

循環型建築を目指すための論点

「新技術・新材料」「地球環境問題」と関連して

早稲田大学准教授 山田宮土理

山田宮土理（やまだみどり）

早稲田大学理工学術院 准教授、博士（工学）

専門は建築材料、構法。特に自然素材活用や循環型建築に関する研究を行っている。

2008 早稲田大学理工学部建築学科 卒業

2014 早稲田大学創造理工学研究科建築学専攻 博士後期課程修了

2014 早稲田大学創造理工学部建築学科 助手

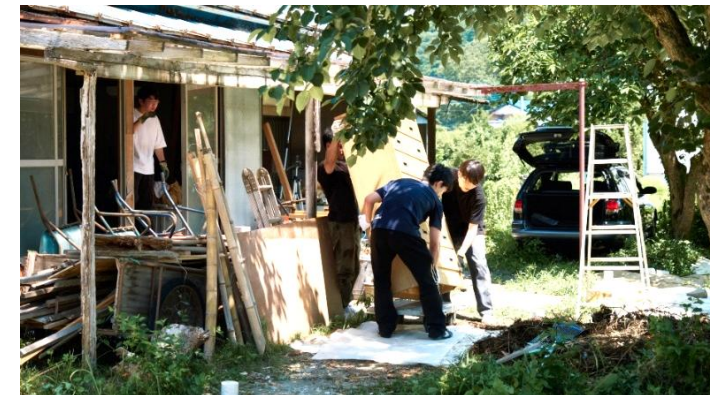
2016 近畿大学建築学部 助教

2019 近畿大学建築学部 講師

2020～ 現職



土を用いた建材開発
「あざみ野の土」2021、建築設計：Eureka



リユース材活用に関する研究 2023～
自然素材を用いた住宅生産に関する研究 2023～



伝統土壁の力学特性に関する研究
（博士学位論文の研究）、2014.2



土建築に関する調査
土を積んだ小屋、2017～



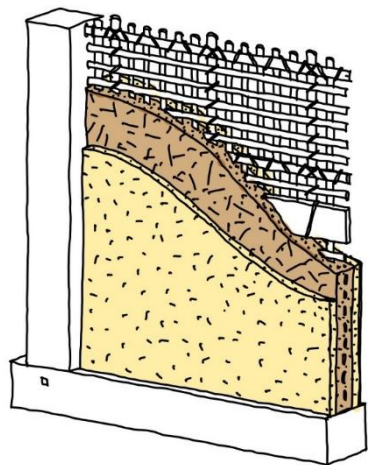
左官材料や技術に関する研究 2019～

地球環境問題に対応するためには脱炭素だけでなく資源循環も重要

- ・ 循環可能とはどういうことか
- ・ 循環させるために必要な考え方
- ・ 地域経済循環とともに考える資源循環

循環可能であるはずの材料ですら循環できない現状 土を使った構法の例

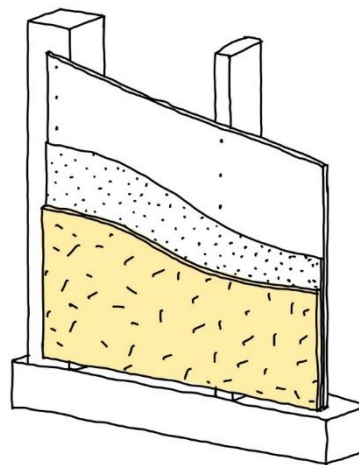
小舞土壁構法



材料：
自然素材だけで構成
乾燥で固まり水に戻せば元の土

構法：
「ほどく」ことができる構法
循環できる構法

他の材料と組み合わせる場合



便利で高性能な材料に溢れる現在、
多様な材料と組み合わせて用いられる。
例えば、**材料：**固化材で土を固める
構法：下地材に強固に接着

「使い終わったとき」にはどうなる？

材料の組み合わせ方を
吟味する必要性



EUにおける循環型建築産業への移行に向けた取り組み例

■政策背景 NCEAP（New Circular Economy Action Plan、新循環型経済行動計画）

- 建築分野の内容
- ・一定割合以上のリサイクル建材使用
 - ・建築設計は循環型経済の原則に従う
 - ・LCAの評価を取り入れて脱炭素や炭素貯蔵を検討
 - ・廃棄物分別回収促進
 - ・建設発生土利用の促進

■BAMB（Building as material banks）；ヨーロッパ7か国、15団体による大型研究プロジェクト（2015～2020）。建築産業を循環型ソリューションに移行することが目的。「**廃棄物を出す建築は設計ミス**」、という考え方を提唱。

マテリアル・パスポート：循環利用のために必要な情報を建築の部材、部品、材料に与えること。

トーマス・ラウ氏らにより創設されたMadaster社などによって実践

多様な関係者が独自のマテリアル・パスポートを開発することによる情報翻訳の課題、文書を最新の状態に保つ必要性、プライバシーとセキュリティの課題についてMetabolic社（オランダ、循環型ソリューションに関するコンサル会社）が指摘

リバーシブル・デザイン：**空間レベル**；建物が将来異なる用途や機能を持つことができるようにする空間計画（コアの配置計画等）

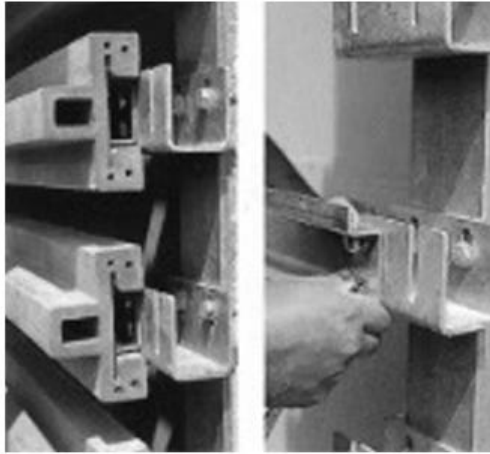
構造レベル、材料レベル；部材、部品、材料に損傷を与えることなく容易に解体できる、または取り外しや追加できるようにする技術的な側面（部材・部品・材料の配置、接合方法など）

Technical Reversibility

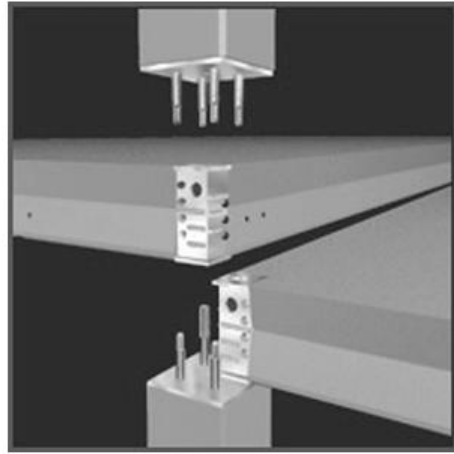
1. **Functional independence:** rating the level of separation of functions that have different changing rates and use expectances
2. **Systematisation:** clustering of elements into an independent module based on functionality, assembly/disassembly, life cycle coordination of elements and their expected use life cycle assembly
3. **Relational dependency and relational pattern:** minimization of the number of relations representing functional and technical dependences between elements within a building
4. **Base element of the configuration:** design of base element that functions as intermediary between the elements within the configuration.
5. **Assembly/disassembly sequences:** allowing for more parallel then sequential assembly within a building
6. **Geometry and morphology:** design the geometry of product edge that will allow for recovery of elements without damaging themselves or elements, and geometry of product edge that is suitable for reuse.
7. **Type of connections:** use type of connection that will allow for separation and easy recovery of elements. Unlike conventional structures in which design deals with functional, technical, and physical composition, the design of reversible structures considers functional, technical, and physical decomposition.
8. **Life Cycle Coordination of elements:** coordination of use and technical life cycle of elements within buildings in relation to their disassembly sequences

Technical Reversibility CONNECTIONS

BAMB Reversible-Building-Design-Strategiesより



Type X



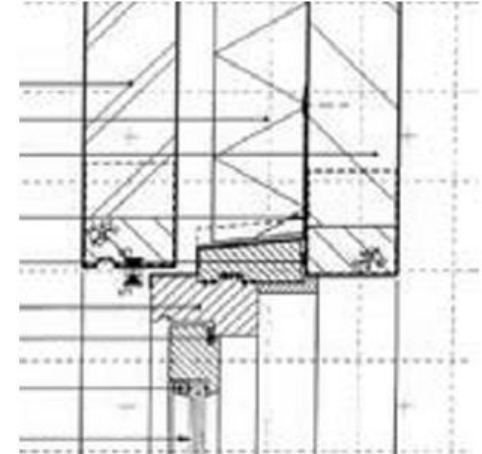
Type IX



Type VIII



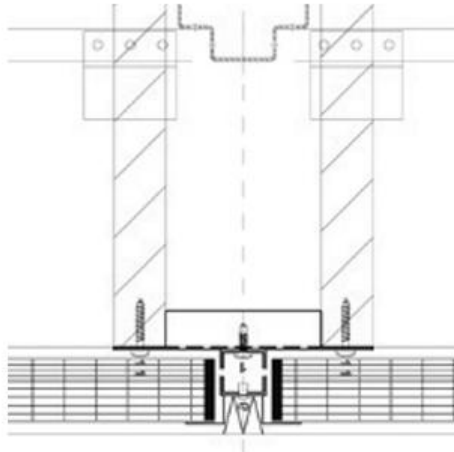
Type VII



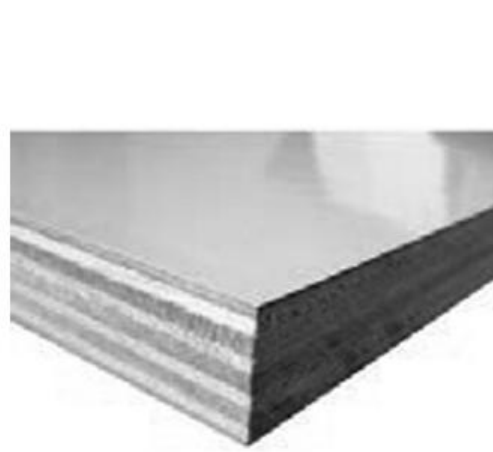
Type VI



Type V



Type IV



Type III



Type II



Type I

Figure 57 Connection types are sorted out into categories covering the range from irreversible connections to reversible connections

海外では土の循環性に対して優先度が高い

オーストリアの版築アーティスト Martin Rauch氏

ベルギーの土建築を手掛ける BC Architects & Studies & Materials

- ・ 焼成・固化材添加を可能な限りしない、循環性のある土の使い方
- ・ そのための構法的工夫：強固で十分な寸法の基礎、軒の出寸法の確保、一定の水平間隔での耐水的な材料の挿入（水切りとして作用する）



Martin Rauch: Refined Earth Construction & Design with Rammed Earth

循環可能な土を循環可能な方法で



"Azamino House" Project

SD Review 2019 Selected Work [Azamino House Project]
(Design: Eureka), practicing the improved construction method.

写真：大倉英揮



Biological Cycleを目指す方向性

■日本の伝統木造構法に学ぶ

- ・木と石と土と植物による、解体後は「ほどく」ことができる
- ・石場建てと土中環境改善がセットで語られる
(地面から建物まで一貫した考え方)
- ・手刻みについて後継者は「いる」という回答も
- ・法改正による影響あり

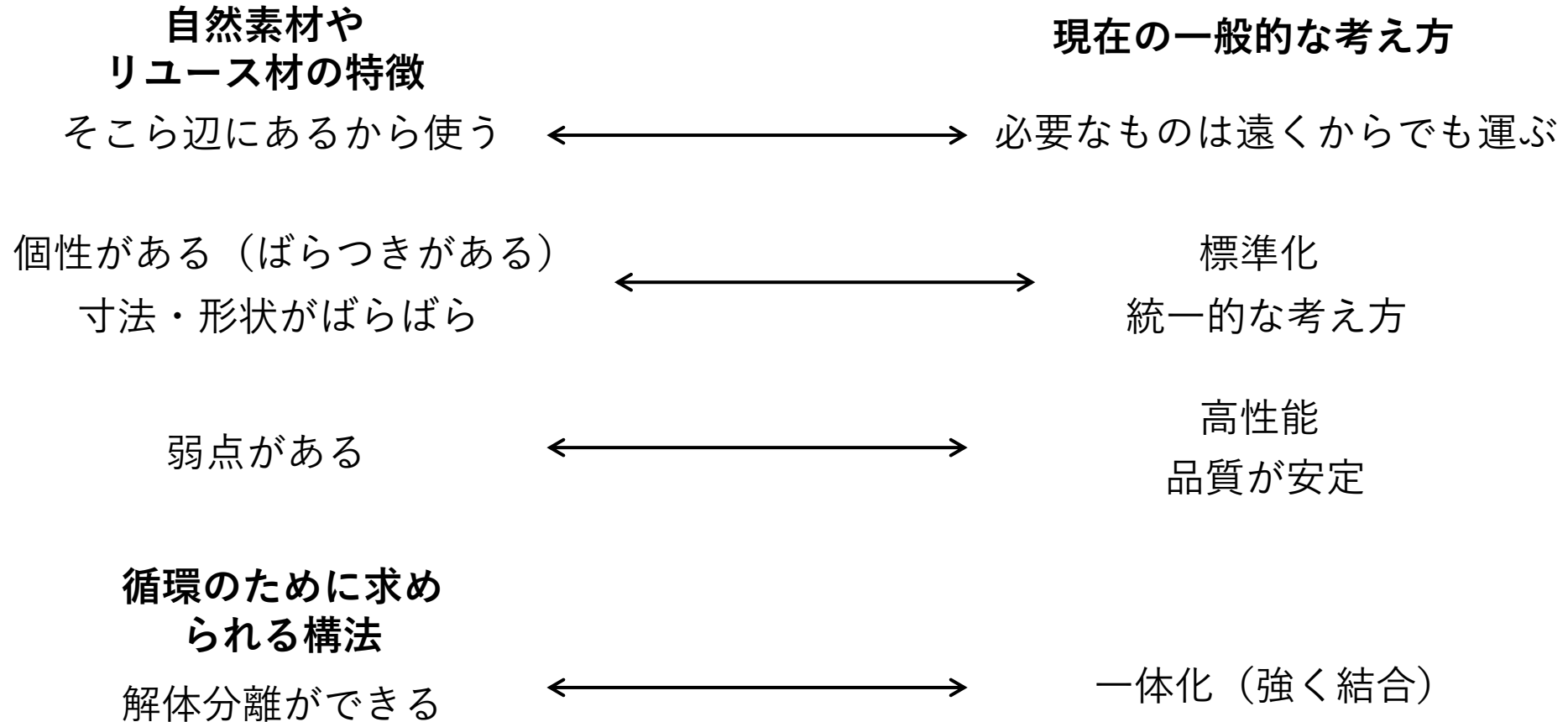
■新たな建材開発

- ・菌糸体（キノコ）を用いた建材や、
食品廃棄物による建材

→これまでと同じ開発の方向性で同じ結末にならないようにする必要あり？

循環させるために必要な考え方

建築材料の抱える矛盾



画一的な標準化ではない、材料の個性に合わせた標準化のあり方？

弱い材料が長持ちする仕組み

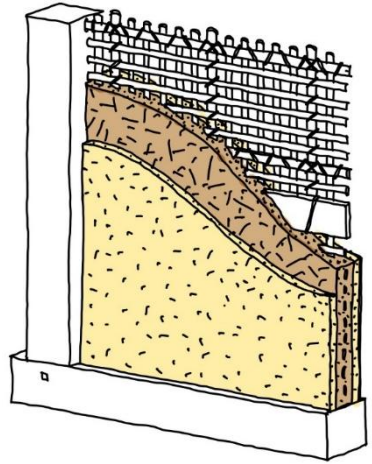
サンフランシスコ・デ・アシス教会



設計・生産プロセスを見直す必要性

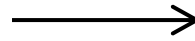
土を使った構法の例

近くで採れた材料を組み合わせ

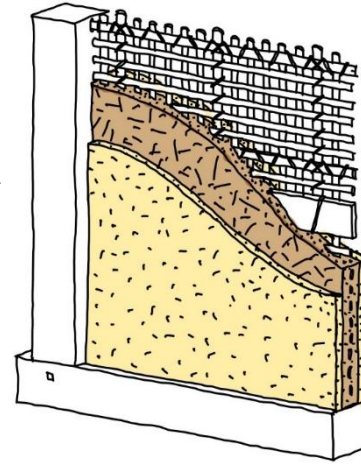


材料 → 建築

藁があるから藁をつかう
(藁が無ければ他の繊維)



つくりたいもののために材料を遠くから持ってくる



建築 → 材料

土壁をつくるために藁を輸入する

近くに引き寄せるために
周辺産業や暮らし方を
観察し見直す

例えば、建設発生土活用



写真：池田太朗

扱いの難しい循環型材料の出口をつくる実践（ベルギー）

BC Architects & Studies & Materials 建設発生土活用

非営利 研究・教育組織

- ・ 循環性のある土の使い方検討
- ・ 土という特殊な材料を扱えるコントラクターを育成する活動の実施

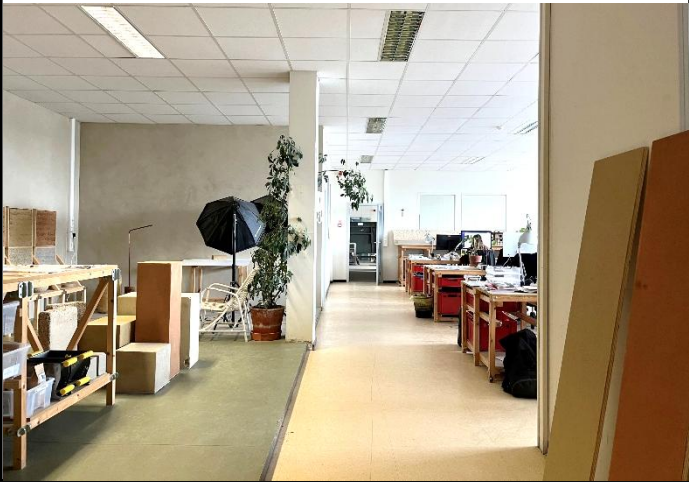
研究成果
を実践で
活用

- ・ 設計→材料 から 材料⇔設計 への転換
- ・ 専門分化したプロセスを再統合
- ・ 研究・教育による駆動力の発揮



実践

建築設計



入手・製造した材の活用
(活用できる方法の提案)

デザイン提案
(活用したい方法の提案)

材料の製造・販売

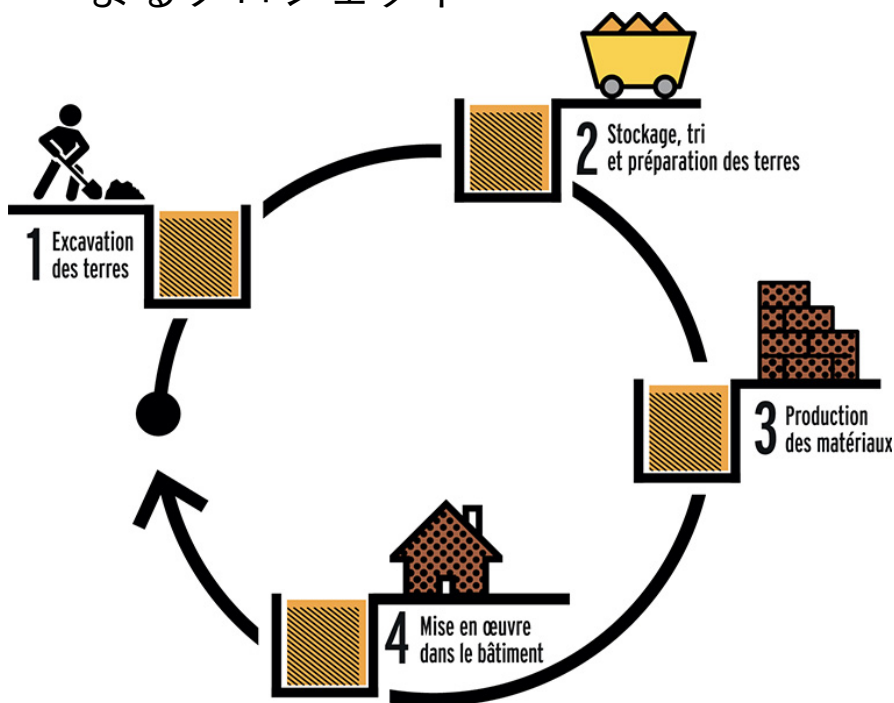


実践での
課題を研
究フィード
バック

扱いの難しい循環型材料の出口をつくる実践（フランス）

CYCLE TERRA 建設発生土活用

- 2018年からスタートした、パリ都市圏において汚染されていない発生土を再利用するプロジェクト
- 建設発生土は都市廃棄物の約 90% を占める。2026年までに2000万～3500万トンの発生土が排出される予想。そのうち年間8000トン
- ブロック状、パネル状、塗り材としての利用
- 行政、大学、土建築の研究所CRAterre、土を扱う建材メーカー、都市計画会社、設計事務所、など13団体によるプロジェクト



- ・まち単位での大型の実験的な実践
- ・材料とその活用が一体的に検討

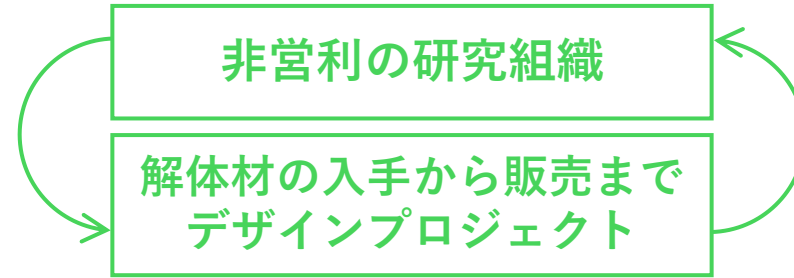
解体材を循環させる実践

ベルギーの解体材取扱い業者
(3件視察)



ROTOR & ROTOR DC

20人程度の組織



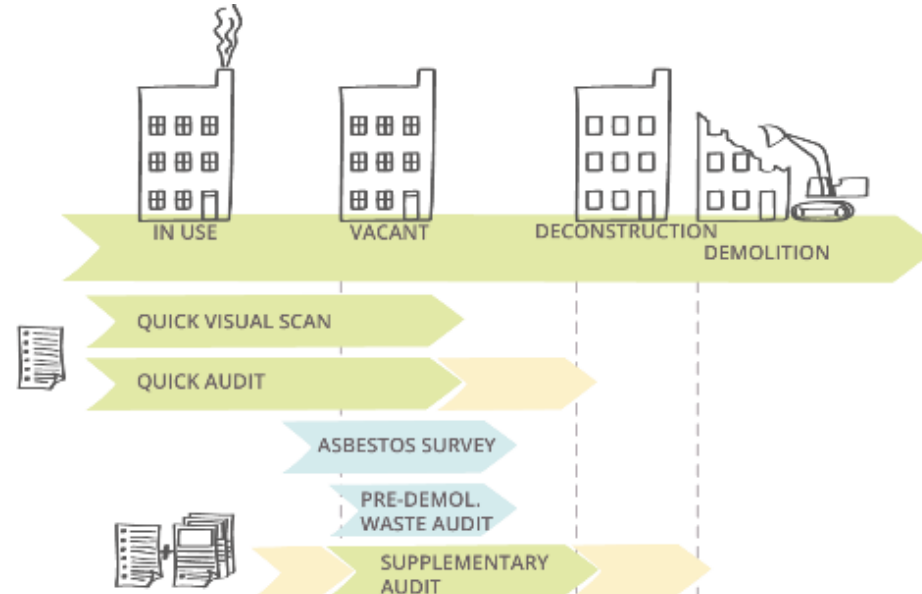
■解体材に関する技術情報

解体材市場で入手可能な約40種の材料についてのテクニカルシートを作成。材料の特性と使用箇所の適否、再生の方法、再生事例などの技術情報が得られる。



■解体材取扱いプロセスの整理

効果的に解体材をリユースするための重要なステップとして、解体前の調査が提案され、その方法についてまとめられている。



■解体材取扱い業者の情報

解体材販売を行っている企業の材情報を集めたWeb上のプラットフォームOPALISを作成（FCRBEの成果物の1つ）



地域経済循環とともに考える資源循環

対症療法的な解決法ではなく、考え方を抜本的に変える必要性

■現状のリサイクルについて批判

素材の価値の一部しか保持されない「ダウンサイクル」がほとんど。既存のシステムに基づく対症療法的な解決法では、直線型経済から注意をそらし、直線型経済を助長することになる。

■税制措置の変更：労働に対する課税から、エネルギーや資源に対する課税への変換

■Turntooモデル

- ・「プロダクト・アズ・ア・サービス」：例えば照明を購入するとき、その製品を購入するのではなく、「光」を購入する。そうすることで、**照明の台数を増やすことが収益につながるモデル**（「仕組まれた問題」照明は短時間しか点灯しないほうが有利）から、**照明の台数が少ないほど収益につながるモデル**（照明を長持ちさせるほうが理有利）へ。
- ・**生産者から「責任」を切り離さない**

地域循環の要としての資源循環

■環境省による「地域循環共生圏」の考え方と、資源循環を切り離さずに、人、モノ、経済が循環する仕組みとして考えられないか

地域循環共生圏のイメージ



各地域が各々の資源や特性を活かした強みを発揮しながら自立・分散型の社会を形成します。更に、自然の恵みや、人材・資金などの社会・経済的なつながりによって、ほかの地域とも広域なネットワークを築き、ともに支えあいながら地域が元気になる。そして、私たちの暮らしは森・里・川・海の連関からもたらされる豊かな自然環境に支えられていることを基本とする。これが地域循環共生圏の描くイメージです。

- ・ 循環可能とはどういうことか

- 循環可能な材料を選び、循環可能な方法で作られるような仕組み

- ・ 循環させるために必要な考え方

- 個性的な/弱い材料を容認できる仕組みや寛容な設計プロセス構築

- ・ 地域経済循環とともに考える資源循環

- 人、モノ、経済とともに循環型建築を考える