

# 焼却灰を用いた電解汚泥処理に関する研究

## RESEARCH ON THE SEWAGE SLUDGE TREATMENT BY FLUORIDE ELECTROLYSIS USING INCINERATOR ASH

大木宜章\*・金井昌邦\*\*

By Takaaki OKI and Masakuni KANAI

Investing the effectiveness using sludge incinerator ash for sludge condition and its effective adding methods for improving dehydration in fluoride electrolysis sludge treatment, following items were clarified in this paper: 1) It is found that the sludge dehydration was improved in proportion to the addition of sludge incinerator ash; 2) But, generally sludge incinerator ash itself includes many fine particles with high specific gravity, which may plug filtration. Therefore, the surface reforming was required to improve the dispersibility of particulates. As a result of this, the dehydration (becomes better) in smaller adding volume than previous one; 3) Further, considering ionically the adhesion and combination of the organic fiberizing matters produced by electrolysis with sludge incinerator ash, timely change of addition time does not only decrease the amount of sludge incinerator ash but increases sludge dehydration. From these results, it was concluded that the utilization of the sludge incinerator ash for sewage sludge treatment by electrolysis is very useful.

Keywords: incinerator ash, sludge condition, improving dehydration, electrolysis treatment

### 1. 下水汚泥焼却灰利用の基本的考察

下水道普及率の上昇に伴い、処理場から発生する汚泥の最終処分量は61年で122万DS, tfと膨大な量になっている。この汚泥の大半は脱水ケーキ性状であり、陸上および海面埋立等により最終処分されているが埋立処分地には限度がある。また投棄される汚泥は親水性有機物であり、含有される有機物や重金属の溶出が予想される。しかし、最終処分汚泥の有効利用率<sup>1)</sup>は17% (61年度の内訳は表-1に示す)と低い。表からこの実施状況は脱水ケーキ性状による緑地利用が大部分を占めるが、近年このような利用は大幅に減少し、コンポスト化に移行

している。また最近の傾向として最終処分量の減量化を計るべく汚泥焼却が進んでいる。このため焼却灰の建設資材への利用度合が増加し、建設省、日本下水道事業団<sup>2)</sup>を始め、地方公共団体においても積極的に取り組まれ、路床材、土質改良材、軽量骨材等の利用への種々の報告がなされている。しかしどの利用においても決定的方法とは思われず、現在模索中といえる。その一方法として本研究は焼却灰を汚泥処理にフィードバックさせ、汚泥処理調質剤としての利用を検討するものである。一般に汚泥脱水促進の調質剤としての条件は

- 比重：汚泥より比重が大きく、懸濁させても液面に浮遊しない。
- 粒度：沈積しにくく分散性・懸濁性の良いこと。
- 圧縮性：ケーキは多孔質かつ非圧縮性で汚過抵抗が十分小さいこと。
- 不溶解性：化学的に安定し、反応を起こさない。可溶性塩類や有機物質および着色性不純物が含有されないこと。
- 親和性：汚泥固形分と親和性が良いこと。
- 安価であること。

等が挙げられ石灰、無機凝集剤、ポリマー等が用いられているが、これら一部の凝集剤は高価であり、その代用

表-1 下水汚泥の有効利用実施状況  
(S 61.4.1~S 62.3.31) (単位:千m<sup>2</sup>)

区分	処理性状	脱水 ケーキ	焼却灰	乾汚 泥	コンキ スト	汚泥 化	計
緑地	自治体で実施	48	0	16	63	1	128
	民間引渡し	139	7	3	37	0	186
地用	小計	187	7	19	100	1	314
建設資材		0	34	0	0	0	34
合計		187	41	19	100	1	348

\* 正会員 工博 日本大学助教授 生産工学部土木工学科  
(〒275 習志野市泉町1-2-1)

\*\* 正会員 理・医博 イオン理化学研究所  
(〒240-01 神奈川県三浦郡葉山町一色1750)

物として焼却灰の利用を考えた。このような試みはわずかにアメリカ等で報告<sup>3)</sup>されているが、汚濁補助剤として、単に固形物量を増加させ汚濁性の向上を計っているにすぎない。しかし電解処理汚泥焼却灰には、汚泥処理で添加された凝集剤の鉄分、さらにはCa等の無機物質分、特にFが含まれ、これらを再利用できる可能性も推測される。したがって先に記した調質剤としての条件に凝集または凝集補助剤として溶液中での凝結に有用な弗化物および水酸化物重合体を形成する能力の有無が付け加えられる。

これまでの実験から電解処理した汚泥はこの性状が改善<sup>4),5)</sup>され、脱水性の向上<sup>6)</sup>が計られ、処理汚泥の再利用にも有利と結論した。本研究でもこれら利点をもつ電解法を用いることとした。このため電解処理汚泥焼却灰の物理化学的性状を明らかにし、調質剤としての有効性の有無を汚濁性の向上、ケーキ含水率低下（発生汚泥量の減少）等により検討するものである。

2. 実験方法および実験条件

試料はS市下水処理場から採取した余剰汚泥（以後原汚泥と記す）を電解処理（以後電解汚泥と記す）して用いた。なお、添加物質の量は原汚泥の全蒸発残留物量を100%として換算した。またその量は実験により異なるのでその都度 [%] をもって明記する。

(1) 焼却灰作製方法

初めに余剰汚泥に原汚泥の全蒸発残留量に対し FeCl<sub>3</sub> 15%, CaCO<sub>3</sub> 10%, CaF<sub>2</sub> 10% を添加し、汚泥処理量 25 l に対して総電流 1.25 AH, 3V 以上, 1 時間処理した。処理汚泥は NY 100 メッシュ汚布にて脱水後、焼却した。この焼却温度は汚泥中の Fe 分の再使用を考慮し 900°C とした [この焼却温度（約 400~700°C）で FeCl<sub>3</sub> は Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> に変化する]。さらに焼却残渣を粉碎し 74 μm ふるいにかけて試料として用いた。

(2) 脱水試験方法

電解装置 (25 l) Al(+), Cu(-) 極板を使用し、これまでの実験より求められた処理電流 0.5 AH, 1 時間を基準として電解処理をした。この処理汚泥をヌッチェテスト装置により（汚過面積 20 cm<sup>2</sup>, 真空度 60 cmHg）比抵抗値を求めた。

3. 焼却灰の物理化学的性状の検討

焼却灰の物理化学的性状は、前記した必須条件の汚過向上を計るために重要な因子であり、この分析を行った。

(1) 比重、粒度分布

焼却灰の粒度分布は 74 μm 通過試料を用い、コールターカウンターで粒子個数（図-1）さらにふるい分けより重量百分率による粒度分布を求め検討した。図-1

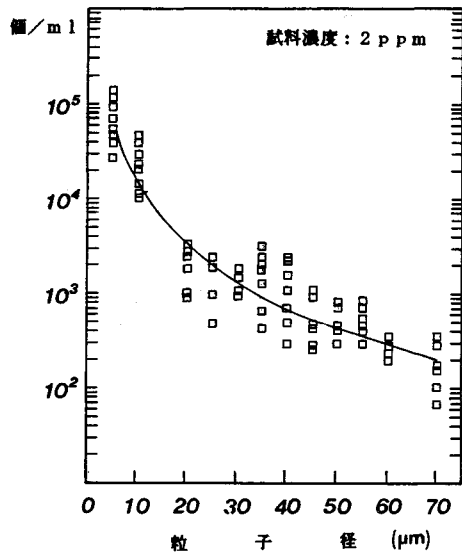


図-1 焼却灰の粒度分布

より焼却灰粒子の大部分（70%）は 10 μm 以下の微粒子であると判明するが、粒子重量百分率による粒度分布からこの 10 μm 径以下の粒子はわずかに全試料重量の 10% 以下である。すなわち試料重量に占める割合が少なく、しかも粒子数が多いことから微粒子が多量に含まれているといえる。一般に汚過剤はこの径が 40~50 μm を越えると汚過系内で沈降しやすく、汚過に役立つことは少なく、2 μm 以下では汚過抵抗が大きく難汚過性になる。なお比重は 2.55~2.67 で懸濁させても液面には浮遊せず沈積しやすく、一般に分散性と懸濁性に欠ける。

(2) X線解析による検討

X線分析の測定条件は  
TARGET; Cu(Ni Filter) TUBE; 40kV/20mA  
SLITS; DS 1° RS 3 SS1° SCAN speed; 4 deg/min  
STEP/SAMPLING; 0.2 DEG とした。

図-2より焼却灰に含まれる物質は、大まかには電解処理に添加した CaF<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub>, CaCO<sub>3</sub> の化合物として

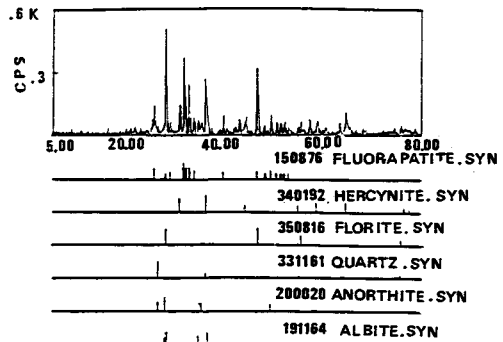


図-2 X線解析結果

表—2 回折強度による含有物質の検討

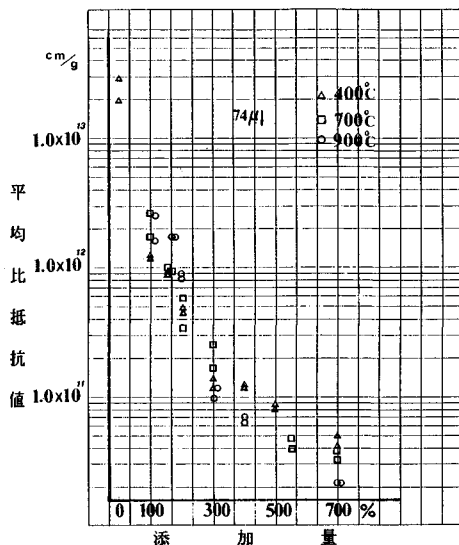
回折強度比 (I / I <sub>0</sub> ) の高い物質順				
CaF <sub>2</sub>	Ca <sub>5</sub> F(PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	CaF(PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	MgF <sub>2</sub>	
NH <sub>4</sub> MnF <sub>3</sub>	PbF <sub>2</sub>	NaHF <sub>2</sub>	HgF <sub>2</sub>	BaF <sub>2</sub>
FeAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	FeS <sub>2</sub>	FeAs <sub>2</sub>	ZnAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
ZnO	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	CaMg(SiO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	MgO	SiO <sub>2</sub>
Ca(OH) <sub>2</sub>	3CaOAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>		
Ca <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (GeO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>			

弗素化合物、鉄化合物、さらに SiO<sub>2</sub>、Ca 塩、Na 塩が分析される。この解析で I/I<sub>0</sub> (回折強度比) が高く現われている物質を表—2 に示す。表より CaF<sub>2</sub> は I/I<sub>0</sub> が一番高く現われていることなどから CaCO<sub>3</sub> も含め、これらはリサイクルの可能性があると推測される。特筆すべき点は重金属類の弗化物化が多く認められる。すなわち電気陰性度より物質結合は弗化物>酸化物>塩化物の順に安定度が高く、したがって弗化物化した重金属類は不溶性物質となる。また原汚泥では脱離水中にリン分が溶出するためリンは原汚泥試料にわずかに検出するが電解処理汚泥およびこの焼却灰では弗化アパタイトとして大量に検出される。すなわち汚泥中のリンは電解により Ca<sup>+</sup> と反応し、弗化アパタイトとして不溶解物質となって存在する。したがって先の重金属類、リンも電解汚泥の焼却灰では安定化 (不溶解) 物質となっていることが判明する。これらの性状より先の焼却灰に求められる調質剤としての条件を考えると再使用の可能性は CaF<sub>2</sub>、CaCO<sub>3</sub> が第一に挙げられるが、分散性と懸濁性に欠ける。不溶性性については弗化物化により安定度は高く、水に添加しても溶解および着色は確認されない。焼却灰は物質分析からも疎水性が強く汚泥固形分の親和性に乏しいと思われ、先の分散性ととも調質剤としての短所となりこの改質が必要と思われる。

4. 汚泥処理実験および検討

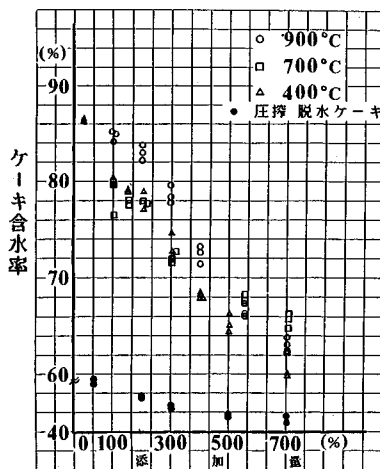
(1) 焼却灰添加による滲過性の検討

焼却灰の粒度は滲過性に重要な影響を与え、37 μm 以下の通過試料では微粒子が滲過閉塞を起こしやすく 150 μm 以上では早急に沈積し不透水層を形成、ともに比抵抗値は極端に悪化した。最良の滲過性は 53 μm 以下の通過試料であったが、この粒度におけるふるい分け作業は 74 μm に比し 2~3 倍の労力を必要とし困難を極めた。したがって滲過性も良く容易に試料が採取できる 74 μm 以下の通過試料を用いることとした。この粒度灰を使用し添加量変化させた滲過性を図—3 に示す。図よ



図—3 74 μm 以下の焼却灰を添加した結果

り焼却灰添加により滲過性は向上し、しかもその量が多いほど良好な結果となる。このケーキ含水率は図—4 に示す。焼却灰添加増量とともにケーキ含水率も著しく低下し、圧搾脱水操作を行うと最終ケーキは 42~44 % となる。なお発生汚泥量は添加した焼却灰量+汚泥固形物量と一致し、ほぼ全固形物量が捕獲回収されている。以上の結果より焼却灰は滲過性の向上、ケーキ含水率の低下に有効と認められる。しかし、短所としては通常汚泥処理に用いられる FeCl<sub>3</sub> に対応する比抵抗値を得るには発生汚泥が多量にならざるを得ない。図—4 からは明確な変曲点は見出されないが、これまでの電解汚泥処理実験 (FeCl<sub>3</sub> 15 % 添加) における比抵抗値に近い 300 % を添加量の基準とし以後の実験を行った。



図—4 ヌッチェテストケーキ含有率

(2) 焼却灰含有物のリサイクル効果

焼却によりリサイクルできる添加剤は先のX線分析から高いI/I<sub>0</sub>値を示したCaF<sub>2</sub>さらにCaCO<sub>3</sub>が挙げられる。これらの物質は汚泥安定剤<sup>9)</sup>として添加され、特にCaF<sub>2</sub>においては再使用が十分可能な結果を示している。そこで一度調質に使用した焼却灰をリサイクルできるかどうか検討した。結果は図-5に示す。図より1, 2回目の比抵抗値は上昇するもの、2回目以上のリサイクル灰を使用した電解汚泥の比抵抗はほぼ一定した値となる。また電解処理時の電圧は酸化鉄の分解電圧より高く、Fe<sup>+</sup>が遊離するがその値は分析から6~8 ppm (リサイクル灰の2N-HCl抽出ではFe<sup>+</sup>は0回目1000 ppm, 1回目500 ppm, 2回目100 ppmであった)と低く、あまり凝集効果は期待されず、滲過性のわずかな低下の原因は焼却灰の性状変化によるものと推測される。この性状変化を視的観察すると焼却灰は、黒色→茶褐色→赤褐色に変化する。すなわち当初焼却灰は難燃性有機物がFe,あるいはその他の添加物等との結合物質を作り、底泥と同じく反射光の皆無な物質となり黒色を呈していると思われる。この難燃性有機物がサイクルを増すごとに燃焼され、鉄酸化物の赤褐色を帯び、しかも強度的にもろくなる傾向を示した。これらのことから難燃性有機物は不定形の極性結晶となり粉碎しにくい、使用度合が進むにつれこの極性結合物質がガラスや氷のような分極性分子の集合体となるためにもろくなると推測される。なお赤褐色は、Fe分がγ-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からα-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(ベンガラ)に変化するため、このα-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は微粒子(約0.1 μm以下)である。またα-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の微粒子は使用度合により増加し(1サイクル目の焼却灰は0サイクル焼却灰に比し、37 μm以下の粒子重量分布は10%から30%に増加)、したがって比抵抗値が高くなる原因であると思われる。以上結果から単に焼却灰のみ添加する汚泥処理

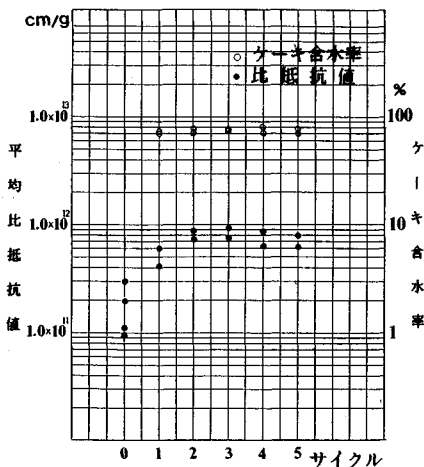


図-5 焼却灰(900°C, 300%)再利用の効果

では、滲過性向上に限界があり何らかの工夫が必要であると思われる。

(3) 焼却灰の分散性改良に対する検討

前記したごとく焼却灰は比重の高さから分散性、懸濁性に欠け、さらに物質性状変化から疎水性を帯びるので親和性に乏しい。したがって汚泥含有物との付着および結合等の物理化学作用を起こす度合は少なく、滲過性状の改質に十分役立っているとは思えない。しかし分散性の良い微粒子にすると滲過閉塞を起こす矛盾が生ずる。これらのことを加味し、良好な分散を得る一方法として粉体の表面改質を取り上げた。すなわち分散性の良くない無機粉体の表面にゾル、ゲルあるいはその他の有機物を付着させ、親和性の向上を計るよう焼却灰の表面処理を行うこととした。本実験ではコーティング剤の価格さらには操作のしやすさ、表面改質焼却灰の沈降時間等を考慮し、アルギン酸ナトリウムを使用することとした。なお焼却灰のコーティング方法については種々検討し、滲過系にゲル化粒子の不透過層を形成しにくいアルギン酸ナトリウム溶液1に対し焼却灰1(重量比率)で混合し強攪拌する方法を用いた。なおゲル化粒子のためか高濃度ほど測定値にばらつきが多く帯状に結果を図-6に示した。

図よりアルギン酸ナトリウム濃度12.5 mg/mlが最良の結果を示した。なお操作はコーティング濃度が高いと粘性が強くなり混合しにくい、しかも粒子がアルギン酸過剰となるためか滲過系にゲル化粒子の不透過層を形成し滲過性は低下する。このコーティング濃度を用いると150%以上の添加量で比抵抗値は約1×10<sup>10</sup> cm/gとなり、図-3における700%添加時とほぼ同様な値となる。また焼却灰基準添加量300%値を得るには1/5の50%の添加量で良い結果を示した。すなわち焼却灰の改質は分散性の向上と同時に混合操作において、滲過閉塞を起こす

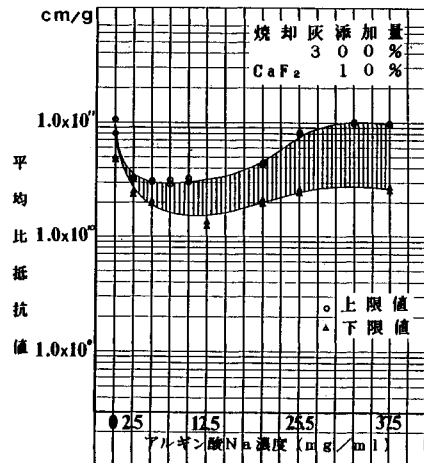


図-6 焼却灰コーティング濃度変化による脱水効果

ような微粒子が粗粒子に付着結合するため良好な脱水が計られると推測される。しかしアルギン酸ナトリウムは無機凝集剤に比し高価でしかも複雑な表面改質操作を必要とする。また発生ケーキもアルギン酸によるゲル化の影響もあって高い含水率となり、これらも含め今後の検討課題である。

### 5. 電解生成物を生かした滲過性の改善および検討

これまで焼却灰を調質剤として考え、この条件に適合する種々の方法で検討改良を試みてきた。しかし焼却灰は、あくまで焼却灰であり、その物理化学的性状の範囲に限られるためか滲過性の向上効果は見出されるが限度があり、また発生汚泥も多量にならざるを得ない。軽減の一方法として図一より焼却灰粒子の大半を占める難滲過性微粒子をいかに捕捉して凝集するかにある。このため電解処理した汚泥の特徴ある性状変化<sup>5),6)</sup>を利用し、この電解汚泥により焼却灰の捕捉を計ることにした。

#### (1) 電解生成物と焼却灰の付着結合の検討

電解により生成される物質の経時性状変化は過去に発表した<sup>5)</sup>が、これによると電解生成物は繊維となり、さらに網目状のマクロな物質に変化する。またこの繊維物質は生成の過程で大きな分子全体に電荷が分布し、その結果電荷した部分と無電荷部分に分かれる<sup>5),6)</sup>。すなわちこの電荷部分に閉塞を起こす微細な粒子を付着結合させれば滲過性の改善がなされると推測される。結果は図一7となる。

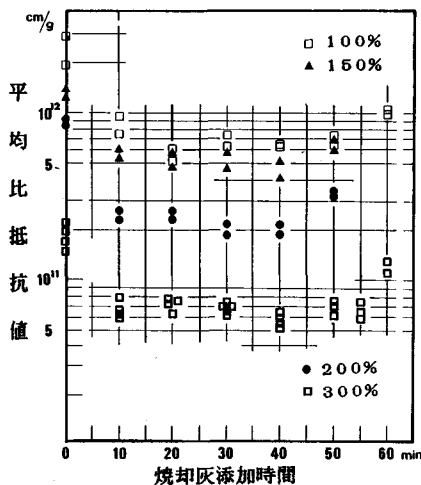
図より各焼却灰量とも電解開始10~40分後添加により比抵抗値は低下傾向を示すが、添加量により改善される割合が異なる。これは電解生成物と焼却灰量の割合が影響しているものと思われるが、しかしいずれの添加量

でも繊維物質への付着結合が大きく寄与していると推定される。視的観察(写真一1, 2)によれば、電解早期の添加では焼却灰が電解生成物に混入し一体化した物質を形成している。電解開始40分後に添加すると十分に生成した電解生成物にオーバーラップするように焼却灰が付着し、さらにこの一部繊維は焼却灰に架橋して一体化した物質となっている。なお基礎的実験<sup>5)</sup>によると電解有機物の生成は、無機物に比べスムーズに進行し、有機、無機混合物では無機物をこの電解有機物に取り込んで一体化した電解生成物を形成することが判明した。しかし初めに電解有機物を生成させてから無機物を添加すると、より早く一体化した電解生成物となることが観測された。

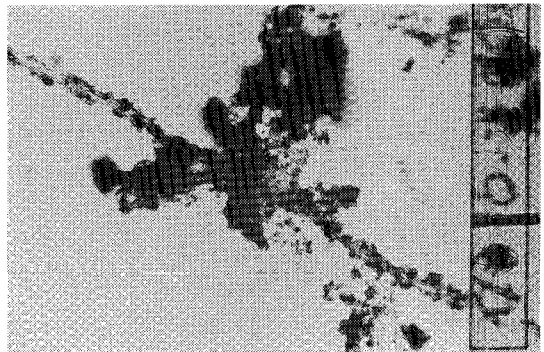
すなわちこの基礎実験結果からも滲過性の向上には繊維物質が十分に生成された時点で焼却灰を添加させるべきであり、この時期はほぼ40分後が適当であると思われる。しかしこれでは電解処理0~40分間F<sup>-</sup>イオンの作用がなく、前記した有機物は十分な電解生成物とはならず、したがって電解開始時にCaF<sub>2</sub>を添加するか、または焼却灰一部をあらかじめ加え残りを40分に添加させる必要がある。

#### (2) 電解生成物強化による検討

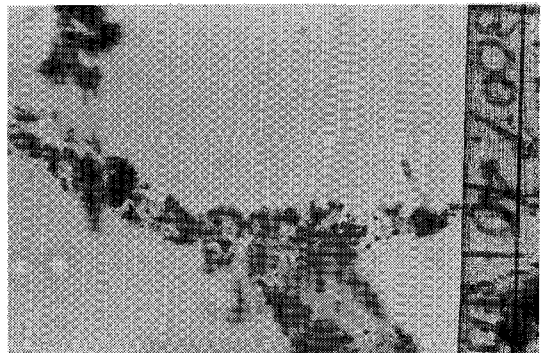
これまで焼却灰のみ添加させ、その滲過性を検討して



図一7 焼却灰添加時間変化による比抵抗値の相違



写真一1 0分後添加による電解汚泥の性状(×400)



写真一2 40分後添加による電解汚泥の性状(×400)

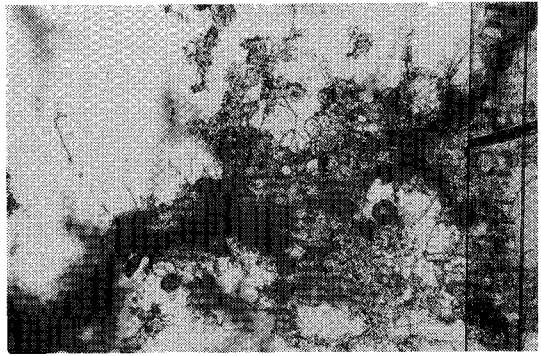
きたが、さらに滷過性の向上、発生汚泥量の軽減を計るためには電解生成物をより多くマクロ化すべきである。このために一般的に汚泥処理に用いられている  $FeCl_3$  を添加し、凝集をさらに促進させ焼却灰の軽減と効率的な脱水条件を検討した。結果は図—8 に示す。なお焼却灰は先の結果から 40 分に添加した。添加 0 分時における値も比較のために加えた。図より凝集剤添加により各焼却灰量で滷過性が大幅に改善される。このケーキ含水率は図—4 の各添加量における含水率より 2~3 % 低下した。なお焼却灰のみ添加での比抵抗 (図—3) は添加される焼却灰量により大きな値の差を生じたが、この実験では  $FeCl_3$  を 4 % 以上添加すれば焼却灰量の変化による比抵抗値の差は少ない結果を示した。

これまで汚泥の滷過性は焼却灰量の多少に左右されやすいと結論したが、凝集を強化させ電解生成物の増加を計ることが滷過に重要な影響を与えていることが判明した (たとえば焼却灰 80 %,  $FeCl_3$  8 % では前記結果図—3 の 300 % とほぼ同値となり、また  $FeCl_3$  の存在下でも焼却灰を 0 分に添加した値とでは大幅に改善される)。

なお図から焼却灰量 80~200 % で値の差は少なく、また 0 分添加と比較しても十分な滷過性であることから、この添加量は 80 % 以下で良いと判明する。なおこの視的観察は写真—3 となる。

汚泥中のタンパク質を主とした有機物質の物理化学的性質は次のようにいえる。

有機化合物は電気的に不活性のものが多くが水等に溶解して電離すると電極反応を示す。これは水溶液溶媒中に分離したコロイドや、粒子が帯電する結果である。すなわちタンパク質は  $COOH$ ,  $NH_3$ ,  $H$  基の離合反応により粒子が電荷をもつこととなり、そのため凝集作用に重



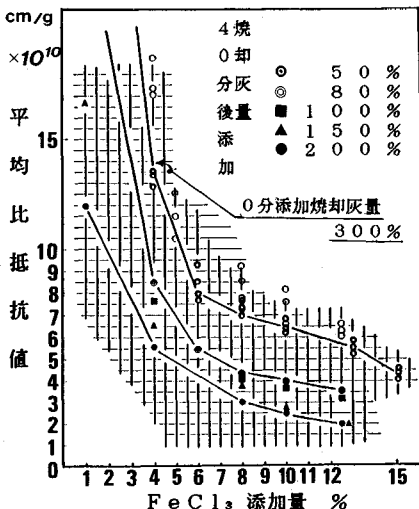
写真—3 焼却灰と  $FeCl_3$  を添加した電解汚泥の性状 (×100)

要な要因を作る。この物質はペプチド結合反応の繰り返してマクロな分子が作られるといわれる。この分子 (重合体) は単鎖状の高分子ではなく、2 つまたは 3 つの鎖が水素結合を主として、ジスルフィド橋、S-S および金属イオン介在等により架橋結合をし、三次元的な結合となる。この重合体を作る反応により生成繊維化したものは元に戻ることなく (大きな分子全体に電荷が分布するため) 不溶解性物となる。ここでの反応は共有結合するばかりでなく、水素結合、イオン結合も相互作用すると考えられる。これら作用により電解生成繊維となり、図—9(a) のような電荷が分布する。この部分に分極ポテンシャルを打ち消し 0 に近付くように無機物がオーバーラップする付着結合図—9(b) が起こる<sup>7)</sup>。この効果が添加される焼却灰量の軽減に寄与していると思われる。

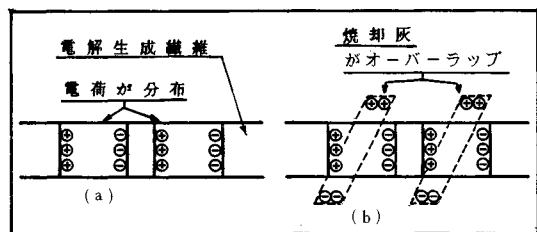
(3) 電解処理汚泥性状の検討

前記処理汚泥の性状を脱水圧力変化 (真空度 10~60 cmHg) 関係から求められる圧縮係数により検討する。この圧縮係数は圧縮性の低い無機汚泥では 1 以下となり、有機汚泥では 1 以上の値となる。結果を図—10 に示す。なお図中での原汚泥とは未電解試料である。

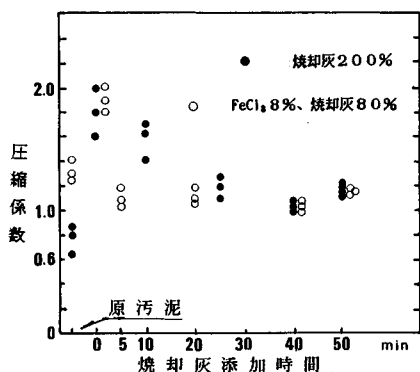
図から原汚泥では付着結合しない焼却灰が滷過系内で急速に沈降し層を形成するため、むしろ焼却灰を滷過する現象となりこの係数は無機汚泥の性状を示す。すなわち焼却灰添加時間により処理汚泥は有機または無機物を主体とした汚泥に近い性状を示すことが推測されるが、



図—8 凝集剤量変化による比抵抗値



図—9 電解生成繊維と焼却灰の付着結合状態



図一〇 添加時間による圧縮係数の変化

これまで各実験から求められた条件を用いて処理した汚泥の係数は1に近い値となる。なお無機凝集剤による凝集物は高分子凝集剤による粗大フロックに比し小さいが含水率は低く強度の強い性状を示す。しかし汚過脱水性の向上にはフロックの大きさにも関係し、両者の併用によってそれぞれの長所を生かすことが良好な汚過性を可能とすることからも、圧縮係数が1に近い電解処理汚泥は比較的シアリングに強い圧縮性の低い汚泥に変化し、汚過性の向上に寄与していると判断される。

## 6. 総括

下水汚泥は環境汚染防止、衛生的また利用上の問題<sup>8)</sup>から悪臭、殺菌、分解、重金属、汚泥品質の変化等未解決な点が多く、このため建設資材等への再利用技術などは確立されていない。しかし電解汚泥では重金属、殺菌、有機物分解の問題等はすでに解決済みであり、本研究は主に焼却灰の調質剤としての利用を検討し、次の事項を明らかにした。

(1) 焼却灰は汚過閉塞を起こすような微粒子が多く、比重も高い疎水性物質である。したがって汚泥との親和性に乏しく、汚過系内での沈降が早いので汚泥含有物との接触が限定され、結合および反応は起こりにくい。

(2) 電解処理した汚泥の焼却灰はX線分析より重金属類は弗化物となり再溶解のない安定物質となっている。またリン分も難溶解性の弗化リン灰石として存在する。さらに汚泥処理に用いた薬剤、 $\text{CaF}_2$ 、 $\text{CaCO}_3$ は焼却灰中に存在し、汚泥処理時に再度添加する必要はない。なお $\text{Fe}^{3+}$ 分については電解処理における電圧値(分解電圧以上)でも微量にしか検出されず、この効果は期待できない。

(3) 焼却灰添加により汚過性は良好となるが、この量は原汚泥固形分の数倍を必要とし、したがって発生汚泥量は多くなる。また焼却灰のリサイクルは微粒子の占める割合が増加することによって汚過性の低下は免れな

い。

(4) 分散性向上のための表面改質は汚過性を良好にするが、この改質のためには複雑な操作を必要とする。

(5) 汚過性の向上、さらに焼却灰の減少には電解生成物との付着、結合の強化を計るべきである。電解処理では有機物の電解反応が骨格となり、これに $\text{CaF}_2$ 、 $\text{FeCl}_3$ を用いた $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ の生成反応が付加される。これら $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ などの多価イオンはコロイド物質の凝集を促進させ、タンパク質等の有機物間の架橋を形成する。このような構造変化は電解エネルギーを得て自己整形を進め、さらに強力な繊維状の生成物を作る。したがってこの電解によりすでに脱水性状の向上を計ることができるが、焼却灰をさらに添加すると電荷効果を持った生成繊維部分にオーバーラップするように焼却灰が付着され一体化するために少量でも有効に作用し、大幅な汚過性向上が期待できる。

(6) 電解処理汚泥は無機さらに有機物が一体となった凝集物を作るので有機・無機物の脱水長所をもつ。すなわち無機凝集剤による凝集物は有機凝集剤による粗大フロックに比し相対的に小さいが緻密で水分の入る余地が少ないため含水率が低く、強度の強い性状となる。しかし汚過脱水に要する時間はフロックの大きさと密接に関係するので、両者の併用による相乗効果によって、それぞれの長所を生かすことができる。このような性状変化は視的観察および圧縮係数からも立証される。

これらの結果から汚泥処理に焼却灰を用いることは汚過性を向上させるために有効であり、焼却灰の再利用方法として十分に活用されるべきだと思われる。最後に本試験に際しご協力いただきました卒業研究学生諸氏に謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 下水汚泥の建設資材としての利用法：建設省土木研究所、1987。
- 2) 建設省都市局下水道部：日本の下水道、下水道協会、pp. 226~227, 1988。
- 3) Micalle, F. J. : Wastewater Research Riv, Mechanism for ash assisted sludge dewatering, 1976。
- 4) 大木宜章ほか：汚泥処分の環境影響に対する安全性の検討、下水道協会誌, Vol. 120, No. 228, pp. 45~52, 1983。
- 5) 大木宜章ほか：電解による汚泥脱水性の改善に関する研究、下水道協会誌, Vol. 119, No. 220, pp. 61~69, 1982。
- 6) 大木宜章ほか：電解法を用いた汚泥脱水の基礎実験、下水道協会誌, Vol. 119, No. 221, pp. 71~79, 1982。
- 7) Kanai, M. and Mimori, T. : J. JAP. Optical Study of the Nacreous Layer of Shell, Vol. 115, No. 8, 1976。
- 8) 大木宜章ほか：電解による汚泥処理とその利用に関する研究、土木学会論文集, 第369号/II-5, pp. 261~269, 1986。

(1989. 11. 22・受付)