焼却飛灰とアスベストに見る有害廃棄物の プラズマ処理の検討

論文

正員 稲葉次紀（中央大学） 学生員 長野将美（中央大学） 正員 遠藤正雄（中央大学）

Investigation of Plasma Treatment for Hazardous Wastes such as Fly Ash and Asbestos

Tsuginori Inaba, Member Masayoshi Nagano, Student-Member Masao Endo, Member (Chuo University)

Abstract*** Hazardous wastes such as fly ash and asbestos can be melted by the plasma treatment, which become a block of glassified slag and those volume decreases sharply by 49 ~ 65% from the original volume. Glassified slag of the fly ash including heavy metals such as Zn, Cu, Fe and so on has an extremely good water-proof capability. The electric conductivity of the solution of 18.8g slag in 700ml distilled water is nearly as same as that of the pure distilled water, being only about 0.1% of the electric conductivity of the solution of the fly ash in the distilled water. The molten asbestos surface becomes a hard skin without needle-like fibers, which has no influence on the human health. As a result, the plasma treatment is very useful for the environmental preservation

キーワード：有害物，廃棄物，プラズマ，飛灰，アスベスト，処理

1. はじめに

廃棄物処理の問題は、今日の日本で早急に解決を迫られている大きな問題である。ごみの排出量に最終処分場（ごみ埋め立て地）の確保が追いつかず、各地の自治体でごみの有料化など何らかの対応が進められつつある。しかし、最終処分場付近では、人体に悪影響を及ぼす重金属を含んだ廃液が排出される可能性に対し、土壌・地下水の重金属汚染が心配されている。

また最近では建物の老朽化が進み、建て替え時にはたくさんの建築廃材が排出されている。その中には粉塵を吸い込むと肺に蓄積され、肺癌を引き起こす原因になるとも言われているアスベストも含まれている。このアスベストは現在、セメントに混入させたり、圧縮固化という方法で処理されているが、アスベストが安定した物質なため、再飛散する可能性も考えられる。

このような事態に対し廃棄物を減容し、無害化することが、今日の日本で早急に解決しなければならない課題の一つであり、その具体例として、多くの特徴を有するプラズマの応用が考えられている。⁽¹⁾

アークプラズマは、ガス流等で安定化することにより全体が3千～5千度以上の超高温になり、莫大な熱や光、音のエネルギーを発生できる。さらにエネルギーは電流値や雰囲気などにより、極めて容易かつ正確に制御できるといった特徴を持つ⁽²⁾。

このようなアークプラズマの特徴を活用するため、アークプラズマ基礎研究設備⁽³⁾を用い、基本パラメータ⁽⁴⁾をふまえて、焼却飛灰とアスベストを例として有害廃棄物の減容化および無害化に関する原理的実験を行った。⁽⁹⁾

2. プラズマトーチの動作原理⁽⁵⁾

図1は今回用いた実験装置の仕組みをモデル化したものである。

まず、るつぼ内の直径60mmφのステンレス材電極上に溶融したい物質（今回は焼却飛灰・アスベスト）を置き、周囲をArガスで満たす。Arガスを用いたのは、供試材料の周囲雰囲気による化学変化を抑えるためである。

プラズマトーチを動作させてアークプラズマを発生させるためには、高周波放電によって電極－ノズル間にパイロ

図1 プラズマトーチの原理図⁽¹⁾

Fig.1 Principle of Plasma Torch

ットアークを発生させる。次にパイロットアークの導電性を利用して、電極－るつぼ間に主アークを発生させる。パイロットアークは主アークの点弧後は通常消弧させる。この主アークは、プラズマガス兼作動ガス（Arガス）の圧力によってノズルから噴出するが、この場合ノズルと作動

ガス気流による熱的ピンチ作用が効果的に働き、高温のプラズマ流が得られる。この高温の主アークを用いて試料を溶融する。ここで電極の周囲を流れるプラズマガスにArガスを用いる理由は酸化による電極損耗を防止するためである。

溶融後、実験試料はるつぽ上で、自然冷却する。

3. 実験試料

1) 焼却飛灰

ごみ焼却場から排出される焼却灰には2つの種類があり、1つは焼却炉内に残る粗粒状の残渣灰で、もう一つが集塵器で集められる細粒状の飛灰である。今回は、桶川市の清掃センターから提供して戴いた飛灰を試料とした。表1⁽⁶⁾に焼却灰の成分例を示す。数%以上の主成分はCa, Al, Feとされる。

2) アスベスト

アスベストは、高い抗張力と柔軟性を持つ繊維状物質であり、表2⁽⁷⁾に示すようにクリソタイル $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ をはじめ、一般に6つの種類があることが知られている。実験で用いた試料は、業者に一括して頼んだため、種類の特定をすることはできていない。

4. 焼却飛灰のプラズマ溶融処理例

< 4. 1 > 減容試験

1) 減容比・減量比の測定値

焼却飛灰は細粒状のため、そのままるつぽ内の電極上に置くと、噴出するアークによって吹き飛んでしまうため、あらかじめ水道水で練り合わせ、1cm角のブロック状にしたものを用いた。

プラズマ処理した結果を表3に示す。ここで重量比・体積比は溶融前のブロック試料の値を100%とした溶融後の割合を示した。焼却飛灰の性状は溶融処理により、表面が光沢のあるガラス状にスラグ化し、表面硬度はモースの硬度計により6程度になることを確認した。図2にその外観形状を示す。外見上、重量は処理前の約半分になり、体積に関しては処理前の約3分の1と大幅に減容する事を確

認した。ただし、これらの値には粘結剤として用いた水道水の重量・体積も含まれており、それらはアークの熱によ

表1 焼却灰の成分例

Table 1 Components of Incinerator Ash

Ca	%	11.0	Cu	mg/kg	2700
Al	%	6.5	Pb	mg/kg	1100
Fe	%	4.4	Zn	mg/kg	5100
Na	%	1.1	Cd	mg/kg	13
K	%	1.3	Hg	mg/kg	0.19
Cl	%	1.4	As	mg/kg	6.5
SO ₄	%	0.84	Cr ⁶⁺	mg/kg	<0.7
P	mg/kg	5200	CN	mg/kg	0.9
Mn	mg/kg	1200	F	mg/kg	290

表2 各種アスベストの化学的・物理的特徴⁽⁷⁾

Table 2 Chemical & Physical Properties of Asbestos

	クリソ タイル	アンソフィ ライト	アモサイト	トレモ ライト	アクチノ ライト	クロシド ライト
硬度	2.5~ 4.0	5.5~ 6.0	5.5~ 6.0	5.5	約6.0	4.0
比重	2.4~ 2.6	2.85~ 3.1	3.1~ 3.25	2.9~ 3.2	3.0~ 3.2	3.2~ 3.3
比熱	0.266	0.210	0.193	0.212	0.217	0.201
抗張力 (kg/cm ²)	30000	2800	25000	70~ 560	70	35000
最大重量減 温度(℃)	982	982	871~ 982	982		649
ろ過性能	遅い	中間速	遅い	中間速	中間速	速い
電荷	陽	陰	陰	陰	陰	陰
溶融点(℃)	1521	1468	1399	1316	1393	1193
紡糸点	良好	不良	良	不良	不良	良
柔軟性	大	不良	良	不良	不良	良
耐熱性	良好 高温でも ろくなる	優秀	良好 高温でも ろくなる	良好		不良 高温で 溶融する
耐酸性	弱い	中	中	極めて 強い	極めて 強い	強い
耐アルカリ 性	極めて 強い	強い	強い	極めて 強い	強い	強い
分解温度 (℃)	450~ 700	620~ 960	600~ 800	600~ 850	950~ 1040	400~ 600

表3 プラズマによる焼却飛灰の減容実験結果

Table 3 Weight and Volume Reduction of Fly Ash by Plasma Treatment

	重量 g		重量比 %	体積 cm ³		体積比 %	出力エネルギー kJ/g
	溶融前	溶融後		溶融前	溶融後		
1	1.6	0.8	50	1.00	0.30	30	103
2	1.7	0.7	41	1.00	0.27	27	81
3	1.6	0.8	50	1.00	0.28	28	103
4	1.7	0.8	47	1.00	0.30	30	81
平均	1.7	0.8	47	1.00	0.29	29	92

って蒸発したものと考えられる。実験は同一条件で4回行ったが、重量比、体積比ともばらつきは少ない。ここで出力エネルギーは(プラズマ電圧)×(プラズマ電流)×(点弧時間)÷(被溶解物初期重量)より算出した。

図2 焼却飛灰の原試料(左)とプラズマでスラグ化した焼却飛灰(右)

Fig.2 Appearances of Fly Ash(left) and its Slag(right)

2) 重量比・体積比の補正

そこで、混合した飛灰と水の重量比・体積比を考察する。混合した飛灰と水の重量比は、混合前の各成分の実測値から

$$\left. \begin{array}{l} \text{飛灰} \cdots 62\% \\ \text{水} \cdots 38\% \end{array} \right\} \quad (1)$$

混合した飛灰と水の体積比は、同様に

$$\left. \begin{array}{l} \text{飛灰} \cdots 82\% \\ \text{水} \cdots 18\% \end{array} \right\} \quad (2)$$

となっている。そして、アークの熱によって水分が全て蒸発するという想定を考慮に入れると、スラグの重量、体積は、もとの飛灰に対して、

$$\left. \begin{array}{l} \text{重量} \cdots 76\% \\ \text{体積} \cdots 35\% \end{array} \right\} \quad (3)$$

にそれぞれ減少したと考えられる。これらの補正結果を図3に示す。ここで、減少した24%の重量分はるつぽ内電極へ溶け込むか、又は溶融飛灰の形で周辺部材に付着するか、ガス中に蒸発・飛散したものと思われる。最後の成分はそのまま外部に排出しては環境上不都合のため、実用化に際しては、排ガス路にペパフィルタなどのフィルタを粒度に応じて多段式に配置して捕集し、再度溶融試料に回す等の対策が必要である。

3) 他の機関での実測値との比較

東京電力グループの実験によると、アークプラズマ溶融処理により、焼却残渣灰の体積は、溶融処理前の30%に減容することが報告⁽⁸⁾されており、今回の実験でも、ほぼ同様の結果が得られた。

< 4. 2 > 溶出試験

1) 試験条件

ごみ埋め立て地では、そこから排出される排水の汚染が問題となっているので、飛灰・スラグに関して水に対する溶出試験を行った。試験の条件は表4に示すとおりであり、

図3 焼却飛灰・アスベストの溶融実験結果と水分蒸発を考慮した補正值(○:測定値, ●:補正值)

Fig.3 Volume & Weight Reduction of Fly Ash and Asbestos and revised values due to Water evaporation (○:measured, ●:revised)

国の定める基準⁽⁶⁾より結果として厳しいものである。飛灰・スラグとともに同じ条件で、溶出日数は20日で実験を行った。これは、供試溶質重量が基準の半分程度と少ないのに対し、他の特性試験のため、溶媒量を40%ほど多量に必要としたため、溶出日数を基準より十分に長くしたものである。

表4 溶出試験の条件

Table 4 Conditions of Solubility Test

溶質	飛灰・スラグ	基準 ⁽⁶⁾
溶媒(蒸留水)	700 ml	500 ml
溶質重量	18.8 g	50 g
溶出日数	20日	6時間(攪拌)
溶出平均水温	18℃	常温

2) 溶出試験結果

結果を表5に示す。比重4以上の重金属である亜鉛、銅、鉄など6項目に関して調査したところ、未処理の飛灰溶液

に関しては亜鉛 0.5 ppm, 亜硝酸 0.1 ppm, 科学的酸素消費量 7.5 ppmと, 3項目に関してそれぞれ検出下限以上の値が検出されたのに対して, プラズマ処理したスラグ溶液の方はこの6項目すべてに対して検出不可(下限値未満)を示し, スラグが極めて良好な密封性能を有することを呈した。

表5 試薬による溶出試験結果
Table 5 Results of Solubility Tests

	飛灰溶液	スラグ溶液	検出限界
亜鉛	0.5 ppm	検出不可	0.5 ppm
銅	検出不可	検出不可	0.5 ppm
鉄	検出不可	検出不可	0.2 ppm
亜硝酸	0.1 ppm	検出不可	0.02 ppm
科学的酸素消費量	7.5 ppm	検出不可	5 ppm
塩素	検出不可	検出不可	0.1 ppm

< 4. 3 > 水溶液の電気特性試験

熔融生成物の水密性を評価する指標を挿すため, 以下の3種類の測定を行った。

1) 静電容量

図4のような, 内法10cm立方の亚克力容器(厚さ2mm)の外壁面に, 7cm四方の銅製電極を貼り付け, 容器中にろ過した水溶液を加え, LCZメータでその静電容量を測定した。結果を初期値として表6, 図5に示す。蒸留水, 飛灰溶液, スラグ溶液とも, 静電容量は溶液の体積に対し, ほぼ直線的に増加し, 三者の値に大きな違いは見られなかったものの, 溶液の量が多くなると, 飛灰溶液に数%オーダーの低下が認められた。同時に入手された飛灰と生成されたスラグを1年経過した後同一条件で溶液とし, 再度静電容量を測定したところ, スラグ溶液は蒸留水と平均で0.1%以内で一致し, スラグの良好な耐久性が確認できた。また, 飛灰溶液は蒸留水より1~2%低い値を示し, 前述の特性より蒸留水に近づいた。図5の溶液の量が少ない時に静電容量が比例特性より若干増加気味な原因としては, 液面上部空間容積の静電容量(1pF級)などが考えられる。溶液の量が多くなると飛灰溶液の静電容量が蒸留水より低下する理由としては, 明確ではないが, 飛灰成分の溶解, 導電性の向上, 漏洩電流の増大, 溶液温度の上昇, 溶解成分の気泡化などが考えられる。

2) 誘電率

LCZメータで得られた静電容量Cより, 誘電率を

$$\epsilon = C \times d / S = C d^2 / V \quad (4)$$

$$S = V (\text{cm}^3) / d (\text{cm}) \quad (5)$$

より求め, 測定誤差を避けるため, 相互の比較結果を図6に示す。ただしdは電極間隔(10.4cm), Sは電極対向水溶液断面積(cm²), Vは供試水溶液体積(cm³)である。蒸留水の誘電率は溶液の体積全体を平均して(0.70 ± 0.04) × 10⁻⁹ [F/m]と6%以内の差でほぼ一定の

図4 水溶液の静電容量測定回路

Fig.4 Measuring Circuit for Capacitance of Water

表6 初期溶液の誘電率・静電容量

Table 6 Permittivity & Capacitance of Initial Solution

体積 V [ml]	誘電率 ϵ [nF/m]			静電容量 C [pF]		
	蒸留水	飛灰溶液	スラグ溶液	蒸留水	飛灰溶液	スラグ溶液
200	0.740	0.745	0.745	14.8	14.9	14.9
250	0.700	0.708	0.708	17.5	17.7	17.7
300	0.687	0.687	0.687	20.6	20.6	20.6
350	0.674	0.674	0.671	23.6	23.6	23.5
400	0.660	0.658	0.663	26.4	26.3	26.5
450	0.718	0.693	0.718	32.3	31.2	32.3
500	0.704	0.682	0.700	35.2	34.1	35.0
550	0.693	0.662	0.687	38.1	36.4	37.8
600	0.683	0.607	0.675	41.0	36.4	40.5

図5 初期静電容量の測定結果

Fig.5 Capacitance of Initial Solution

値を示した。この平均値は、従来測定されている比誘電率 $\epsilon_s = 80$ と正確に対応している。それに対し、スラグ溶液は、蒸留水と平均 1% 以内の差で同一値を示し、飛灰溶液は、400 ml 以上において、蒸留水より数%の低下が認められた。このように 3 者間において蒸留水に対し、飛灰溶液は%オーダーの低下が認められたもののスラグ溶液は経年変化もなく、平均して 0.1% 以下の低下とほとんど差は認められなかった。

3) 導電率

次に水の汚れの度合いを示す導電率をリング電極式メータにより測定した結果を表 7、図 7 に示す。試料は前述の溶出試験体と同一である。飛灰溶液の導電率は mS/cm のオーダーで、蒸留水の 1 万倍近いのに対して、プラズマ処理したスラグ溶液の値は数十 $\mu\text{S/cm}$ のオーダーとなっていて、

図 6 水溶液の誘電率の比較
 Fig.6 Permittivity Ratio of Solution

表 7 導電率の測定結果
 Table 7 Measured Electric Conductivity

	蒸留水	飛灰溶液	スラグ溶液
測定時水温	19.2℃	19.4℃	19.2℃
導電率	1.21 $\mu\text{S/cm}$	15700 $\mu\text{S/cm}$	24.6 $\mu\text{S/cm}$

図 7 導電率の測定結果
 Fig.7 Measured Values of Electric Conductivity

雨水 (10 ~ 30 $\mu\text{S/cm}$) のオーダーと等しく、蒸留水の 20 倍程度であった。この結果、スラグから溶出する汚染物質は飛灰の時に比べ 1/1000 と極めて低く抑えられており、プラズマ処理の有効性が顕著であることがわかる。

5. アスベストのプラズマ溶融処理例

< 5. 1 > 減容試験

アスベストは耐熱性・耐薬品性に優れていることから、建築物の壁面処理や車のブレーキなどに用いられている。このような耐久性の強い性質を持つため、アスベストは通常の環境条件ではほとんど分解・変質することのない安定物質である。しかし、建物の劣化や解体作業などでは、針状の粉塵が肺に吸い込まれ、人体への影響が懸念されている。現在その処分方法としては、セメントに混入させたり、圧縮固化といった方法が採られている。そこでアークプラズマの高温の性質を用いてアスベストを溶融固化する実験を行った。その結果を表 8 に示す。

アークプラズマの溶融処理により、アスベストは溶融後、飛灰のスラグに比べて強度は弱いものの、表面固化することができ、粉塵の発生は抑止された。この場合、固化体の

内部は砂を焼結したような状態で表面に比べてもろさを呈したが、アスベストの熱伝導率が低いためプラズマエネルギーが十分中まで伝熱しない加熱エネルギーの不足と思われる。このため追加実験として、別種のアスベストを半分の厚さで十分に溶融処理したところ、表面硬度6程度に固化され、また内部も前述のもろさはなくなり芯から岩石状に固化できた。以上により十分な溶融エネルギーを注入することによりアスベストは岩石状に固化でき、粉塵による人体への悪影響は軽減できるものと思われる。

また、図3に示すように重量に関しては、処理前の70%に、体積に関しては、処理前の51%にそれぞれ減少した。ばらつきはおおむね10%以下であり、処理プロセスは安定している。図8にその外観形状を示す。

図8 アスベストの原試料(左)とプラズマでスラグ化したアスベスト(右)

Fig.8 Appearances of Asbesto(left) and its Slag(right)

< 5. 2 >分子構造から見た減容プロセス

ここで、アスベストの熱による分解反応を考察する。次式はアスベストの1種であるクリソタイルの分解反応式である。

クリソタイルは約500℃以下では安定していて、それ以上の高温になると上式に示すようにかんらん石(Mg_2SiO_4)を主体としながら、結晶水(気体)や石英(SiO_2)(固体)を分解・放出して、繊維はもろくなり、アスベストとしての性質を失う。物質量を計算すると、発生する結晶水の重さは全体の13%、石英は11%となり、石英の溶融点が1730℃とアスベストに近いことから、理論上では溶融処理により重量は元の87~76%に減少するものと考えられる。実験値では70%となっていて、この差分はプラ

ズマのガス風で残留体のかんらん石や不純物の一部が飛散したものと考えられる。ここで、アスベストの減量比は飛灰の場合の減量比より2~3割大きい。これは、飛灰の場合は元々高温燃焼時に蒸発性物質はほとんど飛散済みのため、主としてプラズマ風による飛散が影響するのに対し、アスベストの場合はプラズマ風のほかに結晶水の蒸発などが構造的に加わるためと思われる。この飛散成分に関しては、実用化に際して、焼却飛灰の場合と同様に排ガス口での捕集対策が必要と考えられる。一方、この重量成分を各々の密度を用いて体積に換算すれば、図3に示すように水分が25%、石英が8%と目され、重量と同様に元の16~24%がガス流で飛散したものと思われる。ここで、アスベストの減容比は飛灰の減容比より2~3割小さい。これは、飛灰の場合には各種の成分が混合し、溶融することで、大幅な緻密化が期待できるのに対し、アスベストの場合はほぼ単一物質に結晶化することで構造的に大幅な減容化には限界があると思われる。

なお、本装置における溶融エネルギー収支は明確ではないものの、表2のクリソタイルを例にすれば、溶融点までの単位質量当たりの加熱エネルギーQは、温度上昇を ΔT (℃)、比熱を C_v (cal/g・℃)、仕事当量を $J = 4.185$ J/calとすれば、

$$Q = C_v \cdot \Delta T \cdot J \quad (7)$$

より1.7kJ/g程度と推測され、溶融エネルギーを加えても表8の出力エネルギーの数%と目される。ここで、出力エネルギーは表3と同じ方法で算出した。

< 5. 3 >実用化に際する課題の抽出

アスベストは、健康への有害性が認識され、最近では製造が中止されており、シリカボードなど関連部材も今ではアスベストフリーを歌い文句に市販されるなど、新規の問題は生じないものと思われる。しかし、これまでに、廉価なこと、耐熱性・断熱性に優れていること、軽量で施工が容易なことなど多くの特徴を活かし建築部材として多量に使用されている。その処理対策を実用化するうえで、以下の課題が考えられる。

(1) 安全性への配慮

処理された最終生成物が人体はもちろんのこと他の動植物の健康・生育にも十分安全であること。そのためには無

表8 プラズマによるアスベストの溶融実験結果

Table 8 Molten Tests of Asbestos by Plasma Treatment

	重量 g		重量比 %	体積 cm^3		体積比 %	出力エネルギー kJ/g
	溶融前	溶融後		溶融前	溶融後		
1	1.3	0.9	69	0.69	0.30	43	148
2	1.2	0.8	67	0.64	0.34	53	65
3	1.2	0.9	75	0.64	0.39	61	61
4	1.3	0.9	69	0.70	0.32	46	100
平均	1.3	0.9	70	0.67	0.30	51	94

害化・低害化を図り、針状形状、飛散性などをふまえ、病理対策を確立する必要がある。

(2) 迅速な開発

安全性その他の諸課題をふまえて十分な対策を迅速に開発する必要がある。処理対策の開発が遅延すれば、老朽建物の現状維持、解体部材の保管場所の確保、保管費用の増大、二次公害の懸念などが生じる。

(3) 安定性への配慮

処理生成物の物理的・化学的性状が安定で、長期に亘り新たな有害物の発生の端緒とならないこと。少なくとも水密性に優れ、有害物を漏洩しないこと。

(4) 安価性・管理性の達成

処理コストは社会通念上許容される範囲に抑制されること。また生成物の廃棄が容易なこと。そのためには容積の減容、重量の軽減、廃棄管理基準の達成などが要請される。あまり高価であると処理遅延の要因となる。

(5) 再資源化の検討

全国的、全世界的に見ると既存の使用量が莫大であるため、処理コストの低減、資源の有効利用の観点から無害化・低害化をふまえ、生成物の再資源化を検討する。

これらの諸課題のうち、今回は熔融・スラグ化による飛散性の抑制、減容・減量性の確認ができた。

6. むすび

今回の実験・検討により、焼却飛灰はプラズマ熔融処理により、大幅に減容するとともにスラグ化により水質汚染が水溶液導電率の例で、 $1/1000$ 程度に軽減されることが確認できた。またアスベストは表面固化することにより、粉塵の発生をおさえることができた。以下に主な結果を示す。

(1) 焼却飛灰、アスベストともに、プラズマで熔融固化処理することにより、大幅に減容かつ、スラグ化でき、プラズマ処理の有効性が再確認できた。

(2) 焼却飛灰はプラズマ処理により実質的に体積は元の35%に減容し、重量は元の76%に減量した。

(3) 焼却飛灰のスラグは表面硬度6程度に頑強に固化しており、その蒸留水溶液は重金属である亜鉛、銅、鉄など6種類の試薬に対し全て検出不可(ND)という、極めて良好な水密性能を示した。

(4) 焼却飛灰とスラグの溶出特性を蒸留水と比較測定したところ、誘電率・静電容量は、焼却飛灰、スラグ、蒸留水の間に数%以内ながら多少の差が認められた。具体的には蒸留水に対し、焼却飛灰は経年にもよるものの%オーダーの低下を示したのに対し、スラグは1年経過しても平均して0.1%級の低下しか示さず、スラグの安定性は十分にあるものと評価できた。さらに、導電率は焼却飛灰に比べスラグの方が $1/1000$ と小さく測定され、絶縁性が大幅に向上した。

(5) アスベストはプラズマの熔融固化処理により、体

積は元の51%に減容し、重量は元の70%に減量した。これには、結晶水等の放出が原因と目された。

(6) アスベストは熔融処理において、十分な熔融エネルギーを注入することにより、表面硬度6程度の岩石状に固化でき、粉塵の発生は抑止された。このことはアスベストの人体への悪影響の軽減につながるものと思われる。

以上により、プラズマ処理の有用性が確認できた。今後は焼却飛灰に関しては、さらに詳しい水質検査を、アスベストに関しては、具体的な無害化の性状を検討していきたい。

最後に、本設備の設置にご配慮を戴いた、中央大学理工学部 猪狩武尚教授、ならびに実験にご協力いただいた同大学大学院生、渡辺義基氏ほか、同卒業研究生白川聡、土屋剛一、森屋大介、庄司健、安部俊宏氏ほか、本実験装置の設計・製作にご尽力を戴いた日本特殊機械株式会社の方々に感謝の意を表します。

(平成8年6月3日受付、同9年2月14日再受付)

参考文献

- (1) Inaba, T.: "The Status of R&D of Thermal Plasma Applications in Japan", Atlanta, U.S.A., (1995-10), Int. Symp. on Env. Tech.-Plasma Appl. (ISET95) P.13 ~ P.34
- (2) 深川・高梨・稲葉・渡辺ほか: 「送電設備における大電流アーク現象とその対策」, 電力中央研究所総合報告: W04, P. 9~P. 10(平成1)
- (3) 稲葉・岡本・小武海・佐藤・松川・渡邊・渋谷: 「トーチプラズマ特性(1)基本パラメータ」, 平成7年電気学会全国大会, No. 137(平7-3)
- (4) 稲葉・渡辺・遠藤・渋谷: 「トーチプラズマ特性の基本パラメータと実測特性」, 電気学会, 開閉保護・高電圧合同研究会, HV-95-22(平7-6)
- (5) 日本産経協会: 「プラズマ切断の基礎と実際」, 産経出版, 1983年, P. 9~P. 10
- (6) 志垣政信: 「絵とき 廃棄物の焼却技術」, オーム社, 平成7年, P. 104
- (7) 環境庁大気保全局大気規制課: 「アスベスト排出抑制マニュアル(増補版)」, きょうせい, 昭和63年, P. 9~P. 15
- (8) Ariake, K., Kaga, A., Matsuoka, Y., Kinoshita, K., Yasui, T. and Shimoyama, N. (1995), "Plasma Slagging Incinerator for Incineration Ash", Pacific Basin Conference on Hazardous Waste, Edmonton, Alberta, Canada.
- (9) 稲葉・長野・遠藤: 「焼却飛灰とアスベストに見る有害廃棄物のプラズマ処理の検討」, 平成8年電気学会産業応用部門全国大会, No. 309(平8-8)

稲葉 次紀

(正員) 1941年2月18日生。66年名古屋工業大学, 68年同修士課程, 71年名古屋大学博士課程満了。59年三菱電機65年アデカ・アーガス化学, 71年電力中央研究所, 94年中央大学教授。78~79年西ドイツ Braunschweig 工科大学客員教授。71年工学博士。88年電気学会評議委員。現在, 同大電流エネルギー応用技術(専), IEC SC32A(国)委員長。76・88・95年同論文賞, 94年同著作賞受賞。IEEE, 低温工学会会員。

長野 将美

（学生員）1972年12月14日生。95年 3月中央大学理工学部電気・電子工学科卒業。同年4月同大学大学院理工学研究科電気工学専攻博士前期課程入学。現在、同課程に在学中。アークプラズマによる有害廃棄物処理に関する研究を担当。

遠藤 正雄

（正員）1933年10月 5日生。58年 3月中央大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。現在、同大学理工学部教授。工学博士。主として気中放電，高電圧試験法に関する研究に従事。64年電気学会論文賞受賞。