

ポリウレタンフォーム廃材を利用した RPF 化のための調査研究

調査報告書

平成20年3月

経済産業省 製造産業局 化学課

はじめに

我が国は「大量生産・大量消費・大量廃棄」型の経済活動を続けてきたが、近年の環境保全の動きや廃棄物の最終処分場の逼迫、地球資源の将来的な枯渇等の環境制約と資源制約が高まる中で、いかに環境保全と経済発展を両立させ、持続可能な経済社会を構築していくかが喫緊の課題となってきた。こうしたことを背景に、平成 12 年「循環型社会形成推進基本法」が制定され、循環型社会の形成に向け 3 R(リデュース、リユース、リサイクル)が推進されており、様々な製品の 3 R システムが検討されてきた。

ポリウレタンフォームは、硬質、軟質ともに多種多様な用途に使用されている。軟質のポリウレタンフォーム（以下、軟質ウレタン）は、製造工程からの端材を格落ち品として有価にてリユースするなど、リサイクルが推進されている。一方で、硬質のポリウレタンフォーム（以下、硬質ウレタン）は、端材のリユースはされておらず、廃材についても、殆どが廃プラスチック類として他の樹脂廃材と混合で排出されている。さらに、硬質ウレタンの多くは埋立処理されており、リサイクル率が低いことから、リサイクル率の向上が急務となっている。

硬質ウレタンは、建築分野にて最も多く使用されており、硬質ウレタン全体の約 7 割を占めている。そこで、本事業では、建築分野にて排出される硬質ウレタンの廃棄物を対象とした。解体現場から排出される硬質ウレタンの廃材は分別が困難であることから、まずは、新築現場から排出される硬質ウレタン端材を対象に、3 R システムを構築するための検討を行った。

検討に際しては、東京大学大学院工学系研究科准教授荒巻俊也先生に委員長に御就任いただき、実業界の第一線で御活躍されている識者に委員として御参加いただいた。また、経済産業省化学課およびオゾン層保護等推進室の熱心な御指導をいただいた。本調査報告書の作成に御協力いただきました関係者各位に厚く御礼申し上げます。

平成 20 年 3 月

株式会社リサイクルワン

平成 19 年度環境問題対策等（3R システム化可能性調査事業）
ポリウレタンフォーム廃材を利用した RPF 化のための調査研究

委員会委員名簿

（50 音順、敬称略）

委員長	荒巻 俊也	東京大学大学院 工学系研究科 准教授
委員	小津 晴司	日本ウレタン断熱協会 専務理事
	菊池 四郎	ウレタンフォーム工業会 顧問
	竹中 元康	日本 RPF 工業会 事務局長
	橋谷 勇治	株式会社竹中工務店 安全環境本部 課長
	松本 康夫	セキスイウレタン加工株式会社 課長
オブザーバー	中山田 光行	経済産業省化学課廃棄物・リサイクル対策・合成樹脂製品担当課長補佐
	稲葉 あい	経済産業省化学課廃棄物・リサイクル対策・合成樹脂製品係長
	青山 直充	経済産業省化学物質管理課オゾン層保護等推進室技術担当課長補佐
	遠藤 秀雄	経済産業省化学物質管理課オゾン層保護等推進室技術担当課長補佐
事務局	本田 大作	株式会社リサイクルワン 取締役
	宮川 英樹	株式会社リサイクルワン 環境コンサルティング事業部
	若林 史子	株式会社リサイクルワン 環境コンサルティング事業部
	上野 晃世	株式会社リサイクルワン 環境コンサルティング事業部

委員会スケジュール

委員会日程	検討内容
第1回委員会 平成18年8月29日 (水曜日) 10:00～12:00	(1)調査事業実施計画書の承認 (2)アンケート調査方法、一部調査結果の検討
第2回委員会 平成19年10月24日 (水曜日) 10:00～12:00	(1)アンケート調査結果の速報報告、検討 (2)RPF化処理事業者の硬質ウレタン端材の受入状況の報告 (3)実証試験実施計画書の承認 (4)硬質ウレタン端材の3Rシステムの方向性の検討
第3回委員会 平成19年12月19日 (水曜日) 10:00～12:00	(1)アンケート調査結果の報告、検討 (2)RPF化処理事業者の硬質ウレタン端材の受入状況の報告 (3)実証試験結果の報告 (4)硬質ウレタン端材の3Rシステムの検討
第4回委員会 平成19年2月22日 (金曜日) 15:00～17:00	(1)報告書ドラフト案の報告、検討

目 次

1. ウレタン端材の排出および処理の実態把握	1
1. 1 3Rの対象とするウレタン材の検討	1
1.1.1 3Rの対象とする硬質ウレタン廃棄物の検討	2
1.1.2 断熱ウレタン材におけるノンフロン化の現状把握	3
1. 2 新築工事現場からのウレタン端材の排出および処理状況の把握	6
1.2.1 ウレタン端材の分別状況の把握	6
1.2.2 ウレタン端材の排出形態の把握	7
1.2.3 ウレタン端材の排出量の把握	8
1.2.4 ウレタン端材の処理方法の把握	10
1.2.5 ウレタン端材の処理費用の把握	12
1.2.6 ウレタン端材のリサイクル処理の課題	14
1.2.7 ウレタン端材排出量の拡大推計	18
2. ウレタン端材のリサイクル技術の検討	19
2. 1 ウレタン端材のリサイクル技術の検討	19
2. 2 RPF 化処理事業者におけるウレタン端材の受入可能性の検討	20
2.2.1 ウレタン端材の取り扱い実績	21
2.2.2 ウレタン端材の追加受入の可否	22
2.2.3 ウレタン端材の受入単価	23
2.2.4 RPF 化処理施設の分布状況	24
3. ウレタン端材含有 RPF の品質分析と受入可能性の検討	25
3. 1 ウレタン端材の RPF 化処理の実証試験	25
3.1.1 実証試験の前提条件の検討	25
3.1.2 ウレタン端材含有 RPF の目標品質	26
3.1.3 ウレタン端材含有 RPF の製造条件および製造工程	27
3.1.4 ウレタン端材含有 RPF の製造結果	31
3.1.5 ウレタン端材含有 RPF の分析方法	32
3.1.6 ウレタン端材含有 RPF の品質分析方法	38
3. 2 ウレタン含有 RPF の利用条件の検討	43
3.2.1 RPF 利用事業者におけるウレタン含有 RPF の受入可能性の把握	43
3.2.2 ウレタン含有 RPF の課題	48
4. ウレタン端材の 3R システムの構築方法	49
4. 1 ウレタン端材と RPF の需給バランスの検討	49
4. 2 3R システムの方向性の検討	51
4. 3 3R システムのスキーム案の検討	53
4. 4 3R システムの推進方策の検討	65
4. 5 3R システムの効果の検討	66
4.5.1 3R システム導入の可能性があるウレタン端材量の推計	66
4.5.2 ウレタン端材の 3R システム導入による効果の検討	70
4.5.3 リサイクル率向上効果の試算	71
4.5.4 費用削減効果の試算	72
4. 6 今後の課題	73

参考資料 1

断熱ウレタン吹き付け工事施工事業者向けアンケート票 75

ゼネコン向けアンケート票..... 80

参考資料 2

ウレタン端材の排出および処理状況把握のためのアンケート調査結果 85

参考資料 3

ウレタン含有 RPF の品質評価ヒアリング調査票..... 103

1. ウレタン端材の排出および処理の実態把握

1. 1 3Rの対象とするウレタン材の検討

ポリウレタンフォームは、硬質、軟質ともに多種多様な用途に使用されている。軟質ウレタンは、製造工程からの端材を格落ち品として有価にてリユースするなど、リサイクルが推進されている。一方で、硬質ウレタンは、端材のリユースがされておらず、廃材についても、殆どが廃プラスチック類として他の樹脂廃材と混合で排出されている。硬質ウレタンは、建築分野にて最も多く使用されており、硬質ウレタン全体の約7割を占めている。そこで、本事業では、建築分野にて排出される硬質ウレタンの廃棄物を対象に検討を行った。

表 1-1 ポリウレタンフォームの分野別出荷量

	用途	2004 年	2005 年	2006 年
硬質 ポリウレタンフォーム	建築	68,800 t	76,100 t	73,600 t
	断熱機器（業務用）	23,400 t	22,200 t	20,500 t
	船舶・車輛	3,300 t	2,800 t	3,600 t
	プラント	2,300 t	2,300 t	1,600 t
	その他	4,800 t	4,900 t	6,000 t
	小計	102,600 t	108,300 t	105,300 t
軟質 ポリウレタンフォーム	車輛	91,300 t	85,200 t	87,000 t
	家具	13,900 t	13,800 t	13,100 t
	寝具	9,900 t	8,900 t	8,400 t
	インテリア	8,900 t	8,900 t	8,500 t
	日用雑貨	5,900 t	5,400 t	5,300 t
	その他	20,800 t	19,700 t	18,200 t
	小計	150,700 t	141,900 t	140,500 t

（出典：日本ウレタン工業協会 2007.08.30）

（備考：「断熱機器」としてのエアコンや冷蔵庫への出荷量は、業務用のみが含まれている）

1.1.1 3Rの対象とする硬質ウレタン廃棄物の検討

建築分野にて発生する硬質ウレタンの廃棄物は、新築工事現場から発生する端材と、リフォームおよび解体工事現場にて発生する使用済み廃材に分類される。新築工事にて発生する端材については、養生シート込みであれば、断熱施工時に発生する廃棄物の種類が限られることから、硬質ウレタンの端材（以下、ウレタン端材）の分別は比較的容易であると考えられる。一方、リフォームおよび解体工事では、コンクリートや石膏ボードに硬質ウレタンが付着しており、硬質ウレタンの剥離や分別は非常に困難である。そこで、本事業では、新築現場から発生する、養生シートに付着したウレタン端材を対象に、3R システム構築のための調査検討を行うこととした。

ウレタン断熱材について、現在は代替フロン（HFC）品が多いが、オゾン層保護の推進から、代替フロン品の使用抑制、ならびにノンフロン（CO₂）品の使用促進が経産省、国交省、環境省等を中心に行われている。現在、ノンフロンの断熱材が製造されており、改訂 JIS A 9526-2006 でも、吹付けを行う硬質ウレタンの種類を 5 種類に分け、そのうちの 1 つ「A 種 1」において「発泡剤として二酸化炭素（CO₂）を用い、フロン類を用いないもの」とノンフロン断熱材が規定されている。関係省庁や建築業界でも、ノンフロン品の推進について、さまざまな取り組みを行っていることから、今後はノンフロン断熱材が主流になると考えられるため、本調査では、RPF 化リサイクルシステムの検討の対象をノンフロン断熱材に絞り込んで行う。

表 1-2 建築関連におけるノンフロン断熱材への取り組み

関係団体	取り組み
関係省庁	①グリーン購入法にてノンフロン製品の調達を規定。
	②関連規格 JIS A 9511(工事製品)、9526(現場発泡品)にて、ノンフロン製品(A 種)を追加。
	③「公共建築工事標準仕様書」等で、平成 19 年度改訂版より、使用をノンフロン品のみに限定。
建設業界	①建設業 3 団体にて「環境保全自主行動計画」にて、①建設資機材等のグリーン調達の促進と、
	②代替フロンの排出抑制とノンフロン断熱材の使用促進を掲示。
断熱材メーカー	①建築用断熱材のノンフロン化の推進（現在、ほぼノンフロン化達成）。
	②ノンフロン断熱材の使用促進活動。

1.1.2 断熱ウレタン材におけるノンフロン化の現状把握

ゼネコン事業者、ウレタン断熱施工事業者を対象に、フロン品とノンフロン品の使用状況についてアンケート調査を行った。70社の回答の結果、フロン品が7割以上を占め、二酸化炭素などを使用したノンフロン品の使用状況は、現状では2割程度であった。

ノンフロン品への切り替えについて、ゼネコン事業者のみを対象にアンケートを行ったところ、19社のうち、具体的に検討を行っている割合は約3割であった。さらに、切り替えに具体的な年度目標を掲げていた4社のうち、3社が「2010年」を目標としていた。切り替えの動機については、「発注者（官公庁や不動産事業者など）の指示」が8割以上と最も多く、「次に業界全体の動き」や「制度改定」によるとの回答があった。切り替えの課題については、「法制度の整備」が81.0%と最も高い結果が得られた。「その他」の回答としては「価格」や「現場の施工性（発泡性）」などがあった。

ノンフロン品の使用について、発注者の指示によるとの回答が多かったことから、不動産事業者を対象にノンフロン品の推進状況について調査を行ったところ、大手系不動産事業者においては、オフィスビルなどでは、首都圏を中心に数年前からノンフロン品使用の標準仕様化が進められていた。特にオフィスビルでは、事業者の環境CSRの観点からも環境配慮型のビルに需要があり、フロン品使用とノンフロン品使用の差別化の効果が得られているとのことであった。

一方で、個人向けのマンション、特に賃貸の集合住宅ビルでは、ノンフロン品を使用した場合、販売価格が数百万円上がることから購入を控える傾向があり、ノンフロン品の使用推進は難しいとのことであった。個人向けであっても、フロン品使用とノンフロン品使用の差別化を進めるための課題としては、環境配慮型の住居を購入する場合に補助金を支給することや、固定資産税の免除などが要求項目として挙げられた。

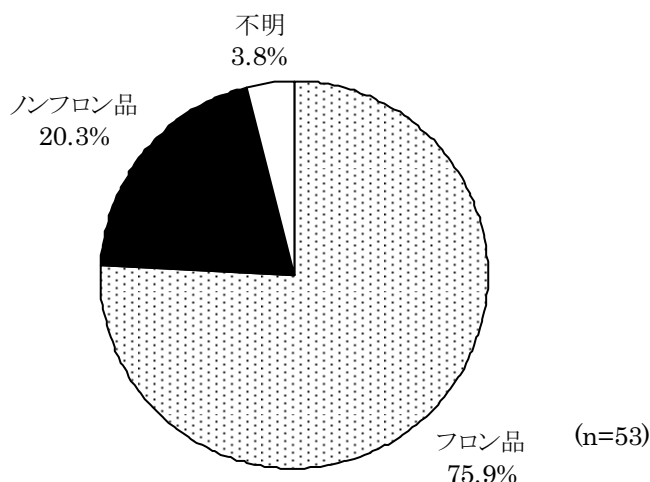


図 1-1 ウレタン断熱材の使用状況

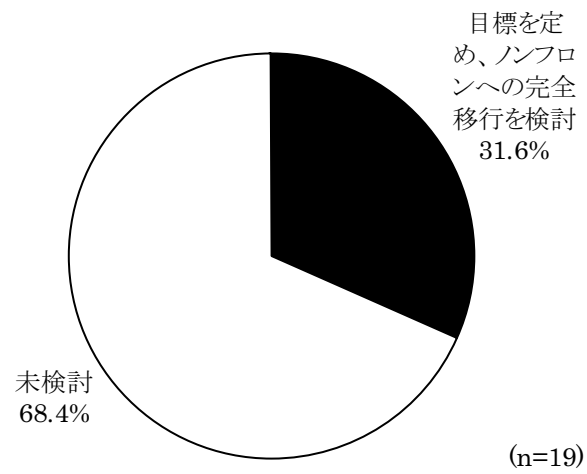


図 1-2 ゼネコン事業者におけるノンフロン品への切り替えについての検討状況

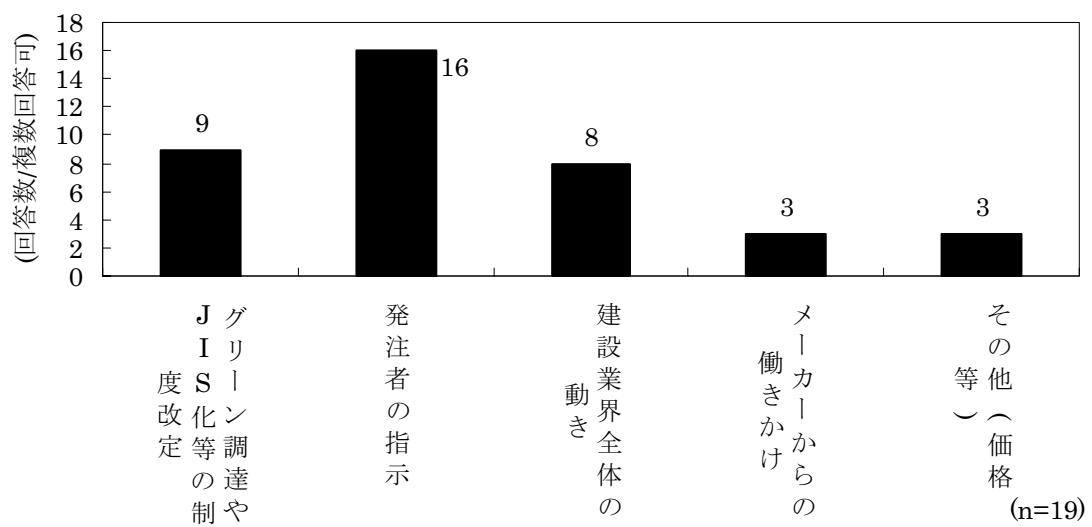


図 1-3 ゼネコン事業者におけるノンフロン品への切り替えの動機

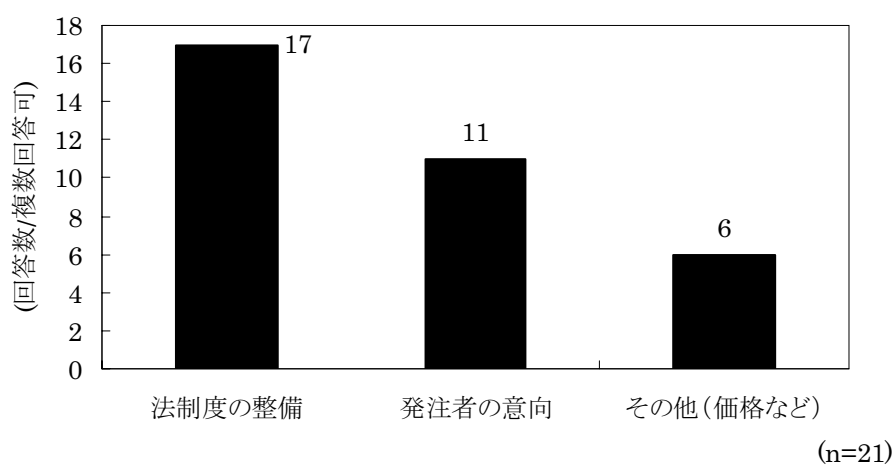


図 1-4 ゼネコン事業者におけるノンフロン品への切り替え課題

1. 2 新築工事現場からのウレタン端材の排出および処理状況の把握

対象とした新築工事現場から発生するウレタン端材について、その排出状況と処理状況の現状把握を行った。特に、ウレタン端材の排出量については、既存資料がないことから、硬質ウレタンの使用量から端材の発生率を調査し、ウレタン端材量の試算を行った。

断熱材の吹付工事では、吹付けが不要な箇所を養生シートで保護した後に、ウレタン断熱材の吹付けを行う。このため、端の切り落としによって発生した端材のほかに、養生シートに付着した硬質ウレタンも、端材として排出される。養生シートに付着した硬質ウレタンは分離が困難であることから、本事業では、養生シート込みでウレタン端材として取り扱った。

1.2.1 ウレタン端材の分別状況の把握

ゼネコン事業者およびウレタン断熱施工事業者を対象に、ウレタン端材の分別排出を行っているかどうかについてアンケート調査を行ったところ、回答のあった 84 社のうち、約 7 割が分別排出を行っているとの回答が得られた。他の廃棄物と混合で排出している場合の混合物については、「その他の廃プラスチック類すべて」がもっとも多かった。このほか、「コンクリートくず」や「塩ビ品」と混ぜて排出するとの回答もあった。

ウレタン端材を排出する際の混合物について、同様に調査したところ、ポリエチレン製の養生シートが 97.6%、紙テープや布テープなどの養生テープが 75.6%と高い割合を示した。塩ビ品は 34.1%であり、塩ビシートや塩ビ管を混合する回答が得られた。このほか、少量のコンクリートくずなども一緒に排出しているとの回答があった。

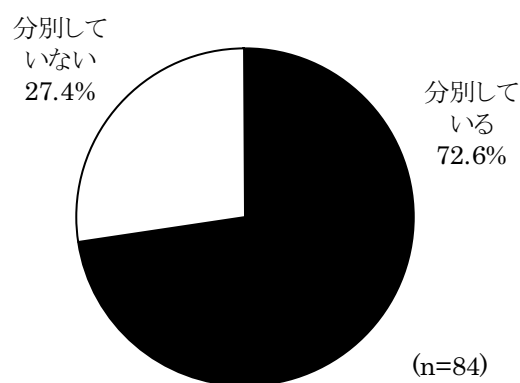


図 1-5 ウレタン端材の分別状況

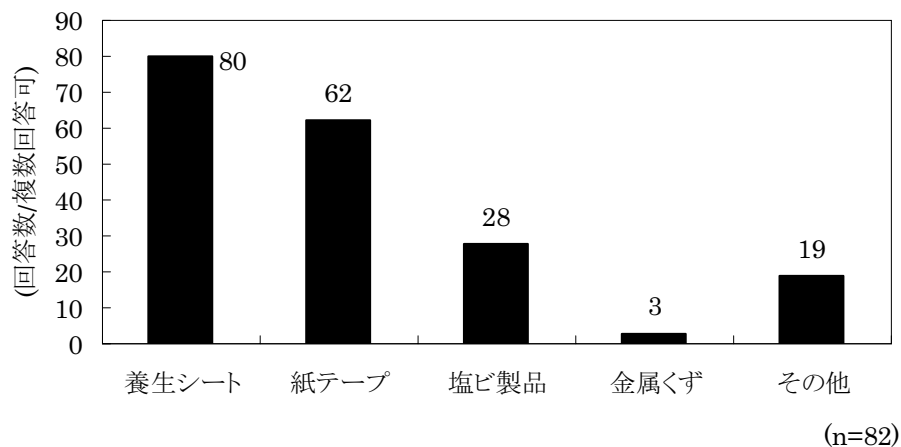


図 1-6 ウレタン端材を排出する際の混合物

1.2.2 ウレタン端材の排出形態の把握

ウレタン端材の排出の形態については、ゼネコン事業者およびウレタン断熱施工事業者を対象としたアンケート調査の結果、回答のあった 86 社のうちの約 8 割が現場ごとに排出しているとの回答が得られた。まとめ排出を行っている事例が少ないことから、現状では、1 回あたりのウレタン端材の排出は小規模であると推測される。

また、端材処理の際のマニフェスト交付主体については、元請け事業者が 43.7%、孫請け事業者（断熱施工事業者）が 42.5%の回答が得られた。これについては、元請け事業者と孫請け事業者の両方にチェックをつけた解答が多く見られた。これは、回答した事業者がマニフェストの「交付主体」をマニフェスト「記入主体」と誤解した可能性によるものと考えられる。そのため、交付主体は元請け事業者だが、記入は孫請け事業者が行ったという状況についても反映された結果であると思われる。

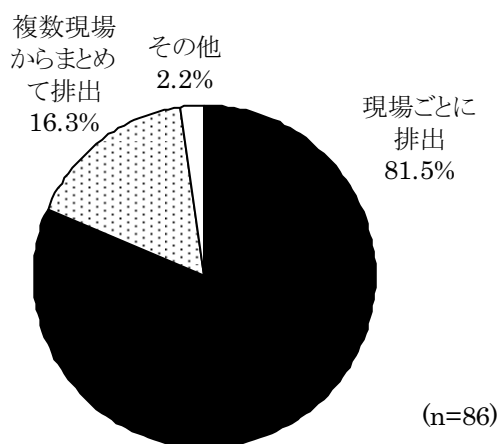


図 1-7 ウレタン端材を排出する際の排出形態

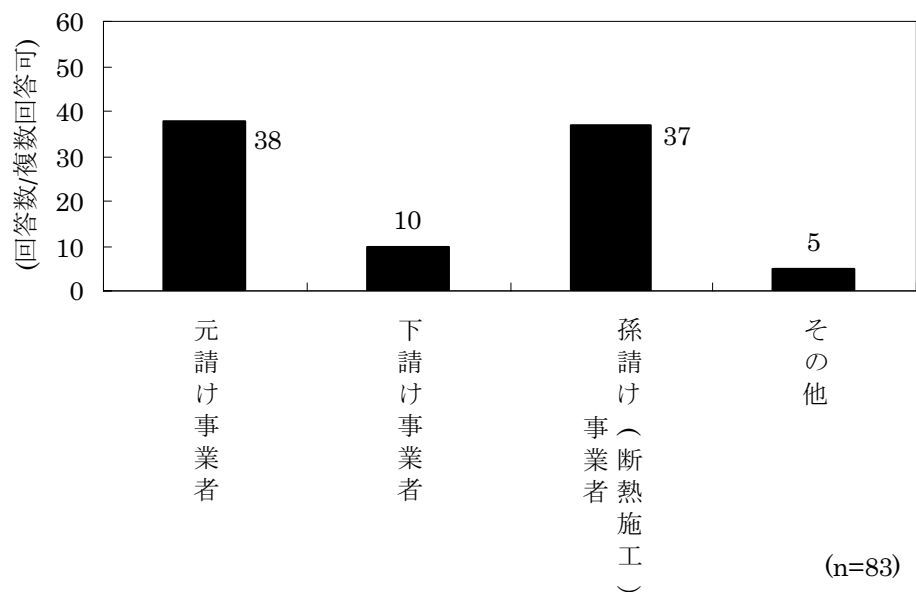


図 1-8 ウレタン端材を排出する際のマニフェストの交付主体

（備考：本設問については、元請け事業者と孫請け事業者の両方にチェックをつけた解答が多く見られた。これは、回答した事業者がマニフェストの「交付主体」をマニフェスト「記入主体」と誤解した可能性によるものと考えられる）

1.2.3 ウレタン端材の排出量の把握

養生シート込みのウレタン端材の排出量について、まずウレタン原液と養生シート(PE)の使用状況の把握を行った。ウレタン断熱施工事業者を対象に、これらの使用状況についてヒアリング調査を行ったところ、1事業者における平均使用量は、ウレタン原液が 388t/年、養生シート(PE)が約 145 千 m²であった（表 1-3 参照）。さらに、原液使用量に対するウレタン端材の発生量についてもアンケート調査を行ったところ、平均端材発生率が 5.43%であったことから（表 1-4 参照）、これらの数値を元にウレタン端材の発生量の試算を行った。なお、養生シートは使用された量（購入量と同数と仮定した）はすべて廃棄されると仮定した。

試算の結果、1断熱施工事業者から排出されるウレタン端材の発生量は 21.1t/年となり、養生シートの排出量が 2.60t/年で、あわせて 23.7t/年が 1断熱施工事業者からウレタン端材が排出されると推計され、硬質ウレタンと養生シートの構成比は、8 対 1 との結果が得られた（表 1-5 参照）。

表 1-3 断熱施工事業者におけるウレタン原液と養生シートの使用量

回答	ウレタン原液使用量(t/年)	養生シート使用量(m ² /年)
1	270	90,000
2	100	12,500
3	950	300,000
4	122	18,000
5	80	16,000
6	6	10,000
7	35	12,600
8	151	56,250
9	32	7,725
10	7	60,500
11	800	102,625
12	100	1,750
13	110	100,350
14	100	82,500
15	300	88,000
16	270	148,500
17	700	358,850
18	36	27,000
19	3,600	247,500
20	360	276,125
21	200	27,000
22	200	1,148,000
平均	388	145,080

表 1-4 硬質ウレタン使用量における端材の発生率

硬質ウレタン使用量における端材発生率 (%)	回答数
～0.9%	6
1～3%	14
4～6%	21
7～9%	6
10%～	11
合計	58
平均 5.43%	

表 1-5 1 断熱施工事業者あたりのウレタン端材の平均排出量

項目		数量
硬質 ウレタン	原液の平均使用量	388 t/年
	原液使用量に対する吹付端材の排出率	5.43 %
	吹付端材の平均発生量	21.1 t/年
養生シート	平均使用量	145 千 m ² /年
	シート使用量に対する廃材の排出率	100 %
	比重	18.2 g/ m ²
	廃材の平均排出量	2.60 t/年
ウレタン端材（養生シート込み）の平均排出量		23.7 t/年

1.2.4 ウレタン端材の処理方法の把握

ウレタン端材の処理委託先について、ゼネコン事業者およびウレタン断熱施工事業者を対象にアンケート調査を行ったところ、回答のあった 78 社のうちの約 8 割が産業廃棄物処理事業者に委託を行っていた。処理方法については、RPF 化処理を行っていたのは 12.0%に止まり、埋立処理と単純焼却をあわせると、5 割以上がリサイクル処理を行っていない実態が明らかになった。

さらに、ウレタン端材を処理する際に何らかのフロン対策を採っているかという設問に対しては、対策を採っていると回答した事業者は約 2 割にとどまった。しかし、図 1-10 より、炉燃料化、溶融・スラグ再生、熱回収焼却・スラグ再生、単純焼却を含めると約 4 割が高熱処理を行っており、結果的にフロン対策に有効な処理方法を行っていると考えられた。また、意識してフロン対策を行っている事業者の具体的な対策については、高温での焼却処理やフロン回収を行うなどの回答があった。

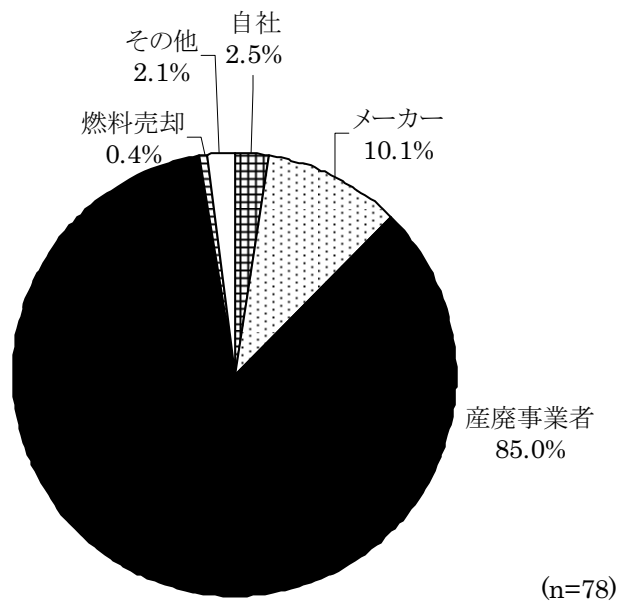


図 1-9 ウレタン端材の処理委託先

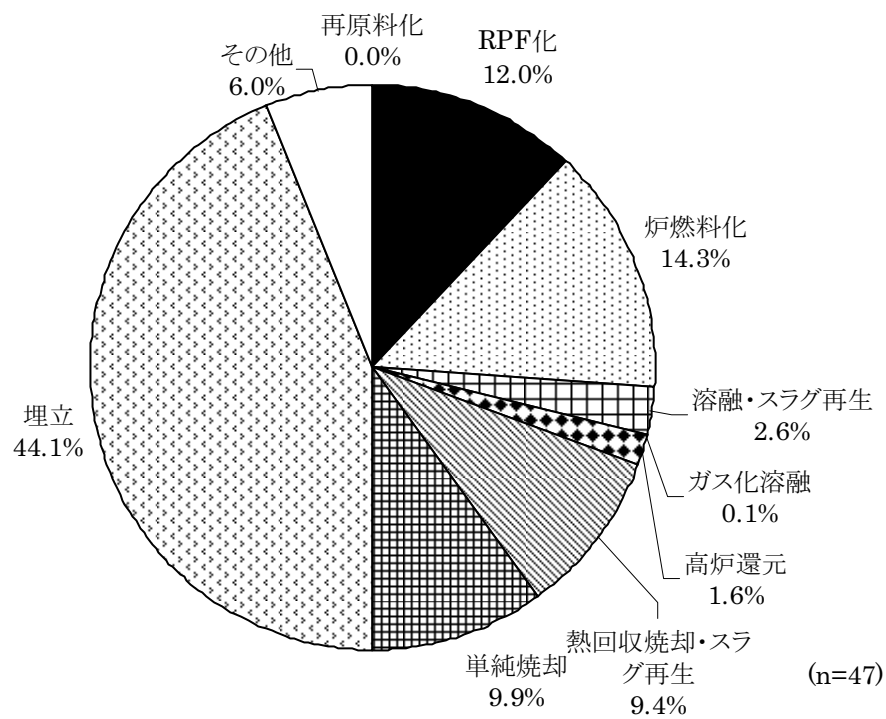


図 1-10 ウレタン端材の処理方法

1.2.5 ウレタン端材の処理費用の把握

ウレタン端材の処理費用につき、ゼネコン事業者およびウレタン断熱施工事業者を対象にアンケート調査を行い、もっとも回答の割合が多かった容量（ m^3 ）での単価契約の回答を用いて、費用の分布や平均価格の算出を行った。重量契約であった 7 件については、他の廃棄物が含まれている場合や、圧縮率などが異なることが考えられ、硬質ウレタンの比重を用いての試算が困難であったことから除外した。なお、収集運搬こみでの処理費価格については、収集運搬費 3 割、処理費 7 割にて配分を行った。

試算の結果、平均収集運搬費用は約 5,000 円/ m^3 、処理費は約 10,400 円/ m^3 と算出された。しかし、費用の分布を見ると、収集運搬費用では 1,000～1,999 円/ m^3 と 3,000～3,999 円/ m^3 がもっとも回答数が多く、処理費用では、6,000～8,999 円/ m^3 がもっとも回答数の多い結果となった。

収集運搬費は距離により異なるが、同県および隣県までの移動の場合は、4t 車の場合でおよそ 1,500～3,000 円/ m^3 である。処理費については、通常の建設廃棄物における廃プラスチック類の処理費は 5,000～8,000 円/ m^3 であることから、現在のウレタン端材の処理費用は、収集運搬、処理ともに、通常の廃プラスチック類と同程度の価格にて処理されていることが窺える。

表 1-6 ウレタン端材処理における収集運搬と処理費の平均値

項目	n 数	平均金額
平均収集運搬費用	24	4,838 円/ m^3
平均処理費用	27	10,419 円/ m^3

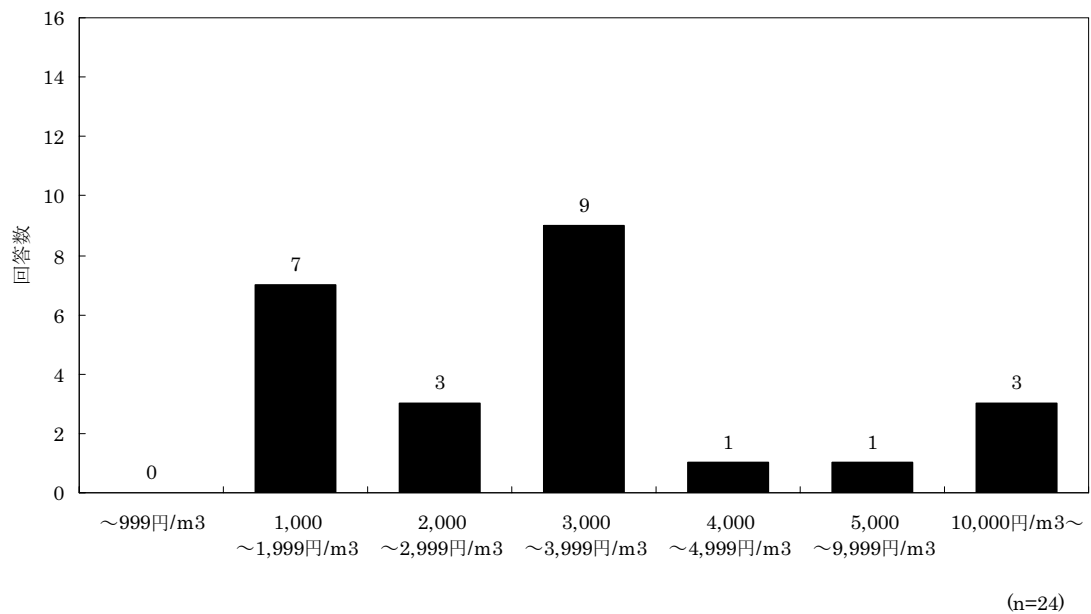


図 1-11 ウレタン端材の収集運搬費用

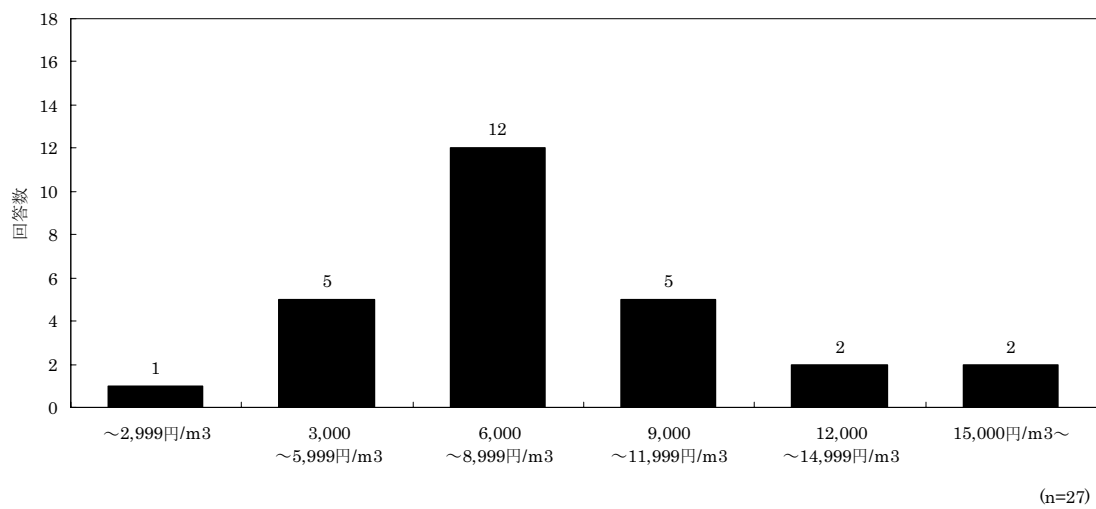


図 1-12 ウレタン端材の処理費用

1.2.6 ウレタン端材のリサイクル処理の課題

ウレタン端材のリサイクルの課題について、ゼネコン事業者およびウレタン断熱施工事業者を対象にアンケート調査を行った。リサイクル処理の前提条件となる分別について質問したところ、ウレタン端材（養生シート込み）の分別につき「可能である」との回答が約 8 割を占めた。なお、本設問については、端材の分別を養生シートからも剥離するものとの誤解回答がいくつかみられた。現状すでに分別排出していた事業者の回答については「分別可能」に修正を行ったが、現状未分別の事業者で同様の誤解回答がいくつかあると推測される。コンクリートくずなどの除去ならば比較的容易と考えられるため、この点を考慮すると、分別の可能性はさらに高くなると考えられる。

ウレタン端材の分別排出の課題について、全事業者を対象に、該当した項目で最も多かったのは「作業の手間」で約 8 割であった。ついで「作業時間」と「コストの負担」が 5 割以上となったが、これも前設問と同様に硬質ウレタンと養生シートを剥離させるとの誤解が想定される。RPF 化処理するに当たって、養生シート、紙や布などのテープ類は付着した状態で問題ないことから、懸念されるほどの作業の手間や時間はないのではないかと考えられる。

また、リサイクルシステム利用におけるコスト条件については、「現状よりも安価」が約 6 割と最も多く、ついで「現状と同額程度」が約 3 割であった。

安価および現状と同額程度を条件とした排出事業者の現状の処理方法と処理費用を検討したところ、いずれも処理方法では埋立処理している割合が最も多く、処理費用では 6,000～8,999 円/m³の割合が最も多い結果が得られた。

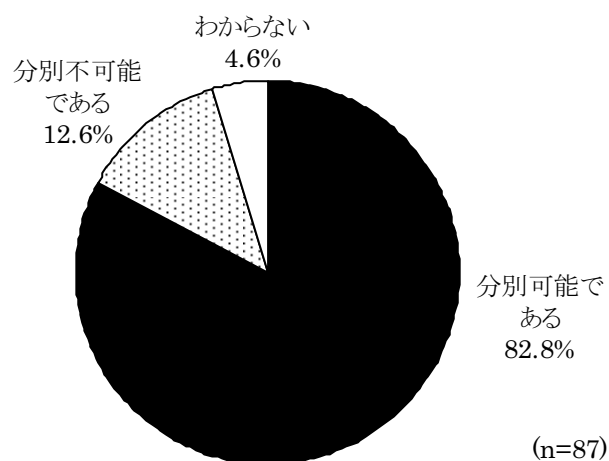


図 1-13 ウレタン端材（養生シート込み）の分別排出の可能性

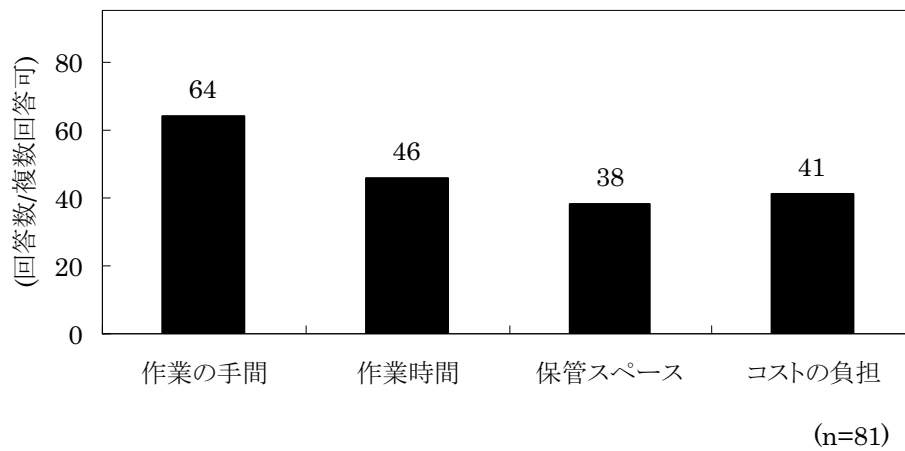


図 1-14 ウレタン端材の分別排出の課題

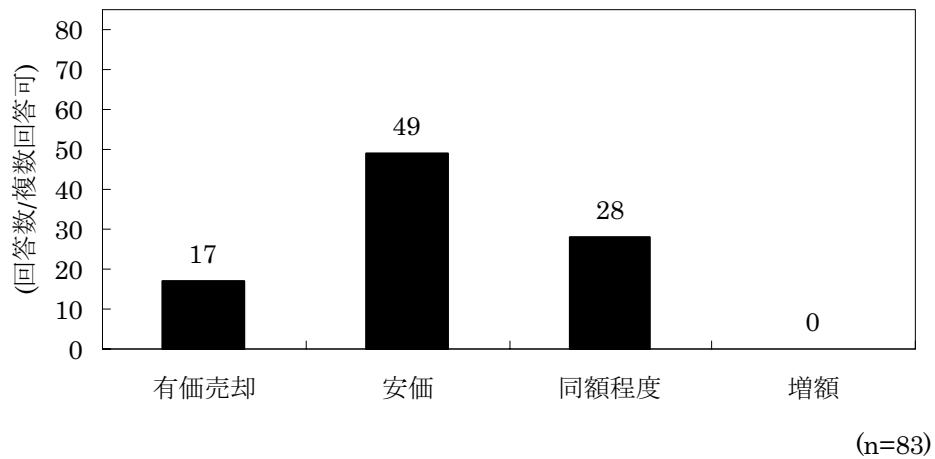


図 1-15 ウレタン端材のリサイクルシステム利用におけるコスト条件

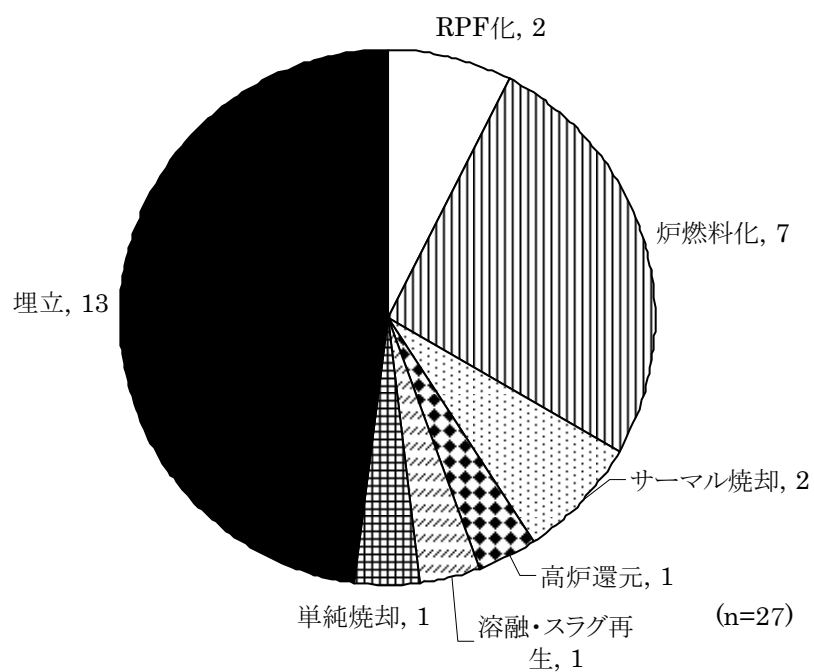


図 1-16 安価を条件と回答した事業者の現状の処理方法

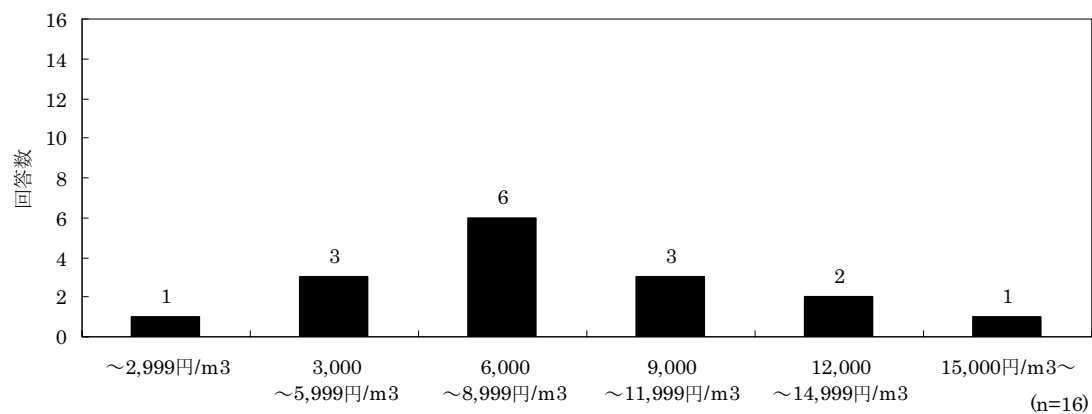


図 1-17 安価を条件と回答した事業者の現状の処理費用

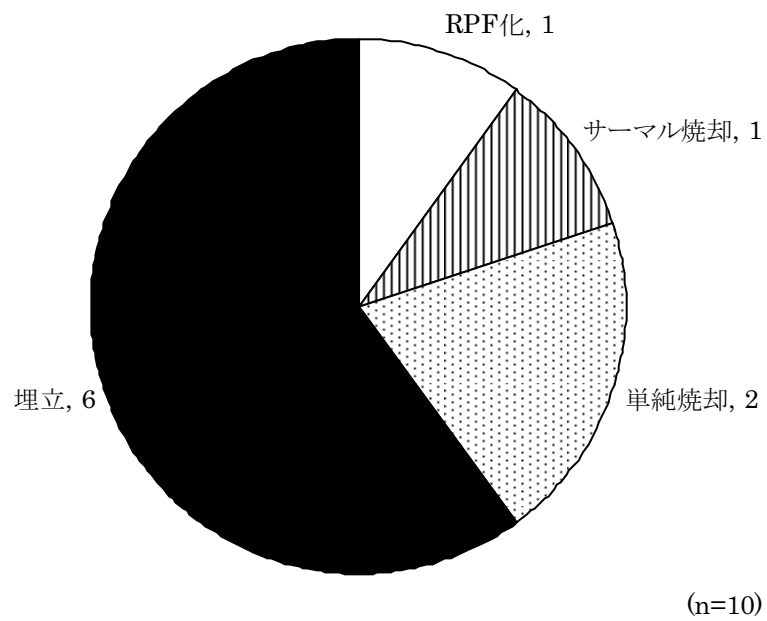


図 1-18 同額程度を条件と回答した事業者の現状の処理方法

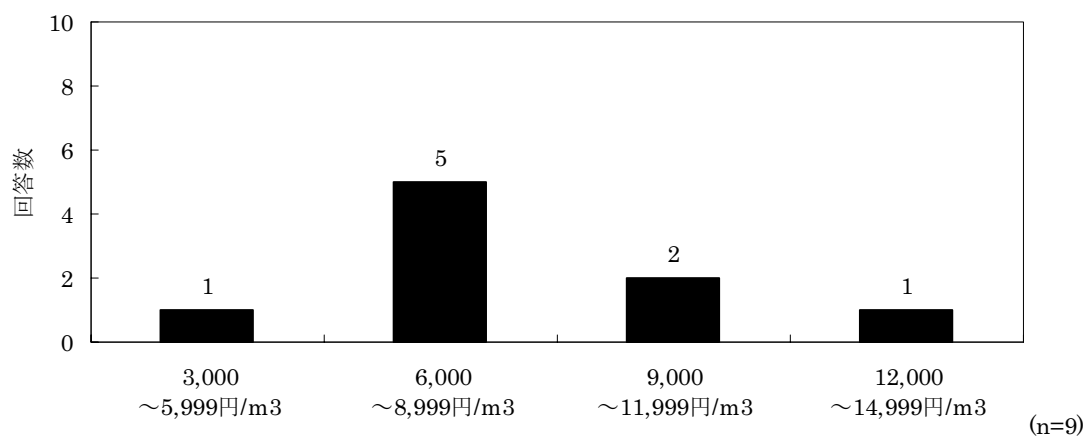


図 1-19 同額程度を条件と回答した事業者の現状の処理費用

1.2.7 ウレタン端材排出量の拡大推計

ウレタン端材の排出量について、全国の拡大推計を行った。算出手法は、図 1-20 のとおりである。試算の結果、全国におけるウレタン端材の排出量は、総計で約 3,850t/年と推計された。このうち、アンケート結果より約 2 割である 770t/年程度が現状でのノンフロンウレタン端材の排出量と考えられる。

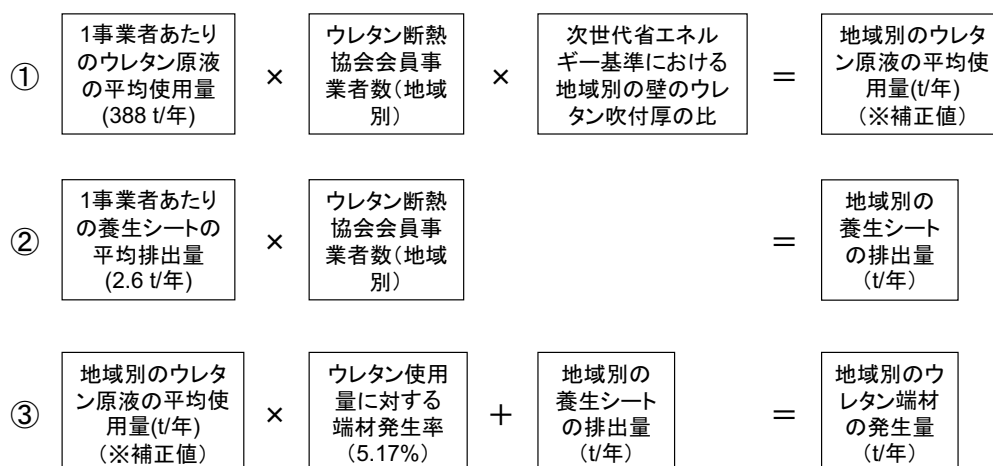


図 1-20 ウレタン端材排出量の拡大推計の手法

表 1-7 断熱施工事業者から排出されるウレタン端材量の拡大推計

	断熱協会 会員事業 者数	硬質 ウレタン 使用量 (t/年)	硬質 ウレタンの 吹付厚 比	硬質ウレタン 使用量 (t/年) 厚比補正值	養生シート(PE) 排出量 (t/年)	ウレタン端材 発生量 (t/年)	ノンフロン ウレタン端材 発生量 (t/年)
北海道	35	13,580	1.46	19,827	92	1,169	234
東北	14	5,432	1	5,432	37	332	66
関東	25	9,700	1	9,700	66	593	119
甲信越	11	4,268	1	4,268	29	261	52
北陸	9	3,492	1	3,492	24	213	43
東海	13	5,044	1	5,044	34	308	62
近畿	12	4,656	1	4,656	32	284	57
中国	5	1,940	1	1,940	13	119	24
四国	3	1,164	1	1,164	8	71	14
九州	21	8,148	1	8,148	55	498	100
総計	148	57,424	—	63,671	391	3,848	770

(備考：次世代省エネルギー基準における地域別の壁への硬質ウレタンの吹付厚の比を用いた。

北海道：95mm、その他の地域 65mm

ノンフロン品の使用割合は、アンケート調査結果より 2 割と仮定した)

2. ウレタン端材のリサイクル技術の検討

2. 1 ウレタン端材のリサイクル技術の検討

ウレタン端材は、現在殆どが単純焼却または埋立処理されている。これらの端材を分別排出し、リサイクル処理を行うための大きな課題となっているのは、コスト面の問題である。現場発泡のウレタン断熱材は、発泡材であるためマテリアルリサイクルを行うには非常にコストがかかり困難であることから、本調査では、もっとも分別の手間が少なく、かつコストの低い RPF 化処理を検討対象とした。

表 2-1 ウレタン端材のリサイクル方法の検討

リサイクル方法	適応の可能性	コスト	その他	評価
再原料化	非常に困難	非常に高額	バージン材よりも製造コストがかかるため、メーカーの取り組み意欲が低い	
その他マテリアルリサイクル	可能	40 円/kg 前後	再生処理に必要なコストが高い一方で、生成物の付加価値が低く、需給バランスが悪い	
RPF 化	可能	20 円/kg 前後	他の廃プラスチック類に混練することでリサイクル可能。ウレタン端材の配合率については要検討。	○
炉燃料化	可能	20 円/kg 前後	処理可能な施設数が少ない。	
溶融・スラグ再生	可能	40 円/kg 前後	排出事業者の費用負担が大きい	
熱利用焼却	可能	40 円/kg 前後	排出事業者の費用負担が大きい	

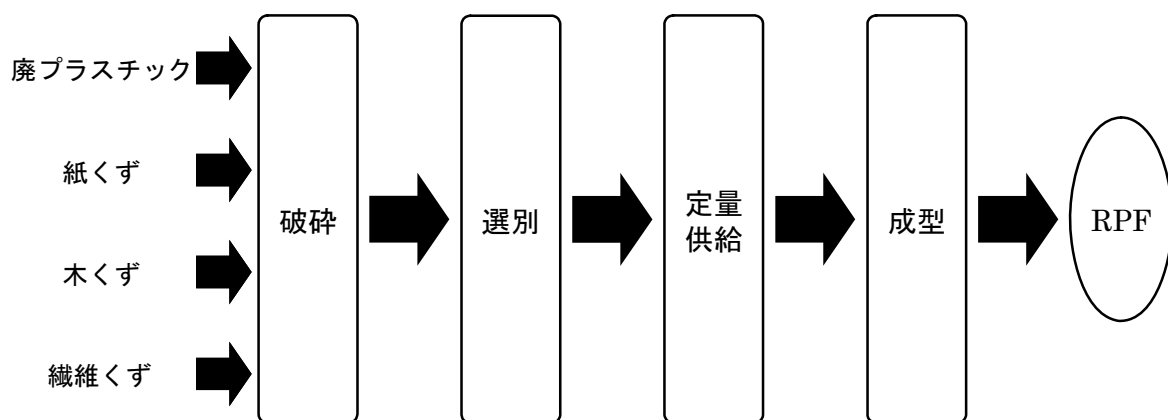


図 2-1 RPF 化の処理フロー（例）

2. 2 RPF 化処理事業におけるウレタン端材の受入可能性の検討

RPF 化処理施設は、全国で約 200 箇所あるといわれており、そのうち処理能力 30t/日以上 of 主要な事業者は約 50 社である。ウレタン端材の取り扱いについても、RPF 化処理の受入先として主要な施設である、処理能力 30t/日以上 of 事業者を対象に、ヒアリング調査を行った。

表 2-2 RPF 化処理事業者のヒアリング結果

状況		回答 事業者数	%(n=39)
ウレタン端材の 取り扱い実績	実績あり	31	79.5%
	実績なし	6	15.4%
	その他（回答拒否など）	2	5.1%
ウレタン端材の 追加受入の可否	可能	16	41.0%
	現在、受け入れており、これ以上の追加は難しい	4	10.3%
	技術的には可能だが、塩素濃度が高いため、ウレタン端材のみの受入は難しい	6	15.4%
	サンプルを検討しなければ分からない	5	12.8%
	ウレタン端材の配合は、設備等の問題から技術的に難しい	3	7.7%
	その他（回答拒否など）	5	12.8%
ウレタン端材の 受入単価	有価買取	0	0.0%
	通常のRPF化処理と同額程度	9	23.1%
	通常のRPF化処理より高額になる	13	33.3%
	サンプルを検討しなければ分からない	6	15.4%
	その他（回答拒否など）	19	48.7%

2.2.1 ウレタン端材の取り扱い実績

RPF 化処理事業者を対象に、過去のウレタン端材の取り扱い実績についてヒアリングを行った。ウレタン端材の RPF 化処理を行った実績があると回答した事業者は、39 社のうち 31 社あり、約 8 割を占めた。受け入れた実績のない事業者は 6 社あり、約 2 割未満であった。

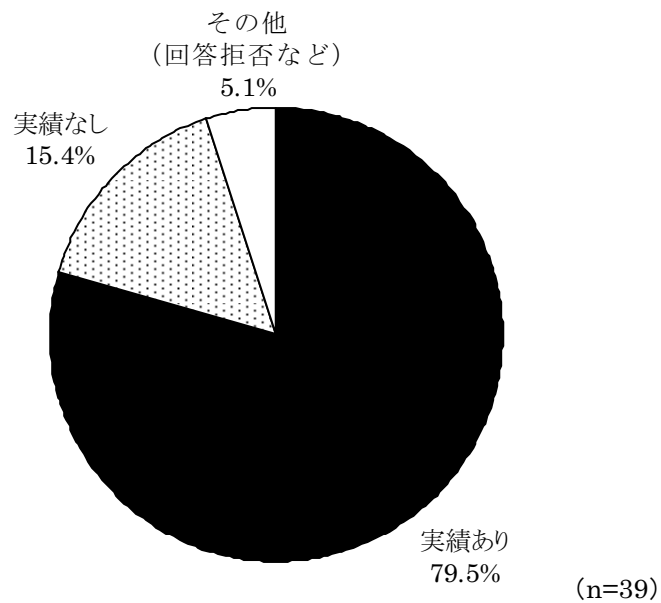


図 2-2 ウレタン端材の RPF 化処理への取り扱い実績

2.2.2 ウレタン端材の追加受入の可否

RPF 化処理事業者を対象に今後のウレタン端材の取り扱いの可否について、ヒアリングを行った。なお、ヒアリングに際しては、3 章に記載する実証試験後のウレタン端材含有 RPF サンプルの分析データを提示した。特に現在受け入れている事業者に対して追加受入の可能性を質問したところ、追加受入は「可能」と回答した事業者は 16 社で約 40%あり、取り扱いは可能だが、既に処理を行っているために「現在、受け入れており、これ以上の追加は難しい」と回答した事業者が 4 社あった。また、取り扱い実績はあり、設備的にも処理は可能ではあるが、塩素濃度の関係からウレタン端材を配合できる割合は低い上に、現在、その他の廃プラスチック類が不足している状況から、「技術的には可能だが、塩素濃度が高いため、ウレタン端材のみの受入は難しい」と回答した事業者が 6 社あった。また、ウレタン端材の取り扱い実績の有無にかかわらず、実験のデータではなく、実際の受入の際の現物を見なければ回答は難しい（「サンプルを検討しなければ分からない」という事業者が 5 社、独自の技術を用いていることや過去に配合実験を行った結果、「ウレタン端材の配合は、設備等の問題から技術的に難しい」と判断している事業者が 3 社あった。

全体的に捉えれば、約 80%の事業者に追加受入の可能性があると考えられ、これまで考えられていたような否定的な意見は少なく、ウレタン端材の RPF 化処理の可能性は高いと思われる。さらに、この調査ではウレタン端材のみの受入についてヒアリングを行っているが、実際にウレタン端材を回収し、RPF 化処理施設へ委託する際に、ウレタン端材だけでなく、その他の廃プラスチック類も混合した状態で搬入することにより、ウレタン端材の塩素濃度が希釈されることを考えると、受入の可能性はさらに高くなると考えられる。

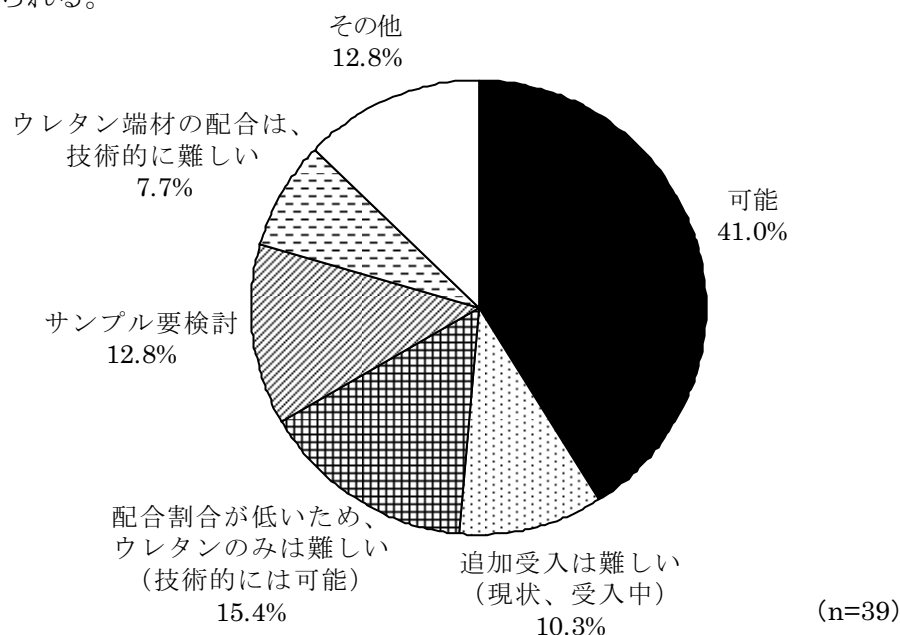


図 2-3 ウレタン端材の追加受入の可否

2.2.3 ウレタン端材の受入単価

ウレタン端材の RPF 化処理の受入費用については、「有価買取」と回答した事業者はなく、通常の「RPF 化処理と同額程度」と回答した事業者が 9 社、配合割合等に制限があることなどから、「通常の RPF 化処理よりも高額になる」と回答した事業者が 13 社であった。通常の RPF 化処理費用が 20～28 円/kg であることから、ウレタン端材の RPF 化の処理費には、20～35 円/kg かかるものと推測される。

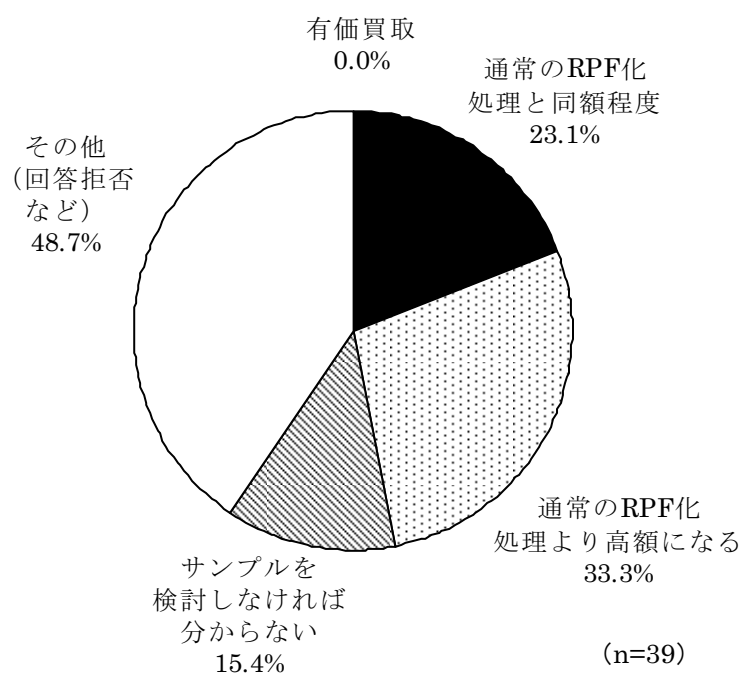


図 2-4 ウレタン端材の受入単価

2.2.4 RPF 化処理施設の分布状況

RPF 化処理施設の分布状況を見ると、処理能力が 15t/日以上の処理施設が全国に合計 71 社存在していた。さらに 15t/日未満の処理施設も含めると、全国に多数の RPF 化処理施設が分布していることから、ウレタン端材の RPF 化処理に対する処理能力が不足している地域はないのではないかと考えられる。

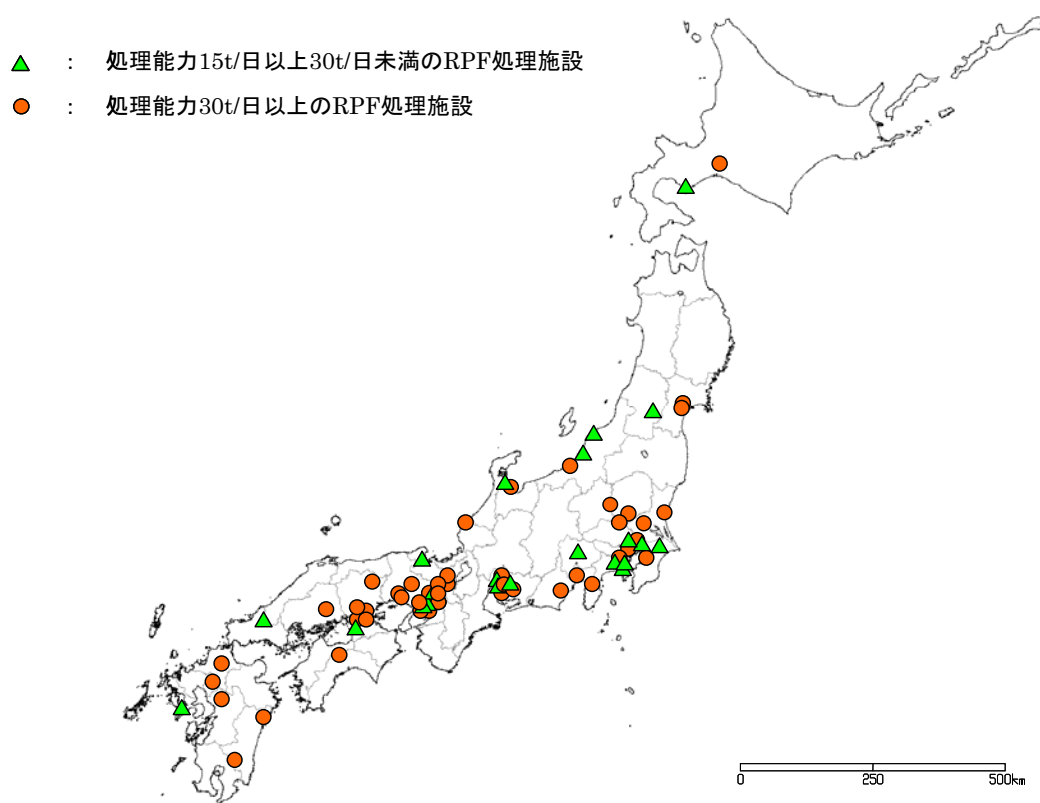


図 2-5 全国の主要な RPF 化処理施設の分布状況

表 2-3 全国の主要な RPF 化処理事業者

地方	RPF 化処理施設数	
	30t/日以上	15t/日以上
北海道	1	1
東北	2	1
関東	10	6
甲信越	1	3
北陸	2	1
東海	7	4
近畿	11	6
中国	3	1
四国	4	1
九州	5	1
計	46	25

3. ウレタン端材含有 RPF の品質分析と受入可能性の検討

3. 1 ウレタン端材の RPF 化処理の実証試験

硬質ウレタンは、燃焼時の熱量が比較的高い素材である。そこで、この特性に着目し、石炭の代替燃料としての RPF 化処理の検討を行った。化石燃料の枯渇が懸念されている今日、ウレタン端材を RPF としてリサイクルすることは、資源の有効利用や地球環境保全等の観点からも意義が大きいと考えられる。本試験では、ウレタン端材を利用価値の高い RPF 化処理を行うための条件について検証を行った。

3.1.1 実証試験の前提条件の検討

本調査では、ウレタン端材を RPF 化処理し、石炭代替燃料として有効利用することを目的とし、その含有量や製造物の品質について、検証を行うために実証試験を実施した。実証試験は、表 3-1 に示す前提条件を元に行った。

表 3-1 ウレタン端材の RPF 化実証試験の前提条件

項目	内容
目的	ウレタン端材の RPF 化について、ウレタン端材の含有量の検討と製造物の品質検証
試験期間	平成 19 年 11 月 26 日(月) 10:00~18:00
試験場所	㈱関商店 茨城工場 (茨城県古河市北利根 14-1)
ウレタン端材の定義	新築工事現場での断熱材吹きつけ工事の際に発生する、養生シートに付着した硬質ウレタン (未使用品)
実験検体数	4 検体
ウレタン端材量	4 m ³ (1 m ³ /1 検体)
ウレタン端材のサンプル条件	発生場所：新築工事現場 硬質ウレタン品質：ノンフロン品 付着物：養生シート (PE)、粘着テープ 禁忌品：塩ビ品、金属 状態：排出現場から排出された、破碎処理前のもの
その他材料	古紙：同一排出源からの比較的均一なもの 熱可塑性樹脂：塩ビ系を除く比較的品質のよいオレフィン系のもの ※サンプル 4 検体に使用したウレタン端材、古紙、熱可塑性樹脂は、すべて同一なものとした。

3.1.2 ウレタン端材含有 RPF の目標品質

実証試験を行うにあたり、ただ成型の可否のみを検討するのではなく、製造物の品質についても、需要の高い品質基準を満たし、供給先の各事業者にて石炭代替燃料として利用されることを目標として検討を行った。

RPF は、石炭代替燃料としてボイラー事業者の需要が年々増加傾向にある。特に製紙事業者における需要の伸びは大きく、今後の需要予測では、2010 年に 90 万 t/年が見込まれている。製紙事業者における RPF の品質基準は石炭相当品に該当する。特に塩素濃度、硫黄濃度、窒素濃度の数値が受入を検討する上での大きな要因となっている。製紙事業者の受入基準は厳密であるため、この受入基準を満たすことで、石炭代替燃料として RPF を使用する他の供給先の事業者の受入基準はほぼ満たすことができると考えられる。以上のことから、本試験では需要の高い RPF 製造のための目標品質として、石炭相当品の品質条件を設定した。

表 3-2 ウレタン端材の RPF 化実証試験における製造物の参考品質基準

	品質基準		測定方法
	石炭相当品	コークス相当品	
高位発熱量 (気乾ベース)	6,000kcal/kg 以上	8,000kcal/kg 以上	JIS Z 7302-2
水分 (気乾ベース)	3.0%以下	1.0%以下	JIS Z 7302-3
灰分 (気乾ベース)	7.0%以下	5.0%以下	JIS Z 7302-4
全塩素 (無水ベース)	0.3%以下	0.2%以下	JIS Z 7302-6
硫黄 (無水ベース)	0.2%以下	0.2%以下	JIS Z 7302-7
窒素 (無水ベース)	0.5%以下	0.5%以下	JIS Z 7302-8

(出典：日本 RPF 工業会パンフレット)

3.1.3 ウレタン端材含有 RPF の製造条件および製造工程

本実証試験では、以下の配合表にしたがって 4 つのサンプルを作成し、それぞれの製造を行った。サンプルは、新築現場にて回収したノンフロン品のウレタン端材を使用した。しかし、搬入したポリ袋には、ウレタン端材の他に、空き缶、PET ボトル、針金、釘、木片等、多数の RPF 化処理するにあたっての禁忌品が含まれていた。実証試験では、これらを取り除いて RPF 化処理を行ったが、今後、ウレタン端材の 3R システムを検討するにあたり、異物除去を含む分別への協力が必要である。

表 3-3 RPF 化処理におけるウレタン端材の配合

	ウレタン端材			古紙類	熱可塑性樹脂	発熱量 予測	塩素含有率 予測
		硬質 ウレタン	養生シート (PE)				
サンプル 1	30%	27.0%	3.0%	40%	30%	約 6,500kcal/kg	0.81%
サンプル 2	20%	18.0%	2.0%	40%	40%	約 6,600kcal/kg	0.54%
サンプル 3	10%	9.0%	1.0%	40%	50%	約 6,800kcal/kg	0.27%
サンプル 4	5%	4.5%	0.5%	40%	55%	約 6,900kcal/kg	0.14%

※高位発熱量 6,000kcal/kg 以上を確保する為に、古紙類を 40%配合するものとし、不足分は熱可塑性樹脂を利用することとした。

※発熱量予測値については、硬質ウレタン 7,000kcal/kg、養生シート (PE) および熱可塑性樹脂 9,000kcal/kg、古紙類を 4,000kcal/kg として計算した。

※塩素含有率については、代表的な硬質ウレタンの分析を行ったところ、難燃剤等の影響から約 3%含有されていた結果が出たため、そのように計算した。

表 3-4 実証試験に用いたウレタン端材の量および密度

	量および密度
ウレタン端材の持ち込み総量 (異物含む)	220.3 (kg)
袋に含まれていた異物	25.3 (kg)
ウレタン端材使用量 (異物除く)	195.0 (kg)
ウレタン端材サンプルのかさ密度	0.083 (t/m ³)

表 3-5 実証試験における RPF 原料の配合量

	ウレタン端材(kg)	古紙類(kg)	熱可塑性樹脂(kg)	計 (kg)
サンプル 1 (ウレタン30%)	90	120	90	300
サンプル 2 (ウレタン20%)	60	120	120	300
サンプル 3 (ウレタン10%)	30	120	150	300
サンプル 4 (ウレタン5%)	15	120	165	300

(備考：「ウレタン●%」とは、「ウレタン端材●%」を指す)

表 3-6 RPF 化処理工程（実証試験工場の例）

	工程	詳細
①	原料受入	搬入した原料に、異物がないか確認を行う。
②	原料投入	配合表に則り、各材料の量を調整しておく。これを攪拌配合しながら、製造ラインへの投入を行う。
③	破碎	4t/日の破碎機により、60mm 以下に破碎する。
④	磁選機	電気式磁選機と永久磁石により、二重に磁性物を完全除去する。
⑤	定量供給機	形状の良い RPF を製造するため、成型機的能力にあわせて、破碎物を攪拌し、再度混合させて、供給する。
⑥	成型機	2t/日の成型機 2 台により、直径 8mm の RPF を製造する。
⑦	ストックヤード	完成した製品をストックしておく。放熱し成型性を保つため、最低一日以上、ヤードにて保管する。
⑧	出荷	トラック等で搬出する。

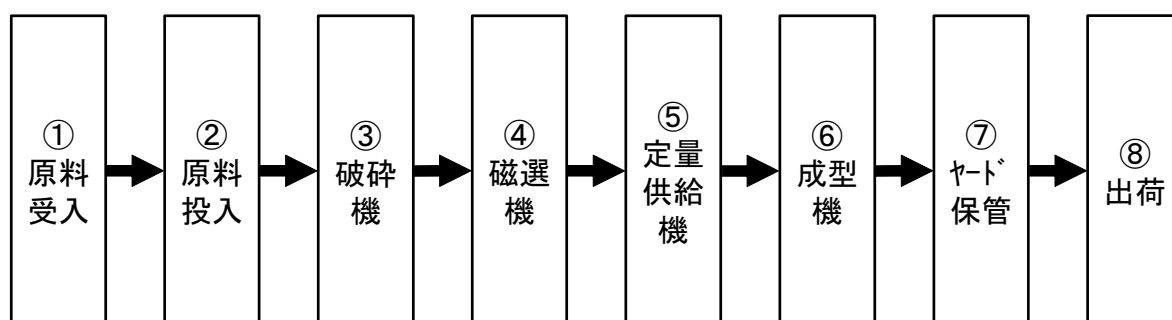


図 3-1 RPF 化処理工程フロー（実証試験工場の例）

表 3-7 実証試験の状況

	
原料	異物（禁忌品）
	
RPF 原料（廃プラ類）	RPF 原料（古紙）
	
配合	原料投入（②）



投入後ベルトコンベアー



破砕機 (③)



磁選機 (④)



成型機 (⑥)



ヤード (⑦)

3.1.4 ウレタン端材含有 RPF の製造結果

実証試験の製造直後は、全サンプルにおいて成型性は良好であった。ウレタン端材を30%含有したサンプル1についても、5%含有のサンプル4と同等の成型性を示していた。しかし、ウレタン端材を30%および20%含有したサンプル1、2のRPFについては、作成後、時間が経過するとやや崩れる傾向があり、乾燥後には折れやすくなっていた。このため、製品として出荷する際、積み込み時や運送中に形が崩れる可能性がある。

表 3-8 実証試験において作成された RPF サンプル

	
サンプル1（ウレタン 30%）	サンプル2（ウレタン 20%）
作成直後は成型性を保っていたが、数時間後には、形崩れを起こしていた。	作成直後は成型性を保っていたが、数時間後には、形崩れを起こしていた。
	
サンプル3（ウレタン 10%）	サンプル4（ウレタン 5%）
成型性は良好であった。	成型性は良好であった。

（備考：「ウレタン●%」とは、「ウレタン端材●%」を指す）

3.1.5 ウレタン端材含有 RPF の分析方法

実証試験において作成したウレタン端材含有 RPF は、各種の日本工業規格 (JIS) に基いたサンプリングを行い、設定した石炭相当品の品質条件との比較のため、発熱量、水分、灰分、全塩素、硫黄、窒素の 6 項目について分析を行った。

(1) サンプルの採取方法

表 3-5 にあるように、各サンプルはウレタン端材、古紙、熱可塑性樹脂を配合し、計 300kg ずつ作成した。そこでまず、均一なサンプルが作成されたと考えられる作成始めと作成終わりのそれぞれ約 100kg を除いた大口試料を採取した。この中から、各材料および成分が、いずれも同じ確率で分析用サンプルに含まれるよう、円すい四分方法によって縮分を行い、分析用サンプルを採取した。

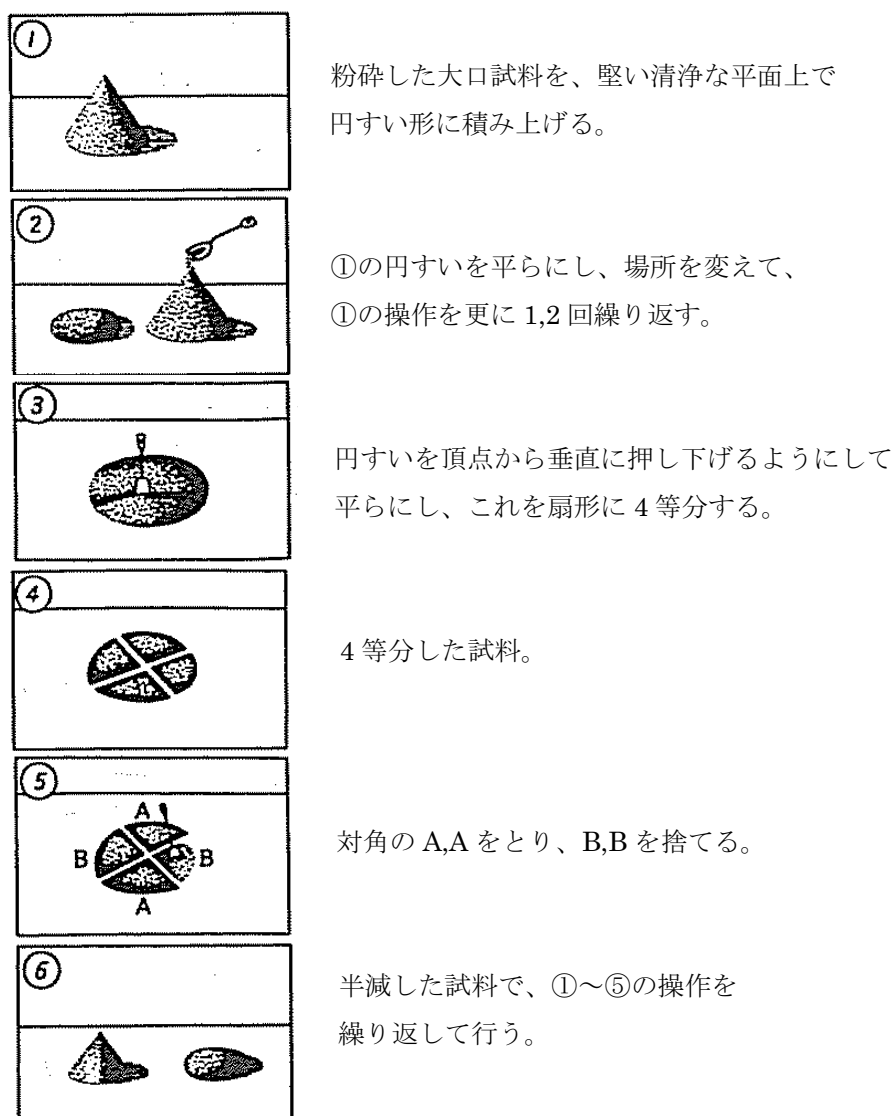


図 3-2 円すい四分方法

(出典 : JIS ハンドブック-54-リサイクル K 0060)

(2) 縮分方法

サンプルの形状、寸法、硬さなどに適した粉砕機を選択し、その全量を粉砕する。この粉砕した試料のインクリメント縮分方法を用いて、縮分を行った。

表 3-9 試料の粒度とインクリメント縮分用スコップの大きさ

試料全量通過の粒度	インクリメント縮分用 スコップ番号	スコップの大きさに対応する 広げた試料の厚さ (mm)
31.5mm 以下	30D	40-50
22.4mm 以下	20D	35-45
16.0mm 以下	15D	30-40
10.0mm 以下	10D	25-35
5.00mm 以下	5D	20-30
2.80mm 以下	3D	15-25
1.00mm 以下	1D	10-20
250 μ mm 以下	0.25D	5-10

(出典：JIS ハンドブック-54-リサイクル K 0060)

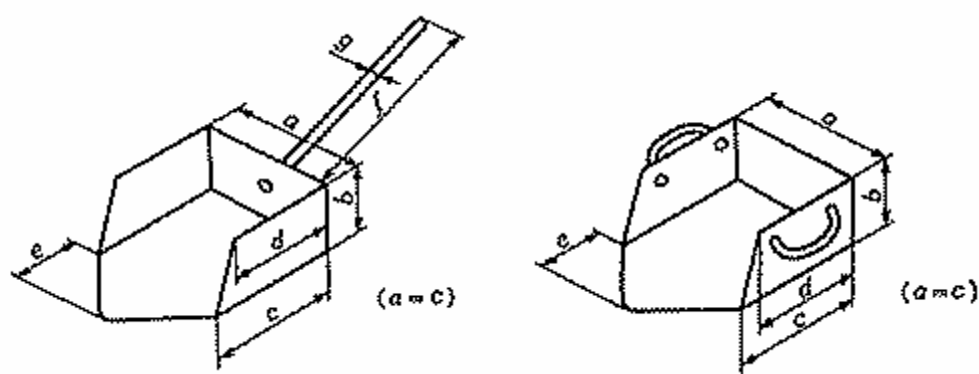
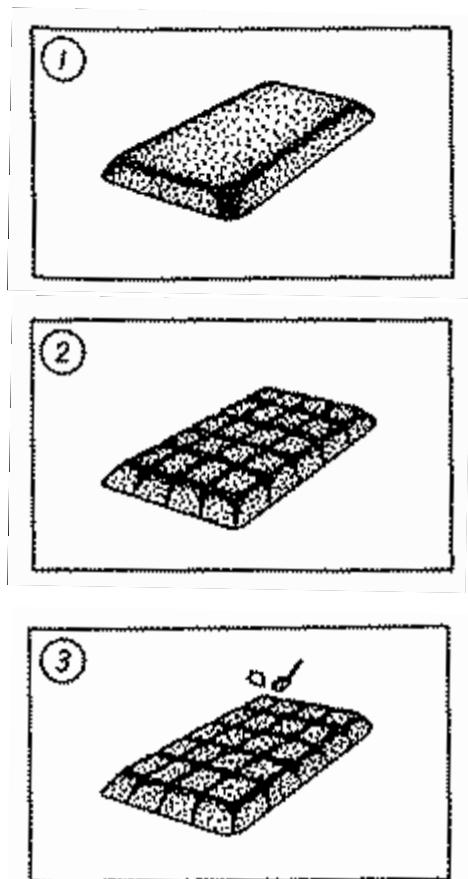


図 3-3 インクリメント採取用スコップ

(出典：JIS ハンドブック-54-リサイクル K 0060)



粉碎した試料を、
表 3-9 に規定した厚さの長方形に広げる。

これを 20 等分する。
(例 縦 5 等分、横 4 等分)

20 等分した各区分から、ランダムに
インクリメントスコップを底部まで入れて
1 杯ずつインクリメントをとり、これを
集めて、測定用サンプルとする。

図 3-4 インクリメント縮分方法
(出典 : JIS ハンドブック-54-リサイクル K 0060)

(3) 試料の状態調節

各分析・試験に用いる縮分された試料は、JIS Z 7302-1 に規定されているように、試験前に温度 $23 \pm 3^{\circ}\text{C}$ および相対湿度 $(50 \pm 10)\%$ において、48 時間以上、状態調節を行う。

(4) 発熱量の分析方法

発熱量の計測は、JIS Z 7302-2 に規定されている。まず、熱量計を用いて、酸素を圧入した一定容量のボンベ中で試料を燃焼させる。燃焼前後の温度差から発熱量を求め、その値に対して、あらかじめ求めておいた熱当量の補正を行って、高位発熱量を算出した。

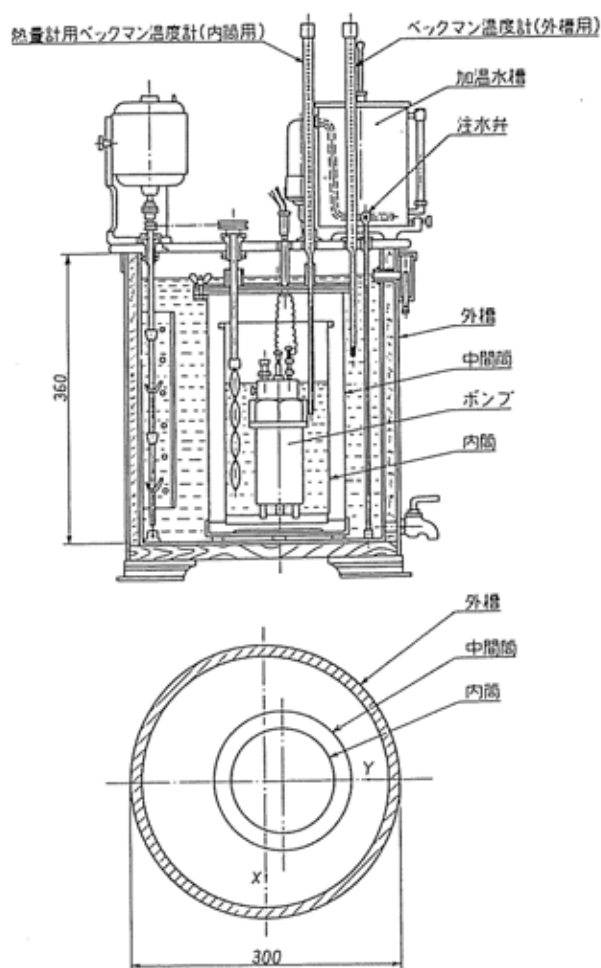


図 3-5 B 形熱量計 (一例)

(出典 : JIS ハンドブック-54-リサイクル Z 7302-2)

(5) 水分の分析方法

水分の計測は、JIS Z 7302-3 に規定されている。試料を $107 \pm 2^{\circ}\text{C}$ で 1 時間加熱乾燥したとき、その乾燥前後の質量差を試料に対する質量百分率をもって水分とした。

(6) 灰分の分析方法

灰分の計測は、JIS Z 7302-4 に規定されている。試料を空气中で $815 \pm 10^\circ\text{C}$ に加熱灰化したとき、残留する灰の量を試料に対する質量百分率を灰分とした。

(7) 全塩素の分析方法

全塩素の計測は、JIS Z 7302-6 に規定されている。ボンベ式質量法を用いて、あらかじめ水を入れたボンベに試料皿を入れた後、酸素を圧入して燃焼させた。これによって生じたガスを水に吸収させ、イオンクロマトグラフ法によって塩素分を求めた。

(※イオンクロマトグラフ法・・・測定溶液に溶離液と合わせて分離カラムに通し、イオン交換能の差を用いて、電気伝導度検出器より測定する方法)

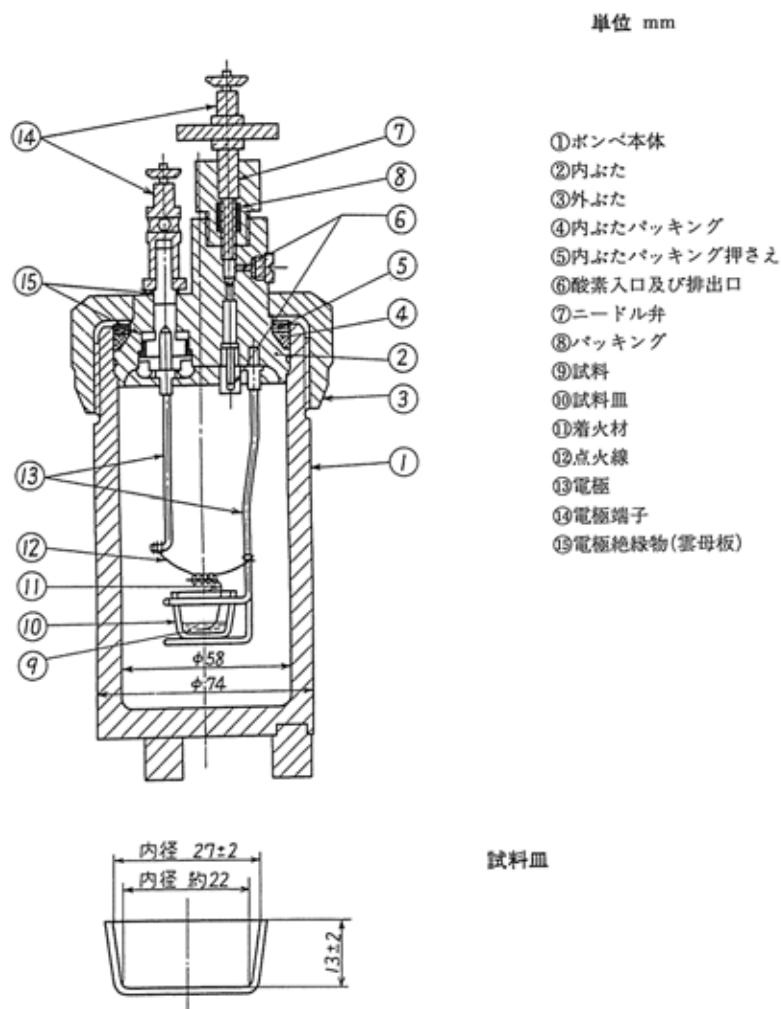


図 3-6 ボンベ式質量法試験器 (一例)

(出典：JIS ハンドブック-54・リサイクル Z 7302-6)

(8) 硫黄の分析方法

硫黄の計測は、JIS Z 7302-7 に規定されている。ボンベ式質量法を用いて、あらかじめ水を入れたボンベに試料皿を入れた後、酸素を圧入して燃焼させた。これによって生じたガスを水に吸収させ、イオンクロマトグラフ法によって硫黄分を求めた。

(9) 窒素の分析方法

硫黄の計測は、JIS Z 7302-8 に規定されている。有機元素分析装置を用いて、試料を酸素含有キャリアーガス中で燃焼させ、生成するガスを触媒および還元剤を用いて還元させる。これらの精製ガスを熱伝導方式により分離させ、無水ベースの試料に対する質量百分率を窒素分とした。

3.1.6 ウレタン端材含有 RPF の品質分析方法

(1) ウレタン端材含有率 30%RPF（サンプル 1）の品質分析結果

ウレタン端材含有率 30%のサンプル 1 は、放熱、冷却する前にサンプリングしたことを考慮に入れば水分はそれほど問題ではなく、発熱量、灰分、硫黄についても、目標品質を満たしていた。しかし、全塩素、窒素に関しては、目標値を大幅に上回っていた。

表 3-10 ウレタン端材含有率 30%RPF の品質

	ウレタン端材：30%		古紙：40%		その他廃プラ類：30%	
	サンプル 1-1	サンプル 1-2	サンプル 1-3	平均		
高位発熱量 (気乾ベース) JIS Z 7302-2	6,400 kcal/kg	7,077 kcal/kg	7,072 kcal/kg	6,850 kcal/kg		
水分 (気乾ベース) JIS Z 7302-3	3.4 %	1.63 %	1.62 %	2.22 %		
灰分 (気乾ベース) JIS Z 7302-4	1.7 %	1.79 %	2.21 %	1.90 %		
全塩素 (無水ベース) JIS Z 7302-6	0.82 %	0.82 %	0.94 %	0.86 %		
硫黄 (無水ベース) JIS Z 7302-7	0.01 %未満	0.004 %未満	0.008 %	0.01 %未満		
窒素 (無水ベース) JIS Z 7302-8	1.76 %	2.10 %	2.30 %	2.05 %		

(備考：網掛け部分は、目標品質基準を満たしたもの)

(2) ウレタン端材含有率 20%RPF（サンプル 2）の品質分析結果

ウレタン端材含有率 20%のサンプル 2 は、サンプル 1 と同様に放熱、冷却する前にサンプリングしたことを考慮に入れば、水分はそれほど問題ではなく、発熱量、灰分、硫黄についても、目標値を満たしていた。しかし、全塩素、窒素に関しては、目標値を大幅に上回っていた。

表 3-11 ウレタン端材含有率 20%RPF の品質

	ウレタン端材：20%		古紙：40%		その他廃プラ類：40%	
	サンプル 2-1	サンプル 2-2	サンプル 2-3	平均		
高位発熱量 (気乾ベース) JIS Z 7302-2	7,100 kcal/kg	7,526 kcal/kg	7,835 kcal/kg	7,337 kcal/kg		
水分 (気乾ベース) JIS Z 7302-3	3.2 %	1.59 %	1.36 %	2.02 %		
灰分 (気乾ベース) JIS Z 7302-4	1.0 %	1.43 %	1.37 %	1.27 %		
全塩素 (無水ベース) JIS Z 7302-6	0.48 %	0.44 %	0.50 %	0.47 %		
硫黄 (無水ベース) JIS Z 7302-7	0.01 %未満	0.007 %	0.010 %	0.01 %未満		
窒素 (無水ベース) JIS Z 7302-8	0.90 %	1.20 %	1.00 %	1.03 %		

(備考：網掛け部分は、目標品質基準を満たしたもの)

(3) ウレタン端材含有率 10%RPF（サンプル 3）の品質分析結果

ウレタン端材含有率 10%のサンプル 3 は、発熱量、水分、灰分、硫黄については、目標値を満たしていた。全塩素に関しては、平均ではクリアしているものの、サンプル 3-3 で境界値を示した。窒素分に関しては、同じくサンプル 3-3 で目標値を上回っていた。

表 3-12 ウレタン端材含有率 10%RPF の品質

	ウレタン端材：10% 古紙：40% その他廃プラ類：50%			
	サンプル 3-1	サンプル 3-2	サンプル 3-3	平均
高位発熱量 (気乾ベース) JIS Z 7302-2	7,700 kcal/kg	8,504 kcal/kg	7,918 kcal/kg	8,041 kcal/kg
水分 (気乾ベース) JIS Z 7302-3	2.1 %	1.13 %	1.08 %	1.44 %
灰分 (気乾ベース) JIS Z 7302-4	0.6 %	1.08 %	1.37 %	1.02 %
全塩素 (無水ベース) JIS Z 7302-6	0.20 %	0.26 %	0.30 %	0.25 %
硫黄 (無水ベース) JIS Z 7302-7	0.01 %未満	0.016 %	0.016 %	0.013 %
窒素 (無水ベース) JIS Z 7302-8	0.28 %	0.48 %	0.51 %	0.42 %

(備考：網掛け部分は、目標品質基準を満たしたもの)

(4) ウレタン端材含有率 5%RPF (サンプル 4) の品質分析結果

ウレタン端材含有率 5%のサンプル 4 では、全塩素に関してサンプル 4-3 において、境界値に近い値を示したものの、全ての基準について、目標値を満たしていた。

表 3-13 ウレタン端材含有率 5%RPF の品質

	ウレタン端材：5% 古紙：40% その他廃プラ類：55%			
	サンプル 4-1	サンプル 4-2	サンプル 4-3	平均
高位発熱量 (気乾ベース) JIS Z 7302-2	7,800 kcal/kg	7,725 kcal/kg	7,753 kcal/kg	7,759 kcal/kg
水分 (気乾ベース) JIS Z 7302-3	2.5 %	1.15 %	1.15 %	1.60 %
灰分 (気乾ベース) JIS Z 7302-4	1.2 %	1.31 %	1.39 %	1.3 %
全塩素 (無水ベース) JIS Z 7302-6	0.14 %	0.13 %	0.29 %	0.19 %
硫黄 (無水ベース) JIS Z 7302-7	0.01 %未満	0.017 %	0.013 %	0.013 %
窒素 (無水ベース) JIS Z 7302-8	0.29 %	0.30 %	0.40 %	0.33 %

(備考：網掛け部分は、目標品質基準を満たしたもの)

(5) ウレタン端材を含有した RPF の品質分析のまとめ

4 段階の含有率を設定し、製造した RPF のサンプルについて、品質分析を行った結果、全ての目標値を満たしていたのは、ウレタン端材含有率 5% のサンプル 4 のみであった。ただし、サンプル 3 については、境界値に近い値を示していた。従って、ウレタン端材含有の RPF を製造する場合は、10% 未満での含有率が望ましいのではないかと考えられる。

表 3-14 ウレタン端材含有率 RPF の品質一覧

	ウレタン端材を混練した各 RPF の品質分析結果							
	サンプル 1		サンプル 2		サンプル 3		サンプル 4	
	ウレタン端材	30%	ウレタン端材	20%	ウレタン端材	10%	ウレタン端材	5%
	古紙	40%	古紙	40%	古紙	40%	古紙	40%
	その他廃プラ (PP、PE)	30%	その他廃プラ (PP、PE)	40%	その他廃プラ (PP、PE)	50%	その他廃プラ (PP、PE)	55%
高位発熱量 (気乾ベース) JIS Z 7302-2	6,850 kcal/kg		7,337 kcal/kg		8,041 kcal/kg		7,759 kcal/kg	
水分 (気乾ベース) JIS Z 7302-3	2.22 %		2.02 %		1.44 %		1.60 %	
灰分 (気乾ベース) JIS Z 7302-4	1.90 %		1.27 %		1.02 %		1.3 %	
全塩素 (無水ベース) JIS Z 7302-6	0.86 %		0.47 %		0.25 %		0.19 %	
硫黄 (無水ベース) JIS Z 7302-7	0.01 %未満		0.01 %未満		0.013 %		0.013 %	
窒素 (無水ベース) JIS Z 7302-8	2.05 %		1.03 %		0.42 %		0.33 %	

(備考：各含有率での製造 RPF をそれぞれ 3 サンプル分析し、その平均値を示した
網掛け部分は、目標品質基準を満たしたもの)

3. 2 ウレタン端材含有 RPF の利用条件の検討

実証実験にて製造した 4 種類のウレタン端材含有 RPF をもとに、流通価値のある RPF の条件を満たしているサンプルについて、RPF ユーザーを対象に品質評価調査を行った。

3.2.1 RPF 利用事業者におけるウレタン端材含有 RPF の受入可能性の把握

RPF を代替燃料として利用している製紙製造業、窯業（石灰業、石膏業）、IPP 発電事業など、RPF を代替燃料として利用している事業者を対象に作成した RPF のサンプルと品質分析結果について評価のヒアリング調査を行った。

(1) ウレタン端材含有 RPF の品質評価調査の回答事業者

ウレタン端材含有 RPF の品質評価について、製紙製造業、窯業、IPP 発電事業など、RPF ユーザー事業者にヒアリングを行った。回答事業者の構成を以下に示す。ヒアリングは 18 社から回答を得た。本ヒアリング調査は、大手の製紙製造業および窯業からの回答を得ていることから、RPF の主要ユーザーの意見を反映していると考えた。

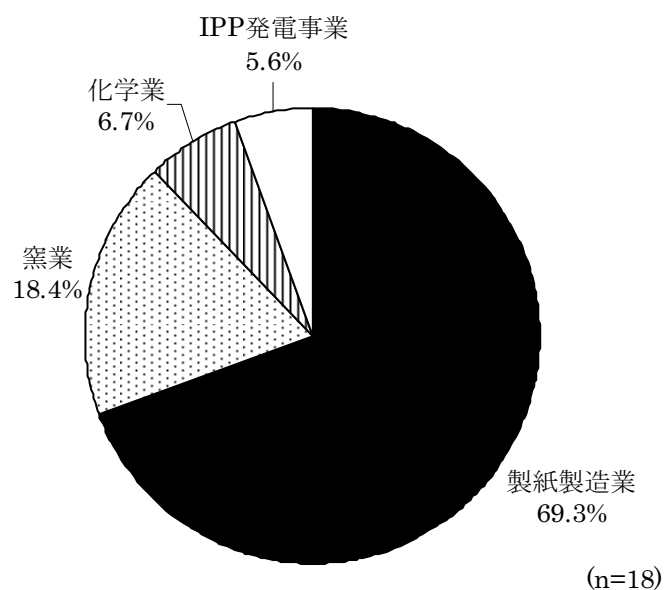


図 3-7 ウレタン端材含有 RPF の品質評価調査における回答事業者の構成

(2) ウレタン端材含有 RPF の品質評価の結果

RPF ユーザーを対象に、実証試験にて製造したウレタン端材 RPF の品質評価に関するヒアリング調査を行った。ウレタン端材の含有率 5%から 30%のサンプルの品質分析結果および製造したサンプルをもとに、各事業者に自社の受入基準を満たすものについてそれぞれ評価を依頼したところ、発熱量、水分、灰分については、ウレタン端材含有率が 5%から 30%のものでも、ほとんどの事業者の受入基準を満たしていた。硫黄については、ウレタン端材の含有率が 5%から 20%のものならば受入基準を満たすという場合と、5%から 30%のもの全て受入基準を満たす場合の 2 つの評価に回答が分かれた。

一方で、全塩素について、受入基準を満たしていたのはウレタン端材の含有率が 5%から 10%のものであり、窒素については、5%から 20%のものが受入基準を満たしていた。RPF の受入基準について、塩素濃度に厳しい基準を設けている場合が多く、0.3%以下がもっとも多い回答であったが、一部の事業者ではさらに厳しい 0.2%以下に基準を設定していた。これは、使用しているボイラーの蒸気温度の条件から事業者の全体基準として 0.2%以下と規定しているというものであった。実際には、調達難などの場合には 0.3%以下に基準を緩める場合もあるとのことであったが、0.2%以下のものを優先して調達するため、全塩素の濃度は低い方が望ましいとの回答であった。

この結果、市場価値のある RPF の品質条件を満たすウレタン端材含有率は 10%以内であることが窺えた。

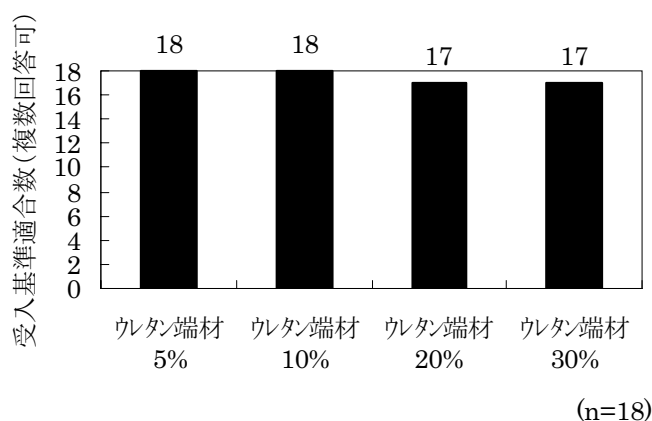


図 3-8 高位発熱量の評価結果

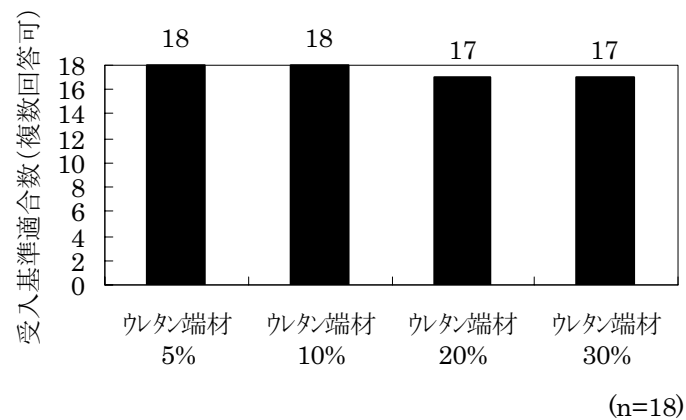


図 3-9 水分の評価結果

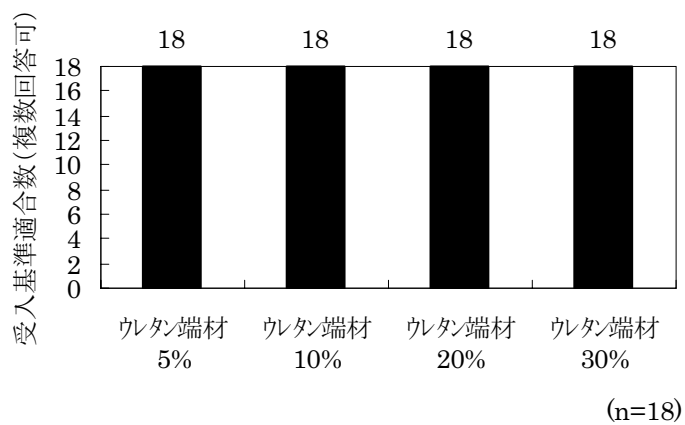


図 3-10 灰分の評価結果

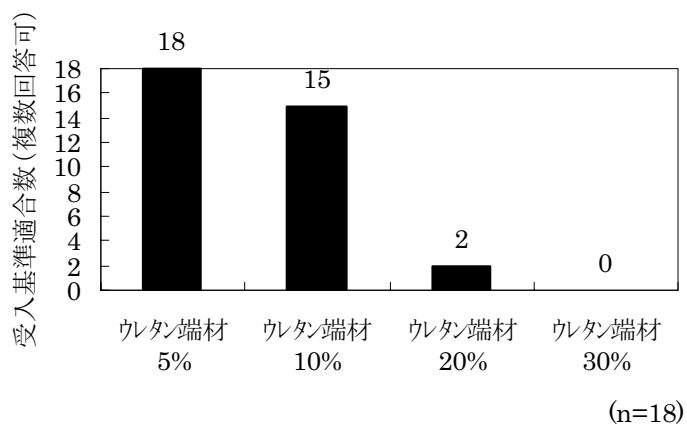


図 3-11 全塩素の評価結果

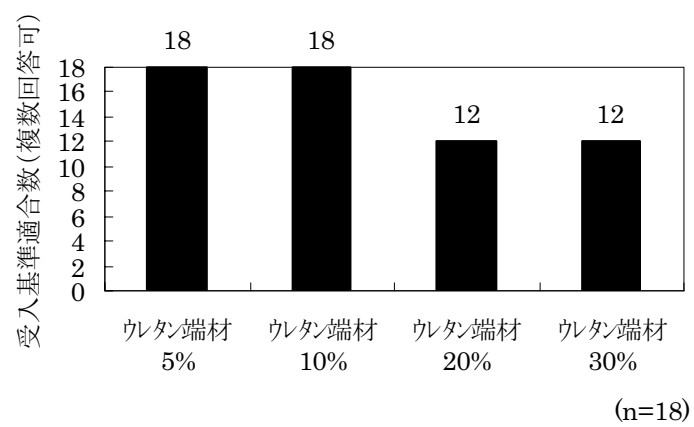


図 3-12 硫黄の評価結果

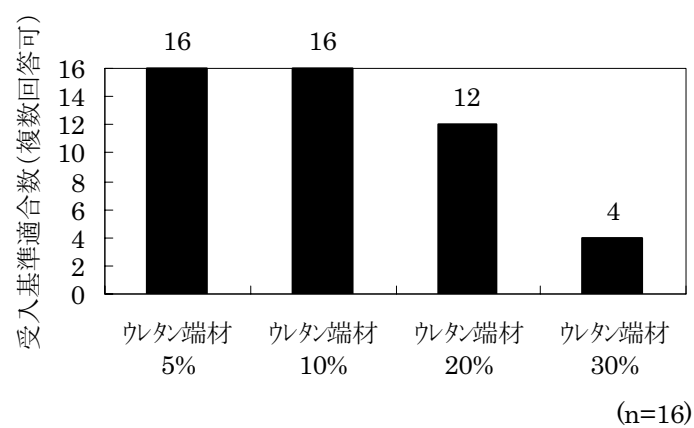


図 3-13 窒素の評価結果

(3) ウレタン端材含有 RPF の成形サイズ評価結果

RPF ユーザーを対象に、現在調達している RPF のサイズについてヒアリング調査を行った。なお、実証試験にて製造したウレタン端材含有 RPF のサンプルは、直径 8mm、長さ 30mm 以下である。

調査の結果、直径サイズについては回答に偏りは見られなかったが、長さについては 30～50mm サイズがもっとも需要の高いサイズであった。

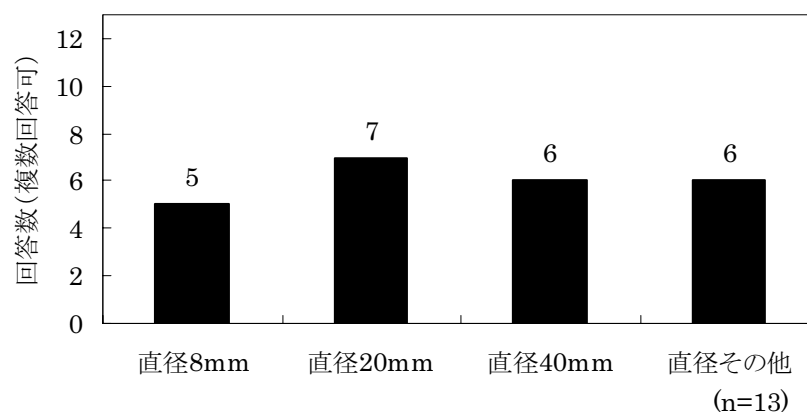


図 3-14 現在利用している RPF の直径サイズ

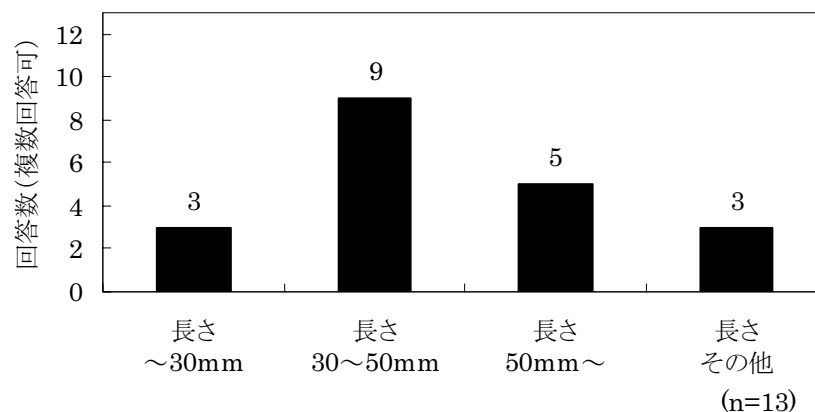


図 3-15 現在利用している RPF の長さ

3.2.2 ウレタン端材含有 RPF の課題

実証試験にて製造したウレタン端材含有 RPF の受入可能性についてヒアリングしたところ、約 7 割の事業者が、受入条件を満たしたものであれば、利用の可能性があると回答した。可能性なし、またはわからないと回答した事業者が最も懸念していたのは全塩素濃度であり、ウレタン端材含有率が 5%のものでも基準値に近い受け入れられないという事業者もあった。RPF の調達が困難になった場合は基準値を下げる可能性もあるが、十分な調達がある場合は、敢えて塩素濃度の高い RPF の受入は行わないとの回答であった。このことから、市場価値のある RPF を製造するためにウレタン端材を RPF 化するには塩素濃度が大きな課題となることが明らかになった。

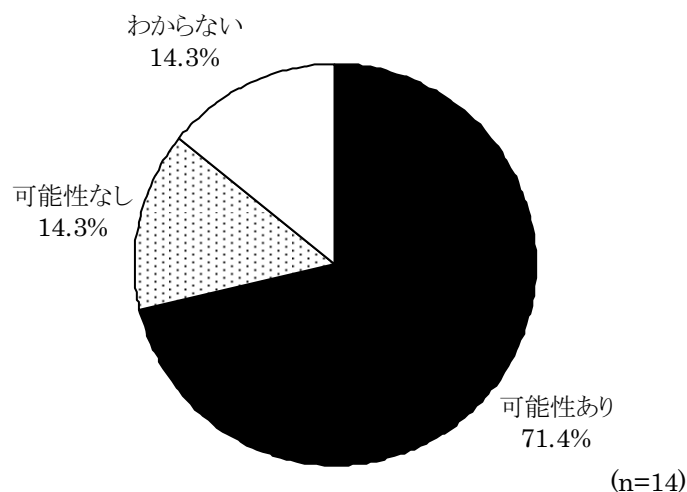


図 3-16 ウレタン端材含有 RPF の受入の可能性

4. ウレタン端材の3Rシステムの構築方法

ウレタン端材には、ノンフロン品とフロン品に分けられる。本事業では、ノンフロン品を RPF 化処理し、フロン品については、熱利用焼却、熔融処理の後、スラグ再生し、リサイクルを行うこととした。

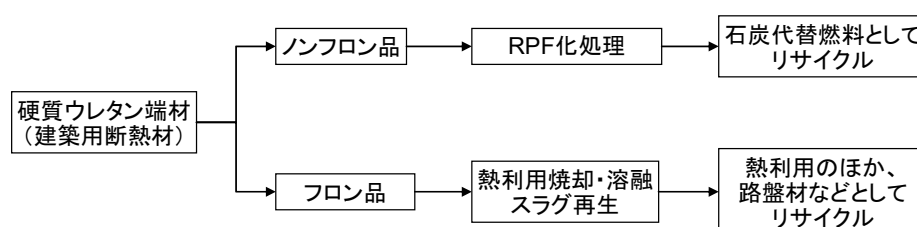


図 4-1 ウレタン端材の性状別リサイクル手法

4. 1 ウレタン端材と RPF の需給バランスの検討

拡大推計によって求めた各地域のウレタン端材量と RPF 化処理の受入可能量とのマテリアルバランスについて検討を行った。RPF 化処理の受入可能量は、各地域に所在する処理能力が 30t/日以上 of RPF 化処理施設の各処理能力の 5%と仮定した。なお、ヒアリング調査にてウレタン端材の受入は難しいと回答した事業者は除外した。検討の結果、各地域ともウレタン端材発生量より RPF 化処理可能量の方が多いため試算結果が得られた。

さらに、現時点でのノンフロン品ウレタン端材発生量は、図 4-2 の数量の 2 割程度であることから、今後ノンフロン品が普及し、ノンフロン品のウレタン端材量が増加しても、RPF 化処理に十分受入余力はあると考えられる。

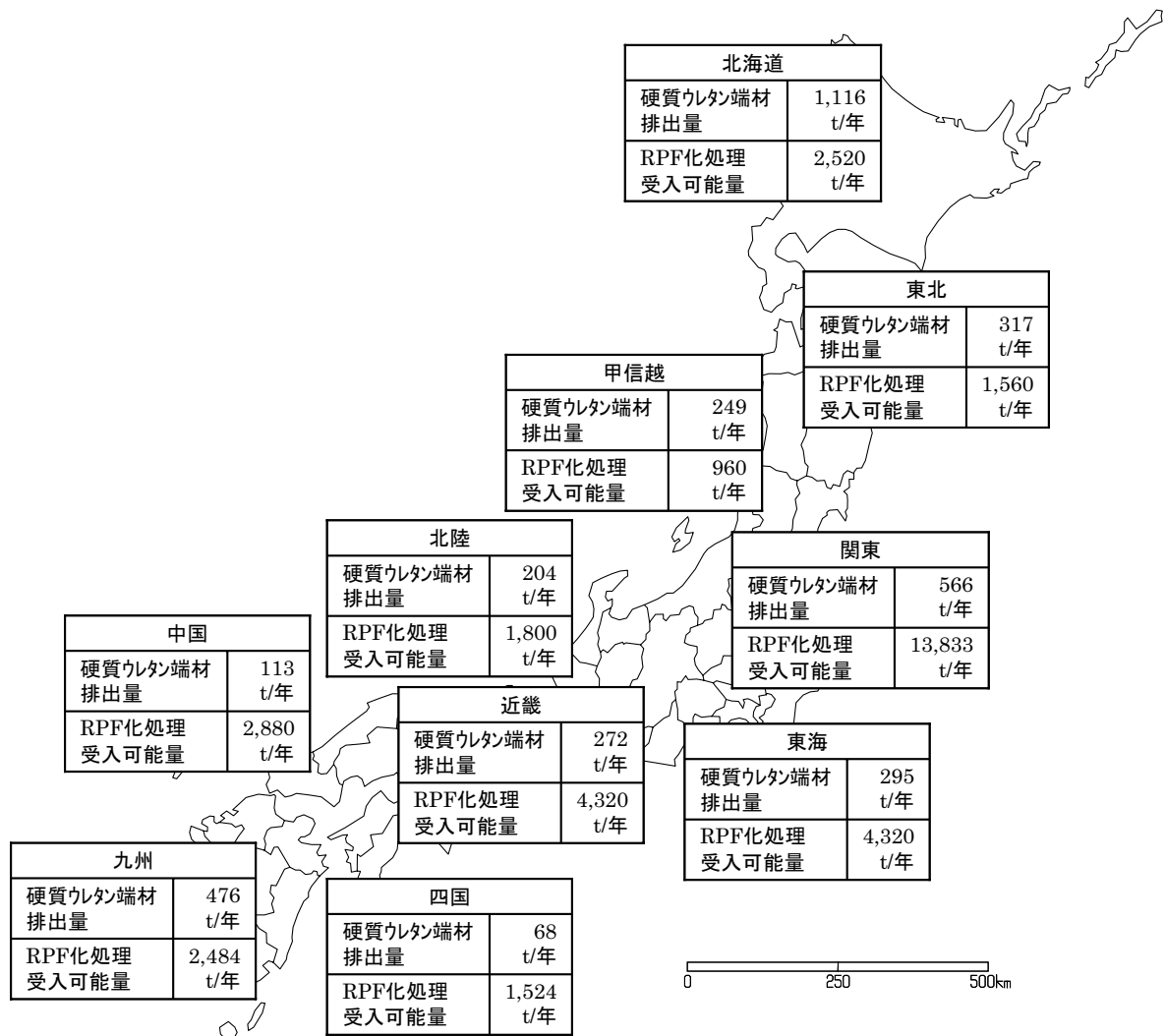


図 4-2 ウレタン端材排出量と RPF 化处理受入可能量との需給バランス

4. 2 3R システムの方向性の検討

ノンフロン製のウレタン端材を RPF 化するための 3R システムとしては、「広域認定型」、「リサイクル費用前払型」、「下取型」、「普及啓発型」が考えられる。各システムのメリット、デメリットを表 4-1 に整理した。

ウレタン断熱材のシェアは、現在フロン品が 8 割を占めているが、オゾン層保護等の観点から、今後はノンフロンへとシェアが移行すると推測される。ノンフロンへの移行期間であることから、ノンフロン品のウレタン端材の排出量をまとめて回収することが、現時点では難しいと考えられる。回収量が少ない場合、3R システムの運用において新たな体制を構築した場合には、採算性を取ることが困難であると予想されるため、本調査では、初期投資の負担の軽い普及啓発型による 3R システムの構築を目的とするものとする。

表 4-1 3R システムの比較検討

3R システム名	概要	前提条件	メリット	デメリット	評価
広域認定制度活用型	主旨に賛同するメーカーが組織する業界団体の組織を申請主体として、 RPF 施設と回収業者、メーカー指定の保管施設を指定した広域認定制度によって運用する。	主旨に賛同するメーカーで有限中間責任法人のような法人の設立が必要となる。	メーカーが委託先を直接管理できるため、不適正処理のリスクが小さい。処理費をもらいうが、許認可取得が不要となる。	広域認定で指定した事業者が違反をおこした場合には、全体の許認可リスクがある。回収量が少ない場合は、運営コストの方が高くなり、赤字となる。	○
リサイクル費用前払型	今後販売するノンフロン製品にあらからじめリサイクル費用を含めた形で販売し、その財源を元に 3R システムを業界の費用負担で構築する。	製品にリサイクル費用を追加する必要がある。	工事請負業者にとっては新たなリサイクル費用の負担がなくなる。	価格面で、安価なフロン品の需要が逆に伸びてしまう可能性がある。	△
下取型	メーカーや資材商社が工事現場に搬入した帰便で回収し、メーカーが処理費を支払って RPF 化する。	メーカーや資材業者、自らが回収する必要がある。	メーカーの責任のもと適正処理できる。	回収のタイムラグなどが発生した場合、運搬方法を工夫する必要がある。	△
普及啓発型	ウレタン断熱施工業者やゼネコン向けに、 RPF 化が可能な事業者リストを提示し、利用されるよう PR する。	業界団体の予算等で、 PR する必要がある。	コストをかけずに効果を得られるため、ノンフロン型への移行期に適している。	普及啓発の効果が見えにくい。	◎

4. 3 3R システムのスキーム案の検討

新築工事現場から排出されたウレタン端材を RPF 化処理するための回収方法について、最も効率の良い方法の検討を行った。ウレタン端材を RPF 化処理するにあたり、排出時の分別や荷姿、最適な収集運搬の車両、回収スキームについて検討を行った。

(1) 分別の検討

ウレタン端材を RPF 化処理するにあたり、対象となる廃棄物と混ぜても問題のない廃棄物、混ぜてはいけない廃棄物（禁忌品）がある。本事業で対象となる廃棄物は、吹付工事にて発生するウレタンの端材とポリエチレン製の養生シートである。

このほか、RPF 化処理可能な廃棄物として、塩ビを除く廃プラスチック類があげられる。塩ビを除く廃プラスチック類は、RPF の主要原料であり、ウレタン端材に含まれる塩素や窒素を希釈させる役割を持つ。したがって、RPF 化処理施設にとっては、ウレタン端材と廃プラスチック類を混ぜて RPF 化処理する形の方が望ましいと考えられる。

一方で、混ぜてはいけない禁忌品は、塩ビプラスチックと金属くず、コンクリートくず等である。これらが混入している場合、RPF 化の前処理として手選別などが必要となる。そのため、禁忌品混入の場合は処理費用を割高にするなど、排出者の負担増加を可視的に示すことで、分別の促進を図ることを検討する。

表 4-2 対象となる廃棄物と混合可能、不可能な廃棄物

項目	内容
対象廃棄物	ウレタン端材（ノンフロン品）
混合可能品	塩ビ以外の廃プラスチック類
混合禁忌品	金属くず、塩ビ製品、コンクリートくず

表 4-3 対象となる廃棄物と混合可能な廃棄物

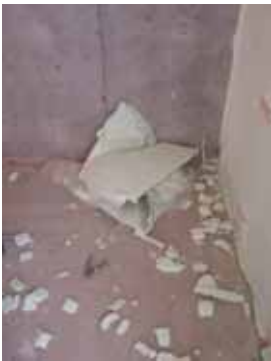
			
ウレタン端材と養生シート			混合可能品

表 4-4 混入禁忌品

	
	
金属くず、塩ビシート他、混入してはいけないもの	

(2) 荷姿の検討

ウレタン端材の荷姿について、さらに排出場所である施工現場と保管場所の二つに分けて、想定される荷姿の検討を行った。まず、施工現場では、断熱施工以外の作業工程もあることから、断熱施工終了後は、狭い場所で迅速なウレタン端材の清掃および回収が要求されると考えられる。そこで、荷姿には、原液に梱包されたメーカー支給のポリ袋が持ち運びも簡便であり、清掃作業に適していると考えられる。

一方で、拠点保管場所では、施工場所よりも保管スペースを確保することができる。また、回収車両への積載、および運搬時も考慮すると、破れにくいフレコンバッグの使用が最も適していると考えられる。ただし、使用する車両の種類によっては、破れやすさを考慮する必要がない場合もあるため、ポリ袋のままでも可能である。

表 4-5 荷姿の検討

項目	満載時の 推定重量	メリット	デメリット	評価	
				施工 現場	保管 場所
ポリ袋 (約 200L)	10～15kg 程度	・メーカーから納品の際に提供されており、費用負担がない ・非常に軽量であり、施工現場での取り扱いが容易である	・破れやすい	○	○
フレコン バッグ (約 1 m ³)	50～80kg 程度	・丈夫であり、破れにくい ・車両での運搬に適している	・サイズが大きく、満載すると人力での取り扱いが難しい ・保管スペースが必要である	△	○
コンテナ (約 6 m ³)	150～300 kg 程度	・多量保管が可能である	・広い保管スペースが必要である	×	△

表 4-6 排出現場での回収方法と荷姿

施 工 現 場			
	端材回収用ポリ袋	端材の清掃・回収	端材発生場所における荷姿
拠 点 保 管 場 所			
	拠点保管場所での荷姿と保管状況		

(3) 回収車両の検討

ウレタン端材を回収する車両について検討を行った。ウレタン端材は、容量がかさむ一方で、比重が約 0.08 と非常に小さく、運搬効率が悪いという問題がある。実証実験を行う際に、4t 平ボディにてフレコンバッグに詰めたウレタン端材の回収を行ったが、圧縮を行っていない状態での積載量は 150kg/台程度であった。

このため、圧縮減容が望まれるが、施工現場では、場所の問題から圧縮機の設置は困難である。また、拠点保管場所への圧縮機の導入についても、資材倉庫などを活用するため、ウレタン端材の保管スペースのほかに、さらに圧縮機の設置スペースを確保することは難しいと考えられる。

排出場所や保管場所に圧縮機の設置導入が困難であることから、次に考えられるのは、ウレタン端材の引き取り時に圧縮する手法であるが、移動式の圧縮機を車両に搭載し、現地で機械を設置して圧縮するという手法は現実的には難しい。したがって、減容機能のあるパッカー車でのウレタン端材の引取りが望ましいと考えられる。

表 4-7 回収車両の検討

項目	満載時の 推定重量	適した 荷姿	メリット	デメリット	評価
平ボディ (4t)	100～150kg 程度	フレコン バッグ	フレコンバッグの 積み込みに適して いる。 コストが安い。	減容機能がないため、圧縮さ れていない廃棄物の運搬の場 合、かさばってしまい、運搬 効率が悪くなる。 ポリ袋の場合、運搬時に風圧 の影響を受ける。	△
パッカー (4t)	300～500kg 程度	ポリ袋	圧縮機能があり、 運搬効率が良い。 ポリ袋のまま、積 載が可能。 コストが安い。	フレコンバッグでは、圧縮機 能が落ちる。	○
コンテナ (6 m ³)	150～300 kg 程度	コンテナ	コンテナごとの引 き取りが可能。	コストが高い。	×

(4) 排出ロット別の回収パターンの検討

ウレタン端材の排出につき、排出量の規模によって最適な回収スキームは異なる。もっとも効率よく回収することができるパッカー車について、通常処理事業者が保有しているのは 4t 車である。4t パッカー車にてウレタン端材を引き取る場合、1 台で最大 500kg 程度の集荷が可能であることから、排出量の規模を 500kg 未満、500kg 以上の二つに分類した。

500kg 以上の排出がある場合は、一箇所の現場よりウレタン端材のみを 4t パッカー車で回収するパターンを検討した。一方、500kg に満たない少量での排出となる場合は、自社倉庫を活用して複数現場のウレタン端材をまとめて排出するか、または、車両を変更し、12t 平ボディなど大型車両によって他の廃棄物と共にウレタン端材を相積み排出し、RPF 化処理施設にウレタン端材および RPF 化可能な廃棄物のみを搬入するスキームを検討した。

表 4-8 排出ロット別の回収パターン

排出ロット	回収パターン
一現場あたり 500kg 以上の 規模	一箇所の現場よりウレタン端材のみを 4t パッカー車で個別回収
一現場あたり 500kg 未満の 規模	a) 一箇所の現場よりウレタン端材のみを 4t パッカー車で個別回収 b) 一箇所の現場からウレタン端材を分別し、その他廃棄部と混ざらないようにして 12t 平ボディ車で相積み搬送 c) 複数の現場から自社戻り便で倉庫に一時保管し、保管拠点よりウレタン端材のみを 4t パッカー車で回収

① ウレタン端材の排出量が 500kg 以上の場合の回収パターン

ウレタン端材の排出量が一回の排出で 500kg 以上ある場合は、4t パッカー車が一度に收容することの出来る容量条件の上限を満たしている。そのため、一時保管せず、排出現場から直接 RPF 化処理処理施設に搬入するパターンがもっとも適していると考えられる。なお、塩ビ以外の廃プラスチック類も共に処理委託することが望ましい。

- ・ウレタン端材の発生現場と処理委託先への引渡し現場が同一
- ・ウレタン端材の RPF 化処理に必要な収集運搬と中間処理の処理委託契約が必要
- ・マニフェスト交付が必要となるのは、ウレタン端材の処理委託引渡し時

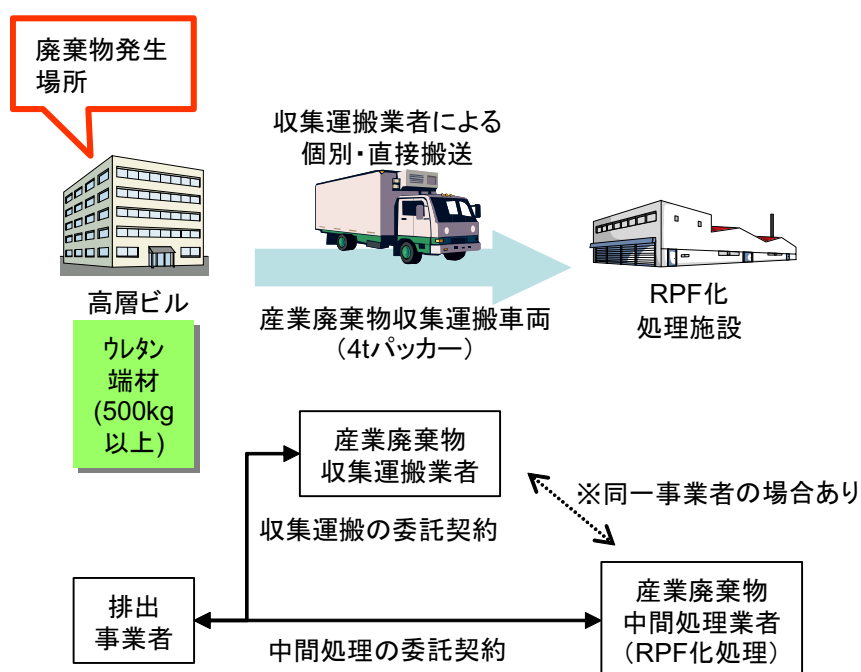


図 4-3 ウレタン端材の排出量が 500kg 以上の場合の回収パターン

② ウレタン端材の排出量が 500kg 未満の場合の回収パターン

a) 一箇所の現場よりウレタン端材のみを 4t パッカー車で個別回収

ウレタン端材の排出量が一回の排出で 500kg 未満である場合は、4t パッカー車の積載能力に余力があり、そのため、現場ごとに処理委託を行うと収集運搬費用が割高になる。

<特徴>

- ・ウレタン端材の発生現場と処理委託先への引渡し現場が同一
- ・ウレタン端材の RPF 化処理に必要な収集運搬と中間処理の処理委託契約が必要
- ・マニフェスト交付が必要となるのは、ウレタン端材の処理委託引渡し時
- ・量が少ないことから、収集運搬費用が割高

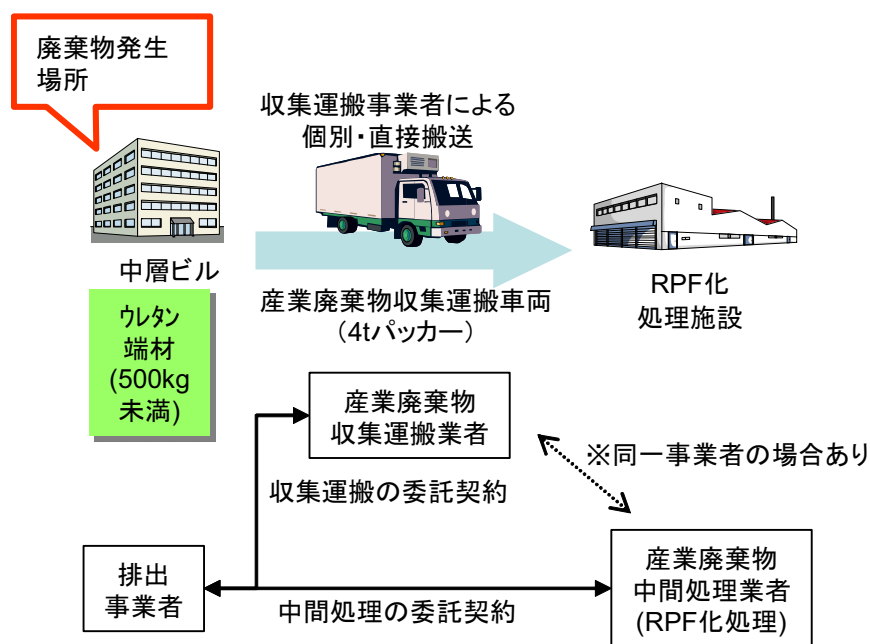


図 4-4 ウレタン端材の排出量が 500kg 未満の場合の回収パターン
(一箇所の現場よりウレタン端材のみを 4t パッカー車で個別回収)

b) 一箇所の現場より、ウレタン端材を分別し、その他廃棄物と混ざらないようにして 12t 平ボディ車で相積み搬送

ウレタン端材の排出量が一回の排出で 500kg 未満である場合は、4t パッカー車の積載量に余裕があり、現場ごとに処理委託を行うと収集運搬費用が割高になる。この問題を解決するため、一箇所の現場から発生する廃棄物をまとめて搬送する方法について検討した。

まず、ウレタン端材は、**RPF** 化処理するために、塩ビ以外の廃プラスチック類と共に分別し、他の廃棄物と混ざらないように梱包した状態で、その他の廃棄物と共に 12t 平ボディ車に積載する。廃棄物の発生現場より分別梱包された廃棄物を同時に引き取った後、ウレタン端材は **RPF** 化処理施設に、その他の廃棄物はそれぞれに適した処理施設へ搬入し、処理を行う手法が望ましいと考えられた。

<特徴>

- ・ウレタン端材の発生現場と処理委託先への引渡し現場が同一
- ・ウレタン端材と塩ビ以外の廃プラスチック類の **RPF** 化処理に必要な収集運搬と中間処理の処理委託契約が必要
- ・その他の廃棄物の適正処理に必要な収集運搬と中間処理の処理委託契約が必要
- ・マニフェスト交付が必要となるのは、ウレタン端材の処理委託引渡し時
- ・マニフェストは、処理委託を行う品目数分が必要

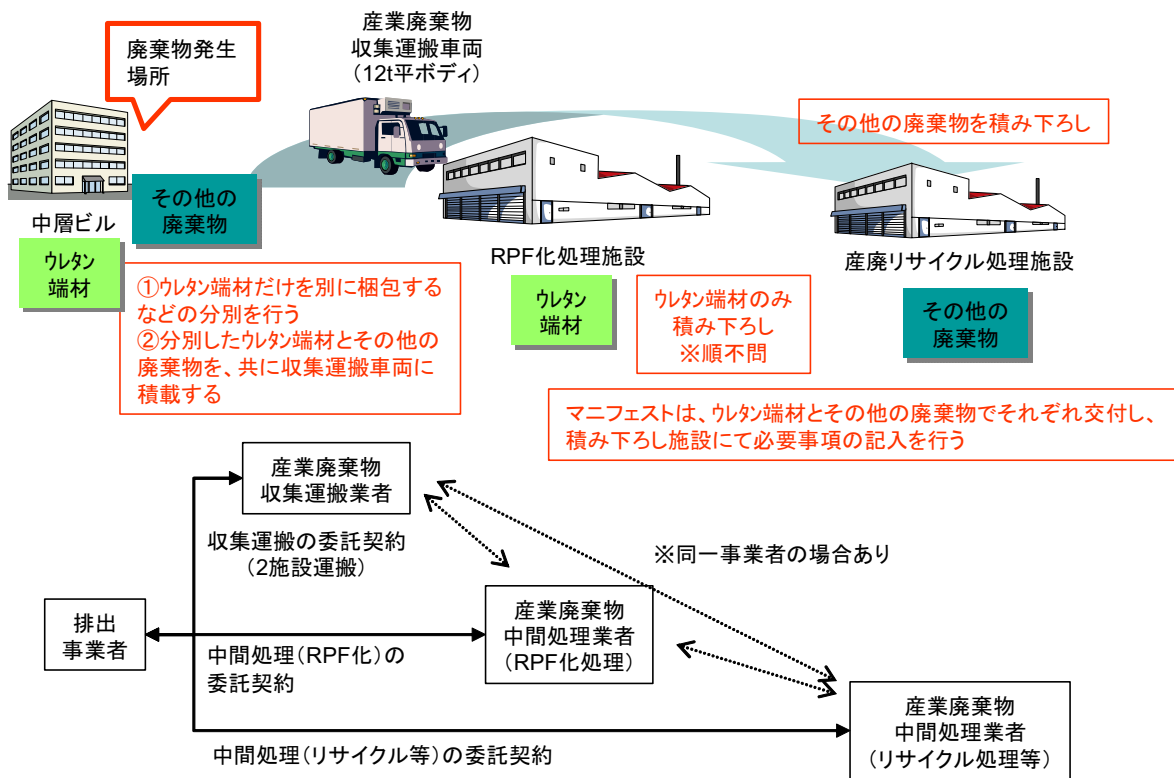


図 4-5 ウレタン端材の排出量が 500kg 未満の場合の回収パターン
(一箇所の現場からウレタン端材を分別し、その他廃棄物と混ざらないようにして
12t 平ボディ車で相積み搬送)

c) 複数の現場から自社戻り便で倉庫に一時保管し、保管拠点よりウレタン端材のみを4t パッカー車で回収

ウレタン端材の排出量が一回の排出で 500kg 未満である場合は、4t パッカー車の積載量に余裕があり、現場ごとに処理委託を行うと収集運搬費用が割高になる。この問題を解決するため、複数の現場から発生する廃棄物をまとめて搬送する方法について検討した。

まず、ウレタン端材は、**RPF** 化処理するために、塩ビ以外の廃プラスチック類と共に分別する。その後、資材保管等の倉庫に自社便を用いて一時保管し、4t パッカー車を満載にできる量が貯まった後に **RPF** 化の処理委託を行う方法が考えられる。

また、近隣の事業者と共同で拠点保管する可能性も考えられる。この場合の遵法性を確認したところ、次のような契約形態が必要となる。まず、ある 1 社の倉庫を使用する場合は、その他の共同保管事業者との間に倉庫の賃貸借契約が必要となる。自社戻り便によって倉庫に拠点保管するにあたり、保管までは自社内廃棄物であるため、廃棄物の積み替え保管の許可は不要である。処理契約については、それぞれの排出事業者が個別に契約を締結する必要がある、マニフェストの交付についても同様である。マニフェストの交付は、**RPF** 化処理するために収集運搬事業者に引き渡す時点で必要になる。

なお、当形態は近隣に排出現場があった場合、さらにウレタン端材の発生時期が重なる場合にのみ成立が限られるため、実際の運用は難しいと考えられる。

<特徴>

- ・ウレタン端材の発生現場と処理委託先への引渡し現場が別
- ・一定量を拠点保管するために必要な倉庫の確保が必要
- ・複数事業者が共同で保管するには、倉庫保有者との間に賃貸借契約が必要
- ・ウレタン端材と塩ビ以外の廃プラスチック類の **RPF** 化処理に必要な収集運搬と中間処理の処理委託契約が各事業者が必要
- ・マニフェスト交付が必要となるのは、ウレタン端材の処理委託引渡し時（保管倉庫からの搬出時）
- ・マニフェストは、処理委託を行う事業者数分が必要

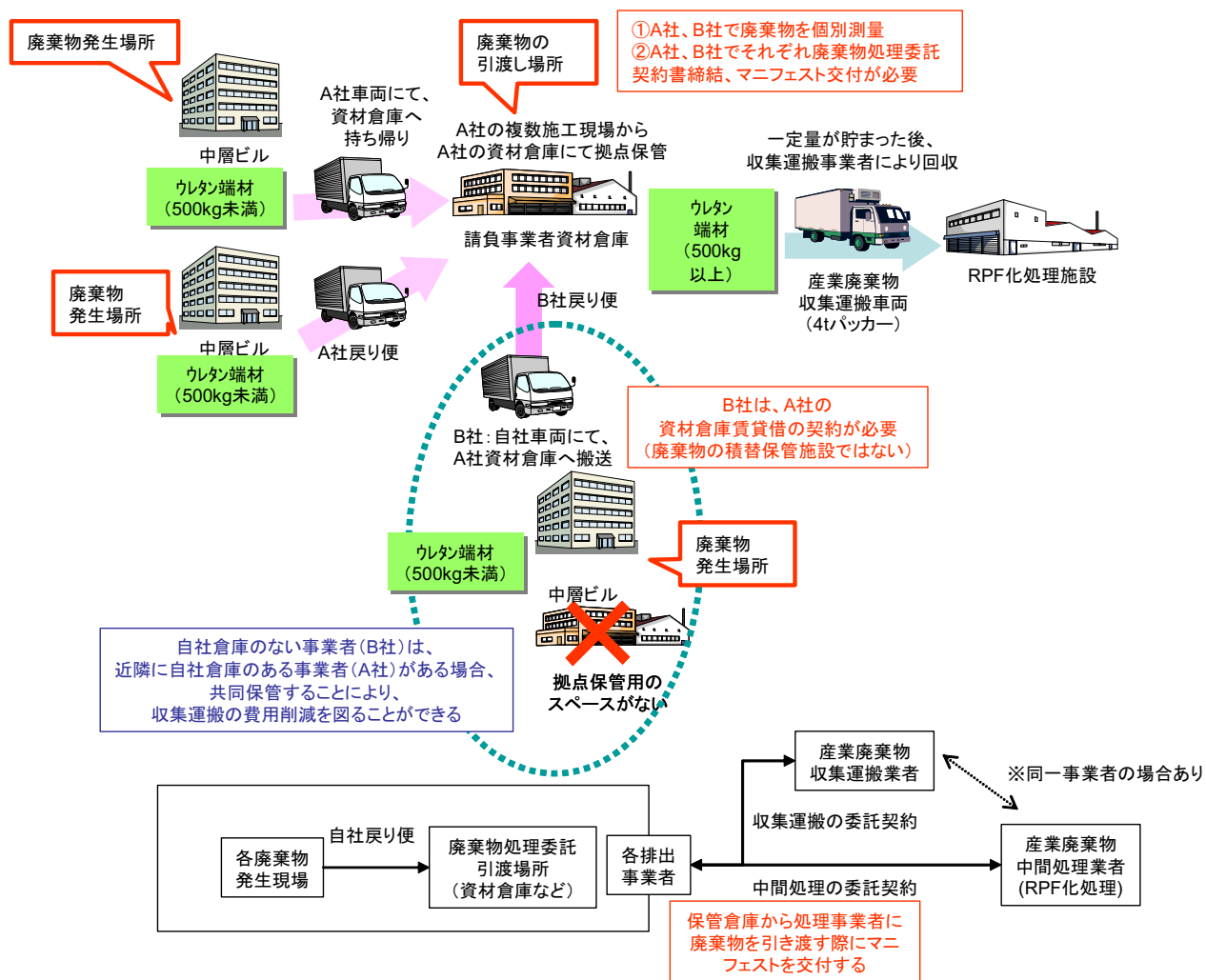


図 4-6 ウレタン端材の排出量が 500kg 未満の場合の回収パターン
 (複数の現場から自社戻り便で倉庫に一時保管し、
 保管拠点よりウレタン端材のみを 4t パッカー車で回収)

4. 4 3R システムの推進方策の検討

ウレタン端材を RPF 化処理するリサイクルシステムの推進に当たり、運用主体をウレタンフォーム工業会とし、ゼネコンおよび断熱施工の業界団体（日本ウレタン断熱協会）と RPF 化処理の業界団体と連携することにより、ウレタン端材を排出する事業者に対して 3R システムの普及啓蒙を行うスキームを検討した。また、RPF 化処理事業者に対しても、ウレタン端材の 3R システムを推進するための協力体制を構築することが必要であると考えられる。

実際の普及啓蒙活動の手法としては、パンフレットの作成を行い、ウレタン端材の排出事業者配布するほか、3R システム運用主体となる団体によるモニタリングを行うことを検討した。

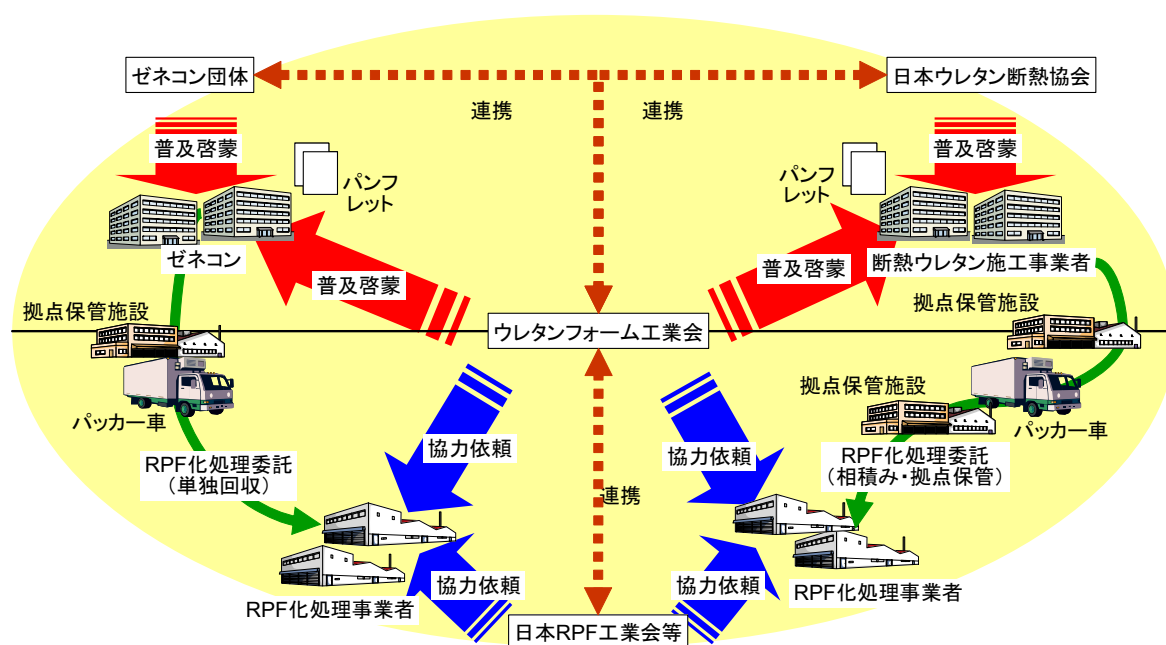


図 4-7 ウレタン端材の 3R システムの推進の連携図

表 4-9 配布パンフレットの構成

項目	内容
3R システムの概要	対象とする廃棄物（ノンフロンのウレタン端材）と、推奨する処理方法（RPF 化処理）について（図解など）
分別方法	混入可能、不可能な廃棄物の例示（写真つき）
排出方法	推奨される荷姿や拠点保管方法、回収車両（図解など）
RPF 化処理施設	受入可能な RPF 化処理施設のリスト（事業者名、施設名、住所、電話番号、受入可能量、処理費用の目安など）

4. 5 3R システムの効果の検討

4.5.1 3R システム導入の可能性のあるウレタン端材量の推計

ウレタン端材における 3R システムを構築した場合の効果について、リサイクル率とコストダウンの試算を行った。3R システム対象となるウレタン端材について、まずは処理方法別に分類を行った。すでに RPF 化処理および炉燃料化処理が行われている割合については、3R システム導入対象外とした。その結果、総計 3,677t/年のうち、溶融・スラグ再生処理等合わせて 2,712t/年（73.6%）が 3R システム導入対象となった。

表 4-10 全国における現在の処理方法別ウレタン端材発生量

地域	ウレタン 端材量 (t/年)	処理方法別ウレタン端材量(t/年)								
		RPF 化	炉燃料化	溶融・ スラグ 再生	ガス化 溶融	高炉 還元	熱回収 焼却・ スラグ 再生	単純 焼却	埋立	その他
		12.0%	14.3%	2.6%	0.08%	1.6%	9.4%	9.9%	44.1%	6.0%
北海道	1,116	134	159	29	1	18	105	111	492	67
東北	317	38	45	8	0	5	30	31	140	19
関東	566	68	81	15	0	9	53	56	250	34
甲信越	249	30	36	7	0	4	23	25	110	15
北陸	204	24	29	5	0	3	19	20	90	12
東海	295	35	42	8	0	5	28	29	130	18
近畿	272	33	39	7	0	4	26	27	120	16
中国	113	14	16	3	0	2	11	11	50	7
四国	68	8	10	2	0	1	6	7	30	4
九州	476	57	68	12	0	8	45	47	210	29
総計	3,677	440	524	96	3	60	347	365	1,620	221

（備考：処理方法別排出量は、アンケート調査結果より現在の処理方法の割合より推計）

表 4-11 ウレタン端材の 3R 対象とした現在の処理方法

	現在のウレタン端材の処理方法
3R 対象	溶融・スラグ再生、ガス化溶融、高炉還元、熱回収焼却・スラグ再生、単純焼却、埋立、その他
3R 対象外	RPF、炉燃料化

表 4-12 3R 対象とするウレタン端材量

地域	3R 対象ウレタン端材量(t/年)	3R 対象外ウレタン端材量(t/年)
北海道	823	293
東北	234	83
関東	418	149
甲信越	184	65
北陸	150	53
東海	217	77
近畿	201	71
中国	84	30
四国	50	18
九州	351	125
総計	2,712	964

(備考：現在の処理方法によって 3R 対象と対象外に分類した)

次に、処理費用の価格帯によって、3R システム導入の可能性のあるウレタン端材量の絞込みを行った。ウレタン端材のサンプルおよびウレタン端材の RPF 化実証試験によって製造したウレタン端材含有 RPF の品質分析結果をもとに、ウレタン端材の RPF 化の処理費用についてヒアリングしたところ、おおよそ 4,000～5,000 円/m³であった。

そこで、この処理単価を基準にアンケート調査によって得られた現状の処理単価について 3 つに分類を行い、現状と同額程度で RPF 化処理可能な場合と現状より安価で RPF 化処理できる場合を 3R システム導入の可能性があるとした。さらに、費用条件が合えば 3R システム導入の可能性があると回答した排出事業者の割合を用いて、ウレタン端材の 3R システム導入の可能性のあるウレタン端材量を求めたところ、合計 1,763t/年（47.9%）が導入の可能性があると試算された。

表 4-13 処理方法別の現状の処理単価比

処理方法	現状の処理単価(収集運搬費用は含まない)		
	4,000 円/m ³ 未満	4,000～5,000 円/m ³	5,000 円/m ³ 以上
埋立(n=8)	25%	0%	75%
溶融・スラグ再生、 ガス化溶融、高炉還元、 熱回収焼却・スラグ再生、 単純焼却、その他(n=27)	11%	11%	78%

(備考：RPF 化処理の平均処理費用を、4,000～5,000 円/m³とした。

埋立以外の対象処理方法の処理単価の回答が少なかったため、全体の処理費用比を代替した)

表 4-14 処理方法別、現状の処理単価別のウレタン端材発生量（推計）

地域	処理方法別、現状の処理単価別のウレタン端材発生量 (t/年)					
	埋立 (n=8)			溶融・スラグ再生、ガス化溶融、高炉還元、 熱回収焼却・スラグ再生、単純焼却、その他 (n=27)		
	4,000 円/m ³ 未満	4,000～ 5,000 円/m ³	5,000 円/m ³ 以上	4,000 円/m ³ 未満	4,000～ 5,000 円/m ³	5,000 円/m ³ 以上
北海道	145.7	0.0	364.3	48.9	32.6	261.0
東北	41.4	0.0	103.5	13.9	9.3	74.2
関東	74.0	0.0	184.9	24.8	16.6	132.5
甲信越	32.5	0.0	81.4	10.9	7.3	58.3
北陸	26.6	0.0	66.6	8.9	6.0	47.7
東海	38.5	0.0	96.1	12.9	8.6	68.9
近畿	35.5	0.0	88.7	11.9	7.9	63.6
中国	14.8	0.0	37.0	5.0	3.3	26.5
四国	8.9	0.0	22.2	3.0	2.0	15.9
九州	62.1	0.0	155.3	20.9	13.9	111.3
総計	480.0	0.0	1,200.0	161.2	107.5	859.7

(備考：RPF 化処理の平均処理費用を、4,000～5,000 円/m³とした。

埋立以外の対象処理方法の処理単価の回答が少なかったため、全体の処理費用比を代替した)

表 4-15 アンケート調査にて得られた排出事業者における
ウレタン端材 3R システム導入のための費用条件

処理費用の条件	回答数	回答率
有価売却であればよい	11	13%
現状より安価であればよい	45	54%
現状と同額程度であればよい	28	33%
現状より増額でもよい	0	0%
合計	84	100%

(備考：複数回答であったものは最も価格条件の易しい条件に修正し、単数回答結果とした)

表 4-16 3R システム導入の可能性と該当する処理費用条件

状況	3R 導入の 可能性	該当する費用条件 (3R 導入可能性の割合)
現状の処理単価が 3R システム費用よりも 安価である (4,000 円/m ³ 未満)	×	なし
現状の処理単価が 3R システム費用と 同額程度である (4,000～5,000 円/m ³)	○	現状と同額程度 (33%)
現状の処理単価が 3R システム費用よりも 高額である (5,000 円/m ³ 以上)	○	現状と同額程度、 現状より安価 (33%+54%=87%)

表 4-17 3R システム導入の可能性のあるウレタン端材量 (推計)

地域	3R システム導入の可能性のあるウレタン端材量(t/年)		
	埋立 (n=8)	溶融・スラグ再生、 ガス化溶融、高炉還元、 熱回収焼却・スラグ再生、 単純焼却、その他 (n=27)	合計
北海道	305	230	535
東北	87	65	152
関東	155	117	272
甲信越	68	51	120
北陸	56	42	98
東海	81	61	141
近畿	74	56	130
中国	31	23	54
四国	19	14	33
九州	130	98	228
総計	1,006	758	1,763

4.5.2 ウレタン端材の 3R システム導入による効果の検討

ウレタン端材について 3R システムを導入することにより、さまざまな効果が期待できる。まず、ゼネコン事業者等の排出事業者にとっては、ウレタン端材を RPF 化処理できることから、最終処分量が削減され、ゼロエミッションにつながる効果が期待できる。さらに、高額の処理費用を負担してリサイクル処理していた場合には、RPF 化処理の実現により、10～15 円/kg の処理費用の削減効果が得られると考えられる。

次に、RPF 化処理事業者にとっては、現在、廃プラスチック類が中国に流出しており、深刻な材料難が生じていたことから、ウレタン端材を受け入れることにより、この問題がいくらか改善できると考えられる。本事業の実証実験より、これまで塩素濃度の問題から敬遠されてきたウレタン端材だが、10%以内という適正配合の目安が明らかになったことで、処理受入を前向きに検討する RPF 化処理事業者も増えるのではないかと考えられる。

このほか、硬質ウレタンメーカーにとっては、製品の 3R 推進が実現できるという効果が考えられる。また、わが国全体においても、リサイクル率の向上や、RPF の使用により化石燃料の節約、および二酸化炭素排出量の削減が見込まれる。

4.5.3 リサイクル率向上効果の試算

3R システム導入の可能性のあるウレタン端材量が実際に RPF 化処理された場合のリサイクル率の向上効果について試算を行った。なお、リサイクル率の定義は図 4-8 のとおりである。処理方法別のリサイクル率は、残渣も考慮に入れ、表 4-18 に仮定した。

試算の結果、新たに 1,763t/年のウレタン端材が RPF 化処理されることで、リサイクル率は現状の 40.2%から 71.9%に約 30%向上する試算結果が得られた。

$$\text{リサイクル率(\%)} = \frac{\text{発生量} - \text{最終処分量}}{\text{発生量}} \times 100$$

図 4-8 リサイクル率の定義

表 4-18 処理方法別のウレタン端材のリサイクル率（仮定）

処理方法	リサイクル率（仮定）
RPF 化	90%
炉燃料化	90%
熔融・スラグ再生	100%
熱回収焼却・スラグ再生	100%
単純焼却	0%
埋立	0%
その他	50%

表 4-19 3R システム導入によるウレタン端材の処理状況とリサイクル率の変化

ウレタン端材量 (t/年)	処理方法	3R システム 導入前	3R システム 導入後
	RPF 化	440	2,203
	炉燃料化	524	524
	熔融・スラグ再生	96	30
	ガス化熔融	3	1
	高炉還元	60	18
	熱回収焼却・スラグ再生	347	106
	単純焼却	365	112
	埋立	1,620	614
	その他	221	68
	全体	3,677	3,677
	ウレタン端材のリサイクル率	40.2%	71.9%

4.5.4 費用削減効果の試算

3R システム導入によるウレタン端材処理の費用削減効果について、試算を行った。試算の前提条件を表 4-20 に示す。3R 導入によるコストメリットが発生する条件は、処理単価が現状より安価になることであるため、3R 導入の可能性のある量のうち 5,000 円/m³以上の処理単価帯にある量である 21,610 円/m³が費用削減対象と考えられる。5,000 円/m³以上の処理単価の平均額が 9,500 円/m³であったことから、m³あたりの費用削減効果を 5,000 円/m³として試算すると、3R システムを導入することにより全国で 108 百万円/年の費用削減効果が得られる結果が得られた。

表 4-20 費用削減効果試算における前提条件

項目	内容
ウレタン端材の比重	0.08 t/m ³
3R 導入によるコストメリットが発生する条件	処理単価が 5,000 円/m ³ 以上
5,000 円/m ³ 以上の高額処理費の平均単価	9,500 円/m ³
3R システム導入の平均処理単価	4,500 円/m ³
m ³ あたりの費用削減効果	5,000 円/m ³

(備考：処理単価が現状と同額程度と仮定した 4,000～5,000 円/m³は、コストメリット 0 と仮定した)

表 4-21 ウレタン端材への 3R システム導入による費用削減効果

地域	ウレタン端材発生量 (t/年)		3R システム導入による 費用削減効果 (百万円/年)
	コストメリットの出る 3R システム 導入見込み量 (t/年)	コストメリットの出る 3R システム 導入見込み量 (m ³ /年)	
北海道	525	6,560	33
東北	149	1,865	9
関東	266	3,330	17
甲信越	117	1,465	7
北陸	96	1,199	6
東海	139	1,731	9
近畿	128	1,598	8
中国	53	666	3
四国	32	400	2
九州	224	2,797	14
総計	1,729	21,610	108

4. 6 今後の課題

本調査では、新築工事現場から排出されるノンフロン品の硬質ウレタンを対象に、ウレタン端材だけを分別し、RPF 化処理する方法について検討を行った。排出量が 500kg 未満の小さな現場では、他の廃棄物との相積み搬送、または、一時保管し、まとまった量が貯まった後に排出する手法を、排出量が 500kg 以上の大きな現場では、RPF 化処理施設に直送し、他の原料と混合しながら、RPF を製造し、石炭代替燃料として熱回収リサイクルを推進する 3R システムを提示した。

本 3R システムは、ウレタンフォーム工業会や日本ウレタン断熱協会の協力によって、ゼネコンやウレタン断熱施工会社等に本システムの PR を行い、これまで有効利用されてこなかった硬質ウレタンの RPF 化を目指すことを目的とした。本 3R システムが実現した場合、リサイクル率が 38.7%から 59.2%になると推定され、また、処理費用削減の可能性もあった。

これまで、硬質ウレタンの RPF 化処理には、塩素濃度の問題や成型の難しさなどの課題があった。そこで、本調査では、日本 RPF 工業会の協力を得て、ウレタン端材の配合率を変えながら RPF を製造する実証試験を行った。熱可塑性樹脂や古紙に対し、ウレタン端材を 5%から 30%まで配合してサンプルを作成した結果、ウレタン端材の含有が 5%から 30%のものすべてにおいて成型は可能であった。しかし、品質分析を行い、製紙製造業や窯業などの RPF ユーザーを対象に、品質の評価調査を行ったところ、全塩素濃度の評価について大きく分かれた。各社の評価結果を元に検討した結果、ウレタン端材含有が 10%程度までであれば、ユーザーの受入基準をおおむね満たすことが出来、需要のある RPF としての課題をクリアすることができると考えられた。これにより、今後は、RPF 化処理事業者の理解を得られることを前提に、硬質ウレタンの RPF 化処理を推進することが期待される。

課題としては、ウレタン端材の圧縮が現場では難しいことが挙げられる。これは、硬質ウレタンの性状による問題のほか、圧縮機を現場に導入するスペース確保などの問題などが考えられる。しかし、硬質ウレタンの圧縮は困難であるが、ポリエチレン製の養生シートやその他の廃プラスチック類については圧縮が可能であるため、改善の可能性はあると思われる。本事業では、運搬効率の実証実験は行っていないことから、今後は、4t パッカー車での圧縮効果等の運搬効率の検証について、実証実験が必要であると考えられる。

そのほかの課題としては、今回の調査では、新築工事現場からのノンフロン品のウレタン端材のみを調査範囲としたが、リフォームや解体工事からの廃材発生量の方が多いことから、今後は端材だけでなく廃材についても本 3R システムを展開するための検討が必要であると考えられる。ただし、ウレタン廃材はフロン品の割合が高いことから、リサイクルだけでなく、フロン拡散を防ぐための対応策についても考慮する必要がある。

参考資料 1

参考資料 1

断熱ウレタン吹き付け工事施工事業者向けアンケート票

ポリウレタンフォーム廃材を利用した RPF 化調査研究に関するアンケート調査票

- * 以下の回答欄に、差し支えない範囲で結構ですので、ご記入をお願い致します。
- * いただいたご回答は、すべてウレタンフォーム廃材のリサイクルの促進を図るために活用させていただくものであり、他の目的で使用することはありません。
- * ご記入いただきました調査票は、9月28日（金）までに郵送にてご返送下さい。
- * なお、本調査票に関するご質問は下記までお願いいたします。
お問合先：(株)リサイクルワン 若林、上野 TEL 03-3464-3566

貴社の事業内容についてお伺いします。

問1 はじめに、貴社の事業所の概要についてご記入下さい。(平成19年8月末現在)

貴社名	事業所名：		
ご回答者	氏名：	役職名：	
所在地	住 所：		
	TEL：		FAX：
	E-mail：		
業種			

貴社のポリウレタンフォームの利用状況についてお伺いします。

問2 貴社が昨年度に行った発泡ウレタンの吹付工事（新築）について教えて下さい。

- (1) 1棟あたりの平均的な床面積や吹付面積、養生シート量、発泡ウレタン（原液）の使用量を教えて下さい。

用途	構造	平均 床面積	平均 吹付面積	平均 養生シート量	平均 ウレタン使用量
集合住宅	木造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
	RC 造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
	SRC 造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
	鉄骨造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
オフィス	木造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟

用途	構造	平均 床面積	平均 吹付面積	平均 養生シート量	平均 ウレタン使用量
ビル	RC 造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
	SRC 造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
	鉄骨造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
百貨店 ビル	木造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
	RC 造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
	SRC 造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
	鉄骨造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
工場	木造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
	RC 造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
	SRC 造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
	鉄骨造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
倉庫	木造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
	RC 造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
	SRC 造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
	鉄骨造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
その他 ()	木造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
	RC 造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
	SRC 造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟
	鉄骨造	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 千 m ² /棟	約 t/棟

(7) 廃棄物の排出者（マニフェストの交付主体）について教えてください。

☐①元請事業者 ☐②下請事業者 ☐③自社 ☐④その他（ ）

貴社のポリウレタンフォームの処理状況についてお伺いします。

問4 吹付工事を行った際に発生するウレタン端材（養生シート込）の処理方法について教えてください。

(1) ウレタン端材の処理委託先につき、該当する項目の割合を教えてください。

処理委託先	委託割合（重量比）
自社処理	約 %
メーカー回収・下取り	約 %
産業廃棄物処理事業者	約 %
燃料利用事業者（売却）	約 %
その他（ ）	約 %
合計	100%

→ (2) に回答
して下さい

(2) ウレタン端材の産業廃棄物処理事業者における処理方法につき、該当する項目の割合を教えてください。

処理方法	委託割合（重量比）
再ウレタン原料化	約 %
固形燃料（RPF）化	約 %
炉燃料化（直接投入）	約 %
溶融・スラグ再生（路盤材化等）	約 %
ガス化溶融	約 %
高炉還元	約 %
熱回収（サーマル）焼却	約 %
単純焼却	約 %
埋立（安定・管理）	約 %
その他（ ）	約 %
合計	100%

(3) ウレタン端材のおおよその処理委託費用について、教えてください。

（車輛の種類 例：4 t 平ボディ、3 t パッカーなど）

	単価	車輛の種類
収集運搬費用	約 円／車・t・m ³	（ ） t
中間処理費用	約 円／t・m ³	

(4) フロンを使用した発泡ウレタンの端材処理について教えてください。

- ☐①高温な焼却施設に委託するなどのフロン対策を採っている
☐②特に配慮していない

(5) 発泡ウレタンの端材について、処理事業者から受入拒否されたことがありますか。

- ☐①ある（理由： _____）
☐②ない

ポリウレタンフォームのリサイクル課題についてお伺いします。

問5 養生シートに付着した発泡ウレタン端材（養生シート込）を対象としたリサイクルシステムについて、ご意見をお聞かせ下さい。

(1) ウレタン端材（養生シート込）の分別排出は可能でしょうか。

- ☐①分別は可能である ☐②分別は不可能である ☐③わからない

(2) ウレタン端材（養生シート込）の分別排出の課題は何でしょうか。該当する項目すべてにチェックをつけて下さい。

- ☐①分別にかかる作業員の手間 ☐②分別にかかる作業時間
☐③分別保管するスペース ☐④処理費の負担

(3) ウレタン端材（養生シート込）のリサイクルシステムにつき、利用してもよいと思われる費用負担条件について教えてください。

- ☐①有価売却できること ☐②現状より安価であること
☐③現状と同額程度 ☐④増額してもよい（_____割増までなら可）

(4) その他、ご意見をお聞かせ下さい。

ご協力ありがとうございました。

アンケート締切：平成19年9月28日（金）

ゼネコン向けアンケート票

ポリウレタンフォーム廃材を利用した RPF 化調査研究に関するアンケート調査票

- ※ 以下の回答欄に、差し支えない範囲で結構ですので、ご記入をお願い致します。
 ※ いただいたご回答は、すべてウレタンフォーム廃材のリサイクルの促進を図るために活用させていただくものであり、他の目的で使用することはありません。
 ※ ご記入いただきました調査票は、9月28日(金)までに郵送にてご返送下さい。
 ※ なお、本調査票に関するご質問は下記までお願いいたします。
 お問合先：(株)リサイクルワン 若林、上野 TEL 03-3464-3566

貴社の事業内容についてお伺いします。

問 1 はじめに、貴社の事業所の概要についてご記入下さい。(平成 19 年 8 月末現在)

貴社名	事業所名：	
ご回答者	氏名：	役職名：
所在地	住 所：	
	T E L ： E-mail：	F A X：
業種		

貴社のポリウレタンフォームの利用状況についてお伺いします。

問 2 貴社が昨年度に行った発泡ウレタンの吹付工事（新築）について教えてください。

(1) 吹付工事で使用する発泡ウレタンにつき、フロン含有製品の割合を教えてください。

発泡剤の種類	使用割合（重量比）
フロン（HFC など）	約 100%
ノンフロン（CO2 など）	約 0%
不明	約 0%
合計	100%

(2) ノンフロン製のウレタン断熱材へのお取り扱いについて教えてください。

- ☐① () 年までに全てのウレタン断熱材をノンフロン製品へ移行予定
☐②未検討

(3) ノンフロン製品への切替の動機を教えてください。(複数回答可)

- ☐①グリーン調達やJIS化等の制度改定
 ☐②発注者(官公庁・デベロッパー等)の指示
☐③建設業界全体の動き
 ☐④ウレタン断熱材メーカーからの働きかけ
☐⑤その他 ()

貴社のポリウレタンフォームの排出状況についてお伺いします。

問3 吹付工事を行った際に発生する、養生シートに付着した発泡ウレタンの端材の排出方法について教えてください。

(1) 分別状況について、該当する項目にチェックをつけて下さい。

- ☐①ウレタン端材（養生シート込）だけを他の廃棄物とは別に分けて排出している
☐②他の廃棄物（例： ）と混ぜた状態で排出している

(2) ウレタン端材（養生シート込）を廃棄する時の荷姿について、該当する項目すべてにチェックをつけて下さい。

- ☐①コンテナ ☐②フレコンバッグ ☐③ポリ袋（ _____ Lサイズ）
☐④その他（ _____ ）

(3) ウレタン端材を廃棄する時の混合物について、該当する項目すべてにチェックをつけて下さい。

- ☐①養生シート（PE） ☐②紙テープ ☐③塩ビ製品（シート等）
☐④金属くず（針金等） ☐⑤その他混合物（ _____ ）

(4) 発泡ウレタン端材の排出量（養生シート込）がおわかりでしたら、教えてください

約 _____ t・m³/年

(5) ウレタン端材（養生シート込）の回収形態について教えてください。

- ☐①現場ごとに回収 ☐②複数の現場からの端材をまとめて回収
☐③その他（ _____ ）

(6) 廃棄物の排出者（マニフェストの交付主体）について教えてください。

- ☐①元請事業者 ☐②下請事業者 ☐③孫請事業者 ☐④その他（ _____ ）

貴社のポリウレタンフォームの処理状況についてお伺いします。

問4 吹付工事を行った際に発生するウレタン端材（養生シート込）の処理方法について教えてください。

（1）ウレタン端材の処理委託先につき、該当する項目の割合を教えてください。

処理委託先	委託割合（重量比）
自社処理	約 %
メーカー回収・下取り	約 %
産業廃棄物処理事業者	約 %
燃料利用事業者（売却）	約 %
その他（ ）	約 %
合計	100%

→（2）に回答
して下さい

（2）ウレタン端材の産業廃棄物処理事業者における処理方法につき、該当する項目の割合を教えてください。

処理方法	委託割合（重量比）
再ウレタン原料化	約 %
固形燃料（RPF）化	約 %
炉燃料化（直接投入）	約 %
溶融・スラグ再生（路盤材化等）	約 %
ガス化溶融	約 %
高炉還元	約 %
熱回収（サーマル）焼却	約 %
単純焼却	約 %
埋立	約 %
その他（ ）	約 %
合計	100%

（3）ウレタン端材のおおよその処理委託費用について、教えてください。

（車輛の種類 例：4 t 平ボディ、3 t パッカーなど）

	単価	車輛の種類
収集運搬費用	約 円／車・t・m ³	（ ） t
中間処理費用	約 円／t・m ³	

(4) フロンを使用した発泡ウレタンの端材処理について教えてください。

- ☐①高温な焼却施設に委託するなどのフロン対策を採っている
☐②特に配慮していない

(5) 発泡ウレタンの端材について、処理事業者から受入拒否されたことがありますか。

- ☐①ある（理由： _____）
☐②ない

ポリウレタンフォームのリサイクル課題についてお伺いします。

問5 養生シートに付着した発泡ウレタン端材（養生シート込）を対象としたリサイクルシステムについて、ご意見をお聞かせ下さい。

(1) ウレタン端材（養生シート込）の分別排出は可能でしょうか。

- ☐①分別は可能である ☐②分別は不可能である ☐③わからない

(2) ウレタン端材（養生シート込）の分別排出の課題は何でしょうか。該当する項目すべてにチェックをつけて下さい。

- ☐①分別にかかる作業員の手間 ☐②分別にかかる作業時間
☐③分別保管するスペース ☐④処理費の負担

(3) ウレタン端材（養生シート込）のリサイクルシステムにつき、利用してもよいと思われる費用負担条件について教えてください。

- ☐①有価売却できること ☐②現状より安価であること
☐③現状と同額程度 ☐④増額してもよい（_____割増までなら可）

(4) ノンフロン製品への切替の課題を教えてください。（複数回答可）

- ☐①法律等の制度の構築 ☐②発注者(ディベロッパー等)の方針
☐③その他（ _____ ）

(5) その他、ご意見をお聞かせ下さい。

ご協力ありがとうございました。

アンケート締切：平成19年9月28日（金）

参考資料 2

参考資料 2

ウレタン端材の排出および処理状況把握のためのアンケート調査結果

1. アンケート調査概要

1. 1 アンケート調査目的

現在、わが国では、循環型経済社会の確立に向けて、リサイクル、リユース、リデュースの3Rの取り組みが強化されており、資源の有効利用の促進に関する法律（資源有効利用促進法）に基づく様々な検討が行われている。

このような状況の中、ポリウレタンフォームは、年間約25万t程度生産されており、特に建築分野において断熱材等として利用されているが、リサイクルが遅れており課題となっている。

このような背景から、本事業では、硬質ウレタンの排出実態を把握し、硬質ウレタンをRPF化する3Rシステムを構築することを目的とした。

1. 2 アンケート送付先

実施期間：平成19年9月12日～同年10月19日

対象者：全国における、ゼネコン事業者ならびにウレタン断熱施工事業者。

抽出方法：ゼネコン事業者については、インターネットより、全国の主要ゼネコン事業者70社を抽出した。ウレタン断熱施工事業者については、ウレタン断熱協会会員148社を全て抽出したほか、インターネットタウンページより、「ウレタン」「断熱施工」などのキーワードから検索した事業者182社を抽出し、合計400社を対象にアンケートの発送を行った。

実施方法：郵送送付、郵送回収（返信用封筒同封）

1. 3 回収状況

アンケートの合計発送数は400社であり、有効回答率はゼネコン事業者で30.0%、ウレタン断熱施工事業者で20.0%であった。ただし、ウレタン断熱協会会員からは43.2%の回答を得ていることから、ゼネコン事業者と合わせてウレタン断熱材を排出する主要事業者の約4割の意見が反映されているといえる。

表1 アンケート調査における回答率

	発送数	回答数	回答率
ゼネコン事業者	70	21	30.0%
ウレタン断熱施工事業者	330	66	20.0%
ウレタン断熱協会会員	148	64	43.2%
非協会会員	182	2	1.1%
全体	400	87	21.8%

表 2 ウレタン断熱協会の地域別回答率

地域	会員数	回答数	回答率
北海道	35	12	34.3%
東北	14	5	35.7%
関東	25	11	44.0%
甲信越	11	7	63.6%
北陸	9	8	88.9%
東海	13	5	38.5%
近畿	12	7	58.3%
中国	5	0	0.0%
四国	3	3	100.0%
九州	21	8	38.1%
全国	148	66	44.6%

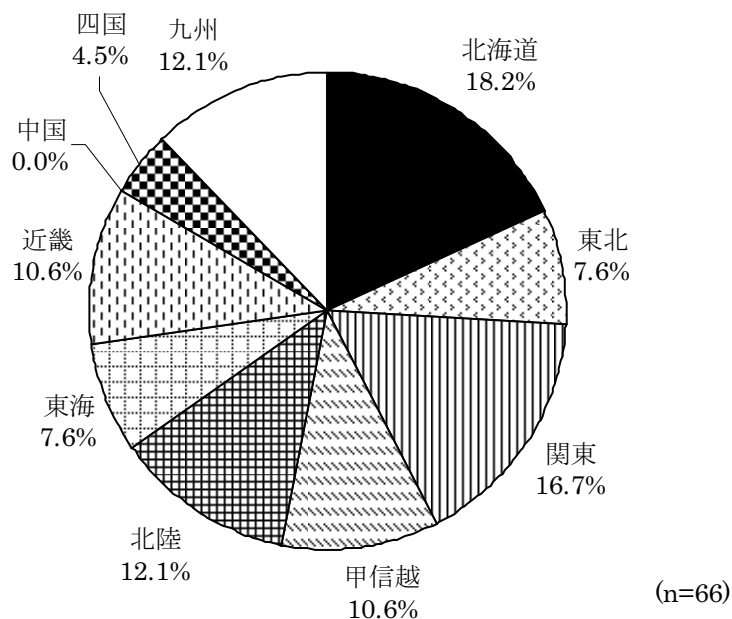


図 1 ウレタン断熱施工事業者におけるアンケート回答の地域構成

(備考：北海道；北海道

東北；青森県、秋田県、岩手県、山形県、宮城県、福島県

関東；群馬県、栃木県、茨城県、千葉県、埼玉県、東京都、神奈川県

甲信越；山梨県、長野県、新潟県

北陸；富山県、石川県、福井県

東海；静岡県、愛知県、岐阜県、三重県

近畿；大阪府、兵庫県、京都府、滋賀県、奈良県、和歌山県

中国；鳥取県、島根県、岡山県、広島県、山口県

四国；徳島県、香川県、愛媛県、高知県

九州；福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県、沖縄県

2. アンケート調査結果

2. 1 ウレタン断熱材の使用状況

2.1.1 硬質ウレタンと養生シートの使用状況

端材に占める硬質ウレタンと養生シートの使用状況を把握するため、アンケート調査に回答のあった断熱施工事業者を対象に、硬質ウレタンと養生シートの年間使用量についてヒアリング調査を行った。回答事例を表3に示す。

表3 断熱施工事業者における硬質ウレタンと養生シートの年間使用量（回答事例）

回答	硬質ウレタン原液使用量(t/年)	養生シート使用量(m2/年)
1	270	90,000
2	100	12,500
3	950	300,000
4	122	18,000
5	80	16,000
6	6	10,000
7	35	12,600
8	151	56,250
9	32	7,725
10	7	60,500
11	800	102,625
12	100	1,750
13	110	100,350
14	100	82,500
15	300	88,000
16	270	148,500
17	700	358,850
18	36	27,000
19	3,600	247,500
20	360	276,125
21	200	27,000
22	200	1,148,000
平均	387.7	145,080.7

2.1.2 硬質ウレタンにおけるノンフロン品の使用状況について

ゼネコン事業者、ウレタン断熱施工事業者を対象に、使用しているウレタン端材について、フロン品とノンフロン品の使用状況を質問した。70 社の回答の結果、フロン品が 7 割以上を占め、二酸化炭素などを使用したノンフロン品の使用状況は、現状では 2 割程度であった。

また、ゼネコン事業者のみを対象に、ウレタン断熱材について、ノンフロン品への切り替えの検討状況を質問したところ、切り替えについて具体的に検討を行っている割合が全体の約 3 割を占めた。切り替えに具体的な年度目標を掲げていた 4 社のうち、3 社が「2010 年」を目標としていた。

切り替えの動機については、「発注者の指示」が 8 割以上と最も多く、「次に業界全体の動き」や「制度改定」によるとの回答があった。

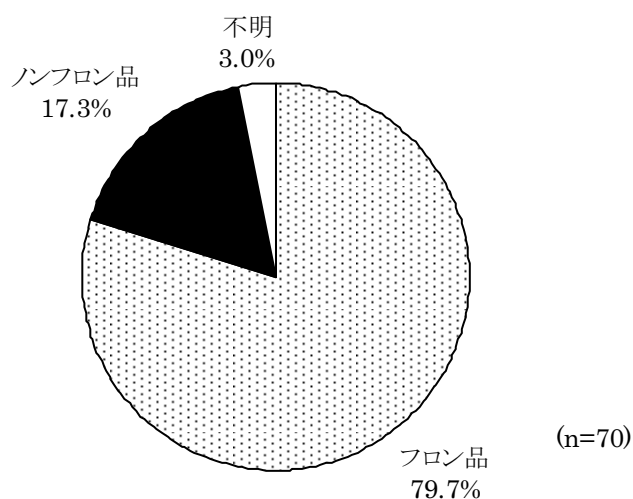


図 2 ウレタン断熱材の使用状況

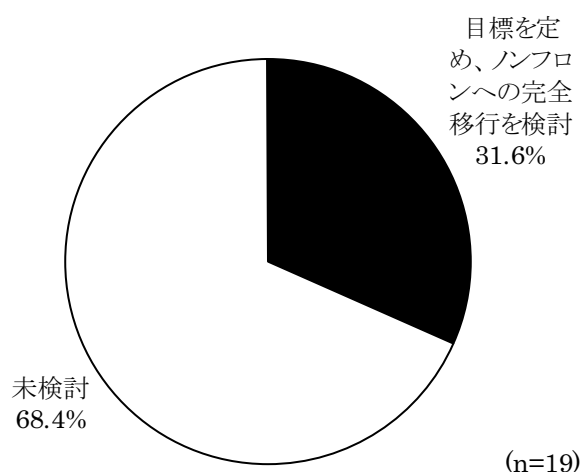


図 3 ゼネコン事業者におけるノンフロン品への切り替えについての検討状況

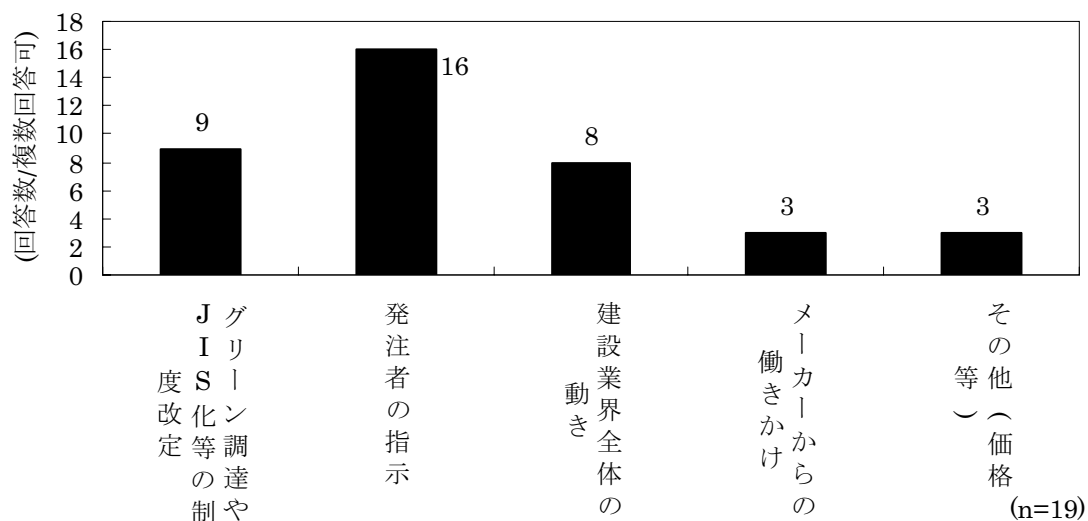


図4 ゼネコン事業者におけるノンフロン品への切り替えの動機

2. 2 ウレタン端材の排出状況

2.2.1 ウレタン端材の分別について

ウレタン端材（養生シート込み）について、全事業者を対象に、分別排出を行っているかどうかにつき質問したところ、約7割が分別排出を行っているとの回答が得られた。他の廃棄物と混合で排出している場合の混合物については、「その他の廃プラスチック類すべて」がもっとも多かった。このほか、「コンクリートくず」、「塩ビ品」との回答もあった。

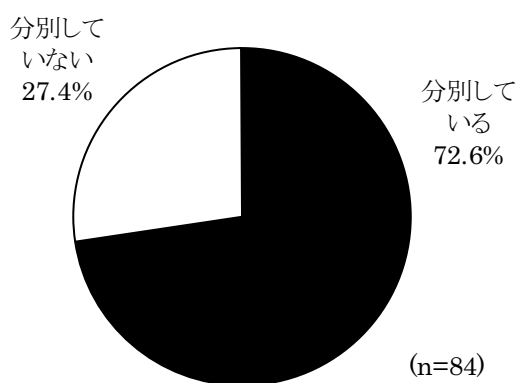


図5 ウレタン端材の分別状況

2.2.2 ウレタン端材の荷姿について

ウレタン端材を排出する際の荷姿について、全事業者を対象に質問したところ、8割以上の事業者がポリ袋を使用していた。このポリ袋は200Lサイズ前後の大きなものが多く、硬質ウレタンメーカーが納品の際に同封されているものを利用している事例が多かった。

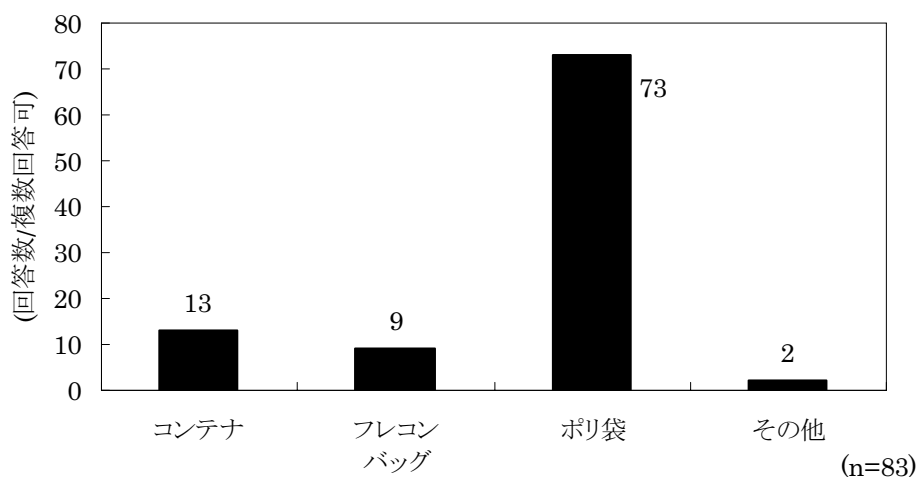


図6 硬質ウレタンの荷姿

2.2.3 ウレタン端材を排出する際の混合物について

ウレタン端材を排出する際の混合物について、全事業者を対象に質問したところ、養生シートが97.6%、紙テープや布テープなどの養生テープが75.6%と高い割合を示した。塩ビ品は34.1%であり、塩ビシートや塩ビ管を混合する回答が得られた。このほか、少量のコンクリートくずなども一緒に排出しているとの回答があった。

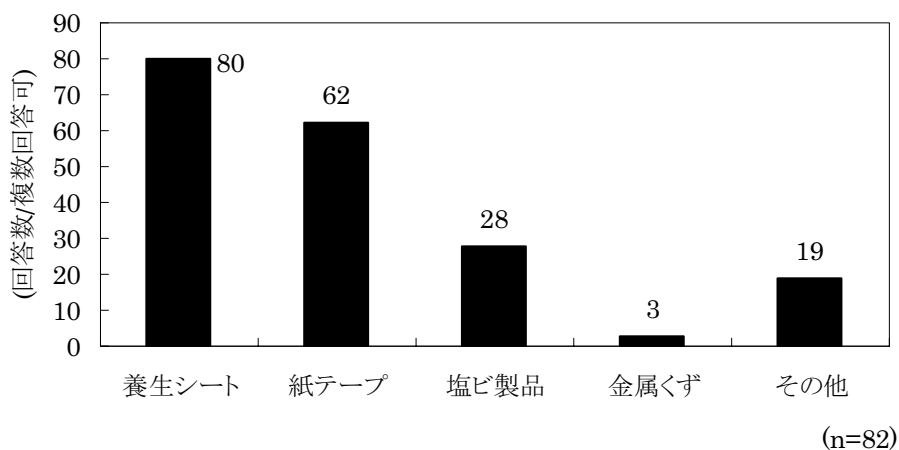


図7 ウレタン端材を排出する際の混合物

2.2.4 ウレタン端材発生率および排出量について

ウレタン端材の発生率について、断熱施工事業者のみに質問したところ、平均発生率は約 5%であった。

端材の平均年間排出量について、全事業者を対象に質問したところ、約 420 m³/年、または約 30t/年となった。なお、比重換算については、実測に基づき 0.07 を用いた。

表 4 硬質ウレタン使用量における端材の平均発生率と平均年間排出量

項目	平均値
硬質ウレタン使用量における端材の平均発生率 (%)	5.43%
ウレタン端材の平均年間発生量 (m ³ /年)	422.0 m ³ /年
ウレタン端材の平均年間発生量 (t/年)	29.5t/年

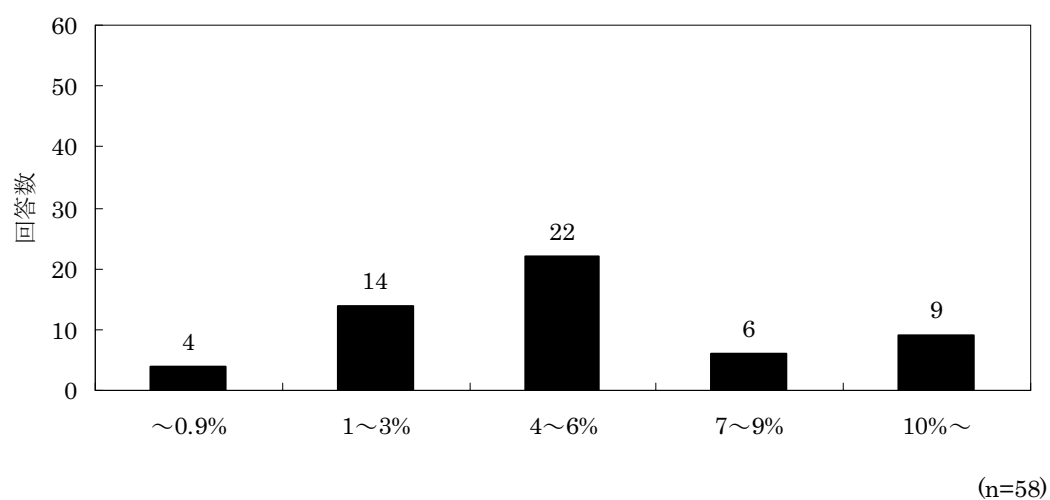


図 8 硬質ウレタン使用量における端材の発生率の回答分布

表 5 ウレタン端材の発生量 (m³) の回答分布

端材発生量(m ³ /年)	回答数	回答率
～99 m ³ /年	8	22.2%
100～199 m ³ /年	8	22.2%
200～299 m ³ /年	5	13.9%
300 m ³ /年～	15	41.7%
合計	36	100.0%

表 6 ウレタン端材の発生量 (t) の回答分布

端材発生量(t/年)	回答数	回答率
～9 t/年	12	33.3%
10～29 t/年	16	44.4%
30～49 t/年	4	11.1%
50 t/年～	4	11.1%
合計	36	100.0%

なお、アンケート調査の追加ヒアリングとして行った、硬質ウレタンと養生シートの使用状況から、ウレタン端材の発生量の試算を行ったところ、以下の結果が得られた。

表 7 ウレタン端材の排出量の試算における換算値

硬質ウレタンの使用量に対する端材の平均発生率	5.43%
養生シート（マスキング/PE）比重	18.182g/m ²

表 8 新築現場にて廃棄される端材に占める硬質ウレタンと養生シートの平均構成

	重量(t)	構成比(w%)
硬質ウレタン	84.450	90.4%
養生シート（PE）	8.943	9.6%
ウレタン端材（養生シート込み）	93.393	100.0%

2.2.5 ウレタン端材の排出形態、およびマニフェストの交付主体について

ウレタン端材の排出の形態について、全事業者を対象に質問したところ、回答のあった 86 社のうちの約 8 割が現場ごとに排出しているとの回答が得られた。まとめ排出を行っている事例が少ないことから、1 回あたりの端材の排出が小規模であると推測される。

また、端材処理の際のマニフェスト交付主体について質問したところ、元請け事業者が 43.7%、孫請け事業者（断熱施工事業者）が 42.5%の回答が得られた。

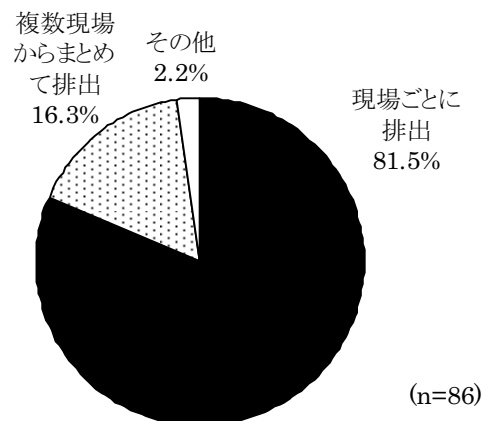


図9 ウレタン端材を排出する際の排出形態

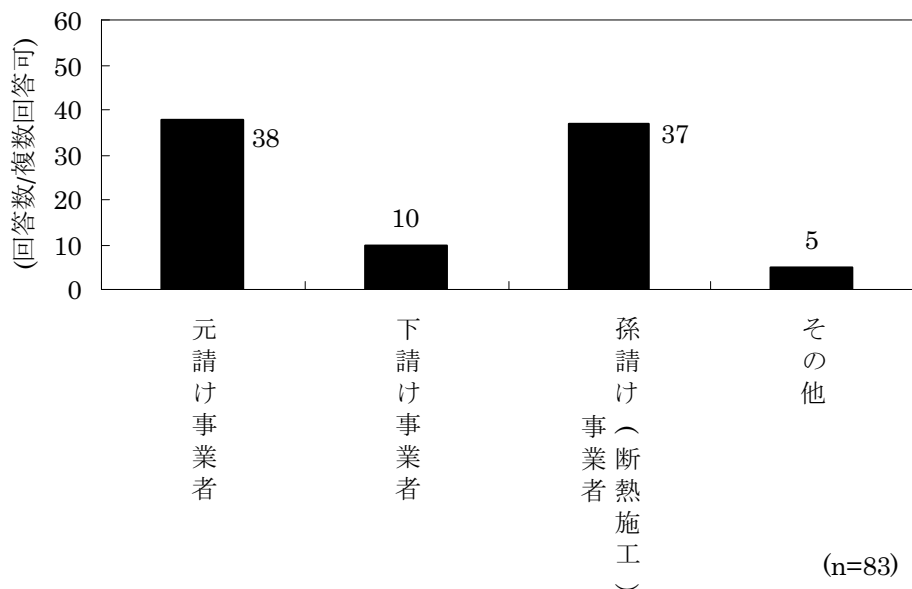


図10 ウレタン端材を排出する際のマニフェストの交付主体

（備考：本設問については、元請け事業者と孫請け事業者の両方にチェックをつけた解答が多く見られた。これは、回答した事業者がマニフェストの「交付主体」をマニフェスト「記入主体」と誤解した可能性によるものと考えられる）

2. 3 ウレタン端材の処理状況

2.3.1 ウレタン端材の処理委託先と処理方法について

ウレタン端材の処理委託先について、全事業者を対象に質問したところ、回答のあった78社のうちの8割以上が産業廃棄物処理事業者に委託を行っていた。

処理方法については、RPF 化処理を行っていたのは12.0%に止まり、埋立処理と単純焼却をあわせると、5割以上がリサイクル処理を行っていない実態が明らかになった。

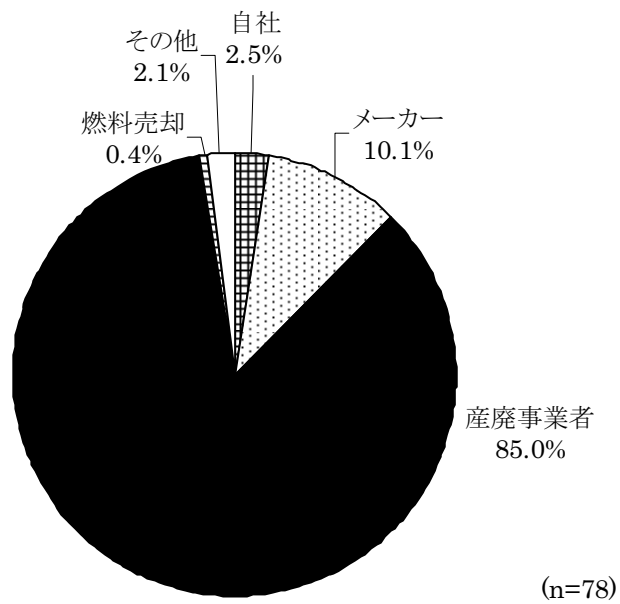


図 11 ウレタン端材の処理委託先

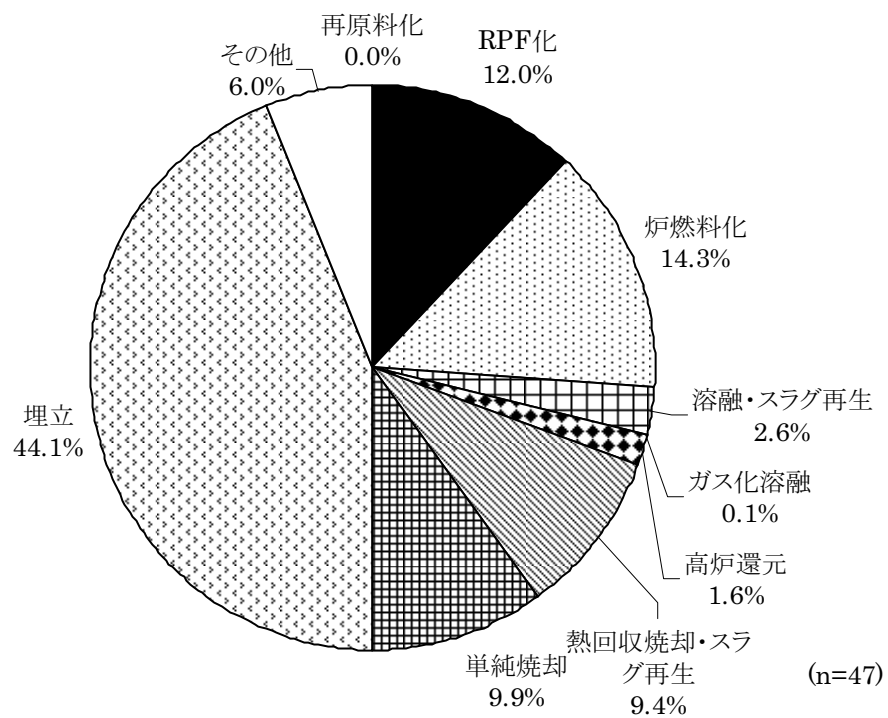


図 12 ウレタン端材の処理方法

2.3.2 ウレタン端材の収集運搬、および処理費用について

ウレタン端材の処理費用につき、収集運搬費用と処理費用について質問したところ、様々な回答形態が見られた。単価契約について、容量 (m^3)、重量 (t)、1 車両 (車) の 3 つに分かれていたほか、価格についても、収集運搬こみでの処理費契約となっている場合があった。

そこで、もっとも回答の割合が多かった容量 (m^3) での単価契約の回答を用いて、費用の分布や平均価格の算出を行った。重量契約であった 7 件については、他の廃棄物が含まれている場合や、圧縮率などが異なることが考えられ、硬質ウレタンの比重を用いての試算が困難であったことから、本検討からは一次除外した。なお、収集運搬こみでの処理費価格については、収集運搬費 3 割、処理費 7 割にて配分を行った。

試算の結果、平均収集運搬費用は約 5,000 円/ m^3 、処理費は約 10,400 円/ m^3 と算出された。しかし、費用の分布を見ると、収集運搬費用では 1,000～1,999 円/ m^3 と 3,000～3,999 円/ m^3 がもっとも回答数が多く、処理費用では、6,000～8,999 円/ m^3 がもっとも回答数の多い結果となった。

収集運搬費は距離により異なるが、同県および隣県までの移動の場合は、4t 車の場合でおよそ 1,500～3,000 円/ m^3 である。処理費については、通常の建設廃棄物における廃プラスチック類の処理費は 5,000～8,000 円/ m^3 であることから、現在のウレタン端材の処理費用は、収集運搬、処理ともに、通常の廃プラスチック類と同程度の価格にて処理されていることが窺える。

表 9 ウレタン端材処理における収集運搬と処理費の平均値

項目	n 数	平均金額
平均収集運搬費用	24	4,837.5 円/ m^3
平均処理費用	27	10418.5 円/ m^3

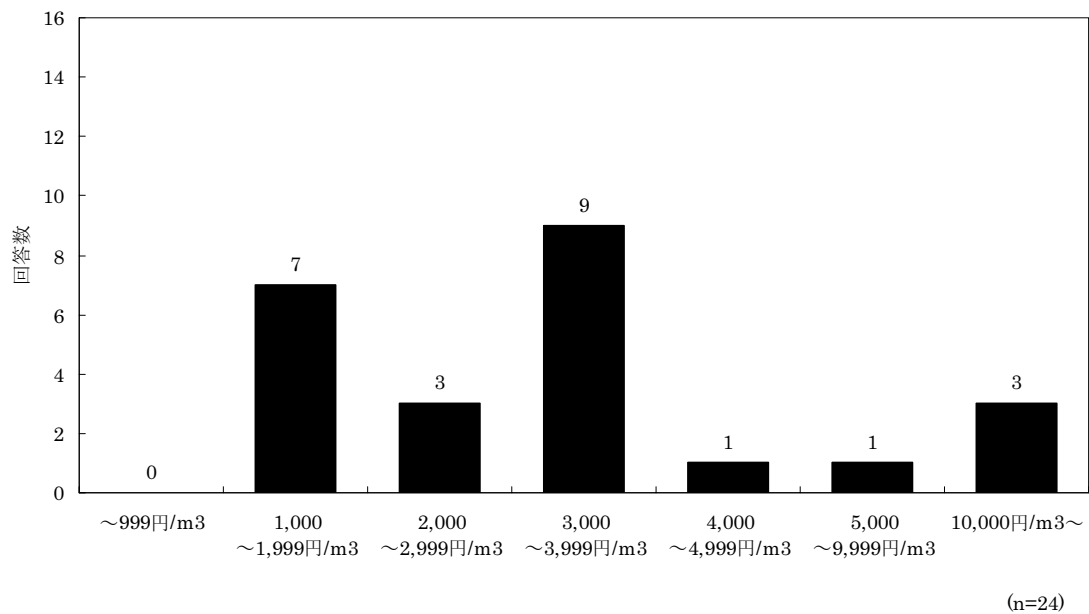


図 13 ウレタン端材の収集運搬費用

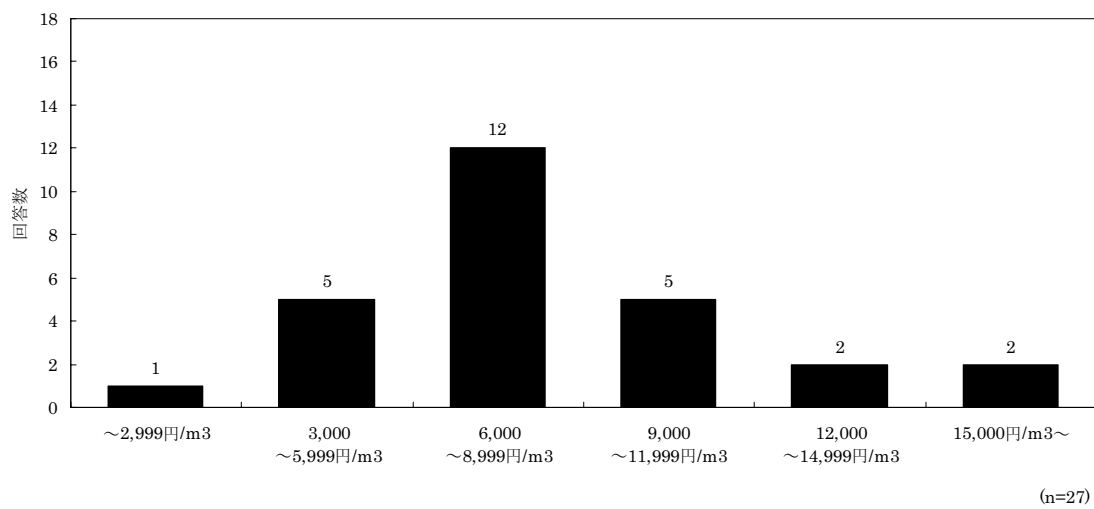


図 14 ウレタン端材の処理費用

2.3.3 ウレタン端材のフロン処理について

ウレタン端材のフロン処理について、全事業者を対象に、何らかの対策を採っている
と回答した事業者は約 2 割にとどまった。しかし、図 12 より、炉燃料化、溶融・スラ
グ再生、熱回収焼却・スラグ再生、単純焼却を含めると約 4 割が、フロン対策に有効な
処理方法を行っているといえる。また、意識してフロン対策を行っている事業者の具体
的な対策については、高温での焼却処理やフロン回収を行うなどの回答があった。

端材の受け入れ拒否の有無について、処理事業者から受け入れ拒否を受けたことがあ
るとの回答は全体の 5.0%にとどまった。この理由については、「焼却できないから」や
「県が異なるため」があった。ウレタン端材の性質を理由とする受け入れ拒否事例は 1
件のみであったことから、受け入れ拒否の事例は非常に少ないと考えられる。

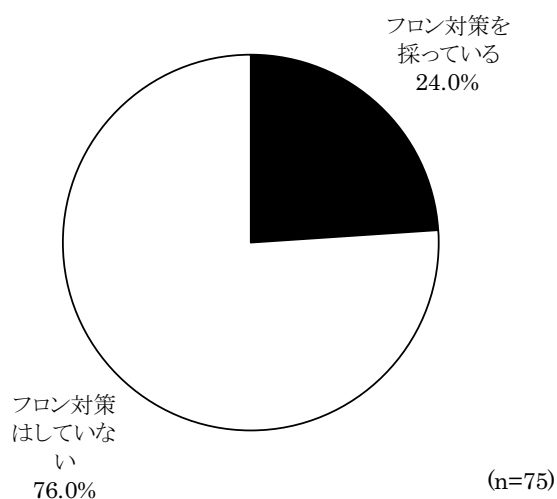


図 15 ウレタン端材処理のフロン対策について

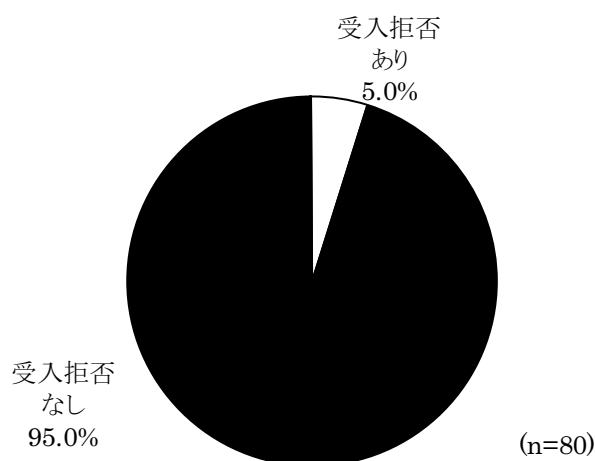


図 16 ウレタン端材処理での産廃事業者からの受け入れ拒否の有無

2. 4 ウレタン端材の RPF 化リサイクルの課題

2.4.1 ウレタン端材の分別排出の可能性について

ウレタン端材の RPF 化処理の課題について、全事業者を対象に、前提条件となる分別について質問したところ、端材（養生シート込み）の分別につき「可能である」との回答が約 8 割を占めた。これは、現状も分別排出を行っている事業者が約 7 割であったためと思われる。

なお、本設問については、端材の分別を養生シートからも剥離するものとの誤解回答がいくつかみられた。現状すでに分別排出していた事業者の回答については「分別可能」に修正を行ったが、現状未分別の事業者で同様の誤解回答がいくつかあると推測される。コンクリートくずなどの除去ならば比較的容易と考えられるため、この点を考慮すると、分別の可能性はさらに高くなると推測される。

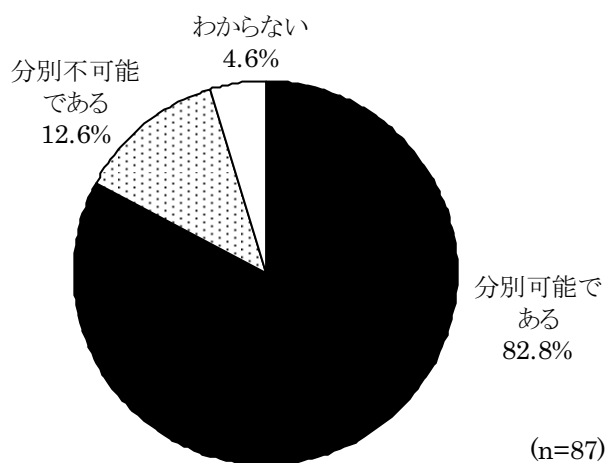


図 17 ウレタン端材（養生シート込み）の分別排出の可能性

2.4.2 ウレタン端材の分別排出の課題について

ウレタン端材の分別排出の課題について、全事業者を対象に、該当した項目で最も多かったのは「作業の手間」で約 8 割であった。ついで「作業時間」と「コストの負担」が 5 割以上となったが、これも前設問と同様に硬質ウレタンと養生シートを剥離させるとの誤解が想定される。RPF 化処理するに当たって、養生シート、紙や布などのテープ類は付着した状態で問題ないことから、懸念されるほどの作業の手間や時間はないのではないかと考えられる。

また、リサイクルシステム利用におけるコスト条件については、「現状よりも安価」が約 6 割と最も多く、ついで「現状と同額程度」が約 3 割であった。

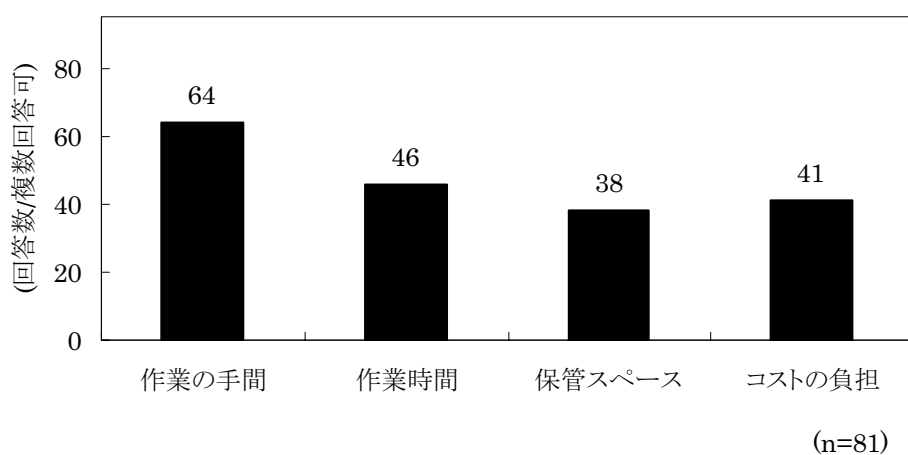


図 18 ウレタン端材の分別排出の課題

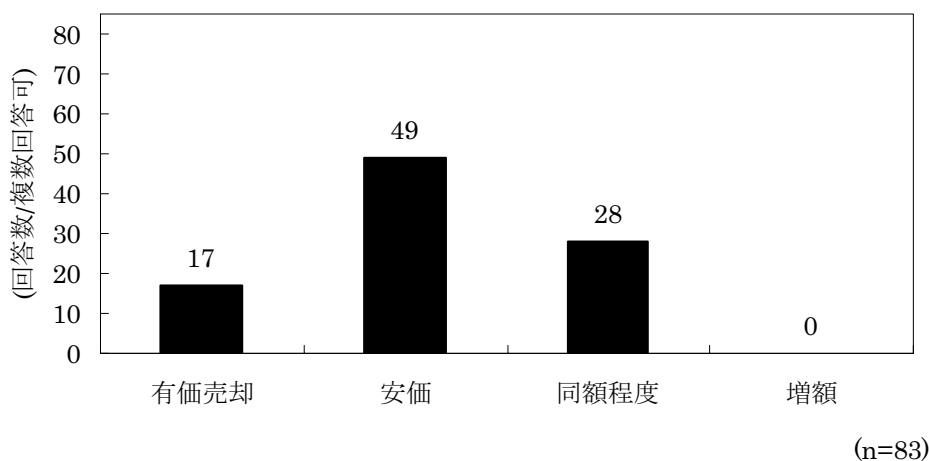


図 19 ウレタン端材のリサイクルシステム利用におけるコスト条件

2.4.3 安価を条件と回答した事業者の現状の処理方法と処理費用

安価を条件とした排出事業者の現状の処理方法と処理費用を検討したところ、処理方法では埋立処理している割合がもっとも多く、処理費用では6,000～8,999 円/m³の割合がもっとも多い結果が得られた。

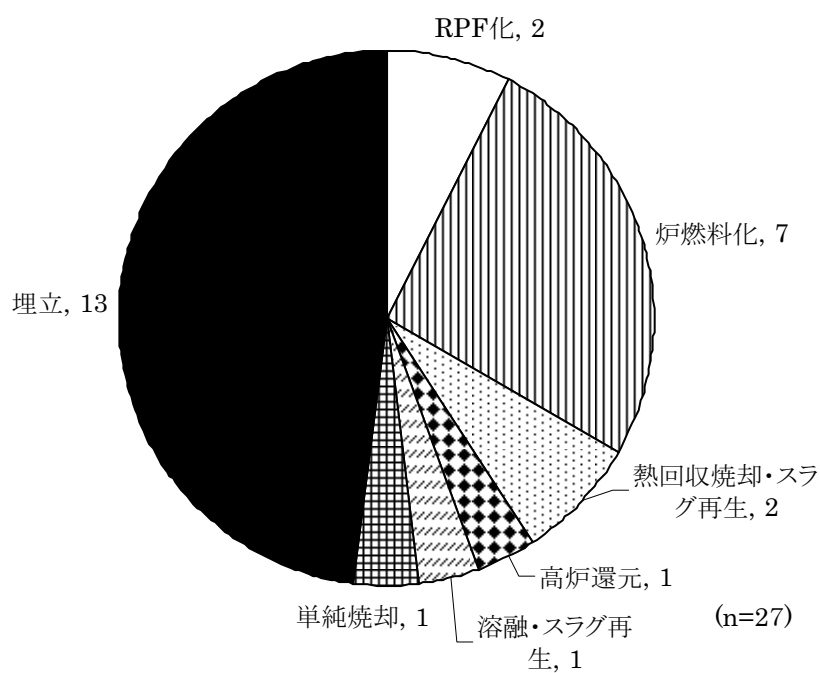


図 20 安価を条件と回答した事業者の現状の処理方法

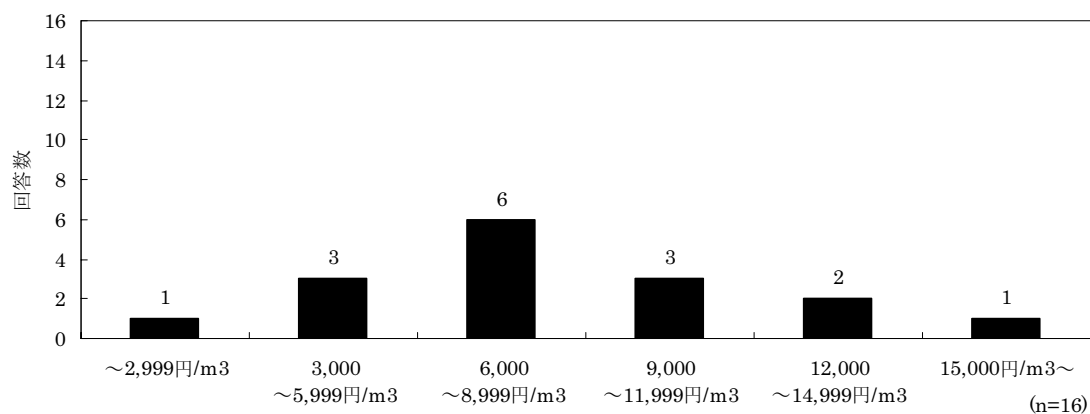


図 21 安価を条件と回答した事業者の現状の処理費用

2.4.4 同額程度を条件と回答した事業者の現状の処理方法と処理費用

同額程度を条件とした排出事業者の現状の処理方法と処理費用を検討したところ、安価と同様に、処理方法では埋立処理している割合がもっとも多く、処理費用では 6,000～8,999 円/m³の割合がもっとも多い結果が得られた。

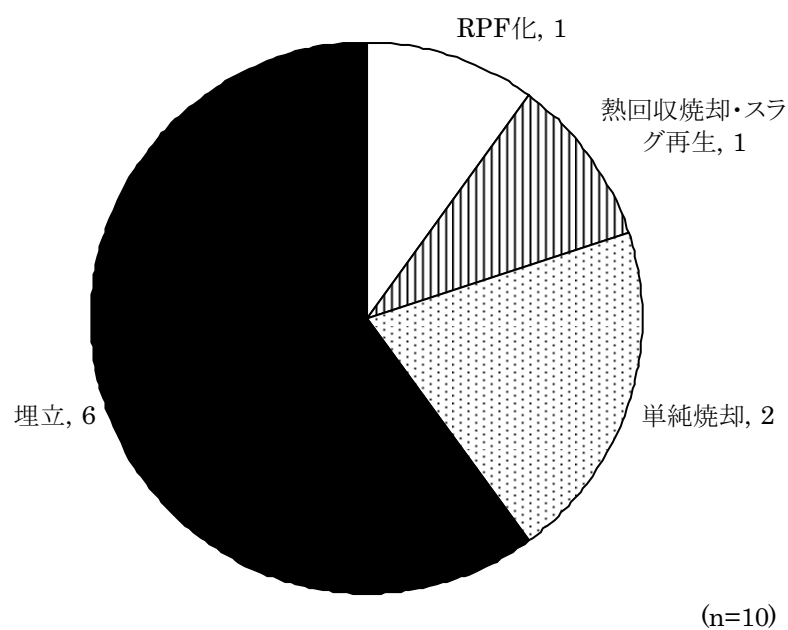


図 22 同額程度を条件と回答した事業者の現状の処理方法

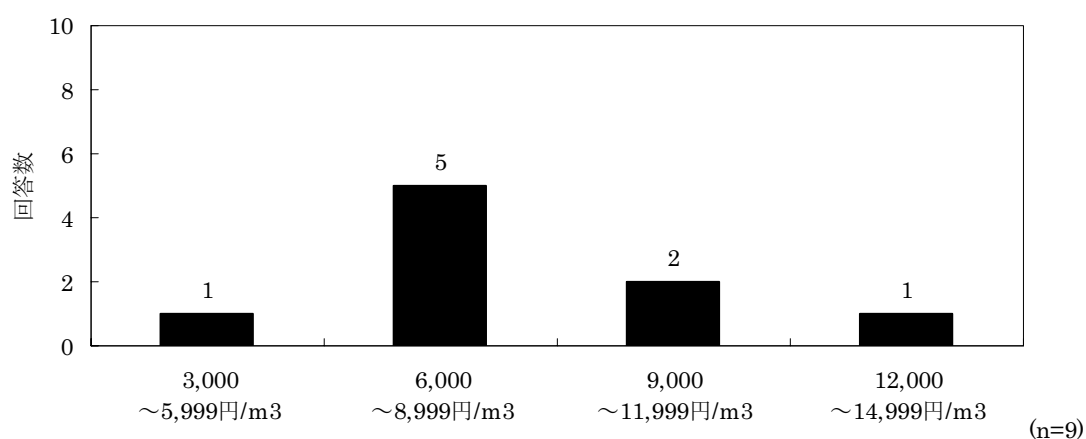


図 23 同額程度を条件と回答した事業者の現状の処理費用

2.4.5 ウレタンのノンフロン品への切り替えの課題について

硬質ウレタンのノンフロン品への切り替えの課題について、ゼネコン事業者のみを対象に質問したところ、「法制度の整備」が81.0%ともっとも高い結果が得られた。「その他」の回答としては「価格」や「現場の施工性（発泡性）」などがあつた。

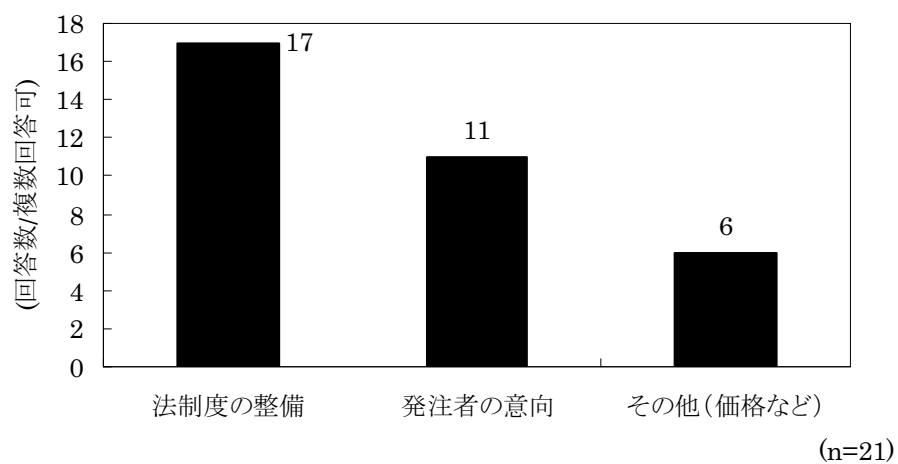


図 24 硬質ウレタンのノンフロン品への切り替え課題

参考資料 3

参考資料 3

ウレタン端材含有 RPF の品質評価ヒアリング調査票

ウレタン含有 RPF に関する利用の可能性について ヒアリング調査シート

ただいま、経産省化学課からの 3R システム化調査として、断熱材ウレタンの新築端材を RPF 化するリサイクルシステムの構築を検討しております。つきましては、ウレタン含有 RPF の代替燃料としての使用価値について、参考までに貴社のご意見をお聞かせ下さい。

問 1 貴社の事業所の概要についてご記入下さい。(平成 19 年 12 月現在)

貴社名	事業所名：		
ご回答者	氏名：	役職名：	
所在地	住 所：		
	T E L：		F A X：
	E-mail：		
業種			

問 2 4 種類のウレタン端材含有の RPF 品につき、貴社の受入条件を満たしているものについて、教えてください。各ウレタン含有 RPF の品質分析結果は別添資料にございます。品質項目ごとに受入基準を満たしているものすべてに○を付けてください。

品質項目	ウレタン 5% 含有 RPF	ウレタン 10% 含有 RPF	ウレタン 20% 含有 RPF	ウレタン 30% 含有 RPF
高位発熱量				
水分				
灰分				
全塩素				
硫黄				
窒素				

- 問3 貴社の受入条件を満たすサイズについて教えてください。該当するサイズに○を付けてください。該当するサイズがない場合は、「その他」に補足をお願い致します。

(なお、RPF 化の実証試験にて作成したサイズは、直径 8mm、長さ 20mm です)

直径	8mm	20mm	40mm	その他 (mm)

長さ	30mm 以下	30～50mm	50mm 以上	その他 (mm)

- 問4 ウレタン端材含有の RPF 品につき、貴社の受入条件を満たす成形強度について教えてください。成形強度を満たすものすべてに○を付けてください。(サンプルをご確認下さい)

成形強度	ウレタン 5% 含有 RPF	ウレタン 10% 含有 RPF	ウレタン 20% 含有 RPF	ウレタン 30% 含有 RPF

- 問5 ウレタン端材含有の RPF 品につき、貴社の受入可能量について、おおよその目安で結構ですので教えてください。

受入可能なロット数 (約 t/月)

- 問6 ウレタン端材含有の RPF 品につき、貴社が使用される際の購入単価(運賃別途)について教えてください。該当する単価に○を付けてください。該当する単価がない場合は、「その他」に補足をお願い致します。

購入単価 (運賃別途)	2 円/kg 未満	2～4 円/kg	5 円/kg 以上	その他 (円/kg)

- 問7 ウレタン端材含有の RPF 品につき、貴社にてお受入の可能性について教えてください。該当する項目に○を付けてください。

受入の可能性	可能性あり	可能性なし	わからない

以上です。ご協力ありがとうございました。

平成 19 年度環境問題対策調査等
(3R システム化可能性調査事業)

ポリウレタンフォーム廃材を利用した
RPF 化のための調査研究調査研究報告書

平成 20 年 3 月

株式会社リサイクルワン

〒150-0031 東京都渋谷区桜丘町 14-1 ハッチェリー渋谷

TEL : 03-3464-3566

URL : <http://www.recycle1.com/>

※ 無許可の転載・掲載を禁じます。