

電解処理した上水汚泥の再生資源化への検討

大木宜章¹・石田哲朗²・関根 宏³

¹正会員 工博 日本大学教授 生産工学部土木工学科 (〒275 千葉県習志野市泉町1-2-1)

²正会員 工博 東洋大学助教授 工学部環境建設学科 (〒350 埼玉県川越市鯨井2100)

³正会員 農修 日本大学助教授 生産工学部教養・基礎科学系 (〒275 千葉県習志野市泉町1-2-1)

将来、取水水質の悪化により、大量の汚泥が発生すると予想される。この上水汚泥を廃棄物としてではなく、再生資源とするには、所要の措置が必要である。その一方法として、汚泥を電解法により処理し、性状の改変を行った。電解作用を受けた汚泥物質は、基礎的実験から、種々特徴ある性質に変化する事が判明した。この一つの特徴である団粒化能力を活かし、電解処理汚泥の土壌への還元、ならびにその活用を検討した。結果から、汚泥混合土壌は植物の育成基盤やのり面表層土への建設資材として有効であると結論した。これより、上水汚泥は資源として十分に再生利用出来ることを見出した。

Key Words : waterworks sludge, regeneration, resource, utilization, property, electrolysis, construction material, base of cultivating plants

1. はじめに

上水の取水環境の悪化は、我が国のどの地域でも近い将来避けられない状況にあり、この浄水過程から大量に発生する汚泥の処分が大きな問題になることは明らかである。しかも、汚泥は浄水生産における二次的物質であり、非生産物に過大な経費を必要とするやっかいな産物でもある。このような産業廃棄物は、義務づけられた適切な処理のち陸上投棄されてはいるが、平成三年度に施行された再生資源利用促進法はさらに所要の措置を講じ、再生資源としての活用を促進している。ただし、この措置は手間暇かけず経済的で、その上、措置後の生成物が資源として大量に利用されなければ価値はなく、上水汚泥は有効な措置と活用の方向が示されれば、付加価値を有する資源に変化するものと考えられる。

本論文は、電解処理した上水汚泥を土壌に混合させ、一用途として、のり面表層土としての使用¹⁾を目的とし、この土壌の表面流失に対する抑制効果と、植物栽培用培土としての適性を検討して、上水汚泥の再生資源化への道を探った。

2. のり面表層土への利用のための基本的検討

電解処理脱水汚泥を、このまま、のり面表層土として用いるには、含水比などによる取扱い上から、さらに手を加える必要があり、このような処理は付加的なコストや時間を要する。したがって、手間暇かけず、のり面表層土として土壌にそのまま混合して利用すべく検討を行った。

のり面表層土としての条件は、次の項目が考えられる。

i) のり面の安定

のり面の不安定要因は、ほとんど水に起因すると言われる²⁾。したがって、耐水性が要求される。

ii) 植生培土としての適性^{3), 4)}として

①肥料分・理化学的性質が生物育成を妨げない⁵⁾。

②有害微生物を含まない。

③雑草、種子などを含まない。

④重金属など有害成分を一定限度以上含まない。

④について上水汚泥は、産業廃棄物として位置付けられる関係から、重金属類についても調査が必要とされる。なお、「特殊肥料指定のための基準化」⁶⁾ではPCB, Hg, Cr, Zn, Cu, Pbなどが規制されている。

以上、求められる項目に対して、電解処理法および電解処理汚泥の特徴がどのように対応するかを述べる。また、これから明らかにすべき項目をも記した。

まず、これまでの報告から電解法および電解処理汚泥の特徴としての詳細は、文献^{7)~12)}を参照されたい。

この電解処理汚泥の特徴から

i) の、のり面表層土の条件に対応させると、まず、のり面の安定に対して、電解汚泥の生成繊維は土粒子の結合を促し、団粒化構造を作ることより、安定性は計れると思われる。

しかし、上水汚泥ではこの基となる有機物の含有率が少ない。このため、下水汚泥同様の効果を得るには、何らかの工夫が必要である¹³⁾。なお、脱水ケーキを調粒すれば均質性も保たれ、殺菌、臭気除去効果に、より衛生的で、しかも、取り扱い易い形状になる。

ii) の、①の、培土としては、汚泥処理後の性質、特に、窒素の過剰問題や浄水過程で添加されるPACなどによるリン酸欠乏への対応問題¹⁴⁾から、生物育成に関する適性について植栽試験を行う必要がある。②、③については、植物の適性が高く問題がないと言われているが¹⁵⁾、電解法では、殺菌力もあり安全性もより高いといえる。④の、重金属については、産業廃棄物判定基準¹⁶⁾を参考に原汚泥中の重金属量を分析し表-1に示した。

表-1の結果から、指定重金属類は乾燥固形物でも検出限界以下であり、また、重金属は、土壌有機物とキレート結合し容易には溶出しない¹⁷⁾とも言われ、電解処理汚泥の性質から概ね安全であると判断できる。

以上の対応より、のり面表層土として利用するために明らかにすべき項目を整理すると、

i) 電解処理汚泥の肥料分・理化学的性質

ii) 土壌の安定化

以上の検討から、さらに、

iii) 建設資材としての適用性の検討

- ・ 斜面安定への実用性の検討
- ・ 植物の育成基盤としての適性

が挙げられ、これらの項目についての検討を行った。

3. 汚泥処理方法および処理汚泥の肥料分および理化学的性質についての検討

(1) 汚泥処理方法

試料は、K市浄水場からの発生汚泥を次の処理条件のもとに電解処理を行った。

この浄水場は上流 8kmに位置する多目的ダムの放流水を含む河川水（生活環境に係る環境基準からA類型と思われる）を取水、沈砂池を経て原水としている。この原水にPAC（平均注入量：16ppm）を注入し、

表-1 汚泥の重金属含有量

重金属類	産廃基準 (mg/ℓ)	上水原汚泥 (mg/kg・Dry)
Cd	0.3	nD
Cu		nD
Zn		3.0~4.0
Pb	3.0	nD
Mn		8.0~10.0
Cr	1.5	nD
As	1.5	nD
Hg	0.005	nD

〔産廃基準：産業廃棄物における判定基準でありこれは溶出試験であるため(mg/ℓ)で表示。上水原汚泥は酸分解法により分析。〕

沈殿した汚泥（濃縮槽で98~97%）を、ここでは原汚泥と呼び、試料とした。

電解槽：アクリル製処理槽（30ℓ）を用いてバッチ処理方式とした¹⁸⁾

電極板：陽極にアルミニウム板、陰極には銅板を用いた。

付加電流：汚泥単位処理量当たりDC電流0.4A/ℓとして、最低電圧は3V以上とした。

処理時間：60分間

添加薬剤：原汚泥は、下水汚泥と異なり、無機分が多いこと、また、浄水過程でPACの注入により、凝集している事などから、CaF₂、FeCl₃は原汚泥が再凝集し固液分離できる量を求めた。この結果から、添加薬剤量は原汚泥の全蒸発残留物質量に対してCaF₂を0.25%、FeCl₃を0.5%、さらに、団粒化を促進させるために、架橋剤として、アルギン酸ナトリウムを0.001%添加した。

(2) 処理汚泥の肥料分および理化学的性質についての検討

a) 処理汚泥の肥料分の検討

土壌養分分析法¹⁹⁾により、分析した電解汚泥中の肥料成分分析値を表-2に示す。表-2より、H₂O溶出液のpHは、6.2~6.7の範囲にあり、作物には支障のない値である²⁰⁾。

全炭素と全窒素量は、今回施用試験で混合土として用いた関東ロームと比較し、炭素は、2~3倍、窒素は、5~6倍と高い。このため、C/N比は、8.3~8.6と低く、分解が進んでいると判断される。一般に、

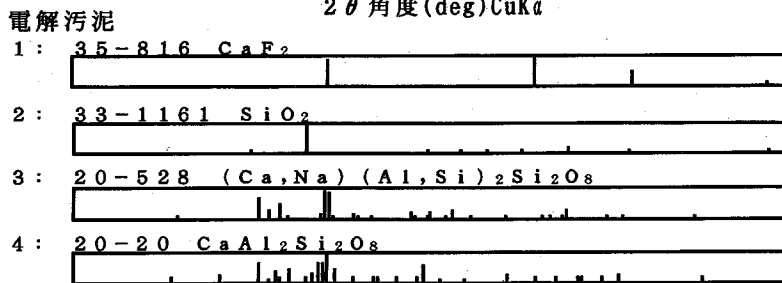
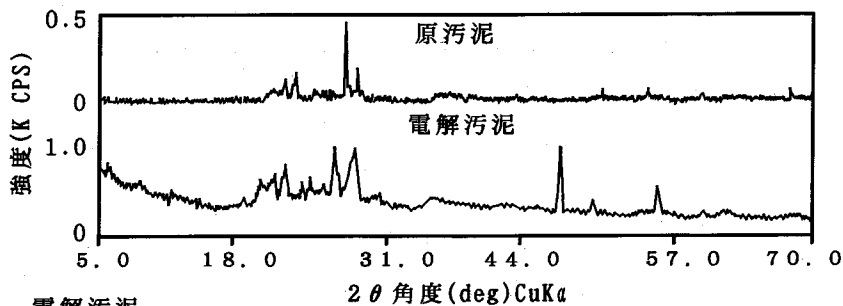


図-1 電解汚泥のX線回折図形

表-2 電解汚泥の肥料成分分析表

測定項目	分析値
PH	6.2~6.7
T-C(%)	3.20~3.50
T-N(mg/100g)	370~420
有機物(%)	4.88~5.52
C/N比	8.32~8.60
$\text{NH}_4^+\text{-N(mg/100g)}$	2.2~2.7

表-3 電解汚泥の化学的性質

測定項目	分析値	対照土壌値	
塩基性置換容量(CEC)(me/100g)	24.5~26.6	36.1	
交換性塩基(me/100g)	Ca	29.0~31.2	1.3
	Mg	0.50~0.55	0.7
	Na	0.25~0.29	0.2
	K	0.48~0.59	0.6
塩基飽和度(%)	123	8	
リン酸吸収係数	2500~2600	700以下	

C/N比は、10前後が植物の窒素分吸収に適切であると言われ、この比が高い土壌では、微生物の窒素要求が大きく、培土中にアンモニア態窒素が生成せず一時的な窒素不足となる。一方、低い土壌では窒素過剰となり、立ち枯れ病など植物の生育に障害を与える²¹⁾。したがって、培土としては電解汚泥と土壌の混合の適切な度合いを求める必要がある。

b) 処理汚泥の理化学的性質の検討

・X線粉末回折法による分析結果

回折図測定条件

TARGET: Cu(Ni FILTER)

TUBE: VOLTAGE/CURRENT: 40kV/30mA

SLITS: (1, 1, 0.3)

SCAN speed: 1.0deg/min

STEP/SAMPLING: 0.03 deg

結果を図-1に示す。原汚泥には、当然の事ながら SiO_2 、さらに、アノーサイト、アルバイトのピークが認められた。

電解汚泥では、電解時に添加した CaF_2 さらに、 SiO_2 、相違として、アノーサイト、ナトリウム結晶化質として、 $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_2\text{O}_8$ のピークが大きく確認された。なお、原汚泥のピークは、尖鋭に表れており、このことは、含有物が結晶化質であると考えられる。しかし、電解汚泥では、ハローなパターンが確認され、半値幅も広いことから電解作用により結晶子の小さい低結晶質に変化したと言える。

・化学的性質結果

分析結果を表-3に示す。なお、対照土壌として文献²²⁾からの値(火山灰質粘性土)を、また、リン酸

吸収係数は、土地分級基準²³⁾より一級の値を用いた。

交換される陽イオン量を陽イオン交換容量(CEC)と呼び、土壤中の粘土鉱物と腐植の陽イオンの交換基の総和である。この値は、粘性土のように粒子が微細で、比表面積が大きいと、露出された交換基が多くなるので、一般に高い値を示す。

しかし、電解汚泥では、凝集即ち微小粒子が集合し、大きな物質となるにもかかわらず、CECが高い値となった。これは、粒子が電解により、イオン化されるためと思われる。また、CECの中で H^+ 、 $Al(OH)_2^+$ を除く塩基である、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ などの総量のCECに対する百分率を塩基飽和度という。成書²⁴⁾によれば、土壌が交換性塩基を多く含む塩基飽和度が高い場合には、中性を示すといわれる。この値は、pHと密接な関係があり、土壌の酸性化や植物養分の溶脱を示す指標となっている。

問題は、対照土壌と比較し、3~4倍もリン酸吸収係数が高いことである。これは、浄水過程で添加されたPACと電解処理に起因するものと推測され、植物への影響が懸念される。

4. 電解汚泥混合土壌の安定性の検討

電解汚泥を土壌に混合させ、のり面の表層土として利用するには土壌の安定性が必要である。

のり面の安定性向上を巨視的にとらえれば、土質工学などに示される力学的な必要十分条件を満足させる必要がある。粒子間の凝集した状態のように、土の構造を基本単位として見れば、土粒子相互の結合状態を把握する必要がある。この土壌粒子の結合、すなわち、団粒の生成は、温度、水分、地中微小動物が因子となる自然推積状態での生成と、人為的促進とに分けられる。一般に、土壌粒子は、推積時の環境や自重圧密作用により、ある配向構造をもった状態で集積している。また、集積した土は、有機物の分解、カルシウムの溶脱、降雨による流失や浸透など、内外的な分解・分散作用を受けて、様々な状態で存在しているのが普通である。この様な団粒構造が発達した土は、単粒構造に比べて間隔や透水性も大きく、生物の育成に適している²⁵⁾とも言われている。

この団粒分析には、ふるい分けの方法から、湿式と乾式があり、水による作用に抵抗し得る土の構造を確認するには、湿式分析から、耐水性の団粒を定量するのが良い²⁶⁾

そこで、電解汚泥を混合したときの団粒状態を湿式法で調べてみた。試料は、後に示す植物施用試験

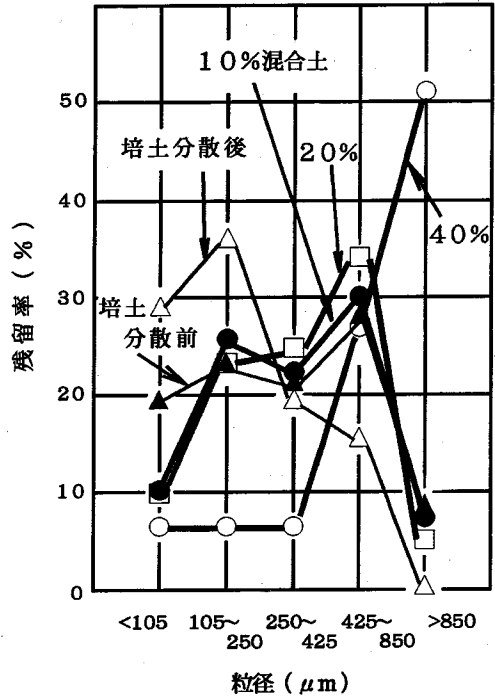


図-2 湿式分析による団粒分布

に培土として用いた関東ロームに、電解汚泥を重量比で、それぞれ 0%、10%、20%、40%混合させたものを用いた。湿式水中し別試験結果を図-2に示す。

結果から、培土である関東ロームに電解汚泥を混合することによって、水に安定な集合体、いわゆる耐水性団粒が形成されていくことがわかる。

培土の場合には、大きく分けて 105~250 μm と 425~850 μm の 2つの範囲に、多くの土粒子が存在する。それに、処理汚泥の混合量を増加させていくと、混合量20%までは、この分布曲線の最大値が、425~850 μmの粒径範囲に移行し、1つの頂点をもつ山型になる。なお、40%まで混合したときには、微細粒子まで抱き込んだ凝集、あるいは、接着された集合体となり、他の分布状態と異なり、大小さまざまな形をとった粗団粒が形成されていくことがわかる。ところで、この団粒分布は、団粒係数と呼ばれる質量百分率により、作物の生育上の良否を判断する場合にも用いられるが、本研究のような人工的なケースでは、団粒係数で判定するのではなく、後述する植物の生育基盤としての検討において、栽培母体となるときに最適混合量を調べることにした。

次に、団粒構造を形成する粒子間の圧縮強度を、一軸圧縮試験で比較した結果を図-3に示す。

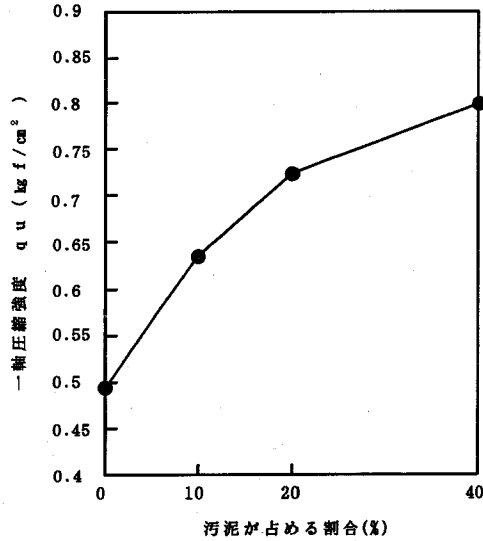


図-3 汚泥の割合と一軸圧縮強度

混合量が増すにつれ、強度が高くなる様子がわかる。このときの破壊状況は、混入量の増加に伴い、ぜい性破壊から延性破壊に移行する。この結果は、汚泥中の電解生成有機物が、この補助として用いたアルギン酸ナトリウムとともに架橋作用として働き、粒子相互間の結合を促進させ、より強固な集合体を形成したためと推察される。

5. 建設資材としての適用性の検討

これまでに述べた基礎的検討や、団粒の安定性の検討から建設資材として、のり面表層土へ利用する可能性を見いだした。この結果を実用面に用いるべく、斜面安定試験と植物の育成基盤としての検討を行った。

(1) 斜面安定への実用性の検討

ここで対象とする汚泥混合土を三次元的に斜面の表層部に用いたとすれば、その斜面保護工を不安定にさせる要因としては、降雨の衝撃、流下水、そして、浸透水などの水理現象が考えられる。また、団粒分布で検討した粒径分布に締固めなどの外力が加わり、集合体の形態や結合力にも影響が生じると思われる。

そこで、図-4に示す寸法の供試体を4.5kg ランマーで締固めて作成したものに対して、降水浸透実験を行ってみた。

締固めは、30cm角の鉄板を試料の上に載せ、3層

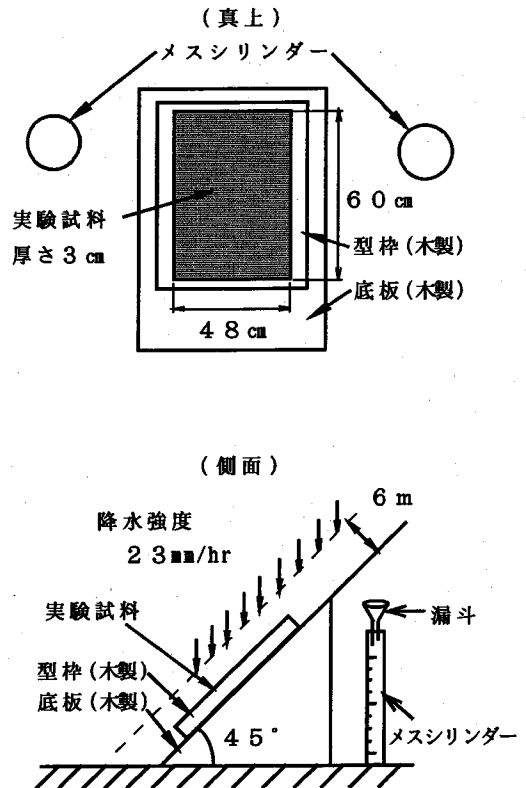


図-4 斜面安定試験(降水浸透実験)

に分けて突き固めた。1層当たりのランマーの打撃回数は、4隅と中央の5ヶ所を、各々5回づつである。設定した降水強度は25mm/hrであったが、試料の周囲に置いた数本のメスシリンダーから計測された降水強度の平均値は23mm/hrであった。

実験は、関東ロームに10%づつ汚泥の混合量を増加させて行ったが、関東ロームのみから混合量20%までは、降水開始と同時に、表面の土粒子が徐々に流失し、数分で全ての試料が傾斜板から滑落した。これは締固め時の載荷板に加わる衝撃によって、形成された団粒構造が壊れたためと考えられる。しかし、40%まで混合量を増加させた場合には、降水開始から4時間45分経過した時点でも傾斜板から滑落することも、表面から土粒子が流失する事もなく、極めて土粒子の結合力の強い耐水性の団粒構造を形成していることが確かめられた(写真-1)。

なお、試験前の混合土の含水比は85%前後、降水終了時の含水比は傾斜板の上部で130~140%、下部で140~160%まで上昇していた。

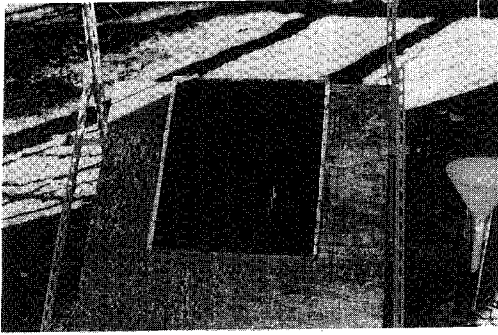


写真-1(a) 降雨試験開始

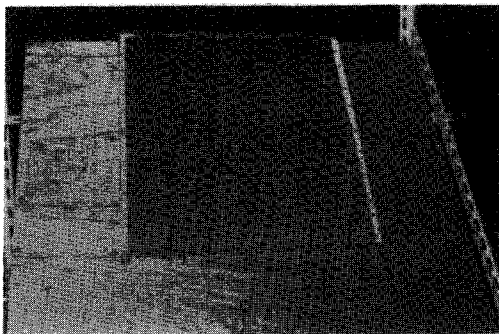


写真-1(b) 試験終了(降り始めより4時間45分経過)

この結果から、斜面の表層部に用いる際にも、気象現象などの水理的な外部要因に十分に対応できる粒子構造を維持していることがわかる。

(2) 植物の育成基盤としての検討

電解汚泥を土壤に混入すれば、土壤中の微生物が関与する有機物の無機化反応に影響を与えることは明らかで、植物の育成にも支障をきたす恐れがある。

そこで、前述した団粒構造をもつ混合土に播種し、植物栽培母体となる施用適量などを含めた施用試験を行い、土壤中の有機態窒素分の無機化などを分析するとともに、植物の育成に対する影響を検討した。

培土には、74 μ mフルイを通過した関東ロームと電解汚泥との比率を、団粒試験と同様に0%、10%、40%、70%に調整したものを、この混合土に小松菜、二十日大根、カブ、便利菜、中葉新菊、芝など多種にわたって施用試験を行った。中でも、「ハナマメ」は、育成が簡単で、成長も早く、根のはり具合や大きさなどの比較も容易であったので、ここでは、この結果に基づいてハナマメにより比較検討し

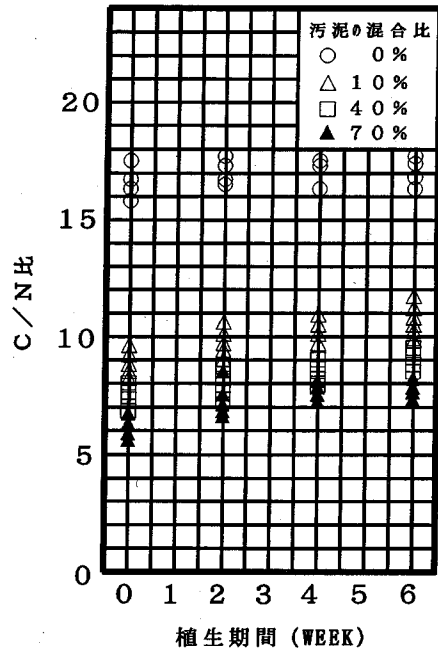


図-5 C/N比経時変化結果

た。また、各ポットより培土を採取し、含有有機物質の腐植度合の指標であるC/N比や肥分主要素である窒素分を土壤養分抽出法により分析した。C/N比の経時変化を図-5に示す。結果より、0%区では、施用期間中のC/N比は17とほぼ一定値を示し、分解吸収が制限されていると思われる。10~40%区では、C/N比が10近くまで到達し、植物が利用するのに適した状態となっている。しかし、70%区では、C/N比は低く、窒素分が過剰な状態にある。

アンモニア性窒素と無機態窒素の経時変化を図-6、図-7にそれぞれ示す。両図より、特にアンモニア性窒素は、各区分とも2週目まで急激な減少変化を示すが、3週目からほぼ一定な値を示している。すなわち、この時期から植物に吸収される無機態窒素量は、混合土中の有機態窒素が分解して供給していると推測される。特に40%区は他の区に比べ窒素の減少が著しい。これは、無機態窒素に対する植物の旺盛な吸収に起因すると考えられる。

一方、70%区では、無機態窒素が比較的高い値を示しており、特にアンモニア態窒素に顕著に表れる。この窒素分の過多は植物に生育障害を与えるものと考えられている。事実、2週目頃から育成が弱まっ

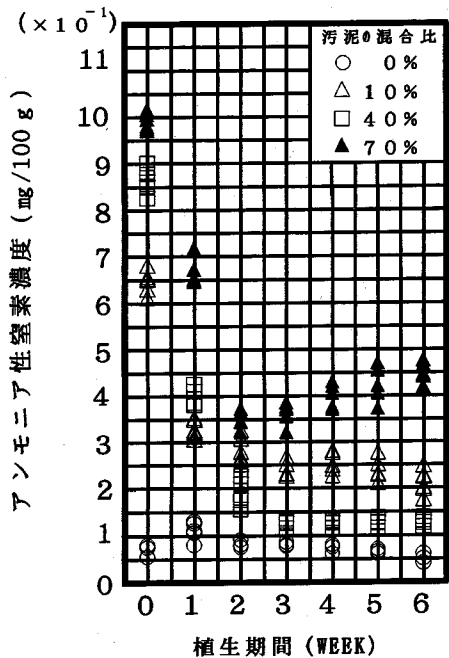


図-6 アンモニア性窒素の経時変化

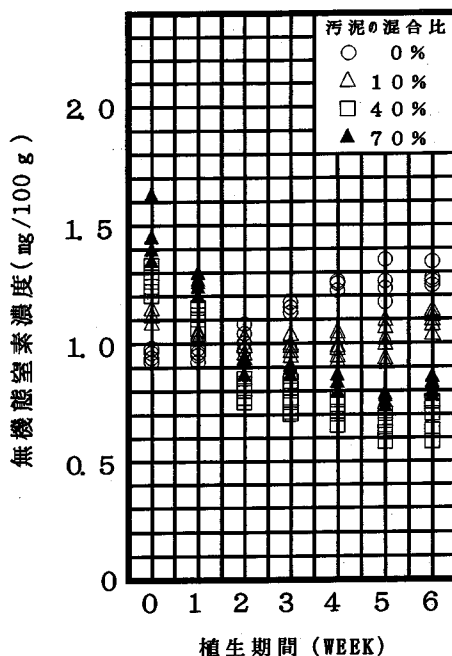


図-7 経時変無機態窒素の化

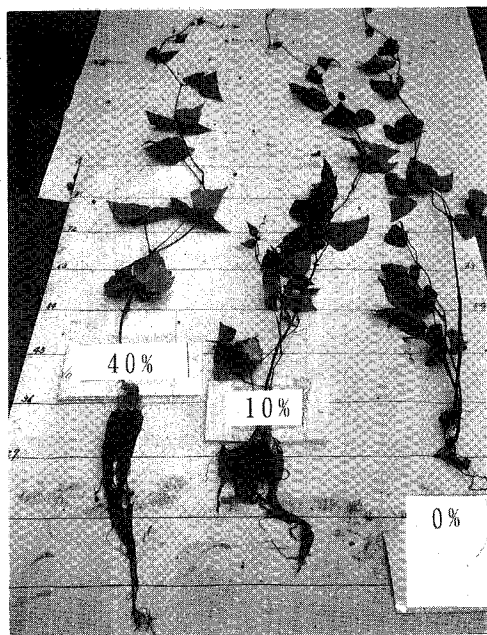


写真-2 植物の生育状態(6週目)

表-4 6週目における植物の根部状態

培土混合率 (%)	根重 (g)	根長 (cm)	くき太さ (cm)
0	2.96	14	2.5
10	13.67	22	4.0
40	14.52	35	5.3

生育状態は、当初から 40%混合土が草丈、葉数共に良く、途中 70%では生育不良で、枯れるポットもあった。写真-2に 6週目の生育状態を、また、その根部の相違を表-4に示す。この施用試験は、7月から8月にかけての猛暑、野外に設置したため水分補給が頻繁になり、密度が高い土壌に変化した。土壌密度が高いと浸透性、通気性が悪化し、根系の伸張が十分に行われない。文献²⁷⁾によれば、根系伸長と透水性が悪化する条件は、この密度に依存すると言われている。しかし、表-4から汚泥混合土におけるハナメは、根重、根長ともに生育しており、特に、茎径、葉数なども含め 40%施用土が最良の結果を示した。ただし、汚泥の混合度による効果も保水性や肥分の過剰などから限界があり、多量の混合 (70%) では、むしろ逆効果を示す結果となった。

ている。なお、リン酸は、表-3のリン酸吸収係数も高いことから推測できるように、微量な検出結果であった。

6. 結論

上水の取水水質の悪化に伴い、浄水場から大量に発生する汚泥を、手間暇かけず、安価に再生し、しかも、生産物は資源として、大いに有効利用すべきである。

この一方法として、電解処理法で汚泥の改質を行い、大量の活用先として建設資材を想定し、環境に優しく、しかも、効果的な土壌への還元・活用を計るべく検討を行い、次の結論を得た。

- 1) のり面表層土としての必要項目の検討から、電解処理汚泥は、その性質変化から、環境に対して安全であり、植物の生育にも危険がない土壌として取り扱うことができる。
- 2) 団粒試験結果から、電解汚泥が混合されることにより、水に安定な団粒構造が形成される。その団粒構造は、重量混合量で20%までと、40%とでは分布曲線が異なる。
- 3) 一軸圧縮試験結果からは、混合量が増すほどに、強い結合力を有する混合土となることが判明した。
- 4) のり面安定試験(降水試験)の結果から、40%以上の混合量では、極めて耐水性の高い団粒構造になることが確かめられた。
- 5) 施用試験からは、電解汚泥混合土は、植物根が十分張りめぐる空間を持つ土壌構造を作る。しかも、保水、通気性をも確保し、植物の生育基盤として適している。また、汚泥の肥料分は適度な土壌混合比であれば、リン酸欠乏の心配もなく、遅効性肥料として有効に作用する。

以上の結論から、上水汚泥に電解処理を施し、性状を改質した汚泥は、建設資材や緑農地に利用できる、再生資源として役立つと考えられる。

参考文献

- 1) 石田哲朗ほか：下水汚泥の法面保護工への適用，土と基礎，Vol.40，No.6，pp.35-40，1992。

- 2) 安保昭：のり面緑化工法(のり面の安定と緑化)，pp.25-31，森北出版，1988。
- 3) 日本土壤肥料学会編：浄水処理ケーキ，pp.90-98，博友社，1983。
- 4) 日本土壤肥料学会編：下水汚泥，pp.53-61，pp.89-103，博友社，1982。
- 5) 松崎敏栄：堆肥等の有機物施用効果と留意点，用水と廃水，産業用水調査会，Vol.19，No.10，pp.29-35，1977。
- 6) 農林水産省肥料機械課監修：ポケット肥料要覧，農林総計協会，p.249，1980。
- 7) 大木宜章ほか：電解による下水汚泥の脱水，日本下水道協会誌，Vol.21，No.246，p.51，1984。
- 8) 文献6)の pp.50-59。
- 9) 大木宜章ほか：汚泥処分環境に対する安全性の研究，日本下水道協会誌，Vol.20，No.228，pp.45-52，1983。
- 10) 大木宜章ほか：下水汚泥処理における臭気除去の研究，第49回土木学会年次学術講演概要集，2部(B)，pp.1044-1045，1994。
- 11) 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。
- 12) 大木宜章ほか：電解による汚泥の脱水性の改善に関する研究，日本下水道協会誌，Vol.19，No.220，pp.61-69，1982。
- 13) 大木宜章ほか：上水汚泥の肥料化への検討，第26回日本大学生産工学部学術講演概要集，pp.101-104，1993。
- 14) 文献2)の pp.96-97。
- 15) 文献2)の p.98。
- 16) 総理府令題5号：有害な産業廃棄物に係わる基準，表-2，1973。
- 17) 市村訓男：土壌還元，日本下水道協会誌，Vol.20，No.234，p.136，1983。
- 18) 大木宜章ほか：電解法を用いた汚泥脱水の基礎実験，日本下水道協会誌，Vol.19，No.221，pp.71-74，1982。
- 19) 土壤養分測定法委員会編：土壤養分分析法，養賢堂，pp.197-200，1981。
- 20) 高井康雄ほか：土壌通論，朝倉書店，p.46，1987。
- 21) 文献19)の pp.121-124。
- 22) 文献6)の pp.118-119。
- 23) 農林省農産課：農耕地における土地分級基準，1961。
- 24) 田中明：酸性土壌とその農業利用，博友社，p.195，1987。
- 25) 文献18)の p.78。
- 26) 農業土木学会編：土の理工性実験ガイド，pp.41-44，1992。
- 27) 文献19)の p.78。

(1995.2.28 受付)

INVESTIGATION OF REGENERATING WATERWORKS SLUDGE TO RESOURCES BY FLUORIDE ELECTROLYSIS

Takaaki OHOKI, Tetsuro ISHIDA and Hiroshi SEKINE

As the measures required for regenerating waterworks sludge to resources, the sludge was treated by electrolytic process, and its properties were changed. It became clear by the basic experiment that this electrolytically treated sludge changed its properties to various characteristic properties. By utilizing one of these features, namely the capability of granulation, the restoration of the electrolytically treated sludge to soil and its utilization were investigated. As the results, it was concluded that the soil mixed with the sludge is effective for the base of cultivating plants and the construction material as the surface soil of slopes.

According to these facts, it was judged that waterworks sludge can be regenerated and utilized as resources.