

論文

排水処理汚泥の処理処分に伴う窒素・りん挙動調査 (その2)

木村賢史 嶋津暉之 三好康彦
紺野良子

要 旨

排水処理に伴って生じる汚泥をさらに処理処分する際の窒素、りん挙動を把握するため、し尿処理場で処理される浄化槽汚泥、廃棄物埋立処分場で埋め立てられる汚泥、及び下水処理場の污水処理工程で処理する汚泥について検討した。その結果、①し尿処理場では、現有施設の生物処理法でも、浄化槽汚泥の窒素はほとんど除去され、りんは75%程度の除去が期待できる②廃棄物埋立処分場に埋め立てられる汚泥中の窒素、りんのうち、窒素の一部は大気に拡散し、大部分は浸出水中に溶出する。りんは、土壌粒子への吸着によりほとんどが処分場内に止まる③下水処理場では、最初沈殿池に余剰汚泥を返送するため、流入する窒素の40%、りんの60%に相当する量が最初沈殿池内の余剰汚泥から再溶出している④さらに、下水処理汚泥の焼却では、りんの約90%が焼却灰に残留するのに対して、窒素は約90%が大気に拡散することが明らかになった。

以上のことから、排水処理汚泥中の窒素、りんを水環境に回帰させないためには、各処理施設での汚泥管理を徹底するとともに、生じた汚泥は極力肥料等への資源化を図るか、あるいは焼却し、窒素を削減してから埋め立てる必要がある。

1 はじめに

本研究の目的は、東京湾等の富栄養化防止対策の進展に寄与するため、その起因物質といわれる窒素 (N)・りん (P) が排水処理汚泥の処理処分過程でどのような挙動を示すかを明らかにすることにある。本研究の一環として、既に1990年報¹⁾では排水処理に伴い発生する汚泥量とその処理処分に伴う窒素、りん (主にりんを中心に) 量の収支について検討した。その結果、浄化槽汚泥としてりんが87t/年処理処分され、そのうち41t/年のりんが汚泥として、し尿処理場で再度処理されていたが、その後の窒素、りんの挙動については課題として残った。また、排水処理汚泥としてりんが、年間3,574t東京湾流域に埋立処分されていたが、埋立処分後の窒素、りんの挙動については未解明のままであった。さらに、窒素では、大気への拡散もあり、排水処理工程での汚泥の処理処分に伴う挙動が十分検討ができなかった。

本報は、前回の報告に引続き次の3点について検討した。①浄化槽から引き抜かれた汚泥に取り込まれている窒

素、りんが、この浄化槽汚泥の処理先であるし尿処理場でどのような挙動を示すのか②各種排水処理汚泥の最終処分先である廃棄物埋立処分場における汚泥中の窒素、りんの挙動③下水処理場での污水処理工程で生じる汚泥の処理に伴う窒素、りんの挙動

2 調査対象、調査項目及び窒素、りん量の算出方法

(1) 調査対象

東京都内のし尿処理場6カ所 (M, A, T, Ni, H, K処理場)、下水処理場5カ所 (Tn, Ta, H, Mt, M処理場)、廃棄物埋立処分場3カ所 (T, D, M処分場) の計14カ所である。廃棄物埋立処分場の内、1カ所は埋め立て終了後7~8年経過している。

(2) 調査項目

全りん、りん酸態りん、全窒素、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素等10項目である。分析はJIS K 0102 (工場排水試験法) に準じて行った。

(3) 窒素、りん算出方法

処理工程別に実測した流入水、処理水、余剰汚泥、脱水汚泥、焼却灰、脱水ろ液等の窒素、りん濃度と調査事業場から提供を受けた流入水量、処理水量、余剰汚泥量、脱水汚泥量、焼却灰量、脱水ろ液量等のデータから算出した。なお、窒素の脱窒素量は、流入窒素量から処理水と汚泥及び汚泥焼却による大気拡散の窒素量を差し引いて求めた。

3 調査結果及び考察

(1) し尿処理場での浄化槽汚泥中の窒素、りんの挙動
 ア し尿処理場の流入水窒素、りん濃度

し尿処理場では、通常、生し尿と浄化槽汚泥を混合して処理している。今回調査した6し尿処理場の流入水濃度(表1)は、窒素で平均1,910mg/l(780~3,360mg/l)、りんで248mg/l(185~400mg/l)であった。しかし、表1に示すように、処理場毎に生し尿と浄化槽汚泥の混合割合が異なるため、流入水の窒素、りん濃度は、時間変動が大きいのではないかと考えられた。そこで、Kし尿処理場を対象に、流入水の窒素、りん濃度の時間変動を確認した結果、図1に示すとおり大きな変動はみられなかった。このことから、スポット採水で調査した残り5し尿処理場の流入水濃度は、概ね信頼できると考えられる。

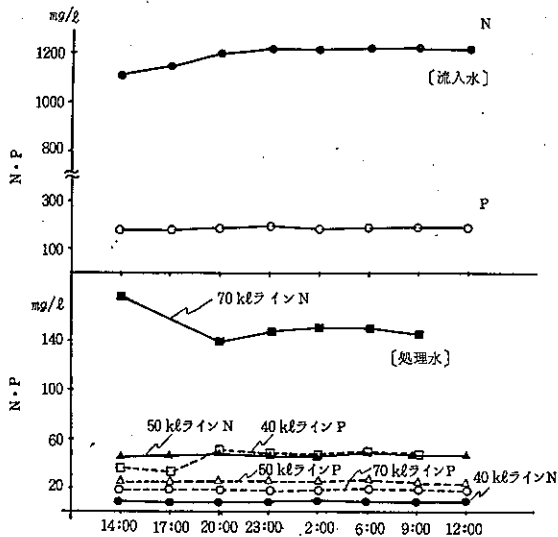


図1 Kし尿処理場の流入水及び処理水のN.P濃度変化

表1 し尿処理場における流入水のN.P濃度

	N mg/l	P mg/l	原水中の生し尿と浄化槽汚泥との比
Mし尿処理場	2,640	300	生し尿(3):浄化槽汚泥(2)
Aし尿処理場	2,140	220	生し尿(3):浄化槽汚泥(1)
Tし尿処理場	1,380	190	生し尿(2):浄化槽汚泥(3)
Niし尿処理場	3,360	400	生し尿(9):浄化槽汚泥(1)
Hし尿処理場	780	190	浄化槽汚泥のみ
Kし尿処理場	1,180	185	生し尿(1):浄化槽汚泥(3)
平均	1,910	248	

次に、浄化槽汚泥の窒素、りん濃度を検討した。Kし尿処理場の通日調査結果(図2)によると、浄化槽汚泥の窒素は平均675mg/l(364~1,014mg/l)、りんは112mg/l(59~150mg/l)であった。また、浄化槽汚泥のみを処理しているHし尿処理場でスポット採水した窒素、りん流入水濃度は、窒素780mg/l、りん190mg/lである。以上のことから、浄化槽汚泥の窒素は700~800mg/l、りんは100~200mg/lと考えられる。

一方、生し尿の窒素、りん濃度は、Kし尿処理場の通日調査結果(図2)から、窒素濃度は平均2,170mg/l(1,110~2,620mg/l)、りん濃度は250mg/l(100~390mg/l)であり、生し尿の窒素は浄化槽汚泥の3倍程度であるのに対して、りんは浄化槽汚泥の1.5倍程度であった。

イ し尿処理工程での浄化槽汚泥中の窒素、りんの挙動
 ① し尿処理場内での窒素、りんの挙動

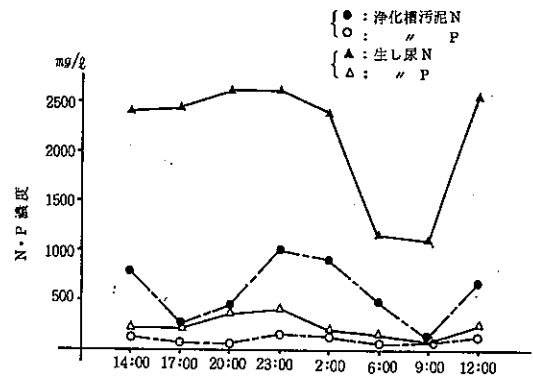


図2 浄化槽汚泥及び生し尿中のN.Pの通日濃度変化(Kし尿処理場)

表2 し尿処理場でのN.Pの収支

処理場名		M 処理場	A 処理場	T 処理場	Ni 処理場	H 処理場	K 処理場	平均	
流入 N.P 量	N	381 (100)	364 (100)	158 (100)	134 (100)	217 (100)	192.5 (100)		
	P	44 (100)	36.8 (100)	28.6 (100)	10.8 (100)	19.9 (100)	36.5 (100)		
処理水	N	193 (51)	161 (44)	31.5 (20)	73.8 (55.1)	1.8 (0.8)	12.9 (7)	(29.6)	
	P	17.8 (40)	16.8 (46)	5.5 (19)	4.3 (39.8)	0.1 (0.5)	3.7 (10)	(26.0)	
汚泥	脱水汚泥	N	69 (18)	68 (19)	59.6 ※ (38)	—	—	71 ※ (37)	汚泥全体で N : (30) P : (73.3)
		P	24.1 (55)	20 (54)	23.1 ※ (81)	—	—	32.8 ※ (90)	
	焼却灰	N	—	—	—	0.1 (0.1)	2.8 (1.3)	—	
		P	—	—	—	6.5 (60.2)	19.8 (99.5)	—	
燃焼による 大気拡散分	N	—	—	—	44.3 (33)	72 (33.2)	—		
脱窒による 大気拡散分	N	110.1 (29)	135 (37)	66.9 (42)	15.8 (11.8)	140.4 (64.7)	103.9 (56)	(40)	
下水道流入分	N	8.9 (2)	—	—	—	—	—	—	
	P	2.1 (5)	—	—	—	—	—	—	
処理方式		消化 + 活性汚泥	活性汚泥	遠心分離 + 限外ろ過	噴霧酸化 + 活性汚泥	循環脱窒+ 凝沈+オゾン +砂ろ過	H処理場 と同じ		

※ 乾燥汚泥

kg/日 (%)

図3に調査した処理場別の処理フローを、また表2に6処理場全体の窒素、リンの収支を示す。し尿処理場により流入水の濃度やし尿の処理方式が、それぞれ異なるため、窒素、リンの挙動も変わるが、平均的には流入した窒素、リン量は、処理水にそれぞれ30%と26%、汚泥に30%と73%、大気（処理工程での脱窒による。）に窒素の約40%が移行している。特に、H、K処理場は、本格的な脱窒処理工程（生物学的循環脱窒素法）を有しており、さらに三次処理として凝集沈殿+オゾン+砂ろ過法が導入されている。そのため、窒素は脱窒で大気に50~60%、汚泥に30~40%が移行し、リンは凝集沈殿処理等により、ほとんどが汚泥に移行しており、窒素、リンの除去率が共に90%以上と極めて高い。

② 生物処理による浄化槽汚泥中の窒素、リンの流出量の検討

浄化槽から引抜かれた汚泥は、前述したようにし尿処理場でさらに処理されるため、浄化槽汚泥に取り込まれた窒素、リンは、再処理の過程で一部処理水に流出することになる。今回調査した6し尿処理場のうち、生物処理を行っている4し尿処理場を対象に、浄化槽汚泥からの窒素、リンの流出量を検討した。流入窒素、リン濃度と除去窒素、リン濃度との関係を見ると、図4に示す通り窒素は、流入窒素濃度の変動にもかかわらず、除去窒素濃度は1,000~1,600mg/ℓで安定している。リンは、流入濃度の変動に応じて除去濃度も変化していることがわかる。仮に、し尿処理場で浄化槽汚泥だけを処理する

とした場合、浄化槽汚泥の窒素、りん濃度は前述の(1)の
アから窒素700mg/l、りん200mg/lであるから、図4
から浄化槽汚泥の窒素は、現在のし尿処理施設でほとん

どが除去されると考えられる。同じく、りんは75%程度
の除去が期待できる。

したがって、浄化槽汚泥中の窒素は、ほとんど処理水

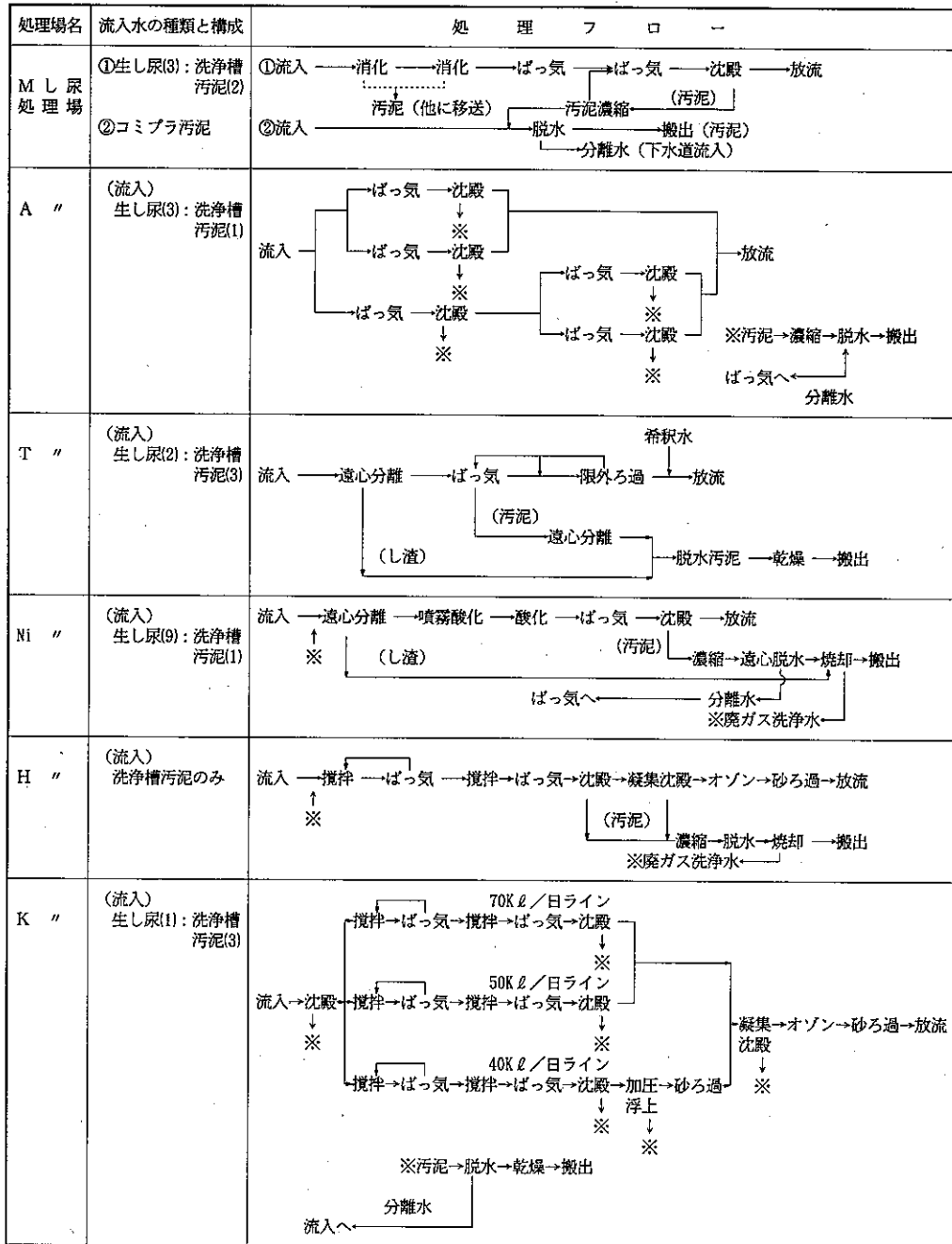


図3 し尿処理場の処理フロー

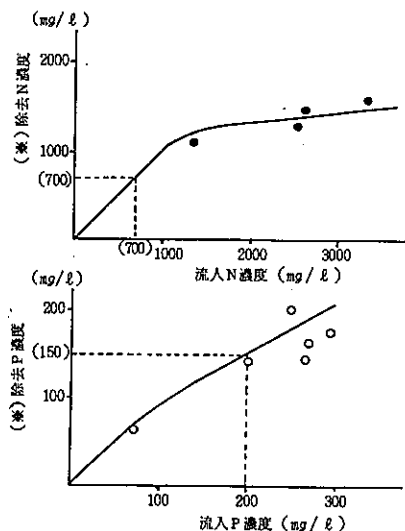


図4 し尿処理場における流入N,P濃度と除去N,P濃度との関係
 (※) 除去N,P濃度=流入N,P濃度-処理水N,P濃度

に流出しないが、りんは25%程度が流出すると考えられる。

今回の調査結果からみる限り、今後、し尿浄化槽の普及に伴い、し尿処理場の原水がすべて浄化槽汚泥で占められても、現有施設(生物処理法)で十分浄化槽汚泥の窒素、りんは除去可能と考えられる。

(2) 廃棄物埋立処分場での埋め立て汚泥中の窒素、りんの挙動

ア 処分場の浸出水窒素、りん濃度

排水処理汚泥のみを埋め立てている廃棄物埋立処分場は、ほとんど見当たらない。そのため、多種類の廃棄物を埋め立てている処分場の調査から埋立汚泥の窒素、りんの挙動を検討することにした。廃棄物埋立処分場では、降雨等により埋立廃棄物中の有機物や窒素、りんなどが浸出水に含まれて流出してくる。この浸出水は、通常、処分場内の処理施設で処理されている。今回調査した3処分場(図5)の埋立物の内容を見ると、DとM処分場は、焼却残渣と不燃ごみを中心であり、T処分場は、この他に一部厨芥等の一般廃棄物や下水汚泥、産業廃棄物などが埋め立てられている。なお、M処分場は、埋め立て終了後7~8年経過している。浸出水の水質は、窒素100~530mg/L、りん0.2~1.3mg/L、BOD₂₆~380mg/L、COD₄₂~490mg/Lの範囲にあり、BODの濃度に比べて、窒素の濃度が非常に高い。例えば、今回調査した後述の

5下水処理場の場合、下水のBOD:窒素:りんの比が、平均100:16:2であるのに対して、T処分場の浸出水では100:609:2と窒素の濃度が極端に高く、下水とは異なる特徴を有している。浸出水の水質は、埋め立てた廃棄物の種類や量、埋め立て期間等の影響を受けるため、変動も大きいと考えられる。惣田らによるとBODは、廃棄物埋め立て開始直後1年間が最も高く、その後は順次減少し、安定する一方、窒素については、埋め立て後期に増加の傾向があると報告している。このことは、汚泥等の埋立物中の有機物の分解に伴い、BODは減少していく一方、有機物中の窒素が溶出してくるものと考えられる。特に、DやT処分場では、浸出水の窒素濃度が395~530mg/Lと高い値を示しており、埋立物から高濃度に溶出していることがわかる。両処分場は、現在も埋め立て中であり、窒素は当分の間減少しないと予想される。また、りん濃度は、窒素の濃度が高い割には極めて低い。そこで、厨芥や汚泥を例にして、T処分場におけるりんの浸出水への溶出率を試算してみた。筆者らの調査(表3)によると、厨芥のりん/窒素比は0.24、汚泥は0.30であり、平均0.27であった。一方、T処分場の浸出水処理施設での窒素量は4,012kg/日である(表4)。この窒素量が全て厨芥あるいは汚泥に由来とした場合、りん流入量は、4,012kg/日×0.27=1,083kg/日と計算される。しかし、実測のりん量は7.9kg/日にすぎない。すなわち、りんのほとんどが、埋立処分場内に止まり、浸出水には含まれていないことになる。これは、廃棄物の埋め立てと同時に覆土を行うというサンドイッチ工法を採用しているため、りんのほとんどが土壌粒子に吸着されたことによるものと考えられる。

以上のことから、埋立物中のりんは、ほとんど浸出水に移行しないが、窒素は、脱窒による大気への拡散分以外は浸出水に溶け出てくるものと考えられる。

表3 厨芥、脱水汚泥のP/N比

		含有率 (%)		P/N 比
		N	P	
厨芥	K 家	0.76	0.18	0.24/1
	M 家	0.37	0.088	0.24/1
脱水汚泥 ※		5.4	1.6	0.30/1
平均				0.27/1

※ 今回調査したし尿処理場、下水処理場11カ所の平均値

イ 浸出水処理施設内での窒素, りんの動き

図5に調査した浸出水処理施設別の処理フローを、また表4に浸出水処理施設での窒素, りんの動きを示す。

埋立処分場浸出水は、前述したように、りんはほとんど含まれていないのに比べ、窒素の濃度は極めて高い。T処分場処理施設では、1日当たり15万m³/日規模の下水処理場に匹敵する窒素量が流入している。しかも、窒素量の90%以上はアンモニア態窒素の形で流入するため、最初沈殿池で汚泥等の形で除去することが難しい。

処理施設での窒素, りんの収支をみると、流入した窒素, りん量のうち、処理水にそれぞれ69~95%と0~33%、汚泥に1~7%と67~100%、大気に窒素の1~33%が移行している。窒素の除去率が低いのは、処理工程に本格的な脱窒処理を導入していないことによる。特に、T処分場では、①BOD濃度に対する窒素濃度が非常に高い(後述の下水の38倍)ため、BODの除去に伴う窒素の除去量が小さいこと②窒素のほとんどが溶解性であること③また、導入している回転板法による処理では、窒素の硝化が進まないため、脱窒も働かないことなどの理由で、窒素の除去率は5%弱となっている。りんにつ

表4 廃棄物埋立処分場浸出水処理施設でのN,P収支

処 分 場 名		T処分場	D処分場	M処分場
流 入 N,P 量	N	4,012 (100)	166 (100)	0.72 (100)
	P	7.9 (100)	0.1 (100)	0.01 (100)
処 理 水	N	3,803 (95)	110 (75)	0.5 (69)
	P	0.8 (10)	0.03 (33)	0 (0)
脱 水 汚 泥	N	172 (4)	1.8 (1)	0.05 (7)
	P	7.1 (90)	0.07 (67)	0.01 (100)
脱 窒 による 大 気 拡 散 分	N	37 (1)	54.2 (33)	0.17 (24)
処 理 方 式		回転板 + 凝集沈殿法	回分式活 性汚泥法	浸漬ろ床 + 凝集沈殿法

※ T,D処分場の処理水は下水道放流

kg/日 (%)

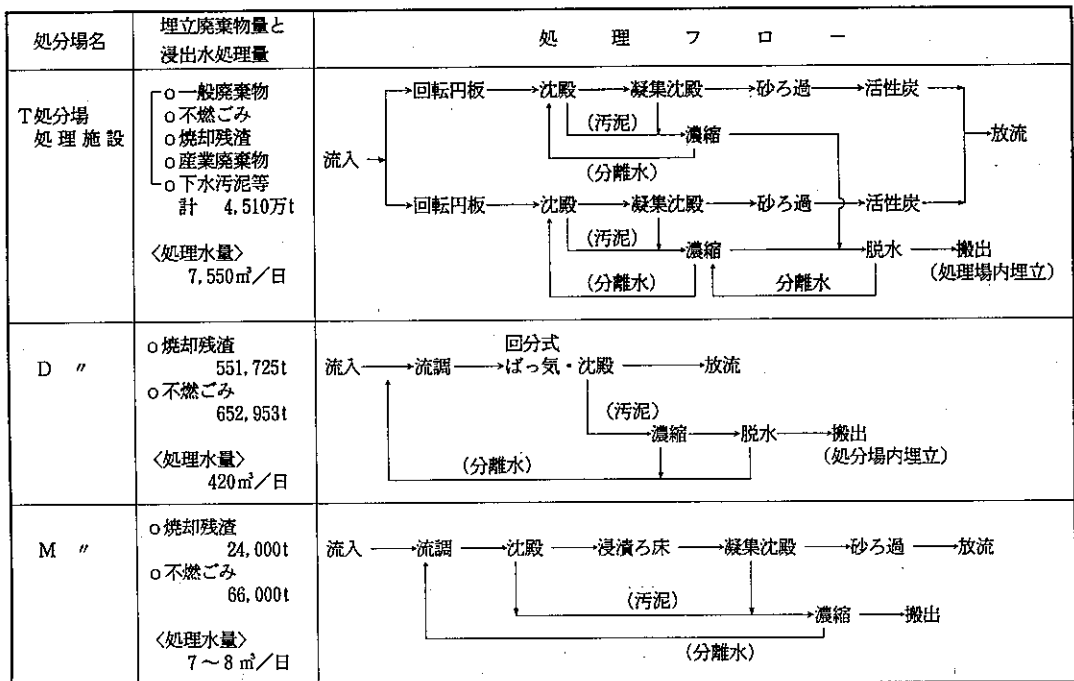


図5 廃棄物埋立処分場浸出水の処理フロー

いては、流入量が小さいうえに、T、M処分場では凝集沈澱法を導入しており、りん90%以上が汚泥として除去されている。

ウ 浸出水中の窒素の除去

今後の浸出水処理では、本格的な脱窒工程を組み込み、窒素の除去率を高めることが水環境を改善させるうえで必要となる。窒素のほとんどは、アンモニア態窒素の形であり、除去法としては、アンモニア・ストリッピング法や生物学的脱窒法等が考えられるが、排水量の規模や窒素の負荷量等の条件により適切な処理法を選ばねばならない。T処分場を例にとると、浸出水中に含まれる窒素の流入量が4,000kg/日と膨大なことから、生物学的循環脱窒素法を採用した場合、7,000~8,000m³の脱窒素槽と21,000~24,000m³のばっ気槽、水素供与体として8~10t/日のメタノールを必要とし、現実的ではない。むしろ、アンモニア・ストリッピング法により、放散させたアンモニアを硫酸でトラップし、硫酸として回収するのも一つの方法である。

(3) 下水処理工程における汚泥の処理に伴う窒素、りん

の挙動

ア 下水処理工程での窒素、りんの収支

下水処理場の下水濃度は、4処理場（し尿脱離液が流入するH下水処理場を除く。）の平均で窒素33mg/l、りん3.9mg/lである。この値は、区部の下水処理場の下水濃度とも概ね一致しており、下水の平均的な値を示していると考えられる。5処理場全体の窒素、りんの収支（表5）をみると、流入した窒素、りん量のうち、処理水に窒素の71%とりんの32%、汚泥に22%と69%、大気に窒素の10%程度が移行している。(1)のイで述べたし尿処理場の流入水濃度と比べて、下水の窒素、りん濃度は、1/50~1/60と極めて低いにもかかわらず、汚泥への窒素、りんの移行率はあまり変わらない。

イ 最初沈殿池での汚泥中の窒素、りんの挙動

今回調査した5下水処理場の処理フロー（図6）をみると、いずれの処理場も余剰汚泥を最初沈殿池に返送している。このため、汚泥に取り込まれた窒素、りんが、最初沈殿池内で再度溶出することが考えられる。図7に最初沈殿池での滞留時間と窒素、りんの溶出比（流出量

表5 下水処理場でのN.Pの収支

処理場名		Tn 処理場	Ta 処理場	H 処理場	Mt 処理場	M 処理場	平均	
流入 N.P 量	N	1,569 (100)	121.7 (100)	2,891 (100)	1,380 (100)	1,939.1 (100)		
	P	128.6 (100)	12.8 (100)	323 (100)	74 (100)	235.1 (100)		
処理水	N	1,220 (77.7)	91.7 (75.3)	1,973 (68.2)	1,140 (82.6)	980 (51.0)	(71.0)	
	P	35.6 (27.7)	4.4 (34.4)	105 (32.5)	19 (29.5)	79.1 (33.6)	(31.5)	
汚泥	脱水汚泥	N	16.8 (1.1)	29.9 (24.6)	—	238 (17.2)	35 (1.8)	汚泥全体で N : (21.5) P : (68.5)
		P	5.1 (3.9)	8.4 (65.6)	—	55 (70.5)	10.3 (4.4)	
	焼却灰	N	1.6 (0.1)	—	2.3 (0.2)	—	1.1 (0.2)	
		P	87.9 (68.4)	—	218 (67.2)	—	145.7 (62.0)	
	焼却による 大気拡散分	N	303 (19.3)	—	457.6 (15.8)	—	529 (27.0)	
		P	—	—	—	—	—	
脱窒による 大気拡散分	N	27.6 (1.8)	0.1 (0.1)	458.1 (15.8)	2 (0.2)	394 (20.3)	—	

kg/日 (%)

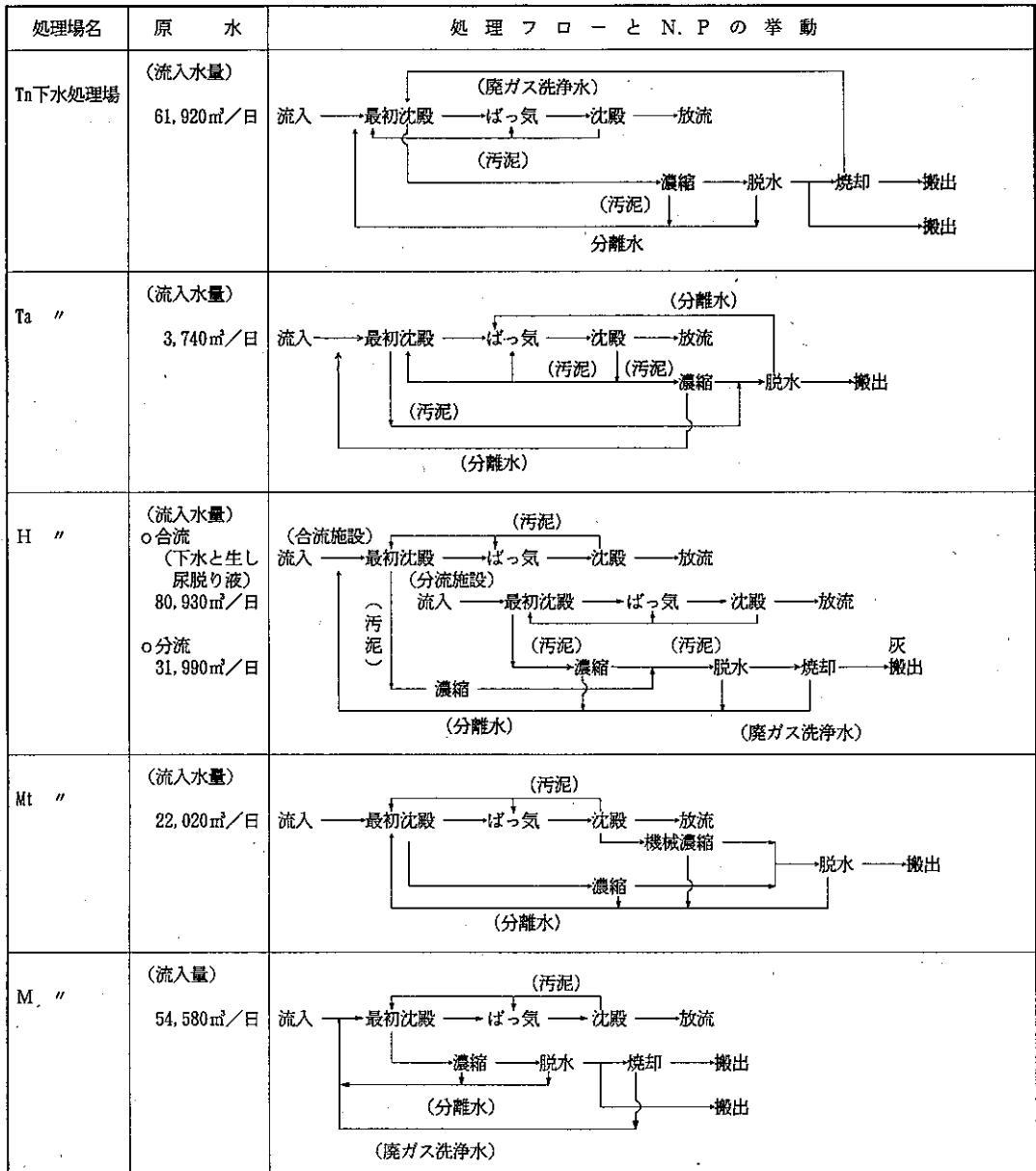


図 6 下水処理場の処理フロー

／流入量)との関係を示す。バラツキはあるものの、窒素、りんともに、滞留時間が2時間を超えると溶出を始めるが、溶出の度合はりんのほうが著しい。5処理場の平均では、概ね窒素は流入量の40%、りんは60%に相当する量が最初沈殿池内で余剰汚泥から溶出している。嶋津⁴⁾らが確認しているように最初沈殿池でりん濃度が高ま

ると、処理水のりん濃度も高まる。溶出した窒素、りんは除去するのに容易ではなく、溶出する前に汚泥として除去することが、窒素、りん削減に極めて有効である。

窒素、りんを効果的に除去するためには、汚泥等の固形有機物を、処理工程から速やかに排除しなければならない。余剰汚泥を最初沈殿池に戻す理由は、引抜き汚泥

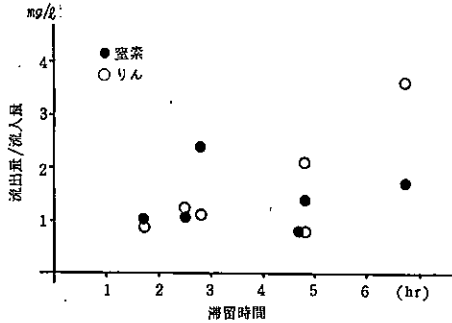


図7 最初沈殿池の滞留時間とN.Pの溶出比との関係

の固形物濃度を高めるとともに、流入汚水中の有機物を余剰汚泥に吸着させて落とすことにある。しかし、余剰汚泥は流入汚水から発生する汚泥と異なり、沈殿しにくいといわれており、その効果については疑問視する意見もある。むしろ、今回の調査結果をみる限り、余剰汚泥の返送は窒素、りん除去にとって逆効果といえる。

ウ 汚泥処理工程での窒素、りんの挙動

下水処理工程から排除された余剰汚泥の処理は、通常、汚泥濃縮槽で濃縮してから脱水機で脱水した後、脱水汚泥を焼却するが多い。一方、汚泥の濃縮及び脱水工程で生じる分離水は、再び下水処理工程に戻る。表6に汚泥の濃縮及び脱水過程で、汚泥中の窒素、りんがどの程度処理工程に回帰していくかを示す。バラツキはあるが、概ね窒素の20%、りんの10%程度が分離水に含まれ、下水処理工程に戻っている。この回帰量を減らすことが窒素、りんの除去率向上にもつながる。

表6 下水汚泥処理段階でのN.Pの回帰率

	回帰率 (%)					
	濃縮分離水負荷		脱水分離水負荷		合計	
	N	P	N	P	N	P
M _T 下水処理場	22.9	5.1	4.9	0.9	27.8	6.0
M 下水処理場	8.4	9.5	7.1	0.6	15.5	10.1
T _N 下水処理場	3.4	6.2	5.1	7.6	8.4	13.8
H 下水処理場	分離不可				31.0	16.0
平均					20.7	11.5

また、処理系外に搬出される汚泥の窒素、りん含有率を図8に示す。下水の脱水汚泥では、窒素含有率の増加とともにりんの含有率も増加する傾向がみられる。含有

率は窒素で3～8%、りんで1～2%の値を示している。ただし、汚泥を焼却した場合、りんの約90%が焼却灰に残留するのに対して、窒素は約90%が大気に拡散し、窒素、りんの5～10%前後は、粉塵等に含まれ廃ガス洗浄水にトラップされて、処理工程に戻るという結果であった(表7)。このような傾向は、概ねし尿処理場の汚泥についてもいえる。

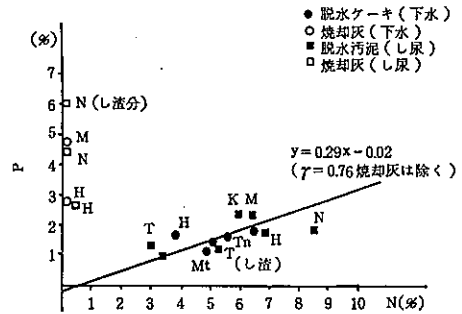


図8 脱水汚泥(焼却灰, 乾燥汚泥)中のN.P含有率

表7 脱水汚泥の焼却前後のN.P残留量

	焼却前		焼却後(焼却灰)		廃ガス洗浄水		
	N	P	N	P	N	P	
N 下水処理場	320 (100)	93 (100)	1.6 (0.5)	88 (95)	15 (5)	5 (5)	
M 下水処理場	584 (100)	167 (100)	1.1 (0.2)	146 (87)	51 (8.7)	21 (13)	
参考	Ni し尿処理場	44 (100)	6.52 (100)	0.1 (0.2)	6.5 (99)	0.01 (0.02)	0.02 (0.3)
	H し尿処理場	75 (100)	20 (100)	2.8 (3.7)	19.3 (99)	0.2 (0.3)	0.2 (1)

※ ()内は構成比 (%) (kg/日)

以上のことから、今後の下水処理では、①最初沈殿池への余剰汚泥の返送の中止②汚泥濃縮槽での静置前後のばっ気によるりんの溶出抑制③濃縮汚泥の速やかな脱水④汚泥の焼却に伴う廃ガス洗浄水への流出抑制など汚泥中の窒素、りんを再度流出させないような汚泥管理を徹底することなどが、窒素、りん削減対策に効果あるものと考えられる。

4 まとめ

し尿処理場、下水処理場、廃棄物埋立処分場浸出水処理施設で汚泥の処理処分に伴う窒素、りん挙動を調査した結果、次の諸点が明らかになった。

① し尿処理場の窒素、りんの収支をみると、平均で流入した窒素、りん量のうち、処理水にそれぞれ30%と26%、汚泥に30%と73%、大気（処理工程での脱窒による。）に窒素の約40%が移行していた。

② し尿処理場に投入される浄化槽汚泥の窒素は700~800mg/ℓ、りんは100~200/ℓである。し尿処理場で浄化槽汚泥だけを処理する場合、現有施設の生物処理場でも、浄化槽汚泥の窒素はほとんど除去され、りんも75%程度の除去が期待できる。

③ 下水処理場の窒素、りんの収支をみると、流入した窒素、りん量のうち、処理水にそれぞれ71%と32%、汚泥に22%と69%、大気に窒素の10%程度が移行していた。

④ 下水処理場では、最初沈殿池に余剰汚泥を返送することにより、流入窒素量の40%、りんの60%に相当する量が最初沈殿池内で余剰汚泥から再溶出している。また、汚泥濃縮及び脱水過程で概ね窒素の20%、りんの10%程度が分離水に含まれ、下水処理工程に戻っている。

⑤ 汚泥の焼却では、りんの約90%が焼却灰に残留するのに対して、窒素は約90%が大気に拡散するが、窒素、りんの一部は、粉塵等に含まれ、廃ガス洗浄水にトラップされて処理工程に戻ると考えられる。

⑥ 廃棄物埋立処分場に埋め立てられた汚泥の窒素、りんのうち、窒素は大気に拡散されない限り、浸出水中に溶出してくると考えられる。りんは、土壌粒子への吸着によりほとんどが処分場内に止まる。そのため、浸出水中の窒素濃度が100~530mg/ℓ（90%以上はアンモニア態窒素の形）と高いのに対して、りん濃度は0.2~1.3mg/

ℓと極めて低い。T処分場では、1日当たり15万m³/日規模の下水処理場に匹敵する窒素量が浸出水中に含まれて処理施設に流入している。

⑦ 廃棄物埋立処分場浸出水処理施設での窒素、りんの収支をみると、流入窒素、りん量のうち、処理水にそれぞれ69~95%と0~33%、汚泥に1~7%と67~100%、大気に窒素の1~33%が移行していると試算された。窒素の除去率を高めるためには、窒素の90%以上を占めるアンモニア態窒素を除去していくことが重要である。その方法としては、アンモニア・ストリッピング法等が考えられる。

以上のことから、各種の排水処理汚泥中の窒素、りんを水環境に回帰させないためには、排水処理施設での汚泥管理を徹底するとともに、生じた汚泥は極力肥料等への資源化を図るか、あるいは焼却し窒素を削減してから埋め立てなければならない。

本調査を進めるに当たり、処理場・処分場職員の方々の多大な協力を得た。厚く謝意を表す。

参考文献

- 1) 木村賢史ら：排水処理汚泥の処理処分に伴うりん・窒素の挙動調査（その1）、東京都環境科学研究所1990、p.104.
- 2) 惣田曼夫ら：一般廃棄物埋立て最終処分場浸出水の性状と将来予測、用水と廃水、33、7（1991）.
- 3) 東京都下水道局：東京都下水道事業年報（平成元年版）.
- 4) 嶋津暉之ら：下水処理場における生物学的脱りん法の基礎的因子、東京都環境科学研究所1989、p.122.
- 5) 日本下水道協会：エアレーションタンクの微生物（検鏡と培養の手引）、p.17.