

特集「未来につながる技術」

解説

未来につながる技術

Technology that Leads to the Future

片岡 浩人

1. はじめに

大林組技術研究所は1965年12月に開設し、2016年は創設50周年の節目である、同時に大林組創業125年でもある。技術研究所の創設以降だけを取り出しても、情報通信技術（Information and Communication Technology, 以下ICT）を代表として技術は日々高度化している。大林組の創業時の技術者にしてみれば、想像もしなかったような材料、施工方法、構造物、あるいは社会が今日実現しているはずである。

将来、仮に2050年を想定した場合、どのような社会になり、どのような技術が実現しているのでしょうか。過去の人々がそうであったように、現在の我々もまた、将来について正確に予測する事は非常に困難である。少なくとも、地球温暖化に伴う気候の変調、化石燃料・資源の枯渇、少子高齢化や急激な人口の増減、あるいはライフスタイルの深化や多様化など、社会を取り巻く環境が常に変化し続けていくであろうという点だけは明らかである。一方で、現存する種々の技術的課題や、将来起こると予見されている自然災害などに起因するリスクに対して、なんらかの解決方法や緩和策を提示することは可能である。また、予想される社会的な課題に対して、技術的な側面から解決の方向性も示すこともできる。

大林組創業125年・技術研究所創設50周年記念行事 大林組テクノフェア2016「しなやかな未来を創る」^{1, 2)}（以下、テクノフェア；Fig. 1）では、あらゆる環境変化に柔軟に適応することで、高水準な豊かさを維持できる「しなやかな未来」が2050年に実現することを目標に定め、そのために貢献する技術の一部を紹介した。本特集では、テクノフェアでは紹介できなかった技術を含め、それらを「未来につながる技術」として特集論文・技術紹介で紹介する。

一方この解説は、テクノフェアの品川会場（平成28年10月6日、7日）、清瀬会場（同10月12日～15日）、大阪会場（同11月1日、2日）の3ヶ所で展示された技術の載録を兼ねる。そこで、テクノフェアのコンセプトの作成において参考にした未来予測や構想を紹介するとともに、コンセプトの中心においた目指すべき4つの未来社会像と、それに至った経緯を説明する。そして、テクノフェアに倣って、以下の4つのカテゴリー別に、大林組が開発している技術を社会の動向とその位置づけと共に紹介する。

・安全・安心が続く社会（レジリエントシティ）
・快適・健康で活力のある社会（アクティブライフデザイン）
・人と科学が協調する社会（ロボティクスコンストラクション）
・持続可能な環境と社会（サステナブルエネルギー）

2. テクノフェアで考えた未来社会像

テクノフェアではあるべき未来社会像を設定した上で、その実現に向けて貢献する現在取り組んでいる技術を紹介することを基本方針とした。既に当社で策定されていた中長期環境ビジョン「Obayashi Green Vision 2050」³⁾が同様の考え方で構成されている。しかし、「Obayashi Green Vision 2050」だけでは技術全般を分類する上で不十分なため、他



Fig. 1 大林組テクノフェア2016
“Obayashi Techno Fair 2016”

の要素も取り入れたうえで、これを発展させてテクノフェアの未来社会像を構成した。ここではテクノフェアで参考にした「Obayashi Green Vision 2050」および、未来予測や構想を紹介するとともに、テクノフェアで示した4つの未来社会像に至った経緯を紹介する。

2.1 Obayashi Green Vision 2050

「Obayashi Green Vision 2050」は、大林組が今後の事業活動で目指す方向性について、持続可能な社会づくりへの貢献という視点でまとめた中長期環境ビジョンである。その骨子は、将来あるべき姿として「2050年のあるべき社会像」を描いた上で、その実現に向けた中長期的な目標・計画を定める「バックキャストिंग」の手法に基づいている。すなわち Fig. 2 に示すように、2020年までのアクションプランや、CO2 排出量削減に関する2030年と2050年の数値目標など、今から大林組がすべきことを示している。

(1)大林組が描く「2050年のあるべき社会像」

「2050年のあるべき社会像」として以下に示す3+1社会を描き、持続可能な社会の実現を目指すとした。

1. 気候変動に影響を及ぼさない水準で、温室効果ガス濃度を安定させる「低炭素社会」
2. 新たに採取する資源を最小限とし、究極の循環システムを構築する「循環社会」
3. 生物多様性が適切に保たれ、自然の恵みを将来にわたって享受できる「自然共生社会」
4. 安全の確保を前提として低炭素社会・循環社会・自然共生社会を統合的に構築する「安全・安心な社会」

ビジョンを着実に実行するためには環境課題や社会のニーズに対して、例えば「低炭素社会」と「安全・安心な社会」のための取組みを組み合わせるなど、3+1社会の各要素を組み合わせたソリューションの提案や事業活動を統合的に検討していくことになっている。また、「2050年のあるべき社会像」の実現に向けた取組みは、大林グループだけでなく他企業や行政、研究機関との協働も視野に入れながら進めるとされている。

(2)2020年までのアクションプラン

「2050年のあるべき社会像」として描いた3+1社会について、それぞれを「建物・都市建設」（ビル、街づくりおよびオペレーション）、「インフラ建設」（インフラづくりおよびオペレーション）、「サービス提供」（その他サービス）という3つの事業分野（事業領域）に分け、事業分野毎に具体的なアクションプランを設定している。その際、大林組が直接関与できることと、間接的に関与できることを分けて策定している。

直接的なアクションプランの例

- ・新たな工法・材料の開発やICTの活用による低炭素型の施工
- ・最新技術を適用した自社施設の省エネ
- ・ペーパーレスによるオフィスでの省資源
- ・ビジョン実現に関連した技術の開発

間接的なアクションプランの例

- ・より高度な省エネルギー提案（ZEB:ゼロ・エネルギー・ビルディング）
- ・省エネルギーサービス事業の実施
- ・環境配慮型開発事業への参加（スマートシティの提案・建設）
- ・再生可能エネルギー発電事業への参加（メガソーラー・風力・バイオマス）
- ・生産時低炭素型資材の適用推進（環境配慮型コンクリート）

今後のアクションプラン推進にあたっては、建設業として環境に貢献できることに取り組みつつ、建設周辺の事業領域への拡大にも積極的に挑戦してゆく予定となっている。

(3)低炭素社会の実現に向けた数値目標

「低炭素社会」、「循環社会」、「自然共生社会」に「安全・安心な社会」を加味した「2050年のあるべき社会像」に関するアクションプランのうち、「低炭素社会」については2030年と2050年に達成すべきCO2 排出量削減項目を Fig. 3 のように定め、より実効性のあるものとしている。前記(2)と同様に、アクションプランを直接的に貢献できることと間接的に貢献できることに分け、それぞれに設定した数値目標の達成に向けて今後の活躍を推進して行くとしている。

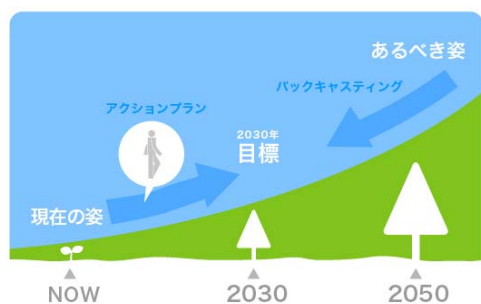


Fig. 2 あるべき姿に向けたバックキャストिंग
Back Casting toward the Society Should Be in 2050



Fig. 3 低炭素社会の実現に向けた数値目標
Numerical Goals for Achieving the Low-Carbon Society

2.2 参考にした未来予測や未来構想の事例

(1)日本の人口の減少と少子高齢化

人口増減の予測は比較的誤差が少ないと言われている。国による予測⁴⁾では、日本の人口構成は少子高齢化が進み、人口も2060年には8674万人(中位推計)に減少する。このことは、例えば日本の労働力やマーケットサイズが減少する、あるいは普及価格帯が移動することを意味する。したがって、その条件下でいかにして社会の活力(経済力だけでなく災害からの回復力なども含む)を維持し、増進させるかが課題となってくる。また、人口減少は結果として地域格差の拡大を招きかねないとの指摘もある。ただし、世界に目を向けると人口が増加している地域もある。

(2)大気中のCO2濃度

大気中のCO2濃度は産業革命以来上昇を続けており、この先も上昇が続くであろうということは広く知られている。これが「地球温暖化」や「異常気象」の原因になっているという説も有力である。持続可能な低炭素社会を構築することは21世紀の世界全体における重要な課題であり、大林組も「Obayashi Green Vision 2050」に基づいて対応を始めているのは既に述べた。日本のエネルギー自給率は6%程度と低く、88%を外国産の化石燃料で賄っている⁵⁾こともあり、経済産業省では2030年までに新築建築物の平均でZEBの実現を目標に掲げている⁶⁾。

(3)地震予測

日本政府から各種の地震予測・被害想定が発表されている^{7,8)}。特に脅威となる南海トラフ地震が前回起こったのは1944年と1946年であるので、過去100~150年周期で起きていることを考えると、2050年には準備を終えていなければならない。ただし、発生確率が0%に近い地域に大きな地震が起きていることも事実であり、日本全国で地震への備えを怠ることはできない。この他にも風水害・火災・経年劣化などが懸念される。

(4)科学技術

コンピュータの計算速度や、スマートフォンに代表される携帯情報端末の台数など、ICTの進歩・発展を示す各種の指標は右肩上がりのままである。未来の人口や環境、災害などのさまざまな課題はICTを上手に利用することで解決できるとする予測⁹⁾もある。ロボット技術や医療・医薬技術の進展も高齢化社会問題の解決に寄与している。一方で、2045年に来ると言われている技術的特異点(シンギュラリティ)¹⁰⁾に対する懸念のように、人工知能の驚異的な発達やビッグデータの利用拡大など非常に速い技術革新に対する警戒も社会にはある。科学技術を活用するとともに「社会的な受容」を図ることも技術開発に当たって重要である。

(5)国土のグランドデザイン2050

国土交通省から「国土のグランドデザイン2050」¹¹⁾が示され、「多様性・連携・レジリエンス」を国土づくりの理念に掲げている。その中では情報と人・物のネットワークの再構築により「国全体の生産性を向上させる」としている。

2.3 テクノフェアで設定した目指すべき未来社会像

2.1, 2.2で述べたように将来にもさまざまな課題があるため、1つの未来社会像に集約することはできず、多様な社会像を示すのが現実的であると判断した。また建設業における技術開発の分野は「品質・生産性向上」、「安全・安心」、「地球環境」、「快適・健康」、「その他」に分類されている¹²⁾。2.2の事例も踏まえると、この分類は未来においても意義を失わないと思われる。これらに加え、大林組の技術を分類することも考慮して目指すべき未来社会像を構成した。

(1)目指すべき未来社会の方向性

まず「Obayashi Green Vision 2050」で描いた3+1社会のうち「安全・安心」を分離し、その他を「持続可能な地球環境」としてまとめた。次に人命や地球環境が守られたとしても、人々が幸せな生活を送れなければ意味が無いため、「快適・健康と活力」を加えた。最後にこれら3つの実現にも不可欠な科学技術の活用が、人と社会の発展に寄与すべきである考え、「人と科学の協調」を加えた4つを目指すべき未来社会の方向性とした。

「人と科学の協調」では、特にICTによって「仮想空間」でさまざまな検討を事前に行い、最適な対応を選択し、それを「実空間」で実施する事が可能になる。そして、このようなプロセスが多くの人間活動・社会に浸透すると考える。例えば、現在でもBIM(Building Information Modeling)で設計を行い、施工検討を行うことが増えており、設計の段階で耐震や避難のシミュレーションによって詳細に災害に対して性能検証することもある。BIMの利用によって設計(仮想空間)や施工(実空間)の品質や生産性は向上しており、BIMデータから直接的に施工ロボットや施工機械を動かす時代も遠くはないと想定する。さらには、仮想空間と実空間とのやり取りが快適や健康、活力の分野や、エネルギーマネジメント(大林組ではSCIM(Smart City Information Modeling)を活用しはじめている)や、建物、都市の維持管理・防災マネジメントの分野にも及ぶと考える。すなわち、各分野ともICTが必要不可欠になると予想しており、次の(2)で述べる技術分類に当たっても配慮した。

(2)4つの未来社会像と技術の分類

テクノフェアでは目指すべき未来社会像を以下の4つとし、それぞれ括弧書きのサブタイトルを付け、貢献する技術を整理統合した。また、各未来社会像に向けたソリューションに貢献できる具体的な技術を分類するに当たっては、下記の点に留意した。

1) 安全・安心が続く社会(レジリエントシティ)

耐震技術などの防災・減災技術の他に、経年劣化に対応する技術や品質向上に資する技術を分類することにした。

2) 快適・健康で活力ある社会(アクティブライフデザイン)

高齢化が進めば個々人の快適・健康・活力だけでなく社会の活性化も課題である。このような視点から、地域間のネットワークを形成するインフラの短工期技術などをこのカテゴリーに分類した。また、ものづくり技術としての「生産性向上」の多くを含むこととした。

3) 人と科学が協調する社会(ロボティクスコンストラクション)

「科学」は種々考えられ他の社会の基盤ともなっているが、ここでは BIM や CIM, ロボット技術, 無人化技術などの ICT を活用した建築生産の「品質・生産性向上」に適用したものに絞ることとした。

4) 持続可能な環境と社会（サステナブルエネルギー）

「Obayashi Green Vision 2050」では広い範囲に渡って「持続可能な地球環境」を考え、アクションプランを策定した。しかし、今回のテクノフェアでは、エネルギー関連技術を中心に紹介することとし、大林組が既に始めている「再生可能エネルギー事業」も含めた。

3. 安全・安心が続く社会（レジリエントシティ）

我々は、地震や津波、竜巻、火災といった災害リスクを抱えている。このような災害では、人命を守ることはもちろん、災害後に通常の暮らしに速やかに回復できる高度な防災・減災機能の実現が期待される。以下では、安全・安心が続く社会の実現に寄与する技術を紹介する。

3.1 防災・減災を支える精緻なシミュレーション技術

災害の影響を正確に予測し対策を行えば、被害を最小に抑える事が可能である。地形や地質、構造物、街区レイアウトなどの要素を反映したシミュレーションで災害の影響を精緻に予測することで、適切な対策ソリューションの提供に貢献する。

(1)長周期地震動評価（Fig. 4）

巨大地震で発生する継続時間の長い「長周期地震動」を評価するために、地下数 km にある岩盤の形状とその上の柔らかい堆積層の影響を広域で考慮してシミュレーションを行う。得られた地震動は建物の長周期地震動対策に活用する。

(2) FINAL-GEO（特集論文）

三次元非線形解析技術「FINAL」を計算の精度と容量の両面で高度化し、地盤および構造物の破壊に至るまでの挙動を高精度に予測再現する。数多くの実験との比較検証により解析の信頼性は高く、複雑で大規模な原子力関連構造物の挙動シミュレーションなどに豊富な実績がある。

(3)津波シミュレーション

想定した地震に対して、津波の挙動をシミュレーションする。例えば防潮堤の有無により津波の浸水範囲や浸水までの時間がどう変化するか評価し、避難や防災計画に役立てる。

(4)数値風洞エアロダイナ（Fig. 5）

コンピュータ上で計画建物および周辺の建物を再現し、数値流体計算によりこれらの建物に作用する風力を予測する。得られた風力を用いて、設計用風荷重や強風時における高層建築物の風揺れによる居住性能を評価する。縮尺模型を製作して行う従来の風洞実験を大きく補完する技術として期待されている。

(5)津波避難シミュレーション

津波シミュレーションと避難シミュレーションを組み合わせ、防潮堤の有無や避難訓練の効果等を考慮した避難状況が把握できる。シミュレーション結果から、より安全で効果的な避難計画の策定を支援する。

(6)火災避難シミュレーション

建築計画の工夫で避難時の安全性が向上することを評価し、建築設計に反映させるためのツールである。出口幅や配置を変えた時の通行動線、退出時間や滞留状況を、企画・設計段階から把握できる。従来からの避難計算に基づく評価ではわかりにくい避難状況を、直感的な動画で確認できる。

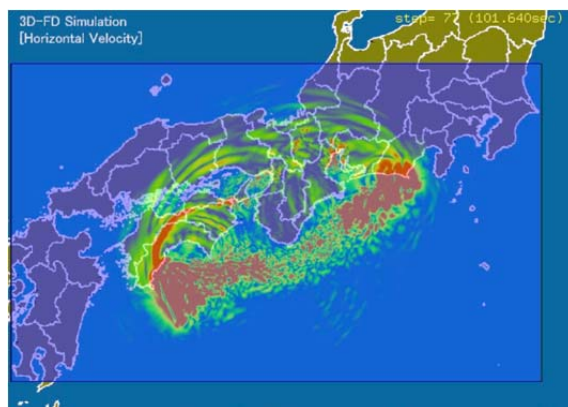


Fig. 4 長周期地震動評価
Long-period Seismic Motion Evaluation

3.2 巨大地震にも対応できる適材適所の制震技術

建築物の規模や構造、用途、立地条件、コスト計画などに合わせて選択可能なさまざまな制震技術を用意している。いずれも大地震の揺れを柔軟かつ強力に制し、都市機能や事業の継続をサポートする。

(1) DFS（デュアル・フレーム・システム）

1つの建物を独立した2つの構造体（立体駐車場、超高層住宅棟）で構成し、お互いを制震装置（ダンパー）で連結する制震構造システムである。剛い立体駐車場と柔らかい超高層住宅棟をダンパーでつなぐことで、互いの揺れを抑制できる。

(2)ブレーキダンパー（Fig. 6）

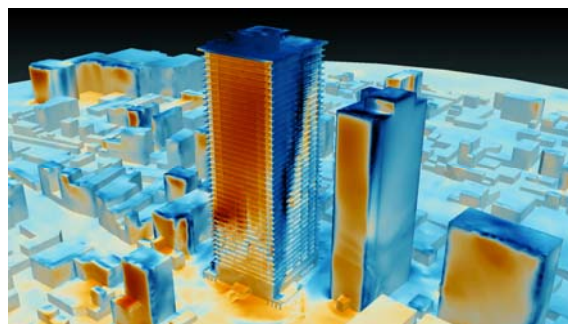


Fig. 5 数値風洞エアロダイナ
Numerical Wind Tunnel "Aerodyna"

ステンレス板とブレーキ材の間に生じる摩擦力で建物の揺れのエネルギーを吸収する制震システムである。皿ばねでボルト軸力を一定に保持するため安定した摩擦力を発揮し、建物の揺れを確実に吸収する。長周期地震動による繰り返しの揺れにも耐える優れた耐久性があり、大地震後でも取り替えの必要がなく、メンテナンスも不要である。

(3)ペアマスダンパー（特集論文）

超高層建物の頂部に大質量の錘を有する TMD (Tuned Mass Damper: 同調質量ダンパー)を設置する。錘を大きい振幅で動かすことで、大地震による建物の揺れを低減する装置である。ペアマスダンパーでは、錘として振子と倒立振子を併用することにより、コンパクトで設置後も建物固有周期の変化に応じて周期の再調整が容易にでき、常に高い制震性能を発揮する。また、TMD を独自のフェイルセーフ架台に搭載することで、想定外の過大地震動に対応する安全性も確保している。

(4)ラピュタ 2D (Photo 1)

建物と地面の揺れから最適な制御力を求め、油圧アクチュエータで地面の動きと反対方向に建物を動かすことにより、地震の揺れを打ち消すシステムである。従来の免震システムが建物の揺れを地面の揺れの 1/3 から 1/5 に低減するのにに対し、「ラピュタ 2D」は 1/30 から 1/50 に低減する。

3.3 構造物の強靭さを高める補強技術

既存の構造物では、巨大地震に対して耐震性能が不足する場合がある。個々の構造物の特性に合わせてパフォーマンスを発揮する独自の補強技術を開発・提供している。

(1)スーパー板壁工法

伝統木造建築の多くに採用されている「落とし込み板壁」を利用する補強工法である。落とし込み板相互と柱間に設けた縦枠材を、それぞれ長ダボとほぞで一体化する。従来工法より少ない壁量で高い耐震性を発揮する。伝統木造建築物だけでなく一般木造建築物の新築や耐震補強にも適用できる。

(2) 3Q 工法 (Fig. 7)

3Q すなわち、「Quiet (静かに)」、「Quick (素早く)」、「High-Quality (高品質)」な耐震補強工事を行うために、音の出る作業やコンクリート打設、溶接作業を削減する一連の工法を開発した。同工法には、小型のブロックを積んで構築する耐震補強壁を既存躯体と強固に接着させる「3Q-Wall」、分割鋼管で拘束した枠付ブレース補強により狭隘な場所でも施工が可能な「3Q-Brace」、既存躯体面をウォータージェットで目粗しを行うことで補強部材との一体性を向上させる「3Q-Joint」がある。

(3)ブレーキダンパー（引張ブレース型）(特集論文)

鋼棒などを用いた 4 本の引張ブレースの中央にブレーキダンパーを組み込んだ、スリムな制震ダンパーである。柱や梁が細くしゃしゃな既存の骨組みや、配管などが入り込む狭隘なスペースにも適用できる。大地震に対して安定した摩擦力を発揮し、作動を繰り返しても性能の低下がなく、取り替えやメンテナンスが不要であるという特長はブレーキダンパー (3.2(2)) と同様である。

(4)タフロード (Fig. 8)

地震時の液状化による道路の変状を、ジオグリッド（高分子材料からなる地盤補強材）と軽量土、安定処理土（現地発生土）を用いて抑制する工法である。液状化による道路の排水勾配の変化、極端な沈下や隆起、段差を抑制し、被災時でも人や車が通行できる機能を確保する。路床部までの補強のため、従来の深層までの液状化対策に比べて経

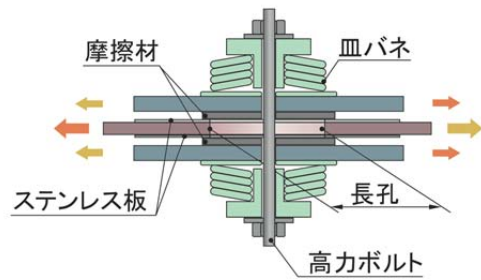


Fig. 6 ブレーキダンパーの基本構成
Basic Configuration of the Break Damper

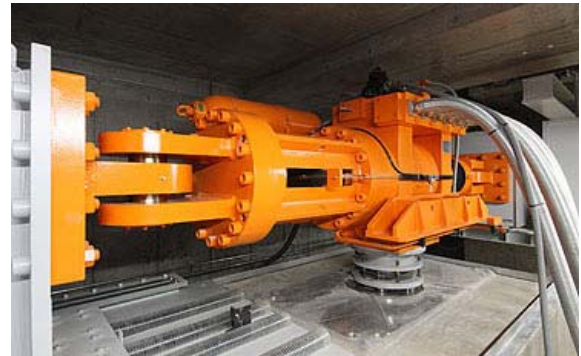


Photo 1 ラピュタ 2D の油圧アクチュエータ
Hydraulic Actuator for "Laputa 2D"

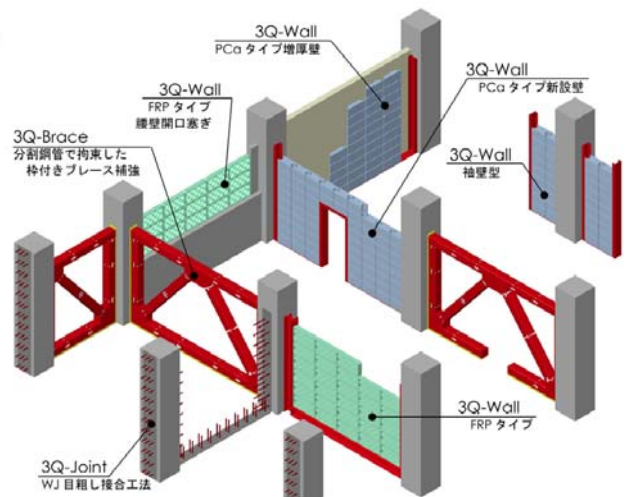


Fig. 7 3Q 工法
Strengthening Method "3Q-Wall", "3Q-Brace", "3Q-Joint"

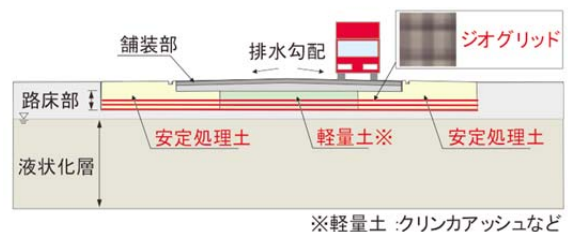


Fig. 8 タフロード
Countermeasure to Prevent Road Deformation on Liquefiable Ground, "Tough-Road"

済的である。

(5)側方流動抑止杭工法

護岸背後の敷地に間隔を置いて杭列を設置し、液状化による地盤変状を効果的、経済的に低減する工法である。抑止杭は地盤の流動性状や流動外力に応じて適切な間隔で配置できる工法のため、地盤改良のように連続的な工事が必要な他の対策工法と比べて施工の自由度が高く、経済的である。

(6)たてもの診たろう

建物に求められる性能を総合的かつ定量的に診断し、建物の問題点や性能レベルを客観的に把握するシステムである。目視とヒアリングを中心とした診断により、現地調査は1日程度で完了する。リニューアル計画の立案、維持管理計画の策定など、建物のライフサイクルマネジメントを効果的に推進できる。

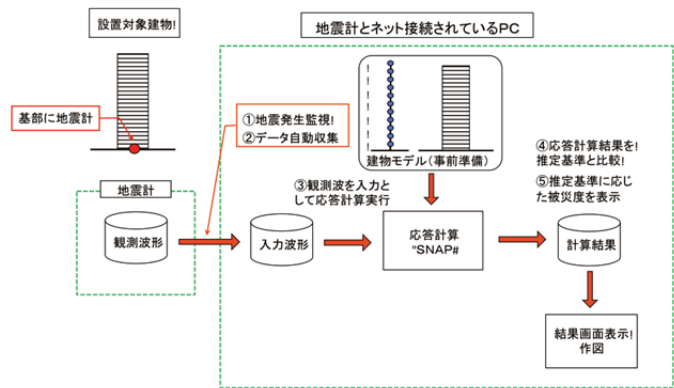


Fig. 9 建物地震被災度即時推定システム
Instantaneous Estimation of Structural Damage

3.4 災害や劣化などに立ち向かうための技術

建築物や構造物は、災害による損傷だけでなく経年による劣化というリスクを常に抱えている。災害や日々進行する劣化に対する独自技術を以下に示す。

(1)建物地震被災度即時推定システム (Fig. 9)

地震直後に建物の被災度を推定することで、建物の所有者と利用者の安心を確保できるシステムである。建物管理者によるBCP(事業継続計画)対策、建物設計者による建物の被災状況の詳細分析や復旧対策に活用できる。1台の地震計のみによるシステムなので、既存の建物にも容易かつ低コストで設置可能である。

(2)オメガウッド

木造部材の外側に耐火層と燃えしろ層を設けた3層構造にすることで、2時間耐火までの木造建築を可能にする。表面が木材の層であることから、木のぬくもりを感じられる建物がデザインできる。中心の木造部材は、汎用材のLVL(単板積層材)をビスなどのつづり材で一体化することにより、2次接着をせずに大断面木材の製作が可能となる。そのため、ローコストで大スパンの木造建築を実現できる。なお、準耐火建築物の場合には耐火層と燃えしろ層が不要となるため、中心の木造部材をそのまま現し仕上げとすることができる。

(3) LCC ナビ

新設および既存のコンクリート構造物の劣化予測を行うことによりそれぞれのLCC(ライフサイクルコスト)を評価し、コストも考慮した最適な補修方法を提案するシステムである。構造物の条件や環境条件、補修条件などの諸条件を入力するだけで、構造物の劣化予測とLCCを算出・グラフ化する。

(4)コンクリート構造物の長寿・延命化技術

コンクリート構造物の長寿・延命化を図る技術として、以下の技術を開発・提供している。

- ・超高強度・高靱性コンクリート：スリムクリート
- ・自硬性を有する2液混合型のひび割れ注入材料：ミクストグラウト
- ・PVB樹脂を塗装した防食鉄筋：PVB-S被覆鉄筋

4. 快適・健康で活力のある社会 (アクティブライフデザイン)

人口や生活機能が集中する都市部は、利便性が高まる一方で、快適性を犠牲にしている面がある。一方、地方は人口減少による活力低下の克服が求められている。そこで、健康で快適な暮らしを実現するとともに、人と人、あるいは都市と周辺地域とを交通や情報のネットワークでつなげることで、社会に健やかな活力を生み出すことが出来ると考える。このような社会の実現に役立つ技術を以下に示す。

4.1 熱中症防止のための技術

熱中症災害などの発症率が高い建設業に向けて、バイタルデータと環境データをIoTにより収集して作業員を見守るための技術を開発した。

(1)作業員向け安全管理システム Envital(Fig. 10)



Fig. 10 Envital システム概要図
System Schematic Diagram of "Envital"

作業員の体力はそれぞれ異なり、また体調は作業環境とともに随時変化する。そこで、IoT(モノのインターネット)とクラウドサービスを介して、作業員の体調管理と災害防止を目的とした対策が円滑に行える現場の環境づくりを支援している。Envital(エンバイタル)は、NTTコミュニケーションズ(株)と共同で取り組んでいるシステムで、「hitoe[®]」等のウェアラブルセンサーを着用するだけで各作業員の心拍などのバイタルデータを取得でき、さらに「暑さ指数ウォッチャー」で各作業環境のWBGT値(環境データ)を計測することにより、熱ストレスなどからの危険度を判断している。「hitoe[®]」は日本電信電話(株)と東レ(株)による開発)

(2)暑さ指数ウォッチャー (Fig. 11)

建設現場内の複数個所のWBGT(暑さ指数)を連続的に測定し、その情報を工事事務所で一元管理できるシステムである。メールで作業員などに迅速に通知・注意喚起することで、熱中症予防につなげることができる。

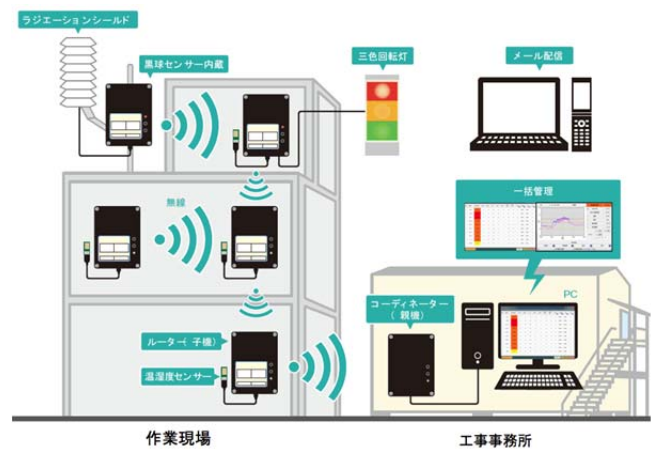


Fig 11 暑さ指数ウォッチャー構成図
WBGT Sensor System Diagram

4.2 都市の快適性を極める技術

都市や街の暑さ軽減だけではなく、生活者一人ひとりの状態を把握して誰もが快適に過ごせる環境を提供することが、本当の意味での「心地よい街づくり」である。以下に「心地よい街づくり」に貢献する技術を示す。

(1)ヒートアイランド対策技術

都市化に伴う都市域の気温の上昇が、熱中症患者の増加などの社会問題の要因となっている。このような都市のヒートアイランド現象の緩和を目的として以下のような技術を開発してきた。

- ・緑化技術：屋上緑化「グリーンキューブ ライト」、垂直面緑化「グリーンキューブ スクリーン」(Photo 2)
- ・舗装技術：湿潤舗装システム「打ち水ペーパー」、緑化舗装システム「打ち水ガラスパーク」
- ・屋外冷却技術：二流体細霧冷房システム「さらっととミスト」
- ・予測技術：数値都市気候モデル「Appias」

(2)都市緑化技術

都市の緑地は街の中に潤いをもたらしてくれるだけでなくヒートアイランド現象を抑制し、周囲の緑地との連携により既存の生態系を支えることにもつながる。「心地よい緑」の提案事例として、「なんばパークス」や「品川セントラルガーデン (Photo 3)」などがある。

(3)快適空間誘導アプリ 「心地アップナビ」(特集論文)

利用者のニーズを「環境情報」、「生体情報」、「ソーシャルデータ」の3つの要素からリアルタイムに評価し、利用者にとって最適な空間での過ごし方を提案するアプリを開発した。商業施設等に活用することで、施設全体の回遊性の向上、屋外空間の利活用の促進を図る。



Photo 2 グリーンキューブ スクリーン
Green Cube Screen



Photo 3 品川セントラルガーデンの緑地
Green Space of Shinagawa Central Garden

4.3 次世代農業技術

食の安全・安心への意識が高まる一方で、世界的な食料不足が危惧されている。植物工場は場所や季節に限定されず天候の影響も受けにくく、光や空調制御により、野菜の栽培に最も適した環境を常に維持できる。さらに、栄養素を強化した機能性野菜の生産にも適している。人工光型の垂直式植物工場 (Photo 4) は、生産性、効率面で優れており、既存の人工光型植物工場の課題を解決する今後の技術である。

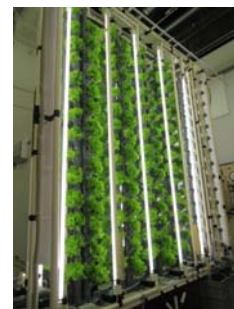


Photo 4 垂直式植物工場
Vertical-type Plant Factory

4.4 医療現場、医薬製造の環境を改善する技術

医療スタッフが最適な状態で手術に取り組める理想的な手術室や、安全な医療空間、医薬製造環境の実現に向けて、以

下のような技術を開発した。

(1)手術室の熱・気流シミュレーション

手術室の設計においてBIM、人体熱モデル、気流計算を連携させて室内環境をシミュレーションする。計算結果から手術室内の温度、空気の流れ、および清浄度を確認し、理想的な手術室を設計する。

(2)ミスト噴霧除菌技術 マルチミスト（特集論文）

「マルチミスト」は、二流体細霧冷房システム「さらっとミスト」を応用した薬剤のミスト噴霧により医療空間内を除菌する技術である。濡れない微細な霧により薬剤が機器や備品周りの隅々にまで行きわたるため、徹底した除菌が可能である。

(3)過酸化水素による高効率な除染（特集論文）

医薬品無菌製剤施設では、従来のホルマリン燻蒸に代わって過酸化水素除染が実施されるようになった。しかし、過大な過酸化水素の投入は建材の腐食につながる。そこで、室内相対湿度を制御することで、効率よく除染する方法を開発した。

4.5 都市や地域をスムーズにつなぐ技術

都市内あるいは都市と地域の間で、人、物、情報の行き来があってはじめて活力ある都市や地域が実現される。都市内にはりめぐらされたライフラインや、地域と地域をつなぐ道路とトンネルなどのネットワークを円滑につなぐ以下のような技術を開発している。

(1)URUP工法（Fig. 12）

都市部の道路や踏切の立体交差化に向けて、シールドマシンによる地上発進・地上到達のトンネル施工法を開発した。従来の立坑・開削工事がなくなりアンダーパスを急速施工できるため、交通渋滞を早期に解消できる。周辺環境や地球環境にも優しい工法である。

(2)省エネシールド工法（Fig. 13）

都市部の地下シールドトンネル工事ではシールド機の大口径化や、高速掘進とともに、施工の省エネルギー化が望まれている。「省エネシールド工法」では、内周部と外周部を別々に回転させる二重カッター方式を採用することで、従来工法に比べ掘進速度の向上と電力消費量の低下を実現した。

(3)長大トンネルの急速施工技術

山岳トンネルの長距離や大深度での施工では、前方の地質を把握することが難しく、工事中に落盤や湧き水の出水により工期が遅れるリスクを抱えている。そこで、山間部におけるトンネルの安全な急速施工を実現するために前方探査技術をはじめ、残土搬送システム、覆工システムの高度化といった以下の技術を開発している。

- ・前方探査技術：ノンコア削孔切羽前方探査技術「トンネルナビ」（Photo 5）
- ・残土搬送システム：連続ベルトコンベアー 低空頭ベルト捻転装置
- ・覆工システムの高度化：連続ベルコン通過型テレスコピック式セントル

(4)LRV工法（Fig. 14）

LRV工法はこれまで現地で建設していた鉄筋コンクリート構造物を、品質管理の行き届いた工場で各部材毎に製作し、特殊な接合方法で組み立てる技術である。鉛直移動（V工法）と水平方向（H工法）を巧みに組み合わせることで、これまで多くの高層建築の実績を積み重ねてきた。今回新たに、LRV工法を水平に長い鉄道高架橋に適用する技術を開発した。LRV工法によって、品質向上・工期短縮・建設時の環境負荷低減が期待される。

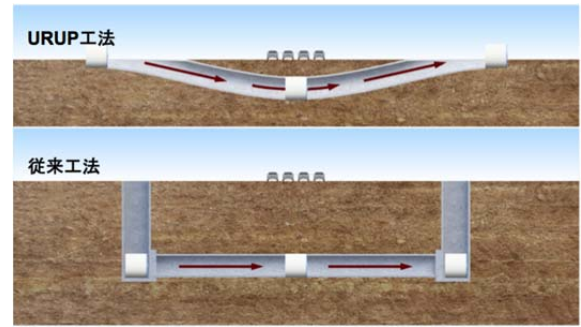


Fig. 12 URUP工法
Ultra Rapid Under Pass Method

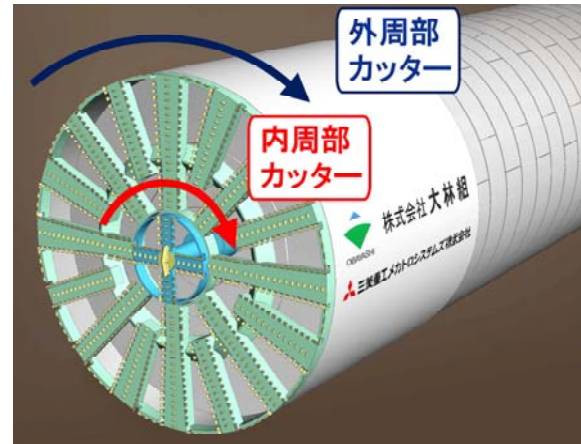


Fig. 13 省エネシールド工法
Energy-saving Shield Construction Method



Photo 5 ノンコア削孔探査技術トンネルナビ
Non-core Drilling Exploration System "Tunnel Navi"



Fig. 14 鉄道高架橋へのLRV工法の適用
Application of "LRV" Method to the Railway Viaduct

5. 人と科学が協調する社会（ロボティクスコンストラクション）

発注者が抱くイメージを AI（人工知能）が 3D で自動設計し、仮想現実技術によりリアルタイムで確認・修正を重ねていく。完成した設計データをもとに、3D プリンターで資材を加工し、出来上がった資材をロボットにより現場に搬入し、そして完全に自動化・自律化された現場で短時間のうちに施工される。個々の部材に関する情報はネットワークを介してサーバー上で一元管理され、履歴、劣化や疲労といった情報が蓄積され、改修が必要なタイミングを知らせてくれる。このような設計・施工・維持管理の自動化に向けた技術を以下に示す。

5.1 バーチャルテクノロジー

現実にある都市のインフラや建物を 3D の仮想空間に描き直し、登録した情報を維持・管理に役立てることで、設計や施工、メンテナンスの高度化・省人化を加速できる。

(1) 建設生産プロセス管理システム CIM (Construction Information Modeling/Management)

CIM は調査・設計段階から土木構造物のバーチャルな 3 次元モデルを作成・活用し、施工や維持管理といった実空間のフェーズに連携・発展させる技術である。次のような技術で構造物モデルを 3 次元で「見える化」することにより、施工後のイメージを把握しやすくなり、関係者間の迅速な合意形成にもつながる。

- ・ UAV（無人航空機・ドローン）による土量確認のための写真測量（特集論文）
- ・ MMS（車両搭載型レーザー計測システム）を活用した 3D レーザー測量（Fig. 15）

(2) BIMWill

BIMWill は BIM モデルを活用して各種システムと連携し、建物の管理業務を行うシステムである。建物管理情報のデジタル化により、建物および設備機器等の保守点検作業の効率化・高度化が実現される。現在、熊本大学と共同開発を行っている。

(3) スマート BIM

3 次元建物モデルに仕上げ情報やコスト、管理番号などの属性情報を追加して建物データベース（=BIM）を構築する。これにより設計、施工、アフターケア、維持・管理などあらゆる工程で活用が可能である。

(4) 建築維持管理用ツール BIMobile（ビーモバイル、Fig. 16）

現場に携帯する iPad に表示された 3 次元モデルと実際の点検対象とを見比べて、点検作業を行う管理ツールである。3 次元モデルが持つ属性情報を iPad に表示させるとともに、サーバーに保存された図面や取扱説明書等のドキュメントを閲覧することが可能である。さらに、写真や点検記録等の様々な情報を点検対象のモデル要素に関連付けて入力でき、建物の維持・管理業務のさらなる効率化・高度化に貢献する。

(5) 施工時挙動予測技術（特集論文）

大深度地下を利用したインフラ整備では、大深度地盤の施工時挙動を把握することが重要である。そこで、首都圏でサンプリングした上総層群泥岩の試験結果をもとに、FEM による数値解析に適用可能な非線形構成モデルを構築した。大深度での空洞掘削事例の再現解析を実施した結果、実務での施工時挙動の予測に十分な精度が得られた。

5.2 施工現場の無人化を進める技術

現場作業をロボットに託すことができれば、安全面や労働力不足という建設業界が抱える課題が解決できる。建設現場の完全無人化を目指して以下に示すようなロボット技術の開発を行っている。

(1) 汎用遠隔操縦装置サロゲート

自然災害の多発化・甚大化に加え建設機械の技能者不足を背景に、無人化施工のニーズが急速に高まっている。一方、無人化専用重機は高価で台数に限りがあるため有事の際の迅速な対応に課題がある。そこで、汎用の建設機械に着脱できる簡易な遠隔操縦装置を開発した。

(2) マルチクローラー型無人調査ロボット（特集論文）

土砂災害の早期復旧には、上空からでは把握できない崩壊土砂の堆積や土質等の調査が必要になる。しかし、現地での調査には 2 次災害の危険が伴い困難を極める。そこで、速やかに現地の地盤などの調査に取り掛かることができるロボットを開発した。高い走破性ととも、臨場感ある 3D 映像の導入による遠隔操作が特徴である。

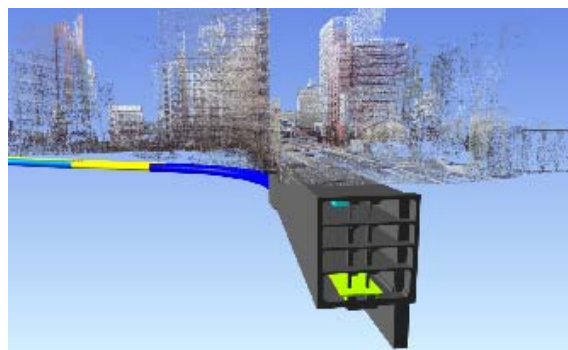


Fig. 15 MMS を活用した 3D レーザー測量
3D Laser Survey using Mobile Mapping System



Fig. 16 BIMobile
Building Maintenance Management Tool "BIMobile"

(3) ロボットスーツによる作業支援 (Photo 6)

建設業界では少子高齢化による熟練労働者の不足、重労働や単純作業の敬遠などにより、建設技能労働者の確保が困難になると予想されている。そこで、対策の一つとしてロボットスーツ HAL[®]による作業支援に取り組んでいる。実際の建設現場において腰への負担が大きいと予想される作業に適用したところ、重量物運搬作業ではロボットスーツ着用の効果が確認できた。(HAL[®]は、サイバーダイネ(株)の製品)

(4) 低床式 AGV (特集論文)

資機材の搬送は建設現場のすべての工程に共通する作業である。低床式 AGV は車高が 180mm の自動搬送台車で資機材の下部にもぐり込み、油圧ジャッキで持ち上げて搬送する。段差やスロープを越えられるため最大 1,000kg の資機材を積載したまま工事用エレベーターに乗降できる。これによって、搬送に関わる作業員数を 50%削減することができる。

(5) 工程認識 AI (特集論文)

人工知能技術のひとつである Deep Learning を応用して工事写真に写っている建設資材を認識し、その構成比率などから現在の作業工程を推定する技術である。高層集合住宅のように多数の部屋を有する建物の工事現場では、工事管理者が各部屋を巡回して日々の進捗を管理しているが、工程認識 AI はこの作業を省力化できる。

(6) 品質管理 UI (Fig. 17)

ヘルメットにカメラを装着し作業者の目線で取得した映像をロボットビジョンの技術で解析すると、作業者の位置と向きが得られる。品質管理 UI はこの情報を BIM モデルと照合してカメラに映った被写体を特定し、部位・部材に関連する図面・記録写真・製品情報などをカメラの映像に重ねて表示する技術である。シースルー型ディスプレイなどと組み合わせると、工事現場での品質管理がより身軽に行える。

(7) ロボット溶接 (特集論文)

今後予想される現場溶接技能者の減少・不足に向けた対策と現場溶接型鉄骨梁の高性能化を目的として、梁の下フランジをロボットで上向き溶接する現場ノンスラップ工法を開発した。

(8) 外壁検査システム (特集技術紹介)

外壁タイル検査では検査員が打診・記録する必要のあるタイル数は膨大であり、ゴンドラや仮設足場上での高所作業となるため危険性が増す。そこで、高効率かつ安全に検査する自動検査装置の開発を行った。外壁にある換気フードや窓など障害となる物体の周囲まで検査できるよう、左右に伸縮する検査アームを持つ点に特徴がある。本システムにより、外壁検査の最大検査効率と検査精度が従来手法に比べて大幅に向上した。



Photo 6 ロボットスーツを用いた作業状況
Working Situations using a Robot Suit "HAL"



Fig. 17 品質管理 UI
Futuristic User Interface for Quality Management

6. 持続可能な環境と社会 (サステナブルエネルギー)

化石燃料の枯渇が叫ばれるようになって久しい。そのため、太陽光などの再生可能エネルギーの創出と活用は持続的な経済成長はもちろん、地球温暖化対策にも欠かせない。また、万一の災害時などに電力を供給し事業や生活の機能を保つことも大切である。以下では、効率的なエネルギー利用、水素利用、洋上風力発電などに関する技術を紹介する。

6.1 効率的なエネルギー活用技術

(1) スマートエネルギーシステム (特集論文)

2010年に完成した大林組技術研究所新本館「テクノステーション」は、ZEB(net Zero Energy Building)を達成し続けている。さらに、2015年度からは研究所構内全体で「スマートエネルギーシステム」の運用を開始した。分散電源の最適制御や SCIM (Smart City Information Modeling)によるエネルギーの見える化など、ICTと人を活用したエネルギーマネジメントにより「創・蓄・省・節エネ」を実践している。

(2) エコナビ (シティ版) (Fig. 18)

スマートシティの省エネ・低炭素化、電力自給率を簡単に評価できるツールである。設備投資回収年数などの事業性や CO2 削減量などの環境性を速やかに確認できる。

(3) 明るさ感指標を利用した光環境制御システム (Fig. 19, Photo 7)

照度による画一的な明るさの評価ではなく、「人が感じる明るさ感」を数値化する「明るさ感指標」を利用し、照明と

ブラインドを制御する。手元に必要な明るさはタスク照明で確保しつつ全般照明は低照度に抑える。その際、壁面など視界に占める割合の多い場所の明るさを確保し、部屋の明るいイメージを保つと同時に照明電力消費量の低下を図る。

(4) ガラスカーテンウォールによる創エネ・省エネ (特集論文)

創エネおよび省エネ措置の一環として、カーテンウォールと一体化した太陽光発電システムを開発した。充電コントローラによって蓄電池電圧が維持されるとともに、断熱アルミフレームがカーテンウォール全体の断熱性向上に寄与する。

6.2 再生可能エネルギー創出技術

大林組は、再生可能エネルギー事業を目的とする(株)大林クリーンエナジーを2012年に設立し、太陽光発電事業をスタートした。自ら発電事業を手がけることでEPC(設計、調達、施工)の技術を蓄積している。さらに、風力、木質バイオマス、地熱、小水力などの自然エネルギー活用への取り組みを幅広く進めている。

(1) 太陽光発電

太陽光発電は現在25カ所37発電所(84MW)が稼働中である。2017年度初頭には、自社使用電力量の約130%に相当する128MWの太陽光発電所が稼働の予定である。

(2) 風力発電

風力発電事業の普及は国内の再生可能エネルギーの導入率の向上に大きく貢献する。現在、秋田県などを中心に陸上や洋上風力発電のプロジェクトに取り組んでいる。

(4) 小水力発電

農業用の水路や小さな河川の流れを利用した発電方式で、わずかな落差や自然の形状を利用して発電することができる。現在、事業化に向けて既設砂防堰堤や河川を利用した小水力発電を検討中である。

(5) 地熱発電

地下内部の熱を利用した発電方式で、天候に左右されず一年を通し安定した発電ができる。八甲田北西地域地熱資源開発調査事業：青森県八甲田北西地域にて、東日本旅客鉄道(株)、川崎重工業(株)との3社による地熱資源開発調査を実施中である。

(6) バイオマス発電

未利用材や剪定枝を燃やして蒸気を作り発電や熱源として利用する。これにより、健全な森林の再生と雇用創出による地域活性化に貢献できる。大月バイオマス発電所計画は、国内でも珍しい「剪定枝」を主な燃料とするバイオマス発電所で、2018年8月の営業運転開始に向けて準備中である。

6.3 水素利用技術

水素は使用時の温暖化効果ガス排出量がゼロのクリーン・エネルギーで、貯めやすく運びやすい柔軟な二次エネルギーとして注目されている。大林組では、未来社会における水素サプライチェーンの構築に向け水素製造の実証実験、水素発電や水素ステーションの建設などの事業を推進し、水素活用を核としたスマートエネルギー都

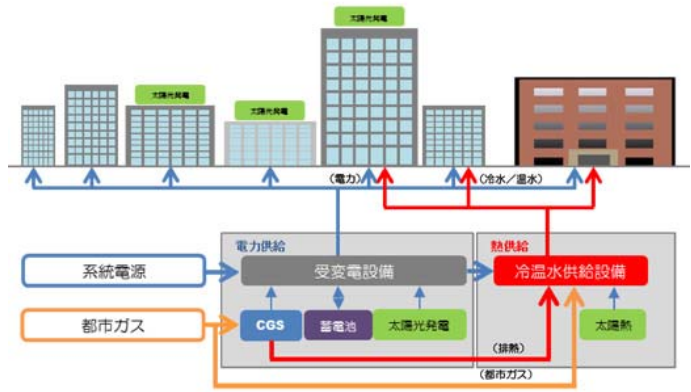


Fig. 18 エコナビ (シティ版)
Econavi (City Edition)

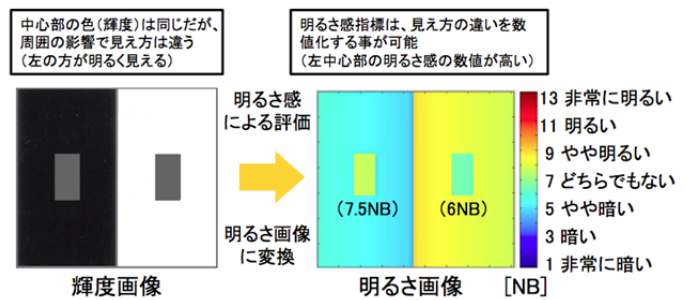


Fig. 19 明るさ尺度値
Natural Brightness Level



Photo 7 明るさ尺度値の適用例 (技術研究所本館)
Application Example of Natural Brightness Level



Fig. 20 未来型複合水素ステーション
Proposal of a Composite Hydrogen Station

市の実現を目指している。

(1) 未来型複合水素ステーション (Fig. 20)

自動車などへの水素供給にとどまらず、水素を活用した都市の総合エネルギーマネジメントを担う中核施設を提案である。水素利用の今後の普及を想定し、安全性に配慮して人々の生活と程よく隣り合うことができるデザインが特徴である。

(2) 洋上浮体水素基地

多様なソースから水素を製造・貯蔵し、供給するための複合インフラ施設の提案である。軽い水素の浮力を利用した、メンテナンスフリーな鉄筋コンクリート製の浮体構造である。

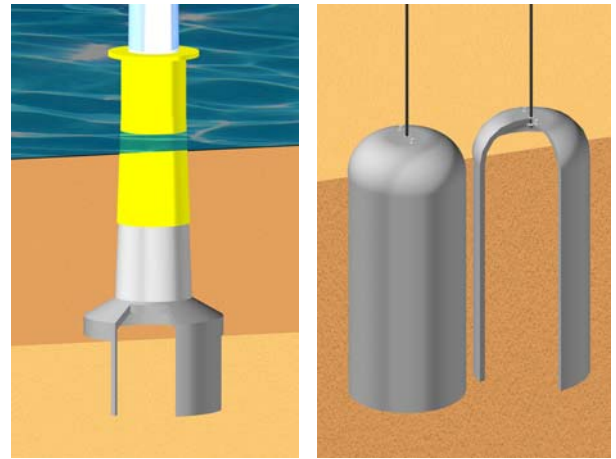


Fig. 21 スカートサクシオン基礎, アンカー
Skirt Suction Foundation and Anchor

6.4 洋上風力発電

島国である日本は国土が狭い反面、四方を海に囲まれていることから洋上風力発電に適している。

(1) スカートサクシオン基礎, アンカー (Fig. 21)

スカートサクシオンは、スカート内からの排水によって発生するサクシオンを利用してスカートを海底へ貫入させる。杭などを打設する際に用いる大型の機械が不要となるため、無振動・無騒音で基礎の施工が可能である。また、注水すれば撤去も可能となる。日本近海に多い砂地盤における実証実験を行い、室内および実海域の両方でサクシオン効果を確認した。

(2) 浮体式洋上風力発電 TLP (Tension Leg Platform)

浮体式は水深が深い場合に適しており、係留方式にカテナリー (弛緩) 型と TLP 型がある。TLP 型は洋上風車を垂直に緊張係留しているので専有面積が小さく動揺も小さいため、より安定した発電が期待できる。

(3) 浮体式洋上風況観測システム (特集論文)

従来の着床式洋上風況観測タワーと比べて、同程度の精度の観測を低コストで実現可能な、浮体式洋上風況観測システムを開発した。

6.5 低 CO2 技術・3R 技術

地球温暖化には、人間活動に伴い大気中に排出された CO2 の影響が最も大きいとされている。低炭素社会を実現するには、3R (Reduce, Reuse, Recycle) の推進と、CO2 の排出量削減ならびに処分方法に関する技術開発が不可欠である。以下にその事例を示す。

(1) クリーンクリート (特集技術紹介)

建設工事における CO2 排出量の低減策の一つとして、材料起源によるコンクリートの CO2 排出量を大幅に低減した「クリーンクリート」を開発した。

(2) CO2 の地中処分技術 (特集論文)

CO2 の処分技術として考えられているのが、二酸化炭素地中貯留 (Carbon dioxide Capture and Storage; CCS) である。大林組では CCS 技術の一つとして CO2 ガスをマイクロバブル化して注入する方法について検討を行っている。

(3) 既存杭の健全性と性能評価 (特集論文)

都心では建物新築時の建替えが多く、既存杭を活用できれば、環境負荷低減や工期短縮等の利点を期待できる。そこで、既存杭の健全性や性能を評価する技術を開発した。

6.6 2050 年宇宙エレベーター建設構想 (特集論文)

宇宙エレベーター (Fig. 22) は、宇宙と地球を結び、人やモノを運ぶ輸送システムである。1991 年に軽く強いカーボンナノチューブが発見されたことで、宇宙エレベーターの実現性が高まった。

宇宙エレベーターの全長は 96,000km である。地球上の発着点が「アース・ポート」で、宇宙の静止軌道上には最大規模の駅「静止軌道ステーション」がある。ケーブルの先端の「カウンターウエイト」は重さのバランスをとるためのもので、木星や小惑星への宇宙船を放出する太陽系連絡ゲートの役割も担っている。高度 3,900km に「火星重力センター」、高度 8,900km には「月重力センター」をそれぞれ設置し、実

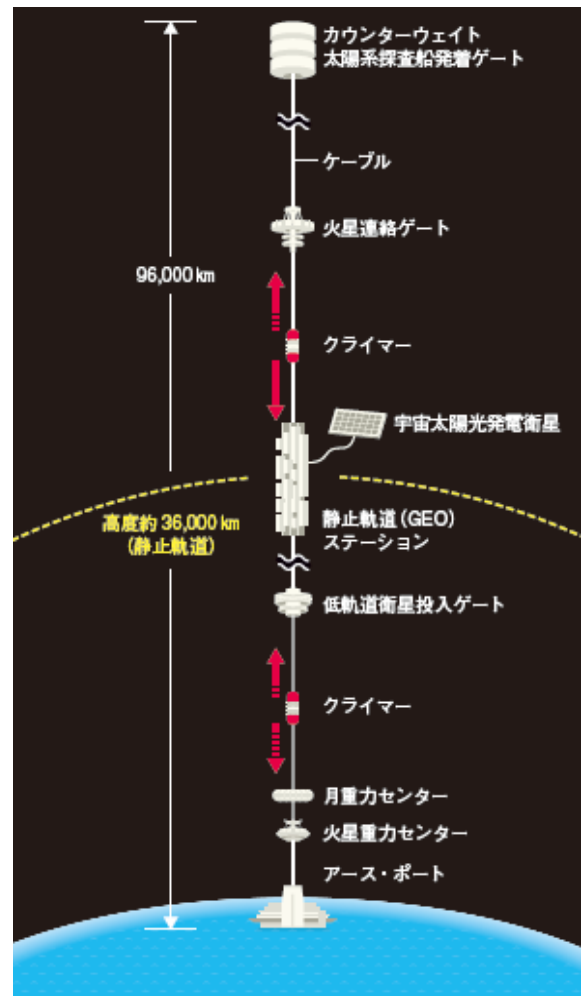


Fig. 22 宇宙エレベーター
Space Elevator

験や研究を実施する。「低軌道衛星投入ゲート」では、人工衛星を高度 300km の低軌道に投入する。そして、静止軌道ステーションには大規模な宇宙太陽光発電システムを設置し、無尽蔵の太陽光を利用して、大量の発電を行う。

(1)宇宙エレベーターの建設スケジュール

2025 年にアース・ポートを着工、最初のロケット打ち上げを 2030 年に行い、2050 年に静止軌道ステーションの供用を開始する。建設費用は 10 兆 6,600 億円と推計している。

(2)カーボンナノチューブ

平面上に化学結合した炭素原子が筒状になっているもので、筒の最小径は数 nm。現在、数ミリメートルの長さの繊維ができるようになってきている。欠陥のないカーボンナノチューブは、鋼鉄の 20 倍以上の引張強度を持つと言われている。しかし、96,000km の宇宙エレベーター用ケーブルを作製するには、長尺化・欠陥低減技術などの数々の試練をクリアする必要がある。現在、宇宙曝露試験により宇宙空間でのカーボンナノチューブの耐久性の検証を開始している。

(3)クライマー

地上と静止衛星の間をケーブルで結び、ケーブル上を「クライマー」という昇降機が人や物資を載せて往復する。ケーブルを敷設する最初のフェーズでは工事用のクライマーが稼働し、補強ケーブルを貼付けながら上昇し、最上部で「カウンターウエイト」と呼ばれる宇宙空間に浮かぶ先端部となる。約 500 回の補強を行った後にケーブルが完成すると、重さ 100t のクライマーが使えるようになる。

7. おわりに

今回の所報では「未来につながる技術」を特集し、本解説では、来る 2050 年の「しなやかな未来」創りに貢献できると考える大林組の技術と取り組みを紹介してきた。Table 1~4 に、本解説で紹介した大林組の対応技術を「安全・安心が続く社会」、「快適・健康で活力のある社会」、「人と科学が協調する社会」、「持続可能な環境と社会」の四つのカテゴリー別にまとめた。

2050 年の社会を正確に描く事は難しい。しかし、多くの人により豊かな社会の実現を願っている。それに応えるためには 2050 年にこうありたいという社会のイメージを描き、そこに向かうのに必要な道筋を辿って行くしかない。そしてその実現には、現在ある技術やその延長線上にある技術の活用が不可欠である。本所報では、「未来につながる技術」に関する大林組の最新の技術開発の成果の一部を 20 編の特集論文と 2 編の特集技術紹介で紹介している。是非ご一読頂ければ幸いである。

本解説文は、副所長 勝俣英雄ならびに特集 WG メンバー（赤川宏幸、石田知子、緒方浩基、粕谷悠紀、金子智弥、久保田孝幸、勝二理智、丹羽博則、吉田治）の協力により作成したものである。

Table 1 「安全・安心が続く社会」に関連する技術

	名称	参考文献
1	地震動予測シミュレーション 長周期地震動評価	所報 No. 78
2	大規模・高速化非線形 FEM 解析ソフト FINAL-GEO	本号
3	津波対策技術 津波シミュレーション	所報 No. 76
4	数値流体計算ソフトウェア 数値風洞エアロダイナ	所報 No. 79
5	津波避難計画支援技術 津波避難シミュレーション	所報 No. 78
6	火災避難計画支援技術 火災避難シミュレーション	所報 No. 77
7	制震構造システム DFS (デュアル・フレーム・システム)	文献 13)
8	摩擦型制震装置 ブレーキダンパー	所報 No. 75, No. 77
9	超高層ビル向け頂部 TMD 制震装置 ペアマスダンパー	本号
10	スーパーアクティブ制震 ラピュタ 2D	所報 No. 74
11	スーパー板壁工法	所報 No. 77
12	低騒音・低振動を達成した耐震補強工法「3Q-Wall」	所報 No. 68
13	ブレース型耐震補強工法「3Q-Brace」	所報 No. 73
14	ウォータージェットによる耐震補強目粗し接合工法「3Q - Joint」	所報 No. 77
15	ブレーキダンパー (引張ブレース型)	本号
16	液状化地盤上道路補強技術 タフロード	所報 No. 75
17	合理的地盤変状抑制工法 側方流動抑止工法	所報 No. 76
18	建物健康診断システム たてもの診たろう	所報 No. 66, No. 68
19	建物地震被災度即時推定システム	所報 No. 78
20	耐火木造建築技術 オメガウッド	文献 14)
21	コンクリート構造物 LCC 評価システム LCC ナビ	所報 No. 68
22	超高強度・高靱性コンクリート スリムクリート	所報 No. 74
23	自硬性を有する 2 液混合型のひび割れ注入材料 ミクストグラウト	文献 15)
24	PVB 樹脂を塗装した防食鉄筋 PVB-S 被覆鉄筋	所報 No. 79

Table 2 「快適・健康で活力のある社会」に関連する技術

	名称	参考文献
1	作業員向け安全管理システム Envital (エンバイタル)	文献 16)
2	暑さ指数連続測定一括管理システム 暑さ指数ウォッチャー	所報 No. 79
3	屋上緑化 グリーンキューブライト	所報 No. 65
4	垂直面緑化 グリーンキューブスクリーン	所報 No. 77
5	湿潤舗装システム 打ち水ペープ	所報 No. 58
6	緑化舗装システム 打ち水グラスパーク	所報 No. 74
7	二流体細霧冷房システム さらっとミスト	文献 17)
8	数値都市気候モデル Appias (アピィアス)	所報 No. 73
9	主観評価と環境測定を組み合わせた屋外誘導システム 心地アップナビ	本号
10	人工光型垂直式植物工場	所報 No. 79
11	手術室の熱・気流シミュレーション	文献 18)
12	ミスト噴霧除菌技術 マルチミスト	本号
13	過酸化水素による高効率な除染	本号
14	アンダーパス急速施工法 URUP (ユーラップ) 工法	文献 19)
15	消費電力低減&高速施工 省エネシールド工法	文献 20)
16	連続ベルコン通過型テレスコピック式セントル	文献 21)
17	連続ベルトコンベアー 低空頭ベルト捻転装置	文献 22)
18	ノンコア削孔切羽前方探査技術 トンネルナビ	文献 23)
19	生産性を向上させるフルプレキャスト技術 LRV 工法	文献 24)

Table 3 「人と科学が協調する社会」に関連する技術

	名称	参考文献
1	建築生産プロセス管理システム CIM	所報 No. 78
2	UAV による土量確認のための写真測量	本号
3	MMS を活用した 3D レーザー測量	文献 25)
4	建設プロセスの変革 スマート BIM	文献 26)
5	建築情報マネジメントシステム BIMWill	文献 27)
6	建築維持管理用ツール BIMobile	文献 28)
7	上総層群泥岩を対象とした施工時挙動予測技術	本号
8	汎用遠隔操縦装置 サロゲート	文献 29)
9	遠隔操作ロボット マルチクローラー型無人調査ロボット	本号
10	ロボットスーツによる作業支援	文献 30)
11	自動搬送システム 低床式 AGV	本号
12	現場巡視の目となる人工知能 工程認識 AI	本号
13	工事管理情報と位置情報の高度連携 品質管理 UI	-
14	下フランジをロボットで上向き溶接 現場ノンスカラップ工法	本号
15	高効率型外壁検査システム	本号

Table 4 「持続可能な環境と社会」に関連する技術

	名称	参考文献
1	大林組技術研究所本館テクノステーションの ZEB 化	本号
2	大林組技術研究所スマートエネルギーシステム	本号
3	スマートエネルギーシステム設計支援ツール エコナビ (シティ版)	文献 31)
4	街づくり 3D プラットフォーム SCIM (Smart City Information Modeling)	文献 32)
5	明るさ感指標を利用した光環境制御	文献 33)
6	創エネと省エネ措置を講じたガラスカーテンウォール	本号
7	発電事業を通じて EPC のノウハウを構築 太陽光発電	文献 34)
8	発電事業を通じて EPC のノウハウを構築 風力発電	文献 35)
9	発電事業を通じて EPC のノウハウを構築 小水力発電	文献 36)
10	発電事業を通じて EPC のノウハウを構築 地熱発電	文献 37)
11	発電事業を通じて EPC のノウハウを構築 バイオマス発電	文献 38)
12	未来型複合水素ステーション	-
13	洋上浮体水素基地	-
14	着床式洋上風力発電 スカートサクション	本号
15	浮体式洋上風力発電 TLP (Tension Leg Platform)	文献 39)
16	浮体式洋上風況観測システム	本号
17	低炭素型のコンクリート クリーンクリート	本号
18	CO2 の地中処分技術	本号
19	既存杭の健全性と性能の評価技術	本号
20	宇宙エレベーター	本号

参考文献

- 1) 大林組広告：しなやかな未来を創る 大林組創業 125 年・技術研究所創設 50 周年記念行事 大林組テクノフェア，日本経済新聞朝刊，p. 36，2016.11.18
- 2) 大林組創業 125 年・技術研究所創設 50 周年記念スペシャルサイト，<http://www.obayashi.co.jp/technofair2016>
- 3) 大林組 CSR（企業の社会的責任）への取り組み：Obayashi Green Vision 2050 中長期環境ビジョン，http://www.obayashi.co.jp/csr/environment/green_vision
- 4) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の将来推計人口（平成 24 年 1 月推計），<http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/newest04/sh2401top.html>
- 5) 経済産業省：経済産業政策を検討する上での中長期的・構造的な論点 http://www.meti.go.jp/committee/summary/eic0009/pdf/014_02_00.pdf
- 6) 経済産業省：エネルギー基本計画（2014 年 4 月閣議決定）
<http://www.meti.go.jp/press/2015/12/20151217002/20151217002.pdf>
- 7) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：全国地震動予測地図 2016 年版，
http://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/shm_report/shm_report_2016/
- 8) 内閣府：南海トラフ巨大地震の被害想定（第二次報告）について（平成 25 年 3 月 18 日発表），
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/nankaitrough_info.html
- 9) 日本学術会議：情報学分野の科学・夢ロードマップ 2014
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-h140919-3.pdf>
- 10) The Singularity Movement Why the Singularity Won't Be Coming Any Time Soon
http://www.godandscience.org/doctrine/singularity_movement.html
- 11) 国土交通省：「国土のグランドデザイン 2050 ～対流促進型国土の形成～」
http://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudoseisaku_tk3_000043.html
- 12) 日本建設業連合会建築技術開発委員会技術研究部会研究開発管理専門部会「平成 26 年度 建設業における研究開発に関するアンケート調査結果報告書」，<http://www.nikkenren.com/publication/pdf/207/heisei26nendokensetsugyouniokerukenkyukaihatsunikansuruanke-tochousakekkahoukokusho.pdf>
- 13) 西村勝尚ほか：超連結制振構造を適用した超高層 RC 建造物の応答性状（その 1～5），日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2，pp.859～868，2008.9
- 14) 大林組プレスリリース記事：初の汎用材による大スパン 2 時間耐火木造技術「オメガウッド（耐火）」を開発，
http://www.obayashi.co.jp/press/20160229_1，2016.02.29
- 15) 大林組プレスリリース記事：2 液混合型注入止水工法「ミクストグラウト TM」を開発，http://www.obayashi.co.jp/press/20151210_1，2015.12.10
- 16) 大林組プレスリリース記事：NTT コミュニケーションズと大林組，IoT を活用した作業員向け安全管理システムの実証実験を開始，http://www.obayashi.co.jp/press/20150325_01，2015.03.25
- 17) 大林組最新情報：さらっとミストで心地よい涼しさをお届けします，http://www.obayashi.co.jp/news/news_20110711_1，2011.08.05
- 18) 相賀洋，原嶋寛：手術室における空調システムおよび空調方法，特開 2016-73488，2016
- 19) 大林組プレスリリース記事：URUP 工法が第 5 回「ものづくり日本対象」内閣総理大臣賞を受賞
http://www.obayashi.co.jp/rd/news_20130913_1，2013.9.13
- 20) 大林組プレスリリース記事：世界初，電力消費量を 3 割抑制する省エネシールド工法を開発，
http://www.obayashi.co.jp/news/news_20130606_1，2013.06.06
- 21) 大林組プレスリリース記事：国内初，山岳トンネル工事に「連続ベルコン通過型テレスコピック式セントル」を適用しました，http://www.obayashi.co.jp/press/news20150518_01，2015.05.18
- 22) 大林組プレスリリース記事：急曲部のあるトンネル工事に連続ベルトコンベヤーを適用できる低空頭ベルト捻転装置を開発，http://www.obayashi.co.jp/press/news20160112_1_1，2016.01.12
- 23) 大林組プレスリリース記事：国内初，山岳トンネルの切羽前方探査システム「トンネルナビ」を開発し，各地のトンネル工事に導入，<http://www.obayashi.co.jp/press/news20100316>，2010.03.16
- 24) 大林組プレスリリース記事：鉄道ラーメン高架橋の新プレキャスト工法を開発，実用化へ，
http://www.obayashi.co.jp/press/news20160118_1，2016.01.18
- 25) 福井コンピュータ株式会社導入レポート：3 次元 CAD を使わずにドローン(UAV)による空撮から土量計算まで大林組の造成現場を効率化した TREND-POINT，<http://const.fukuicompu.co.jp/casestudies/report/065.html>
- 26) 大林組プレスリリース記事：大林組，NEC，グラフィックソフトによる「スマート BIM クラウド」が完成，
http://www.obayashi.co.jp/press/news20130926_01，2013.09.26
- 27) 大林組／建物管理に BIM 活用／保守点検作業を効率化，17 年 9 月から運用，日刊建設工業新聞，p. 1，2016.10.06
- 28) 大林組プレスリリース記事：BIM を活用した建物維持管理ツール「BIMobile®（ビーモバイル）」を開発，
http://www.obayashi.co.jp/press/news20160418_1，2016.04.18
- 29) 大林組プレスリリース記事：バックホウなどの建設機械を無人で運転する汎用遠隔操縦装置「サロゲート」を開発，
http://www.obayashi.co.jp/press/news20161005_1，2016.10.05

- 30) 大林組／ロボットスーツを現場に投入／運搬作業効率2倍、腰の負担軽減, 日刊建設工業新聞, p. 1, 2014.12.12
- 31) 大林組プレスリリース記事：スマートシティエネルギーシステムの設計支援ツール「エコナビ® (シティ版)」を開発, http://www.obayashi.co.jp/press/20160301_1, 2016.2.29
- 32) 大林組最新情報：BIMを街全体へ拡大した「SCIM」の提案, https://www.obayashi.co.jp/news/news_20120523_1, 2012.05.24
- 33) 大林組プレスリリース記事：明るさ感指標を利用した光環境制御システムを開発, http://www.obayashi.co.jp/press/news20140619_01, 2014.6.19
- 34) 大林組の再生可能エネルギー創出事業-電気もつくる大林組-, http://www.obayashi.co.jp/renewable_energy/
- 35) 大林組プレスリリース記事：秋田・三種町で大林組初の風力発電プロジェクトが着工, http://www.obayashi.co.jp/news/news_20160909_1, 2016.09.15
- 36) 大林組実績の紹介：船間発電所, http://www.obayashi.co.jp/works/work_1889, (2016.10.24 閲覧)
- 37) 大林組プレスリリース記事：森県青森市八甲田北西地域における地熱資源開発調査事業に係る調査坑井（こうせい）掘削の開始について, http://www.obayashi.co.jp/press/news20150525_01, 2015.5.25
- 38) 大林組プレスリリース記事：大林クリーンエナジーが山梨県大月市にて木質バイオマス発電事業に参入しました, http://www.obayashi.co.jp/press/news20150608_01, 2015.06.08
- 39) 大林組プレスリリース記事：洋上風車の基礎およびアンカーに適用する「スカートサクシオン」を開発, http://www.obayashi.co.jp/press/20160218_1, 2016.02.17