

令和7年度

新潟県コンクリートメンテナンス研究会定時総会

# セメント系3Dプリンティング の技術開発

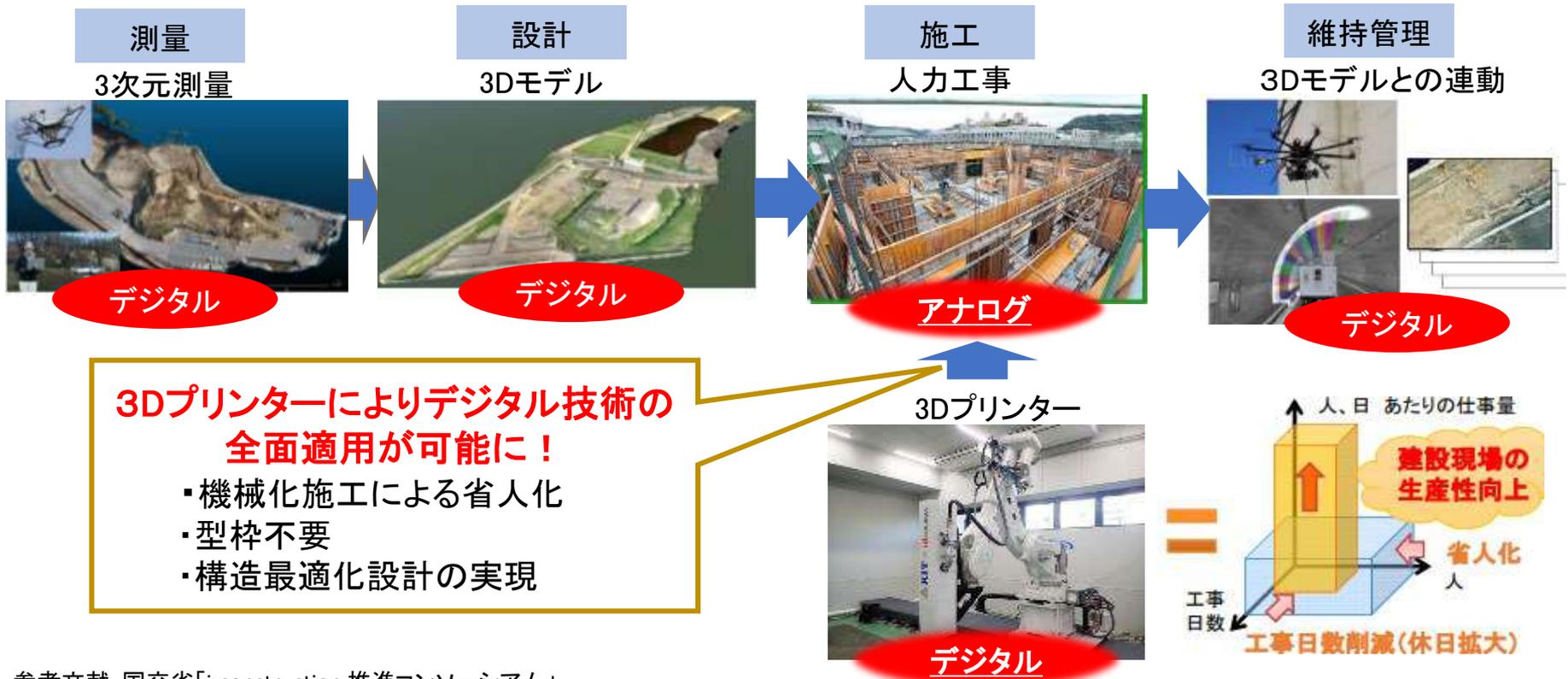
金沢工業大学 環境土木工学科 教授

田中 泰司

# 社会背景

## i-Construction: 生産性の向上

- 国土交通省では、調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までの全ての建設生産プロセスでICT等を活用する「i-Construction」を推進し、建設現場の生産性を、2025年度までに2割向上を目指している。



# 建設用3Dプリンタの歴史

- 1980年、小玉秀男博士(名古屋市工業研究所)がステレオリソグラフィー3D印刷で仮特許
- 2003年、南カリフォルニア大学ベロック・コシュネビス教授が開発した「コンター・クラフティング」
- 2008年、イギリスのラフバラ大学が3Dプリンタでベンチを造形(図1.9)
- 2010年、中国のウィンサン社(現在の3Dプリンティング技術の主導者)が24時間で10棟もの住宅建設に成功
- 2017年には米国のエクストリー社が、2機のロボットアームを連動させて、木製の窓枠を3Dプリンターによる造形中に埋め込むことに成功

# 建設用3Dプリンタの歴史

## ウィンサン社の施工事例

- 専用工場で3Dプリント造形され、現場で組立てられる施工方式
- 中国の建築手法に比べ、60%材料軽減と30%相当の施工時間短縮を実現
- 特殊な再生コンクリート材料を採用



引用：<https://idarts.co.jp/3dp/3d-printed-apartment/>

# 建設用3Dプリンタの歴史

- 2018年、米国のアイコン・ビルド社が米国の建築基準で認められた初の住宅を3Dプリンターで建設（図3.2）

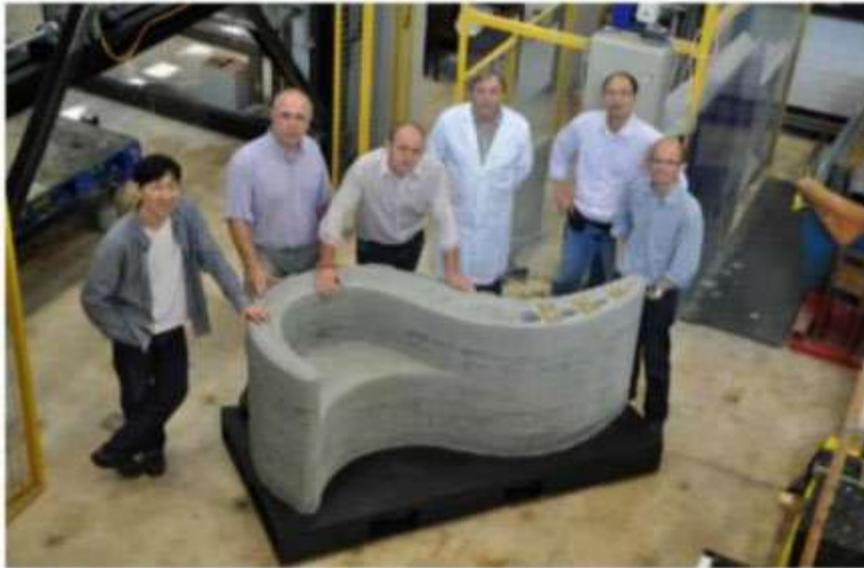


図1.9 :印刷されたワンダーベンチ[14]

引用 : Andrew Truong



図3.2 : ICON®3Dプリントハウス[18]

引用 : Andrew Truong

# 建設用3Dプリンタの歴史



写真1: 清華大学の施工事例※ (2019年)

※引用:

<https://www.esquire.com/jp/lifestyle/tech/a30575716/worlds-longest-3d-printed-bridge-shanghai-china/>

写真2: オランダ, ナイメーヘンの施工事例 (2021年)

BAM, Weber Beamix

<https://idarts.co.jp/3dp/bridge-project/>



# 国内の状況

Table 1 コンクリート施工自動化事例  
Concrete Construction Automation Example

国	施工規模	適用	プリント方式	プリント機材	プリント材料	出展
日本	高さ4.2m, 直径2.2m	建築支柱	材料押出	ロボットアーム	セメント系材料 (7日圧縮強度 120MPa)	<a href="https://ken-it.world/it/2021/02/3d-printed-for-real-building.html">https://ken-it.world/it/2021/02/3d-printed-for-real-building.html</a>
日本	120mm/sec	PC橋	材料押出	ガントリー式	セメント系材料 (7日圧縮強度 60MPa)	<a href="https://ken-it.world/it/2020/02/taisei-3d-printed-bridge.html">https://ken-it.world/it/2020/02/taisei-3d-printed-bridge.html</a>
アメリカ	床面積185m <sup>2</sup> の2階建て住宅を8日間で施工可能	住宅	材料押出	ロボットアーム	セメント系材料 (7日圧縮強度 47MPa)	<a href="https://ken-it.world/it/2017/10/3d-concrete-printer-car.html">https://ken-it.world/it/2017/10/3d-concrete-printer-car.html</a>
アメリカ	高さ3.7m, 直径15m	壁構造住宅	材料押出	ロボットアーム (自走式)	発泡系材料	<a href="https://sot-labo.jp/blog/3dprinter-buildings">https://sot-labo.jp/blog/3dprinter-buildings</a>
アメリカ	60-80m <sup>2</sup>	壁構造住宅	材料押出	ガントリー式	セメント混合材料	<a href="https://contech.jp/icon/">https://contech.jp/icon/</a>
スペイン	12mの橋 (1.5m×8パーツで構成)	12mの橋	結合剤噴射	ガントリー式	粉末状の特殊材料 (軽焼マグネシウムを主成分)に結合剤を噴射	<a href="https://www.roomie.jp/2017/01/69440/">https://www.roomie.jp/2017/01/69440/</a>
中国	6F 1,100m <sup>2</sup>	6階建て住宅	材料押出	ガントリー式	セメント系材料 (建設廃棄物を原料)	<a href="https://i-maker.jp/blog/3d-printed-apartment-6730.html">https://i-maker.jp/blog/3d-printed-apartment-6730.html</a>
ドイツ	高さ10m, 横15m, 縦45m	2階建て住宅	材料押出	ガントリー式	速乾性コンクリート	<a href="https://idarts.co.jp/3dp/3d-printing-concrete-structures-conprint3d/">https://idarts.co.jp/3dp/3d-printing-concrete-structures-conprint3d/</a>
イタリア	高さ12m	住宅	材料押出	ガントリー式	セメント系材料, 粘土他	<a href="https://www.3dwasp.com/en/">https://www.3dwasp.com/en/</a>
スイス・フランス	高さ4m, 最大幅1.95m	支柱	材料押出	ガントリー式	セメント系材料	<a href="https://www.decn.co.jp/?p=77023">https://www.decn.co.jp/?p=77023</a>
ロシア	高さ3.3m, 直径17m	住宅	材料押出	ロボットアーム	繊維コンクリート, ジオポリマー	<a href="https://bulan.co/swings/apis_cor_3dprint/">https://bulan.co/swings/apis_cor_3dprint/</a>
オランダ	168m <sup>2</sup>	研究施設 (壁構造)	材料押出	ロボットアーム (自走式)	セメント系材料	<a href="https://ken-it.world/it/2018/01/cybe-construction-advanced.html">https://ken-it.world/it/2018/01/cybe-construction-advanced.html</a>
コロンビア	23.4m <sup>2</sup>	住宅	材料押出	ガントリー式	セメントペースト	<a href="https://idarts.co.jp/3dp/construct-ora-concreto-3d-print-house/">https://idarts.co.jp/3dp/construct-ora-concreto-3d-print-house/</a>

## ★海外と比較

- ・事例が少ない
- ・構造物の一部のみ
- ・コンクリート型枠
- ・金属や有機系材料は使用されていない
- ・初期はスーパーゼネコンが多かった
- ・近年はベンチャーや製品メーカーが市場参入

引用:

[https://www.obayashi.co.jp/technology/shoho/085/2021\\_085\\_17.pdf](https://www.obayashi.co.jp/technology/shoho/085/2021_085_17.pdf)

## 大林組



Photo 1 シェル型ベンチの製造状況  
Manufacturing Status of Shell Type Bench



Photo 2 シェル型ベンチ (2019)  
Shell Type Bench

引用：

[https://www.obayashi.co.jp/technology/shoho/085/2021\\_085\\_17.pdf](https://www.obayashi.co.jp/technology/shoho/085/2021_085_17.pdf)

### ★実用化のために

- 引張力解決のため特殊モルタルで構造物の外形を造形し、その内部にスリムクリートを充填して一体化する複合構造を開発
  - 設計の自由度を向上するため、ノズルの移動とポンプ圧送に連携するバルブ機構を開発
  - 3D形状からノズルの移動経路を自動生成するプログラムも開発
- これにより柔軟な開発プロセスを実現

# 国内の開発事例

## 大林組 3dpod™ (2023)



3DP建築として国土交通大臣認定を初めて取得

# 国内の開発事例



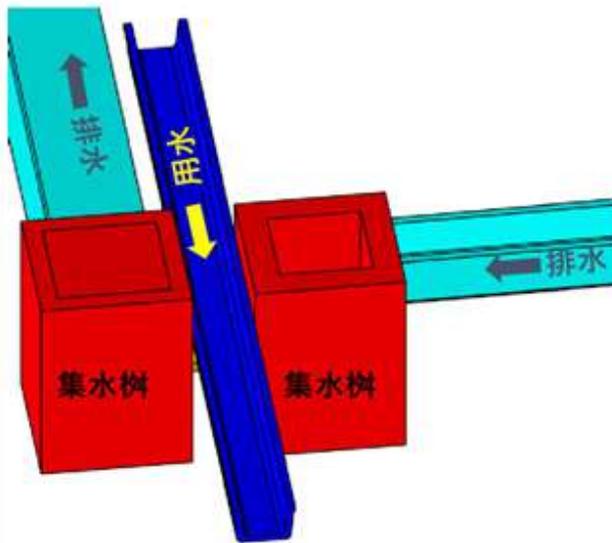
2024年10月, 珠洲市  
セレンディクス製 一般住宅

# 建設用3Dプリンタ

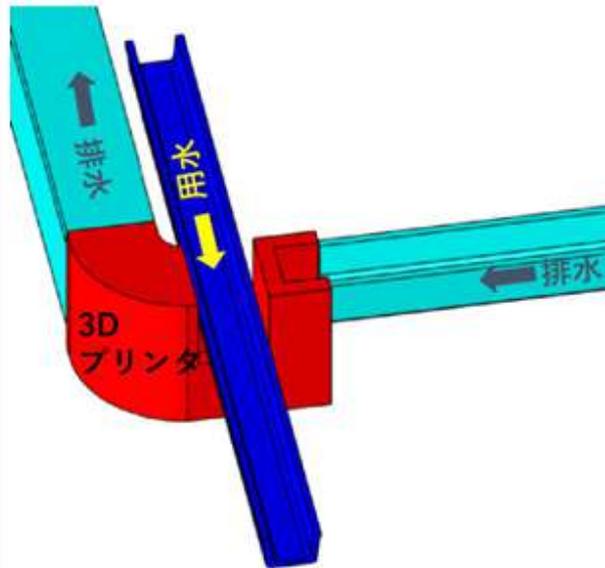
- 工事名：R6能越道 山ノ下地区道路改良その4工事
- 活用企業：株式会社 豊倉組（施工）、株式会社 ホクエツ北陸金沢工場（製造）
- 開発企業：株式会社 Polyuse（NETIS番号 [KT-230174-VE](#)）

本技術は、3次元図面データに基づいてモルタルを積層造形できる建設用3Dプリンタ技術で、型枠なしでモルタル練り混ぜから造形を自動で行うことが可能となり、省力化となるため、施工性の向上が図れる。

## 当初計画（現場打ち）



## 変更計画（3Dプリンタ）



### ■ 3Dプリンタの効果

- ・複雑な形状での施工が可能となり排水機能が向上
- ・省人化、工期短縮が可能となることで、担い手不足の課題解決や能登地域の復旧・復興に寄与

### ■ 3Dプリンタの課題

- ・従来工法（現場打ち）に比べコスト高



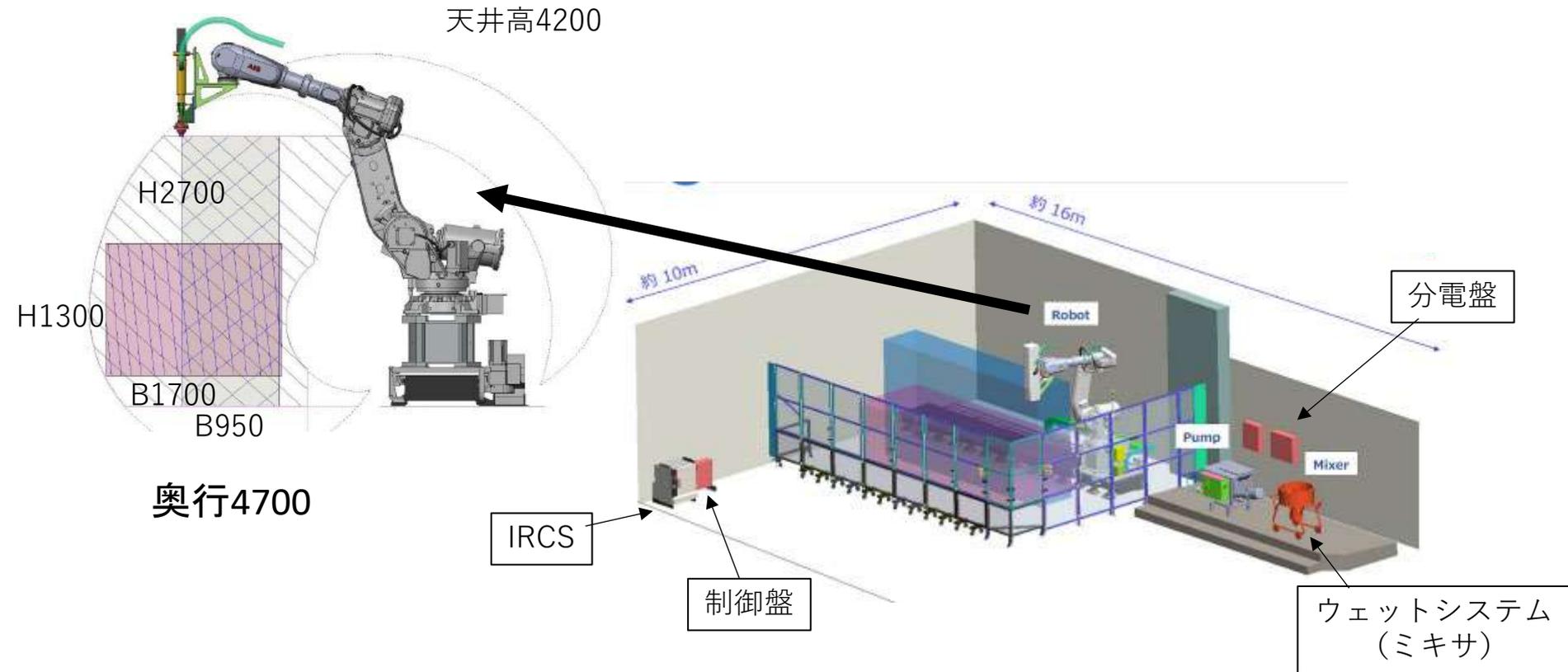
# KIT x KAJIMA 3D Printing Lab

2022年4月，金沢工業大学やつかほりサーチキャンパス内に設立



# Labの構成

## 産業用ロボットシステム



**6自由度ロボとアーム + 1自由度コンベア**

# 練り混ぜ作業風景



# 3Dプリンティング



2022年3月



2022年5月





2022年6月



2022年8月

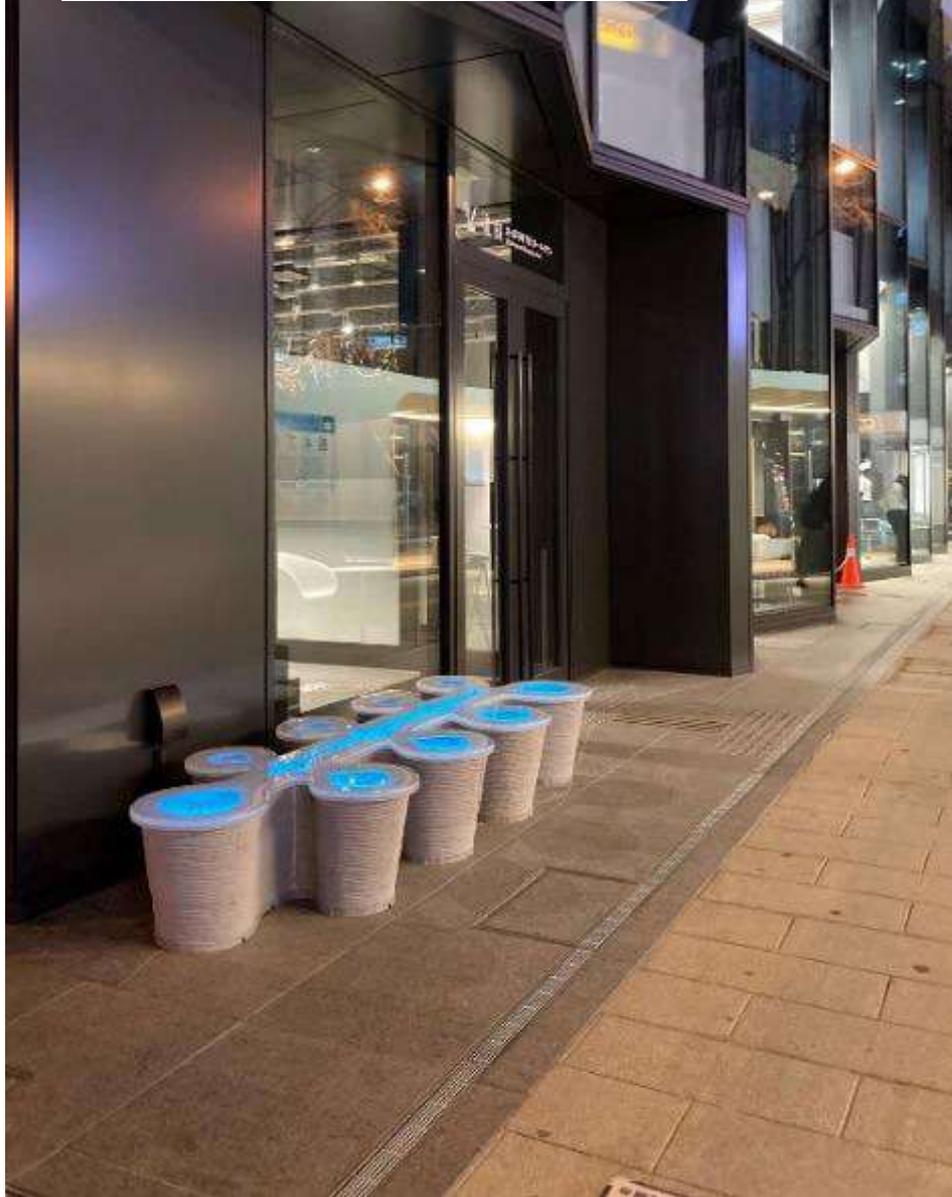
2024年3月  
金沢城公園



2025年1月  
軽井沢泉の里



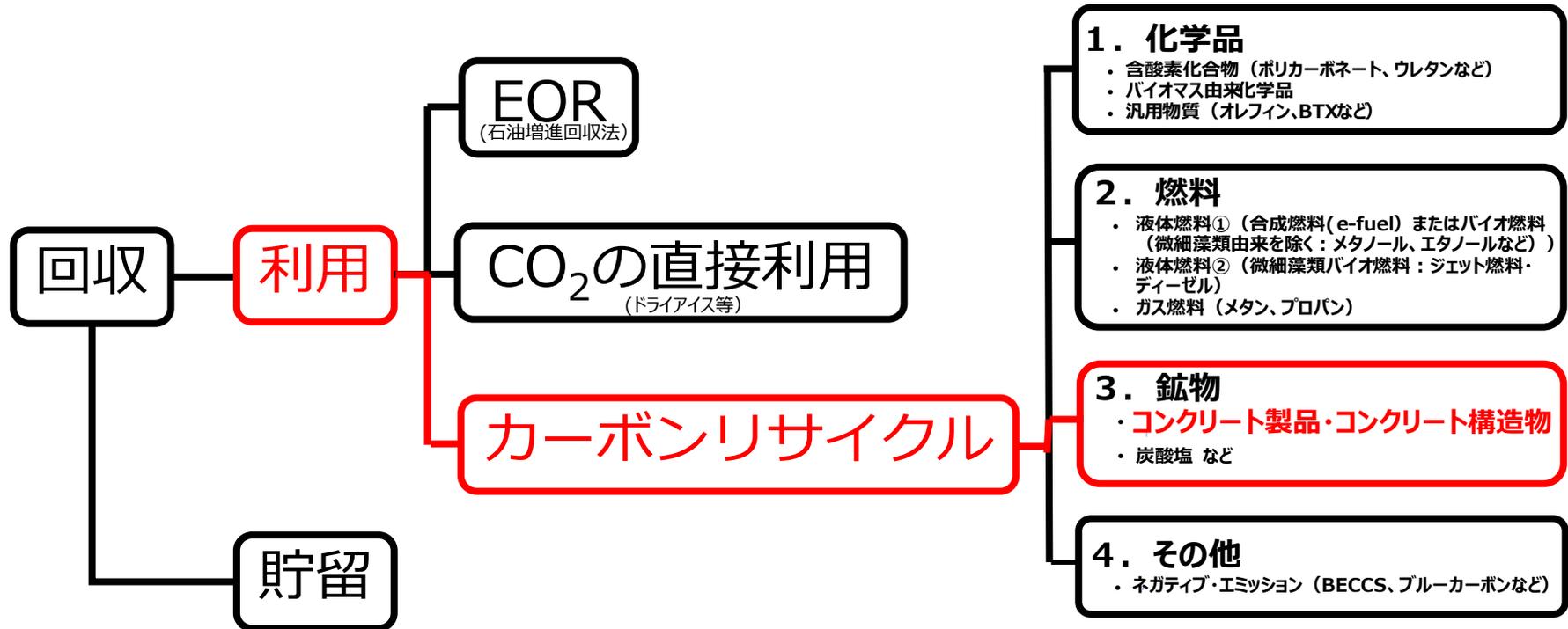
2025年4月  
札幌4丁目プレイス



# カーボンニュートラル

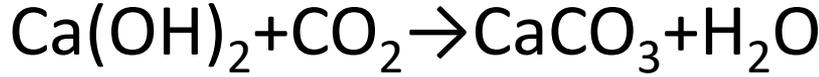
パリ協定（2015年）で、187の国と地域が「**2050年カーボンニュートラル**」に向かう。

## CO<sub>2</sub>を資源と捉える「カーボンリサイクル」



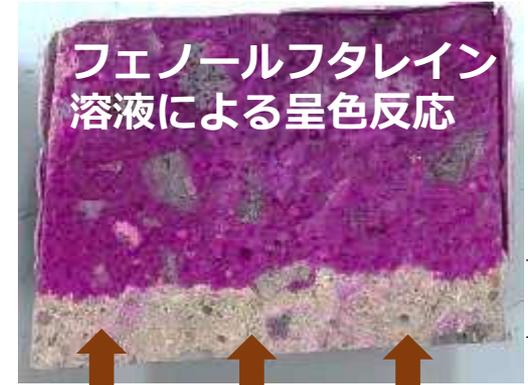
# コンクリートの炭酸化

水の次に使用量の多い**コンクリート**は  
**CO<sub>2</sub>を吸収・固定**する。



pH12

pH10



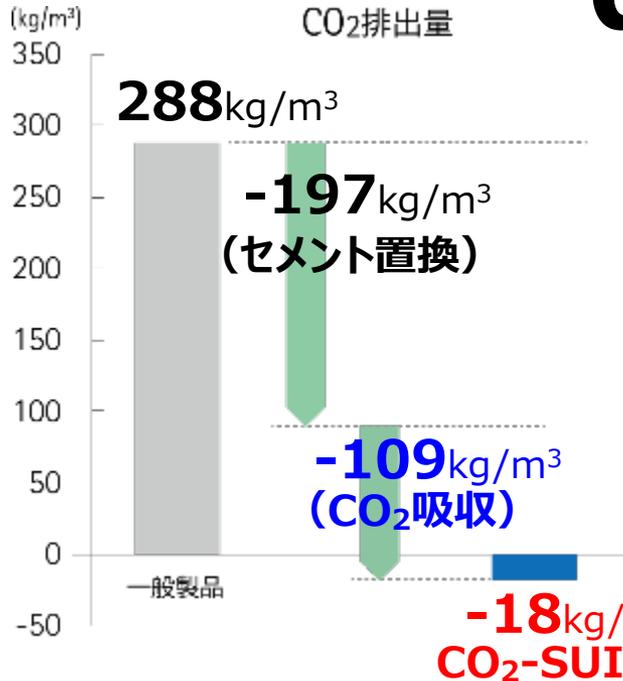
CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>

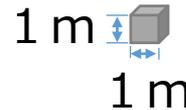
炭酸化

## CO<sub>2</sub>-SUICOM



-18kg -CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>

-14kg -CO<sub>2</sub>/年



1辺1mの立方体

高さ20mの杉

## 金沢工業大学

土木・景観計画・建築・機械  
・電気・ロボティクス・情報  
・化学・心理学の知見

## 鹿島建設株式会社

土木建設・施工技術、ロボッ  
ト活用など施工自動化の知見

環境セメント材料 CO2-SUICOM ※3 を活用

建設業 セメント系3Dプリティンングシステムの確立

- 建設業DX 「i - Construction」 ※4
- 建設業カーボンニュートラル

DXとサステイナブルの  
両立と環境への貢献

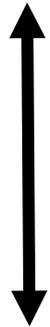
本研究成果の社会実装ならびに地域との連携によって  
建設業界課題・社会課題解決を目指す

# 研究計画と体制

## 第1ステップ

## 第2ステップ

シーズ  
開発



実装  
ニーズ

①材料・施工 土木、建築、電気、数理基礎

②意匠・構造 建築、土木

③機械 機械、ロボティクス、土木、数理基礎

④表面処理・加工 機械、土木、応用化学

⑤自治体／観光客・市民 土木、建築、  
〔管理者〕 〔利用者〕 心理科学

⑥測量

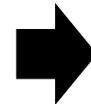
⑦メンテナンス



ベンチ(補強筋なし)



橋(補強筋あり)



コンクリート剥落部

# KIT側の体制

## 8学科・1課程による体制

宮里 心一  
花岡 大伸  
田中 泰司  
片桐 由希子  
徳永 光晴  
蜂谷 俊雄  
下川 雄一  
西村 督  
土田 義郎  
藤本 雅則  
林 晃生  
畝田 道雄  
杉本 康弘  
福江 高志  
瀬川 明夫  
瀬戸 雅宏

環境土木工学科○ 鈴木 亮一  
環境土木工学科○ 土居 隆宏  
環境土木工学科○ 谷田 育宏  
環境土木工学科○ 大嶋 俊一  
環境土木工学科 渡邊 伸行  
建築学科○ 出原 立子  
建築学科○ 山岡 英孝  
建築学科○ 柳橋 秀幸  
建築学科○  
機械工学科○  
機械工学科○  
機械工学科  
機械工学科  
機械工学科  
機械工学科  
機械工学科

ロボティクス学科○  
ロボティクス学科○  
応用化学科  
応用化学科  
心理科学科○  
メディア情報学科  
数理基礎教育課程  
電気電子工学科

24名

# 事前準備(ロボット講習)

教員 2名 + 学生 複数名

- ・ 産業用ロボット特別教育「ロボKIKOさん」受講



2日間 ・ 学科7時間  
・ 実技3時間

- ・ ABB社でのロボット講習会も受講 3日間
- ・ スターテクノ社によるプログラム説明会 3日間