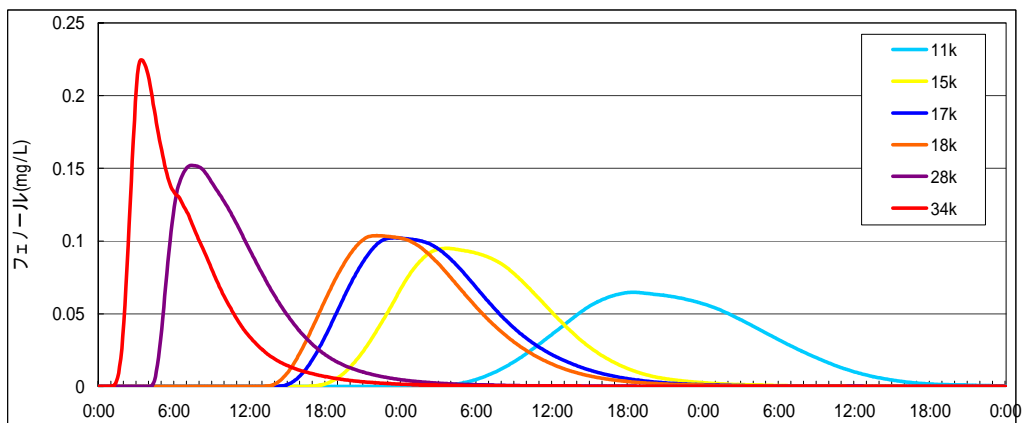
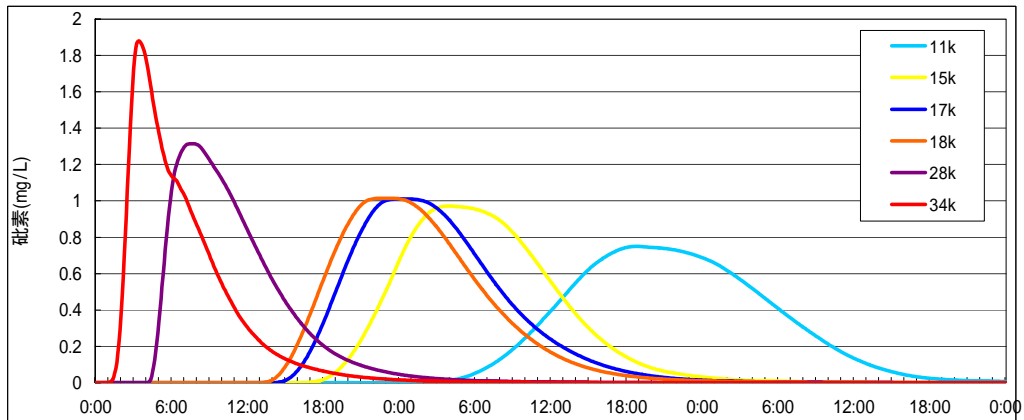
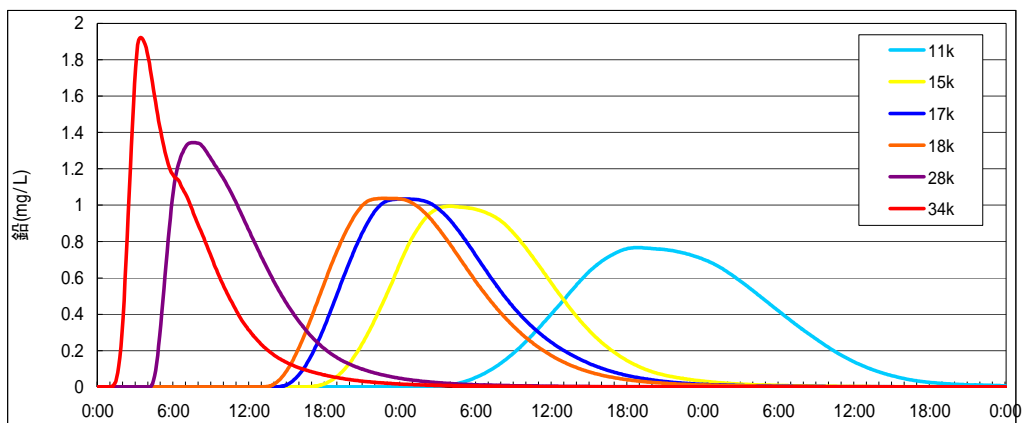
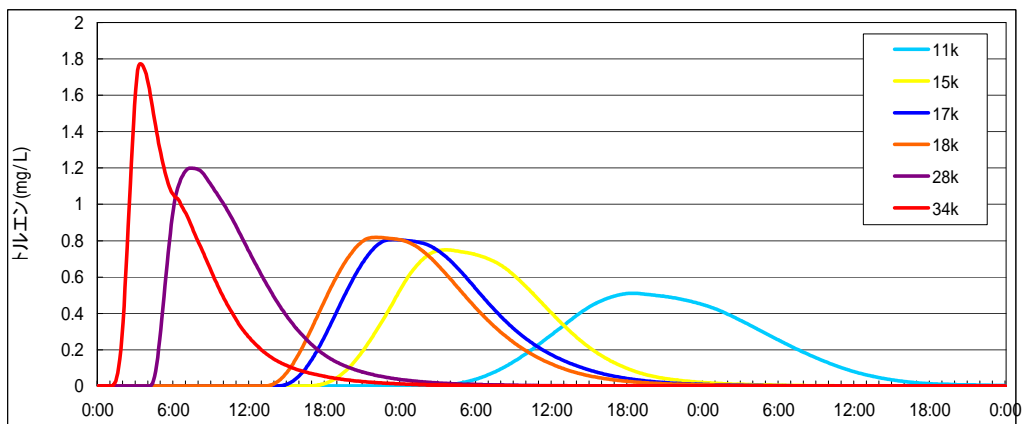


【冬期】



3 浄水場における水道水質項目等の対応可能性の検討

3.1 検討条件

地震等の災害時に上流域で下水処理場等が被災することにより発生すると想定される水質リスクに対し、浄水場において対応が可能であるか否かについて検討を行った。

被災により上流域から流出する物質としては、水溶性のもので放流された直後に流下すると考えられる物質、不溶性で放流された直後に河床に沈澱すると考えられる物質、との中間で河床に沈澱したものが時間の経過とともに徐々に流出すると考えられる物質に大別されるが、今回の検討に当たっては、最も影響期間が短い について検討を行うことより、浄水場が受ける最低限の影響について検討した。

1) 検討の対象とする物質

淀川における有害物質の流出シミュレーションを踏まえ、浄水場が影響を受ける物質として有機物質、病原性微生物、臭気物質、重金属・化学物質、油の中から、以下の 10 物質について検討を行った。各物質の選定理由については資料 - 1 に示すとおりである。

- ・有機汚濁 : BOD ----- 水中の有機物の総合指標
アンモニア態窒素 ----- 排水等に由来し塩素処理に影響
- ・病原性微生物 : 大腸菌群 ----- 糞便汚染の指標
クリプトスポリジウム ----- 水系感染症の病原体
- ・臭気物質 : フェノール ----- 塩素処理過程で強い臭気を発現
- ・重金属・化学物質 : 鉛 (溶解性) ----- 慢性・急性中毒
シアン ----- 急性中毒
ヒ素 ----- 急性・慢性中毒
六価クロム ----- 急性・慢性中毒
- ・油 : トルエン ----- 石油成分の一つで代表的な有機溶剤

水道水質基準では大腸菌を対象としているが、河川水質予測において大腸菌群を対象としたことから、ここでは大腸菌群について検討した。

2) 検討の対象とする浄水処理方法

淀川を水源とする浄水場のうち、検討の対象とする3事業者(大阪府水道部, 大阪市水道局, 阪神水道企業団)では、全て高度浄水処理(オゾン+活性炭)を導入しているが(表3-1)、導入の有無による効果の違いを検証するため、以下の2つの浄水処理方法について検討した。

- ・通常処理 : 凝集沈澱 + 急速ろ過 + 塩素消毒
- ・高度浄水処理 : 凝集沈澱 + 急速ろ過 + オゾン + 活性炭 + 塩素消毒

表3-1 淀川を水源とする浄水場の概要

| 事業者名 | 浄水場名 | 浄水処理方式 | 施設能力 m ³ /日 | 取水地点 |
|-------------|------|--------------------------------------|---------------------------|-------------|
| 大阪府 水道部 | 村野 | 凝集沈澱 + 砂ろ過 + オゾン + 活性炭 + 塩素消毒 | 1,797,000 | 磯島取水口 28km |
| | 庭窪 | 生物処理 + 凝集沈澱 + 砂ろ過 + オゾン + 活性炭 + 塩素消毒 | 203,000 | 庭窪取水口 17km |
| | 三島 | 生物処理 + 凝集沈澱 + 砂ろ過 + オゾン + 活性炭 + 塩素消毒 | 330,000 | 一津屋取水口 16km |
| 大阪市 水道局 | 柴島 | 凝集沈澱 + オゾン + 砂ろ過 + オゾン + 活性炭 + 塩素消毒 | 1,180,000 | 柴島取水口 11km |
| | 庭窪 | 凝集沈澱 + オゾン + 砂ろ過 + オゾン + 活性炭 + 塩素消毒 | 800,000 | 庭窪取水口 17km |
| | 豊野 | 凝集沈澱 + オゾン + 砂ろ過 + オゾン + 活性炭 + 塩素消毒 | 450,000 | 樟葉取水口 34km |
| 阪神水道 企業団 | 猪名川 | 凝集沈澱 + オゾン + 活性炭 + 砂ろ過 + 塩素消毒 | 916,900 | 大道取水口 15km |
| | 尼崎 | 凝集沈澱 + オゾン + 活性炭 + 砂ろ過 + 塩素消毒 | 186,500 | 柴島取水口 11km |

河口からの距離を示す。複数地点で取水している場合は、上流側で代表させた。

3) 検討の対象とする取水地点

検討の対象とする浄水場は、表3-1に示す8箇所の浄水場であるが、これらの取水点は近接しているため、表3-2のとおり上流、中流、下流の3つに分類し、それぞれ代表地点を選定して検討を行った。

表3-2 取水地点の選定

| 分類 | 代表地点 | 事業者名 | 浄水場名 | 取水地点 |
|----|-------------------------|---------|------|-------------|
| 上流 | 34km 地点 (最上流かつ取水量が大) | 大阪市 | 豊野 | 樟葉取水口 34km |
| | | 大阪府 | 村野 | 磯島取水口 28km |
| 中流 | 17km 地点 (中間かつ取水量が大) | 大阪府 | 三島 | 一津屋取水口 18km |
| | | 大阪府 | 庭窪 | 庭窪取水口 17km |
| | | 大阪市 | 庭窪 | 庭窪取水口 17km |
| | | 阪神水道企業団 | 猪名川 | 大道取水口 15km |
| 下流 | 11km 地点 (最下流) | 大阪市 | 柴島 | 柴島取水口 11km |
| | | 阪神水道企業団 | 尼崎 | 柴島取水口 11km |

4) 浄水水質の推計方法

浄水処理に関する一般的な知見に加え、検討の対象とする3事業者（大阪府水道部，大阪市水道局，阪神水道企業団）及び東京都水道局へのヒアリングをもとに、検討対象となる10物質について平均的な除去率を想定し（表3-3）、これを淀川における有害物質の流出シミュレーション結果に適用して浄水水質の推計を行った。

表3-3 想定した平均除去率

| 分類 | 物質 | 平均除去率 |
|----------|------------|--|
| 有機汚濁 | BOD | 75% (TOCとして) |
| | アンモニア態窒素 | 100% |
| 病原性微生物 | 大腸菌群 | 100% |
| | クリプトスポリジウム | 高度浄水処理 7LOG (99.99999%) 通常処理 3LOG (99.9%) |
| 臭気物質 | フェノール | 90% |
| 重金属・化学物質 | 鉛(溶解性) | 70% |
| | シアン | 80% |
| | ヒ素 | 90% |
| | 六価クロム | 20% |
| 油 | トルエン | 90% |

3.2 原水水質悪化時における浄水場での対応

原水水質悪化時において、浄水場では図 3-1 に示すとおり、濃度の時系列変化に応じて ~ の方策を組合せて対応を図るものと仮定した。

浄水が水道水質基準値を超過すると予測される場合、浄水場では対応が困難（浄水処理不能）となることから、取水を停止するものとした。また、水道事業者は緊急時にも給水停止とならないよう、通常 12 時間程度の配水池容量を確保することが一般的であるため、処理不能時間が配水池の有効容量（12 時間）を超過する場合は、浄水場からの送配水が困難となり、給水停止に至ると仮定した。

通常の浄水処理による対応

通常の処理に粉末活性炭の注入を付加して対応

取水量（処理水量）を通常時よりも減らし、処理性能を向上させることで対応

取水停止により対応（配水池容量から最大 12 時間程度）

給水停止（12 時間以上の取水停止の場合）

（なお、クリプトスポリジウム等の病原微生物や、揮発性物質の場合は、別途、煮沸飲用を広報により周知するという対応も考えられる。）

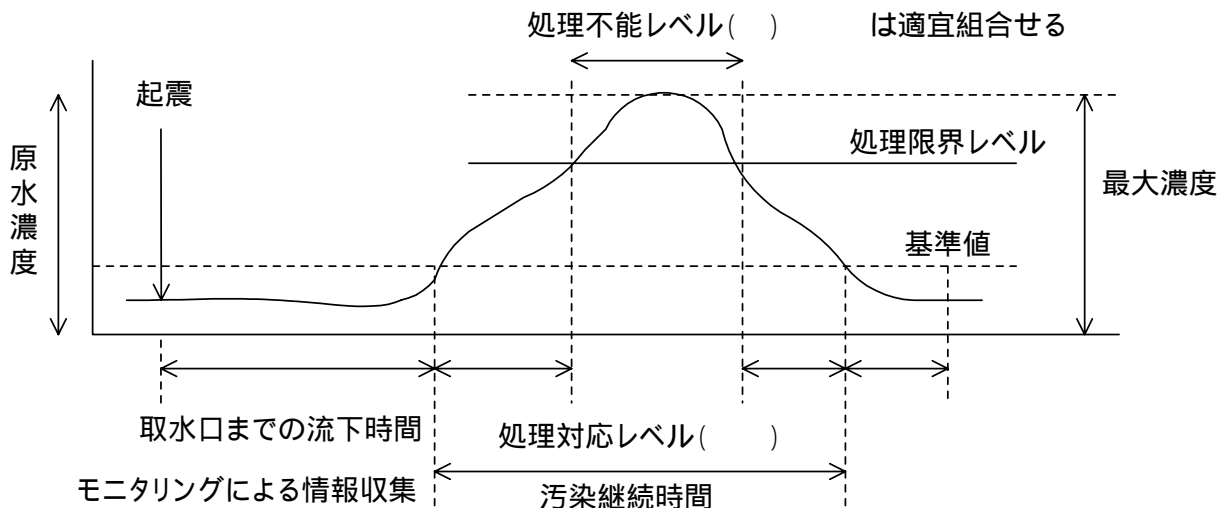


図 3-1 原水水質悪化時における浄水場での対応方法

3.3 検討結果

1) 概要 (リスクの高い物質の抽出)

原水水質の予測結果に、浄水場における除去率を適用して浄水水質を算出し、水道水質基準との比較を行った。

これらの状況を整理したものが表 3-4 であり、クリプトスポリジウム (通常処理による 3LOG 除去の場合) 鉛、ヒ素、フェノール、六価クロム、シアンについては、取水または給水を停止する必要があると考えられた。また、下流ほど取水または給水停止時間が長くなると予測された。今回評価を行った物質の中でリスクの高い物質の順に、原水水質、浄水水質、浄水場での対応の時系列変化を示し (図 3-2 ~ 図 3-12) 概要を述べる。また、拡大図を資料 - 2 に示す。

表 3-4 検討結果の概要

| 給水 停止 | 取水 停止 | 水質項目 | 34K地点 | | 17K地点 | | 11K地点 | |
|----------|----------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 冬期 | 夏期 | 冬期 | 夏期 | 冬期 | 夏期 |
| | | クリプトスポリジウム (3LOG除去(通常処理)) | 72.0< | 72.0< | 72.0< | 72.0< | 72.0< | 72.0< |
| | | | 72.0< | 72.0< | 72.0< | 72.0< | 72.0< | 72.0< |
| | | 鉛 | 19.3 | 15.9 | 29.1 | 23.2 | 35.8 | 27.8 |
| | | | 7.3 | 3.9 | 17.1 | 11.2 | 23.8 | 15.8 |
| | | ヒ素 | 14.5 | 12.6 | 23.7 | 19.3 | 29.8 | 23.5 |
| | | | 2.5 | 0.6 | 11.7 | 7.3 | 17.8 | 11.5 |
| | | フェノール | 8.7 | 8.0 | 12.9 | 10.9 | 11.9 | 10.8 |
| | | | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | | 六価クロム | 8.2 | 7.5 | 13.2 | 10.8 | 15.1 | 12.3 |
| | | | 0.0 | 0.0 | 1.2 | 0.0 | 3.1 | 0.3 |
| | | シアン | 5.7 | 5.3 | 3.6 | 2.6 | 0.0 | 0.0 |
| | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | | アンモニア性窒素 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | | 大腸菌群 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | | クリプトスポリジウム (7LOG除去(高度浄水処理)) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | | トルエン | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | | BOD | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

上段: 処理不能時間(時間) 取水停止

下段: 処理不能時間のうち給水停止時間(時間) 取水停止 + 給水停止

2) 各物質の概要

- (1) 鉛 -----〔取水停止 + 給水停止〕
浄水が水道水質基準値を超過し全ての地点において取水停止を必要とする。冬期の給水停止時間は7.3~23.8時間と推計された。
- (2) ヒ素 -----〔取水停止 + 給水停止〕
浄水が水道水質基準値を超過し全ての地点において取水停止を必要とする。冬期の給水停止時間は2.5~17.8時間と推計された。
- (3) 六価クロム -----〔取水停止 + 給水停止〕
浄水が水道水質基準値を超過し全ての地点において取水停止を必要とする。冬期の給水停止時間は、中流から下流で1.2~3.1時間と推計された。
- (4) フェノール -----〔取水停止 + 給水停止〕
浄水が水道水質基準値を超過し全ての地点において取水停止を必要とする。冬期の給水停止時間は、中流で1時間弱と推計された。
- (5) シアン -----〔取水停止〕
上流から中流において3.6~5.7時間の取水停止に至ると推計された。下流では、河川での希釈効果等に伴う濃度の平滑化により取水停止には至らないと推計された。
- (6) アンモニア態窒素 -----〔浄水場の処理で対応可〕
上流で1mg/L程度まで上昇し、一時的に10mg/L程度の塩素注入を必要とするが、対象浄水場の最大塩素注入率以下にあることから浄水場の処理により対応可能と推計された。なお、水道の原水にアンモニア態窒素が含まれる場合、不連続点塩素処理を行う必要があるが、水温やpHが低い場合には、塩素とアンモニアの反応が悪くなることから、アンモニア濃度が急激に変化する場合には、通常の残留塩素一定自動制御から手動制御に切り替えて残留塩素濃度管理を強化する等の対策が必要となる。
- (7) 大腸菌群 -----〔浄水場の処理で対応可〕
残留塩素が確保されていれば基本的に浄水場の処理により対応可能であると推計されることから、残留塩素管理の徹底を図ることが必要である。なお、水道法施行規則第17条(衛生上の措置)では、病原微生物汚染時等の場合、残留塩素濃度を通常よりも高く(遊離塩素で0.2mg/L, 結合塩素で1.5mg/L)確保することとしており、通常に比べ塩素消毒の強化が必要となる。

(8) クリプトスポリジウム [高度浄水処理で対応可(7LOG除去の場合)]

EPAが提唱する「飲料水の微生物許容リスクとして 10^{-4} /年以下」及びWHOが提唱する「DALYSに基づく参考許容値」をもとに評価を行ったところ、高度浄水処理で7LOGの除去が期待できる場合には、浄水場の処理により対応可能であると推計された。しかし、通常処理で3LOG程度の除去率しか期待できない場合には、浄水場の処理では十分に対応できず、取水停止が長期間にわたるものと考えられた。なお、クリプトスポリジウムのオーシストは $5\mu\text{m}$ 前後であり、ろ過水濁度を低いレベル(0.1度以下)で安定的に処理することが必要である。今回の検討ケースのように、流域内の感染者が通常よりも多く発生することが予想される場合には、凝集剤の注入強化等、常時よりもさらに濁度管理の徹底を図ることが必要である。

(9) BOD ----- [浄水場の処理で対応可]

全国の浄水場の実績をもとにしてTOCに換算して推計した結果、浄水場の処理により対応可能であると推計された。

(10) トルエン ----- [高度浄水処理で対応可]

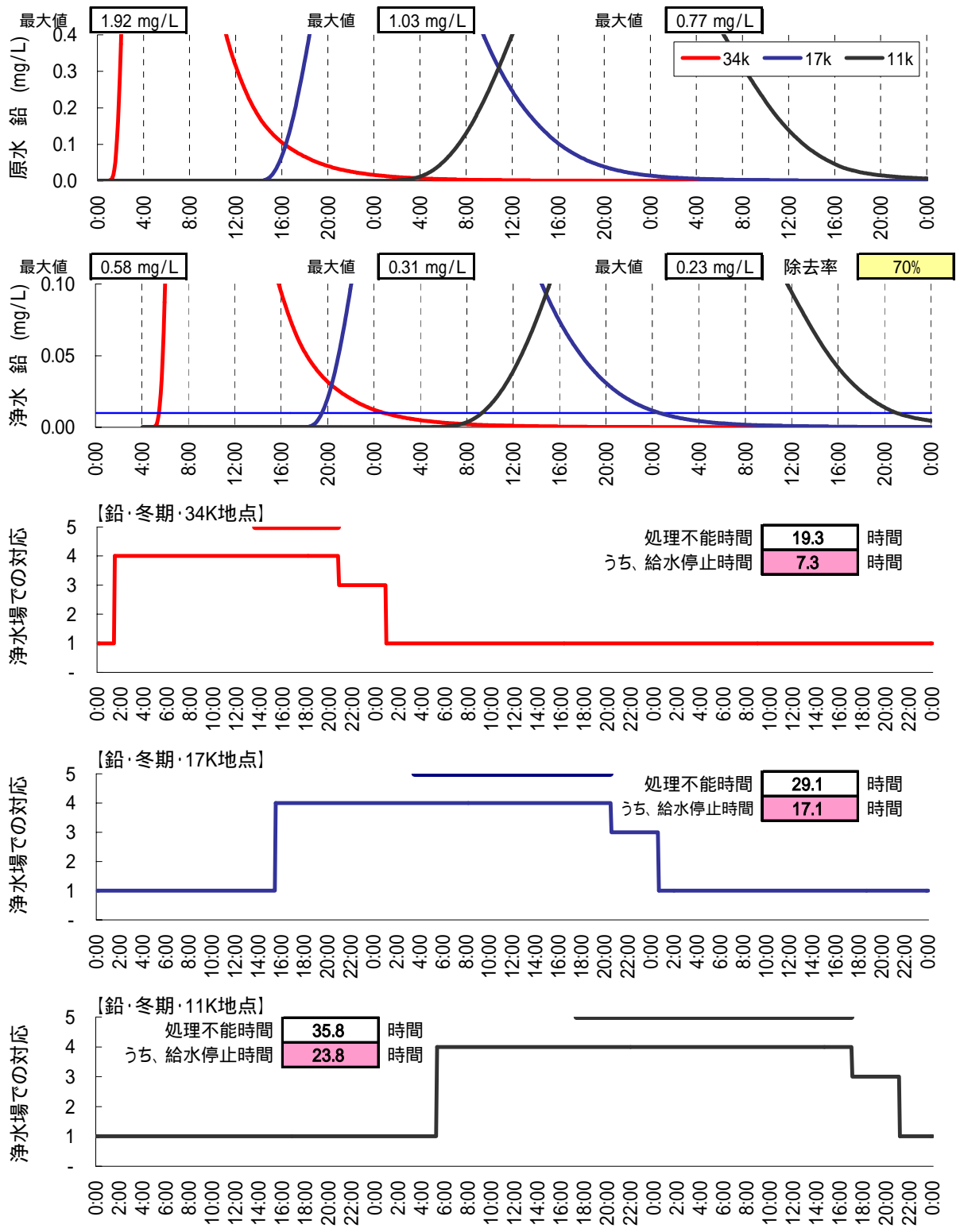
浄水場の処理により対応可能であると推計された。なお、トルエンは石油成分の一つであり、比重が水よりも小さいことから、流出したうちの多くが取水地点に到達することが予想される。検討では、オゾン処理と粒状活性炭処理で対応可能と推計されたが、浄水場内に油が流入することは維持管理上、望ましくないことから、油膜計等により常時監視をしながら、オイルフェンスやオイルマット等で除去することが必要である。

3) まとめ

検討の結果、鉛、ヒ素、フェノール、六価クロム、シアン及びクリプトスポリジウム(通常処理(3log除去)の場合)については、浄水場の浄水処理による対応が困難であると推計され、取水停止または給水停止を行う必要があると考えられる。

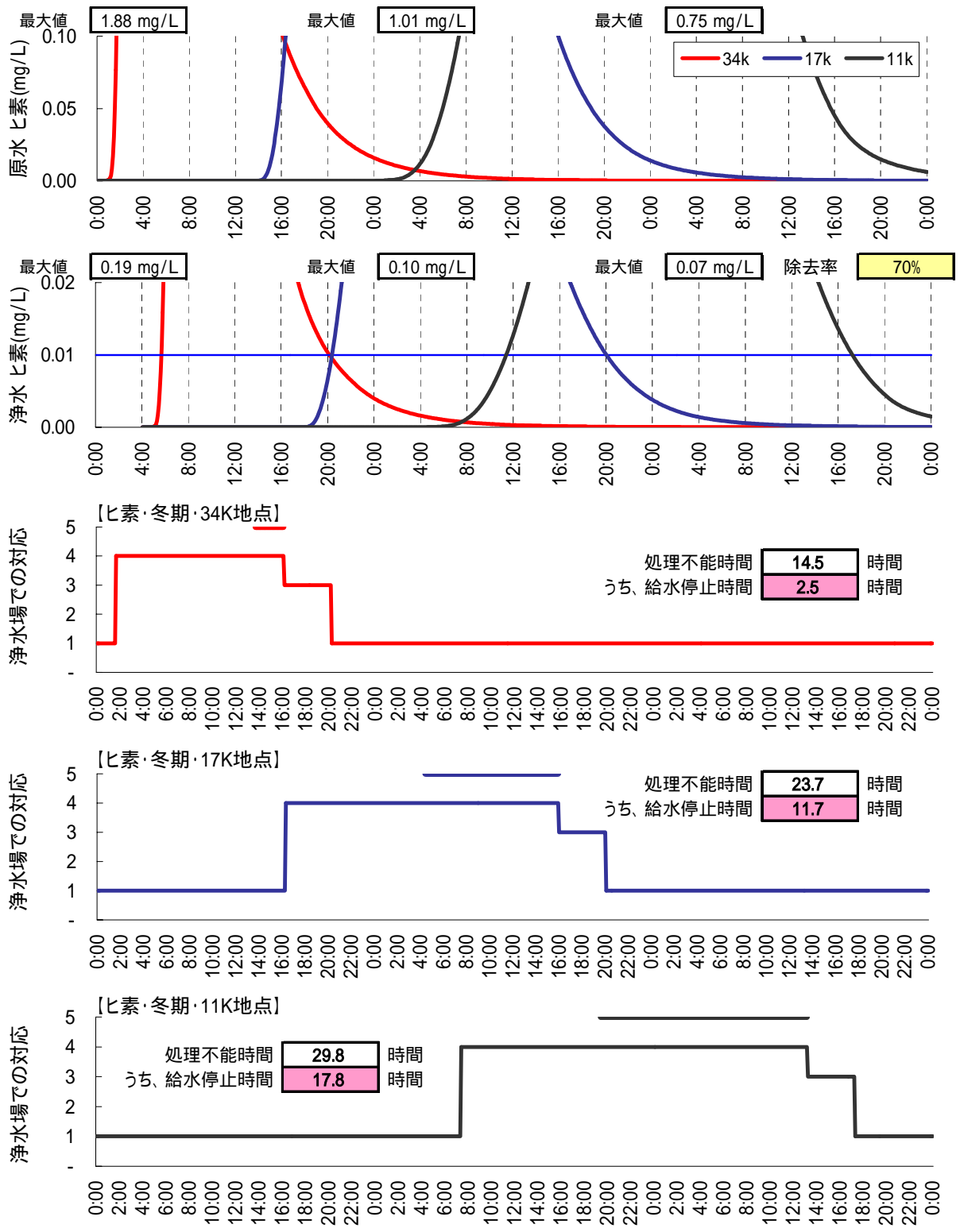
地震等の災害時には、今回検討した項目以外にも通常では想定されない様々な物質が高濃度で流入するおそれがあることから、理化学的監視装置(シアン計、フェノール計、油膜計、TOC計など)や生物学的監視装置(魚類・細菌類を利用したバイオセンサーなど)による河川水質(水道原水)の監視、流域連絡協議会等を通じた連絡体制の確立、有害物質の発生源となる工場等における流出防止等の検討を行う必要がある。

また、汚染継続時間が長期間に渡ることが想定される場合には関係機関が連携し、例えば、ダムや河口堰等における緊急時のフラッシュ操作による汚染継続時間の短縮や、淀川大堰付近の滞留防止策についても検討を行う必要があると考えられる。



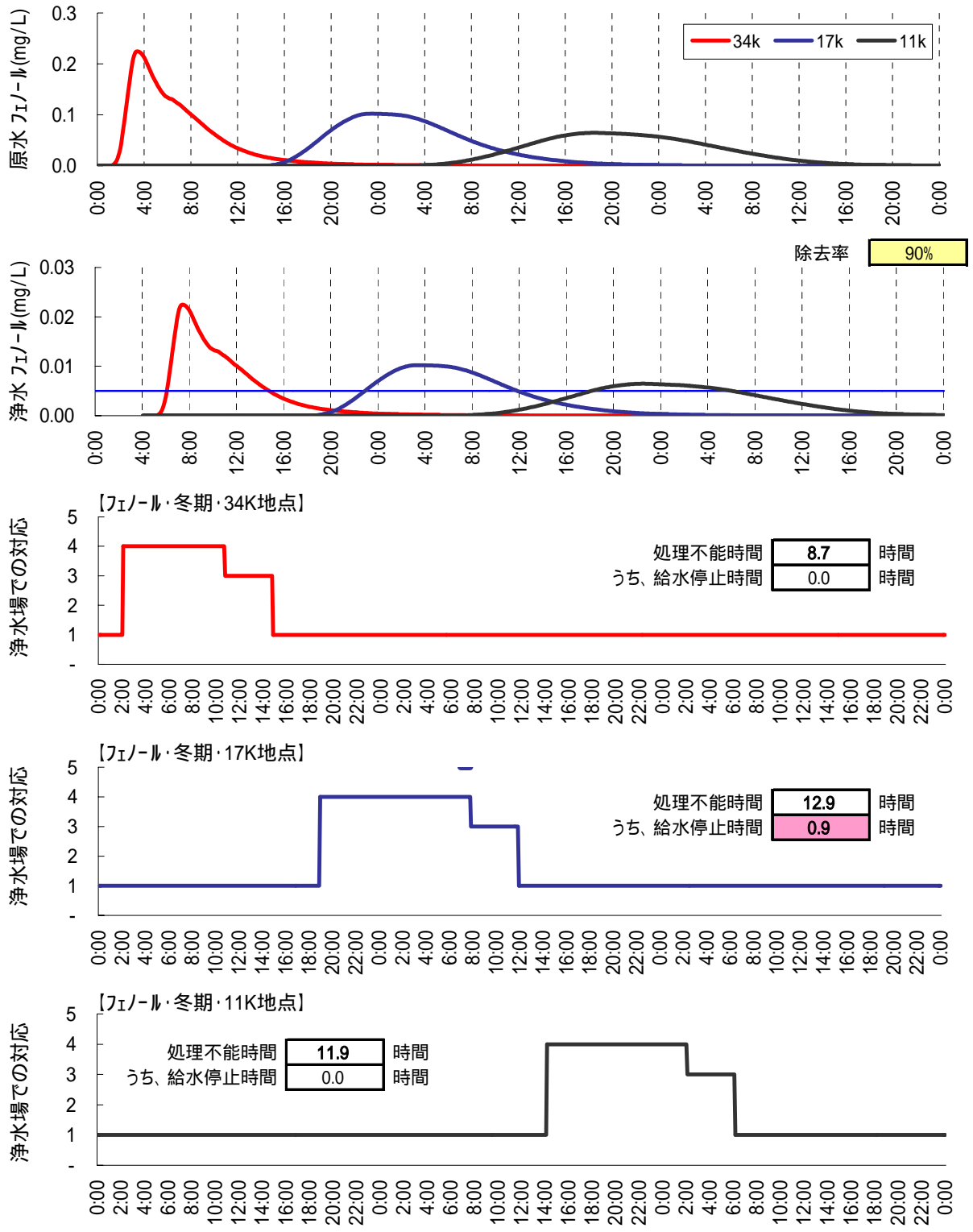
1 通常処理, 2 通常処理 + 粉末活性炭
 3 取水量減, 4 取水停止, 5 給水停止

図 3-2 原水水質悪化時における浄水場での対応 (鉛・冬期)



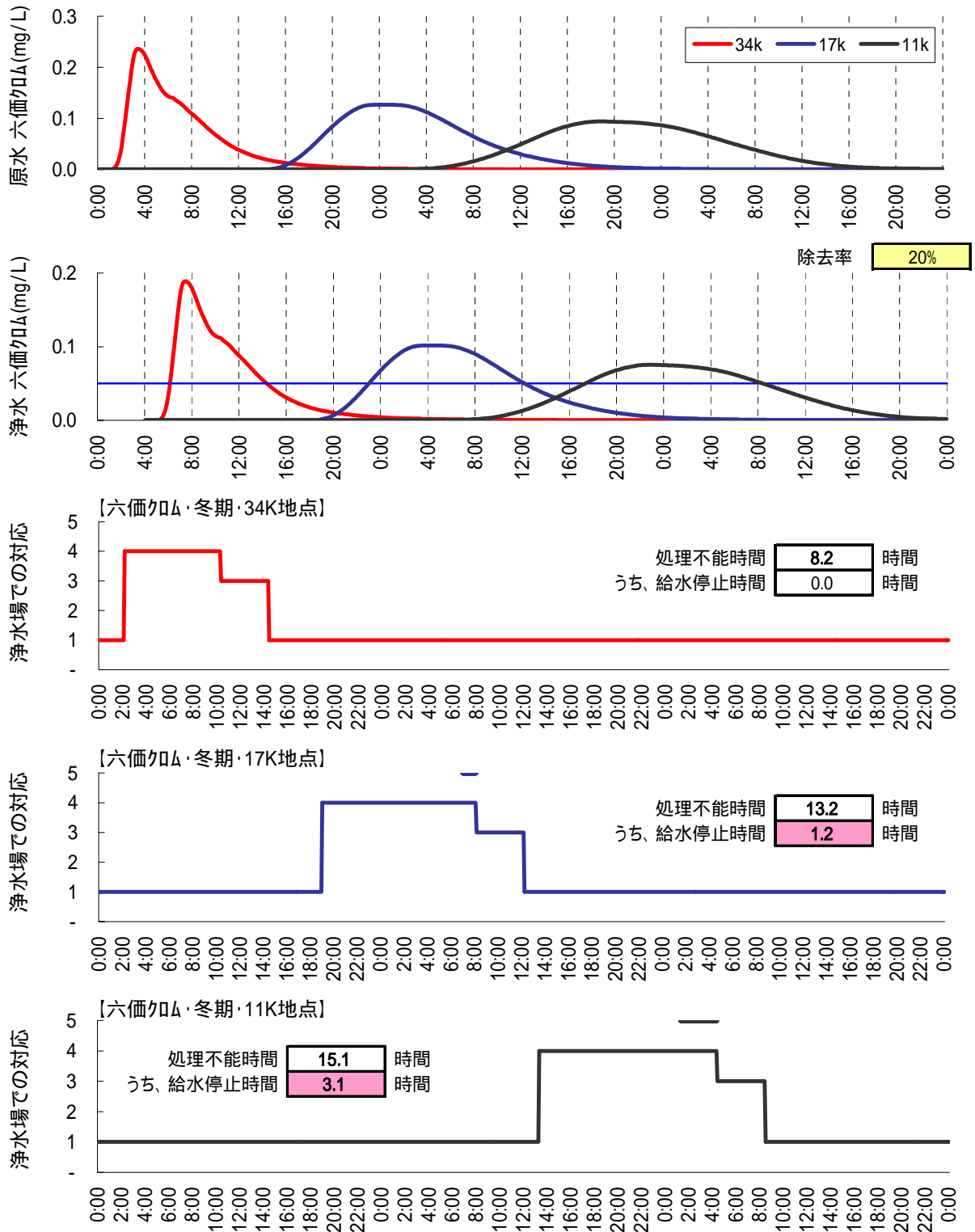
1 通常処理, 2 通常処理 + 粉末活性炭
 3 取水量減, 4 取水停止, 5 給水停止

図 3-3 原水水質悪化時における浄水場での対応 (ヒ素・冬期)



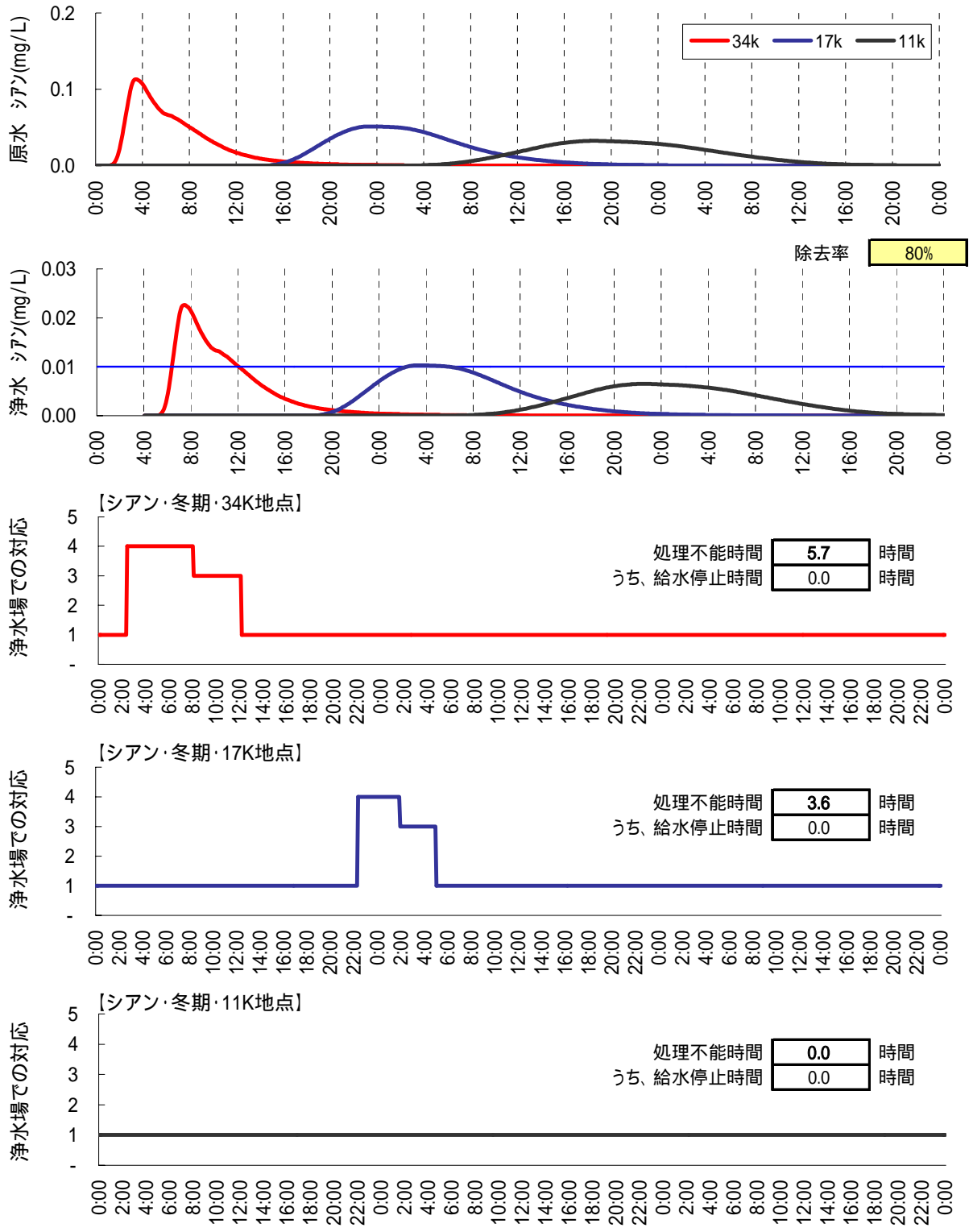
1 通常処理, 2 通常処理 + 粉末活性炭
 3 取水量減, 4 取水停止, 5 給水停止

図 3-4 原水水質悪化時における浄水場での対応（フェノール・冬期）



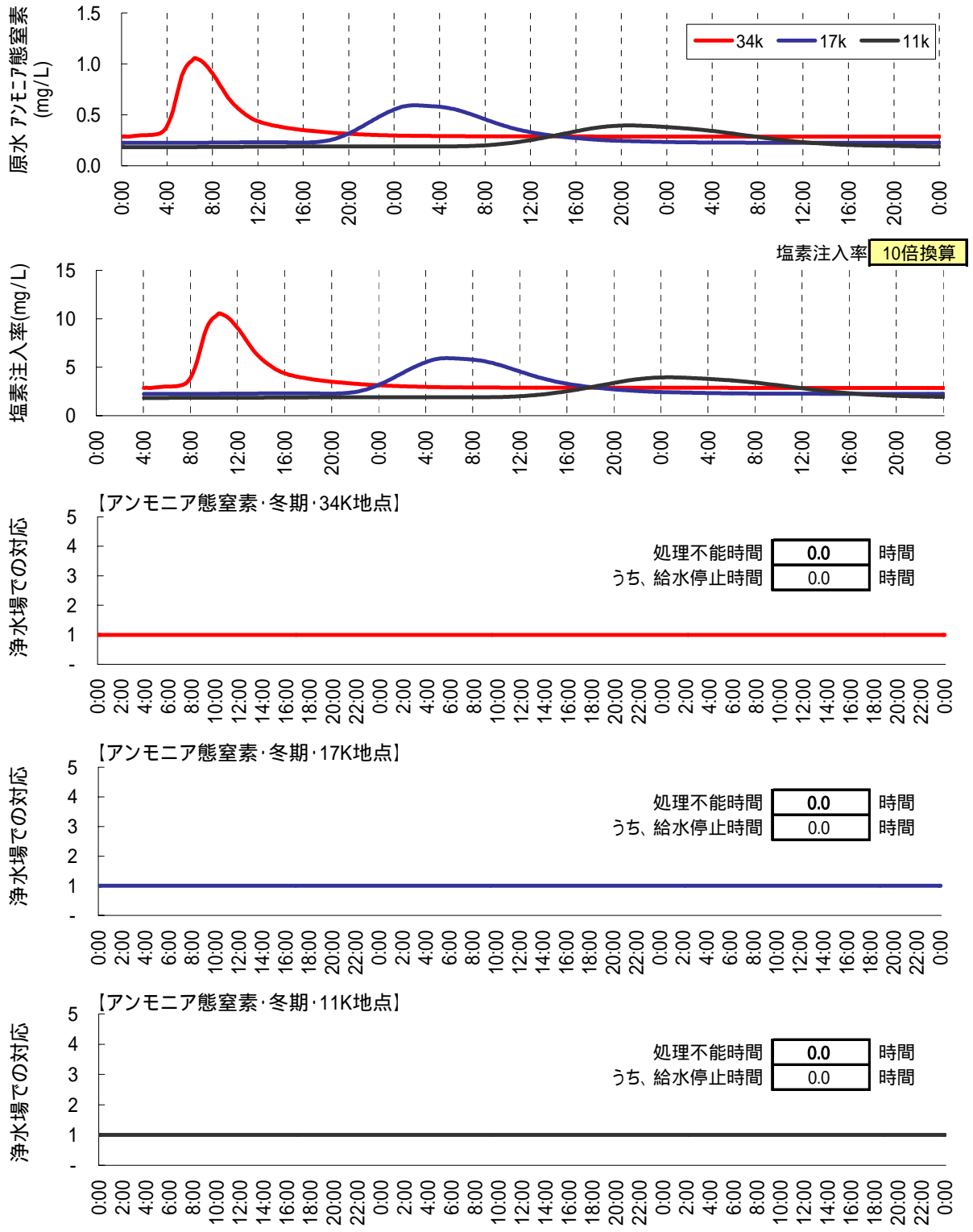
1 通常処理, 2 通常処理 + 粉末活性炭
 3 取水量減, 4 取水停止, 5 給水停止

図 3-5 原水水質悪化時における浄水場での対応（六価クロム・冬期）



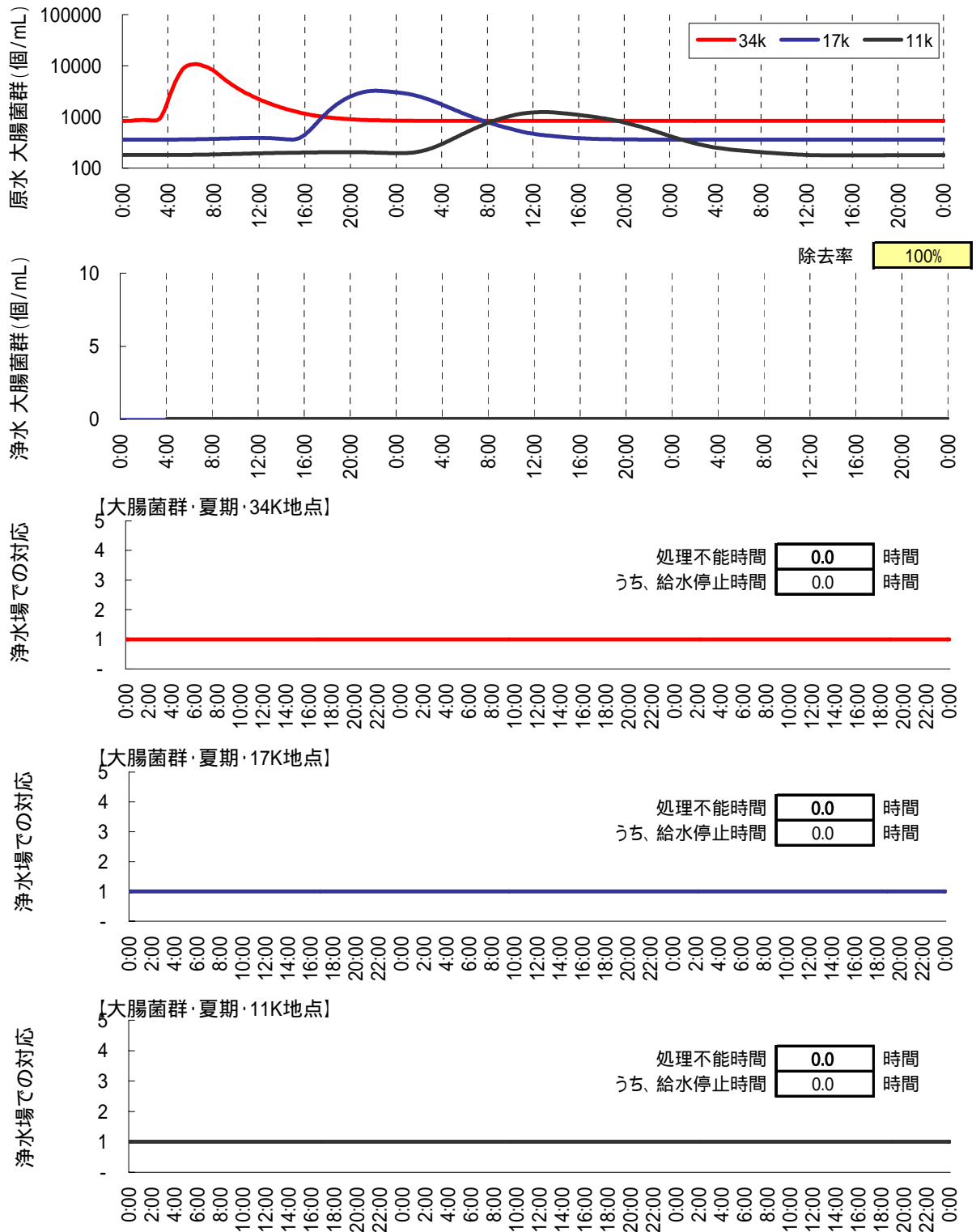
1 通常処理, 2 通常処理 + 粉末活性炭
 3 取水量減, 4 取水停止, 5 給水停止

図 3-6 原水水質悪化時における浄水場での対応 (シアン・冬期)



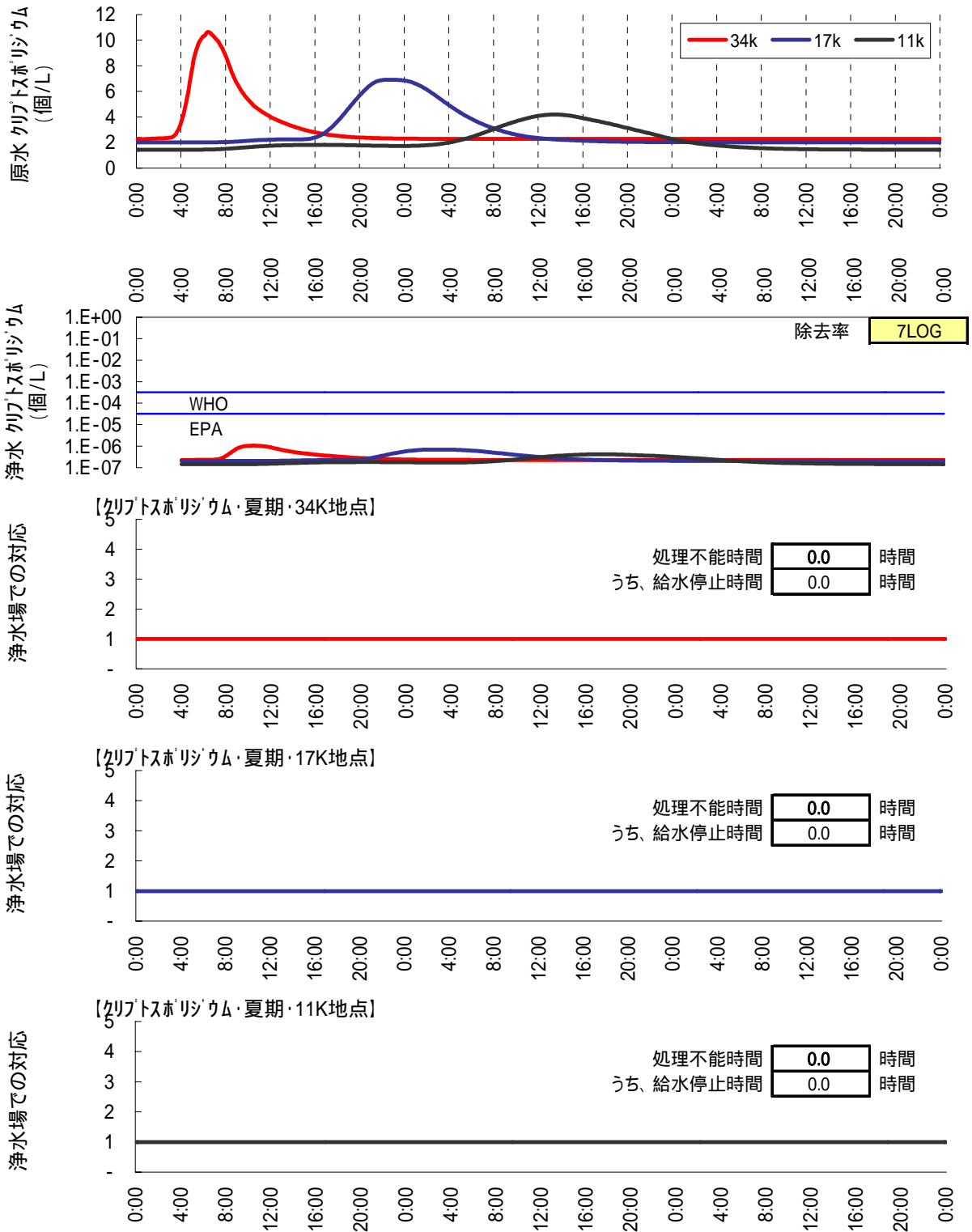
1 通常処理, 2 通常処理 + 粉末活性炭
 3 取水量減, 4 取水停止, 5 給水停止

図 3-7 原水水質悪化時における浄水場での対応 (アンモニア態窒素・塩素注入率・冬期)



1 通常処理, 2 通常処理 + 粉末活性炭
 3 取水量減, 4 取水停止, 5 給水停止

図 3-8 原水水質悪化時における浄水場での対応（大腸菌群・夏期）



1 通常処理, 2 通常処理 + 粉末活性炭
 3 取水量減, 4 取水停止, 5 給水停止

図 3-9 原水水質悪化時における浄水場での対応 (クリプトスポリジウム・7LOG・夏期)