

下水処理水の海洋放流に関する 調査研究

1. 調査目的

東京湾、伊勢湾、瀬戸内海のような閉鎖性水域においては富栄養化対策の実施が課題となっているが、同じ閉鎖性水域であり、窒素、リンの除去を行うための下水道の高度処理がすでに実施されている琵琶湖、霞ヶ浦といった湖沼水域では水域内人口が数百万人程度であるのに対し、これらの海域の水域内人口は数千万人規模であり、関連する下水処理場も多数にのぼる。

したがって、今後の高度処理の導入など下水道整備を進めていく上では、放流先の海域の総合的な環境を考慮して最良の方策を選択してゆく必要がある。

本調査は、このような背景から、海域に放流する処理場の処理のあり方について多様な視点から検討を加えることを目的とするものである。

2. 調査内容

本調査の全体構成を図1に示す。調査は平成5年度から平成7年度の3ヶ年を予定している。平成5年度は、下水処理場放流水中の各物質の海域における挙動、食物連鎖を通じた海域生産への影響、放流方法等について検討するための基礎資料を収集・整理した。

なお、本調査の主な対象海域は、図2に示すように東京湾を含めた東関東の太平洋沿岸海域とする。

3. 調査結果

3.1 海域の栄養塩類の状況

沖合域の栄養塩類の鉛直分布の傾向は、水深が増すにつれてその濃度は増加する。T-Nは表層では0.11mg/l程度であるが、1000m以深では0.56mg/l程度に増加する。T-Pも同じように表層ではおおむね0.006~0.009mg/lであるが、1000m以深では0.09mg/l程度になる。

3.2 植物プランクトンの分布

植物プランクトンとは浮遊生活を送る単細胞の植物体で、光合成を行い、主として細胞分裂により増殖する。海産植物プランクトンの主なものは、藍藻類、褐色鞭毛藻類、渦鞭毛藻類、ハプト藻類、珪藻類等であるが、最もよく出現するのは、珪藻類である。

珪藻類の細胞類は、東京湾内では 10^6 細胞/l以上と非常に多いが、夏季の沿岸や沖合域では 10^1 ~ 10^5 細胞/l程度であり、親潮域では比較的多く、黒潮域では比較的少ない。また、黒潮域よりも南方の海域では 10^2 細胞/l以下と極めて少ない。

珪藻類は、暖水種、冷水種、沿岸種に大別される。千葉県房総沖や茨城県鹿島灘沖は、黒潮と親潮の両前線がぶつかりあう水域に近く、暖水種と冷水種のプランクトンが混在して出現し、この水域にイワシやサンマの漁場が形成されやすい。

は少ない。

3.5 魚介類の分布

対象海域の魚介類の分布を漁獲量により推測・把握することとした。

漁獲量のうち最も多いのはマイワシで、茨城県では総漁獲量の80%、千葉県でも48%を占める。次いで多いものはカタクチイワシで、これらのプランクトン食性魚が非常に重要な位置を占めている。

さらに、小魚や動物プランクトンを餌とする多獲性浮魚類を含めれば、これらの比較的低次の栄養階層を構成する群が漁獲量の大半を占めている。

このことは、海域に栄養塩の大きな増加がある場合には、漁獲量の増加へつながりやすいことを示すと考えられる。

3.6 海底地形

茨城県沖合海域では、等深線は海岸線とほぼ平行しており、水深200m線は距岸30~40kmに、水深1000m線は距岸50~60kmにみられる。

一方、千葉県の沖合海域では等深線は複雑で、水深200m線は内房海域では距岸5km、外房海域では距岸約10km、九十九里海域では距岸約40kmに位置する。

3.7 沿岸域の水域利用

沿岸域の水域利用として主に次に示すようなものがある。

- ① 漁業権の設定
- ② 人工漁礁の設置
- ③ 港湾及び漁港
- ④ 海洋性レクリエーション

3.8 海流

日本近海を含む太平洋全域の海洋循環を模式的に表すと図3のとおりである。黒潮を含む亜熱帯海洋循環の北側には、対象的な反時計回りの海洋循環がみられる。これは亜寒帯循環と称され、その西側部分が親潮とよばれている。この黒潮及び親潮がわが国に強い影響を及ぼす海流である。

また、沿岸水域においては、これらの海流以外に潮流、波浪、河川流量、風系統等の沿岸特有の現象も考慮しなければならない。

これらの海流及びその他の水の動きは、水中に含まれる物質の移流、拡散を促す。

房総半島から鹿島灘及び常磐南沖合の海流の特徴としては、南から北上する黒潮と沿岸寄りを北から南下する親潮の2つが相接することである。この状態を模式的に表すと図4のようになる。

和達清夫監修(1987): 海洋大循環, 海洋大辞典(東京堂出版)より

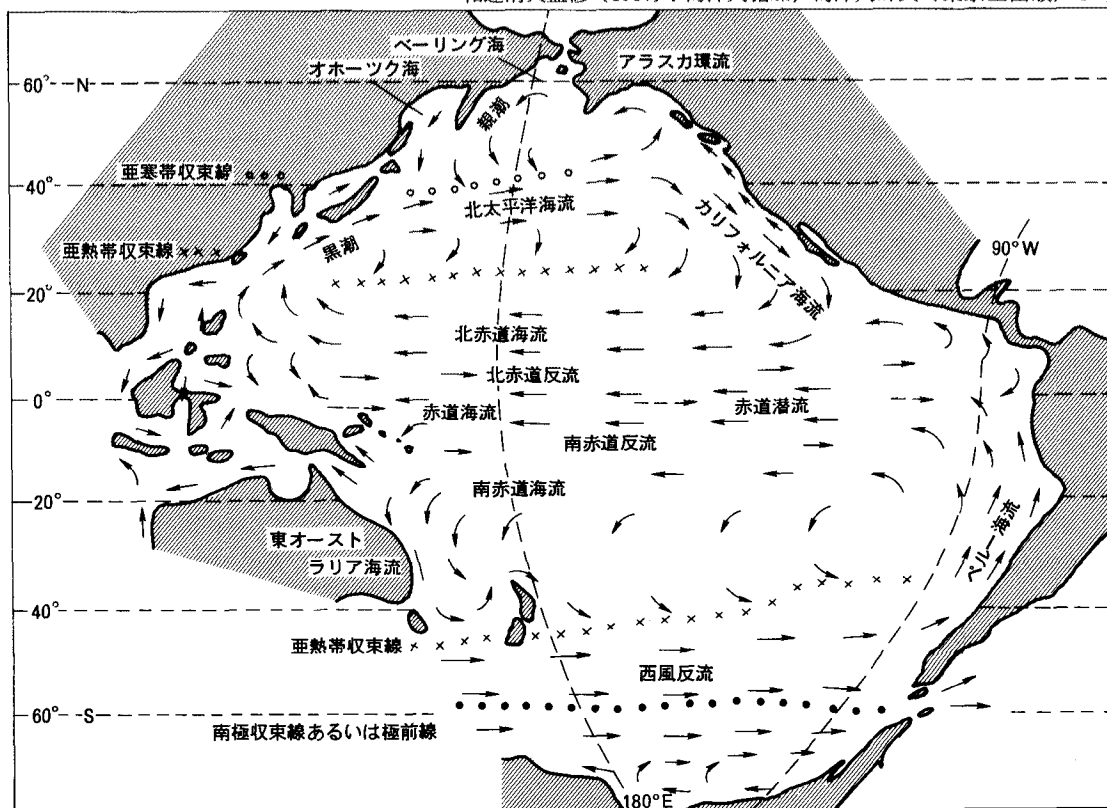


図3 太平洋の海洋循環模式図

3.9 下水処理水中の栄養塩類等の状況

わが国の下水処理水量とその平均的な排水水質から求めた下水処理場の推定排出負荷量は、T-Nが512t/日、T-Pが60t/日である。この負荷量のわが国の全負荷量に占める割合は、算定方法により違いがあるが、T-Nで20%前後、T-Pで20~40%となる。

同様に推定した首都圏における下水処理場の状況及びT-P、T-Nの排出量負荷量を表1に示す。これより、T-Nについては、茨城県で7.4t/日、千葉県で15.7t/日、T-Pについては茨城県では0.86t/日、千葉県で1.8t/日の負荷量となる。

表1 首都圏の下水処理場の状況及び排出負荷量

都 県 名	処理場数	処理面積 (ha)	処理人口 (人)	処理量 (m ³ /日) (日平均水量)	負荷量 (t/日)	
					T-N	T-P
茨 城 県	23	18,692	659,643	386,104	7.375	0.857
千 葉 県	32	26,281	2,109,266	823,983	15.738	1.829
東 京 都	23	78,474	9,701,618	5,104,561	97.497	11.332
神 奈 川 県	34	59,129	5,921,344	2,489,406	47.548	5.526
埼 玉 県	21	33,814	3,043,821	710,473	13.570	1.577

3.10 食物連鎖の状況

動物の体内におけるエネルギーの流れは図5に示すとおりである。図中の破線は個体と環境境界を示す。破線内を植食性動物プランクトン群であるとすると①は基礎生産量となる。このとき純生産量の基礎生産量に対する百分比(⑨÷①×100)を植食性動物プランクトン群の転送効率という。

一方、基礎生産のうち植食性動物プランクトンによって有効に採食された量に対する植食性動物プランクトンの被補食量⑧の百分比を生態効率という。

海洋生態学ではこのように定義される転送効率と生態効率を同じ意味のものとして取り扱うことが多い。

したがって、海洋生態系では下位の栄養階層生物群の生産量は、すべて上位階層動物によって有効に摂食されつくしているという仮定が成立しやすいということの意味する。

3.11 栄養塩の収支

栄養塩(N, P)の収支を①東京湾内、②沿岸域(大陸棚域)、③沖合域表層部(水深:200mまで)、④沖合域中層部(水深:200~1000m)に分けて推定し、図6~9にまとめた。

なお、図中の白抜き矢印は、今回試算しなかつ

日本海洋学会編(1991):親潮の流れ,海と地球環境(東京大学出版会)より

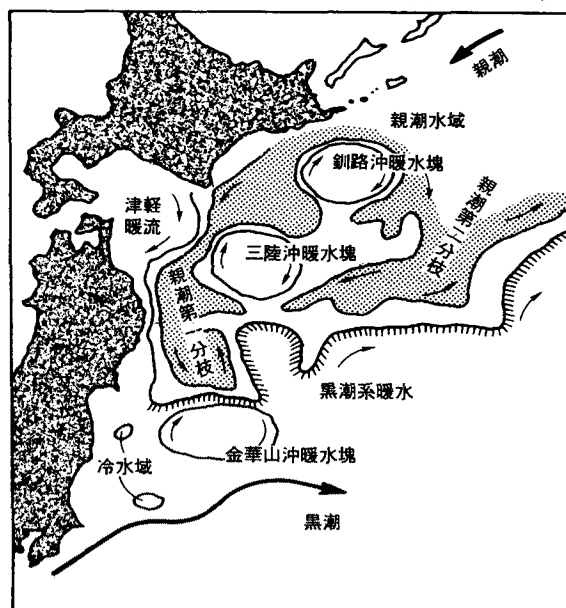
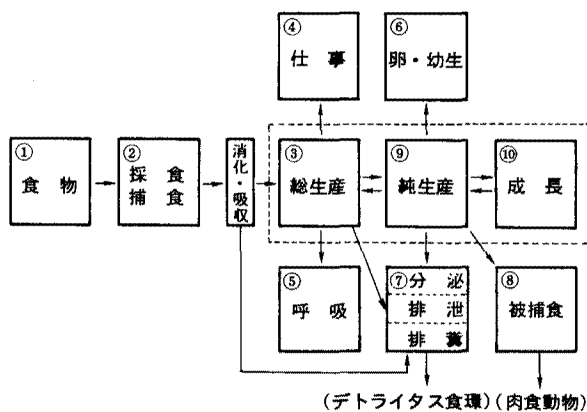


図4 日本近海の海流模式図



宝月欣二(1975)海洋の微小生物より

図5 動物の体内におけるエネルギーの流れ

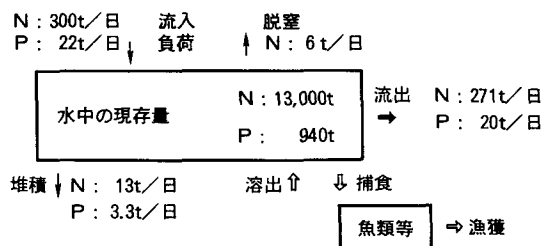


図6 東京湾におけるN, Pの収支

たフラックスであり、今後、これらの検討を行い、収支全体の精度を上げることが必要であると考え。

① 東京湾におけるN, P収支

東京湾におけるN, Pの収支をまとめると図6のように推測される。これより、N, Pとも流入負荷の約90%が湾外に流出すると考えられる。

② 沿岸域におけるN, P収支

調査対象沿岸域におけるN, Pの収支をまとめると図7のように推測される。沿岸域への栄養塩の負荷には、東京湾からの流入、海流系による移入の他、千葉県及び茨城県の陸域からの流入が考えられる。これは東京湾及び海流系による負荷と比べると小さく、東京湾からの負荷のうち相模灘へ流出するものを相殺するものとして、ここでは無視することとした。また、沿岸域から流出する方向は、すべて沖合側と考えた。

③ 沖合域表層におけるN, P収支

調査対象沖合域表層におけるN, Pの収支をまとめると図8のように推測される。沿岸域からの負荷の他、黒潮の流量と上層水の平均的な濃度の積から求めた海流系による移入も考慮して算出した。

④ 沖合域中層におけるN, P収支

調査対象沖合域中層におけるN, Pの収支をまとめると図9のように推測される。移入量は黒潮の流量と中層部の平均的な濃度の積から求めた海流系によるもののみとして算出した。

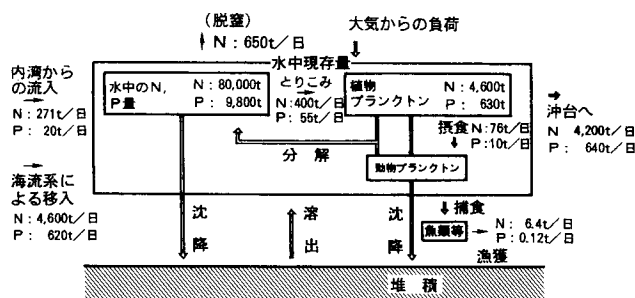


図7 沿岸域におけるN, Pの収支

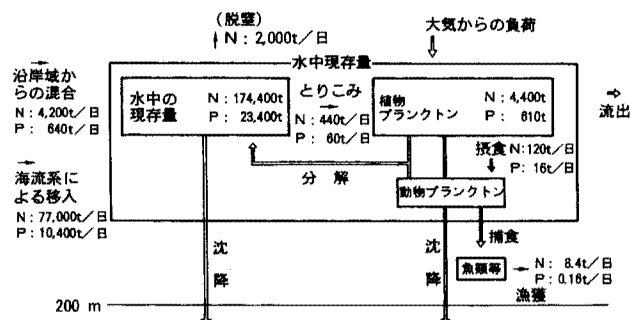


図8 沖合表層におけるN, Pの収支

3. 12 放流地点、放流方法の検討

下水処理水の放流地点、放流方法は、本年度検討した結果の他、土木工学的な技術課題の検討ならびに処理水質のあり方等を総合的に検討し、決定すべきことである。

ここに参考として米国カリフォルニア州ニューポート付近における沖合放流の事例を図10に示す。放水口は海岸から約1.8km、水深約60mの位置にあり、導水管の総延長は約8.2kmである。このような沖合放流によって沿岸域の水質の改善がみられている。

4. 今後の課題

平成5年度の調査では、処理水の放流による影響、あるいは放流地点の選定等を検討するための基礎資料を収集整理した。今後、これらの材料を基に調査を進めてゆくうえで検討すべき課題は次に示す内容

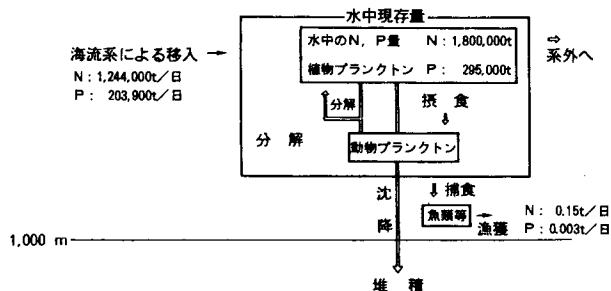


図9 沖合中層におけるN, Pの収支

と考えられる。

① 食物連鎖の状況の検討

- N, P 濃度, P N 比の変化が生物相に及ぼす影響
- 生物濃縮等による重金属の影響

② 物質収支の精度の向上に関する検討

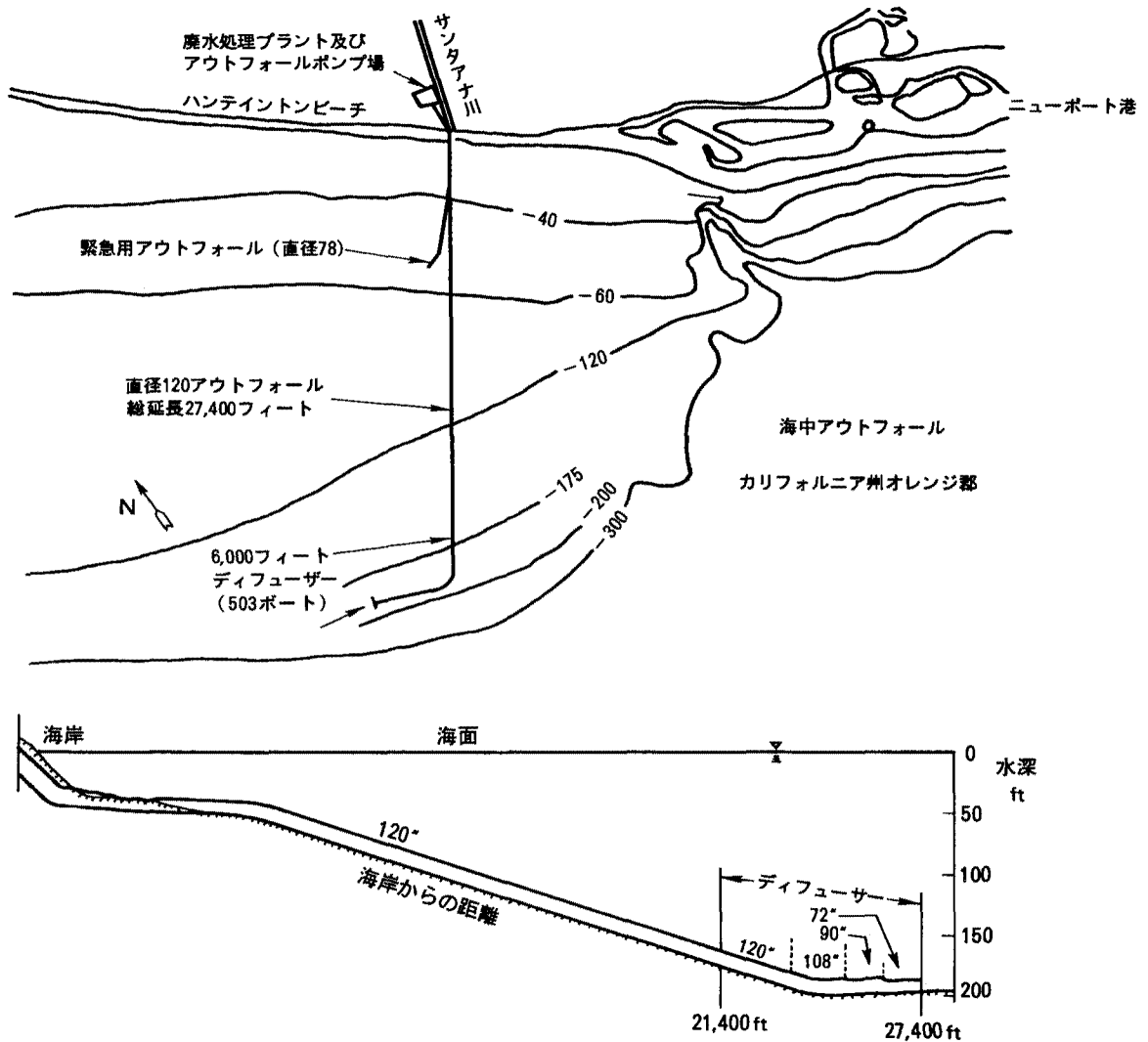
- 沈降, 溶出等の整理
- Cの収支

③ 沖合放流した場合の東京湾の水質の改善効果の検討

- ボックスモデルによる年間連続のシミュレーション
- 湾内水質の変化と水産有用物への影響

④ CO₂の収支に関連する諸係数の検討

⑤ 海洋放流に関する土木工学的技術検討



NATIONAL RESEARCH COUNCIL.
Managing Wastewater In Coastal Urban Areas, 1993より

図10 米国における海洋放流の事例

●この調査研究に関する問い合わせは

- 研究第二部長
- 技術部技術課長
- 研究第一部研究員
- 研究第二部研究員

- 藤田 昌一
- 村上 孝雄
- 大森 栄二
- 大塚 宏平