

廃棄物処理等科学研究費補助金 総合研究報告書概要版

- ・研究課題名 = アスベスト含有廃材の低温分解による無害化と再利用に関する研究
- ・研究番号 = K1921, K2042

・国庫補助金精算所要額（円）=14,254,000 円(複数年度の合計)

・研究期間（西暦）=2007 - 2009

・代表研究者名=小島 昭（群馬高専）

・共同研究者名=科壁恭子（群馬高専），藤重昌生（群馬高専）

・研究目的=

近年アスベストによる健康被害が問題化した。アスベスト(石綿)とは、天然に産する繊維状ケイ酸塩鉱物の総称で、日本では主にクリソタイル($\text{Mg}_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$)が使用されている。アスベストは優れた特性を持つことから、主に建材として様々な用途に使われてきた。そのため、建築物の解体に伴ってアスベスト廃棄物が今後大量に発生する。アスベスト廃棄物は飛散性廃棄物と非飛散性廃棄物に分けられる。現在の廃棄処分方法は、飛散性廃棄物は二重梱包あるいはセメント固化されて埋め立てられ、非飛散性廃棄物は荷姿のまま埋め立てられるものが主要である。しかし、この方法による最終処分場は枯渇しつつあり、新規確保は困難な状態である。さらに、アスベストの繊維質が分解することはないので、梱包材やセメントの劣化により、今後埋立場から飛散する危険がある。現在知られている唯一のアスベスト無害化法に 1500°C の高温で熔融処理する方法があるが、処理物の3割程度が溶けきれず、処理前と同じ飛散性廃棄物として扱われる未成熟技術である。また、今日の CO_2 排出抑制動向からすると、大量のアスベスト廃棄物の処理技術として、中心的役割すになうとは考えられない。筆者らは、少量の融解助剤を用いることで、クリソタイル($\text{Mg}_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$)の低温分解とガラス化の同時処理を行った。飛散防止や再資源化を考えると、ガラス化のメリットは大きい。

アスベスト含有材料を低温で、分解・無害化・非繊維化・非石綿化・熔融化をすべて可能とする技術を確立することを目的とする。アスベスト含有材料は、細い繊維とそれらが集合した束状のアスベストが存在していた。これまでの研究から束状のアスベストは容易には分解されないで、処理物中に残存することがあった。本研究は、①束状の繊維を完全に分解する方法を検討する。さらに、②分解処理物中に含まれる微量アスベストの有無、含有量、サイズ、検出限界などを高性能走査型電子顕微鏡観察により探る。そして、③分解処理物を動物（ラット）内に埋め込み、生物に対する無害化の医学的知見を集積し、ヒトへの安全性を確認するとともに、④再資源として有効に活用する技術開発を目指す。最終的には、アスベストおよびそれを含む廃棄物を処理できる実用化装置を設計するための基礎的知見を求め、アスベストの低温分

解ガラス化技術を確立することが本研究の目的である。

そこで、アスベストを含む製品のほとんどにはセメントが含まれ、加熱により高融点の酸化カルシウムが生成する。建材として使用量が最も多いものはスレートであるが、スレートはアスベスト/セメント混合比が 2/8 の割合であるため、成分中の約 50%は酸化カルシウムである。そのため、スレート単体での融解には大変な高温を有し、莫大なエネルギーの消費を伴う。

本実験Ⅰでは、少量の融解助剤を添加することにより、低温で、飛散がなく、再資源として利用価値の高いガラス状のアスベスト分解物を得る。そこで、アスベストに低融点化合物の四ホウ酸カリウムを融解助剤として添加し、アスベストを低温で分解、同時ガラス化の可能性を検討するため、種々の加熱温度、混合比で実験を行い、最適溶融条件を検討する。実験Ⅱでは、アスベスト・セメント複合材であるスレートの低温融解を目的とし、試薬によるスレート組成物に炭酸カリウムなどの融解助剤を加えることで低温での融解を目的とし、融解条件の確立を目指す。実験Ⅲではアスベスト分解ガラス化物の短期生体毒性について、ラット投与による試験を行った。さらに、分解生成物の再資源化についての検討は、分解条件確立後の課題として次年度に行う予定とした。

研究期間 2 年の 2 年目は、分解処理物の再利用について検討することになっていたが、実験Ⅱの結果より、スレート重量に対して 40~60%の溶融助剤を添加し、1400℃で 2 時間焼成することで達せられる無害化法は、処理物の重量増加と高温での長時間保持と、本来の目的である省エネルギーな「低温・無害化」技術の確立とは異なる。更にカリウム成分などの添加物のコスト軽減も必要となる。当初、溶融処理物は人工大理石のような装飾建材を想定したが、今日のエネルギー状況および 4000 万トンの廃棄物量を考慮し、処理物重量の増加を極力抑制しつつ同時に、より短時間で分解処理が可能な迅速処理を目的とした処理法を検討した。これは、担当者らが見つけた塩を添加するアスベストの低温分解処理法を改善し、アスベスト分解の迅速化を図ると共に、処理物中の塩成分を極力低下させることである(実験Ⅳ)。塩成分が低ければ、スレートのようにセメント組成に近いものは、そのままセメント代替品やセメント添加剤として利用される可能性があり、4000 万トンともいわれる廃棄物の転用が可能な用途である。

・実験方法=

実験Ⅰ アスベスト試料の低温ガラス化

アスベストは関東化学㈱のクリソタイルを用いた。アスベストは毒性が強いことから、アスベストを塩を添加した低温分解法によっても分解反応の進行しない条件である「550℃で 2 時間焼成」することにより調製した「脱水アスベスト $Mg_6Si_4O_{14}$ 」を利用した。この脱水物はアスベストと比較し、やや毒性の低いフォルステライト(3 モル)と非晶質の二酸化ケイ素(1 モル)である。

この脱水アスベスト(1 モル)に対して、Table 1 に示したような混合比で四ホウ酸カリウムを磁製ルツボ中で混合した後、純水を加え磁製ルツボ中でよく混練した。乾燥後、磁製ルツボを、電気炉に入れ、所定温度(750, 800, 850, 900℃)まで4時間で加熱し、各所定温度に 2 時間保持した。電気炉内で室温まで放冷後、デシケーター中に保存した。これらの加熱試料をデ

試料番号	添加量
1 (900℃)	1
2 (900℃)	2
3 (900℃)	3
4 (850℃)	1
5 (850℃)	2
6 (850℃)	3
7 (800℃)	1
8 (800℃)	2
9 (800℃)	3
10 (750℃)	1
11 (750℃)	2
12 (750℃)	3

デジタル顕微鏡(モリテックス(株)デジタル CCD マイクロスコープ MS-804 型)で各 10 視野観察, さらに粉末 XRD 測定(日本電子(株)JMS-5600LV)を行った. また, 加熱試料を粉碎し, 酢酸処理を施した試料について, 光学デジタル顕微鏡をそれぞれ 10 視野行った.

ここで用いた「酢酸処理」とは, 粉碎した加熱試料 0.2g 採取し, 酢酸アンモニウムを緩衝液として用いた pH5 酢酸溶液 50ml で洗浄. 洗浄時に, 30 秒間の超音波照射と 90 秒間の静置を 6 回繰り返した後, 0.2 μ m のメンブランフィルターで濾過することにより, カルシウム成分等の溶出成分を除去し, アスベストおよびアスベスト由来のフォーステライト繊維の検出を容易にする操作である.

実験 II スレート組成物のガラス化

脱水アスベストを 20wt%, ポルトランドセメント (SiO₂ : Al₂O₃ : Fe₂O₃ : CaO : MgO =22.99 : 5.66 : 3.05 : 66.80 : 1.57[wt%]) を 80wt%としてスレート組成物を調製した. このスレート組成物に炭酸カリウムが加熱時に酸化カリウムとして 30~80 wt%までの添加比になるよう, Table2 に示すよう調製した. 調製試料

Table 2 スレート組成物と融解助剤の混合比(wt%)

組成番号	組成(wt%)					融解助剤
	スレート組成物					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O
1	19.9	3.1	1.7	37.3	8.0	30
2	17.1	2.7	1.5	32.0	6.8	40
3	14.2	2.2	1.2	26.6	5.7	50
4	11.4	1.8	1.0	21.3	4.6	60
5	8.5	1.3	0.7	16.0	3.4	70
6	5.7	0.9	0.5	10.7	2.3	80

を乳鉢で混合した後, 白金るつぼに入れ, 所定温度に加熱した. 加熱条件は, 700℃まで 2 時間, 30 分保持した後に, 所定温度(1000, 1200,1400℃)まで 2 時間で昇温, 2 時間保持した. 最も高温の 1400℃についてのみ 30 分間保持も行った. 焼成物は, 炉内での放冷後にデシケーター中で保存した. 得られた焼成物について, デジタル顕微鏡観察及び, 粉末 XRD 測定を行った.

実験 III マウスを用いたガラス化物の急性毒性試験

アスベスト分解物およびガラス化物を破碎し, ラット気管部に投与し, 急性毒性試験を行った.

アスベスト分解処理物をラットに経肺投与した後, 1 週間後に気管支肺胞洗浄液 (BALF) を採取し, 洗浄液中の炎症性細胞, 総タンパク質量及び乳酸水素酵素 (LDH) を測定した. また, 肺は摘出し 10%ホルマリン緩衝液で固定後パラフィン包埋し, 薄切後 H.E.色を行い組織の観察を行った.

実験 IV 誘導炉を用いたスレート切り子の急速無害化

焼成スレート切り子に塩化カルシウムを添加, 純水を加え十分に混ぜた後, 約 2g の円筒形 (直径 1cm, 高さ 1.5cm)に成型し一晩以上乾燥した後, 試料とした. この試料を黒鉛るつぼ(内径 1.5cm, 深さ 2cm)に入れて断熱のため炭素繊維のフェルトで包み, 誘導炉(美和製作所製 小型高周波誘導加熱装置 MU-1700D)を用いて窒素雰囲気下で黒鉛るつぼ底部の熱電対制御により所定の温度まで昇温速度 600℃/分で加熱, 保持した. 各試料の塩化カルシウム添加率, 加熱温度を Table に示す. 試料を砕いてからデジタル顕微鏡(400 倍)で観察し, アスベスト由来繊維の有無を観察した.

Table 誘導炉を用いたスレート切り子の急速溶融の試料条件

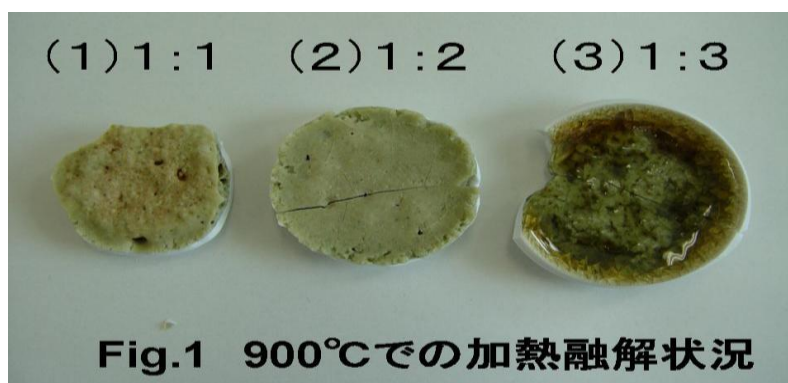
試料番号	保持時間[分]	加熱温度	CaCl ₂ [%]
1	0.5	1000	5
2	1		
3	2		
4	3		
5	4		
6	5		
7	0.5	1100	
8	1		
9	2		
10	3		
11	4		
12	5		
13	0.5	1200	
14	1		
15	2		
16	3		
17	4		
18	5		
19	0.5	1100	10
20	1		
21	2		
22	3		
23	4		
24	5		

・実験結果と考察=

実験 I アスベスト試料の低温ガラス化

1-1 加熱融解状況

加熱試料は、所定温度及び四ホウ酸カリウムの添加量が多くなるにつれ、より均一に融解し、透明度が高いガラス状になっている。四ホウ酸カリウムの添加量が少ないものは脆く、手で割れる程度で、添加量の多いものは手で割ることが出来ない。また、Fig.1 および Fig.1-2 に示した 900℃での加熱試料のように、温度の影響よりも、融解助剤である四ホウ酸カリウムの添加量が大きく影響していた。外観は未溶融のようでも、破砕物の観察から溶融が確認できる。



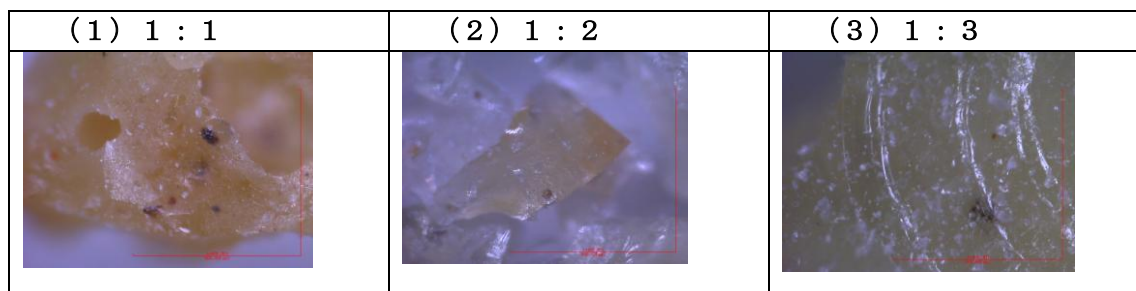


Fig. 1-2 900°Cでの破碎加熱溶融物のデジタル顕微鏡観察

1-2粉末 XRD 測定

所定温度 900°Cの加熱試料(1, 2, 3)の粉末 XRD パターンを Fig.2 に示す.

いずれの試料にも酸化ホウ素マグネシウム $Mg_2B_2O_5$ (Δ) の特徴的なピークが見られるとともに、ブロードな部分があった。ブロードはガラス化を表すので、いずれの試料もガラス化した部分を有することがいえる。加熱試料1においては、フォルステライト Mg_2SiO_4 (O) の特徴的なピークが見られた。加熱試料2, 3においては、フォルステライトのピークは検出されなかった。粉末 XRD 測定の結果から、アスベストと四ホウ酸カリウムの混合比と加熱温度の条件を得ることができた。

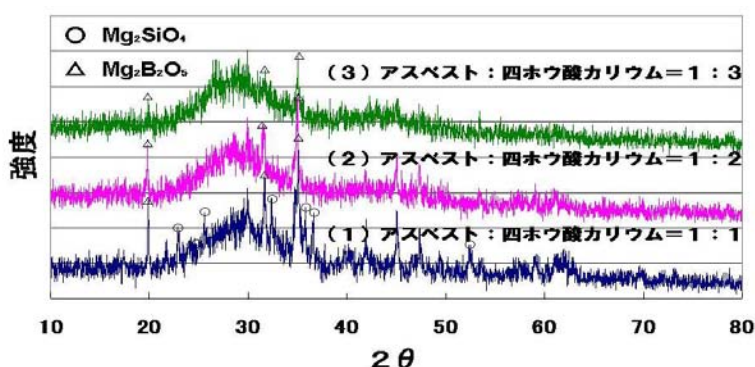


Fig.2 900°C加熱試料

1-3 溶融処理物の酢酸残滓のデジタル顕微鏡観察

酢酸処理によって、未溶融の CaO などのアルカリ物質やアルカリ成分を多く含む相が溶解するため、酢酸に溶解しないアスベスト由来繊維が残滓中に濃縮されるため、極少量でも繊維物質が残存する試料のデジタル顕微鏡による検出が容易になった。Table2 に加熱試料のデジタル顕微鏡写真1枚あたりのアスベスト繊維の平均本数を示す。Fig.3 は粉末中に大きな1本のアスベスト繊維が確認された加熱試料1(900°C)の光学顕微鏡写真である。アスベストの場合は、Mg-Si-O-H化合物であるが、不純物として含まれる Fe が Mg の位置に存在するため、加熱により生成する酸化鉄のため黄色あるいは茶色に着色される。Table3 に示すように、四ホウ酸カリウムの添加量が多いもの、また溶融温度が高いものほどアスベスト由来繊維は少なく、850°C及び 800°Cの加熱試料では繊維は確認できなかった。しかし、900°Cの加熱試料においても Fig.3 に示すようにアスベスト繊維が確認された。繊維状物は太く茶色い、これは添加した脱水アスベスト中の太い繊維が溶けきれなかったものと思われ、繊維径の調整が重要なことが示された。また、750°C焼成条件では、四ホウ酸カルシウムの添加量の多い系でも10視野中1本、2本が検出されている。アスベスト繊維が完全に溶融助剤で覆われるよう気泡を除くという面で、

800℃以上の温度域が安定な溶融には必要と考えられる。

Table3 残存アスベスト由来繊維の写真1枚あたりの検出本数 [本/写真1枚]				
アスベスト/四ホウ酸カリウム [モル比]	900℃	850℃	800℃	750℃
1/1	0.2	0	0	0
1/2	0.1	0	0	0.1
1/3	0	0	0	0.2

平均本数=全写真中に含まれるアスベスト繊維の本数/全写真枚数

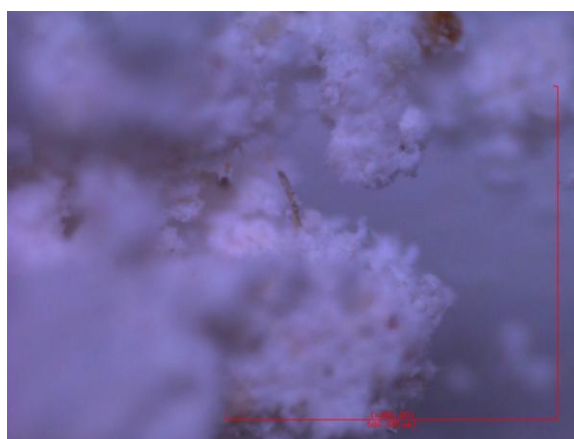


Fig.3 試料1（アスベスト/四ホウ酸カリウムのモル比1/1）の900℃処理物の
粉砕物中に見られたアスベスト

実験Ⅱ スレート組成物のガラス化

2-1 融解状況

本実験では、所定温度に昇温・保持後、炉内で冷却している。このため、高温時は溶融により均一であっても、冷却過程で結晶の析出があり、生成物が不均一である場合が生じる。しかし、溶融の形跡は確認することが出来る。また、廃棄スレートの場合は、アスベスト繊維の溶融の有無も確認、比較することが可能である。

1400℃を2時間保持した焼成物で、酸化カリウムの添加量が30wt%と40wt%のものは表面に凹凸が見られ、焼結はしているが脆く容易に粉末化した。添加量が50wt%以上になると表面の凹凸は見られなくなり完全に融解した様子は見られたが、焼成物はどれも不透明であった。また、炭酸系の化合物から抜けるガスにより焼成物中に大きな空洞が生じていた。その焼成物の上部と底部では色調が若干異なることから、均一な融解反応が起こっていなかったと考える。添加量の増加とともに焼成物に潮解性みられ、表面が濡れるようになった。これは、添加した酸化カリウムがによるものとする。これらのデジタル顕微鏡観察では、次に示すように数種の融解物が混在しているように見えた。Fig.4（1200℃で2時間保持）、Fig.5（1400℃-2時間保持）は同様に融解状態にあったと思えるが、Fig.5の粒子は明らかに異なる相が混在していた。

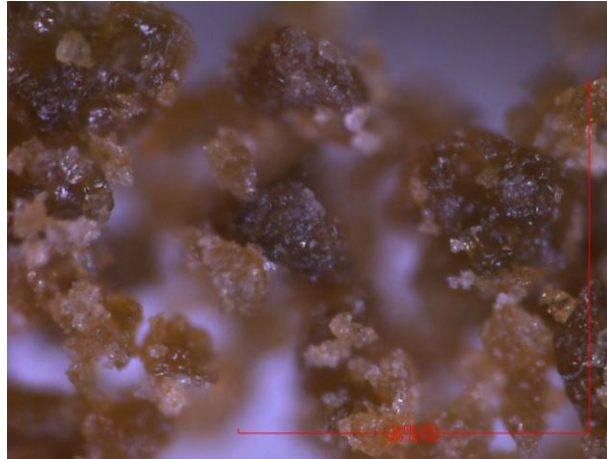


Fig.4 1400 °C 保持 2 時間

1000°Cで2時間保持した焼成物の様子は、酸化カリウムの添加量が30wt%と40wt%のものは1400°C・2時間保持と同様の融解状態であった。50wt%以上ではガスが生じて抜けた後の空洞はみられたが、他の温度に比べ均一に融解していた。光学顕微鏡観察をすると、添加量が70wt%と80wt%のものは、他の焼成物に比べ透明化した部分が多く見られた。炭酸カリウムの融点は891°Cなので900°C付近において融解が起こっている理解できる。高温条件での溶融状態を検討するには、加熱試料の取り出しによる急冷が必要である。

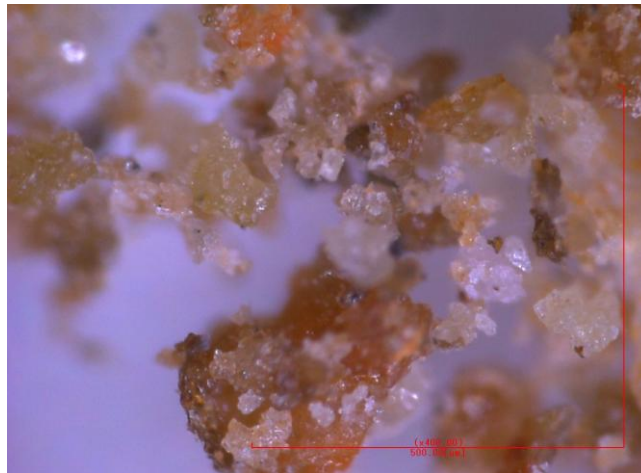


Fig.5 1400 °C 保持 2 時間

2-2 粉末 XRD 測定

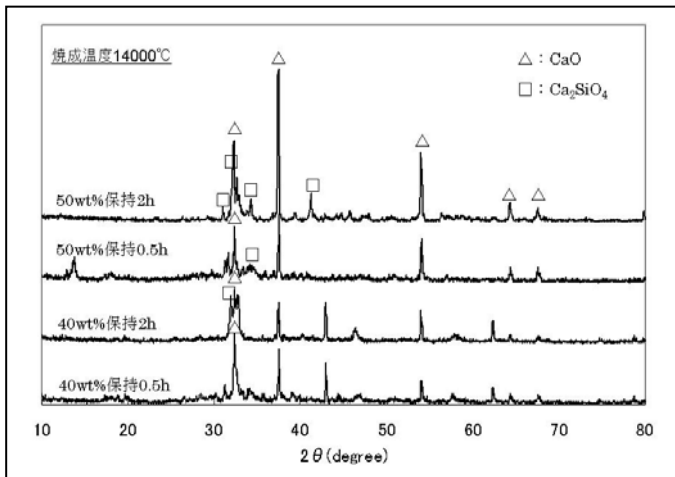


Fig.6 生成物の粉末X線回折結果に及ぼす高温保持時間の影響

Fig.6 に、焼成温度が 1400°C での組成番号 2 (K₂O-40wt%) と組成番号 3 (K₂O-50wt%) の焼成物の粉末 XRD を比較した。セメント組成物である CaO と Ca₂SiO₄ のピークが強く見られる。保持時間の差を見ると、30 分ではピークの弱かった Ca₂SiO₄ が 2 時間でははっきりと表れていることがわかる。また、融解助剤であるカリウム系化合物のピークが見られないので融点の低い K 成分含有化合物の非晶質化や X 線回折試料調製時の吸湿により結晶性を失ったこと、さらに複合酸化物を合成する前に飛散してしまっている可能性が考えられる。

Fig.7 に炭酸カリウムの添加量が 40~70wt% の試料を 1400°C で 30 分間保持した焼成物の粉末 XRD パターンを示した。酸化カリウムの添加量が 60wt% と 70wt% の試料は Ca₂SiO₄ のピークが大きくなったので CaO と Si₂O の反応が進行していることがわかる。60wt% のみ CaO が小さいのは X 線回折時の吸湿に起因し、非晶質状態となっていたと考えられる。

これらのことから、加熱前後の焼成物や水洗浄後の濾過物の X 線分析による成分組成比の検討も重要となることがわかった。

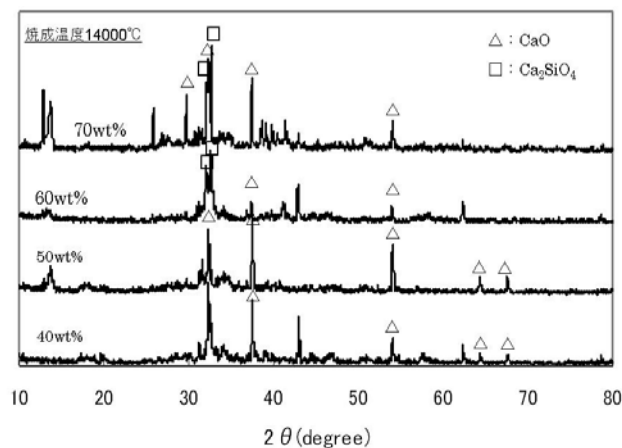


Fig.7 生成物の粉末X線回折結果に及ぼす融解助剤量の影響

実験Ⅲ マウスを用いたガラス化物の急性毒性試験

試料は4種類用意した。試料1はモデル吹き付けアスベスト処理物の pH5 酢酸残滓。試料2は廃棄吹き付けアスベスト処理物の pH5 酢酸残滓。クリソタイルは灰色で、加熱により不純物として存在する Fe 成分が酸化鉄を作り茶色化する。試料3はクリソタイル試薬を 300°Cで2時間保持したもので、灰色のままアスベストに近い。試料4はカオリナイト（粘土）である。これらの投与結果を次に示す。

BALF 中の総細胞数は、Day 7は一般平常時の約3倍に増加した。この細胞数の増加は約95%を占めるマクロファージの増加であった。リンパ球、好中球及び好酸球の占める割合は5%程度であり、多少の増減は認められたもののほぼ一定の値であった。

LDH の経時的な増加傾向が、試料 No.1 群、試料 No.2 群及び試料 No.3 群で認められ、炎症が経時的に進展している可能性が示唆された。試料 No. 4 群の LDH は、経時的な増加は認められずほぼ一定の値であり、炎症惹起作用が弱いものと推察された。

肺の病理組織所見で認められた炎症性の細胞の浸潤やマクロファージの出現などは、正常動物でも認められるごく軽度な変化であった。モデル吹き付けアスベスト処理物の酢酸処理残滓（試料1）は茶色であるのに対し、試料2の廃棄吹き付けアスベスト処理物の酢酸処理残滓は極わずか茶色をおびているが灰色を示していた。残滓中の鉄分、不溶 Si 成分などの多方面の影響を加味する必要がある。この病態変化は投与初期炎症で改善された後に、炎症、病変するなど長い時間を要することも考えられるため、経肺投与後ある程度の期間（数ヶ月単位）を必要とすることが推察された。

実験Ⅳ 誘導炉を用いたスレート切り子の急速無害化試験

4-1 誘導炉を用いたスレート切り子の急速無害化

デジタル顕微鏡(400倍)による観察では、試料1~11、及び19~22でアスベスト繊維が確認され、12~18、23と24では確認されなかった。高温で長時間加熱した試料ほど灰色で大きな塊状の粒子が、低温で短時間な試料ほど細かい粉末と褐色のアスベストが確認される傾向があった。

4-2 酢酸処理によるカルシウム成分の除去によるアスベスト由来繊維の観察

Table 4 に酢酸処理後にデジタル顕微鏡(400倍)で10視野観察した結果と酢酸処理に伴う重量減少率をまとめた。試料1~18はカルシウム成分が Ca-Si 系の溶解しにくい形態となっていたと考えられ、想定より少ない重量減少となった。そのため処理前観察に大きな差異はなかった。試料19~24では塩化カルシウム添加量が多く、Ca-Si系から熔融しやすい形態へ変化したために大きな重量減少が起きていると考えられる。アスベストは酢酸処理を用いていない場合と変わらず同様の試料で確認されが、不溶成分として、約5倍に濃縮された19~24は、2, 3分保持でも10視野あたり1~4本確認された。

4-3 処理物の蛍光 X 線分析による元素分析及 SEM による観察

Table5 に蛍光 X 線分析による塩素の含有率を示した。塩化カルシウム 5%添加 1000°C加熱の試料4と塩化カルシウム 10%添加 1100°Cの試料22で塩素が確認された。他の試料7~16では確認されなかった。その為、1000°C程度であれば塩素の放出を抑制できると考えられる。Fig. 8 と Fig.9 に示したのは10000倍の SEM 写真である。デジタル顕微鏡による簡易観察と同様に、SEM 観察においても試料11ではアスベスト繊維が確認されたが、12では確認されなかった。

Table 4 酢酸処理観察結果

試料番号	酢酸処理重量減少率[%]	酢酸処理後アスベスト(本/視野)
1	32.49	多量
2	31.16	多量
3	30.56	2.2
4	30.16	0.8
5	4.58	2.7
6	3.98	1.5
7	7.34	0.7
8	6.52	0.3
9	5.80	0.3
10	8.48	0.1
11	10.12	0.3
12	4.45	0
13	3.44	0
14	3.90	0
15	3.32	0
16	3.86	0
17	2.86	0
18	1.94	0
19	81.38	1.4
20	81.55	0.8
21	80.41	0.4
22	80.64	0.1
23	83.45	0
24	81.91	0

Table5 分解処理物中の塩素含有量

試料番号	含有量[%]
4	4.01
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
16	0
22	6.48

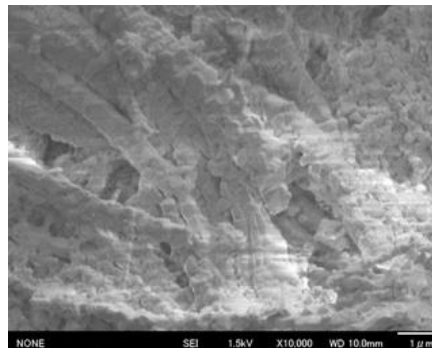


Fig.8 試料 11

CaCl₂5%1100°C4分保持 SEM 1万倍拡大写真

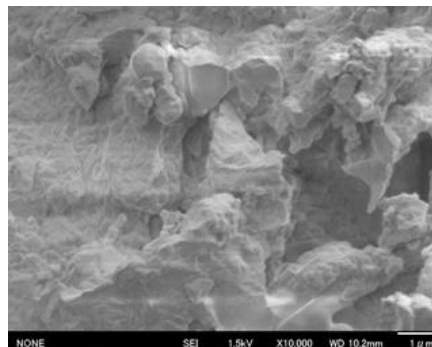


Fig.9 試料 12

CaCl₂5%1100°C5分保持 SEM 1万倍拡大写真

・ 結 論 =

酸化カリウムの添加量を増やすことで、スレート組成物の融解をさせることは確認できたが、過剰に含まれる CaO すべてを取り込むようなガラス状物には至らなかった。今後は、他の Na₂O、B₂O などの添加剤についても比較し、その結果からスレート - K₂O - Na₂O - B₂O などの最適混合比を求め、低温融解条件の検討を行う。同時に、スレート材に応用することで、CaO 過剰条件下でのアスベスト溶融を試みたい。

融解助剤として四ホウ酸カリウムを用いた結果、所定温度が 800～850℃で、融解助剤の添加量が多い場合、均一に融解し、繊維が消失した平滑なガラス平面を持つ硬質なガラスが生成されることがわかった。

本試験分解物の投与試験においてアスベスト分解処理物 1 mg の経肺投与による変化はであった。病態変化についての詳細は、さらに投与後数ヶ月単位の期間を必要とするものであり、経肺投与後の期間を延長し、より詳細な検討が必要であると考えられた。また、投与試料は、分解処理物をそのまま投与すると CaO などによる炎症の可能性があることから、酢酸処理で CaO 成分を除去した酢酸残滓を用いた。しかし、残滓の割合が 20%台で、分解試料中の酢酸の不要なシリカ成分、特に発がん性のある結晶化シリカを濃縮投与した可能性もあり、多方面からの総合的評価が重要である。

アスベスト含有物の迅速無害化試験では、アスベスト含有物を 3～4 分間で分解処理することが出来た。分解処理物中に塩化カルシウム(塩素)が検出されなかったことから、セメント原料として利用可能であることが分かった。4000 万トンといわれる廃棄物の再利用では、多くの需要が見込まれる用途への応用が重要であることから、システムとしての完成の期待が大きい。

英語概要

・ 研究課題名 = 「The detoxification and the reuse by the low temperature resolution of the asbestos component waste 」

・ 研究代表者名及び所属 =

Akira Kojima : Department of Chemistry and Materials Science, Institute of Gunma National College of Technology

・ 要旨 (200 語以内) =

Asbestos and a low melting point chemical reagent were mixed and melted in the shape of glass, the asbestos was decomposed. As for the Portland cement and the asbestos constituent, it was examined a molten condition.

The evaluation of asbestos decomposition processing thing was performed by powder X-ray diffraction, scanning electron microscope observation, a toxicity test by the dosage to rats. From these evaluation results, it was thought that asbestos was almost a harmless state.

・ キーワード (5 語以内) = asbestos, decomposition, molten decomposition, dosage to rats