

環境に調和した下水道の可能性 —社会経済システムと環境—

REALIZATION OF SUSTAINABLE SEWERAGE

— A SOCIO-ECONOMIC SYSTEM AND ENVIRONMENT —

水谷潤太郎*・玉真俊彦*

Juntaro MIZUTANI*, Toshihiko TAMAMA*

ABSTRACT; Recently, contents of the “environmental problems” have changed and contain not only the mere water pollution problems but also the conservation of the natural ecosystem and global environmental problems, etc. And the sewerage industry also confronts many new environmental problems of this type, such as toxic materials of very small quantity (PCBs, DDT, DXNs), environmental endocrine disrupters, and the unsound material cycle of the nutrients, etc. However, the sewerage industry does not recognize adequately about such changes in its paradigm, and necessary countermeasures are not well elucidated. The purpose of this paper is to study these countermeasures. Such items are proposed:

- Comprehensive river basin management including not only point sources but also non-point ones.
- Adoption of effluent ocean outfall.
- Tank (megafloat on ocean) to treat and recycle of the sewage sludge and the urban & livestock wastes.

And this paper presents a tentative plan of the sewage treatment that can avoid the risk of the pathogenic germs, toxic materials and environmental endocrine disrupters, and also promote the recycle of the nutrients contained in the sewage, as a basis for discussion.

KEYWORDS; sustainability, sewerage, toxic materials of very small quantity, material cycle of nutrients, coast

1. 本論文の目的

昭和 42 年 (1967 年) の公害対策基本法, 昭和 45 年 (1970 年) の水質汚濁防止法以来, 日本においては下水道の整備が急速に進められてきており, 平成 8 年度 (1996 年度) の処理人口普及率は 55% となったとされている¹⁾.

この結果, 河川の BOD で表わされた水質は確かに向上しているようである. しかし, 内湾や湖沼の水質の向上が顕著でないのは周知のことである.

また環境保全の意味も大きく変化してきている. 公害対策基本法に示されるような従来の排出規制を中心とした公害対策から, 環境基本法 (平成 5 年 (1993 年) 11 月 19 日公布) に示される次のような事項が課題となってきた.

- 都市生活型の公害や廃棄物への対策.
- 都市部では身近な自然の減少を食い止め, 過疎地では森林の有する環境保全機能の維持を図る.
- 地球環境の健全性の維持.

さらに, 環境基本法を受けて平成 6 年 (1994 年) 12 月 16 日に閣議決定された「環境基本計画」では, 以下の項目が長期的な目標として掲げられている.

*日本上下水道設計(株) NIPPON JOGESUIDO SEKKEI CO., LTD.

- 循環—環境への負荷の少ない循環を基調とする経済社会システム。
- 共生—人間が多様な自然、生物と共に生きることができる。
- 参加—あらゆる人々が環境保全の行動に参加する。
- 国際的取組—国際的に環境保全に取り組んでいく。

したがって下水道は、今後、従来の水質汚濁防止型下水道事業に加えて、こうした新しい環境問題への対応も迫られている。

以上のような問題意識から、環境に調和した下水道の課題を整理し、この社会経済システムの今後のあり方について叩き台を提供しようというのが、この論文の目的である。なお本論文では、下水道の機能を以下に示す都市排水管理上の課題(a)、(b)に限定し、例えば浸水の防除（雨水の排除）などは対象としない。これは性格が異なる問題である。

- (a) 都市域において発生する排水を適正に処理・処分して、良好な水辺環境を確保すること。
- (b) 排水中の汚濁物質を適正に処理・処分すること。

2. 環境に調和した下水道の課題

第1章(a)の課題「都市域において発生する排水を適正に処理・処分して、良好な水辺環境を確保すること」について言えば、先に述べたように下水道の普及率は高水準となっており¹⁾、多くの都市域では、排水を下水管渠に収容して流下させ、海岸部などの下水処理場で二次処理して沿岸海域に放流するシステムが概成している。しかし良好な水辺環境の確保という点からすると、次の課題が残されている。

- (a) 雨水や合流式の越流水、あるいは田畑からの排水など、「ノンポイントソース」の対策が十分ではない。
- (b) 水質保全の指標が事実上BODとSSだけであり、病原菌（ウイルス・クリプトスポリジウム等）、微量有害物質（PCB・DDT・ダイオキシン等）、あるいは環境ホルモンなどについては十分に考慮されていない。
- (c) 残された水路や河川がコンクリートや鋼矢板護岸で固められたもので、しかもほとんど流水がないようなものであったり、そもそも蓋をして見えなくなっていたりする。
- (d) 放流先の沿岸海域の水質について十分に考慮されていない。
- (e) 内陸部の一部地域では、流水中に占める下水処理水の割合が高い河川があり、水道水源の汚染や河川生態系の劣化などの問題を引き起こしている。

また第1章(b)の課題「排水中の汚濁物質を適正に処理・処分すること」について言えば、下水処理で発生する污泥を焼却・熔融し、生成された灰やスラグを処分するシステムが主流となっているが、次のような問題点がある。

- ・ 污泥に含まれる窒素・リンなどは大部分有効利用されず、ただ廃棄物として処分されている。
- ・ 下水処理放流水に含まれる総窒素・総リンの有効利用が考慮されていない。ただ富栄養化の原因となる汚染物質としてのみとらえられている。

この二つの問題点は、まとめて、

- (f) 都市排水に含まれる総窒素・総リンの物質循環の改善、の課題とすることができよう。
- さらに施設の多目的利用の観点から、次のような事項も考慮する必要がある。
- (g) ディスポーザー
 - (h) 下水管渠空間を利用した地域熱供給

最後に、より根本的にみれば、なぜ管渠を使った下水道にこだわるのか、個別処理でもよいではないかとも考えられる。

- (i) 個別処理の評価、についても検討する必要がある。

3章では、以上提示した(a)から(i)の9個の課題について順次説明し、4章で「環境に調和した下水道」の観点から総合的に検討したい。

3. 課題の概要

3. 1 雨水や合流式下水道の越流水などノンポイント対策

湖沼や内湾等の閉鎖性水域に流入する汚濁負荷量の相当部分が、通常の排水規制や下水道事業では対応できないノンポイント汚濁源であることはよく知られている。(例えば文献 2)) また合流式下水道の越流水の負荷もけして無視できるものではない。(例えば文献 3))

雨水や合流式の越流水などノンポイント汚濁負荷については、決め手となる技術に乏しいようであるが、藤田によれば次のようなポイントがあるとされている。⁴⁾

- (a) 流出モデルの利用——従来の合理式による解析では、貯留の効果や水質については解析できない。コンピュータを用いた流出モデルの利用が不可欠である。
- (b) 流出抑制手法の積極的な採用——滞水池・貯留管、浸透トレンチ
- (c) 合流改善——合流式の越流水については100%完全というわけにはいかないが、特に初期降雨を貯留することが効果ありと、言われている。

3. 2 微量有害物質や病原菌の問題

現在の活性汚泥法などの下水処理法は遺伝子損傷性物質(発癌性物質)(PCB・DDT・ダイオキシンなど)の処理に有効ではない⁵⁾。しかし、これに替る経済的に妥当で安全な処理技術の提案は十分になされていない。なお文献 13)で、環境毒性削減:評価と制御について、米国の最新の知見を紹介している。

また環境ホルモンが下水処理水中に検出されており、下流の魚類などの生殖健康に影響を及ぼしていることが指摘されている⁶⁾。しかし、現在用いられている下水処理法に替る、経済的に妥当で安全な処理技術の提案はなされていない。松井¹⁴⁾は、環境ホルモンのような脂溶性微量汚染物質除去法として、ポリプロピレン海綿体を用いたコアレスエンバグの可能性について紹介している。またこれに引続いて、残された微量有害物質除去対策として、フミン質などの除去についても、親水性ろ材を用いたろ過の可能性を示している。

さらに日本でも、下水処理水にクリプトスポリジウムが残存し、しかも塩素消毒しても死滅しないことが見出されている⁷⁾。これによる集団下痢の実例も埼玉県越生町である。しかし、やはり現在用いられている下水処理法に替る、経済的に妥当で安全な処理技術の提案はなされていない。ただ建設省では、処理水の再利用を行っている場合には、クリプトスポリジウム濃度によっては、処理水の供給停止・利用制限等の措置をとることについて検討すべきとしている。

なお、これ以外に有害汚濁物質は全くないのか、不明である。

さきに第2章で述べたように、日本の多くの都市域では、排水を下水管渠に収容して流下させ、海岸部などの下水処理場で二次処理して沿岸海域に放流するシステムが概成している。このことにより、河川水については、人が飲みまた接触性の親水活動を行う場合、上記のような微量有害物質・環境ホルモンや病原菌のリスクを大幅に減らすことにつながっている。また、その河川生態系へのリスクの軽減にも役立っている。

しかし、放流先の沿岸海域の水質については、十分に考慮されてこなかったと言えよう。また、内陸部の河川に放流される下水処理水の問題もある。

現状では、下水の処理技術について、環境リスクを十全に管理する案は提案されていない。また下水の場合には、今後新たな有害汚染物質が見つかることは全く無いと、証明することは困難であるので、個々の汚濁物質の除去・処理だけで、人と河川生態系への環境リスクを管理することは難しいと思われる。

3. 3 残された水路や河川がコンクリートや鋼矢板護岸で固められたもので、しかもほとんど流水がないようなものであったり、そもそも蓋をして見えなくなっていたりする問題

流域下水道のような大規模な下水道を作ると、排水が下水道管にすべて入ってしまい、河川の流量が減るという指摘があった⁸⁾。大都市部の中小河川では、現象的にはそういうこともあった⁹⁾。

しかしこの問題は、河川や水路をコンクリートや鋼矢板で直線河道にして流下速度を速め、また拡幅を行ったため、河川の固有流量では十分な水量があるようには見えなくなったことが大きな原因である。

むしろ水路や河川を自然の形態のものにして、また固有流量だけで水辺を作る方がよいのではないだろうか。

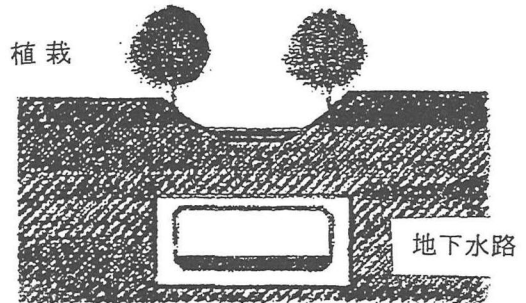


図-1 二層水路形態

水谷は、都市部の水路や河川については、二層水路形態(図-1 参照) + 池の連続形態により整備することがよいと提案した⁹⁾。このようにすれば、わざわざ下流から下水処理水を「水循環」して、河川流量の増補を行う必要がなくなる。

3. 4 放流先の沿岸海域の水質について十分に考慮されていない問題

多くの日本の都市域の下水道は、海岸部の下水処理場で二次処理して沿岸海域に放流するシステム形態となっている。あたかも日本の下水道論は陸と河川で止まってしまい、海はただ排水先とのみ捉えられているようである。内湾の富栄養化については考えられ始めているものの、例えば微量有害物質や病原菌については十分に配慮されていない。

この問題については、米国の経験に基づき、統合型水資源管理(I CM)という考え方が紹介されている¹⁰⁾。この報告書の主張は、沿岸海域の水質保全是川の場合とは異なり、必ずしもBODを指標とした二次処理をベースに考える必要はない、ということである。むしろ、海中放流管・水処理・発生源管理、あるいは合流越流水対策や農地の施肥管理などを統合的に考える必要があると述べている。内容の概略は以下のとおり。

(1) 今後の問題となる成分

1) 優先度の高いもの

総窒素・総リンなどの栄養塩——富栄養化問題、二次処理では除去できない、海中放流管などを用いて放流先を外海にすること、施肥管理などが有効。

病原性微生物——表流水と下水には、これまで、100種以上の病原性微生物のウィルスや細菌が発見されている。海水浴場の水質、干潟の貝類などの漁業資源に影響がある。大腸菌群よりもウィルスの方が通常耐性があり、大腸菌指標が必ずしも安全の指標とならない。

日本でも、放流水および河川水が流入してくる湾内海水よりヒト腸管由来のウィルスが高頻度に分離され、また近海で養殖されている魚貝類が糞便由来のウィルスに汚染され、その結果ウィルス性食中毒が頻発していることが指摘されている¹⁵⁾。

微量有害物質——PCB、DDT、ダイオキシンなど。

2) 中程度に優先度の高いもの

金属——水銀、カドミウム、スズ等が局所的に高い場合がある。

発生源対策が有効。

油その他の有害物質——日本海のタンカー事故。

浮遊性物質とプラスチック——ごみ。

3) 比較的優先度の低いもの

BOD——海域で酸素欠乏が問題となることはめったにない。あるとしても、富栄養化による藻類異常増殖の影響の方が大きい。

SS (固形物)

したがって、二次処理を行うことは、海域の観点からすれば余り意味はない。

(2) 沿岸海域の水質保全技術

1) 海中放流管

海中放流管は液状の排水を水域へ放流するパイプラインである。過去40年の間に、高い初期希釈効果を与え、温度及び

塩分躍層より下に潜り込ませて水中のブリュームを形成させる技術は大きな進歩があった。(図-2参照)

これは究極の排水先ということが出来るが、超長期的な海洋の汚濁が本当にないのか、はっきりしたことは述べられていない。

しかし、海中放流管を用いれば、下水処理水を、人と生態系から離れた位置で、しかも高希釈で放流できるので、環境リスクの回避という点では、処理水を沿岸海域や内陸部に放流するよりは有利である。

超長期的な海洋の汚濁問題については、モニタリングを継続的に実施し、悪影響については未然に発生源などで対策をとることが必要である。

2) 発生源対策

汚染の未然防止、前処理(除害施設)、循環利用と再利用など。

3) 下水処理

海域に放流する場合には、化学的一次処理などの利用も考えられる。また、処理水の再利用や節水は、海域への汚濁負荷を減らす効果がある。

4) 合流式の越流水や面源管理

これについては先に3.1節で延べた。

5) 消毒

塩素処理は最も広く利用されており、効果の信頼性も高いが、処理下水に含まれる有機化合物と塩素が反応し生成される毒性有機塩素化合物や過剰塩素は、多くの水中生物に有害である。

塩素のこうした毒性副産物を避ける目的で、オゾン処理が用いられる。しかしオゾン処理は費用がかかり、また残留濃度を維持できないので、消毒後に微生物が再増殖する可能性がある。

紫外線照射は種々の微生物やウイルスに効果的で、残留毒性もない利点がある。しかし残留効果が無く、また微生物遺伝子の光修復の可能性がある。さらに、懸濁物質が多いと、プロセスの効力が損なわれる。

微生物の消毒に対する相対抵抗力は寄生虫のシスト・細菌性胞子・ウイルス・自栄養細菌の順であり、大腸菌群数は必ずしもウイルスなどの安全の指標とはならない。

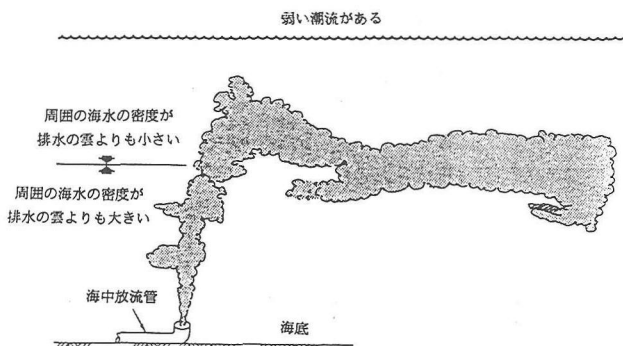


図-2 水中放流管による、温度及び塩分躍層下への排水の排出・拡散と、ブリュームの形成

3.5 内陸部河川への下水処理水の放流

2章で述べたように、日本の多くの都市域では、排水を下水管渠に収容して流下させ、海岸部などの下水処理場で二次処理して沿岸海域に放流するシステムが概成しているが、内陸部の一部地域では、高割合で下水処理水を受けている河川がある。(例えば、栃木県など) こうした河川で、環境リスクを十全に管理する

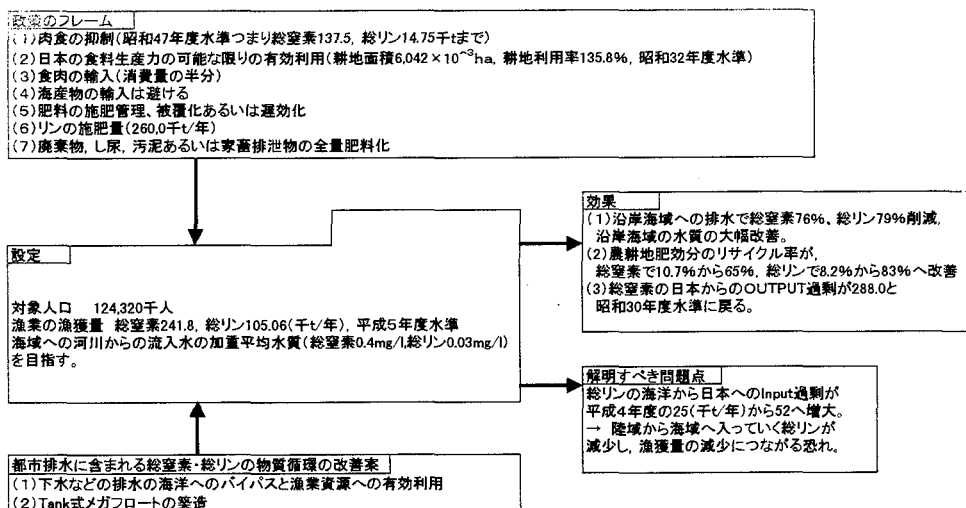


図-3 都市排水に含まれる総窒素・総リンの物質循環の改善(まとめ)

ことは難しい。対処策としては、

- ・ 下水のさらなる処理を進める、
- ・ 沿岸海域、さらに海洋まで、処理水を長距離送水する。コスト的に困難な場合には、できるだけ高希釈の期待できる放流点まで送水する、
- ・ 処理水を、樹木などの灌漑に用いて、蒸散させる、
- ・ 地層条件が許せば、地下数百メートル以深へ、ディープ・ウェルで封入する、

など考えられるが、コスト等の問題がある。しかし少なくとも、水道水源下流まではバイパスすべきである。また、国土総合デザインの課題として、河川上流部での都市等開発は抑制すべきである。

3. 6 都市排水に含まれる総窒素・総リンの物質循環

この問題については、都市排水や下水道のみを孤立して取り扱うことはできず、農漁業や廃棄物などと併せた視点で総合的に検討する必要がある。水谷は、こうした総合的なフレームとして、日本規模の総窒素・総リンの物質循環図を作成し¹¹⁾、これを用いて物質循環の過去の傾向を把握するとともに、その環境調和性を改善する方策について提案を行った¹²⁾。この論文によると図-3に示すような物質循環の改善が図られるとされている。都市排水に含まれる総窒素・総リンの物質循環の改善案としては次の二項目が提示されている。

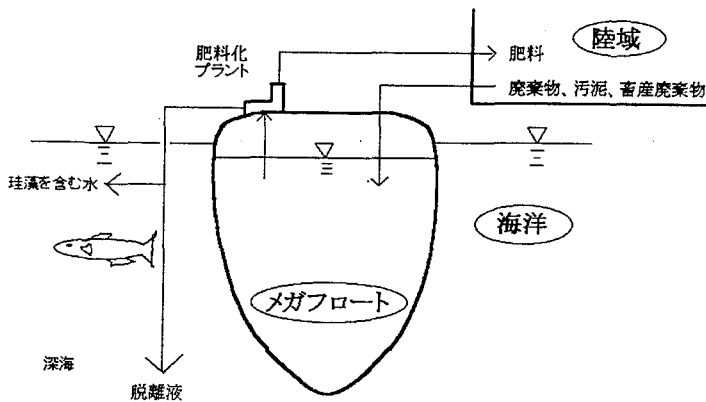
(1) 下水などの排水の海洋へのバイパスと漁業資源への有効利用

たんに排水の海洋へのバイパスを行うだけでは、内湾の富栄養化対策にはなるが、総窒素・総リンの物質循環の改善には結びつかない。漁業資源への有効利用も考慮する必要がある。

(2) 海洋に浮かべた Tank 式メガフロートの築造

Tank 式メガフロートは図-4に示すようなものである。この総窒素・総リンのリサイクルに及ぼす効果は次のとおりである。

- 汚泥などに含まれる総窒素・総リンのリサイクルを促進するためには、重金属や病原菌などをコントロールしてその品質管理を図る必要がある。そのためにはある程度の量が集積されないと、除去や殺菌など対策を講じることが経済的でなくなる。
- 汚泥や廃棄物から菌体肥料や被覆化・遅効化した肥料を作るには、一定規模の施設が必要であり、



図－４ Tank 式メガフロートによる汚泥などのリサイクル

原料も相当規模なければならない。

- (c) ある程度の量が集まると、同一品質の製品を適時に市場に提供できるようになる。
- (d) 汚泥などの発生と肥料の需要時期にはずれがあり、ある程度貯蔵することが必要である。
- (e) 汚泥や廃棄物を長期間 Tank で貯留すると、嫌気性発酵が進んで、有機物が分解されてメタン等になり、エネルギー回収ができる。また残存物も衛生的にみてより安定化されたものになる。
- (f) 海上に設けた Tank で廃棄物や汚泥を処理すると、脱離液に珪藻などを植種して培養などし、また病原性微生物などが十分低減した後、そのまま（固液分離などせずに）周辺海域に放流できる。こうして脱離液の総窒素・総リンの循環が図れ、この Tank 周辺は一種の海洋牧場になる。
- (g) この Tank 式メガフロートは巨大浮遊構造物として海上に設置できる。陸上で汚泥や廃棄物を処理・処分することは社会的抵抗が強いが、海上に設置することによりこうした問題の回避に役立つ。

図－３に示すように、物質循環を改善することにより、陸域から海域へ入っていく総リンが減少し、漁獲量の減少につながるものが、未解明の問題として残されている。

３．７ ディスポーザー

ディスポーザーは、家庭などからでる生ごみをすりつぶして下水に流し込む機械である。ディスポーザーのメリットとして言われていることは、

- ・ 家庭内から生ごみが無くなり、生活環境が清潔になる。
 - ・ ごみ出し手間がはぶける。自治体もごみの収集回数を減らすことができる。老人家庭の負担が減る。積雪地では有利。
 - ・ 一般ごみの含水率が低下し、その燃料価値があがるので、廃棄物発電の効率が上昇する。
 - ・ 包装材等へ使用されるＰＶＣ樹脂の削減と併せて、ディスポーザーの利用を推進すれば、塩素による廃棄物燃焼炉の損傷の防止、ダイオキシン類の生成の抑制、焼却灰の処分の容易化などの効果がある。
- しかし多くの自治体ではディスポーザー使用を条例などで禁止している。その理由は次のとおりである。
- 下水道施設への負荷が増す。
 - 合流式下水道の場合には、越流水がより汚くなる。
 - 下水道の整備水準が低い時点では、未整備地区のディスポーザー使用は水質汚濁を激化させる。
 - ディスポーザー使用により、コンポストとして有効利用すべき生ごみが無くなる。

だから、下水道の普及率が上昇し、また合流式対策が進展するなど下水道の改善がなされた場合には、ディスポーザーについて環境調和の観点から再度見直す必要がある。

ディスポーザー使用で、環境面から見て最も問題となるのは、生ごみに含まれる総窒素・総リンなどの肥料成分をただ捨て去るだけではないかという点である。しかし3.6節で述べたように、汚泥に含まれる栄養物質をメガフロートなどを利用して完全にリサイクルするのならば、この問題点は回避できる。むしろ現状では廃棄物焼却場に送られている生ごみまで有効利用できることになるので、かなりの改善となる。

ディスポーザー普及の直接のメリットは市民の生活環境の向上であるが、この設置により、一般ごみがバイオマス・エネルギー源として価値の高いものとなり、枯渇しない代替エネルギー源となることができ的可能性がある。（この点については、ディスポーザー使用に伴うエネルギー消費量の増加もあるので、LCAを用いた検討が必要である。）栄養塩の循環についても改善できる可能性があるので、環境に調和した下水道施設の多目的利用としても、ディスポーザーの普及は一考に値する。

ただしディスポーザーの利用は、大規模生ごみ排出源における個別循環利用と平行して行われるべきであり、主として一般家庭を対象として考えるべきである。

3.8 下水管渠空間を利用した地域熱供給

下水管渠空間は都市に既にあり、全ての家庭やオフィスに接続している一種の「共同溝」である。この利点に目をつけて、最近、光ファイバーを用いた情報ネットワークの、下水管渠内への構築が盛んに行われるようになってきた。

次のこうしたプロジェクトとして有力なのは、地域熱供給の配管網ではないかと考える。

地域熱供給は、地域のセンターで温水や冷水などを作り、それを各オフィスや家庭などに配るシステムである。熱源として廃棄物焼却炉・発電所などの廃熱を用いれば、熱の有効利用につながり、炭酸ガスの削減と地球環境の保全に役立つ。

地域熱供給は新たな配管網が必要であり、これがその普及を妨げているが、下水管渠空間を利用して配管網を構築すれば、大幅なコストの削減が可能である。

3.9 個別処理の評価

図-5に示すような各戸ごとの水利用システムが、個別処理の究極の姿であると思われる。このシステムの特徴は水洗便所を用いていない点にあり、この点で例えば合併式浄化槽とは異なる。しかし、汲み取り便所のような非衛生的なものにならないよう、注意する必要がある。

水洗便所-合併式浄化槽を用いた個別処理では、病原菌や微量有害物質あるいは環境ホルモンなどを住居の近傍に撒き散らしてしまうので、流域下水道のような処理水を主として沿岸海域に放流するシステムに比して、陸域と河川の環境保全上問題が多い。

またこの両者は、沿岸海域に与える影響の点で差異はない。

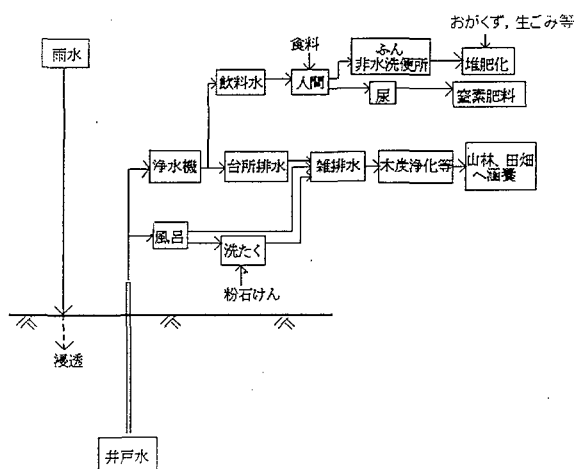


図-5 究極の個別処理案

表－１ 環境と調和した下水道、個別処理タイプと大規模下水道タイプの比較

		個別処理タイプ	大規模下水道システム
(１)	環境への負荷	少ない。しかし雨水問題やリンの枯渇の問題、あるいはコンポストや雑排水の衛生問題（特に寄生虫）はある。	少なくできるが、完全な技術的説明は為されていない所がある。
(２)	市民の関与	大、市民参画型。	小、面倒くさがりの市民向け。
(３)	技術的興味	大、家庭機器メーカー的。	大、プロジェクト志向型。
(４)	実現可能性	田園部では可能。	恐らく可能だろう。
(５)	都市部での実現可能性	困難点が多いだろう。 #都市部では各市民の行動をチェックするのが困難だ。 #都市家庭の土地不足。	恐らく可能だろう。

図－５に示すような個別処理と、流域下水道に代表される大規模な下水道を比較すると表－１のとおりである。どちらのシステムでも環境調和性を確保する上で多くの課題があるが、日本の場合は既に大規模下水道システムが概成しているので、当分この方向で進むことになるだろう。

４．環境に調和した下水道－その総合的検討

２章で提示した「環境に調和した下水道の課題」、あるいは３章で提示した「課題の概要」に基づいて、総合的に検討すると、次のとおりである。

１）沿岸海域の水質問題

日本の多くの都市域では、排水を下水管渠に収容して流下させ、海岸部などの下水処理場で二次処理して沿岸海域に放流するシステムが概成している。このため河川水については、病原菌と微量有害物質あるいは環境ホルモンのリスクから、市民と生態系を守る仕組みとなっており、例えば合併浄化槽などと比較しても優位なシステムである。しかし、放流先の沿岸海域の水質については十分考慮してこなかった。

２）河川流量の枯渇問題

また、このような流域下水道に代表されるシステムを採用すると、大都市部では排水が下水道管渠にすべて入ってしまい、河川流量が減るという指摘があった。この問題は、残された水路について、二層水路形態＋池の連続形態をとれば、解決できる問題である。

３）沿岸海域の水質保全

放流先の沿岸海域の水質については、従来のように二次処理あるいは高度処理だけを主張しても無益である。むしろ海中放流管による排水の海洋への拡散・排水処理・発生源管理、合流越流水対策や農地の施肥管理、あるいは下水処理水の樹木灌水などへの再利用や節水などを、統合的に考える必要がある。

４）下水処理と処理水の海中放流

現状では、環境リスクを十全に管理する下水の処理技術は提案されていない。また下水の場合には、今後新たな有害汚染物質が見つかることは全く無いと、証明することは困難であるので、個々の汚濁物質の除去・処理だけで、人と生態系への環境リスクを管理することは難しいと思われる。

海中放流管を用いれば、下水処理水及び汚濁された雨水を、人と生態系から離れた位置で、しかも高希釈で放流できるので、環境リスクの回避という点では、処理水や雨水を沿岸海域や内陸部に放流するよりは有利である。超長期的な海洋の汚濁問題については、モニタリングを継続的に実施し、悪影響については未然に発生源などで対策をとることが必要である。

５）内陸部河川への下水処理水の放流

内陸部の一部地域では、高割合で下水処理水を受けている河川がある。４）で述べたように、こうした河川で環境リスクを十全に管理することは難しい。しかし少なくとも、水道水源下流まではバイパスすべきで

ある。

6) 栄養物質の物質循環

今までは下水道の急速整備の時代であったので、汚泥焼却や溶融など何事につけても手っ取り早いことが望まれたが、これからはゆつくりと、どうしたら物質循環の視点から見ても望ましい下水道システムを創ることができるか、考える時代である。本文では、

- 海上のメガフロートにより、汚泥・廃棄物・畜産排泄物などに含まれる総窒素・総リンを、リサイクルする方法を提案した。また、
- 下水処理水は高度処理などせず、富栄養化防止のため沖合いや湾外に放流し、しかもプランクトンなどの栄養物質として有効利用することが望ましいと述べた。しかし、病原菌や微量有害物質あるいは環境ホルモンの観点から十分に安全で、しかも栄養塩をリサイクルする水処理技術のイメージは、今のところ提示されていない。

7) 多目的利用

環境に調和した、下水道施設の多目的利用として、

- ディスポーザーの導入による、一般ごみのバイオマス燃料化、代替エネルギー源化の可能性、
- 下水管渠空間を利用した地域熱供給、があることを指摘した。

8) ノンポイント対策

以上述べてきたポイント・ソースとしての下水道整備だけでは、特に河川の下流部や沿岸海域の水質保全は十分に為し得ない。雨水や合流式の越流水、田畑の施肥管理などの対策を行う必要がある。この課題は効果がクリアーに現れにくいので、困難な課題であるが、下水道では、

- 滞水池・貯留管、
- 浸透トレンチ、などを組み合わせて対処していく必要がある。

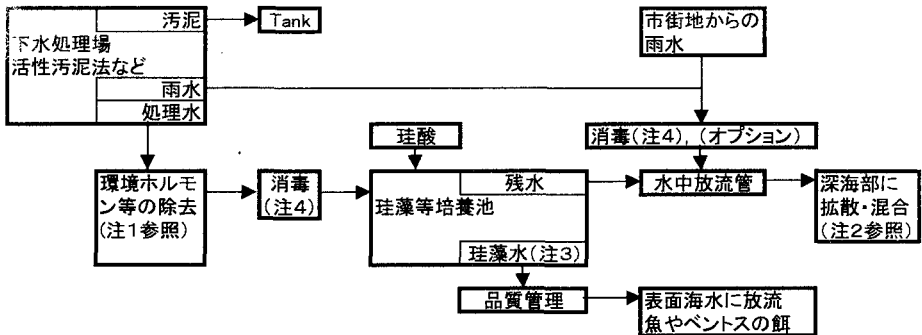
残された問題として、次の4点がある。

- (a) 放流先の沿岸海域の水質保全を考慮すると、特に病原菌や微量汚染物質あるいは環境ホルモンなどの、排水処理のみによる環境リスク管理の困難性に鑑み、処理水や汚濁された雨水を、海中放流管などで深海に拡散放流するのが、当面ベターということになる。しかし下水処理水に含まれる総窒素・総リンの物質循環の観点からは、プランクトンなどの栄養物質として利用の方が良いと言える。この両要求を並立させる技術については現在のところ提示されていない。図-6に叩き台としての案を提示する。
- (b) また内陸部の排水は、希釈の期待できない河川上流部へ、高割合で放流せざるを得ない場合があるが、こうした場合の病原菌・微量有害物質・環境ホルモンなどへの対策はどうすればよいか、よく分かっていない。
- (c) 今後、総窒素・総リンの物質循環について、各種の環境に配慮した対策が行われると、結果として海域に入っていく総リンが減少し、漁獲量の減少につながる恐れがある。例えば、リン肥料を海洋に施肥することも考えられるが、リン資源の枯渇問題が残る。
- (d) 効果がクリアーに顕われる雨水や合流式越流水の水質改善技術。例えば、雨水や合流式越流水は、大深度地下等に、相当量貯留するなどの対策案が考えられる。

図-5に示すような個別処理によっても、流域下水道に代表される大規模な下水道と同等以上に、環境調和性の良い排水システムが、田園部では可能であると考えられるが、日本の場合は既に大規模下水道システムが概成しているので、当分この方向で進むことになるだろう。

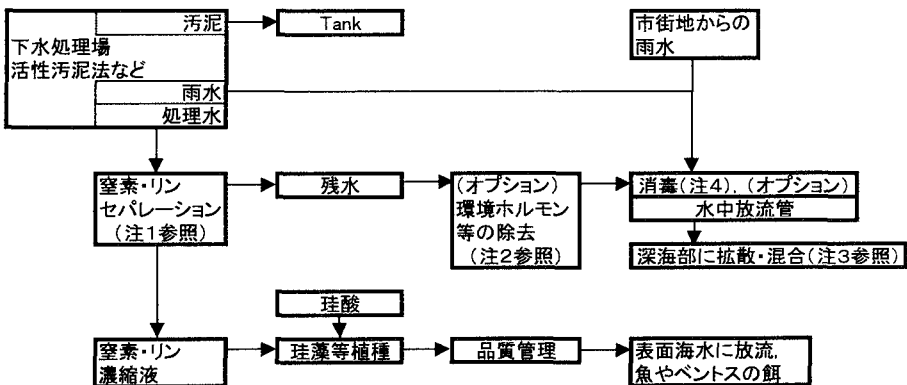
追記：本論文に御意見・御質問等ある方は水谷まで。 E-mail：QZF02502@nifty.ne.jp

案-1



- 注1: 環境ホルモン等の除去は、例えば、文献14)で紹介された、脂溶性ポリマーなどを用いたコアレッセンションなどが考えられる。
 注2: 排水を水中放流管を通じて深海部に拡散・混合することの超長期的な影響については、継続的にモニタリングする必要がある。悪影響が見つかった場合には、発生源などで未然に対処する。
 注3: 珪藻は水面に集まるので、珪藻水と残水は、培養池における取水深を変えることにより分離できる。
 注4: ウィルスの完全不活化については、活性酸素・活性化酸素の可能性が文献15)で紹介されている。

案-2



- 注1: 窒素・リンセパレーションは、例えば樹脂などによる選択吸着、アンモニアストリッピング、生物学的脱リンなどで行うことができよう。この過程で、微量有害物質などは残水に残すことができよう。
 注2: 環境ホルモン等の除去は、例えば、文献14)で紹介された、脂溶性ポリマーなどを用いたコアレッセンションなどが考えられる。
 注3: 排水を水中放流管を通じて深海部に拡散・混合することの超長期的な影響については、継続的にモニタリングする必要がある。悪影響が見つかった場合には、発生源などで未然に対処する。
 注4: ウィルスの完全不活化については、活性酸素・活性化酸素の可能性が文献15)で紹介されている。

図-6 病原菌や微量有害物質あるいは環境ホルモンの観点から安全で、しかも総窒素・総リンをリサイクルする水処理技術の試案

参考文献

- 1) 日本の下水道・平成9年版,建設省都市局下水道部監修,(社)日本下水道協会発行,1997
- 2) ノンポイント対策これからの視点,藤木修,月刊下水道 Vol.20, No.9, 1997/7
- 3) 合流式下水道における雨天時の窒素・リン流出特性,大上幸治他(広島市),第33回下水道研究発表会講演集,1996
- 4) 世界の雨水対策ー最近の動向,藤田昌一,新都市第51巻9号,建設省都市局編集協力,(財)都市計画協会,1997/9
- 5) 微量有害物質に対する下水道の役割,松井三郎,新都市第51巻9号,建設省都市局編集協力,(財)都市計画協会,1997/9
- 6) Endocrine disrupter challenge for water industry, Water Quality International January/February 1998, International Association on Water Quality
- 7) クリプトスポリジウムと水域の衛生学的安全性,諏訪守&鈴木穰,土木技術資料 Vol.39, No.12,建設省土木研究所,(財)土木研究センター発行,1997/12
- 8) 水の環境戦略 P.74,中西準子,岩波書店,1994
- 9) 都市内中小河川における水量面からみた水環境改善方策について,水谷潤太郎,水環境学会誌 Vol.18, No.6, 1995
- 10) 沿岸都市域の水質管理(統合型水資源管理の新しい戦略),米国研究調査評議会(National Research Council),浅野孝監訳,渡辺義公・大垣眞一郎・田中宏明共訳,技報堂,1997
- 11) 総窒素・総リンの物質循環図,水谷潤太郎,土木学会論文集 No.566/VII-3, pp103-108, 1997
- 12) 総窒素・総リン物質循環の観点からみた環境に調和した下水道の可能性,水谷潤太郎,下水道協会誌 Vol.35, No.424, 1998/3
- 13) 環境毒性削減:評価と制御,デービス L.フォード編,松井三郎・井出慎司監訳,環境技術研究協会,1996
- 14) 環境ホルモン汚染の健康,生態系への影響と,計測・モニタリング,除去対策の展望,環境ホルモン緊急特別フォーラム報告書,井口泰泉コーディネーター,(株)サイエンスフォーラム発行,1998
- 15) 下水道分野のための「微生物学」ー微生物の不活化と問題点,田口文章,月刊下水道 Vol.21, No.10, 1998/8