

石灰処理浄水汚泥の農業利用

山田 裕 ・ 鎌田春海

Agricultural Utilization of Sludge Produced from Water Purification Plant

Hiroshi YAMADA , Harumi KAMATA

緒 言

水道水は河川の表流水を原水とするが、原水中には微細なSS（懸濁物質）が含まれているため、浄水場においてこのSSを除去するための浄化処理と塩素滅菌処理を行った後、需要者に供給される。浄水場におけるSSの除去は、原水に硫酸バンドあるいはPAC（ポリ塩化アルミニウム）を添加して沈澱分離している。この操作による多量の発生汚泥は定期的に引き抜かれ、濃縮後に種々の方法で脱水され、浄水汚泥（浄水ケーキ）として産出されている。

この浄水汚泥をいかに処理、処分するかは、下水汚泥のそれと同様に地方自治体における関心事の一つになっている。浄水汚泥は、河川水中のSSがその主要な部分を占める無機質汚泥であり、客土資材や土壌改良剤としての利用の可能性が大きいことが推察される。しかし、浄水汚泥の性質、形状は脱水方法、すなわち添加される凝集剤の有無、種類、脱水機の違い等により大きく異なり、その有効利用については、個々の汚泥についての検討が必要と考えられる。

浄水汚泥の農業利用に関しては、高分子凝集剤処理^{3,6)}凍結融解法^{3,13,19)}並びに加圧脱水法^{3,5,11)}により産出された汚泥に対する報告があり、その一部については、すでに実際の農業の現場において有効利用がはかられている。

本報で対象とした浄水汚泥は、相模川を取水源とする神奈川県企業庁水道局寒川浄水場より発生するものである。本浄水汚泥は第1図⁹⁾に示すように、脱水のための凝集剤として消石灰を添加し、フィルタープレスで脱水したもので、板状を呈し、強いアルカリ性を示すのが特徴である。現状の浄水汚泥の処分は、埋立に頼っている

が、将来的には処分地の確保に問題が生ずる可能性があり、農業利用を含めた各種の有効利用の検討が必要とされている。

本報告は、この種の浄水汚泥の農業利用を目的として、汚泥の化学性、野菜に対する施用量及び施用方法並びに屋外堆積が植生に及ぼす影響について検討したものである。

本試験は昭和53年より55年の3ヶ年間、神奈川県企業庁水道局寒川浄水場の委託により実施したものであり、試料採取、作物栽培等に多大の便宜を頂いた寒川浄水場の関係者に感謝の意を表します。

浄水汚泥の化学性

1. 目 的

浄水汚泥の化学性を検討し、その特性を把握しようとするものである。

2. 試験方法

(1) 供試浄水汚泥

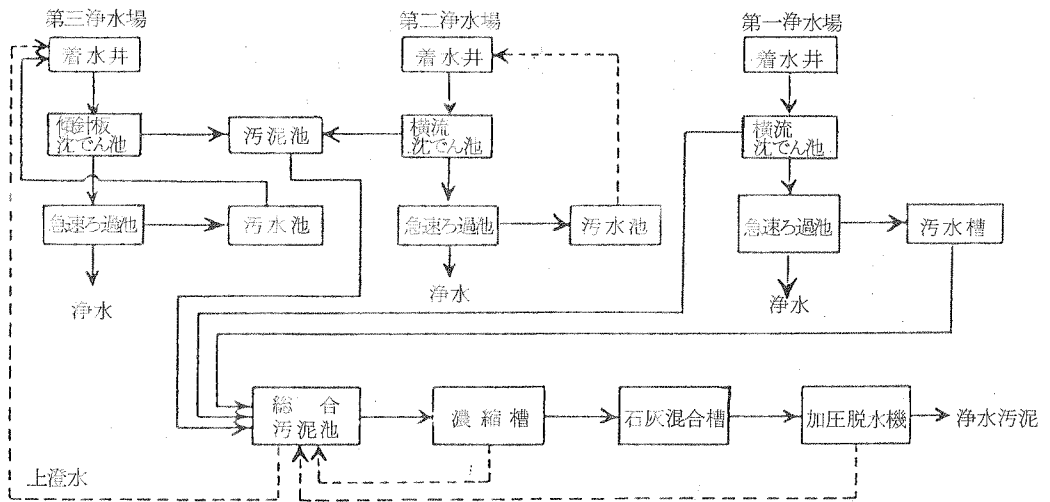
寒川浄水場産出の脱水ケーキを昭和52年12月から54年1月にかけて、毎月定期的に採取し、ガラス室内で風乾した後、乳鉢で粉砕し、2mmの篩を通して分析試料とした。

(2) 化学成分組成²⁾

pHはガラス電極法、ECは浄水汚泥1に対して水5の割合で抽出した後、電気伝導度法により測定した。全窒素はセミマイクロケルダール法、有効態リン酸はTruog法によった。可溶性塩基¹⁵⁾は0.5M塩酸抽出法に準じ、水溶性塩基はECの測定に準じて抽出し、測定は原子吸光光度法によった。

(3) 加熱処理に伴う成分の変化

試料の加熱処理は、100℃が通風乾燥機、200℃以上は電気炉により所定の温度でそれぞれ2時間行った。燐



第1図 汚泥処理工程(寒川浄水場)

酸吸収係数の測定は、抽出割合を常法²⁾の2倍、すなわち1:4で行った。可溶性アルミニウム²⁾はpH 4, 1N酢酸ナトリウム、全アルミニウムは硝酸、過塩素酸分解により抽出し、オキシン法¹⁴⁾により定量した。

(4) 有機態窒素の組成

BREMNER 法¹⁾に準じ、窒素5mg相当量の試料に6N塩酸0mlを加えて12時間加熱分解した後、水蒸気蒸留により、形態別窒素を定量した。

(5) 磷酸の形態²⁾

Ca型磷酸は2.5%酢酸、Al型磷酸は1Nフッ化アンモニウム、Fe型磷酸は0.1N水酸化ナトリウム抽出により、それぞれ分別定量した。無機態磷酸はPERSON法により有機態磷酸を定量して算出した。磷酸の添加処理は、常法による磷酸吸収係数の測定を行った試料を風乾した後、上記の方法により個々の磷酸を分別定量した。

3. 結果と考察

(1) 化学成分組成

定期的に採取した浄水汚泥の化学性は第1表に示すとおりである。浄水汚泥の水分含量は最高70.4%, 最低52.7%, 平均60.1%であった。pHは最高11.17, 最低9.31, 平均9.78であり、ECはそれぞれ1.03, 0.66, 0.87であった。また、本浄水汚泥は全窒素含量が高く、最高0.60%, 最低0.45%, 平均0.49%であったが、有効態磷酸含量は低く、最低2.5mg, 最高9.0mgであった。可溶性塩基含量は石灰が著しく高く、最高25.7%, 最低16.7

%, 平均19.2%を示し、苦土含量は石灰の20分の1程度、加里及びソーダの含量は僅かであった。水溶性塩基含量は石灰が高く、最高210mg, 最低129mg, 平均164mgであり、次いでソーダ、加里、苦土となり、可溶性塩基含量とやや異なる傾向にあった。

一方、各成分の試料間の変動は水分含量、pH、可溶性苦土が小さく、有効態磷酸、水溶性塩基が大きい傾向を示した。

第1表の主な成分の年間変動は第2図に示すとおりである。水分含量は夏期に低くなる傾向が認められ、可溶性石灰含量についてもほぼ同様の傾向にあった。全窒素及び有効態磷酸含量は、2, 3, 4月が高く、夏期に低下する傾向が認められた。EC及び水溶性石灰含量は、類似した変動であり、5, 6月が高い値を示したが、季節的な変動は明らかでなかった。pHは11月に極めて高い値を示したが、全体に年間変動が小さく、季節的な変動は明らかでなかった。

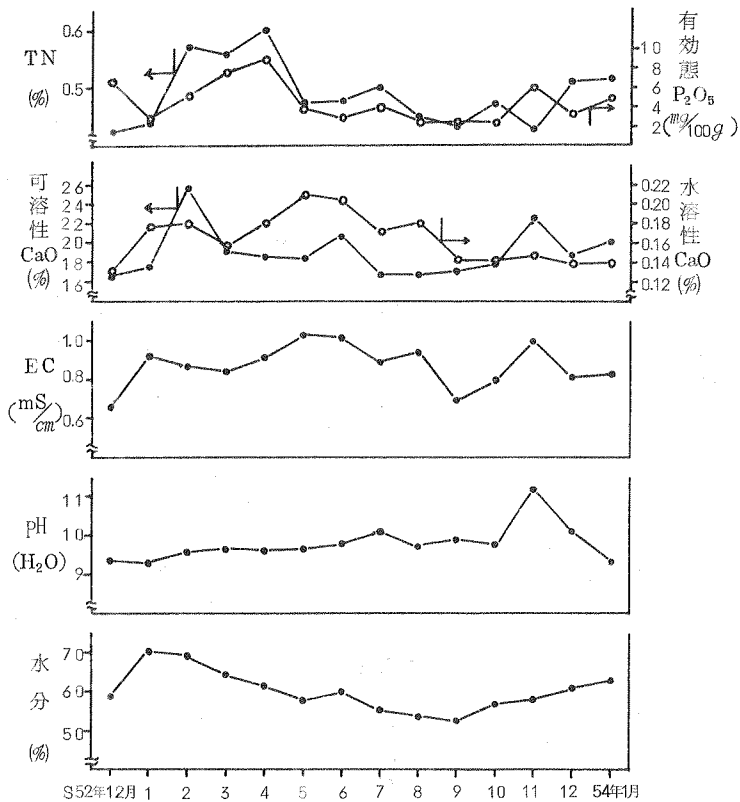
(2) 加熱処理に伴う成分の変化

各温度処理による成分の変化を第3図に示した。浄水汚泥の重量は処理温度の上昇に伴って減少し、500℃で約30%, 800℃で約40%減少した。pHは200℃から急激に上昇し、以後処理温度の上昇に伴って徐々に高まる傾向にあった。

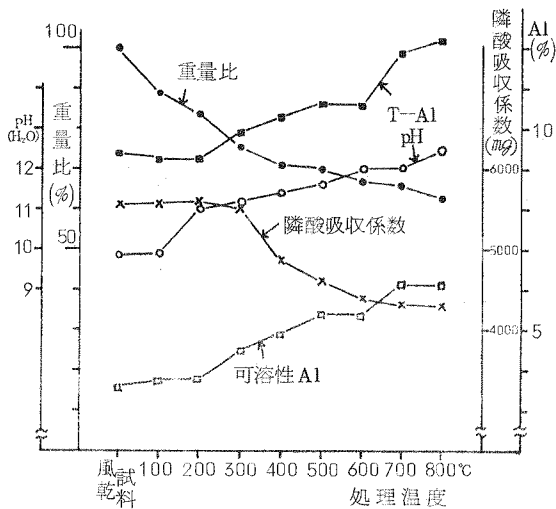
磷酸吸収係数は500℃までは変化がなく、添加した磷酸のはほぼ全量が吸着されたが、400℃以上では減少傾向が認められ、800℃では約20%程度の磷酸吸収係数の低

第1表 浄水汚泥の化学的特性 (乾物当たり)

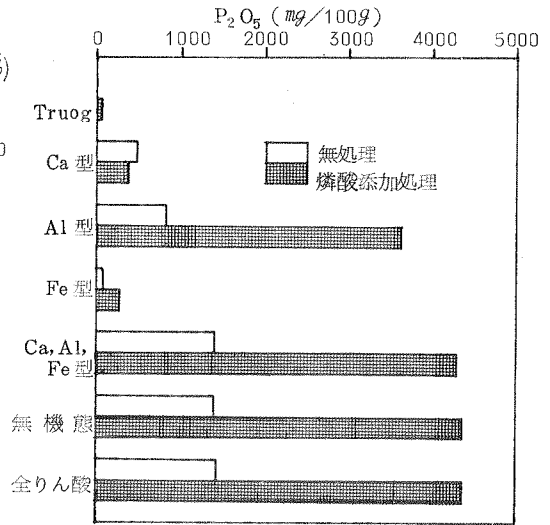
代表値	水分含量 (%)	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	T-N (%)	有効態 P ₂ O ₅ (mg%)	可溶性塩基				水溶性塩基			
						CaO (%)	MgO (%)	K ₂ O (mg%)	Na ₂ O (mg%)	CaO (mg%)	MgO (mg%)	K ₂ O (mg%)	Na ₂ O (mg%)
最高値	70.4	11.17	1.03	0.60	9.0	25.7	1.04	6.6	5.2	21.0	1.62	2.9	9.7
最低値	52.7	9.31	0.66	0.43	2.5	1.67	0.86	4.1	2.4	12.9	0.07	1.2	4.5
平均値	60.1	9.78	0.87	0.49	4.6	19.2	0.93	5.0	3.8	16.4	0.53	1.9	6.6
標準偏差	5.24	0.47	0.11	0.057	2.11	2.48	0.053	6.12	6.84	2.57	0.41	0.49	1.88
CV (%)	8.7	4.8	12.7	11.6	46.2	12.9	5.7	12.2	18.0	15.7	7.71	26.0	28.4



第2図 浄水汚泥の年間変動



第3図 加熱処理に伴う成分の変化



第5図 浄水汚泥の磷酸の形態

下があった。全アルミニウム及び可溶性アルミニウム含量の変化は類似しており、200℃までは変化がなく、300℃よりアルミニウム含量が高まり、以後徐々に増加し、700℃で再度急増する傾向が認められた。

(3) 有機態窒素の組成

全窒素含量の異なる3種類の試料について検討した結果を第4図に示した。全窒素含量は0.19%, 0.50%, 0.51%であったが、3試料ともにアンモニア及びアミド態窒素が約20%, アミノ糖態窒素が数%, アミノ酸態窒素が約40~50%, 未同定態窒素が約15~20%, 非加水分解性窒素が約10%と類似した組成を示した。

(4) 磷酸の形態

第5図に浄水汚泥の磷酸の形態を示した。浄水汚泥の

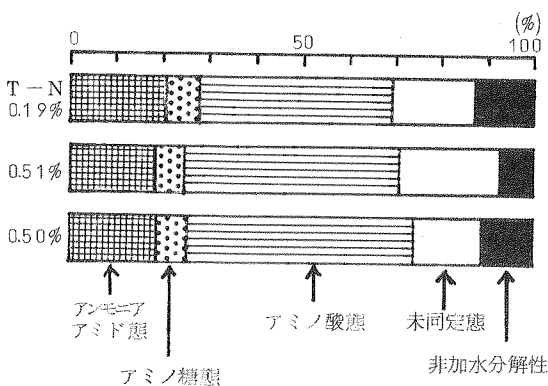
磷酸は大部分が無機態であり、Ca型、Al型及びFe型に分別され、難溶性磷酸は定量されなかった。また、無機態磷酸のうちAl型が最も多く、次いでCa型、Fe型となっていた。一方、磷酸添加処理により添加した磷酸の全量が浄水汚泥に吸着されるが、その存在形態はAl型が著しく増加し、多量に存在する石灰との反応によるCa型もしくは難溶性化合物の生成は認められなかった。また、磷酸添加処理後の有効態磷酸は、Truog法で60mg、Bray法で2mgであった。

(5) 考察

浄水汚泥の化学性は原水の性質、浄水過程で添加される薬品及び汚泥の処理方法によって大きく特徴づけられる。本報告による浄水汚泥は石灰処理のため、汚泥中の石灰含量が約19%と高く、pH及びECも高いことが特徴であり、ポリマー処理汚泥^{3,3)}凍結融解法^{3,18,19)}または無薬注処理汚泥^{3,11,19)}の化学性とは著しく相違している。従って、本汚泥の特徴は先に述べた3つの要因の中で、汚泥の処理方法による影響が最も大きく現われているといえる。

浄水汚泥の農業利用上問題となる化学性は、窒素、磷酸、塩基等であり、これら成分を中心にして考察すれば次のとおりである。

浄水汚泥は窒素含量に富むこと、または、その肥効が大きいことが報告^{3,11,18,19)}されている。本浄水汚泥も窒素含量が平均0.49%と高く、その大部分が有機態であった。後藤³⁾らは、浄水汚泥の電子顕微鏡による観察が



第4図 有機態窒素の組成

ら、有機物の主体がSS中の藻類に由来すると報告している。本浄水汚泥の有機態窒素の組成の検討結果より、アミノ糖及びアミノ酸が微生物菌体の構成成分であることから、本汚泥の窒素も同様にSSに付着した微生物に由来するものと考えられた。また、これらは易分解性有機物の主体であることから、汚泥の窒素の肥効が高いことが推定された。また、第2表より全窒素含量と有効態

第2表 主な化学成分間の相関係数

$y \backslash x$	pH	EC	T-N	有効態 P ₂ O ₅	可溶性 CaO	水溶性 CaO
pH						
EC	0.298					
T-N	-0.250	0.090				
有効態 P ₂ O ₅	-0.011	-0.072	0.565*			
可溶性 CaO	0.268	0.243	0.341	0.188		
水溶性 CaO	-0.154	0.783**	0.205	-0.127	0.121	

* 危険率5%有意

** " 1%有意

燐酸含量の間には正の相関が認められ、水質の富栄養化に伴って汚泥中の菌体量が増加するものと考えられた。

浄水汚泥の有効態燐酸含量は低く、燐酸吸収係数が極めて高く、常法の測定条件では添加した燐酸のほぼ全量が汚泥に吸着された。この2点については、脱水方法の異なる浄水汚泥においても同様の報告があるが、鎌田らの検討した汚泥の有効態燐酸は比較的高い水準にあり、水系の相違によるものと考えられた。浄水汚泥の燐酸吸着は、A1型燐酸が著しく増加することから、浄水過程で添加されるアルミニウムの影響が大きいことが明らかであった。一方、筆者は同じ石灰処理による下水汚泥の燐酸吸着は上記と異なり、Ca型が最も大きいことを報告しており、多量に存在する石灰に比較して、アルミニウムの燐酸吸着がより大きいことが確認された。また、燐酸吸収係数が加熱処理により低下することが第3図より明らかであった。一方、これに関与するアルミニウム含量は、浄水汚泥の重量の減少に伴って相対的に増加しているが、これは加熱処理によりアルミニウムが一部不活性化したものと考えられた。

第2表より、浄水汚泥の水溶性石灰含量とECの間に有意な正の相関が認められた。EC値の上昇は水溶性石灰に起因することから、ECの測定によって石灰含量を推定する指標になり得るものと考えられた。一方、pHと石灰含量との相関は小さく、pHがその指標となりにくいこと

がわかった。これは浄水汚泥中の石灰が風乾過程で空気中の炭酸ガスと反応し、炭酸塩に変化してpHが低下するが、この反応が個々の試料により異なるためと考えられた。この炭酸塩の生成は、浄水汚泥中の全炭素が6.6%であり、うち無機態炭素が1.7%で全体の約26%を占めること²³⁾及び加熱処理によりpHが再度高まることから想定することが出来る。炭酸カルシウムの脱炭酸は900℃以上で起こるとされているが、石丸らは浄水汚泥の示差熱分析により、200℃より有機物が燃焼し、650℃付近から脱炭酸が起こることを報告している。このことから、加熱処理により、浄水汚泥中の水分の蒸発及び有機物の分解が生じ、さらに高い温度では脱炭酸が起こり、重量の減少とpHの上昇が起こるものと考えられた。

以上の結果から、本浄水汚泥の農業利用の形態としては、客土資材として利用するよりも、汚泥が多量に含有する石灰に注目した土壌改良資材としての利用の可能性が示唆された。

野菜に対する施用試験

1. 目的

本検討は浄水汚泥の施用量と野菜の生育の関係を明らかにし、その農業利用に対する基礎資料を得ようとするものである。また、浄水汚泥の酸性改良資材としての施用効果を炭カルと比較検討する。

2. 試験方法

(1) 野菜に対する施用量試験

標準土壌には腐植に類する富む火山灰土壌(久米川統・土性L)の作土を使用した。栽植密度は5,000分の1アールワグネルポットにホウレンソウ及びコマツナの9株仕立とし、試験規模は3連制とした。肥料として、窒素は硫酸、燐酸は過石、加里は硫酸を使用し、各成分1g相当量を全量元肥として昭和53年4月12日に施用し、2作以降は無肥料栽培とした。試験区の処理は区名量に従い、昭和53年4月11日に採取した生汚泥をそれぞれ標準土壌に対して10アール当たり15t(10%)、30t(20%)、75t(50%)、150t(全量汚泥)の割合で混合した。供試した浄水汚泥の化学性は第3表に示すとおりである。また、野菜の栽培機要は第4表に示すとおりであり、ポットの管理は日中室外、夜間ガラス室内とした。

植物体の分析¹⁶⁾は窒素がセミマイクロケルダール法とフェノール硫酸法、その他の成分は湿式分解後、燐酸をメタバナジウム酸法、塩基を原子吸光度法により測定した。土壌の分析はpHをガラス電極法、ECを電気伝導度法、置換性塩基をショーレンバーガー法、有効態燐酸をTauog

第3表 供試浄水汚泥の化学性

(乾物当たり)

水分 (%)	pH		T-N (%)	Av-P ₂ O ₅ (mg%)	CEC (m. e.)	置換性塩基 (mg%)				可溶性塩基 (%)			
	H ₂ O	KCl				CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
66	10.8	10.6	0.58	3.8	13.93	5,960	36	31	27	20.9	0.83	0.07	0.06

第4表 野菜の耕種概要

作 物	品 種	播種期	収穫期	施肥期	栽植密度 (株/ポット)
1作目 ホウレンソウ	深 緑	5.3. 4. 12	5.3. 5. 24	5.3. 4. 12	9
2作目 コ マ ツ ナ	ごせき晩生	5.3. 5. 31	5.3. 6. 22	無 肥 料	9
3作目 コ マ ツ ナ	ごせき晩生	5.3. 9. 5	5.3. 10. 3	無 肥 料	9
4作目 コ マ ツ ナ	ごせき晩生	5.4. 5. 16	5.4. 6. 16	無 肥 料	9

法、硝酸態窒素をフェノール硫酸法により測定した。

(2) 土壌酸性改良試験

供試土壌は腐植に類する富む火山灰土壌(久米川統・土性L)の作土であり、その化学性は第5表に示すとおりである。供試浄水汚泥は昭和54年4月26日に採取し、風乾後粉砕して0.5mmの篩を通過させたものであり、その化学性は第6表に示すとおりである。なお、表中の可溶

性塩基は、肥料分析法に¹³⁾準じ0.5M塩酸加熱抽出により定量した。

試験区構成は第7表に示すとおりであるが、供試土壌の石灰飽和度50%を目標にその不足分を炭カル及び浄水汚泥で補正した。苦土飽和度は20%を目標に両区とも水酸化苦土肥料で補正した。栽植密度は5,000分の1アールワグネルポットにコマツナ(ごせき晩生)、ホウレン

第5表 供試土壌の化学性

(乾土100g当たり)

pH		EC (mS/cm)	NO ₃ -N (mg)	Av-P ₂ O ₅ (mg)	CEC (m. e.)	塩基飽和度 (%)			
H ₂ O	KCl					CaO	MgO	K ₂ O	合計
5.72	4.83	0.08	4.7	7.3	41.38	3.48	4.4	1.1	4.03

第6表 供試浄水汚泥の化学性

(乾土100g当たり)

pH		可溶性塩基 (%)				りん酸吸収 係数 (mg)	T-A1 (%)
H ₂ O	KCl	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O		
9.85	9.73	19.07	0.82	0.07	0.06	2760	9.37

第7表 試験区構成

区 名	塩基飽和度(%)		石灰質資材	苦土資材
	CaO	MgO		
1. 標準区	無処理		—	—
2. 炭カル区	50	20	炭カル	水酸化苦土
3. 浄水汚泥区	50	20	浄水汚泥	水酸化苦土

ソウ(深緑)の9株仕立とし、試験規模は3連制とした。肥料は燐加安42号(N, P₂O₅, K₂O各1g)を使用し、全量元肥として5月13日に施用した。播種期及び収穫期はコマツナが5月13日と6月7日、ホウレンソウが5月

13日と6月12日であり、ポットの管理は前項に準じた。

植物体及び土壌の分析は前項と同様であるが、有効態²⁾燐酸はBRAY法²⁾を併用し、可溶性A1はpH4, 1N酢酸ナトリウム抽出後、オキシ法¹⁴⁾による吸光度法により測定した。

3. 結果と考察

(1) 野菜に対する施用量試験

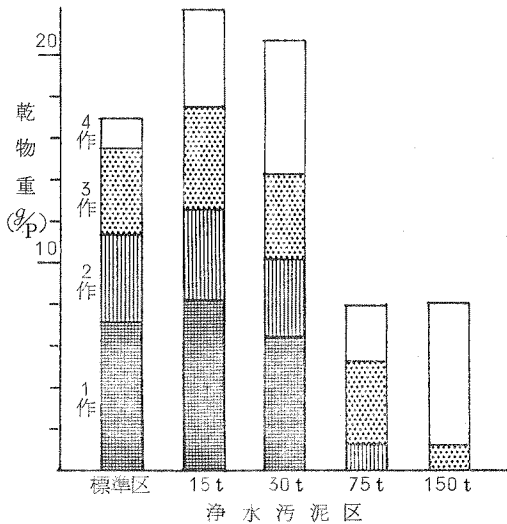
ア. 生育・収量

浄水汚泥の施用量と野菜の生育並びに収量の関係は第8表及び第6図に示すとおりである。1作目のホウレンソウは浄水汚泥75tと150t区では発芽障害が認められ、収穫は皆無であった。草丈、乾物量は汚泥15t区が最も

第8表 浄水汚泥の施用量と野菜の生育(草丈)

区名	1作		2作		3作		4作	
	cm	比	cm	比	cm	比	cm	比
標準	16.9	100	18.4	100	24.9	100	7.9	100
浄水汚泥15t	18.7	111	19.2	104	24.8	100	13.0	165
" 30t	16.0	95	16.8	91	24.7	99	15.8	200
" 75t	—	—	10.9	59	23.4	94	16.1	204
" 150t	—	—	—	—	11.9	48	22.9	290

1作: ホウレンソウ 2, 3, 4作: コマツナ



第6図 浄水汚泥の施用量と野菜の収量

1作 ホウレンソウ
2, 3, 4作 コマツナ

優り、標準区より約10%程度高くなっていたが、30t区では両者とも標準区よりやや低下した。

2作目のコマツナは草丈、乾物重とも標準区と汚泥15t区は同程度であったが、30t区以上では汚泥の施用量が多くなると生育、収量とも低下する傾向にあり、150t区での収量はホウレンソウと同様に皆無であった。

3作目のコマツナの草丈は、汚泥150t区が劣る以外はほぼ同程度であった。乾物重は汚泥15t区が最高の収量を示し、標準区より約20%程度増収した。また、3作目では1, 2作目で発芽障害が起り、収穫が皆無であった汚泥150t区でも生育が認められたが、標準区に比較して草丈が約50%、乾物重が約30%それぞれ劣っていた。

4作目のコマツナは、ポット中の土壌の容積が減少したため、各処理区の土壌を混合して2連とした。標準区のコマツナの生育は不良となり、汚泥75t区の乾物重は劣っていたが、それ以外の浄水汚泥区は生育、収量とも

に高い傾向にあり、特に汚泥150t区が最も優った。

1. 成分含量

各作ごとの野菜の成分含量は第9～13表に示すとおりである。全窒素含量は1, 2作では明らかな傾向が認めら

第9表 野菜のT-N含量(乾物%)

区名	1作	2作	3作	4作
標準	5.65	7.72	7.49	1.85
浄水汚泥15t	6.18	7.57	7.97	2.38
" 30t	5.53	7.89	7.76	6.98
" 75t	—	7.43	8.46	8.60
" 150t	—	—	5.83	8.43

第10表 野菜のP₂O₅含量(乾物%)

区名	1作	2作	3作	4作
標準	0.79	1.08	0.76	1.48
浄水汚泥15t	0.80	1.15	1.02	0.90
" 30t	0.72	1.08	0.67	1.06
" 75t	—	0.81	0.71	0.88
" 150t	—	—	0.65	0.94

第11表 野菜のK₂O含量(乾物%)

区名	1作	2作	3作	4作
標準	8.32	9.66	3.33	3.42
浄水汚泥15t	9.31	8.23	2.59	1.20
" 30t	9.31	8.92	2.80	3.81
" 75t	—	8.71	3.91	6.77
" 150t	—	—	4.45	7.97

第12表 野菜のCaO含量(乾物%)

区名	1作	2作	3作	4作
標準	1.91	3.99	4.95	4.11
浄水汚泥15t	1.93	5.17	6.59	5.67
" 30t	3.13	4.90	6.47	6.83
" 75t	—	5.19	4.97	6.31
" 150t	—	—	5.70	4.62

第13表 野菜のMgO含量(乾物%)

区名	1作	2作	3作	4作
標準	1.32	0.74	0.80	1.08
浄水汚泥15t	1.26	0.71	0.88	0.85
" 30t	1.15	0.50	0.56	0.70
" 75t	—	0.38	0.39	0.47
" 150t	—	—	0.42	0.53

れず、3作目のコマツナは浄水汚泥75t区が高く、4作目は汚泥の施用量が多い処理区が高い傾向にあった。

磷酸含量は1,2,3作目では汚泥15t区、4作目では収量の多い30t区の場合に高く、生育、収量の低下した汚泥の施用量が多い処理区で低下する傾向が認められた。

加里含量は1作目は汚泥施用区が高く、2作目はこれと逆の傾向にあり、汚泥の施用量との関連は明らかでなかったが、3,4作目では汚泥75t区及び150t区が高まる傾向にあった。

石灰含量は4作目ともに汚泥施用区が標準区より高くなっていたが、施用量との関係は明らかでなかった。

苦土含量は4作目ともに汚泥施用区が標準区より低く、施用量に逆比例して苦土含量が低下する傾向にあった。

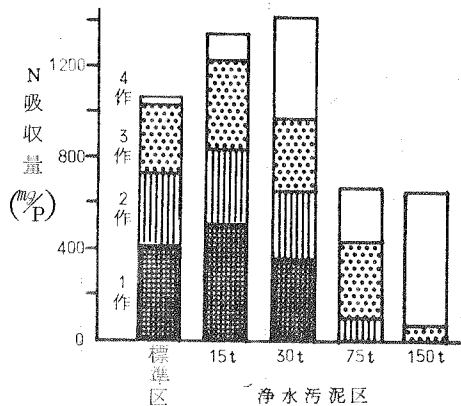
ウ. 養分吸収量

浄水汚泥の施用量と各成分の吸収量の関係は第7~11

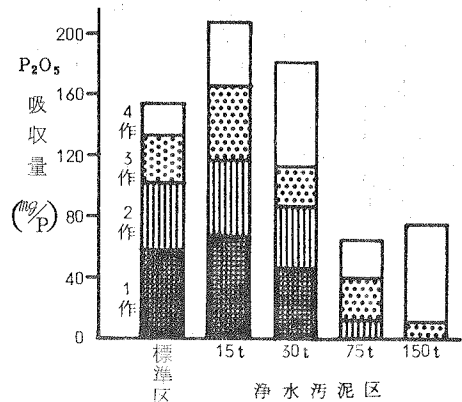
図に示すとおりである。窒素吸収量(第7図)は1,2,3作目は浄水汚泥15t区が高い傾向にあり、75t区及び150t区は低下していたが、4作目では150t区が最も高かった。4作合計の窒素吸収量は汚泥30t区が高く、次いで15t区であり、両区とも標準区を上回った。

磷酸吸収量(第8図)は1,2,3作目は浄水汚泥15t区が高い傾向にあり、他区はいずれも標準区を下回ったが、4作目は30t区及び150t区の吸収量が高くなった。4作合計の磷酸吸収量は汚泥15t区が高く、次いで30t区であり、両区とも標準区を上回った。

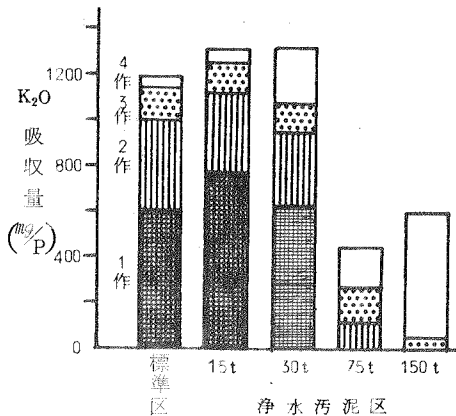
加里吸収量(第9図)は、1作目は浄水汚泥15t区が高く、標準区が低かった。2,3作目は逆に標準区の吸収量が高く、汚泥75t区及び150t区が低下したが、4作目は150t区が最も高かった。4作合計の加里吸収量は汚泥15t区と30t区が同程度であり、やや標準区を上回



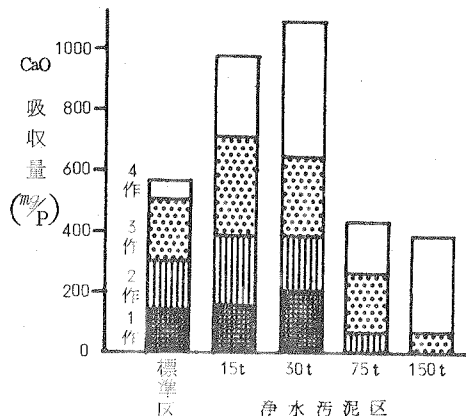
第7図 野菜の窒素吸収量



第8図 野菜の磷酸吸収量



第9図 野菜の加里吸収量



第10図 野菜の石灰吸収量

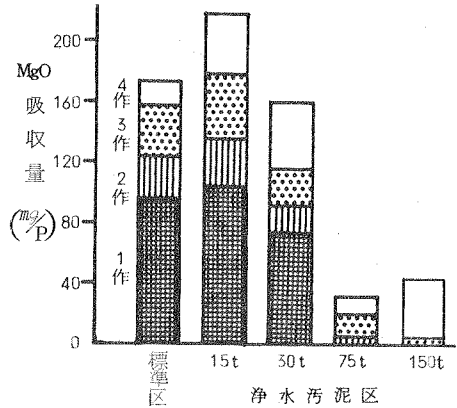
った。

石灰吸収量(第10図)は、1作目と4作目は浄水汚泥30t区が高く、2作目と3作目は15t区が高く、この両区は各作とも標準区の吸収量を上回ったが、2作目の75t区及び3作目の150t区は低下した。4作合計の石灰吸収量は汚泥30t区が最も高く、次いで15t区であり、両区とも標準区を上回った。

苦土吸収量(第11図)は、1,2,3作とも浄水汚泥15t区が高く、いずれも標準区を上回ったが、30t区以上では汚泥施用量の増加に伴って吸収量が減少する傾向にあった。一方、4作目は75t区以外は各処理区とも標準区を上回った。4作合計の苦土吸収量は汚泥15t区が標準区を上回ったが、30t区以上では低下した。

エ. 跡地土壌の化学性

野菜を4作栽培した後の土壌の化学性を第14表に示し



第11図 野菜の苦土吸収量

第14表 野菜栽培跡地土壌の化学性(4作栽培後)(乾土100g中)

区名	pH		EC mS/cm	NO ₃ -N (mg)	Av-P ₂ O ₅ (mg)	CEC m. e.	置換性塩基(mg)			塩基飽和度(%)		
	H ₂ O	KCl					CaO	MgO	K ₂ O	CaO	MgO	K ₂ O
標準	5.21	4.56	0.35	0.4	4.4	36.25	437	25	2.6	43.0	3.4	0.1
浄水汚泥15t	6.31	5.85	0.75	0.6	7.6	40.18	1470	28	3.1	13.1	3.5	0.1
30t	6.97	6.76	1.20	2.67	2.4	43.41	2680	32	9.5	22.0	3.7	0.5
75t	7.76	7.73	2.09	10.0	9.1	39.43	3740	42	3.8	33.8	5.2	2.0
150t	8.02	8.01	2.02	23.5	27.3	28.49	3740	49	4.0	46.8	8.5	3.0

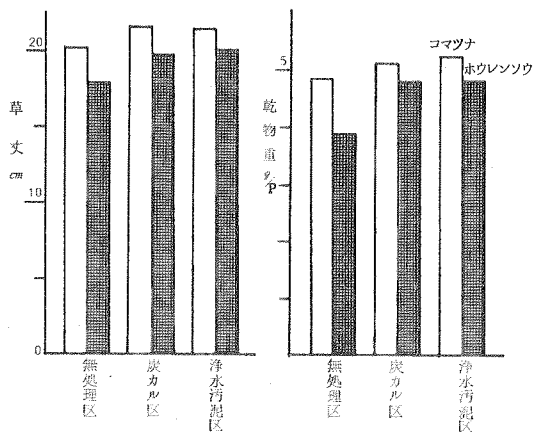
た。pHは水浸出、KCl浸出ともに標準区が低く、浄水汚泥の施用量の増加に伴って上昇し、75t区及び150t区は両者が同程度の値を示した。ECは汚泥の施用量の増加に伴って上昇したが、75t区と150t区は同程度であった。また、置換性石灰含量もECと同様に汚泥の施用量に比例して増加したが、75t区と150t区は同程度であった。一方、石灰飽和度は汚泥の施用量に比例して増加し、汚泥15t区で13.1%と過飽和の状態であった。硝酸態窒素含量は汚泥75t区が約100mgと高く、30t区以上では4作栽培後も窒素が残存していることが認められた。有効態リン含量は汚泥150t区が最も高く、他区は10mg以下であったが、汚泥の施用量との関係は明らかでなかった。

(2) 土壌酸性改良試験

コマツナ及びホウレンソウの生育、収量は第12図に示すとおりである。コマツナの草丈及び乾物重は、酸性改良区が無処理区よりやや優る傾向にあったが、炭カル区と浄水汚泥区との間には差が認められなかった。ホウレンソウは、酸性改良区が無処理区に比較して草丈が約10

%、乾物量が約20%優り、酸性改良の効果が明らかであったが、炭カル区と浄水汚泥区は同等の生育、収量であった。

植物体の養分含量は第15表に示すとおりである。コマツナ及びホウレンソウの苦土とソーダ含量は、無処理区が



第12図 土壌改良と野菜の生育・収量

低かったが、その他の成分含量は処理区間の差が認められなかった。

野菜栽培跡地土壌の化学性は第16表に示すとおりである。土壌のpHと塩基飽和度は酸性改良区が高かったが、

炭カル区と浄水汚泥区の石灰飽和度には差がなかった。可溶性アルミニウムは浄水汚泥区が高い傾向にあったが、ハウレンソウ跡地の有効態磷酸は、TRUOG及びBRAY法ともに浄水汚泥区が高い値を示した。

第15表 植物体の養分含量 (乾物中の%)

作物	処 理	T-N	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O
コマツナ	1. 無処理区	7.16	2.72	1.84	9.81	2.73	0.57	0.16
	2. 炭カル区	7.07	3.11	1.79	9.76	2.88	1.01	0.19
	3. 浄水汚泥区	7.09	2.99	1.77	9.36	2.83	1.06	0.20
ハウレンソウ	1. 無処理区	5.82	1.24	0.92	11.25	0.63	1.23	0.07
	2. 炭カル区	5.89	1.36	1.04	11.93	0.63	2.03	0.08
	3. 浄水汚泥区	5.79	1.25	0.93	11.31	0.59	1.86	0.08

第16表 跡地土壌の化学性 (乾土100g中)

作物	処 理	pH		EC mS/cm	塩基飽和度(%)				Av-B ₂ O ₅ (mg)		可溶性Al (mg)
		H ₂ O	KCl		CaO	MgO	K ₂ O	計	TRUOG	BRAY	
コマツナ	1. 無処理区	5.25	4.78	0.45	26.2	3.6	3.5	33.4	10.5	35.4	377
	2. 炭カル区	5.77	5.33	0.63	41.9	20.1	3.3	65.3	11.2	32.6	379
	3. 浄水汚泥区	5.90	5.40	0.56	40.0	20.0	3.2	63.4	10.8	37.4	419
ハウレンソウ	1. 無処理区	5.19	4.78	0.57	27.7	3.5	4.2	35.4	9.4	34.5	377
	2. 炭カル区	5.73	5.34	0.74	43.6	19.7	2.9	66.2	10.1	33.0	415
	3. 浄水汚泥区	5.91	5.44	0.79	41.8	23.0	4.1	69.0	12.6	39.5	432

(3) 考察

浄水汚泥の農業利用の可能性を判定する方法として、一つは作物の生育と収量の変化を観察することであり、いま一つは栽培土壌の理化学的性質を追求すること、の二つに分けることが出来る。

浄水汚泥と野菜の生育及び収量については、汚泥15t区が最も収量が高く、30t施用までは良好な生育を示したが、75t以上の施用量では1作目、2作目に発芽障害が生ずることが認められた。しかし、作付回数が増えると正常な生育を示すようになり、4作目では汚泥全量区が最も生育、収量が優る現象が認められた。汚泥の多量施用に伴う生育不良の原因は、生汚泥のpHが12以上であることから、高pHによるアルカリ障害と考えられた。しかし、汚泥のpHは風乾処理により炭酸塩を生成して徐々に低下することを化学性の項で指摘した。従って、汚泥の施用量が多い場合には、作付回数が増えるとpHが低下し、3、4作目より生育が良好になるものと考えられ、ポリマー処理汚泥の生育不良要因とは異なっていた。

野菜の生育、収量からみた本浄水汚泥の施用限界量は、

10a当たり30t程度と推定され、同種の石灰処理汚泥を検討した報告とはほぼ一致していた。しかし、野菜の養分含量をみると、汚泥の30t以上の施用により、苦土含量の低下が明らかであり、養分吸収量も同様の傾向であった。浄水汚泥の施用が作物の養分吸収に及ぼす影響については、石灰処理汚泥において苦土含量の低下、水ガラス及びポリマー処理汚泥において加里、石灰、苦土の低下が報告されている。本汚泥の場合は、石灰含量に富むことから、その施用により塩基のうち特に苦土の吸収が抑制されたものと考えられた。

また、浄水汚泥は窒素の肥効が大きいことが報告されている。本汚泥においても15t及び30t施用区の4作合計の窒素吸収量は、標準区を上回り、さらに施肥量以上の吸収量を示すことから、汚泥からの窒素の供給量が大きいことが明らかであった。

一方、浄水汚泥はアルミニウムが添加され、燐酸吸収係数が高いため、植物に対する燐酸供給が低下する懸念があり、その施用により植物体の燐酸含量が低下するという報告例がある。本報における植物体の燐酸含量は、

汚泥30t区までは標準区と同程度であり、15t区は燐酸含量及び吸収量ともに標準区を上回った。また、土壤の有効態燐酸は、汚泥の施用量に比例して減少する傾向は認められなかった。この原因としては、汚泥の施用により土壤のpHが高く維持され、アルミニウムの活性が抑制されたものと推定された。

以上のことから、浄水汚泥の施用量を決定する場合は、作物の生育、収量だけでなく、養分吸収面に対する配慮も欠くことが出来ない項目である。本汚泥の施用限界量は10a当たり30t相当量であるが、苦土の吸収抑制を考慮した施用適量は、10a当たり15t相当量と考えられた。

浄水汚泥の施用が土壤の理化学性に及ぼす影響については、土壤の石灰含量が高まり、15t施用区でも石灰飽和度が130%と過飽和の状態を示した。このことは、土壤の塩基置換容量以上の石灰が供給されたことになり、いわば土壤の環境容量を逸脱したものと理解された。土壤改良目標値は石灰飽和度が50%、苦土飽和度が20%とされており、汚泥施用区はすべてこの目標値を上回り、さらに、塩基組成の不均衡をも生じていた。従って、このことが汚泥30t施用区以上で苦土の吸収抑制を導いた要因と判断された。

以上の結果から、浄水汚泥の施用は野菜の生育、収量の向上に効果的であるが、土壤の環境容量を越えた石灰が投入される点で問題を有する。そこで、これらの矛盾点を解明するため、アルカリ資材としての利用法を検討

した。その結果、野菜の生育、収量及び植物体の養分含量とも、炭カルと浄水汚泥の間には差がなかった。しかし、跡地土壤の可溶性アルミニウムが浄水汚泥区で高まる傾向にあり、施用した浄水汚泥に由来することが明らかであった。一方、土壤の有効態燐酸は、汚泥の施用による低下は認められず、この施用法では燐酸の固定は問題にならないものと考えられた。本浄水汚泥の石灰分は炭カルの5%程度であるが、石灰質資材としての利用が可能であることが明らかとなった。

屋外堆積と植物の生育反応

1. 目的

浄水汚泥の特性を明らかにするため、汚泥を単独で屋外に堆積し、その理化学性の変化と植生との関係を調査する。

2. 試験方法

試験実施場所は、高座郡寒川町宮山の寒川浄水場汚泥堆積地である。昭和53年4月に脱水ケーキを搬入し、面積60m²、厚さ1mの試験地を造成した。試験区は1区30m²、処理は堆肥無施用区と施用区の2処理、1連制で実施した。耕種概要は第17表、施肥量及び施肥期は第18表にそれぞれ示した。化学肥料は燐加安42号(14-14-14)を使用し、元肥、追肥とも溝施用とした。有機物は1作目のトウモロコシにパーク堆肥を、3作目以降は牛糞堆肥をそれぞれ全量元肥として全面に施用した。また、化

第17表 圃場試験耕種概要

作物	品 種	播種期	定植期	収穫期	栽植密度
トウモロコシ	ハニーバンタム	5.3.5.25	—	—	60×30 cm
キャベツ	坂田中早生2号	5.3.7.25	5.3.8.31	5.3.11.20	60×40
トウモロコシ	ハニーバンタム	5.4.5.23	—	5.4.8.8	60×30
キャベツ	坂田中早生2号	5.4.7.17	5.4.8.28	5.4.11.16	60×40
トウモロコシ	ハニーバンタム	5.5.5.20	—	5.5.8.7	60×30
キャベツ	坂田中早生2号	5.5.7.14	5.5.8.20	5.5.11.10	60×40

第18表 圃場試験施肥量・施肥期

作物	施肥量 (kg/10a)				施 肥 期			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	有機物	有機物	元 肥	追肥Ⅰ	追肥Ⅱ
トウモロコシ	14	14	14	2000	53.5.25	53.5.25	—	—
キャベツ	10+10	10+10	10+10	—	—	—	53.9.7	53.10.11
トウモロコシ	14	14	14	2000	54.5.23	—	53.6.26	—
キャベツ	10+10	10+10	10+10	2000	54.8.27	—	54.9.4	54.10.5
トウモロコシ	7	7	7	2000	55.5.20	—	55.6.18	—
キャベツ	10+10	10+10	10+10	2000	55.8.20	—	55.8.29	55.9.20

学肥料は1作目のトウモロコシの元肥施用時に、アンモニアガスの揮散が認められたため、2作目以降は作物の活着後に追肥として施用した。

3. 結果と考察

(1) 生育・収量

トウモロコシの年度別の生育は第19表に示すとおりである。1年目は、浄水汚泥のアルカリ障害により、発芽

第19表 トウモロコシ生育の経年変化

年度	区名	草丈 (cm) 比	稈長 (cm) 比	穂長 (cm) 比
53	無堆肥区	発芽せず		
	堆肥区			
54	無堆肥区	枯死		
	堆肥区	119.7	87.7	27.2
55	無堆肥区	108 (100)	76.8 (100)	28.1 (100)
	堆肥区	166 (154)	131 (171)	35.5 (126)

が認められなかった。2年目の発芽は順調に進み、初期生育も進行したが、無堆肥区は途中ではほぼ全体が枯死し、堆肥区は生育が継続したが子実の収穫までには至らなかつた。

3年目は無堆肥区も枯死はみられなかったが、生育は抑制され、結実しなかった。一方、堆肥区は生育が不均一であったが、一般土壤に相当する生育が認められ、生育の良好なものは結実した。

キャベツの年度別の収量は第20表に示すとおりである。キャベツは1年目から順調に生育し、年度別では55年度が最も収量が高く、54年度が劣った。本試験のキャベツの収量は、一般土壤における同じ作型の収量にはほぼ相当するものであった。また、結球重、外葉重及び全重は、3作とも堆肥区が優る傾向にあり、55年度は有機物の施用効果が特に顕著に認められた。

(2) 養分含量及び養分吸収量

3作のうち最も収量水準の高い55年度産のキャベツについて、養分含量及び吸収量を第21表に示した。キャベツの各々の養分含量は、堆肥区が無堆肥区より高い傾向を示し、養分吸収量も同様であった。また、53,54年度産のキャベツの養分含量は、²²⁾外葉部の石灰を除き、各成分とも前記とほぼ同様であった。さらに、53年度産のキャベツの外葉の全窒素含量は、²²⁾硝酸態窒素を約1%程度含有したため、他の年度に比較して高くなっていた。

一方、同一作型で一般土壤で栽培されたキャベツの養

第20表 キャベツ収量の経年変化 (kg/10a)

年度	区名	結球重 (比)	外葉重 (比)	全重 (比)	結球重(参考)
53	無堆肥区	5170 (100)	2550 (100)	7720 (100)	-
	堆肥区	5590 (108)	2650 (104)	8240 (107)	
54	無堆肥区	4090 (100)	2500 (100)	6590 (100)	6240
	堆肥区	4440 (109)	2600 (104)	7040 (107)	
55	無堆肥区	5300 (100)	3230 (100)	8530 (100)	6912
	堆肥区	6470 (122)	3640 (113)	10110 (119)	

注：参考データは所内圃場の化学肥料、有機物加用区
土壤は灰色低地土、藤代統（腐植含む、土性SCL）

第21表 キャベツの養分含量と養分吸収量（昭和55年度）

区名	部位	養分含量 (%)					養分吸収量 (kg/10a)				
		T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
無堆肥区	結球	3.36	0.74	3.53	1.14	0.20	2.29	4.6	21.8	25.7	1.3
	外葉	2.92	0.51	2.42	6.07	0.17					
堆肥区	結球	3.52	0.89	4.12	1.27	0.22	2.76	6.4	28.5	30.7	1.7
	外葉	3.49	0.71	3.06	6.87	0.22					
参 考	結球	2.69	0.92	3.81	0.88	0.40	2.50	7.6	32.2	19.8	6.2
	外葉	2.98	0.89	3.86	4.48	1.22					

注：参考データは所内圃場の化学肥料、有機物加用区
土壤は灰色低地土、藤代統（腐植含む、土性SCL）

10) 分含量と第21表とを比較検討した。その結果、本試験から得られた全窒素及び石灰含量は、一般土壌より高く、外葉の磷酸と加里含量及び外葉、結球の苦土含量が逆に低いことが認められた。

(3) 浄水汚泥の化学性の推移

作物栽培後の作土層の化学性の推移は第22表に示すと

ありである。試験開始時の pH は 9.1 であり、2 作目までは低下したが、その後はほぼ一定の値で経過した。また、堆肥区の pH は無堆肥区より低い値で推移する傾向にあった。EC は生育が不良であったトウモロコシ跡地が高い傾向にあったが、4 作後は安定した。硝酸態窒素は EC と同様の傾向にあり、作物による施肥窒素の吸収が行わ

第22表 浄水汚泥の化学性の経年変化 (乾物100g中)

作数	pH (H ₂ O)		EC (mS/cm)		NO ₃ -N(mg)		Av-P ₂ O ₅ (mg)		可溶性 CaO (%)		水溶性 CaO (mg)	
	無堆肥	堆肥	無堆肥	堆肥	無堆肥	堆肥	無堆肥	堆肥	無堆肥	堆肥	無堆肥	堆肥
作付前	9.10	9.10	0.91	0.91	0.6	0.6	8.2	8.2	19.4	19.4	19.2	19.2
1作	8.87	8.87	1.63	1.67	7.11	6.92	12.9	12.5	20.1	19.8	28.1	27.8
2作	8.57	8.42	0.77	0.83	2.26	2.44	17.2	16.9	19.2	19.7	11.2	11.9
3作	8.51	8.43	1.02	1.00	4.53	4.33	19.8	18.0	18.8	19.1	17.0	16.0
4作	8.56	8.55	0.49	0.43	4.7	2.1	19.0	19.3	20.4	20.2	7.0	6.2
5作	8.68	8.46	0.46	0.42	10.8	7.0	25.1	26.2	19.0	18.5	7.8	6.6
6作	8.47	8.44	0.57	0.40	8.4	2.2	22.4	25.4	18.1	19.1	7.7	5.0

1, 3, 5作: トウモロコシ, 2, 4, 6作: キャベツ

れず残存したものであった。TRUOG法で測定した有効態磷酸は、作付回数とともに増加する傾向にあり、5作栽培後に20mg以上となったが、処理区間の差は認められなかった。

0.5 N塩酸の加熱抽出により測定した可溶性石灰は、各作ごとに変動したが、試験開始時に比較して大きな変化がないものと考えられた。一方、ECと同様の浸出により測定した水溶性石灰は、1作と3作後では前作より増加したが、4作後に急減し、6作跡地では無堆肥区が約60%、堆肥区が約75%とそれぞれ試験開始時より減少した。

(4) 考察

本検討は、この種汚泥の内容成分が屋外堆積によってどのように変化するかを追求するため、作物の栽培をとおして3ヶ年調査したものである。

浄水汚泥が作物の生育に及ぼす影響は、栽培される作物の種類により異なった。このことは、トウモロコシとキャベツの栽培方法の違いとともに、作物の汚泥中のアルカリ(石灰)に対する感受性の差によるものと考えられた。また、3ヶ年の試験終了後に植根分布を調査したところ、両処理区とも作土層が密の状態、35cmまでが中程度であり、以下80cmまで認められ、下層まで根の伸長が行われることが確認された。

浄水汚泥が植物の養分吸収に及ぼす影響については、一般土壌で栽培されたキャベツと比較して、苦土含量の

低下が顕著であった。特に、外葉部のそれは、汚泥の場合に約80%程度低下し、逆に石灰含量が高い傾向が認められた。このことは、前項のポット試験と同様であり、石灰が多量に存在することが、植物の養分吸収に影響を与えることが明らかであった。一方、浄水汚泥の磷酸吸収係数が高いことに起因する磷酸吸収阻害^{3,5)}については、キャベツの外葉部の磷酸含量が低い傾向にあったが、上記の苦土ほど顕著ではなかった。また、汚泥の有効態磷酸は経年的に増加する傾向があり、この場合、磷酸が植生に及ぼす影響は小さいものと推定された。

浄水汚泥の経年的な変化は、ECと水溶性石灰が4作目から著しく減少したことが特異的であり、このことが、3年目のトウモロコシの生育がある程度良好になったことにあらわれたものと考えられた。水溶性石灰の減少は、作物による吸収及び下層への溶脱によることが考えられ、80cmまで硝酸が存在することから、硝酸と石灰が結合し、雨水により下層へ溶脱されたことが推定された。また、第22表から作土層の可溶性石灰と水溶性石灰の経年変化の傾向が一致していないことから、炭酸塩の生成により石灰が不溶化し、後者が減少した可能性も考えられた。

一方、有機物の施用によりトウモロコシ、キャベツともに生育、収量が良好になる傾向が認められたが、その効果を汚泥の化学性から判断することは困難であり、汚泥の物理性に対して良好な結果を与えたものと推定された。

また、この種浄水汚泥に対するアンモニア態窒素肥料の施用は、汚泥のアルカリ性によりアンモニアガスの揮散が認められた。従って、作物に対するアンモニア障害を回避するため、作物の活着後の施肥あるいは硝酸系肥料の施肥等の対策が必要と考えられた。

総 合 考 察

本報で対象とした浄水汚泥は、脱水過程で凝集剤として消石灰を添加している。従って、汚泥の化学性は、凝集剤の影響がそのまま表われ、石灰含量が平均19.2%、pHが平均9.78と高く、高分子凝集剤処理及び凍結融解法により産出される汚泥とは著しく相違している。さらに、もう1つの特徴としては、浄水過程で添加される硫酸バンドあるいはPACに由来するアルミニウムを含有し、磷酸吸収係数が高いことである。

一方、浄水汚泥の農業利用にあたっては、それが含有する重金属等の有害成分の安全性が保証されなければならない。本報ではこの点に対する検討は行っていないが、石丸等²⁰⁾、和地の本浄水汚泥の重金属に関する報告がある。これによれば、Cdが0.4~0.6ppm、Cuが79~115ppm、Znが145~237ppm、Pbが16~37ppm、Niが28ppm、Asが9.0~14.5ppm、Hgが0.07~0.17ppmの範囲である。これを本県内及び全国の農耕地土壌の重金属含量と比較すると、Cu、Zn、Pbは高い方に属するが、ほぼ天然賦存量の範囲内と考えられる。また、特殊肥料の規制値がHg 2ppm、Cd 5ppm、As 50ppmと設定されているが、汚泥の各成分はいずれもこれを大幅に下回っており、安全性からみた重金属含量については問題がないものと考えられた。

浄水汚泥の農業利用は、それぞれの特性を生かした客土資材又は培養土としての報告があるが、本報では高pH^{5,13)}、高石灰含量、磷酸の肥効等の問題点を中心に農業利用上の検討を行った。

まず最初に、野菜に対する浄水汚泥の客土施用量を検討したが、生育及び収量は10アール当たり生汚泥15t施用が最も良好であった。しかし、75t以上の施用量になると高アルカリによる発芽障害が生じ、1作目の生育が期待出来ないことから、10アール当たり50t程度が施用限界量と考えられた。一方、植物体の養分含量は、汚泥30t施用区では苦土の低下が認められ、養分吸収に少なからず影響が現われた。以上のことから、野菜の生育、収量及び養分吸収を考慮した汚泥の施用量は、本試験土壌については10アール当たり15t程度が適当と考えられた。

しかし、浄水汚泥の施用により土壌の石灰含量が高まり、15t相当の施用量でも石灰飽和度が130%と過飽和の状態を示し、適正な塩基組成⁷⁾から大きく逸脱していた。このことは、土壌個々の環境容量を大幅に上回る石灰が加用されたことを意味しており、土壌管理上の観点から好ましいことではない。土壌の環境容量は個々の土壌によって異なるため、一率に客土量を想定しても土壌や植物に及ぼす反応が異なるので合理的な方法とはいえない。

以上のことから、本浄水汚泥のもつ高石灰含有量という特性を生かすため、土壌の酸性改良資材としての施用効果について検討した。その結果、浄水汚泥は炭カルと同等の効果が認められ、石灰質資材としての利用が可能であることが明らかとなった。

さらに、浄水汚泥中のアルミニウムが磷酸吸収係数を高めることを明らかにし、植生への悪影響を予想した。しかし、実際の栽培試験の結果では、汚泥30t相当量の施用並びに酸性改良資材としての施用ともに、その害作用はそれほど大きく現われなかった。一方、本来磷酸吸収係数が高い火山灰土壌を標準として供試したが、この値が低い沖積土など本県に分布する土壌に対する検討は今後の問題として残された。

浄水汚泥の屋外堆積が植生に及ぼす影響については、作物の種類、栽培様式の相違により異なるものと考えられた。すなわち、汚泥に直接播種せずに、苗を定植する栽培様式をとり、かつ汚泥のアルカリ性に耐性をもつ作物であれば、このような条件でも生育が可能であることが推定された。しかし、長期的には汚泥のアルカリ性に起因する微量元素欠乏の発生が考えられる。一方、堆積中の汚泥の化学性的変化は、4作目跡で水溶性石灰の減少が顕著であり、このことがその後のトウモロコシの生育が良好になった要因と考えられた。いずれにしても、本汚泥は植物を健全に生育させる土壌の概念とは大きく異なるため、本汚泥のこの種の利用方法は成立しないことがわかった。

以上の結果から、本浄水汚泥の農業利用は、石灰質資材として土壌の塩基含量を考慮した施用方法が適当と考えられた。さらに、汚泥の形状は土壌との混合が十分に行われるように、現在の板状のものを乾燥粉状物に改善することが望まれる。また、汚泥の磷酸吸収係数は加熱処理により低下することが認められたが、この手法には限界があるとともにエネルギーを多量に消費することから、得策とはいえない。

要 約

凝集剤として消石灰が添加された浄水汚泥の農業利用に関する基礎的な検討を行った。

- (1) 汚泥の化学性は、凝集剤として添加された消石灰の影響が大きく反映し、可溶性石灰含量及びpHの平均がそれぞれ19.2%と9.78であった。
- (2) 浄水過程で添加されたアルミニウムの影響により、汚泥に吸着された磷酸はA1型となり、磷酸吸収係数は著しく高められることが確認された。
- (3) 汚泥の窒素含量は平均0.49%と高く、微生物菌体に由来するものと考えられた。また、作物の栽培試験から、汚泥中の窒素の肥効が高いことが明らかになった。
- (4) 汚泥の窒素含量は2, 3, 4月が高く、夏期に低下する傾向が認められた。また、汚泥の化学性については、窒素含量と有効態磷酸含量及びECと水溶性石灰含量の間にそれぞれ有意な相関が認められた。
- (5) 野菜に対する汚泥の施用限界量は、10アール当たり生汚泥で50t程度であった。しかし、作物による苦土の吸収抑制が認められたことから、生汚泥で15t程度が施用適量と思われた。しかし、この程度の施用量であっても、土壌の石灰飽和度は過飽和の状態を示した。
- (6) 本汚泥は酸性土壌の改良資材として、炭カルとほぼ同等の施用効果があることが認められた。
- (7) 屋外堆積した汚泥の植生に及ぼす影響は、作物の種類と栽培様式により異なることが認められた。また、堆積中の汚泥の成分のうち、とくに水溶性石灰の減少が認められた。
- (8) 本汚泥の農業利用に当っては、土壌の塩基含量を考慮した石灰質資材としての施用が望ましい。

引 用 文 献

- 1) BREMNER, J.M.: Methods of Soil Analysis Part2, 1238-1255, American Society of Agronomy, Inc., Publisher, Madison, Wisconsin, (1965)
- 2) 土壌養分測定法委員会: 土壌養分分析法 養賢堂 (1970)
- 3) 後藤逸男・諸岡千秋・蠅木翠: 東京農業大学農学集報 Vol. 25, No 3・4, 229-247(1981)
- 4) 林雄・柴英雄: 日本土壌肥料学会講演要旨集 Vol. 25, 123 (1979)
- 5) 稲垣育雄・早川岩夫・浅野泰男・木下忠孝・有澤道雄: 愛知農総試研報 11, 366-371(1979)
- 6) 石丸章・田中克・斉藤明: 神奈川県試験研究連絡協議会 環境部会共同研究報告書 第4号, 47-56 (1981)
- 7) 鎌田春海: 神奈川県農業総合研究所研究報告 第119号(1978)
- 8) 鎌田春海等: 同上 第123号(1982)
- 9) 神奈川県企業庁水道局寒川浄水場: 資料
- 10) 神奈川県農業総合研究所: 土壌肥料関係試験成績抄録 p50, (1981)
- 11) 加藤虎治・岩田久史・澤田守男・森健治郎: 愛知農総試研報 11, 360-365 (1979)
- 12) 機器分析ハンドブック編集委員会: 機器分析ハンドブック p1049 技報堂(1972)
- 13) 丸本卓哉・甲斐秀昭・吉田堯・原田登五郎: 土肥誌 45, 395-402(1974)
- 14) 日本分析化学会北海道支部: 増補分析化学実験 p306, 化学同人(1970)
- 15) 農林省農業技術研究所: 肥料分析法 p44, (1977)
- 16) 作物分析法委員会: 栽培植物分析測定法 養賢堂 (1976)
- 17) 渋谷政夫・小山雄生・渡辺久雄: 重金属測定法 土壌汚染元素と定量法の解説 p299-317 博友社(1978)
- 18) 戸田敏一・中野直・生杉佳弘・東上剛: PPM12, 16-27(1977)
- 19) 戸田敏一等: 三重農技研報 No8, 73-80(1980)
- 20) 和地清・松崎敏英: 神奈川県試験研究連絡協議会 環境部会共同研究報告書 第4号, 17-22(1981)
- 21) 和地清: 未発表
- 22) 山田裕・鎌田春海: 土壌肥料試験研究成績 第13号, 23-41(1981)
- 23) 山田裕: 神奈川県試験研究連絡協議会 環境部会共同研究報告書 第4号 9-11(1981)

Summary

Studies on the utilization of sludge produced from water purification plant were carried out. The chemical properties of the sludge were affected by calcium hydroxide used during dewatering process of the sludge. Thus, content of calcium extracted by 0.5 N HCl and pH value in the conditioned sludge was observed to be 19.2% and 9.73, respectively.

High phosphate absorption coefficient was observed, and almost of the added phosphate was fixed by the sludge due to high phosphate absorption. It was confirmed that aluminum type of phosphate was formed in the sludge due to aluminum added to sludge during the period of water purification process. And it was considered that the nitrogen in the sludge was originated from microorganisms. Furthermore, it was also confirmed that the nitrogen available in sludge was much more useful for plant growth.

Total nitrogen content in the sludge was increased in February, March and April. On the other hand, the content of nitrogen was observed to be decreasing in summer. And also, it was found that there were significant relationship among those of nitrogen and the available phosphorous, electric conductivity and water soluble calcium.

The amount of dewatered sludge conditioned with calcium hydroxide applied for vegetable cultivation was supposed to be limited at the rate of 300 tons/ha. But the magnesium uptaken by vegetables were severely affected. Thus, from the results obtained, the amount of sludge to be applied for vegetable cultivation supposed to be suitable at the rate of 150 tons/ha. However, the soil was observed to be over saturated with calcium due to application of sludge. Therefore, it was confirmed that the sludge was as effective as calcium carbonate to improve acid soils as a liming materials. When the sludge was piled in the outdoors, it was recognized that plant growth on the sludge was different depending much on the kind of crops and cultivation methods. Furthermore, the content of water soluble calcium in the sludge was remarkably decreased while it was piled in the outdoors.

We may conclude that the utilization of this kind of sludge should be applied as one of the liming materials considering the base status of the soils.