

# 歯磨き剤等生活用品中の窒素，リン等の汚濁負荷\*

上 治 純 子\*\*・藤 村 葉 子\*\*・小 倉 久 子\*\*

キーワード ①生活排水 ②生活用品 ③窒素 ④リン ⑤汚濁負荷

## 要 旨

生活用品中の汚濁負荷量(COD, N, P)を調査するとともに、とくに閉鎖性水域の富栄養化に関する重要な制限因子となるリンに着目し、歯磨き剤等を水に溶解したときに $PO_4$ -P/T-P比がどのように変化するか実験を行った。その結果、歯磨き剤には最大で88,000mg/kg、ボディシャンプーには最大で9,800mg/kg、洗顔料には最大で20,000mg/kgとT-P含有量の非常に多いものがあり、生活雑排水中の汚濁負荷の割合も大きいことが明らかになった。また、それらのリンは環境水中では植物に利用されやすいオルトリン酸イオンに変化することが室内実験によって確認された。これら生活用品にはリン化合物を使用していない銘柄もあり、それらを選択することで汚濁負荷を容易に削減することができると考えられる。

## 1. 経緯および目的

窒素，リンによる閉鎖性水域の富栄養化が問題となっているが、その発生源として生活排水由来の汚濁負荷が重要である。

日本では家庭用衣類洗剤は1980年代に無リン化されているが、それ以外の生活用品にはまだリンが使われているものがあり、これまでの調査から多量に含まれているものもあることが分かっている<sup>1)</sup>。しかし、歯磨き剤などの生活用品中の窒素，リンなどの汚濁負荷量を調査した例は少なく、水中に溶解した後の挙動も明らかになっていない。

このため、市販されている生活用品中のCOD，窒素，リンの含有量を分析し、それらが使用後に無処理で環境中に放出された場合を想定して、室内実験で経時変化を追った。さらに研磨剤にリンが使用されている歯磨き剤が環境に与える負荷の

大きさについて評価した。

## 2. 実験方法

### 2.1 分析方法

CODはJIS K 0102，T-Nは化学発光法，溶解性窒素(S-T-N)はNo. 5Cろ紙でろ過後化学発光法で分析した。T-PはJIS K 0102， $PO_4$ -PはNo. 5Cろ紙でろ過後JIS K 0102，陰イオン界面活性剤(EVAS)は標準品としてドデシル硫酸ナトリウム(平均分子量288.4，純度99.6%)を用いエチルバイオレット法で分析した。

### 2.2 生活用品のCOD，窒素，リン含有量

生活用品は2003年～2006年に歯磨き剤19銘柄，洗口液2銘柄，リンスインシャンプー2銘柄，シャンプー4銘柄，リンス4銘柄，ボディシャンプー4銘柄，入浴剤3銘柄，トイレ洗浄剤2銘柄，

\*Pollutant Load of Nitrogen and Phosphorus in Daily Commodities like Toothpastes

\*\*Sumiko JOJI, Yoko FUJIMURA, Hisako OGURA (千葉県環境研究センター) Chiba Prefectural Environmental Research Center

表 1 生活用品の各成分含有量

	COD	T-P	PO <sub>4</sub> -P	T-N	S-T-N
	(g/kg)	(mg/kg)			
歯磨き剤 A	230	1,400	280	110	—
歯磨き剤 B	250	1,400	570	240	—
歯磨き剤 C	190	79,000	15,000	260	—
歯磨き剤 D	180	81,000	11,000	310	—
歯磨き剤 E	210	67,000	12,000	250	—
歯磨き剤 F	230	42	—	240	—
歯磨き剤 G	230	30	—	500	—
歯磨き剤 H	190	88,000	15,000	290	—
歯磨き剤 I	250	50	—	680	—
歯磨き剤 J	180	20	—	83	—
歯磨き剤 K	180	62,000	17,000	430	—
歯磨き剤 L	210	87,000	17,000	220	—
歯磨き剤 M	230	<24	—	160	—
歯磨き剤 N	240	1,100	380	140	—
歯磨き剤 O	220	2,600	160	400	—
歯磨き剤 P	300	1,400	460	240	—
歯磨き剤 Q	210	58,000	19,000	290	—
歯磨き剤 R	330	2,500	210	260	—
歯磨き剤 S	190	2,400	120	550	—
洗口液 A	95	190	170	<5	—
洗口液 B	100	200	120	9	—
リンスインシャンプー A	55	<2	—	4,400	2,900
リンスインシャンプー B	52	<2	—	4,100	2,900
シャンプー A	44	<2	—	1,200	1,200
シャンプー B	35	130	93	2,100	2,100
シャンプー C	48	560	410	7,600	7,400
シャンプー D	36	29	—	6,800	6,800
リンス A	36	4.6	—	580	—
リンス B	100	1,000	750	1,900	1,700
リンス C	71	30	—	1,400	770
リンス D	58	<2	—	2,100	200
ボディシャンプー A	71	<60	—	3,100	3,100
ボディシャンプー B	80	<2	—	1,000	1,100
ボディシャンプー C	74	9,300	<25	1,500	1,200
ボディシャンプー D	67	9,800	670	1,500	1,700
入浴剤 A	4.4	37	—	1,600	1,600
入浴剤 B	23	<2	—	110	—
入浴剤 C	11	7.1	—	1,200	1,100
トイレ洗浄剤 A	220	240	120	5,300	5,400
トイレ洗浄剤 B	420	140	85	3,900	3,900
柔軟仕上げ剤 A	91	<24	—	2,700	2,000
柔軟仕上げ剤 B	200	<24	—	6,200	6,400
洗顔料 A	150	20,000	5,100	12,000	11,000
洗顔料 B	72	11,000	690	2,400	2,600
ハンドソープ A	100	400	420	340	—

柔軟仕上げ剤 2 銘柄, 洗顔料 2 銘柄およびハンドソープ 1 銘柄(表 1)を購入し, それらを純水に溶かし COD, T-N, S-T-N, T-P, PO<sub>4</sub>-P を分析した。T-P の含有量が非常に多い歯磨き剤(50,000 mg/kg 以上)については PO<sub>4</sub>-P は 1g を 1,000mL に溶かしたのものについて No. 5C ろ紙でろ過後分

表 2 リン経時変化実験に用いた水の水質

	COD(mg/L)	pH
手賀沼(2005.8採水)	5.1	9.3
手賀沼(2006.8採水)	8.1	8.7
東京湾(2005.8採水)	2.9	8.8
東京湾(2006.8採水)	4.7	8.2

析した。同様に T-N の含有量が 1,000mg/kg 以上の生活用品について S-T-N は 1g を 100~2,000mL に溶かしたものを No. 5C ろ紙でろ過後分析した。

### 2.3 PO<sub>4</sub>-P 経時変化

水(純水ならびに手賀沼および東京湾で採水した水, プランクトンの多い手賀沼の水は一晩自然沈降させた上澄み)250mL に歯磨き剤は 0.25g, ボディシャンプーと洗顔料は 2.5g をそれぞれ溶解させ, 500mL の共栓付き三角フラスコに入れて室温(実験時の水温は 10℃~30℃)で静置した。サンプル採取時には 1 分振とう, 2 時間静置後上澄みを 0.3~1 mL 採取し, PO<sub>4</sub>-P を分析した。この操作を 1 日~1 ヶ月ごとに行い PO<sub>4</sub>-P の経時変化を見た。なお, この実験に用いた手賀沼, 東京湾の水の水質は表 2 のとおりである。

### 2.4 EVAS と PO<sub>4</sub>-P 経時変化

2007年 5 月 24 日に手賀沼で採水し一晩自然沈降させた上澄みおよび純水各 250mL にボディシャンプー C を 0.5g それぞれ溶解させたものを 500mL の共栓付き三角フラスコに入れ, これを 2 組ずつ用意し, 一方は冷蔵庫(実測 5.7~6.8℃), 一方は 20℃ に設定した恒温槽(実測 18.7~20.5℃)に庫内および槽内の照明をつけた状態で静置した。これらをサンプル採取時ごとに 1 分振とう, 1 時間静置後上澄みを 1 mL ずつ採取して EVAS および PO<sub>4</sub>-P を分析した。この操作を 3 日~2 カ月ごとに行い PO<sub>4</sub>-P および EVAS の経時変化を見た。なお, ボディシャンプー C の EVAS : 57.0g/kg, 手賀沼の水(自然沈降後)は COD : 3.4mg/L, SS : 12 mg/L, PO<sub>4</sub>-P : 0.04mg/L, EVAS : 0.058mg/L である。

## 3. 結 果

### 3.1 生活用品の COD, 窒素, リン含有量

COD, T-N, T-P の含有量分析結果を表 1 に示す。また T-N 含有量が 1,000mg/kg 以上のものに

ついてS-T-N, T-P含有量が100mg/kg以上のものについてPO<sub>4</sub>-Pを分析した結果も併せて示した。

### 3.1.1 COD

CODはトイレ洗浄剤(フラッシュ水に青い薬剤を流すタイプ)で220~420g/kg, 歯磨き剤で最大330g/kgと比較的多いものが見られた。

### 3.1.2 窒素

T-Nはシャンプー, トイレ洗浄剤, 柔軟仕上げ剤および洗顔料で5,000mg/kg以上のものが見られた。とくに洗顔料Aでは10,000mg/kgを超え, 窒素の含有量が非常に多いことが分かった。

T-Nの含有量が多い生活用品についてS-T-Nを分析したところ, リンスなどではS-T-NはT-Nより少なくなった。それらの生活用品では窒素はコロイドなどNo.5Cろ紙に捕捉されやすい形で存在すると推測された。

成分表を見ると, シャンプーやボディシャンプーではラウラミドプロピルベタインやココミドプロピルベタイン等の両性界面活性剤, リンスではベヘントリモニウムクロリド等の陽イオン界面活性剤やアルギニンやグルタミン酸等のアミノ酸の名称が見られるものが多く, これら由来の窒素であることが考えられた。シャンプーで洗いリンスで落ち着かせるというイメージから, シャンプーは陰イオン界面活性剤, リンスは陽イオン界面活性剤が多く含まれていると予想されたが実際はシャンプーに両性界面活性剤が使われ, シャンプーの方がT-N含有量が多いものが見られた。

### 3.1.3 リン

T-Pは含有量の多いものと少ないものがあり, 歯磨き剤においてその差が顕著であった。成分表を見ると, T-P含有量が非常に多いもの(58,000~88,000mg/kg)は研磨剤に歯磨用リン酸水素カルシウムやリン酸2Ca(両者は同じもの<sup>2)</sup>)を使用しており, やや多いもの(1,100~2,600mg/kg)はモノフルオロリン酸ナトリウム(薬用成分), 三リン酸5Na(洗浄剤), リン酸3Mg(安定化剤), ポリリン酸Na(薬用成分), 無水ピロリン酸(清掃助剤)(以上すべて表示名のまま)を使用しており, 50mg/kg以下と少ないものはいずれのリン化合物も使用していないことが分かった。なお, 歯磨き剤Eはいわゆるアパタイト歯磨きであったが, 薬用ハイドロキシアパタイトの他, 研磨剤と

してリン酸水素カルシウムが使われていた。

また, 界面活性剤としてアルキルリン酸カリウム(以下MAPと略す)が使用されているボディシャンプーおよび洗顔料ではT-Pの含有量が多かった(洗顔料については界面活性剤にMAPが使用されているものを選んで分析したため, 2銘柄ともT-P含有量が多い)。

T-Pの含有量が非常に多い歯磨き剤1gを1,000mLに溶解させたものをろ過した場合のPO<sub>4</sub>-Pは11,000~19,000mg/kgと多かった。リン酸一水素カルシウム二水塩の溶解度は0.02g/100g水(24.5℃)<sup>3)</sup>であり(=36mgPO<sub>4</sub>-P/L)水に不溶とされるが, 環境水中のリン濃度と比較すると高濃度に溶解するといえ, このタイプの歯磨き剤が環境中に放出されると影響が大きいと考えられた。

洗口液, シャンプー, リンス, ハンドソープではT-PとPO<sub>4</sub>-Pの含有量の差は小さく, 主に解離しやすいオルトリン酸塩として製品に入っていると考えられた。一方, 界面活性剤にMAPが使用されているボディシャンプーにはT-Pの含有量が多いにもかかわらずPO<sub>4</sub>-Pがほとんど含まれていないものがあり, モノアルキルリン酸塩はオルトリン酸イオンに解離しにくいことが明らかとなった。

### 3.2 PO<sub>4</sub>-P 経時変化

T-P含有量が多かった生活用品を純水に溶解した時のPO<sub>4</sub>-P/T-P比の経時変化を図1に示した。

歯磨き剤DおよびHは実験開始後10日を過ぎてからPO<sub>4</sub>-P/T-P比が急上昇し, T-Pのうち約6割がPO<sub>4</sub>-Pに変化し, 最高でHは64.8%, Dは59.7%となった。歯磨き剤Eは薬用成分としてハイドロキシアパタイトが入っている歯磨き剤で

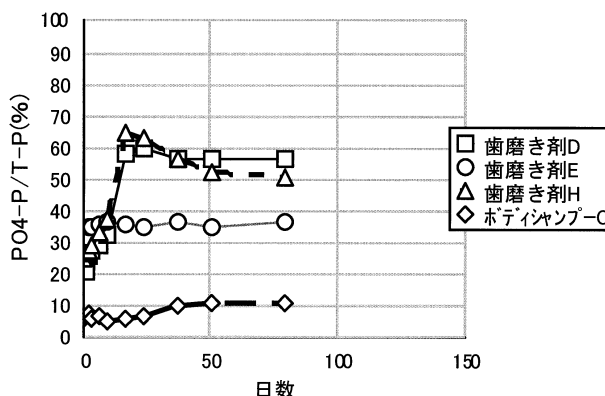


図1 純水中でのPO<sub>4</sub>-P/T-P比の経時変化

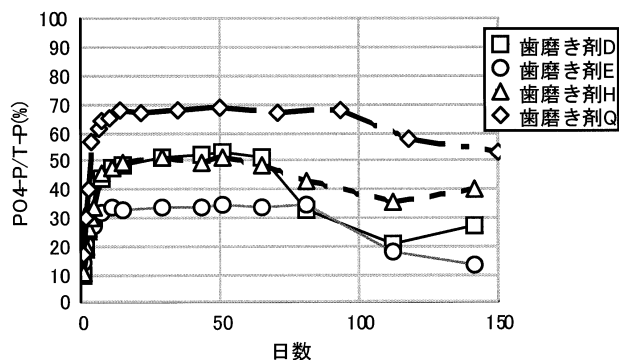


図2 環境(手賀沼)水中での歯磨き剤のPO<sub>4</sub>-P/T-P比の経時変化

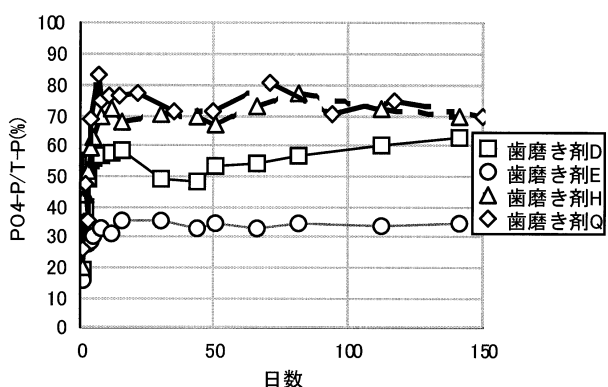


図3 環境(東京湾)水中での歯磨き剤のPO<sub>4</sub>-P/T-P比の経時変化

あるが、こちらは最初の4~5日はPO<sub>4</sub>-P/T-P比が上昇したもののそれ以降はほぼ一定の割合となっており、最高37.2%であった。ボディシャンプーCは、実験開始直後は6~7%程度であったが、約80日後には11.2%まで上昇した。

T-P含有量が多かった歯磨き剤を手賀沼の水に溶解したときのPO<sub>4</sub>-P/T-P比の経時変化を図2、東京湾の水に溶解したときの経時変化を図3に示した。

手賀沼の水中では実験開始後約10~15日までにPO<sub>4</sub>-P/T-P比が上昇し、その後しばらくは歯磨き剤Eを除きおおむね50%以上で一定となった後、60日~100日目頃から減少した。この時には水中に藻類と思われる着色が見られた。薬用成分としてヒドロキシアパタイトが入っている歯磨き剤EのPO<sub>4</sub>-P/T-P比は実験終了時まで40%以下であった。東京湾の水中でも同様の傾向が見られたが後半のPO<sub>4</sub>-P/T-P比の減少は見られず、藻類と思われる着色も見られなかった。

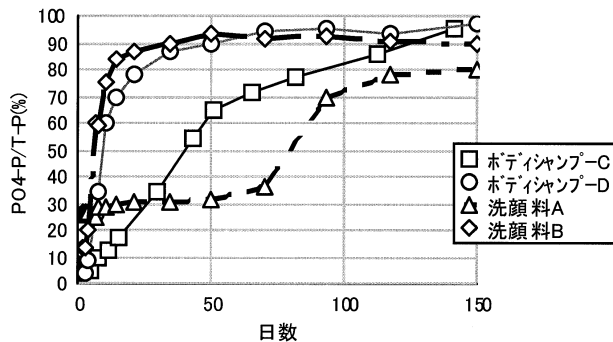


図4 環境(手賀沼)水中でのボディシャンプー等のPO<sub>4</sub>-P/T-P比の経時変化

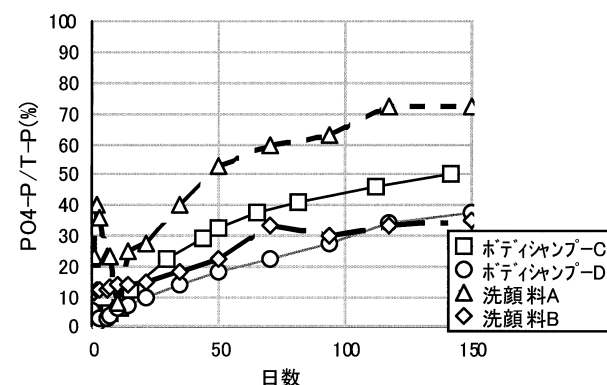


図5 環境(東京湾)水中でのボディシャンプー等のPO<sub>4</sub>-P/T-P比の経時変化

歯磨き剤では純水と環境水における挙動に大きな違いがないことから水中の細菌等微生物の作用の可能性は低いと推測された。

MAPを使用した生活用品を手賀沼の水に溶解したときの経時変化を図4、東京湾の水に溶解したときの経時変化を図5に示した。

手賀沼の水中ではPO<sub>4</sub>-P/T-P比は2種で20日以内に70%以上、残り2種も100日以内に70%以上となった。東京湾の水中では手賀沼の水ほど大きく変化してはいないが、約80日後には20%~60%程度とPO<sub>4</sub>-P/T-P比が上昇し、約120日後には30%~70%程度とさらに上昇した。

3.3 EVASとPO<sub>4</sub>-P経時変化

界面活性剤にMAPを使用しているボディシャンプーを手賀沼の水および純水に溶かし、恒温槽および冷蔵庫におけるPO<sub>4</sub>-P/T-P比およびEVASの経時変化を調べた。PO<sub>4</sub>-P/T-P比の経時変化を図6、実験開始時を100%としたEVASの経時変化を図7に示した。

手賀沼の水にボディシャンプー C を溶解し恒温槽中で静置したものは7日目には  $PO_4\text{-P/T-P}$  比が上昇し始め, 約3週間で80%を超え, 2カ月過ぎには90%以上が  $PO_4\text{-P}$  となった。EVAS は実験直後から減少し始め約3カ月でほぼ0%となった。しかし,  $PO_4\text{-P}$  が90%以上となっても EVAS は約50%残っていた。ボディシャンプー C の成分表には「水, MAP, ラウレス硫酸ナトリウム…」と表示されており, MAP は界面活性剤の中で比較的早く分解されると推察された。

冷蔵庫中に静置した試料は14日目頃から  $PO_4\text{-P/T-P}$  比が上昇し始め, 約2カ月で50%を超えた。EVAS は最初の1カ月半では増減が見られ最大125.4%となったがその後減少し始め, 約4カ月半では約50%となった。

これらの結果から環境水中での MAP の分解には温度の影響があることが分かった。

一方, 純水に溶解したものは冷蔵庫, 恒温槽とも4カ月過ぎても  $PO_4\text{-P/T-P}$  比は4~6%, EVAS は90%~115%のまま MAP の分解は見られなかった。

以上の結果から, 環境水中の細菌等の微生物により MAP が分解されていることが示唆された。

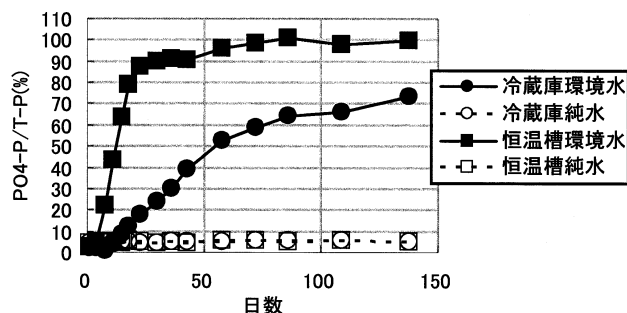


図6 ボディシャンプー C 中  $PO_4\text{-P/T-P}$  比の水中の経時変化

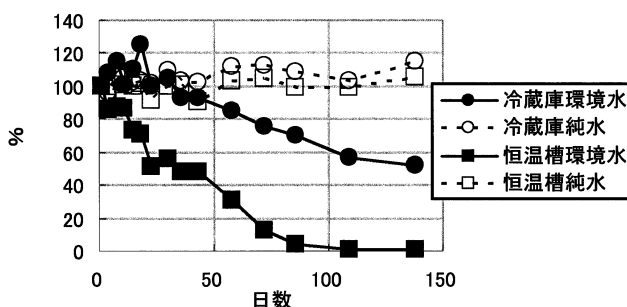


図7 ボディシャンプー C 中 EVAS の水の中の経時変化

#### 4. 生活用品の水域に与える負荷

##### 4.1 生活雑排水原単位に対する割合

上述のように生活用品の窒素, リン含有量は多いものがあり, 生活雑排水中の汚濁負荷を考える上で無視できないものと考えられた。また製品中にオルトリン酸塩以外の形態でリンが存在していても, 環境中でオルトリン酸塩に変化する事も明らかになった。そこでこれらの生活用品の通常使用がどの程度の汚濁負荷を与えるかを試算した。

各生活用品の1回当たりの使用量を表3のように設定して負荷量を計算し, 生活雑排水の排出原単位(g/(日・人))(表4)と比較した。1回当たりの使用量は, 使用量の指定があるものについてはそれに従い, 指定がないものは, 適量と思われる量の重量を実測した。また, 生活雑排水の排出原単位は当センターが調査したデータ<sup>4)</sup>を使用した。

図8に示すように COD 負荷原単位に対する生活用品1回分の使用量の割合は, 柔軟仕上げ剤で生活雑排水原単位量の14~20%, 洗口液で11~12%に相当し, 1回当たりの COD 負荷量が比較的高かった。これらのものは歯磨き剤やシャン

表3 各生活用品の使用量

生活用品	1回の使用量(g)	備考
歯磨き剤	1	
洗口液	15	標準量10~20mL
リンスインシャンプー	5	
シャンプー	5	
リンス	4	
ボディシャンプー	5	
入浴剤	20~30	銘柄ごとの標準量
トイレ洗浄剤	0.83	25gを約1カ月で使用することから1日当たりを計算
柔軟仕上げ剤	13~20	銘柄ごとの標準量 45L洗濯機
洗顔料	1~2	銘柄ごとの標準量から重量推定
ハンドソープ	1	標準量約1mL

表4 生活雑排水原単位<sup>4)</sup>

COD	13g/日
T-N	2,000mg/日
T-P	300mg/日

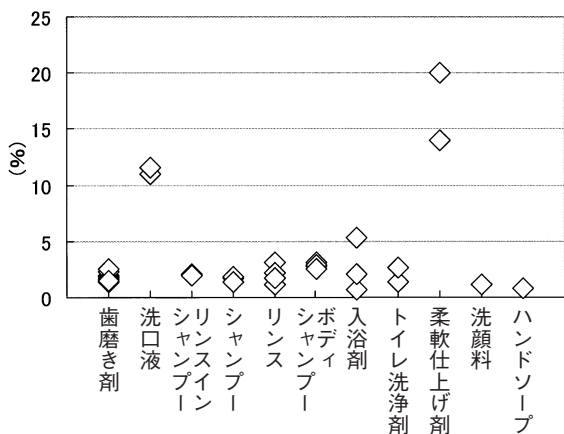


図8 COD 排出原単位(g/(人・日))に対する1回使用量の割合(%)

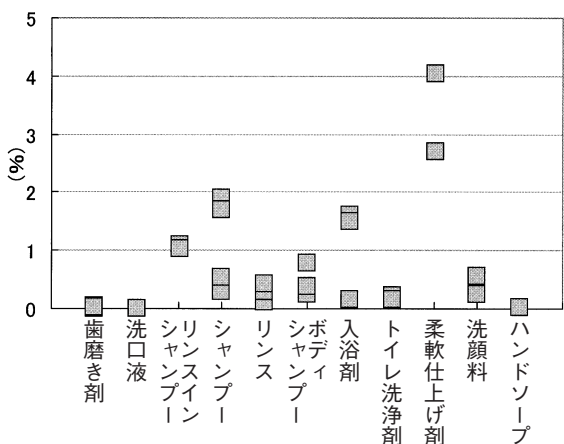


図9 T-N 排出原単位(g/(人・日))に対する1回使用量の割合(%)

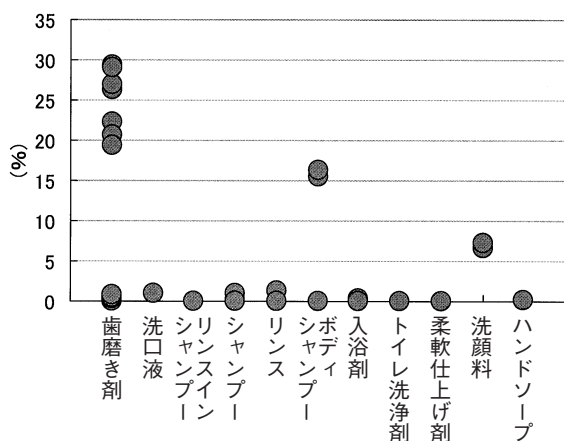


図10 T-P 排出原単位(g/(人・日))に対する1回使用量の割合(%)

プー等と比べると必要性は低いと思われることから使用を控えることで負荷量を削減することが可能と考えられる。

T-N(図9)は負荷量原単位に対する生活用品1回使用量の割合は最大でも4%程度ととくに高負荷のものはなかったが、最大のものは柔軟仕上げ剤だった。

T-P 負荷量原単位に対する生活用品1回分の使用量の割合(図10)から、歯磨き剤、ボディシャンプー、洗顔料の負荷が大きい、とくに前二者は製品によって大きく異なることが明らかになった。また、それ以外の生活用品の負荷は小さかった。

たとえばT-P含有量の非常に高い歯磨き剤を1回1g使用すると、そのたびに60~90mgのリンが排出されることになり、これはT-Pの雑排水原単位量の約20~30%に相当する。また、T-Pの含有量が多いボディシャンプーを1回5g使うと、そのたびに45~50mgのT-Pが排出されることになり、これは原単位量の約15%に相当する。T-Pの含有量が多い洗顔料を1回1~2g使用するとそのたびに約20mgのT-Pが排出されることになり、これはT-Pの原単位量の約7%に相当する。

これらはリン化合物を使用していない製品もあるため、それらを使用することで負荷量を削減できると考えられる。

#### 4.2 歯磨き剤によるリン汚濁負荷量と印旛沼、手賀沼の汚濁負荷量との比較

千葉県で重要な閉鎖性水域である印旛沼、手賀沼流域では流域下水道排水は系外(東京湾、利根川)に放流されることから仮に印旛沼、手賀沼流域の下水道区域外の人および下水道未使用者がT-P含有量の非常に多い歯磨き剤(約75,000mg/kg;今回分析した7種の平均値)を1回1g、1日2回使用した場合に、そこから排出されるT-P負荷量とそれが水域の全T-P負荷量に占める割合を試算した。結果を表5に示す。この試算では、流域内の9~20万人の使用する歯磨き剤による負荷量だけで各湖沼に流入する全負荷量の約7~11%となり、歯磨き剤を変えることによりT-P負荷量が%オーダーで削減できる可能性があることが分かった。

#### 5. おわりに

2003年から生活用品中のT-Pを分析し2005年に発表してから、一部の歯磨き剤で歯磨用リン酸水素カルシウムの使用をやめているものが見られ

表 5 歯磨き剤による汚濁負荷量試算

	印旛沼 (平成17年度)	手賀沼 (平成17年度)
T-P 排出負荷量 <sup>5)</sup> 流域人口 <sup>5)</sup>	354.8 kg/日 73.9万人	146.3 kg/日 48.6万人
下水道処理人口(下水道区域内の人口) <sup>5)</sup> 下水道区域外人口	57.6万人 16.3万人	39.8万人 8.8万人
下水道区域外の人々がT-P含有量の非常に多い歯磨き剤を1日2g使用するとT-P負荷量に占める歯磨き剤の割合	24.5 kg/日のT-Pが排出される 約6.9%	13.2 kg/日のT-Pが排出される 約9.0%
下水道使用人口 <sup>5)</sup> 下水道未使用人口	54.9万人 19.0万人	38.0万人 10.6万人
下水道未使用の人々がT-P含有量の非常に多い歯磨き剤を1日2g使用するとT-P負荷量に占める歯磨き剤の割合	28.5 kg/日のT-Pが排出される 約8.3%	15.9 kg/日のT-Pが排出される 約10.9%

た。今後はさらに原料の転換が進むことが期待される。

### 6. ま と め

生活用品中のCOD, T-N, T-P等を測定し, T-P含有量の多い歯磨き剤等について水中におけるPO<sub>4</sub>-P/T-P比の経時変化について実験を行った。また, 生活用品の使用量等から環境に与える影響について考察した。

- 1) 生活用品中のCOD含有量はトイレ洗浄剤, 歯磨き剤等で多かった。また, T-N含有量は洗顔料で12,000mg/kgと非常に多いものがあった。
- 2) 歯磨き剤には最大で88,000mg/kg, ボディシャンプーには最大で9,800mg/kg, 洗顔料には最大で20,000mg/kgとT-P含有量の非常に多いものがあり, 生活雑排水中の汚濁負荷の割合も大きい。
- 3) T-P含有量が多い歯磨き剤は研磨剤にリン酸水素カルシウム, T-P含有量が多いボディシャンプーおよび洗顔料は界面活性剤にMAPを使用していた。
- 4) T-P含有量が非常に多い歯磨き剤のPO<sub>4</sub>-Pは最大で19,000mg/kgと多く含まれていた。
- 5) T-P含有量が非常に多い歯磨き剤中のリンは純水および環境水中で半分以上がPO<sub>4</sub>-Pに変化した。またT-P含有量が多いボディシャンプーおよび洗顔料は手賀沼水中で大部分がPO<sub>4</sub>-Pに変化した。

- 6) MAPはボディシャンプー中の陰イオン界面活性剤の中では環境水中で比較的早く分解すると考えられる。
- 7) 柔軟仕上げ剤や洗口液はCODの生活雑排水中の汚濁負荷の割合がやや大きく, 使用を控えることで汚濁負荷を削減できると考えられる。
- 8) 歯磨き剤, ボディシャンプー, 洗顔料ともリン化合物を使用していない製品があり, それらを使用することで汚濁負荷を削減することができると考えられる。

### 謝 辞

分析に協力いただいた日本大学生産工学部の會田貴博, 川上絵李, 池田侑実子, 稲井智栄, 能瀬嘉美, 中村明日香, 田村哲也, 駒形友美および森下梢ならびに千葉工業大学の柴田浩子の各氏に深く感謝いたします。

### —参考文献—

- 1) 藤村葉子, 小倉久子, 小林節子: 家庭でできる生活雑排水対策における対策別汚濁負荷量削減効果. 全国公害研究会誌, **22**, 25-31, 1997
- 2) 日本歯磨工業会 web サイト, <http://www.hamigaki.gr.jp/hamigaki/seibun.html>
- 3) 化学大事典編集委員会編: 化学大事典 9, p803, 共立出版, 東京, 1972
- 4) 藤村葉子: 生活排水の負荷原単位と各種浄化槽による排出負荷. 用水と廃水, **48**, 64-70, 2006
- 5) 「印旛沼に係る湖沼水質保全計画」(第5期), 「手賀沼に係る湖沼水質保全計画」(第5期). 千葉県(平成19年3月)