

九州大学大学院人間環境学研究院 教授

松藤 泰典

「セラピューティック煉瓦造住宅の住環境効果」

1. 研究実施の概要

本研究は、①煉瓦造住宅の持つ生理的・心理的スコア化、②SRB-DUP 乾式工法を用いた高い耐震性・耐風性・耐火性及び施工性を有する煉瓦造住宅の開発、③煉瓦造住宅のライフサイクルコスト及びライフサイクルアセスメントを研究目標とした。

結果、煉瓦造などモルタルを用いて組積する構造に対して、「異質の材料を接着しない」という構造原理を見出し、乾式工法を可能にした。この構法による構造体は極めて高い耐震性と 90%を超えるリユース率を有する。この構法による二重中空層を有する煉瓦造住宅で、平均気温とほぼ同じフラットな室温変化と空気循環式パッシブシステムの併用によって、30%を超える省エネ性を実現した。セラピー性に関しては相対的に高い印象評定を得た。これらに至る研究実施の概要を研究年表（表 1）および研究成果のフロー（図 1）に示す。以下に主たる研究成果について概説する。

(1) 凌震構造^{りょうしん}（Construction of Tiding over Vibration）

リユース率の高い構造を求めるプロセスにおいて「異質の材料を接着しない」という構造原理を見出した。この構造は、耐震構造、制振構造、免震構造の何れとも異なる構造原理を有するので凌震構造と呼ぶ。凌震構造の原理を実現した具体例が SRB-DUP（Steel Reinforced Brick construction by Distributed Unbond Prestress theory）である。固体要素が脆性的であるにも関わらず、部材全体としては鋼構造に類似した高い強度と変形性能を示す。面外方向で 1000gal.の振動に耐えた。これらの性能の客観的評価として、日本建築総合試験所の技術性能証明を得た。これによって、モルタルを用いない乾式工法で煉瓦造などの組積構造に高い耐震性を付与するとともに、そのリユース率 90%超を実現した。

(2) 空気循環式パッシブシステム

煉瓦の蓄熱性に着目して、SRB-DUP をベースとした二重中空層（Double Cavity Wall）を有する空気循環式パッシブシステムを開発した。エアコンを運転しない状態で、SRB-DUP は高気密高断熱住宅と同様のフラットな室温変化と、高気密高断熱住宅より低い室温水準を実現した。このシステムを用いた場合、終日運転時の電力消費量は、冬季において 37%、夏季において 35%低減される。また、在来軸組、木造ツーバイフォー、内断熱 RC 造、外断熱 RC 造、湿式煉瓦造、DUP 煉瓦造、SRB-DUP パッシブ煉瓦造の住宅についての LCC、LCE、LCCO₂ 比較を行った結果、SRB-DUP 煉瓦造は他の工法に比べて優れていることが明らかとなった。

(3) 印象評定

煉瓦壁の印象評定における因子分析の結果、煉瓦壁の評価は、癒しに関わる「評価性」、堅固感に関わる「力量性」、表面の視覚的「変化性」の点に集約され、サイジング材よりも高い評価が得られた。

(4) 石炭灰煉瓦

産業廃棄物である石炭灰を主原料とした石炭灰煉瓦が配合割合及び焼成条件によって多色性を有すること及び、中赤外線領域における反射率がコンクリートなどに比較して高い

ことを明らかにした。研削によって実現される SRB-DUP 高精度煉瓦は、第 2 期実験棟で施工が可能であることを実証し、更に検討を加えて、最終的に小口面も研削する耐久性の高い形状に至った。

(5) スラリーコンクリート

本研究の派生的成果であるが、産業廃棄物である石炭灰を安定化処理を行ってスラリーとしてコンクリートに大量に混合する技術および調合則を開発した。高強度で且つ極めて高い中性化抑制およびアルカリ骨材反応抑制効果を有する

2. 研究構想

環境低負荷型の住空間を実現する上で、煉瓦は、耐火性・耐久性・遮音性が高いという基本的優位性を持っている。加えて、煉瓦は変化に富んだ色合いとテクスチャーを有する好感度の高い外装建材である。本研究では、煉瓦が何故好まれるのかについても検討項目とし、癒し（Therapy）効果として、そのスコア化を印象評定で行った。煉瓦の多色性については粘土と石炭灰のブレンドでコントロールした。

研究期間 5 年を考慮して、オーストラリアの煉瓦造住宅の標準工法として完成度の高い中空壁工法による煉瓦造住宅をベースモデルとして研究を進めた。

本研究は、研究代表者が環境低負荷型建築の基本原則と定義した「異質の材料を接着しない構造」で、ベースモデルに、高い耐震性を付与することを前提条件として、①我が国の蒸暑環境に適した省エネシステム、②競争力のあるイニシャルコスト、③高いライフサイクルアセスメント（LCA）を有する煉瓦造住宅モデルを開発するもので、20 の検討項目を、材料・構法・施工グループ、動的解析グループ、室内環境グループに分けて構成した。

I. DUP を用いた煉瓦造住宅の構法・材料及び施工法開発（材料・構法・施工グループ）

I-1 分散型アンボンドプレストレス（DUP）基礎理論

- (1) 分散型アンボンドプレストレス基礎理論の確立①
- (2) DUP 乾式工法による煉瓦造部材の耐力実験②
- (3) DUP を用いた乾式煉瓦造住宅の構造設計③
- I-2 乾式煉瓦造住宅に用いる要素技術の開発
- (1) 乾式工法用金物及び工具の開発④
- (2) 乾式工法用金物の防食システム開発⑤
- (3) ハウジングコンクリート及び目地材の開発⑥
- (4) 石炭灰を用いたセラピューティック煉瓦及び構造瓦の開発⑦

I-3 煉瓦造住宅のライフサイクルコスト解析

- (1) 煉瓦造住宅の企画・設計及び資材調達のコスト解析⑧
- (2) 煉瓦造住宅建設コスト解析⑨

- (3) 環境低負荷型生活排水浄化システム⑩
- (4) 煉瓦造住宅の設計図書類解析⑪
- (5) 煉瓦造住宅建設者の育成システム研究⑫
- (6) 煉瓦造住宅保全技術及びコスト解析⑳
- (7) 煉瓦造住宅解体コスト解析㉑

I-4 煉瓦造住宅の心理的効果に関するアンケート調査⑬

II. 煉瓦造住宅の環境評価（室内環境グループ）

- II-1 煉瓦造住宅の室内熱環境及び断熱・防露システム⑭
- II-2 煉瓦造住宅のライフサイクルアセスメント⑮
- II-3 煉瓦造住宅の環境医学的/生理的効果⑯
- II-4 セラピューティック煉瓦造住宅の景観表現⑰

III. 煉瓦造住宅の動的解析（動的解析グループ）

- III-1 煉瓦造住宅耐風屋根構造解析及び設計⑱
- III-2 動的構造実験・解析㉑

3. 研究実施体制

1 体制

松藤 泰典

研究代表者

構法・材料・施工グループ

九州大学大学院人間環境学研究院
麻生セメント(株) 中央研究所
(株)エヌエムビー 中央研究所
日本化成(株) 中央研究所
産業技術総合研究所 九州センター
北九州市立大学国際環境工学部

- ① 分散型アンボンドプレストレス (DUP) 基礎理論の確立
- ② DUP 乾式工法による煉瓦造部材の耐力実験
- ③ DUP を用いた乾式煉瓦造住宅の構造設計
- ④ 乾式工法用金物及び工具の開発
- ⑤ 乾式工法用金物の防食システム開発
- ⑥ハウジングコンクリートの開発
- ⑦ 石炭灰を用いたセラピューティック煉瓦の開発
- ⑧ 煉瓦造住宅の企画・設計及び資材調達のコスト解析
- ⑨ 煉瓦造住宅建設コスト解析
- ⑩ 環境低負荷型生活排水浄化システム
- ⑪ 煉瓦造住宅の設計図書類解析
- ⑫ 煉瓦造住宅建設者の育成システム
- ⑬ 煉瓦造住宅の心理的効果に関するアンケート調査
- ⑭ 煉瓦造住宅保存技術及びコスト解析

室内環境グループ

九州大学大学院人間環境学研究院
九州大学大学院総合理工学研究院
熊本大学医学部衛生学教室
(財)熊本テクノポリス財団 電子応用機械技術研究所

- ⑮ 煉瓦造住宅の室内熱環境及び断熱・防露システム
- ⑯ 煉瓦造住宅のライフサイクルアセスメント
- ⑰ -1 煉瓦造住宅の環境医学的／生理的效果
- ⑱ -2 煉瓦造住宅の心理的效果
- ⑲ セラピューティック煉瓦造住宅の景観表現

動的解析グループ

九州大学大学院人間環境学研究院

- ⑳ 煉瓦造住宅耐風屋根構造解析及び設計
- ㉑ 動的構造実験・解析

4. 研究期間中の主な活動

(1) ワークショップ・シンポジウム等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
1997. 11.	第1回 研究推進会議	九州大学建築 学科施工解析 室	15名	研究方針打合せ。
1998. 4. 4	第2回 研究推進会議	九州大学建築 学科施工解析 室	20名	各研究機関の紹介と、初年度 研究内容の報告。
1998. 4. 25	第3回 研究推進会議	九州大学建築 学科施工解析 室	23名	97年度研究結果報告と、98 年度研究計画について
1998. 6. 2	第4回 研究推進会議	九州大学建築 学科施工解析 室	33名	各研究および煉瓦造住宅実 験棟建設工事の進捗状況報 告。
1998. 7. 7	第5回 研究推進会議	菊水町役場 大会議室	47名	実験棟完成の報告と、国際シ ンポジウムに関する打ち合 わせ。
1998. 10. 13	第6回 研究推進会議	九州大学建築 学科建2教室	35名	研究進捗状況報告、シンポジ ウム開催に関する打ち合わ せ。
1998. 12. 15	第7回 研究推進会議	九州大学地球 資源システム 工学専攻424番 教室	24名	研究進捗状況報告、シンポジ ウム開催に関する打ち合わ せ。
1999. 3. 16	第8回 研究推進会議	九州大学建築 学科建2教室	36名	研究進捗状況報告と 99年度 研究計画について。
1999. 6. 2	第9回 研究推進会議	九州大学建築 学科会議室	29名	99年度研究計画について。
1999. 10. 20	第10回 研究推進会議	九州大学建築 学科会議室	29名	99年度研究計画について。研 究進捗状況。 第2期実験棟の煉瓦発注。
2000. 3. 3	第11回 研究推進会議	九州大学建築 学科会議室	27名	99年度研究成果および次年 度計画について。 第2期実験棟の進捗状況。
2000. 6. 9	第12回 研究推進会議	九州大学建築 学科会議室	27名	研究進捗状況の報告。
2000. 8. 30	第13回 研究推進会議	九州大学建築 学科建2教室	27名	研究進捗状況報告。 第2期実験棟の進捗状況と 豪州出張報告。

2001. 1. 17	第 14 回 研究推進会議	九州大学建築 学科会議室	22 名	研究進捗状況報告。 第 2 期実験棟の進捗状況。
2001. 3. 13	第 15 回 研究推進会議	九州大学建築 学科建 2 教室	30 名	CREST 中間評価の準備。 第 2 期実験棟の進捗状況。
2001. 5. 7	第 16 回 研究推進会議	九州大学建築 学科会議室	31 名	2001 年度研究計画。 第 2 期実験棟の進捗状況。
2001. 7. 13	第 17 回 研究推進会議	菊水町役場 大会議室	38 名	第 2 期実験棟の管理運営と 利用計画について。
2001. 9. 28	第 18 回 研究推進会議	九州大学建築 学科会議室	31 名	中間報告の結果について。日 豪ワークショップ・日独フォー ラムについて。
2002. 3. 15	第 19 回 研究推進会議	九州大学建築 学科建 1 教室	30 名	研究成果報告会の準備、2002 年度研究計画について。
2002. 4. 9	第 20 回 研究推進会議	九州大学建築 学科建 1 教室	30 名	2001 年度研究成果報告と 2002 年度研究計画。
2002. 8. 19	第 21 回 研究推進会議	九州大学建築 学科建 1 教室	28 名	中間報告及び国際シンポジ ウムの準備について。
2002. 10. 11	第 22 回 研究推進会議	九州大学建築 学科建 1 教室	27 名	発展実施課題について。 国際シンポジウム開催準備。
2002. 10. 31	第 23 回 研究推進会議	九州大学建築 学科建 1 教室	34 名	公開シンポジウム予稿集お よび研究終了報告書の準備。
1999. 11. 19	第 2 期実験棟施 工検討会	九州大学建築 学科施工解析 室	9 名	施工検討会の設立、基本計画 の現況、工程計画説明。
1999. 11. 24	第 2 期実験棟設 計検討会	九州大学建築 学科会議室	12 名	設計検討会の設立、各設計担 当の活動状況。確認申請につ いて。
1999. 12. 9	第 2 期実験棟設 計・施工合同検 討会	九州大学建築 学科施工解析 室	11 名	これまでの経過報告、基本計 画、確認申請、煉瓦施工図に ついて。
2000. 1. 20	第 2 期実験棟設 計検討会	九州大学建築 学科施工解析 室	13 名	全体予算、建築図面、構造設 計、積算見積について。
2000. 2. 4	第 2 期実験棟施 工検討会	九州大学建築 学科施工解析 室	13 名	基礎コンクリート・煉瓦組積 施工実験の報告。

2000. 8. 24	第 2 期実験棟設計・施工合同検討会	九州大学建築学科施工解析室	10 名	建設工事発注の形態変更、施工方法の詳細。
2001. 2. 20	第 2 期実験棟施工検討会	九州大学建築学科施工解析室	9 名	煉瓦組積の現況、組積完了後の工程。
1998. 11. 20	国際シンポジウム (第 1 部)	九州大学箱崎キャンパス視聴覚教室	78 名	研究成果の発表（専門家向け）。
1999. 1. 9	国際シンポジウム (第 2 部)	アクロス福岡	229 名	煉瓦造住宅の PR と研究成果の発表（一般向け）。
2002. 10. 18	CREST 国際シンポジウム (メルボルン会場)	ヴィクトリア州 CSIRO	26 名	5 年に渡る研究成果の発表。
2002. 10. 22 ～ 23	CREST 国際シンポジウム (北九州会場)	北九州市 学術研究都市	104 名	5 年に渡る研究成果の発表。

5. 主な研究成果

(1) 論文発表（国内 14 件、海外 6 件）

1. 東町高雄：電応研における最近の構造解析事例、電応研テクニカルレポート第 14 号、pp.6～8、1998 年 10 月。
2. 渡邊俊行、林 徹夫、龍 有二、赤司泰義：空気循環式ブリックソーラーハウスの開発、財団法人 住宅総合研究財団（住総研）研究年報 No.25 1998 年版、pp.223～234、1998 年 9 月。
3. 前田潤滋、熊丸真実子、鶴 則生、三宅昭春、高木 賢：住宅骨組用荷重に及ぼす屋根形状の影響に関する二、三の考察、第 15 回風工学シンポジウム論文集、pp.311～316、1998 年。
4. 松藤泰典、小山智幸：線形モデルとしてのコンストラクションマネジメント、九州大学工学集報 第 72 巻 第 2 号、pp.169～175、1999 年 3 月。
5. 松藤泰典、廣岡彩子：工学教育におけるプレステージとしての職業教育システム序論、九州大学工学集報 第 72 巻 第 2 号、pp.177～182、1999 年 3 月。
6. 熊丸真実子、鶴 則生、三宅昭春、前田潤滋：Some effects of roof shapes on housing wind loads, Wind Engineering into the 21st Century (Proceedings of the 10th International Conference on Wind Engineering in Copenhagen), pp.1819～1824, 1999 年。
7. 松藤泰典、高巢幸二：住宅建築における資材調達システムの構築に関する研究、九州大学工学集報 第 72 巻 第 6 号、pp.711～718、1999 年 11 月。
8. 中村美紀子、渡邊俊行、林 徹夫、高瀬秀芳、永田麻由子：PROPOSAL OF ALOW ENERGY HOUSE WITH AIR-CIRCULATION IN BRICK WALLS, Annual Conference of

- the Australia & New Zealand Architectural Science Association (オーストラリア)、8 ページ、2000 年 12 月。
9. 木村邦夫、山田則行、恒松絹江：石炭灰を用いたセラピューティック焼成煉瓦の開発、VSI 研究会会報 第 15 巻 第 3 号 (通巻 56 号)、pp.5～8、2000 年 5 月。
 10. 高巢幸二、松藤泰典：湿式煉瓦造住宅の生産性分析、九州大学工学集報 第 73 巻 第 6 号、pp.685～692、2000 年 11 月。
 11. 原 邦夫、伊藤昭好、原田幸一、宮北隆志、魏 長年、上田 厚：新築住宅の室内ホルムアルデヒドおよび揮発性有機化合物濃度の経時変化、室内環境学会誌 Vol.3、No.1、pp.45～50、2000 年。
 12. 高巢幸二、松藤泰典、小山智幸：住宅建築における生産システムの構築 (ビルダーをエージェントとした資材調達システム)、九州大学工学集報 第 74 巻 第 1 号、pp.47～54、2001 年 1 月。
 13. 高瀬秀芳、渡邊俊行、林 徹夫、尾崎明仁、中村美紀子、永田麻由子、大里雅子：MEASUREMENT AND SIMULATION OF THE THERMAL ENVIRONMENT OF LOW ENERGY HOUSE WITH AIR-CIRCULATION IN BRICK WALLS、The Canadian Conference on Building Energy Simulation (eSim 2001, Canada)、8 ページ、2001 年 6 月。
 14. 中村美紀子、渡邊俊行、林 徹夫、高瀬秀芳、永田麻由子、大里雅子、永田修三：CONSTRUCTION OF A LOW ENERGY HOUSE WITH AIR-CIRCULATION IN BRICK WALLS、The Cross Straits Symposium (CSS3 on Materials, Energy and Environment Engineering, Korea)、2 ページ、2001 年 11 月。
 15. 高瀬秀芳、渡邊俊行、林 徹夫、中村美紀子、永田麻由子、大里雅子、永田修三：THERMAL PERFORMANCE OF A LOW ENERGY HOUSE WITH AIR-CIRCULATION IN BRICK WALLS、The Cross Straits Symposium (CSS3 on Materials, Energy and Environment Engineering, Korea)、2 ページ、2001 年 11 月。
 16. K.MIURA, H.INOUE, M.TOMINAGA : Are there any difference of the impression between real objects and their reproductions viewed through CRTs and video projectors ?, Japanese Psychological Research, pp.162～172、2001 年 8 月。
 17. 松藤泰典、高巢幸二：Setting Up of Procurement Management System for Housing, The Second International Conference on Systems thinking in University of Salford (英国)、pp.38～43、2002 年 4 月。
 18. 野村幸司、林徹夫、小島昌一：戸建て住宅の温熱環境シミュレーションにおける入力インターフェースと計算前処理、九州大学大学院総合理工学報告 第 23 巻 3 号、pp.295～301、2002 年 5 月。
 19. 山口謙太郎、松藤泰典、小山智幸、小山田英弘：資源循環型建築構造を可能にする要素非接着型組積工法による壁体内のプレストレス分布、都市・建築学研究 九州大学大学院人間環境学研究院紀要 第 2 号、pp.685～692、2002 年 7 月。

20. 松藤泰典、小山智幸：試論・循環建築学体系、都市・建築学研究 九州大学大学院人間環境学研究院紀要 第3号、pp.1～15、2003年1月。

(2) 特許出願（国内 10件、海外 1件）

① 国内

No.	発明者	出願日	出願番号	事業団整理番号	発明の名称
1	松藤泰典	平成12年 9月6日	特願 2000-270219	A072P72	煉瓦組積構法及び煉瓦製造方法
2	渡邊俊行	平成12年 9月8日	特願 2000-272736	A072P70	空気循環式空調システム
3	松藤泰典 秋本 孝 川崎 治	平成11年 12月10日	特願 2000-310109	A071P34	締付金具の脱着工具
4	松藤泰典 小山智幸	平成13年 2月7日	特願 2001-31446	A072P64	コンクリート工事システム
5	松藤泰典 小山智幸	平成13年 2月7日	特願 2001-31622	A072P74	セメント系組成物の製造方法
6	松藤泰典	平成13年 6月5日	特願 2001-170338	A072P73	住宅供給システム
7	松藤泰典	平成13年 9月28日	特願 2001-299521	A072P93	石炭灰外割コンクリート及びその調合方法
8	松藤泰典 木村邦夫	平成13年 7月2日	特願 2001-201416	A072P94	多色性煉瓦製造方法
9	松藤泰典	平成13年 3月6日	特願 2002-061227	A072P107	建築物の壁体構造
10	松藤泰典	平成14年 7月31日	特願 2002-223353	A072P111	煉瓦の施工計画方法

②海外

No.	発明者	出願日	出願番号	事業団整理番号	発明の名称
1	松藤泰典	平成13年 7月26日	PCT 出願 PCT/JP01/07681 (出願予定国は 米国、カナダ、豪州、ニュージーランド、英、独、イタリア、ギリシャ)	A072-51PCT	煉瓦組積構造、煉瓦組積構法及び煉瓦製造方法

(3) 新聞報道等

①新聞等の報道

熊本日日新聞	2001. 5. 23	“菊水町方式”だ!! レンガの家 世界初「乾式工法」
西日本建設新聞	2001. 7. 19	煉瓦造住宅が完成－菊水町に2期目の研究棟

西日本新聞	2002. 12. 11	資源循環型の 21 世紀社会をどう築くか
NHK ラジオ第 1 放送	1998. 5. 3	朝のニュース「九州沖縄日曜訪問」コーナー
NHK 熊本	1998. 10. 12	夜 7 時のニュース
NHK 福岡	1999. 1. 9	同上
NHK 熊本	2001. 4. 24	夜 7 時のニュース
NHK ラジオ第 1 放送	2001. 4. 24	乾式煉瓦造住宅全般の紹介
NHK 福岡	2002. 10. 23	夜 7 時のニュース
公共事業通信社	2001. 1. 1	週刊ブロック通信(8～9 ページ)

②受賞

なし。

③その他

・日本建築総合試験所において建築技術性能証明書取得(平成 14 年 11 月 5 日 性能証明第 02-16 号)

技術名称:SRB-DUP 乾式煉瓦組積構造及び組積構法

ープレストレスを与え、壁・柱・梁を乾式で構成する組積構造及び構法ー

・構法・材料・施工グループで助手として研究に参加していた 山口 謙太郎が平成 13 年 10 月に九州大学大学院の講師に就任した。

・室内環境グループで九州大学大学院助教授として研究に参加していた 龍 有二が平成 13 年 4 月に北九州市立大学の教授に就任した。

・構法・材料・施工グループで九州大学大学院学生として研究に参加していた 高巢 幸二が「煉瓦を構造材とする循環型住宅の環境戦略的基礎研究」で学位を取得し、平成 13 年 4 月に北九州市立大学の講師に就任した。

(4) その他特記事項

研究代表者が務める主な役職

- ・ 日本建築学会(副会長 平成 13 年 6 月～)。
- ・ 九州ファシリティマネジメント協会(会長 平成 14 年 4 月～)
- ・ 日本コンクリート工学協会(九州支部長 平成 10 年 5 月～平成 12 年 4 月)

他のプロジェクトへの展開

科学技術技術振興事業団の戦略的創造推進事業発展実施課題に採択された。(H. 14～17 年度)

研究課題名:スループットを最大化する住空間システム

九州経済産業局の地域新生コンソーシアム研究開発事業に採択された。(H. 14～15 年度)

課題名:コンクリートへの石炭灰大量混合を可能にする処理システムの開発