

検討対象農薬の選定に当たっては、次の考え方によることとした。

① 国内で使用実績のある農薬等（注1）のうち、次のいずれかの要件を満たすものを抽出する。

- ・国内推定出荷量を一日最大許容摂取量（ADI）で除した値が、除草剤、殺虫剤、殺菌剤ごとに、それぞれ上位30位までに入るもの
- ・国内推定出荷量が上位30位までに入るもの
- ・その他過去の経緯等から注意すべきもの（注2）

② 上記①で抽出された農薬を測定方法の有無及び検出状況の観点から次の3群に分類する。

（第1候補群）

測定方法があり、かつ、国内推定出荷量が50t以上あることから、水道原水で検出されるおそれがあるもの。ただし、50t未満の農薬であっても現に検出されていれば第1候補群に含める。

（第2候補群）

現在のところ水道水に適した測定方法がないが、国内推定出荷量が50t以上あることから、測定すれば検出されるおそれがあるもの

（第3候補群）

国内推定出荷量が50t未満であり、測定しても検出されるおそれがないもの

③ 検討対象農薬としては、上記のうち第1候補群とする。ただし、第2候補群の農薬については、水道水に適した測定方法を早急に確立し、確立した時点で第1候補群に組み入れる。

④ なお、上記の3群については、定期的に見直しを行うこととする。

注1) 国内で使用実績のある農薬等としては、農薬取締法における登録農薬を基本とし、最近の失効農薬で土壌吸着性等の観点から検出のおそれがあるものや、農薬以外で衛生害虫駆除等に使用されるものも含むこととする。

注2) その他過去の経緯等から注意すべき農薬等として、以下の農薬等を対象とした。

- ・現在、国内で水質基準等が設定されているもの（水道水質基準項目、監視項目、

環境省も含めたゴルフ場農業項目及び農業取締法に基づく水質汚濁に係る登録  
保留基準が設定されているもの)

- ・過去の研究・調査で検出されているもの
- ・新規登録農業で今後使用実績が大きくなると想定されるもの
- ・この他、諸外国（米国、EU、WHO）で健康影響の観点から基準値等が設定されているもの

#### 4. 水質基準改正案

上記3により選定した検討対象項目について、上記1及び2に従い検討を行った結果をとりまとめると、別紙1「水質基準等の改正案」のとおりである。また、水質検査項目の省略指針については、別紙2「水質検査項目の省略指針案」のとおりである。

##### (1) 新たに水質基準とすべきとした項目

①大腸菌、②ほう素、③1,4-ジオキサン、④臭素酸、⑤クロロ酢酸、⑥ジクロロ酢酸、⑦トリクロロ酢酸、⑧ホルムアルデヒド、⑨アルミニウム、⑩ジェオスミン、⑪非イオン界面活性剤、⑫2-メチルイソボルネオール、⑬総有機炭素

##### (2) 水質基準として維持する必要はないとした項目

①大腸菌群、②1,2-ジクロロエタン、③1,3-ジクロロプロペン、④シマジン、⑤チウラム、⑥チオベンカルブ、⑦1,1,2-トリクロロエタン、⑧1,1,1-トリクロロエタン、⑨過マンガン酸カリウム消費量

## IV. 水質検査方法

### 1. 基本的考え方

法令で基準等を設定する場合、いわゆる公定検査法を定めることが通例である。これは、検査方法によっては、同一の試料を検査してもその結果が異なることがあること、また、許容値等を定める関係上少なくとも当該許容値等を測定し得るものでなければならないからである。水質基準に係る検査方法においても例外ではない。

一方、水質検査技術の進歩は格段のものがあり、これらの技術革新を適切にとり入れていくことも必要である。また、水質試料については、地域や原水の種類・質、さらには浄水方法により、混在物質（検査妨害物質）の種類・量も様々である。このため、水質検査方法については、上記の要件を満足しつつ、より柔軟な検査が可能となるよう配慮すべきである。

以上の諸点に留意しつつ、公定検査法とされることを念頭におき、次のような原則に基づき水質検査法の検討を行った。

- (1) 水質基準項目を確度よく測定できる方法であること
- (2) 定量下限として基準値の 1/10 以下の値が得られる方法であること
- (3) 精度の高い方法であること（基準値の 1/10 付近において、変動係数が無機化合物で 10% 以内、有機化合物で 20% 以内であること）
- (4) ベンゼンなどの有害物質を極力使用しない方法であること
- (5) 上記の条件を満たす方法が複数ある場合には、可能な限り多くの方法を提示すること
- (6) 自動検査法が採用できる場合にあっては、積極的にこれを採用すること
- (7) 検査方法の記述に当たっては、上記(1)～(4)の要件を確保するために必要最低限の要素（装置、操作、試料・試薬の種類・量など）を記述するに止め、その確保には影響しないと考えられるものについては極力簡略化し、検査者の工夫の余地を残すこと

具体的な水質検査方法の設定に当たっては、水質検査の合理的な実施を考慮して、

複数の物質を同時に測定できる一斉分析法を採用することを基本とした。

なお、水質検査技術の革新等に柔軟に対応できるようにするため、上記の方法以外であっても、これらと同等以上の方法と認められる検査方法については、これを積極的に公定検査法と認める柔軟なシステムを工夫することが必要である。

## 2. 水質検査法

上記の基本的考え方を踏まえ、水質基準の項目ごとに水質検査法を検討した結果は、別紙3「水質検査方法案」のとおりであるが、その概要を記せば以下のとおりである。

### (1) 微生物に係る水質検査方法

ア. 一般細菌 標準寒天培地法による。

イ. 大腸菌 特定酵素基質培地法による。

### (2) 化学物質に係る水質検査方法

ア. 重金属類 対象となる重金属に応じ、下表に示す方法による。

検査法	測定可能項目
フレイムレスー原子吸光光度法	カドミウム、クロム、セレン、鉛、 ひ素、亜鉛、アルミニウム、鉄、銅、 ナトリウム、マンガン
還元気化ー原子吸光光度法	水銀
水素化物発生ー原子吸光光度法	セレン、ひ素
誘導結合プラズマ発光分光分析法 (ICP法)	カドミウム、クロム、鉛、ほう素、 亜鉛、アルミニウム、カルシウム、 マグネシウム、鉄、銅、ナトリウム、 マンガン
水素化物発生ーICP法	セレン、ひ素
誘導結合プラズマー質量分析法 (ICP-MS法)	カドミウム、クロム、セレン、鉛、 ひ素、ほう素、亜鉛、アルミニウム、 銅、マンガン

イ. その他の無機化合物 対象となる化合物に応じ、下表に示す方法による。

検査法	測定可能項目
イオンクロマトグラフ法	硝酸性窒素・亜硝酸性窒素、ふっ素、塩素イオン、カルシウム、マグネシウム、ナトリウム
イオンクロマトグラフ-ポストカラム法	シアン、臭素酸
滴定法	塩素イオン、硬度

ウ. 有機化合物 対象となる有機化合物に応じ、下表に示す方法による。

検査法	測定可能項目
ヘッドスペース-ガスクロマトグラフ-質量分析法 (HS-GC/MS 法)	四塩化炭素、1,1-ジクロロエチレン、ジクロロメタン、シス-1,2-ジクロロエチレン、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、ベンゼン、クロロホルム、ジブromokロロメタン、プロモジクロロメタン、プロモホルム、ジェオスミン、2-MIB
パージ・トラップ-ガスクロマトグラフ-質量分析法 (PT-GC/MS 法)	四塩化炭素、1,1-ジクロロエチレン、ジクロロメタン、シス-1,2-ジクロロエチレン、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、ベンゼン、クロロホルム、ジブromokロロメタン、プロモジクロロメタン、プロモホルム、ジェオスミン、2-MIB
溶媒抽出-ガスクロマトグラフ-質量分析法	クロロ酢酸、ジクロロ酢酸、トリクロロ酢酸、ホルムアルデヒド、フェノール類
高速液体クロマトグラム法 (HPLC 法)	陰イオン界面活性剤、フェノール類
吸光光度法	非イオン界面活性剤
酵素免疫測定 (ELISA) 法	陰イオン界面活性剤、非イオン界面活性剤

エ. その他 対象となる項目に応じ、下表に示す方法による。

検査法	測定可能項目
重量法	蒸発残留物
燃焼酸化法、湿式酸化法など	総有機炭素 (TOC)
ガラス電極法	pH
官能法	味、臭気
比色法、透過光測定法	色度
比濁法、透過光測定法、積分球式光電光度法、散乱光測定法、透過散乱法	濁度



## V. クリプトスポリジウム等の耐塩素性病原微生物対策

1994年以降我が国でも顕在化したクリプトスポリジウム等の耐塩素性病原微生物による汚染問題は水道水質管理上の重要課題となっている。

厚生労働省においては、平成8年10月、「水道におけるクリプトスポリジウム暫定対策指針」（以下「暫定対策指針」という。）を策定し、クリプトスポリジウム等による汚染のおそれの検討及び汚染のおそれがある場合における適切なる過処理を指導してきた。また、平成12年に制定された水道施設の技術的基準を定める省令（平成12年厚生省令第15号）において、原水に耐塩素性病原微生物が混入するおそれがある場合にはろ過等の設備を設置すべきことが規定された。

この結果、我が国では原水中におけるクリプトスポリジウムなどの検出事例や浄水中での検出による給水停止事例は毎年報告されているものの、暫定対策指針策定の契機となった埼玉県越生町の集団感染（平成8年6月）以降に大規模な感染事故の発生はない。この事実や各国の状況、さらには今般のWHO飲料水水質ガイドライン案（3訂版）等に照らせば、暫定対策指針の基本姿勢及び水道事業体に求めた措置は正しかったものと判断されるが、万全を期するためには、今回の水質基準の改正を機に一層の対策の充実・強化を行っていくことが肝要である。

実際、暫定対策指針策定から6年が経過したが、クリプトスポリジウム等に関する対策が必要とされる浄水施設数は3,404施設あるが（平成14年4月現在）、このうち、対策済みの施設数は1,916施設に止まっている。水道水の安全に万全を期するためには、これら耐塩素性病原微生物に対する対策を一層推進していく必要がある。

### 1. 基本的考え方

病原微生物を対象とした即時監視は技術的制約から現実的とは考えられない。従って、その対策の原則は、汚染を未然に防ぐことにあり、そのためにあらかじめ水源域における汚染源の特定、原水汚染の機会、程度、その変動等を把握することが重要である。その上で、必要な処理能力を有する設備の導入あるいは改善を図ることで安全が確保されるものである。

このことについては、クリプトスポリジウム等についても例外ではなく、その対策の検討に当たっては、汚染の未然防止を基本とすべきである。ただ、注意すべきこと

は、クリプトスポリジウム等の耐塩素性病原微生物には塩素消毒が無効なことで、これに替わる措置が必要となることである。なお、我が国では塩素耐性を有する病原微生物としてクリプトスポリジウム及びジアルジアに関心が払われているが、これら2種類の原虫類とともに、将来的に起こり得るサイクロスポラ (*Cyclospora*) など新たな病原微生物への対策にも注意しておく必要がある。

## 2. リスクの試算

暫定対策指針においては、検査の実行性の観点から、通常、試料水 10L を用いてクリプトスポリジウムの存在の有無を検査することとしているので、仮に、原水中に1個/10L のクリプトスポリジウム・オーシストが検出された場合におけるリスクをWHO が提唱する参考許容値 (Reference Level of Acceptable Risk、単位は DALYs) の考え方を用いて試算すると、ろ過等の措置を行わない場合には、WHO の参考許容値 ( $1.4 \times 10^{-6}$  DALYs) を大幅に上回る (100 倍)。一方、浄水操作により 2log 除去 (99% 除去) が保証される場合には、リスクは概ね WHO の参考許容値と同程度の水準になる。換言すれば、原水中に1個/10L 程度の汚染であってもオーシストが検出された場合には適切な浄水操作が必要であることを示すものである。(参考 1)

ところで、通常の日感染リスクが十分に低いものとする、年間感染リスクは日感染リスクの和に近似することができる。その結果、感染リスクに係る様々な変動要因がある中で、年間感染リスクは特異的に高い値を示す日感染リスク値に強く影響される。言い換えれば、その特異的に高い値を発生させない措置を講じることで年間感染リスクは低く抑えられることが、原水中のオーシスト調査の結果を基にしたモンテカルロ・シミュレーションにより示されている。(参考 2)

このシミュレーションでは、相当量の浄水に存在するオーシストを常時監視し、その結果を日々の給・配水の可否判断に反映させるという想定となっており、実際上の浄水管理には適応し得ないものである。しかしながら、このシミュレーションにより、年間感染リスクに影響する変動要因が種々ある中で、年間感染リスクは特異日の感染リスクに大きく影響されていること、その特異日を排除する (発生させない) ことが安全につながるという方向性が明確に示されている。

これを実際の浄水場の運営に当てはめれば、「特異日を発生させない」措置とは、暫定対策指針に示されるところの「ろ過施設の整備と浄水工程の管理強化」である。

## 3. 講ずべき対策



基本的考え方からも、また、リスクの試算結果からも、クリプトスポリジウム等の耐塩素性の病原微生物対策としては、汚染のおそれの把握と適切な浄水操作（ろ過処理）が必要であるとの結論に達する。

一方で、暫定対策指針上、対策が必要な施設が3,404施設あるにもかかわらず、対策済みの施設数は1,916施設に止まっていることを考えれば、本専門委員会としては、対策の一層の強化を目指し、水道法第22条に基づく措置として、消毒に加え、塩素耐性微生物に係る措置（原水がクリプトスポリジウム等により汚染され、又は汚染されているおそれがある場合には、適切なる過操作を行うべきこと）を加えることが必要であると考えられるものである。

なお、水質基準とすることについては、仮に米国環境保護庁（USEPA）で用いている微生物許容感染リスクの考え方（ $10^{-4}$ 年以下）を採用したとしても、極めて多量（15トン）の試料水を用いて検出されないことを確認することが求められ、現実的ではない。また、クリプトスポリジウム等の検出方法に未だ問題点が残っていることから、現実の問題とはなり得ないものとする。

#### 4. 留意事項

##### (1) クリプトスポリジウム等による汚染のおそれの判断

クリプトスポリジウム等による汚染のおそれについては、暫定対策指針において、「水道の原水から大腸菌群が検出されたことがある場合」又は「水道の水源となる表流水、伏流水若しくは湧水の取水施設の上流域又は浅井戸の周辺に、人間又は哺乳動物の糞便を処理する施設等の排出源がある場合」に、指標菌（大腸菌及び嫌気性芽胞菌）の検査を行い、これが検出された場合に「汚染のおそれ」があると判断することとされている。しかしながら、排水処理として塩素消毒がなされている場合があることを想定すれば、大腸菌を指標とすることに蓋然性を欠く事態も生じ得る。

クリプトスポリジウム等による汚染は、水源域における人間又は哺乳動物の糞便処理施設などの汚染源、降雨や融雪などに伴った農業用地からの流入汚染、野生動物の活動などを主たる原因とし、また、レクリエーション等のための水源への人の出入りや地層の亀裂など地質学的な特性も汚染につながる要素となる。

このようなことを考えるとき、汚染のおそれの判断基準については、さらに検討を加え、より精緻なものとする必要がある。

## (2) 規制の円滑な実施

耐塩素性微生物対策を水道法第 22 条で義務付けた場合、多くの水道事業者等において新たに施設整備が必要となることが予想される。このため、規制の実施に当たっては、例えば、施設整備に要する期間を準備期間とするなど、その円滑な実施に配慮すべきである。ただし、そのような場合においても、施設整備が完了するまでの間は、安全な飲料水の確保の観点から、原水の監視を強化するなど水質管理の一層の充実が必要なことはいうまでもない。

## (3) 暫定対策指針の廃止

暫定対策指針の根幹は、「原水がクリプトスポリジウム等により汚染され、又は汚染のおそれがあると判断される場合には、適切なる過措置をとる」ということである。従って、これらの措置が法令上規定された段階で、暫定対策指針は 6 年間にわたる役割を終えることとなる。

しかしながら、水道水中の耐塩素性微生物対策は、これらの措置に限られるものではなく、汚染のおそれの判断→適切なる過施設の整備→適切なる過管理といった一連の流れの中で総合的な対応が求められる。このような観点からすれば、暫定対策指針としては廃止されるものの、耐塩素性病原微生物対策やその法令の解説書として、再編・整理され、関係者に提供されることが望まれる。

(参考 1) WHO の提唱する Reference Level of Acceptable Risk (参考許容値)

WHO はクリプトスポリジウムを含む微生物による汚染に対しては、原水の汚染状況の把握と汚染量を許容できる範囲 (Reference Level of Acceptable Risk : 参考許容値) にまで低減できる浄水処理工程の導入により対応するよう提言している。WHO の水質基準にクリプトスポリジウム等に関する項目は含まれない。

疾病ごとの健康影響は多様で、比較に際しては共通の尺度が必要となる。WHO では感染症に限らず全ての疾病における健康影響度を『Disable Adjusted Life Years (DALYs : 障害調整生存年数)』という指標を用いて表現し、それぞれの疾病毎に健康影響度を算出することで比較を行っている。その際用いる疾病毎の健康への影響度は 0 から 1 の間の値をとり、影響が全くないものを 0、死を 1 と規定している。

DALYs 値は疾病によって失われた余命 (Years of Life Lost : YLL) と障害を持って過ごす時間 (Years of Life Lived with a Disability : YLD) の和で、以下の式で表される。

$$\text{DALYs} = \text{YLL} + \text{YLD}$$

クリプトスポリジウム症に関する DALYs 値の計算は、以下の手順で算出されている。

クリプトスポリジウム症の主な症状は下痢 (水様便) で、疾病による負荷量の研究 (Murray, 1996) によると水様便の平均加重は 0.066 とされている。本症では下痢症状が平均 7.2 日 (0.020 年) 続く。米国ミルウォーキーにおけるクリプトスポリジウム集団感染事例より、健常者での死亡は 10 万人当たり 1 名 (40 万人のうち 4 名死亡) と推定される。オランダの 1993~1995 の統計資料によると、下痢症が原因の死亡は 75 歳以上に認められ、その余命は 13.2 年となる。本症の発症者は感染者の 71% とされる。損失生存余命 (YLL) および障害をもって過ごす時間 (YLD) は以下の通りとなる。

$$\text{有症者 1000 人あたり } \text{YLL} = 1 \times 1000 \times 1/10^5 \times 13.2 = 0.13$$

$$\text{感染者 1000 人あたり } \text{YLL} = 0.13 \times 0.71 = 0.0923$$

$$\text{有症者 1000 人あたり } \text{YLD} = 0.066 \times 1000 \times 0.020 = 1.32$$

$$\text{感染者 1000 人あたり } \text{YLD} = 1.32 \times 0.71 = 0.937$$

上記の結果より、健康影響度は以下の通りとなる。

$$\text{感染者 1000 人あたり : } 0.0923 + 0.937 \approx 1.03 \text{ DALYs}$$

1回のクリプトスポリジウム感染による健康影響度は感染者 1000 人あたり、1.03 DALYs と計算される。

我が国における現行の「水道におけるクリプトスポリジウム暫定対策指針」では、原水の汚染濃度把握のために、概ね 10L の試料水よりオーシスト数を測定している。仮に、原水 10L 中に 1 個のオーシストが存在するものとして、無処理あるいは上水処理後の水道水に潜むクリプトスポリジウム症のリスクを試算した (表)。クリプトスポリジウムによる感染確率は後述の Haas らの式 (Equ (1)) より求められ、オーシスト 1 個の摂取による感染率は  $4.0 \times 10^{-8}$  となる。

ところで WHO は水道水中の臭素酸の摂取による腎細胞癌 (Renal cell cancer) の許容発生率を  $10^{-5}$  (1/100,000 人) としている。腎細胞癌は平均 65 歳で発生し、その平均余命は 19 年である。このときの死亡確率を 60% とし、症状の重さは致死であることから 1 とする。損失生存余命 (YLL) は以下の通りとなる。

$$YLL = 1 \times 0.60 \times 19 = 11.4 \text{ DALYs}$$

本症より派生する障害をもって過ごす時間 (YLD) は YLL に比べて十分に小さく、YLD は無視できる。人の寿命を 80 年と仮定した腎細胞癌の年間の DALY は、以下の通りである。

$$10^{-5} \times 11.4 \div 80 = 1.4 \times 10^{-6} \text{ DALYs}$$

すなわち、WHO の発癌物質 (臭素酸) による癌の年間許容発生率は、障害調整生存年数  $1.4 \times 10^{-6}$  DALYs に相当する。

表に示した試算によると、無処理 ( $1.5 \times 10^{-4}$ ) では WHO の参考許容値を大幅に上回る。一方、2log 除去が保障された上水処理 ( $1.5 \times 10^{-6}$ ) であれば、概ね WHO の参考許容値と同程度のリスク水準にあるといえる。

なお、旧建設省土木研究所資料第 3533 号 (1998 年 1 月) によれば全国 67ヶ所の下水処施設におけるオーシストの調査では処理水中のオーシスト数は 0.05~1.6 個/L であったとされている。この数値に、河川における希釈率 (10 倍) を加味すれば概ね 1 個/10L 以下と推測される。また、同調査における河川水でのオーシスト数は 0.05~3.2 個/L で (最大値の 3.2 個/L は越生町におけるクリプトスポリジウム集団感染直後の越辺川の値で、これを除くと最大値は 0.1 個/L)、両者のデータはよく符合する。

表 1 クリプトスポリジウムの年間リスク

原水中のオーシスト濃度	1 個/10L			
上水処理における除去率	3 log	2.5 log	2 log	無処理
水道水中の濃度	$10^{-4}$ 個/L	$3 \times 10^{-4}$ 個/L	$10^{-3}$ 個/L	$10^{-1}$ 個/L
飲用日量	1L/日			
曝露量/日	$10^{-4}$ 個/日	$3 \times 10^{-4}$ 個/日	$10^{-3}$ 個/日	$10^{-1}$ 個/日
1 オーシスト摂取による感染確率	$4 \times 10^{-3}$			
DALYs/case 1 感染あたりの健康影響度	1.03 $\times 10^{-3}$ DALYs (発症率 71%を採用)			
1 日あたりの感染率 (年間)	$4 \times 10^{-7}$ /日 ( $1.5 \times 10^{-4}$ /年)	$1.3 \times 10^{-6}$ /日 ( $4.7 \times 10^{-4}$ /年)	$4 \times 10^{-6}$ /日 ( $1.5 \times 10^{-3}$ /年)	$4 \times 10^{-4}$ /日 ( $1.5 \times 10^{-1}$ /年)
1 人あたりの年間健康影響度	$1.5 \times 10^{-7}$ DALYs	$4.8 \times 10^{-7}$ DALYs	$1.5 \times 10^{-6}$ DALYs	$1.5 \times 10^{-4}$ DALYs

(参考2) 微生物許容感染リスクに基づく評価

Haas らによれば、クリプトスポリジウムの用量-作用 (infection probability/particle) に関する計算式は、次のとおり与えられる。

$$P(N) = 1 - \exp(-N/k) \quad \text{Equ(1)}$$

N: 摂取オーシスト個数

k: パラメータ (= 238.6)

$$P_n = 1 - (1 - P_1)^n \quad \text{Equ (2)}$$

P<sub>n</sub>: 反復暴露による感染確率

n: 反復回数

P<sub>1</sub>: 単回暴露による感染確率

上記式によるとオーシスト 1 個を摂取した時の感染確率は Equ (1) より

$$P(1) = 1 - \exp(-1/238.6) = 0.0042$$

Haas CN et al., Accessing the risk posed by oocysts in drinking water. Journal of American Water Works Association 88(9):131-136,1996.

米国 EPA によれば、微生物許容感染リスク  $10^{-4}$ 年以下を満足することを目標にしている。この目標を満たすための条件を一日の水道水の飲用量を 1L として試算すると (摂取日量の分布の 97.5 パーセンタイルがおよそ 1000ml、矢野一好等、2000 年)、Equ (2) より、

$$P_n = 1 - (1 - P_1)^n \leq 10^{-4} \quad (P_1 \approx 2.7 \times 10^{-7})$$

を満たすことが求められる。Equ (1) から N を求めると、 $N \leq 6.51 \times 10^{-5}$  となり、 $6.51 \times 10^{-5}$  個/L 以下、すなわち 15.4t 当り 1 個 (6.5 個/100t) と計算される (飲用量を 2L/day とすれば 1 個/30t)。

ところで、クリプトスポリジウムの感染リスクを考える場合、高度に汚染された原水の流入や浄水処理における障害など様々な要因で平常時の年間感染リスクを超えるような日感染確率 (特異日の感染確率) が生じることを想定する必要がある。たとえば  $10^{-4}$  を年間感染リスクとした場合、浄水中のクリプトスポリジウム濃度 2.5 個/100L で日感染リスクが  $10^{-4}$  となるが (1 日飲水量 1L、1 個摂取した場合の感染確率 0.4% として計算)、このような測定値は実際に観測され得る汚染である。

ちなみに、年間感染リスクは、感染しない確率を算出してその値を 1 から減じることで得られることから、次式で計算される。

$$YRisk = 1 - \prod_{日}^{年} (1 - Drisk_i) \quad \text{Equ (3)}$$

ここで、 $Yrisk$ : 年間感染リスク、 $Drisk_i$ :  $i$ 日目の日感染リスク、とする。

通常、この値は $10^{-4}$ などの値をとり、1より非常に小さい値となる。従って、 $\prod_{日}^{年} (1 - Drisk_i)$ の値はほぼ1に近似される。ここで、特異日の感染リスクを  $p$  とすると

$$YRisk = 1 - \prod_{日}^{年} (1 - Drisk_i) \times (1 - p) = 1 - \prod_{日}^{年} (1 - Drisk_i) + \prod_{日}^{年} (1 - Drisk_i) \times p \quad \text{Equ (4)}$$

Equ (4) が得られる。ここで、 $p$  が通常の年間リスクよりも十分に大きな値をとるとすると、

$$YRisk = 1 - \prod_{日}^{年} (1 - Drisk_i) \times (1 - p) \approx 1 - \prod_{日}^{年} (1 - Drisk_i) + p \quad \text{Equ (4')}$$

となり、結局のところ通常の年間の「感染確率」に特異日の「感染確率」を加えればよいことがわかる。すなわち、年間感染リスクは特異日の値に大きく影響され、その値が年間リスクのほぼ全てを占めることが示される。

上記のことを念頭に入れて、仮の目標値として米国 EPA の微生物許容感染リスク  $10^{-4}$ /年以下を達成するための特異日感染リスクの排除条件を検討した研究報告がある (Masago et al., 2002)。そこでは、相模川水系におけるクリプトスポリジウムの調査結果 (Hashimoto et al., 1999) をもとにモンテカルロ・シミュレーションを用い、浄水中に、ある限度以上のオーシストが含まれている日には飲用が中止されるものとして年間感染リスクの計算を行っている。詳細は原著に譲るが、シミュレーションでは水系におけるオーシストの分布様式が概ね適合すること、非加熱の水道水の飲水量は Teunis 等 (1997) の報告を採用 ( $0.153\text{L}/\text{日}$ を中央値とした対数正規分布)、その他の変動要因として降雨による原水中のオーシスト量の変化、浄水処理効率等々が組み込まれている。その結果、対策指針に定められた条件、すなわち 20L の検水からオーシストが検出された日には給水が停止される (その日の感染リスクが0である) のものとして、年間感染リスクの 95%値はおよそ 1 log 程度低下することが示された。さらに、オーシスト測定の際の検水量を変化させて検討した結果、検水量をおよそ 80 L 以上にするだけで年間感染リスクの 95%値を許容リスク以下にすることができたとしている。

#### (参考文献)

矢野一好、保坂三継、大瀧雅寛、田中愛、伊予亨、土佐光司、市川久浩 (2000) 日本水環境学会シンポジウム講演集 (摂南大学 9月13-14日)

Y. Masago, H. Katayama, A. Hashimoto, T. Hirata and S. Ohgaki (2002). Assessment of Risk of Infection Due to *Cryptosporidium parvum* in Drinking Water, *Water Science and Technology*. *Water Science & Technology* 46(11-12): 319-324.

Hashimoto A. and Hirata T. (1999). Occurrence of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in Sagami river, Japan. *Proceedings of Asian Waterqual '99: 7<sup>th</sup> IAWQ regional conference*, 2: 956-961.

Teunis P.F.M., Medema G.J., L. Kruidenier and A. H. Havelaar (1997). Assessment of the risk of infection by *Cryptosporidium* or *Giardia* in drinking water from a surface water source. *Water Research*, 31(6):1333-1346.