行っている。中東の厳しい環境下でも動くソーラパネル掃除ロボットを開発し、2015年から事業化に乗り出す。博士（工学）。



過去の基調テーマと講演者

第27回（平成27年）～第1回（昭和63年）

（敬称略、役職名は当時）

第27回	平成27年11月20日 基調テーマ：大規模水災害への備えとは 基調講演「水害と日本人のアイデンティティ」 パネルディスカッション 「大規模水災害への備えとは」	（東京国際フォーラム ホールD7） 特定非営利活動法人日本水フォーラム 代表理事・事務局長 同 上 中央大学理工学部教授 一般財団法人水源地環境センター理事長 公益財団法人リバーフロント研究所理事	竹村公太郎 竹村公太郎 山田 正 森北 佳昭 土屋 信行
第26回	平成26年12月11日 基調テーマ：インフラ産業の未来を創る ～魅力の発見・創造・発信～（(一社)計画・交通研究会との共催） 基調講演「デザインの力で公共を変える」 「対話する社会基盤」 パネルディスカッション 「インフラ産業の未来を創る ～魅力の発見・創造・発信～」	（東京国際フォーラム ホールD7） 前橋工科大学工学部教授 東京大学大学院工学系研究科教授 フリーアナウンサー 前橋工科大学工学部教授 東京大学大学院工学系研究科教授 NPO法人「道普請人」常務理事 (株)奥村組東日本支社リユール技術部	韓 亜由美 羽藤 英二 青山 佳世 韓 亜由美 羽藤 英二 福林 良典 西山 宏一
第25回	平成25年12月2日 基調テーマ：より良い国土を次世代へ引継ぐために ～社会資本の整備、維持管理・更新はどうあるべきか～ 基調講演「社会資本の思想 ―国土学を考える―」 パネルディスカッション 「より良い国土を次世代へ引継ぐために ～社会資本の整備、維持管理・更新は どうあるべきか～」	（東京国際フォーラム ホールD7） 一般財団法人国土技術研究センター 国土政策研究所長 同上 京都大学経営管理大学院特定教授 一般財団法人橋梁調査会専務理事 東日本旅客鉄道株式会社鉄道事業本部 設備部企画担当部長	大石 久和 大石 久和 田村 敬一 西川 和廣 興石 逸樹
第24回	平成24年12月7日 基調テーマ：災害に強い国土づくりとシステムの進化 ～これまでとこれから～ 報告「東日本大震災における奥村組の対応について」 基調講演「災害に強い国土づくりとシステムの進化」 パネルディスカッション 「災害に強い国土づくりとシステムの進化 ～これまでとこれから～」	（東京国際フォーラム ホールD7） (株)奥村組東北支店復興プロジェクト室 東京大学大学院工学系研究科教授 東京大学大学院新領域創成科学研究科教授 東京大学大学院工学系研究科教授 京都大学大学院工学研究科教授 国土交通省大臣官房技術審議官 株式会社三菱総合研究所参与 (株)奥村組東北支店復興プロジェクト室	福知 克美 家田 仁 本田 利器 家田 仁 木村 亮 深澤 淳志 村上 清明 福知 克美
第23回	平成23年11月2日 基調テーマ：首都直下型地震に立ち向かうために ～最悪のシナリオを想定した備えとは～ 基調講演「首都直下型地震で被災しないために」 パネルディスカッション 「首都直下型地震に立ち向かうために ～最悪のシナリオを想定した備えとは～」	（東京国際フォーラム ホールD7） 関西大学社会安全学部長・教授 同上 東京大学生産技術研究所教授 明治大学政治経済学研究科特任教授 東京海上日動リスクコンサルティング 主席研究員	河田 恵昭 河田 恵昭 目黒 公郎 中林 一樹 指田 朝久

第22回	平成22年12月2日 基調テーマ：社会基盤を速く造るために（東京大学グローバルCOEプログラム「都市空間の持続再生学の展開」との共催） 基調講演「契約発注の工夫によるリードタイム短縮の可能性」 「施工改革もたらす時間・コストの縮減と環境負荷低減」 パネルディスカッション 「社会基盤を速く造るために」	（東京国際フォーラム ホールD7） 東京大学生産技術研究所長 東京大学教授 東京大学准教授 東京大学生産技術研究所長 東京大学教授 アジア航測(株) (株)奥村組技術研究所長	野城 智也 前川 宏一 福井 恒明 野城 智也 前川 宏一 武藤 良樹 栗本 雅裕
第21回	平成21年12月2日 基調テーマ：環境リスクの低減に向けて～土壌汚染の現状と対策～ 基調講演「土壌地下水汚染対策の現状と課題」 パネルディスカッション 「環境リスクの低減に向けて ～土壌汚染の現状と対策～」	（東京国際フォーラム ホールD7） 和歌山大学理事 同上 土壌環境センター 国際環境ソリューションズ 日本不動産研究所常勤顧問	平田 健正 平田 健正 北岡 幸 中島 誠 山本 忠
第20回	平成20年12月5日 基調テーマ：首都直下地震～減災コミュニケーションに向けて 基調講演「首都直下地震の震災像と防災上の問題点」 －自助公助による減災を目指して－ パネルディスカッション 「首都直下地震～減災コミュニケーションに向けて」	（中央区築地 浜離宮朝日ホール） 関東学院大工学部社会環境システム学科教授 同上 東京大学大学院情報学環総合防災研情報 研究センター准教授 工学院大工学部建築学科教授 都市防災研究所事務局長	若松加寿江 若松加寿江 大原 美保 久田 嘉章 守 茂昭
第19回	平成19年11月30日 基調テーマ：事業継続計画（BCP）を根付かせるために ～実効性を高める取り組みとは～ 基調講演「事業継続計画（BCP）を根付かせるために」 パネルディスカッション 「事業継続計画（BCP）を根付かせるために ～実効性を高める取り組みとは～」	（港区港南 コクヨホール） 京都大学教授 同上 (株)日立製作所上席コンサルタント 協立化学産業(株)取締役生産統括 (株)奥村組BCP専門チームリーダー	丸谷 浩明 丸谷 浩明 梶浦 敏範 金田 秀文 鶴谷 雅之
－ 平成18年は、創立百周年記念講演会開催のため、技術セミナーは開催せず －			
第18回	平成17年11月8日 基調テーマ：災害への抵抗力を高める防災・減災工学 ～自然災害から社会資本を守る～ 基調講演「環境学としての構造安全論」 パネルディスカッション 「災害への抵抗力を高める 防災・減災工学」	（墨田区横網 KFCビルホール） 東京大学新領域創成科学研究科教授 同上 東京大学地震研究所助教授 福岡大学工学部建築学科教授 ABS Consultingソフ・テクニカル・マネージャー	神田 順 神田 順 工藤 一嘉 高山 峯夫 川合 廣樹
第17回	平成16年10月21日 基調テーマ：巨大地震の震源像、地震動、予想される災害 ～やや長周期地震動の脅威と対応～ 基調講演「巨大地震の震源像、地震動、予想される災害」 パネルディスカッション 「巨大地震の震源像、地震動、 予想される災害」	（中央大学駿河台記念館） 京都大学副学長 同上 京都大学原子炉実験所助教授 消防研究所基盤研究部長 京都大学大学院工学研究科助教授 (株)奥村組建築設計部	入倉孝次郎 入倉孝次郎 釜江 克宏 座間 信作 清野 純史 舟山 勇司

第16回	平成15年11月4日 基調テーマ：世紀を超えるコンクリート構造物への挑戦 基調講演「世紀を超えるコンクリート構造物への挑戦」 パネルディスカッション 「世紀を超えるコンクリート 構造物への挑戦」	京都大学大学院工学研究科教授 東洋大学工学部環境建設学科 鹿児島大学工学部海洋土木工学科助教授 東日本旅客鉄道(株) 宇部生コンクリート(株) (株)奥村組技術研究所	宮川 豊章 福手 勤 武若 耕司 津吉 毅 吉兼 亨 東 邦和	(中央大学駿河台記念館)
第15回	平成14年12月5日 基調テーマ：都市防災と危機管理 基調講演「都市防災と危機管理」 パネルディスカッション 「都市防災と危機管理」	京都大学防災研究所 巨大災害研究センター長・教授 同上 NHK解説委員 東京都立大学大学院都市科学研究科教授 慶應義塾大学商学部助教授	河田 恵昭 河田 恵昭 藤吉洋一郎 中林 一樹 吉川 肇子	(中央大学駿河台記念館)
第14回	平成13年11月8日 基調テーマ：都市再生 基調講演「今、何故、何が都市再生なのか」 パネルディスカッション 「都市再生」	計量計画研究所理事長 東京工業大学 名誉教授 同上 日本開発構想研究所研究本部長 オリエンタルコンサルタンツ顧問 日本プロジェクト産業協議会	黒川 洸 黒川 洸 阿部 和彦 秋口 守國 成田 高一	(中央大学駿河台記念館)
第13回	平成12年11月10日 基調テーマ：ITと建設 基調講演「ネットワーク時代のビジネスモデル」 パネルディスカッション 「ITと建設」	慶應義塾大学教授 同上 国際大学GLOCOM教授 千葉工業大学工業デザイン学科助教授 富士通(株)物流ソリューション部部长	國領 二郎 國領 二郎 宮尾 尊弘 寺井 達夫 仲村 光文	(中央大学駿河台記念館)
第12回	平成11年9月9日 基調テーマ：都市と環境 基調講演「これからの環境アセスメント」 パネルディスカッション 「環境・市民と都市の社会基盤整備」	東京工業大学大学院教授 東京大学大学院教授 東京工業大学大学院教授 運輸政策研究機構調査役 ランドブレイン(株)都市計画部室長補佐 応用地質(株)理事	原科 幸彦 家田 仁 原科 幸彦 加藤 浩徳 紙田 和代 高木 泰	(中央大学駿河台記念館)
第11回	平成10年9月8日 基調テーマ：都市と環境 基調講演「地球環境の将来見通し」 パネルディスカッション 「地球環境負荷削減：都市と生活の改 造は可能か？誰が実施するのか？」	京都大学大学院教授 名古屋大学大学院教授 弁護士・気候ネットワーク代表 (財)電力中央研究所上席研究員 (株)日建設計土木事務所設計室長	松岡 譲 林 良嗣 浅岡 美恵 丸山 康樹 杉山 郁夫	(中央大学駿河台記念館)

第10回	平成9年9月2日 基調テーマ：都市と地震防災 基調講演「防災に関する緊急的課題とその解決の方向」 パネルディスカッション 「地震防災の将来像」	名古屋大学大学院教授 コーディネーター パネリスト	松尾 稔 渡邊 啓行 中村 豊 那須 誠 小谷 俊介	(中央大学駿河台記念館)
第9回	平成8年9月10日 基調テーマ：設定せず 講演 都市トンネル技術の動向 近代都市建設にみる先人たちの知恵	東京都立大学名誉教授 作家	山本 稔 田村 喜子	(中央大学駿河台記念館)
第8回	平成7年11月30日 基調テーマ：設定せず(久保慶三郎先生追悼講演会として開催) オープニングスピーチ 講演 直下型地震の危険性と予知 砂地盤の液状化現象とその対策 建物の耐震性と地震対策 世界と日本の地震災害 地震工学への1、2の宿題	東京大学教授 東京大学教授 東京工大名誉教授 東京大学教授 京都大学教授 元東京大学教授	片山 恒雄 阿部 勝征 吉見 吉昭 岡田 恒男 土岐 憲三 金井 清	(全共連ビル)
第7回	平成6年9月13日 基調テーマ：災害に強い都市づくり 基調講演「都市の変貌と防災-多様化する都市型災害への対応」 パネルディスカッション	京都大学教授 コーディネーター パネリスト	亀田 弘行 久保慶三郎 大町 達夫 山崎 文雄 林 春男	(中央大学駿河台記念館)
第6回	平成5年9月14日 基調テーマ：21世紀の豊かな都市環境の創造に向けて 基調講演「21世紀の豊かな都市環境づくりへの課題」 パネルディスカッション	日本大学教授 コーディネーター パネリスト	新谷 洋二 久保慶三郎 林 良嗣 塚口 博司 佐々木 康	(中央大学駿河台記念館)
第5回	平成4年8月20日 基調テーマ：社会基盤整備と地下利用 基調講演「社会資本の歴史と将来展望」 パネルディスカッション 「都市地下空間とインフラストラクチャー」	東京大学教授 コーディネーター パネリスト	中村 英夫 久保慶三郎 春名 攻 木村 孟 畠山 哲雄	(中央大学駿河台記念館)
第4回	平成3年9月10日 基調テーマ：ライフラインと地震対策 基調講演「ライフラインと地震対策」 パネルディスカッション 「ライフライン・地盤・都市防災」	東京大学教授 コーディネーター パネリスト	片山 恒雄 久保慶三郎 亀田 弘行 浜田 政則 小川雄二郎	(中央大学駿河台記念館)

<p>第3回</p>	<p>平成2年8月29日 (中央大学駿河台記念館)</p> <p>基調テーマ：最新物体挙動解析法を中心に 基調講演：「粒状体の運動」 東京大学教授 伯野 元彦 パネルディスカッション コーディネーター 東京大学名誉教授 久保慶三郎 「地震防災の最近のトピックスと パネリスト 日本大学教授 能町 純雄 将来への提言」 京都大学教授 土岐 憲三 埼玉大学教授 渡辺 啓行 (株)奥村組筑波研究所 中江新太郎</p>
<p>第2回</p>	<p>平成元年8月23日 (茗溪会館)</p> <p>基調テーマ：Flow Slideと土木用新材料 基調講演 「LIQUEFACTIN - INDECED FLOW SLIDE OF EMBANKMENTS AND RESIDUAL STRENGTH OF SILTY SAND」 東京大学教授 石原 研而</p>
<p>第1回</p>	<p>昭和63年8月30日 (麴町会館)</p> <p>基調テーマ：設定せず 基調講演「第9回世界地震工学会議をふりかえって」 東京大学名誉教授 久保慶三郎 「ダムおよび斜面の耐震設計」 埼玉大学教授 渡辺 啓行</p>

【メモ】

「第 28 回技術セミナー」お問い合わせ先

株式会社奥村組 土木本部内

技術セミナー事務局

〒545-8555 大阪市阿倍野区松崎町 2-2-2

TEL:06-6625-3902 FAX:06-6625-3901