

ウェルビーイング社会の実現に 貢献するマテリアル技術

新エネルギー・産業技術総合機構
技術戦略研究センター（TSC）
ナノテクノロジー・材料ユニット

1. はじめに.....	P.2
2. ウェルビーイングを促進するマテリアル技術.....	P.5
3. レジリエンスを強化するマテリアル技術..... － インフラ分野の視点から －	P.18
4. まとめ.....	P.31
参考文献・引用情報.....	P.33
参考資料.....	P.39

1. はじめに

物の豊かさよりも心の豊かさが求められるようになり^[1]、身体 の健康や幸せ・喜びを感じられる状態に、思いやりや共感によるより良い人間関係が調和した**ウェルビーイング**^{*1} (Well-being) に人々は大きな関心を集め始めている^{*2, [2]}。

特に、新型コロナウイルス禍や近年頻発する激甚自然災害など、先の見えない不安定な社会情勢を受けて、この傾向はますます顕著になりつつある。

政府の科学技術・イノベーション基本計画の検討においても、「人類のWell-beingの最大化」は、「安全・安心の確保」とともに、日本としてSociety5.0^{*3}を実現する上で重要となることが指摘されており、それを支える基盤技術の一つとしてマテリアルが挙げられている^[3-4]。

***1 ウェルビーイング：身体的、精神的、社会的に良好な状態**^[5]。周囲の人々との関係の中で、思いやりや共感を通していきいきと活動している状態を指す^[6]。個人と他者・社会の相互協調がウェルビーイング形成に重要になる。

***2** 2021年（5月予定）の世界経済フォーラム（ダボス会議）のテーマは「グレートリセット」であり、働き方・生き方などを全てリセットして人々のウェルビーイングを中心とした持続可能な社会経済システムについて議論。

***3 Society5.0**：サイバー空間と現実空間を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する人間中心の社会。日本が目指すべき未来社会の姿として政府により提唱された^[7]。

「ウェルビーイングへの貢献」の観点から、NEDO/TSCがこれまでに行ったマテリアル技術に関わる調査を整理し、マテリアル技術が今後目指すべき方向性として以下の二つを抽出した。

■ 人に寄り添うウェルビーイングへ関心が集まっている:

→ **ウェルビーイングを促進するマテリアル技術**

■ ウェルビーイングを大きく低下する激甚自然災害が頻発する傾向^[8]にあり、安全・安心につながるレジリエンス*⁴強化の必要性が認識され始めている:

→ **レジリエンスを強化するマテリアル技術**

NEDO/TSCが抽出したマテリアル技術の目指すべき二つの方向性について、広く議論を喚起することを目的とし、本短信として取りまとめ、公開することとした。

本短信が、ウェルビーイングを享受できる社会の実現に貢献するマテリアル技術への関心を引き起こし、その開発を促す議論への契機となることを期待する。

*4 **レジリエンス (Resilience) =回復力**。極度の不利な状況に直面しても正常な平衡状態を維持することができる能力を指し、ウェルビーイングを高めるための重要な柱とされる^[9]。

2. ウェルビーイングを促進する マテリアル技術

■ コロナ禍の中、個に寄り添うワークライフの価値を実感。**ウェルビーイングの重要性**が認識され始めている。

● デジタル化による便利さや効率性が進化した中で直面したコロナ禍を契機に、個の自律性や人間関係の重要性を改めて実感する生活場面が増加、「ウェルビーイング」への注目が高まる。



オンラインコミュニケーションの広がり

感情が伝わるコミュニケーションには視覚だけではない他の感覚が重要であることに気付く。

在宅勤務・リモートワーク



単なる効率や機能性に過度に偏重した社会生活への反省の気づき。家族が混ざるワークライフの中に感じる幸福感。

オフィス不要論と対面コミュニティ



人間関係に影響を与える対面コミュニティへの意義の気づき。単純な「オフィス不要論」に与することの危険性への気づき。

人に寄り添う技術・働き方・社会生活への気づきを通してウェルビーイングの重要性を改めて実感

混雑を避ける通勤

安全・安心や人中心のモビリティサービス、シェアリングなど、MaaS (Mobility as a Service) に秘めたウェルビーイングへの気づき。



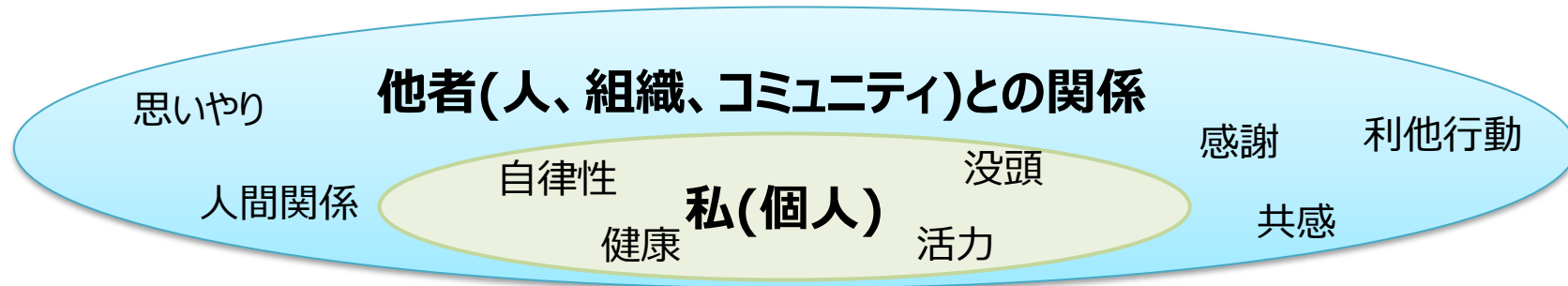
個性を生かす仕事・ジョブ型雇用への関心

ノウハウや経験などの個性を生かす仕事スタイルから体感できる新たな価値創出と自己実現感の気づき。



■ ウェルビーイングを広く醸成するためには、**人体・感覚情報**を活用した様々なコミュニケーションを可能にするデジタルテクノロジーがキーとなる。

● ウェルビーイングは、**個人の内面のみならず他者との共感など**、広い意味の“**相互的なコミュニケーション**”を通じた自己や他者の理解に依存する^[10-12]。



● コミュニケーションは言語だけではなく、様々な人体・感覚刺激が誘起する情動的なコミュニケーション^[13-14]もウェルビーイングに大きく影響する。人体・感覚情報の活用がウェルビーイング醸成・促進のキー技術になる。

様々なコミュニケーションを構成する人体・感覚情報の例

	視覚	聴覚	触覚 (皮膚感覚)	嗅覚	味覚	その他
言語	文字、手話	言葉	点字	—	—	—
非言語	表情、ジェスチャー、距離、動き、絵図表、景色	抑揚、トーン、スピード、BGM	ボディタッチ、触感、圧力、温度	匂い	味	身体運動 ^[16]

コミュニケーションには、言葉や文字のような言語的なものだけではなく、触感などの非言語的な要素の影響が大きい（全コミュニケーションの65%以上）ことが指摘されている^[15]。

■ デジタル技術や脳科学などの発展により、ウェルビーイングを促進する新たなマテリアル技術への期待が高まっている。

● 例えば、オンライン会話は、視覚・聴覚（言語）だけではなく、人体や感覚の送受信を可能にするマテリアル技術を用いることで感情や共感の共有をも可能になり、ウェルビーイング促進に大きく寄与することが見いだされている。



出所：ワークショップ「心臓ピクニック」ウェブページ^[17]をもとに
NEDO技術戦略研究センター作成（2020）

心臓の鼓動をデジタル伝送すると、画像と声だけでは伝わりにくい感情の変化を伝達でき、共感によるウェルビーイングが促進。

ウェルビーイング醸成に貢献する技術へのニーズが加速

- ・人の感性・感覚共有化技術
⇒共創・協働感、連帯感
- ・人の移動に依存しない技術
⇒デジタル伝送化、遠隔化
- ・通信等インフラ基盤の拡充
⇒高速、大容量、セキュリティ

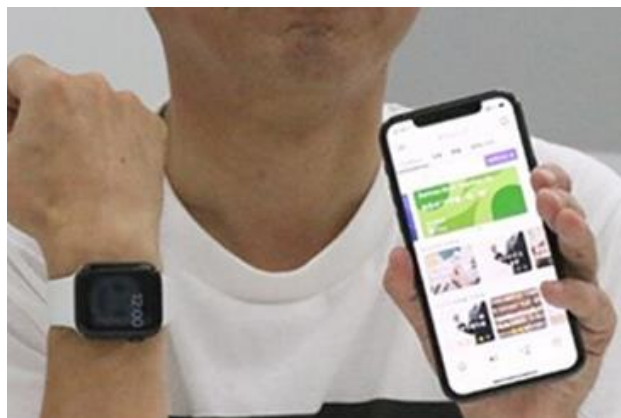


マテリアル技術への期待

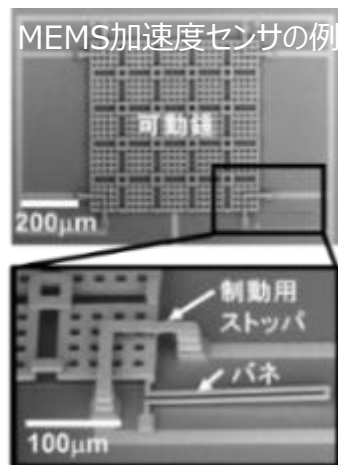
人体・感覚デジタル情報には、人々のウェルビーイングに作用するポテンシャルがあることが明らかに。
人体・感覚情報に関連するマテリアル技術の重要性への認識と期待が高まる。

■ 人体・感覚情報を活用するマテリアル技術によって人に寄り添う様々なウェルビーイング事例が報告されている。

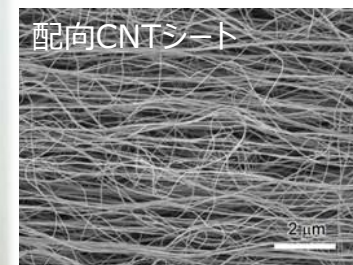
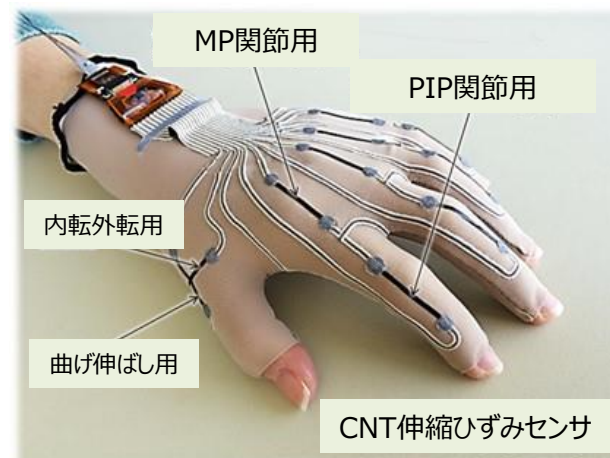
● 人体・感覚情報を活用した“人に寄り添う”応用例：身体運動に関わる事例



出所：日立製作所「社会イノベーションサイト」^[18]



出所：東京工業大学^[19]



出所：静岡大学井上研究室^[20]

身体の動きモニタリング：

体の動きを**Si-MEMS静電容量方式**等の加速度センサで計測。**赤外線センサ**との組み合わせにより、従業員の幸福度が生産性を大きく改善することを明らかに。ハピネス&ウェルビーイング職場実現へ貢献(日立、ハピネスプラネット^[18])。

従業員の孤立は無意識のうちに職場全体の雰囲気へ影響を与えパフォーマンスを大きく下げる。加速センサによる身体運動の計測により従業員の孤立を防ぐことを可能にした科学的なハピネスマネジメント法を提示。

手指の動きや体の動きの検知と可視化：

カーボンナノチューブ (CNT) とエラストマー素材の伸縮ひずみセンサ。CNTを配向したゴム状のエラストマー材料が伸縮することによって生じる電気抵抗変化を出力することで手指の動きのデジタル信号化・伝送デモを実現^[20]。

手指の動きを検知・可視化する新たなテクノロジー。手指の動きをバーチャル上で再現したり、あるいは遠隔送信することでリアルな共有感・一体感を醸成する技術につながる可能性。

高度先端材料技術を駆使した新たな人体・感覚活用マテリアル技術の開発も行われている。

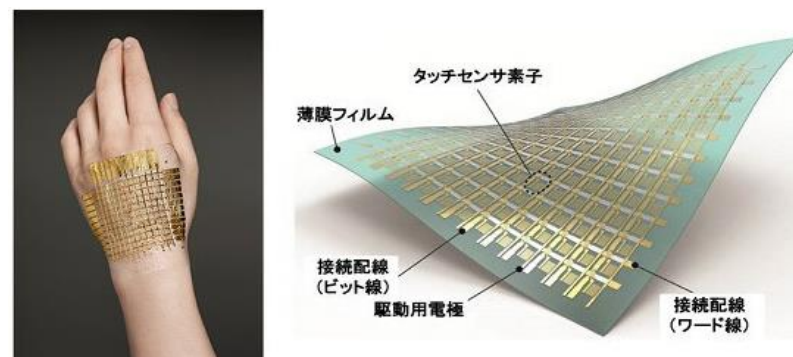
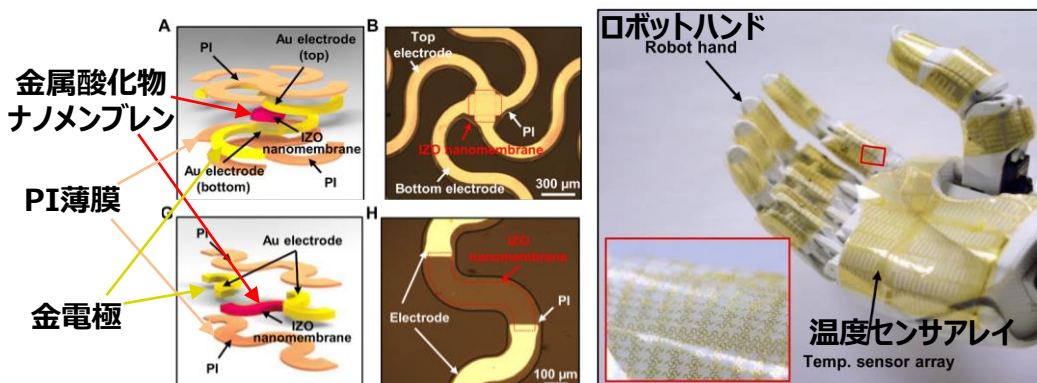
● **新たな人体・感覚マテリアル技術の開発例**：材料微細化や微細加工技術などの先端材料技術により高感度・高分解能かつ生体適合性のあるフレキシブルデバイスの研究開発が報告されている。

人工皮膚開発における高度先端材料技術^[21]：

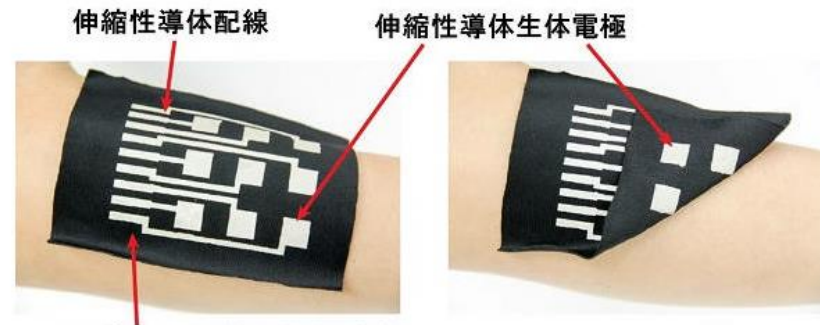
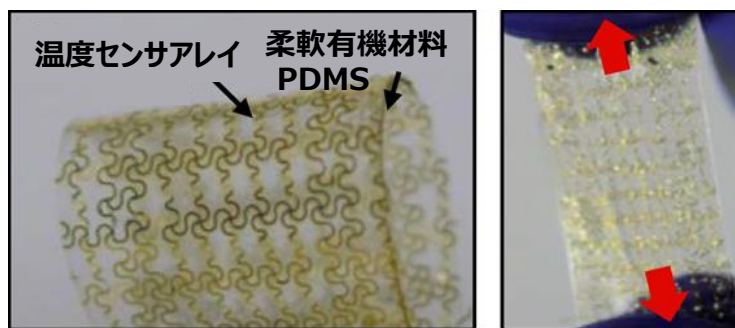
金属酸化物半導体ナノメンブレン（抵抗変化型メモリ、トランジスタ、UVセンサ、温度センサ、歪センサ）、**柔軟有機材料**（伸縮性基材）、**PI（ポリイミド）薄層フィルム**（絶縁機能、保護機能）、**金属薄膜**（導電機能）など：

生体適合デバイスにおける高度先端材料技術^[22、23]：

有機半導体（極薄フレキシブルタッチセンサ）、**有機LED**（血中酸素濃度測定）、**ナノファイバー**、**カーボンナノチューブ**（導電機能）、**金属フレークとゴム材料**（圧力、変形）による**伸縮性導電インク**（導電性機能）など：



1マイクロメートル程度の極薄の高分子フィルムに有機デバイス^[22]

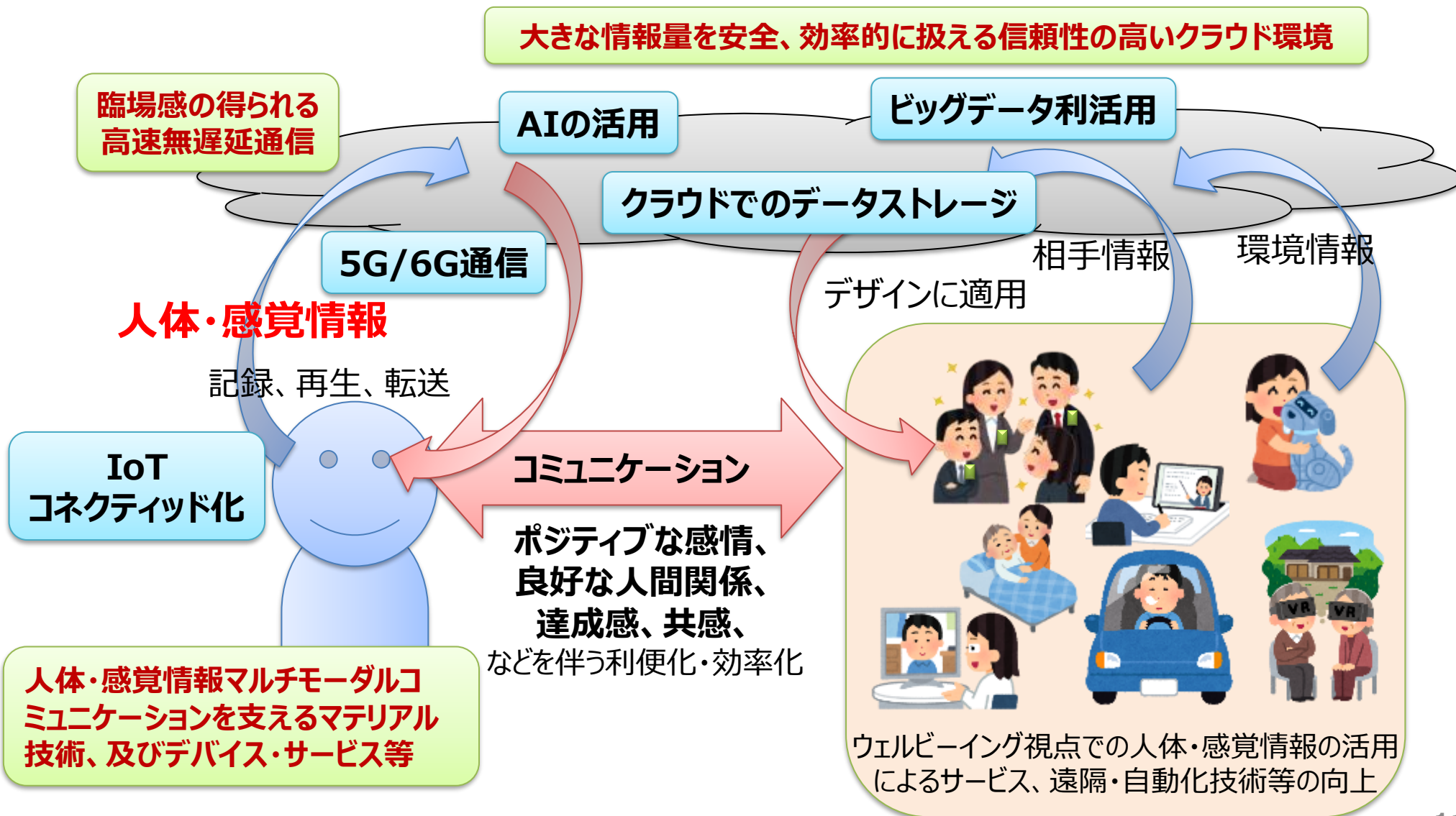


テキスタイル型の筋電センサー（導電性インクを使った伸縮性繊維素材上の配線・電極プリント）^[23]

酸化物半導体極薄層を用いた伸縮性のある多機能な人工皮膚^[21]

人体・感覚情報の活用により実現が期待される将来像

- 人体・感覚デジタル情報の活用と、それを支える通信などの様々なインフラ整備を合わせて進めることにより**社会全体のウェルビーイング促進**が可能なシステム構築へ。

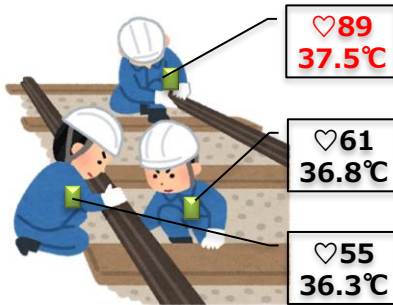


■ ウェルビーイングにつながる人体・感覚情報の利活用を可能にする様々なマテリアル技術。

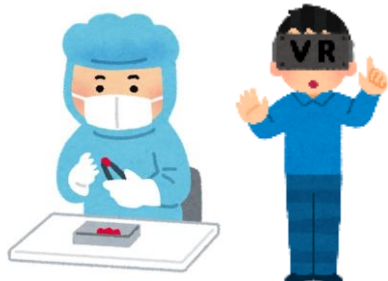
共感のある快適な労働環境：
行動解析やお互いの状態把握



- ・体動を検知する加速度センサ
(MEMS、圧電材料)
- ・心拍・発汗・ストレス等の生体センサ
(パッチ型素材、テキスタイル機能素材)



安全・安心への貢献：
運転中や業務中の疲れや体調異常検知



- ・細かい動作の記録や
触覚伝送できるグローブ
**(柔軟伸縮電子材料、
ナノスケール導電材料、
無機・有機圧電材料)**

個人技能伝承や遠隔作業による業務実感：
モーションキャプションや触覚の活用

孤独からの解放や思いやり実感のある生活：
リアルな感触・拳動のペットロボットなど



- ・生き物らしい体表
(ソフトマテリアル、熱伝導材料)
- ・人との接触を検知するセンサ
(柔軟伸縮電子材料、プリンタブル電子材料)
- ・人や空間を認識する各種センサやカメラ
(センサ用発光受光素子、高屈折透明レンズ)

リアルな感動体験によるいきいきとした生活：
高解像度な画像や振動、嗅覚などの活用



- ・よりリアルさを感じられるVRデバイス
(高精細液晶・EL、網膜投影レーザ、香り発生デバイス)
- ・小型振動デバイス
(強磁性材料、圧電セラミックス、有機圧電材料)

ウェルビーイング将来像を構成するマテリアル/デバイスの例

■ 様々な人体・感覚マテリアル技術やその普及を支える基盤技術の開発が進められている。

分野	人体感覚情報を活用したウェルビーイング動向事例	対象	マテリアル/デバイスの例	
ライフスタイル	<ul style="list-style-type: none"> ・優しい感情を誘起する触り心地、柔らかくて温かいボディ、接触を感知する2次元センサによる反応行動を取り入れたペットロボット（GROOVE X、ソニー） ・視聴覚情報を異なる形、あるいはよりリアルに表現、伝える技術を用いた応援や想いの伝達や超臨場感ライブビューイング（パナソニック、ヤマハ、NTTなど） 	人体情報	加速度センサ、ひずみセンサ、テキスタイルデバイス、圧電材料、柔軟伸縮電子材料（身体運動） パッチ型デバイス、バイオセンサ、テキスタイルデバイス、コンタクト型デバイス、生体適合材料（発汗、心拍、心電、脳波、バイオマーカ等生体情報）	
仕事・労働	<ul style="list-style-type: none"> ・装着性、着心地に優れたウェアラブル生体デバイスを用いた暑熱対策、休憩タイミング確保、交代等の対策による安全な労働環境の提供（前田建設工業など） ・従業員のオフィスでの体動やコミュニケーション量の把握による幸せ、快適な労働環境の提供（日立製作所、NEC） ・よりリアルさを感じられるVRデバイスを用いた組み立てラインの手順確認、外科手術のトレーニング、自動車の組み立て検証など、VRの活用（日産自動車、NEC、AGCなど） 		人体・感覚情報	高解像度素子、半透過投影デバイス、小型レーザモジュール、網膜投影デバイス(視覚) 小型マイクロホン/スピーカ、指向性スピーカ、圧電材料、磁性材料(聴覚) 触覚フィードバックグローブ、力覚伝送デバイス、圧電材料、柔軟伸縮電子材料(触覚) 膜型表面応力センサ、嗅覚受容体センサ、香り発生デバイス(嗅覚) 味覚センサ、電気刺激スプーン、イオン発生デバイス(味覚)
交通・移動	<ul style="list-style-type: none"> ・顔表情解析や発汗、心電等の非侵襲センシングによる運転者の感情やストレス状態把握による安全性や快適性の向上（デンソー、NTTデータなど） 	共通基盤技術	通信	テラヘルツ発振共鳴ダイオード、フォトニックジェット、低誘電材料、メタマテリアル
医療・介護	<ul style="list-style-type: none"> ・遠隔でも双方向に直接触れている感触を伝えるハプティクスデバイスを用いた的確で安心感のある遠隔リハビリテーション（名古屋工業大学） ・言語理解と発話のためのAI技術を活用した、コミュニケーションロボットの活用による被介護者の活動の「質」もしくは「生活の活発さ」の改善（AMED） ・リアルな視聴覚体験を提供するVR機器を用いた高齢者の心と身体、認知機能に与える影響に関する研究（東京大学） 		電源	電池材料、スーパーキャパシタ、発電素子、無線給電素子
教育	<ul style="list-style-type: none"> ・集中具合をモニタリングするための脳活動計を用いた適切な介入や授業のやり方改善と自身の状態把握によるモチベーション向上(東京大学) 		蓄積	アーカイブ用ストレージ材料、2次元抵抗変化メモリ、システムオンチップ

■ 感情伝送テクノロジーによって、製造コミュニティへのエンゲージメントや、一体感を醸成可能な遠隔製造技術へ展開できるのではないか。

● 自動化できないプロセスが多いモノづくりにおいて、感情伝送により、**コトの主体である人間が介在するリモート共創操業**を可能にするウェルビーイングな遠隔技術への展開*5。

複雑なノウハウが絡むモノづくり操業においては、**現場での人間自身による操業支援システム**が現実として求められる。

人間による遠隔操作を実現するデジタル技術
+ 感情伝送によるウェルビーイング促進テクノロジー

人間不在になりがちなデジタル遠隔技術を、現場との**協働・共創感を育む基盤技術**へ進化、**共感・操業一体感**という日本のモノづくりの特長^[41]強化へ。

- ・操業パラメーター情報のデジタルセンシング（温度、圧力、現場の目線画像、etc）
- ・現場操業者の感情デジタル伝送の送受信



*5 ウェルビーイング促進テクノロジーを構成する基盤技術の一つとなる触覚（ハプティクス）デバイス市場は2025年に約50億ドル、AR/VR世界市場は2023年に約1500億ドルに達すると予測されている^[40]。

ウェルビーイングを支えるマテリアル/モノづくり動向事例

■ ウェルビーイング志向に呼応したマテリアル開発やモノづくりの事例が増える傾向にある。

技術領域	ウェルビーイングに関する事例	ウェルビーイングとの関係
リアル・バーチャル・エモーション：三位一体のデジタルマニファクチュアリング	<ul style="list-style-type: none"> 海外製造工場への国内職人ノウハウ遠隔適用（AGC）、4K高精細映像などにより現場に近い感覚で遠隔操業指導（NECなど）。 アバターによる遠隔工場操作技術（ANA、大成建設など）→深海底無人スマートファクトリによる日本EEZ海底資源活用への展開可能性*6。 	触覚等の活用による 感情・感覚共有の遠隔操業技術 。
“共創”の環境・エネルギーマテリアル/マニファクチュアリング	<ul style="list-style-type: none"> カーボンニュートラルへの取り組み：化学品製造CO₂削減（デンカなど）、水素還元製鉄（水素活用還元プロセス技術（COURSE50））など。 共通の素材調達課題に対する共創的取り組み：諸外国による高品質鉄鉱石の大量調達による原料確保リスク回避のために、日本の鉄鋼大手競合3社が原料利用新技術を共同で開発へ。 	環境基盤保全に貢献する 超長期ビジョン のマテリアル製造開発。 協力和協働による共通課題解決。
エモーション・シェアリングマテリアル/マニファクチュアリング	<ul style="list-style-type: none"> コロナ禍下、需要急減による設備稼働率低下で生じた工場設備余力を新たな目的に活用する業界を超えた「工場シェア」（シェアリングファクトリー）。Manufacturing as a Serviceへの展開。 WELL（WELL Building Standard）認証制度：ウェルビーイング視点でより良い住環境の創造を目指した、構造材料を含む評価システム。 	設備シェアリングによる職人のモノづくりノウハウを活かした 自己実現エコシステム への展開。 建築や街区等の ウェルビーイング視点による環境性能評価 。
感性がドライブするデータ駆動型マテリアル	<ul style="list-style-type: none"> データ駆動型材料開発（MI、PI）に心理学や脳科学を適用し、人間の「感性」評価軸を導入。心地よい感性素材のMI開発（旭化成）など。 	文理融合による新たな 人間中心の価値創出 。
機能から感性価値へ：癒やしマテリアル	<ul style="list-style-type: none"> 建物の建材や車の外装・内装材などの感性価値向上（住友理工など）や、非侵襲脳活動計測（fMRI、NIRSなど）によるマテリアル特性と脳活動パターンとの対応関係解明開発への展開。 HEMSやZEHなどのエネルギーマネジメント機能に加え、光や音、触覚などの感覚を刺激する生活空間を構成する自然素材製品づくりへのシフト。 	モノづくりの価値軸に感性を導入。 人間中心視点で質感を改善 することにより価値を高める。 音や触覚など 人間の感覚に踏み込んだ自然の素材やデザイン 。

*6 文献^[56]を参考にNEDO技術戦略研究センターにて記載

各種参考資料^{[42]~[56]}をもとにNEDO技術戦略研究センター作成（2020）

■ ウェルビーイングを志向する個人やコミュニティにマテリアル製造業が呼応することで、スパイラル発展的にマテリアル製造業のウェルビーイング志向が強まる方向へシフトしていく。

● マテリアル製造業は今後普及が見込まれるDX化とともに、社会の幅広い人々へのウェルビーイング貢献をより重視へ。

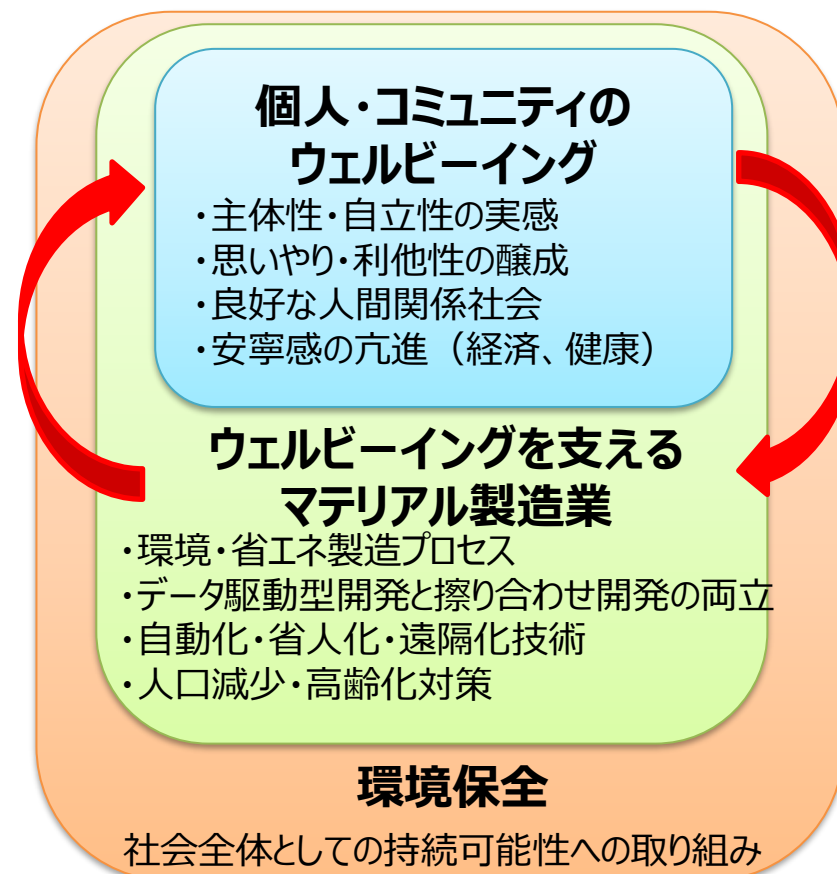
● マテリアル製造業も、ウェルビーイング志向へシフト。環境保全の取り組みを含めながらウェルビーイングに直接間接に関わる活動を更に強めていく。

・マテリアル製造企業の経営視点の変化

	従来社会	ウェルビーイング社会
ビジョン スパン	3～5年の短中期 ビジョン	10年超の長期ビジョン
経営の 視点	成長率重視、シェア・ 利益増大第一主義、 など	環境保全、社会からの 信頼性、など持続性・ 循環志向
ステーク ホルダー	株主優先に傾く	広く利害関係者へ視点 がシフト

・従業員のウェルビーイングを競う企業へ

- ① 働く意識の変化、健康管理への関心が増加
- ② 満足感や能力開発が感じられる業務に意義を認める
価値感へのシフト
- ③ 人口が漸次減少していく社会状況の中で企業として
人材の確保が課題に



- 人体・感覚マテリアル技術がウェルビーイングの促進に重要であり、ウェルビーイング促進により遠隔製造など、モノづくりを強化する基盤技術への展開が見込まれる。
- ウェルビーイング志向を支えるマテリアル技術の開発と普及により、様々な社会課題の解決につながることを期待される。

● **他者への共感や利他行動を導くウェルビーイング**^[57-58]が、様々な社会課題の解決へのインセンティブとなり、「ウェルビーイング社会」の実現に寄与することが期待される^[59-60]。

ウェルビーイングが有する様々な側面と、解決に関与し得る社会課題例

		側面	課題事例
心理的側面 経済的側面	経済・経営	経済活動と、格差・富の偏在や資源枯渇・環境破壊問題 ^[61-64]	
		GDPのような経済指標と、それに含まれない価値への見直し ^[65] 分析・計画立案過剰偏重の経営から、ナラティブな共感経営へ ^[66]	
	科学技術	AIや計算科学による自動化進展と、人間の雇用喪失不安の相克 高度映像解析技術による安全・安心と、監視社会化リスクの相克 デジタル化による利便性向上と、孤立化・人間感喪失の相克 ^{*7}	
技術的側面	心理・社会	ストレス社会下での感情コントロールや自律神経失調等々の疾患 ^[70] コミュニティの分断（意思疎通や他人への思いやり感情などの減退） 社会の中での自己の人生の意義、自己アイデンティティ不安定化	

*7 青山学院大学Well-beingプロジェクトウェブサイト^[67]を参照：インターネットの普及は、メール等による情報交流を格段に進化させたが、大量の着信メールによる過大な負荷感やSPAMによるセキュリティ問題による不安感などを引き起こしている。インターネットによる影響については^[68-69]も参照。

3. レジリエンスを強化するマテリアル技術 － インフラ分野の視点から －

- 住インフラは、個人・コミュニティと密接に関係し、ウェルビーイングを支えるものである。
- コロナ禍による生活様式の変化や、増加する自然災害など、予期せぬ外的要因に対し、人々のウェルビーイングが持続することが重要である。

● 人々の生活は、ウェルビーイングに影響を与える様々なリスクとともにある。

● 住インフラにおいては、自然環境の維持・保全を達成しながら、人々のウェルビーイングを支えるための安全・安心を提供していくことが求められている。

コロナ禍による生活様式の変化



コロナ禍によるテレワーク経験率^[71]

全国	東京23区
34.6%	55.5%

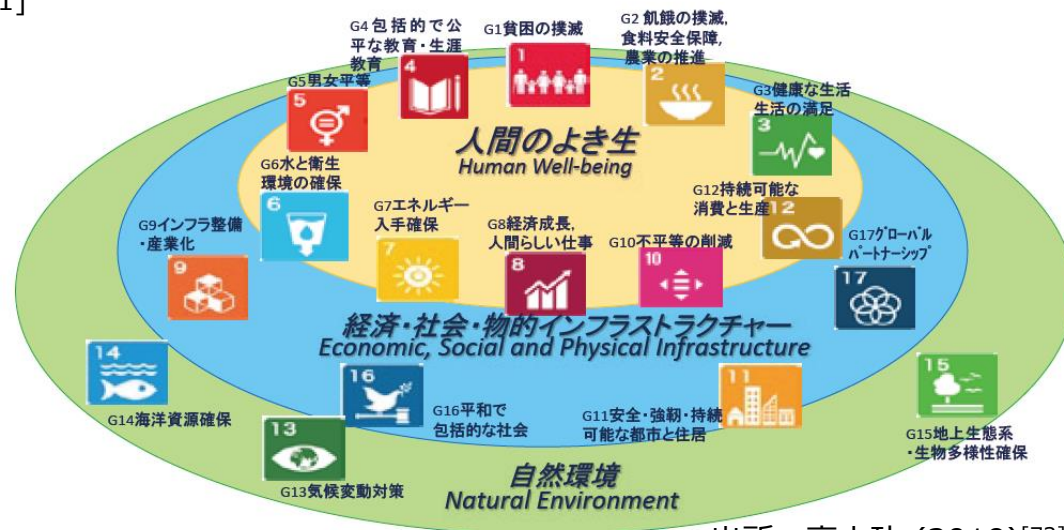
うち、約9割が継続利用を希望

増加する自然災害

自然災害発生件数（日本）^[72]

1976年-1995年 1996年-2015年

89件	➔	132件
-----	---	------



出所：高木功 (2019)^[73]

SDGsの目標群にはウェルビーイングを究極の目標とする関係性が内在することが指摘されており^[73]、自然環境の維持を前提に、安全・安心・持続可能な都市と住居の目標達成 (G11) は人類のウェルビーイングの目標達成に密接にかかわっていく。

- ウェルビーイングの促進に寄与する要素は、①快適な居住空間を与える要素や省エネ関連の要素（＝「平常時」の快適性）と、②火災や地震などの災害から住人・家財を守る要素や防犯等の要素（＝「まさかの時」の安全・安心）があり、それぞれ独立に追求されてきた。
- 近年、ICT技術の住居への適用により平常時・まさかの時に包括的に対応する取り組みが進展し、平常時の快適性（省エネ含む）と防災・減災を兼ね備えたスマートハウスへと発展。
- 今後は人生100年時代、人口減少、ゼロエミッション志向、新型コロナウイルス感染症の影響（テレワークなど）等を取り込み、重要とされる要素が更に多様化すると予想。
- **ウェルビーイングの持続性（レジリエンス）**という観点により上記要素が統合に向かうと予想。

《過去》

《現在》

《これから》

快適な住インフラ（平常時）

- 冷房・暖房
- 通気性・調湿
- 防音
- VOC、シックハウス対策
- 断熱性
- 省エネ

安全・安心（まさかの時）

- 耐火性
- 耐震性
- 防犯

ICT（スマート）技術

- 太陽光発電
- ヒートポンプ
- 蓄電池
- 自家用車給電
- 停電対策
- 災害避難情報
- 防犯カメラ
- HEMS
- 見守り

○バリアフリー

○雨水利用

レ
ジ
リ
エ
ン
ス

**新しい住まいの
コンセプト**
: 要素多様化
: 要素の統合

- ゼロエミッション
- 100年住居
- リフォーム容易
- 住み替え
- 空き家
- テレワーク

- 火災や地震に加え、最近では豪雨等の水害に対する建物や都市、社会インフラのレジリエンスに関心が集まっている。

- 特に水害は激甚化しており、建物などのインフラに深刻な被害を引き起こして広く人々のウェルビーイングに大きな影響を与えている。

洪水などの極端気象による自然災害が、物的被害や災害リスクへのストレス等を通して幸福度に負の影響を与える^[74]。



《火災》

《水害》



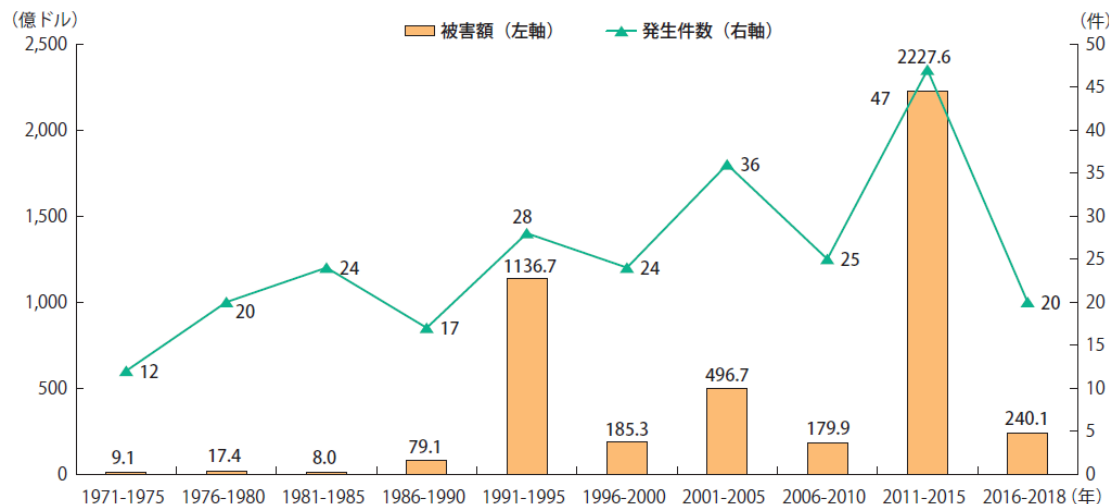
《地震》



《参考》 頻発する国内の自然災害とその激甚化傾向

- 我が国の自然災害の発生件数は、変動を伴いながら増加傾向にある。
- 1時間降水量50mmを上回る大雨の発生件数は、この30年間で1.4倍に増加し、堤防決壊などの大きな水害が発生している。

● 我が国の自然災害発生件数及び被害額の推移



資料：ルーバン・カトリック大学疫学研究所災害データベース (EM-DAT) より中小企業庁作成
 (注) 1. 1971年～2018年の自然災害による被害額を集計している。
 2. 2018年12月時点でのデータを用いて集計している。
 3. EM-DATでは「死者が10人以上」、「被災者が100人以上」、「緊急事態宣言の発令」、「国際救援の要請」のいずれかに該当する事象を「災害」として登録している。

出所：2019年版「中小企業白書」(中小企業庁、2019) [72]

● 1時間降水量50mm以上の年間発生回数 (アメダス1,000地点あたり)

時間雨量50mmの大雨の発生件数が増加



出所：国土交通省関東地方整備局ウェブページ[75]

- 台風に限らず、前線などの通過により毎年のように豪雨災害が発生。
- 堤防やダムなどの土木インフラだけに頼るのではなく、流域のあらゆるインフラを活用し総合的に災害を最小化する流域治水が提案されており、建物の耐水化を含めた新しいマテリアルニーズにつながっていく可能性がある^[76-78]。

鬼怒川の氾濫による浸水状況

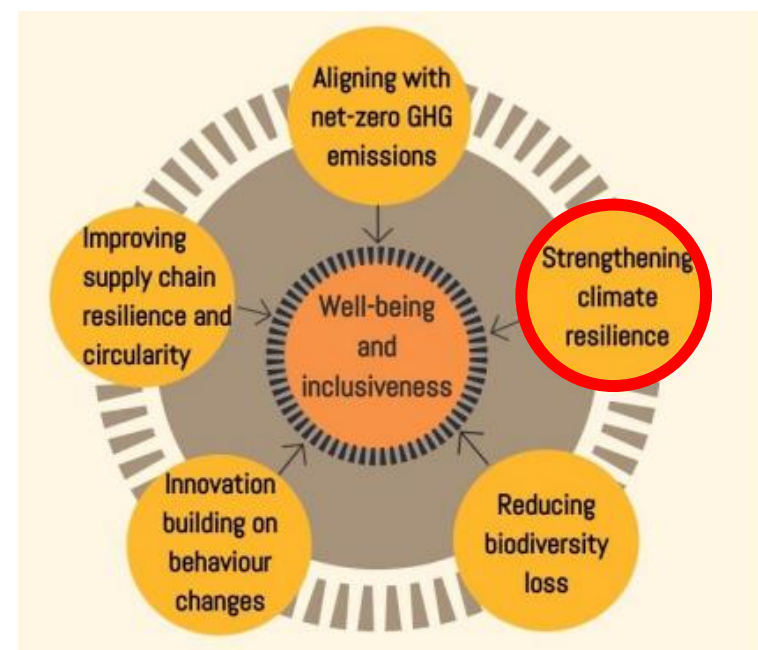
- 常総市三坂町地先（鬼怒川左岸21.0km付近）における堤防決壊等に伴う氾濫により、常総市の約1/3の面積に相当する約40km²が浸水し、常総市役所も孤立した。



■ ウェルビーイングを高めるために、特に自然災害発生時のレジリエンス強化は重要であることが指摘されている。

- 自然環境は人々のウェルビーイングを支える基盤であり^[80]、諸外国政府もウェルビーイング関連施策を推進する上で自然環境の重要性を主張している。
- 自然環境に災害などによる深刻な事態が発生しても、**しなやかに復活できる力（レジリエンス）の強化**がウェルビーイングに重要であることが指摘されている^[84]。

国名	ウェルビーイング関連政策と環境関連事項
スコットランド (英国)	国の成功を国民の Well-Being で測る National Performance Framework 施策において、「 Our natural environment contributes to our health and wellbeing in countless ways」 ^[81]
ニュージーランド	Well-being Budget のターゲットとして「Transforming the economy and society towards environmental sustainability 」 ^[82]
アイスランド	環境問題における危機から、経済成長ではなく well-being 指標 による、 環境等を重視 する予算編成を実施 ^[83]



出所：OECDウェブページ*7

*7 図中の“inclusiveness”は不平等是正、社会的分断解消を指す^[84]。

- 「戦略的イノベーションプログラム(SIP)」を中心に、インフラ維持管理、災害に対する安心・安全を目指したプロジェクトが展開されているが、構造材料に直接的に関係したテーマは少ない。

プロジェクト	期間	概要
【内閣府 第1期SIP】 インフラ維持管理・更新・マネジメント技術	2014-2018	予防保全によるインフラのライフサイクルコストの最小化を実現するための新技術開発。
【NEDO】 インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト	2014-2018	既存インフラの状態を的確に把握できるモニタリングシステム及び維持管理を行うロボット・非破壊検査装置の技術開発。
【内閣府 第1期SIP】 レジリエントな防災・減災機能の強化	2014-2018	災害情報をリアルタイムで共有・利活用する仕組みを構築。
【内閣府 第2期SIP】 国家レジリエンス（防災・減災）の強化	2018-2022	大規模災害対応オペレーションを実行するための国家レジリエンス強化の新技術を研究開発。

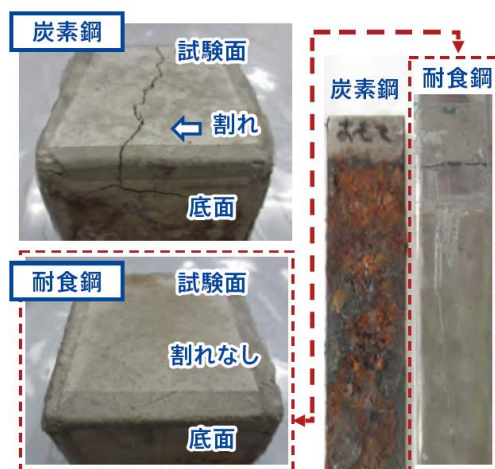
出所：内閣府、JST、防災科研、NEDO ウェブサイトの情報^[85-88]をもとにNEDO技術戦略研究センター作成(2020)

● 第1期SIP「**インフラ維持管理・更新・マネジメント技術**」

インフラ構造物（鉄筋コンクリート）の劣化機構の解明と効率的維持管理技術の開発を実施。

【成果の一例】

高耐食性で安価な鉄筋を開発し、暴露試験で性能を実証。炭素鋼鉄筋は著しく腐食し、コンクリートに割れが生じているが、開発した耐食鋼鉄筋は腐食せずコンクリートが健全。^[89]



出所：インフラ技術総覧（SIPインフラ維持管理・更新・マネジメント技術, 2019）^[89]

● NEDO「**インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト**」

コンクリートのひび割れを自動検出するAIシステムの実用化に成功。表面に汚れや傷がある状態でも幅0.2mm以上のコンクリートのひび割れを、80%以上の高精度で検出可能^[90]。

AI自動検出結果イメージ



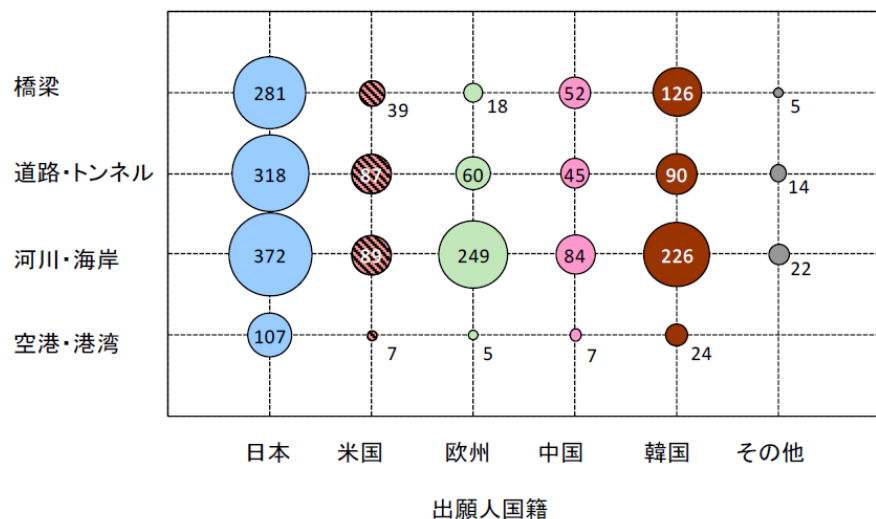
幅0.2mm以上のひび割れに対して82.4%の検出精度を達成した人工知能(AI)システムの検査結果例(右写真)

首都高技術からの許諾を得て転載。文献^[90]を参照。

《レジリエンス強化技術》防災・減災関連技術の特許出願動向

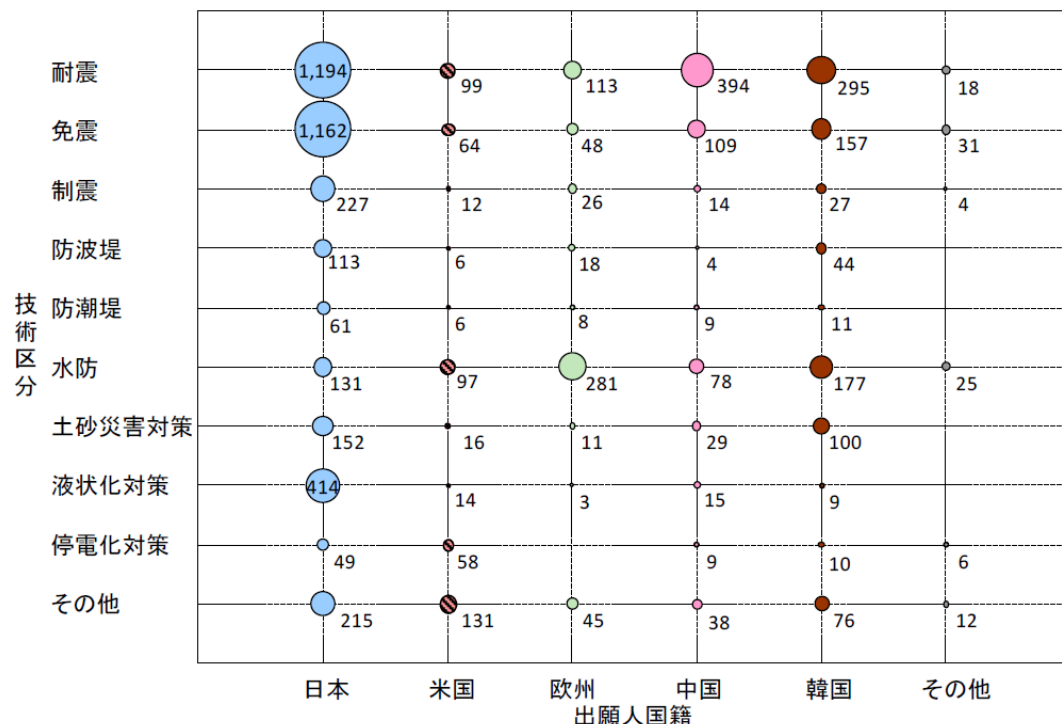
- 防災・減災という観点でのインフラ構築技術については、日本国籍の出願件数が最多であり、当該分野の日本の研究開発活動が旺盛であることがわかる。
- 予防技術では、特に耐震、免震、液状化対策における日本国籍の出願が多いのに対し、水防に関する出願では欧州国籍が多く、国によって防災意識が異なることを反映している。
- 日本における水害の多発を考慮すると水害対策に係わる技術開発の強化が必要ではないか。

インフラ構築技術 – 出願人国籍別出願件数 (出願先：日米欧中韓)



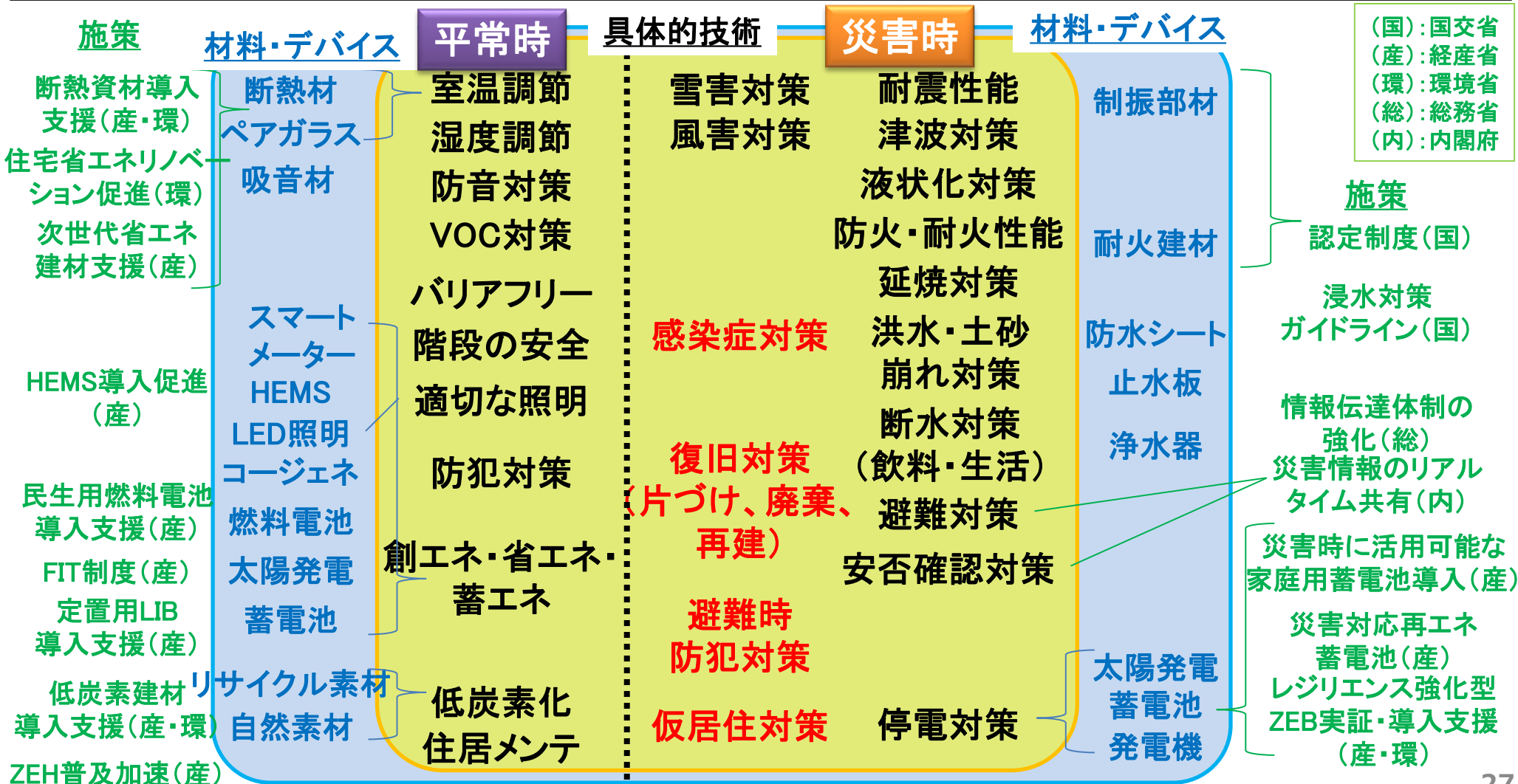
(調査期間(優先権主張年)：2001年～2012年)

予防技術 – 出願人国籍別出願件数 (出願先：日米欧中韓)



住インフラに必要とされる技術と国内政策とのつながり

- ウェルビーイングの増進に寄与する住インフラ関連技術を平常時と災害時に分けて示し、関連する国内政策を紐付けた。平常時の技術は種々の提案がなされているが、災害時の技術に関しては、耐震耐火性と情報技術重視の傾向がある。
- 赤字で示した要素については、材料面含め今後の対応が求められる。

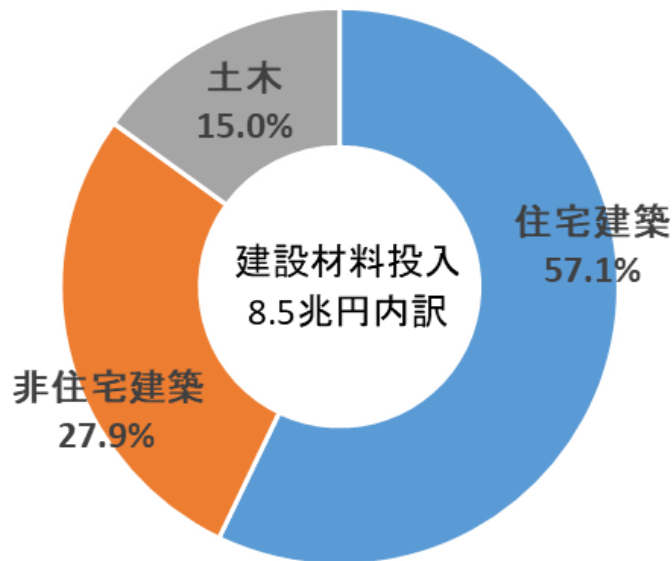


(国): 国交省
 (産): 経産省
 (環): 環境省
 (総): 総務省
 (内): 内閣府

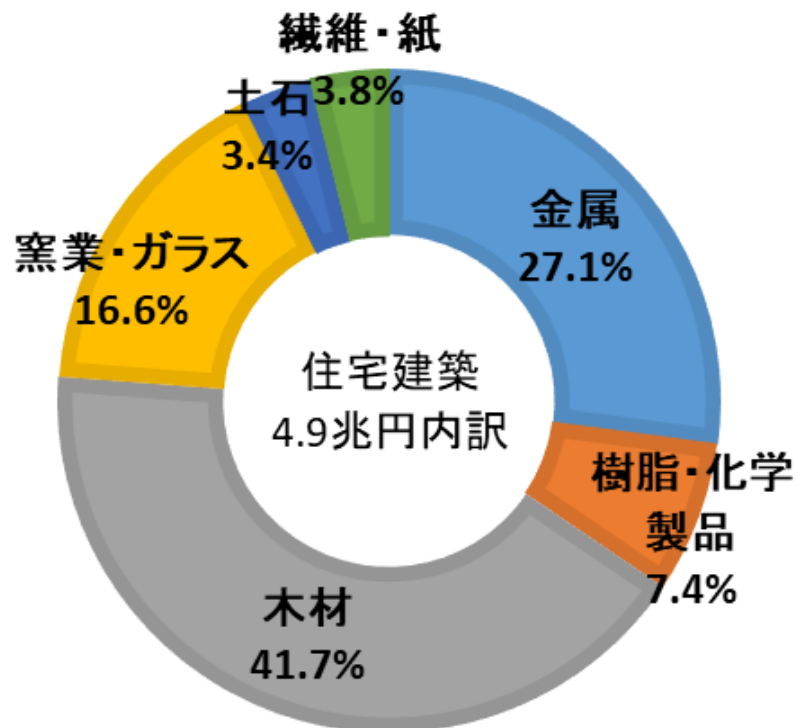
《参考》 インフラ建設におけるマテリアルの構成内訳

- 国内のインフラ建設に8.5兆円のマテリアル費が投入され、その約半分（4.9兆円）が住宅の建設に使われており、マテリアルの市場としては非常に大きい。
- マテリアルの内訳としては、住宅建築では金属、木材、窯業・ガラス、土木では窯業・ガラス、土石の割合が大きいという特徴を持つ。

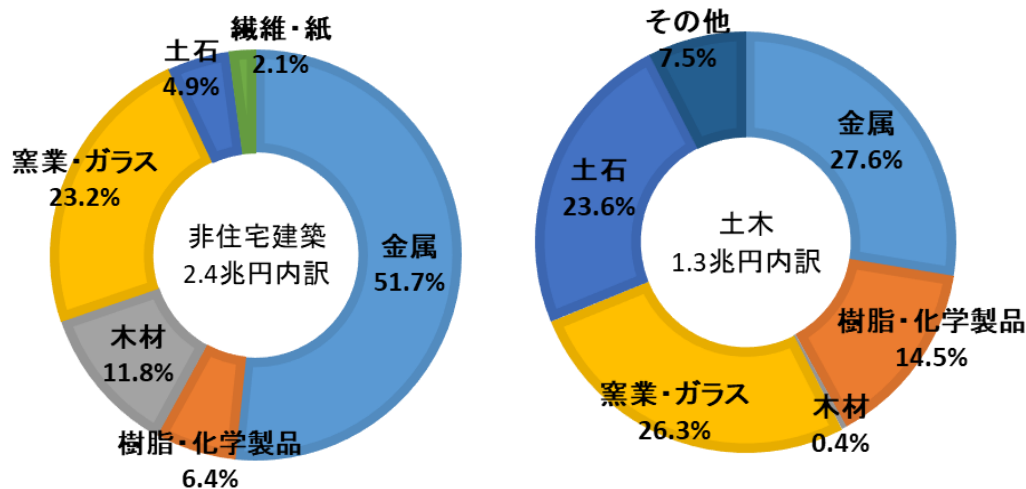
材料費投入内訳（2011年度）



住宅建築における材料費内訳



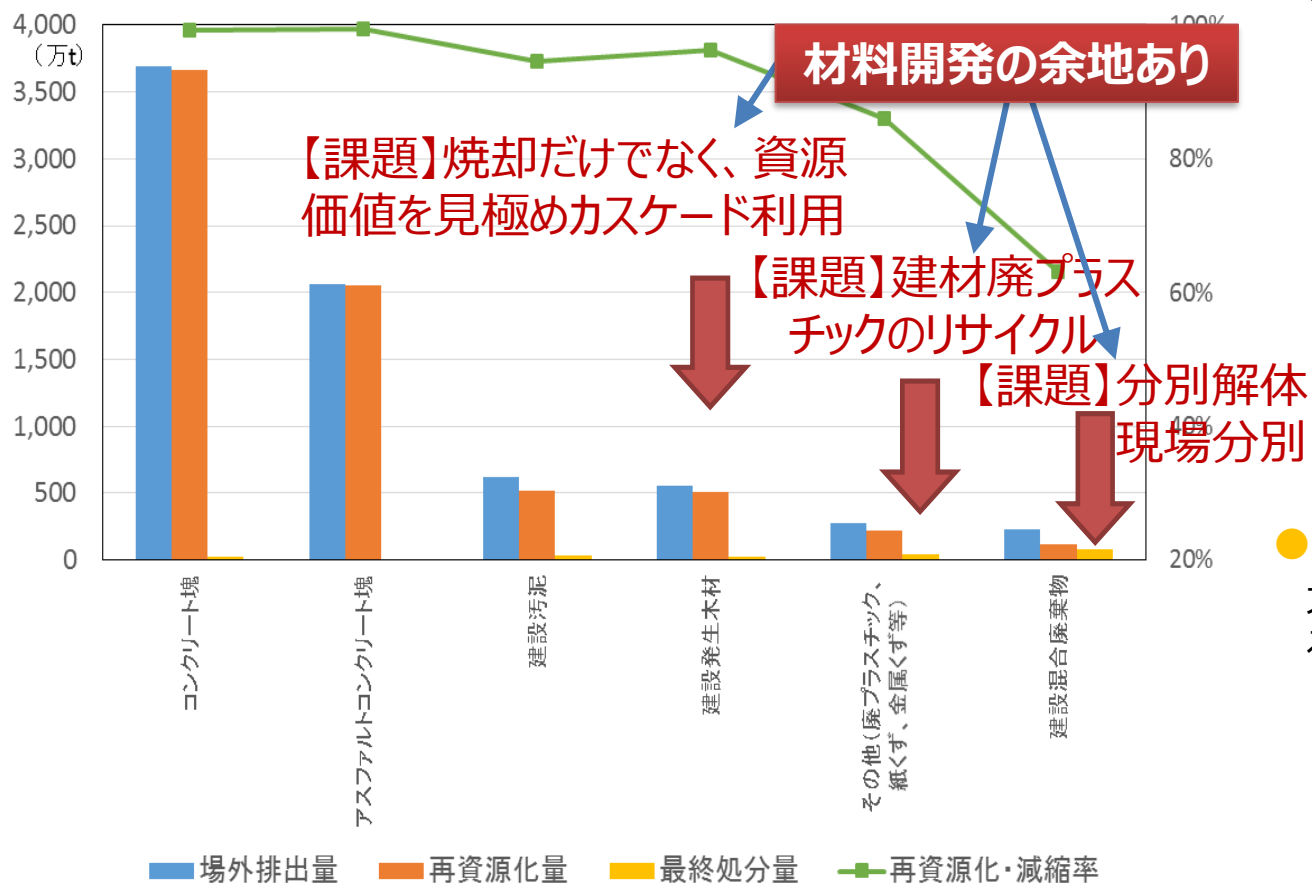
(参考) 他のセグメント（非住宅・土木）における材料費内訳



出所：平成23年度建築工事費投入調査及び平成23年度公共事業・土木工事に関する投入調査（国交省、2014）^[93]をもとに NEDO技術戦略研究センター作成（2020）

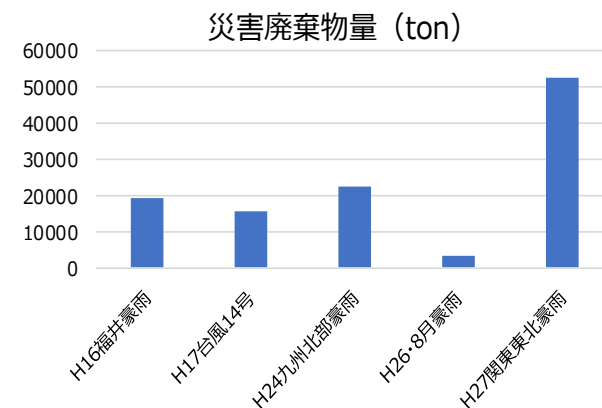
- 平常時でも廃プラスチックや混合廃棄物のリサイクル率が低い傾向^[94]。自然災害によって発生する「災害ゴミ」は一度に多量に発生し、分別が一層困難。レジリエンス低下の要因になる。
- 建築材料にもリサイクルを容易にするといった方向性で材料開発の余地がある。

● 平常時の建設廃棄物の量とリサイクル状況



出所：平成30年度 建設副産物実態調査（国交省）^[95]をもとに
NEDO技術戦略研究センター作成（2020）

● 災害時の廃棄物処理量は増加傾向



出所：多島ら^[96]をもとにNEDO技術戦略研究センター作成（2020）

● 災害廃棄物の例

大量かつ選別困難な混合状態で排出される傾向。



出所：国立環境研究所ウェブページ^[97]

- レジリエンス向上への材料面からの寄与は、①居住性の改善、②災害被害の軽減、③災害からの早期復元、④廃材の削減、の4点。従来は①～④の性能がそれぞれ独立に検討されてきたが、今後は①～④をトータルで満たす材料が必要とされ、ライフサイクル全体で見たコストとの見合いで導入の是非を判断されると推測。
- 単一の材料では多様な特性を満足できないことから、複合素材あるいはマルチマテリアル技術が必然的に活躍の場となると推測。
- 新規材料でも、JIS規格を取得し、建材として認定されれば社会実装の可能性が見えてくる。

● 災害に直面した際に顕在化する課題例

- 建材合板（木材）は、水にぬれるとソリなどの変形を生じ、廃棄せざるを得なくなる。
- 断熱材として用いられる樹脂系ボードも、いったん浸水すると廃棄せざるを得ないのが現状。
- 内装材の「石膏ボード」も災害で破損したり浸水したりすると廃棄せざるを得なくなる。

● レジリエンスを強化する建材開発の方向性（例）

- ①優れた耐浸水性あるいは乾燥時の変形がない
- ②解体・リサイクルが容易
- ③高強度・軽量で意匠性もある天然・人工複合素材

● 新規素材の建材への実装の方向性

《CFRPの例（金沢工業大学COI）》

金沢工業大学革新複合研究開発センター（ICC）と民間企業が共同開発した材料が耐震補強材（ロッド）としてJIS規格を取得し、建材として認定され社会実装を実現。

また、NEDOプロジェクト「革新的構造材料等研究開発」では、物性低下を最小限にするCFRPリサイクル技術を開発^[98]。



JIS認定を受けたCFRP
複合素材例



（施工例）外装補強材への適用

4. まとめ

- ウェルビーイングへ人々の関心が集まっており、ウェルビーイングの促進に貢献するマテリアル技術への期待が高まっている。
 - 人体・感覚情報を活用したウェルビーイング・マテリアル技術の開発を、様々な周辺インフラ環境の整備と合わせて進めることにより、マテリアル産業を含めて広く社会全体のウェルビーイング促進につながることを期待される。

- 自然災害の激甚化に対応するレジリエンス強化がウェルビーイングを支える安全・安心なインフラの構築に寄与する。
 - インフラ用途の構造材料等において、複合化やリサイクル性などの新たなレジリエンス価値を有する材料の開発が求められる。

- ウェルビーイング促進とレジリエンス強化につながるマテリアル技術の開発を進めることによって、個人やコミュニティとマテリアル製造業が様々な社会課題の共創的解決へ向かうインセンティブとなり、結果としてSDGsやSociety5.0の目標課題達成につながっていく。

参考文献・引用情報

- [1] "令和元年度国民生活に関する世論調査", 内閣府、2019: <https://survey.gov-online.go.jp/r01/r01-life/zh/z22-2.html>
- [2] ラファエル・A・カルヴォ、ドリアン・ピーターズ、渡邊淳司/ドミニク・チェン監訳、"ウェルビーイングの設計論 人がよりよく生きるための情報技術", ビー・エヌ・エヌ新社、2017.
- [3] "科学技術・イノベーション基本計画の検討の方向性 (案)", 内閣府、総合科学技術・イノベーション会議基本計画専門調査委員会 (第7回) 資料 1: <https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/kihon6/7kai/7kai.html>
- [4] "統合イノベーション戦略2020 (素案)", 内閣府、総合科学技術・イノベーション会議基本計画専門調査委員会 (第6回) 参考資料 2: <https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/kihon6/6kai/6kai.html>
- [5] 渡邊淳司、ドミニク・チェンら、"わたしたちのウェルビーイングをつくりあうために - その思想、実践、技術", ビー・エヌ・エヌ新社、2020.
- [6] F.ドゥ・ヴァール、柴田裕之訳、"共感の時代へ", 紀伊国屋書店、2010.
- [7] 内閣府ウェブページ"Society 5.0とは": https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/
- [8] 多島良、平山修久、高田光康、宗清生、大迫政浩、"災害対応マネジメントの観点からみた災害廃棄物発生量推計方法の現状と展望", 廃棄物資源循環学会論文誌, Vol.29 (2018) pp.104-108.
- [9] 前野隆司、"実践ポジティブ心理学", PHP新書、2017.
- [10] 圓岡偉男、"コミュニケーションと他者性", 早稲田大学人間科学研究, Vol.10 (1997) pp.105-114.
- [11] 鈴木はる江、"感覚と情動から心身相関を視る", 心身健康科学, Vol.5 (2009) pp.8-14.
- [12] L.F.バレット、高橋洋訳、"情動はこうしてつくられる - 脳の隠れた働きと構成主義的情動理論", 紀伊国屋書店、2019.
- [13] アントニオ・A.ダマシオ、田中三彦訳、"デカルトの誤り", ちくま学芸文庫、2010.
- [14] 露木恵美子、山口一郎、"職場の現象学", 白桃書房、2020.
- [15] 中野はるみ、"非言語コミュニケーションと周辺言語", 長崎国際大学論叢, Vol.8 (2008) pp.45-57.
- [16] 矢野和夫、"データの見えざる手 - ウェアラブルセンサが明かす人間・組織・社会の法則", 草思社文庫、2018.
- [17] "ワークショップ "心臓ピクニック" ": <http://www.junji.org/heartbeatpicnic/indexj.htm>
- [18] "日立、幸せを「見える化」する新会社設立 さまざまな業界での活用に期待", 日立製作所「社会イノベーションサイト」: https://social-innovation.hitachi/ja-jp/topics/news-happiness-planet/?WT.ac=hiweb_happiness-planet
- [19] "加速度を超広域・高分解能で検知可能なMEMSセンサを開発", 東京工業大学ウェブページ: <https://www.titech.ac.jp/news/2014/029271.html>
- [20] "CNTで指の動きを検知する", 静岡大学井上研究室ウェブページ: https://cnt.eng.shizuoka.ac.jp/research/strain_sensor/
- [21] K.Sim et al., "Metal oxide semiconductor nanomembrane-based soft unnoticeable multifunctional electronics for wearable human-machine interfaces", Science Advances 2019;5: eaav9653 (2019)
- [22] "世界最軽量、世界最薄の柔らかい電子回路の開発に成功～羽毛よりも軽く、装着感のないヘルスケアセンサーへの応用が期待～", JSTプレスリリース: <https://www.jst.go.jp/pr/announce/20130725/>
- [23] "布地にプリントできる世界最高導電率の伸縮性導体を開発～プリントするだけで、スポーツウェアが筋電センサーに早変わり～", JSTプレスリリース: <https://www.jst.go.jp/pr/announce/20150625/>
- [24] "LOVOT", GROOVEウェブサイト: <https://groove-x.com/>
- [25] "AIBO", ソニーウェブサイト: <https://aibo.sony.jp/>

- [26] “CHEERPHONE”、パナソニックウェブページ：<https://tech.panasonic.com/jp/auglab/ideas/cheerphone.html>
- [27] “リモートチアラー パワードバイ サウンドユースター”、ヤマハニュースリリース、2020：
https://www.yamaha.com/ja/news_release/2020/20051801/
- [28] “超高臨場感通信技術Kirari! Beyond 2020”、NTT技術ジャーナル、2018：<https://journal.ntt.co.jp/article/3647>
- [29] “触覚研究により、人々の幸福度の向上をめざす”、HAPTIC DESIGNウェブページ：
http://hapticdesign.org/designer/file015_Yoshihiro_Tanaka
- [30] “コロナ時代に人と人をつなげるテクノロジー！ 東大稲見教授の自在化身体プロジェクト”、リケラボウェブページ：
<https://www.rikelab.jp/study/6880>
- [31] “東京大学による「認知脳科学に基づくEdTechの実証実験」に協力いたします”、NeUプレスリリース、2019：
<https://neu-brains.co.jp/information/press/2019/05/28/854.html>
- [32] “ドライバーステータスマニター”、デンソーウェブサイト：<https://www.denso.com/jp/ja/products-and-services/automotive-service-parts-and-accessories/dn-dsm/>
- [33] “人の感情理解を助けるテクノロジーが、一人ひとりのウェルビーイングにつながる”、NTTデータウェブページ：
<https://www.nttdata.com/jp/ja/data-insight/2019/080701/>
- [34] “ウェアラブルで暑熱環境のリスクを可視化する新技術を開発～心拍情報で深部体温上昇変化を捉える～”、前田建設工業ウェブページ：
<http://www.maeda.co.jp/select/2020/03/06/2116.html>
- [35] “日立、幸せを「見える化」する新会社設立さまざまな業界での活用に期待”、日立製作所ウェブページ：https://social-innovation.hitachi/ja-jp/topics/news-happiness-planet/?WT.ac=hiweb_happiness-planet
- [36] “感情分析ソリューション”、NECウェブページ：<https://jpn.nec.com/embedded/products/emotion/index.html>
- [37] “自動車業界が本格的に参入を開始。日産、試作車の設計にVR技術を採用。”、MOVIE POST、2018：
https://monocyte.co.jp/vr/ar_nissan.html
- [38] “VR・ARソリューション”、NECウェブサイト：<https://www.nec-solutioninnovators.co.jp/ss/arvr/>
- [39] “VRやMIで開発スピード加速、全社体制でDXに挑むAGC”、日経XTECH、2020：
<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/01437/101700017/>
- [40] “AR/VR世界市場は年率78%で急成長し2023年に17兆円規模に、IDC Japan予測”、日経XTECH：
<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/news/18/05372/>
- [41] 藤本隆宏、“現場から見上げる企業戦略論 - デジタル時代にも日本に勝機はある”、角川新書、2017。
- [42] “離れていても工場は動く AGCが進めるデジタル化の未来”、NHKウェブページ：
<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20200828/k10012587621000.html>
- [43] NEC Value Chain Innovation特集 “ローカル5Gで実現するスマートファクトリー”、NEC技報、Vol.73 (2020) pp.36-40：
<https://jpn.nec.com/techrep/journal/g20/n01/pdf/200107.pdf>
- [44] “遠隔操作ロボで観光体験 ANAグループ、羽田近隣で実証実験”、TRAICY Japanウェブページ：
<https://www.traicy.com/posts/20200922182317/>

- [45] “大成建設の新たな挑戦 新しい「働き方」を「実現する」力触覚伝送型遠隔操作システム”、WEB.LIBRARY.TAISEIウェブページ：
<https://librarytaisei.jp/slibrary/mono/food/rikisyokkaku/>
- [46] “環境の保全・保護に関する取り組み”、デンカレポート2019、pp51-54：
https://www.denka.co.jp/pdf/sustainability/report/denka_2019_013.pdf
- [47] “水素を使った革新的技術で鉄鋼業の低炭素化に挑戦”、経済産業省 資源エネルギー庁ウェブページ：
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/course50.html>
- [48] “日本製鉄など3社、不純物多い鉄鉱石からも鉄生産”、日本経済新聞、2020：
<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO64502730R01C20A0MM8000>
- [49] “製造業にも押し寄せるシェアリングエコノミーの波”、Extelligence、2018：
<https://xeex-products.jp/extelligence/sharingeconomy-of-manufacturing/>
- [50] “WELL とは”、グリーンビルディングジャパンウェブページ：https://www.gbj.or.jp/well/about_well/
- [51] 高山茂樹、“デジタルトランスフォーメーション（DX）による製造業における価値提供”、ソフトウェア品質シンポジウム2020：
https://www.juse.jp/sqip/symposium/timetable/files/tokubetsu-kouen_happyou.pdf
- [52] 住友理工ウェブページ：<https://www.sumitomoriko.co.jp/ir/business.html>
- [53] 田村誠一、“もうひとつのMaaSがもたらす製造業の構造変化～データ駆動型B2Bシェアリング経済の台頭”、ITmedia エグゼクティブ、2019年12月25日：
<https://mag.executive.itmedia.co.jp/executive/articles/1912/25/news004.html>
- [54] “機械産業等主要産業の課題に関する調査研究”、(財)企業活力研究所、平成21年。
- [55] 芝浦工業大学デザイン工学部橋田教授ウェブサイト：<https://hashidalab.com/>
- [56] 川口伸明、“2060未来創造の白地図”、技術評論社、2020。
- [57] ダニエル・ネトル、“幸福の意外な正体 - なぜ私たちは「幸せ」を求めるのか”、金森重樹訳、きずな出版、2020。
- [58] デレック・ボック、土屋直樹/茶谷努/宮川修子訳、“幸福の経済学”、東洋経済新聞社、2011。
- [59] 内田由紀子、“これからの幸福について”、新曜社、2020。
- [60] 大石繁宏、“幸せを科学する”、新曜社、2009。
- [61] 原丈人、“「公益」資本主義 英米型資本主義の終焉”、文春文庫、2017。
- [62] 広井良典、“ポスト資本主義 科学・人間・社会の未来”、岩波新書、2015。
- [63] A.V.バナジー、E.デュフロ、村井章子訳、“絶望を希望に変える経済学”、日本経済新聞社、2020。
- [64] ロナルド・イングルハート、山崎聖子訳、“文化的進化論 - 人びとの価値観と行動が世界をつくりかえる”、勁草書房、2019。
- [65] J.E.スティグリッツ、A.セン、他、福島清彦訳、“暮らしの質を測る - 経済成長率を超える幸福度指標の提案”、金融財政事情研究会、2012。
- [66] 野中郁次郎、勝見明、“共感経営”、日本経済新聞社、2020。
- [67] 青山学院大学Well-beingプロジェクトウェブサイト：<http://well-being.agnes.aoyama.ac.jp>
- [68] ニコラス・G・カー、篠儀直子訳、“ネット・バカ - インターネットがわたしたちの脳にしていること”、青土社、2010。
- [69] シェリー・タークル、渡会圭子訳、“つながっているのに孤独 - 人生を豊かにするはずのインターネットの正体”、ダイヤモンド社、2018。
- [70] 功刀浩、“精神疾患の脳科学講義”、金剛出版、2012。
- [71] “新型コロナウイルス感染症の影響下における生活意識・行動の変化に関する調査”、内閣府、2020：
<https://www5.cao.go.jp/keizai2/manzoku/pdf/shiryo2.pdf>

- [72] "2019年版「中小企業白書」"、中小企業庁、2019:
https://www.chusho.meti.go.jp/pamflet/hakusyo/2019/PDF/chusho/00Hakusyo_zentai.pdf
- [73] 高木功、"「人間のよき生」(Human Well-being) アプローチとSDGs17目標の組成"、季刊創価経済論集、Vol.XLVIII (2019) pp.65-83.
- [74] 中村一樹、紀伊雅敦、"都市化と気候変動の影響評価における幸福度指標の適用性：現状と課題"、土木学会論文集D3 (土木計画学)、Vol.73 (2017) pp.I_35-I_44.
- [75] "新たなステージに対応した防災・減災対策"、国土交通省関東地方整備局ウェブページ：
<https://www.ktr.mlit.go.jp/bousai/index00000028.html>
- [76] "提言 激甚化する水害への建築分野の取組むべき課題 ～戸建て住宅を中心として～"、(一社) 日本建築学会、2020:
<https://www.aij.or.jp/jpn/databox/2020/20200629.pdf>
- [77] "「国難」をもたらす巨大災害対策についての技術検討報告書"、(公社) 日本土木学会 レジリエンス確保に関する技術検討委員会、2018:
<https://committees.jsce.or.jp/chair/node/21>
- [78] "台風第19号災害を踏まえた今後の防災・減災に関する提言 ～河川、水防、地域・都市が一体となった流域治水への転換～"、土木学会台風第19号災害総合調査団、2020: http://www.jsce.or.jp/strategy/hagibis_20200123.html
- [79] "平成27年9月関東・東北豪雨における洪水及び被害等の概要 (第1回 大規模氾濫に対する減災のための治水対策検討小委員会資料)"、国土交通省 社会資本整備審議会 河川分科会、2015:
https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouiiinkai/daikibohanran/1/pdf/daikibo1_04_s2.pdf
- [80] ジータ・セバスバリ、"新型コロナウィルス後、自然との関係をどう改善していくか"、国連大学ウェブページ: <https://ourworld.unu.edu/jp/how-to-improve-our-relationship-with-nature-after-coronavirus>
- [81] "Scotland's Wellbeing – Delivering the National Outcomes Scottish Government", Scottish Government, 2019:
https://nationalperformance.gov.scot/sites/default/files/documents/NPF_Scotland%27s_Wellbeing_May2019.pdf
- [82] "WELLBEING BUDGET 2020 REBUILDING TOGETHER", New Zealand Government, 2020:
<https://budget.govt.nz/budget/pdfs/wellbeing-budget/b20-wellbeing-budget.pdf>
- [83] "Indicators for Measuring Well-being", Government of Iceland Prime Minister's Office, 2019:
<https://www.government.is/lisalib/getfile.aspx?itemid=fc981010-da09-11e9-944d-005056bc4d74>
- [84] "Building back better: A Sustainable, Resilient Recovery after COVID-19"、OECDレポート、5/June/2020.
- [85] インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 | 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) ウェブサイト: <https://www.jst.go.jp/sip/k07.html>
- [86] インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト | NEDOウェブサイト:
https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100081.html
- [87] レジリエントな防災・減災機能の強化 | 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) ウェブサイト: <https://www.jst.go.jp/sip/k08.html>
- [88] SIP第2期 | 国家レジリエンス研究推進センターウェブサイト: <https://www.bosai.go.jp/nr/sip.html>
- [89] "インフラ技術総覧"、SIPインフラ維持管理・更新・マネジメント技術、2019:https://www.jst.go.jp/sip/dl/k07/sip_k07_souran.pdf
- [90] "作業時間を10分の1に短縮へ コンクリートひび割れ検出AIを開発"、NEDOウェブページ:
<https://www.nedo.go.jp/hyoukabu/articles/202006sg/index.html>
- [91] 平成26年度特許出願技術動向調査報告書 (概要) 防災・減災関連技術、特許庁、2015:
https://www.jpo.go.jp/resources/report/gidou-houkoku/tokkyo/document/index/26_5.pdf

- [92] "CASBEE-レジリエンス住宅チェックリスト"、(一社) 建築構環・省エネルギー機構、2016:
http://www.ibec.or.jp/CASBEE/cas_home/resilience_checklist/index.htm
- [93] 平成23年度建築工事費投入調査及び平成23年度公共事業・土木工事に関する投入調査、国交省、2014
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/jouhouka/sosei_jouhouka_tk4_000017.html
- [94] "建設リサイクル推進計画2020 ～「質」を重視するリサイクルへ～"、国土交通省、2020:
https://www.mlit.go.jp/report/press/sogo03_hh_000247.html
- [95] "平成30年度建設副産物実態調査結果"、国土交通省、2020 :
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/d11pdf/fukusanbutsu/jittaichousa/H30sensuskekka_sankou2.pdf
- [96] 多島 良, 平山 修久, 高田 光康, 宗 清生, 大迫 政浩、廃棄物資源循環学会論文誌29(2018) p.104-118
- [97] 国立環境研究所ウェブページ : <https://www.nies.go.jp/kanko/news/37/37-2/37-2-04.html>
- [98] 革新的新構造材料等研究開発 | NEDOウェブサイト : https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100077.html
- [99] 金沢工業大学プレスリリース(2019) : https://www.kanazawa-it.ac.jp/kitnews/2019/1120_icc.html

參考資料

- 2019年度にNEDOが実施した材料技術分野における俯瞰調査※において、「ウェルビーイング」および「インフラのレジリエンス」に関わる技術課題が重要であることが判明している。

NEDO 2019年度材料技術分野における俯瞰調査

- ・文献調査、ヒアリングにより、社会潮流-社会課題-技術課題-技術シーズを俯瞰的に整理。言及する有識者、文献の多さにより、社会/技術スコアを算出。
- ・スコアの高さ、技術の将来性、日本のポジション等を考慮し、**4つの社会潮流**に対して材料分野の観点から重要と考えられる課題を選定。**18項目に整理**。

(1) 持続可能な社会、地球環境

- ・交通・輸送部門の環境負荷低減
- ・住宅・建築部門の省エネルギー
- ・再利用しやすい循環型住宅
- ・再生可能エネルギー効率化・低コスト化
- ・CO₂の回収貯留利用
- ・蓄エネルギー（蓄電池）
- ・水素エネルギー利用（製造・貯蔵含む）
- ・CO₂の再資源化、人工光合成
- ・資源の回収・分離・再生・有効利用
- ・サステナブル元素戦略
- ・水資源の安定確保（雨水、排水の再利用）

統合
「資源の回収・分離・再生・有効利用：サーキュラーエコノミー」

(3) 平和で安全・安心な社会

- ・住宅・建築部門の省エネルギー
- ・再利用しやすい循環型住宅
- ・災害に負けないインフラ構築（送配電、給水）
- ・地震・豪雨などの自然災害の観測・予測
- ・社会インフラの長寿命化、維持管理

統合

「レジリエントな社会実現のためのインフラ」

- ・海洋資源の活用
- ・宇宙空間の利用

統合

「海洋・地球外の活用」

(2) 快適で豊かな人間性尊重社会

- ・超低消費電力エレクトロニクス
- ・IoT/AIチップ・量子デバイス
- ・3Dプリンティング等の生産技術
- ・材料・プロセスの自動設計

共通基盤領域

「高度情報化社会を支えるデバイス」
3項目

→ 共通基盤領域

→ 共通基盤領域

(4) 健康・長寿のヘルスケア・医療

- ・人と共生するサービスロボット（フレキシブルセンサ、フレキシブル有機半導体）
- ・リハビリ支援ロボット（触覚-触覚BCI、ソフトロボット）
- ・個人向け低侵襲センサ
- ・人の五感の障害回復（嗅覚・味覚のセンシング）

統合

「人にやさしい材料」

共通基盤領域
「各種センサ」

共通基盤

- ・先端計測技術と情報ツールを活用した原子・分子レベルの解析技術

今後の材料開発における18の重点課題・分野

-2019年度「材料技術分野における俯瞰調査」より-

TSC Nanotechnology & Materials Unit

番号	科学技術的課題 (ニーズ)	重要分野(■) 主な技術シーズ(○)
1	交通・輸送部門の環境負荷低減	<ul style="list-style-type: none"> ■ 電動化コンポーネント ■ パワー半導体 (SiC, GaN, Ga₂O₃等) ■ 高強度軽量複合構造材
2	再生可能エネルギー効率化・低コスト化	<ul style="list-style-type: none"> ■ 太陽電池 (Si系、化合物系、有機系、量子ドット系等) ■ 風力発電、熱電変換、水力発電 ■ バイオマス
3	CO ₂ の回収・貯留・利用	<ul style="list-style-type: none"> ○ CO₂吸着剤 ○ CO₂ガス分離 ○ 吸蔵材
4	革新的蓄電池	<ul style="list-style-type: none"> ■ 移動体用蓄電池 ○ 全固体Liイオン電池 ○ 空気電池 ○ 環境適合性電池材料 (土に還る電池) ■ 電力用蓄電池(レドックスフロー電池、NaS電池等)
5	水素エネルギー利用 (製造・貯蔵含む)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 製造 ○ 水分解 ○ 光触媒 ■ 貯蔵 ○ 水素貯蔵材料 ■ 輸送 ■ 利用 (燃焼) ○ 燃料電池

(注) 黄色ハッチ部は、本短信のマテリアル技術に特に密接に関わる課題群。

番号	科学技術的課題 (ニーズ)	重要分野(■) 主な技術シーズ(○)
6	資源の回収・分離・再生・有効利用： サーキュラーエコノミー	<ul style="list-style-type: none"> ■ 資源のリサイクル ○ 資源の回収・再利用 ○ 廃棄物から再生産 (ゴミからエタノール等) ■ 希少資源の有効利用 ○ 都市鉱山 (希少資源の回収・再利用) ○ Liイオン電池からのレアメタル回収 ○ N、Pの資源問題 ■ 環境にやさしい材料：土に還る材料 ○ 環境適合性電池材料 ○ 生分解性プラスチック ■ 宇宙空間利用のモニタリング
7	人工光合成	<ul style="list-style-type: none"> ○ CO₂固定化する生分解性材料 ○ 炭化水素燃料 ○ 人工光合成触媒
8	水資源の安定確保	<ul style="list-style-type: none"> ○ 排水リサイクルシステム (排水再利用、雨水利用) ○ 海水淡水化システム ○ ゼオライト分離膜 ○ 超節水排水処理
9	レジリエントな社会実現のためのインフラ	<ul style="list-style-type: none"> ■ 自然災害に耐えられる住宅 ○ 長寿命住宅：自己修復材料、 ○ 省エネ型住宅：高断熱材料 ○ 廃棄可能な住宅：生分解可能な構造材 (木材の利用、木材以外の生分解性材料) ○ 社会インフラのリアルタイムモニタリングと予測 ■ 安心安全な社会インフラ ○ 高強度・軽量の構造材、自己修復可能な構造材 ○ 老朽インフラの補修技術・材料 ○ インフラの劣化状況を計測するセンサと計測方法、劣化・寿命予測 ○ 宇宙空間からのモニタリング

今後の材料開発における18の重点課題・分野

-2019年度「材料技術分野における俯瞰調査」より-

TSC Nanotechnology & Materials Unit

【共通基盤課題】

番号	科学技術的課題 (ニーズ)	重要分野(■) 主な技術シーズ(●)
10	人にやさしい材料	<ul style="list-style-type: none"> ・感性を重視した材料 ・人に安らぎを与える材料 ・ソフトロボット用材料 ・触覚-触覚BCI(Brain-Computer Interface) ・リハビリ支援用
11	海洋・地球外の活用	<ul style="list-style-type: none"> ■ 海洋資源（生物資源を含む）の活用 <ul style="list-style-type: none"> ・貴重資源の探査、採掘 ・深海探査 ・メタルハイドレート ■ 地球外空間の活用 <ul style="list-style-type: none"> ・地球モニタリング ・宇宙線（放射線）に強い材料 ・宇宙発電

番号	科学技術的課題 (ニーズ)	重要分野(■) 主な技術シーズ(●)
12	材料開発を支える高度計測・解析技術	<ul style="list-style-type: none"> ・オペランド計測 ・放射光計測 ・量子計測 ・プロセス統合ものづくり
13	超低消費電力・超大容量不揮発性メモリ（高度情報化社会を支えるデバイス）	<ul style="list-style-type: none"> ・フラッシュメモリ ・スピントロニクス、MRAM ・相変化メモリ等 ・光・電荷・スピン融合チップ
14	超低消費電力高機能/高速デバイス（高度情報化社会を支えるデバイス）	<ul style="list-style-type: none"> ・AIチップ ・エッジ（コンピューティング）デバイス ・量子効果デバイス
15	高密度3次元実装と熱設計（高度情報化社会を支えるデバイス）	<ul style="list-style-type: none"> ・3次元実装プロセス ・異種材料3次元ヘテロ集積 ・IoTデバイス集積 ・フォノンエンジニアリング
16	各種センサ	<ul style="list-style-type: none"> ・冷却不要赤外線センサ ・低侵襲な各種医療センサ ・フレキシブルセンサ ・五感センサ（味覚等）
17	3Dプリンティング、等の生産技術	<ul style="list-style-type: none"> ・3Dプリンタ向け各種材料・プロセス
18	材料・プロセスの自動設計	<ul style="list-style-type: none"> ・Materials Informatics(MI) ・コンビナトリアル手法による材料開発 ・原子レベルからの材料設計 ・プロセスシミュレーション ・ビッグデータを活用した品質向上

(注) 黄色ハッチ部は、本短信のマテリアル技術に特に密接に関わる課題群。

技術戦略研究センターレポート

TSC Foresight 短信

ウェルビーイング社会の実現に貢献するマテリアル技術

2020 年12月 発行

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構
技術戦略研究センター (TSC)

- センター長 岸本 喜久雄
- センター次長 西村 秀隆
- ナノテクノロジー・材料ユニット
- ユニット長 藤本 辰雄
- 研究員 岡田 明彦
- 研究員 小野 雄平
- 研究員 福田 浩章
- 研究員 松下 智子
- 研究員 森 孝博
- フェロー 川合 知二

- 本資料に掲載されている全てのドキュメント、画像等の著作権は、特に記載されているものを除き、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術戦略研究センター（以下、NEDO TSCという。）に帰属します。
- 本資料の内容の全部又は一部について、私的使用又は引用等著作権法上認められた行為として、適宜の方法により出所を明示することにより、引用・転載複製を行うことができます。
ただし、NEDO TSC以外の出典元が明記されている場合は、それぞれの著作権者が定める条件に従ってご利用下さい。
- 本資料に掲載されている著作物を商業目的で複製する場合は、予め下記お問い合わせ宛にご連絡下さい。
商業目的で複製とは、直接収益を得ることを目的に著作物を複製して販売すること等を指します。
- 本資料の全部又は一部について、NEDO TSCに無断で改変を行うことはできません。
- 本資料に関する問い合わせ先：
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
技術戦略研究センター
電話 044-520-5150 E-Mail: tsc-unit@ml.nedo.go.jp