

## 過熱蒸気を用いたアスベスト含有建材の無害化と再資源化

西松建設株式会社 フェロー 稲葉 力、正会員 石渡寛之

大旺建設株式会社 正会員 百代淳一、正会員 前 尚樹、高浪哲郎

## 1. はじめに

筆者らは過熱蒸気法を用いて、アスベスト含有建材（非飛散性アスベスト）の無害化（非石綿化）技術の開発と無害化された建材の再資源化に取り組んでいる<sup>1)</sup>。過熱蒸気を用いてアスベスト含有建材を無害化する技術の最大のメリットは、建材を全く破碎しないで無害化できることである。さらに、無害化された建材を全量セメント原料化することが可能である。本報告では、技術の概要、他技術との比較、セメント化について述べる。

## 2. 過熱蒸気法による無害化の原理と特徴

## 2-1. 原理と特徴

過熱蒸気とは 100 以上の水蒸気で、主として一気圧の 170 以上の水蒸気のことをいう。筆者らは、過熱蒸気を用いてフロン分解、ダイオキシン類汚染土壌の浄化を行っているが<sup>2)</sup>、アスベストの無害化においては、それらとは別の効果がある。一般の空気による熱風加熱では対流伝熱しか期待できないが、過熱蒸気雰囲気下では、対流伝熱に加えて、輻射電熱、凝縮伝熱が期待でき、熱効率が良化することは既に知られている通りである。

さらに、熱効率以外に触媒効果やその他の効果についても検証を進めている。

## 2-2. 「無害化」について

無害化とは、X線回折および位相差分散顕微鏡で「JIS A 1481」に準拠しアスベスト繊維が検出されないことである。この条件は環境省の無害化処理認定制度の認可条件となっている。

## 2-3. 処理システムの特徴

表-1に過熱蒸気法と実現可能と考えられている技術の比較表を示す。新エネルギー・産業技術総合開発機構の平成19年2月の資料から抜粋し、一部加筆したものである。表面溶融炉は既存の表面溶融炉で小規模実験を実施して、処理可能であることを示している。ただし、アスベスト含有建材を小粉碎する必要がある。高温溶融炉は、小型炉が製造されており従来の溶融炉より安いとされるが、まだコストが高いと思われる。マイクロ波加熱は破碎しないで無害化できる有望な技術である。プラズマ溶融炉は非常に高い温度が得られるので短時間処理、大容量処理が可能と思われるが、まだ緒についたばかりと思われる。本報告で述べる過熱蒸気法は、すでに1/6スケールパイロット実験まで進んでいるが、900mm×1,800mmの建材を破碎せずに無害化することが可能である。表-1に示す技術の中でも破碎しないで処理できる数少ない処理技術である。さらに、3.で述べるが無害化した全量をセメント原料化することが可能である。これまで電気ヒータを用いて処理を検討していたが、コスト低下を目指し、他の熱源も検討中である。

表-1. 無害化処理方法の比較

プロセス名	プロセスの概要	技術評価
プラズマ加熱	アークプラズマ加熱溶融。ピンチ効果により1万度近い高温が得られる。	短時間での溶融処理が可能。大容量化が可能。電気を使用するためランニングコストが高い。
マイクロ波加熱	セメント、石膏などCaまたは有機系樹脂成分にマイクロ波を吸収させ廃材の塊全体を均一に高温処理。	石綿含有建材を破碎せずに処理。短時間処理、装置の小型化が可能。
表面溶融炉	化学系廃棄物やドラム缶破碎の処理をしており、Feの高い主灰に石綿を混合して処理するため低温化が可能。	石綿の主灰への配合割合は10%が上限。破碎・投入設備の新設が必要であり、処理費が上昇する。
高温溶融炉	油と水を混合して高温で燃焼するバーナーを使用。1450～1800。	小型溶融炉で実証実験。溶融法の中では一番安いといわれる。
過熱蒸気法	950の加熱して過熱蒸気を送り込み非石綿化。	破碎せずに処理が可能。装置の小型化が可能。

すでに1/6スケールパイロット実験まで進んでいるが、900mm×1,800mmの建材を破碎せずに無害化することが可能である。表-1に示す技術の中でも破碎しないで処理できる数少ない処理技術である。さらに、3.で述べるが無害化した全量をセメント原料化することが可能である。これまで電気ヒータを用いて処理を検討していたが、コスト低下を目指し、他の熱源も検討中である。

Development of Technology for conversion to harmless substances and recycle of asbestos with superheated steam;

Nishimatsu const. co., LTD. Tsutomu Inaba, Hiroyuki Ishiwata;

Daioh const. co., LTD. Junichi Hyakudai, Naoki Mae, Tetsuro Takanami

### 3. 無害化物の分析

#### 3-1. 分析方法と結果

基礎実験では、表-2に示す6種類の建材の無害化実験を実施した。市中に出回っているアスベスト含有建材は11種類のうち、市場占有率の高い6種類を入手して実験を行った。この6種類で90%以上を占めている。無害化は加熱炉の雰囲気温度を950まで上昇させ、複数枚投入した建材の試験片の温度が900を越えて1時間経過してから取り出した。温度は熱電対で計測し、無害化(非石綿化)は、位相差分散顕微鏡で確認し、後日、X線回折とSEMで確認した。さらに無害化した建材を乳鉢で500μm以下に粉碎して、蛍光X線分析にかけた。結果、セメント成分に非常に近いものであることがわかった。一方、MgOはセメントのJIS規格で5%以下となっているので成分が多いものは成分調整で減らす必要がある。また、硫黄(S)及び塩素(Cl)分は炉に悪影響があるので少ないほうが望ましいことがわかった。

表-2. アスベスト含有建材の成分分析

	化学成分(%)													R2O (%)	Cl (%)
	ig-loss	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	Na2O	K2O	Ti2O	P2O5	MnO	TS	total		
A スレート波板	6.9	24.9	6.0	4.0	49.9	4.9	0.25	0.30	0.32	0.01	0.16	2.2	99.8	0.45	0.078
B 化粧スレート	1.0	55.5	5.7	3.7	23.7	7.5	0.44	0.84	0.27	0.06	0.13	0.9	99.7	0.99	0.026
D 珪酸カルシウム板	1.0	49.8	3.7	3.6	38.9	1.7	0.06	0.28	0.11	0.03	0.23	0.4	99.8	0.24	0.010
スラグ石膏板	3.5	24.7	8.1	2.2	37.1	5.8	0.34	0.44	0.54	0.00	0.42	16.8	99.9	0.63	0.042
押出成形(厚)	7.1	24.4	5.9	2.8	50.8	5.3	0.25	0.46	0.29	0.14	0.09	2.3	99.8	0.55	0.038
押出成形(薄)	2.2	47.0	4.8	2.7	35.0	6.8	0.25	0.34	0.20	0.07	0.11	0.4	99.9	0.47	0.024
スレートボード	4.2	26.1	5.4	2.9	47.5	8.3	0.18	0.43	0.47	0.26	0.07	4.0	99.8	0.46	0.145

#### 3-2. セメント原料化の検討

表-2の結果を受けて、石灰石、粘土、ケイ石、鉄滓等との成分調整を計算したのが表-3、表-4である。この表にはセメント1tに対して100kg混合する場合までしか計算していないが、もっと多量に混合することも可能である。わが国の年間のセメント製造量は約6,000万tである。年間100万t排出されるアスベスト含有建材全てをセメント原料化しても約1,000万t(混合比10%)である。これは、本技術のシェアを3割と仮定すると全セメント製造量のうち5%程度に混じることとなる。よって、十分に実現可能な数字であることが理解できる。

表-3. 化粧スレートを原料化した場合のセメント中の成分量(混入量別)

各建材原単位(kg/t)	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	MnO	T-S	R2O	Cl-(%)
化粧スレート0kg/t	21.21	5.30	3.31	65.31	1.83	0.44	0.43	0.34	0.66	0.06	0.15	0.72	0.011
化粧スレート10kg/t	21.19	5.30	3.31	65.26	1.90	0.44	0.43	0.34	0.66	0.06	0.16	0.72	0.011
化粧スレート20kg/t	21.18	5.29	3.31	65.22	1.96	0.43	0.43	0.34	0.66	0.06	0.17	0.72	0.011
化粧スレート30kg/t	21.16	5.29	3.31	65.17	2.03	0.43	0.43	0.34	0.66	0.06	0.17	0.71	0.011
化粧スレート50kg/t	21.13	5.28	3.30	65.08	2.16	0.43	0.43	0.34	0.66	0.06	0.19	0.71	0.012
化粧スレート100kg/t	21.06	5.26	3.29	64.86	2.47	0.40	0.43	0.34	0.66	0.06	0.22	0.68	0.013

### 4. 謝辞

本開発は、平成19年度にNEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)「アスベスト含有建材等安全回収・処理等技術開発」に採択された「低温過熱蒸気によるアスベスト無害化・資源装置の開発」の成果の一部である。本プロジェクトは、戸田建設、大旺建設、西松建設、建材試験センターの4社で実施されている。著者ら以外にも戸田建設の千葉脩氏、三浦勇雄氏、半田雅俊氏、建材試験センターの斉藤一也氏が関与されている。

また、セメントの成分分析は、株式会社ディ・シの二戸信和氏にお世話になった。お礼申し上げる。なお、本報告は、著者らが独自にまとめたもので、NEDOがまとめたものではない。

表-4. セメント中の原単位

各建材原単位(kg/t)	石灰石	粘土	ケイ石	鉄滓	その他
化粧スレート0kg/t	1125	183	77	33	142
化粧スレート10kg/t	1120	178	72	33	152
化粧スレート20kg/t	1116	176	68	33	162
化粧スレート30kg/t	1111	172	64	33	172
化粧スレート50kg/t	1102	162	56	32	192
化粧スレート100kg/t	1080	139	34	31	242

### 5. 参考文献

- 1) 稲葉 力、金澤正澄、高浪哲郎他:「過熱蒸気を用いたアスベスト無害化技術の開発」、第18回廃棄物学会研究発表会、pp960-962、2007.11
- 2) 篠原淳一、百代淳一、前田定範他:「過熱蒸気を用いたダイオキシン類汚染土の浄化」、第13回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会、pp753-756、2007.6