

県内大学リレー寄稿

フクシマの 未来像

福島県民が地震、津波、原発事故、そして風評被害という四重苦を克服しながら復興・再生に向かうには、県民はもちろん、産学官一体による長期かつ継続的な取り組みが欠かせない。経済・社会が高度化・グローバル化する中、地域の発展を図る上で、「知の拠点」としての大学による地域貢献に大きな期待が寄せられている。そこで弊誌では、県内の大学に蓄積された知的資源を広く地域社会に提供・還元する一助として、誌面にて本県の諸課題を論考して頂く「フクシマの未来像」を企画した。

第73回 最先端建設材料と技術による SDGsへの貢献



パリーク サンジェイ

日本大学工学部建築学科
教授・工学博士

PAREEK Sanjay (パリーク サンジェイ)

1967年、インド生まれ。1986年、インド・ラジェスタン大学卒業後、日大工学部に入学。日本大学工学研究科建築学専攻博士後期課程修了、1993年、工学博士取得。1996年より工学部助手、2018年より現職。2012年、オランダのデルフト工科大学 (TU Delft) 客員教授、米国のマサチューセッツ工科大学 (MIT) 客員研究員。主な研究テーマ 1. 自己治癒・自己修復機能を有するコンクリートの開発 2. ジオポリマーコンクリートの開発 3. 宇宙建設に関する研究 4. SDGsを中心とした建築材料による二酸化炭素の削減 5. 建築材料の防火・耐火性能とその改良について研究 6. インド住宅用の省エネ新構法や歴史的石造建造物調査・保存の研究

1. はじめに

東日本大震災と東京電力福島第一原発事故から10年9カ月が経過した。自然災害や人為的な災害の分野で科学技術は日々進歩しているが、いまだに解明出来ていない事象は多い。例えば、地震を正確に予知する手立てはいまだ確立されていないし、東日本大震災時には、津波に対応出来なかったことで原発の「安全神話」が崩れ、放射能汚染という二次災害を招いた。そしていまは、新型コロナウイルスの問題が我々の生活に大きな影響を及ぼしている。人の想像を超える事態が次々と起きる中、我々が直面している問題に「最先端の建設材料と技術」がどう貢献出来るのかを考えていきたい。

災害などの問題は、人為的な要因で起こるものと自然に起きるものがある。その中で一つ、人為的な活動が影響を及ぼす環境汚染などの「環境災害」について検証する。環境災害は本来、人がコントロール出来るものであるはずなのに、それが出来ずどんどん悪い方向に進んでいる。他の災害と比べ、非常にスローペースで悪化が進み、それが故に、一度悪くなってしまうと元に戻すことが難しいという点も特徴的だ。地震などの災害は急激な変化をもたらすが、壊れた建物を修復出来る。しかし、海や川、空気などが一度汚染されてしまうと、決して逆戻りは出来ない。

この環境災害に、建設材料や技術がどうつながるか。建築業界では従来、時間が経ち耐久性が落ちた建物を解

体し、環境に戻すことが出来ない廃材を燃やしたり、埋めたりしてきた。そして、これが環境の悪化を招いてきた。このように、建築業界で当たり前とされてきた考え方を塗り替える必要がある。

その一つが、建物を造る段階で「再利用」を考えるとという視点だ。ヨーロッパでは「Circular Materials」という考え方に基づく法整備が進んでいる^{※1}。これは、いまある建物を解体して新たに建物を造る際、その材料の8割ほどを解体する建物から再利用しなければならぬ、というものだ。建物を造る段階で再利用を考えるとが義務付けられ、環境調和型の仕組みが生まれている^{※2}。

2つ目が、環境負荷の小さい建築材料を使うという視点だ。セメントを全く使わないコンクリート「ジオポリマー」の研究に取り組んでいるが、これも建築分野の環境問題に対する有効な手立てといえる。セメントは、1トを作るのに約1トの二酸化炭素を排出する。セメントを一切使用せず、産業廃棄物（未利用資源）のみで作製するため、従来のコンクリートよりも製造過程で発生する二酸化炭素を大幅に削減することが可能になる。

また、住宅需要が高まっているインドでは、製造過程で膨大な二酸化炭素を排出するレンガを無焼成で作製する研究を進めている。住宅需要の高まりから兆単位のレンガを製造しているインドで、無焼性のレンガが実用化されれば、二酸化炭素の削減に大きく貢献出来る。

このように、環境負荷の小さい建築材料を使うという技術の研究は進んでいる。しかし、実用化に向けてはコスト面などに課題があり、実際の建築現場で応用されるまでには至っていない。このため、技術はあっても、環

※1) https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Circular_economy_-_material_flows

※2) 「建設リサイクル推進計画 2020」国土交通省
<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001361657.pdf>

境負荷が大きい普通セメントコンクリートを使うことは避けられないのが現状だ。普通セメントコンクリートは、低コストで、世界中に広く普及し、簡易に建物を作る事が出来るため、現代社会で不可欠なものだ。だからこそ、その長寿命化が必要になる。

そこで3つ目に挙げるのが、建築物の長寿命化に向けた自己修復・自己治癒コンクリート技術の確立だ。自己治癒は、コンクリートに微生物のバクテリアを混ぜ、その力でひび割れを直す手法。自己修復は、コンクリートの中に管を張り巡らして内側から修復液を流し込み、ひび割れを修復するもので、実用化出来れば、維持管理の手間や費用を掛けなくても、永続的にコンクリートの健全な状態を維持していける。

環境汚染の問題は、長期のスパンで破壊が進むスロースピードの災害である。問題解決に向けて、建設材料や技術が果たす役割は大きいのではないか。最先端の建設材料や技術は、環境負荷を軽減し、「持続可能な社会形成」に大きく貢献出来ると考えている。

2. 建築物の長寿命化―

「コンクリートの自己治癒」と「自己修復」

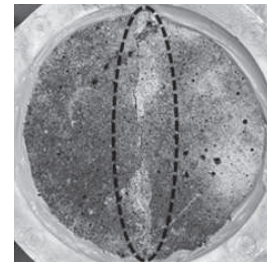
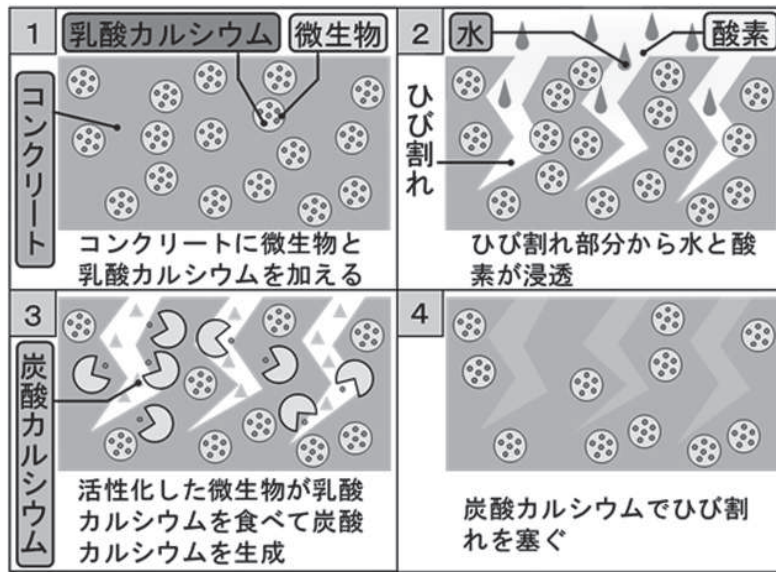
コンクリート構造物が劣化する大きな要因の一つはひび割れだ。ひび割れした箇所から水分や塩化物イオンなどが侵入し、内部の鉄筋を腐食させることで劣化が進む。コンクリート構造物の耐久性を向上させるには、有害なひび割れを補修する対策が不可欠で、その補修方法に関しては、様々な研究が行われている。

その一つが、微生物であるバクテリアの働きによってひび割れを閉塞させる「自己治癒コンクリート」の技術だ。この技術は、200年生存するともいわれる微生物の力を生かすことで建物の長寿命化を図ることが出来るものだ。それだけでなく、この方法は補修剤を塗ったり、機械を使ったりといった人手を要さないため、補修に掛かる時間や長期的なコストを削減出来る点にもメリットがある。そのような意味で、建設業や構造物の様々な問題解決につながる画期的な技術だといえる。

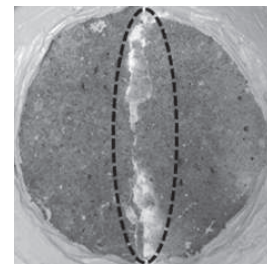
「自己治癒コンクリート」の仕組みはこうだ。材料となるコンクリートにあらかじめ、バクテリアとバクテリアの栄養分を配合する。ひび割れが起こるまでは水素や酸素が行き渡らないため、バクテリアは休眠状態にあるが、ひび割れが起こるとそこから水分や酸素が入り込むため、バクテリアが活動を始める。栄養分である乳酸カルシウムを食べることで、炭酸カルシウムや二酸化炭素水を排出し、この生成された炭酸カルシウムによってコンクリートのひび割れが閉塞する。ひび割れがなくなる*と再び水・酸素・二酸化炭素の配給が遮断されるため、バクテリアは休眠する。そのプロセスが繰り返し行われることで、構造物の劣化を防ぎ、長寿命化につながる*というものだ(図①)。

私は「自己治癒コンクリート」を考案したオランダ・デルフト工科大学のチームと2012年に共同研究に臨んだ。その後、日本の風土や環境下における微生物の成長度をオランダの実験結果と比較したり、微生物を混入することによるコンクリートの硬化性や強度など日本のコンクリート基準への適合性について調べたりと研究を

※3) Sanjay PAREEK: 微生物の力で「自己治癒」, 福島民報新聞, 1月11日, 2021.

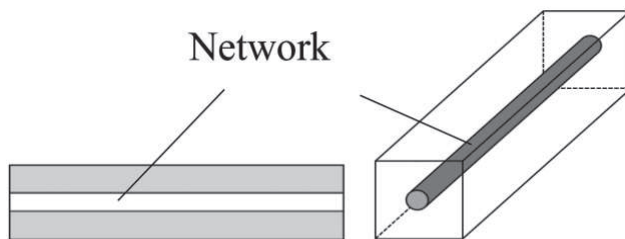


①コンクリートのひび割れ発生



②ひび割れ自己治癒後

図①◆バクテリアを用いた自己治癒方法【戸田建設株式会社と共同研究】

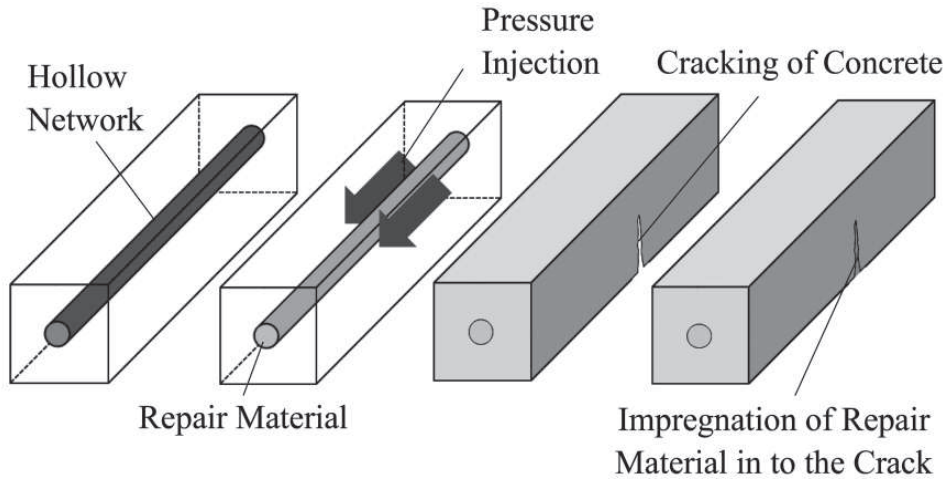


図②◆自己修復コンクリートの仕組み

進めてきた。
 研究では実際にモルタルを使って、ひび割れが治癒したかどうか、漏水・通水試験や圧縮強度試験などを行い、その効果を検証した。国内大手建設業との共同実験では、最大0・2mm幅のひび割れを10〜12週間で自己修復出来たことが確認出来た。ひび割れが閉塞したことで、劣化の原因となる水の通る量が低下し、強度が増すという結果も得られ、実用化に大きく近付いた。
 現在は、行政や民間企業などと連携し、福島県内の新規トンネル工事での技術実証を計画している。実用化に

※ 4) 川崎浩長, 大橋英紀, Henk JONKERS, Sanjay PAREEK: 微生物を利用した自己治癒コンクリートの最適な調合に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.43, No.1, pp.947-952, 2021 戸田建設株式会社と共同研究

※ 5) 大橋英紀, 川崎浩長, Jonkers Henk, Sanjay PAREEK: 微生物を用いた自己治癒コンクリートの基本的性質に関する実験的検討, 第74回セメント技術大会講演要旨, 1204, pp.46-47, 2020



図③◆自己修復コンクリートの修復過程

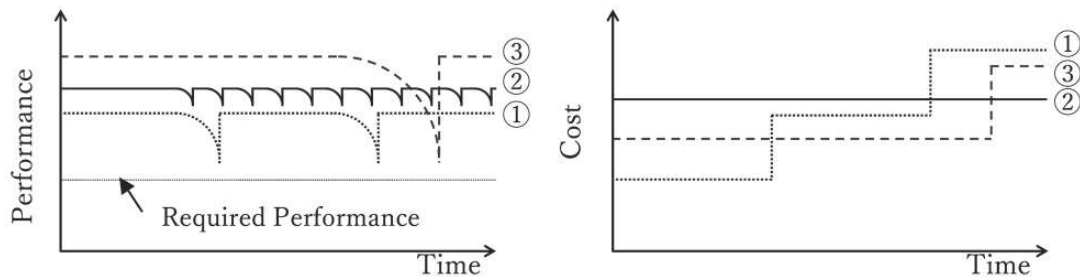
もう一つが、コンクリート構造物の内部に補修剤を届けるネットワークを血管のように張り巡らせ、ひび割れを補修する「自己修復コンクリート」の技術だ。人体の切り傷や擦り傷は、骨折などの大怪我と違い、特別な治療を施さずとも、自然に治るものである。これは、生物に生まれながらにして備わっている自己修復能力によるものである。そこで、生物のもつ自己修復機能をコンクリートに付与することで、自動的にひび割れを修復するコンクリートが開発出来ると考えられる。

自己修復システムの詳細を(図②)に示す^{※6}。打ち込み時に供試体内部にネットワークと称する空洞を設け、その中に粘性を持つ補修剤を内包させる。これにより、供試体にひび割れが発生した際にネットワークに亀裂が入り、内包されていた補修剤が排出されてひび割れを塞ぎ、補修剤が時間の経過とともに硬化することで修復が行われる。ネットワーク及び補修剤を用いた自己修復コンクリートのひび割れの修復過程を(図③)に示す^{※7}。このシステムは前述の通り、人体の自己修復システムを参考にしている。つまり、ネットワークが血管、補修剤が血液の役割を果たしている。人体における切り傷のような怪我がコンクリートにひび割れという形で発生した際に、血管の役割をするネットワークに亀裂が生じる。これにより、人が怪我をした際に出血し、血液内の血小板の効

向けては、初期コストの高さなど課題もあるが、長期的にみれば点検や修復の作業が不要となるため、例えば、10～20年後に建物を修復する場合などと比べて維持・管理費は抑えられる。

※6) 熊田廣樹, 大平旭洋, Sanjay PAREEK: ネットワーク及び補修剤を用いた自己修復システムにおけるひび割れの自己修復性能に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.1445-1450, 2011.

※7) Sanjay PAREEK: コンクリート構造物の施工方法及びコンクリート構造物, 特願 2016-102400, 2016.



① 普通コンクリート ② 自己治癒コンクリート ③ 高強度コンクリート

図④◆鉄筋コンクリート構造物のコストパフォーマンスによる比較

果により血液が固まり、かさぶたとなって傷を塞ぐのと同様に、ネットワークから補修剤が排出され、ひび割れに充填されることで、修復が行われる。

しかし、正しい補修剤の選定を行わなければ、高い補修効果を得ることは出来ない。例として、粘性による補修効果の違いがある。例えば、ひび割れ幅が大きい場合には、粘性の高いものだとひび割れに補修剤が充填されるが、低いものだと補修剤がひび割れに留まることなく、流れ出てしまうことがある。そのため、高い補修効果を得るためには、正しい補修剤の選定を行う必要がある。

本研究では、補修剤として、空気中の水分に反応して硬化する1液性のエポキシ樹脂を使用している^{※8}。利点として、ネットワーク内に内包してある補修剤が、ひび割れの発生と同時に排出されることにより、ひび割れ箇所のモルタル内にある水分と反応し、硬化するため、ネットワーク内に内包させることで空気中の湿気を遮断することが可能であり、これにより補修剤の硬化を防ぎ、補修剤の長期保存が可能であると考えられる。更に、硬化後のエポキシ樹脂は湿気を遮断するため、ひび割れの発生時にも、ネットワーク内の樹脂がすべて硬化することなく、充填後に補修剤を排出することで、繰り返し補修を行うことが可能である^{※9}。

自己修復システムの利点として、長寿命化の実現に伴い、コストの大幅な削減が考えられる。鉄筋コンクリート構造物は大規模な構造物が多く、補修を行うに当たって経済的・時間的・人的なコストは莫大なものとなる。しかし、当自己修復システムの構造物への適用により、構造物自身がひび割れを修復し制御することで、補修作

※ 8) 尾形雅人, Sanjay PAREEK: 自己修復システムを付与したモルタルの鉄筋腐食に対する抵抗性の検討, コンクリート工学年次論文集Vol.37, No.1, pp.1315-1320, 2015.

※ 9) Sanjay PAREEK, Shrestha, K.C., Suzuki, Y., Omori, T., Kainuma, R., Araki, Y.: Feasibility of externally activated self-repairing concrete with epoxy injection network system and Cu-Al-Mn superelastic alloy reinforcing bars, Smart Materials and Structures, Vol. 23, 105027, 2014.

業の必要性を低下させる補修コストを大幅に削減することが可能であると考えられる。よって、自己修復コンクリートを構造物に付与することで、ある程度のインシヤルコスト増加を伴うものであっても、長期的に考えればランニングコスト低減につながる(図④)。

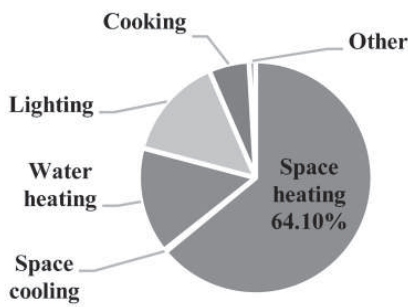
◆ コンクリート構造物はあらゆる用途で使用され、大規模なものや核廃棄物処理施設、原子力発電所の壁面などの人の立ち入れない場所に建設されている場合もある。また、施設の使用期間中は、補修作業を行うことが出来ないため、ひび割れの早期修復は非常に困難となる。更に、補修箇所の特定期間は目視により行い、補修作業も人の手によるため、確実な補修効果が得られるとは限らない。そこで、ひび割れの自己修復機能を鉄筋コンクリート構造物に付与することで、早期劣化を引き起こす劣化要因の侵入を防ぐことが可能となり、耐久性向上または維持が期待出来る。

鉄筋コンクリートは耐震性、耐火性、耐久性の優れた経済的な構造材料であるため、日本では1960年代の高度経済成長期から多くの鉄筋コンクリート構造物が建設されてきた。しかし、建設後20年程経過し、早期劣化現象が確認され、改築や補修が行われてきた。一方で、取り壊して建て直しを行うスクラップアンドビルドが繰り返され、コンクリート塊といった建設廃棄物や工事をを行うことで発生する二酸化炭素が大量に排出され続けてきた。これらを背景に近年では、環境への意識が高まり続け、RC構造物の長寿命化による持続可能な社会の構築が求められている。

SDGs(ゴール13(低炭素型の技術開発によって)「気候変動に具体的な対策を」やゴール12(「石炭灰の再資源化によって)「つくる責任、つかう責任」など)の達成に向けた持続可能性という視点でも、この技術の実用化を目指す意義は大きいと考えている。

3. エネルギー効率に優れた相変材料(PCM)の建築材料に應用

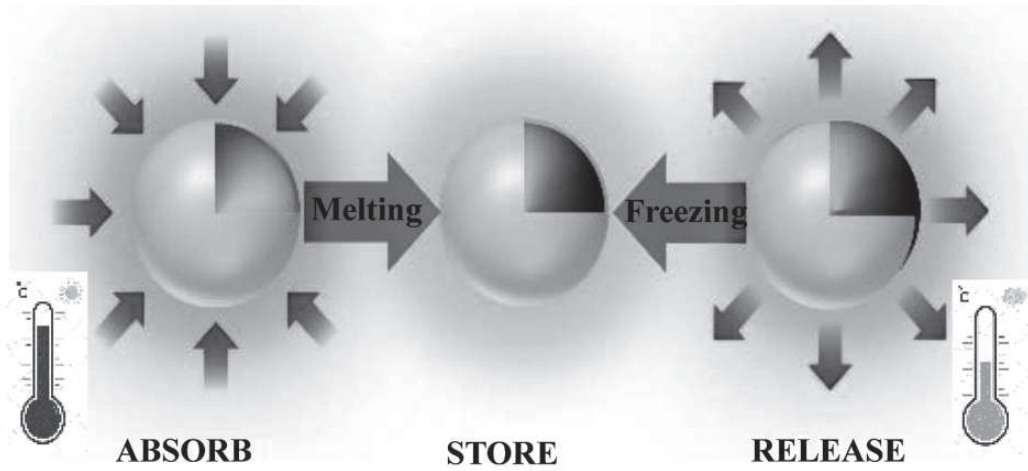
世界の多くの国では、エネルギー消費の需要が急増している。建設分野におけるエネルギー使用は、ほとんどの国で総消費量のほぼ3分の1を占めている。これは特に冷暖房によるものであり生活水準と快適さの要求に起因している。屋内の熱的快適性を確保するためにアクティブなシステムに依存しつつあることが現状としてあり、これは持続可能なアプローチである。そのため、住宅のエネルギー消費量の削減が急務となっている(図⑤)。



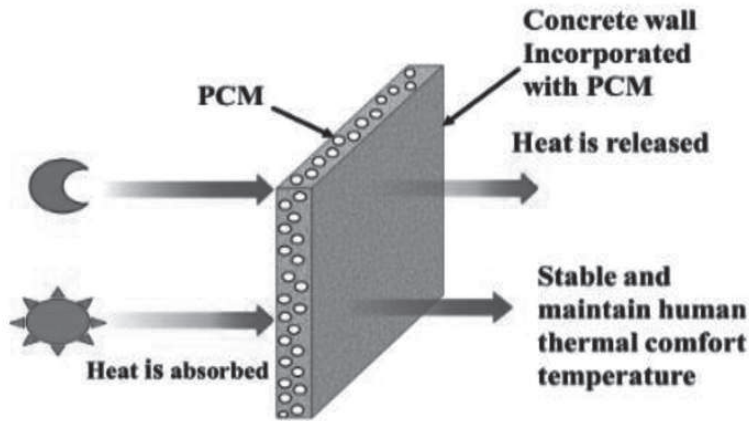
図⑤◆欧州で家庭の消費エネルギー量(2019年)

※10) Eurostat, Energy, Transport and environment statistics. 2019 edition. 2019.

※11) "The Institute of Energy Economics, Japan, 2020 EDMC Handbook of Energy and Economic Statistics in Japan." <https://eneken.ieej.or.jp/en/about/index.html>.



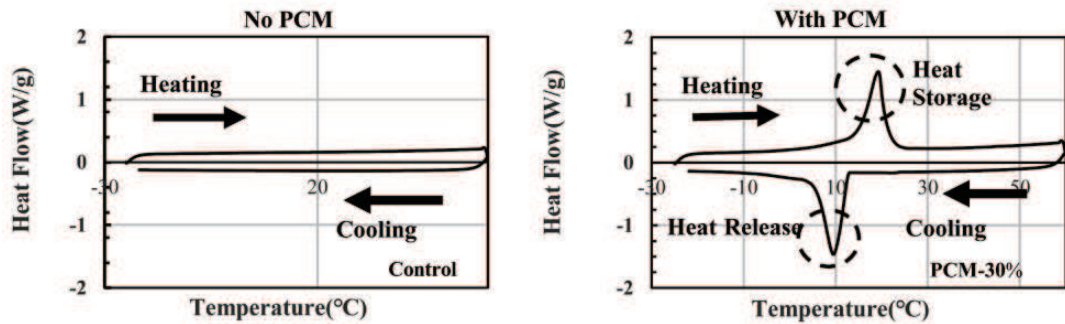
図⑥◆相変化材料（PCM）の構造と機能



図⑦◆PCMをコンクリートの壁材の応用例

この問題に対する効果的な解決策は、建築部門で再生可能エネルギーを使用することにある。太陽熱エネルギーを利用することで、冷暖房エネルギーが削減可能になる。そのアプローチの一つとして、大量の熱エネルギーを蓄える能力を持つ相変化材料（PCM：Phase Change Material）の使用を提案する^{※12}。PCMの融解と凝固の状態変化が冷暖房システムとして機能する

※12) T. C. Ling and C. S. Poon, "Use of phase change materials for thermal energy storage in concrete: An overview," *Constr. Build. Mater.*, vol. 46, pp. 55-62, 2013. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2013.04.031.



図⑧◆PCMフォームコンクリートの熱吸収・放出実験結果

仕組みである。その機能を(図⑥)に示す。PCMの周囲の温度が上昇し、固体から液体に変化すると、エネルギーが吸収される。逆に、温度が下がると、固体状態になるという仕組みだ。

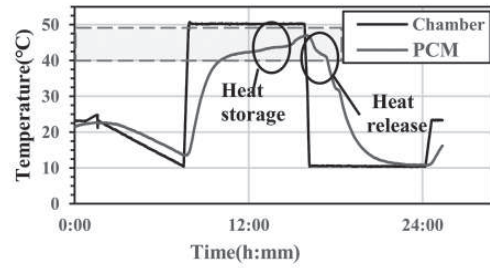
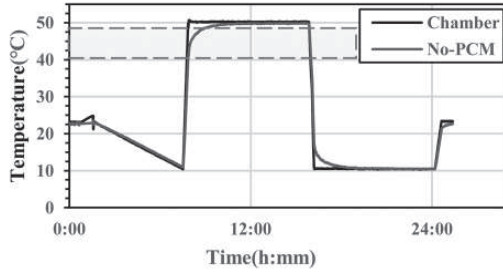
建築分野においては、この相変化機能が様々な応用出来ることが示唆されている。例えば、この材料は壁、屋根、床として使用出来る。私の現在の研究の目的は、PCMのこの能力を発泡コンクリートに組み込み、PCMを含む新しいコンクリートを開発する可能性を検証することである。仕組みとしては、外気温が上昇する日中に、融解して熱を吸収する。吸収されたエネルギーは室内を一定の温度に保つのに寄与する。その後気温が下がると液体から固体に変化し、(図⑦)に示すように、吸収されたすべてのエネルギーが外部に放出される。その結果、PCMを組み込んだコンクリート材料は、室温を安定させることが出来る^{※13,※14}。

現在の研究はPCMと混合された発泡コンクリートの基本的な材料特性と熱的挙動の評価に焦点を当て、混合物へのPCMの効果特定する。PCM材料は、冷暖房負荷を軽減する大きな可能性を示している。試験の結果は、PCMフォームコンクリートがより良い熱性能やより高い蓄熱容量などのいくつかの有用な特性を持っていることを示している(図⑧)。

この研究では、PCMを発泡コンクリートに組み込むことに成功し、PCMの崩壊がないことを確認した。PCMフォームコンクリートは、室内の温度変動を低減するだけでなく、冷暖房の負荷を大幅に低減することが可能であることを示している(図⑨)。

※13) A. R. Sakulich and D. P. Bentz, "Incorporation of phase change materials in cementitious systems via fine lightweight aggregate," *Constr. Build. Mater.*, vol. 35, pp. 483-490, 2012, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.04.042.

※14) Purev-Erdene BAT-ERDENE, "DEVELOPMENT OF ENERGY EFFICIENT BUILDINGS BY USING PHASE CHANGE MATERIALS IN FLY ASH FOAM CONCRETE," 修士学位論文, 日本大学大学院工学研究科博士前期課程建築学専攻03.2021



図⑨◆PCM模型の加熱冷却繰り返し試験結果



写真②◆レンガ窯と児童労働の様子(2)



写真①◆農地の削り取りの様子(1)

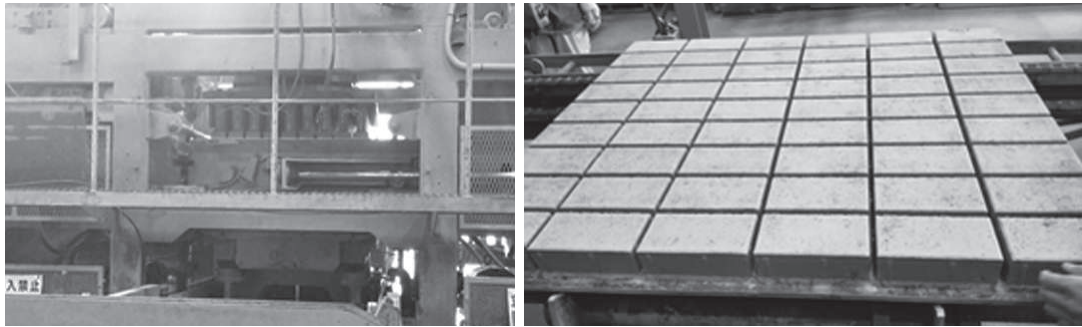
4. インドにおける二酸化炭素削減を目的とした
無焼成レンガ作製方法の検討

住宅需要が高まっているインドにおいて、「無焼成レンガ（＝焼成しないレンガ）」に関する研究を10年以上にわたり続けている。まず、この研究の背景にある、インドにおけるレンガ産業の課題点^{※15,16}について説明する。

インドの二酸化炭素排出量は約22億トで、中国、アメリカに次ぐ世界第3位の二酸化炭素排出国であるが、第26回国連気候変動枠組条約締約国会議：COP26（2021年12月）で20

※15) CSE-India, "Overview on brick kiln: pollution, technology and where we need to go?," March 11, 2015.

※16) A. Lopez, N. Lyoda, R. Segal, and T. Tsai, "Building Materials Pathways to efficiency in the South Asia brick-making industry," The Carbon War Room, school of advanced International studies, Johns Hopkins University, 2012.



写真③◆地元企業が保有するプレス機器と無焼成レンガ（無垢版）の試作品【株福島シービー】

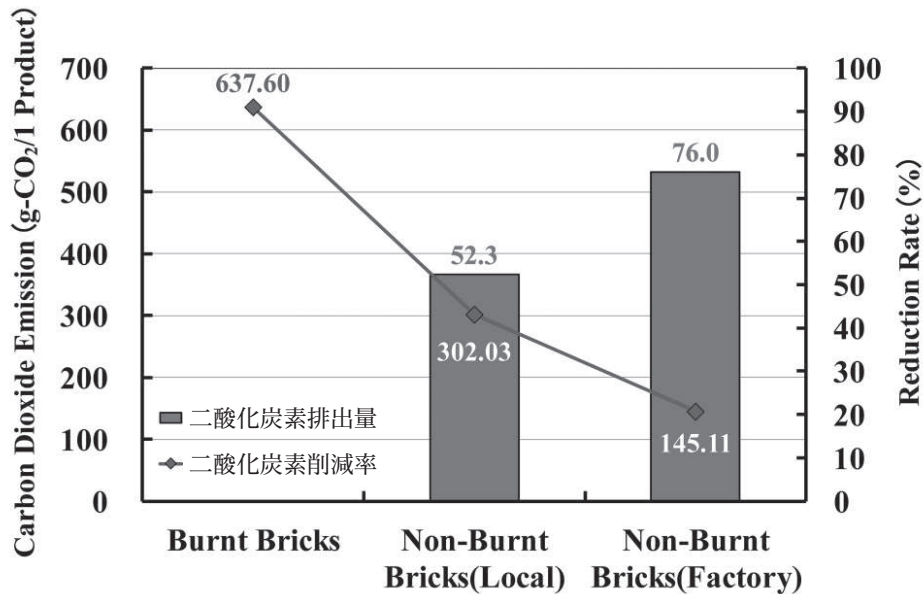
30年までに10億トンの二酸化炭素排出量の削減・2070年までに排出量の正味ゼロの目標を表明したことで、国際的に注目を浴びている。ここで、インドの建設材料の分野に焦点を当てると、インドの主要建材である「焼成レンガ」の製造に伴う二酸化炭素排出量は約1億ト/年と推定されており、インド全体の約5割と大きな割合を占めている。また、焼成レンガは粘土を原料としているため、レンガ製造のために、約70万ト/年の農地が削り取られていて、農地の急激な減少や荒地化が深刻な問題となっている（写真①、写真②）。更に、レンガ産業で

は、女性や児童を含む貧困層の労働者が危険かつ不衛生な労働環境下で製造に従事していることから、人権面の課題なども国際的に指摘されている^{※17}。このような諸課題の解決を目指し、ブロック工場を有する地元企業の協力の下で開発した無焼成レンガの特徴を示す。

原料面でみると、一般的な焼成煉瓦が粘土を主原料としているのに対し、無焼成煉瓦は原料として粘土を一切使用しないことに加え、全質量のうちの40%程度を石炭火力発電由来の廃棄物である石炭灰が占めており、環境配慮を意識した原料構成となっている。製造面では、文字通り、無焼成煉瓦は焼成行為を要しない製造方式であることに加え、プレス機器を用いた方式を採るため、幾分か電力は消費するものの、焼成行為と比較すると製造工程における二酸化炭素排出量は圧倒的に低い（写真③）。一方、生産性については、焼成レンガと比べ、5倍以上の生産性であることが試算されているため、今後ますます需要が拡大する煉瓦市場にも十分に対応可能な量産化技術である。

品質面でみると、レンガで最も重視される品質項目は圧縮強度であり、市場の価格設定とも関係しており、圧縮強度が高いものほど、市場価格も高価になっている。日本で適用されているJIS同様、インドにおいてもIS (Indian Standard 1077: Common Burnt Clay Building Bricks) という規格が定められており、レンガの圧縮強度については、7N/mm²が規定値として定められている。これまでの研究成果として、従来の焼成レンガと同等の価格で15~20N/mm²の圧縮強度が

※17) D. Mitra, "Brick by Brick / Environment, Human Labour & Animal Welfare." United Kingdom, November 2016.



図⑩◆開発した無焼成レンガの焼成レンガと比較したCO₂削減率

発現可能であり、インド基準の2〜3倍程度の水準を満たしている(図⑩)。上記のようにコストパフォーマンスにも優れていることから、従来の用途以外の新たな用途展開も期待出来る^{※18,※19}。

この研究は、SDGs(ゴール13「低炭素型の技術開発によって」気候変動に具体的な対策を」やゴール15「粘土未利用の材料構成によって」陸の豊かさを守ろう」、ゴール12「石炭灰の再資源化によって」つくる責任、つかう責任」、ゴール8「衛生的な労働環境かつ高い生産方式によって」働きがいも、経済成長も」、ゴール17「日印間での取組み・地元企業との連携によって」パートナーシップで目標達成」などの取り組みにもつながる(表①)。

建設材料に関する「福島発」の技術が世界に広がり、SDGsへの貢献につながっているという使命感を持ち、研究に当たるよう心掛けています。

5. まとめ

現在は、自己治癒・自己修復コンクリートを行政や民間企業などと連携し、福島県内の新規トンネル工事やプレキャストコンクリート製品での技術実証を計画している。実用化に向けては、初期コストの高さなど課題もあるが、長期的にみれば点検や修復の作業が不要となるため、維持・管理費は抑えられる。国内で実用化させるだけでなく、建設分野で広く普及させることを目指している。自己治癒・自己修復コンクリート以外にこの論文で

※18) 斎藤 雄仁・Sanjay PAREEK：インドにおけるCO₂削減を目的とした実寸大無焼成フライアッシュレンガの養生条件及び長期耐水性の検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.35，No.1，pp.1921-1926，2013。

※19) 藤沼智洋，藤倉裕介，Sanjay PAREEK：細骨材に対する焼却主灰の置換率および養生条件が無焼成レンガの圧縮強度に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.42，No.1，pp.1384-1389，2020。

| SDGs ロゴ | 具体的事項 |
|---|---|
|  <p>13 気候変動に 具体的な対策を</p> | 低炭素型の技術開発によって 「13 気候変動に具体的な対策を」に貢献 |
|  <p>15 陸の豊かさも 守ろう</p> | 粘土未利用の材料構成によって 「15 陸の豊かさも守ろう」に貢献 |
|  <p>12 つくる責任 つかう責任</p> | 石炭灰の再資源化によって 「12 つくる責任 つかう責任」に貢献 |
|  <p>8 働きがいも 経済成長も</p> | 衛生的な労働環境かつ高い生産方式によって 「8 働きがいも 経済成長も」に貢献 |
|  <p>17 パートナシップで 目標を達成しよう</p> | 日印間での取組み・地元企業との連携によって 「17 パートナシップで目標を達成しよう」に貢献 |

表①◆無焼成レンガが関与するSDGs【株式会社フジタと共同研究】

紹介した相変化材料の建築材料への応用や福島の技術開発からインドへの無焼成レンガの提案はSDGsの達成に向けた持続可能性という視点でも、これらの技術の実用化を目指す意義は大きいと考えている。

ここで紹介した研究や技術は、すべてSDGs関連の長寿命化、省エネや二酸化炭素削減を重視したものである。福島県という地方都市の一角にある日本大学工学部には、大変充実した研究環境があり、その場所地域と連携しながら取り組む研究には、世界が抱える様々な問題の解決に貢献し得ることが沢山あると考えている。

「Think Globally Act Locally」を旨として「Act Locally to Impact Globally : by Sanjaya PAREEK」。

私はこの信条の下、福島県にある大学の一研究者として、教育者として「福島から世界へ」インパクトを与え続けていきたいと、強く思っている。