

水質汚濁と農地

誌名	農業技術
ISSN	03888479
著者	三好, 洋
巻/号	33巻9号
掲載ページ	p. 390-395
発行年月	1978年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



水質汚濁と農地

——とくに下水処理水等の農業利用の可否をめぐる——

三 好 洋

はじめに

水質汚濁の進行、各種用水の不足および水質浄化経費の高騰にともない、水質浄化に土壌を用いる方法が検討されている。またこれにともない、汚濁水または下水の二次処理水の農業利用について、真剣に検討されねばならない情勢になりつつある。

下水または下水処理水の農業利用を、農業サイドで考える場合と、水質処理サイドで考える場合でニュアンスの差が生ずる。農業サイドでは、水質汚濁の処理を農業がひきうける必要はないという理論が展開されるし、水質浄化のサイドでは、社会全体のための水質浄化であるから、可能なすべての方法について検討すべきだとの理論が展開されよう。この両サイドのいずれにもかたよらずに、下水もしくは下水処理水の、農業利用の可能性と必要性を論ずることは困難であるが、出来るだけこの線にそって検討してみたい。これには、水質の浄化と農地とのかかわりあいについて考察してみる必要がある。また、これとは反対に、農耕地への施肥、とくに過剰施肥が水質汚濁の重大な因子であるとされている。これには多くの誤解を含んでいるので、これらをもあわせて検討を行なう。

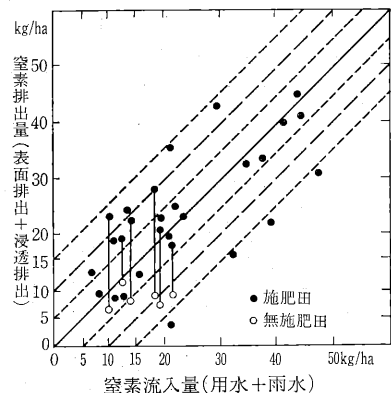
下水または下水処理水の、農業利用を促進させるプラスの要因としては、水資源の絶対量の不足が予想されることと、下水の二次処理では除去のきわめて不完全な、栄養塩類が土壌を通じてきわめて容易に除去されることの2点である。また、農業利用をちゅうちょする主な要因は、栄養塩類（特に窒素化合物）の濃度が変動しつつ供給されるために、施肥技術が困難（過剰障害も含めて）であることと、有害物質が農耕地土壌にもちこまれるおそれのあることの2点であろう。

1. 農耕地・下水の二次処理と公共水域水質の富栄養化との関連

1) 肥料成分の水域への流出と土壌の浄化作用 水質の富栄養化の要因として、水田に施された肥料成分の流出による負荷が大きく評価され、過去には水田に施用されて来た窒素成分の約30%が水域に流出するものとして、多くのシミュレーションが行なわれて来た。しかし、調査の進展にともない、この評価は必ずしも正しくない

ことが明らかになって来た。従来の試算では、水田への窒素成分のinputは施肥と灌漑水中の窒素成分に限られており、雨水中の窒素は無視されてきた。しかし、近年における雨水中の窒素成分量は、無視し得ない大きさをもっている。この点を留意し、水田作における窒素成分のinputとoutputを比較して高村¹⁾が作図した。この図に筆者が文献によって加筆したものを第1図に示す。

この図のように窒素成分が水田より流出する量は、そのほとんどが10kg/ha以下で、施肥量の10%以下に当り、平均値はほぼ0kg/haである。窒素成分の流入量が20~30



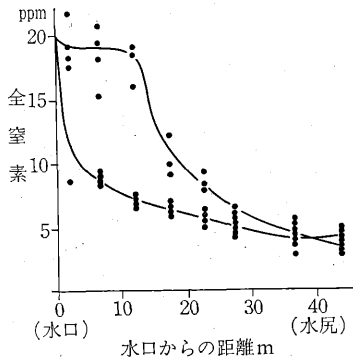
第1図 水田における窒素（全窒素）の排出量と流入量——高村の図（1977）に加筆^{1,2,3,4,5,6,7,8)}

kg/ha以上の場合には、流出量は流入量を下まわることが多く、水質を浄化している。このことを灌漑水の平均水質（作付期間中の全窒素含量の平均値）で整理すると、灌漑水中の全窒素含量が2~3ppm以上の場合には、そのほとんどが、流入窒素量より流出窒素量の方が小さくな

- 1) 高村義親：日本河川水質年鑑（1978）
- 2) 浅野次郎・谷田沢道彦：わが国農業生態系における肥料成分の循環、シンポジウム肥料による陸水の汚濁と指標植物 p. 5~6（1976）。
- 3) 浅野峯男・神田俊二：水田における肥料成分の流入流出量、同上 p. 17~24（1976）。
- 4) 中田均：琵琶湖周辺水田における肥料成分の行動と収支、シンポジウム肥料による陸水の汚濁と指標植物、25~32（1976）。
- 5) 農林省農技研肥料化学科：無機質肥料の多用にとまなう生態系の変動に関する実態解析第1報（1974）。
- 6) 田淵俊雄：農地排水と水質汚濁—水田肥料の流去、農土誌 43, 525~529（1975）。
- 7) 高村ほか：霞ヶ浦流域水田における肥料の流出、シンポジウム肥料による陸水の汚濁と指標植物、32~41（1976）。
- 8) 高村義親：水田の物質収支に関する研究、（第1報）、土肥誌 47, 398~405（1976）。

っている。これより、水田は、水質の富栄養化防止に役立つことが明らかである。

また第3図は、一枚の水田における、水口から水尻までの水質の変化を示したものである。この図は、ある程度以上富栄養化された灌漑水は、水田を通過することによって浄化されることを示している。しかしこの場合、水質の浄化の大部分は沈殿による



第2図 水口からの距離と水田表面水の水質(千葉農試)⁹⁾

ものであり、春耕により一部が再流出する可能性をもっている。

畑の場合は水田に比較して、圃場における調査、試験がきわめて少ない。しかし表面水による成分の流出は小さいので、ライシメーター試験の成績で検討することが可能である。第3図はその主なものをまとめた結果である。

このように畑地に過剰に施用された窒素は、根圏土壌外にかなりの量が流去する場合が多い。この窒素成分が公共水域の水質の富栄養化に寄与するのか、地下水を汚染するのか、土壌物質中にとどまるのか、大気中に揮散(脱窒)するのか、その収支は明らかにされていない。

これらの測定値のうちに外国のものも含まれており、

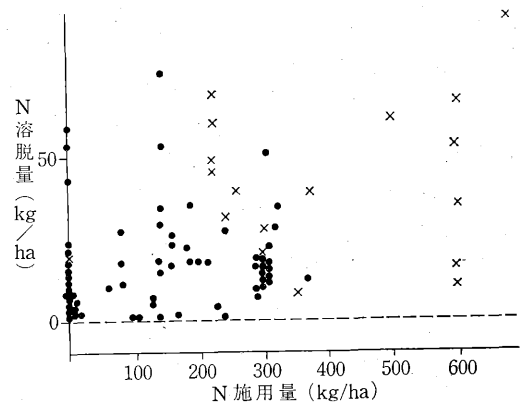
- 9) 千葉県農試：昭和50年度農作物公害試験成績書，p. 133～139 (1976)。
- 10) Allison F. E.: *Advan. Agron.*, 7, 213～250 (1955)。
- 11) Allison F. E.: *Evaluation of Incoming and Outgoing Process that Affect Soil Nitrogen*, In W. V. Bortholomew et. al. Ed. *Soil Nitrogen* p. 573～606 U. S. A. (1972)。
- 12) Allison, F. E.: *Advan. Agron.*, 18, 219～258 (1966)。
- 13) 藤島哲男・宇田川義男・松下研二郎：鹿児島県における火山灰土壌畑地の生産力と各種成分の溶脱について，土肥誌 43, 333～338 (1972)。
- 14) 藤島哲男・宇田川義男・松下研二郎：同上，鹿児島農試70年記念誌 27～48 (1971)。
- 15) 茨城県農試：土壌汚染機構解析調査報告書(昭和51年度)(1977)。
- 16) 池田実：肥料の滲透水および土壌に及ぼす影響について，土肥誌 11, 247～259 (1937)。
- 17) 石川昌男ほか：畑地からの肥料成分の溶脱，シンポジウム肥料による陸水の汚濁と指標植物，41～46 (1976)。
- 18) 岩田武司：ライシメーター試験成績，農事試報 49, 1～40 (1928)。

降雨量の多い日本においては、これらの値が増加することも考えられる。

2) 活性汚泥法による窒素・リンの除去 下水処理は沈砂、沈殿などの物理的処理(一次処理)と、活性汚泥あるいは散水ろ床などの生物的処理(二次処理)によって行われるが、これらの方法では、窒素・リンの除去率はきわめて低い。その例を次ページの第1表に示す。

水域の富栄養化に与える二次処理水の影響の大きいことは、須藤⁹⁾など、きわめて多くの指摘がある。この二次処理水を三次処理等によって、窒素、リンを除去することは技術的には解決されつつあるが、それに要する経費が低くなる期待は小さい。また、我が国の下水道は二次処理の範囲内ですら十分な進歩は示しておらず、大部分の水域において三次処理により排水中の窒素、リンを除くことはきわめて困難である。

3) 処理水の農業利用と農耕地土壌による水質の浄化ならびに農業用水の水質監視 三次処理に比較して、土壌利用による排水の浄化は低費用であり、かつ容易であ



第3図 ライシメーターにおける畑作物の窒素施用量と溶脱量^{10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25)}

- 19) Jaag, O.: *The Main Surface of Eutrophication of Inland Waters with Special Reference to the Comparative Magnitude of Pollution Sources*, *Literature I*, 235～287 (1972)。
- 20) Jung, J.: *Factors Detering the leaching of Nitrogen from Soil, Including Some Aspects of Maintenance of Water Quality*, *Literature 13*, 87～107(1972)。
- 21) 金井真澄・松田方延：土肥誌 5 (3), 19～40 (1931)。
- 22) 嶋田永生・武井昭夫・早川岩夫：そ菜栽培下での施用肥料成分の動行1，愛知農総試研報，B2, 24～30 (1976)。
- 23) 嶋田永生・武井昭夫：野菜栽培における肥料成分の溶脱，シンポジウム 肥料による陸水の汚濁と指標植物47～58 (1976)。
- 24) 愛知農総試：土壌汚染機構解析調査報告書(昭和50年度)(1976)。
- 25) 高井康雄・三好洋：土壌通論 p. 178 (1977)・朝倉書店

第1表 二次処理による下水の窒素除去率

	流入下水 T-N ppm	沈殿池 T-N ppm	処理水 T-N ppm	除去率 %
A 処理場(須藤)	24.78	32.84	27.33	-10.3
B 処理場(須藤)	34.6	32.6	16.4	52.6
N 処理場(田井)				31.1
米本団地(千葉水研)				29.6
Barley	73		44	40
堺市石津処理場	21.75	19.16	8.5	10.9
高松市福岡処理場	20.28		12.32	39.3
X ₁	40		20	50
X ₂	20		16	20
小松処理場	40.3		24.7	38.7
X ₃	47		23	53.2

文献：26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36.

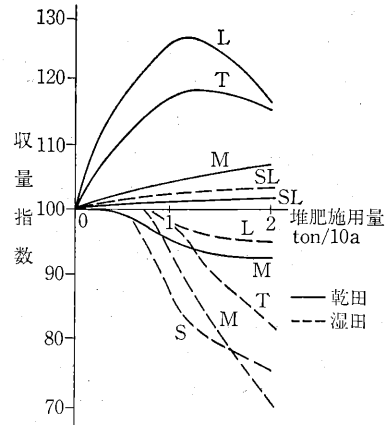
る。このため、民間³⁷⁾においても個人的に研究されている。豚舎汚水の浄化にも、土壌もしくは土壌類似物質を用いる研究が、尾形³⁸⁾によって行なわれ成功している。これらの処理は、農耕地土壌の肥沃化にもつながるものであり³⁹⁾、ある限度内では喜ばしいことである。しかしこれら処理水の利用は、有害物質等により、農耕地土壌の汚染が懸念される。利用水の質および量を検討し、この懸念を解決すれば、土壌を利用した水質浄化、処理水を利用した農耕地土壌の肥沃化が可能である。

重金属等有害物質については、下水道の体系との関連があるので後記し、ここでは有機物と栄養塩類について考察する。

有機物供給の過多は、分解による還元化の促進、根系障害につながることは論をまたないが、その他に土壌の汚物化が進行する。有機物供給量の上限は、土壌の有機物分解能力と、その際の土壌の還元化の度合によってきめるべきものである。しかしこの場合、より安全性を大きくするために、堆肥施用量試験から検討する。

第5図から考察すると、有機物供給の望ましい上限は、湿田で堆肥換算5~10t/ha・年であり、乾田は20~30t/ha・年である。栄養塩類のうち、リン過多は作物に影響を与えることは少ない。以上のことから、農耕地の有機物および窒素の消費量を計算し、供給水量とともに第3表に整理した。

汚濁水または二次処理水中の有機物は、堆肥より



第4図 堆肥施用量と水稻の収量指数 (千葉農試)⁴⁰⁾

分解しやすいものが多く、これら消費量の1/4~1/3が灌漑水より供給されても、栽培上の危険性はほとんどなく、有機物不足の解消にも役立つ。これらの値から計算すると、下水処理水、もしくはこれを2~5倍に稀釈したものは、土壌、作物に汚染もしくは障害を与えることなく、灌漑水として使用することが可能である。

第2表 農耕地の窒素、有機物の消費量(kg/ha. 概数値)

耕地	成分	消費量(1作)	灌水量(1作)
湿田	全窒素	80	8,000m ³
	有機物	<3,000	"
乾田	全窒素	80	10,000m ³
	有機物	10,000	"
畑	全窒素	80	1,200m ³
	有機物	10,000	"
やさい畑	全窒素	>80	1,200m ³
	有機物	10,000	"

26) 安藤謙・北田保之：高松市福岡下水処理場の概要，下水協誌 12 (136)，40~45 (1975).
 27) Bailey, D.A. and E.V. Thomas: Nitrogen Remound by Biological denitrification, 水処理技術 16 (2), 181~183 (1975).
 28) 千葉県水保研：米本団地水処理場調査報告書(水保研資料 No. 10) (1977).
 29) 合田健・田井慎吾：廃水の高度処理と水質の限界，用水と廃水 15 (9)，5~13 (1976).
 30) 小松ほか：都市下水処理場の各過程における水質調査，水処理技術，18 (3)，253~264 (1976).
 31) 近藤準子・岡沢和好・浜田隆治：下水処理場の機能解析，科学，42 (5)，271~278 (1972).
 32) 大久保博之：堺市石津処理場の概要，下水協誌 12 (136)，40~45 (1975).
 33) 須藤隆一：放流水域の富栄養化に及ぼす下水処理水の影響，環境創造 75 (7)，52~57 (1975).

34) 田井慎吾：富栄養化と下水道，水道公論 11 (7)，53~60 (1975).
 35) 寺町和宏・神山桂一：活性汚泥による重金属の濃縮に関する研究，下水協誌，11 (127)，32~38 (1974).
 36) 報告紹介：ラグーンにおける栄養分の要求量と除去率，下水協誌，12 (131)，100~101 (1975).
 37) 新見正：汚水の土壌浄化研究，研究情報 No. 70，4~9 (1977). (農林水産技術会議)
 38) 尾形保ほか：豚ふん尿汚水の土壌利用による浄化処理に関する研究，用水と廃水，12 (2)，112~118 (1970)，12 (3)，209~214 (1970)，12 (8)，643~661 (1970)，12 (10)，879~887 (1970)，12 (11)，975~979 (1970)，15 (5) 579~588 (1973).
 39) 関東地方建設局江戸川工事事務所・埼玉県農試：再生水資源調査 II (1977).
 40) 千葉県農試：地力保全対策調査等成績書，昭和46年度(1972)~昭和50年度(1976).

千葉県⁴⁰⁾の調査による農耕地の保水量および減水深は、第3表のとおりである。この値と、灌水による水分の葉面蒸散の増加を考慮すれば、灌漑水の下層への流失

第3表 千葉県主要耕地の保水性と減水深の概数値 (m³/ha)

耕地	土 壤	保水量 (10cm)	保水量 (50cm)	減水深 m ³ /ha・日
畑	火山灰土壌	350	1,750	
	砂質土壌	150	750	
	壤粘質土壌	250	1,250	
	重粘土壌	200	100	
水田	湿田			100
	乾田			500

文献：千葉県の畑土壌，千葉農試（1972）

はほとんどなしに、春夏作100mm (1,000t/ha)，秋冬作50mm (500t/ha) 程度の灌水が行なえる。このように我が国の農耕地は、栽培技術さえ考慮すれば、500~10,000 m³/ha の灌水が可能であり、かなりの量の処理水もしくは稀釈処理水を汚染、障害のおそれなく使用することが出来よう。この場合、もちろん、全窒素含量は十分に検討されねばならない。

しかし、下水処理水の灌水はもとより非汚染水の灌水に比して若干の問題点（精神的・技術的に）があり、工業用水・上水の使用量と水資源量とのバランスの上で、考慮されねばならず、農業のみが一方向的に処理水を使用することには問題があろう。また農業用水に処理水が使用される場合は、十分な安全対策、技術面での研究および監視が必要である。しかし、この監視態勢の確立は、二次処理水を農業に利用しない場合でも、水域の汚濁がすすんでいる現在、急がれねばならないことである。

4) 野菜等に対する施肥量と水質の富栄養化 水稻の施肥量は特殊な場合を除いて、全国的にはほぼ一定しており、水質の富栄養化に与える施肥の影響は小さく、むしろ水田作は水質の富栄養化の防止に役立っている場合が多い。しかし、畑地、とくに野菜畑においては、施肥量と作物吸収量との差が大きく、施肥窒素のかなりの部分が根域外に流出している場合が多い。千葉県における窒素施肥量と、作物による吸収量のバランスの例を示すと第4表のとおりである。

野菜に対する窒素施用量は、吸収量を大きく上まわる場合が多く、環境水質の汚濁につながるおそれがある。多施肥は土壤溶液中の濃度を高めて、多量の養分を急速に吸収さ

せ、収穫時期を早めたり、品質を向上させたり、増収させたりするためであろう。しかし、これらのことは環境とのバランスで考慮されねばならず、必要以上の過剰施肥を防止すると同時に、野菜栽培技術においても、減肥の可能性を真剣に再検討する必要がある。これには、食品価値の本質と関係の小さい外見と市場価格との矛盾を解決する必要もある。また作物の種類によって、施肥量を吸収量以下に減少させ、処理水の窒素を利用することが可能な場合は、処理水灌漑を促進することが出来る。

5) 下水処理水灌漑緑地 下水処理水を緑地、公園に灌水するばかりでなく、積極的に、このための緑地を作成することは、環境緑化とくみあわせて有効な方法であろう。また街路樹に対して労力、経費のかからない灌水法が出来れば、有効な一手法である。

2. 汚泥の重金属含量と下水道

1) 下水処理汚泥の処分 下水の二次処理のさいに、大量の余剰汚泥が生成される。千葉県印旛沼流域下水道計画より試算すると、生活排水1 m³あたり0.25kg程度、生活者1人、1日当り50~100kg、これを人口100万人、1年間に換算すると2,000~3,600 t 万の汚泥（乾物）に当る。その汚泥の一部は既に特殊肥料、土壌改良剤として農耕地に還元されている。しかし、汚泥の中には水銀、カドミウムその他の重金属、PCB等の有害物質含量が高いために、農耕地への還元に適しないものが多い。肥料取締法における特殊肥料の公定規格は、「有害な産業廃棄物に係る判定基準を定める総理府令」に定め

第4表 窒素の施用量と吸収量（千葉県，kg/10 a）

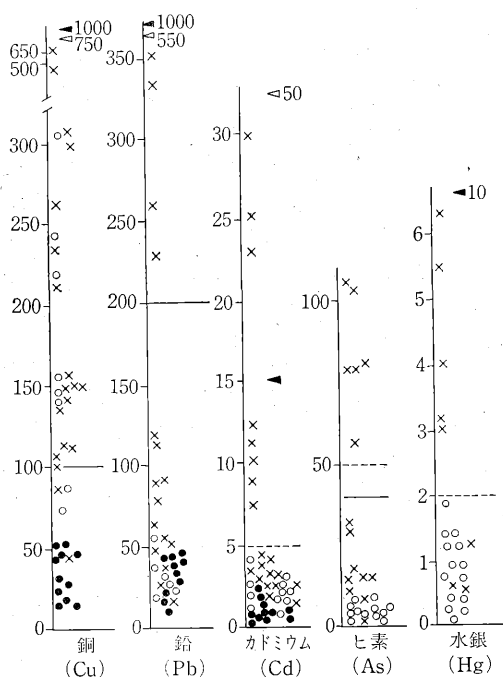
作物	土 壤	施肥 ¹⁾ 基準		吸収量	市町村	
		施用量	吸収量			
施設	ピーマン	海成砂質土	35	70	39.5	野栄
	ナス	海成砂質土	30	100	22	野栄
	トマト	海成砂質土	20	35		長生
	キュウリ	海成砂質土	25	99	25	旭
水田 やさい	レタス	砂質水田	20	32.4±6.8	10.2	館山
	ブロッコリー	壤質水田	—	92.2	8.5	松尾
露地 野菜	ダイコン	火山灰土	12.0	15.2±1.0	15.0	野田
	キャベツ	火山灰土	26	65.9±31.9	23.3±2.6	銚子
	ショウガ	火山灰土	25	24~38	20.6	八街
	サトイモ	火山灰土	18	15~26	13.2	八街
	ネギ	火山灰土	22	45.2~52.6	20.7	市川
	ホウレンソウ	火山灰土	15	28.0~40.2		船橋、鎌ヶ谷
	タマネギ	海成砂質土	20	25~36		白子
ニンジン	火山灰土	15	28~42		千葉	

注 1)：千葉県の施肥基準 文献：25, 40) 41.

41) 千葉県：施肥基準 (1976).

る溶出試験で、有機水銀、六価クロム等の9項目が基準値以下であることのほかに、乾物当り As 50ppm, Cd 5 ppm, Hg 2 ppm 以下であることが必要であるとしている。しかし、この基準以下であっても、土壌への供給量が作物の吸収量を大きく上まわる場合は、土壌に蓄積される。このため、農耕地に施用するには、汚泥中の重金属等の有害物質含量、耕地土壌の一般値に近いものであることが望ましい。

2) 下水の種類と有害物質含量 下水処理汚泥中の重金属等有害物質含量は、処理前の生下水の成分に影響をうける。文献により、処理汚泥の重金属含量の測定値を集め、団地等の生活排水のみを処理した汚泥と、工場排水等の混入しているおそれのある広域の公共下水道などの二つに区分して第5図に整理した。



第5図 活性汚泥の重金属含量(乾物当り ppm)^{42,43,44,45,46)}
 ○ 住居専域汚泥 ……肥料取締法公定規格
 × 広域汚泥 ———Bowen の土壌通常値の上限
 ● 非汚染土壌 ◁ Baker の許容限界 (Frang. 1974)
 ◀ Cheney の許容限界 (USDA 1974)

42) 浅見輝男・加藤景子：土壌中のカドミウム・亜鉛・鉛・銅の全量定量法の比較，土肥誌，48，335～336 (1977).
 43) 千葉県農化検：堆厩肥・家畜糞尿の重金属・微量必須成分の調査 (1976).
 44) 千葉県農化検：未発表資料
 45) 登川親：下水汚泥農地還元危険性，公害研究，7 (1)，31～33 (1977).
 46) Bowen: →(Allaway: Advan in Agnromy, 30, 240～243 (198).

このように、鉄、亜鉛、銅の三成分をのぞいては、二つの区分の間に明瞭な重金属含量の差が認められる。前者は重金属含量が低く、後者は高いものが含まれている。鉄、銅は処理場で添加する沈降剤から来るものであり、亜鉛は一般生活の中に使用されているものに由来すると思われる。この図においても明らかなように、生活排水専用下水処理汚泥中の水銀、ヒ素、カドミウムは、すべて肥料取締の公定規格以下である。土壌汚染防止法による $\frac{1}{10}$ 規定塩酸浸出銅の 125ppm という限界値は、全銅200～300ppm程度に当ると思われ、これら汚泥の値がこの数値をこえていない。以上のことから生活排水専用下水処理汚泥は、そのほとんどが農業利用に危険性はない。これに対して、広域の下水道の処理汚泥の農業利用には不適なものが含まれている。

3) 下水処理汚泥の農業利用と下水道体系 下水処理により生産される汚泥の量は膨大であり、その多くは、重金属等の有害物質含量が高く、農耕地への施用は土壌汚染をまねくおそれのある場合が多い。また、その処分にも広大な最終処分地の確保と膨大な経費が必要である。地理的条件からも、無制限に最終処分地を確保することは不可能である。物質循環の考えからも、最終処分という考えは、環境のサイクルを無視するものであり、このような処分は最小限度にとどめるべきである。余剰汚泥の大部分を農業利用等により、環境の一部に還元出来れば、環境保全の上からも、地力増進の上からも有効である。このため、小区域にぎった、生活排水専用の下水処理場の増置等により、有害物質含量が低く、農業利用が安全な汚泥を多くすることが出来る。また汚泥中の重金属含量は、水中の重金属含量の指標にもなり、処理水の農業利用の面からも、下水処理の小分割が望ましい。このことは、処理場の用地確保の困難性も含めた。現在の大処理場建設への方向と逆行する面があるが、以上のことから、下水の処理体系についての再検討が必要である。

また汚泥の農業利用等の可否を検討するため、体系的に汚泥の質の調査が必要であり、現在進行しつつある。

3. 下水道は水を陸水から分離する

下水道、特に流域下水道のような広域を対象にした下水道は、排水を地表水から分離してしまい、排水は再び陸上の環境水にもどることがないか、きわめて長い行程を陸水から分離される。このため、広域の下水道は陸水の量を減少せしめ、大型の流域下水道が稼動した場合、地域の小河川は基本流量をわるおそれすらあり、景観的にも問題は大きい。この面からも、下水は小区域ごとに

浄化・処理の上、環境にもどすことがのぞましい。

また、下水道の役割の一つに、都市部の降水の急速な排除があるが、これも降水を環境水から分離し、水資源の減少、水質汚濁、地盤沈下の進行、地下水の減少などつながるおそれがある。雨水を別系統にあつめて処理しているところもあるが、ほとんどは十分な処理が行なわれていない。都市の舗装地域に降雨を集めて土壌にしみこませるゾーンをつくり、これを緑地もしくは街路樹の植穴にすることも、この面の解決の一助になろう。また、現在研究のすすめられている、透水性の高い舗装材料の完成も期待したい。

4. 考察ならびに提案

以上、水資源確保の一方策と水質の富栄養化防止を中心に、水質と農地等の係わりあいを考察して来た。これらのことから、今後の政策についての考察をすすめる。

1) 水質保全実験農場の設置による下水処理、汚泥などの農業利用技術と安全対策の検討 前記のように、下水処理水および活性汚泥水を土壌に還元して、水質の浄化、水資源の有効利用、地力の増強をはかることは、各面にわたって有利な対策である。しかし、水質、汚泥の質等を厳密に選んで利用しても、長年にわたる利用により、重金属等の有害物質の土壌蓄積が起こる可能性は皆無とは言えない。また処理水、汚泥中に含まれる窒素成分の肥効、有機物の働きは、堆肥、化学肥料のそれと異なり、栽培法の検討も必要である。同時に、これらの過剰による農作物の障害、土壌の汚染をまねくおそれがある。これらのことに対しては実験的な監視が必要である。

下水処理水および下水の農業利用は、世界で数多くの実験・実施⁴⁷⁾がなされている。西独の Schweig 市における下水灌漑を笹野⁴⁸⁾が報告している。人口 240 千人に対して、農地 4,200ha、すなわち 57人/ha の比率で灌漑している。農耕地に水田を含み、下水でなく、下水処理水を用いるとすれば、日本での人口と面積の比率はもっと変化するであろう。この地区では、灌漑を実施するために下水利用組合をつくり、農民代表 3 名、市の代表者 3 名よりなる役員会によって統轄されている。土地利用者、集落、市当局はそれぞれ代表者を出し、24 名からなる委員会を形成して運営している。この地区の水質は第 5 表に示すとおりである。

この地区では、60~250mm の下水灌漑を行ない、そ

47) 産業公害防止協会：下水処理水及び汚泥の農業利用（注釈つき文献リスト）（1975）。

48) 笹野伸治：西ドイツの下水灌がい、用水と営農、1976（2）4~16。

第 5 表 下水灌がい地域の水質（1973年 1月~8月、Brounschweig 市）

	地域内 地下水	地域外 地下水	一般 排水	地域 放流水	Oker 川	Erse 川	使用 下水
pH	6.79	6.96	7.2	6.68	7.38	7.2	
COD	16.02	24.27	18.1	10.7	24.7	29.6	
BOD ₅	1.55	1.56	17.0	1.4	17.8	14.2	
NH ₃ -N	2.71	2.85	4.19	2.35	7.17	11.82	33.3
NO ₃ -N	26.27	17.96	13.53	23.72	8.61	6.21	0.09
NO ₂ -N	0.17	0.06	0.71	0.005	0.83	2.15	0.12
K	28.71	54.56	11.71	13.6	11.31	50.65	21.75
Na	52.4	42.5	67.7	66.6	77.0	91.0	133.5
Mg	5.0	5.5	5.7	5.7	57.5	7.00	14.4
Ca	45.9	49.8	46.7	43.7	43.0	62.7	38.6
P	0.431	0.668	2.74	0.157	0.811	1.418	
Cl	127.6	130.5	137.3	131.6	162.4	461.4	
SO ₄ -S	585	70	60.5	57.5	64	939	
全-N							47.1
蒸発残渣							1,444

文献：36。

の大部分が 12~270% の増収を示しているが、地域の地下水、流出水はほとんど汚染されていない。しかし、土壌の種類、灌漑水の量・質ならびに降水量などによって条件は異なり、我が国において実施するにはなお多くの検討事項がある。下水処理水の農地利用に関する栽培技術（施肥、病害など）・水利用法、水質および土壌汚染、地下水汚染、作物障害の監視などを実証的に研究することは、将来の水資源対策、水質保全対策の重要な手法を確立するために必要である。この目的を達成するために、水質保全実験農場もしくは土壌を利用した簡単な処理法の検討も含めた水質保全実験場を設置する必要がある。

2) 汚泥、コンポスト、畜産廃棄物等の管理、利用のための機関の設置 汚泥の農地利用は畜産廃棄物や堆肥と異なり、重金属等の有害物質含量の高い可能性があるため、これらを選別して利用の促進をはかるための組織をつくり、コンポスト、畜産廃棄物を含めて、廃棄有機物の農業利用をすすめるべきである。

ま と め

(1) 下水道体系の再検討と小地域単位の水処理場増設の検討

(2) 下水処理水、汚泥、畜産廃棄物の農業利用の促進とこれらの安全対策の検討、とくに水質保全実験農場の設置と利用促進のための機関の必要性

(3) 活性汚泥の質についての総合調査

(4) 都市部舗装地域降水の利用、とくにしみこみゾーンの設置法の検討

(みよしひろし 千葉県水質保全研究所長)