

## &lt;論文&gt;

## PRTR対象物質の運命と琵琶湖COD値に与える影響の推定

Fate of Chemical Substances Regulated by PRTR System and  
Their Influence on COD of Lake Biwa鈴木祐麻<sup>1</sup>, 清水芳久<sup>1</sup>, 服部一美<sup>1</sup><sup>1</sup>京都大学大学院工学研究科附属環境質制御研究センターTasuma Suzuki<sup>1</sup>, Yoshihisa Shimizu<sup>1</sup> and Kazumi Hattori<sup>1</sup><sup>1</sup>Research Center for Environmental Quality Control, Kyoto University

## Abstract

The enforcement of PRTR (Pollutant Release and Transfer Register) disclosed the facts that in Shiga prefecture, over 13,000 ton of organic chemical substances are discharged into the environment, most of them are into the atmosphere. In the research, the behavior and fate of a large quantity of these organic chemicals discharged into the environment is estimated using fugacity-based model. The results showed that most of them are decomposed by OH radical during their stay in the atmosphere. However, some of them featuring water-miscible and directly discharged mainly into waters are estimated to exist in waters and have influence on COD ranging from 0.0032 to 0.0171 mgO<sub>2</sub>/L. This value is not negligible and we should be aware of the fate and behavior of these chemicals.

**Key words** : PRTR, potential environmental pollution, OH radical, Lake Biwa, COD

## 1. はじめに

化学物質の適切な管理という目標の下、PRTR (Pollutant Release and Transfer Register) 制度が2001年4月から施行されたのは記憶に新しいことである。施行から約3年が経ち、化学物質の移動、排出経路が徐々に把握されつつある中、「事業所からの化学物質の大気への排出」が非常に大きなプロセスであることが明らかとなった (Fig.1)。一年間で13,000トンを超える化学物質が滋賀県内で環境中に排出されているということに加え、そのほとんどが大気中に排出されていたという事実は一般市民のみならず研究者さえも予測していなかったであろう。PRTR制度が施行される以前では多種類の化学物質が様々な用途で使用され、あいまいな管理が行われていた状況は認知されていたにも関わらず、移動・排出量を定量化することは極めて困難であった。PRTR制度によって、新たなflow (リスク) が顕在化し

た今、環境中に排出された大量の化学物質がどのような挙動を示すかを把握することは、生態系に与える影響を予測するためにも重要なことである。

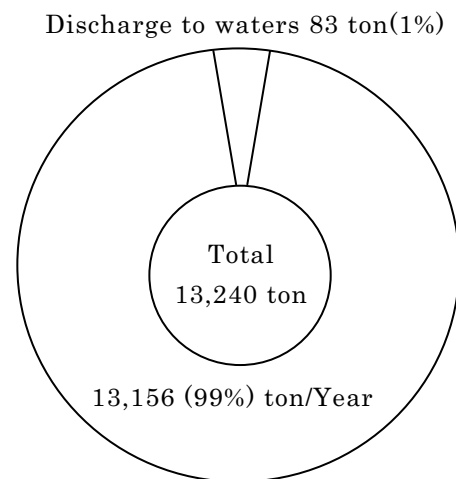


Fig.1 The amount of chemicals released into the environment in Shiga prefecture and their destination (2001). The amount of chemicals is calculated from the sum of those from reported industries and the estimated amount by the government. The destination of the chemicals without reported is regarded same as those with reported.

\*〒520-0811 大津市由美浜1-2  
TEL : 077-527-6221 FAX : 077-524-9869  
E-mail : shimizu@biwa.eqc.kyoto-u.ac.jp

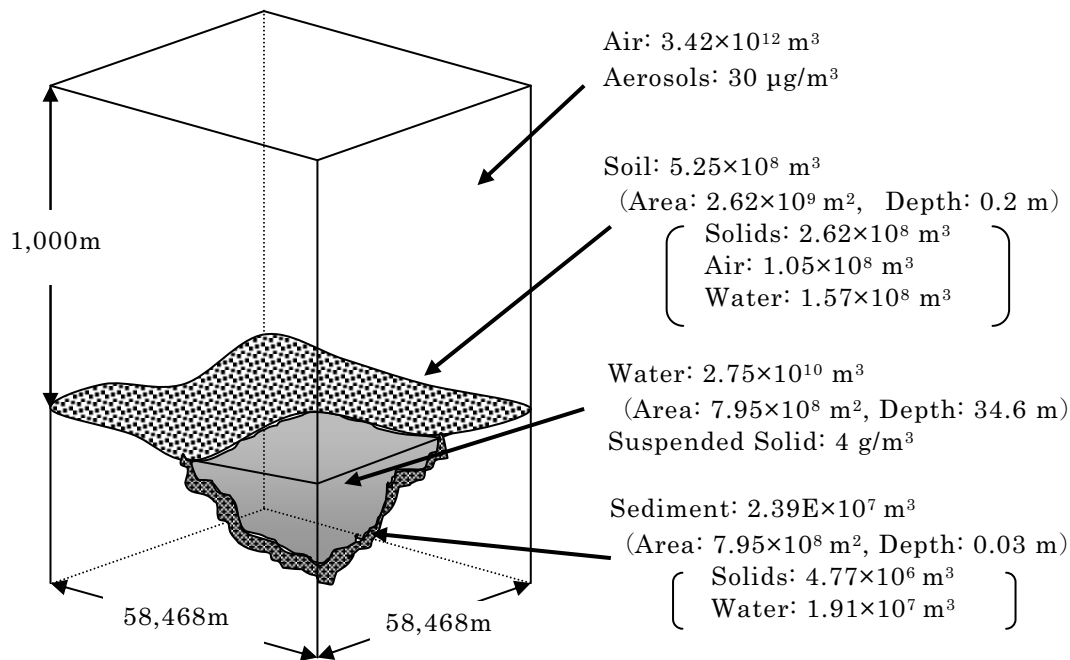


Fig.2 Evaluated environment that mimic Shiga prefecture.

日本最大の湖である琵琶湖においてBOD(生物化学的酸素要求量)とCOD(化学的酸素要求量)が、乖離現象(BODの漸減およびCODの漸増)を示し始めたのは1980年代のことである。元来、どちらも環境水の有機汚濁を表す指標であることから、湖沼に存在する有機物の質が変化していることが浮き彫りとなった。このような傾向は霞ヶ浦や十和田湖等の多くの湖沼においてもみられ、下水道の整備では解決できない(微生物が分解・酸化できない)新しいタイプの水質有機汚濁が進行していると言われている。現在、原因物質の一つとして最も有力視されているのがフミン物質(微生物によって分解困難な高分子群)であるが、その発生源はいまだに「外部由来説」と「内部由来説」の決着がつかない状況であり、他の可能性を否定するほどの根拠は無い。

上述の2つの事実を組み合わせると次のような疑問が浮かび上がる。環境中に排出された有機化学物質がBODとCODの乖離現象の一原因となっているのではないのか?このような背景の下、本研究では滋賀県内で排出された有機化学物質の挙動を把握すると共に、それらが琵琶湖のCOD値に与える影響を推定することを目的とした。本研究では、滋賀県全体を一つのコンパートメントとしたモデルを構築することにより、琵琶湖COD値に与える影響を推定した。

PRTR制度の対象となっている化学物質(第一種指定化学物質 354種類)すべてに対し、琵琶湖水中の濃度を求めるのは効率のよい方法であるとは言い難い。よって

本研究では、第一段階として年間排出量や物性に基づき、研究対象物質を約20種類に限定した。

## 2. 対象物質の選定およびモデルの構築

### 2.1 対象地域

本研究では滋賀県全体を、Fig.2のような直方体として扱った。対象物質が移動し得る空間を地圏、水圏および大気圏に分けた。地圏に関しては、県土面積( $4,017 \text{ km}^2$ )と平成12年度における土地利用状況(森林51.2%、農用地14.1%)、そして垂直方向として0.2mまでを考慮した。水圏は、水量を琵琶湖の貯水量 $2.75 \times 10^{10} \text{ m}^3$ とし、貯水量と土地利用状況(琵琶湖・河川等合わせて19.8%)から水深を算出した。大気圏では表面積は地圏と水圏の合計面積とし、高さは1,000mとした。また水圏底部には深さ0.03mの底質が存在するものとして水圏との間で物質移動があるとした。その他の土地利用(宅地、道路等合わせて14.9%)は無視した。また、水圏、大気圏にはそれぞれ水・空気以外の対象物質を輸送する媒体として、懸濁粒子、エアロゾルがそれぞれ $4 \text{ g}/\text{m}^3$ 、 $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 存在するとした。

### 2.2 対象物質の選定

PRTR制度の対象となる化学物質は数百種類にも及び、

Table1 Screening of the skeptical chemicals with the possibility of their presence in the environment.

Chemical	Amount of	Amount of	Ratio in the	Screening
toluene	4,811,918	434		Yes
xylene	1,992,603	1,228		Yes
dichloromethane	1,169,302	146		Yes
trichloroethylene	581,654	8		Yes
ethylbenzene	494,435	19		Yes
formaldehyde	456,128	14,775		Yes
N,N-dimethylformamide	438,502	5,289		Yes
ethylene glycol	209,528	159,765		Yes
styrene	346,816	165		Yes
tetrachloroethylene	320,925	130		Yes
p-dichlorobenzene	209,372	0	88	No
acetaldehyde	164,807	0	0.2	Yes
benzene	139,946	440	100	No
HCFC-141b	118,294	0	100	No
HCFC-22	95,109	0	100	No
1,3,5-trimethylbenzene	74,727	0	96	No
1,3-butadiene	57,926	0	77	No
vinyl acetate	53,882	49	68	No
bis(2-ethylhexyl)phthalate	50,919	1	0	Yes
chlorobenzene	47,278	0	94	No
2-ethoxyethyl acetate	40,268	0	0.4	Yes
CFC-12	38,574	0	99	No
acrolein	31,072	0	27	Yes
phenol	27,329	31	0.2	Yes
CFC-11	24,653	0	100	No
ethylene glycol monoethyl ether	24,643	0	0.2	Yes
ethyl acrylate	23,005	0	57	No
thiobencarb	0	15,182		Yes
1,3-dichloro-2-propanol	0	13,469		Yes

a The ratio of chemicals existing in the atmosphere was estimated under the condition of Air : Water : Octanol = 274,315 : 2,207 : 1 (volume ratio).

b Yes : included as a target chemical in this research.

No : excluded from target chemicals in this research.

これら全ての化学物質を対象とすることは困難である。よって本研究では、以下の3つを対象物質選定条件とした。なお、届出外排出量に関して各圏内への排出割合は届出排出量と同じとした。

- ① 総排出量が上位 10 位までの化学物質
- ② 平成 13 年度の滋賀県における総排出量が 20 ton 以上であり、模擬環境下{ 大気 : 水 : オクタノール相 = 274,315 : 2,207 : 1 (体積) } における平衡状態を仮定した際、その 33% 以下が大気圏に存在する化学物質 (ただし土壌、底質、エアロゾル、懸濁態物質の有機炭素 1m<sup>3</sup> がオクタノール 0.41m<sup>3</sup> に相当する<sup>4)</sup>とした)
- ③ 水圏への排出量が年間 10 ton 以上の化学物質  
環境中における化学物質の分解・消滅は、一般に大気圏における OH ラジカルとの反応が大きなプロセスとなっていることが知られている。従って、その物性が、大気圏に分配しやすい化学物質ほど環境中における半減期

が短く、琵琶湖の COD 値に与える影響は少ないと推測される。この方法は Gouin ら<sup>1)</sup>によって提案されており、何百万種類の化学物質が製造されている現在、比較的簡単に得られる物性からスクリーニングが必要か否か判断できる非常に簡便な手法である。また、非平衡状態を解析する際には、各圏間および媒体間の拡散速度が場合によっては十分に速くないことから化学物質がどの圏内へどの媒体に排出されているかということが重要となってくる。よって上記の条件②と③を合わせることで大気圏への分配しやすさを物性と排出状況の二つの観点から評価でき、より確実なスクリーニングの条件となる。各物質の物性は環境省ホームページのデータベースを参照にした。Table1 には平成 13 年度の滋賀県における総排出量が 20 ton 以上の有機物質に対して行ったスクリーニングの結果を示す。また、三種類の界面活性剤 { (直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩、ポリ(オキシエチレン) = アルキルエーテル、およびポリ(オ

Table2 Definition of Z (fugacity capacity) values for each media.

Media	Definition of Z Values	Remarks
Air	$Z_A=1/RT$	R is gas constant ( $\text{Pa m}^3/\text{mol K}$ ) T is temperature (K)
Water	$Z_W=1/H$	H is Henry's Law constant ( $\text{Pa m}^3/\text{mol}$ )
Soils, Sediments Suspended solid	$Z_S=yocKocZ_W(\rho_s/1000)$ $Koc=0.41Kow^4$	yoc is mass fraction organic carbon Koc is organic carbon-water coefficient $\rho_s$ is density of soil(sediments) ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
Aerosol	$Z_Q=Z_A yom K_{OA}(\rho_q/1000)$	yom is mass fraction organic matter $\rho_q$ is density of aerosols ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
Bulk phase	$Z_T=\sum V_i Z_i$	$V_i$ is the volume fraction of phase i

Fig.3 Transportation and degradation pathways considered in the *QWASI* model. Equations and parameters are listed in Table3 and Table4, respectively.

キシエチレン) = ノニルフェニルエーテル) } はスクリーニング条件に当てはまったが、物性が入手不可能であったこと、および多くが下水道に排出されており、滋賀県の高い下水道普及率と除去特性を考慮すると琵琶湖のCODに影響を与える濃度では存在しないと考えられたことから今回の対象物質としなかった。

## 2.3 fugacityに基づくモデルの構築

### 2.3.1 fugacityとは

“fugacity”という言葉は“escaping(fleeing) tendency”を意味するラテン語“*fugere*”を語源とし、Mackayによって提案された概念である。特徴として、異なる相間

における拡散の推進力を表す指標として fugacity (Pa) が導入されていること、また環境中におけるあらゆる物質移動経路による移動量を  $D (\text{mol} \cdot \text{Pa}^{-1}) \times f (\text{Pa})$  という簡単な式で表現することにより、対象物質の環境中における移動において、どの経路が大きな影響があるかが一目でわかるということにある。本研究ではこの fugacity モデルの中でも非平衡、定常状態を解析することができる LEVEL IIIを用いて解析を行った。

### 2.3.2 モデルの詳細

本研究ではMackayによって構築された *QWASI* (Quantitative Water Air Sediment Interaction) モデル<sup>3)</sup>に基づいて解析を行った。各媒体のfugacity容量

(fugacity capacity, Z) をTable2 にまとめた。詳しい算出方法に関しては参考文献<sup>3)</sup>を参考にされたい。Fig.3には本研究で考慮した経路とその移動量を示し、Table3に移動量の計算式をまとめた。さらにTable4には各パラメーターの説明と代入値を示す。各媒体は均一とし、大気-エアロゾル、水-懸濁粒子間では平衡状態にある(fugacityが等しい)と仮定した。大気圏における分解に関してはOHラジカルによる光酸化反応のみを考慮し、

分解速度定数が参照できなかった物質に関しては、物性推定ソフトウェアEPI Suite<sup>TM</sup> <sup>6)</sup>によって推定した値を使用した。その他の表層土壌、水、底質における分解速度定数に関しては、Hazardous Substances Data Bank<sup>7)</sup>を参照した。分解速度に関する情報が入手不可能であった物質に関しては、半減期を大気では96時間<sup>1)</sup>、水では649時間<sup>1)</sup>、土壌では2,202時間<sup>1)</sup>(これらの半減期の値は、233種の化学物質の平均値として算出されて

Table3 Transport and reaction equations used fugacity-based model level III.

Compartments	Process	D Values	Multiplying fugacity
Air(1)-Water(2)	Diffusion	$D_v = 1 / (1/k_{VA}A_{12}Z_A + 1/k_{VW}A_{12}Z_W)$	
	Rain dissolution	$D_{RW2} = A_{12}U_RZ_W$	
	Wet deposition	$D_{QW2} = A_{12}U_RQV_QZ_Q$	
	Dry deposition	$D_{QD2} = A_{12}U_QV_QZ_Q$	
		$D_{12} = D_v + D_{RW2} + D_{QW2} + D_{QD2}$ $D_{21} = D_v$	$f_1$ $f_2$
Air(1)-Soil(3)	Diffusion	$D_E = 1 / (1/k_{EA}A_{13}Z_A + Y_3/A_{13}(B_{MA}Z_A + B_{MW}Z_W))$	
	Rain dissolution	$D_{RW3} = A_{13}U_RZ_W$	
	Wet deposition	$D_{QW3} = A_{13}U_RQV_QZ_Q$	
	Dry deposition	$D_{QD3} = A_{13}U_QV_QZ_Q$	
		$D_{13} = D_E + D_{RW3} + D_{QW3} + D_{QD3}$ $D_{31} = D_E$	$f_1$ $f_3$
Soil(3)-Water(2)	Soil runoff	$D_{SW} = A_{13}U_{EW}Z_E$	
	Water runoff	$D_{WW} = A_{13}U_{WW}Z_W$	
		$D_{32} = D_{SW} + D_{WW}$	$f_3$
		$D_{23} = 0$	
Sediment(4)-Water(2)	Diffusion	$D_Y = 1 / (1/k_{SW}A_{24}Z_W + Y_4/B_{W4}A_{24}Z_W)$	
	Deposition	$D_{DS} = U_{DP}A_{23}Z_P$	
	Resuspension	$D_{RS} = U_{RS}A_{23}Z_S$	
		$D_{24} = D_Y + D_{DS}$ $D_{42} = D_Y + D_{RS}$	$f_2$ $f_4$
Reaction in phase i		$D_{Ri} = k_{Ri}V_iZ_i$	$f_i$
Advection bulk phase		$D_{Ai} = G_iZ_i$ or $U_iA_iZ_i$	$f_i$
Direct emission		$E_i$	

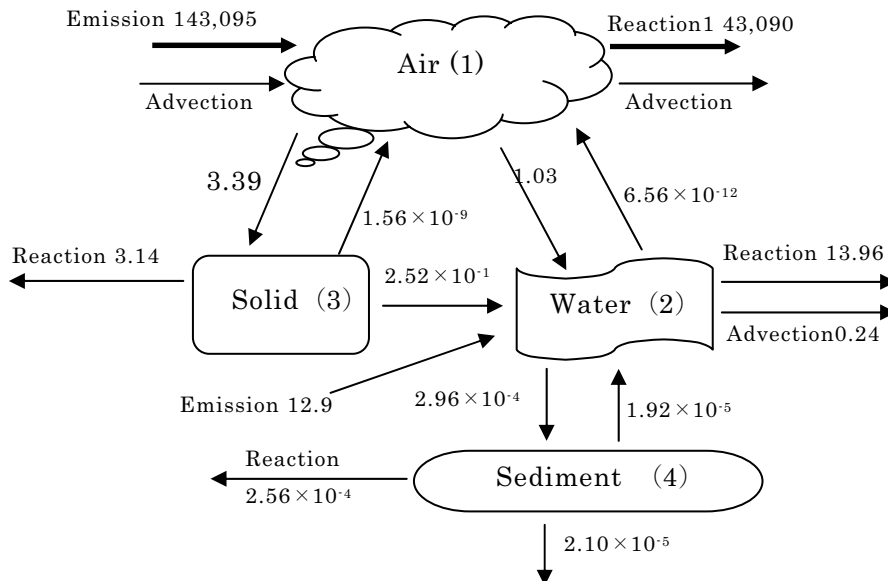


Fig.4 Behavior of toluene emitted into the environment (mol/day).

Table4 Parameters and substituted values<sup>3)</sup>

Parameter	Symbol	Values
Air side mass transfer coefficient (MTC) over water	$k_{VA}$	72 m/day
Water side MTC	$k_{VW}$	0.72 m/day
Rain rate	$U_R$	$4.3 \times 10^{-3}$ m/day
Scavenging ratio	$Q$	200000
Volume of fraction aerosols	$V_Q$	$1.5 \times 10^{-11}$
Dry deposition velocity	$U_Q$	259.2 m/day
Air side MTC over soil	$k_{EA}$	24 m/day
Diffusion path length in soil	$Y_S$	0.05 m
Molecular diffusivity in air	$B_{MA}$	0.96 m <sup>2</sup> /day
Molecular diffusivity in water	$B_{MW}$	$4.0 \times 10^{-6}$ m <sup>2</sup> /day
Water runoff rate from soil	$U_{WW}$	$9.36 \times 10^{-4}$ m/day
Solids runoff rate from soil	$U_{EW}$	$4.80 \times 10^{-8}$ m/day
Water side MTC over sediment	$k_{SW}$	$2.40 \times 10^{-1}$ m/day
Diffusion path length in sediment	$Y_4$	0.005 m
Sediment deposition rate	$U_{DP}$	$5.52 \times 10^{-7}$ m/day
Sediment resuspension	$U_{BS}$	$2.64 \times 10^{-7}$ m/day
Sediment burial rate	$U_L$	$2.88 \times 10^{-7}$ m/day
Advection from water phase	$G_2$	$7.12 \times 10^{-7}$ m <sup>3</sup> /day
Wind speed		2,400 m/day
Advection from air phase	$G_1$	$5.76 \times 10^8$ m <sup>3</sup> /day
Density of aerosol		2,000 kg/m <sup>3</sup>
Total organic carbon of aerosol		0.1
Density of suspended solid		2,000 kg/m <sup>3</sup>
Total organic carbon of suspended solid		0.1
Density of surface solid		2,300 kg/m <sup>3</sup>
Total organic carbon of surface solid		0.05
Density of sediment		2,400 kg/m <sup>3</sup>
Total organic carbon of sediment		0.02
Advective inflow Concentration		Depend on chemicals
Rate constant with OH radical	$k_{R1}$	Depend on chemicals
Direct emission to air	$E_1$	Depend on chemicals
Direct emission to water	$E_2$	Depend on chemicals
OH radical concentration		$9.7 \times 10^5$ molarcules/cm <sup>35)</sup>
Temperature		25°C

いる)とし、底質では6,606時間とした。

媒体の移入、移出に関しては次のような条件で解析を行った。水圏からの水の移出は琵琶湖から流出する河川(瀬田川と琵琶湖疎水)の流量から算出した $1.4 \times 10^7$  m<sup>3</sup>/dayとし、水圏への水の移入として降水と表層土壌からの流出のみを考慮した。大気圏では、対象物質の外部からの移入量、外部への移出量は等しい(大気圏では他の系と等しい対象物質濃度)とした。

### 3. 結果・考察

#### 3.1 対象物質の挙動

Table5に、本モデルから推定された汚泥およびCODへの濃度を示す。Table5よりPRTR対象物質のCODへの寄与はいずれも小さいことがわかる。また、滋賀県内で年間排出量が最も多い(約5,000トン)トルエンの環境

中における挙動をFig.4に示す。トルエンに関してはベンゼン環にメチル基が置換していることから推測されるように、OHラジカルとの反応性の高さにも影響され、放出されたトルエンのそのほとんどが大気中のOHラジカルによって分解されていることがわかる。他の多くの物質もトルエン同様に大気中にてOHラジカルによって分解されていた。

#### 3.2 琵琶湖CODに与える影響の推定

本モデルで使用したパラメーターの感度分析を行ったところ、大気圏の高さと水圏の深さが最も高感度であった。(Table6)。このことは、大気中での分解が物質の挙動(運命)を追う上で大きなプロセスになっていることを考慮すると決して予想に反しない結果である。また、水深に関しては季節により完全混合層の深さが変化するため、実際の環境中においてもその変動が大きい。この

ことはPRTR対象物質がCODに与える影響も季節変動があることを意味している。本モデルではデフォルト値として大気圏の高さを1,000m、水圏の深さを34.6mとしているが、それらを変化させた際のPRTR対象物質のCODへの寄与は0.0032~0.0171 mgO<sub>2</sub>/Lと推定された(Fig.5)。なお、CODを推定する際の寄与率はThODの50%と仮定した。

琵琶湖においてBODとCODの乖離現象が始まった1980年代からのCODの上昇程度はおおよそ0.3~0.5 mgO<sub>2</sub>/Lである。このことから考えると、PRTR対象物質が琵琶湖のCODが上昇していることへの寄与率は数%であり、琵琶湖CODの値が上昇傾向を示し続けていることを考慮するとこれが主たる原因とは言い難い。しかし、これは琵琶湖CODに与える影響という観点で評価

Table5 Half of theoretical oxygen demand is given to every chemical when each concentration is counted into COD values.

Chemicals	Air (mol/m <sup>3</sup> )	Soil (mol/kg)	Sediment (mol/kg)	Water (mol/m <sup>3</sup> )	Contribution to COD (mgO <sub>2</sub> / L)
toluene	8.32×10 <sup>-8</sup>	5.32×10 <sup>-10</sup>	7.38×10 <sup>-12</sup>	1.68×10 <sup>-8</sup>	2.42×10 <sup>-6</sup>
xylene	6.61×10 <sup>-7</sup>	7.49×10 <sup>-9</sup>	2.60×10 <sup>-10</sup>	5.51×10 <sup>-8</sup>	9.26×10 <sup>-6</sup>
dichloromethane	2.11×10 <sup>-5</sup>	1.82×10 <sup>-7</sup>	4.01×10 <sup>-10</sup>	5.95×10 <sup>-6</sup>	1.43×10 <sup>-4</sup>
trichloroethylene	4.30×10 <sup>-7</sup>	1.89×10 <sup>-9</sup>	1.54×10 <sup>-11</sup>	5.62×10 <sup>-8</sup>	2.02×10 <sup>-6</sup>
ethylbenzene	1.50×10 <sup>-7</sup>	8.49×10 <sup>-10</sup>	2.46×10 <sup>-12</sup>	2.68×10 <sup>-9</sup>	4.50×10 <sup>-7</sup>
formaldehyde	1.75×10 <sup>-7</sup>	8.25×10 <sup>-7</sup>	7.65×10 <sup>-11</sup>	2.74×10 <sup>-5</sup>	4.38×10 <sup>-4</sup>
N,N-dimethylformamide	4.41×10 <sup>-8</sup>	2.38×10 <sup>-7</sup>	1.29×10 <sup>-12</sup>	8.79×10 <sup>-6</sup>	7.73×10 <sup>-4</sup>
ethylene glycol	1.06×10 <sup>-10</sup>	3.04×10 <sup>-7</sup>	1.63×10 <sup>-12</sup>	2.07×10 <sup>-5</sup>	8.29×10 <sup>-4</sup>
styrene	2.72×10 <sup>-8</sup>	1.38×10 <sup>-10</sup>	6.42×10 <sup>-13</sup>	1.90×10 <sup>-9</sup>	3.04×10 <sup>-7</sup>
tetrachloroethylene	4.54×10 <sup>-8</sup>	6.67×10 <sup>-7</sup>	2.73×10 <sup>-8</sup>	1.31×10 <sup>-5</sup>	4.21×10 <sup>-4</sup>
acetaldehyde	7.92×10 <sup>-9</sup>	3.13×10 <sup>-7</sup>	2.28×10 <sup>-11</sup>	8.16×10 <sup>-6</sup>	2.61×10 <sup>-4</sup>
bis(2-ethylhexyl)phthalate	9.27×10 <sup>-11</sup>	6.01×10 <sup>-8</sup>	1.53×10 <sup>-7</sup>	8.99×10 <sup>-8</sup>	4.53×10 <sup>-5</sup>
2-ethoxyethyl acetate	1.45×10 <sup>-9</sup>	2.30×10 <sup>-8</sup>	2.26×10 <sup>-12</sup>	5.60×10 <sup>-7</sup>	8.07×10 <sup>-5</sup>
acrolein	6.26×10 <sup>-8</sup>	1.00×10 <sup>-9</sup>	2.57×10 <sup>-13</sup>	2.53×10 <sup>-7</sup>	1.62×10 <sup>-5</sup>
phenol	5.32×10 <sup>-10</sup>	4.89×10 <sup>-8</sup>	2.23×10 <sup>-11</sup>	5.66×10 <sup>-7</sup>	6.34×10 <sup>-5</sup>
ethylene glycol monoethyl ether	7.62×10 <sup>-10</sup>	2.06×10 <sup>-8</sup>	4.28×10 <sup>-13</sup>	7.17×10 <sup>-7</sup>	6.31×10 <sup>-5</sup>
Thiobencarb	2.09×10 <sup>-35</sup>	5.81×10 <sup>-32</sup>	3.96×10 <sup>-10</sup>	1.91×10 <sup>-7</sup>	5.04×10 <sup>-5</sup>
1,3-dichloro-2-propanol	3.01×10 <sup>-27</sup>	7.10×10 <sup>-27</sup>	2.98×10 <sup>-12</sup>	3.98×10 <sup>-7</sup>	2.55×10 <sup>-5</sup>
				Total(mgO <sub>2</sub> /L)	0.0032

Table6. Result of sensitivity analysis on the parameters used in this research.

Sensitivity	Parameter
>10%	Depth of the water phase (Fy5) Height of the atmosphere (Fy5)
1~5%<	Scavenging ratio Water runoff rate from soil
<1%以下	Advection from air phase Advection from water phase Air side mass transfer coefficient (MTC)over water Air side MTC over soil Density of aerosol Density of sediment Density of surface solid Density of suspended solid Diffusion path length in sediment Diffusion path length in soil Dry deposition velocity Molecular diffusivity in air Molecular diffusivity in water Sediment burial rate Sediment deposition rate Sediment resuspension rate Solids runoff rate from soil Total organic carbon of aerosol Total organic carbon of sediment Total organic carbon of surface solid Total organic carbon of suspended solid Volume of fraction aerosols Water side MTC Water side MTC over sediment Wind speed

The sensitivity was calculated by changing ±50% for the value of each parameter from that shown in Table4

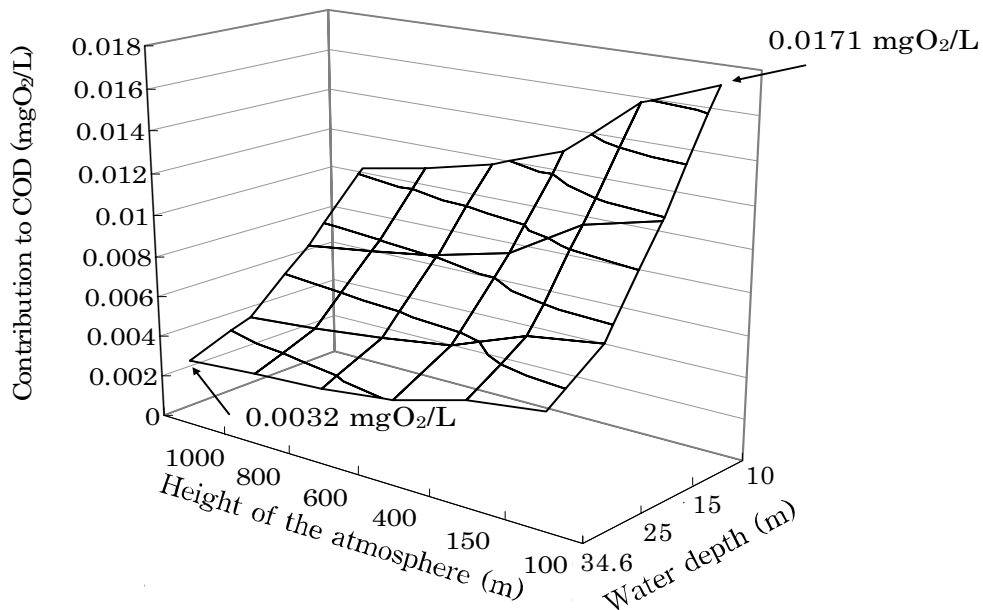


Fig.5 Contribution of PRTR chemicals to COD value depending on the height of the atmosphere and water depth. Half of theoretical oxygen demand (ThOD) is given to every chemical when each concentration is converted into COD values.

した結果であり、物質によっては強い毒性を有することを考えると、環境中に放出された数百種類の化学物質が生態に与える影響は無視し難いと思われ、今後も環境中に放出された大量の化学物質の分布、挙動を明らかにすることが必要である。そのためには、届出外排出量の排出先割合、環境中の各媒体における分解定数などの基礎的データが必要であると共に、物性によっては大きな影響を及ぼすとされる森林<sup>8)</sup>等の存在考慮することや、市街地などから湖に直接流入する流入水の評価など、より多くの現象をモデルに組み込むことが必要である。

#### 4. まとめ

本研究ではPRTR法によって明らかになった大量の化学物質の排出後の挙動に着目し、琵琶湖のCODに与える影響を推定した。その結果、化学物質により消費される酸素量は0.0032~0.0171mgO<sub>2</sub>/Lであった。より正確な推定値を算出するためには、排出先割合などのより細

かいデータが必要とされる一方で、実測データと組み合わせることによるモデルの精練が必要であると考えられる。

#### [参考文献]

- 1) Goutin, T., Mackey, D., Webster, E., Wania, F.: Screening Chemicals for Persistence in the Environment, *Environ. Sci. Technol.*, 34, 881-884 (2000)
- 2) [http://www.prtr-info.jp/\\_index/top.html](http://www.prtr-info.jp/_index/top.html)
- 3) Mackey, D.: Multimedia Environmental Models Second Edition, Lewis Publishers (2000)
- 4) Karickhoff, S.S.: Semiempirical estimation of sorption of hydrophobic pollutants on natural sediments and soils, *Chemosphere*, 10, 833-849 (1981)
- 5) Brubaker, Jr., W., Wayne, Hites., Ronald A: Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans: Gas-Phase Hydroxyl Radical Reactions and Related Atmospheric Removal, *Environ. Sci. Technol.*, 31, 1805-1810 (1997)
- 6) <http://www.epa.gov/oppt/exposure/docs/episuitel.htm>
- 7) <http://toxnet.nlm.nih.gov/>
- 8) Cousins, I. T., Mackey, D.: Strategies for including vegetation compartments in multimedia models, *Chemosphere*, 44, 643-654 (2001)

(受付 2004. 6. 29)

(受理 2005. 2. 7)