

既設建物の一室に対する低コスト断熱改修に関する実証的研究

高知県中山間地域の地域拠点施設におけるケーススタディ

5. 建築計画
低コスト断熱改修
セルフ施工

2. 各種建物・地域施設
地域拠点施設
温熱環境改善

建築計画研究室
指導教員

宮地喜一*
木多彩子**
佐藤理人***

1. 研究の背景と目的

高知県黒潮町は、南海トラフ地震発生時に甚大な津波被害が想定される地域であり、避難先となる山側に位置する拳ノ川診療所（1987年竣工）の耐災害性能の向上は極めて重要な課題である。当施設は保健センターを併設し、災害時には海側の役場支所が移転する拠点として機能するが、建物の老朽化に加え、過疎化に伴う低稼働であることが確認されている^{文1)}。災害時に極力エネルギー自立を実現するために、限られた予算の中で施設全体の断熱改修を行うことは現実的に困難であり、重要拠点としての機能を維持しつつ、持続可能な運用を可能にする断熱改修手法が求められている。

文部科学省が推進する「学校施設のZEB化」^{文2)}をはじめ、地域拠点施設の断熱改修の取り組みは進んでいるが、それらは多額のコストを投じた事例が中心であり、普及に向けた課題は多い。そこで本研究では、一室の断熱改修から着手し、低コストかつ現実的なアプローチをとる。本研究は、高知県における災害リスクに対応した持続可能で安心できる医療地域拠点施設の整備手法を提示し、周辺地域および建物更新が停滞したエリアへの住環境モデルへと展開することを大目的とする。その過程として、拳ノ川診療所における断熱改修実証を通じ、エネルギー性能、室内環境、および職場環境改善の効果を検証することを中目的とし、以下の小目的に取り組む。

- ① 実証と評価 実験室（@拳ノ川診療所資料室）と比較対照室（@拳ノ川診療所事務室・相談室）において、温熱環境および快適性指標PMVを測定・比較し、断熱改修の効果を定量的に評価する（実験室と比較対照室について詳細は後述する）。さらに、これらの実測結果を、既存研究におけるシミュレーション結果と比較検証し、実効性の高いデータを提供する。
- ② 体系化と展開可能性の提示 重要な地域拠点施設であっても、過疎のため過半の部屋の平常時の稼働率が著しく低い老朽化した建物にコストをかけて、全体の断熱改修を行うことは現実味が薄い。そ

こで、断熱改修を含む低コストかつ実現性の高い医療地域拠点施設整備手法を体系化する。

この手法が他の医療施設や他地域へ展開可能であることを具体的に示し、持続可能な地域医療インフラの構築に資する知見を提示する。

2. 研究方法

本研究は、まず既往のシミュレーション結果を参照した断熱仕様の検討および現地調査による予備調査を行い、次に対象施設の図面作成と改修仕様の確定を経て断熱材・内窓の実証施工を実施した上で、改修後の温熱環境や快適性指標（PMV）といった実測データとシミュレーション値を比較検証する実効性の分析を行い、低コストで汎用性の高い整備手法に対する示唆を得る。

3. 予備調査の結果

2025年6月13日に現地調査および施設管理者との打ち合わせを実施し、実証実験に向けた具体的な計画を立案した。調査の結果、診療所内の一部を対象とした断熱改修実証実験の提案に対して承諾を得たため、竣工図のデータ化を行い詳細な建築的寸法を把握した。これに基づき、断熱材の施工および内窓の設置を行う実験室として「資料室」を選定した（図1）。また、改修による温熱環境の改善効果を定量的に評価するため、同一条件下で比較可能な「事務室」および「相談室」を比較対照室として決定し、次章以降の施工計画および実測調査に向けた申し合わせを行った。

4. 本実測調査および改修実証

2025年7月1日に実測調査を、同年8月26日から28日にかけて改修実証を行った。まず、改修設計の基礎資料とするため建築寸法の現地実測調査を実施した。図2に示す通り、既存の建具表と実測値の間には全体幅で約88mm、高さで約30mmの差異が確認された。この実測結果に基づき、内窓設置における気密性の確保と既存サッシとの干渉回避を優先し、詳細な断面設計（図3）および立面・平面設計（図4）へと計画を修正した。

Empirical Study on Low-Cost Insulation Retrofitting for a Room in an Existing Building

A Case Study of a Community Facility in a Hilly and Mountainous Area of Kochi Prefecture

*MIYAJI Kiichi, **KITA Ayako and ***SATO Rihito

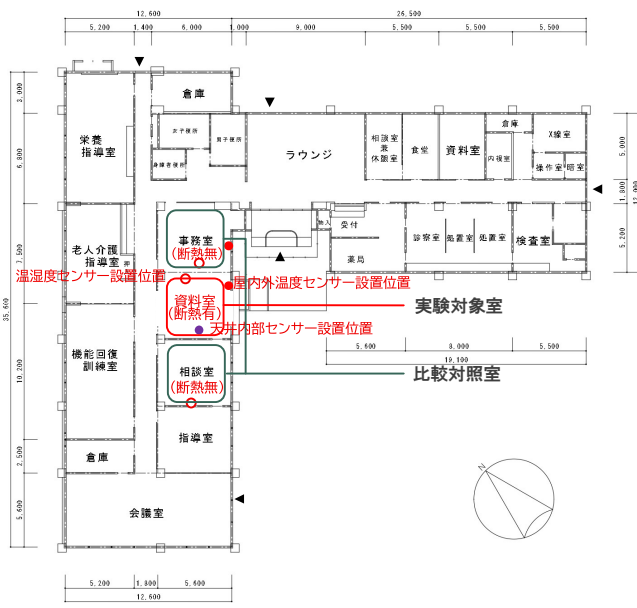


図1 実験室と比較対照室の配置図と温度測定箇所

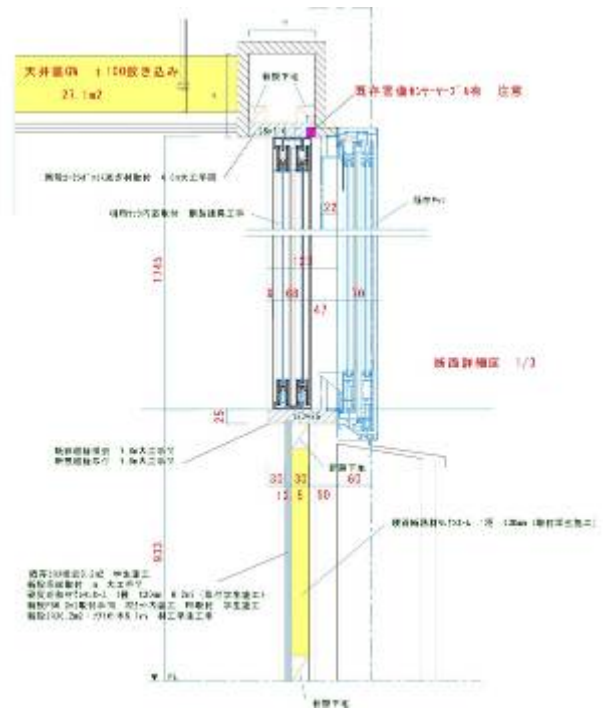


図3 内窓既製品施工案 断面図

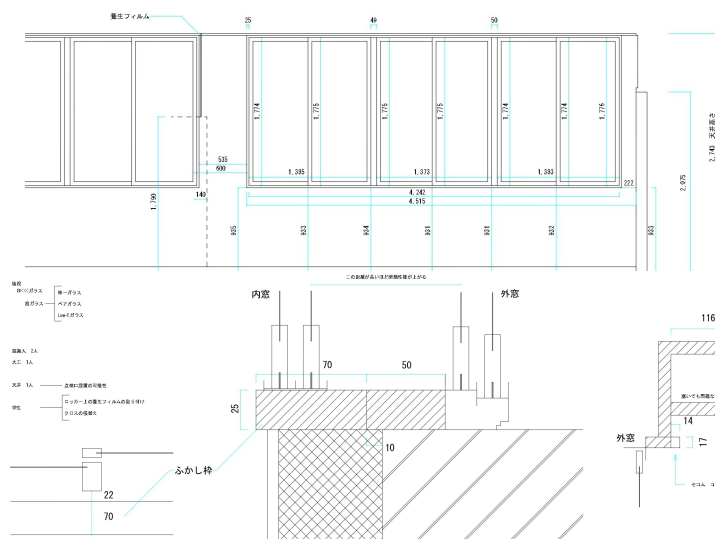


図2 資料室 実測結果

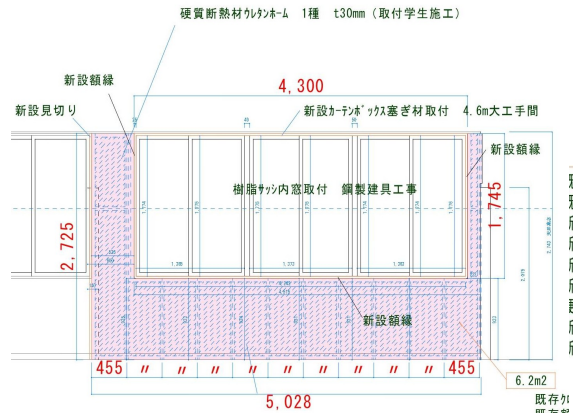


図4 内窓既製品施工案 立面図

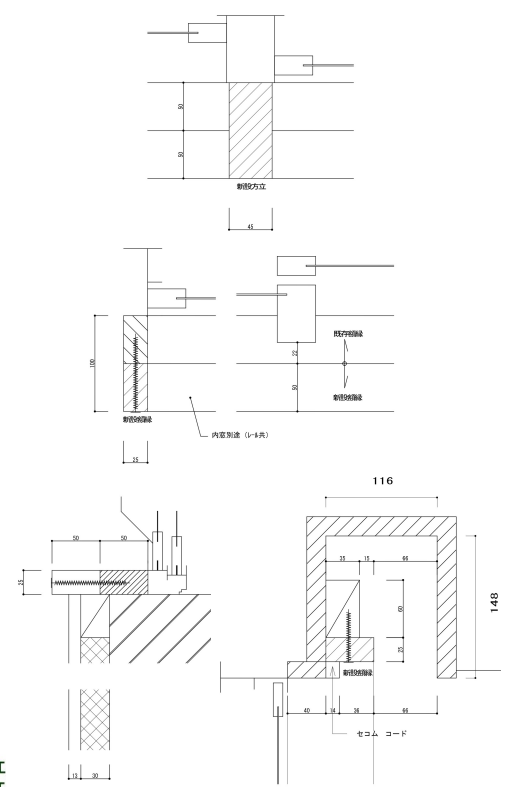


図5 内窓DIY案 改修図

- 既存枠撤去 6.2m² 学生施工
- 既存額縁撤去 7.8m² 大工手間
- 新設額縁取付 7.8m² 大工手間
- 新設カーテンボックス蓋材取付 4.6m² 大工手間
- 新設見切り材取付 2.8m² 大工手間
- 新設断熱材付付 6.2m² (取付学生施工)
- 新設PB6.2m²取付手間 材カット内装工 PB取付 学生施工
- 新設カーテンボックス蓋材取付 4.6m² 大工手間
- 新設見切り材取付 2.8m² 大工手間
- 新設断熱材付付 6.2m² (取付学生施工)
- 新設PB6.2m²取付手間 材カット内装工 PB取付 学生施工

表 1 改修手法の違いによる工事費用の比較表

工事名称	変更前 (内窓既製品施工案)	変更後 (内窓DIY案)	内窓既製品施工案 (円)	内窓DIY案 (円)	削減費用 (円)
1. 仮設工事	養生費	削除	15,000	0	▲ 15,000
2. 木工事	造作材 下地材 0.1502m ³	造作材 下地材 0.1292m ³	55,000	48,000	▲ 7,000
	既存額縁撤去	削除	11,934	0	▲ 11,934
	新設カーテンボックス塞ぎ下地 数量:9	新設カーテンボックス部額縁下地 数量:4	10,304	4,704	▲ 5,600
	釘接着剤	減少	15,300	11,000	▲ 4,300
	運搬費	減少	10,200	8,000	▲ 2,200
3. 断熱建具工事→内窓DIY	内窓及びガラス (単板ガラス)	内窓パネルフレームセット ポリカーボネート中空ボード スコッチ 超強力両面テープ 木材・ベニヤ用 ハンディーソー ヤスリ	142,000	64,154	▲ 77,846
	取付手間	削除	19,600	0	▲ 19,600
	運搬費	削除	9,800	0	▲ 9,800
6. 諸経費		減少	62,085	38,484	▲ 23,601

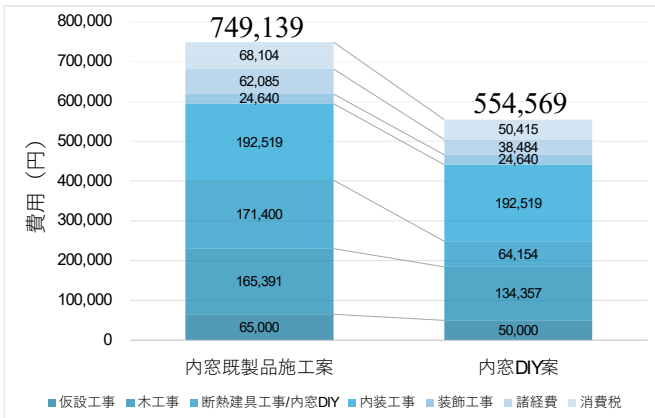


図 6 改修手法の違いによる工事費用の比較グラフ



図 8 内窓セルフ施工の様子

次に、改修手法別の経済性を検討した。当初検討していた「内窓既製品施工案」はコスト面で課題があったため、一部を研究者が担う「内窓DIY案」への変更を決定した(図5参照)。表1および図6(費用比較)に示す通り、内窓DIY案の採用により、総工事費を約74.9万円から約55.5万円へと約26%(約19.5万円)削減することに成功した。これは材料費の圧縮に加え、既存資材を最大限活用する設計への転換により、解体や下地工事などの付随作業が大幅に低減された成果である。

熱貫流負荷の概算による性能検証では、DIYに用いるポリカーボネート中空ボードが既製品とほぼ同等の性能を示した(概算においては定常計算法を用いて内外表面温度を推定の上、計算を行った)。

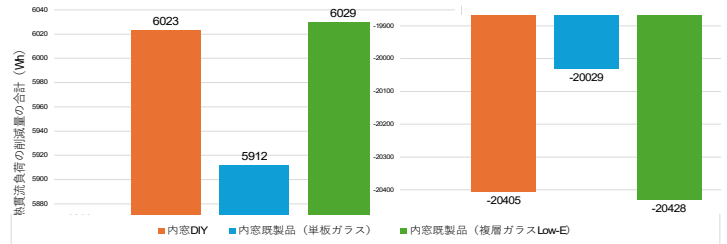


図 7 熱貫流負荷の削減量の合計(左:最暖日 右:最寒日)



図 9 資料室 施工前後の様子(左:施工前 右:施工後)

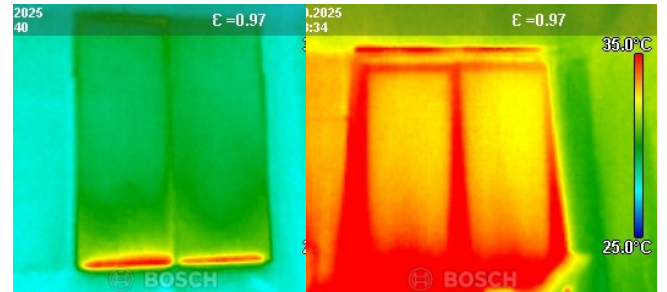


図 10 窓面熱画像
(左:実験室 右:比較対照室)

夏季最暖日における累計削減負荷は、複層 Low-E 既製品の約 6,029W に対し、内窓 DIY は約 6,023W となり、冬季最寒日においても既製品の単板ガラスを上回る約 20,405W の削減効果が確認された(図7)。

実際の施工プロセスにおいては、天井(グラスウール 100mm)と壁面(ウレタンフォーム 30mm)を専門業者が担当し、窓面を学生・教員が施工する(図8)「協働型改修」を実践した。施工前と施工後(図9)の比較から明らかなように、安価な素材と簡易な手法を用いながらも、専門技術とセルフ施工を併用することで、限られた予算内で高度な断熱性能を確保できる改修モデルの有効性が示された。

5. 断熱改修の効果検証

断熱改修による温熱環境の改善効果を比較検証するため、改修済みの「資料室」と未改修の「事務室」「相談室」を対象に、図 1（温度・湿度センサーの設置箇所）に示す通り、各部屋の床上 1.1m での温湿度や壁面・窓面等の表面温度、さらに気象状況を詳細に実測・記録した。

窓面のサーモグラフィ撮影の結果、比較対照室では窓面全体が赤色を示す 30℃以上の高温域となり外部からの熱流入が顕著であるのに対し、実験室では窓面温度が概ね 27℃前後の低温域（緑色）に抑えられており、施された対策によって遮熱・断熱効果が有効に機能していることが確認された（図 10）。

夏季から冬季にかけての室内温度の推移を示した図 11 において、実験室（青色）は比較対照室（オレンジ色）よりも全体的に温度が低く推移しており、特に日中のピーク時においても温度上昇が緩やかに抑えられていることから、窓面の遮熱対策が長期的な室内温度の安定化に寄与していることが確認された。

快適性指標（PMV）を算出した結果、夏季（図 12）においては実験室が比較対照室に比して快適域に近い低めの値で推移し、冬季（図 13）においても実験室の方がより「寒さ」を感じにくい高い数値を示しており、遮熱・断熱対策が年間を通じて室内環境の快適性を向上させていることが確認された。

本研究の結果、窓面への遮熱・断熱対策は年間を通じて温熱環境の向上に大きく寄与することが判明した。夏季のサーモグラフィおよび温度推移において、実験室は比較対照室に対し窓面温度で約 3℃、室内温度でも日中のピークを低く抑え、外部からの熱負荷を効果的に遮断している。これに伴い、PMV 値も夏季は快適域に近い低値を示し、冬季は放射温度の低下抑制により「寒さ」を和らげる結果となった。

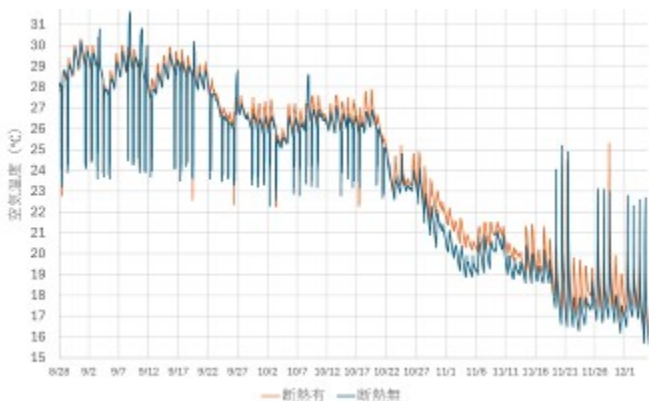


図 11 夏季から冬季に向けての室内温度（断熱有：実験室 断熱無：比較対照室）

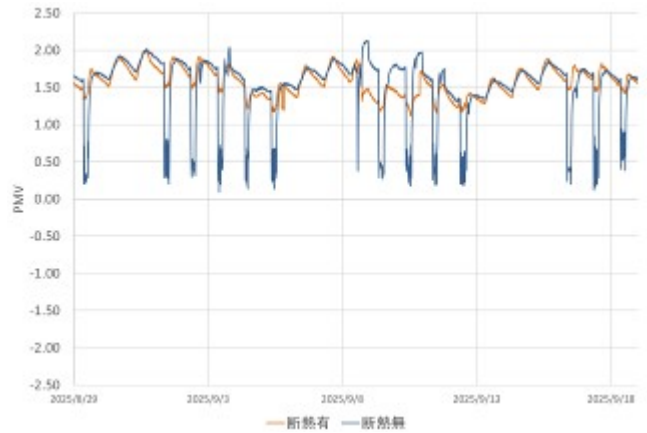


図 12 夏季 PMV（断熱有：実験室 断熱無：比較対照室）

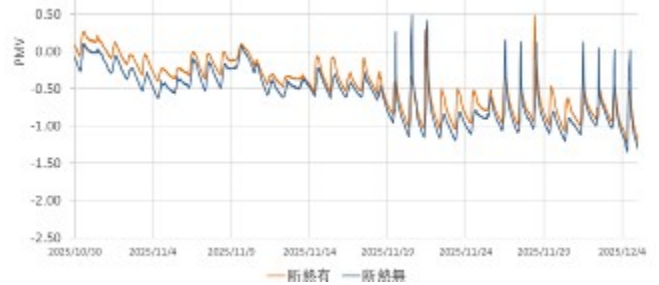


図 13 冬季 PMV（断熱有：実験室 断熱無：比較対照室）

6. まとめ

セルフ施工による低コストな断熱改修が、室内環境を最適化し、熱的ストレスの軽減と空調効率の改善を両立させる有効な手法であることが実証された。実測調査を通じて、安価な素材と簡易な手法を用いても、年間を通じて熱的環境を大幅に改善できることが定量的に明らかとなった。今後は、本手法を体系化し、災害時の拠点機能を維持しつつ、平常時の職場環境改善にも寄与する持続可能な地域医療インフラの構築に資することが期待される。

謝辞：高知県黒潮町拳ノ川診療所関係者の皆様には、多大なるご協力を頂戴し、ここに記し深く謝意を表します。

なお、本研究は「オフグリッド型地域拠点施設のための災害タイムラインを取り込んだ3次元BIMの構築」(科研費 基盤研究(C)25K08025、代表者：佐藤理人)の一環として実施したものである。また、高知工科大学地域イノベーション共創機構「住環境・まち研究室」として、2025年度地域連携強化研究費の助成を受けている。

参考文献

- 1) 田辺尋也, 木多彩子, 佐藤理人, 「中山間地域に位置する診療所の災害時の利活用とオフグリッド化に向けた研究」日本建築学会 四国支部研究報告集 p.159-162, 2024.3
- 2) 文部科学省, 「学校施設のZEB化の手引き」, 2024.3
- 3) 田中俊六, 武田仁, 岩田利枝, 土屋喬雄, 寺尾道仁, 秋元考之. 最新建築環境工学 改訂4版. 井上書院. 2014.2
- 4) 建築研究所: 平成28年省エネルギー基準に準拠したエネルギー消費性能の評価に関する技術情報(住宅) 次期更新版 https://www.kenken.go.jp/becc/documents/house/3-3_251001_v25.pdf 2025/8/24

*学部生 高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

**教授 高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

***准教授 高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

Kochi Univ. of Tech, Dep. of Arch. and Urban design

Prof. (Ph.D) Kochi Univ. of Tech, Dep. of Arch. and Urban design

Assoc. Prof. (Ph.D) Kochi Univ. of Tech, Dep. of Arch. and Urban design