

II-35 排水中の窒素及び磷についてのエネルギー的考察

九州大学 工学部 学生員 ◦ 萬 久光
同 上 正 員 栗谷 陽一
同 上 正 員 楠田 哲也
同 上 学生員 林 健太郎

1. はじめに 現在、エネルギー、資源、環境は深刻な問題として注目されている。これらの問題は互いに関連を有し、単独には解決されうるものではない。今日の環境問題は、大量のエネルギーの消費及び資源の使い捨てによって生じたものであり、現在、環境の浄化・保全のために多量のエネルギーを消費するようになってい

る。又、都市の水不足問題にみられる様に、水資源確保のためには多量のエネルギーが必要になってきた。しかしながら、昨今のエネルギー危機を考えた場合、水環境の浄化・保全、並びに水資源確保ののにむやみに多量のエネルギーを費すことは許されなくなっている。このような状況の下では、水環境の浄化・保全を考慮した幅広い見地に立っての効率的なエネルギーの使用形態を考えることは重要な問題であり、リサイクル化を含めた水の効率的な使用、及び排水中に含まれる有価資源の回収・再利用による省資源化は、水環境の浄化・保全、エネルギーの有効利用の立場から好ましいことと思われる。以上の様な観点に基き、今回は、河川及び海域の富栄養化の一要因であり、かつ作物の主栄養源でもある窒素と磷に着目し、都市域における、水及び窒素・磷の収支、それらと水質汚濁との因果関係、現在下水処理で使用されているエネルギー量を把握し、有価資源としての窒素と磷についてエネルギー的に若干の考察を加える。

表-1 水の使用量

2. 都市域における水、窒素及び磷の収支 対象とした地域は、F市を中心とし、総面積679 km²、総人口137.7万人であり、山林面積、農地面積がそれぞれ301, 99 km²を占め、下水処理面積及び処理人口は、40.1 km²、37.5万人である。対象年度は昭和52年度とした。地域内には1級河川はなく、2級河川以下の中小河川のみであり、主なものとして12河川が挙げられ、これらの河川はすべてH湾に流れ込んでいる。上水用として外部から、2471×10⁴m³/年を得ている他は、地域内の使用水はこれらの河川によって賄われている。水の使用量を使用形態別に表-1に示す。なお、降雨として地域内に流入する水の量は昭和52年度で10156×10⁴m³/年であった。使用量としては、農業用水の占める割合が大きく、その他は、地域内に大きな工場がないため大半は家庭・商業用の上水用である。表-2に、窒素(以下Nと記す)及び磷(以下Pと記す)の河川・湾内への発生源別負荷量を示す。下水道、農業・自然からの負荷量は流出負荷であり、家庭・商業、工業からのものは発生負荷である。家畜の屎尿が大部分農地に還元されていることを考慮すると、N及びPの水

使用形態	使用量(10 ⁴ m ³ /年)	備考
上水道		
家庭・商業用水	14439	外部からの
工業用水	342	2471を含む
地下水		
家庭・商業用水	980	
工業用水	423	
その他		
工業用水	1172	埋用下水道307
農業用水	14491	

によって賄われている。水の使用量を使用形態別に表-1に示す。なお、降雨として地域内に流入する水の量は昭和52年度で10156×10⁴m³/年であった。使用量としては、農業用水の占める割合が大きく、その他は、地域内に大きな工場がないため大半は家庭・商業用の上水用である。表-2に、窒素(以下Nと記す)及び磷(以下Pと記す)の河川・湾内への発生源別負荷量を示す。下水道、農業・自然からの負荷量は流出負荷であり、家庭・商業、工業からのものは発生負荷である。家畜の屎尿が大部分農地に還元されていることを考慮すると、N及びPの水

表-2 河川及び海への負荷量

負荷源	負荷量(t/年) ¹⁾		備考
	N	P	
家庭・商業	1602	426	発生負荷
工業	1578	168	発生負荷
下水道	1900	258	流出負荷
農業・自然	396	20	流出負荷
屎尿	2321	232	海洋投棄
家畜	749	149	畑の農地還元

域への負荷量はそれぞれ7797t/年、1104t/年となる。下水道からの負荷は発生源が家庭・商業が大半であることから、この地域では家庭・商業からの負荷が大半を占め、N、Pそれぞれ全体の74.7、83.0%となる。現在の下水処理では、2次処理段階においてはNとPの除去率は低く、この地域においても下水道の負荷の占める割合は大きく、N=24.4、P=23.4%である。

3. 負荷量と水質との関係 家庭・商業、工業からの負荷に流達率を考慮し¹⁾、流域別に河川への負荷量を算定し、河川の水質との関係を示したのが図-1、2である。図-1がNで図-2がPについてのものである。河川の水質としては、下流部でかつ朝夕の影響を受けない場所のもので年間の平均値を採用し、負荷量は河川の流量で割ることにより、単位水量当りの負荷量(mg/l)で表わしている。これらの図より、単位水量当りの負荷量

が増大する程、NとP共に河川の水質は悪くなっており、かつ単位水量当りの負荷量と同程度の値となっている。即ち、底泥からの溶出の分を考えなければ、河川の自浄作用の影響は顕著には現われていないことにより、今回の計算結果の範囲(Nで1.0 mg/l以上、Pで0.1 mg/l以上)内においては、河川の自浄作用は、あまり期待できないものと思われる。

4. 処理エネルギーとN・Pのエネルギー的考察 現在の下水处理場で使用されているエネルギーの量を、処理段階別に表-3に示す。2次処理として活性汚泥処理を行った場合のエネルギー使用量は、汚泥処理も含めて約0.2~0.3 Kwh/m³である。2次処理過程におけるNとPの除去率は、N=35~40%、P=40~50%と低く、水域の富栄養化の防止という観点からすると、今後3次処理の必要性が生じてくるものと思われる。3次処理として、石灰凝沈・ろ過、硝化・脱窒を行うと、エネルギー使用量は全体で0.6~0.8 Kwh/m³程度となり、2次処理のみを行った場合に比べ3倍程度となる。この段階でのNとPの処理水中での濃度は、N=1.0~5.0 mg/l、P=0.1~1.0 mg/l程度であり、さらに良好な水質を得るためには、さらにイオン交換あるいは活性炭吸着などの操作が必要であり、さらに0.6~0.7 Kwh/m³のエネルギーが必要となる。この地域におけるNとPの負荷源が家庭・商業が大半を占めることを考えると、下水道が100%完備した場合でも、2次処理のみではNとPの負荷量は、現在と同程度あるいは水洗化により増大することも考えられる。このことは、

3次処理の必要性を促すことであり、今後下水処理でのエネルギーの使用量はかなり増大するものと思われる。NとPを回收利用しようとした場合、この地域内で回収可能な量は、それぞれN=5800 t/年、P=900 t/年程度であり、地域内で消費されている化学肥料の量(N=998 t/年、P=412 t/年)に比べて、それぞれ5.8倍、2.2倍程度となっている。回収方法として現在の下水処理方法を考え、2次処理過程におけるNとPの除去率をそれぞれ35、45%とし、それらが汚泥中にすべて含まれると仮定すると、2次処理段階において回収できるNとPの量は、流入水量1 m³当り、N=0.008 kg/m³、P=0.0015 kg/m³となる(流入水中のNとPの濃度をN=23 mg/l、P=3.3 mg/lと仮定)。現在NとPの化学肥料の製造のために必要であるエネルギー量が、Nで12800 kcal/kg、Pで6800 kcal/kgであるため、2次処理過程においてNとPの形で、Nで0.042 Kwh/m³、Pで0.004 Kwh/m³、合計0.046 Kwh/m³のエネルギーが回収できることになる。3次処理まで行い、N・P共に流入水中の90%を回収できた場合には、エネルギーとして、Nで0.108 Kwh/m³、Pで0.008 Kwh/m³回収できたことになる。処理に要したエネルギーと比較した場合、処理過程が2次処理では、18.4%、3次処理では、8.6%のエネルギーが回収できたことに相当する。さらに、昨今における都市での水不足のために多量のエネルギーを使用して水資源を確保しなければならない現状を考えた場合、エネルギーの有効利用の面から水の再利用ということも重要なことであり、今後、以上の観点に基いた下水処理システムの見直しが必要となる。

＜参考文献＞

1) 中西, 淳田; 内湾に流入する窒素、リンの汚濁負荷解析, 月刊 海洋科学 Vol. 10, No. 10 P831~840 1978
2) E.B.Roberts, R.M.Hagen; Explore the "Energy Economics" of Wastewater Treatment and Reuse The Bulletin Vol. 23 No. 1 P61~73 1976

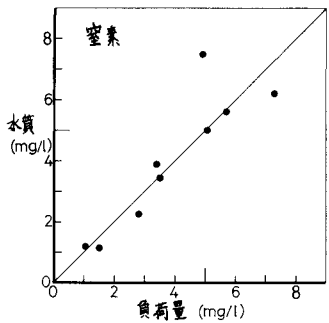


図-1 負荷量と水質との関係(N)

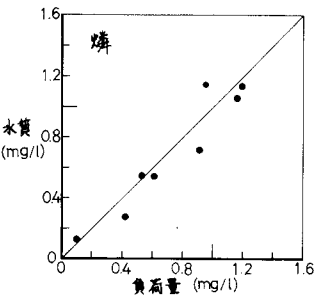


図-2 負荷量と水質との関係(P)

表-3 下水処理のために使用されるエネルギー

処理過程		処理方法	エネルギー量 (Kwh/m ³)	除去率 (%)
水	1次	前処理+最初沉殿	0.037	N=35~40
	2次	活性汚泥+増養減菌+放流	0.151	P=40~50
	3次	・ PAC凝沈	0.052	P=80~90
処		石灰凝沈・ろ過	0.115	P=90~95
		硝化	0.159	N=5~10
		脱窒	0.144	N=70~95
		活性炭吸着	0.575	N=10~20
		イオン交換	0.703	N=80~90 P=80~90
		汚泥濃縮+嫌気性消化+脱水 (嫌気性消化)	0.138 (0.110)	消化ガス発生量 =0.181 Kwh/m ³
汚泥	処理	焼却	0.071	