

2.2. トルエン

[物質名] トルエン、Toluene

CAS = 108-88-3、化審法 = 3-2

2.2.1 物理化学的性状

トルエンは無色透明な液体で、ベンゼンに似た芳香を有する。沸点は水より若干高い程度で、蒸気圧は比較的高く、揮発性である。液体は水よりも軽い、蒸気は空気より重い。疎水性であり、水にはあまり溶けないが、ほとんどの有機溶媒に可溶で、アルコール、クロロホルム、エーテル、アセトン、氷酢酸、二硫化炭素、ベンゼンとよく混ざる。蒸気圧が高く、水溶解度が小さいため、ヘンリー定数は比較的大きく、水中や土壌中のトルエンは揮散しやすいと考えられる。オクタノール/水分配係数はあまり大きくないが、有機物含量の大きな土壌や底泥には吸着される。生物への濃縮も起こるが、生物濃縮倍率はあまり大きくない。

トルエンは酸素分子によって分解されるが、この反応は水があると妨害され、通常の条件下では安定である。しかし、引火性であり、また強力な酸化剤と反応し、酸化されるとベンズアルデヒドを経て安息香酸になる。また、親電子置換反応を受けやすく、ニトロ化されてニトロトルエンを、塩素化されて塩化ベンジルを生成する。

土壌、汚泥や排水中では他に炭素源がなくとも生物分解され、40日以内にほぼ完全に分解される¹⁾。活性汚泥を用いた化審法の分解性試験でも良分解性と判定されている。

化学式: C_7H_8

分子量: 92.13

比重: d_4^{15} 0.87160; d_4^{20} 0.86694; d_4^{25} 0.86220

密度: 0.8669g/ml (20°C)

融点: -95.1~-93°C

凝固点: -95°C

沸点: 110.6~111°C

屈折率: n_D^{20} 1.4961~1.49693; n_D^{24} 1.4893; n_D^{25} 1.49405

蒸気圧: 22mmHg (20°C); 28.7~29mmHg (25°C); 36.7mmHg (30°C)

溶解度: 水: 470mg/l (16°C), 515mg/l (20°C), 670ppm (23.5°C)

ヘンリー定数: 6.66×10^{-8} atm·m³/g·mol²⁾

オクタノール/水 分配係数: 162³⁾, 490⁴⁾, 537⁵⁾, 620²⁾, 630⁶⁾

土壌有機物吸着分配係数: 300⁷⁾, 339⁷⁾

生物濃縮倍率: 13.2⁸⁾, 20⁹⁾, 24.5⁹⁾, 102⁷⁾

2.2.2 生産量及び用途

平成2年の需要実績は118万4000トン。

純トルエンは染料、香料、有機顔料、ポリウレタン、可塑性、合成繊維、漂白剤、医薬品等の多様な製品の原料として使用されている。過去には爆薬や甘味料の製造原料としても用いられてきた。また脱アルキルや不均化反応によるベンゼンやキシレンの製造にも用いられている。さらに樹脂、ラッカー、塗料、接着剤やインク等の溶剤として使われている。

2.2.3 分析方法

トルエンの分析法としてはガスクロマトグラフィーが最も優れており、特に多成分を一括分析するには、高分離能を有するキャピラリーカラムを用いる方法が一般的である。トルエンなどの芳香族炭化水素の同定にはGC/MSが最も有効であり、多くの分析機関で使用されている。微量分析での一番大きな問題点は定量可能な範囲までの濃縮法であり、パージトラップ法、ヘッドスペース法、溶媒抽出法等が用いられている。トルエンは大気中の濃度がかかなり高い物質であり、試料水の採取、保存や分析操作時に大気との接触でコンタミを起こす可能性が極めて高いので、十分な注意が必要である。

パージトラップ法は水試料を曝気してトルエンを追い出し、適当な吸着剤に濃縮捕集する方法である。こうして捕集された物質は加熱によって脱着され、GCに導入される。Grobの方法¹⁰⁻¹²⁾が初期のパージトラップ法であるが、装置が複雑で、溶媒(二硫化炭素)で脱着させるなどの点で、一般にはあまり使用されない。一方、Bellarが開発したパージトラップ法^{13, 14)}は米国EPAが採用している方法であり、簡単に紹介する。試料管に5mlの試料水を入れ、底部より不活性ガスを通してトルエンを含む揮発性物質を気化させ、吸着管で捕集するものである。吸着剤としては、活性炭やTenax等が使用される。気化速度は試料管の温度に大きく依存しており、温度が高い程、気化速度は大きくなる。しかし同時に水分の蒸発量も大きくなるために、吸着管の性能が低下することになる。従って、吸着剤は水分による影響を受けにくいものが有効である。兵庫県公害研究所が報告している方法¹⁵⁾では吸着剤の前に脱水剤をおいて、水の影響を抑えている。GCへの導入では、充填カラムやメガボアカラムを使用する場合には通常の加熱導入でよいが、キャピラリーカラムを使用する場合には吸着管を加熱して気化させた物質を再吸着させるのが有効であり、そのための装置が既に市販されている。

ヘッドスペース法は一定容積のバイアルビンに試料を封入して、恒温水槽中で一定時間放置し、気液平衡に達した後、バイアルビン上部の空気をシリンジで採取し、直接ガスクロマトグラフに注入する方法である。この方法は操作が単純であるため、ルーチン分析に最適であるが、気液平衡の分配係数が試料水のマトリックスに影響されるという欠点がある。

溶媒抽出法の場合、トルエンの沸点が低くて、抽出液の濃縮操作が不可能なために、検出限界が高くなってしまふ。また、抽出操作での大気からの汚染や溶媒中のブランクの存在など問題点が多く、あまり薦められる方法ではない。環境庁は昭和57年度の有害物質による地下水汚染実態調査¹⁶⁾でベンゼン、トルエン、キシレンの分析に抽出溶媒としてエチルエーテルを使用している。

2.2.4 環境中での挙動

トルエンの環境への侵入には、トルエン及びそれを原料とする製造工程からの侵入、トルエンを含む製品の使用に伴う侵入、汚染された製品の使用や火災に伴う非意図的な侵入が考えられるが、その多くは大気へ侵入し、水系や土壌への侵入は小さいと考えられる。

水に侵入したトルエンは主として大気中への蒸発によって除かれるが、生物分解によっても失われる。水中からの大気への蒸発の半減期は4.1時間¹⁷⁾ないし5.2時間¹⁸⁾と見積もられている。水中に残存するトルエンは、底泥中の有機物に吸着され、またゆっくりながら生物分解を受けるが、加水分解、光分解、酸化等の化学反応は受けにくい。Mackayら¹⁹⁾は1mの水深の水からの蒸発による半減期を5.18時間と算定している。これから流速を1m/秒とするとトルエンが半分蒸発す

るまでに18km流下することになる。90%が除かれるには15時間、50km以上の流下が必要になる。また、EPAのEXAMSモデルを用いた試算では池、富栄養湖、貧栄養湖及び河川での蒸発による半減期をそれぞれ74、234、268及び49時間と見積もっている²⁰⁾。

わが国での漂流水中のトルエン濃度については、環境庁が環境安全性総点検調査の中で1985及び1986年度にそれぞれ7及び38地点の主に河口及び内湾で調査している²¹⁾。1985年度の調査では7水域の21検体中3水域、神戸港、高砂沖及び愛媛沖のすべての9検体から0.0010~0.0023 $\mu\text{g}/\text{ml}$ の範囲で検出された。この調査で高い率で検出されたことを受けて実施された1986年度の精密調査では91検体中29検体中から0.00003~0.0027 $\mu\text{g}/\text{ml}$ の範囲で検出された。ベンゼンと比較して検出濃縮範囲は変わらないものの、検出率は高くなっている。淡水域で1ヶ所だけ調査された諏訪湖の湖水からは検出されなかった。

一方、加藤ら²²⁾は、相模川と多摩川水系の河川水からトルエンを検出している。相模川では下流に向かって濃度が増加する傾向にあり、大気汚染と一致した傾向を示している。多摩川でも二子橋から上流では大気濃度と同じ変化を示している。

U. S. E P A²³⁾が32州で実施した表流水の調査では、19%の検体からトルエンが検出されているが、大部分は100 $\mu\text{g}/\text{L}$ 以下と低い濃度であった。最高値はAlabama州での3,900 $\mu\text{g}/\text{L}$ であった。

わが国の地下水中のトルエンは1982年度に環境庁が揮発性有機塩素化合物と一緒に全国15都市で1,360井戸を調査しているが、12本の浅井戸から2~42 $\mu\text{g}/\text{L}$ 、8本の深井戸から3~15 $\mu\text{g}/\text{L}$ の範囲で検出されている²⁴⁾。

一方、米国の埋立処分地周辺の地下水からは、11.6%の検体から検出されており、最大濃度は1,100ppm、平均濃度でも5.18ppmと高濃度の汚染が見出されている²⁵⁾。

参考文献

- 1) U.S. EPA (1985): Drinking water criteria document for toluene. PB86-117975.
- 2) U.S. EPA (1982): Aquatic fate process data for organic priority pollutants. PB87-169090.
- 3) Banerjee, S., Yalkowsky, S. H. and Valvani, S. C. (1980): Water solubility and octanol/water partition coefficients of organics. Limitations of the solubility-partition coefficient correlation. Environ. Sci. Technol., Vol.11, 475-478.
- 4) Tute, M. S. (1971): Principles and practice of Hansch analysis: a guide to structure-activity correlation for the medicinal chemist. Adv. Drug Res., Vol.6, 1-77.
- 5) Hansch, C. and Leo, A. J. (1981): Medchem. Project Issue No.19, Pomona College Claremont, CA.
- 6) Seiler, P. (1974): Eur. J. Med. Chem., Vol.9, 473.
- 7) U.S. EPA (1982): Exposure and risk assessment for toluene. PB85-211505.
- 8) Ogata, M. and Miyake, Y. (1978): Disappearance of aromatic hydrocarbons and organic sulfur compounds from fish fresh reared in crude oil suspension. Water Res., Vol.12, 1041-1044.
- 9) 昭和63年度地下水質保全対策調査報告書より。原典の記載なし。
- 10) Grob, K. (1973): Organic substances in potable water and in its precursor. Part I. Methods for their determination by gas-liquid chromatography. J. Chromatogr. Vol.84, 255-273.
- 11) Grob, K. and Grob, G. (1974): Organic substances in potable water and in its precursor. Part II. Applications in the area of Zurich. J. Chromatogr. Vol.90, 303-313.
- 12) Grob, K. and Grob, G. (1975): Organic substances in potable water and in its precursor. Part III. The closed-loop-stripping procedure compound with rapid liquid extraction. J. Chromatogr. Vol.106, 299-315.

- 13) Bellar, T. A. and Lichtenberg, J. J. (1974): Determining volatile organics at microgram-per-litre levels by gas chromatography. J. Am. Water Works Assoc. Vol.66, 739-744.
- 14) U.S. Environmental Protection Agency (1986): Standard method 502.2. Volatile organic compounds in water by purge and trap capillary column gas chromatography with photoionization and electrolytic conductivity detectors in series.
- 15) 兵庫県公害研究所(1982): 水中の揮発性化学物質検索調査(昭和56年度環境庁公害防止等調査研究委託費による調査報告書)。
- 16) 環境庁環境保健部保健調査室(1987): 昭和61年度化学物質分析法開発調査報告書。
- 17) Mackay, D. and Yuen, A. T. K. (1983): Mass transfer coefficient correlations for volatilization of organic solutes from water. Environ. Sci. Technol., Vol.17, 211-217.
- 18) U.S. EPA (1979): Water-related environmental fate of 129 priority pollutants. PB80-204373.
- 19) Mackay, D. and Leinonen, P. J. (1975): Rate of evaporation of low solubility contaminant from water bodies to atmosphere. Environ. Sci. Technol. Vol.7, 611-614.
- 20) Mabey, W. R., Smith, J. H., and Podoll, R. T. (1981): aquatic fate process data for organic priority pollutants. Final draft report. EPA-440/4-81-014, U.S. EPA, Washington, D.C.
- 21) 環境庁環境保健部(1987): 昭和62年板化学物質と環境。
- 22) 加藤龍夫、秋山賢一、伊藤和美(1978): 相模川および多摩川水系における揮発性有機汚染の把握。横浜国大環境研究紀要, Vol.4, 25-31.
- 23) U.S. EPA (1980): STORET, Monitoring and Data Support Division, U.S. EPA, Washington, D.C.
- 24) 環境庁水質保全局(1983): 昭和57年度地下水汚染実態調査結果。
- 25) Raymond, S. H. Y. and Rauckman, E. J. (1987): Toxicological studies of chemical mixtures of environmental concern at the national toxicology program: Health effects of ground water contaminants. Toxicology, Vol.47, 15-34.

2.2. 人の健康への影響

(1) 吸収・分布・代謝・排泄

ヒトでの研究では、トルエンは呼吸器を通してただちに吸収される。115ppm(430mg/m³)の吸入暴露を行ったとき、1時間後に57%が肺から吸収されたが、2~4時間後には肺からの吸収は37%に減少し一定となった。

雄ラットの消化管からの吸収は比較的早く、400 μl のピーナッツオイルに含まれる100 μl のトルエンを強制経口投与させた後、2時間以内に血中トルエン濃度が最大に達した。

雄ラットでは、高濃度のトルエン(17340mg/m³)の吸収あるいはラベルしたトルエン(400 μl のピーナッツオイル中の100 μl)の経口投与の結果によればトルエンと代謝産物の組織分布が類似している。トルエンはまず脂肪組織に分布し、続いて副腎、腎、肝、脳に分布する。

ヒト、ラット及びウサギでは、トルエンは最初に側鎖の水酸基置換によりベンジルアルコールへ代謝される。ベンジルアルコールはグリシンにより抱合され馬尿酸を生成し(投与量の70%)、尿中へ排泄される。

ラットでは、トルエンの一部は環の水酸基置換を受け、おそらく酸化アレン中間体を経て α -クレゾールと p -クレゾールが生成され(投与量の0.04~1.0%)、硫酸またはグルクロン酸抱合体として尿中へ排泄される。

ヒトと動物での経口あるいは吸入暴露によると、トルエンの一部はそのままの形ですぐに排泄され、大部分は代謝産物の馬尿酸として尿中へ排泄される。

(2) ヒトへの健康影響

ヒトのトルエン暴露は一般に、実験室内及び職場環境または意識的な乱用によるトルエン蒸気の吸入による。

急性暴露は約200ppm(754mg/m³)、8時間で、中枢神経系の毒性を示すような症状(疲労、頭痛、吐き気、筋の衰弱、錯乱と機能不調整)を引き起こした。職業上、トルエンの亜急性暴露(1~3週間)を受けた場合、50~1500ppm(189~5660mg/m³)で、急性暴露と同様な症状がみられ、暴露量との関係があった。

運動失調、振せん、平衡障害、言語障害、視力障害、聴覚障害および記憶障害および機能不調性のような大脳と小脳の機能障害を示す影響がトルエンの慢性乱用者で報告されている。トルエンの慢性乱用者では腎機能にも影響が見られるようである。

(3) 短期毒性

トルエンの経口毒性は、成熟ラットのLD₅₀が6.4~7.53g/kgあることから比較的低い。ラットのLC₅₀は6時間暴露で4618ppm(17400mg/m³)、ウサギの皮膚のLD₅₀は12.2g/kgである。

(4) 慢性毒性及び発がん性

NTPでは雌雄F344ラット及びB6C3F1マウスに13週、5日/週で312~5000ppmのトルエンを餌投与した。ラットでは2500ppm以上で強い毒性が認められ、肝、腎、心臓の比重量の増加に加え、脳では海馬の歯状回とアンモン角での神経細胞の壊死及び小脳顆粒細胞層の壊死、膀胱出血が認められた。一方、マウスでは肝比重量の増加と心筋細胞変性だけが認められた。312ppmはNOELと考えられる。(NTP, 1989)

トルエンの慢性的な吸入は、30、100または300ppm(113、377または1130mg/m³)、24M、6 hours/day、5days/weekに暴露されたF334ラットで研究された。100、300ppmに暴露された雌のラットでヘマトクリット値の減少が報告された。300ppmに暴露された雌のラットでヘモグロビン濃度の増加が報告された。しかし、腫瘍、増殖、炎症あるいは変性病変の出現率は増加しなかった。(Gibson and Hardisty, 1983)

NTPでは雌雄F344ラットに600、1200ppm及びB6C3F1マウスに120、600、1200ppmで15M、6.5h/d、5d/w吸入暴露後、103週で解剖した。何れの群でも体重、死亡率には差は認められず、僅かにラットで鼻腔の炎症性変化が認められただけであった。(NTP, 1989)

(5) 生殖及び胎仔毒性

トルエンの生殖への影響に関するデータは入手できない。妊娠の6日から15日の時期に1日3回CD-1マウスにトルエンを1.0g/kg経口投与した結果、口蓋裂の出現率が有意に増加した。

ラットに妊娠の1日から21日の間1日88間、1000mg/m³を吸入暴露をした結果、明らかに胎仔の骨格の発育不全の徴候が増加したが、内部または外部の奇形は生じなかった。

(6) 遺伝毒性

バクテリア、酵母、哺乳動物細胞を用いた全てのin vitroの試験で変異原性は認められていない。しかし、in vivoの試験では各種の相反する結果が報告されており、まだ結論は出ていない。

参考文献

- Gibson, J.E. and Hardisty, J.F. (1983) Chronic toxicity and oncogenicity bioassay of inhaled toluene in Fischer-344 rats. Fund. Appl. Toxicol. 3, 315-319.
NTP (1989) Toxicology and carcinogenesis studies of toluene in F344/N rats and B6C3F1 mice (inhalation studies). NTP Tech. Rep. No. 371.

2.2.6 水生生物への影響

EPAの水質クライテリア¹⁾によれば、5種の淡水生物を用いたトルエンの急性毒性試験が行われている。この中で甲殻類ミジンコのDaphnia Magnaが最も高い感受性が認められた。これらの試験の結果得られたEC₅₀やLC₅₀は、12.7mg/Lから313mg/Lまでの範囲にある。2種の藻類に対するEC₅₀は、245mg/Lかそれ以上の値である。淡水生物に対するトルエンの慢性毒性試験は行われていない。

海水生物に対するEC₅₀やLC₅₀は、エビ(bay shrimp)の3.7mg/Lからカキ(Pacific oyster)の1,050mg/Lまでの非常に広い範囲にある。シープヘッドミノウの胚/幼生を用いた試験では7.7mg/Lで影響が認められたが、3.2mg/Lでは認められなかった。急性/慢性毒性濃度の比は、55から97の範囲である。藻類やケルプ(ホンダワラなどの漂着性大型藻類)を用いた試験では、8mg/Lから>433mg/Lの範囲にある。エビ(grass shrimp)の試験では、塩分、温度、生育段階は急性毒性濃度に影響を及ぼさない結果が得られている。

以上のデータから、トルエンの淡水生物に対する急性毒性は17.5mg/Lで現れ、試験された生物種よりも感受性が高ければ、もっと低い濃度で影響が現れると予想される。感受性が高い淡水生物種に対するトルエンの慢性毒性試験結果がない。

海水生物に対するトルエンの急性及び慢性毒性は、それぞれ6.3mg/L、5.0mg/Lで現れ、試験された生物種よりも感受性が高ければ、もっと低い濃度で影響が現れると予想される。

環境庁委託業務結果報告書²⁾によれば、水生生物としてのミジンコ(Daphnia magna)に対する48時間のEC₅₀は60~313mg/Lであった。

貝類や甲殻類に対するLC₅₀はエビ(Bay shrimp)の3.7mg/Lからカキ(Pacific oyster)の1,050mg/Lの広い範囲に及んだ。

魚類に対する急性毒性は表1に示すとおりである。すなわち、魚類に対するLC₅₀はブルーギルの12.7mg/Lからグッピーに対する59.3mg/Lの範囲であった。

表1 淡水魚に対するトルエンの急性毒性*

種類		LC ₅₀ (96時間) (mg/L)	備考
キンギョ	Goldfish	22.8	流水
キンギョ	Goldfish	57.68	静止水
コイ	Fathead minnow	34.27	"
コイ	Fathead minnow	42.33	"
グッピー	Guppy	59.3	"
ブルーギル	Bluegill	24.0	
ブルーギル	Bluegill	12.7	

参考文献

- 1) U.S. EPA (1980) Ambient Water Quality Criteria for Toluene. PB81-117855.
2) 昭和63年度環境庁委託業務結果報告書 地下水質保全対策調査-調査対象物質情報-

2.2.7 処理方法¹⁾

水中のトルエンを除去する方法には、曝気と活性炭吸着がある。

トルエンはそのヘンリー定数から考えて、曝気による除去が適している。パイロットスケールの充填曝気筒（浸漬率50-90%）が、汚染水からのトルエン除去に用いられた例などがある。ガソリン流出により62 μg/Lのトルエンで汚染された水を気液比30:1以上で曝気した例では、気液比がこれより低い（8）と高い除去率はえられなかったが、それでもこの条件で70%の除去率がえられた。曝気による処理は効果的であるが、トルエンが水中からそのまま大気中へ移行するので、環境に与える影響につき十分に配慮する必要がある。

活性炭吸着でもトルエンをよく除去できる。しかし、ある実験ではトルエンの活性炭吸着に関するFreundlich定数のKが26、1/nが0.44という結果をえており、これからえられる活性炭使用率の値は比較的高い。トルエン8.3mg/Lを含む軽質炭化水素クラッキング装置冷却水からも、粒状活性炭吸着筒（約1.8m×10cm）によってトルエンがよく除去され、約4.5m³通水後に破過が起きた。また、あるパイロット実験で粒状活性炭吸着筒でトルエンほか何種類かの汚染物質を含む水を処理したところ、他の汚染物質は18週間にわたり処理水中で不検出であったが、トルエンだけが10週間後に破過した。

参考文献

- 1) 米国環境保護庁編・水質問題研究会訳（1988）飲料水中の各種化学物質の健康影響評価—健康に関する勧告集—、日本水道協会。

2.2.8 法規制等

(1) 規制対象物質の指定¹⁾

消防法：危険物第4類第1石油類非水溶性液体（第2条）

毒物劇物取締法：劇物（第2条）

化審法：3-2

労働安全衛生法：危険物；引火性のもの（施行令別表1）

有機溶剤（施行令別表6の2）

有害物質；名称等を表示すべき有害物（施行令第18条）

危険物船舶運送及び貯蔵規則：引火性液体類（第3条告示別表第5）

航空法：引火性液体（施行規則第194条告示別表第3）

港則法：危険物；引火性液体類（施行規則第12条）

海洋汚染防止法：C類物質（施行令別表第1）

(2) 労働環境大気許容濃度

日本産業衛生学会²⁾ 時間荷重平均値：100 ppm (380 mg/m³) 1969年

米国 ACGIH³⁾ 時間荷重平均値：100 ppm (377 mg/m³)

短時間暴露：150 ppm (565 mg/m³)

OSHA³⁾ 時間荷重平均値：100 ppm (375 mg/m³)

短時間暴露：150 ppm (560 mg/m³)

NIOSH⁴⁾ 時間荷重平均値：100 ppm (375 mg/m³)

天井値：200 ppm (750 mg/m³)

(旧)西ドイツ DFG⁵⁾：200 ppm (750 mg/m³)

(3) 環境水水質基準⁶⁾

米国EPA

人の健康保護に関する基準（リスクレベル10⁻⁶）

水生生物及び飲料水経由の暴露：14.3 mg/L

水生生物経由のみの暴露：424 mg/L

淡水生物に対する基準 急性毒性：17.5 mg/L

海水生物に対する基準 急性毒性：6.3 mg/L

慢性毒性：5 mg/L

(4) 飲料水水質基準

米国EPA 最大汚染濃度目標値(MCLG)⁷⁾：1 mg/L 1991年

最大汚染濃度(MCL)⁷⁾：1 mg/L 1991年

第2種最大汚染濃度(SMCL)(案)⁸⁾：0.04 mg/L 1989年

(臭気障害を考慮して)

(5) 発がん性評価

米国EPA⁹⁾：D（動物実験で発がん性の証拠が不十分で、分類が不可能なもの）

参考文献

- 1) 化学工業日報社（1992）11892の化学商品。
- 2) 日本産業衛生学会（1990）許容濃度等の勧告（1990）、平成2年4月5日、産業医学、Vol. 32、p. 381-423。
- 3) American Conference of Governmental Industrial Hygienists and U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration(1989) Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1989-1990, 29 CFR Part 1910, Air Contaminants, Final Rule. Fed. Reg. 54(12):2332-2983, January 19, 1989.
- 4) National Institute for Occupational Safety and Health(1988) NIOSH Recommendations for Occupational Safety and Health Standards 1988.
- 5) (社)日本水質汚濁研究協会（1989）昭和63年度環境庁委託業務結果報告書、地下水質保全対策調査—調査対象物質情報—、平成元年3月。
- 6) U.S. EPA(1987) Quality Criteria for Water 1986.
- 7) U.S. EPA(1991) 40 CFR Parts 141, 142, and 143 National Primary Drinking Water Regulations—Synthetic Organic Chemicals and Inorganic Chemicals; Monitoring for Unregulated Contaminants; National Primary Drinking Water Regulations Implementation; National Secondary Drinking Water Regulations; Final Rule. Fed. Reg. 56(20): 3526-3597, January 30, 1991.
- 8) U.S. EPA(1989) 40 CFR Parts 141, 142 and 143 National Primary and Secondary Drinking Water Regulations; Proposed Rule. Fed. Reg. 54(97): 22062-22160, May 22, 1989.
- 9) International Agency for Research on Cancer(1987) IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk to Humans, Supplement 7.
- 10) U.S. EPA(1990) Drinking Water Regulations and Health Advisories. April 1990.