

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：32682

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25420591

研究課題名(和文) 発生源の異なる塩ビ廃材を用いた再生シートの製品化に関する研究

研究課題名(英文) Applicability of recycled PVC sheet made with various construction wastes for product

研究代表者

小山 明男 (KOYAMA, Akio)

明治大学・理工学部・教授

研究者番号：90285099

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：塩化ビニル系建材の再資源化を目的に、床材、壁紙、防水材等の廃棄物を原料として製造される再生樹脂シートの基礎物性および耐久性について実験・検討を行った。実験は新築系廃材および解体系廃材を粉体化した再生粉体とヴァージン粉体を混ぜ、廃材種類およびリサイクル率と品質との関係を明らかにした。また、積層化したシートを製造することでの耐久性の向上効果を確認し、防水材等の製品としての適用可能性を提示した。

研究成果の概要(英文)：Various kinds of sheets made of PVC are used as a finishing material for buildings. These used PVC sheets are dumped voluminously as mixture waste. Therefore, we aim to develop a recycling technique for PVC building wastes. Here we report a new technique that can separate PVC recycled powders from PVC building wastes. Specifically, it targeted tile carpets, wallpapers and PVC waterproof sheet. Moreover, here we produced new recycling sheets by PVC recycled powder, and evaluated the quality of the recycled sheets. For instance, here we studied the influence for the tensile property and the durability of the recycled sheet by a waste kind and mixture rate. These observations indicate that the new recycling technique is able to reduce PVC building wastes and we intend for practical use.

研究分野：建築構造・材料

キーワード：塩化ビニル リサイクル 床材 壁紙 防水材 耐久性

1. 研究開始当初の背景

循環型社会形成推進基本法および建設リサイクル法の本格的施行に伴い、建設廃棄物の再資源化率は高い水準を維持している。これは、建設資材の多くを占めるコンクリート、木材および鋼材のリサイクルが高いためであるが、その一方で、建設混合廃棄物の再資源化率は伸び悩んでいる。つまり、多くの建築仕上げ材料については、そのリサイクル技術開発は遅れている。また、塩化ビニル建材の廃棄物については、ダイオキシン問題以来、廃棄物としての適正処理・処分方法の確立が強く望まれている。

2. 研究の目的

本研究は、建築仕上げ材料のうち、建設混合廃棄物となりやすい塩化ビニル(以下、塩ビ)系建材の再資源化手法の開発を目的とする。研究代表者らは、塩ビ廃棄物の再資源化手法開発に継続して取り組み、塩ビ廃材から原料を製造する手法、ならびに再生塩ビシートの配合設計方法を開発している。しかし、再生塩ビ製品を普及するには、床材や防水材など、用途に応じた品質を確保することが重要であり、そのうちでも特に耐久性に関する検討が不可欠となる。また、廃棄物の発生源ごとに異なる品質を考慮した配合が必要である。そこで、現在までの知見をさらに発展させ、具体的な製品を想定し、発生源の異なる廃材由来の再生塩ビシートの品質(主に耐久性)を実験的に明らかにし、この種のリサイクル材の利用手法の確立を目指す。

3. 研究の方法

再生塩ビシートの製造方法の確立に向け、研究は主に次の3つのテーマによって構成する。

(1) 発生源の異なる廃塩ビ建材の品質に関する調査・実験

廃塩ビ建材のうち、塩化ビニル管・継手について実際の解体現場から得られる塩ビ管の異物混入状況等の品質調査を行った。

また、塩ビ防水材について、実暴露された経年品の品質を実験・調査を行った。

(2) 発生源の異なる原料を用いた再生塩ビシートの基礎的性質に関する実験

発生源の異なる廃塩ビ建材を原料とし、再生塩化ビニルシートを製造して、引張り強度や伸び率等の基礎物性について実験を行った。

(3) 再生塩ビシートの耐久性に関する実験

再生塩ビシートの耐久性を把握するため、廃材種類および混入率を変動因子として、温冷繰り返し、熱劣化および耐候性に関する促進試験を実施し、その後の物性変化について検討した。

4. 研究成果

(1) 住宅の解体工事に伴う塩ビ管・継手の排出実態調査研究

調査方法

事前調査、解体現場調査、中間処理調査において、廃塩ビ管の量および状態について調査を行った。対象とする解体現場は戸建てまたは共同住宅で合計8件とした。

調査結果

住宅から発生する廃プラスチックおよび廃塩ビ管・継手の量は、図1のようになった。

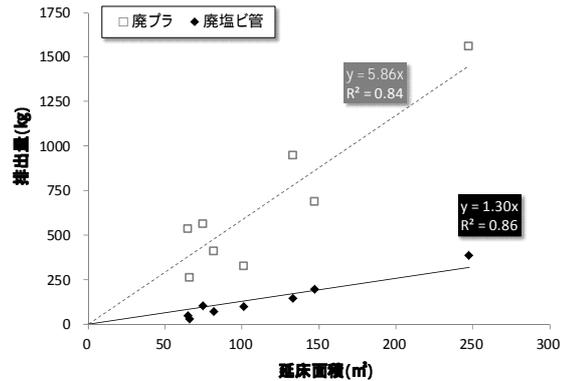


図1 廃プラ排出量と延べ床面積の関係

廃プラおよび廃塩ビ管排出量ともに、建物の延べ床面積に対し比例的に増加し、その相関性は非常に高く、延べ床面積から廃プラおよび廃塩ビ管排出量の予測が可能といえる。

排出時状態種別ごとの廃塩ビ管排出量割合を図2に示す。

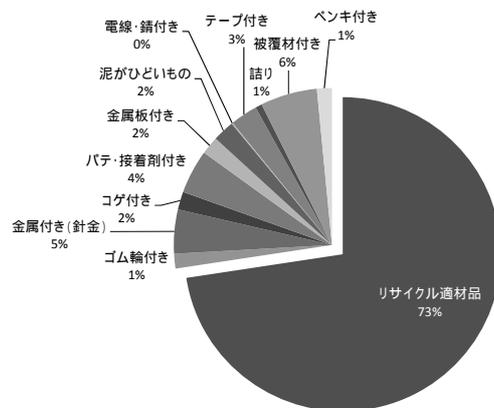


図2 廃塩ビ管の排出量割合(状態種別)

廃塩ビ管排出量を詳細に比較すると、約7割が特別な処理を行わずにリサイクル可能な廃塩ビ管および耐熱性塩ビ管であった。その他はどれも排出量が低く、排出量が最も多いものでも被覆材付き塩ビ管の8%であった。また、今回の調査結果により、解体工事から発生する廃塩ビ管に簡易処理を行えば約9割がリサイクル可能と高い値を示している。さらに、残りの約1割を占める詰り・被覆材付き・ペンキ付き塩ビ管を、新築施工時にその他リサイクルが可能なものに代替する(例えば、被覆材付きやペンキ付きを、耐熱性塩ビ管や耐候性塩ビ管に代替するなど)ことができれば、限りなく100%に近いリサイクルが可能となる。

(2) 塩化ビニル防水シートの経年劣化予測

に関する実験的研究

実験概要

試験体は、同環境下で0, 4, 7, 10, 11年実暴露された塩ビ防水シートを500 mm × 500 mmの寸法で採取した。

試験項目は、引張性能、厚さ測定および表面劣化分析とし、1試験体に対し25分割した各箇所に対して、ダンベル3号型に試験体を形取り、引張性能試験(JIS K 6251)を行った。また、1試験体に対し、全100か所の厚さ測定を行った。さらに、塩ビ防水シートは、経年劣化により表面に微細な凹凸が現れることから、表面上の凹凸の谷深さを測定した。

実験結果

図4に経年数変化における引張強さおよび伸び率の関係を示す。図4に谷深さ保持率と伸び保持率の関係を示す。

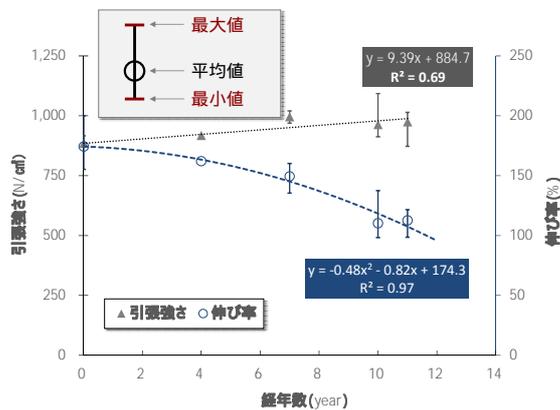


図3 経年数と引張性能の関係

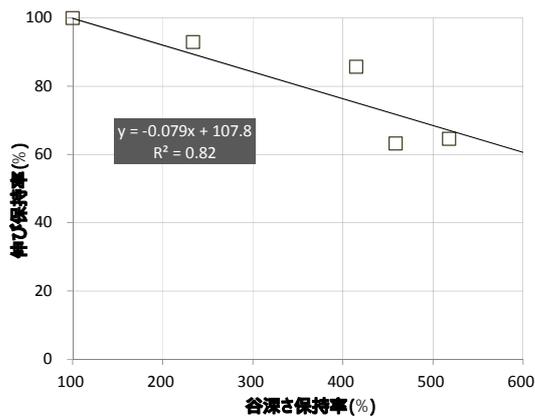


図6 谷深さ保持率と伸び保持率の関係

防水シートの厚さおよび引張強さにおいては、経年数の増加に伴う変化があまりみられなかった。一方、伸び率においては、経年数の増加に伴い比例的に低下し、その相関性は極めて高い値を示した。また、図4より、谷深さの増加に伴い、伸び率は比例的に低下し、その相関性は高い。以上のことより、防水シート表面の谷深さ測定による劣化評価は、定量的にその劣化度を把握することができるという。

以上のことから、解体現場から発生する塩ビ建材の状態(付着物)および経年による品質低下の割合が分かった。

(3) 発生起源の異なる原料を用いた再生塩ビシートの基礎的性質に関する実験

実験概要

実暴露した塩ビ防水シートを原料とし、それぞれ経年0年を新築現場から発生した廃塩ビ、経年7~11年を回収または解体現場から発生した廃塩ビと想定して、表1に示す配合で再生塩ビシートを製造し、引張り性能および伸び率を試験した。

表1 試験体配合表

水準名	廃材混入率 %	経年品配合率				ヴァージン混入率 %
		0年 %	7年 %	10年 %	11年 %	
V100	0					100
deg0y-30	30	30				70
deg0y-60	60	60				40
deg0y-100	100	100				
deg7y-30	30		30			70
deg7y-60	60		60			40
deg7y-100	100		100			
deg10y-30	30			30		70
deg10y-60	60			60		40
deg10y-100	100			100		
deg11y-30	30				30	70
deg11y-60	60				60	40
deg11y-100	100				100	

実験結果

図5に各水準における引張性能を、図6にリサイクルシートにおける経年数と引張性能の関係を示す。



図5 各水準における引張性能

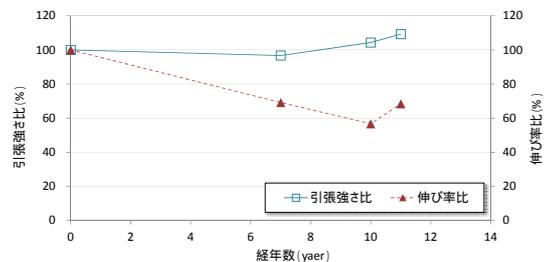


図6 原料の経年数と引張性能の関係

廃材混入率で比較すると、廃材を用いた全水準において、ヴァージンよりも高い引張強さおよび伸び率を示した。これは、ヴァージンには、品質を向上させる安定剤が配合されていないのに対して、廃材は製品製造の段階で安定剤が配合されており、その影響によるものと考えられる。

次に、廃材混入率100%における廃材経年数で比較すると、廃材の経年数に伴い、引張強さは向上、伸び率は低下する傾向を示した。

これは、廃材の経年劣化に伴い、熱硬化が進行していたことによるものと考えられる。

これらの結果より、廃材の使用経年数は、その原料を用いた際のリサイクルシートに強く影響を及ぼすが、廃材そのものの物性、つまり廃材の組成割合に強く依存するといえる。

(4) 再生塩ビシートの耐久性に関する実験 実験概要

耐久性の把握を目的に、温度変化試験および耐候性試験について、JIS A 6008 に準じて行った。なお、JIS A 6008 の規定にかかわらず、試験体の加熱処理を温度 60, 80 と設定し、168, 504, 1008, 1680 時間行い、低温処理を温度 -25, -40 と設定し、168, 336, 672 時間行う。その後、各種物性評価を行った。

試験に用いた再生塩ビシートの原料には、廃タイルカーペット、廃壁紙および防水シートを用いた。

実験結果

図 7 に温度変化試験後における伸び率保持率を示す。

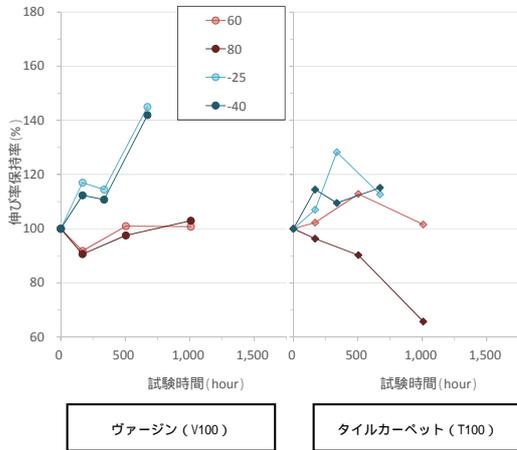


図 7 温度変化試験後における伸び率保持率

温度変化試験後の伸び率比において、品質に大きなばらつきはみられたが、処理温度で比較すると、処理温度が高くなると、伸び率比は減少する傾向を示した。また、低温下において、全体的に伸び率比は向上する傾向を示した。廃材原料種類で比較すると、明確な傾向をみられなかったが、壁紙には低下傾向がみられず、低温下におけるヴァージン原料は極端に伸び率比が向上した。ヴァージン原料においては、低温処理により引張強さおよび伸び率比ともに向上したことから、塩ビ樹脂そのものが低温処理により結晶化したことにより機械的性質が向上したと推察される。

加熱時間と引張性能試験結果について図 8 に引張強さ保持率を、図 9 に伸び保持率を示す。

加熱時間の増加に伴い、引張強さにおいては、ヴァージンおよび防水シートは低下、タイルカーペットおよび壁紙は向上した。伸び率においては、防水シート以外の水準はすべて低下した。また、図中の破線は防水シート

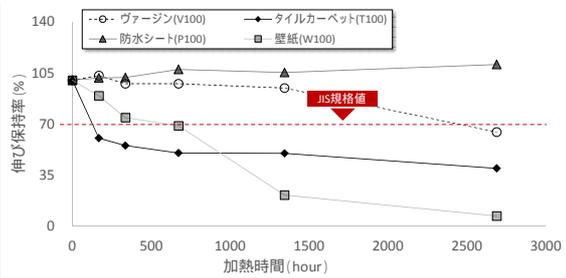


図 8 加熱時間と引張強さ保持率の関係 (熱劣化)

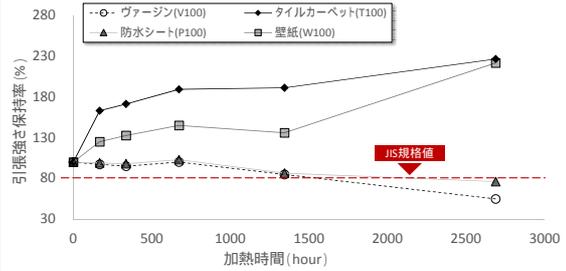


図 9 加熱時間と伸び保持率の関係 (熱劣化)

を想定した JIS 規格値であり、本研究の範囲では、タイルカーペット以外の全水準において、JIS 規格値を満たした。ただし、ヴァージン材や他種廃材と組み合わせることで機械的性質が向上した結果から考えると、タイルカーペット廃材であっても、用いる原料や配合の工夫により、耐熱性の向上が期待できる。

耐候性 (促進暴露処理) 試験後の引張性能試験結果について図 10 に引張強さ保持率を、図 11 に伸び保持率を示す。

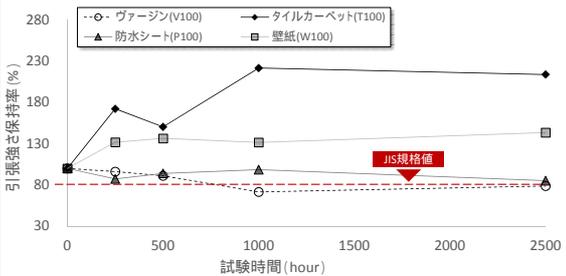


図 10 加熱時間と引張強さ保持率の関係 (耐候性)

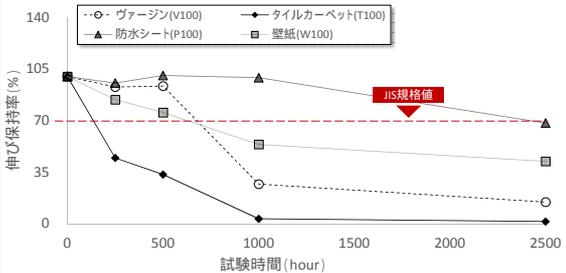


図 11 加熱時間と伸び保持率の関係 (耐候性)

図中の破線は防水シートを想定した JIS 規格値であり、本研究の範囲では、タイルカーペット以外の全水準において、JIS 規格値を満たした。ただし、加熱処理結果と同様に、ヴァージン原料の混入や多種廃材配合により、耐久性の向上効果が期待でき、今後検討していく。

また、試験時間の増加に伴い、引張強さに

おいては、ヴァージンおよび防水シートは低下、タイルカーペットおよび壁紙は増大した。一方、伸び率においては、すべての水準で低下した。加熱処理と比較すると、促進暴露処理による劣化傾向は類似しているが、その低下率は促進暴露処理によるものの方が大きく、特に伸び率においては極端な低下傾向を示した。これらは、促進暴露処理が実環境による劣化を想定しているため、熱に加え、紫外線および水も劣化因子に含まれることが原因である。紫外線による劣化は、塩ビ樹脂の分子鎖を断裂することにより低分子量化を引き起こし、水による劣化は、塩ビ樹脂の加水分解に加え、可塑剤の溶出を促進させる。実環境下では、これらの劣化因子が複合的に絡み合い、劣化傾向を把握することは難しいが、今回の試験結果では伸び率に顕著な低下がみられた。

(5) 再生塩ビ樹脂シートの複層化による耐久性向上効果

実験概要

ここでは、再生塩ビ樹脂シートの複層化による品質改善の検討を行った。具体的には、図 12 に示すように表層に品質の高いヴァージンシート（耐久性を高める安定剤を添加したもの）、下層に品質の低い再生塩ビ樹脂シートを使用し、再生塩ビ樹脂シートを複層構造にすることで、複層化再生塩ビ樹脂シート全体での品質向上、つまりリサイクル率向上を検討する。検討項目としては、複層再生塩ビ樹脂シートに使用する再生塩ビ樹脂シートの配合廃材種類および混入率、複層枚数等の変動についてである。

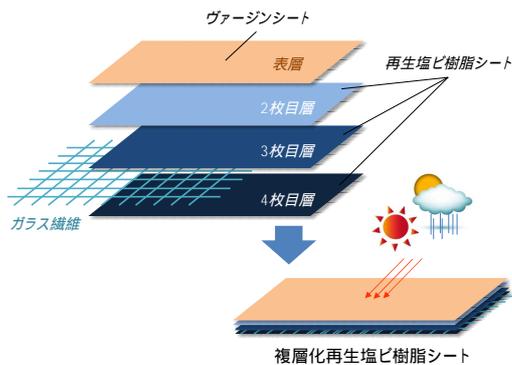


図 12 複層リサイクルシートの概略

実験結果

図 13 に壁紙を再生原料とした複層化再生塩ビ樹脂シートにおけるリサイクル率と引張強さの関係を示す。図 14 に伸び率の関係を示す。図より、複層化再生塩ビ樹脂シートの引張強さおよび伸び率は、リサイクル率の増加に伴い、比例的に減少し、その傾きは単層シートにおける傾きとほぼ同一であった。つまり、複層化再生塩ビ樹脂シートの引張性能は、そのリサイクル率に限らず、単層シートと同様の傾向を示し、図中の引張性能における切片分がシート間の接着力による低下量といえる。また、引張強さと伸び率を比較すると、

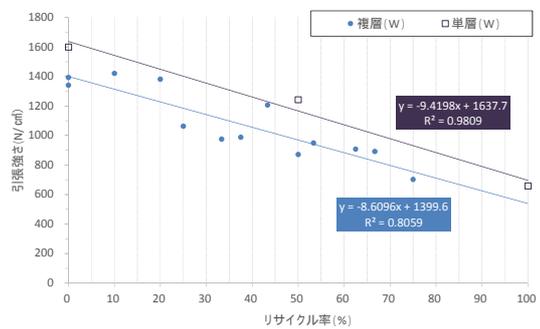


図 13 複層化再生塩ビ樹脂シートにおけるリサイクル率と引張強さの関係（再生原料種類：床材）

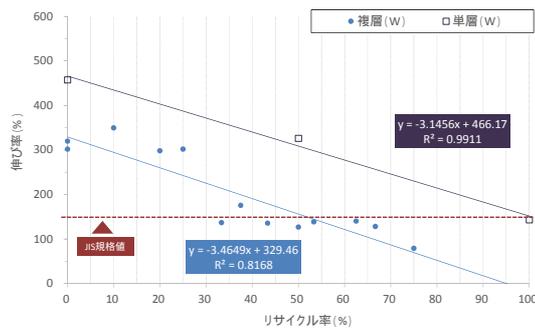


図 14 複層化再生塩ビ樹脂シートにおけるリサイクル率と伸び率の関係（再生原料種類：床材）

リサイクル率に対する傾向は、引張強さの方が相関性は高く、伸び率の方がシート間の接着力に依存すると推察される。

図 15 に複層化再生塩ビ樹脂シートにおけるリサイクル率と長期促進暴露処理（1500 時間）後の引張強さ比の関係を示す。図 16 に長期促進暴露処理後の伸び率比の関係を示す。

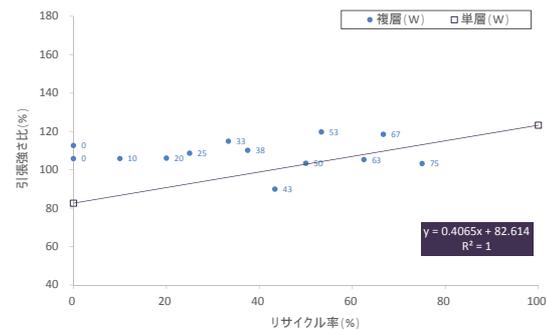


図 15 複層化再生塩ビ樹脂シートにおけるリサイクル率と長期促進暴露処理後の引張強さ比の関係（再生原料種類：壁紙，促進暴露処理：1500時間）

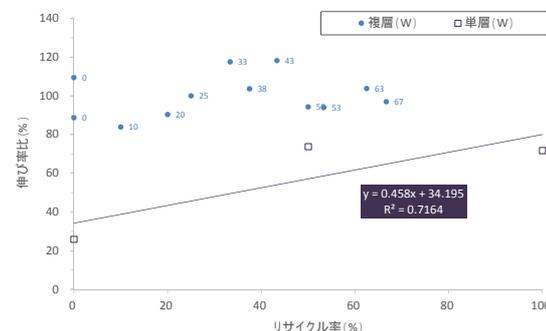


図 16 複層化再生塩ビ樹脂シートにおけるリサイクル率と長期促進暴露処理後の伸び率比の関係（再生原料種類：壁紙，促進暴露処理：1500時間）

図より、複層化再生塩ビ樹脂シートにおける長期促進暴露処理後の引張強さ比は、廃材混入率が約 40%以下までは単層シートよりも高い値を示し、伸び率比においては、ほぼすべての水準で単層よりも高い値を示した。また、これらの傾向は、複層化再生塩ビ樹脂シートの廃材種類に限らず、本研究で使用した壁紙およびタイルカーペットとともに、同様の傾向がみられた。

以上のことより、再生塩ビ樹脂シートを表層に耐久性が高いシートを用いる複層構造にすることで、複層化再生塩ビ樹脂シートの長期的な耐久性は向上するといえる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3件)

山口晃平, 小山明男: 塩化ビニルタイルカーペットの廃棄物処理実態調査およびリサイクルへの適用性, 日本建築学会技術報告集, 45号, pp.491-496, 2014.6

小山明男, 山口晃平, 酒谷舜, 村上泰司, 石崎光一, 小出 正人: 住宅の解体工事に伴う塩化ビニル管・継手の排出実態調査研究, 日本建築学会技術報告集, 49号, pp.913-918, 2015.10

山口晃平, 小山明男: 多種類の新築系廃材を混合利用した再生塩化ビニル樹脂シートの品質に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 720号, pp.211-218, 2016.2

[学会発表](計 4件)

李統晨, 小山明男, 山口 晃平: 塩化ビニル系廃材を用いた再生樹脂シートの品質予測および配合手法に関する基礎的研究 (その9.熱の劣化による耐久性評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料施工, pp.941-942, 2014.9

村上泰司, 石崎光一, 小出正人, 山口晃平, 小山明男: 解体工事に伴う塩化ビニル管継手の排出実態調査研究 その1~その4, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料施工, pp.1373-1380, 2014.9

山口晃平, 小山明男, 福田杉夫, 小野克也: 塩化ビニル防水シートの経年劣化予測に関する実験的研究 表面性状評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料施工, pp.1175-1176, 2015.9

白井真彦, 山口晃平, 小山明男, 小野克也: 廃塩化ビニル樹脂建材の再資源化技術に関する実験的研究 その1 シートの複層化による品質向上効果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料施工, 2016.8

[図書](計 0件)

[産業財産権]

出願状況(計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況(計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

小山 明男 (KOYAMA Akio)

明治大学・理工学部・教授

研究者番号: 90285099

(2)研究分担者

()

研究者番号:

(3)連携研究者

()

研究者番号: