

水安全計画に基づく水質管理

令和4年4月

神戸市水道局

水安全計画改訂履歴

改訂日	変更内容
平成 21 年 4 月制定	
平成 23 年 4 月改訂	・各図表の更新：図 1.1、図 1.2、図 6.1、図 9、図 10、表 2 ・水質基準項目の変更：表 1.1 (1,1-ジクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレンの削除)(シス-1,2-ジクロロエチレン及びトランス-1,2-ジクロロエチレンの追加) ・水質管理目標設定項目の変更：表 1.2 (トランス-1,2-ジクロロエチレン、1,1,2-トリクロロエタンの削除)、(1,1-ジクロロエチレン、アルミニウム及びその化合物の追加)、(トルエンの目標値 0.2→0.4mg/L 以下)
平成 25 年 4 月改訂	・各図表の更新：図 6.1、図 7、図 9、図 10、表 2 ・水質基準項目の変更：表 1.1 (トリクロロエチレンの水質基準値 0.03→0.01mg/L 以下) ・「新たな危害物質の対応」を追加(放射性物質、ホルムアルデヒド事故への対応)
平成 26 年 4 月改訂	・各図表の更新：図 2.1、図 6.1、図 7、図 9、図 10、表 2 ・水質基準値等の改正概要 ・水質基準項目の変更：表 1.1 (亜硝酸態窒素の水質基準化) ・水質管理目標設定項目の変更：表 1.2 (ニッケル及びその化合物 0.01(暫定)→0.02mg/L 以下、アンチモン及びその化合物 0.015→0.02mg/L 以下)、(亜硝酸態窒素の削除)

平成 27 年 4 月改訂	・各図表の更新：図 9、表 2 ・水質基準項目の変更：表 1.1 (ジクロロ酢酸：0.04→0.03mg/L 以下、トリクロロ酢酸：0.2→0.03mg/L 以下) ・水質管理設定項目の変更：表 1.2 (フタル酸(2-エチルヘキシル)：0.1→0.08mg/L 以下) ・「新たな危害物質の対応」のうち「ホルムアルデヒド事故への対応」を削除し、「浄水処理対応困難物質の設定について」を追加
平成 28 年 4 月改訂	・各図表の更新：図 2.1、図 7、図 9、図 10、表 2
平成 29 年 4 月改訂	・各図表の更新：図 6.1、図 7、表 1.1~1.2 - 第 1 章 4_(6)外部機関を通じた水質検査の精度管理について更新 - 第 1 章 4_(7-2)「浄水処理対応困難物質」の設定について加筆 - 第 2 章 2 お客様からの信頼の確保について修正 - 第 3 章 3.2 危害への対応及び対応手順の見直し (1) 危害対応処置の設定の①危害レベル 5 を修正 - 第 3 章 3.4 妥当性の確認と検証を修正
平成 30 年 4 月改訂	・各図表の更新：図 1.2、図 2.1、図 2.2、図 6.2、表 1.1、表 1.2
平成 31 年 4 月改訂	・各図表の更新：図 1、図 6.1、表 1.1~1.2 ・水質基準項目の変更：表 1.1 (六価クロム：0.05→0.02mg/L 以下) - 第 1 章 2 神戸市の浄水場における水質管理について修正 - 第 1 章 3 送水・配水および給水における水質管理について修正 - 第 1 章 4_(1) 水質検査の概要について修正

	第 1 章 4_(2) 定期的に検査している箇所について修正 第 1 章 7_(7-1) 放射性物質について修正
令和 2 年 4 月改訂	・各図表の更新：図 2.2、図 6.1、表 1.2 第 1 章 3_送水・配水および給水における水質管理 残留塩素計設置箇所の更新 第 1 章 4_(1) 水質検査の概要について修正 PFOS/PFOA を水質管理目標設定項目に追加 第 1 章 4_(2)定期的に検査している箇所 六甲低区配水池の取りやめによる地点数変更 第 1 章 4_(7)新たな危害物質への対応 放射性物質調査地点の廃止・新規追加に伴う地点数の変更 廃止：六甲山ろ過水・神呪接合上ヶ原 新規：生野高原
令和 3 年 4 月改訂	・各図表の更新：図 6.1、表 1.1～1.2（日付のみ） 第 1 章 3_送水・配水および給水における水質管理 追加塩素設備設置箇所の更新 第 1 章 4_(1)水質検査の概要 水質管理目標設定項目の分析項目数に関する説明文の修正 第 1 章 4_(4)水質検査計画 水道法施行規則の改定に伴う根拠法令条項の更新 第 1 章 4_(7-1)放射性物質 測定箇所数について過去を含めた箇所数から現状の箇所数に修正
令和 4 年 4 月改訂	・各図表の更新：図 3（組織改正）図 6.1（箇所数変更に伴う修正） 表 1.1～1.2（日付のみ）、 表 4（危害一覧にトンネル目地材の流出を追加） 表 7（取り組み内容の更新）

	第 1 章 3_送水・配水および給水における水質管理 毎日検査による残留塩素の測定箇所の更新 第 3 章 3_浄水系及び受水系ごとの水安全計画 表 4 の更新に伴う抽出した危害数の更新
--	--

はじめに	1
第 1 章 神戸市水道局の水質管理の概要	2
(1) 神戸市水道局の水源	2
(2) 水源における水質管理	2
(3) 水源水質汚染事故対策	3
2 神戸市の浄水場における水質管理	5
3 送水・配水および給水における水質管理	6
4 水質検査	7
(1) 水質検査の概要	7
(2) 定期的に検査している箇所	10
(3) 水質検査体制	10
(4) 水質検査計画	10
(5) ISO/IEC 17025 による確実な水質検査	11
(6) 外部機関を通じた水質検査の精度管理	11
(7) 新たな危害物質への対応	11
第 2 章 神戸市水安全計画策定の基本方針	13
1 安全性の向上	13
2 お客様からの信頼の確保	13
3 他都市の水質事故を教訓とした事故の未然防止	13
4 技術継承と職員の技術レベルの維持・向上	13
第 3 章 神戸市水安全計画の策定	14
1 水安全計画とは	14
2 神戸市水安全計画	14
3 浄水系および受水系ごとの水安全計画	15
3.1 危害分析	15
3.2 危害への対応及び対応手順の見直し	18
3.3 文書と記録の保管方法の設定	20
3.4 妥当性の確認と検証	20
3.5 水安全計画の確認と改善方法の設定	21
第 4 章 神戸市水安全計画と連携する施策	22

はじめに

わが国では、数々の技術的基準をクリアした設備・薬品を用いて、原水の水質状況に応じて設計された浄水場で水道水を作り、供給している。また浄水場を適切に運転管理し、定期的な水質検査を行うことによって、安全性についても確保している。

現在、この仕組みを遵守しているわが国の水道システムは世界でもトップクラスである。

しかしながら、国民皆水道と言えるまでに普及し、水道施設の大量更新時代を迎えた今、水道布設時には考慮していなかった課題が顕在化している。例えば、流域開発による新たな汚濁物質の流入や、湖沼での富栄養化に伴うアオコやかび臭の発生などの「原水水質の問題」、耐震性能や資材の技術基準強化などの「施設・設備の問題」、水質基準項目数の増加や基準値強化などの「水質管理の問題」、そして次代を担う者へ知識や技能を円滑に継承する「技術継承の問題」などである。

これらは安全な水道システムを維持する上で取り組まなければならない課題であり、本市においてもこれまで着実に対処してきたところである。しかし、安全性を維持し、お客様により一層安心していただくためには、今後も予想される問題に対応し安全な水道システムを維持していくことが必要になる。そのため継続的に点検及び課題の整理・評価を行い、優先順位を明らかにした上で改善策を導入していくことが求められる。また、安全な水道水を絶え間なくお客様にお届けするために、これまでと同様あるいは、それ以上のきめ細やかな水質監視が必要である。

継続的に水道システム全体の安全を確保する方法として、WHOは2004年の飲料水水質ガイドライン第3版において「水安全計画(Water Safety Plan : WSP)」の導入を提唱している。水安全計画は、水源から蛇口までの水道システム全体で、①起こりうる水質事故や障害(危害)を洗い出し、②洗い出した危害の発生頻度や発生時の影響の大きさから重要度を判定し、③危害発生の防止を図るため重要な管理点において、管理基準を定めて監視・管理を行い、④管理点で管理基準を逸脱した場合の是正方法・対応方法をあらかじめ定めて運用する方法である。

わが国では、現在でも水道システムの重要な管理点で水質監視および水質管理を行っており、安全な水道水を供給しているが、水安全計画の導入により水質事故の予防や水質事故時対応といった危機対応力のさらなる向上が期待される。

このような背景のもと、わが国の水道システムの実情に即した水安全計画の導入を図るため、厚生労働省健康局水道課により、平成20年5月に「水安全計画策定ガイドライン」が作成された。

本市においても、WHOが提唱する水安全計画の概念そのままに、さらに高度な管理が行われるよう改良された「水安全計画策定ガイドライン」に基づき、神戸市版水安全計画を策定し、具体的な取り組みを行う。

第1章 神戸市水道局の水質管理の概要

1 水源における水質管理

(1) 神戸市水道局の水源

神戸市の主な水源は、貯水池（千苺貯水池、布引貯水池）で、そのほかに住吉川やトンネル湧水も利用している。また、阪神水道企業団及び兵庫県営水道から浄水を購入している（図1参照）。

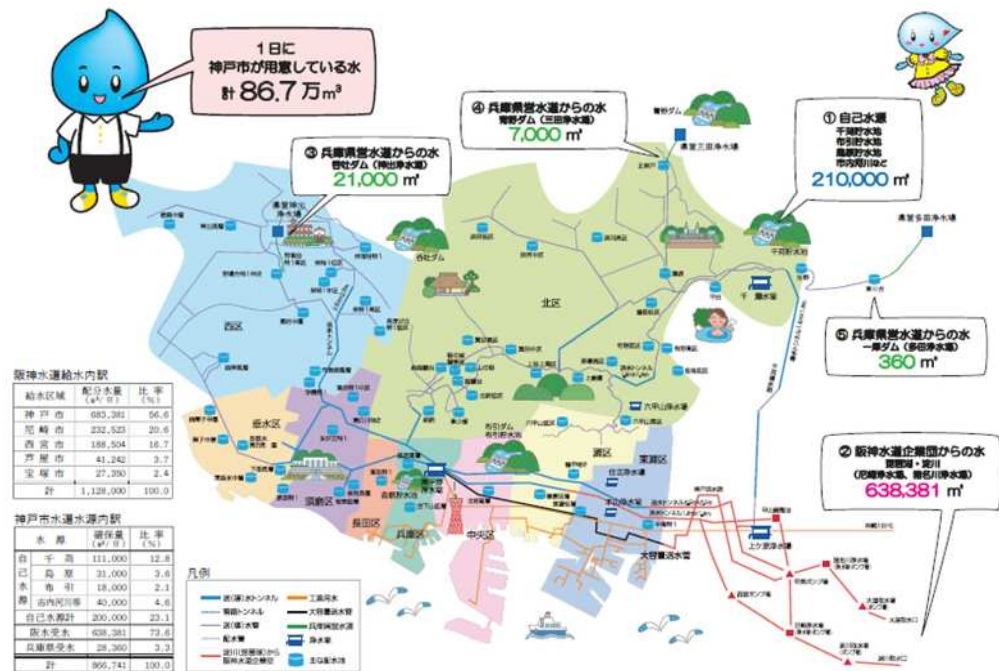


図1 神戸市水道水源系統図

(2) 水源における水質管理

神戸市水道局では、良質な水道水を作るため、水源の水質検査を定期的に行い、浄水処理に役立てている。特に水源として重要な貯水池では、地点別および水深別に複数箇所水質検査を実施している（図2.1参照）。また、定期的に巡回し水源監視を行っている。



特に、千苺貯水池に流入する河川については、貯水池の富栄養化につながる窒素やリンなどの栄養塩濃度の把握や田畑やゴルフ場で使用される農薬の流入を監視するため1年に4回の頻度で貯水池上流域の調査を行っている（図 2.2 参照）。



図 2.2 千苺貯水池上流域における水質検査箇所

(3) 水源水質汚染事故対策

水源における水質汚染事故に対しては、河川を管理する兵庫県を通じて情報連絡網を整備し、緊急連絡及び情報の収集に努めている。万が一、水源で水質異常が発生した場合には、「神戸市水道局危機管理対策マニュアル」に従い、事故内容の早期把握のもと、取水および浄水処理への影響を判断して、事故が浄水処理に影響を及ぼさないよう適切な対応を行う仕組みを整えている。

浄水を購入している阪神水道企業団および兵庫県営水道とは、「水源水質異常事故時等における連絡通報体制表」に従い、緊急連絡を受信するよう水質異常時に備えている。

また、浄水処理に影響を与える事故発生時には、直ちに事故対策本部を立ち上げ、電子会議室を活用して全部署がリアルタイムで事故対応状況を共有し、対応することとしている。

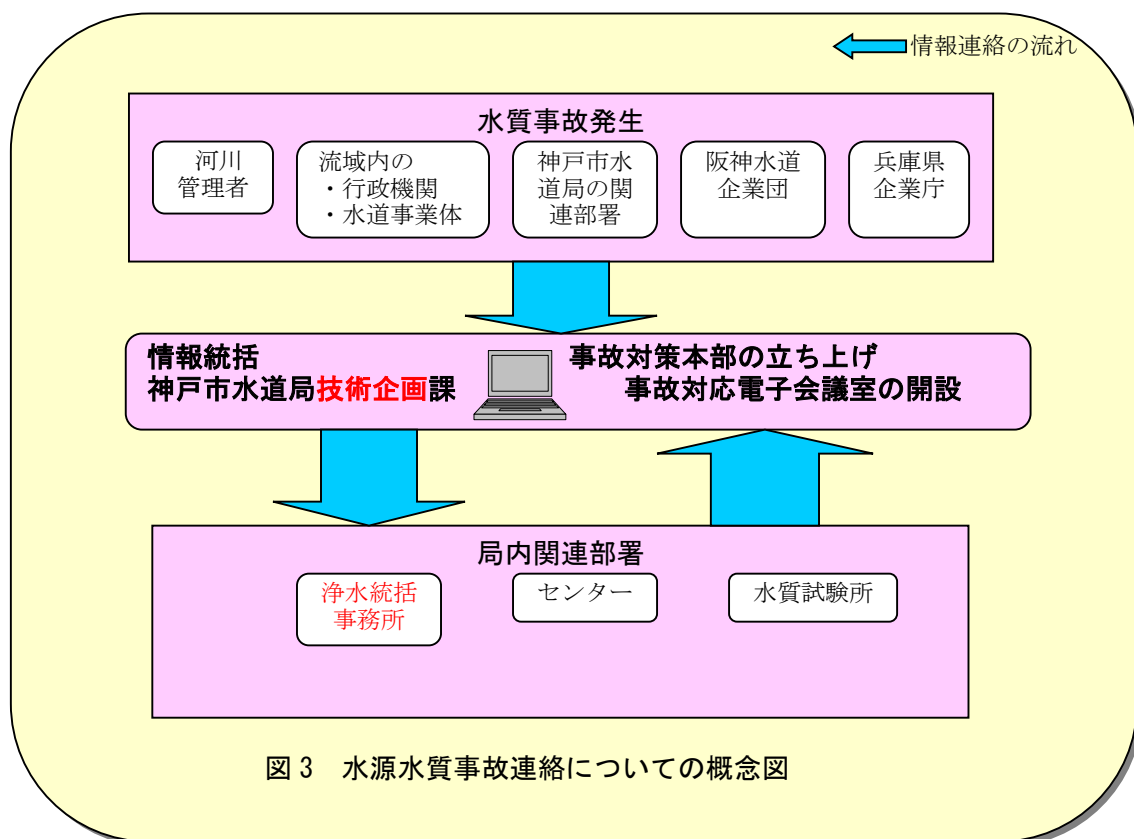


図3 水源水質事故連絡についての概念図

2 神戸市の浄水場における水質管理

浄水場では、浄水処理工程ごとに設置された水質計器による常時監視とあわせ、オペレーターによる水質確認および週1回～2回の水質試験所職員による精密な水質試験によって、最適な浄水処理状況の確認を行っている。また、魚を用いた毒物検知水槽の常時監視システムにより、原水及び浄水の安全確認を行っている。



図4 金魚を用いた毒物検知装置

塩素では容易に死滅しない耐塩素性病原微生物であるクリプトスポリジウムおよびジアルジアについては、浄水処理でろ過水の濁度を0.1度以下にすることにより、耐塩素性病原微生物を除去できるとされている（「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針(厚生労働省)」）。このため、全ての浄水場のろ過水濁度を0.1度以下に維持できるよう濁度の常時監視を行っている。また、原水の耐塩素性病原微生物の検査を1年に2回行い、汚染状況の把握を行っている。更に、「神戸市水道局危機管理対策マニュアル」を策定し、水道水がクリプトスポリジウム等に汚染された可能性がある場合や、浄水からこれら病原微生物が検出された場合には、浄水処理の停止や送水系統の切り替えなどあらかじめ定めた対応方法に基づき直ちに対応することとしている。



図5.1 クリプトスポリジウムの顕微鏡画像



図5.2 ろ過水濁度の常時監視装置

3 送水・配水および給水における水質管理

神戸市は東西に長く高低差も大きいことから、ポンプ場や配水池の数が多く、送・配水管路が長いため、送・配水施設における残留塩素濃度のきめ細かい管理が必要である。このため、配水池や配水管の日常点検及び送配水施設の残留塩素計(42 箇所)、給水栓の毎日検査による残留塩素の測定(14 箇所)及び連続自動水質監視装置(24 箇所)による記録を基に、浄水場出口及び受水点での残留塩素の管理値を定めて常時監視を行い、警報により異常データを感知する仕組みをとっている。また配水池では侵入者による人為的な水質異常が引き起こされないように警報装置を設置する等、侵入防止につとめている。さらに残留塩素濃度が低下する夏期を中心に、必要に応じ追加塩素設備(15 箇所)及び電極式残留塩素回復装置(6 箇所)で残留塩素濃度を調整し、市内のどこでも適正な残留塩素を確保している(図 6.1 および図 6.2 参照)。

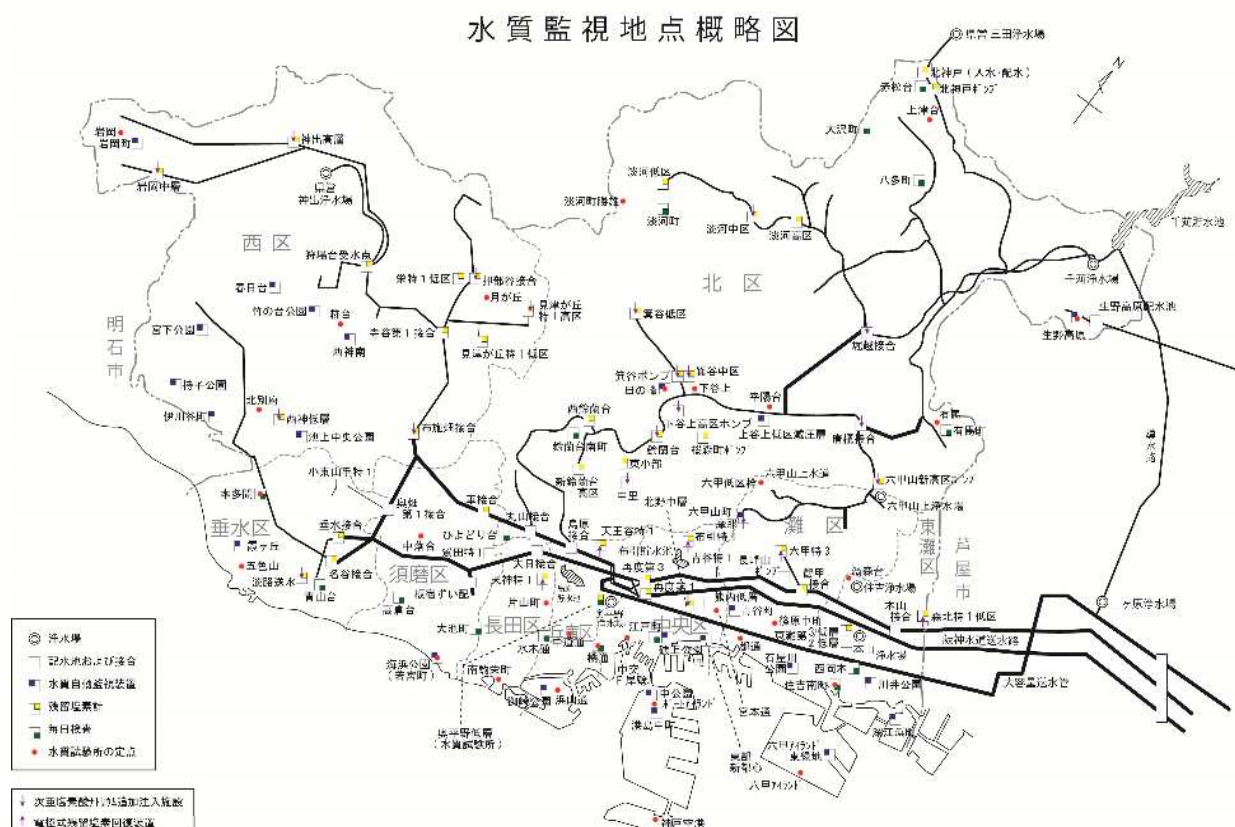
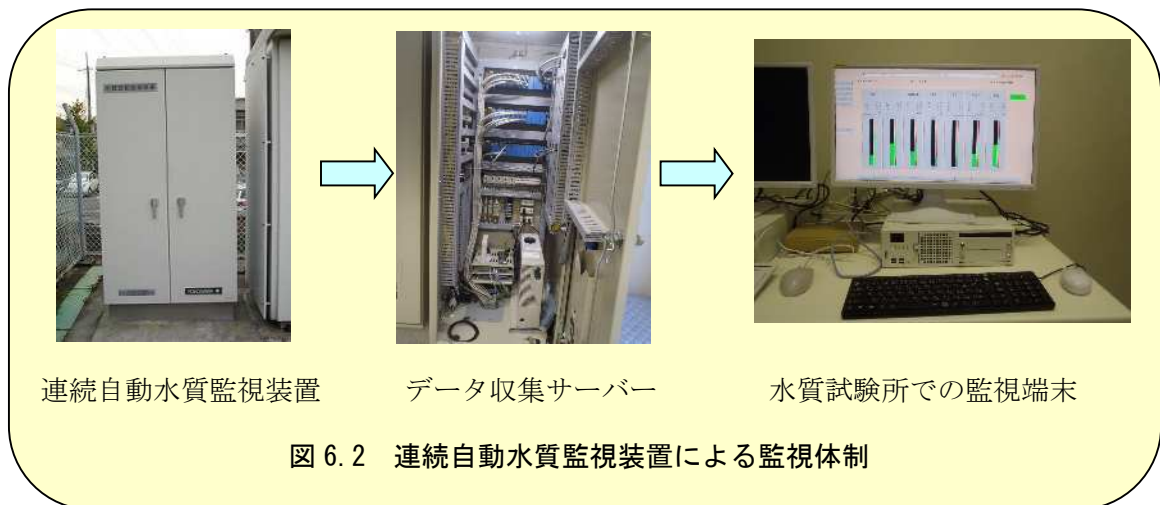


図 6.1 連続自動水質監視装置や追加塩素設備等及び水質試験所における水質検査箇所の概略図



4 水質検査

(1) 水質検査の概要

水道水の水質に関する項目は、水質基準の 51 項目のほか、27 項目のうち 25 項目の水質管理目標設定項目および水道に関係する水質項目など計 200 項目以上を測定している。

① 水質基準項目（表 1.1 参照）

法令で基準値が定められ、検査が義務づけられており、人の健康の保護または生活上の支障を生じる恐れのある 51 項目（令和 2 年 4 月現在）である。

② 水質管理目標設定項目（表 1.2 参照）

現在まで水道水中では水質基準とする必要があるような濃度で検出されていないが、今後、水道水中で検出される可能性があるものなど、水質管理上必要とされる 27 項目である。

表 1.1 水質基準項目一覧（水道法第 4 条第 2 項の規定に基づく厚生労働省令）

水質基準項目			2022/4/1 現在
	項目名	基準値	備考
1	一般細菌	1mLの検水で形成される集落数が100以下であること	病原生物
2	大腸菌	検出されないこと	
3	カドミウム及びその化合物	0.003mg/L以下	無機物質 重金属
4	水銀及びその化合物	0.0005mg/L以下	
5	セレン及びその化合物	0.01mg/L以下	
6	鉛及びその化合物	0.01mg/L以下	
7	ヒ素及びその化合物	0.01mg/L以下	
8	六価クロム化合物	0.02mg/L以下	
9	亜硝酸態窒素	0.04mg/L以下	
10	シアン化物イオン及び塩化シアン	0.01mg/L以下	
11	亜硝酸態窒素及び硝酸態窒素	10mg/L以下	
12	フッ素及びその化合物	0.8mg/L以下	
13	ほう素及びその化合物	1.0mg/L以下	一般有機化学物質
14	四塩化炭素	0.002mg/L以下	
15	1,4-ジオキサン	0.05mg/L以下	
16	シス-1,2-ジクロロエチレン及びトランス-1,2-ジクロロエチレン	0.04mg/L以下	
17	ジクロロメタン	0.02mg/L以下	
18	テトラクロロエチレン	0.01mg/L以下	
19	トリクロロエチレン	0.01mg/L以下	
20	ベンゼン	0.01mg/L以下	消毒副生成物
21	塩素酸	0.6mg/L以下	
22	クロロ酢酸	0.02mg/L以下	
23	クロロホルム	0.06mg/L以下	
24	ジクロロ酢酸	0.03mg/L以下	
25	ジブロモクロロメタン	0.1mg/L以下	
26	臭素酸	0.01mg/L以下	
27	総トリハロメタン	0.1mg/L以下	
28	トリクロロ酢酸	0.03mg/L以下	
29	ブロモジクロロメタン	0.03mg/L以下	
30	ブロモホルム	0.09mg/L以下	
31	ホルムアルデヒド	0.08mg/L以下	色
32	亜鉛及びその化合物	1.0mg/L以下	
33	アルミニウム及びその化合物	0.2mg/L以下	
34	鉄及びその化合物	0.3mg/L以下	
35	銅及びその化合物	1.0mg/L以下	味覚
36	ナトリウム及びその化合物	200mg/L以下	色
37	マンガン及びその化合物	0.05mg/L以下	味覚
38	塩化物イオン	200mg/L以下	
39	カルシウム、マグネシウム等（硬度）	300mg/L以下	味覚
40	蒸発残留物	500mg/L以下	
41	陰イオン界面活性剤	0.2mg/L以下	発泡
42	ジェオスミン	0.0001mg/L以下	におい
43	2-メチルイソボルネオール	0.0001mg/L以下	
44	非イオン界面活性剤	0.02mg/L以下	発泡
45	フェノール類	0.005mg/L以下	におい
46	有機物（全有機炭素（TOC）量）	3mg/L以下	味覚
47	pH値	5.8以上8.6以下	基礎的性状
48	味	異常でないこと	
49	臭気	異常でないこと	
50	色度	5度以下	
51	濁度	2度以下	

表 1.2 水質管理目標設定項目（厚生労働省健康局長通知）

水質管理目標設定項目			2022/4/1現在
	項目名	目標値	備考
1	アンチモン及びその化合物	0.02mg/L以下	無機物質 重金属
2	ウラン及びその化合物	0.002mg/L以下	
3	ニッケル及びその化合物	0.02mg/L以下	
5	1,2-ジクロロエタン	0.004mg/L以下	一般有機 化学物質
8	トルエン	0.4mg/L以下	
9	フタル酸ジ (2-エチルヘキシル)	0.08mg/L以下	
10	亜塩素酸	0.6mg/L以下	消毒 副生成物
12	二酸化塩素	0.6mg/L以下	
13	ジクロロアセトニトリル	0.01mg/L以下	
14	抱水クロラール	0.02mg/L以下	
15	農薬類	検出値と目標値の比の和として1以下	農薬類
16	残留塩素	1mg/L以下	消毒剤
17	硬度（カルシウム、マグネシウム等）	10mg/L以上100mg/L以下	味覚
18	マンガン及びその化合物	0.01mg/L以下	色
19	遊離炭酸	20mg/L以下	味覚
20	1,1,1-トリクロロエタン	0.3mg/L以下	一般有機 化学物質
21	メチル-tert-ブチルエーテル	0.02mg/L以下	
22	有機物等（過マンガン酸カリウム消費量）	3mg/L以下	味覚
23	臭気強度（TON）	3以下	臭気
24	蒸発残留物	30mg/L以上200mg/L以下	味覚
25	濁度	1度以下	基礎的 性状
26	pH値	7.5程度	
27	腐食性（ランゲリア指数）	-1程度以上とし極力0に近づける	腐食性
28	従属栄養細菌	2000個/mL以下	微生物
29	1,1-ジクロロエチレン	0.1mg/L以下	一般有機化学物質
30	アルミニウム	0.1mg/L以下	色
31	ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）及びペルフルオロオクタン酸（PFOA）	ペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）及びペルフルオロオクタン酸（PFOA）の量の和として0.00005mg/L以下（暫定）	一般有機 化学物質

(2) 定期的に検査している箇所

神戸市水道局では、市内給水栓水(30 地点)、各浄水場工程水及びその水源の水を水質試験所において水質検査を行い、安全な水道水であることを確認している(図 6.1 参照)。

(3) 水質検査体制

神戸市水道局では、水質分析技術の高度化および水質基準項目の増加にあわせ、水質試験所における検査能力を強化させるべく、分析技術の向上、分析機器の充実を図ってきた。また、水質試験所では、水道法に基づく検査だけでなく水源から蛇口に至るまでの各工程における詳細な水質検査、水質事故への対応及び水質管理に関わる各種調査研究を実施している(図 7 参照)。



ICP 質量分析計
おもに金属類の測定に用いる



液体クロマトグラフ質量分析計
おもに農薬類の測定に用いる

図 7 水質試験所で用いられている高度な分析機器

(4) 水質検査計画

水質検査の適正化や透明性の確保の観点から、水道事業体に水質検査計画の策定・公表及び検査結果の公表が義務付けられている(水道法施行規則第 17 条の 5)。神戸市水道局では、毎年度、水質検査を実施する項目、箇所及び頻度を定めた水質検査計画を策定し、ホームページ上で公表し、これに基づいて水質検査を実施している。

(5) ISO/IEC 17025 による確実な水質検査

水質試験所では、国際水準の検査技術を持つことを証明する国際規格 ISO/IEC 17025 の認定(平成 21 年 2 月)を受け、さらに平成 28 年 3 月には認定範囲を拡大し、高度な水質検査が行われていることが外部機関により証明されている(図 8 参照)。

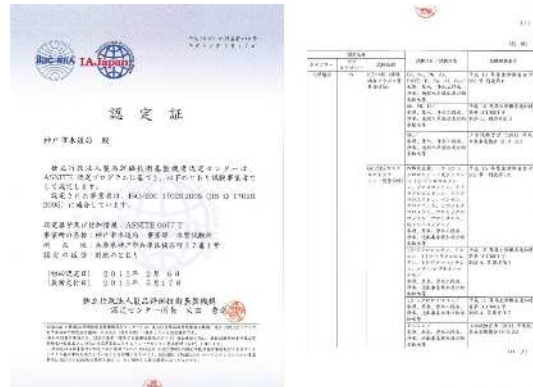


図 8 ISO/IEC 17025 認定証

(6) 外部機関を通じた水質検査の精度管理

複数の検査機関が、同一試料を一齐に検査して検査精度の確認を行う外部精度管理は、検査精度の確認のために重要である。水質試験所では、厚生労働省や兵庫県が主催する精度管理に積極的に参加し、外部機関を通じた水質検査精度の確認に努めている。

(7) 新たな危害物質への対応

(7-1) 放射性物質

平成 23 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震により、東京電力の福島第一原子力発電所から東北・関東地方に放射性物質が飛散し、水源が汚染される事態が生じた。これを受け、本市でも平成 24 年 4 月 1 日より浄水場など市内 9 か所で、放射性セシウム(134、137)を毎月測定しており、その結果を神戸市水道局のホームページ上で公表している。



図 9 放射線測定装置

(7-2)「浄水処理対応困難物質」の設定について

平成 27 年 3 月 6 日付健水発 0306 第 2 号厚生労働省健康局水道課長通知により「浄水処理対応困難物質」が設定された。

本通知は、平成 24 年 5 月に利根川水系で発生したホルムアルデヒドによる水質事故の再発防止の観点から、原因物質の抽出、生成メカニズム、低減方策の検討等を行い、通常の浄水処理により水質基準項目等を高い比率で生成する物質を「浄水処理対応困難物質」と位置付けたことを通知したものである。

本市では、浄水処理対応困難物質のリスクの把握及び評価を実施すると共に、万一、水源において水質事故が発生した場合でも、速やかに連絡が入るように体制を構築する等、早急に対応できるようにしている。

第2章 神戸市水安全計画策定の基本方針

1 安全性の向上

自己水源では、これまで水質汚濁物質の流入などの目立った水質事故の発生はないが、近年の豪雨や車両事故に伴う汚染物質の流入など予期せぬ水質事故が発生する恐れもある。

また、未規制物質（有機フッ素化合物、N-ニトロソジメチルアミン等）などの水質汚染物質や病原性微生物（クリプトスポリジウム等）による水質問題は、今後も、最新の科学的知見の集積や社会状況の変化に応じて対応していく必要がある。さらに発生確率は低いと考えられるが、発生すると被害が深刻かつ広範囲となる原子力災害への対応も進めていく必要がある。

本市では、これまでも水源水質の監視に努め、適切な浄水処理を行うことにより良好な水道水を供給してきたが、更に平成27年度に策定した神戸水道ビジョン2025では、今後の水質管理方針として「上質な水の供給」と「水質管理を徹底した安全な水の供給」を目指している。このため、水源から蛇口までこれまで以上に水質管理を充実させ、水質事故や新たな水質問題に対して万全な対策を進めていく。

2 お客様からの信頼の確保

神戸市では、水質管理により安全な水の供給に努めて来た。しかし、ひとたび水質事故が発生するとこれまでの長年の努力は無に帰し、お客様の信頼を一瞬にして失ってしまう。このため、さらに万全の水質管理を実施し、お客様の信頼を確保し続けていく。

3 他都市の水質事故を教訓とした事故の未然防止

これまで、経験してきた事故に対しては、事故を教訓として再発防止に努めてきた。また、他都市での水質事故の発生時には随時、厚生労働省の通知等により、類似事故が起きないように再確認を行ってきた。これらの取り組みに加えて、水安全計画で整理された情報に基づき未然防止策やチェックシステムを一層強固なものにしていくことにより、水道システム全体で水質事故の予防を確実にしていく。

4 技術継承と職員の技術レベルの維持・向上

団塊世代の退職に合わせ、職員の知識・技能・ノウハウの継承に努めてきた。団塊世代はほぼ退職したが、その経験知は各種のマニュアル類や事例集として現場で活用されている。今後は、これらマニュアル類に最新の情報を盛り込み、水安全計画の体系的な研修や教育に用いることにより、職員一人一人の資質向上を図っていく。

第3章 神戸市水安全計画の策定

1 水安全計画とは

わが国の水道は、基本的には原水の水質状況に応じて整備された浄水施設の運転管理と定期的な水質管理によって清浄な水の供給が確保されている。しかし、水道水の水質基準項目数に比べて常時監視可能なものは少なく、水道システム全体での管理にも時間的な制約がある。このため、水質検査以外の措置を講じることにより水の安全性を確保することが求められている。安全性に関しては、食品業界ではHACCP(Hazard Analysis and Critical Control Point)手法による管理が導入されている。この手法は、原料入荷から製品出荷までのあらゆる工程において、「危害：何が危険の原因となるのか」を明確にするとともに、危害の原因を排除するための重要管理点(工程)を重点的かつ継続的に監視することで衛生管理を行うものである。

水道分野においても水源から給水栓に至るまでの全ての段階において、包括的な危害評価と危害管理を行うことが、安全な飲料水を常時供給するために有効であることから、2004年のWHO飲料水水質ガイドライン第3版において、HACCP手法の水道への導入が提唱された。この水道システム管理を「水安全計画(Water Safety Plan：WSP)」と称している。

このような背景のもとに水安全計画策定については、平成20年5月に「水安全計画策定ガイドライン(厚生労働省健康局水道課)」が作成され、本市においても具体的な取り組みを進めるため計画策定を行った。

2 神戸市水安全計画

(1) 神戸市水安全計画の構成

水源により危害が異なることから、水源から給水栓まで浄水場系（千苅浄水場、上ヶ原浄水場、奥平野浄水場、本山浄水場）ごとに策定するとともに、本市へ送水している水道事業者（阪神水道企業団(猪名川浄水場、尼崎浄水場)、(兵庫県企業庁(三田浄水場、神出浄水場))の水安全計画と連携するため阪神水道企業団受水系および兵庫県企業庁受水系を策定した。

3 浄水系および受水系ごとの水安全計画

浄水系ごとの水安全計画では、各浄水場の水源から給水栓までを、受水系ごとの水安全計画では、受水点から給水末端までを対象として、全ての水質項目について危害の抽出を行い管理することとした。また、受水系水安全計画では用水供給事業者が策定する水源から供給点（本市では受水点）までの水安全計画と一緒に綴ることにより連携できる形とした。

3.1 危害分析

（１）水源から蛇口までの水質検査結果の整理

水安全計画の策定にあたって、神戸市水道局の稼働中の浄水場について、これまで蓄積してきた水源から蛇口までの水質検査結果および水質事故に関連する資料を整理して、危害分析のための資料とした（表２参照）。

表２ 水質試験結果の整理に用いた資料一覧

- | | |
|---------------|-------------------------|
| ①定期水質試験成績 | ⑦水質事故関連報告書 |
| ②精密試験成績 | ⑧過去の気象データ |
| ③貯水池試験成績 | ⑨過去の溪流量データ |
| ④上流試験成績 | ⑩薬品試験結果 |
| ⑤浄水場運転管理日報 | ⑪PRTR 情報(化学物質排出移動量届出制度) |
| ⑥連続自動水質監視装置成績 | ⑫その他水質に関連する情報 |

（２）水道システムに関する情報収集

次に、水道システム全体について水道水質に影響を及ぼす可能性のある要因を調査した（表３参照）。

表３ 情報収集データ

- ① 水源地域に立地している施設・農地・山林から流入する可能性のある物質
- ② 浄水処理工程での不具合
- ③ 人為ミスに起因する水質事故
- ④ 電気・機械設備に起因する不具合
- ⑤ 薬品自体の品質、保管に伴う劣化
- ⑥ 送水・配水経路での水質変化

(3) 危害の抽出

以上の作業で収集・整理した情報を基に、各浄水場において発生する可能性のある危害を抽出した。危害については、水源から蛇口に至るまでのあらゆる過程において、過去に発生した危害だけでなく、水道水質に影響を及ぼす可能性のある全ての危害を対象として、危害を抽出した。本市全体で抽出された危害は、合計 **113 種類**であった。

次に水安全計画において対象とする水質項目を設定した。対象とする水質項目には、国が定める水質基準項目、水質管理目標設定項目及び要検討項目に病原微生物や車両事故時に流出する油等を加え設定した。

(4) 抽出した危害の評価

抽出した **113 種類**の危害について、危害が発生した場合に影響を受ける水質項目を整理し、その発生頻度について評価した(表 4 参照)。また、危害発生時の影響程度は、発生箇所が水源から浄水場と浄水場以降で異なることから、それぞれの評価表(表 5 参照)を用いて評価した。そして、危害の発生頻度と影響程度に基づいて、危害の重大さを示す危害レベルを 1 から 5 までの 5 段階で評価し、数値が大きいほどリスクのレベルが高いものとして設定した。

表 4 神戸市で抽出された危害一覧

大分類	危害分類	危害原因事象	関連する水質項目等	発生頻度
水源	自然	豪雨	一般細菌、大腸菌 色度、濁度、アルカリ度 クリプトスポリジウム、ジアルジア 生物(全窒素、全りん)の増加による)	I I I I
		降雨	一般細菌、大腸菌 生物(全窒素、全りん)の増加による)	I II
		渇水	マンガン、色度、濁度、DO	I
		アオコの増殖	濁度、生物	III
		ピコプランクトンの増殖	濁度、生物	III
		藍藻類の増殖、上流域からの流入	2-MIB、ジェオスミン	IV
		成層化による無酸素層の形成、底層水循環装置の故障、貯水池上流域底層部の悪化した水塊の流下	マンガン、臭気、アンモニア態窒素	II
		低水温水の多量流入	マンガン、アンモニア態窒素	I
	水源	浄化槽(合併・単独)の処理不良、漏水、破損	一般細菌、大腸菌 クリプトスポリジウム、ジアルジア 生物(全窒素、全りん)の増加による)	I I I
		畜産施設からの排出	一般細菌、大腸菌 クリプトスポリジウム、ジアルジア	I I
		人為的な糞尿の不法投棄	一般細菌、大腸菌 クリプトスポリジウム、ジアルジア	I I
		水源流域における感染症の発生	一般細菌、大腸菌 クリプトスポリジウム、ジアルジア	I I
		肥料の流出	生物(全窒素、全りん)の増加による)	I
		養鶏場で使用した消毒剤の流出	消毒剤	I
		農薬散布、農薬類の不法投棄	農薬類	I
		車両事故等による燃料の漏洩	臭気、ガソリン、軽油等、MTBE	II
		護岸工事に伴う水質悪化	濁度、色度	I
		テロ、人為的な不法投棄	シアン、その他毒性物質	I
	人為	原子力災害による放射性物質汚染	放射性ヨウ素、放射性セシウム、濁度	I
		浄水処理対応困難物質の流出	ホルムアルデヒド、トリハロメタン	I
		土砂崩れによる導水管の破損	水量	I
取水・導水	導水	マンガン、濁質、鉄によるレオボルドブロックの詰まり、砂利層の固化	臭気、トリハロメタン	II
		活性炭の劣化による吸着能力の低下	2-MIB、ジェオスミン 臭気、トリハロメタン 2-MIB、ジェオスミン	II III III
	活性炭吸着槽	活性炭の劣化による吸着能力の低下	2-MIB、ジェオスミン 臭気、トリハロメタン 2-MIB、ジェオスミン	II III III
	着水井	注入ポンプ故障、注入管異常、計器指示値異常による次亜塩素酸ナトリウムの過剰注入(前塩素処理時)	残留塩素	I
		注入ポンプ故障、注入管異常、計器指示値異常等による次亜塩素酸ナトリウムの注入不足(前塩素処理時)	残留塩素、マンガン、アンモニア態窒素	I
		注入ポンプ故障、注入管異常、計器指示値異常等によるアルカリ剤の過剰注入(前アルカリ処理時)	pH、アルカリ度	I
		注入ポンプ故障、注入管異常、計器指示値異常等によるアルカリ剤の注入不足(前アルカリ処理時)	pH、アルカリ度	I
	急速攪拌池	設定ミス、注入ポンプ・注入管異常等によるPACの過剰注入	濁度	I
		設定ミス、注入ポンプ・注入管異常等によるPACの注入不足	濁度	I
		攪拌機設定異常による攪拌不足	濁度	I
		攪拌機モーター停止	濁度	I
		耐用年数による攪拌翼破損	濁度	I
		異常返送水	濁度、生物	I
	フロック形成池	攪拌機設定異常による攪拌不足	濁度	I
		攪拌機設定異常による過剰攪拌	濁度	I
		攪拌機モーター停止	濁度	I
		耐用年数による攪拌翼破損	濁度	I
		原水異常、薬剤注入の過不足、攪拌異常等による脆弱なフロック	濁度、アルカリ度、pH	I
		次亜塩素酸ナトリウムの注入不足(ピコプランクトン前塩処理時)	濁度、生物、残留塩素	I
	浄水場	凝集剤の注入不足によるフロック沈降不良	濁度	I
		藻の発生、沈降性悪化、エアブロー不足による傾斜板堆積フロック大	濁度	I
		排泥不足による沈殿汚泥大	濁度	I
		耐用年数超過、地震等による傾斜板の破損、または脱落	濁度	I
		凝集剤の注入不足、水温密度流によるキャリーオーバー	濁度	I
		腐敗・沈殿池での発泡等によるスカムの浮上	濁度	I
		沈殿池処理水と流入水との温度差、濁度差、流入時の慣性力等による短絡流	濁度	I
		凝集剤注入過不足、原水高濁、適正pHずれ	濁度	I
	中間塩素注入点	注入ポンプ故障、注入管異常、計器指示値異常等による次亜塩素酸ナトリウムの過剰注入	残留塩素	I
		注入ポンプ故障、注入管異常、計器指示値異常等による次亜塩素酸ナトリウムの注入不足	残留塩素	I
	ろ過池	洗浄異常(水量不足、設定異常)、生物による損失水頭の限界値超過	濁度	I
		設定異常による洗浄不足	濁度	I
		原水高濁度、沈殿処理水高濁度、ろ過水でのピコプランクトン等生物漏出	濁度、生物	I
		原水汚濁、次亜塩素酸ナトリウム注入不足によるろ過水残留塩素不足	マンガン、残留塩素	I
		次亜塩素酸ナトリウム注入不足	残留塩素	I
		原水高濁度、沈殿処理水濁度高、ろ過水濁度高	濁度	I
		浄水処理能力を超えて耐塩素性病原微生物が漏洩	クリプトスポリジウム、ジアルジア	I
	後塩素注入点	注入ポンプ故障、注入管異常、計器指示値異常等による次亜塩素酸ナトリウムの過剰注入	残留塩素	I
		注入ポンプ故障、注入管異常、計器指示値異常等による次亜塩素酸ナトリウムの注入不足	残留塩素	I
		注入ポンプ故障、注入管異常、計器指示値異常等によるアルカリ剤の過剰注入	pH、アルカリ度	I
		注入ポンプ故障、注入管異常、計器指示値異常等によるアルカリ剤の注入不足	pH、アルカリ度	I
	浄水池	水位低下による底層沈殿物のまきあげ	濁度	I
		浄水池流入管での次亜塩素酸ナトリウム注入不足	残留塩素、一般細菌、大腸菌	I
		外部からの浸入	外観、異物	I
		長期使用による劣化	外観、異物	III
		適正pH逸脱	アルミニウム、pH	I
		活性炭吸着層の除去不足、活性炭吸着槽流量調整不良によるオーバーフロー	2-MIB、ジェオスミン	IV
	浄水場	工事	漏水	I
		維持管理作業(洗浄作業等)	有機溶剤関係 油 臭気	I I I
		テロ	シアン、その他毒性物質	I
		塗料などの乾燥不良	資機材からの溶出物質、味、臭気	I

浄水薬品関連設備	浄水薬品関連	薬品受け入れミス(薬品間違い、仕様外)	残留塩素、pH、濁度、アルカリ度、薬品試験項目	I
		耐用年数、機器異常による注入機の故障	残留塩素、pH、濁度、アルカリ度	I
		管の目詰まり(エアロック、スケール)	残留塩素、pH、濁度、アルカリ度	I
		耐用年数超過、地震による注入管破損	残留塩素、pH、濁度、アルカリ度	I
		異常低温による注入配管凍結	残留塩素、pH、濁度、アルカリ度	I
		工事、搬入、破損	濁度、pH、監視等	I
		貯留日数長期による有効塩素低下	残留塩素	I
		長期貯留、温度、光による次亜塩素酸ナトリウム中の塩素酸の増加	塩素酸	I
		長期貯留及び有効塩素低下による注入量増加	臭素酸	I
		長期保存によるPAC劣化	濁度、色度	I
送水管	送水管	流速の変化、水の滞留、錆こぶ、管の破損	鉄、マンガン、濁度	I
		トンネル目地材の流出	異物	III
配水池	配水池	内面塗装	揮発性有機化合物質	I
		塗料片の剥離	異物	II
		開口部からの小動物の侵入	異物	I
		テロ	シアン、その他毒性物質	I
		滞留時間長、有機物高濃度、高水温	トリハロメタンなど消毒副生成物	III
		残留塩素不足、錆こぶ	残留塩素、一般細菌、大腸菌	I
		水位低下による底層沈殿物のまきあげ	濁度	I
配水管	配水管	流速の変化、水の滞留、錆こぶ、管の破損	鉄、マンガン、濁度	I
		残留塩素不足、錆こぶ	残留塩素、一般細菌、大腸菌、従属栄養細菌	I
給水	給水	工事、施工不良	異物	I
		管内塗装、付着物質の剥離	異物	I
		接着剤、新管洗浄不足	揮発性有機化合物質	I
		浄水場でのカビ異除去不足	2-MIB、ジェオスミン	II
		クロスコネクション	残留塩素、一般細菌、大腸菌、色度、濁度、従属栄養細菌	I
		使用量不足、滞留時間長、高水温、有機物高濃度	残留塩素、一般細菌、大腸菌、色度、濁度、従属栄養細菌	III
		鉛管	鉛	I
		流速の変化、水の滞留、錆こぶ、管の破損	鉄、マンガン、濁度	I
		残留塩素不足、錆こぶ	残留塩素、一般細菌、大腸菌、従属栄養細菌	I
計装設備	計装設備	監視機器の計測不可	機器測定項目	IV
		監視機器故障		
		監視機器指示値異常		

表 5 危害レベル評価表

影響程度の分類		危害事象の影響程度					
		水源～浄水場	通常の浄水処理で問題なし	浄水処理の強化により対応可能	浄水処理能力を超え、利用上の支障がある。	浄水処理能力を超え、健康上の影響が現れる恐れがある。	浄水処理能力を超え、致命的な影響が現れる恐れがある。
		浄水場以降	利用上の支障はない	水質基準値以内であるが、利用上の支障を感じる。	水質基準における「水道水が有すべき性状に関連する項目」が基準値を超過	水質基準における「健康に関連する項目」が基準値を超過	致命的な影響が現れるおそれがある。
			①	②	③	④	⑤
危害事象の発生頻度	3年以上に1回	I	1	1	1	2	5
	1～3年に1回	II	1	1	2	3	5
	1年に1回	III	1	2	3	4	5
	数ヶ月に1回	IV	1	3	4	5	5
	毎月	V	1	4	4	5	5

3.2 危害への対応及び対応手順の見直し

(1) 危害対応処置の設定

危害レベル5および4については、予防処置、現在の対応方法、対策マニュアル、関連する施策などについて、危害ごとにそれぞれ再確認した。

①危害レベル5

危害レベル 5 と判定された危害は、毒物の混入及びろ過池における耐塩素性病原微生物（クリプトスポリジウム及びジアルジア）の漏洩であった。この二つの危害は、これまで神戸市において水道水における発生事例がないことはもちろん

のこと、水源においても問題はないため、危害の発生頻度は低かった。しかし、健康への影響が甚大であることから、高い危害レベルとなった。

これらの危害については、それぞれの危害の発生を予防するための対応策（徹底した濁度管理、魚類監視装置、配水池の警報装置等）や危害発生時の対応マニュアル（神戸市水道局危機管理対策マニュアル）を整備しているため、対応策が適切であるか検証を行った。また、これらの危害は突発的であることから、水質事故対策が重要となる。このため、水質事故訓練を継続的に実施していくこととした。

②危害レベル4

危害レベル4と判定された危害は、千苅貯水池におけるかび臭の発生であった。千苅貯水池におけるかび臭は、貯水池の富栄養化に伴いかび臭を産生する藍藻類が増殖することによって発生する。かび臭発生時、浄水場では粒状活性炭槽を用いてかび臭を除去しているが、除去能力には限界があり、今後貯水池でのかび臭濃度の上昇に対応できない可能性がある。このため、貯水池の富栄養化を防止するための施策を継続して行う一方、かび臭発生時における浄水処理能力の強化を図っていくこととした。

③危害レベル3以下

危害レベル3以下と判定された項目は、水道システムが内包している宿命的な課題として位置づけ、危害および水質項目ごとに管理処置、監視方法、予防処置を記した危害対応処置一覧表を作成し、予防処置や水質管理体制、危機管理対策が十分なものの、文書化された対応手順が適切かどうか確認した。

(2) 是正処置の設定

是正処置とは、浄水処理工程あるいは送水から給配水過程で監視している水質データが、正常な範囲を超えた場合に、正常値に戻すための処置である。これまでもマニュアル化され、業務の基本的操作として行われていることであるが、水安全計画策定にあたり、浄水場ごとに以下の様式に整理してまとめた（表 6 参照）。

表 6 是正処置一覧表（一部抽出例：ろ過水での残留塩素の異常）

監視項目	監視地点	監視方法	管理基準	対応方法
残留塩素	ろ過池	ろ過水残留塩素計（連続）	0.5mg/L	① 中間塩素注入点の次亜塩素酸ナトリウム注入率の設定値確認 ・ 注入率設定値の修正 ② 残留塩素計の点検 ・ 残留塩素計の調整 ③ 次亜塩素酸ナトリウム注入機、注入管の点検 ・ 予備機への切り替え、または修理 ・ 注入管の修復 ④ 有効塩素濃度の確認 ・ 保管方法の適正化 ・ 適正有効塩素濃度の次亜塩素酸ナトリウムに変更

3.3 文書と記録の保管方法の設定

神戸市水道局では、文書や記録類は公文書管理規定に基づき管理している。このため、該当文書や記録類が適切に管理されているかについて再確認を行った。

3.4 妥当性の確認と検証

1) 管理処置、監視方法、管理基準等の妥当性確認

水安全計画の各要素の妥当性の確認、すなわち危害原因事象に対する管理処置、監視方法、管理基準、管理基準を逸脱した場合の対応等について、技術的観点から妥当性の確認を行った。

妥当性確認は、これら水安全計画の各要素の設定の技術的根拠を明確にするものであり、厚生労働省からの通知や指針、文献、経験的知見、他水道事業者の事例等に基づいて行った。

2) 水安全計画の実施状況の検証

水安全計画が、常時安全な水を供給するという目的を達成する上で適切であったかを検証する。

計画で定めた管理基準、是正処置及び対応方法、監視体制及び予防処置等が適切で

あったか、計画が有効に機能したか、並びに運用上の支障がなかったかを検証していく。

3.5 水安全計画の確認と改善方法の設定

水安全計画の確認と改善方法を以下の通り定め、運用することとした。

1) 確認の実施

水安全計画の適切性を確認する。

確認に当たっては、以下の情報を総合的に検討する。

- ①水道システムを巡る状況の変化
- ②水安全計画の妥当性確認の結果
- ③水安全計画の実施状況の検証結果
- ④外部からの指摘事項
- ⑤最新の技術情報など

また、確認を行う事項を次に示す。

- ①新たな危害原因事象及びそれらのリスクレベル
- ②管理処置、監視方法及び管理基準の適切性
- ③管理基準逸脱時の対応方法の適切性
- ④緊急時の対応の適切性
- ⑤その他必要な事項

2) 改善

確認の結果に基づき、必要に応じて水安全計画を再構築し、継続的改善を行う(図10)。

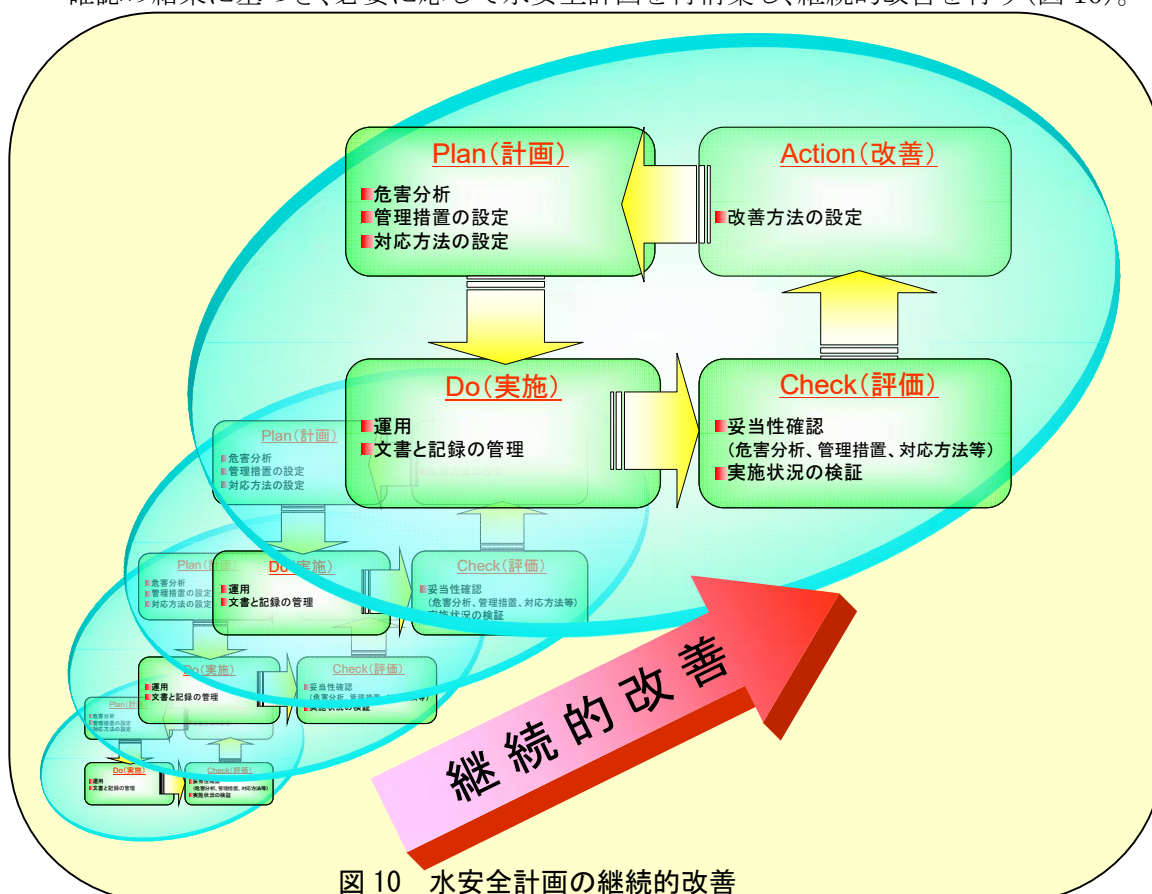


図10 水安全計画の継続的改善

第4章 神戸市水安全計画と連携する施策

1) 阪神水道企業団および兵庫県営水道との連携

阪神水道企業団および兵庫県営水道の用水供給事業により供給されている浄水については、受水地点までは用水供給事業体が、受水地点以降は神戸市水道局がそれぞれ責任を持って水質管理を行っている。

水安全計画では水源から給水栓まで一貫した水質管理を行うことが求められていることから、用水供給事業の浄水についても自己水源の浄水場の水と同様の水質管理となるよう、阪神水道企業団と兵庫県営水道の水安全計画について情報共有を進めていく。またその関係を図11に示す。

2) 関連施策との連携

水安全計画は、水源から給水栓まで、常に安全な水をお送りするための計画である。一方、水道局では、事故を予防するとともに、被害が発生したときお客様への影響を最小限に抑えることができるよう、基幹施設や配水管の整備・更新、渇水・災害・事故時における危機管理対策などを進めている。これら施策と水安全計画が連携することにより、水道システム全体の安全性・安定性がより向上するため、互いに連携しながら施策の実行を図る。

以下に連携する施策及び効果の例を表7に、水安全計画との関係を図11に示す。

表7 水安全計画と連携する施策及び効果の例

施策名		取り組み内容	連携効果
①	経年化対策と耐震化の推進	■ 配水管の更新・耐震化 ■ 基幹施設の更新・耐震化	老朽化した施設や配水管を計画的に更新していくことにより、施設設備に起因する水質事故を予防できる。
②	浄水場設備の更新	■ 浄水方法の改善	浄水場に水源の水質リスクに対応した設備を導入することにより、水源水質の異常時にも浄水処理での対応が可能となる。
③	水資源の確保	■ 複数水源の確保 ■ 漏水防止対策の推進 ■ 緊急時連絡管による他都市との連携強化	水源の複数化や送水の2系統化など水量のバックアップを行う施策により、水質事故時においても安全な水を断水することなく供給できる。

④	災害・事故時対応の充実	■ 災害時給水拠点の整備 (ふっQすいせん等) ■ 貯水機能のある災害時給水拠点の再整備 ■ 緊急時連絡管の整備 ■ 北神地区送水施設の再整備 ■ 危機管理体制の強化	災害時の応急給水や、水道の早期復旧につながる体制を整えておくことにより、水質事故時の緊急事態にも対応可能となる。
---	-------------	---	--

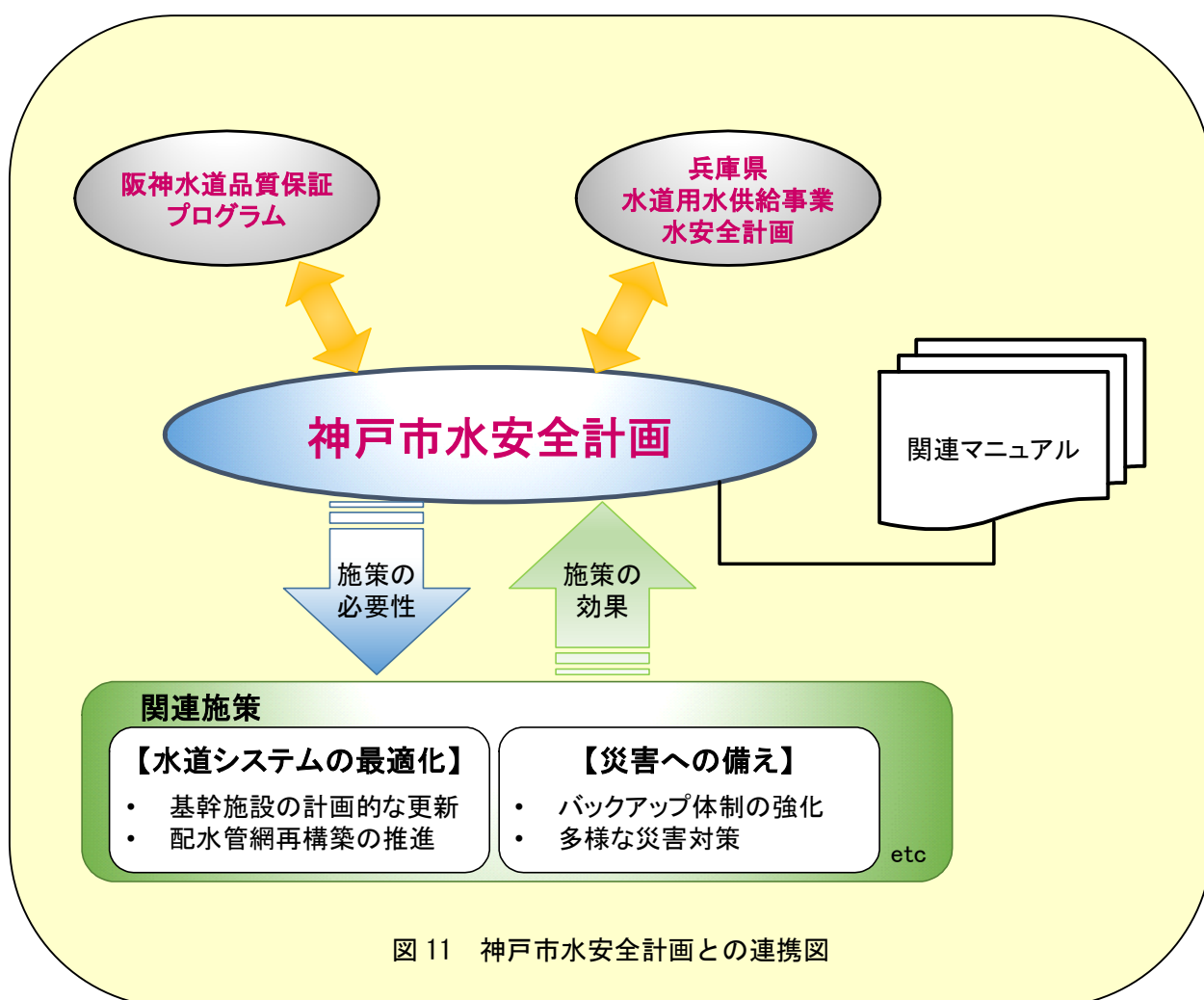


図 11 神戸市水安全計画との連携図