

# 水源水質監視のための危害分析と水質リスク分類に関する検討

## Hazard Analysis and Water Quality Risk Classification for Water Resource Monitoring

○圓佛伊智朗, 横井浩人, 依田幹雄, 早稲田邦夫  
株式会社日立製作所

○Ichiro EMBUTSU, Hiroto YOKOI, Mikio YODA and Kunio WASEDA  
Hitachi, Ltd.

### Abstract

WHO Guidelines for Drinking Water Quality (3<sup>rd</sup> Edition) recommends an introduction of Water Safety Plans (WSP) that comprise detailed action items of water quality management. The core planning process of the WSP is an analysis of hazards that affect water quality of the water resource in direct or indirect ways. In this paper, a practical method of the hazard analysis is discussed so as to investigate efficient systems for the water resource monitoring that meets requirements of the Amendments of Drinking Water Quality Standards of Japan. Main idea of this study is a classification of water quality items in terms of water quality risk, and the results of the classification are described here.

**Key Words :** hazard analysis, water quality risk, monitoring, HACCP, water safety plans

## 1 緒 言

今般改定された世界保健機関(World Health Organization; WHOと略称)の飲料水水質ガイドライン第3版には、新たに水安全計画(Water Safety Plans; WSP)に関する内容が追加され、水質リスク管理計画を策定することが推奨されている。特に、水道水質に影響する可能性のある危害を事前に分析した上で、合理的な監視体制を検討することが計画プロセスの中心となっている。

他方、国内では2004年度からの改定水道水質基準施行により、200種類を超える水質項目が検査・監視・管理目標設定の対象となっている。こうした多数の水質項目それぞれに対して監視体制を検討することは容易ではなく、望ましい監視体制を見通しよく検討するための手法が必要と考える。そこで、本研究では①水質に関する危害分析と②監視の観点から見た水質項目のグループ化の手順について検討した。本報では特に、これらの手順に基づいて検討した、望ましい水源水質監視の体制について述べる。

## 2 水源監視に係る動向

### 2.1 水道水質基準の国内外の動き

水道水質に関連した大きな動きとして、WHOガイドライン改定版の公開や、1992年以来の大幅な国内基準の改定が2003年に相次いで行なわれた。

#### (1) WHO 飲料水質ガイドライン改定

改定された第3版<sup>1)</sup>では、ガイドライン値の見直し、水系感染症を意識した微生物問題の強調に加えて、WSP策定の重要性が指摘されている。WSPは水の安全性を確保するための計画全般を網羅するもので、Tab.1に例示するような水源に対する危害を広範に考慮することを求めている。これは、水源監視体制を改めて検討する契機となるものである。

Tab.1 WSPに記載の危害と対策(水源)

危害 (hazardous events)	対策 (control measures): 順不同
<ul style="list-style-type: none"> <li>・地域性</li> <li>・急激な水質変化</li> <li>・下水や生活排水</li> <li>・工場排水</li> <li>・取水地域での化学薬品使用</li> <li>・野生生物</li> <li>・周囲の土地利用とその変化</li> <li>・雨水流入</li> <li>・廃棄物による汚染</li> <li>・不適当な水源保護</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・使用される化学薬品の制限</li> <li>・人の活動の制限</li> <li>・排水の制限</li> <li>・土地使用計画</li> <li>・水源の定期検査</li> <li>・雨水流入の分離</li> <li>・水路の保全</li> <li>・水質汚染防止のための計画</li> </ul>
…ほか	…ほか

## (2) 国内水道法改正

耐塩素性病原性微生物や新たな消毒副生成物に関する問題、WHO ガイドライン改定などを受けた改正<sup>2)</sup>が国内でも行なわれた。水質基準項目の見直し(13項目追加、9項目削除;46項目から50項目へ)に加えて、合理化・効率化の観点で水道事業体に水質検査計画の策定を求める内容となっている。検査地点には、水質基準が適用される蛇口だけでなく、必要に応じて水源や浄水場入り口が含まれるため、本計画の策定は、前述のWSPと同様に水源監視体制を見直す契機になるものと位置付けられる。

### 2.2 水源水質監視の検討に関する取り組み

前節で述べた水源監視見直しの動きに先行する取り組みが国内で行なわれてきた。(社)日本水道協会の「突発水質汚染の監視対策に関する研究会」(~2000年)では、水源事故などに由来する化学物質を対象にした計測技術や監視システムの要件を検討し、マニュアル<sup>3)</sup>を作成している。また、(財)水道技術研究センターの「環境影響低減化浄水技術開発研究(通称 e-Water プロジェクト)」第3研究グループでは、水源水質監視についての議論を進めており、将来像についての提言を目指している。本研究が取り扱う危害分析や水質リスク分類といったテーマは、これらの取り組みの延長上にある。

## 3 水源監視のための危害分析

水源監視体制を定義する上で重要な事項は、1)対象とする水質項目、2)監視地点、3)計測・分析頻度、4)監視方法である。これらを設定するためには、対象とする水源において、どのような危害要因が水道水質に影響を与えるかを事前に分析することが有用である。以下に、WSPの考え方を導入した危害分析の手順について述べる。

### 3.1 Water Safety Plans と水道 HACCP

WSPは地域の実情に合わせて水質管理のための目標を定め、目標を達成するための計画を策定するだけでなく、正しく実施されているかどうかをチェックすることを求めている。Fig.1にWSPの構成を示すが、対比で付記したHACCP(Hazard Analysis and Critical Control Point;危害分析・重要管理点による品質管理)の手順と実質的に同じ考え方に依るもので、HACCPコンセプトが強く反映されていることが分かる。

HACCPは製品の品質管理のために医薬品・食品衛生分野で広く適用実績のある手法であるが、水道分野での検討は未だ緒についたところである。<sup>4)</sup>危害分析は、HACCPの第一ステップに相当するもので、ここではHACCPにおける手法を援用して、水質に関する危害分析手順を検討した。

### 3.2 危害分析の手順

HACCPにおける危害とは、「最終製品を需要家が摂取したときに健康被害を生じる可能性のあるもの」と定義されている。本来の定義からすると、水需要家が水道水を摂取したときに健康被害を生じる可能性のあるものが危害となるが、水需要家にとっては利用阻害、すなわち異臭味や着色への対策ニーズも大きいことから、ここでの危害には利用阻害を生じる可能性のあるものも含めて取り扱う。危害分析で生成すべき具体的なアウトプットは、危害の原因物質(水質項目)、発生要因および防止措置から成る危害リストと、リストアップされた危害の評価結果である。

ここで提案する分析手順をFig.2に示す。対象水質項目は、水道水質基準(50項目)を必要最小限として、水質管理目標設定項目(27)、要検討項目(40)および農薬類(101)も対象となる。この他、化学物質排出移動量届出(Pollutant Release and Transfer Register; PRTR)の対象物質(435種;うち108種は水質基

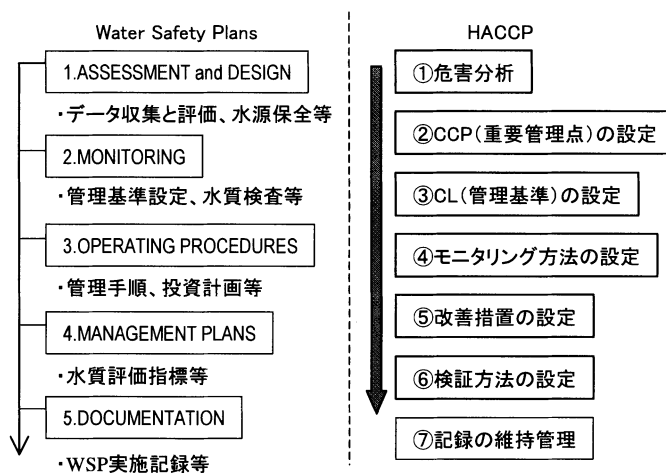


Fig.1 WSPの構成とHACCPの導入手順

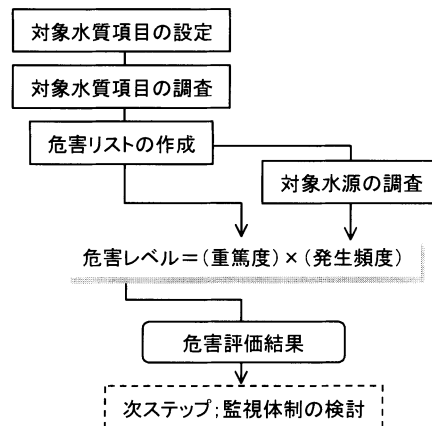


Fig.2 水質に係る危害分析の手順

Tab.2 危害分析結果例(抜粋)

項目ID	項目	CAS	主カテゴリー	サブカテゴリー	重篤度	頻度	時間スケール	危害要因	原因	原因2	影響	主要措置
01	一般細菌		健康障害	急性	多量に危害を与える物質(生物)		短期的	生物的	水源汚染			消毒
02	大腸菌		健康障害	急性	多量に危害を与える物質(生物)		短期的	生物的	水源汚染			消毒
03	フシロウム及びその化合物	7440-43-9	健康障害	慢性/急性	多量に危害を与える物質(生物)		長期的	化学的	水源汚染		腎臓(慢性)・腸胃	濾過・沈殿
04	水銀及びその化合物	7439-97-6	健康障害	慢性/急性	少量が致死		長期的	化学的	水源汚染		免疫性	活性炭
05	セレン及びその化合物	7782-49-2	健康障害	慢性	多量に危害を与える物質(化学)		長期的	化学的	水源汚染		腎臓(慢性)・神経系	イオン交換
06	鉛及びその化合物		健康障害	慢性/急性	少量が致死		長期的	化学的	底層材	水源汚染	免疫	イオン交換
07	ヒ素及びその化合物	7440-99-2	健康障害	慢性/急性	少量が致死		長期的	化学的	水源汚染		免疫性	濾過・沈殿・消毒
08	六価クロム化合物	7440-47-3	健康障害	慢性/急性	少量が致死		長期的	化学的	水源汚染		免疫性(吸入経路とその遺伝毒性)	濾過・沈殿・消毒
09	シアニド化合物(イオン及び塩化シアニド)	143-93-9	健康障害	慢性/急性	多量に危害を与える物質(化学)		長期的	化学的	水源汚染		毒性	塩素酸化
10	無機性窒素及び有機性窒素		健康障害	慢性/急性	多量に危害を与える物質(化学)		長期的	化学的	水源汚染		幼虫の呼吸(低濃度)	生物処理
11	銅、及びその化合物	7782-41-4	健康障害	慢性	多量に危害を与える物質(化学)		長期的	化学的	水源汚染		胆状血腫	ろ過
12	水素臭素及びその化合物	7440-42-8	健康障害	慢性/急性	多量に危害を与える物質(化学)		長期的	化学的	水源汚染		催変形性(呼吸)・腐敗	活性炭

Sample

準等と重複)を対象とすることで、流域からの汚濁負荷排出ポテンシャルを考慮することが可能となる。対象水質項目が引き起こす危害の種類や重篤度については、厚労省の化学物質毒性DBや農水省の登録農薬DB、環境省のPRTR-DB等の情報を活用する。また、発生頻度については、水道事業者の原水水質検査データ、環境行政や河川管理者による水系測定データなどから評価する。

本手順による危害リスト作成結果例の抜粋をTab.2に示す。この結果に基づいて、対象水源に対して監視が必要な水質項目を抽出し、次のステップである監視体制の検討を行なうことができる。

#### 4 水質リスク分類と監視体制の検討

監視対象としての観点で、同じような属性を有する水質項目をグループ化し、各グループに対して求められる監視の要件を整理することで、監視体制の検討はより見通しの良いものとなる。ここでは、水質リスク分類とこれに基づく水質項目のグループ化の手順を提案し、さらに監視体制の検討結果について述べる。

##### 4.1 水質リスクの分類

ここでは、3.2節で説明した危害(=健康被害要因+利用阻害要因)に加えて、浄水処理において考慮されるべき処理障害要因も含めた広義の危害を水質リスクと定義している。水質リスク分類の目的は、監視地点や計測・分析頻度などを検討することであるため、Tab.3に示すように、危害の重篤度、変動の時間的なスケール、危害の要因を属性として用いた分類が有効と考えた。また、監視要否を判断する上では、問題となる水質レベルの発生頻度(検出実績)が重要であり、これも分類の属性に含めることとした。各属性のレベル付けには、WSPによる定義も導入した。

Tab.3 水質リスク分類の属性

属性	定義 ※ Water Safety Plans <sup>1)</sup> による定義
重篤度※	レベル①:影響なし、②:少数に危害、③:多数に危害(一般毒性) ④:少数が致死(発ガン性)、⑤:多数が致死
時間スケール	短期的(天候の変化、事故に由来)、長期的
危害要因	生物的(細菌、原虫等)、化学的、物理的(異物混入、放射線等)
発生頻度※	レベル①:1回/5年、②:1回/年、③:1回/月、④:1回/週、⑤:1回/日

##### 4.2 水質項目のグループ化

水質リスク分類の属性の組合せによって、水道水質基準項目等やPRTR対象物質をグループ化した。発生頻度の属性は対象水系によって大きく異なるため、今回のグループ化には用いず(対象水系を特定すれば用いること可能)、重篤度、時間スケールおよび危害要因の3つの属性を組み合わせた。それぞれの属性の組合せ(5×2×3)で全30グループができることになる。このうち多数の項目が属するのは、Tab.4に示す5グループであった。一例として、グループ13は「生物的の危害要因で短期的に変動し、多数に危害を与えるもの」と定義され、大腸菌やクリプトスポリジウムなどがこれに属する。

同じグループに属する水質項目どうしは、水質リスクの監視という観点で同じ属性を有するため、監視に求められる要件も同じであると考えられる。Tab.5に例示するような整理を行なうことで、望ましい監視体制の具体化に役立てることが可能である。代表的なグループの監視要件を検討済であるが、今後、総てのグループの検討も進めていく予定である。

Tab.4 水質リスクの属性によるグループ化

グループ No.	属性		
	重篤度	時間スケール	危害要因
13	③多数に危害	短期的	生物的
14	③多数に危害	短期的	化学的
17	③多数に危害	長期的	化学的
18	③多数に危害	長期的	物理的
23	③少数が致死	長期的	化学的

Tab.5 水質監視要件の整理例

グループ No.	該当する水質項目	望ましい監視方法				監視/検査地点	
		監視要件	バイオセンサ	理化学センサ	手分析	水源	浄水場入口
13	一般細菌、大腸菌 クリプトスポリジウム等	短期的な変動傾向を把握できる頻度の計測が可能であり、測定対象の量的な計測だけでなく活性(生死)も評価できることが望ましい。また、...	×	現状なし	○ 蛍光発光、 微粒子計、 フローセル等	○	◎ (※回/年) (※回/月)

### 4.3 水源水質の監視体制について

水源水質監視の目的をあらためて整理すると、対象とする水源とその流域内の水質情報を収集・管理し、解析・評価を加えた結果を関連する施設や関係者に公開・配信することにある。水道原水の安全性確保という観点では、A)浄水処理の運転管理に反映できる即時性を有する監視と、B)水源水質保全の基本情報を得るための長期的な監視の双方に対応できる必要がある。どの水質項目、地点、頻度および方法で監視するかは、前節までに提案した危害分析や水質リスク分類に基づいて検討することができる。限られた水道事業リソースの範囲で対応するには、検出実績などに基づいて監視項目の優先度を付けざるを得ないが、今後重要性を増す情報公開や水質トレーサビリティ確保とのトレードオフも考慮する必要がある。

	機能要件	対応する技術
技術面	<ul style="list-style-type: none"> <li>■水源と流域を計測する手段を有すること 指標となる水質情報、水質に影響する流域情報を必要な精度、頻度、エリアで取得できること</li> </ul>	多項目計測、広域計測、急性/慢性有害物質監視、都市活動情報(PRTRほか)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■水道事業に必要な評価・解析手段を有すること 浄水維持管理への実時間反映、施設計画・保全計画等の意思決定材料となる情報を提供できること</li> </ul>	負荷算定、負荷移動算定、水質評価(水源水質予測)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■情報共有と公開に適するプラットフォームであること 統一した形式で各種ソースからの情報を集約して活用すると共に、共有と公開に適していること</li> </ul>	コンピュータマッピング、情報ネットワーク、WWWサーバなど
運用面	<ul style="list-style-type: none"> <li>■導入先で無理のない継続的運用が可能なこと 公共インフラシステムの一部として、運用する組織の体制にマッチし、更新性、経済性、堅牢性に優れていること</li> </ul>	全庁型システム、情報セキュリティ、帳票作成など

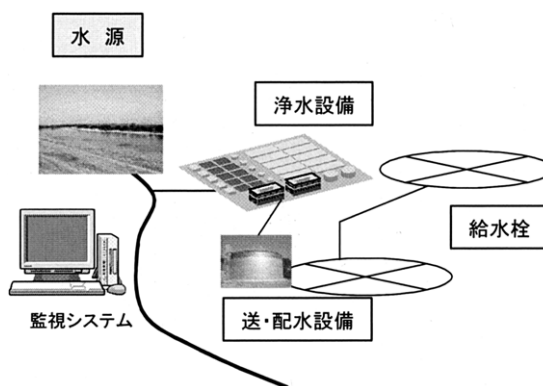


Fig.3 水源水質監視システムの機能要件

監視結果の有効活用という観点では、必要な機能を有する情報管理手段(水源水質監視システム)を監視体制に組み込むべきであると考えます。技術面と運用面から検討したシステム機能の要件を Fig.3 に示している。実現されている技術も多いが、水質計測技術に関しては十分なレパートリーがある状況とは云えず、監視側から性能、スペック要求を明確化していく必要性が残されている。

## 5 結 言

本報では、水源監視に係る国内外の動向を踏まえた上で、水源水質監視の体制を検討するための危害分析と水質リスク分類の手順について述べた。国内の水道水質基準改定によって策定が義務付けられた水質検査計画の作成と合わせて、合理的な水源水質監視体制の検討は、水質基準の遵守と今後求められる水質トレーサビリティの確保にとって欠くことのできない、両輪となる事項であると考えます。今回提案した手順の適用性等については、今後のケーススタディなどを通して更に確認していく。

### [参考文献]

- 1) 世界保健機関、「Guidelines for Drinking-Water Quality :Third Edition」(2003)
- 2) 厚生労働省、「水質基準に関する省令(厚生労働省令第 101 号)」(2003)
- 3) 社団法人日本水道協会、「突発水質汚染の監視対策指針」(2002)
- 4) 横井、圓佛、依田、早稲田、「水道への HACCP 導入に関する検討」、第 55 回全国水道研究発表会講演集(2004)