

日本における土を建材として用いた住宅プロトタイプの提案

01_背景

世界の住居の1/3は土でできている。日本は木が豊かな国であったため、土が建材としてほとんど重要性を持たなかった世界の中でも珍しい国とされており、日干しレンガや泥状の土を積み重ねるような構造物は世界的にみると一般的であるとされている。世界的にみて、身近な素材で建てるとなれば「土」が浮かぶ。世界だけでなく、日本においても土は地域によって含まれている成分が異なり、それぞれの地域の特徴が滲み出る材料の1つであると考える。



図 土建物の世界的な分布図

02_目的

土の建築に関する調査を続ける土建築研究所「クラテルーエンサグ」(以下クラテル)の活動に参加した遠野未来氏は、土の建築は単なる懐古主義の「リヴァイバル」ではなく、気象危機の現代における「未来の可能性」という意識が共有されていると述べており、気候変動の大きな地球の中で、CO2 排出や環境負荷を削減する暮らしに転換していく必要がある現在、環境負荷が少ない材料や、設備やエネルギーを極力減らす構法として、「土」が建築と社会に果たす役割は大きいと考える。



遠野未来氏

土の建築が歴史的にこれまで使われ、人間の居住環境に良く、造形的にも魅力があるだけでなく、「土」という素材がリサイクルできる地球で唯一の素材であり、製造から廃棄までのライフサイクルアセスメントにおいて環境負荷が小さく、CO2 排出量削減、地球温暖化防止に有効である」という強い信念がある。その上で土の建築は単なる懐古主義の「リヴァイバル」ではなく、気象危機の現代における「未来の可能性」という意識が共有されていると述べる。

引用: <https://www.tamami.co.jp/profile/?lang=ja>

本修士設計では、環境にやさしい「土」を現代にふさわしい建築材料として見つめ直し、穏やかで乾燥したヨーロッパの自然と違い、湿度の高い日本での「土」を用いた建築を模索する。

03_土建築の歴史

日本の土壁の歴史は1400年前からとされている。土壁の発達によって、食文化にも大きな影響を与え、「土蔵」が生まれたことにより醸造の技術が発展し、今日に至る。世界の土の建築技術は9000年以上も前から知られており、ロシアでは、紀元前8000年頃の泥レンガの住まいが、紀元前5000年頃の基礎がアッシリアで発見された。

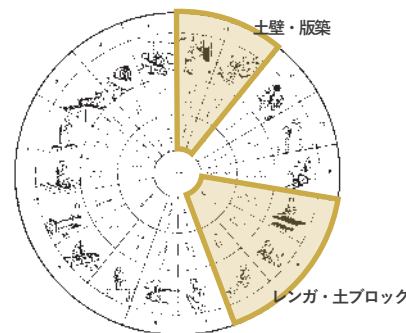


04_指標から見た土を用いた建築デザイン

クラテルは多くの利用法がある土に対して、様々な建設技術を総合的に提示し、12個の使用方法に分類している。1(乾燥土)から12(液体土)の分類は、12個の使用方法による材料の生産に必要な水分量の変化を示す。クラテルによって提示された図とゲルノート・ミンケ氏の著書である「土・建築・環境 - エコ時代の再発見 -」から、日本の伝統建築で土を建築材料や意匠材として用いる場合、大きく分けて ① 土を水や他の材料と練り混ぜて使う左官系のもの ② 土を焼いて成型したもの の2つの方法があることが分かった。

①では版築や土壁が挙げられる。土の調湿作用は、四季のある日本には適した材料とされている。湿気が多い日は土が湿気を吸収してくれ、乾燥している日は土に含まれる水分が放出される。日本の気候に優しい建築材料と言える。

②では瓦が挙げられる。瓦は主に屋根に利用される。土は高温で焼くことで、土に含まれるカルシウムなどの物質が化合し、土粒子の間に溶けて入り込み、冷めると固体化し土粒子同士を結合して成型される。伝統建築に用いられてきた瓦は、その地域で採取される土の成分により色が変わってくると言われており、その地域の特徴がそのまま建築材料として出来上がる。



| 12の指標 | 語 | 分類 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------|--------------------|------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| 1 | terre creusée | 土を空量化する | 一枚岩 | | | | | | | | | | | |
| 2 | terre couvrante | 土で覆う | 横造 | | | | | | | | | | | |
| 3 | terre remplissante | 雑草を敷く | 横造 | | | | | | | | | | | |
| 4-1 | masses de terre | 土の塊 | 縦造 | | | | | | | | | | | |
| 4-2 | blocs découpés | ブロックを切り抜く | 縦造 | | | | | | | | | | | |
| 5-1 | blocs comprimés | ブロックを圧縮する | 一枚岩 | | | | | | | | | | | |
| 5-2 | blocs pionnées | ブロックを押し固める | 縦造 | | | | | | | | | | | |
| 5-3 | terre comprimée | 土を圧縮する | 一枚岩 | | | | | | | | | | | |
| 6 | terre laconnée | 土を突き合う | 一枚岩 | | | | | | | | | | | |
| 7 | terre empliee | 土固まり | 一枚岩 | | | | | | | | | | | |
| 8-1 | adobe formée | 型口瓦の形成 | 縦造 | | | | | | | | | | | |
| 8-2 | adobe manuel | 手動で型口を打つ | 縦造 | | | | | | | | | | | |
| 8-3 | adobe mécanique | 機械で型口を打つ | 縦造 | | | | | | | | | | | |
| 9 | terre extrudée | 土を押し出す | 縦造 | | | | | | | | | | | |
| 10 | terre coulée | 土を流し込む | 一枚岩 | | | | | | | | | | | |
| 11 | terre paille | 藁置き | 横造 | | | | | | | | | | | |
| 12-1 | bauge sur poteaux | 柱に塗る | 横造 | | | | | | | | | | | |
| 12-2 | terre gâchée | 土で埋める | 横造 | | | | | | | | | | | |

表 土利用に関する12の指標

05_日本における土の種類と特徴

2000年以降に建てられた新建築、住宅特集の44事例から、日本の建築に用いられている土の種類は約12種類であった。地域によって土の特徴は異なる。関東の土と関西の土で比べてみる。一般に関東の壁土は「さくい」、関西の壁土は「ねばい」と言われる。土の性質の見分け方として「粒径分布曲線」を用いられ、関東の壁土は微粒分の粘土・シルトの割合が50%~90%に及ぶのに対し、関西で使われている壁土では、この割合が40%前後のものが多。

| 土名 | 特徴 |
|---------|-----------------|
| 1. 北条土 | 自然、砂川、砂山、水、湖、海 |
| 2. 川土 | 川中流、川底、川岸、川口 |
| 3. 川底土 | 川底、川底、川底、川底 |
| 4. 川岸土 | 川岸、川岸、川岸、川岸 |
| 5. 川口土 | 川口、川口、川口、川口 |
| 6. 湖土 | 湖、湖、湖、湖 |
| 7. 海土 | 海、海、海、海 |
| 8. 水 | 水、水、水、水 |
| 9. 砂 | 砂、砂、砂、砂 |
| 10. 粘土 | 粘土、粘土、粘土、粘土 |
| 11. シルト | シルト、シルト、シルト、シルト |
| 12. 泥 | 泥、泥、泥、泥 |

表 土の名前とその特徴

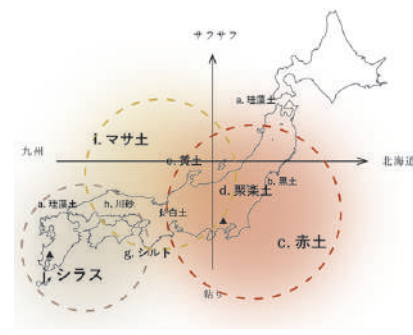


図 日本における土の分布図

06_日本における土の種類と特徴

新建築、住宅特集から収集した44事例と、クラテルによって示された使用方法12種類から6つの施工法を抽出した。クラテルによって示された世界の土建築の構法は、日干しレンガ、版築、練り土積みなど、様々である。一方、日本では版築、三和土、焼成レンガ、土ブロックとして使われる他、土自体を構造とするのではなく、木造建築の柱の間に壁をつくる構法として左官技術が発展してきた。木舞掻き、荒壁から上塗り、装飾に至るまで、高度で繊細な技術として高められたこと、また、古くから土を愛でる文化を持っていたこと、近代化の一方で伝統的な技術が継承されていることが、世界的に見ても特別である。

表 新建築、住宅特集から収集した44事例

抽出した施工法・意匠の利用法

A 版築：土を強く突き固める方法で堅固な土壁や建築の基礎部分を徐々に高く構築する工法。

B-1. 日干しレンガ：粘り気がある土と砂を混ぜ合わせ、水を加えて練り粘土状になった素材を木枠に入れて成形。木枠からはずして2～3日ほど天日で乾燥させた建築材料。

B-2. 土ブロック：土、砂、碎石、硬化剤の酸化マグネシウムと水を練り混ぜ、型枠に詰めて突き固めてブロック状に成形したのち、3週間以上かけて固化させた建築材料。

C. 焼成レンガ：粘土や頁岩、泥を型に入れ、窯で約1日焼き固めて作られる建築材料。

D. 土壁：土に藁や砂を混ぜて水で練ったものを壁に塗る左官と言われる方法。壁としての強度の増加や生産が容易で、下地に竹小舞を用いると壁の動きの自由度も高くなる。

E. 三和土：赤土・砂利などに消石灰とにがり混ぜて練り、塗って敲き固めた素材。叩き漆喰とも呼ばれ、主に土間の床に使われる。

F. 生土：原土を主原料とし、焙煎せずに簡単な加工で使用できる建築材料。土を盛る、掘る、塗る方法で使われる。



土が建材として使われている場所をまとめ、考察をもとに土を用いた設計手法集を作成した

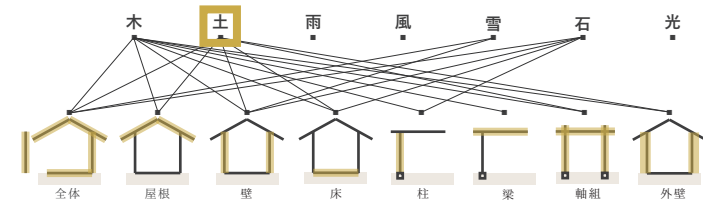
| | A 版築 | B 土ブロック | C 焼成レンガ | D 土壁・左官 | E 三和土・土間 | F 生土 |
|-----|--|---|---|---|---|---|
| 構造 | 目的：変化を及ぼさない 効果：焼熟/凍害/遮音性/保水/耐久性 | 目的：湿かさや腐蝕を及ぼさない 効果：メンテナンスフリー/蓄熱/断熱/防湿性/耐材再利用可能 | 目的：湿かさや腐蝕を及ぼさない 効果：メンテナンスフリー/蓄熱/断熱/防湿性/耐材再利用可能 | 目的：土の柱に囲んで 効果：蓄熱作用/断熱作用/湿度調整/断熱/蓄熱 | 目的：土の柱に囲んで 効果：蓄熱作用/断熱作用/湿度調整/断熱/蓄熱 | 目的：土の柱に囲んで 効果：蓄熱作用/断熱作用/湿度調整/断熱/蓄熱 |
| 非構造 | 目的：一部を構築しない 効果：断熱/断熱/遮音性/保水/耐久性 | 目的：一部を土ブロックにしない 効果：メンテナンスフリー/蓄熱/断熱/防湿性/耐材再利用可能 | 目的：フレームの構築 効果：断熱/断熱/遮音性/保水/耐久性 | 目的：土の柱の柱を構築しない 効果：断熱/断熱/遮音性/保水/耐久性 | 目的：土の柱の柱を構築しない 効果：断熱/断熱/遮音性/保水/耐久性 | 目的：土の柱の柱を構築しない 効果：断熱/断熱/遮音性/保水/耐久性 |
| | 目的：快適な座り心地 効果：断熱/断熱/遮音性/保水/耐久性 | 目的：座の構築をしない 効果：メンテナンスフリー/蓄熱/断熱/防湿性/耐材再利用可能 | 目的：座の構築をしない 効果：メンテナンスフリー/蓄熱/断熱/防湿性/耐材再利用可能 | 目的：土の柱の柱を構築しない 効果：断熱/断熱/遮音性/保水/耐久性 | 目的：土の柱の柱を構築しない 効果：断熱/断熱/遮音性/保水/耐久性 | 目的：土の柱の柱を構築しない 効果：断熱/断熱/遮音性/保水/耐久性 |

表 土利用に関する12の指標

07_土を建材として使うメリット・デメリット

昔と現在での土の使われ方を比べると、版築や土壁、瓦、焼成レンガの他に土を構造として用い、土ブロックの組積造に挑戦している事例も少ないが出てきていることが分かる。土は古くから使われている蔵や貯蔵庫でよく見られる。日本の気候は四季によって気温が大きく変化し、雨が多く多湿という特徴がある。材料調湿や蓄熱、遮音、防火、脱臭の効果があり、どの地域でも手に入りやすく、廃棄時に汚染物質を出さない。また自由な造形を可能とする素材であることが挙げられる。一方、デメリットとしては自然災害の多い日本での耐震性や強度問題がある。雨が降ったら流れてしまう危険がある、カビ、ひび割れ、自然乾燥により施工期間が長期に渡る等があげられる。

■自然と建築建材としての利用分類

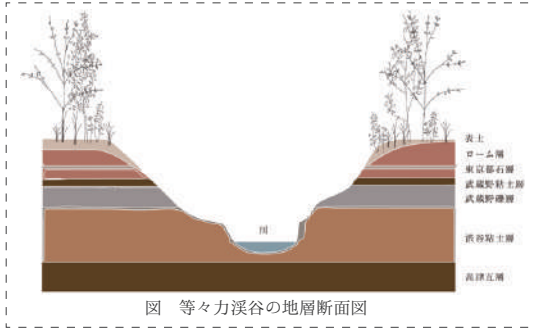


■土の特性

| | | | |
|------|--------------|--------|-----------------|
| 室内環境 | ：調湿、蓄熱効果、他 | 内外連続性 | ：外部環境を室内へ |
| 時間性 | ：経年変化、メンテナンス | 持続可能性 | ：素材の循環 |
| 地域性 | ：地域環境からなる土色 | 質感・居心地 | ：土によって変わる表情・特異性 |

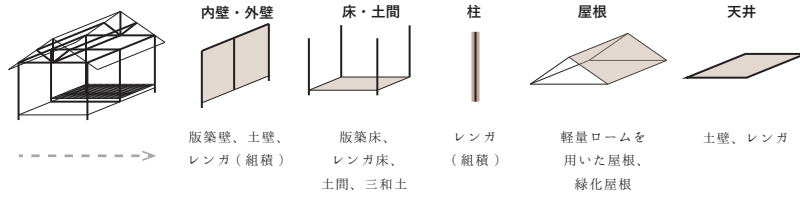
08_敷地

対象敷地は東京都世田谷区等々力1丁目。等々力不動産を中心に3つの敷地を選定した。等々力は緑豊かで地盤の固い武蔵野台地上にあり、緩やかな傾斜地が続く。表面上を粘性度の高い関東ロームや赤土で覆われている。



09_提案する建築に用いる手法の選定

■土を建材として用いた施工場所



| | case1 | case2 | case3 |
|--------|-----------|-------------|--------------|
| 手法 | A(1)+F(1) | A(1)+D(2) | F(1)+木造 |
| ダイアグラム | | | |
| 特徴 | 蓄熱・遮音・調湿 | 再生可能・調湿・耐久性 | 環境汚染削減・調湿・蓄熱 |

図 ダイアグラム

CASE 1 : 土を被った土の中で暮らす形の模索。構造は版築壁とし、蓄熱・遮音・調湿などの作用を持つ。
CASE 2 : 土壁を利用し、何年も再生可能、かつ持続可能な建築を目指す。版築壁は太陽の動きからグリッドを作成し、土壁に挿入していく。室空間に動きや多様な活動、視野を広げる住宅を模索する。
CASE 3 : 環境汚染削減をテーマに敷地で取れる土を壁に塗り、まるで地面からそのまま立ち上がったような壁を持つ。2階部分は1階の土建築と反して従来の木造とのハイブリット建築を模索する。

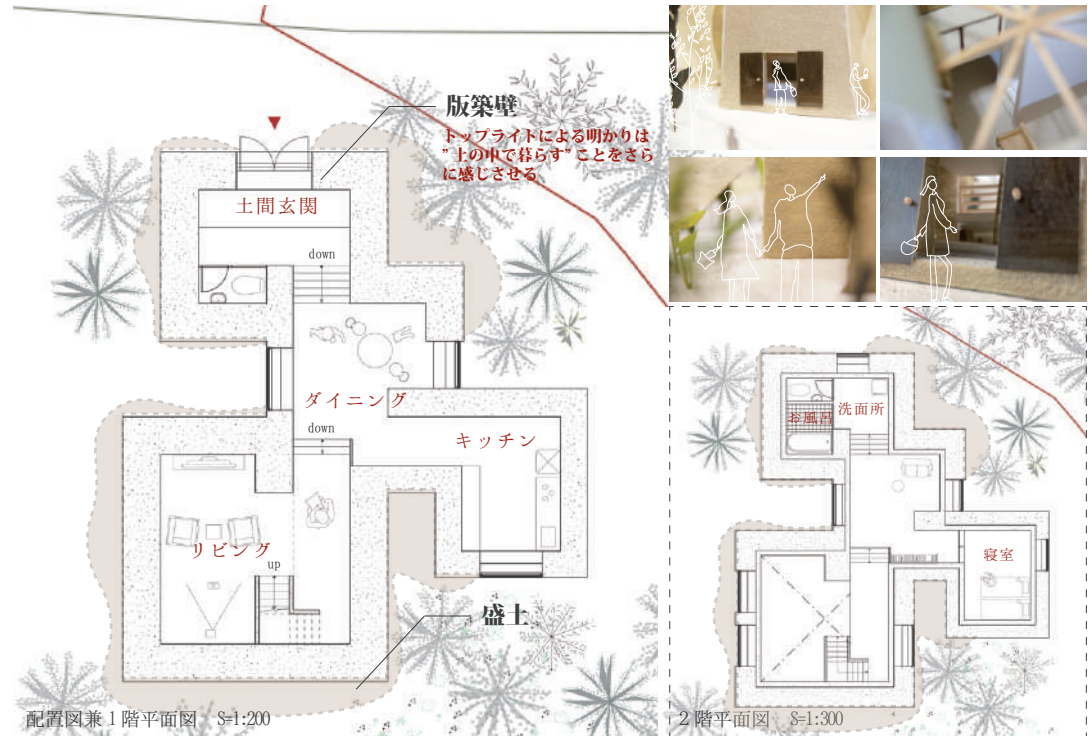
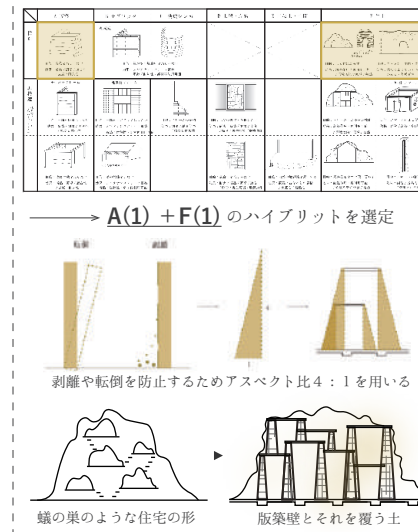
CASE 1

■設計コンセプト

case1 では土を用いた設計手法集より、A(1) + F(1)を使い、ドーム型と土を掘って暮らす住宅の形をテーマに設計を行う。等々力の緩い斜面地に版築壁を構造的に利用した住宅を提案する。アリの巣から連想を経て、土が人々の活動や振る舞いを覆い、版築壁によって守られた空間で暮らす形を模索した。構造体として版築壁を自立させ、剥離や転倒を防止するため、アスペクト比の4:1を基準に片面を傾斜させる。等々力の地層が立ち上がるような強い外観を持つ。土を介した大地との連続が生態系を繋ぎ、いつしか等々力の自然に覆われていく。

■形態ダイアグラム

■断面図 S=1:200



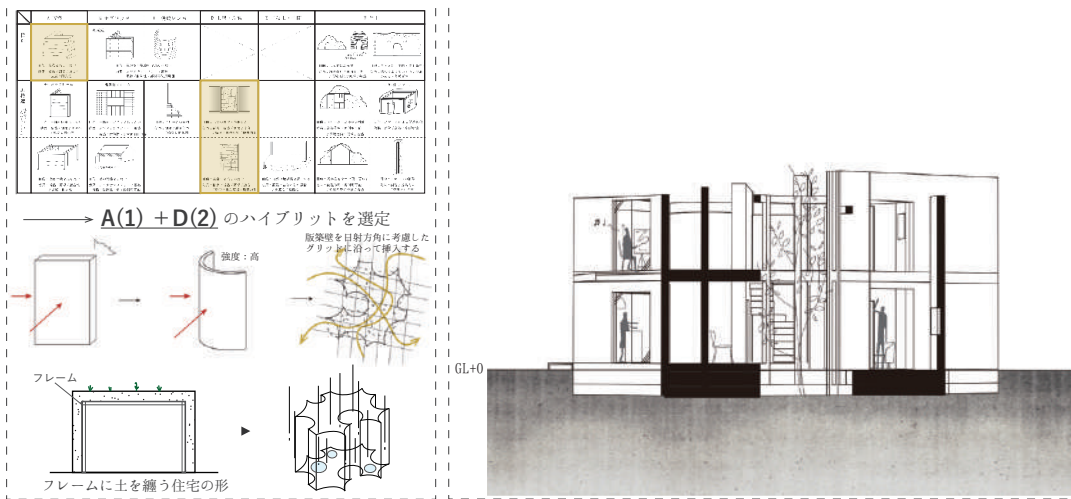
CASE 2

■設計コンセプト

case2ではA(1) + D(2)を使い、フレームに土を纏い、自然と共生しながら生きる住宅の提案を行う。緩やかなカーブを描いた壁は自由度の高い竹小舞で作り、左官仕上げとすることで調湿、蓄熱の機能を持つ。直線的な壁と比べて、カーブを描いている壁の方が耐震性に富む。さらに強度を持たせるために版築壁を日射の方向に考慮したグリッドに沿って挿入する。寒い日も空間に最大限に光や風を取り入れ、土壁で蓄熱する。住宅から飛び出した版築壁は外部と内部の中間領域を緩やかに繋ぎ、洗濯を干したり、テーブルとして使われたり、人々が日頃から実際に土に触れて暮らすことができる。屋根はアールの土壁を際立たせるため、膜屋根とすることで方角によって見え方の異なる住宅となる。

■形態ダイアグラム

■断面図 S=1:200



CASE 3

■設計コンセプト

case3では、F(1) + 木造建築のハイブリットを用いて、1階部分の建築と基礎に土を使うことを試みる。基礎としてよく用いられるコンクリートを作るための材料の割合は砂や砂利が7割を超え、土の仲間と言えるのではないかと考えた。耐震性や強度の問題から土を基礎に用いるために、梁や柱の太さを通常の木造建築で使われるものよりも太くする。土だからこそできる緩やかなカーブを描いた壁の上に立つ木造住宅は、環境汚染負荷の削減に繋がるのではないだろうか。室内に入ると反対側のテラスまで視線が抜け、緑を望むことができる。2階にリビングを設ける。等々力不動尊のある緑豊かな方向に開くことで、この地の風景を室内まで引き込み、風通りの良いリビングルームの設計とした。

■形態ダイアグラム

■断面図 S=1:200

