

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 27 日現在

機関番号：24201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K12567

研究課題名（和文）藁材を用いた建築意匠・構法の応用可能性とその実践的手法に関する研究

研究課題名（英文）Research on the applicability of architectural design and construction methods using straw lumber and its practical methods

研究代表者

芦澤 竜一（Ashizawa, Ryuichi）

滋賀県立大学・環境科学部・教授

研究者番号：90748633

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、年間に一定量を採取することが可能で持続可能な藁材に着目し、国内外の地域特性を体系的に明らかにしながら、さらに、その構法や性能を検証し、インド・ビハール州ブッダガヤ近郊にあるハティアル村における建設行為を通じて、応用可能性を試みることを目的とした。当初のハティアル村を対象としたストローベイル圧縮機の作成、ストローベイルブロックの作成、藁葺き屋根のモックアップ制作、屋根下への茅パネル材のモックアップ制作を行ったことに留まらず、滋賀県のホースセラピー施設、温室施設、休憩所、淡路島の自然循環型コテージなど複数の国内プロジェクトで、藁材を用いた建築の設計と実践的研究を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、現在でも藁材が積極的に使われるハティアル村にて、その藁材の問題点に改良を加えて応用し、モックアップ等の検証を行ったことに学術的価値がある。さらに現地で採取できる藁を生かしたものづくり、職人の育成、就労環境の提供を生み出し、材料・建設構法における循環型エコヴィレッジを提案することに創造性がある。また日本国内では、住宅や仮設建築物以外の用途での、藁材の積極的な使用を複数のPJで実践的に検証し、藁材建築の応用可能性を検証することができたことに社会的意義がある。複数のPJに跨る実践は、地域特性、材料特性、生産方法、流通など様々な観点を比較・検証することができたことに特色がある。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research was to focus on straw woods, which is collected in a certain amount annually and is sustainable; and to systematically clarify regional characteristics in Japan as well as overseas countries; and to verify its construction method along with its performance, and to test its construction applicability through construction activities in Hatial village near Bouddh Gaya, Bihar, India. In Hatial village, we created a straw-bale compressor to make straw bale blocks, created a mock-up of a thatched roof and practiced thatched panel materials under the roof. We designed and conducted practical researches buildings specifically with straw materials in several projects in Japan including a horse therapy facility in Shiga Prefecture; a greenhouse facility, a rest house, a cottage on Awaji Island among several others.

研究分野：建築デザイン

キーワード：ストローベイル 建築意匠 建築構法 自然素材 サステナブルデザイン

1. 研究開始当初の背景

申請者は、これまでにアジア各地の伝統集落・建築を調査する中で、インド・ビハール州ブッダガヤ近郊にあるハティヤール村にて、藁葺き屋根の土造住宅の建物調査をおこなってきた。インドの強い日差しや高温な環境条件にも関わらず、自然素材の厚い藁屋根や壁によって外気を遮断し、快適性の高い屋内環境を生み出していた。一方で、その施工期間が長期に及ぶこと、屋根からの雨による漏水、土壁のひび割れ、経年劣化による腐食といった問題点があり、また建設効率化の影響を受けて、多くの建物はより短期間に建設できるトタン屋根のRC造+レンガ壁へと建て変わっている。そうした近代的な構法で建設された住宅が集落を埋め尽くし、輻射熱や過剰な空調機能によって住環境は悪化し、プリミティブでサスティナブルな構法・生活環境は失われつつある。さらには、建材として用いられる焼成レンガは農地での生産が一般であり、焼成による土壌生態系の破壊や生産過程で発生する大気汚染の排出がインド国内において環境的な問題となっている。

こうした状況は世界共通で見られる近代化のプロセスのなかで失われた景観や住環境といえる。近年では、工業製品や石油化学製品で覆われた住環境が、人体に対してアレルギーや精神疾患を及ぼす事例が顕著になっている。そうした中で近年、世界各地で、エコロジカルでサスティナブルな建材として藁が注目されている。中でも代表的なものとして、ブロック上に圧縮して用いられるストローベイル (straw bale) が挙げられる。19世紀後半に森林の少ない北米の乾燥地帯で、身近にある干し草や藁を利用して壁材として使われたのが始まりとされる。1970年代からその軽量性や加工性、エコロジカルな観点から、一部で再評価の機運が高まり、2000年代以降には建築家の大岩剛一によって日本で持ち込まれて用いられるようになった。しかしながら、自然素材の扱いにくさ、壁厚により一定の土地面積を必要とすること、施工の際に人手を必要とすることから、既存の建設システムから外れ、一般に広く普及するまでには至っていないことが明らかになっている。

本研究では、以上の背景を基にして、次のような問いを掲げた。①藁材料についての壁材としてのストローベイル以外の可能性はあるのか。例えば屋根葺材、断熱材、家具、日用品など。②環境性能として数値的な根拠はどのようなものか、③既存に流通する工業・石油化学建材との比較から検証し、人体や生物への影響、地球環境へのエネルギー負荷軽減は高いのか。④作業性や流通など既存の建設システムにどのように介入できるのか。

2. 研究の目的

本研究は、年間に一定量を採取することが可能でサスティナブルな藁材に着目して、国内外の地域特性を体系的に明らかにしながら、さらに、その構法や性能を検証し、インド・ビハール州ブッダガヤ近郊にあるハティヤール村における建設行為や日本国内の複数のプロジェクトを通じて、その応用可能性を試みることを目的とする。

3. 研究の方法

研究方法としては、①国内外の藁材を用いた建築の事例の調査・視察、②地域特性に関する比較検証、③現地材料・建設技術の改良と実践、④国内外での藁材を用いた建築の設計・施工の4つの段階を踏むことを計画した。

4. 研究成果

4-1. カディプロジェクト

4-1-1. ストローベイル

ストローベイルが一般的に普及していないインドにおいて、機械式のベラーに頼らずに手でベイルを制作する方法を検証した。手動式のベラーとして知られる HAY Baler を参照にベラーの設計を行った (図 1)。制作後の改善点として、圧縮するためのハンドル部分を軽量化と、ベラー自体の重量も大きくなるため、ベラー自体の運搬性も考慮しベラーに運搬用キャスターの装着した方が良い (写真 1)。

ベイルのサイズは文献資料に多く掲載されているサイズの 14" (355mm) × 18" (457mm) × 36" (914mm) とする。稲藁を 22" 程でカットし、押し込む形でボックスにつめ、圧縮を行った。最大圧縮時にロープを固定する必要があるため、今回制作したベースでは、最低 2 人の作業人数が必要となる。ベイルの固定時には、ココナツロープを用いたが摩擦が大きくなり、緊結できなかったため、緊結しやすく強度のあるロープの使用が推奨される。圧縮後のベイルはある程度ブロック状の形状に保つことができたが、角の部分が丸みを帯びた形となった (写真 2)。施工性を考慮すると、角は直角にした方が良いため、稲藁をさらに短くカットし圧縮する方向で検証を行う必要がある。

4-1-2. 茅葺屋根

村周辺で採集可能な藁および茅材を用いて、屋根モックアップ制作を行った (写真 3)。屋根は 4 つのパターンを用いた。(外装仕上げ順、稲藁 t=3" , Silky t=2" 共通)。パターン①：稲藁+GI シート+Silky、パターン②：GI シート、パターン③：稲藁+GI シート、ターン④：GI シート+Silky (写真 4)。計測日時は 2023/04/14 午後 2 時 30 分、外気温は 42°C で計測を行った。パターン② (GI シート) とその他の比較により、茅材 (稲藁を含む。以下同様。) の遮熱効果はあることが確認できる。パターン③ (稲藁+GI シート)、パターン④ (GI シート+Silky) から茅材が GI シートの外側もしくは内側にあっても屋根裏の表面温度に変化はない。パターン① (稲藁+GI シート+Silky) が最も屋根裏の表面温度が低かったが、③、④の結果を考慮すると、茅材の厚みが大きくなったために、屋根裏の表面温度が低いと言える。

さらに以上の結果を踏まえて、遮熱用茅葺パネルのモックアップ製作を行った。高所での施工性を考慮し、割竹を骨組み、その上に束ねた茅を取り付けた茅葺きパネルを制作し、それを屋根に取り付ける構法 (写真 5) を検証した。

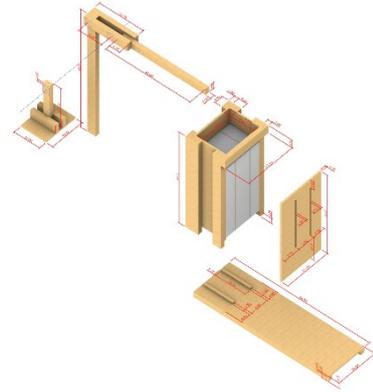


図 1：手動式ベラーの設計



写真 1：制作した手動式ベラー



写真 2：制作したストローベイル



写真 3：試験体作成の様子



写真 4：制作した茅葺屋根の試験体



写真 5：茅葺パネルのモックアップ

4-2. MAKINO プロジェクト

4-2-1. ストローベイル

4-1-1 では、まずこの原理を用いて圧縮する方法でブロックを作成したが、足で踏みつける簡素な方法により、一つのブロックを作る時間とコストを短縮できないか検証した。実験には3つ試験体を用意し、試験体①（購入したベイル）、試験体②（約2時間かけて作成したベイル）試験体③（穂先を切断し、40分間で作成したベイル）のブロックの重量を計測し、表に整理した（写真6）。計測結果から、機械は用いていないが同等の質、若しくはそれ以上の精度で制作できたことが分かった。今後このプロジェクトでは、人力でブロックを制作し、実際にストローベイル壁を施工する予定である（図2）。



写真6：ストローベイル作成の様子

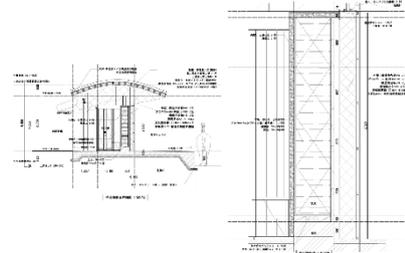


図2：MAKINO PJ 実施施工断面図

4-3. RYUBOKU HUT

4-3-1. ヨシと竹笹による逆葺き

茅葺職人の中野誠による、逆葺き施工ワークショップを実施した。茅葺の下地兼内部化粧材として、一層目はヨシで葺いた。ヨシの束をすだれ状に繋げ、流木で作成したレシプロカル構造のドーム状躯体に、漁業用ロープを用いて箱結びで固定した（写真7）。その固定したヨシの上部に、竹笹を花束状に束ねたものを下から順に逆さになるように刺していき、二層目は竹笹の逆葺き仕上げとした（写真8）。竹笹は時間経過とともに茶色に変色し、流木躯体と同色の落ち着いた色となった。施工後は毎年、流木躯体のメンテナンスと共に、定期的に竹笹を取り換えるなど補修を行っている。



写真7：ヨシを躯体に結び付ける



写真8：RYUBOKU HUT 全景

4-4. シンビオシス

4-4-1. ヨシとクグと稲藁による逆葺き

茅葺職人の中野誠・大下倉優による逆葺きワークショップを実施した。茅葺の下地兼内部化粧材として、一層目をヨシで葺いた。4~5mにもなるヨシを上下2段で葺き、穂先を切り落とすことで継ぎ目をあいまいにした。ヨシは純葺きで取り付けた。茅葺の穂先に厚みを出すため、2層目はクグを葺いた（写真9）。クグは泥の多い場所に生育しているため重みがあり、ヨシや稲より細く厚みを出す目的に適している。厚み出しのための軒先の1層のみに葺き、純葺きでの取り付けを行った。茅葺の外皮となる三層目には稲藁を葺いた（写真10）。稲藁を葺く際高所での作業となるため1束ずつではなく、地面で藁縄に括りつけてロール状にする、とま編みを行った。とま編みは茅葺の効率を上げるだけでなく、稲藁単体の滑り防止にもなる。



写真9：逆葺きの様子



写真10：シンビオシス全景

4-5. 茅土庵

4-5-1. ススキによるオランダ逆葺き

茅葺職人集団の株式会社くさかんむり指導の下、オランダ逆葺き施工ワークショップを実施した。オランダ葺きとは、登り梁に茅を結びつける旧来の方法ではなく、野地板に防水シートをひき、その上に茅葺きを行う構法である。1層目から8層目まで、ススキを用いて茅葺を行った。茅葺の一層目に当たる軒付け（写真 11）では、番線の先にねじを取り付け、インパクトで屋根の糊付けルーフィング材と野地板に固定していく。束ねたススキを適当な長さに押切で切り、きれいに屋根に揃えて設置し、鉄筋で押さえ番線で縛った。さらに屋根の上で作業するために、丸太を鉄器に結び付けたロープで固定した。縛ると同時に散らばるススキを回収し、屋内から見た時に、きれいになるよう、ヒゲと呼ばれる不揃いな部分を取り除いた。茅葺の下地を1層目で作り、2層目から8層目までの平葺きでは、さらにススキの層を反復させていった（写真 12）。

4-5-2. ストローベイル壁

日本ストローベイル協会会長カイル・ホルツヒューター指導の下、ストローベイル壁施工ワークショップを実施した。壁の位置に事前に作成していた木枠の中にストローベイルを積んでいき、幅木に通した紐で竹を結び固定していった（写真 13）。またストローベイルブロックが入らない箇所は、ベイルを崩して、枠の中に隙間ができないように詰めた。ドアの上部やトイレの空間、キッチンの部分など配線に気を付けながら、ストローベイルの敷き詰めを行い、左官作業に取り掛かった。荒壁の左官は、はじめ荒壁土だけで薄く塗りこみ、二回目からは藁と混ぜて、凹凸の部分に塗り込んだ。

4-6. 懐庵

4-6-1. ノベと稲藁による逆葺き

茅葺職人集団のくさかんむり指導の下、オランダ逆葺き施工ワークショップを行った。茅土庵と同様のオランダ逆葺き構法で、現地の企業、農家と連絡を取りながら、計 12 反分の回収した稲藁（写真 15）を用いて、軒付けと平葺きを行った。そのため、上方の茅葺きには、稲藁よりも少し太いノベという材料を用いて下地とし、ノベの上に稲藁を葺いた。懐庵の棟化粧材として杉皮葺きと千木を施工した。（写真 16）杉皮は 10～20 mm 程度重なるように屋根に乗せていき、 $\Phi=20$ mm の竹で 4 箇所押さえた。押さえ竹上部には、千木を載せて風で飛ばない様にさらに押さえた。



写真 11：オランダ逆葺きの様子



写真 12：茅土庵全景



写真 13：ストローベイル WS の様子



写真 14：左官作業の様子



写真 15：稲藁回収の様子



写真 16：懐庵前景

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 黒木一輝・芦澤竜一・岡田大志・山田啓真
2. 発表標題 流木ハット 流木躯体の補強と草屋根の建設を通じた実践的研究
3. 学会等名 日本建築学会大会（北海道）
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	川井 操 (kawai misao) (10721962)	滋賀県立大学・環境科学部・准教授 (24201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------