

技術開発成果報告書

事業名 ・住宅等におけるエネルギーの効率的な利用に資する技術開発	課題名 蓄電装置を組み込んだ住宅用エネルギーシステムの開発
-------------------------------------	----------------------------------

1. 技術開発のあらまし

(1) 概要

燃料電池や太陽光等の新エネルギー技術を効果的に利用するためには電気を貯める技術が不可欠であることから、電気二重層キャパシタを用いた蓄電装置を組み込んだ住宅用エネルギーシステムを開発することとし、実用規模のプロトタイプを作製した。併せて、それを用いて燃料電池や太陽光発電等の新エネルギー技術と組み合わせた場合の省エネルギー効果等の検証実験を行い、実現可能性や効果を明らかにした。その結果、住宅用としての実用化が可能であると判断し、実用化に向けたロードマップを作成した。



写真1 検証用太陽光発電装置（定格出力3 kWh）



写真2 プロトタイプを構成するキャパシタバンク（蓄電容量2.7 kWh）

(2) 実施期間

平成17年度～平成18年度

(3) 技術開発に係った経費

実施期間の合計： 131,300千円（うち補助金の額 65,000千円）

<内 訳>

平成18年度： 27,300千円（うち補助金の額 13,000千円）

平成17年度： 104,000千円（うち補助金の額 52,000千円）

(4) 技術開発の構成員

独立行政法人建築研究所（首席研究員（当時） 坊垣和明）

株式会社パワーシステム（開発本部 本部長 清水雅彦）

(5) 取得した特許及び発表した論文等

取得した特許

なし

発表した論文

- 平成18年9月 日本建築学会大会（建築研究所首席研究員 坊垣和明、株式会社パワーシステム部長 三井克司）

タイトル：蓄電装置を組み込んだ住宅用エネルギーシステムの開発

2. 平成19年8月 日本建築学会大会（建築研究所首席研究員 坊垣和明、株式会社パワーシステム部長 三井克司）

タイトル：太陽光発電と蓄電装置を組み込んだ住宅用エネルギーシステムの開発

3. 平成17年（2005年）9月 S B O 5 T o k y o （Mitsui Katsuji , Shimizu Masahiko, (Powersystems Co.Ltd) , Bogaki Kazuaki

タイトル：A study on a supply-demand simulation model for the stand-alone hybrid power supply consisting of fuel cell and energy capacitor systems

4. プレスリリース等

1) 住宅用エネルギーシステムのプロトタイプとその検証実験に関してプレスリリースを行った（H17. 12. 19、日経産業新聞など）

2) テレビ東京ワールドビジネスサテライト「2006年日本を占う」の中の「蓄電特集」で紹介された。（H18. 1. 12放映）

2. 技術開発の成果

(1) 技術開発の先導性

住宅分野においては、いまだ蓄電技術は実用の域には程遠い状況である。その必要性はある程度認識されているが、蓄電は自動車用途や大規模用途に関心が集中し、住宅・建築分野においてはほとんど未着手の状況であった。そのような中で、本課題では住宅用途として世界ではじめての実用規模プロトタイプを作成しその検証を行ったものであり、極めて先導性が高い技術開発といえる。最近になって、ようやく貯める技術の重要性が認識されるようになり、太陽光発電等との組み合わせが検討され始めた。

(2) 技術開発の完成度

蓄電を組み込んだ住宅用のエネルギーシステムの実用化としての観点では、基幹技術である蓄電性能そのものの完成度と、それを組み込んだシステムとしての完成度の2つの側面で論じる必要がある。前者については、その後の開発でさらに2倍程度の性能向上を達成しているものの、実用のために目標とする水準に対してはまだ数倍の性能向上が必要である。したがって、性能面のみで完成度を表現するとすれば、約30%と考えられる。後者については、新しい電気二重層キャパシタが効果的に住宅用システムにおいて稼働すること、既存の二次電池よりも条件によって数十%蓄電効果が高いこと、などが確認されていることから、完成度は約60%と見積もられる。両者を総合した完成度は約50%と判断する。

(3) 実用化・市場化の状況

実用化のためのロードマップ（末尾図参照）を作成した。この中で、実用化①（住宅用）を約5年、実用化②（地域・建築用）を8～10年と見込んでいる。

(4) 技術開発に関する結果

・成功点

燃料電池や太陽光発電との組み合わせにおいて、当初の省エネ目標（燃料電池で約30%）の達成には至らなかったもののこれらとの組み合わせで効果的に作動すること、が確認され、住宅用システムとして実用が可能であることが明らかになった。また、既存の二次電池（鉛蓄電池）と比較して条件によって約30%の蓄電効率向上が期待できるなど、すでに明らかになっている耐久性、省CO₂性、安全性などの優位点と併せて、既存電池に匹敵する、あるいはそれに勝る蓄電媒体であることが確認できた。

・残された課題

電気二重層キャパシタの蓄電性能そのものの向上以外に、キャパシタを蓄電装置として用いた場合の周辺機器による放電ロスが大きいこと、熱（給湯含む）システムの組み込みについては、シミュレーションで検討を行ったが具体的なシステム化には至らなかったこと、などが本開発の過程で判明しないしは十分に達成できなかった課題である。また、本開発の直接の課題ではなかったが、住宅以外用途への対象の拡大、より多様な新エネルギー技術との組み合わせによる検討も次期開発に残された課題である。

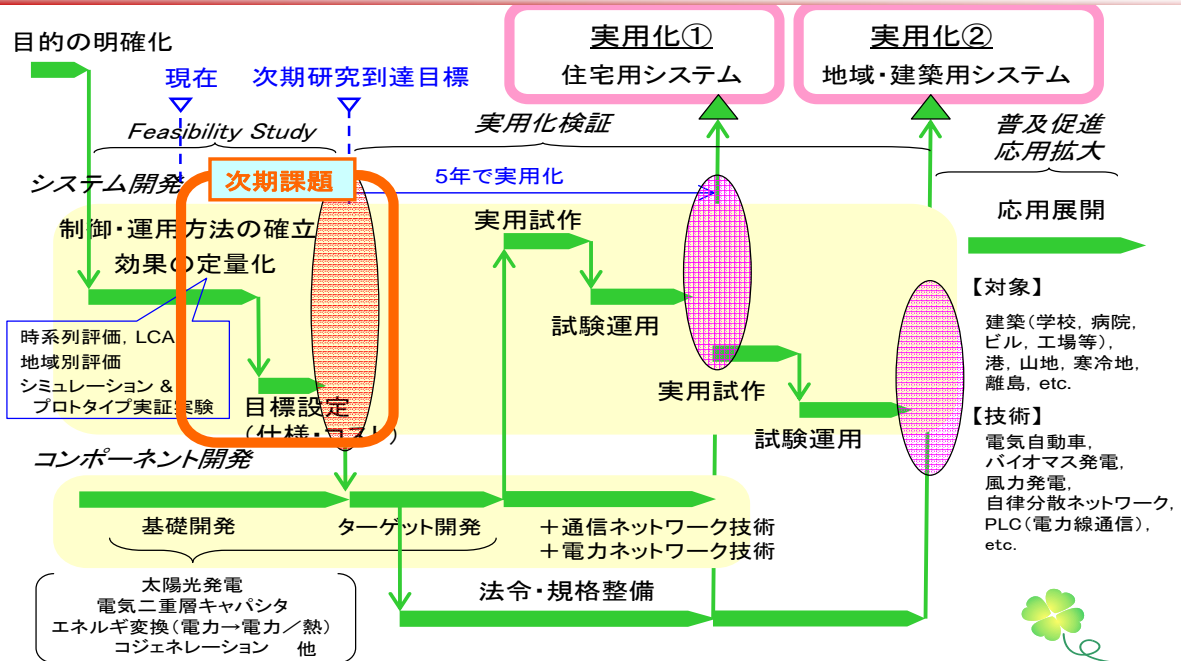
3. 今後の展開

本課題において作成したプロトタイプでは、2.7 kWhの蓄電量に対してキャパシタバンク（蓄電装置）は約2 m³、300 kgの大きさであり、実用化・市場化のためには1/5程度以下にサイズを縮小する必要があると考えられる。価格的にも、1 kWhあたり100万円が当面の目標であるが、これを達成できたとしても、初期段階においては太陽光発電の初期段階に導入されたと同様の助成制度が必要であろう。

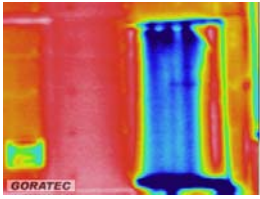
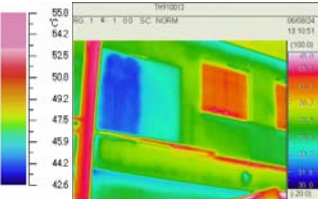

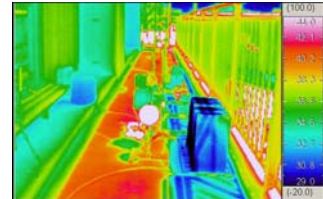
また、最近普及が始まった各種の新技术の導入を視野に入れて、これらとの組み合わせにおいて最適なシステムを構築することも重要と考えられる。例えば、ガスエンジンコージェネやヒートポンプ給湯器、潜熱回収型給湯器などである。これらの特徴と住宅における需要特性を考慮した上で、最適なシステム構築が不可欠である。

蓄電を組み込んだエネルギーシステムの普及に向けて、以上の二つの側面でのさらなる開発・検討が必要である。前者については、キャパシタ製造側の技術開発に依存するものであるが、後者については住宅分野および対象を広げた非住宅建築物分野等で引き続き最適なシステム構築に向けた研究開発が必要であり、次年度以降も継続して各種新技术への対応や最適化のための検討を進める予定である。

実用化プロセス



技術開発成果報告書

事業名 ・住宅等におけるエネルギーの効率的な利用に資する技術開発	課題名 地域自然冷房に関する技術開発
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要 本技術開発は、夏場に雨水等を利用した打ち水効果を活用し、住棟や団地内の舗装、東屋などの供用施設の熱環境を自然の力を利用して改善することにより団地地域全体を冷やすことを目指すものであり、次のステップにより平成17年度及び平成18年度の2年間にわたって技術開発を行った。</p> <ul style="list-style-type: none">① 打ち水効果を活用した住棟についての冷却技術開発（ステップ1）② 打ち水等により屋外を冷やす技術の開発（ステップ2）③ 団地全体の冷却効果に関する研究（ステップ3）④ 打ち水用の水の確保及び散水に関する技術開発（ステップ4）⑤ 技術開発成果を基にした提案（ステップ5） <p>(2) 実施期間 平成17年度～平成18年度</p> <p>(3) 技術開発に係った経費 実施期間の合計：14,000千円（うち補助金の額7,000千円） <内訳> 平成18年度：7,000千円（うち補助金の額3,500千円） 平成17年度：7,000千円（うち補助金の額3,500千円）</p> <p>(4) 技術開発の構成員 独立行政法人 都市再生機構 都市住宅技術研究所 日本総合住生活 株式会社 株式会社 大林組 株式会社 ジェス</p> <p>(5) 取得した特許及び発表した論文等 技術開発報告書</p> <p>2. 技術開発の成果</p> <p>(1) 技術開発の先導性 本技術開発は、既存熱改善技術に打ち水効果を融合させたものであり、既存の自然エネルギー利用技術を利用することにより団地全体の自然冷房に寄与すると共に、古来の夕涼みの場を提供し、健康的な居住空間の創出を目指したものである。</p> <p>(2) 技術開発の完成度 団地全体の地域自然冷房についての基礎的な技術は、2ヵ年にわたる開発により確立されたといえる。実用化に向けての課題については、実団地への導入時における設計の過程で検討する必要がある。</p> <p>(3) 実用化・市場化の状況 都市機構の賃貸住宅をめぐる環境が不透明であることもあって、実用化の動きは今のところない。</p> <p>(4) 技術開発に関する結果</p> <ul style="list-style-type: none">① 打ち水効果を活用した住棟についての冷却技術開発 外壁における塗装材の違いならびに打ち水による冷却効果の検証、打ち水ウォールによるベランダ冷却技術の開発を行った結果、次の成果が得られた。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"><div data-bbox="180 1749 440 1946"></div><div data-bbox="448 1749 767 1946"></div><div data-bbox="778 1749 1074 1946"></div><div data-bbox="1086 1749 1410 1946"></div></div> <p style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">図1図2図3図4</p>	

技術名等	適用場所	本技術開発の成果等
光触媒塗装	建物外断熱壁	夏季日中の外壁温度：平均 3.2℃、日最大平均 8.1℃低減
遮熱性塗装	建物外断熱壁	夏季日中の外壁温度：平均 2.7℃、日最大平均 7.3℃低減
壁面へ“打ち水”	建物外断熱壁 (図 1)	夏季間欠散水で光触媒塗装内での比較： 平均 3.0℃、日最大平均 11.1℃低減 夏季間欠散水でウレタン塗装との比較： 平均 5.6℃、日最大平均 18.8℃低減
	建物内断熱壁 (図 2)	夏季間欠散水で光触媒塗装内での比較： 平均 2.7℃、日最大平均 4.5℃低減
打ち水ウォール	ベランダ (図 3,4)	夏季日中：表面温度 10℃、直近の気温 0.4℃、 黒球温度 2.8℃低減

② 打ち水等により屋外を冷やす技術の開発

実験用東屋ならびに隣接する打ち水ウォールを使つての冷却実験を行った結果、次の成果が得られた。

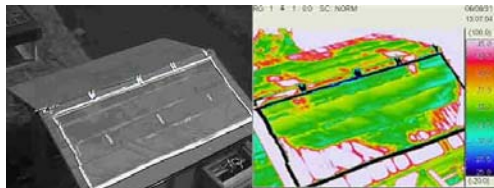


図 5



図 6

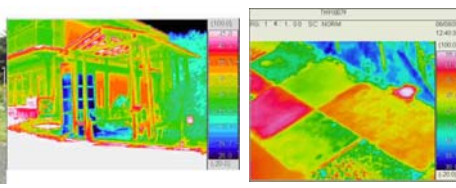


図 7

技術名等	適用場所	本技術開発の成果等
屋根面へ“打ち水”	東屋屋根 (図 5)	夏季日中の屋根直下温度：4.5～6.2℃低減 東屋内黒球温度：0.5℃低減
打ち水ウォール	東屋併設 (図 6)	夏季日中の表面温度：10℃低減 黒球温度：2.7℃低減 近傍気温：1.2℃低減
保水性舗装	歩道 (図 7)	インターロッキングより：平均 1.4～2.7℃、最大 3.4～7.8℃低減 手押し散水車の開発：ソーラー充電バッテリー駆動水中ポンプ使用
遮熱性舗装	歩道 (図 7)	カラー透水性舗装との比較：最大 13℃低減
	車道 (図 7)	密粒舗装：最大 4.9℃低減、透水性舗装：最大 3.8℃低減

③ 団地全体の冷却効果に関する研究

実在する団地の一部をモデル化し、現状に近い状態と様々な地域自然冷房技術を適用した状態について、数値シミュレーションによる熱環境改善技術の効果について評価した (図 8)。ヒートアイランドポテンシャルについてみると、改善後では、各種の地域自然冷房技術により、改善前に比べて、午前中の 10 時で 7℃、13 時に最大で 9℃、17 時、19 時でも、それぞれ 5℃、3℃のヒートアイランドポテンシャル低減効果 (図 9) がみられた。また夜間でも 1℃以上の効果が継続してあることがわかり、団地に複合的に地域自然冷房技術を導入することにより、ヒートアイランドの緩和に対しても大きな効果があることが検証された。

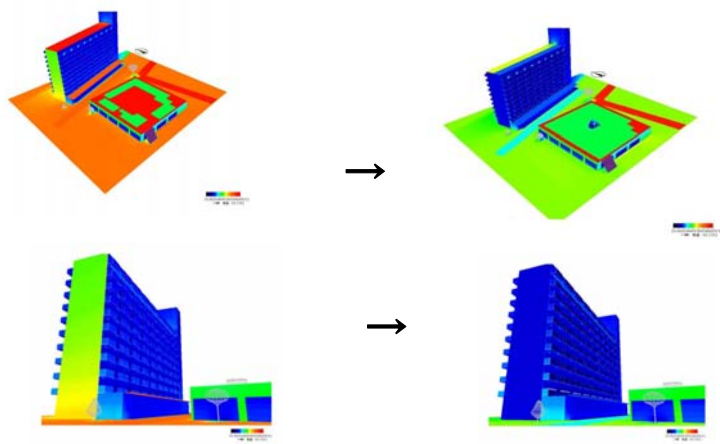


図 8

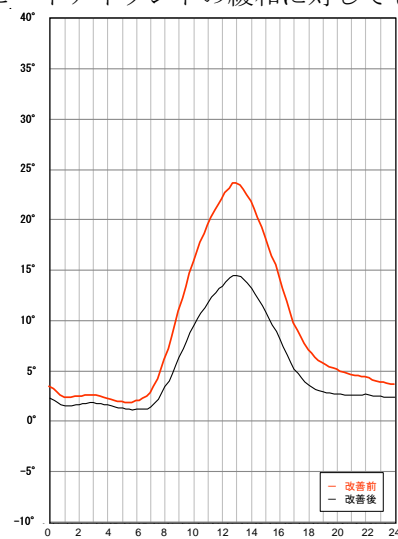


図 9

④ 打ち水用の水の確保及び散水に関する技術開発

実物大の実験モデルにおいて、打ち水用の水の確保及び散水に関する実験および検討を行い、次のような知見が得られた。散水方法とその効果を確認する散水実験において、散水前後の床表面温度変化は、本実験範囲において 5℃程度の低下であり、散水の方法や散水面積、水量にほとんど影響されないことを確認した。次に、取水方法の検証のための取水実験において、市販されている取水器の取水特性を把握し、この特性を利用した均等配分するための集合住宅向け取水システムを提案した（図 10）。さらに、住棟を冷却するために雨水を集めて散水した場合の水収支を試算し、取水面積、散水面積、貯水タンク容量を最適化することで、散水に使用するほとんどの水量を雨水で賄えることがわかった（図 11）。

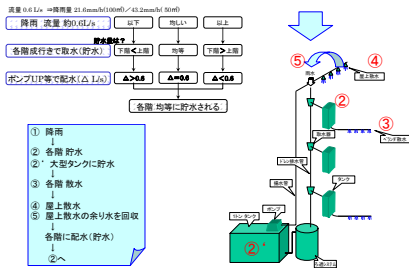


図 10

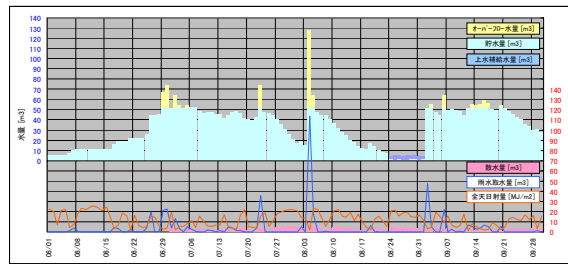


図 11

⑤ 技術開発成果を基にした提案

技術開発により得られた成果について取りまとめ、実際の住宅団地内にこれらの技術を適用したときに期待される効果を評価し、導入に当たっての提案を行った（図 12）。

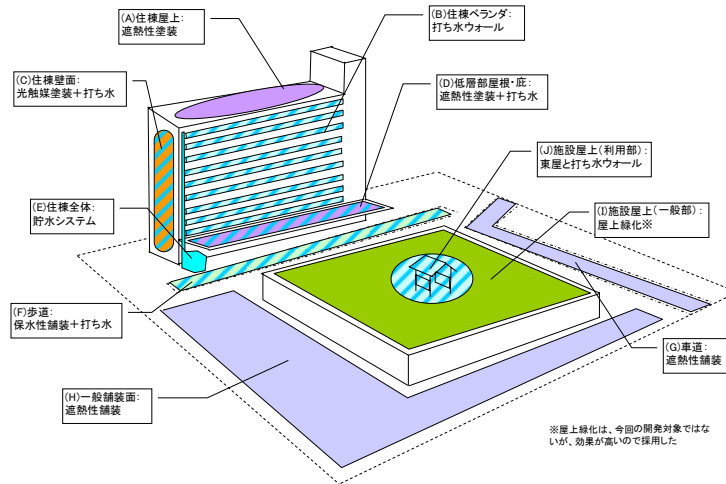


図 12

・残された課題

打ち水等により住棟を冷やす技術においては、効率的な散水システムの確立、ベランダ冷却における設置サイズのコンパクト化と夏季以外の利用方法が課題として残った。

打ち水等により屋外を冷やす技術においては、屋根散水における散水条件、側面冷却においては冷風の気流安定、壁面緑化との組み合わせ、舗装面の熱低減においては、打ち水用水の集水・貯留に課題が残った。

水の確保と散水においては、貯水効率の改善及び最適化、貯水槽の設置場所の確保、貯水槽総容量の最適化が課題として残った。

3. 今後の展開

都市機構は、二酸化炭素の削減に向けての取り組みを進めているところであり、平成 25 年度までに平成 17 年度比 1 割以上の削減を目指している。団地全体に複合的に地域自然冷房を導入する本技術開発の成果は、都市機構の取り組みに寄与できるものと考えられることから、今後の実団地での導入が期待される。

技術開発成果報告書

事業名 ・住宅等におけるエネルギーの効率的な利用に資する技術開発	課題名 片面開口居室における通風・換気性状の研究												
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要</p> <p>市街地の中高層建物では、建築計画上の制約から、居室の片側壁面上のみに開口窓が設置されて自然通風・自然換気が行われることが多い。しかしながら、片面開口居室に、両側に開口を備える居室ほどの通風効果を期待することは難しいといえる。このような現状が数多く見られるが、片面開口時の通風・換気を対象とした検討は、意外にも多くは成されていない。</p> <p>こうした背景の下、片面開口を余儀無くされる居室においても、環境負荷の低減や快適性の確保が担保できる程度に自然通風利用を促進すべく、以下の諸点に関する技術開発を行った次第である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サッシ組込型・双方向換気システム ・縦軸回転窓による換気手法の開発 ・通風量予測手法の開発 <p>(2) 実施期間 (平成17年度～平成18年度)</p> <p>(3) 技術開発に係った経費 実施期間の合計： 29,448.460 千円 (うち補助金の額 14,510.873 千円) <内 訳> 平成17年度： 19,021.746 千円 (うち補助金の額 9,510.873 千円) 平成18年度： 10,426.714 千円 (うち補助金の額 5,000 千円)</p> <p>(4) 技術開発の構成員 総括： 東京大学 生産技術研究所 教授 加藤 信介 テーマ(1)～(3)兼任</p> <p>(1) サッシ組込型、双方向換気システム 三協立山アルミ株式会社</p> <table border="0" data-bbox="510 1388 1228 1556"> <tr> <td>ビル建材事業本部</td> <td>設計部 設計技術課</td> <td>野村 吉和</td> </tr> <tr> <td>ビル建材事業本部</td> <td>設計部 設計技術課</td> <td>堀 剛文</td> </tr> <tr> <td>ビル建材事業本部</td> <td>営業開発部</td> <td>岩瀬 静雄</td> </tr> <tr> <td>技術開発統括部</td> <td>機能技術部</td> <td>大浦 豊</td> </tr> </table> <p>(2) 縦軸回転窓による換気手法の開発 東京大学 生産技術研究所 准教授 大岡 龍三 東京大学生産技術研究所 特任研究員 河野 良坪</p> <p>(3) 通風量予測手法の開発 東京大学 生産技術研究所 准教授 大岡 龍三 東京大学生産技術研究所 特任研究員 河野 良坪 三協立山アルミ株式会社 ビル建材事業本部 営業開発部 森 勝彦</p> <p>※ 所属名称は、現時点の名称としている。</p>		ビル建材事業本部	設計部 設計技術課	野村 吉和	ビル建材事業本部	設計部 設計技術課	堀 剛文	ビル建材事業本部	営業開発部	岩瀬 静雄	技術開発統括部	機能技術部	大浦 豊
ビル建材事業本部	設計部 設計技術課	野村 吉和											
ビル建材事業本部	設計部 設計技術課	堀 剛文											
ビル建材事業本部	営業開発部	岩瀬 静雄											
技術開発統括部	機能技術部	大浦 豊											

(5) 取得した特許及び発表した論文等

取得した特許

1. 特願 2008-036121 換気方立 (出願中)
2. 意匠登録 1321781～1321792 カーテンウォール用方立構成材

[学術雑誌]

- 1) 加藤信介, 河野良坪, 大岡龍三, 高橋岳生、「Wind Tunnel Experiment on Characteristics of Ventilation with Single-Sided Opening in Uniform Flow」、International Journal of Ventilation Volume 5 No1, P.171-178, 2006年
- 2) 河野良坪, 加藤信介, 大岡龍三, 高橋岳生、「片壁面上のみに開口を有する居室の換気性状に関する研究(その1) 横風時における単一開口換気の特性に関する実験的研究」、日本建築学会環境系論文集 No. 611, P.29-35, 2007年1月
- 3) 河野良坪, 加藤信介, 大岡龍三, 高橋岳生、「片壁面上のみに開口を有する居室の換気性状に関する研究(その2) 風下開口に対する風上開口のクロスコンタミネーションに関する検討」、日本建築学会環境系論文集 No. 616, P.45-50, 2007年6月
- 4) 河野良坪, 加藤信介, 大岡龍三, 高橋岳生、「片壁面上のみに開口を有する居室の換気性状に関する研究(その3) 横風時における片側開口居室の換気量予測」、日本建築学会環境系論文集 No.626, P.437-443, 2008年4月
- 5) 河野良坪, 加藤信介, 大岡龍三, 高橋岳生, 黄弘「バルコニーを有する居室の換気性状に関する研究(その1) バルコニーを有する居室の横風時における換気性状に関する風洞実験」、日本建築学会環境系論文集 No.629, P.895-902, 2008年7月

[学会発表論文](他7報)

- 6) ○堀剛文, 加藤信介, 河野良坪, 高橋泰雄, 野村吉和, 森勝彦, 岩瀬静雄「片側開口建物の通風性状に関する研究(その5): ウィンドキャッチャーをもつ換気部材の特性把握と現場における換気性状の確認」、日本建築学会, No.41426, 関東, 2007年9月
- 7) ○岩瀬静雄, 加藤信介, 河野良坪, 堀剛文, 森勝彦, 高橋泰雄, 野村吉和「片側開口建物の通風性状に関する研究(その6): 片側開口を有する実在居室の換気実測、及び新型開口の開発」、日本建築学会, 関東, 2007年9月

2. 技術開発の成果

(1) 技術開発の先導性

・サッシ組込型・双方向換気システム

居室外壁面上における2箇所以上の細長いすきま開口から、外壁面上に流れる気流をスムーズに室内側に誘引を目的とした換気装置の開発を行った(写真1参照)。これは、建物外観にほとんど一切の変更を加えずに、双方向の風に対して有効に片面開口通風を行うことが可能となる。本換気装置には風速の上昇に従い内部抵抗が増す仕掛けを有し、外部風が著しく過大で換気に適さない程度に上昇した場合においても、自動的に風路幅が狭まり通風量の調整がなされる。

・縦軸回転窓による換気手法の開発

従来から普及している縦軸回転窓の内開き部分は室内において物理的な障害となり、また、ブラインドが少しでも下がれば開口角度が限定され、日射の遮断と通風の両立は難しい。実際に縦軸回転窓を全開(90度)状態で使用する機会は少なく、本来の通風・換気性能が活かされていない。こうした問題点に対して、開口の上下をそれぞれ外開きとすることで、室内側に物理的な障害が生じず、且つ、通風と呼べる程度の換気量を確保可能な、「上下外開き窓」開発を行った(写真2参照)。

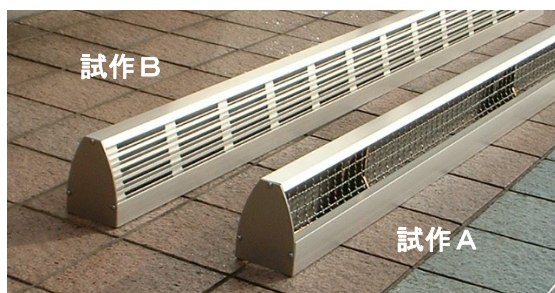


写真1 ウィンドキャッチャー

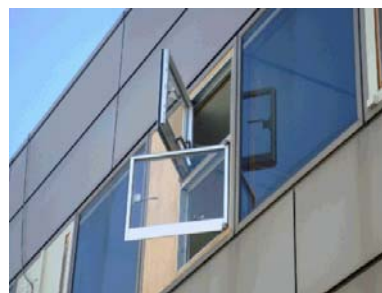


写真2 上下外開き窓

- ・通風量予測手法の開発

本技術開発で提案を行った片面開口時の換気量予測は、換気量を従来の壁面の風圧係数差に結び付けて予測するのではなく、壁面に平行に流れる風の速度から予測する点に特徴がある。

(2) 技術開発の完成度

補助事業期間内では、「サッシ組込型・双方向換気システム」、「上下外開き窓」を共に試作し、風洞実験、及び、実居室での性能検証を行った。通風性能検証、及び、風切音について調査し、装置としての有効性を確認すると共に、製品化に必要な基礎技術の構築が完了している。

「通風量予測手法」については、風洞実験で採取したデータから開口毎の通風性能を示す係数を取得し、主に CFD 等で求まる開口近傍風速と想定開口面積を拠所とした片側開口居室の換気量を簡易に予測可能である。予測精度は実居室での換気量測定を通して検証し上々の結果を得ている。現在、三協立山アルミにおいては、本予測式を、開口窓設計時における換気量予測に利用している。

(3) 実用化・市場化の状況

- ・ 現在、「サッシ組込型・双方向換気システム」、及び、「上下外開き窓」の商品開発、及び、提案活動を継続している。特に「サッシ組込型・双方向換気システム」については、東京内の高層集合住宅物件へ採用され、現在、実施設計の最中にある。尚、事前の換気量予測には、本技術開発成果である通風量予測手法を活用している。

- ・ 「片側開口居室の自然通風利用に関するシンポジウム（主催：東京大学生産技術研究所 附属計測技術開発センター、2007年11月）」を開催した。同シンポジウムにおいて、古谷 誠章 先生（早稲田大学）、山中 俊夫 先生（大阪大学）の講演を含め、広く現状の換気設計の現状をレビューし、建物居室の片側開口による風力換気の将来動向に関する議論を通して、本助成事業より得られた「通風量予測等」の知見の建設業界関係者への周知を図った。

(4) 技術開発に関する結果

- ・ 成功点

本技術開発の成果は、新築時のみならず開口窓の改修時にも適用が可能であり、普及させるにあたっての技術的課題もさほど大きいものではない。性能についても（2）に示す通り良好な結果を得ている。

- ・ 残された課題

「サッシ組込型・双方向換気システム」、及び、「上下外開き窓」の換気性能は良好であり、基本的な通風面の課題はクリアしているものと見える。残された課題は、普及を念頭においたデザイン化、生産コストの低下、人間が扱い易い開閉機構の開発などを、防水性、遮音性を損なうことなく、実現させる点にある。

「通風量予測」については、正面風の検討、バルコニー側開口による換気性状の解明などの検討を進め、また、本予測式が全国的に使用が可能であるという論拠を固め、運用に資するソフトウェア面の充実を行うことが適切である。

3. 今後の展開

今後も、提案活動を通して関係各方面より関心を集め、普及を図ると同時に、スリムで機能的な新型換気装置の開発も進めていく。現在、集合住宅案件において、本成果を反映した商品による換気計画の提案を行っており、更に次なる実用化に向け準備を進めている。また、一部の成果に関しては意匠登録を出願中であるが、今後も、デザイン性、省エネルギー性、実用性、水密性、安全性などを共存させるべく、更なる形状を模索していく。

本技術開発により、片面開口を余儀無くされる居室においても、環境負荷の低減や快適性の確保が担保できる程度の自然風利用の路を開く設計提案が可能となる。

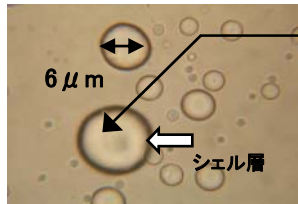
技術開発成果報告書

事業名 ・住宅等におけるエネルギーの効率的な利用に資する技術開発	課題名 潜熱蓄熱粒子を用いた蓄熱機能建材に関する技術開発
--	--

1. 技術開発のあらまし

(1) 概要

パラフィンワックス（蓄熱成分）をコアとし、ウレタン樹脂をシェル層とする新規なマイクロカプセル型蓄熱粒子を開発した。従来のシェル層がアクリル系樹脂からなる蓄熱粒子は加熱するとパラフィンワックスが抜け易いのに対して、ウレタン樹脂をシェル層とすることでバリエーション（加熱減量特性）を向上させることができた。



蓄熱成分：パラフィンワックス
 融解ピーク温度26℃

項目	実機成形用試作品	従来品
固形分	33%	45%
平均粒子径	6 μm	11 μm
シェル層	ウレタン系樹脂	アクリル系樹脂
蓄熱量	70kJ/kg	70kJ/kg
加熱減量	1%	3%

石膏ボードの生産に同期可能な、連続的に蓄熱粒子の供給が可能なパイロット生産機を開発した。従来のアクリルタイプの蓄熱粒子の製造プロセス（バッチ式）の約1/10のコストである。

蓄熱石膏ボードの実機試作を3回実施した。厚さ12.5mm、蓄熱粒子含有量3kg/m²である。主要物性には問題なかったが、パラフィンワックス（VOC規制の対象外物質）の放散が検出された。

茨城県つくば市の実験棟に蓄熱石膏ボードを施工し、平成18年秋から平成19年冬まで実大実験を行なった。その結果、空調負荷削減および室温変化幅の低減を確認できた。また、蓄熱石膏ボードによる空調負荷予測および温熱効果予測を可能とするため、相変化温度近傍における比熱挙動のモデル化を行い、シミュレーションソフトを開発した。シミュレーション結果と平成18年秋から平成19年冬の実大実験データとは良く一致していた。

商品化にあたっては、現在VOC規制値がないパラフィンワックス（n-ヘプタデカン、n-オクタデカン）の安全上の扱いが大きな課題となっている。これらが解決されれば、蓄熱石膏ボードを住宅に用いることで暖冷房負荷を10%削減でき、CO₂排出削減に貢献できる。

(2) 実施期間

平成17年8月5日 ～ 平成19年3月31日（平成17年度～平成18年度）

(3) 技術開発に係った経費

実施期間の合計： 176,778千円（うち補助金の額 88,389千円）

<内訳>

平成17年度： 79,458千円（うち補助金の額 39,729千円）

平成18年度： 97,320千円（うち補助金の額 48,660千円）

(4) 技術開発の構成員

[平成17年度]

積水化学工業株式会社

主任技術開発者（高機能プラスチックカンパニー開発研究所開発企画室 室長 山本 明弘）

技術開発担当者（高機能プラスチックカンパニー 中田 泰詩、五藤 昌彦）

（住宅カンパニー 松元 建三、堤 正一郎）

吉野石膏株式会社

主任技術開発者（技術研究所 副所長 横山 至）

技術開発担当者（安宅 勇二、勝本 浩志、多田 勝見、佐藤 大輔）

[平成18年度]

積水化学工業株式会社

主任技術開発者（高機能プラスチックカンパニー開発研究所 所長 中壽賀 章）

技術開発担当者（高機能プラスチックカンパニー 中田 泰詩、五藤 昌彦）

（住宅カンパニー 松元 建三、堤 正一郎）

吉野石膏株式会社

主任技術開発者（技術研究所 副所長 横山 至）

技術開発担当者（安宅 勇二、勝本 浩志、吉田 優、川村 保雄、佐藤 大輔）

（５）取得した特許及び発表した論文等

取得した特許（申請中）

1. 特許 WO2007-114185 号公報 "Process for production of resin-coated heat accumulator particles" 中田, 五藤

発表した論文

1. 特集記事 平成18年9月8日 ハウジング・トリビューン、No. 310（創樹社）
積水化学工業株式会社 住宅カンパニー 松元 建三

「蓄熱機能建材 昼の太陽熱を蓄え夜暖かく過ごす 潜熱蓄熱で省エネと快適性を両立」

2. 論文 S B O 8（メルボルン、平成20年（2008年）9月21日）に登録済み

Sekisui Chemical Co.,Ltd.

Masahiko GOTOH, Mineo SAGARA, and Yasushi NAKATA

"Novel PCM microcapsules for residential houses"

2. 技術開発の成果

（１）技術開発の先導性

①粒子技術

従来の粒子技術と比べて、バリエーション性に優れ、連続生産可能な新規な蓄熱粒子を開発できた。本開発プロセスは、表1に示すように従来プロセスに比べ反応時間、設備価格において優位である。

表1 パイロット設備の検討結果

項目	従来アクリル樹脂系	本開発プロセス
反応方式	バッチ重合	高速分散連続反応
反応時間	約10時間	5分
設備価格	～8億円	～2億円

注：固形分100トン/月 原料供給、製品搬送系、建屋含まず

②製品技術

蓄熱石膏ボードの場合、焼石膏に対して約40%という大量の蓄熱粒子を配合することになる。このような技術は今までにないといえ、新たな石膏ボードの製造技術といえる。また、蓄熱粒子エマルジョンは約30%の固形分であり、残りは水分となる。蓄熱石膏ボードを製造する際にこの水分を焼石膏との混練水に用いることで、蓄熱石膏ボードの製造が可能となった。

③評価技術

潜熱蓄熱建材を用いた住宅の空調負荷予測および温熱効果予測を可能とするため、既存のシミュレーションソフト（AE-Sim/Heat）を改良し、比熱（熱容量）を部材温度により変化させることが出来る機能を開発した。この機能改良により、任意の温熱特性を有する潜熱蓄熱建材の効果予測が可能となった。

（２）技術開発の完成度

①粒子技術

マイクロカプセル型蓄熱粒子の基本組成と製造プロセスを確立することができた。

- ・ マイクロカプセルのシェル層としてウレタン系樹脂を選定した。
- ・ 石膏ボードの生産に同期可能な連続製造プロセス（パイロット機）を確立した。

②製品技術

蓄熱石膏ボードの基本的な製造技術を確立することができた。

- ・ 蓄熱粒子エマルジョンを適切なポンプで圧送し、焼石膏と混練する方法を確立した。
- ・ 建材化可能な蓄熱粒子エマルジョン・石膏の組成を検討し、実機試作のための配合量を決定した。
- ・ 製造プロセス検討では、粒子の投入設備を検討導入し、工場ラインでの試作が可能となった。
- ・ 粒子投入機器の開発と検証を行い、石膏ボード製造ラインに蓄熱粒子を安定供給する設備を導入し、石膏と蓄熱粒子を安定して混練できた。
- ・ 平成17年度に1回、平成18年度に2回の試作を行い、蓄熱建材が製造可能な事を確認した。試作した蓄熱石膏ボードは、JIS A 6901で規定される強度物性を満たし、内装用建築材料（壁材）としての機能を担保することができた。
- ・ VOC規制の対象外物質であるが、蓄熱材の主成分であるn-ヘプタデカン、n-オクタデカンの放出が観察された。

③評価技術

開発したシミュレーションソフトで暖冷房負荷削減率（省エネ）を予測できた。表2に既築物件でのシミュレーション結果を示す。暖冷房負荷では10%の負荷削減効果が得られることが分かった。（新築物件でも同等の削減効果が得られることは確認済である。）この効果をCO₂排出削減効果として算出すると、約7.7万トン/年の削減効果が見込める。（採用率が、新築物件で10%、ストック住宅の省エネリフォームに1%採用の場合）

表2 既築物件での空調負荷シミュレーション結果

蓄熱石膏ボードの有無	空調負荷 [G J]			負荷削減率 [%]		
	暖房	冷房	暖冷房	暖房	冷房	暖冷房
無	10.3	4.6	14.9	—	—	—
有(融解ピーク 26°C)	9.4	4.0	13.4	9%	13%	10%

④補助終了後に進展している事項

燃焼性能が、コーンカロリメーター試験において木質材料並であることを確認した。蓄熱石膏ボードは「内装用建築材料」と考えられるので、木質材料並の燃焼性能であれば使用できる。

(3) 実用化・市場化の状況

蓄熱成分であるn-ヘプタデカン、n-オクタデカンのVOC規制値が現状では存在しないので、自主判断により平成19年度に予定していた実邸への施工試験は中断している。

(4) 技術開発に関する結果

・成功点

石膏ボードの生産量に同期して蓄熱粒子エマルジョンを製造でき、蓄熱石膏ボードを製造する際に蓄熱粒子エマルジョン中の約70%の水分を焼石膏との混練水に用いることで、蓄熱石膏ボードの製造コストが極限まで抑えられること。

・残された課題

市場導入のために、n-ヘプタデカン、n-オクタデカンのVOC規制に関する情報収集（海外情報を含む）と、それらの情報提供を関連機関に行っていく必要がある。

3. 今後の展開

・実用化・市場化に向けた対応

実邸への試験導入を経て、NEDO 住宅・建築高効率エネルギーシステム導入促進事業に、リフォーム材として申請・応募する計画である。

・海外動向の把握

EU圏では、大手化学メーカーであるBASF社とDuPont社が販売を行っており、今後の進捗を注視する必要がある。日本国内にあっては、両社に遅れをとらないように先行して行きたい。

技術開発成果報告書

事業名 ・住宅等におけるエネルギーの効率的な利用に資する技術開発	課題名 集合住宅における風力利用ハイブリッド換気システム及び導入支援技術の開発
-------------------------------------	--

1. 技術開発のあらまし

(1) 概要

本技術開発は、集合住宅における換気に係るエネルギー消費の削減を目的とし、風力を利用したハイブリッド換気システムの構築と、システム導入の支援技術として、設計、性能評価、及び省エネルギー性の検討に必要な風圧予測のためのデータベース構築を行った。

1) ハイブリッド換気システムの開発

①サッシ開口部と一体となったハイブリッド換気システム（以下サッシ式）を開発し、試作を行った（図1）。

②実大の建物に試験的に施工を行い、システムとしての総合的な性能検証を実施し、その有効性を確認することが出来た（図2）。

2) ハイブリッド換気システムの導入支援技術の開発（図3 囲み部）

①構成員らがこれまでに作成した風圧係数データベース及び、それを扱うためのプログラムを改良して作業性を高め、換気検討時における住戸単位での風圧係数の設定を容易にすることが出来た。

②有限であるデータベースを拡張する手法として、ニューラルネットワークによる予測方法を検討し、一定の精度を持った予測が可能であることを明確にした(図4)。また、隣接する建物による影響をデータベースに反映させる方法についてもあわせて検討した。

③ハイブリッド換気の利用頻度の検討において、気象データを用いた予測精度に問題がないことを確認した。



図1 ハイブリッド換気システムの設置状況

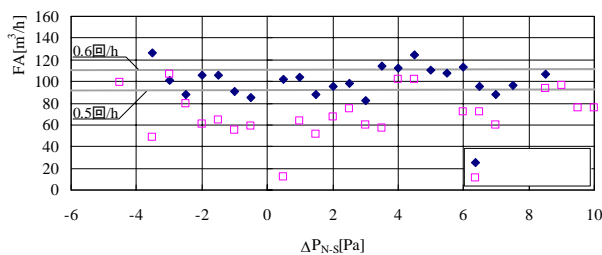


図2 ハイブリッド換気運転時の換気性状

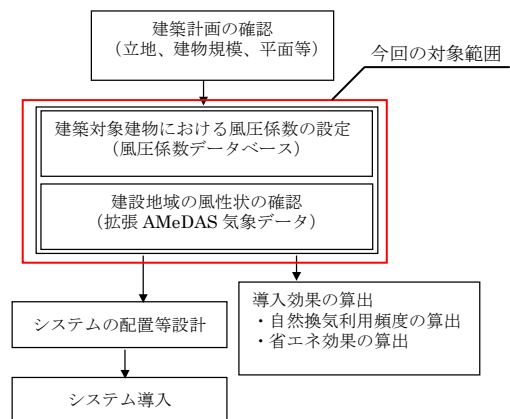


図3 システム導入フロー

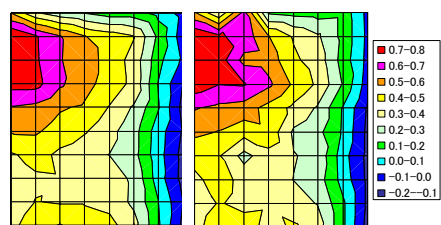


図4 ニューラルネットワークによる風圧予測結果

(2) 実施期間

平成17年度～平成18年度

平成17年8月5日～平成19年3月31日

(3) 技術開発に係った経費

実施期間の合計： 18,908千円（うち補助金の額 9,202千円）

<内 訳>

平成17年度： 7,568千円（うち補助金の額 3,784千円）

平成18年度： 11,339千円（うち補助金の額 5,418千円）

(4) 技術開発の構成員

西松建設株式会社 技術研究所 技術研究部 鹿籠 泰幸、佐々木 亮治

建築設計部 設備設計課 佐藤 健一

三協立山アルミ株式会社 技術開発本部 技術開発二部 杉森 真一、高橋 泰雄

ビル建材事業本部 設計部 設計技術課 野村 吉和

(5) 取得した特許及び発表した論文等

取得した特許

なし

発表した論文

1. 平成19年8月 日本建築学会大会（福岡大学）（西松建設株式会社 佐々木 亮治）

タイトル：自然換気・通風設計のための風圧予測手法に関する研究

（その10）ニューラルネットワークによるCp値の学習

2. 平成19年8月 日本建築学会大会（福岡大学）（三協立山アルミ株式会社 高橋 泰雄）

タイトル：自然換気・通風設計のための風圧予測手法に関する研究

（その12）一定幅単純投影モデルの隣接建物風圧影響予測における有効性の検討（その2）

2. 技術開発の成果

(1) 技術開発の先導性

集合住宅はその建築構造上、温度差換気を期待する事ができない為、自然換気を利用したハイブリッド換気システムの実現には、風力を利用したシステムの開発が必要とされる。現時点において実用化されているシステムは構成員が過去に開発したダクト式のシステムのみであり、市場におけるハイブリッド換気の浸透率は決して高くはない。今回開発したサッシ式のシステムを市場に新たに導入し、多様化させることで、ハイブリッド換気の普及促進を期待する事が出来る。

加えて、その導入効果を適切に予測するためには、建物に加わる風圧予測が重要であるが、自然通風換気の観点からの研究事例は少なく、設計手法として落とし込んだ例は皆無である。今回実施した換気設計のための風圧係数データベースの整理、データ拡充による、より実用的なデータベースの確立は、ハイブリッド換気の普及促進に寄与する物と言える。

(2) 技術開発の完成度

これまで実施した技術開発により、ハイブリッド換気システムとしての技術は概ね確立したと言える。制御器等の一部においては、製品化までに至っていないが、市場への落とし込みと同時に対応する予定である。

一方、導入支援技術の開発については、これまでのデータ蓄積と、今回のツールの改良により、一定レベルの検討を実施するには十分な設計資料が整備されたと言える。データ拡充にはニューラルネットワークによる予測手法がかなり期待できることより、継続して研究を進め、データの拡充を実施していく必要がある。

(3) 実用化・市場化の状況

ダクト式のハイブリッド換気システムについては、本技術開発実施前より市場への投入をしており、これまでに累計300住戸程度の導入を行っており、加えて本技術開発の成果を利用し、学校に対応したハイブリッド換気システムを新たに開発、市場に導入開始した。サッシ式のシステムについては、システム部材が完成次第、設計折込みを開始し、市場への導入を図る。また、導入支援技術については、残された課題に対する検討を継続する必要があるものの、プログラム

改良により作業性が向上し、ダクト式のシステムはもちろん、構成員が取り組んでいる商用ビル向けの自然換気システムの設計にも活用し、建築におけるエネルギー削減に貢献している。

さらに、対外的な技術提案は随時実施しており、平成19年5月に開催された住宅の機械換気に関する国際ワークショップ（国総研、建研主催、図5）に開発システムを展示、プレゼンを実施する等、構築した技術の普及促進に努めている。

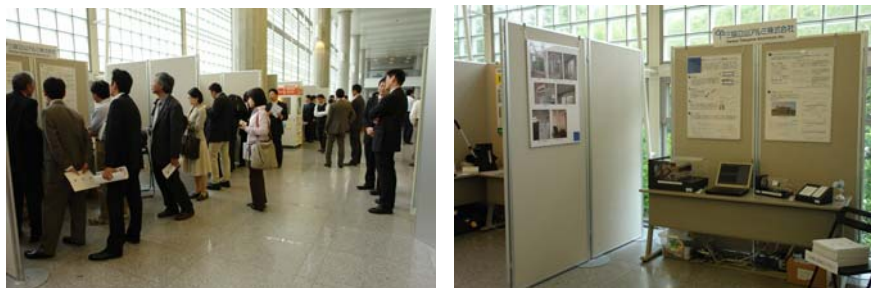


図5 機械換気国際WSでの展示状況

(4) 技術開発に関する結果

・成功点

- ①サッシ式のハイブリッド換気システムの開発をほぼ完了し、その有効性を検証することが出来た。
- ②風圧係数データベースを扱うためプログラムを改良し、実設計時の検討精度、効率を高めることが出来た。
- ③有限である風圧係数のデータベースを拡張する方法として、ニューラルネットワークによる予測方法が有効であることを確認できた。
- ④ハイブリッド換気の利用頻度の検討において、気象データを用いた予測精度に問題がないことを確認できた。

・残された課題

- ①サッシ式システムの製品化完了と市場への導入
- ②システムのVE（市場における常時換気システムの大半はダクトレスの第三種換気システムであり、それに対抗し、普及を促進するためのコスト低減）。
- ③ニューラルネットワークを用いた風圧係数拡張のプログラムへの対応及び、隣接建物の影響を考慮する手法の確立。

3. 今後の展開

上記課題の解決に努め、サッシ式ハイブリッド換気システムの早期の市場導入を目指す。

また、実用化後の普及に際して、構成員2社の関わる物件において積極的に導入の提案を行い、実績を作り普及を促進する。そして、この採用物件の関係者を通して第3者が採用していくために2社が技術マニュアルをベースとした技術支援を行い、2社以外の物件に広まることを目指す。

技術開発成果報告書

事業名 ・住宅等に係る省資源、廃棄物削減に資する技術開発	課題名 施水・施肥・剪定不要の廃棄物利用の屋上緑化に関する技術開発
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要</p> <p>施水・施肥・剪定不要の廃棄物利用の屋上緑化に関する技術開発</p> <ul style="list-style-type: none">●山間部等の竹林の保全で伐採される竹廃材の有効活用方法と都市部のヒートアイランド現象の改善を目的とすることが目的である。●この技術は竹から製造される竹炭と当社開発の基材（ノラクル）を使用するものである。●緑化資材を新規に開発した製造方法で低コストでの大量生産することを目指す。●竹炭を用いたことで軽量で屋根に負担を掛けず、メンテナンスフリーによって設置後は維持管理のコストを低減させる緑化資材を開発した。 <p>(2) 実施期間</p> <p>平成 18 年 4 月 28 日～平成 19 年 3 月 30 日</p> <p>(3) 技術開発に係った経費</p> <p>実施期間の合計： 4,063 千円（うち補助金の額 1,947 千円） <内 訳></p> <p>平成 18 年度： 4,063 千円（うち補助金の額 1,947 千円） 平成 17 年度： 0 千円（うち補助金の額 0 千円）</p> <p>(4) 技術開発の構成員</p> <p>株式会社 神垣組 代表取締役 神垣三次 有限会社 平田工業所 代表取締役 堀川五治郎</p> <p>(5) 取得した特許及び発表した論文</p> <p>特許出願中 （緑化ブロックの製造方法） 出願番号2006-48802 特許出願中 （緑化用ブロック） 出願番号 2006-87894</p> <p>取得した特許</p> <p>1. なし</p> <p>発表した論文</p> <p>1. なし</p>	

2. 技術開発の成果

(1) 技術開発の先導性

設置するだけでメンテナンスフリーの緑化が可能な“チャコグリーンボード”を、ビル屋上・道路の分離帯・護岸帯等へ設置し、ヒートアイランド現象の低減に貢献したい。

(2) 技術開発の完成度

- ・ 量産化のめどがついた。
- ・ 施工のめどがついた。
- ・ 利用植物を限定できた。

(3) 実用化・市場化の状況

PR資金不足の為パンフレット等の営業展開を中止中です

(4) 技術開発に関する結果

- ・ 成功点

①製造に関する技術開発

これまでの検討してきた緑化資材は、炭化物が含有された上層とされていない下層についてそれぞれコンクリートを打設・養生し、最終的に張り合わせを行ってきたが、製品製造までに最短でも数日必要な為大量受注に応えられない、コストが大幅に上昇するという問題点があった。そこで圧縮打設式製造技術を導入したところ2時間で打設できる技術を確立した。

軽量化にも成功し、30kg/m²というこれまでにない既設建物に荷重影響を少なくした製品づくりを達成した。また、搬送方法については、開発したかさ上げパレットにより搬送することで、高次積載が可能となり、搬送費の大幅な低減を図ることに成功した。

②利用植物の検討

屋上緑化に用いる植物についてはこれまで様々検討なされている。緑化の効果を最大限に引き出すために大型の樹種を用いたり、芝を敷き詰めたりする事例がある。我々はヒートアイランド現象の低減を第1のミッションを捕らえること、普及を促進するためにメンテナンスフリー、イニシャル投資の低減を目指して、手間のかからない植物を選定したところ、セダム類が条件を満たすことがわかった。そこで、セダムを専門に扱っている園芸業者からアドバイスを受けながら、セダムがギリギリで生育可能なブロック形状を見出し、実際にセダムを植栽したところ、施水をなしでも夏場を乗り切る条件を見出した。

③緑化コンクリートの有用化の確認

本技術では植物を融合させた資材である。植物は生き物であるため気候による成長の変動や風水害の影響も年によって異なる。また、屋上気温の低減を目指した資材であるため、夏場の高温、冬場の低温の変化を観察する必要があるが、この項目についても季節変動がある。擬似的な環境での検証についてはその効果を確認済みであるが、夏場の実証検証は来年度実施する予定である。搬送や設置に関してはその有用性を十分に検証することができた。植物に関する専門の知識がない作業員でも容易に設置することが可能であることを実証できたことから、マーケットが広がる可能性を秘めている。

- ・ 残された課題

実用化に向けての市場調査、経済的普及効果提携企業調査等販売出来るか否かの調査が必要

3. 今後の展開

- ・ 実用化に向けての販売ルート等の研究
- ・ 販売に向けての資金調達法の検討

技術開発成果報告書

事業名 ・住宅等に係る省資源、廃棄物削減に資する技術開発	課題名 環境配慮型「建設共同輸配送・トレーサビリティシステム」の技術開発
---------------------------------	---

1. 技術開発のあらまし

(1) 概要

本技術開発事業では、建設ロジスティクスの改革を目的とし、図1に示すように、複数建設現場の物流と情報を集約する拠点となる共同輸配送センター（Logistics Service：LS）を建設資材メーカーと建設現場間に新設し、以下の二つの情報システムのプロトタイプを開発した。このシステムを活用して、物流情報を一元的に管理することで、共同配送等の新しい物流方式の可能性を検証するために、年度ごとに実証実験を実施した。

A. 建設資材の共同輸配送システム

LSからメーカー工場に対して大型車両を用いて資材を巡回引取りし、LSで開梱や積み合せを実施する。1つの建設現場に対する複数品目資材の積み合せや、複数の建設現場への巡回配送によって、トラックの積載効率を高める。この結果、建設現場での余剰材・残材の削減や、トラック台数の減少に伴うCO₂の削減等、環境負荷の低減を図る。LSでは物流管理システムにより、複数建設現場内の揚重や現場外のトラック輸配送情報を一元管理する。これにより、開発した物流計画システムで全体最適な物流計画の立案が可能となり、物流作業および管理業務の効率化を図る。LSで計画された計画情報はインターネットを通じ、メーカー、運送会社、揚重会社、建設現場に送信され、輸配送や揚重を実施する。

B. 建設資材情報トレーサビリティシステム

LSからの建材の出荷検品と、建設現場での搬入検品を効率的に行うシステムである。建材の「配送単位」あるいは「製品単位」ごとに資材にICタグを装着し、LSや建設現場の各拠点で配送履歴情報を収集する。共同輸配送では、複数の建設現場に対して巡回して荷おろしするため、それぞれの建設現場に正確に配送したかを確認する必要がある。ICタグによって、出荷・入荷データを即座に可視化できるので、リアルタイムな配送状況の確認ができる。

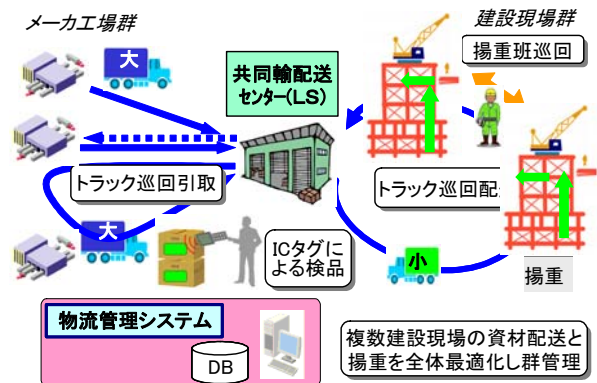


図1 システムの全体構成

(2) 実施期間

平成17年度～平成18年度

(3) 技術開発に係った経費

実施期間の合計： 72,747千円（うち補助金の額 35,600千円）

<内 訳>

平成18年度： 32,745千円（うち補助金の額 15,600千円）

平成17年度： 40,002千円（うち補助金の額 20,000千円）

(4) 技術開発の構成員

早稲田大学（総合研究機構 ロジスティクス研究所 顧問 椎野潤）

株式会社大林組（技術研究所 生産技術研究部 主任研究員 浜田耕史）

株式会社竹中工務店（技術研究所 先端技術研究部 主任研究員 多葉井宏）

株式会社日立製作所（情報・通信グループ IDソリューション事業部 主任技師 荻原正樹）

株式会社イー・クラッチ（代表取締役 櫻井智明）

(5) 取得した特許及び発表した論文等

取得した特許

特になし

発表した論文

1. 平成 18 年 7 月 日本建築学会建築生産シンポジウム (大林組 技術研究所 浜田耕史)
環境配慮型建設共同輸配送・トレーサビリティシステムの開発
2. 平成 18 年 9 月 日本建築学会大会 学術講演会 (早稲田大学 椎野潤ほか)
建設共同輸配送・トレーサビリティシステムの開発 その 1～その 6
3. 平成 18 年 10 月 U-Construction Conference 韓国：建設新聞社主催 (大林組 浜田耕史)
Application on Construction Sites for Information & Ubiquitous Technology
4. 平成 19 年 8 月 日本建築学会大会 研究協議会 (大林組 技術研究所 浜田耕史)
建築施工におけるユビキタス技術利活用の取組み事例
5. 平成 19 年 9 月 国際建設ロボットシンポジウム ISARC (大林組技術研究所 金子智弥)
DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION LOGISTICS SYSTEM USING RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION

2. 技術開発の成果

(1) 技術開発の先導性

循環型社会構築のための先導的な要素技術の研究開発は様々な分野で実施されている。しかし、開発された要素技術を組み合わせ、社会経済システムとして実現させるための研究開発はきわめて重要であるにもかかわらず、多岐にわたる研究者や機関が共同する必要があるため、その実施事例は非常に少ない。建設ロジスティクス等の社会システムからのアプローチは、ほとんど成されていない。

建設大手企業では、自社内で IT 利用の生産システムの改革を進めているが、単一企業レベルでの取組みに過ぎない。産業レベルの改革を実現するには、情報基盤整備のシステム技術開発や、生産(物流)情報の共有化/標準化が必要となる。本研究開発では、複数工事の生産情報を集約化することで全体最適を行うものであり、この種の実際の研究開発や実践はほとんど無く、その先導性は高い。

(2) 技術開発の完成度

本補助事業にて建設資材の共同輸配送システムおよび建設資材情報トレーサビリティシステムの開発を行い、首都圏の一部の工事現場を対象に実証実験することで実務的な検証を行った。これにより、共同輸配送を実施するために必要なシステムのプロトタイプを完成させることができた。今後、共同輸配送の実運用に移行する過程で、プロトタイプシステムから実用版システムへの改良を行う予定である。

(3) 実用化・市場化の状況

建設資材共同輸配送を実用化するためには、事業採算性やCO₂削減効果などを踏まえた場合、多くの建設資材を扱う必要があり、その荷主であるメーカーの協力が不可欠である。現在、実運用開始に向け、メーカーや専門工事会社に対してシステム参画のための協議を実施している。物流費用の授受方式が確立することで、実用化は格段に進展することが予想される。また、大都市圏(東京、大阪、名古屋)の建材配送ビジネスでは、十分に採算が取れる可能性を含んでおり、その市場性は大きく、市場化も今後進展していくと予想される。

(4) 技術開発に関する結果

・成功点

平成 17 年度には、前述の二つのシステムのプロトタイプを開発し、10 月中旬から 12 月中旬にかけて、首都圏の集合住宅新築工事現場において、実験的に適用した。LS は東京都江東区に立地する運送会社の倉庫の一部(約 150 坪)を借用した。実験の対象建材は、外装タイル、長尺シート、クロス、電気機器、設備機器、石、木軸、木建具、額縁、棚板、木巾木、際根太、

二重床、フローリングなどであり、一部には海外からの輸入資材も含まれた。

さらに、この実地検証結果を受け、平成18年度はプロトタイプシステムの機能追加や改善を行い、実務的な検証を進めた。これら2年間の実地検証から、資材の積み合わせによる物流の効率化（車両を約3割削減）とそれに伴うCO₂削減効果（約22%削減）を確認した。つまり、物流管理プロトタイプシステムを用い、複数の集合住宅新築工事に関わる物流情報を一元的に管理することで、物流の効率化やCO₂の削減を実現できることがわかった。さらに、工事現場においても、出入りする車両が大幅に削減することで、近隣の交通渋滞緩和などの環境的な側面での効果も大きく、評価も高かった。



写真1 共同配送の状況
(複数品目を積み合せたトラック)



写真2 LSでの資材の保管状況
(クロスの保管状況)

・残された課題

一方、情報トレーサビリティシステムに関しては、共同配送には有効なツールではあるが、ICタグの技術が未成熟（建材の素材によっては、完全に情報を読み取れない）であること、ICタグ添付によって増加する手間や費用負担のためのビジネスモデルが未解決であること、業界内の標準書式などが未整備であること、などの点で実務導入には若干の時間がかかる。

3. 今後の展開

LSによる新しい共同輸配送システムに関しては、平成18年度の実地検証では、一部、共同配送時のルール・保険などの補償や物流費用の授受方法などの実務レベルについても試行した。2年間の研究開発・実地検証を通じて、建設会社の購買/工事部等の現業部門、資材メーカー、および専門工事会社からも賛同を得て、実用化に向けた協力体制も出来つつある。現在、これまで得られた研究開発成果に基づき、実運用レベル/商業レベルでのシステム構築に向けた検討を進めている。さらに、今後は、下記に示すような社会情勢からも技術開発成果の早期実用化が望まれる。

- ・環境配慮型施工が不可欠となり、共同配送への要請はさらに向上
- ・建設版 VMI (Vender Managing Inventory)、3PL (3rd Party Logistics) の進展
- ・静脈物流（廃棄物などの輸配送）との一体化によるさらなる物流効率化

一方、情報トレーサビリティシステムに関しては、前述のように実務導入には若干の時間がかかると考えられる。しかし、(財)ベターリビングが住宅部品のトレーサビリティ管理システムの構築を進めており、このシステムに資材メーカーからの物流/流通情報も集約することで、将来的には共同配送時にも流通履歴を参照できていくことと期待できる。特に、ICタグに関しては、様々な業界での実証実験や、以下のような取組みが進められており、技術的な進展が大いに期待できると共に、その市場性も大きい。

- ・UHF(Ultra High Frequency)帯 ICタグの展開
- ・低コストアンテナ製造技術の開発、低コスト実装技術の開発、ICチップサイズの小型化、等の技術開発（響プロジェクト）による低コスト化の推進

技術開発成果報告書

事業名 ・住宅等に係る省資源、廃棄物削減に資する技術開発	課題名 建設副産物(廃プラスチック)のマテリアルリサイクルシステムに関する技術開発
---------------------------------	--

1. 技術開発のあらまし

(1) 概要

大和ハウス工業㈱の工場デポ化システム[※]において、大和ハウス工業㈱竜ヶ崎工場に集積された廃プラスチック(PP バンド：ポリプロピレン製)を工場内に設置した廃プラスチックの破砕装置によって原料加工(一次加工)し、それらを品質および再生品化物に合わせた改質(二次加工)を行うことで、大和リース㈱で販売する折板屋根緑化システムの屋上緑化用トレイに再生する技術を確立できた。この技術の確立により、建設副産物がヒートアイランド対策技術の1つである屋上緑化技術の製品として再製品化することが可能となり、大和ハウスグループの連携によるクローズドリサイクルシステムを構築することができた。

※工場デポ化システム

各地の新築現場で発生した建設副産物を自社工場に集約し、選別や圧縮などの処理を行い、自社工場のリサイクルルートに乗せる「工場デポ」(右図参照)という独自のリサイクルシステム

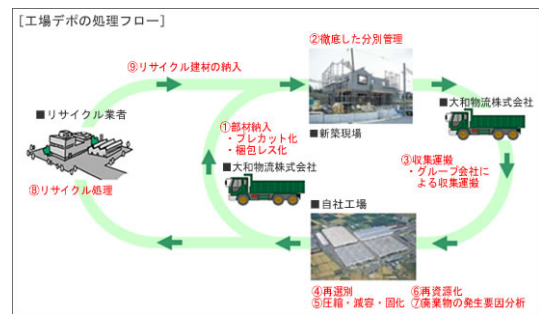


図 1. 工場デポ化のフロー

(2) 実施期間

平成 18 年度 (平成 18 年 8 月 14 日～平成 19 年 3 月 31 日)

(3) 技術開発に係った経費

実施期間の合計： 15,620.217 千円 (うち補助金の額 7,810 千円)

<内 訳>

平成 18 年度： 15,620.217 千円 (うち補助金の額 7,810 千円)

(4) 技術開発の構成員

大和ハウス工業㈱(総合技術研究所 先端技術研究グループ 環境技術チーム長 井上繁人)
 大和ハウス工業㈱(総合技術研究所 先端技術研究グループ 環境技術チーム 西部洋晴)
 大和リース㈱(事業推進部 商品開発担当 次長 田中健治)
 大和リース㈱(事業推進部 商品開発担当 安立剛士)
 武蔵野機工㈱(開発技術部 部長 渡辺知昭)
 武蔵野機工㈱(開発技術部 氏家明彦)
 武蔵野機工㈱(開発技術部 小高利之)

(5) 取得した特許及び発表した論文等

取得した特許

1. 折板屋根緑化システム (次ページ図 2 参照)

発表した論文

なし。

2. 技術開発の成果

(1) 技術開発の先導性

本技術のポイントは、大和ハウス工業(株)の独自のリサイクルシステム「工場デポ」を構築し、建設副産物(廃プラスチック)の効率的な集約・管理、並びに武蔵野機工(株)のプラスチック改質・成形技術を活かした廃プラスチックの再生技術を組み合わせたことと、再生した材料の利用方法として、これまで難しかった折板屋根への屋上緑化を実現するために、再生プラスチックを利用したトレイ方式の折板屋根緑化システム「eco ヤネ」を開発・販売したことにある。

「eco ヤネ」は、ユニット式で簡単迅速な施工 (60㎡/人・日)、積載荷重 30kg/㎡と非常に軽量で、1つのトレイ形状で、30、40、50cmの3種類の異なる山ピッチの折板屋根に設置できるという特長がある。これらの特長から、eco ヤネは、農場での生産、現場での設置までの効率化が図れ、品質管理が行き届いた、ローコストなシステムである。

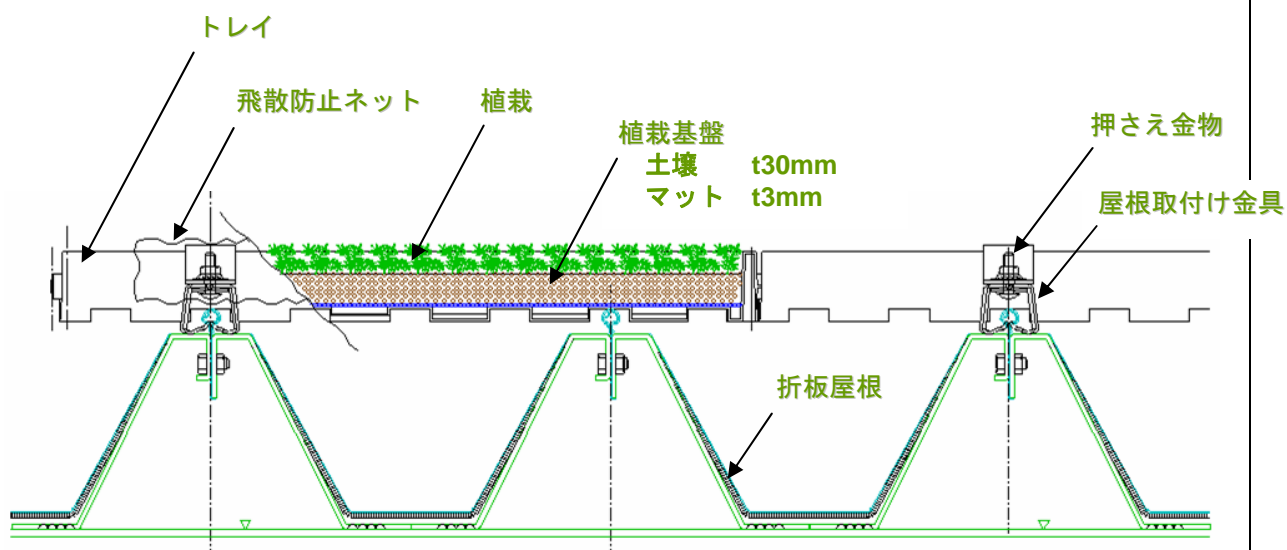


図 2. 折板屋根緑化システム「eco ヤネ」模式図

(2) 技術開発の完成度

原料である廃プラスチックは大和ハウス工業(株)独自の工場デポ化システムにより分別収集が確立している。今回の技術開発において、工場に集約された廃プラスチックから屋上緑化用トレイへの加工技術と再生原料供給システムを確立することができた。

(3) 実用化・市場化の状況

屋上緑化トレイへと再生した材料は大和ハウスグループの一員である大和リース(株)の折板屋根緑化システム(eco ヤネ)へ用途展開しており、現在、全国で数多くの物件(工場、倉庫など)に採用されている。



図 3. 折板屋根緑化システム「eco ヤネ」施工事例

今後、屋上緑化市場は、国の施策および各自治体の条例による普及の後押しによって、その市場規模は年々増加傾向にあり、需要の拡大が見込めるため、大和リース(株)で販売する折板屋根緑化システムも同様の傾向が見込めるものと考えられる。

(4) 技術開発に関する結果

- ・ 成功点

開発の初期段階において、建設副産物(廃プラスチック)の効率的な集約管理、リサイクル技術(再生技術)と再生品の用途までを一貫して考慮したことにある。

- ・ 残された課題

本開発ではオレフィン系樹脂を中心に廃プラスチックの改質・再資源化を実施してきたが、今後は引き続き製品化の拡大及び熱硬化性樹脂、塩化ビニル等の廃棄処理・環境問題とされている樹脂の再資源化を課題とする。

3. 今後の展開

再生する樹脂の量および種類の拡大、リサイクルに伴うコスト低減、LCCO₂ 評価に基づく、CO₂削減効果の定量化などを行い、環境への影響を客観的な評価を実施する。

技術開発成果報告書

事業名 ・住宅等の耐震性の向上に資する技術開発	課題名 孟宗竹繊維（繊維管束）を原料とした建築用高強度構造材の開発
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要 (内容) 解繊・乾留技術により孟宗竹を防虫・防黴・ガス吸着性の高い繊維（繊維管束）化し、それを加圧・加熱接着することで、強度・不燃性・耐光性・コスト・環境負荷に優れた建築構造材の開発、及び部材相互の合理的な接合方法や施工技術の開発を行う。</p> <p>(成果) ①孟宗竹繊維の解繊度条件については解繊圧力・振動幅・解繊速度を検討し、収率及び生産性も踏まえた解繊方法を確立した ②解繊した繊維の積層条件として最も高密度であり高強度化が図れる積層条件を確立した。 ③また強度及び品質の安定性・耐候性等の比較評価を行い、最も有効なバインダーを選定すると同時に加圧プレスの圧縮加工条件を確立した。</p> <p>(2) 実施期間 (平成18年度～平成18年度)</p> <p>(3) 技術開発に係った経費 実施期間の合計： 35,184千円（うち補助金の額 16,816千円） <内 訳> 平成18年度： 35,184千円（うち補助金の額 16,816千円）</p> <p>(4) 技術開発の構成員 組織の場合：株式会社タケックス・ラボ 代表取締役 清岡久幸 株式会社タケックス・ラボ 技術開発室長 清岡高敏 大阪市立大学大学院 工学研究科都市系専攻建築講座 教授 横山俊祐 大阪市立大学大学院 工学研究科都市系専攻建築講座 助教授 谷口与史也</p> <p>(5) 取得した特許及び発表した論文等 取得した特許 1. 「竹長維管束集合体およびその製造方法、並びにこれを用いたブロック材」（出願中）</p> <p>発表した論文 2. 「「ECO&耐震」住宅・建築関連技術のシーズ開発のヒント」 (平成20年4月24日「第7回けいはんなシーズフォーラム」にて 大阪市立大学谷口与史也教授が発表)</p>	

2. 技術開発の成果

(1) 技術開発の先導性

技術開発の成果として確立した設定条件から試作を行った「孟宗竹繊維（織管束）を原料とした建築用高強度構造材」は一般建築構造用鋼材と比較すると、強度は16%~22%であり、剛性は4.5%~7.5%である。ただし供試体の比重は0.95~1.22となっているので、重量効率について考察すると、強度/重量は鋼材の90%~200%となっている。また剛性/比重は鋼材の38%~50%となっており、「強度・耐震性・耐候性」に優れる竹繊維を用いた構造材としての技術開発の見通しを得た。

(2) 技術開発の完成度

「孟宗竹繊維（織管束）を原料とした建築用高強度構造材」の特徴を活用した構造材相互の接合法の検討を行いその可能性を見出したことから、今後は接合方法を選定し詳細計画を立て、本助成事業の次募集時に再度申請を行い孟宗竹繊維（織管束）を原料とした建築用高強度構造材の実用化を目指すものである。

(3) 実用化・市場化の状況

「孟宗竹繊維（織管束）を原料とした建築用高強度構造材」と一般建築構造用鋼材の性能を比較すると、木材より強度に優れ鋼材より軽量である新素材としての可能性が考えられる。当該技術開発の成果として実用化段階に至れば竹資源有効活用事業としてバイオマスタウンのマテリアル事業部門にて製造を行う計画である。第一弾として高知県春野町ですすめている春野町バイオマスタウン第2期事業計画（平成21年度）に当該技術製品の製造計画を組み込んでおり、春野町バイオマスタウン事業の中核企業となる商社と連携し当該技術製品市場化のために注力している。また市場化がすすめば竹が繁茂しすぎて「竹公害」で頭を抱える地方自治体に竹資源有効活用事業としてバイオマスタウン事業提案を行いマテリアル部門に対し当該技術の供与を行う。

(4) 技術開発に関する結果

・成功点

1. 積層方法に関する技術開発

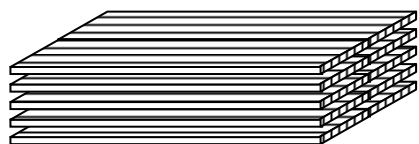
①竹繊維の解繊条件として「前処理（乾留処理）の有無の検討」「解繊圧力」「振動幅」「解繊速度」等の設定された各条件から「解繊状態・収率・生産性」等を検討し竹の解繊条件を確立した。

解繊条件・・・【乾留処理：有】【解繊圧力：15.0】【振動幅：3】【解繊速度：1】

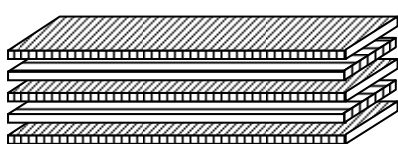
②竹解繊材の積層繊維方向

積層繊維方向として「一方向」「縦横」「交錯」の3パターンで試作を行い「強度・不燃性・耐候性」が高性能となる高密度性を指標とした。

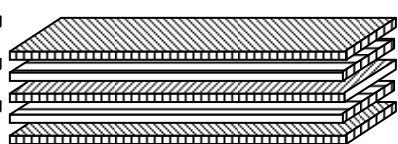
積層繊維方向条件・・・【一方向による積層】比重1.2以上の高密度を確立（下記図左端）



【積層繊維方向：一方向】



【積層繊維方向：縦横】



【積層繊維方向：交錯】

2. 接着剤に関する技術開発

①バインダー（接着剤）の選定

I：竹繊維が強酸であることからバインダーと竹繊維の化学反応の有無や品質安定性強度の保持及びバインダーのコスト・生産効率性などから適性バインダーの評価検討

II：竹繊維が持つ性能低下の有無の確認

III：強度に関する評価検討

バインダーの選定・・・【A社製】【乾留度合い：強】（試験体番号③）

試験体パラメータ設定と結果

試験体番号	バインダー	乾留	重さ(g)	比重	引張強さ (MPa)	強度/比重	剛性 (MPa)	剛性/比重	剛性比
①	A社製	弱のみ	570.8	1.00	102	102	9888	9882	0.7
②		混合	580.5	1.01	75	75	11218	11112	0.8
③		強のみ	675.5	1.17	98	84	13979	11958	1.0
④	B社製	弱のみ	541.4	0.95	87	92	9883	10434	0.6
⑤		混合	606.8	1.05	88	83	11202	10634	0.7
⑥		強のみ	702.1	1.22	79	65	15442	12683	1.0
⑦	C社製	弱のみ	562.3	0.98	89	91	9878	10060	0.6
⑧		混合	573.4	1.00	51	50	11273	11253	0.7
⑨		強のみ	678.4	1.18	54	46	15395	13094	1.0

鋼材 7.86 400 51 205000 26081

3. 圧縮加工に関する技術開発

①バインダーの硬化条件に適合した加圧プレスの加圧度及び加熱温度等の条件設定を行う。加圧度・加熱温度・過熱時間・硬化時間・剛性を測定し加圧プレスの圧縮加工条件を確立する。

加圧圧縮加工条件・・・【加圧度：2, 500t】【加圧温度：160℃】【加圧時間：10分】

加圧度	加熱温度	加圧時間	ホルムアルデヒド放散量	比重
A：1800t	130℃	15分	0.18	1.09
B：1800t	160℃	10分	0.22	0.99
C：2250t	130℃	15分	0.17	1.19
D：2250t	160℃	10分	0.26	1.21
E：2500t	130℃	15分	0.20	1.28
F：2500t	160℃	10分	0.24	1.28

・残された課題

今回開発した製造技術をベースとして「解繊→積層→糊付け（バインダー）→加熱・加圧（プレス）→乾燥」の工程における全自動ライン化を完成させることが課題となる。すでに全自動製造ラインの工程図は作成済みで、機械メーカーとの共同開発により実用化を進めている。

3. 今後の展開

上記2.（3）のとおり、バイオマスタウン事業との連携による実用化・市場化の目途が立っているのを受けて、本製品の強度・低伸縮性・対候性を生かした用途開発を進めていきます。本来の建築用構造材として以外にも、家具や学童用机の天板、或いは鉄道用枕木などへの利用も目指しています。

技術開発成果報告書

事業名 ・住宅等の耐震性の向上に資する技術開発	課題名 低強度コンクリートに適用可能な耐震補強技術の開発
----------------------------	---------------------------------

1. 技術開発のあらまし

(1) 概要

既存鉄筋コンクリート建物を耐震補強する際に、コンクリート強度が低く、既存技術の適用範囲では対応できない場合がある。このような場合でも適用できる耐震補強技術を開発した。具体的には、RC柱の炭素繊維シート補強工法と、プレキャストブロックによる耐震壁の増設工法である。

いずれの工法も従来では既存躯体のコンクリート強度が 15N/mm^2 以上が適用範囲であったが、 $F_c=9\text{N/mm}^2$ 程度の実験を実施し、各種耐力式の適用性を検討した結果、適用範囲を拡大することが可能との成果を得た。

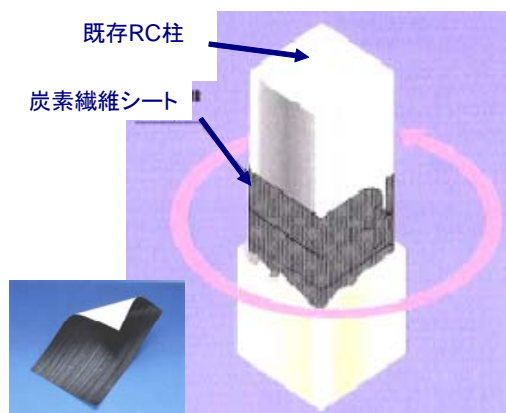


図1 RC柱の炭素繊維シート補強工法

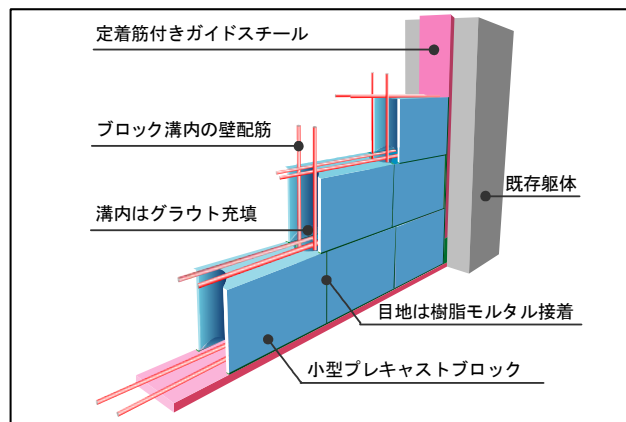


図2 プレキャストブロックによる耐震壁の増設工法

(2) 実施期間

平成18年度

(3) 技術開発に係った経費

実施期間の合計： 17,491千円（うち補助金の額 8,700千円）

<内訳>

平成18年度： 17,491千円（うち補助金の額 8,700千円）

(4) 技術開発の構成員

株式会社大林組（技術研究所 構造技術研究部 主任研究員 増田安彦）

横浜国立大学大学院（工学研究院システムの創生部門

人もの空間のシステム分野建築構造学研究室 教授 田才晃）

(5) 取得した特許及び発表した論文等

取得した特許
なし

発表した論文

3. 平成19年8月 日本建築学会 (横浜国立大学大学院工学研究院 教授 田才晃)
タイトル:低強度コンクリート RC 柱の炭素繊維シートによる補強効果に関する実験的研究
その1 実験計画
4. 平成19年8月 日本建築学会 (横浜国立大学大学院工学研究院 雨宮牧子)
タイトル:低強度コンクリート RC 柱の炭素繊維シートによる補強効果に関する実験的研究
その2 付着割裂シリーズの実験結果とその分析
5. 平成19年8月 日本建築学会 (横浜国立大学大学院工学研究院 帆足勇磨)
タイトル:低強度コンクリート RC 柱の炭素繊維シートによる補強効果に関する実験的研究
その3 高軸力曲げシリーズの実験結果とその分析
6. 平成19年8月 日本建築学会 (大林組技術研究所 構造技術研究部 増田安彦)
タイトル:低強度コンクリート RC 柱の炭素繊維シートによる補強効果に関する実験的研究
その4 単純軸圧縮実験の結果と軸力比制限の緩和
5. 平成19年7月 日本コンクリート工学協会 (横浜国立大学大学院工学研究院 雨宮牧子)
タイトル:低強度コンクリート RC 柱の炭素繊維シートによる補強効果に関する実験的研究
6. 平成20年7月 日本コンクリート工学協会 (大林組技術研究所構造技術研究部 栗田康平)
タイトル:低強度躯体に適用したプレキャストブロック耐震壁のせん断耐力性状に関する実験的研究
7. 平成20年9月 日本建築学会 (大林組技術研究所 構造技術研究部 栗田康平)
タイトル:小型プレキャストブロックを用いた増設耐震壁工法 (その9 低強度コンクリートへの適用)

2. 技術開発の成果

(1) 技術開発の先導性

炭素繊維補強工法は、それ自体に新規性は少ないものの、低強度領域における補強効果と補強後の部材性能についてはきわめてデータが少ない。本研究開発により低強度部材の力学的性状が明らかになり、今後の耐震補強設計に資することができる。

壁の接着工法による増設工法は、低騒音・低振動・短工期で鉄筋コンクリート耐震壁を増設できる点で革新性・先導性がある。音や振動を発生させないだけでなく、ベニヤ型枠の使用を抑え、残材の発生を最小限とする。

上記工法の開発により、24時間稼働している低強度の建物で、すぐには更新が不可能な病院や集合住宅で補強工事が可能になり、耐震補強の促進に貢献する。

(2) 技術開発の完成度

炭素繊維シートによる柱の補強は、平成 18 年度で完了せず、柱の破壊モードや変形能力を確認するため平成 20 年度まで実験を継続して実施している。

プレキャストブロックによる壁の増設工法に関しては、同様に平成 19 年度まで実験を継続し、必要なデータを蓄積した。

(3) 実用化・市場化の状況

炭素繊維補強工法では、大林組の CRS-CL 工法が、財団法人日本建築防災協会の技術評価を更新する際に成果を取り入れ、既存躯体のコンクリート強度の適用範囲の下限を 13.5N/mm^2 まで引き下げることができた。

壁の接着工法は、財団法人日本建築総合試験所の建築技術性能証明における適用範囲を、同様に 13.5N/mm^2 まで引き下げの変更を申請するべく準備している。

(4) 技術開発に関する結果

・成功点

いずれの技術も、すでにほぼ完成された工法の適用範囲を拡大することが主眼であったことから、大きな成功点と言えるものはないが、企業と大学の共同研究により、得意とする研究開発内容に応じた作業を分担することで、開発効率を向上できたと考える。

・残された課題

平成 20 年度の追加実験でほぼ完成となる見込みで、現時点では特に残された重要な課題はないと考えている。

3. 今後の展開

建築基準法施行令第 74 条では、コンクリート強度の下限値を 12N/mm^2 (軽量コンクリートで 9N/mm^2) 以上と定められている。一方現時点では、財団法人日本建築防災協会の耐震改修設計指針をはじめ、ほとんどの補強工法の適用範囲が、補強対象建物の強度を 13.5N/mm^2 以上としている。

今後は、本研究開発の実験データを活用し、下限値を 12N/mm^2 へ引き下げ、適法であるにもかかわらず補強の対象外となっている建物の耐震補強を促進する必要がある。

本技術開発の成果を広く公表したことで、本研究開発で採用した耐震補強工法だけでなく、他の補強工法にも活用されることを期待する。

技術開発成果報告書

事業名 ・住宅等の耐震性の向上に資する技術開発	課題名 木ダボ接合を用いた木質ラーメンフレームによる開放的かつ耐震的住宅構法の開発
----------------------------	--

1. 技術開発のあらまし

(1) 概要

本課題では、木ダボ接合を用いた木質ラーメンフレームによる構法の実用化を目的とし、ラーメンフレームをユニット化して工場生産し、それらを現場で合理的に施工して架構を構成する構法システムの開発を目的とした。また、一般の設計・施工者に普及させるため、この構法システムについて構造に関わる認定を取得し、構造設計方法の簡易化を目指した。

これらについて、木ダボ接合部の性能改善、ラーメンフレームのユニット化および構成方法の検討を行い、その構造性能を評価した。またこれらの成果を踏まえ、構法システムを検討し、構造設計マニュアル、接着施工マニュアルを作成した。

“開放的かつ耐震的な木造軸組”の開発

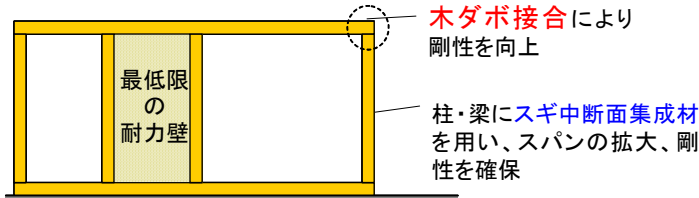


図1 構法開発のコンセプト

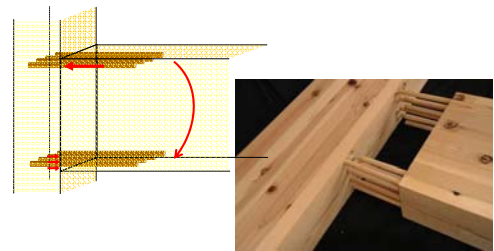


図2 木ダボ接合



図3 木ダボ接合ラーメン構法による実験住宅

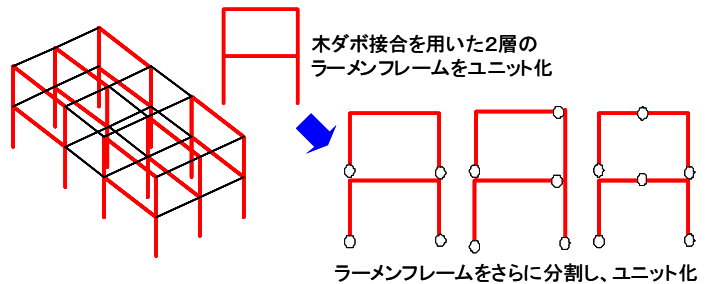


図4 ラーメンフレームのユニット化・プレファブ化

(2) 実施期間

(平成18年度～平成18年度)

(3) 技術開発に係った経費

(技術開発全体に係った経費とそのうちの補助金の額を記載してください。)

実施期間の合計： 10,000 千円 (うち補助金の額 5,000 千円)

<内 訳>

平成18年度： 10,000 千円 (うち補助金の額 5,000 千円)

(4) 技術開発の構成員

飯島泰男 (秋田県立大学木材高度加工研究所, 教授)

大橋好光 (武蔵工業大学工学部建築学科, 教授)

川鍋亜衣子 (秋田県立大学木材高度加工研究所, 准教授)

板垣直行 (秋田県立大学システム科学技術学部建築環境システム学科, 准教授)

中山正利 (木質ラーメン研究会, 事務局)

千代岡英一 (株式会社榊住建, 専務取締役)

(5) 取得した特許及び発表した論文等

取得した特許

なし

発表した論文

1. 平成 19 年 8 月 日本建築学会 (秋田県立大学建築環境システム学科 准教授板垣直行)
タイトル: 木ダボ接合を用いたラーメンフレームによる住宅構法の開発
その 4. 引きボルト併用木ダボ接合部の改良
2. 平成 19 年 8 月 日本建築学会 (秋田県立大学建築環境システム学科 准教授板垣直行)
タイトル: 木ダボ接合を用いたラーメンフレームによる住宅構法の開発
その 5. 改良接合部を用いた 2 層門形架構の水平加力試験
3. 平成 20 年 6 月 World Conference on Timber Engineering 2008
(秋田県立大学建築環境システム学科 准教授板垣直行)
タイトル: The Development of the Rigid Frame Wooden House Structure Jointed with Glued-in Hardwood Dowels

2. 技術開発の成果

(1) 技術開発の先導性

本構法で用いる木ダボ接合は、細い木のダボを複数本接着して一体化することにより、応力を分散し、剛性・耐力に優れた接合を可能にしている。近年、いくつかの住宅メーカーからラーメン構造を取り入れた構法の提案がされている。しかし、その多くは大断面木造の技術を応用した金物接合によるものであり、住宅レベルの中小断面部材では接合具に応力が集中しやすく、剛性・耐力を確保することが難しい。また金物接合は、鋼材の価格高騰が続いており、環境への負荷や防火の面でも不利な状況にある。

ラーメン構造による開放的かつ耐震的住宅に関しては、店舗併用住宅、狭小間口住宅、などさまざまなニーズに対応できるものであり、特に現在国土交通省で推し進めている“超長期住宅”に対応するスケルトン・インフィル型住宅を実現する技術であると言える。本構法の普及により、住宅の耐用年数を大幅に増大させ、資源の消費、廃棄物の発生の抑制効果が期待できると言える。特に木造住宅の長期耐用化は、炭素を固定した木材を長期にわたって貯蔵することと等しく、地球温暖化問題における CO₂ の削減の一役を担うものでもある。

(2) 技術開発の完成度

本課題については、当初の事業計画内容をおおよそ遂行し、ラーメンフレームによる構法システムの開発、ラーメンフレーム・ユニットの生産技術開発、接合部・ラーメンフレームの構造性能評価、構造設計・施工マニュアルの作成を達成することができた。しかしながら、様々な住宅タイプを考えた場合、木質ラーメン構造に関しては長期荷重（特に積雪地域における）への対応や耐力壁との併用など、技術的に様々な課題が残っており、構法システムについて日本建築センター等における構造に関わる評定・認定を受けることは困難と考えられた。このため事業終了後（19 年度）においては、まず個別の物件を対象とし、それらの課題について検討した。その成果として 20 年 3 月に本構法による実用化物件を秋田市に建設することができた。現在、その物件をモデルとし、日本建築センターにおける低層建築物構造評定（木質系）の申請を準備している。



図 5 建設された実用化物件

(3) 実用化・市場化の状況

前述したように本構法による実用化物件を建設することはできたが、現状では一般の工務店が建設できる状況とは言えない。このため現在までの成果をとりまとめ、20年度においてまず日本建築センターにおける低層建築物構造評定（木質系）に申請する予定である。最終的には型式適合認定の申請、あるいは図書省略のための性能評価（基準法規則1条の3）を申請し、汎用化可能な計算過程について構造計算の簡略化を図ることにより、ハウスメーカー、工務店への構法の普及を図っていきたいと考えている。

(4) 技術開発に関する結果

・成功点

本事業において、ラーメンフレーム・ユニットについて既往の研究を踏まえて接合部を改良し、接合部のモーメント抵抗試験、門形架構の水平加力試験を実施し、接合部および基本架構としての構造性能を評価した。その成果として、接合部の耐力、靱性が向上し、改良された接合部を用いた、実大スパン（壁心距離 6000mm）の二層門型フレームでは許容耐力として約 10k N、壁倍率換算で約 1.0 倍といった性能を得ることができた。



図6 2層門形架構試験状況

また、構造設計マニュアル、接着施工マニュアルを作成し、構法のシステムをおおよそ確立することができた。これに基づき、いくつかのモデル住宅の試設計を行ったが、それをきっかけとして、実用化物件の建設が実現できた。

・残された課題

接合部・ラーメンフレームの構造性能評価試験から得られた許容耐力は必ずしも十分に高い値でなく、長期荷重の負担分、特に積雪荷重を考慮するとラーメン架構のメリットを活かせる条件が限られることがモデル住宅の試設計などから明らかになった。また、ラーメンフレームと耐力壁を併用した場合、耐力壁により発生する集中荷重によってもラーメンフレームの構造性能が損なわれるため、耐力壁の配置などをかなり限定する必要が明らかとなった。

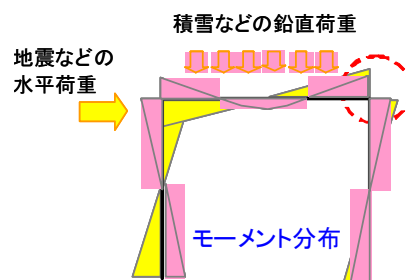


図7 長期荷重によるモーメントの増大

3. 今後の展開

本事業により、基本的な構法のシステムとその構造性能を把握することができたが、ラーメン架構のメリットを活かした構法とするためには、さらなる性能の向上とそのための構法システムを検討していく必要がある。現在までに、この構法を用いた住宅建設の打診がいくつかあり、市場ニーズはそれなりに存在すると言え、店舗併用住宅、狭小間口住宅、スケルトンインフィル型住宅などをターゲットとし、ラーメン構造ならではの住空間や住宅の機能を価値として高めるような構法システムを検討していく必要があると考えている。

一方で、現在、工期短縮、コスト削減の点から合理化された金物接合による住宅構法が主流となっており、これらと競合するためには、更なる施工の合理化、コストの低減を図る必要がある。建設コストに関しては今後詳細な試算が必要であるが、最終的な木材使用料は増えるものの、施工の合理化が図られれば、コストの低減は可能と考えられる。

また現在、構法開発への参加企業において評定取得後の構法の運用方法などを検討中であるが、構法自体はオープンにして広く普及を図るものの、構造性能確保や品質管理などの点から、構法マニュアルの使用に関しては、講習等を実施して資格制度を設けるなどの必要があると考えている。そのためにも本構法の運用事業体を確立していく必要がある。

技術開発成果報告書

事業名 ・住宅等の耐震性の向上に資する技術開発	課題名 既存戸建住宅布基礎のアラミド繊維シートを用いた補強法に関する技術開発
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要 既存戸建住宅布基礎は無筋コンクリートで建設されているものも多く、その耐震性の向上を図るため、アラミド繊維シートを用いて補強する工法の開発を行った。 当該年度では、アラミド繊維シートとコンクリートおよび鋼板との接着性能についての基礎的試験を行なうとともに、その結果を踏まえた実大実験を行なった。</p> <p>(2) 実施期間 平成18年度</p> <p>(3) 技術開発に係った経費 実施期間の合計： 6,331千円（うち補助金の額 3,000千円）</p> <p>(4) 技術開発の構成員 榎谷 榮次（関東学院大学工学部建築学科 教授） フクビ化学工業株式会社（代表：八木 誠一郎） ファイベックス株式会社（代表：松原 澄行）</p> <p>(5) 取得した特許及び発表した論文等 （取得した特許については、タイトルを記載してください。ただし、多数ある場合については、代表的なものを数点記載してください。また、発表した論文については、発表年月日、発表場所及びタイトルを記載してください。）</p> <p>取得した特許 取得特許はない。出願した特許の名称を以下に示す。 名称「コンクリート部材の補強方法、および補強構造」（2編）</p> <p>発表した論文 特になし</p>	

2. 技術開発の成果

(1) 技術開発の先導性

既存木造住宅の耐震補強技術は、上部構造については多くの工法が提案・実用化されているが、住宅の布基礎部分の補強については、ほとんどその例を見ない。

繊維シート補強は、無筋コンクリートの布基礎を補強する有効な手段になり得るものであり、しかも他の方法に比較して安価に補強することが可能である。

(2) 技術開発の完成度

当該年度は、基礎的な付着・接着性能試験に多くの時間とエネルギーが割かれ、技術開発全工程の一部を行うにとどまった。

従って、技術開発の完成度という点では、道半ばであり、その後の更なる開発が望まれた。

現在は、補助対象とはなっていないが、独自に開発を継続中である。

(3) 実用化・市場化の状況

上に述べたように、未だ実用化・市場化には至っていない。

(4) 技術開発に関する結果

・成功点

繊維シート補強技術は、巻付け補強をその出発点としているが、構造補強という点では、必ずしも巻付けだけでなく、貼付け補強に対する要請も多い。当該年度では、貼付け補強の可能性についての基礎的な実験を実施し、その可能性を確認することができた。

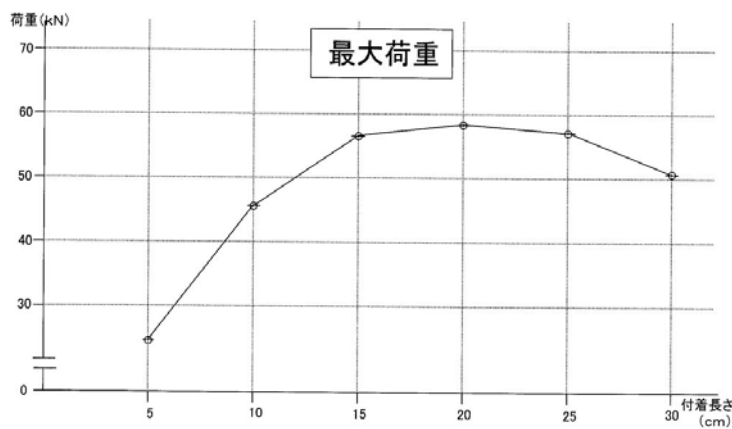


図1 付着長さ と 最大荷重

付着試験によって明らかになったこと

- ・付着長さを増しても、最大荷重は一定値で頭打ちになる。
- ・この傾向は、貼付ける対象がコンクリートであっても鋼板であっても変わらない。



写真1 付着試験



写真2 実験風景(実大実験)

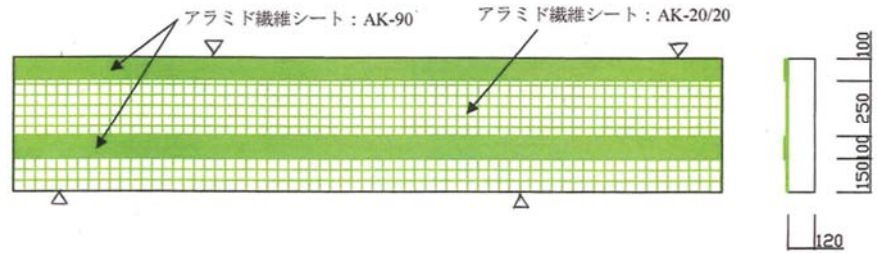


図2 試験体の一例

・残された課題

貼付け補強の問題点は、繊維シートの破断ではなく、繊維シートの剥離により、構造体の強度が決定されることがほとんどであり、その場合、剥離とともに急激な強度低下が発生する。その急激な強度低下に対する何らかの対策が必要であると思われる。

3. 今後の展開

残された課題の解決を図り、アラミド繊維シートによる基礎補強工法の開発と確立を進める予定である。

技術開発成果報告書

事業名 ・住宅等の耐震性の向上に資する技術開発	課題名 摩擦ダンパーによる耐震補強工法に関する技術開発
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要 既存不適格鉄筋コンクリート造集合住宅などを対象とし、間柱型摩擦ダンパー付き鉄骨フレームを用いた耐震補強工法を確立することを目的とした技術開発を実施した。 技術開発の概要を以下に示す。</p> <p>①接合ディテールの開発 1層1スパンの鉄筋コンクリート造試験体を対象とし、鉄筋コンクリート躯体とグラウトで一体化する間柱型摩擦ダンパー付き鉄骨フレームの梁部分の長さ、鉄骨フレームに打設するスタッドの打設密度、鉄筋コンクリート躯体へのあと施工アンカーの打設密度を変化させた4種類の耐震補強案について、強度や施工性などを考慮し、これら4種類の補強案を可能にする接合部ディテールを開発した。(図1)</p> <p>②実験による接合ディテールの検証 開発した4種類の接合部ディテールを用いた耐震補強試験体4体、ならびに比較のための無補強試験体1体の計5体の試験体を製作し耐震補強効果を確認する動的加力検証実験を実施した。(写真1) 検証実験の結果、提案した4種類すべての試験体で、終局状態に至るまで接合部の健全性を確認した。また、耐震補強効果は一体化する間柱型摩擦ダンパー付き鉄骨フレームの鉄骨梁部分の長さによって異なり、鉄骨梁の長さが短いと既存鉄筋コンクリート梁の損傷が先行し十分な補強効果が得られず、鉄骨梁の長さが既存鉄筋コンクリート梁の全長以上のとき高い補強効果が得られることを確認した。(図2、図3)</p> <p>③設計手法の確立 ①の開発で使用した接合部ディテールの設計手法、②で示した検証実験結果を踏まえ、既存鉄筋コンクリート造集合住宅等の合理的な設計手法を確立した。</p> <p>(2) 実施期間 平成18年度</p> <p>(3) 技術開発に係った経費 実施期間の合計： 20,055 千円 (うち補助金の額 9,550 千円) <内 訳> 平成18年度： 20,055 千円(うち補助金の額 9,550 千円)</p> <p>(4) 技術開発の構成員 株式会社大林組技術研究所建築振動制御研究室 室長 勝俣英雄 他8名 国立大学法人豊橋技術科学大学工学部建設工学系 助教授 倉本洋 他1名</p> <p>(5) 取得した特許及び発表した論文等 取得した特許 特に無し。 発表した論文 1. 平成19年8月 日本建築学会大会(豊橋技術科学大学工学部建設工学系 小平涉) タイトル：摩擦ダンパー付制震間柱を用いた補強RCフレームの動的挙動 その1 動的載荷実験の概要および破壊状況 2. 平成19年8月 日本建築学会大会(豊橋技術科学大学工学部建設工学系 辻堂寛子)</p>	

タイトル：間柱型摩擦ダンパーにより補強された RC フレームの動的載荷実験

その2 実験結果および考察

3. 平成 19 年 7 月 コンクリート工学年次大会（豊橋技術科学大学工学部建設工学系 辻堂寛子）

タイトル：摩擦ダンパー付間柱により補強された RC フレームの動的載荷実験

4. 平成 19 年 12 月 大林組技術研究所報 No.71 (大林組技術研究所建築振動制御研究室 佐野剛志)

タイトル：ブレーキダンパーを用いた鉄筋コンクリート建物の耐震補強工法の開発

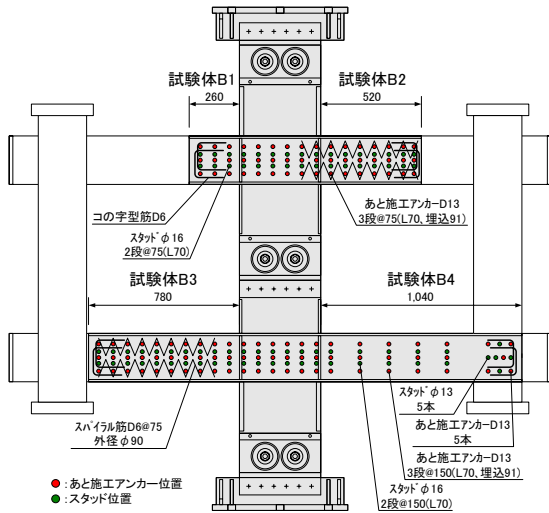


図 1 試験体接合部概要



写真 1 試験実施状況

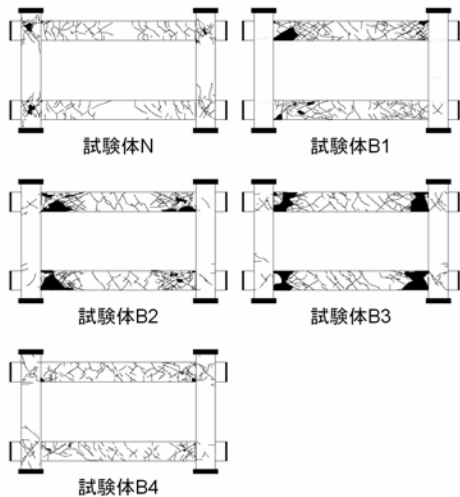


図 2 試験体接合部概要

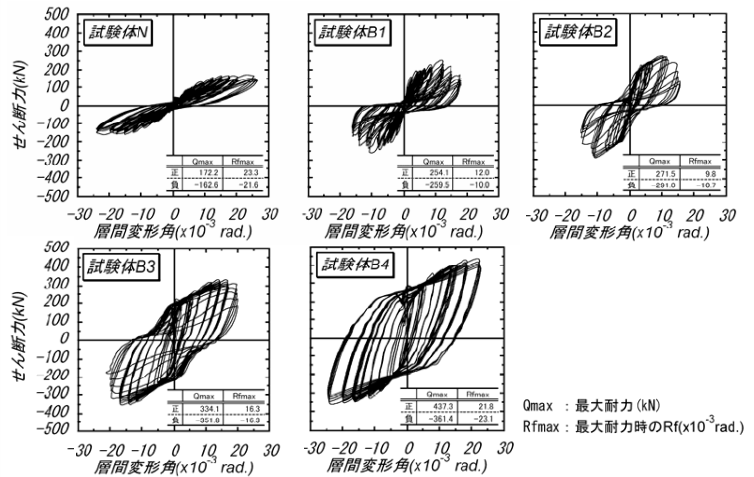


図 3 荷重－変形関係

Qmax : 最大耐力 (kN)
Rfmax : 最大耐力時のRf(x10⁻³ rad.)

2. 技術開発の成果

(1) 技術開発の先導性

既存不適格鉄筋コンクリート造集合住宅などの耐震補強は、人命保護の観点から近年特に重要な課題の一つである。しかしながらブレースや耐震壁の増設など既存技術による補強は集合住宅の使用性の低下や、使いながら改修することを考えると、補強部材が設置可能な箇所がバルコニーに面した方立壁の外側部分などごく一部に限定されることが多い。

本技術開発は、限られたスペースに構築可能で、強度の設定自由度が大きく、変形性能に優れた低コストの耐震補強工法を提供するもので、技術開発の成果を活用することで耐震改修の大幅な促進が期待できる。

(2) 技術開発の完成度

本技術開発によって既存不適格鉄筋コンクリート造集合住宅などを対象とした間柱型摩擦ダンパー付き鉄骨フレームを用いた耐震補強工法の設計法は概ね完成した。また、本技術開発と並行して同工法を適用した静岡県の県営住宅を対象とした耐震補強工事に取り組んだことで施工方法についても概ね検討が終了した。

(3) 実用化・市場化の状況

現時点で技術開発した工法の実建物への適用事例は、平成 18 年度に実施した静岡県の県営住宅で耐震補強工事 1 件であるが、いまだ多くの既存不適格鉄筋コンクリート造集合住宅において耐震改修は進んでおらず、集合住宅の使用性の低下することなく、使いながら改修可能な耐震補強工法に対する需要も非常に大きいと判断できる。

現在も同工法を用いた大規模集合住宅の耐震補強を検討中で、実現すればより多くの案件での採用が期待できる。

(4) 技術開発に関する結果

・成功点

本技術開発では、①考案した設計法に基づいて構築した既存鉄筋コンクリート躯体と間柱型摩擦ダンパー付き鉄骨フレームの接合部の健全性を確認し、②間柱型摩擦ダンパー付き鉄骨フレームの梁部分の長さや補強性能の関係を確認することに重点をおいて実施した。技術開発の結果、前述①、②を確認することができ所期の目的は達成できたものとする。

また、実際の既存不適格鉄筋コンクリート建物は梁幅が小さいものが多く、本技術開発ではあと施工アンカーの埋込み深さを意図的に浅くして実施し、接合部合理化の可能性を示すこともできた。

・残された課題

実際の既存不適格鉄筋コンクリート建物は梁幅が小さいものが多く、あと施工アンカーの埋込み深さを浅くせざるを得ないことが多く、補強 1 構面で大きな摩擦力を付加できないこと、補強部材によりバルコニーの避難経路が狭くなるなどの課題も明らかになってきた。このため補強構面数が増加しコストアップに繋がっており、接合部の合理化は今後の課題といえる。

3. 今後の展開

接合部設計の合理化、補強部材の形状の見直しにより、補強構面数削減によるコストダウンと避難経路確保を目指し、実用化推進を実施する予定である。

技術開発成果報告書

事業名 ・住宅等の耐震性の向上に資する技術開発	課題名 新素材アラミド繊維を用いた木造住宅等の耐震部品に関する技術開発
-----------------------------------	---

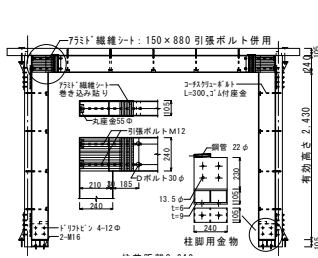
1. 技術開発のあらまし

(1) 概要

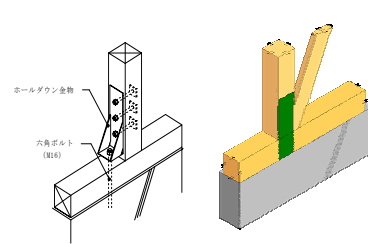
木造住宅において、アラミド繊維を用いた耐震性を有する技術開発を行った。

「木質開口フレーム」はフレームコーナー部にアラミド繊維等を用いて剛接合化を図り、窓や車庫などの開口部が耐力壁となる技術、その応用として、建物内部の吹抜部の床剛性を確保する水平構面に利用した技術である。耐力壁としてはスパン 6.37m まで、水平構面利用も一定の条件内で実用化に至っている。

「金物に代わる新接合部材」は地震時の柱の引き抜き防止を目的として、従来の金物に代わって、アラミド繊維を柱脚柱頭部に用いる技術である。耐力評価を行い、実用化に至っている。



木質開口フレーム



金物に代わる新接合部材

(2) 実施期間

平成 17 年度～平成 18 年度

(3) 技術開発に係った経費

実施期間の合計： 13,900 千円（うち補助金の額 6950 千円）

<内 訳>

平成 17 年度： 6400 千円（うち補助金の額 3200 千円）

平成 18 年度： 7500 千円（うち補助金の額 3750 千円）

(4) 技術開発の構成員

組織の場合： J 建築システム株式会社 代表取締役 手塚 純一
 〃 技術部 部長 山下 純

個人の場合： 東京大学大学院農学生命科学研究科生物材料科学専攻
 木質材料科学研究室 教授 安藤 直人

(5) 取得した特許及び発表した論文等

取得した特許 なし

発表した論文

- 平成 18 年 9 月 日本建築学会（J 建築システム(株) 代表取締役 手塚 純一）
 タイトル：耐震開口フレームのスパンに応じた耐力算定に伴う接合部性能の研究
- 平成 18 年 11 月 木質構造研究会（J 建築システム(株) 代表取締役 手塚 純一）
 タイトル：アラミド繊維シートを用いた水平力（耐震・耐風）に抵抗する開口フレームの研究開発と実施
- 平成 19 年 8 月 日本建築学会（J 建築システム(株) 代表取締役 手塚 純一）
 タイトル：アラミド繊維シートを用いた木質接合の耐久性能に関する試験と評価

2. 技術開発の成果

(1) 技術開発の先導性

本フレームは他の木質ラーメンフレームとは異なり、鉛直力を負担せず、水平力のみ負担する「耐力壁」である。木造軸組・枠組壁工法に木質ラーメンフレームを使用することは、設計上、施工上難しい。しかし、本フレームはせん断耐力値を用いて、大臣が定める許容応力度計算による設計が可能であり、施工上も特別な技術を必要とせず、誰でも使用することができる開口フレームとして先導性は高い。

新接合部材は、地震時の柱の引抜を防止する目的で柱脚柱頭に施工する。既存技術である金物による接合は柱、横架材に接合具によって留めつけるため、躯体の断面欠損による耐久性が懸念される。本工法では、躯体に穴を開ける必要がなく、また内部結露の懸念がないことより耐久性が高く、先導性がある。

(2) 技術開発の完成度

木質開口フレームは鉛直構面用としてはフレーム寸法 105×240 により最大スパン 6.37m まで対応ができ、完成された。しかし、任意断面によるフレームの評価が未完成である。また、水平構面用としては、断面寸法 105×150 により、開口の大きさ 2.73m×3.64m で床倍率 0.36 倍の耐力が得られた。しかし、建物の床構面を設計する上では、断面寸法、コーナー部の改良により、耐力向上に向けた開発を行っていききたい。



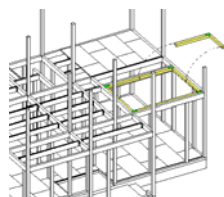
試験体名	スパン [mm]	Pmax (最小-最大) <平均> [kN]	Py* [kN]	2/3・Pmax* [kN]	Pu・(0.2/Ds)* [kN]	P100* [kN]	Po [kN]	参考壁倍率	
門型	G1	2,730	28.61-30.59 <29.75>	16.72	19.51	9.71	9.15	9.15	1.71
	G2	3,640	27.68-29.25 <28.44>	16.62	18.71	9.58	9.23	9.23	1.29
	G3	6,370	27.92-30.24 <29.20>	15.69	19.09	10.01	9.12	9.12	0.73

新接合部材は、金物に代わる技術としての耐力評価、耐久性に関する評価が得られた。しかし、技術的評価基準が現在無く、評価の妥当性については今後も検証していききたい。

(3) 実用化・市場化の状況

①木質耐震開口フレーム

スパン 6.37m により、車 2 台の開口を有するプランで利用することが可能となった。車庫組込み型プランは建築基準法上の耐力壁量、バランス良い配置を満足するためには難しい場合が多く、本フレームを利用することでプラン自由度が向上しメリットが大きい。また、枠組工法用としては、商品化に伴う整備を行い、一定スパン内での実用化の目処がついた。さらに、水平構面利用も一定のスパン内での使用が可能となり、全国的に普及活動を行っていききたい。



木質開口フレームの水平構面利用



金物に代わる新接合部材

②金物に代わる新接合部材

既に実用化されており、特に改築工事では、またコンクリート強度が低いことにより、あと施工アンカーの耐力が確保できないため、耐震補強工事においては認めていない自治体が多い。本技術は接着剤を用いてシートを貼る技術であるため、木材を傷つけず、施工については特殊な技術を必要としない。本開発で所定の耐力評価が得られたことより、金物に代わって柱脚柱頭接合部に用いる技術として考えられ、技術革新性が高く、全国的に普及活動を行っていききたい。

(4) 技術開発に関する結果

・成功点

木造に初めて採用したアラミド繊維を用いた接合についての基礎的な耐力データを所有していたこと。木質開口フレームは鉛直力を負担せず水平力のみ負担する考えで、力の住み分けをしていたこと。

・残された課題

木質開口フレームはフレーム断面寸法の違いによる耐力評価、水平構面利用の耐力向上が課題である。

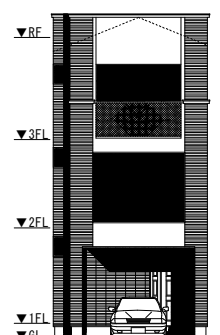
新接合部材については、出隅柱の施工、中間柱で内部に土台がある場合に両面貼りができないことに対する対策が課題である。

3. 今後の展開

①木質耐震開口フレーム

本フレームを採用する場合、現在は4号建築物でも許容応力度計算が必要である。しかし、施行令46条の「壁倍率の大臣認定」を取得できれば、さらに、採用される物件が格段に増えると思われる。残念ながら、本フレームにおいては壁倍率の大臣認定の申請は現在認められない。何とか、認めていただきたいと強く願う。

枠組工法用としては、技術的な仕様の整備を行い、申請上の取り扱いについて確認している。水平構面利用も今後、需要が増えると考えられる。しかし、課題である耐力向上に向けた技術開発の実施は予算上目処が立っていない。



6.37m² 住宅



多角形 幼稚園



改築工事

3階建て狭小住宅

②金物に代わる新接合部材

柱脚柱頭部の接合について、従来のホールダウン金物はボルト、ビス等で木材に留めつけることにより、木材の断面欠損による耐力低下の恐れ、また金物を壁内に設置することにより、断熱材と干渉し壁内結露を起こすことが懸念されている。また、改築工事においては、既存基礎にホールダウン金物を設置するのは難しい。今後、耐力評価の妥当性を随時確認していきたいと考えるが、金物と同等な大臣認定を取得できれば、普及は格段に広がると思われる。

また、改築工事においては、梁の割裂に対する補強など、他の部位の補強が考えられ、木造住宅の耐震化へ向けた開発を継続的に行っていきたいと考えている。