

N, P発生源の構造に関する考察

山口大学工学部 ○ 渡田正夫, 中西 弘

I. はじめに 著者らは先に、物質収支の考え方を主にした手法により、昭和44年における全国と瀬戸内海のN, Pの発生源および水域影響量の試算を行ない、富栄養化の根本原因について考察した¹⁾。そこにおいてN, Pの水域影響量のそれぞれ88%, 67%は人間の食生活とそれを支える肥料に関するものであると指摘したが、食料等天然物由来のN, Pについて十分物質収支の考え方を適用することができなかった。本報ではこの点の補充を中心に、N, P発生源の構造を網羅的に整理し、富栄養化の原因と対策について再び考察を加えたい。

II 計算の方法および結果 用いた統計類は昭和45年度のものである。(化学肥料のみは昭和45肥料年度)

1. 食料農産物中のN, P 国内産食料農産物中のN, P量は農林水産統計の生産量、食品成分表のN, P含量より計算した。輸入量(便宜上、輸出量を差し引いた正味の輸入量とする。以下この意で用いる。)中のN, P量の計算には、麦、大豆については食料需給表の統計を、その他についてはref 2の統計を用いた。穀類、みかん、バナナ以外は廃棄部分のN, P含量と可食部分のそれは等しいとして計算した。全消費量の廃棄部分中のN, P量の計算は表1の部門別に集計した値につき食料需給表同部門の歩留り(イモ類〜果実)あるいは食品成分表より推定した廃棄率(茶、木の实など)を用いた。但し、穀類については、部門内の各品目について計算した結果を合計してまとめた。計算結果を表1にまとめた。

2. 水産物中のN, P 計算にはref 2の漁獲量、輸出入量、ref 3のN, P含量を用いた。廃棄部分のうちわけを求めるためには、ref 3の廃棄率の値と、一般的な5種の魚について分析して求めた可食部分と魚全体のN, Pの濃度比を用いて計算した。表2に分析結果を、表3に総括表を示した。なお総漁獲量284千t N, 24.5千t Pのうち、近海よりの水揚げはそれぞれ179千t, 15.5千tである。

3. 粗飼料中のN, P 収穫量はref 2記載のものはその値を、その他は肥料年鑑⁶⁾の飼料作物作付面積と1aあたりの収量から計算したのを用いた。N, P含量は飼料成分表⁶⁾の値を用いた。結果は表4に示した。

表1. 飼料農産物中のN, P (千t)

	国内生産		輸入		歩留り %	全消費量の廃棄部分	
	N	P	N	P		N	P
穀類	178.8	43.52	85.8	16.17	86.4	48.3	30.93
イモ類	16.7	3.00			90	1.7	0.30
豆類	21.9	2.03	203.6	16.15	92.8	16.2	1.31
野菜	48.3	6.21	0.2	0.02	87.5	6.1	0.99
果物	6.7	0.82	1.8	0.29	72.8	2.3	0.31
茶	5.5	0.31			20	4.4	0.25
林産食品 (木の实など)	0.4	0.05			75	0.1	0.01
油類 (大豆油など)	9.9	3.03	23.2	4.14	100	23.2	4.14
計	278	55.4	314	36.7		102	38.0

表3. 水産物中のN, P (千t)

		全 体		廃 棄 部 分	
		N	P	N	P
国 内 生 産	海面漁獲				
	魚	213.4	18.59	85.2	18.59
	貝	1.6	0.11	0	0
	イワナ マス など	54.5	4.81	11.0	1.00
	くじら	5.5	0.23	0.7	0.08
	海藻	0.6	0.07		
	小計	275.7	23.86	96.9	19.67
	海面養殖				
	カキ	0.37	0.032		
	海苔	1.61	0.132		
	その他	3.63	0.304	0.58	0.075
	小計	5.6	0.47	0.6	0.08
	内水面漁獲	2.3	0.19	0.6	0.07
	計	284	24.5	98	19.9
輸 入		0.73	0.074	0.46	0.012

表2. 魚体の分析結果

	N g/100g			P mg/100g		
	全 体	可食部	欠/全	全 体	可食部	欠/全
アジ	3.07	3.20	0.96	256	200	1.28
ハマチ	3.06	3.36	0.91	235	220	1.07
カレイ	3.18	3.60	0.88	177	151	1.17
サバ	2.55	2.88	0.89	239	190	1.26
サワラ	2.24	2.78	0.75	269	210	1.28
	平均					1.21

表4. 粗飼料中のN, P (千t)

	N	P
牧草	94.5	22.75
れんげ	4.9	0.61
青外とう333	7.9	1.38
シエンバク	4.2	0.55
ライ麦	1.4	0.17
飼料用カブ	1.1	0.12
その他	2.8	0.35
計	117	25.9

4. 濃厚飼料中のN, P 国内消費量, 輸入量は飼料便覧⁷⁾の主要濃厚飼料供給量の統計をもとにした。この統計にその他として記載のものは, 同文献の輸入統計, ref 2, ref 4を参考にしてできるだけ個々の飼料をリストアップし, それぞれにつき ref 6のN, P含量を乗じて計算した。結果を表5にまとめた。内地産食料の廃棄部分に由来するもの, 食料として輸入されたものの廃棄部分に由来するものを集計すると, 総消費量 505 千t N, 115 千t Pのうち, それぞれ 132 千t, 54.8 千t となった。

5. 畜産物中のN, P ref 2の枝肉生産量, 畜産製造学などによると体割合, ref 3, ref 6のN, P含量を用いて計算した。牛, 豚, ニワトリの国内生産量につき, 詳しい計算手順を表7に示した。結果を表8にまとめた。廃棄部分のN, P量は主に牛, 豚, ニワトリからであるが, 肉, 内臓のみを可食部として計算した。輸入量は ref 4の統計に依ったが, 枝肉としての輸入であるから, 枝肉中骨を廃棄部分として計算した。

6. 加工食品中のN, P 食品工業の構造を明らかにすることは重要であるが, 資料不足のため困難であるので, 国内で消費された加工食品中のN, P量を計算した。国内消費量は食品工業対策懇談会の資料¹⁰⁾にもとづきN, P含量は ref 3 にもとづいて計算した。輸出入量は食品工業年鑑¹¹⁾によった。結果は表8にまとめた。

7. 輸入量 正味の輸入量を合計してみると表9のごとくになる。食料飼料含めでの総インポートに対する外国依存率は, 後の図1, 2からわかるように, Nで $682/1361 = 50\%$, Pで $99.1/179 = 55\%$ である。この総合自給率がすでに50%を割っていることは問題である。

表5. 濃厚飼料中のN, P

濃厚飼料	総消費量 千t		輸入量 千t	
	N	P	N	P
穀類	162.7	30.30	153.4	28.94
植物性大豆類	81.4	43.67	25.5	13.32
植物油類	174.2	15.52	145.1	12.48
その他植物質	16.4	2.46	12.2	1.64
動物質	70.4	17.51	23.4	4.31
計	505	115	360	60.7

表6. 畜産物中N, Pの計算手順

		%	千t	N%	P%	千t N	千t P
牛	枝肉(51%)	42.5	220.8	2.7	0.14	6.40	0.31
	枝肉(51%)骨	8.5	44.2	2.8	7.7	1.23	3.40
	頭部	3.5	18.2	2.8	3.5	0.51	0.64
	生皮	8.5	44.2	4.2	0.35	1.86	0.15
	血液	3.25	16.9	1.45	0.013	0.02	0.002
	毛	0.25	1.3	7.0	5.0	0.09	0.065
	趾蹄	1.45	7.5	12.8	1.84	0.96	0.14
	内臓	3.15	163.8	2.8	0.27	4.57	0.442
	計					15.66	5.14
	計					22.9	9.89
豚	枝肉(70%)	61.4	606.0	2.29	0.15	13.88	0.909
	枝肉(70%)骨	8.6	84.9	2.8	7.8	2.38	6.62
	頭部	5.66	55.9	2.8	3.5	1.57	1.957
	生皮	2.5	24.7	3.3	0.2	0.82	0.047
	血液	2.56	25.3	1.1	0.1	0.28	0.025
	毛	0.01	0.1	3.8	6.0	—	0.006
	内臓脂肪	12.8	126.3	3.0	0.25	3.79	0.316
	計					22.9	9.89
	計					22.9	9.89
	計					22.9	9.89
鶏	枝肉(77%)	47.0	235.5	3.98	0.28	9.37	0.657
	枝肉(77%)骨	25.0	125.8	2.0	3.0	2.51	3.76
	内臓	5.0	25.1	2.82	0.2	0.71	0.05
	卵	6.0	30.1	13.4	0.85	4.03	0.11
	血	3.0	15.0	1.1	0.05	0.17	0.008
	頭	2.7	13.5	9.31	2.18	3.73	0.874
	脚	5.3	26.6			20.52	5.46
	肉		84.6	3.76	0.28	2.84	0.237
	骨		45	2.0	3.0	0.9	1.35
	内臓		7	2.82	0.2	0.25	0.018
その他畜産物全体	ブライアン					8.97	1.606
	計					6.50	1.96
計						270	7.62

表7. 畜産物中のN, P 千t

	国内生産		輸入	
	N	P	N	P
牛	15.7	5.14	0.96	0.46
豚	22.7	9.88	0.40	0.20
ニワトリ	27.0	7.42	0.36	0.13
その他			3.58	0.30
羊乳	23.6	4.68	2.55	0.51
鶏卵	31.6	3.58	1.04	0.12
その他	0.5	0.03	2.29	0.35
計	121.1	30.73	11.2	2.06
廃棄部分	23.5	19.5	0.8	0.98
可食部分	97.6	11.2	10.4	1.08

表8. 加工食品(国内消費)中のN, P

	国内消費量		輸入-輸出	
	N	P	N	P
畜産食品	28.5	4.74	5.36	2.191
水産食品	60.8	7.08	-7.65	-0.657
農産食品	8.6	1.03	9.07	0.991
調味料	39.1	3.99	-1.73	-0.020
パン菓子	26.1	1.82		
飲料	69.0	0.60		
めん類	18.9	1.08		
大豆加工品	37.9	2.87		
冷凍食品	2.3	0.28		
計	229	23.8	-4.0	-0.98

表9. 食料飼料の輸入量中のN, P

	千t	N	P
食料農産物	314	36.7	
水産物	1	0.1	
畜産物	11	2.1	
加工食品	-4	-0.5	
食料計	322	38.4	
粗飼料	0	0	
濃厚飼料	360	60.7	
飼料計	360	60.7	
輸入-輸出計	682	99.1	

表10. 食料の廃棄部分中のN, P 千t

	N	P
農産物	102	38.0
水産物	98.5	19.9
畜産物	24.3	20.5
計	225	78.4

表11. 有機質肥料中のN, P 千t

	N	P
植物油類	21.15	3.96
水産動物質	11.78	4.44
動物質	5.15	5.78
その他	0.22	0.02
計	38.3	14.2
化学肥料以外	0.34	0.03

8. 食料の廃棄部分 食料中N, P量の計算は, N, Pの動きをとらえることに目的があるため, 廃棄部分を含めたものを対象にしたが, 同時に廃棄部分のうらわけを求めてきた。ここでそれらを集計してみると, 表10のようになる。

9. 有機質肥料中のN, P 肥料として登録されている有機質肥料中のN, P量を, 同ref 12の肥料成分表, ref 6のN, P含量を用いて計算したところ表11のようになった。第4節で記したごとく, 濃厚飼料のうち食料の廃棄部分に由来するものが, N 13.2千t, P 46.6千tであったから, 有機質肥料の38.3千t, 14.2千tと合わせると, N 170千t, P 60.6千tとなる。これを表10の値と比べると, N 55千t, P 17.8千tのなお未回収部分がある。これらの大部分はおそらく, 排水中に出されたり, 廃棄物として処分されているものに相当しよう。

10. 食飼料中N, P動態図の作成 第9節までに得られた値を総括して, N, Pの食飼料中の動態を図1, 2の上半分に表現した。図中()をつけていない値はこれまでに計算された値で, つけた値は次の手順により推定した。Nの場合は, まず家畜糞尿の値を飼料と生産量121千tとの収支より501千tと推定した。次に家庭へのインプットにつき考える。ref 10によれば, 加工食品によるたんぱく質供給比率は44%となっているので, $229 / 0.44 = 520$ 千t (13.7 g/人・日) が家庭に供給される純食料中のN量である。しかし実際には, 魚などのように廃棄部分も一部にもちこまれるため, この分を著者らの食品中N, Pの家庭における収支調査¹³⁾から考慮する。表12は中上流家庭27についての生データの平均値を示し, 表13は同データを使用食品中N, P量と実測されたゴミ中のN, P量から, 標準的(やむをえない)廃棄部分に相当する量をさしひく補正を行ない, 純食料あたりに表現しなおしたものである。したがって, やむをえない廃棄N量は $1.05 - 0.41 = 0.64$ g/人・日となるが, 生活レベルの差を考慮して, 0.6 g/人・日と補正した。これを換算すると, 23千tとなり, これを520千tに加算して, 家庭へのインプットは543千tとなる。次いで, 生鮮食品分のうらわけは $543 - 229 = 314$ 千tとなり, 食品工業等へのインプットは $871 - 314 = 557$ 千tとなる。最後に食品工業等への収支より $557 + 118 - (229 + 132 + 38) = 276$ 千tが計算された。一方Pについては, 家庭への食品中Pのインプットを表12の 1.53 g/人・日とそのまま用いることにして, 換算して57.9千tとした。今, 加工食品比率を求めて妥当性をもとめ, 表12, 13よりやむをえないゴミ中のP量は 0.06 g/人・日, 換算して2.3千tとなり, したがって純食料中のPは 55.6 千t (14.7 g/人・日)となる。加工食品比率は43%とまずまずの値となった。以下, Nと同様にして() つきの値を推定した。

表12. 食品中N, Pの収支調査の結果(生データ)

	N (g/人・日)	P (g/人・日)
使用食料	15.28	1.53
ゴミ	1.05	0.12
排水	0.26	0.11

表13. 食品中N, Pの収支調査の結果(純食料あたり)

	N (g/人・日)	P (g/人・日)
使用純食料	14.50	1.48
ゴミ	0.41	0.06
排水	0.26	0.01

11. その他の天然物中のN, P 食飼料以外の天然繊維, 木材などの中のN, P量は資料不足のため十分な計算ができていないが, 一応結果を表14にまとめてみた。生産量, 輸出入量はref 2の統計を用いた。羊毛, 生糸のN含量はたんぱく質100%として計算した。綿花, 天然ゴムのN含量は化学便覧応用編¹⁵⁾によった。原木の場合は国産針葉, ラワンなど4樹種群に於て次式で計算した。原木材積×幹材率($0.83 \sim 0.85$)×比重($0.45 \sim 0.6$)×N含量($0.06 \sim 0.14\%$) or P含量($0.01 \sim 0.02\%$) + 原木材積×樹皮率($0.15 \sim 0.17$)×比重($0.5 \sim 0.6$)×N含量($0.10 \sim 0.20\%$) or P含量($0.01 \sim 0.03\%$) 比重等の値は土木材料学¹⁶⁾ ref 15を参考にして採用した。全消費量はNで115千tとなるが食飼料1361千tと比較すると一ケタオーダーが低く, 製品はほとんど耐久消費財であり, 焼却により処分されることが多いと考えられ, 水にはそれほど関係がない。ただ, パルプ, 皮革, 繊維工業からは, これらの一部がロスとして排水にでることになるものと思われる。

図1. Nの動態 (石油、石炭およびその他の天然物を除く)
単位 N 千t

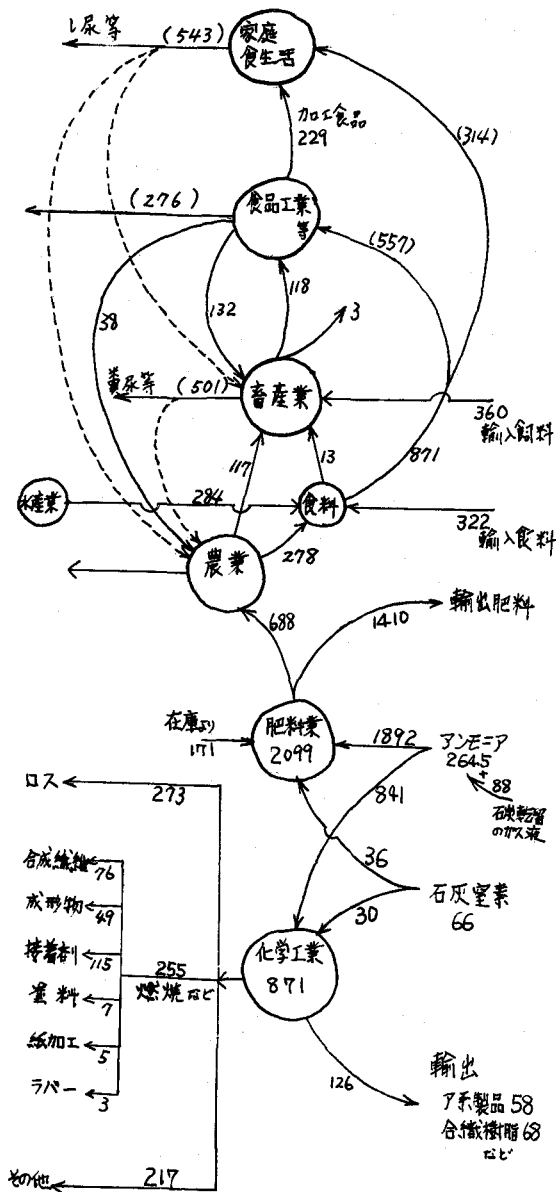
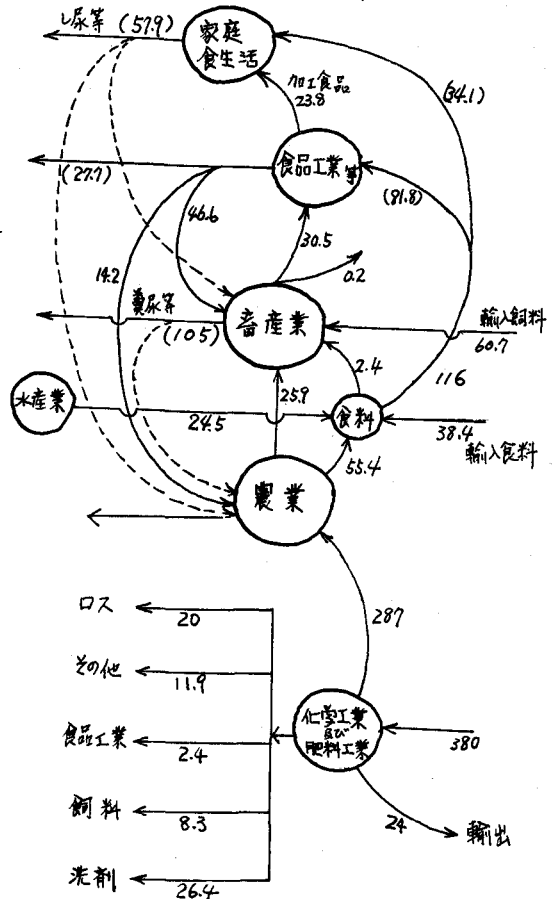


表14. その他天然物中のN, P

	国内生産		輸入		計	
	N	P	N	P	N	P
生糸	3.3	?	1.1	?	4.4	?
綿花			10.0	?	10.0	?
羊毛			32.3	?	32.3	?
皮革	2.7	0.20	7.2	0.58	9.9	0.78
原木	32.7	2.46	19.3	3.53	52.0	5.99
工業作物 (小麦、大豆、麻)	5	0.5	1.3	?	6.3	?
計	44	3.2	71		115	

図2. Pの動態 (石油、石炭およびその他の天然物を除く)
単位 P 千t



12. 工業固定されたアンモニアの行方 N関連工業の構造については既報においても考察したが、有機物中のNの動きと対応させるため、昭和45年度におけるアンモニアの行方を大抵みではあるが、樹脂等の耐久財として固定される割合などを含めて計算した。表15-aには樹脂や繊維などの耐久財の形で固定されたものの国内消費量についての計算手順を示した。表15-bには樹脂、繊維原料および製品の輸出量を示した。図1の下半分に計算の結果をまとめて有機物中のNの動きと関連させて示した。図中ガス液からの88千t、全アンモニア生産量2733千tは化学工業年度の昭和45年副産硫酸実給実績、ア系製品生産実績によった。石灰窒素中N量、在庫調整、肥料消費量、肥料輸出量は12の肥料実給実績より計算した。ア系製品輸出量は

ref 17 のア系製品各品目需給昭和45年実績見込の輸出货量を集計したものである。肥料工業へのアンモニア投入量(実質) 1892千tは肥料工業における収支より求めた。合成樹脂などについては ref 17 の生産量、輸出入量の統計を用いて表15-aのような手順で計算した。ロスとしては既報より2733千tの10%とみた。

13. 工業生産されたリン酸の行方 N同様Pについても昭和45年度における工業生産されたPの行方を大略計算して、図2の下半分に示した。ref 12 の需給実績より肥料生産量は 290.4千tであった。一方 ref 17 の湿式リン酸需給値後より、湿式リン酸の工業用途はPとして 61.5千tとなっている。また、乾式リン酸の生産量は同じく ref 17 により、21.9千tとなっている。その他に乾式法の黄りんを経る製品かりん酸以外6~7千tあると思われるので、合わせて全製品中のP量380千tの程度である。輸出は、ref 12 より肥料12.2千t、ref 17 よりトリポリリン酸ソーダ10.1、リン酸 1.1千tなど計24千t程度である。その他Pの行方を、同様にして ref 17 の需要実績などより大まかに推定した。既報¹⁾を参考にして、およそ20千t弱がP関連工場製造ロス、あるいは金属表面処理(アルミなど)ナッキ、染色、清かん剤として各種工場より排出されていると推定される。

14. 石炭・石油中のN, P量 i) 石炭 昭和45年における石炭供給量は国内生産量⁸⁾ 3,830万t、輸入量⁹⁾ 5,090万t計8,920万tであり、そのうち5,770万tがコークス・ガス製造用に用いられ、残り¹⁰⁾ 3,150万tが直接燃料として用いられた。最近石油事情の悪化により見直されつつある。コークス製造の場合、原料炭の65~75%のコークスが生成し、1%の硫酸が副生するといわれている^{11,12)}。またNH₃ 6~7%含むガス液が¹³⁾

表 15-a 合成樹脂・繊維中のN量計算手順

用途	材質	生産量(製品量 t)	N含量	用途割合 %	N量千t
成形材料	ナイロン樹脂	7703794 349,407	14/108	4.71	2.1
	ABS, AS	7703794 423,785	14/53	11.0	12.3
	ゴム			2.4	2.7
	尿素樹脂	535684	28/120	14.5	18.1
	メラミン樹脂	メラミン 102,628	140/357	6.1	2.4
	メラミン樹脂板			16.7	6.8
接着剤	ホリウレタン	Nとして 8.9-15千t		54.9	4.1
			計		48.5
	尿素樹脂			73.3	91.5
塗料	メラミン樹脂			57.2	23.0
			計		114.5
	尿素樹脂			0.8	1.0
紙加工	メラミン樹脂			14.1	5.6
			計		6.6
	尿素樹脂			2.8	3.5
繊維加工	メラミン樹脂			2.4	1.0
			計		4.5
	尿素樹脂			8.2	10.2
その他	メラミン樹脂			3.5	1.4
	ホリウレタン			3.1	0.2
			計		11.8
ラバ	ホリウレタンなど			42.0	3.1
			計		3.6
	合成繊維			計	63.7
輸出入	アクリルセイン	アクリルセリン 423,785	14/53	64.2	39.8 *
	ナイロンセイン	7703794 349,407	14/108	87.7	23.9 **
			計		63.7

表 15-b

輸出入	アクリルセリン	423,785	14/53	13.1	14.7
	7703794	349,407	14/108	6.27	2.8
	ナイロンセリン	7703794 349,407	14/108	1.5	0.7
	アクリルセイン				32.1 *
	ナイロンセイン				15.8 **
	TDL				1.5
その他N量削減	その他N量削減		(0.1)		0.4
			計		68

* 国内消費 55.4% 輸出 44.6% にわりの値

** 国内消費 60.2% 輸出 39.8% にわりの値

原料炭の7~10%得られるとされている¹⁴⁾。上述の5,770万tの原料からはガス液中に23万tのNが、またこれより、副生硫酸

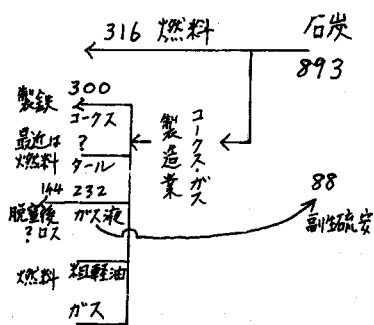


図3 石炭中のN千t

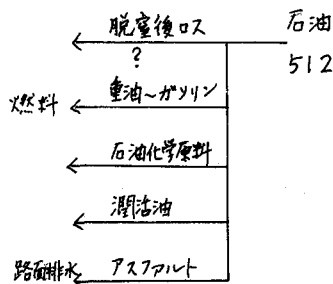


図4 石油中のN千t

として10万tのNが回収される計算になる。最近では硫酸不人気のため脱窒させて回収を少なくしているといわれている。¹⁷⁾ 図1に示したごとく、実際に回収されたN量は8.8万tであった。いずれにしても石炭乾留工業はNの汚濁源として大きいものの一つであろう。石炭のN含量は1~1.5%程度¹⁸⁾であり、石炭中のN量は900千t~1,300千tとかなり大きな値である。P含量はコークスのP含量より推定すれば0.012%であり、10.7千tが石炭中のP量である。コークスのN含量は0.5~0.8%、P含量は0.018%程度とされている。これらの値を用いて、実質的に問題となりそうなNについて、図3にまとめてみた。

ii) 石油 原油中のN含量は0.1~0.7%の程度とされ、²⁰⁾ 仮にこれを0.3%とし、比重を0.87として、昭和45年の石油消費量¹⁹⁾ 196,724千klより、N量を計算すると510千tとなり、これもまたかなり大きな値となる。Pについては資料もないので、やはりNについて、石炭と対応させて、図4に示した。

Ⅲ. 考察 1. 表16にみると食飼料等の有機物の供給はすでに生態レベルから逸脱しているかもしれないが一応これを生態レベルと考えると、NPとも余分に2倍量が人為により国内で動かされている。

2. 石油石炭の燃焼、合成樹脂繊維などの焼却処分の際、燃焼→大気汚染→水質の因果関係を明らかにする必要がある。既報では、燃料燃焼時 N_2 の酸化により生成するとされる NO_x が約800千tNもあり、この関連も考えなければならぬ。合成樹脂等は年々かなりの量が蓄積保有されつつあり、本格的な廃棄時には処理方法についても注意を払う必要がある。

3. 農地における収支を表17にまとめた。し尿、家畜糞尿の農地還元量はそれぞれ20%、75%と推定して入力に加えた。入力計のN30%、P5%も流出と考えると年々の入超はかなりの大きさで、Nの場合は脱窒、Pの場合は不溶化などの程度問題なく行われているかを含め、農地流出の実態を明らかにする必要がある。化学肥料の代りに未回収の有機物中N、Pをあててことを考えると表17最下欄にみるごとく、Nではすでに過剰、Pでは化学肥料投入量が大きいためかまだ余裕がある。しかし実際は農地への蓄積(とくにP)があるだろうし、農地からの流出が富栄養化対策の困難なネックとなる可能性がある。工業側の対策(洗剤ビルダーも含めて)は、発生源が実的、また場合によっては代替も可能なので必要に応じて規制をきびしくすればすむが、食料については発生源が面的で代替もないので、自給率アップ、肥料への回収と化学肥料使用の逐減、回収肥料のみかえ輸出などといった政策的な改革が必要である。

Ⅳ. 結び 問題の困難性のために、必要な実態も明らかにしえなかったし、また肥料の回収の場合と現在の方式の効率比較といったことにも進みえなかったわけであるが、生態学的基本原则に立て、人間生活のあらゆる面で(たとえば富栄養化防止のみを行えば炭酸ガスレベルの上昇をまねくおそれがある。)無駄もなくし、省エネルギー、省資源へ転換をはかることを、人類が生きてのびるために真剣に考えなければならない。

表16 我国のN、P入力

	N t	P t
食・飼料 その他有機物	1,361 115	179 12
N、P関与物	1,433	256
石炭	900	11
石油	500	—
計	4,309	558

表17 農地のN、P収支

	N t	P t
化学肥料	688	287
有機肥料	38	14
し尿・ごみ	88	10
家畜糞尿	375	79
a 入力計	1189	390
b 農作物	395	81
c 流出	357	16
a-b-c	437	293
未回収NP	857	102

1) 河田、中西；公害と対策(5)、(6) 1972

2) 農林省統計調査部；農林水産統計(1972)

3) 科学技術庁；日本食品標準成分表

4) 農林統計協会；食料需給表(昭和45年度)

5) 肥料協会新聞部；肥料年鑑(1971)

6) 森本 宏；飼料学(養賢堂)巻末

7) 農林省流通飼料課；飼料便覧(1972)

8) 中西、藤巻ら；畜産物利用学、朝倉書店

9) 桜井芳人ら；総合食料工業、恒星社厚生閣

10) 食品工業対策懇談会；これからの食料消費、地球出版

11) 日本食糧新聞社；食糧年鑑(1972)

12) 農林統計協会；ポケット肥料要覧(1973)

13) 河田、中西；土木学会第28回学術講義要集第2部

14) 厚生省公衆衛生局栄養課；国民栄養の現状

15) 日本化学会；化学便覧応用編(改訂2版)

16) 岡田ら；土木材料学、国民科学社

17) 化学工業日報社；化学工業年鑑(昭和47年版)

18) 矢野一郎；日本国勢図会(1972)

19) 鉄鋼統計委員会；鉄鋼統計要覧(1973)

20) 森田義郎；石油精製、昭晃堂