［６０］ベンゼン

１．物質に関する基本的事項

(1) 分子式・分子量・構造式

物質名：ベンゼン
（別の呼称：ベンゾール）
CAS 番号：71-43-2
分子式：C_6H_6
分子量：78.1
構造式：

(2) 物理化学的性状

本物質は揮発性が強く引火性、燃焼性が大きく特異な芳香ある液体である [1)]。

融点	5.5℃[2)]
沸点	80.1℃[2)]
比重	0.8787(15/4℃)[2)]
蒸気圧	94.8mmHg(25℃)[3)]
換算係数	1ppm=3.25mg/m^3(気体、20℃)[4)]
n-オクタノール/水分配係数 (log Pow)	2.13[5)]
加水分解性	加水分解を受けやすい化学結合なし [4)]
解離定数	解離基なし [4)]
水溶性	1.79×10^{3}mg/L(25℃)[6)]

(3) 環境運命に関する基礎的事項

本物質の分解性及び濃縮性は次のとおりである。

分解性
　好気的：良分解 [7)]
　嫌気的：嫌気的条件下での分解は好気条件下よりはるかに早い。埋立地の浸出液を用いたメタン発酵条件下では 20 週間まで分解されず、40 週間後に 72%に減少し 120 週間後には 99%分解された [8)]。
非生物的：
　（OH ラジカルとの反応性）：対流圏大気中では、速度定数 1.2×10^{-12}cm^3/分子・sec[9)]、OH ラジカル濃度 5.0×10^5～1×10^6 分子/cm^3 とした時の半減期は 6.7～13.4 日と計算される [4)]。
BOD から算出した分解度：
　39～41%（試験期間：2 週間、被験物質：100mg/L、活性汚泥：30mg/L）[7)]
生物濃縮係数（BCF）：4.3(キンギョ)、30(淡水産藻類)、153～225(ミジンコ)[10)]

(4) 製造輸入量及び用途

①　生産量・輸入量等

本物質の平成 12 年における国内生産量は粗製ベンゼンとして 519,867t、純ベンゼンとして 4,425,468t、輸出量は 272,166.373t、輸入量は 7,150.732t である [1)]。また、OECD に報告している生産量は 10,000t 以上である。

②　用　途

本物質の主な用途は、純ベンゼンでは合成原料として染料、合成ゴム、合成洗剤、有機顔料、有機ゴム薬品、医薬品、香料、合成繊維(ナイロン)、合成樹脂(ポリスチレン、フェノール、ポリエステル)、食品(コハク酸、ズルチン)、農薬(2,4-D、クロルピクリンなど)、可塑剤、写真薬品、爆薬(ピクリン酸)、防虫剤(パラジクロロベンゼン)、防腐剤(PCP)、絶縁油(PCD)、熱媒、溶剤級ベンゼンでは塗料、農薬、医薬品など一般溶剤、油脂、抽出剤、石油精製など、その他アルコール変性用である [1)]。

２．暴露評価

環境リスクの初期評価のため、水生生物の生存・生育を確保する観点から、実測データをもとに基本的には特定の排出源の影響を受けていない一般環境等からの暴露を評価することとし、安全側に立った評価の観点からその大部分がカバーされる高濃度側のデータによって暴露量の評価を行った。原則として統計的検定の実施を含めデータの信頼性を確認した上で最大濃度を評価に用いている。なお、多数のデータが得られている場合は、95 パーセンタイル値を参考として併記している。

(1) 環境中分布の予測

ベンゼンの環境中の分布について、各環境媒体間への移行量の比率を EUSES モデルを用いて算出した結果を表 2.1 に示す。なお、モデル計算においては、面積 2,400km^2、人口約 800 万人のモデル地域を設定して予測を行った [1)]。

表 2.1　ベンゼンの各媒体間の分布予測結果

	分布量(%)
大　　気	99.9
水　　質	0.003
土　　壌	0.0
底　　質	0.0002

(2) 各媒体中の存在量の概要

ベンゼンの水質及び底質中の濃度について情報の整理を行った。各媒体ごとにデータの信頼性が確認された調査例のうち、より広範囲の地域で調査が実施されたものを抽出した結果

を表 2.2 に示す。

表 2.2　ベンゼンの水質、底質中の存在状況

媒体	幾何平均値	算術平均値	最小値	最大値	検出下限値	検出率	調査地域	測定年	文献
公共用水域・淡水　μg/L	<1	<1	<0.2	4	0.2～5	14/2931	全国	2000	2
	<1	<1	<0.2	4	0.2～10	15/2982	全国	1999	3
	<1	<1	<0.2	24	0.2～5	15/2922	全国	1998	4
公共用水域・海水　μg/L	<1	<1	<0.2	2	0.2～5	5/697	全国	2000	2
	<1	<1	<0.2	2	0.2～10	3/731	全国	1999	3
	<1	<1	<0.2	5	0.2～5	2/718	全国	1998	4
底質（公共用水域・淡水）μg/g	0.68	2.2	<0.5	12	0.5	3/9	全国	1986	5
底質（公共用水域・海水）μg/g	0.63	1.6	<0.5	16	0.5	8/24	全国	1986	5

(3) 水生生物に対する暴露の推定（水質に係る予測環境中濃度：PEC）

ベンゼンの水生生物に対する暴露の推定の観点から、水質中濃度を表 2.3 のように整理した。水質について安全側の評価値として予測環境中濃度（PEC）を設定すると、公共用水域の淡水域では 4μg/L 程度、同海水域では 2μg/L 程度となった。なお、公共用水域において、1998 年から 2000 年までの間に環境中濃度の著しい変化は認められなかった。

表 2.3　水質中のベンゼンの濃度

媒　体	平　　均	最　大　値　等
	濃　　度	濃　　度
水　質		
公共用水域・淡水	1μg/L 未満（2000）	4μg/L 程度［1μg/L 未満］（2000） (1998 年～2000 年の検出最大値として 24μg/L が得られている(1998))
公共用水域・海水	1μg/L 未満（2000）	2μg/L 程度［1μg/L 未満］（2000） (1998 年～2000 年の検出最大値として 5μg/L が得られている(1998))

注)：公共用水域･淡水は､河川河口域を含む。

３．生態リスクの初期評価

生態リスクの初期評価として、水生生物に対する化学物質の影響（内分泌撹乱作用に関するものを除く）についてのリスク評価を行った。

(1) 生態毒性の概要

本物質の水生生物に対する影響濃度に関する知見の収集を行い、その信頼性を確認したものについて生物群、毒性分類別に整理すると表 3.1 のとおりとなる。

表 3.1　生態毒性の概要

生物種	急性	慢性	毒性値 [μg/L]	生物名	エンドポイント /影響内容	暴露期間 [日]	信頼性 a	信頼性 b	信頼性 c	Ref. No.
藻類	○		**>10,000**	*Skeletonema costatum*	EC_{50} Cell count	4	○			14343
	○		29,000	*Selenastrum capricornutum*	EC_{50} GRO	3	○			13142
	○		40,000	*Thalassiosira pseudonana*	EC_{50} ^{14}C uptake	1	○			14665
		○	44,250	*Champia parvula*	LOEC REP	2			○	12976
	○		525,000	*Chlorella vulgaris*	EC_{50} GRO	1		○		2215
		○	600,000	*Selenastrum capricornutum*	NOEC POP	4			○	10574
	○		>1,360,000	*Scenedesmus abundans*	EC_{50} GRO	4			○	11677
甲殻類	○		**18,000**	*Daphnia magna*	EC_{50} IMM	1	○			16968
	○		18,400	*Ceriodaphnia dubia*	LC_{50} MOR	1		○		4343
	○		31,000	*Daphnia magna*	LC_{50} MOR	2		○		11926
	○		127,000	*Artemia salina*	LC_{50} MOR	2		○		11926
魚類	○		**<u>5,300</u>**	*Oncorhynchus mykiss*	LC_{50} MOR	4	○			15131
	○		12,600	*Pimephales promelas*	LC_{50} MOR	4	○			3217
	○		15,590	*Pimephales promelas*	LC_{50} MOR	7	○			3910
その他	○		59,270	*Aedes aegypti*	LD_{50} MOR	1		○		5700
	○		190,000	*Xenopus laevis*	LC_{50} MOR	2		○		12152

太字の毒性値は、PNEC 算出の際に参照した知見として本文で言及したもの、下線を付した毒性値は PNEC 算出の根拠として採用されたものを示す。

信頼性）ａ：毒性値は信頼できる値である、ｂ：ある程度信頼できる値である、ｃ：毒性値の信頼性は低いあるいは不明

ｴﾝﾄﾞﾎﾟｲﾝﾄ）EC_{50}（Median Effective Concentration）：半数影響濃度、LC_{50}（Median Lethal Concentration）：半数致死濃度、LD_{50}（Median Lethal Dose）：半数致死用量、NOEC（No Observed Effect Concentration）：無影響濃度

影響内容）^{14}C uptake : ^{14}C の取り込み、Cell count: 増殖（細胞数）、GRO（Growth）: 生長（植物）、成長（動物）、IMM（Immobilization）: 遊泳阻害、MOR（Mortality）：死亡、POP（Population）：個体群の変化、REP（Reproduction）：繁殖、再生産

(2) 予測無影響濃度（PNEC）の設定

急性毒性値及び慢性毒性値のそれぞれについて、信頼できる知見のうち生物群ごとに値の最も低いものを整理し、そのうち最も低い値に対して情報量に応じたアセスメント係数を適用することにより、予測無影響濃度（PNEC）を求めた。

急性毒性値については、藻類では *Skeletonema costatum* に対する増殖（細胞数）の 96 時間半数影響濃度（EC_{50}）が 10,000 μg/L 超、甲殻類では *Daphnia magna* に対する遊泳阻害の 24 時間半数影響濃度（EC_{50}）が 18,000 μg/L、魚類では *Oncorhynchus mykiss* に対する 96 時間半数致死濃度（LC_{50}）が 5,300 μg/L であった。急性毒性値について 3 生物群（藻類、甲殻類及び魚類）の信頼できる知見が得られたため、アセスメント係数として 100 を用いることとし、上記の毒性値のうち最も低い値(魚類の 5,300 μg/L)にこれを適用することにより、急性毒性値による PNEC として 53 μg/L が得られた。

慢性毒性値については、信頼できるデータが得られなかった。

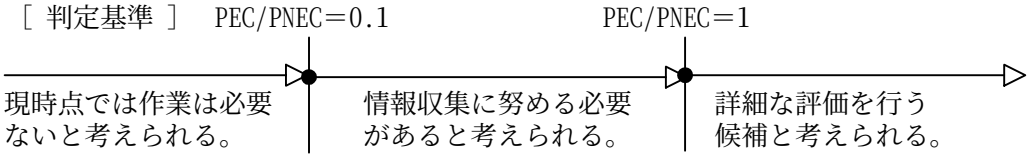
本物質の PNEC としては、魚類の急性毒性値をアセスメント係数 100 で除した 53 μg/L を採用する。

(3) 生態リスクの初期評価結果

表 3.2　生態リスクの初期評価結果

媒体		平均濃度	最大値[95 ﾊﾟｰｾﾝﾀｲﾙ値]濃度（PEC）	PNEC	PEC/PNEC 比
水質	公共用水域･淡水域	1μg/L未満 (2000)	4μg/L程度［1μg/L未満］(2000) (1998年～2000年の検出最大値として24μg/Lが得られている(1998))	53 μg/L	0.08 (0.45)
	公共用水域･海水域	1μg/L未満 (2000)	2μg/L程度［1μg/L未満］(2000) (1998年～2000年の検出最大値として5μg/Lが得られている(1998))		0.04 (0.09)

注)：1)環境中濃度での［　］内の数値は、実測値の 95 パーセンタイル値を示す。
2)環境中濃度での（）内の数値は測点年を示す。
3)公共用水域･淡水は､河川河口域を含む。
4)PEC/PNEC 比（）内の数値は 1999 年～2001 年の最大値との比を示す。



本物質の公共用水域における濃度は、平均濃度でみると淡水域・海水域共に 1 μg/L 未満であり、安全側の評価値として設定された予測環境中濃度（PEC）は、淡水域で 4μg/L 程度、海水域は 2 μg/L 程度であった。

予測環境中濃度（PEC）と予測無影響濃度（PNEC）の比は、淡水域では 0.08 であるが、1998 年～2000 年の３カ年における検出最大値（24μg/L）を用いるとこの比は 0.45 となるため、情報収集に努める必要があると考えられる。海水域ではこの比は 0.04 となるため、現時点では作業の必要はないと判定される。本物質の OECD に報告している生産量は 10,000t 以上と多いが、99%以上が大気中に分配されると予測されており、PNEC 値は 53μg/L で比較的大きな値を示している。また、本物質は環境基準項目で常時監視が行われており、特に最近２年間の環境中濃度の著しい変動はない。したがって、今後、淡水域においては、常時監視データの変動に留意する。

４．引用文献等

(1) 物質に関する基本的事項

1) 化学工業日報社(2002)：14102 の化学商品
2) Budavari, S. (ed.). The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., 1996. 179. [Hazardous Substances Data Bank (以下、HSDB)]
3) Daubert, T.E., R.P. Danner. Physical and Thermodynamic Properties of Pure Chemicals Data Compilation. Washington, D.C.: Taylor and Francis, 1989. 361. [HSDB]

4) 財団法人化学物質評価研究機構(1997)：化学物質安全性(ハザード)評価シート
5) Hansch, C., Leo, A., D. Hoekman. Exploring QSAR - Hydrophobic, Electronic, and Steric Constants. Washington, DC: American Chemical Society., 1995. 18. [HSDB]
6) May WE et al; J Chem Ref Data 28: 197-0200 (1983). [HSDB]
7) 通産省化学品安全課監修, 化学品検査協会編, 化審法の既存化学物質安全性点検データ集, 日本化学物質安全・情報センター(1992).
8) ATSDR, Toxicological Profile for Benzene (1992)., IPCS, Environmental Health Criteria 150, Benzene (1993). [財団法人化学物質評価研究機構(1997)：化学物質安全性(ハザード)評価シート]
9) ATSDR, Toxicological Profile for Benzene (1992). [財団法人化学物質評価研究機構(1997)：化学物質安全性(ハザード)評価シート]
10) IPCS, Environmental Health Criteria 150, Benzene (1993). [財団法人化学物質評価研究機構(1997)：化学物質安全性(ハザード)評価シート]

(2) 暴露評価

1:（財）日本環境衛生センター　平成 12 年度化学物質の暴露評価に関する調査報告書（環境庁請負業務）
2:環境省環境管理局水環境部：平成１２年度公共用水域水質測定結果
3:環境庁水質保全局水質規制課：平成１１年度公共用水域水質測定結果
4:（株）富士総合研究所：水質年鑑 2000 年版、平成１２年３月
5:環境庁保健調査室：昭和 62 年版化学物質と環境

(3) 生態リスクの初期評価

１）データベース：U.S.EPA「AQUIRE」
２）引用文献（Ref. No.：データベースでの引用文献番号）

2215 : Kauss, P.B., and T.C. Hutchinson (1975) : The Effects of Water-Soluble Petroleum Components on the Growth of Chlorella vulgaris Beijerinck. Environ.Pollut. 9(3):157-174.
3217 : Geiger, D.L., L.T. Brooke, and D.J. Call (1990) : Acute Toxicities of Organic Chemicals to Fathead Minnows (*Pimephales promelas*), Vol. 5. Center for Lake Superior Environmental Studies, University of Wisconsin, Superior, W I:332.
3910 : Marchini, S., M.L. Tosato, T.J. Norberg-King, D.E. Hammermeister, and M.D. Hoglund (1992) : Lethal and Sublethal Toxicity of Benzene Derivatives to the Fathead Minnow, Using a Short-Term Test. Environ.Toxicol.Chem. 11(2):187-195.
4343 : Marchini, S., M.D. Hoglund, S.J. Borderius, and M.L. Tosato (1993) : Comparison of the Susceptibility of Daphnids and Fish to Benzene Derivatives. Sci.Total Environ. (Suppl.):799-808.
5700 : Berry, W.O., and J.D. Brammer (1977) : Toxicity of Water-Soluble Gasoline Fractions to Fourth-Instar Larvae of the Mosquito, *Aedes aegypti* L. Environ.Pollut. 13(3):229-234.
10574 : Slooff, W., J.H. Canton, and J.L.M. Hermens (1983) : Comparison of the Susceptibility of 22 Freshwater Species to 15 Chemical Compounds. I.(Sub)Acute Toxicity Tests. Aquat.Toxicol. 4(2):113-128.

11677 : Geyer, H., I. Scheunert, and F. Korte (1985) : The Effects of Organic Environmental Chemicals on the Growth of the Alga *Scenedesmus subspicatus*: A Contribution to Environmental Biology. Chemosphere 14(9):1355-1369.

11926 : Abernethy, S., A.M. Bobra, W.Y. Shiu, P.G. Wells, and D. MacKay (1986) : Acute Lethal Toxicity of Hydrocarbons and Chlorinated Hydrocarbons to Two Planktonic Crustaceans: The Key Role of Organism-Water Partitioning. Aquat.Toxicol.8(3):163-174.

12152 : De Zwart, D., and W. Slooff (1987) : Toxicity of Mixtures of Heavy Metals and Petrochemicals to *Xenopus laevis*. Bull Environ Contam Toxicol 38:345-351.

12976 : Thursby, G.B., and R.L. Steele (1986) : Comparison of Short-and Long-Term Sexual Reproduction Tests with the Marine Red Alga *Champia parvula*. Environ.Toxicol.Chem. 5(11):1013-1018.

13142 : Galassi, S., M. Mingazzini, L. Vigano, D. Cesareo, and M.L. Tosato (1988) : Approaches to Modeling Toxic Responses of Aquatic Organisms to Aromatic Hydrocarbons. Ecotoxicol. Environ. Saf. 16(2):158-169.

14343 : Atkinson, L.P., W.M. Dunstan, and J.G. Natoli (1977) : The Analysis and Control of Volatile Hydrocarbon Concentrations (e.g. Benzene) During Oil Bioassays. Water Air Soil Pollut. 8:235-242.

14665 : Andersen, O.K., B. Bohle, and E. Dahl (1990) : Effects of Hydrocarbons on Growth and 14C-Uptake by *Thalassiosira pseudonana* (Bacillariophyceae). Flodevigen Rapportser. 2:1-10.

15131 : Degraeve,G.M., R.G.Elder, D.C.Woods, and H.L.Bergman(1982):Effects of Naphthalene and Benzene on Fathead Minnows and Rainbow Trout. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 11:487-490.

16968 : Tosato, M.L., L. Vigano, B. Skagerberg, and S. Clement (1991) : A New Strategy for Ranking Chemical Hazards. Framework and Application. Environ.Sci.Technol. 25:695-702.