

新しい水質クライテリア

国立公害研究所水質土壌環境部

部長 合 田 健

1. 緒 論

1) 水質に関する基準論議の特徴

以下の2,3節において紹介するように、水質基準の論議に登場する criteria は、大気質等に関連して論ぜられるもの¹⁾とやや肌合いが異なる。第一に、水質の良否は直接曝露の場合の人間の健康に関する論のみではなく、食糧資源となるような水生生物、更にはそれが捕食するようなミクロの水生生物に関して、また農作物に対しても等しく問題とすべきだという建前論がある。次に、濁度、温度、色相、不純物量といった、人や大型生物の健康に直接関係しない審美的な意味での水の値打ちとか、情緒的な角度からの評価があり、第三に、水が送配水・給水系統を經由して利用されることからする、水のポータビリティを阻害する因子にも注意を払うべきだということが指摘される。

水生生物に関する水質 criteria は、その水生生物を単に保護の対象と見て環境水質をうんぬんするのと、食物連鎖のどこかに位置づけて、指標物質の濃縮度も評価の対象にするのとでは当然差がある。後者の立場の議論は、わが国では食品衛生の立場から別個に論じられることになっていて、一般の環境水質に関する criteria 論議と断絶感がある。つまり、これまでの criteria で

は、EPAの1976年“Quality Criteria For Water”も例外ではないが、もっぱら外液中物質による生物への急性・慢性影響という立場で criteria を論ずることに終始していたようで、果してこれでよいのかという疑問を抱かせた。しかし、1980年のEPA Documentの発表³⁾により、この不満は解決した。

結局、現在の水質 criteria の基礎となる科学的、実証的な知見は、1) 直接曝露における健康影響という視点、2) 水生生物、農作物に対するLC-50あるいはEC-50を見るという視点、3) 審美的、情緒的な視点、に合うよう選択分類されている。この種の科学的知見が多く集積されているアメリカでの経緯をみると、今ではEPAがそれらの知見の収集、補強、整理を行っているが、その先駆的な役割を担ったのはカリフォルニア州委員会によるWater Quality Criteria (1952)で、その第2版(1963)までの段階ですでに3,000件を超す科学的文献を整理しレビューしていたが、criteria の数値は必ずしもよく煮詰められてはいなかった。1976年のEPA資料Quality Criteria For Waterになると、あたかもそれが一種の基準値のように definite な性格に発展、変質している(表-1参照)。

表-1 Quality Criteria For Water⁴⁾による判断基準値一覧(1976)により筆者が作製

項目	物 質	飲料水に対する Criteria	水生生物に対する criteria	備 考
一 般 水 質 項 目	pH	5-9 (範囲)	6.5-9.0 (淡水性) 6.5-8.5 (海水性)	自然水のアルカリ度が20mg/l未満の場合は除く
	アルカリ度		CaCO ₃ として20mg/l以上(淡水性)	
	アンモニア-N		NH ₃ として0.02mg/l (淡水性)	
	硝酸・亜硝酸-N	NO ₃ -Nとして 10mg/l		
	塩 素		全残留塩素として 0.002mg/l (サケ科魚類) 0.010mg/l (サケ科以外)	
色 度		75度以下 (白金コバルト法)	通常的光補償点深度の10%以上減少してはならない	美観を損う物質をなくすること

項目	物質	飲料水に対する criteria	水生生物に対する criteria	備考
	油 脂 硫 化 物 ホ ウ 素 リ ン	石油のにおい, 味がないこと	石油に敏感な生物に対するLC-50 (96時間連続)の0.01倍 非解離のH ₂ Sとして0.002mg/l (淡水性) (海水性)	敏感な作物のかんがい用水に対する criteria は0.75mg/l 海水・汽水域の criteria は, 黄リンが0.1μg/l
重 金 属 類	水 銀 カドミウム* ク ロ ム 鉛 鋼 マンガン 鉄 セ レ ン ニ ッ ケ ル 銀 バリウム ベリリウム 亜 鉛	0.0020mg/l 0.010mg/l 0.050mg/l 1.0 mg/l 0.050mg/l 0.3 mg/l 0.010mg/l 0.050mg/l 1 mg/l 5 mg/l	0.00005mg/l (淡水性および野生生物) 0.00010mg/l (海水性) 脚注をみよ 0.100mg/l (淡水性) 淡水性生物に対するLC-50の0.01倍 水生生物に対するLC-50の0.1倍 1.0mg/l (淡水性) 水生生物に対するLC-50の0.01倍 水生生物に対するLC-50の0.01倍 水生生物に対するLC-50の0.01倍 0.011 (軟水淡水性) 1.1 (硬水淡水性) 水生生物に対するLC-50の0.01倍	軟体動物の消費者を守るための criteria は0.100mg/l かんがい用水に対する criteria 0.100mg/l アルカリ性土壌へのかんがい用水に対する criteria 0.500mg/l
重 金 属 以 外 の 有 毒 物 質	シ ア ン ヒ 素 フェノール 大 腸 菌** P C B フタル酸エステル	0.050mg/l 0.001mg/l	0.005mg/l (海水性・淡水性および野生生物) 0.000001mg/l (淡水性・海水性生物およびその消費者) 0.003mg/l (淡水性)	かんがい用水に対する criteria 0.100mg/l 魚類を異臭味から守るための criteria 0.001mg/l 脚注をみよ
	アルドリン ディルドリン クロルデン		0.000003mg/l (淡水性・海水性) 0.00001mg/l (淡水性) 0.00000mg/l (海水性)	残留性・生物濃縮性・発ガン性のおそれのため人体への暴露を最小限にすること 残留性・生物濃縮性・発ガン性のおそれのため人体への暴露を最小限にすること

項目	物質	飲料水に対する criteria	水生生物に対する criteria	備考
農	フェノキシ酢酸系殺虫剤	0.100mg/l (2.4-D) 0.010mg/l (2.4.5-TP)		残留性・生物濃縮性・発ガン性のおそれのため人体への暴露を最小限にすること
	DDT		0.000001mg/l (淡水性・海水性)	
	ジメトン		0.0001 mg/l (淡水性・海水性)	
	エンドサルファン		0.000003mg/l (淡水性) 0.000001mg/l (海水性)	
	エンドリン	0.0002mg/l	0.000004mg/l (淡水性・海水性)	
	グチオン		0.00001 mg/l (淡水性・海水性)	
	ヘプタクロル		0.000001mg/l (淡水性・海水性)	
薬	リンデン	0.004mg/l	0.00001 mg/l (淡水性) 0.000004mg/l (海水性)	残留性・生物濃縮性・発ガン性のおそれのため人体への暴露を最小限にすること
	マラチオン		0.00001 mg/l (淡水性・海水性)	
	メトオキシクロル	0.1mg/l	0.00003 mg/l (淡水性・海水性)	
	ミレックス		0.000001mg/l (淡水性・海水性)	
	パラチオン		0.00004 mg/l (淡水性・海水性)	
	トクサフェン	0.005mg/l	0.000005mg/l (淡水性・海水性)	

脚注

* カドミウム

淡水性水生生物に対する criteria		
軟水	硬水	摘要
0.0004mg/l	0.0012mg/l	サケ科魚類・タマシジコ
0.004 mg/l	0.012mg/l	その他の水生生物

海水性水生生物に対する criteria

0.005mg/l

** 大腸菌 水浴場に対する criteria

30日間以上にわたって、5以上のサンプルを採取し、ふん便性大腸菌群数が100ml中、対数平均して200個を越えないこと。さらに任意の30日間に採取した全サンプル数の10%が100ml中400個を越えないこと。

貝類

貝類や甲殻類の漁場に対する criteria

ふん便性大腸菌群数の中央値が、100mlにつき14MPN(最確数)を越えないこと、さらに、サンプル数の10%が100mlにつき43MPN(最確数)を越えないこと。

*** 若干の物理的項目はこの表に入れていない。

この現実を見ると、水質に関しては criteria という術語の訳は、従来の判定条件よりも「判断基準」あるいは

は判定基準とした方がよりよく内容をあらわすと思われる、勝手ながら本文では判断基準という表現にする。

今一つ、水質基準の議論で特徴的なのは、requirementの理念とその存在である。requirement(要望)の意味は次節で述べるが、わが国の水質管理体制では環境基準や総量規制のための規制基準、条例などによる上乗せ基準などがある一方で、例えば水源水質に関する原水基準とか水産環境水質基準といった非「基準」があり、それぞれが水道協会、水産資源保護協会といった協会の制定なので法的拘束力はない。しかし実際面で各種事業の環境アセスメントにおいて環境保全目標とか評価基準としてしばしば登場しており、事実上「基準」と同様な役割を果たすことがある。

水質におけるこれらの「基準」、「要望」、「判断基

準」等が何に根ざしているか、相互関係はどうかについて触れる。

2) standards, requirement, goal, criteria, guideline

standards はいうまでもなく基準で、requirement は要望、goal は目標 (objective と同義)、criteria は判断基準、guideline は指導指針である。初めの四者を水質基準につながる重要理念として紹介したのはカリフォルニアのW.Q.C. である。この種の理念や科学的資料はソ連においてかなりのものが準備されて来たことが庄司²⁾の論説から想像されるが、手もとに資料がなく言及できない。

standards については今更説明を要すまい。知られる通りこれは必ずしも科学的な正しさを求められてはいないが definite な性格を有する。一方 requirement は、未だ「基準」となるに到らないが、技術的な目安として、あるいは社会の要請により水域水質や放流水質をあるていど規制すべく、ワンセットの指標値群を与えてそれが守られるよう一般に求めるものである。前述のW.Q.C. では、requirement を設けるのは「mission」を果たすためと明言している。既述の通り、要望にあたるものとしてわが国に水道原水基準や水産環境水質基準、水産用水基準等があるが、下水の放流水質基準は下水道法施行令に盛り込まれるまでは、高級処理ではBOD-20ppm以下、SS70ppm以下という工合に暫定的に管理されていた。この最後の例のように、いずれは「基準」化されることを見越して要望からスタートする場合があります、その意味では要望は指導指針と同列に見られる。

(図-1 参照)

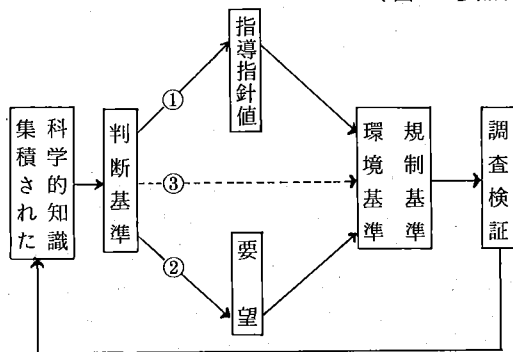


図-1 水質に関する判断基準から基準への道程
大気質の管理においてこのたぐいのものがないのが特徴的である。

goal は別名を objective といい、その条件が維持されることが好ましいという数値または状況で、わが国の水質環境基準はそのまま goal とはいいい難い点があるが、全

体的にはそれを意識したものと言えよう。つい15年前迄はそのような理想に近い指標値を実現することは技術および経済の面から懸念があったので、西側先進国で goal 的な数値が standards に採用されるようになったのは最近のことである。Sylvester, Rambow等(1967, J.WPCF)が goal 設定の必要を説き、Washington州の表流水質に関しかなり厳格と思える goal 値を提案したのは、わが国で公害対策基本法が制定された年である。

判断基準 (criteria) は、国連の定義によれば、ある汚染物への曝露 (の程度) と、望ましからぬ効果 (作用、影響) の危険性または大きさとの間の定量的関係、とされている。そしてこの中から科学的判断 (と行政的判断) により指針 (guide) が選ばれる。これに対しW.Q.C. (1963) では、「基準や指針などを作製するのに正しい判断をする参考になるような尺度である」としており、有すべき要素として公平さをあげている。その基礎となるのは当然科学的根拠をもった情報群で、この情報群をなるべく多く蓄積して選別することが判断基準の信頼性を高めることになるという。だから国連の定義と背馳するものではない。1976年のEPA Criteriaでは、(水質の判断基準は) その値を越えなければより高度の水利用に適する水生生態系を維持することができるよう、水質成分の濃度等を指定するものとしており、生態系を意識していることがうかがわれる。また一方で「非常に重要な水生生物ばかりでなく、そのような生物に依存している生物もまた保護することを意図して」と述べている。またこのEPA Criteriaは、物質や要因が「環境に与える影響の大きさに関する科学的判断に基づき成分の濃度やレベルを示すもので、項目によっては成分濃度表示に代わり判断基準が文章表現になることもある」としている。

最後に guideline であるが、図-1に示すように、基準決定へのフローでは指導指針を要望と同様なレベルにおいて見た。両者の違いは、指導指針が審議会等の議を参考として行政当局の手により作られ、期間や適用範囲が限られていても法的拘束力があるのが常だという点にある。指導指針にも要望にも共通して言えることは、それが必ず基準まで行くとは限らず、そのレベルで止まってしまうことがあるという点である。

3) EPAの1976年 criteria等について

これまで述べて来たことで、EPAの1976年水質判断基準が出た背景が理解されたと思うが、付言すると、1972年に連邦水質汚濁防止 (修正) 法が公布されたことにより、その法の目標年1983年に向けて、高度の水域水質目標を達成することを狙いとして生まれた。そしてこの冊子に先行して用途別の水質判断基準を集めた資料が発行されており訳書もある。表-1を見れば

判るように、飲料水質に関する判断基準の数值は米国の飲料水質基準と原則的に整合している。州レベルで定める水質基準は、連邦水質規制法303条、307条によってこの判断基準を基礎とし、地域特性等を考慮して定められることになっている。

この判断基準は、その条項に掲載された解説、理論的根拠、文献等とともにわが国にも参考になるが、この段階では毒性の疑ある物質の発ガン性、変異原性等の潜在的影響力に対する科学的資料はまだレビューされておらず、その作業は進行中であった。

2. EPAの新水質クライテリアの概要

米国は1972年Water Pollution Control Actを改正し、1985年までには排出汚濁物質がゼロという高遠な目標をかかげたが、その達成には法体系その他に問題が残っていた。そこでさらにClean Water Act(水質清浄法)が制定され、改めてEPAに、最新の科学的知識を反映させた水質クライテリアを出し、これを定期的に見直すことが義務づけられ、指定された65有毒物質については、その水質クライテリア及び説明書の提出が早急に求められた。当面その責を果たすためにこの教書³⁾(説明書)が生まれたのである。65物質にはTCDD(ダイオキシン)が含まれているが、それに関する資料とクライテリア作製作業がおくれたため、本教書には残る64物質のクライテリアとその由来、説明、各方面からの疑問点指摘とそれに対する回答などを記述している。

65項目はいずれも毒性化学物質であり、pH、アルカリ度、塩素イオン、窒素、リン等の一般水質項目、および水の物性等に関しては1976年出版の“Red Book”(Quality Criteria For Water, EPA-440/a-76-023)⁴⁾に記している内容(表-1)がそのまま当分は通用するわけである。なお65物質から今回外されたTCDD-ダイオキシンは、ベトナム戦争の化学戦に使われた物質として有名で、今日そのため多くの畸型児や人体障害が発生している(朝日新聞報道)という、いわゆる有害物質である。

EPA新クライテリアの新しいところは、水域における食物連鎖関係、生物濃縮機構というものを、半ば規格化した一連の試験で評価して、淡水域、海水域の水質、すなわち指標物質の水中での許容存在度を人の健康(毒性・発ガン危険性)に結びつけたこと。また発ガン危険率の計算に際して、従来用いられていた量-反応関係に対するone-hit modelをとらず、多段階線型化モデル(linearized multi-stage model)によったことなどである。発ガン性の有無の判断において、生体組織細胞のDNAに修復不可能な損傷を与えることをあげており、この意味で変異原性物質という評価にもつながっている。

重要なことは、発ガン性物質に対しては許容濃度、あるいは安全摂取レベルというものはないという見地に立っていることで、後に表示するように、体重70kgの人が生涯70年を通じて発ガンの危険率(確率) 10^{-5} ~ 10^{-7} に対応する指標物質濃度が記されているが、これはあくまで理解しやすいよう例示しているに過ぎない。一方発ガン性の認められない物質については、従来通り毒性、健康障害の発現域値を問題にするわけであるが、人の感覚器官による臭味の点での域値が、上のような毒性や障害のそれに先行する場合は、この臭味障害の発現域値をとることとした(organooleptic viewpoint)。

なお、毒性や発ガン性の検討においては、空気や皮膚からの摂取は考えない代わりに、70kgの成人が1日に2ℓの水と6.5gの魚を摂取するという想定でクライテリア数值を求めている。日本人の場合につき考えると、水摂取量はよいが、魚の摂取量が過少と考えられ、平均体重の差などを考慮しても、EPAクライテリア数值がわれわれにとり安全側とは思えない。

発ガン性、変異原性まで評価できたことは確かに最終目標に近付いたことになるが、同教書に何度も断っているように、複数の化学物質の同時効果、すなわち毒性の増幅や拮抗効果、あるいは集積による効果などは、いずれも今日手持のデータでは論及評価しえないとしている。この点は更に、毒性物質間の種々な組合せ、物理的・化学的条件変化を含めた評価という、さらに莫大な時間と金のかかるテストを必要とするからで、当面は、65物質以外の化学物質につき毒性や発ガン性を見直し、検討するのが次の課題と考えられる。

発ガン物質でない場合の人に対するマイナス影響(adverse effect)の評価については、以前から言われている許容日摂取量(ADI, acceptable daily intake)が基礎になる。このADI値は動物試験によって求められる無マイナス効果レベル(NOEL, no-observed-adverse-effect-level)から求められる。直接ヒトに関する曝露のデータがあればもちろん用いるが、動物試験データからヒトに対するADI値を外挿的に求めるときの不確かさをカバーするため、安全係数を用いている。

次に、淡水、海水の水生生物に対する急性および慢性の毒性試験について、ミニマムのデータベースとして次のように考えられている。

1) 淡水生物の急性毒性試験⁶⁾

少なくとも八つの種ないし八つの異った科に属する生物を使用し、少なくとも1種はサケ科の魚、少なくとも1種はサケ科以外の魚、少なくとも1種はプランクトン性の甲殻類、少なくとも1種は底生甲殻類、少なくとも1種は底生昆虫、少なくとも1種は底生のデトリタス(生物細片)食生生物。

2) 急性一慢性毒性値比

少なくとも3種類の底生動物を用いる。すなわち少なくとも1種は魚、少なくとも1種は無脊椎動物、少なくとも1種は淡水産のもの(他の2種は海産のものでよい)。

海水性生物の急性毒性試験の条件その他については記述を略す。

3. 64物質のQuality Criteria一覧

表-2,3は、EPA 1980 Document の付録Aに記されている64物質のクライテリアを筆者が簡略に表示したものである。

水生生物に対するクライテリアでは、急性影響値と慢性影響値とを併記しているものと、24時間平均値および常時値の二つの値を与えているものがある。いずれも「two number criteria」と呼ぶことができるが、後者の24時間平均値と常時値を与える場合につき説明を

加えよう。

24時間平均値の方が常時の値より低いのが、この24時間平均値は、最終慢性毒性値、最終植物毒性値および最終残留毒性値の三者が求まった場合、そのうちの最低の値を選んで定めるもので、24時間という時間は、指標物質の濃度が「harmful level」になった時、長期的に受容しうる濃度という意味でとられたものである。水域に指標物質を排出する場合には大体24時間を周期とする水質 fluctuation があり、また日射による明・暗の周期、水温の周期変動ということも考慮して24時間平均がとられた。一方の「常時」というのは、考えうる環境濃度の最大値を意味し、急性影響の実験データから得られる値であって、生物にかかる衝撃的なマイナス影響から守るべく、常時この値を超えてはならないという上限値を与えたものである。この two number criteria を与えるのは、水域生態系をよりよく維持することを目

表-2

EPA Water Quality Criteria

(米国官報 Vol. 45, No. 231, November 28, 1980) より

表示における略記と説明

〔淡水生物・海水生物関係〕

略記	説明
(急)	急性影響値で、より敏感な生物に対してはより低い値をとりうる。
(慢)	慢性影響値で、より敏感な生物に対してはより低い値をとりうる。
(24平均)	24時間平均値としてガイドラインから得られた値。
(常時)	常時その値を越してはならない濃度値。
(不十分)	データ不十分のため、許容値等を記せないもの。
—	データがなく言及できないもの。

〔人の健康関係〕

略記	説明
(発ガン率 10^{-6})	発ガン性物質なので、濃度が0であれば安全。しかしそれが現在達成できないとすれば、人の生存中の発ガン率 10^{-6} (100万人に1人) に該当する濃度。従って発ガン率 10^{-5} , 10^{-7} に該当する濃度はこの値の10倍および $1/10$ である。
(発ガン率 10^{-6} , 生物のみ)	上と同じ考え方で、水の摂取なしで、水生生物のみを摂取する場合の発ガン率 10^{-6} に該当する濃度。
(毒性)	公衆衛生、毒性の立場からする許容日摂取量 (Acceptable Daily Intake) に基づく濃度。
(毒性・生物のみ)	水の摂取なく、水生生物のみの摂取の場合の濃度。
(臭味)	官能刺激—臭味の点からみた域値。
(不十分)	データ不十分のため、許容値等を記せないもの。

〔注意〕 発ガン性に関するリスクレベル 10^{-5} ~ 10^{-7} というのは、理解し易いように示したもので、EPA当局がこのレベルを受容可能なレベルと判断したものではない。

表-3

〔指定65物質のクライテリア〕

No	物質	淡水生物	海水生物	人の健康	備考
1	アセナフテン	(急) 1,700 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(急) 970 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) 710 "	(臭味) 20 $\mu\text{g}/\ell$	藻類毒性 520 $\mu\text{g}/\ell$ (淡水) " 500 " (海水)
2	アクロレイン	(急) 68 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) 21 "	(急) 55 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(毒性) 320 $\mu\text{g}/\ell$ (毒性・生物のみ) 780 $\mu\text{g}/\ell$	
3	アクリロニトリル	(急) 7,550 $\mu\text{g}/\ell$	(不十分)	(発ガン率 10^{-6}) 0.058 $\mu\text{g}/\ell$ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) 0.65 $\mu\text{g}/\ell$	ある魚種で30日曝露で 2,600 $\mu\text{g}/\ell$ (淡水)
4	アルドリン- デイルドリン ▷デイルドリン	(24平均) 0.0019 $\mu\text{g}/\ell$ (常時) 2.5 "	(24平均) 0.0019 $\mu\text{g}/\ell$ (常時) 0.71 "	(発ガン率 10^{-6}) 0.071ng/ ℓ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) 0.076ng/ ℓ	
	▷アルドリン	(常時) 3.0 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(常時) 1.3 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(発ガン率 10^{-6}) 0.074ng/ ℓ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) 0.079ng/ ℓ	
5	アンチモン	(急) 9,000 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) 1,600 "	—	(毒性) 146 $\mu\text{g}/\ell$ (毒性・生物のみ) 45,000 $\mu\text{g}/\ell$	藻類毒性 610 $\mu\text{g}/\ell$ (淡水)
6	砒素	(常時) 440 $\mu\text{g}/\ell$	(急) 508 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(発ガン率 10^{-6}) 2.2ng/ ℓ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) 17.5ng/ ℓ	脊椎動物の稚子 40 $\mu\text{g}/\ell$ (淡水)
7	アスベスト	—	—	(発ガン率 10^{-6}) 30,000 ファイバー/ ℓ	
8	ベンゼン	(急) 5,300 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(急) 5,100 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(発ガン率 10^{-6}) 0.66 $\mu\text{g}/\ell$ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) 40 $\mu\text{g}/\ell$	ある魚種で163日曝露で 700 $\mu\text{g}/\ell$ (海水)
9	ベンゾジイン	(急) 2,500 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	—	(発ガン率 10^{-6}) 0.12ng/ ℓ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) 0.53ng/ ℓ	
10	ベリリウム	(急) 130 $\mu\text{g}/\ell$	—	(発ガン率 10^{-6}) 3.7ng/ ℓ	

No	物質	淡水生物	海水生物	人の健康	備考
11	カドミウム	(慢) 5.3 $\mu\text{g}/\ell$ (24平均) $e[1.05\{\ln(\text{硬度}) - 3.73\}] \mu\text{g}/\ell$	— (24平均) 4.5 $\mu\text{g}/\ell$ (常時) 59 "	(発ガン率 10^{-6} 生物のみ) 64.1 ng/ℓ (毒性) 10 $\mu\text{g}/\ell$	硬度 100ppm CaCO_3 で (24平均)=0.025 $\mu\text{g}/\ell$ (淡水)
12	四塩化炭素	(急) 35,200 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(急) 50,000 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(発ガン率 10^{-6}) 0.40 $\mu\text{g}/\ell$ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) 6.94 $\mu\text{g}/\ell$	
13	クロルデイン	(24平均) 0.0043 $\mu\text{g}/\ell$ (常時) 2.4 $\mu\text{g}/\ell$	(24平均) 0.0040 $\mu\text{g}/\ell$ (常時) 0.09 $\mu\text{g}/\ell$	(発ガン率 10^{-6}) 0.46 ng/ℓ (生物のみ) 0.48 ng/ℓ	
14	塩化ベンゼン	(急) 250 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) 備考	(急) 160 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) 129 $\mu\text{g}/\ell$		ある魚種で7.5日暴露で 50 $\mu\text{g}/\ell$ (淡水)
	▷ヘキサクロロ ベンゼン			(発ガン率 10^{-6}) 0.72 ng/ℓ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) 0.74 ng/ℓ	
	▷1,2,4,5テトラ クロロベンゼン			(毒性) 38 $\mu\text{g}/\ell$ (毒性・生物 のみ) 48 $\mu\text{g}/\ell$	
	▷ペンタクロロ ベンゼン			(毒性) 74 $\mu\text{g}/\ell$ (毒性・生物 のみ) 85 $\mu\text{g}/\ell$	
	▷トリクロロ ベンゼン			—	
	▷モノクロロ ベンゼン			(毒性) 488 $\mu\text{g}/\ell$ (臭味) 20 "	
15	塩化エタン				
	▷1,2-ジクロロ エタン	(急) 118,000 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) 20,000 $\mu\text{g}/\ell$	(急) 113,000 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(発ガン率 10^{-6}) 0.94 $\mu\text{g}/\ell$ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) 243 $\mu\text{g}/\ell$	
	▷トリクロロ エタン	(急) 18,000 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) 9,400 $\mu\text{g}/\ell$	(急) 31,000 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(毒性) 18.4 mg/ℓ (毒性・生物 のみ) 1.03 g/ℓ (発ガン率 10^{-6}) 0.6 $\mu\text{g}/\ell$	1,1,1トリクロロエタン " 1,1,2トリクロロエタン

No	物質	淡水生物	海水生物	人の健康	備考
				(発ガン率 10^{-6} 生物のみ) 41.8 $\mu\text{g}/\ell$	1,1,2トリクロロエタン
	▷1,1,2,2 テトラクロロ エタン	(急) 9,320 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) 2,400 $\mu\text{g}/\ell$	(急) 9,020 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(発ガン率 10^{-6}) 0.17 $\mu\text{g}/\ell$ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) 10.7 $\mu\text{g}/\ell$	
	▷ペンタクロロ エタン	(急) 7,240 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) 1,100 $\mu\text{g}/\ell$	(急) 390 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) 281 "	—	
	▷ヘキサクロロ エタン	(急) 980 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) 540 "	(急) 940 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(発ガン率 10^{-6}) 1.9 $\mu\text{g}/\ell$ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) 8.74 $\mu\text{g}/\ell$	
	▷モノクロロエタン			—	
	▷1,1-ジクロロ エタン			—	
	▷1,1,1,2- ジクロロエタン			—	
16	塩化 アルキルエーテル	(急) 238,000 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	—		
	▷bis (2-塩化 アルキルエーテル)			(発ガン率 10^{-6}) 0.03 $\mu\text{g}/\ell$ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) 1.36 $\mu\text{g}/\ell$	
	▷bis (2- クロロイソプロピル)			(毒性) 34.7 $\mu\text{g}/\ell$ (毒性・生物のみ) 4.36 mg/ℓ	
17	塩化ナフタレン	(急) 1,600 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(急) 7.5 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	—	
18	塩化フェノール				一般に淡水生物の急性影響は 500,000 $\mu\text{g}/\ell$ 以上
	▷4-クロロ-3- メチルフェノール	(急) 30 $\mu\text{g}/\ell$			
	▷2,4,6-テトラ クロロフェノール	(急) 970 $\mu\text{g}/\ell$			
	▷2,3,5,6-テトラ クロロフェノール		(急) 440 $\mu\text{g}/\ell$		
	▷4-クロロ フェノール		(急) 29,700 $\mu\text{g}/\ell$		
	▷3-モノクロロ フェノール			(臭味) 0.1 $\mu\text{g}/\ell$	

No.	物質	淡水生物	海水生物	人の健康	備考
	▷ 4-モノクロロフェノール			(臭味) 0.1 $\mu\text{g}/\text{l}$	
	▷ 2,3-ジクロロフェノール			(臭味) 0.4 $\mu\text{g}/\text{l}$	
	▷ 2,5-ジクロロフェノール			(臭味) 0.5 $\mu\text{g}/\text{l}$	
	▷ 2,6-ジクロロフェノール			(臭味) 0.2 $\mu\text{g}/\text{l}$	
	▷ 3,4-ジクロロフェノール			(臭味) 0.3 $\mu\text{g}/\text{l}$	
	▷ 2,3,4,6-テトラクロロフェノール			(臭味) 1.0 $\mu\text{g}/\text{l}$	
	▷ 2,4,5-トリクロロフェノール			(毒性) 2.6 mg/l (臭味) 1.0 $\mu\text{g}/\text{l}$	
	▷ 2,4,6-トリクロロフェノール			(発ガン率 10^{-6}) 1.2 $\mu\text{g}/\text{l}$ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) 3.6 $\mu\text{g}/\text{l}$ (臭味) 2 $\mu\text{g}/\text{l}$	
	▷ 2-メチル-4-クロロフェノール			(臭味) 1,800 $\mu\text{g}/\text{l}$	
	▷ 3-メチル-4-クロロフェノール			(臭味) 3,000 $\mu\text{g}/\text{l}$	
	▷ 3-メチル-6-クロロフェノール			(臭味) 20 $\mu\text{g}/\text{l}$	
19	クロロホルム	(急) 28,900 $\mu\text{g}/\text{l}$ (慢) 1,240 $\mu\text{g}/\text{l}$	—	(発ガン率 10^{-6}) 0.19 $\mu\text{g}/\text{l}$ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) 15.7 $\mu\text{g}/\text{l}$	27日LC-50値から得た慢性影響値(淡水)
20	2-クロロフェノール	(急) 4,380 $\mu\text{g}/\text{l}$ (慢) 2,000 $\mu\text{g}/\text{l}$	—	(臭味) 0.1 $\mu\text{g}/\text{l}$	淡水生物の慢性影響値は風味低下
21	クロム				
	▷ 6価クロム	(24平均) 0.29 $\mu\text{g}/\text{l}$ (常時) 21 $\mu\text{g}/\text{l}$	(24平均) 18 $\mu\text{g}/\text{l}$ (常時) 1,260 $\mu\text{g}/\text{l}$	(毒性) 50 $\mu\text{g}/\text{l}$	
	▷ 3価クロム	(常時) $e[1.08\{\ln(\text{硬度})\}+3.8]$ $\mu\text{g}/\text{l}$ (慢) 44 $\mu\text{g}/\text{l}$	(急) 10,300 $\mu\text{g}/\text{l}$ (慢) —	(毒性) 170 mg/l	淡水生物に対する常時濃度は、 CaCO_3 硬度が100ppmで4,700 $\mu\text{g}/\text{l}$
22	銅	(24平均) 5.6 $\mu\text{g}/\text{l}$			淡水生物に対する常時濃度は、 CaCO_3 硬度が100ppmで22 $\mu\text{g}/\text{l}$

No.	物質	淡水生物	海水生物	人の健康	備考
23	シアン化合物	(常時) e(0.94{ln(硬度)} -1.23) $\mu\text{g}/\ell$ (24平均) 3.5 $\mu\text{g}/\ell$ (常時) 52 $\mu\text{g}/\ell$	(24平均) 4.0 $\mu\text{g}/\ell$ (常時) 23 $\mu\text{g}/\ell$ (急) 30 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) 2.0 $\mu\text{g}/\ell$	(臭味) 1 mg/ℓ (毒性) — (毒性) 200 $\mu\text{g}/\ell$	
24	DDTと代謝産物				
	▷ DDT	(24平均) 0.001 $\mu\text{g}/\ell$ (常時) 1.0 $\mu\text{g}/\ell$	(24平均) 0.001 $\mu\text{g}/\ell$ (常時) 0.13 $\mu\text{g}/\ell$	(発ガン率 10^{-6}) 0.024 ng/ℓ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) 0.024 ng/ℓ	
	▷ TDE	(急) 0.6 $\mu\text{g}/\ell$	(急) 3.6 $\mu\text{g}/\ell$		
	▷ DDE	(急) 1,050 $\mu\text{g}/\ell$	(急) 14 $\mu\text{g}/\ell$		
25	ジクロロベンゼン	(急) 1,120 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) 763 $\mu\text{g}/\ell$	(急) 1,970 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(毒性) 400 $\mu\text{g}/\ell$ (毒性・生物のみ) 2.6 mg/ℓ	
26	ジクロロベンジدين	備考	—	(発ガン率 10^{-6}) 0.0103 $\mu\text{g}/\ell$ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) 0.0204 $\mu\text{g}/\ell$	淡水生物に関してテスト1例のみ(3-3'-ジクロロベンジدين)
27	ジクロロエチレン	(急) 11.6 mg/ℓ (慢) —	(急) 224 mg/ℓ (慢) —	(発ガン率 10^{-6}) 0.033 $\mu\text{g}/\ell$ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) 1.85 $\mu\text{g}/\ell$	発ガンのデータは, 1,1-ジクロロエチレン, 1,2-ジクロロエチレンはデータ不十分
28	2,4-ジクロロフェノール	(急) 2,020 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) 365 $\mu\text{g}/\ell$	—	(毒性) 3.09 mg/ℓ (臭味) 0.3 $\mu\text{g}/\ell$	淡水生物では, ある幼魚は70 $\mu\text{g}/\ell$ で致死
29	ジクロロプロパン及びジクロロプロペン				
	▷ ジクロロプロパン	(急) 23,000 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) 5,700 $\mu\text{g}/\ell$	(急) 10,300 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) 3,040 $\mu\text{g}/\ell$	—	
	▷ ジクロロプロペン	(急) 6,060 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) 240 $\mu\text{g}/\ell$	(急) 790 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) "	(毒性) 87 $\mu\text{g}/\ell$ (毒性・生物のみ) 14.1 mg/ℓ	
30	2,4-ジメチルフェノール	(急) 2,120 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	—	(毒性) — (臭味) 400 $\mu\text{g}/\ell$	
31	2,4-ジニトロトルエン	(急) 330 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) 230 $\mu\text{g}/\ell$	(急) 590 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) 備考	(発ガン率 10^{-6}) 0.11 $\mu\text{g}/\ell$ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) 9.1 $\mu\text{g}/\ell$	海水中藻類細胞の減少は370 $\mu\text{g}/\ell$ でおこる。
32	1,2-ジフェニルヒドラジン	(急) 270 $\mu\text{g}/\ell$	—	(発ガン率 10^{-6}) 42 ng/ℓ	

No	物質	淡水生物	海水生物	人の健康	備考
		(慢) —		(発ガン率 10^{-6} 生物のみ) $0.56\mu\text{g}/\ell$	
33	エンドサルファン 及び代謝産物	(24平均) $0.056\mu\text{g}/\ell$ (常時) $0.22\mu\text{g}/\ell$	(24平均) $0.0087\mu\text{g}/\ell$ (常時) $0.034\mu\text{g}/\ell$	(毒性) $74\mu\text{g}/\ell$ (毒性・生物のみ) $159\mu\text{g}/\ell$	
34	エンドリン	(24平均) $0.0023\mu\text{g}/\ell$ (常時) $0.18\mu\text{g}/\ell$	(24平均) $0.0023\mu\text{g}/\ell$ (常時) $0.037\mu\text{g}/\ell$	(毒性) $1\mu\text{g}/\ell$	飲料水基準に同じ
35	エチルベンゼン	(急) $32,000\mu\text{g}/\ell$ (慢) 不十分	(急) $430\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(毒性) $1.4\text{mg}/\ell$ (毒性・生物のみ) $3.28\text{mg}/\ell$	
36	フルオランセン	(急) $3,980\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(急) $40\mu\text{g}/\ell$ (慢) $16\mu\text{g}/\ell$	(毒性) $42\mu\text{g}/\ell$ (毒性・生物のみ) $54\mu\text{g}/\ell$	
37	ハロエーテル類	(急) $360\mu\text{g}/\ell$ (慢) $122\mu\text{g}/\ell$	—	(不十分)	
38	ハロメタン類	(急) $11,000\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(急) $12,000\mu\text{g}/\ell$ (慢) $6,400\mu\text{g}/\ell$	(発ガン率 10^{-6}) $0.19\mu\text{g}/\ell$ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) $15.7\mu\text{g}/\ell$	海水で藻類細胞の減少は $11,500\mu\text{g}/\ell$ から、発ガン率 データは各種ハロメタンの組 合せによる。
39	ヘプタクロル	(24平均) $0.0038\mu\text{g}/\ell$ (常時) $0.52\mu\text{g}/\ell$	(24平均) $0.0036\mu\text{g}/\ell$ (常時) $0.053\mu\text{g}/\ell$	(発ガン率 10^{-6}) $0.28\text{ng}/\ell$ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) $0.29\text{ng}/\ell$	
40	ヘキサクロロ ブタジエン	(急) $90\mu\text{g}/\ell$ (慢) $9.3\mu\text{g}/\ell$	(急) $32\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(発ガン率 10^{-6}) $0.45\mu\text{g}/\ell$ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) $50\mu\text{g}/\ell$	
41	ヘキサクロロ シクロヘキサン ▷リンデン ▷BHC ▷ α -HCH	(24平均) $0.080\mu\text{g}/\ell$ (常時) $2.0\mu\text{g}/\ell$ (急) $100\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(常時) $0.16\mu\text{g}/\ell$ (急) $0.34\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(発ガン率 10^{-6}) $9.2\text{ng}/\ell$ (発ガン率 10^{-6} 生物のみ) $31\text{ng}/\ell$	各種異性体の混合による生物 影響

No	物質	淡水生物	海水生物	人の健康	備考
	▷β-HCH			(発ガン率 10 ⁻⁶) 16.3ng/l	
	▷tech-HCH			(発ガン率 10 ⁻⁶) 12.3ng/l	
	▷γ-HCH			(発ガン率 10 ⁻⁶) 18.6ng/l	
	▷δ-HCH			(発ガン率 10 ⁻⁶) 62.5ng/l	
	▷ε-HCH			(不十分)	
42	ヘキサクロロ シクロペンタジエン	(急) 7.0μg/l (慢) 5.2μg/l	(急) 7.0μg/l (慢) —	(毒性) 206μg/l (臭味) 1.0μg/l	
43	イソフオロン	(急) 117,000 μg/l (慢) —	(急) 129,000 μg/l (慢) —	(毒性) 5.2μg/l (毒性・生物のみ) 520mg/l	
44	鉛	(24平均) e[2.35{ln硬度} -9.48]μg/l (常時) 170μg/l	(急) 668μg/l (慢) 25μg/l	(毒性) 50μg/l	淡水生物において24時間平均値は硬度CaCO ₃ で100ppmなら3.8μg/l、常時濃度もこれに対応する値 毒性値は飲料水基準に同じ
45	水銀	(24平均) 0.00057μg/l (常時) 0.0017μg/l	(24平均) 0.025μg/l (常時) 3.7μg/l	(毒性) 144ng/l (毒性・生物のみ) 146ng/l	
46	ナフタレン	(急) 2,300μg/l (慢) 620μg/l	(急) 2,350μg/l (慢) —	(不十分)	
47	ニッケル	(24平均) e[0.76{ln硬度} +1.06]μg/l (常時) e[0.76{ln硬度} +4.02]μg/l	(24平均) 7.1μg/l (常時) 140μg/l	(毒性) 13.4μg/l (毒性・生物のみ) 100μg/l	淡水生物の場合、CaCO ₃ 硬度100ppmでは24時間平均値が96μg/l、常時濃度は1,800μg/l
48	ニトロベンゼン	(急) 27,000 μg/l (慢) —	(急) 6,680μg/l (慢) —	(毒性) 19.8mg/l (臭味) 30μg/l	
49	ニトロフェノール類	(急) 230μg/l (慢) (不十分)	(急) 4,350μg/l (慢) —		淡水中1種の藻で150μg/lから減少する。

No.	物質	淡水生物	海水生物	人の健康	備考
50	▷2,4-ジニトロ 0-クレゾール			(毒性)13.4 μ g/l (毒性・生物のみ) 765 μ g/l	
	▷ジニトロ フェノール			(毒性)70 μ g/l (毒性・生物のみ) 14.3mg/l	
	▷モノニトロ フェノール			(不十分)	
	▷トリニトロ フェノール			(不十分)	
	ニトロソアミン類	(急)5,850 μ g/l (慢) —	(急)3,300mg/l (慢) —		
	▷n-ニトロソ ジメチルアミン			(発ガン率10 ⁻⁶) 1.4ng/l (発ガン率10 ⁻⁶ 生物のみ) 16,000ng/l	
	▷n-ニトロソ ジエチルアミン			(発ガン率10 ⁻⁶) 0.8ng/l (発ガン率10 ⁻⁶ 生物のみ) 1,240ng/l	
	▷n-ニトロソ -n-ブチルアミン			(発ガン率10 ⁻⁶) 6.4ng/l (発ガン率10 ⁻⁶ 生物のみ) 587ng/l	
	▷n-ニトロソ ジフェニルアミン			(発ガン率10 ⁻⁶) 4,900ng/l (発ガン率10 ⁻⁶ 生物のみ) 16,100ng/l	
	▷n-ニトロソ ピロリジン			(発ガン率10 ⁻⁶) 91,900ng/l (発ガン率10 ⁻⁶ 生物のみ) 91,900ng/l	
51	ペンタクロロ フェノール	(急)55.0 μ g/l (慢)3.2 μ g/l	(急)53.0 μ g/l (慢)34.0 μ g/l	(毒性)1.01mg/l (臭味)30 μ g/l	
52	フェノール	(急)10,200 μ g/l (慢)2,560 μ g/l	(急)10,200 μ g/l (慢) —	(毒性)3.5mg/l (臭味)0.3mg/l	
53	フタル酸エステル類	(急)940 μ g/l (慢)3 μ g/l	(急)2,944 μ g/l (慢) —	(毒性)313mg/l (毒性・生物のみ) 2.9 g/l	
	▷ジメチル フタレート				

No.	物質	淡水生物	海水生物	人の健康	備考
	▷ ジエチル フタレート			(毒性) 350mg/ℓ (毒性・生物のみ) 1.8 g/ℓ	
	▷ ジブチル フタレート			(毒性) 3.4mg/ℓ (毒性・生物のみ) 154mg/ℓ	
	▷ ジー２－エチル ヘキシル フタレート			(毒性) 15mg/ℓ (毒性・生物のみ) 50mg/ℓ	
54	PCBs	(24平均) 0.014μg/ℓ (急) 2.0μg/ℓ	(24平均) 0.030μg/ℓ (急) 10μg/ℓ	(発ガン率 10 ⁻⁶) 0.079ng/ℓ (発ガン率 10 ⁻⁶) 生物のみ 0.079ng/ℓ	
55	PAHs	—	(急) 300μg/ℓ	(発ガン率 10 ⁻⁶) 2.8ng/ℓ (発ガン率 10 ⁻⁶) 生物のみ 31.1ng/ℓ	短期間の生物濃縮データがあるのみ(淡水)
56	セレンウム				
	▷ selenite	(24平均) 35μg/ℓ (常時) 260μg/ℓ (急) 760μg/ℓ (慢) —	(24平均) 54μg/ℓ (常時) 410μg/ℓ —	(毒性) 10μg/ℓ (毒性) 10μg/ℓ	飲料水基準と同じ
	▷ selenate				
57	銀	(常時) e(1.72 {ln 硬度} -6.52) μg/ℓ	(常時) 2.3μg/ℓ (慢) —	(毒性) 50μg/ℓ	飲料水基準と同じ 淡水生物に対する 24 平均は CaCO ₃ 硬度 100ppm で 4.1μg/ℓ
58	ダイオキシン	—	—	—	検討中
59	テトラクロロ エチレン	(急) 5,280μg/ℓ (慢) 840μg/ℓ	(急) 10,200 μg/ℓ (慢) 450μg/ℓ	(発ガン率 10 ⁻⁶) 0.8μg/ℓ (発ガン率 10 ⁻⁶) 生物のみ 8.85μg/ℓ	
60	タリウム	(急) 1,400μg/ℓ (慢) 40μg/ℓ	(急) 2,130μg/ℓ (慢) —	(毒性) 13μg/ℓ (毒性・生物のみ) 48μg/ℓ	ある種の魚で 2,600 時間暴 露で 20μg/ℓ (淡水)
61	トルエン	(急) 17,500 μg/ℓ (慢) —	(急) 6,300μg/ℓ (慢) 5,000μg/ℓ	(毒性) 14.3mg/ℓ (毒性・生物のみ) 424mg/ℓ	
62	トクキフェン	(24平均) 0.013μg/ℓ	(常時) 0.070μg/ℓ	(発ガン率 10 ⁻⁶) 0.71ng/ℓ	

No.	物質	淡水生物	海水生物	人の健康	備考
63	トリクロル エチレン	(常時) 1.6 $\mu\text{g}/\ell$ (急) 45,000 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) 備考	(慢) — (急) 2,000 $\mu\text{g}/\ell$ (慢) —	(発ガン率 10^{-6}) 生物のみ) 0.73 ng/ℓ (発ガン率 10^{-6}) 生物のみ) 2.7 $\mu\text{g}/\ell$ (発ガン率 10^{-6}) 生物のみ) 80.7 $\mu\text{g}/\ell$	淡水で1種の魚につき 21,900 $\mu\text{g}/\ell$ で慢性影響
64	塩化ビニル	—	—	(発ガン率 10^{-6}) 2.0 $\mu\text{g}/\ell$ (発ガン率 10^{-6}) 生物のみ) 525 $\mu\text{g}/\ell$	
65	亜鉛	(24平均) 47 $\mu\text{g}/\ell$ (常時) e[0.83{Ln硬度} +1.95] $\mu\text{g}/\ell$	(24平均) 58 $\mu\text{g}/\ell$ (常時) 70 $\mu\text{g}/\ell$	(毒性) (不十分) (臭味) 5 mg/ℓ	淡水生物の常時濃度は CaCO ₃ 硬度を100ppmとす ると320 $\mu\text{g}/\ell$

的としたものであるが、基準値とする時どうしても
‘one number’ にしたいということならば、前者の24
時間平均値を用いることをdocumentは勧めている。

指標物質が低濃度の時の動物試験における量-反応
(dose-response)関係が、域値なしの単調増大型の場
合、発ガンリスクの計算には従来‘one-hit’モデルが
用いられたが、Crump(1980)により提唱された改良型
多段階線型化モデル(linearized multi-stage model)
を使う方が、量-反応関係をよくあらわすという理由で、
本criteriaではこれを用いている。投与量(dose)
dの時に、生涯において発ガンする確率をPとすると、
この改良多段階線型化モデルではつぎのように表わされ
る。

$$P(d) = 1 - \exp[-(q_0 + q_1 d + q_2 d^2 + \dots + q_k d^k)]$$

ただし $q_i \geq 0$ ($i = 0, 1, 2, \dots, k$)、 q_i は量-反
応曲線に fit するよう定める係数である(単位は(摂取
物質 $\text{mg}/\text{kg}/\text{日}$)⁻¹)。

4. 新クライテリアから見たいくつかの問題物質 1) 砒素

水生生物に対する砒素の新クライテリアは、淡水生物
で常時値440 $\mu\text{g}/\ell$ 以下(0.44 mg/ℓ 以下)、海水生物
に対する急性影響値は508 $\mu\text{g}/\ell$ (0.51 mg/ℓ)、ただし
脊椎動物の稚子で40 $\mu\text{g}/\ell$ (淡水の場合)となっている。
表全体からうかがい知れるように、常時濃度値は24時
間平均値に比しほぼ1オーダー位高い。だから、わが国
の環境基準で砒素に対し0.05 mg/ℓ 以下と与えられている

のは、これら水生生物に対してはほぼ妥当ということが
できよう。

しかし新クライテリアで砒素による皮膚ガンの発生可
能性として示された値は、発ガン率 10^{-6} に対し2.2 ng/ℓ
、水の摂取なく魚のみの摂取の場合でも、同じ発ガン
率に対するクライテリアは17.5 ng/ℓ である。日本人の
場合、1日平均の魚の摂取量は6.5gよりかなり多いこと
から考えると、水域が水道水源でない単なる陸水域、海
域であっても、発ガン率 10^{-6} に対するクライテリア値
は10 ng/ℓ のオーダーと考えるべきであろう。

水・生物両方の摂取に対し、わが国の環境基準値0.05
 mg/ℓ が、EPAの新クライテリアからすると発ガン率約
2.3 $\times 10^{-2}$ 、換言すれば43人に1人の発ガン率となる。
この数字は常識的に考えると受入れ難い危険な数字であ
る。それではどうするかという問題はさしずめ政府当局、
関係審議会の課題であろう。

以下、各水質指標に共通する問題であるが、それでは
どう対応するかを実務レベルで考えると、先ずそのよう
な微量の検出や管理のためにどのような計測法で対応す
べきか、また浄水操作や工場排水処理・下水処理におい
てどのような有効な策があるか、ということになる。

2) トリハロメタン(クロロホルム・ハロメタン類)

上水道で厄介な問題となりつつあるトリハロメタンに
ついてはどうか。これは表-3ではNa 19のクロロホル
ム、またはNa 38のハロメタン類を参照する。

クロロホルムもハロメタン類も、水生生物に対するク
ライテリア値は比較的高い(クロロホルムの対水生生物

慢性影響値 1.24 mg/l)。しかし、人の健康という点では、新クライテリアのデータベースからは、水および水生生物の摂取に対して 0.19 μg/l が発ガン率 10⁻⁶ に対応する。

既知の通り、厚生省が暫定的に定めた水道水中のトリハロメタン（クロロホルム・プロモホルム等4種のハロゲン化合物の計）値は 0.1 ppm 以下である。この値を EPA データベースにあてはめると、0.1 ppm という限度は、1,900 人に 1 人の発ガン率に対応する。この結果からみるとトリハロメタンの暫定基準が大変適切であるという議論はし難いであろう。トリハロメタンにしても、前項の砒素にしても、発ガン率に関してどのリスクレベルをとるべきかという指導は安易に出来るものではない。

3) 六価クロム

知られる通り、わが国の環境基準も飲料水基準でも六価クロムの許容濃度は 0.05 mg/l である。一方 EPA 新クライテリアの表の No. 21 では、淡水生物に対する 24 時間平均値が 0.25 μg/l、常時値でも 21 μg/l であり、海水生物に対しては 24 時間平均 18 μg/l である。人の健康に関しては発ガン性物質ではないと認められているので 1976 年クライテリアと同様 0.05 mg/l であり、これはわが国環境基準と同じ値である。

すなわちこの場合は、人の健康に関してよりも水生生物に対するクライテリア値が問題で、特に淡水生物に対する 24 時間平均値は、わが国環境基準値の 1/17 という低さであり、海水生物に対しても約 1/3 である。元来六価クロムに関するわが国の環境基準は、人の健康という見地で見出されたもので、その意味では今なお健全さを保つとみられるが、ここに来て、対水生生物という角度の評価を無視してもよいのかという問題を突きつけられたわけである。

今年 9 月 28 日の日本化工による六価クロム鉱滓等管理の不備についての公判で、裁判所はクロムと肺・胃のガンとの因果関係を認めて被告側勝訴の形になったが、この新クライテリアでもクロムが発ガン物質とされなかった根拠をこのクライテリアを出した ECAO オフィスの長 Stara 博士に訊ねたが、明確な答は得られなかった。

4) 鉛

表-3 の No. 44 に示すように、鉛に関する人の健康に関するクライテリアは、1976 年クライテリアから変わらず 0.05 mg/l で、これはわが国の環境基準値および飲料水基準値 0.1 mg/l の 1/2 である。

それはともかく、注目すべきは水生生物に対するクライテリア値である。淡水生物に対する鉛の毒性は水質（この場合は硬度）によって支配され、24 時間平均値は次式

$$24 \text{ 時間平均値 } (\mu\text{g}/\text{l}) = \exp\{2.35\{\ln \text{硬度}\} - 9.48\}$$

によって求められ、CaCO₃ 換算硬度 100 ppm であれば 38 μg/l となる。一方海水生物に対しては、慢性影響値はそれより低く 25 μg/l であり、わが国の環境基準値は、前項の六価クロムと同じく水生生物に対してかなり危険側の値であることが示唆される。また淡水生物に対する常時値でも 0.17 mg/l という事は、わが国の水質汚濁防止法による排水基準値 1 mg/l が、問題となる値であることを意味する。

5) ニトロソアミン類

発ガン性窒素化合物の代表として、No. 50 のニトロソアミン類をとりあげる。この物質はわが国では環境基準はもとより、水質汚濁防止法政令の指定物質としてもあげられていないが、工場排水中にも、また自然の水、土壤環境にも存在しうる物質である。ドリン系農薬や BHC のような物質が一般水域に検出されると話題になるのは当然だが、それらに劣らぬポテンシャルで危険な本物質がこれまであまり話題にならなかった一つの理由は、わが国の水域や土壤で測定検出がほとんどなされなかったことで、およびこの物質が化学的に不安定なことである。

表に示すごとく、対水生生物では、急性影響値しか示されておらず、この値は淡水・海水生物いずれもあまり問題はないように見える。だが発ガン性は、n-ニトロソジエチルアミンの 0.8 ng/l (リスクレベル 10⁻⁶ に対し)、n-ニトロソジメチルアミンの 1.4 ng/l、n-ニトロソ-n-プチルアミンの 6.4 ng/l というように極めて強いことが確認された。

n-ニトロソジエチルアミンの場合でいうと、0.8 mg/l での暴露がずっと 100% 発ガンということになる。おそらく今後は、ニトロソアミン類がどこからどの程度排出されるか、また水域や農地にどのように分布しているかのサーベイが第 1 の急務であろう。

6) カドミウム

イタイイタイ病の発生により、わが国のカドミウム環境基準、飲料水基準は米国・ソ連などと同じく 0.01 mg/l が採用された。今回の新クライテリアでも人の健康に関する見解は従前と同じであるが、水生生物に対してはそれ以下の微量が問題となることが示された。

表-3 の No. 11 に示すように、淡水生物に対する 24 時間平均値は $\exp\{1.05\{\ln(\text{硬度}) - 3.73\}\} (\mu\text{g}/\text{l})$ であり、CaCO₃ 硬度を 100 ppm とするとこの値は 0.025 μg/l という低値になる。海水生物に対しては 24 時間平均値がかなり高くなるが、それでも 4.5 μg/l である。2.5 × 10⁻⁵ mg/l という低レベルのカドミウム汚染は、例えば土壤汚濁防止法によって定められている、カドミウム

汚染米(1.0ppm以上)を産する土壤の含有Cd量が通常5ppm以上とみられること、また、緑農地への還元利用がうんぬんされている下水汚泥中のCd含量が、最も低い生活系廃水汚泥で3ppm前後、工場排水等が混入したもので、低いもので10ppm、高いものは $10^1 \sim 10^2$ ppmのオーダーにも達することを考えると、環境水がこの新クライテリアを満たすことは極めて難しいのではなかろうか。

以上、代表的に6指標物質をとり出して新クライテリアの意義や現行基準との比較等を行ったが、表-3からみると水銀を始めとして各種の発ガン性有機化合物などに多くの問題があることが理解されよう。

5. 利用可能な高感度分析法

1) 元素含有率測定のための原子吸光法およびICP等

フレイム原子吸光法に対し無炎(フレイムレス)原子吸光法の絶対感度は数倍から10倍ていど高く、Parkerによれば両者の比較は表-4⁷⁾a)、b)のようにまとめられる。

フレイムレス(無炎)の場合、重金属、軽金属、アルカリ土金属等を通じて絶対感度は $10^{-1} \sim 10^{-5}$ ngレベルであるが、試料5 μ lとしてみると検出濃度は期待するほど低い値にはならない。一般にフレイム法より熟練を要し、再現性がそれほどよくないと言われている。無炎法はまだ完成された方法ではなくフレイム法を補う方法

として今後が期待される方法といえよう。

発光分光分析法が元素分析の主流となりつつあるといわれるが、確かに急速に機器分析の分野で優位を占めつつある。すでにICP法は、研究室内の方法というに止ま

表-4 原子吸光光度法による元素の検出限界⁷⁾

a) フレイム原子吸光光度法の場合 (単位mg/l)

Ag	0.003	Ho	0.1	Ru	0.2
Al	0.04	In	0.05	Sb	0.07
As	0.25	Ir	0.4	Sc	0.05
Au	0.01	K	0.003	Se	1
B	2	La	3	Si	0.3
Ba	0.01	Li	0.002	Sm	4
Be	0.002	Lu	1	Sn	0.004
Bi	0.06	Mg	0.0003	Sr	0.03
Ca	0.0005	Mn	0.003	Ta	2
Cd	0.0006	Mo	0.04	Tb	0.5
Co	0.007	Na	0.0003	Te	0.01
Cr	0.005	Nb	2	Ti	0.01
Cs	0.02	Nd	2	Tm	0.02
Cu	0.002	Ni	0.008	Tn	0.02
Dy	0.03	Os	0.1	U	40
Er	0.05	Pb	0.02	V	0.1
Eu	0.02	Pd	0.02	W	1
Fe	0.005	Pr	10	Y	0.5
Ga	0.1	Pt	0.1	Yb	0.01
Gd	3	Rb	0.003	Zn	0.002
Ge	0.2	Re	0.9	Zr	1
Hf	2	Rh	0.006		

b) 無炎原子吸光光度法の場合 (CRA63 with tube furnace)

absolute (g)	濃度 (μ g/l) *	absolute (g)	濃度 (μ g/l) *		
Ag	2×10^{-13}	0.04	Mg	6×10^{-14}	0.01
Al	3×10^{-11}	6	Mn	5×10^{-13}	0.1
As	1×10^{-10}	20	Mo	4×10^{-11}	8
Au	1×10^{-11}	2	Na	1×10^{-13}	0.02
B	3×10^{-9}	600	Ni	1×10^{-11}	2
Be	9×10^{-13}	0.2	Pb	5×10^{-12}	1
Bi	7×10^{-12}	1	Pd	2×10^{-10}	40
Ca	3×10^{-13}	0.06	Pt	2×10^{-10}	40
Cd	1×10^{-13}	0.02	Rb	6×10^{-12}	1
Co	6×10^{-12}	1	Sb	3×10^{-11}	6
Cr	5×10^{-12}	1	Se	1×10^{-10}	20
Cs	2×10^{-11}	4	Si	6×10^{-11}	10
Cu	7×10^{-12}	1	Sn	6×10^{-11}	10
Eu	1×10^{-10}	20	Sr	5×10^{-12}	1
Fe	3×10^{-12}	0.6	Tl	3×10^{-12}	0.6
Ga	2×10^{-11}	0.4	V	1×10^{-10}	20
K	9×10^{-13}	0.2	Zn	8×10^{-14}	0.02
Li	5×10^{-12}	1			

*試料 5 μ l

表-5 発光分光分析による元素の検出限界⁸⁾

誘導結合高周波プラズマを光源とする発光分光分析

スペクトル線(Å)	検出限界 (ng/ml)	スペクトル線(Å)	検出限界 (ng/ml)	スペクトル線(Å)	検出限界 (ng/ml)
Ag I 3280.7	2	Hg I 1849.6	1	Rh	3
Al I 3961.5	1	Hg I 2536.5	50	Ru I 3798.1	60
Al I 3082.2	7	Ho II 3456.0	3	S I 1820.3	30
As I 1931.6	252	I I 2061.6	10	Sb I 2175.9	15
As I 2288.1	30	In I 4511.3	30	Sc II 3613.8	0.4
Au I 2675.9	0.9	Ir I 3220.8	70	Se I 1960.3	15
B I 2497.7	0.2	K I 7644.9	30	Si I 2516.1	2
Ba II 4554.0	0.06	La II 4086.7	0.4	Sm II 3592.6	0.5
Be I 2348.6	0.03	Li I 6707.8	0.3	Sn I 1900	6
Bi II 2898.0	50	Lu I 4518.6	8	Sn I 2840.0	10
C II 1930.4	100	Mg II 2795.5	0.01	Sn I 3034.1	20
Ca II 3933.7	0.0005	Mn II 2576.1	0.06	Sr II 4077.7	0.02
Cd I 2288.0	0.3	Mo I 3864.1	0.5	Ta II 2965.1	70
Cd II 2265.0	0.4	N(NH) 3360	100	Ta II 2401.7	50
Ce II 4186.6	2	Na I 5889.9	0.1	Tb II 3509.2	0.5
Co II 2388.9	0.4	Nb II 3094.2	1	Te I 2335.8	15
Cr II 2677.2	0.5	Nd II 4021.2	1.5	Th II 4019.1	3
Cr I 3578.7	1	Ni I 3524.5	2	Ti II 3349.4	0.2
Cu I 3274.0	0.3	Ni I 3414.8	1	Tl I 3775.7	75
Dy II 3531.7	4	Os I 2909.1	6	Tm II 3462.2	0.15
Er I 4008.0	1	P I 2535.6	30	U I 3869.6	8
Eu II 3819.7	0.06	Pb II 2203.5	15	V II 3093.1	0.2
Fe II 2599.4	0.2	Pb I 2833.1	10	V II 3110.7	2
Fe II 2611.9	7	Pd I 3609.5	6	W II 2764.3	5
Ga I 4172.1	3	Pd II 2488.9	6	Y II 3710.3	0.08
Gd II 3422.5	2	Pr II 4225.3	10	Yb II 3694.2	0.1
Ge I 2651.2	2	Pt I 2659.5	2	Zn I 2138.6	0.3
Hf II 3399.8	10	Re II 2092.4	25	Zr II 3438.2	0.3

らず工業分析の分野に拡がっている。表-3のクライテリアに示したような微量を検出し、モニタリング、データ処理をするというニーズに対して表-5⁸⁾、6⁹⁾に示すようなプラズマ発光分光分析の感度は、あるていどその要望に応えうるものであり、測定にそれほど熟練を要しないで、しかも原子吸光法よりすぐれた感度が一般に期待できる。

しかし、ng/l-pptレベルの微量検出用というにはまだ距離があり、例えば表-2のNo.45水銀の場合、淡水域の24時間平均値が0.57ng/l、海水域の同じ値が25ng/lであるが、このレベルでサンプル分析値の評価をするには不十分である。

無炎原子吸光やICP分析などよりはるかに高感度の分析法¹⁰⁾として、スパークソース質量分析があるが、この種の機器になると水質管理の現場に一般的とはいえない。

一方有機物に対してはどうか。ガスクロマトグラフ法、あるいはGC-MS分析が主流であろうが検出値の精度を上げるため前処理の重要性が増してくるであろう。

表-6 プラズマトーチ発光分光光度法と原子吸光光度法との感度の比較⁹⁾

元素	プラズマ	原子吸光	元素	プラズマ	原子吸光
Ag	0.004	0.005	Ga	0.014	0.07
Al	0.002	0.03	Gd	0.007	4
As	0.04	0.1	Ge	0.15	1
Au	0.04	0.02	Hf	0.01	8
B	0.005	6	Hg	0.2	0.5
Ba	0.0001	0.05	Ho	0.01	0.1
Be	0.0005	0.002	In	0.03	0.05
Bi	0.05	0.05	La	0.003	2
Ca	0.00007	0.001	Lu	0.008	3
Cd	0.002	0.001	Mg	0.0007	0.0001
Ce	0.007	—	Mn	0.0007	0.002
Co	0.003	0.005	Mo	0.005	0.03
Cr	0.001	0.003	Na	0.0002	0.002
Cu	0.001	0.002	Nb	0.01	1
Dy	0.004	0.2	Nd	0.05	2
Er	0.001	0.1	Ni	0.006	0.005
Eu	0.001	0.04	P	0.04	—
Fe	0.005	0.005	Pb	0.008	0.01

元素	プラズマ	原子吸光	元素	プラズマ	原子吸光
Pd	0.007	0.03	Te	0.08	0.1
Pr	0.06	10	Th	0.003	—
Pt	0.08	0.1	Ti	0.003	0.09
Rh	0.003	0.03	Te	0.2	0.03
Sb	0.2	0.1	Tm	0.007	0.2
Sc	0.003	0.1	U	0.03	—
Se	0.03	0.1	V	0.006	0.02
Sm	0.02	2	W	0.002	3
Si	0.01	0.1	Y	0.0002	0.1
Sn	0.3	0.02	Yb	0.0009	0.04
Sr	0.00002	0.01	Zn	0.002	0.002
Ta	0.07	5	Zr	0.005	5
Tb	0.2	2			

6. これからの水処理で考えるべきこと

前節までの展望から、水処理分野には今後多くの新課題が課せられることが予想される。本節では、個々の物質をとりあげて、それを所望のレベルに除去するための技術を論ずるのでなく、浄水処理、下水処理および工場排水処理の三者をとりあげ、それぞれ80年代に必須と考えられる課題、およびそれら相互のつながりについてみよう。

1) 浄水処理

EPAにより新クライテリアの与えられた65物質の中には塩素系・有機リン系の農薬が多い。EPAはすでに1979年、エンドリン、リンデン、メトキシクロル、2,4D、2,4,5TP等につき飲料水としての暫定基準を定めていた。ソ連でも1973年にクライテリアを出し、多数の合成化学物質の飲料水中許容濃度を定めている。

有機合成物質以外で、新たに飲料水基準を設定したり、原水基準を定め、あるいは許容値を再検討する対象として、砒素、バリウム、クロム、鉛、セレン、銀などがある。このうち砒素を例にとり、渡良瀬川を水源とする桐生市浄水場のデータ¹¹⁾を引用してみる。渡良瀬川の砒素はすでに採掘を中止した足尾銅業所廃滓に由来するもので、図-2に見るように河川の増水時(高濁度時)に含有量が高くなる傾向があり、高速凝集沈澱池→急速ろ過池→浄水池という処理系統で、残存濃度が0.03mg/l近くになることがある。このデータはスラリー循環高速凝集沈澱操作で得られたものであるが、この浄水システムが水質変動に敏感という

理由で桐生市は新たに凝集池—横流式沈澱のシステムを採用することにした。念のため、通常時に得られるろ過水の砒素濃度は1μg/lのレベルである。

トリハロメタン対策も今後の重要問題の一つであるが、さきに述べた合成有機物、農薬類への対応を併せ考え、近い将来浄水プロセス中に粒状活性炭接触吸着(GAC)を組みこむ必要があると考えられる。GACをプロセスの中に組みこむということは、THMsを直接除くということより、塩素処理でTHMsを生成する原因物質たるフルボ酸、フミン酸等を除去する¹²⁾わけであり、同時に他種の有機合成物質に対しても相当の効果があるかと期待される。

2) 下水処理・工場排水処理

今の下水道における流入下水質、終末処理場の姿を延長して考えると80年代の処理場にかげられる期待は大層重味を増すので、活性汚泥二次処理だけで責を果たすことは難しい。深層ばっ気や酸素ばっ気によって工場排水の流入率の高い場合にも対応できるというが、それはBOD、CODレベルの話である。

EPAでは、二次処理施設を有するプラントの浄化能力を、Advanced Secondary Treatment(AST)化する計画を立てている。6300箇所の処理場が候補に上り、そのための費用は200億ドル(46兆円)にのぼる。このASTはこれまで言われていたAWT(Advanced

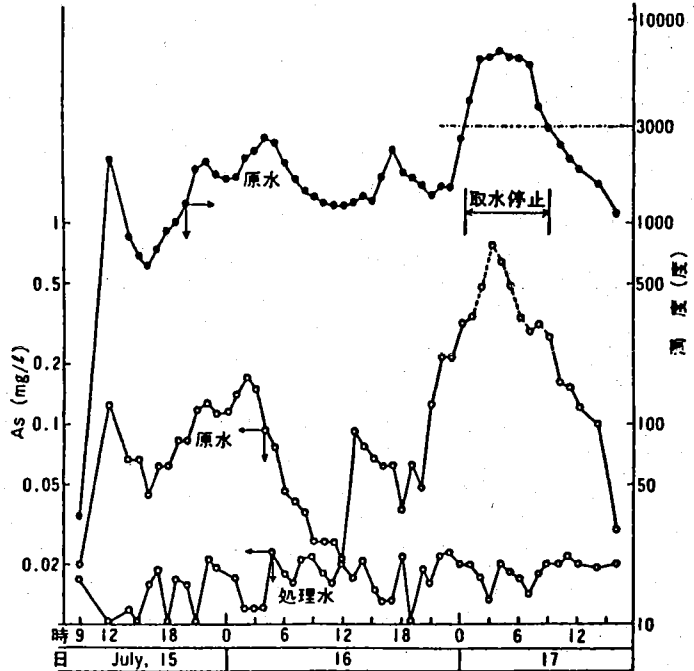


図2. 台風による増水時のヒ素と濁度¹¹⁾
(1972, July 15~17, 桐生市浄水場)

Waste Treatment) ほどの高度処理ではないが, BOD, S S, N, P に関する除去効率を上げることがをねらいとしている。

この場合, 新クライテリアが問題とするような毒性金属・毒性有機物質等をどのように考えているのか。これにつき米国環境諮問委員会第 10 回年次報告 (1979.

12) の次の一文を紹介しよう。¹³⁾「E P A は, 21 の 1 次産業に分類される, 少なくとも 87,000 のプラントが, 排水を自前の処理施設で処理後放流する代わりに, 公共下水道に流していると推定している。しかし公共下水道を工場・事業場が用いることは深刻な問題を惹起す。産業排水の多くは通常の下水処理方法とはなじまない。有毒物質や重金属は下水汚泥に蓄積し, エアレーションの最中に大気中に散逸したり, 処理されずに放出されてしまう。更に, 通常の処理操作にも障害を与え, 処理が十分に行われなかったり, 処理施設に損傷を与える。汚泥に対する有毒物質や重金属の蓄積は汚泥を肥料として利用できなくし, また埋立に用いると有毒物質が表流水や地下水に流出することになる。下水処理場を通過した有毒物質が, 放流先の河川の水質を許容限度以上にする」

(以下略)。

このため, 有害な廃物を出す企業・事業場では, その排水を下水に流す前に有害物質の全部でなくとも大半を除去するよう前処理を行わせる必要がある, と述べている。

「……」内の趣旨は特別新しいものではないが, このように明確に, 公共下水道における下水処理としては, 工場排水由来の難処理性物質と縁を切りたいという趣旨が述べられたのは注目し, このことが, そういう物質の排出者である工場等での処理を, これまでの前処理 (pretreatment) 的な性格から本処理的なものに変えていくであろうと想像される。実際, 水質汚濁防止法に係る総理府令による排水基準も, そのとりあげている指標や限界水質値の見直しが必要となるであろう。

実際, 原単位値が 1 人 1 日 350 l から更に水量が上昇をつづけている下水処理場は, 水質的な意味での危険度は本来それほど高くないのに, 1 部の微量問題物質のために全量を高度処理にかけるとするのは明らかに不利, かつ不合理である。だんだん厳しくなる問題物質群への規制をまともに受けて, 処理場の操作を一段と高度化することは, 建設費からも維持費からみても大きな負担で, それが地方財政などを圧迫し, 結局市民の負担増へと波及することを考えねばならない。

1976 年の E P A 水質クライテリアを見直すとともに, これまで取入れることのできなかった生物濃縮の影響やヒトにおける発ガンリスクレベルを評価した, 1980 年クライテリアのもつ意義は極めて大きい。これが契機

となって, 今後の水環境問題への対応・処理に一段と慎重さが望まれるわけである。

参 考 文 献

- 1) 鈴木武夫: 環境の基準, 1.2, 1.3, 8~39, 丸善 (1979)
- 2) 庄司 光: 基準を考える, 京都大学環境衛生工学第二回シンポジウム講演集 1~11 (1980. 8)
- 3) U. S. Environmental Protection Agency: FRL 1623-3, Water Quality Criteria Documents, Federal Register 45, 231 (1980. 11. 28)
- 4) U. S. EPA: Quality Criteria For Water, EPA-440/9-76-023, 501pp. (1976)
- 5) 合田 健: 基準を考える—水質の criteria, 土壌・汚泥質の基準—, 京都大学環境衛生工学第三回シンポジウム講演集, 1~14 (1981. 8)
- 6) ASTM Standard E 729-80, Practice for Conducting Acute Toxicity Tests with Fishes, Macroinvertebrates and Amphibians, Amer. Soc. Test & Materials.
- 7) Parker, C. R.: Water Analysis by Atomic Absorption Spectroscopy, pp 20~22 (1972)
- 8) Boumans, P. W. J. M. & R. M. Barnes: ICP Inform. Newsletter 3, 445 (1978)
- 9) Fassel, V. A. & R. N. Kniseley: Analytical Chem. 46, 1110 A (1975)
- 10) 浜口 博: 超微量成分分析 1, 産業図書 (1971)
- 11) 松田, 栗原, 村上: 河川水中のヒ素とその処理, 用水と廃水, 18, 9, 49~56 (1976)
- 12) 環境庁水質保全局: 米国環境諮問委員会第 10 回年次報告—水質・廃棄物—, 189 (1981. 1) (訳)
- 13) 環境庁水質保全局: 12) に同じ, 159~160

以 上