

特集「環境によりそう建設技術」

解説

環境によりそう建設技術

Construction Technology to Coexist in Harmony with Environment

千野裕之 Hiroyuki Chino

1. はじめに

我が国は、本格的な少子高齢化・人口減少社会を迎えるとともに、人口の地域的な偏在化、特に地方の人口の減少が進んでいる。このことは、環境保全の取組みにも深刻な影響を与えている。例えば、農林業の担い手の減少により、耕作放棄地や手入れの行き届かない森林が増加し、生物多様性の低下や生態系サービス（人類が生態系から得ている利益）の劣化につながっている¹⁾。

建設業においても担い手の高齢化、人手不足は極めて深刻であり、さらに「働き方改革」の推進も考慮すると、抜本的な業務の進め方の改革が喫緊の課題となっている。一方で、気候システムの温暖化には疑う余地はなく、気候変動に伴う水害・土砂災害を起し得る大雨の増加、高潮・高波のリスクの増大、夏季の熱波の増大等のおそれがあるとされている²⁾。

本技術研究所報告の特集を策定するにあたり、タイトルは「環境によりそう建設技術」とした。ここでいう「よりそう(寄り添う)」とは受働的に今ある環境を受け入れる、守っていくという意味ではない。むしろ、「環境」が今おかれている状況を的確に把握したうえで、それとかがい合い、支え合い、サポートすることで、より人類も「環境」から長く恩恵を享受できるであろうことを期待し、それに向けた地道な研究開発を進めていこうという意味を込めている。建設技術が果たすことのできる役割は決して少なくないと考えている。

国外に目を向けると、2015年には、世界を巻き込む国際的合意が立て続けになされた。まず、地球規模の環境の危機を反映し、「持続可能な開発のための2030アジェンダ」が国連で採択され、持続可能な開発目標(SDGs=Sustainable Development Goals)が掲げられた。SDGsとは、世界が2016年から2030年までに達成すべき17の開発目標、169のターゲット、230の指標で構成されている³⁾。Fig.1に17の開発目標を示しており、その中に環境や開発に関する項目が多々定められていることがわかる。一方、同年に開催された第21回気候変動枠組条約締約国会議(COP21)にて「パリ協定」が採択された。「パリ協定」では、各国が地球温暖化抑制のため自国の決定する目標を提出し、取組むこととしている。我が国は2030年度に2013年度比26%削減、2050年までに80%の温室効果ガスの削減を目標に策定している。開発途上国だけではなく先進国も加わっており、働きがいや経済成長までも踏まえた考え方となっている。パリ協定の発効を受けて世界が脱炭素社会に向けて大きく舵を切ったといえる。

さらに、経済界においては、ESG投資の認知度が増している。ESG投資とは、2006年に当時のコフィー・アナン国連事務総長が提唱した『責任投資原則(Principles for Responsible Investment)』の中で示された考え方である。環境(E)、社会性(S)、企業統治(G)のような非財務情報も財務情報と同様に配慮して投資する手法である。企業の持続可能な成長に着目した考え方である⁴⁾。各企業にとってもひとつのステータスになる可能性があり、関心が高まっている。実際、ESG投資は拡大方向にあり、経済誌の中には、そのランキングによる企業評価を行っているものもある⁵⁾。ESG投資は評価が確立されているとは言えないが、今後の投資の評価方法とし



Fig.1 持続可能な17の開発目標(SDGs)³⁾
17 Sustainable Development Goals

ては、定着していくものと思われる。企業はESG投資に十分配慮した経営を進めていく必要がある。

これまでに述べてきたSDGsやパリ協定を受け、我が国では2018年4月に環境基本法に基づく第五次環境基本計画⁹⁾が閣議決定された。

同計画では、今後の環境政策の方向性を示す6つの重点戦略が提示された。すなわち、①持続可能な生産と消費を実現するグリーンな経済システムの構築、②国土のストックとしての価値の向上、③地域資源を活用した持続可能な地域づくり、④健康で心豊かな暮らしの実現、⑤持続可能性を支える技術の開発・普及、⑥国際貢献による我が国のリーダーシップの発揮と戦略的パートナーシップの構築である。その中で、国際・国内情勢に的確に対応するため、経済社会システム、ライフスタイル、技術といったあらゆる観点からイノベーションの創出がうたわれている。またSDGsの考え方も取り入れ、経済・社会的課題の解決（同時解決）に資する効果をもたらすように環境政策をデザインすることで、将来にわたって質の高い生活をもたらす新たな成長につなげることを目指している。

このように、社会情勢を踏まえると、「環境によりそう建設技術」の必要性はますます高まっている。第2章では建設分野における環境問題への取組み状況を紹介する。

2. 建設業における取組み

建設業を取り巻く環境問題への取組みとして、第1章で述べた、COP21「パリ協定」を踏まえ、国土交通省は、住宅・建築物の省エネルギー化や自動車対策、低炭素まちづくりの推進等、多様な政策展開に取り組むこととし、それぞれの施策を進めることとしている⁷⁾。一方、(一社)日本建設業連合会においては、2016年度から5か年計画で「建設業の環境自主行動計画第6版」を策定した。建設業界の環境に対する取組み方針について環境経営の充実、設計段階並びに施工・運用段階における温暖化対策、建設副産物対策、生物多様性の保全および持続可能な利用という目標を掲げている⁸⁾。

1章で紹介したように環境問題は多岐にわたるが、ここでは、環境によりそう建設技術を次の①～⑥に分類して考えることとする。①地球環境問題への対応、②環境保全・環境修復技術、③廃棄物利用・既存躯体利用技術、④環境負荷低減技術、⑤長寿命化関連技術、⑥自然エネルギー利用技術に分類した。①は地球環境問題の中でも地球温暖化に対応する技術、②は汚染された環境の修復技術および自然環境の保全・再生・創出に関する技術、③は廃棄物の利用技術および既存の構造物の再利用技術、④は省エネルギー・省資源に関する技術およびいわゆる公害と言われた騒音・振動等への対策技術、⑤は構造物の耐久性や耐震性を向上させることで長寿命化する技術、⑥は自然エネルギーを創出する技術および自然エネルギーの無駄のない使い方に関する技術とそれぞれ定義することが出来る。それぞれの技術の動向を紹介する。

2.1 地球環境問題への対応

地球環境問題を地球温暖化問題と捉えてみる事が出来る。その対策は大きく緩和策と適応策に分類される⁹⁾。前者は、温暖化の原因となる温室効果ガスの排出を抑制することを意味しており、後者は既に起こりつつある、あるいは起こりうる影響に対して、対策することを意味する。例えば、温暖化で暴風雨が発生しやすくなることを受け、河川堤防を強靱化するなどがあげられる。

建設業界においては、緩和策の一環として、温暖化対策に、「建設施工段階におけるCO₂排出量を(1990年度を基準として)2020年度までに20%削減する⁸⁾」という業界目標を掲げ、CO₂排出量を削減するための活動を推進している。具体的には、建設現場においては、省燃費運転、低燃費型の建設機械の積極的利用、BDF（バイオディーゼル燃料）の建設重機への適用が行われている。建物においては、建物のライフサイクルを通したエネルギーが消費量ゼロの「ゼロ・エネルギー・ビル」の実現を目指している。さらに、節電・省エネ対策を進めたまちづくりを行い、環境に配慮したスマートシティを構築している⁹⁾。

一方で、緩和策を施しても、温暖化の影響による豪雨・渇水・土砂災害を避けることは困難ともなり得る。2018年の西日本豪雨災害において、局地的な豪雨や洪水、土砂災害の深刻な実態が明らかとなった。流域の水循環に即した「水災害適応型都市」づくりの推進等、地球温暖化への適応策も急がれる課題である。また、温暖化に伴い、積雪の質が変化し、構造物への着雪量が増えることを指摘している報告もある¹⁰⁾。

建設業界では、自然災害分野（水害、土砂災害、高潮、高波、雪害等）および水資源・水環境分野でのハード・ソフト両面からの総合的な適応策の検討・展開に取り組んでいる。近年の夏の猛暑も自然災害とみなされる。暑さに伴う熱中症災害への対策として、観測・監視体制の強化への取組みも行われている。

2.2 環境修復・環境保全技術

環境修復とは、埋め立ててしまった渚の修復、森林保護や植林などの「環境の回復」、化学物質や重金属類などで汚染された土壌・地下水などを元の自然に近い状況に戻したり、汚染土壌等の原因物質を除去し、浄化することを指す。土壌汚染対策法は、土壌・地下水汚染の回復の推進を図り、もって国民の健康の保護および生活環境の保全に資することを目的に、平成15年2月に施行された¹¹⁾。その後

平成 22 年 4 月に改正され、土地の形質変更時に土壤汚染調査が義務化された。平成 29 年 5 月にも改正行われ、調査契機の拡大、対策計画の提出命令が加えられた。

土壤・地下水汚染を見た場合、まず、重金属による汚染があげられる。建設工事に携わる技術者は、重金属に関する正しい知識を理解し、重金属等を含んだ発生土を適切に取り扱う必要がある⁹⁾。なお、健康被害防止の観点からは自然由来の汚染土壌とそれ以外の汚染土壌を区別する理由がないため、自然由来汚染土壌についても土壤汚染対策法における浄化の対象となっている。

トリクロロエチレンなど VOC（揮発性有機化合物）の汚染、油汚染も我が国では認められ、これらに対する浄化技術も広く研究開発されている。土壤・地下水汚染に対して、不溶化、封じ込め、土壤洗浄、分解、焼却などの各種の技術あるいはその組合せを駆使して、建設業が主体的に修復に取り組んでいる。

最近では、2011 年 3 月に発生した東日本大震災に伴う福島第一原発事故によって大規模な放射能汚染が発生したことにより、その修復と地域の復興が大きな課題となっている。この問題についても、建設業が主体となり市町村の住宅、農地、道路などの除染作業を精力的に実施している。除染作業によって生じた放射性廃棄物は仮置き施設から中間貯蔵施設に送られ、貯蔵、有効利用やさらなる減容化が今後進められていく予定である。その際に、作業員の被曝量の低減、除去土壌の改質、放射線量の迅速な評価など多くの課題について研究開発が行われている。それらの活動を通じて、地元住民の少しでも早い帰還をめざしている。一方、我が国には、廃炉決定済も含めると 50 基を超える原子力発電所が存在している。耐用年数を過ぎると廃止措置をとる必要があり、それもしずれは発生する放射性廃棄物を安全に処分しなければならない。その将来に向けて地層処分における廃棄物を周辺地盤と隔離するのに必要なバリア材料などの研究開発が進められている。

環境保全とは人間の活動が地球環境を脅かしあるいは壊してしまっているという認識のもと、自然のもっている浄化システムを保ち、回復を図ることを意味する。具体的には、公害問題対策、沙漠化対策、希少種の保護、海面上昇対策などがあげられる。

建設業においても、稀少動植物の保全技術、ビオトープ（生き物のいる場所）の創生などが行われている。緑地を設計する際に生き物が好む環境を創出するモデルが検討され、ミチゲーション（開発事業による環境に対する影響を軽減するための保全措置）に適用されている。また、都市の緑化における適切な樹木をその機能などから客観性を持って選定するツールなども研究開発されている。

水域分野を見た場合、治水や土砂管理だけではなく、豊かで美しい河川環境の形成のための取組み、河川、海岸等における生物の生育地の保全・再生・創出等の取組みが進められている⁷⁾。上記のように、建設業は豊かで美しい自然環境を保全・再生させる一翼を担っているといえるであろう。

2.3 廃棄物利用・既存物利用技術

建設業は、日本の産業廃棄物の中で約 20%の廃棄物を排出している⁷⁾。平成 26 年 9 月に国土交通省における建設リサイクルの推進に向けた基本的考え方、目標、具体的施策を示す「建設リサイクル推進計画 2014」が策定された。平成 30 年度までを計画期間として各種施策が取り組まれている。それを受けて建設業界において、資源の有効利用を目指した 3R（リデュース、リユース、リサイクル）が進められている。具体的には、物流のモニタリング強化、工事前段階における発生抑制、再資源化・縮減の促進、再生資材の利用促進、建設発生土の有効利用の促進等が重点的に取り組まれている。さらに、建設発生土だけでなく脱水ケーキや伐採材などの建設副産物も改質したり、加工することで緑化工事用の有効な資材に転換することが出来、一部で利活用されている。

発電事業などで発生した石炭灰の有効利用について、我が国では数十年前から取組みが行われてきている。しかし、十分とはいえず、処分場が逼迫した状況が継続している。したがって、現在も建設業、特に土木分野における安全で、適正な利活用技術について研究開発が引き続き進められている。福島においては除染土壌の減容処理が喫緊の課題となっており、低放射線量の各土質の材料について適切に混合することで土木材料として有効利用することが検討されている。

近年は、建設工事に伴う環境負荷を低減するため、既存躯体の一部を再利用することによって廃棄物の発生を抑え、環境への影響を抑える技術も盛んに研究開発されており、実用化も進められている。

地盤基礎の分野では、構造物を解体・新設する際に、解体する構造物で用いていた杭を廃棄せずに、当該用地に新築する構造物の基礎として活用する技術¹⁰⁾や耐震補強する際に既存の石積壁を利用する技術が開発されている。既存構造物を利用しながら耐震補強を行う技術、天井の落下を防止する技術などが研究開発されている。さらに、耐震補強によって既存地下施設の耐震尤度を向上させる技術も開発されている。

「建設リサイクル法」では、床面積の合計が 80m²以上の建築物の解体工事等を対象とし、そこから発生する特定建設資材（コンクリート、コンクリートおよび鉄から成る建設資材、木材、アスファルト・コンクリートの 4 品目）の再資源化等を義務づけている。それに向けて、適正な処理ならびに建設廃棄物の削減とリサイクルをめざした研究開発が行われている。コンクリートにおいては、その中性化の進行を的確に予測する技術が開発されている。補修費用の見通しも立てられ有効なものとなる。さらに、外壁の劣化を迅速に、的確に評価する技術も既存躯体利用に貢献している。

上記のように、循環型社会の形成促進に向け、資源の無駄を減らしていく流れは今後増していくものと考えられる。

2.4 環境負荷低減技術

「環境負荷」とは、人の活動が環境に与える影響で、それによって環境の保全に支障が生じるおそれのあるものをいう¹³⁾。廃棄物、公害、土地開発など人の活動が直接関わる負荷だけでなく、地球温暖化やオゾン層の破壊問題など間接的な負荷もある。環境負荷低減技術といった場合、CO₂の削減、廃棄物あるいは有害物質の削減なども含まれるが、ここでは従来からいわれる省エネルギー・省資源に資する技術、騒音、振動問題への対策技術について取り上げる。

具体的な技術を見た場合、建築仕上げ分野では、省エネと高品質、省エネと短工期などの特徴を備えた技術開発が進められている。また、土木・建築の材料の分野では、地下掘削に用いる安定液の比重増大を抑え劣化を遅らせる薬剤、気泡シールドトンネル工事において装置からの排土の際に噴出現象を抑制する薬剤、地下水の揚水・注水の自動制御により地下水変動を抑制する技術などの省資源化技術が開発されている。環境分野では、膨大な空調エネルギーを必要とするデータセンターにおける空調システムの高効率化の研究が進められている。

各工場等から発生する騒音や振動が深刻な問題となる場合がある。この問題に対し、建設業では予測シミュレーション技術および対策技術を研究開発している。

建設業に關係する国の施策を見た場合、エネルギー基本計画等において2020年までに新築住宅・建築物について段階的に省エネルギー基準への適合が義務化された。それを踏まえ、建築物の省エネ基準への適合義務等の規制措置を定めた「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律」（建築物省エネ法）が公布された¹⁴⁾。それに対応し、建設業では環境配慮設計を推進するとともに、設計、施工段階におけるCO₂排出抑制の取組みを進めている。

2.5 長寿命化関連技術

低炭素社会の実現に向けて、それを実現するための方策の一つとして「構造物の長寿命化」があげられる。建築物の長寿命化すなわち長期にわたり良好な状態で使用できれば、省資源、省エネルギーにも寄与できると考えられる¹⁴⁾。国土交通省では、「インフラ長寿命化基本計画」に基づいて官庁施設の老朽化対策を総合的に実施し、既存施設を長期利活用することでトータルコストの削減を図ることとしている。

長寿命化を確保するためには、耐久性のある材料や部材を使用すること、維持管理を容易にできること、耐震性や省エネ性を持続させることが求められる。環境省においても、「つくっては壊す」社会から「いいものをつくって、きちんと手入れして、長く大切に使う」社会への移行は、建築物の長寿命化の目指す目標のひとつとしている。長寿命化を進めるにあたり、建物の設計・施工や修繕履歴などについての情報の必要性および既存建物についての安全性や居住性を必要十分なレベルで評価できるような診断技術の重要性も指摘されている¹⁵⁾。

具体的に見た場合、コンクリートの分野では高強度・高耐久で、耐摩耗性にも優れた材料の開発などが行われている。また、コンクリートに用いる鉄筋の長寿命化も研究開発されている。構造物の耐震性をあげることで長寿命化する技術開発もされている。また、道路や鉄道などの床版の耐久性の向上による長寿命化も研究開発されている。一方、ソフトウェアによる鉄筋コンクリートの中性化の評価技術も進められている。

国土交通省による「インフラ長寿命化計画（行動計画）」が平成26～32年度を実施期間として進められている。その中では診断、メンテナンス事業があるだけでなく、ロボット化技術、センサー技術新等の推進もうたわれている。建設業として今後も主体的に担っていく予定である。

2.6 自然エネルギー利用技術

自然エネルギーとは自然現象からつくられ、くり返し使っても尽きることのないエネルギーであることから「再生可能エネルギー」とも呼ばれている。具体的には、太陽光、風力、バイオマス、地熱、水力等があげられる。これらは、有限な地下資源である化石燃料と異なり地球温暖化を防止することができ、近年導入が進んでいる。ここでは、自然エネルギーの創出法に関連する技術と自然エネルギーの無駄のない使い方に関する技術にわけて説明する。

平成26年4月に閣議決定された「エネルギー基本計画¹⁷⁾」に基づき、再生可能エネルギーの導入を最大限加速していくこととされていることを踏まえ、国土交通省では、港湾の洋上風力、空港施設等の広大なインフラ空

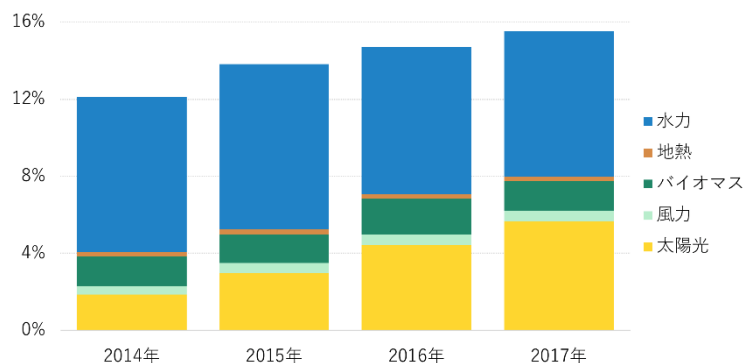


Fig. 2 日本の全発電量に占める自然エネルギーの割合¹⁶⁾
Ratio of Natural Energy Production to Total Electric Production in Japan

間、河川流水、安定かつ豊富な下水道バイオマス等といった再生可能エネルギーのポテンシャルを活用した導入を推進している。その中で、水力発電は明治期より行われている発電方式であり、一定量の電力を安定的に供給できる「ベースロード電源」として重要な役割を果たしている。

2012年から実施されている固定価格買い取り制度により、太陽光発電、バイオマス発電、風力発電、地熱発電などの自然エネルギー施設が普及している。Fig.2に示すように、日本における2017年の「全発電量に占める自然エネルギーの割合」は15.6%に達している。推移を見ると、太陽光発電量の割合が継続して増加している。また、豊富な海洋再生可能エネルギーに恵まれていることを受け、陸上に比べて大きな発電量が得られる洋上風力発電が実用化に向けて試験段階にある⁷。

自然エネルギーの創出に関して、建設業は、水力発電分野において、ダム建設などで大きな役割を果たしてきている。また、バイオマス発電のうちメタン発酵については1980年代から建設業もプラントエンジニアリング業界とともに、発電施設の建設の一翼を担ってきた。最近では木質バイオマスの燃焼による発電や熱源利用の施設の建設も進められている。また、太陽光発電施設の建設にも関わってきている。洋上風力発電の分野においては、事業性評価のための風況予測技術が研究されている。また、着床式施設建設に向けて、基礎構造物の設置技術の開発などが進められている。

次に、自然エネルギーの無駄のない使い方に関する技術について紹介する。地中熱利用システムは再生可能エネルギーとして着実に伸びており、地中熱利用の効率化に向けた研究開発が進められている。また、国・自治体の補助金等の導入支援やイニシャル・ランニングのコスト削減に向けた技術開発も進んでいる。また、BEMS（Building Energy Management System）と呼ばれるビルエネルギー管理システムが導入され、ビルの機器・設備等の運転管理によってエネルギー消費量の削減が図られている。

一方、自然エネルギーを利用した農業施設等も建設業が担っている。特に植物工場においては、作物の光合成速度を的確に予測する研究が行われており、施設の事前検討が行えるようになることをめざしている。

今後、地球温暖化を抑制する必要から自然エネルギーの利用の割合はますます増えていくものと考えられる。それに対応した技術開発を建設業として進めていくことが求められているといえる。

3. 大林組の保有技術

第2章で紹介したカテゴリーの「環境によりそう技術」について、大林組は研究開発を鋭意進めている。以下、その保有技術について紹介していく。

3.1 地球環境問題への対応

大林組は、地球温暖化対策のうち緩和策の一環として、CO₂排出量を削減するための活動を推進している。Table1に示すように、コンクリート関連ではセメントの混合割合を減らし、さらに副産物である高炉セメントを主成分とした「クリーンクリート[®]」を開発している。一般的なコンクリートに比べて60～80%のCO₂排出低減に寄与できる。

木材は、加工に要するエネルギーが他の素材と比較して少なく、長期的利用が地球温暖化防止、循環型社会の形成に資するなど環境にやさしい素材であることから、公共工事等において、木材利用推進が図られている。「公共建築物等における木材の利用の促進に関する

Table 1 地球環境問題関連技術
Technology to Resolve Global Environmental Problems

技術名称	概要
クリーンクリート [®]	結合材に対するセメントの混合割合を30%以下とし、一般的なコンクリートに比べて、60～80%のCO ₂ 排出量に寄与できる。
オメガウッド [®]	LVL（単板積層材）の一次接着品をボルトなどで一体化し、ロングスパンの木造構造物や中高層木造の大断面部材を安価に施工可能である。木材の利用促進に寄与できる。耐火構造仕様の「オメガウッド（耐火）」もある。
CO ₂ マイクロバブル溶解型貯留技術	工場や発電所等から排出されたCO ₂ をマイクロバブルによる急速溶解により帯水層に溶解して貯留する方式を考案し、効率的に地中貯留できる。CO ₂ の排出量を削減し、地球温暖化防止に寄与することができる。
建物外壁の融雪・凍結解析モデル	建物外壁の着雪は、時として落雪被害の原因となる。着雪の凍結や氷柱発生の起こりやすい箇所の予測は、落雪対策立案の上で重要である。本モデルにより、数値解析による着雪の融解・凍結の予測が可能となる。
暑さ指数ウォッチャー [®]	無線接続のセンサーによる多点の暑さ環境を測定し、温湿度やWBGT(暑さ指数)の一括モニタリングや職員・作業員へのリアルタイム通知が可能であり、熱中症災害の低減に貢献できる。

法律」等に基づき、「公共建築物における木材の利用の促進のための計画」が策定されている。大林組においても LVL（単板積層材）の一次接着品をボルト・ビス等のつづり材を用いて一体化し、ロングスパンの木造構造物や中高層木造の大断面部材を安価に施工可能である。木材の利用促進に寄与できる (Fig. 3)。

先に述べた地球温暖化の支配的原因は、人間活動による温室効果ガスの増加である可能性が極めて高い。化石燃料の使用や森林の減少などにより、大気中の温室効果ガスの一つである CO_2 の増加したことが原因の一つであると考えられている¹⁸⁾。この温室効果ガスの大気中における濃度上昇の抑制技術については、多くの機関で盛んに研究開発が行われている。大林組では、マイクロバブルによる急速溶解により CO_2 を帯水層に溶解して貯留する方式についての試験検討を行っている (Fig. 4)。

雪が降ると建物外壁に着雪が生じることが多いが、それらは、時として落雪被害の原因となる。気温や日射などの気象状況の変化による、着雪の凍結や氷柱発生のおこりやすい箇所の予測は、落雪対策立案の上で重要である。一方、地球温暖化に伴い積雪の質が変化している。そのことを踏まえ、構造物に着雪した雪の落雪リスクを低減するための研究開発が行われている。「建物外壁の融雪・凍結解析モデル」は数値解析による着雪の融解・凍結予測ができる。

さて、近年地球温暖化に伴い夏季の暑さが建設業を含む各業種の職場においても厳しい影響を与えている。平成 25～29 年の 5 年間における熱中症による死傷者は 2,400 人を超え、建設業においても 660 人を超えている。この熱中症の問題に対して、大林組開発の「暑さ



Fig. 3 オメガウッドを用いた構造物
A Structure made of Omega Wood

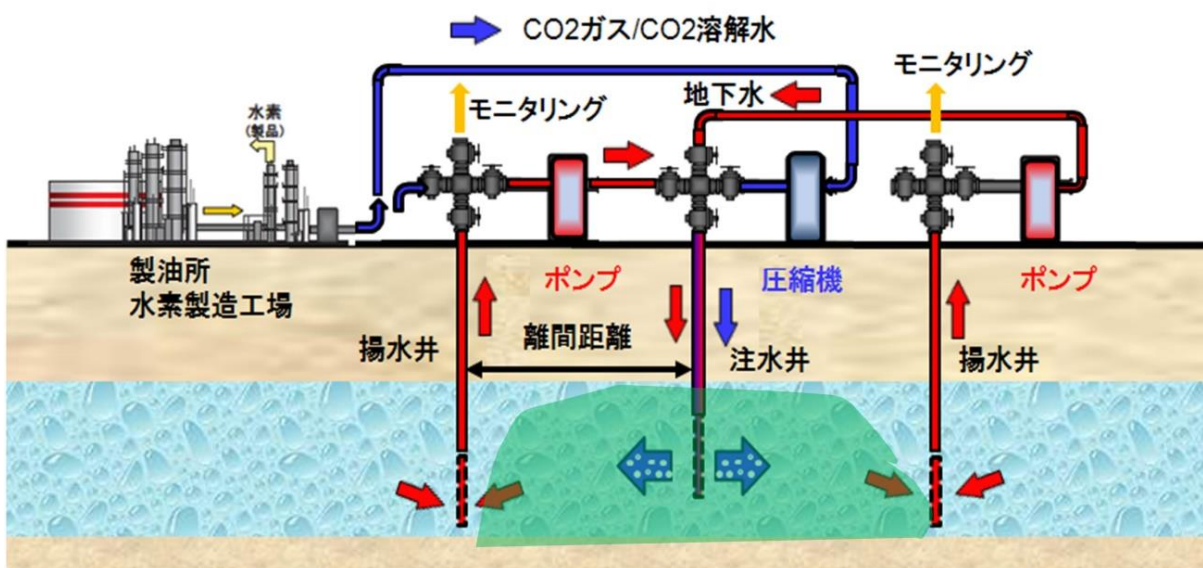


Fig. 4 CO_2 地中貯留の概念図
Concept of CO_2 Injection for Underground Storage

指数ウォッチャー®」は有効な適応策になると期待される。現場内の暑さ環境を多点で連続的に測定し、適宜職員や作業員に通知することができ、熱中症のリスクを低減するのに貢献する。

3.2 環境修復・環境保全技術

大林組が保有する環境修復関連および環境保全技術を Table 2 に示す。環境修復における土壌浄化技術は、現在も鋭意研究開発が行われている。土壌・地下水汚染の浄化に向けて、大林組では汚染物質ごとに、豊富な工法のラインナップを備えて対応している。

「ソイルメタガード®工法」は、掘削土壌に含まれる重金属等を化学的に安定化させ、土壌汚染の拡散を低コストで確実に防止する。自然由来の重金属等への対応も可能である。不溶化、地盤強度の改良、pH の中性維持を一工程で可能にする薬剤を用いた工法である (Fig. 5)。浄化技術の一つである吸着層工法とは、岩石・土壌の盛土に吸着層を敷設することにより、含有する重金属類の地下への浸透を抑制する低コストな技術である。大林組は、同工法を改良し、遮水機能を付与した「遮水層併用型吸着層工法」を開発している。重金属を含む浸出水の流れを制御することで地山への汚染を防止し、地山・地下水への汚染拡散リスクを低減できる。

Table 2 環境修復・環境保全技術
Environmental Remediation and Preservation Technology

技術名称	概要
ソイルメタガード®工法	安価な重金属不溶化材。仕様に応じて、鉛、砒素、フッ素、ホウ素、セレン、カドミウムを不溶化できる複合汚染対応型と中性領域で砒素等の不溶化、土質改良ができる中性固化材型がある。
遮水層併用型吸着層工法	盛土層に遮水機能を付与した同工法は、重金属を含む浸出水の流れを制御することで地山への汚染拡散をシャットアウトする。地山・地下水への汚染拡散リスクを低減できる。
微生物でVOC汚染を浄化するクロロクリン®工法シリーズ	VOC汚染地盤に小径の穴を削孔し、分解微生物の活性を高める特殊栄養剤「クロロクリン」を添加する工法である。大型の重機が不要で、低コストでの浄化を可能とした。地盤の透水性や持続時間などに応じて、「クロロクリン」、「クロロクリンL」、「クロロクリンW」、「クロロクリンS」のラインナップを備える。
自然由来重金属評価におけるノンコア削孔スライムの利用	山岳トンネルにおける切羽前方の自然由来重金属評価技術である。従来のオールコアボーリングと比べて、低コスト・短工期で試料採取が可能なノンコア削孔スライムによる重金属評価である。
オイルクリン®工法	掘削した油汚染土壌に散布することで、油汚染土壌の油臭を低減するとともに、油汚染土の微生物分解を促進することができる。周辺環境への悪臭問題を解決し、油浄化の短工期化を可能とする。
サラサククリーン®	粘性の高い土壌を短時間でさらさらの砂状に改質できる土質改良材である。また、強度改善もでき、中性系なので環境負荷が小さい。中間貯蔵施設の除去土壌の改質などに利用できる。
ポリイオンコンプレックスを利用した粉塵抑制工法	ポリカチオンとポリアニオンの粘稠性混合剤であり、散布することで土砂飛散の抑制効果がある。中間貯蔵施設工事では、作業者の被ばく量低減などが期待できる。
高レベル放射性廃棄物処分におけるベントナイト系人工バリア	金属容器に入れられた高レベル放射性廃棄物を埋設する技術である。スクリーコンベアで空洞に高密度ベントナイトペレットを充填することにより、人工バリアの必要な密度を得られる。
ビオトープ	生きものの生息空間を確保する役割と、人間活動の身近なところで生物多様性保全の意識を高める役割のあるビオトープを設計・計画する技術である。自然と共生する空間づくりを支援する。
生息地評価モデル	鳥を誘致するための緑地設計支援ツール。鳥が好んで出現する場所や移動環境を詳細に調査した結果をもとに、生息地評価モデルを作成。本モデルにより鳥が好んで訪れる環境創出が可能となる。
緑化樹木選定ツールDryade®	樹木の環境保全機能を客観性のある判定基準で選定する。判定項目は、防風、防潮、防火、ヒートアイランド対策、大気浄化など多岐にわたる。環境保全に効果的な緑地の設計に利用できる。
アサリを指標とした環境改善	かつてアサリの潮干狩り場であったが1980年代半ば以降は、その数が激減している。環境調査および潜堤の設置による浅場での塩分濃度確保により、稚貝の生存率向上効果が期待できる。

「クロロクリン®工法シリーズ」はトリクロロエチレン等の VOC（揮発性有機化合物）汚染地盤に栄養剤クロロクリンを注入することで地盤中の微生物を活性化し VOC を分解浄化する工法である。「クロロクリン」, 「クロロクリン L」, 「クロロクリン W」, 「クロロクリン S」のラインナップを備え、地盤の土質、透水性、pH などに応じて対応が可能である。

ノンコア削孔スライムの利用技術は、従来のように切羽からオールコアボーリングを行うのではなく、ノンコア削孔スライムを用いた重金属分析を行う。その結果、低コスト・短工期で試料採取、重金属評価が可能となった。

「オイルクリン®」は、油含有土壌の掘削・運搬・仮置きなどの作業の際に問題となる油臭を効果的に抑制する。油含有土の表面にオイルクリンの希釈液を直接散布することで、周辺への油臭の拡散を防止しながら工事を進めることが可能である（Fig. 6）。大掛かりな設備や機械を必要とせず、簡易な作業で散布できる。また、オイルクリンは油含有土壌をバイオ処理工法により浄化する際、添加すると土中微生物を活性化させて浄化を促進する効果もある。

東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故に対して、現在住民の帰還に向けた除染工事および大量に発生した放射能を含む土壌の中間貯蔵に向けた工事が行われている。その土質によっては含有する有機物の分解等で泥状を呈するものもあり、扱いが困難であった。「サラサクリーン®」は粘性の高い土壌を短時間でさらさらの砂状に改質できる土質改良材である。中性系なので環境負荷も小さい特長を有する。

一方、工事に伴って発生する土砂の飛散は作業者の被曝を招く可能性がある。「ポリイオンコンプレックス」は高分子の陽イオンと陰イオンを組み合わせた材料であり、粘性を持ち、該当箇所散布することで土砂飛散を抑制することが可能となる。

原子力エネルギー利用から発生する放射性廃棄物を安全に処分するための施設に関する研究開発も進めている。高レベル放射性廃棄物を地層処分するために人工的に作られた壁を人工バリアといい、封じ込めをより確実にするために施される。人工バリアの材料として、高密度ベントナイトペレットを低コストで製造する方法を検討している。また、模擬空洞を用いて充填試験を行うなど人工バリアの性能向上を図っている。

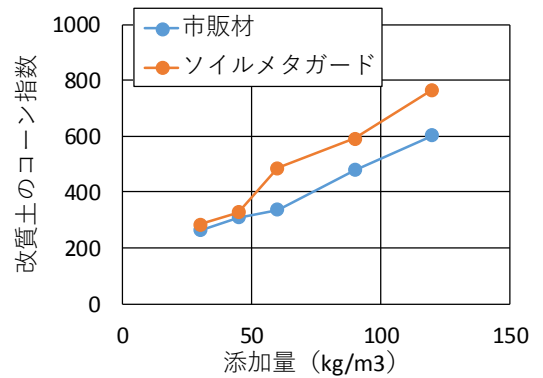
次に環境保全技術について紹介する。建設工事に伴い、どうしても環境を改変してしまうリスクが伴うことから、その影響を最小限に留めることが望まれている。大林組は生きものの生息空間を確保する役割と、人間活動の身近なところで生物多様性保全の意識を高める役割のあるビオトープづくりのノウハウを持ち、有効な提案を行っている。ビオトープとは、本来ドイツ語で「生き物(bio)のいる場所(tope)」を意味し、「特定の生き物(動植物)が生育生息するあるまとまりをもった空間」のことを言う。日本においては、1990 年代に入って、失われた自然環境を復元・再生させるビオトープづくりが盛んに行われるようになった。ビオトープづくりは、池など水辺を整備する事例が多い。移動能力の高いトンボは、整備されたビオトープの環境条件によって、特徴のある種類が飛来して定着する。トンボの発生する種数は、環境が多様なほど、多い傾向があるので、トンボ池は、ビオトープづくりのよい指標になる。ビオトープの維持管理には、実施体制や費用負担など課題もあり、それらを踏まえたフォローアップが今後も必要である。

「生息地評価モデル」は鳥を誘致するための緑地設計支援ツールであり、鳥が好んで出現する場所や移動環境を詳細に調査した結果をもとに、生息地評価モデルを作成する技術である。本モデルにより鳥が好んで訪れる環境創出が可能となる。同じく「いきものナビ」も都市の生物多様性創出に必要な生き物を呼び込むための環境評価システムである。700 ヶ所以上に及ぶ参考緑地の設定とデータベースにより、短期間で予測した情報を提案できる。「緑化樹木選定ツール Dryade®」は樹木の環境保全機能を客観性のある判定基準で選定し、環境保全に効果的な緑地の設計に利用する技術である。防風、防潮、防火、ヒートアイランド対策等多岐にわたる判定項目で評価している。

水域に目を向けた場合、我が国における沿岸域のアサリ場の衰退に対して、その回復を願う地域は多い。大林組は、「アサリを指標とした環境改善」への取り組みなどを通じて水域環境の保全に努めている。



ソイルメタガード



ソイルメタガードによる地盤強度の改良効果

Fig.5 ソイルメタガードの改質効果
Reforming Effect of "Soil Meta-Guard"



Fig.6 オイルクリンの散布
"Oilclean" Spraying

3.3 廃棄物利用・既存物利用技術

Table3に保有する廃棄物利用・既存物利用技術を示す。大林組では廃棄物を減らし、できるだけ有効利用していく取組みを継続的に進めている。ここでは、まず廃棄物利用に関する技術を紹介し、次に既存躯体利用技術について紹介する。

廃棄物利用の観点で見た場合、まず石炭灰の利用について論じる必要がある。その有効利用について、長期にわたり研究開発が続けられてきたが、処分場のひっ迫などから、さらなる利用拡大が求められている。その際、石炭灰には有害重金属類が溶出基準を超えて含まれる場合がある。大林組ではそれら重金属類を薬剤等で不溶化した改良土「ソマッシュ®」を用いて盛土材として有効利用する技術を開発しており、一部盛土材料として適用検討も行っている。

また、Fig.7に示す「タイヒシャトル®工法」はダム現場などで発生する建設副産物（脱水ケーキ・伐採材）を有効利用し、発酵処理を施すことで短期間に良質な緑化用土を製造し、のり面を緑化等に展開している。同じく、「チップクリート®工法」は間伐材などの廃棄物であるチップ材をセメント系材料で固化したものをを用いており、本工法を用いることで、斜面浸食を抑制し、荒廃した開発地の修復に役立てられる。「除染土壌の品質調整システム」は、福島における除染土壌の減容処理を進める際に、土壌を速やかに判定・分別し、所定の品質の混合材料を得るシステムである。中間貯蔵施設建設現場での実用化が始まっている。

次に、既存躯体利用技術について紹介する。耐震補強工法「3Q®工法」は低騒音・低振動、省スペース施工、無溶接化を実現し、建物の使いながらの施工に適した工法である。「3Q-Wall」,「3Q-Brace」,「3Q-Column」,「3Q-Joint」および「3Q ダイアキャスト」からなる。「フェイルセーフシーリング®」は既存吊り天井の天井板下面にネット状の部材を設置することによって、既存吊り天井の落下を防止す

Table3 廃棄物利用・既存物利用技術
Technology Related to Waste or Existing Structures Utilization

技術名称	概要
石炭灰改良材ソマッシュ®	石炭灰に微量に含まれる重金属類をセメント等で不溶化し、溶出量を土壤環境基準以下に抑制することができる。天然土砂の代替材として防潮堤や防災緑地などの盛土材に活用できる。
タイヒシャトル®工法	ダム現場などで発生して、廃棄されることが多い建設副産物（脱水ケーキ・伐採材）を有効利用し、発酵処理を施すことで短期間に良質な緑化用土を製造し、のり面を緑化することが可能な工法。
法面緑化に利用するチップクリート®工法	廃棄物である間伐材等をチップ化し、骨材として有効利用した原料とする同工法は耐候性に優れ、結果斜面浸食が激しい現場においても、その浸食を抑制し、荒廃した開発地の修復に寄与できる。
除染土壌の品質調整システム	除染土壌を再生資材等として利用することができる。除染土壌の中に含まれている良質な砂質土を用い、所定の品質となるように粘性土と混合することで改質を自動で行う技術である。
耐震補強工法3Q®工法シリーズ	低騒音・低振動、省スペース施工、無溶接化を実現し、既存の建物の使いながら施工することに適した耐震補強工法。「3Q-Wall」,「3Q-Brace」,「3Q-Column」,「3Q-Joint」さらに「3Q ダイアキャスト」もメニューに追加。必要な耐力や意匠により最適な耐震補強壁を実現する。
フェイルセーフシーリング®	既存吊り天井の天井板下面にネット状の部材を設置することによって、既存吊り天井の落下を防止する技術。地震時における当該施設利用者が避難する時間と空間を確保できる。
スームスボード®による高欄リニューアル工法	経年劣化したコンクリート製高欄を撤去せず、既存高欄の両面にスームスボードを配置して一体化し、既存高欄を補強する工法。人力施工が可能で列車運行への影響を最小限とすることができる。
マルチプルナットバー®	両端部に独自の機械定着具が付いた高強度のせん断補強筋を使用し、既存の地下施設の耐震裕度を向上することができる耐震補強技術。従来の鉄筋補強に比べ40%部材を減らすことができる。
既存杭再利用	建物を解体し、そこに新築する場合に、解体建物で使用していた既存杭を再利用する技術。合理的なパイルキャップ解体技術と杭健全性判定技術からなる。結果、工期や工費を短縮できるだけでなく、CO2や廃棄物の排出を削減し、環境負荷を大幅に低減することができる。
ピンナップ®工法	大規模な工事規制を行わずに法面の耐震化を図るためには、既存石積壁を残して耐震補強を施すことが有効である。軽量かつコンパクトな施工機械を用いて、比較的簡易な施工方法により石積壁の耐震性の向上を図ることができる。

る技術である。地震時における当該施設利用者が避難する時間と空間を確保できるようになる。「スムーズボード®による高欄リニューアル工法」は経年劣化したコンクリート製高欄を撤去せず、既設高欄の両面に耐久性が高く強度・じん性に優れるスムーズボード（高じん性セメントボード）を配置して一体化し、高欄を補強する工法であり、人力施工が可能で列車運行への影響を最小限とすることができる。「マルチプルナットバー®」は耐震補強技術であり、電力地下施設への適用の実績がある。高強度せん断補強筋を用いることにより、従来の鉄筋補強の40%も部材を削減でき、地盤改良不要という特長がある。

都市部の再開発案件で、解体する構造物で用いていた杭を当該用地に新築する構造物の基礎として活用する際に、敷地に存在する既存の杭や地下躯体をどう活用するかが重要な課題である。大林組では、「既存杭再利用」を促進するための、合理的なパイルキャップ解体技術・杭健全性判定技術を開発している。

Fig.8に示す「ピンナップ®工法」は、既存石積壁の耐震補強工法である。軽量・コンパクトな施工機械を用いて、比較的簡易な施工方法により石積壁の耐震性の向上を図ることができる。

3.4 環境負荷低減技術

Table4に保有する環境負荷低減技術を示す。ここでは、まず省エネルギー・省資源化技術について紹介し、そのあと騒音、振動などの環境問題に対応する技術を紹介する。

外壁改修技術「リニューフェイス™」は補強繊維ネットと新規改修仕上げ材を一体化した石材調シート材を用いることで、工期短縮と省力化を実現する外壁改修技術である。

シールドトンネル工事に使用する起泡沫材「レオフォーム®」は、従来品に比べて低濃度で高発泡・高粘性の気泡を安定的に生成でき、また、生分解性にも優れ、環境影響を少なくできる。同じくシールドトンネル工事に用いられる噴発防止材は、高分子凝集剤をスクリーコンベア中に添加し、排土の流動性を低下させ噴発現象を防止する目的で用いられる。大林組の開発した低環境負荷型噴発防止材は、Fig.9に示すように、従来品と同等以上の強度改質効果を有し、汚泥の有効利用可能性もあり、循環型社会形成に貢献できる。

地中連続壁や杭などの工事では安定液（泥水）が用いられ、孔壁の安定などに重要な役割を果たしている。大林組では近年の高速施工に対応できる安定液の「比重低減材」を開発した。掘削中に安定液に混入した土粒子と反応して凝集物を作り、土砂分離機等で除去を促

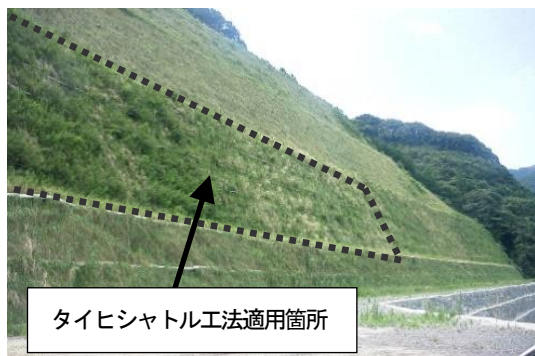


Fig.7 タイヒシャトル工法
Taihi-Shuttle Method

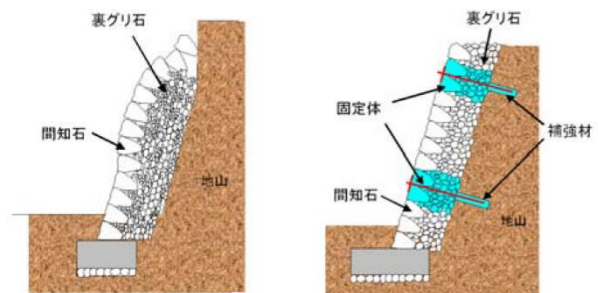


Fig.8 ピンナップ工法
Pinup Method

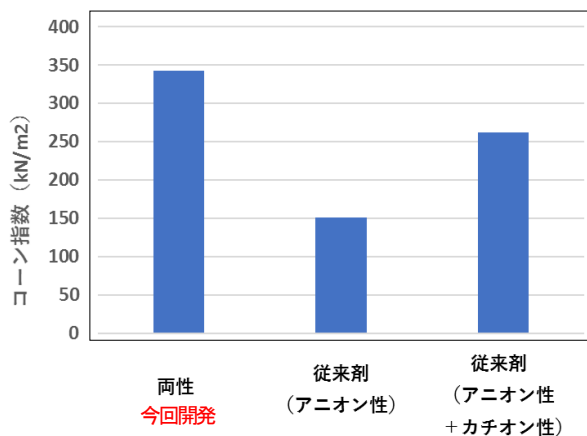


Fig.9 低環境負荷型噴発防止剤
Collapse Prevention Agent with Low Environmental Impact



Fig.10 打ち水グラスパーク®
Sprinkling Grass Park Method

進する材料である。安定液の性状を維持して、繰返し使用回数を増やすことができる。しかしながら、最終的に劣化し廃棄処分となる。新規に開発した「高速凝集分離技術」は廃安定液に特化した凝集剤と遠心分離機であるスクリーデカンタを組み合わせることで廃安定液を水と泥に効果的に分離する技術である。分離した水は下水道に放流することが可能で処分費削減が期待できる。また、安定液の練水に再利用も可能である。

「打ち水グラスパーク®」(Fig. 10) はヒートアイランド化した都市の熱的環境緩和に対応する技術であり、保水性がある緑化舗装用コンクリートブロックを用いることで、日射による急激な温度上昇を抑え、自動灌水機能を備えることで摩擦や熱から植物を守ることができる。なお、大林組では、水の蒸発による効果で地面を冷やす技術「打ち水シリーズ」を実用化している。

「地下水の揚水・注水制御技術」は線状構造物構築時の地下水流動阻害対策や周辺地盤の沈下対策に用いられる技術である。地下水の揚水および注水の自動制御により、工事に伴う地下水変動を抑制し、地下水環境保全を図ることができる。

大規模なサーバ室を有するデータセンターの需要は増加傾向にある。その情報処理能力の向上と共に、その発熱量は大きくなる。発熱量の大きなサーバ機器を冷却するためには、膨大な空調エネルギーを必要とし、空調システムの高効率化は、データセンター計画における重要な検討項目の一つである。そこで、サーバ機器や空調機、サーバ室用建材などのシミュレーション用モデルを検討し、サーバ室内環境のより現実的な性能把握や評価を可能とする「データセンター用設計支援技術」を開発した。Fig. 11 に本技術を用いたシミュレーション結果を示す。

Table 4 環境負荷低減技術
Technology to Reduce Environmental Impact

技術名称	概要
石材調シート材による外壁改修技術「リニューフェイス™」	補強繊維ネットと新規仕上げ材を一体化した石材調シート材の利用で、工期短縮と省力化を実現。ポリマーセメントモルタルによる接着とアンカーピンによる機械固定の併用で、外壁落下に対して安全性を確保できる。
高発泡、低コスト型起泡剤「レオフォーム®」	気泡シールド工法に使用する起泡材で、従来品に比べて低濃度で高発泡・高粘性の気泡を安定的に生成する。その結果、環境影響も少なくできる。
安定液の比重低減材	掘削中に安定液に混入した土粒子と反応して凝集物を作り、土砂分離機等で除去を促進する材料である。安定液の性状を維持して、繰返し使用回数を増やすことができ、環境負荷を低減できる。
廃安定液の高速凝集分離技術	廃安定液に特化した凝集剤とスクリーデカンタを組み合わせることで、地中連続壁や杭工事で発生する廃安定液を泥と水に分離する技術。分離水は下水に放流することで廃安定液を低減でき、安定液の練水に再利用も可能である。
低環境負荷型噴発防止材	シールド工事で用いられる噴発防止材は、排土の流動性を低下させ噴発現象を防止する。開発した低環境負荷型噴発防止材は、従来品同等以上の改質効果を有し、汚泥を建設発生土として有効利用できる。
湿潤舗装システム「打ち水シリーズ」	水の蒸発による効果で地面を冷やす技術「打ち水ベープ®」、「打ち水ロード®」、「打ち水ウォール®」、「打ち水グラスパーク®」を実用化している。ヒートアイランド化した都市の熱的環境緩和に有効な技術であり、最近増えている豪雨対策に必要な雨水浸透機能にも対応している。
地下水の揚水・注水制御技術	地下水の揚水・注水制御技術は、線状構造物構築時の地下水流動阻害対策や周辺地盤の沈下対策に用いられる技術である。地下水の揚水および注水の自動制御により、工事に伴う地下水変動を抑制し、地下水環境保全が可能となる。
データセンター用設計支援技術	データセンターの空調設計を合理的に支援するため、サーバ機器の形状を考慮できる気流解析が行える技術。これにより空調用電力の削減が可能となる。
騒音診断対策支援システム「カルマンド®」	工場等の騒音規制基準の経済的な対策と、排出余裕を確保するという、相反する条件を解決するための、豊富な実績と数値シミュレーションに基づいた騒音問題の具体的な解決方法を策定するシステムである。
地盤を伝わる環境振動予測システム「ゆれみる®」	本システムは、工事機械や車両、産業機械などで発生し、地盤を伝わる振動の大きさや性状を正確に予測する技術。振動対策の効果を定量的に評価することで、周辺の建物への振動に関わる環境負荷を低減する。

次に、騒音、振動に対する大林組の技術について紹介する。騒音診断対策支援システム「カルマンド®」は、豊富な経験と数値シミュレーションに基づき騒音問題の具体的な解決方法を策定するためのシステムである。規制基準を経済的に対策しながら、同時に将来の施設更新の妨げにならないよう騒音の排出余裕分を確保するという適切なバランスで解決方法を策定することができる。

振動は工事機械や車両、産業機械などで発生し、周辺住民に著しい不快感を与えるため、事前に振動予測と対策を講じることが重要である。地盤を伝わる環境振動予測システム「ゆれみる®」は地盤を伝わる振動の大きさや性状を正確に予測する技術であり、振動対策の効果を定量的に評価し、周辺の建物への振動に関わる環境負荷を低減する。

3.5 長寿命化技術

Table 5 に長寿命化関連技術を示す。大林組は建設構造物の長寿命化に取り組んでいる。長寿命化によって、ランニングコストの低減が図れ、ひいてはトータルコストが低減できるといえる。結果として、環境に貢献することとなる。以下の大林組の技術を紹介する。

「スリムクリート®」は一般的なコンクリートと比較して高強度・高耐久で、耐摩耗性にも優れており、耐摩耗性部材への適用によって補修、補強、新設において長寿命化に資する材料である。「タフショットクリート®」は、従来のポリマーセメントモルタルと比較して、コストは同等で、施工性が良く、ノンポリマーで高い圧縮強度と優れた耐久性を有しており、主に塩害や中性化等により劣化した構造物の補修や補強に適している。Fig. 12 に示す「サンドグリップバー®」はポリビニルブチラール樹脂で被覆し、その周囲に珪砂を付着させた鉄筋である。同樹脂によって塩化物イオンの浸透を大幅に抑制し、珪砂によってコンクリートとの付着を向上させることができる。

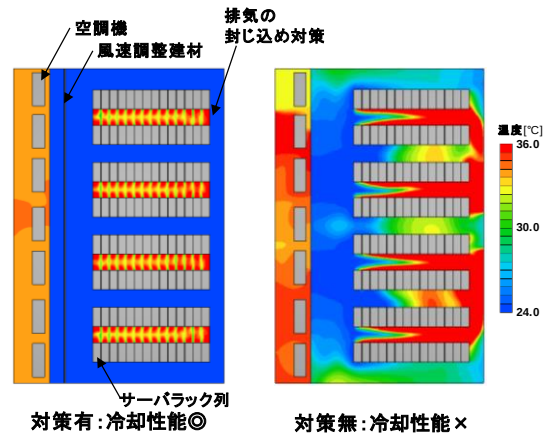


Fig. 11 サーバ室の温度分布に関するシミュレーション結果(平面図)

Simulation Result of Temperature Distribution of the Server Room (Plan View)

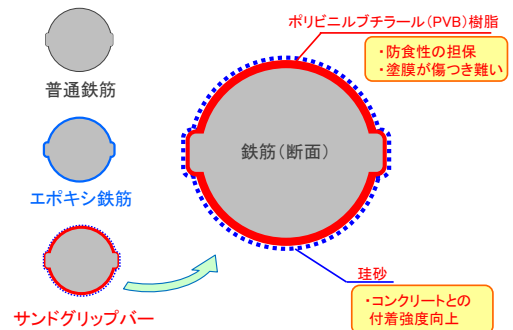


Fig 12 サンドグリップバーの概要
Concept of a Sand Grip Bar

Table5 長寿命技術
Technology to Extend the Life of Structure

技術名称	概要
スリムクリート®工法	一般的なコンクリートと比較して高強度・高耐久で、耐摩耗性にも優れており、補修、補強、新設において長寿命化に資する材料である。
タフショットクリート®	従来のポリマーセメントモルタルと比較して、コストは同等で、高い圧縮強度と優れた耐久性を有するセメント系の補修・補強材料で、吹付け工法と左官工法の両方に使用できる。主に海岸構造物などの耐久性が求められる構造物の断面修復に適している。
サンドグリップバー®	ポリビニルブチラール樹脂で被覆し、その周囲に珪砂を付着させた鉄筋。同樹脂によって塩化物イオンの浸透を大幅に抑制し、珪砂によってコンクリートとの付着を向上させる。構造物の長寿命化に貢献する技術である。
ブレーキダンパー®	自動車等のブレーキ技術を応用し、摩擦力で地震時の建物の揺れを低減する制震装置である。地震時の繰返し動作に対する耐久性に優れ、大地震後も交換が不要。新築だけでなく既存建物の耐震改修にも有効で、あらゆる建物の長寿命化を図れる。
スリムファスナー®	高耐久・短工期を実現するプレキャスト道路橋床版接合工法であり、高速道路等の高耐久化、省力化技術である。更新工事による高速道路の長寿命化に貢献する。
中性化予測技術	鉄筋コンクリート造(RC造)建築物の中性化の進行を簡易に予測できるプログラム。仕上げ材による中性化抑制効果の考慮や、補修にかかる累積費用の算定が可能である。
外壁検査用「ウォールチェッカー®」	目視用のカメラ撮影や検査結果の記録などを自動化し、上下の動きに加え左右に伸縮する検査アームを取り付けたことで外壁検査の効率化および省力化を実現。検査報告書作成に要する作業も大幅に省力化できる。

樹脂塗装鉄筋の施工に伴って生じる樹脂塗膜の損傷を軽減し、コンクリートとの付着の低下がない。その結果、鉄筋の錆を防止し、構造物の長寿命化に貢献する技術である。

「ブレーキダンパー®」は自動車等のブレーキ技術を応用し、摩擦力で地震時の建物の揺れを低減する制震装置である。地震時の繰返し動作に対する耐久性に優れ、大地震後も交換が不要であり、新築だけでなく既存建物の耐震補強にも活用できる。

高耐久・短工期を実現するプレキャスト道路橋床版接合工法「スリムファスナー®」は高速道路等の道路橋床版のプレキャスト床版の接合を高耐久化、省力化した技術で、更新工事による高速道路の長寿命化に貢献する。

コンクリートの「中性化予測技術」はエクセルベースのプログラムであり、既存構造物に仕上げ材を施した場合の中性化抑制効果の考慮や、補修にかかる累積費用の算定が可能であり、有用なツールとなる。

「ウォールチェッカー®」は、検査精度の高い、自動外壁検査システムであり、効率化および省力化を実現できる。

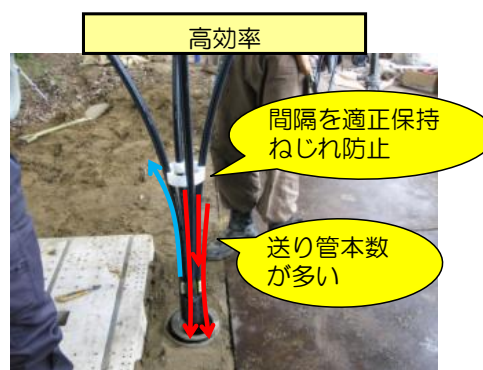
3.6 自然エネルギー利用技術

大林組は自然エネルギー利用を利用した施設の建設を 1990 年代から行っている。メタン発酵施設を皮切りに、最近では自然エネルギーを利用した発電事業も手がけている。Table 6 に関連技術を示す。

自然エネルギーの創出法に関連する技術を紹介する。「木質バイオマス発電」は未利用材や未利用地に植林した木材あるいは既往の森林の木材や、剪定枝などを燃やして蒸気を作り、発電や熱源として利用するものである。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。国内では、Fig.13 に示すよ



Fig 13 木質バイオマス発電所（山梨県大月市）
Woody Biomass Power Plant (Otsuki City, Yamanashi Prefecture)



分岐管方式

Fig. 14 地中熱利用
Utilization of Geothermal Heat

Table 6 自然エネルギー利用技術
Natural Energy Utilizing Technology

技術名称	概要
バイオマス発電	未利用材や未利用地に植林した木材を燃やして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。国内では実施しており、海外でも計画が進められている。
洋上風力発電のための沿岸域における風況予測	洋上風力発電に有望な沿岸域の年平均風速を、気象解析により高精度で予測する技術。いずれの海域にも適用可能である。
着床式洋上風車に用いるスカートサクション®基礎	水圧差を利用して海底に構築する海洋構造物基礎。設置時の騒音・振動が少なく、また撤去も容易に行える。海洋環境への負荷が少ない技術である。
スマートエネルギーシステムにおける太陽光発電予測	天気予報を基に一週間先まで太陽光発電量を予測するロングレンジ予測と、直前の太陽光発電量実績値を基に直近の予測値を補正するショートレンジ予測を組み合わせた、精度の高い発電予測手法である。
地中熱利用	採熱管の熱融着技術とスパーサーにより、送り管と還り管の離隔距離を有する分岐管方式の地中熱交換器を用いた方式である。従来に比べて20%以上の高効率化が可能になる。
太陽光型植物工場の設計手法	計画時に温度やCO ₂ 濃度といった環境因子と作物の光合成速度を予測する技術である。適切な栽培環境の観点から、自然エネルギー利用と機械設備の事前検討が可能となる。

うに山梨県大月市で実用運転が開始され、海外においても南アジアで計画が進められている。

風力発電事業の採算性の検討には、対象地域における精度の高い風況予測が不可欠である。「洋上風力発電のための沿岸域における風況予測技術」は、洋上風力発電に有望な年平均風速を、気象解析により高精度で予測する技術である。本技術で得られた沿岸域における風況予測に関する知見やノウハウはいずれの海域にも適用可能である。

「洋上風力発電のスカートサクシオン基礎」は、水圧差を利用して発電基礎部を貫入させるため、設置に大型機械が不要である。騒音振動が無いため、海洋環境への負荷が少なく、着床式洋上風車などの海洋構造物基礎として注目されている。実海域での RC 製実物大模型実験ならびに遠心実験によって設置から撤去に至る確認を行いスカートサクシオンの成立性を示している。

「スマートエネルギーシステムにおける太陽光発電予測」は天気予報を基に一週間先まで太陽光発電量（以下、「PV 発電量」）を予測するロングレンジ予測と、直前の PV 発電量実績値を基に直近の予測値を補正するショートレンジ予測を組み合わせた、精度の高い予測手法である。これにより、出力が不安定な PV 発電量を効果的に活用でき、スマートエネルギーシステムの電力需給制御が高い精度で可能となる。

次に自然エネルギーの無駄のない使い方に関する技術について紹介する。「地中熱利用システム」は都市の建築物、農業施設などで広く利用されているが、コスト削減が大きな課題であった。この問題に大林組は採熱管の熱融着技術とスパーサーにより、送り管と還り管の離隔距離を有する分岐管方式の地中熱交換器を開発した。本技術により従来の低効率な U チューブ方式に比べて 20%以上の高効率化を実現し、経済性の改善が期待できる（Fig. 14）。

太陽光型植物工場では、自然換気等の自然エネルギー利用と、空調や二酸化炭素ガス発生等の機械設備により栽培環境が制御される。「太陽光型植物工場の設計手法」は、計画時に温度や二酸化炭素濃度といった環境因子と作物の光合成速度を予測し、適切な栽培環境の観点から、自然エネルギー利用と機械設備の事前検討が可能になる。

4. おわりに

今回の所報では「環境によりそう建設技術」を特集のテーマとして、日本および世界の環境問題に関する動向を概観し、建設業における取組み、そして大林組の技術開発の取組みに関して紹介した。

持続可能な開発目標（SDGs）を掲げる「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」や「パリ協定」を受けた地球温暖化抑制のため自国目標の提出が取り決められた。世界がまさに脱炭素社会に向けて舵を切ったといえる。

今後も我々が良好な環境を享受していくためには、「環境によりそって」すなわち「ぴったりとそばに寄って」、「環境をおもんばかって」研究開発をすすめていかねばならないと考える。そうすることできっと持続可能な社会が築かれるのではないかと思う。

本所報では、「環境によりそう建設技術」に関する大林組の最新の技術開発の成果の一部を 21 編の特集論文と 1 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、特集 WG メンバー（都築正則、片野啓三郎、栗田康平、佐々木一成、松原隆志、山本縁、与謝国平、榎木康太、田中清和、藤岡大輔）の協力により作成されたものである。

参考文献

- 1) 環境省: 平成 29 年度版環境白書 2017 年
- 2) 環境省: 平成 30 年度版環境白書 2018 年
- 3) 国連広報センター,
http://www.unic.or.jp/activities/economic_social_development/sustainable_development/2030agenda/sdgs_logo/, 2018.8.24 閲覧
- 4) 環境新聞平成 30 年 8 月 29 日号 pp.1-2
- 5) 東洋経済オンライン, 初公開! ESG 企業ランキングトップ 100, <https://toyokeizai.net/articles/-/133130>, 2018.8.24 閲覧
- 6) 第五次環境基本計画の概要, 2018 年 4 月, <https://www.env.go.jp/press/files/jp/108981.pdf>, 2018.8.24 閲覧
- 7) 国土交通省: 国土交通白書 2017
- 8) 日本建設業連合会「建設業の環境自主行動計画 第 6 版」の策定・公表, 2016.4
https://www.nikkenren.com/kankyoku/jisyu_06.html, 2018.8.24 閲覧
- 9) 国立環境研究所地球環境研究センター編: 地球温暖化の事典, 丸善出版, 2014.3
- 10) 佐藤雄輝, 千葉隆弘, 苔米地司, 大塚清敏, 田畑佑一, 建築物における構造部材の着雪・落雪に関する研究, 北海道科学大学紀要, 第 40 号, pp.45-50, 2016
- 11) 土壌環境センター編: 土壌汚染対策法に基づく調査及び措置の技術的手法の解説, 平成 15 年 9 月
- 12) 国土交通省国土技術政策総合研究所: 国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告 No.4 住宅・社会資本の管理運営技術の開発, pp.127-142, 2006.1

- 13) デジタル大辞泉, 小学館 <https://kotobank.jp/word/%E7%92%B0%E5%A2%83%E8%B2%A0%E8%8D%B7-48609%E3.83.96.E3.83.AA.E3.82.BF.E3.83.8B.E3.82.AB.E5.9B.BD.E9.9A.9B.E5.A4.A7.E7.99.BE.E7.A7.91.E4.BA.8B.E5.85.B8.20.E5.B0.8F.E9.A0.85.E7.9B.AE.E4.BA.8B.E5.85.B8>, 2018.8.24 閲覧
- 14) 建築研究所: 特集建築物の長寿命化, えびすとら, Vol.57, 2012 年 4 月
- 15) 小松幸夫, 建築物の長寿命化, <http://www.f.waseda.jp/ykom/nks20061121.pdf>, 2018.8.24 閲覧
- 16) 認定 NPO 法人環境エネルギー政策研究所「2017 年暦年の国内の全発電量に占める自然エネルギーの割合 (速報)」
<https://www.isep.or.jp/archives/library/10930>, 2018.8.24 閲覧
- 17) 経済産業省資源エネルギー庁:エネルギー基本計画, 2014.4
http://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/140411.pdf, 2018.8.24 閲覧
- 18) 気象庁 地球温暖化の原因, https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/chishiki_ondanka/p02.html, 2018.8.24 閲覧