

# 特集 「つくるを拓く」技術

## 解説

### 「つくるを拓く」技術

Obayashi Technologies for MAKE BEYOND

浜田 耕史 Koji Hamada

#### 1. はじめに

大林組は、創業 130 周年を一つの契機として、Fig.1 に示すブランドビジョンを策定し、2021 年 1 月に公開した<sup>1)</sup>。このブランドビジョンは、スローガンである「MAKE BEYOND つくるを拓く」と、以降に記述された 16 行の文章部分であるステートメントによって構成される。Photo1 のように、工事現場の仮囲いにブランドビジョンを掲示して、積極的に PR を進めている。ブランドビジョン策定の背景として、ゼネコンの枠にとらわれない成長に向けて、事業領域の深化・拡大、グローバル化を進めてきたが、社外から見た大林グループのイメージは、いまだ「旧来のままの土木建築業」とどまっている点が挙げられた。これにより、企業の成長に欠かせないオープンイノベーションや新たな人材確保が進みにくい状況であることが、大きな課題として浮かび上がっていた。そこで、大林グループが創業以来、培ってきた「ものづくり」の強みを活かしながら、従来の建設の枠を超えて新しい領域を拓いてゆくという挑戦の意志がブランドビジョンには込められている。これからの大林グループの「存在意義」と、大林グループの「自己定義」をあらためて鮮明化している<sup>2)</sup>。さらに、2021 年 11 月にはオンラインイベント「OBAYASHI LIVE SHOWCASE 2021」を開催し、大林組の「イマ」を伝えるコンテンツを公開した<sup>2)</sup>。

本稿では、オンラインイベントで「つくるを拓く」研究所の中で紹介された次の 3 分野について、2 章で技術開発の背景について簡単に触れ、3 章で最新技術を紹介する。

- (1) 「ものづくり」を拓く技術
- (2) 「環境づくり」を拓く技術
- (3) 「つくるの先へ」を拓く技術

#### 2. 「つくるを拓く」技術の開発背景

##### 2.1 「ものづくり」を拓く技術

大林組は、これまでの建設のものづくりにおいて、時代に先駆けた施工システムを開発してきた。この一つとして、「全自動ビル建設システム（ABCS：Automated Building Construction System）」<sup>3)</sup>が挙げられる。1989 年に他に先駆けて構想が発表された。Fig.2 に示すように、建設中の建物の上部に全天候型の自動化工場を設け、工事の進捗に合わせて工場全体を上昇させていく仕組みである。1990 年代のバブル経済期に同業他社も同様の建設工法を開発して追随した。バブル崩壊後は、費用対効果の面で導入が難しくなり、自動化工法の開発は途絶えたものの、この先駆的な技術開発で培われた要素技術はその後の多くのプロジェクトに展開されていった<sup>4)</sup>。

近年、建設技能者の高齢化と就労者不足に起因する建設労務事情の悪化から、労働生産性の向上が求められている。

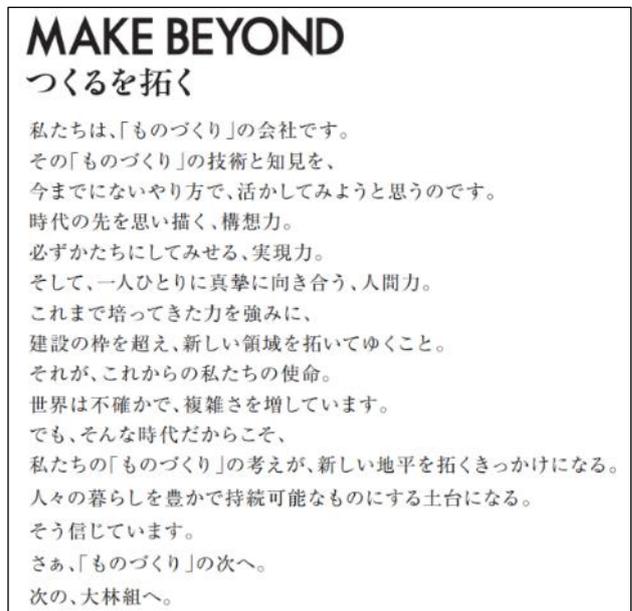


Fig. 1 ブランドビジョン  
Brand Vision

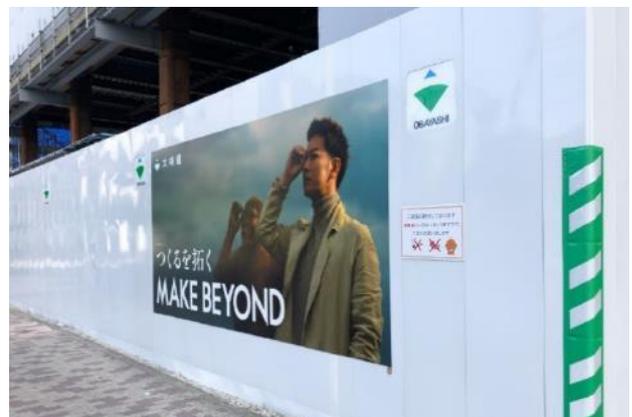


Photo 1 仮囲いへのブランドビジョンの掲示  
Posting of Brand Vision on Enclosure for Construction

さらに、2024年4月からは建設業の時間外労働の上限規制が適用され、より一層の働き方の改革が必要となってくる。一方、AIやIoTといった情報技術の進展は目覚ましく、2015年には国土交通省においてi-Construction委員会が設置<sup>5)</sup>されるなど、建設DX(DX: Digital Transformation デジタルトランスフォーメーション)、自動化・ロボット化技術の開発や普及が進展しつつある。3.1では、これら新しいものづくりの取組みを紹介する。

## 2.2 「環境づくり」を拓く技術

環境づくりを進め、人々の暮らしを豊かで持続可能(サステナブル)なものにするために、大林組では長期ビジョン「Obayashi Sustainability Vision 2050」を策定している。長期ビジョンの中で、「脱炭素」、「価値ある空間・サービスの提供」、「サステナブル・サプライチェーンの共創」を掲げている。

脱炭素の取組みの一つとして、地球温暖化の原因である温室効果ガスを固定化できる木材の広範な利用が挙げられる。高層木造建築物の設計施工<sup>6)</sup>や内装材への木材の利用といった技術開発が進められている。

価値ある空間やサービスの提供として、大林組では建物運用時のエネルギー消費を最小化する省エネ建築物を施工してきている。近年では、再生可能エネルギーを活用した状態でのエネルギー収支ゼロを目指すZEBの実現<sup>7)</sup>に取り組んでいる。さらに、人々のウェルネス・ウェルビーイング向上に焦点を当てた空間づくりも進めている。建物利用者の健康や快適性への配慮は、ESG投資の世界的な潮流からも中長期的に建物の価値向上・維持に貢献する。健康的な建物の第三者評価であるWELL認証を、Fig.3のように2017年に国内で初めて取得した<sup>8)</sup>。それ以降も、ホテルや木造高層ビルなど多様な用途の建物でノウハウを蓄積し、ウェルネスを創出する建物の実現を図っている。

一方、我が国の経済や社会が成熟期を迎える過程で、建設ストックは増加の一途を辿っている。持続可能な社会を構築するためには、古い建設物を壊し新しい建設物にリプレイスしてきた「フロー型」から、建設物を長く使っていくための「ストック型」へ、社会が変貌を遂げる必要がある。こうした維持保全や建設物のリニューアルに関する市場も拡大しており、それに必要となる技術開発も求められてきている。

一方、2015年8月に閣議決定された第二次国土形成計画(全国計画)において、グリーンインフラに対する取組みの推進が記載されている。グリーンインフラとは、自然環境が有する多様な機能(生物の生息・生育の場の提供、良好な景観形成、気温上昇の抑制等)を活用し、持続可能で魅力ある国土づくりや地域づくりを進める取組みを言う<sup>9)</sup>。グリーンインフラとして、広葉樹の活用による都市における豪雨対策に関する基礎研究<sup>10)</sup>も行っている。

## 2.3 「つくるの先へ」を拓く技術

建設業の枠を超えた「つくるの先へ」に向けた取組みも進めている。大林グループでは、太陽光133MW、バイオマス15MW、陸上風力6MWのエネルギー供給能力を有している。さらに、2021年4月にグリーンエネルギー本部を新設し<sup>11)</sup>、再生エネルギービジネスへの進出も加速しており、木質バイオマス発電に関する研究<sup>12)</sup>も行っている。この他、太陽光型植物工場の設計手法<sup>13)</sup>、人工光型植物工場でのホウレンソウの水耕栽培(Photo 2)<sup>14)</sup>やアワビの養殖<sup>15)</sup>の研究に取り組む



Fig. 2 全自動ビル建設システムの開発<sup>3)</sup>  
Development of Automated Building Construction System



Fig. 3 WELL 認証「ゴールド」<sup>8)</sup>  
WELL Certified™ Gold



Photo 2 ホウレンソウの栽培実験状況<sup>14)</sup>  
Cultivation Situation of the Spinach

つ、一次産業においても新たな事業創出を目指している。

2017年10月、米国のシリコンバレーに、Photo 3 に示す「シリコンバレー・ベンチャーズ&ラボラトリ (Silicon Valley Ventures & Laboratory)」を開設した<sup>16)</sup>。これにより、保有技術とIoT・AI、ロボティクスなどの革新的技術を有機的に結び付けることで、オープンイノベーションを加速させていく。本特集記事においても、いくつかの技術がこの枠組みを利用して開発されている。今後、開発された技術は、他社との差別化として自社内で活用されるだけに留まらない。既開発の技術を広く活用するビジネスモデルとして、暑さ指数ウォッチャー<sup>17)</sup>をはじめ、複数の技術を外販する事業化も進めている。

さらに、建設の新しい領域(ニューフロンティア)として海洋や宇宙における建設を目指し、様々な技術開発も進められている。海洋について、洋上風車に用いる基礎に関する研究<sup>18)</sup>や風況予測<sup>19)</sup>を行っている。また、宇宙開発に関して、大林組では1990年にNASAの専門家の協力も受けて「マース・ハビテーション」(火星居住計画: Fig. 4)を公表している<sup>20)</sup>。こうした宇宙開発を通じて得られた技術を、地上でのものづくりに活かすことも進めている。

以上、これら建設業の枠を超えた「つくるの先へ」を拓く技術開発の一端を3.3で紹介する。

### 3. 「つくるを拓く」大林グループの開発技術

#### 3.1 「ものづくり」を拓く技術

大林組は、土木工事におけるDX推進・建機の自動化の一環として、5G通信を用いた建設機械の遠隔操作に関する研究を行っている。2018年度には、5G通信を用いることで、従来のWi-Fiによる遠隔操作と比べ施工効率が30%程度改善されることを実験で確認した<sup>21)</sup>。2020年度には、『『堤体盛土でのローカル5Gを用いた重機の遠隔操縦実証実験』』を、実工事への適用を目的として実施した(Photo 4)。5G通信による高品質な映像環境(2K×5~6台)によって、建設機械の遠隔操縦を違和感なく実現した。併せて、遠隔操作やマシンコントロールに3Dレーザースキャナ、加速度計等のセンサを組合せ、リアルタイム品質管理を実現する「統合施工管理システム」<sup>22)</sup>を試行し、有効性を検証した。

建築工事のロボットに関しては、今後も不足していく熟練工の代替や支援を目的としたロボットの開発やリニューアル工事における外壁タイルの検査ロボット<sup>23)</sup>の開発など、幅広く取り組んでいる。熟練工の代替としては、溶接ロボット<sup>24)</sup>や耐火被覆吹付けロボット<sup>25)</sup>が開発されている。また、建築工事において作業時間の大半を占める運搬作業を機械に代替させることで、熟練工の生産性を向上させる、搬送ロボットの開発にも取り組んでいる。本特集では、『『高強度・厚肉鉄骨柱への現場ロボット溶接工法の適用』』(Photo 5)と『『大林組ロジスティックスの開発』』(Photo 6)でのロボット開発について、経緯を含めて紹介する。

造形の自由度や設計情報からの直接的な製造といった革新的なものづくりの方法として、3Dプリンティング技



Photo 3 シリコンバレー・ベンチャーズ&ラボラトリ<sup>16)</sup>  
Silicon Valley Ventures & Laboratory

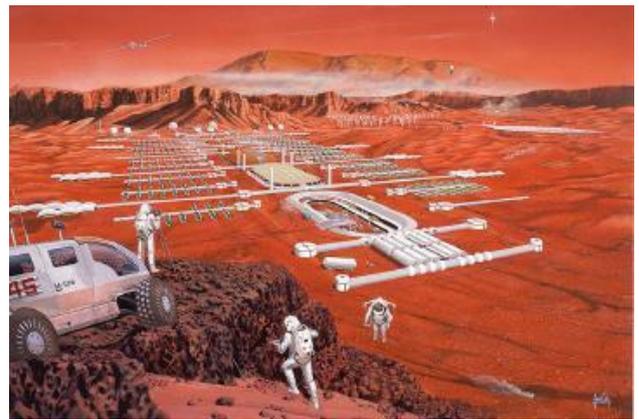


Fig. 4 火星居住計画<sup>20)</sup>  
Mars Habitation



Photo 4 ローカル5Gを用いた重機の遠隔操縦実験  
Remote Control Verification Experiment Using Local 5G



Photo 5 現場ロボット溶接工法の適用状況  
Application Status of Site Robot Welding Method

術が注目されており、将来的には前述の自動化建設工法に代替していく可能性も秘めている。大林組では、いち早くセメント系材料を用いて技術開発を進めてきた<sup>26)</sup>。2019年には、3Dプリンターでは国内最大規模となる「シェル型ベンチ」(幅7,000mm,奥行き5,000mm,高さ2,500mm:Photo 7)を製造した<sup>27)</sup>。『3Dプリンターを用いたコンクリート構造物の自動化施工の取組み』では、コンクリート構造物の自動化施工に関して、国内外の事例を調査して最新動向としてまとめている。さらに、3Dプリンターや吹付け施工による大林組の取組み状況を紹介している。

一方、建設DXには、施工管理業務の生産性向上を目指し、進展の著しい情報機器を導入した技術開発も行われている。複合現実(Mixed Reality:以下,MR)は、現実世界の形状などをデバイス側が認識し、それらにデジタル映像を重ね合わせる技術である。『MRを活用した品質管理システム「holonica™」の開発』では、Fig. 5に示すように、BIMと検査対象の施工物を重ね合わせることで、従来にない高度な品質管理を実現し、管理業務の生産性向上を目指している。また、品質管理業務が煩雑なコンクリート工事を対象として、『コンクリート品質管理システム「コンクルード®」の開発』が行われた。従来は書類として扱っていた多種多様な情報を「コンクルード」で一元管理することで、1回のコンクリート打設当たり90分程度の時間を削減できる。現在までに100を超える工事現場で使用されており、随時、システムの改良を継続している。

近年、人工知能を活用した技術の建設業への導入が盛んに行われている。大林組は、トンネル掘削の最前線となる切羽面の評価を人工知能により行う切羽評価AIを2017年に開発した<sup>28)</sup>。この技術は、担い手不足が深刻化しているトンネル建設現場の技術者が、掘削を円滑に行うために切羽面を評価する場面において有効に利用されている。『人工知能を用いた岩種判定システム』は、現場技術者が切羽観察において地山特性を把握するために重要となる、岩種判定を支援するシステムである。本システムは、切羽評価AIと同じく、AIのアルゴリズムにAlexNet<sup>29)</sup>を使用しており、岩種判定の正答率は、対象とした7岩種の平均で85.3%となっている。Fig. 6に示すように、システムでは岩石の写真クラウドサーバーに送り、それに応じてAIが判定した岩石名を回答する流れとなる。

論文『AIによるAMD制御システム開発』は、AIを利用した能動的制振システムの制御則により、地震や風等の外乱に起因する建築物の振動を低減させようという試みである。本論文では数値シミュレーションをベースに獲得し、性能評価したAMDの制御則を実機へ適用して効果を検証している。

さらに、ものづくりの上流である設計業務においても、将来に向けた新たな試みが行われている。富岳等に代表されるハイパフォーマンス・コンピューティングの発展に伴う非線形FEM解析の計算速度と精度の向上は、将来的には建物全体を忠実に再現した大規模FEM解析による合理的な構造設計に繋がるものと考えられる。『FINAL-GEO®による実在RC建物の大規模非線形FEM解析』では、その第一ステップとして、実在するRC造建物を対象とした大規模モデルによるFEM解析を実施し、従来設計法と比較検討した。Fig. 7に示す通り、FEM解析で得られる建物の耐荷性能は従設計と比較して大きく、従来設計では十分に余裕がある。このように、FEM解析の活用により、安全性を保ちつつ断面や鉄筋量を削減でき、合理的な設計が図れる可能性を示した。



Photo 6 複数台協調型搬送システム  
Collaborated Multi-AGVs Logistic System



Photo 7 シェル型ベンチの完成形  
Completion of Shell-Shaped Bench



利用イメージ



端末画面内での表示例

Fig. 5 MRを活用した品質管理  
Quality Management Method Using MR



Fig. 6 岩種判定システムの流れ  
Flowchart of the Rock Type Judgement System

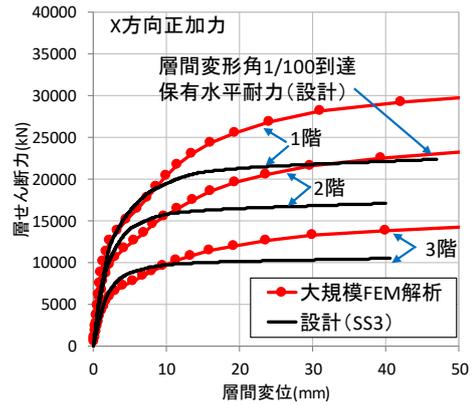


Fig. 7 層せん断力－層間変位関係  
Shear Force - Displacement Relationship

### 3.2 「環境づくり」を拓く技術

木造建築は循環型社会の形成や国産林の活用、地域経済活性化への貢献として注目されており、都市部においても、耐火構造とすべき木造建築物の規模等が緩和されている。さらに、脱炭素社会の実現に向けたカーボンニュートラルの観点からも「都市木造」(都市部における中高層木造建築)が推進されつつある。こうした背景から、大林組では Fig. 8 に示す、日本初となる 11 階建て高層純木造耐火建築物 (OY プロジェクト) の実現に取り組んでいる。『都市木造の実現に向けた構造技術の開発』では、OY プロジェクトに適用した技術を中心に報告し、大林組の木造技術開発全体の取組みも紹介する。

2010 年の公共建築物等木材利用促進法の制定以降、建物の内装に対しても国産木材の利用拡大が推進されている。『新不燃木材「アルファティンバー™」の開発』では不燃化が必要な内装材として利用するために開発したマテリアルリサイクル可能な技術を紹介する。アルファティンバーは、不燃材料の国土交通大臣認定を取得しており、従来の不燃木材に比べ低コストで耐久性も高く、短納期で供給可能である。

建設から 40～50 年が経過して老朽化した道路橋の床版のリニューアル工事が広く進められている。床版取替工事では、工事による交通渋滞を低減するために、できる限り車両の通行規制をかけない施工が不可欠となる。さらに、リニューアルした床版には高い耐久性も求められる。そこで、高い耐久性を有し、常温養生による現場施工が可能な超高強度鋼繊維補強コンクリート「スリムクリート®」<sup>30)</sup>を活用して品質向上と工期短縮を実現する、3つの技術を以下の論文で紹介する。

- (1) 『床版取替工法「DAYFREE®」における「スリムクリート®」の圧送による合理化施工技術』
- (2) 『プレキャスト床版接合工法「スリムファスナー®」の曲げ耐力評価に関する研究』
- (3) 『防水性能を付与したプレキャスト床版「スリムトップ®」』

なお、Fig. 9 に示す DAYFREE およびスリム NEO プレートは、中日本高速道路株式会社と共同で開発した技術である。

Photo 8 の「サンドグリップバー」は、鉄筋コンクリートの塩害に対する耐久性の確保を目的として開発した。『高性能防食鉄筋「サンドグリップバー®」の品質管理に向けた検討』では、高性能防食鉄筋の品質管理項目について、珪砂の付着量



Fig. 8 都市木造建築「OY プロジェクト」  
Metropolitan Timber Architecture “OY Project”

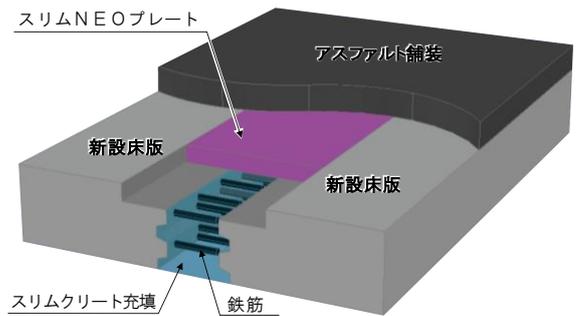


Fig. 9 DAYFREE における床版接合部の構造概要  
Structure of Bridge Deck Joint on DAYFREE

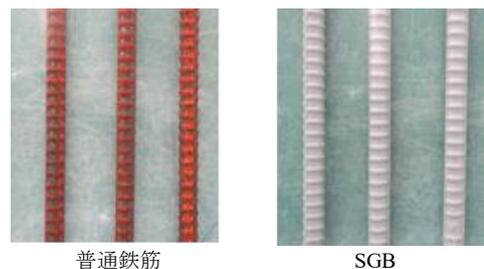


Photo 8 1年間の暴露試験後の鉄筋の状況  
Reinforcing Bar Condition after A Year Exposure Test



Photo 9 「シェルトクリヤ」による中性化抵抗性向上と流動性を高めた「クリーンクリート」の適用  
Improvement of Neutralization Resistance by "Shelt Clear" Clear Coating and High-Fluidity "Clean-Crete"

と曲げ加工時の環境温度の管理値を検討している。

CO<sub>2</sub> 排出量の削減のために、他に先駆けて 2010 年に低炭素型のコンクリート「クリーンクリート®」を開発<sup>31)</sup>・初適用した。それ以来、10 年間で累計の施工数量は 30 万 m<sup>3</sup> に達している。この間の CO<sub>2</sub> 排出量の削減量は、約 5 万トンに到達すると推計される。一方、クリーンクリートは中性化の進行が速くなることと、低発熱による温度ひび割れの対策から、マスコンクリートに該当する地下構造部に主に適用されてきた。地上構造物へ適用する場合は、中性化の進行を考慮して、かぶり厚さを設計値よりも大きくする対策が必要となる。そこで、耐久性に優れた既開発のクリヤ塗料「シェルトクリヤ」<sup>32)</sup>により中性化抵抗性を付与した。「シェルトクリヤ」は、打放し仕上げのコンクリート構造物の耐久性と美観の持続を目的として開発された。2つの技術により、RC 構造物の長寿命化と美観の持続が期待でき、新築・既設を問わず幅広い用途の構造物に対応できる。『コンクリート打放しの耐久性を向上する仕上げ材「シェルトクリヤ™」の適用』と『流動性を高めた「クリーンクリート®」の地上構造物への適用』の2編では、大林組技術研究所敷地内に建設されたプレゼンテーション用施設「けやきテラス™」(Photo 9)の打放し仕上げの外壁に2つの技術を適用した結果を紹介する。

グリーンインフラ社会の実現に寄与する技術について、『大林組のグリーンインフラ技術』で紹介する。ここでは、生態系サービスの観点から、Fig. 10 に示すような既存技術を再評価した結果を報告するとともに、今後重視すべき取り組み方について考察している。

### 3.3 「つくるの先へ」を拓く技術

新たな次世代エネルギーとして、水素エネルギーが期待されており、水素関連施設など高圧水素タンクを取り扱う施設の建設が進められている。しかし、水素エネルギー利用の普及には安全技術の確立が最重要課題であり、これらの施設を設計する際には、万が一の事故を想定した安全設計が求められる。特に、高圧の水素タンクが破裂した場合には、タンクの破片が高速に飛散し、それが室内の壁や扉に衝突した場合を想定した設計が必要である。そこで、『水素タンク破裂に



Fig. 10 大林組のグリーンインフラ技術の例  
Green Infrastructure Technologies of Obayashi

『よる飛翔体と鋼製壁の高速衝突シミュレーション』では、高圧水素タンク破裂に伴う飛翔体と鋼製壁の高速衝突現象を模擬した実験に対して非線形FEMによる再現解析を実施し、その適用性を確認した。結果の一部を Fig. 11 に示す。

林業においては、木造建築の推進等により国産木材の需要が回復する一方、木材を産出するための森林の永続的な利用が課題となっている。そこで、前述の植物工場での光環境および溶液制御等の研究の知見を活かし、『循環型林業における人工光苗木育成技術の研究』を進めている。木材伐採後の苗木植林における安定供給のために、特に苗木不足が深刻化しているカラマツを対象とした、人工光環境制御による苗木の高効率育成技術の研究成果を紹介する(Photo 10)。本技術は苗木植林後の樹木の炭素固定等により、脱炭素社会に向けたCO<sub>2</sub>の吸収にも大きく貢献する。

近年、健康食品や医薬品、飼料、化学品、燃料などの原料として、藻類が着目されている<sup>33)</sup>。技術紹介『新規微細藻の生産とその特徴』では、大林組が独自に単離した AB-1C 株 (Photo 11)の栄養成分分析と、安全性試験の結果を示し、今後の利用方法についても紹介する。

『建設業における生物多様性保全の取り組みとDNA解析技術がもたらす変化』では、1992年以降の生物多様性保全に関する問い合わせや支援業務を対応段階や実施内容で分類し、その傾向を考察している。生物多様性に関する保全業務には地道な調査が必須であるが、環境DNA分析技術によって水生生物の生息情報を簡易に評価できることを事例とともに示している。

2012年に発表した「宇宙エレベーター建設構想(Fig. 12)」<sup>34)</sup>は、大林組が施工した東京スカイツリー®よりさらに高みを目指そうと企画された。「宇宙へ行く」視点から、交通インフラとしての宇宙エレベーター、陸上・海上・空中からのロケット発射技術があり、ロケット機体以外の射場や周辺環境への影響などの研究を進めている。「宇宙に住む」視点は、月面上での構造物や展開構造や現地の砂を用いた建材製造に関する研究<sup>35)</sup>、などに取組んでいる。「宇宙を使う」視点では、衛星測位(GNSS)データを用いた輸送機械の自動運転・遠隔操縦の実証も行われている<sup>36)</sup>。また、現場での測量や地盤変形のモニタリングとしても使われ始めている。これらの技術的課題に対する取組みの一部を、『宇宙エレベーターの技術的課題への取組み』の中で紹介する。

#### 4. おわりに

大林組は2021年1月にブランドビジョン「MAKE BEYOND つくるを拓く」を公開した。ここには、長年培ってきた「ものづくり」の強みを活かしながら、従来の建設の枠を超えて新しい領域を拓いてゆくという挑戦の意志が込められている。本特集号では、「つくるを拓く」を3つの領域に分けて最新技術を紹介した。大林組は、今後も「つくるを拓く」の挑戦の意思を持って技術開発に邁進し、豊かで持続可能な社会の構築に貢献していく。

本解説文は、特集WGメンバー（井田慎太郎、板場建太、木梨智子、佐々木智大、洲崎雄、土井暁、長野龍平、平田寛、淵田安浩、本田泰大、元井康雄）の協力を得て執筆したものである。

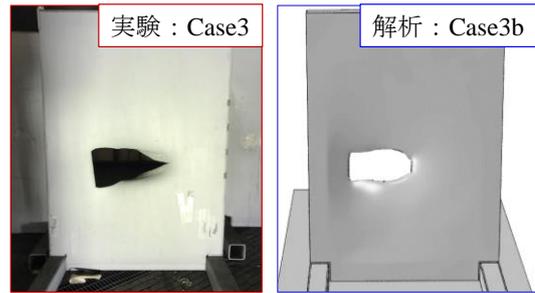


Fig. 11 鋼製壁の最終破壊状況（実験との比較）  
Final Fracture Status of Steel Walls



Photo 10 栽培棚における栽培状況  
Cultivation Situation of the Larch



Photo 11 微細藻 (AB-1C 株)  
Microalgae (Strain AB-1C)

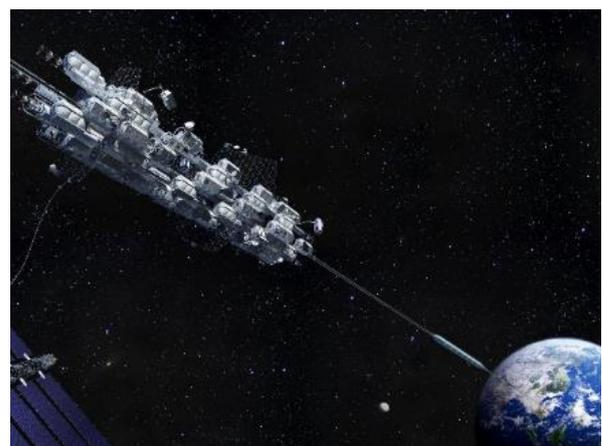


Fig. 12 宇宙エレベーターの概念図<sup>34)</sup>  
Scheme of Space Elevator

参考文献

- 1) 大林組プレスリリース記事：大林グループのブランドビジョンを策定，  
[https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20210101\\_1.html](https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20210101_1.html)， 2021.1.1
- 2) 大林組プレスリリース記事：大林組の「イマ」を特別公開する"初"のオンラインイベント「OBAYASHI LIVE SHOWCASE 2021」， [https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20211101\\_1.html](https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20211101_1.html)， 2021.11.1
- 3) 汐川孝，他：全自動ビル建設システムの開発，大林組技術研究所報，No. 49, 1994.12
- 4) 汐川孝：建築生産における自動化技術の変遷と今後の期待，第18回建築の自動化技術シンポジウム論文集，日本建築学会，2010.1
- 5) 国土交通省 i-construction 委員会：i-Construction～建設現場の生産性革命～，2016.
- 6) 大林組プレスリリース記事：日本初の高層純木造耐火建築物の建設に着手，  
[https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20190723\\_1.html](https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20190723_1.html)， 2019.7.23
- 7) 伊藤剛，他：ZEB の定義と大林組の取り組み，大林組技術研究所報，No. 80, 2016.12
- 8) 吉野攝津子：大林組技術研究所本館テクノステーション「WELL 認証」の取得，大林組技術研究所報，No. 82， 2018.12
- 9) 国土交通省：第二次国土形成計画（全国計画），2015.8.14
- 10) 長野龍平，他：グリーンインフラとしての都市樹木の樹冠通過雨量評価，大林組技術研究所報，No. 84, 2020.12
- 11) 大林組プレスリリース記事：グリーンエネルギー本部を新設しました，  
[https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20210401\\_3.html](https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20210401_3.html)， 2021.4.1
- 12) 田島孝敏，他：木質バイオマス発電燃焼灰の有効利用に関する研究，大林組技術研究所報，No. 84, 2020.12
- 13) 原嶋寛，他：太陽光型植物工場の設計手法に関する研究，大林組技術研究所報，No. 82, 2018.12
- 14) 下山真人，他：植物工場における光環境および養液制御によるハウレンソウの高ルテイン・低硝酸塩化水耕栽培技術，大林組技術研究所報，No. 84, 2020.12
- 15) 大島義徳，他：アワビの循環式陸上養殖の研究，大林組技術研究所報，No. 84, 2020.12
- 16) 大林組プレスリリース記事：オープンイノベーションにより次世代型の自動品質検査システムを開発しました，  
[https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20180720\\_1.html](https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20180720_1.html)， 2018.7.20
- 17) 大林組プレスリリース記事：「暑さ指数ウォッチャー®」を建築現場に本格導入，労働環境以外にも対応します，  
[https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20190724\\_1.html](https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20190724_1.html)， 2019.7.31
- 18) 粕谷悠紀，他：着床式洋上風車に用いるスカートサクシオン®基礎に関する研究，大林組技術研究所報，No.82, 2018.12
- 19) 榎木康太，他：洋上風力発電のための沿岸域における風況予測技術，大林組技術研究所報，No.82, 2018.12
- 20) 大林組：火星，季刊大林 No. 33, 1990.6
- 21) 古屋弘，他：次世代高速通信 5G を用いた重機の遠隔操縦試験，大林組技術研究所報，No.82, 2018.12
- 22) 古屋弘，他：5G を用いた道路工事の統合施工管理システムの開発，大林組技術研究所報，No.84, 2020.12
- 23) 土井暁，他：外壁検査システム「ウォールチェッカー®」の開発，大林組技術研究所報，No.83, 2019.12
- 24) 浅井英克，他：ロボットを活用した現場溶接技術の開発，大林組技術研究所報，No.81, 2017.12
- 25) 瀬川紘史，他：耐火被覆吹付けロボットの開発と現場適用，大林組技術研究所報，No.84, 2020.12
- 26) 坂上肇，他：セメント系材料を用いた 3D プリンターによる部材製造技術，大林組技術研究所報，No.82, 2018.12
- 27) 坂上肇，他：建設用 3D プリンターにより製造したシェル型ベンチの設計と施工，大林組技術研究所報，No.84, 2020.12
- 28) 畑浩二，他：山岳トンネル切羽評価への人工知能適用に関する研究，第 27 回トンネル工学研究発表会トンネル工学報告集，Vol. 26,I-9， 2017.11
- 29) Krizhevsky, A. et al. : ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks, Conference and Workshop on Neural Information Processing Systems (NIPS), 2012.12
- 30) 土木学会：超高強度繊維補強コンクリート「スリムクリート」に関する技術評価報告書，2017.1
- 31) 小林利充，他：低炭素型のコンクリート「クリーンクリート」，大林組技術研究所報，No.80, 2016.12
- 32) 植松俊幸，他：コンクリート打放し仕上げ用に開発したクリヤ塗料の性能，大林組技術研究所報，No.84, 2020.12
- 33) 鷺見芳彦：微細藻類（マイクロアルジェ）が開く未来—有用性とその利用—，科学技術動向，No. 102, 2009.9
- 34) 大林組：宇宙エレベーター建設構想，季刊大林 No. 53, 2012.2
- 35) 田島孝敏，他：惑星基地建設材料の製造に関する基礎的研究，大林組技術研究所報，No. 81, 2017.12
- 36) 古屋弘，他：遠隔搭乗操作によるマルチクローラ型無人調査ロボットの開発，大林組技術研究所報，No. 80, 2016.12