

第2回 緊急時水循環機能障害リスク検討委員会 —淀川流域ケーススタディ—

1 リスクシナリオの概要	1
2 想定する地震・被災対象地区	2
3 被災対象地区の気象条件	3
4 下水処理場の被災想定	4
4.1 下水処理場の被災想定	4
5 下水道施設の機能不全レベルの想定	7
6 下水処理場の被災に伴う河川への放流負荷量	9
6.1 算定方法	9
6.2 負荷量の算定	11
7 下水処理場の被災に伴う河川水質の悪化	13
7.1 河川水質の計算方法	13
7.2 河川水質	14
8 病原微生物感染リスク評価	18
8.1 感染モデルの構成	18
8.2 シミュレーションの方法	19
8.3 感染モデルの仮定値	21
8.4 感染シミュレーション結果	21
9 工場・事業場の被災に伴う河川水質の悪化	23
9.1 河川への放流負荷量	23
9.2 河川水質	25
10 浄水場における水道水質項目等の除去率の検討	26
10.1 検討条件	26
10.2 検討結果	26

1 リスクシナリオの概要

検討対象流域を淀川下流域とし、地震等の災害発生により下水処理場、浄水場等で機能障害が発生した場合の流域水質リスクを検討する。

【テーマ：流域の水質リスク】

- 災害時に流域に発生（上下流で相互関連して発生）する水質リスクを対象
- 上下流連携した（空間的広がりを持った）対応策検討

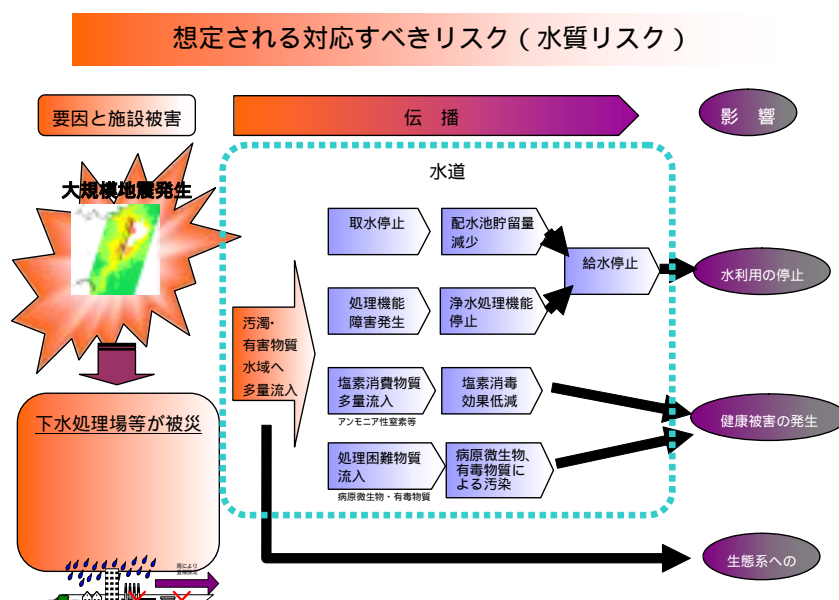


図 1.1 (参考)第1回検討会で提示した考え方

【対象地震】

- 京都市内にダメージを与える地震（京都府・京都市防災計画を参考）

【被災箇所】

- 下水処理場：規模の大きい京都市及び京都府流域下水処理場
 - 京都市：鳥羽 T, 吉祥院 T, 伏見 T, 石田 T
 - 京都府流域：洛西 T, 洛南 T
- 上記処理場処理区域内の工場；貯蔵された有毒物質が流出すると想定

【想定シーン】

- 夏季；病原性微生物の活性が高い
- 地震発生数日後；水道が復旧に伴い下水量増加，最終的な復旧は 45 日後
- 雷雨発生；一時的に下水量が急増して未処理放流（特に合流区域），被災事業場から流出した有害物質が直接河川へ放流

【流出する物質】

- 有機汚濁：BOD, アンモニア性窒素（生物への毒性，浄水場塩素消費）
- 病原性微生物：病原性大腸菌，クリプトスポリジウム
- 有害物質：水道基準項目

【河川流量】

- 夏季流量を対象（想定シーンに整合）

【下流域におけるリスク発生】

- 水道施設への影響
- 河川環境への影響

2 想定する地震・被災対象地区

本ケーススタディで想定する地震は、京都府・京都市防災計画を参考にして、花折断層地震に匹敵するものが発生したと想定する。

また、この想定地震により被災するエリアは、家屋や土木構造物（特に下水道施設）がほぼ被災する震度6強以上となるエリアとする。なお、淀川下流域の大阪府では、想定する地震による甚大な被害はないものとする。

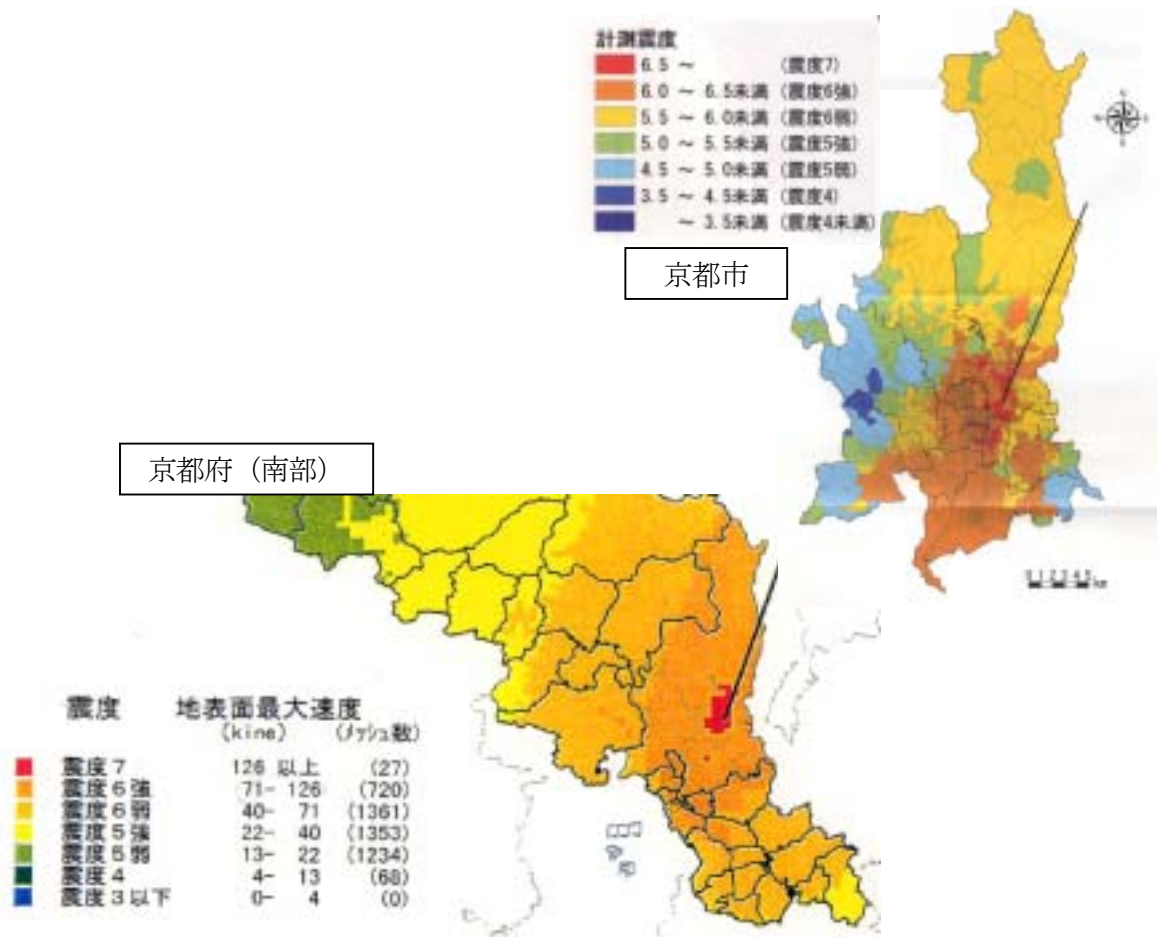


図 2-1 京都府・京都市防災計画想定地震(花折断層)/震度分布(京都府,京都市)

3 被災対象地区の気象条件

被災対象地区の月別気温と降水量は、以下のとおりである。

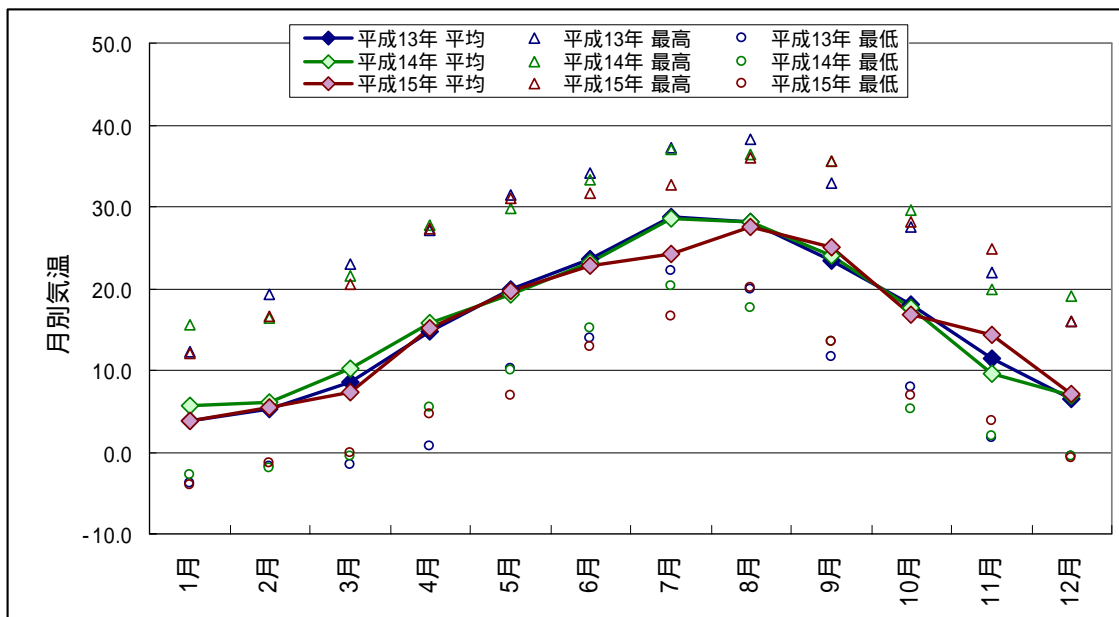


図 3-1 京都市における月別気温

降水量については、ばらつきはあるが夏季（7～9月）の降水量も多い。

また、夏季（7～9月）の比較的強い降雨の発生状況についてみると（H12～16年京都地方気象台アメダス10分値データに基づく）、1時間最大降雨強度が5mm/hr以上の降雨の降雨継続時間の平均は約6時間、総降雨量の平均は約25mmである。

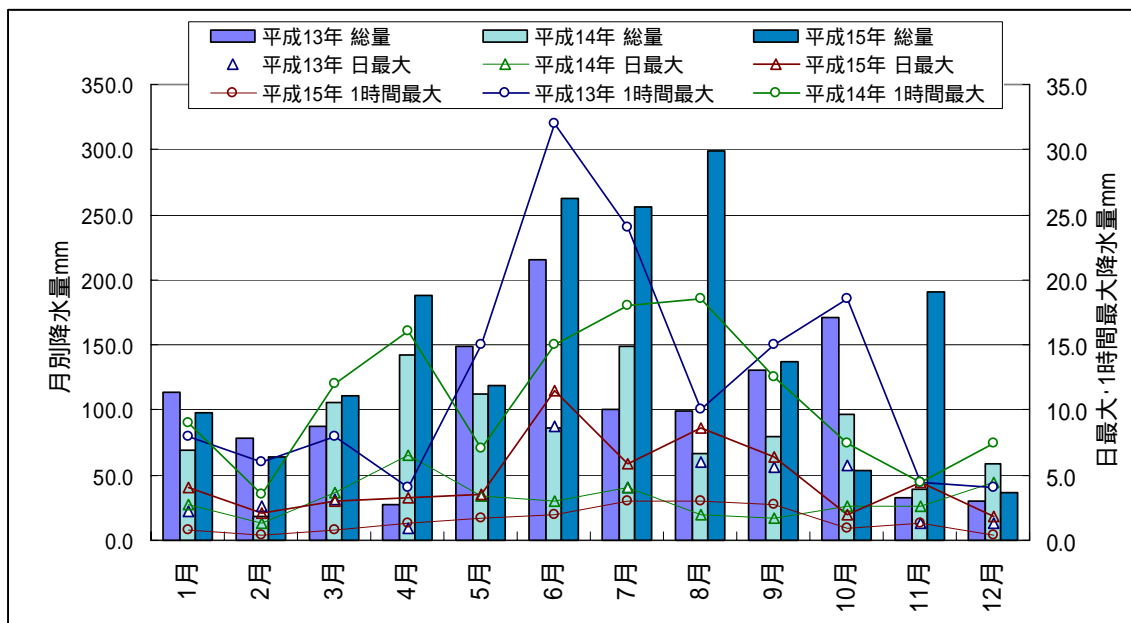


図 3-2 京都市における月別降水量・日最大・1時間最大降水量

4 下水処理場の被災想定

4.1 下水処理場の被災想定

(1) 対象下水処理場

本ケーススタディで対象とする下水処理場は、地震動の強い京都市周辺に位置し、かつ処理規模の大きい6つの下水処理場とする。

- 京都市：鳥羽、吉祥院、伏見、石田
- 京都府流域：洛西、洛南

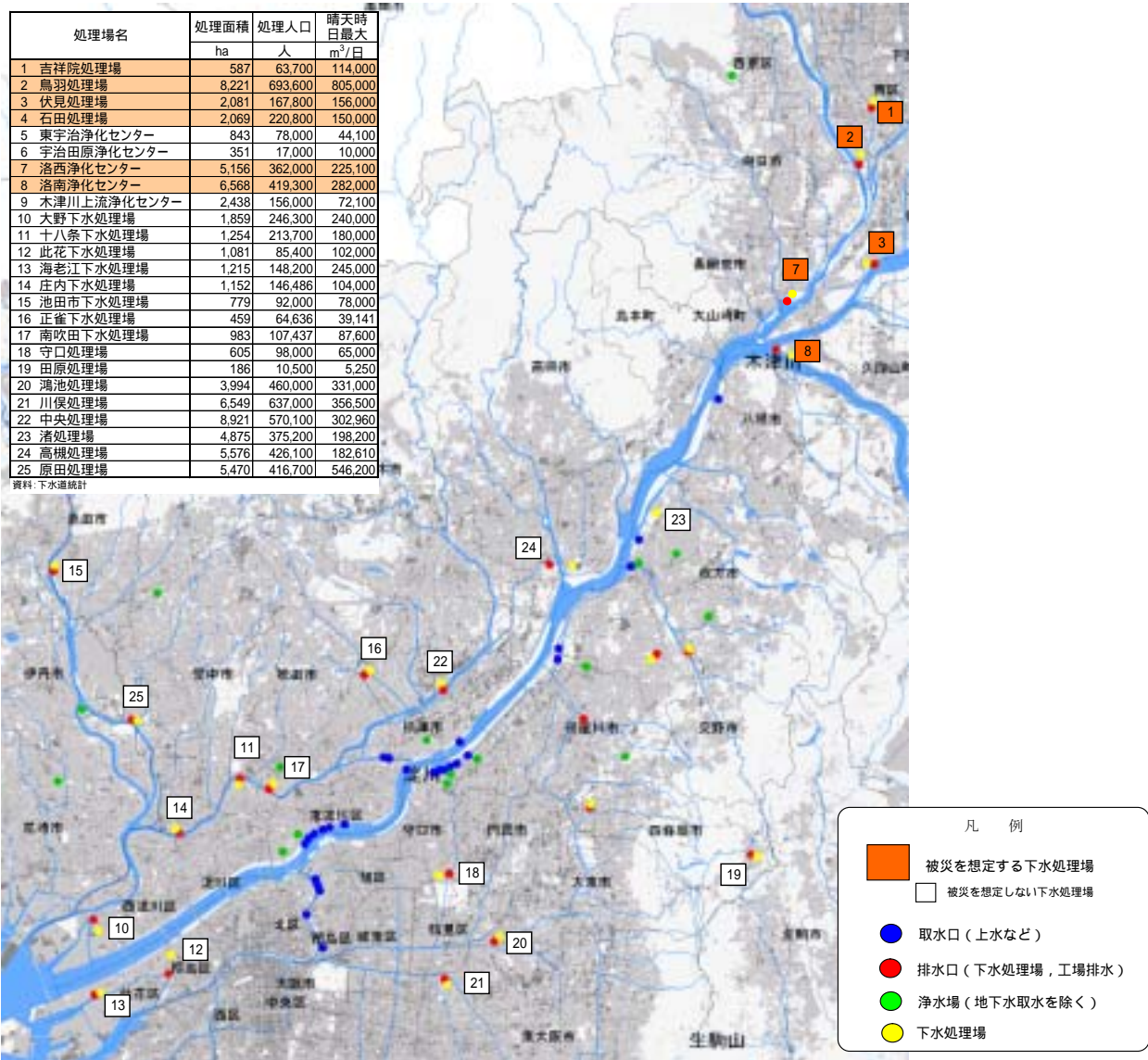


図 4-1 対象とする想定被災下水処理場と淀川水系の取水・排水系統

(2) 下水処理場の被災状況

対象とする下水処理場については、建築部分については耐震診断・補強工事が進んでいるが、土木部分については被災予測を行っているものの、補強工事を行っている。

下水管渠については、耐震診断・補強工事は未実施である。

表 4-1 京都府下水処理場の耐震化状況

京都府							
洛西				洛南			
	設計年度	耐震診断	耐震化状況		設計年度	耐震診断	耐震化状況
流入渠		未実施	未対応	流入渠			未対応
沈砂池ポンプ棟	S52	未実施	未対応	沈砂池ポンプ棟	S60	未実施	未対応
導水渠	S59	未実施		導水渠	H6	未実施	L2
水処理A系	S51	未実施	未対応	水処理A系	S56	未実施	未対応
水処理B系	S59	未実施	未対応	水処理A系	S61	1次診断	未対応
水処理B系	S60	未実施	未対応	水処理B系	H1	1次診断	未対応
水処理C系	S63	未実施	未対応	水処理C系	H6	1次診断	未対応
水処理D系	H3	未実施	未対応	水処理D系	H12		D系のみL2
水処理E系	H6	未実施	E系のみL1				
管廊		未実施	未対応	管廊		未実施	未対応
消毒	S51	未実施	未対応	消毒		未実施	未対応
放流渠	S51	未実施	未対応	放流渠	S58	未実施	未対応
汚泥		未実施	焼却炉1基 ガスタンク1基	汚泥		未実施	ガスタンク1基 消化タンク2基 ガス発電設備
管理棟			未対応	管理棟		未実施	未対応

表 4-2 京都市下水処理場の耐震予測結果

京都市							
鳥羽				吉祥院			
	施工年	構造被害	機能被害		施工年	構造被害	機能被害
B1系沈砂池	S39	B	A	A系沈砂池	S39	A	A
新B1系沈砂池	S43	C	B	A系ポンプ場	S39	A	A
ポンプ場	H6	A	A	A系初沈	S41	B	B
A系初沈	H4	A	A	A系反応槽	S41	B	A
A系反応槽	H4	C	B	A系終沈	S41	B	A
A系終沈	H4	B	A	B系沈砂池ポンプ初沈	H2	A	A
B~D系初沈	S41	B	B	B系反応槽終沈B~D間	S52	A	A
B~D系反応槽	S40	A	A	B系反応槽終沈E~G間	H7	A	A
B~D系終沈	S40	C	B	オゾン処理タンク	H8	A	A
第2沈砂池ポンプ棟	S49	D	B	管理棟	S40	A	A
第2東沈砂池ポンプ棟		A	B	放流渠	S54	B	A
E~H系初沈	S48	A	A	放流渠2	S54	B	A
E~H系反応槽	S44	C	C				
E~H系終沈	S48	A	A	伏見			
I系初沈	S53	C	C		施工年	構造被害	機能被害
I系反応槽	S53	C	C	初沈	S46	B	A
I系終沈	S53	C	C	反応槽 期	S45	A	A
J~K系初沈	S60	A	A	反応槽深層	S55	C	B
J~K系反応槽	S56,S57,H3	A	A	反応槽分流	S62	B	A
J~K系終沈	S56,S57,S61	A	A	終沈1~2号	S55	B	A
第1機械棟	S37	D	C	終沈分流	S62	B	A
第1管理棟	S37	A	A	管理機械棟1	S44	A	A
第2管理棟	S47	C	C	管理機械棟2	S44	A	A
E~H系放流渠	S42	C	B	放流渠	S42	B	B
J~K系放流渠	S55	C	B				
石田							
	施工年	構造被害	機能被害		施工年	構造被害	機能被害
雨水沈砂池	S54	A	A	C,D系初沈	S57,S60	A	A
ポンプ棟	S54	B	B	C,D系反応槽	S57,S60	A	A
A系(B系)初沈	S52	C	C	C,D系終沈	S57,S60	A	A
A系(B系)反応槽(A)	S52	B	B	管理棟	S40	B	B
A系(B系)反応槽(B)	S52	B	B	放流渠1	S53	C	B
A系(B系)終沈	S52	C	C	放流渠2	S52	B	B

【京都市下水処理場耐震診断被災予測の定義】

構造的被害想定		機能被害想定	
被災度	施設状況	影響度	機能状況
D	大きく壊れ、箱形状は何とか保っているが、変形が進み、復旧不可能もしくは多くの費用と時間がかかる可能性が高い。	D	機能喪失または長期間の機能停止。応急対策をしても大幅な機能低下。
C	施設の変形量はDに比べると小さく、復旧可能である。	C	中期間の機能停止。応急対策により、機能低下はDより少ない。
B	変形は少なく、軽微な補修で再使用が可能な状況。	B	一時機能停止や機能低下。応急対策により機能回復は容易。または応急対策不要。
A	損傷が無いか、軽微なクラック、変形のみで、継続して使用可能。特に、復旧、補修の必要はない。	A	機能低下無し。

以上を勘案して、ケーススタディでは、次のように下水処理場が被災するものと想定する。

- **対象下水処理場:全系列被災するものと想定**

- 対象とする各下水処理場は、震度6強のエリアに位置し、十分な耐震化がなされていないため、最悪の場合を想定して、全系列が被災し、未処理放流水が発生するものと想定する。
- ただし、被災後の緊急対応（簡易沈殿・消毒等）については、考慮して検討を行う。

5 下水道施設の機能不全レベルの想定

対象区域から淀川へ放流する負荷量を算定するために、下水道施設の運転・処理工程毎に、被災時に発生する機能不全レベルを想定する。

下水道施設の正常な運転・処理は、次の工程からなる。

- Step1：家庭・事業場からの下水（汚水）が発生
- Step2：汚水が排水管を経て下水本管への流入
- Step3：汚水が下水本管を経て下水処理場へ流入
- Step4：下水処理場で適正に処理

Step1:発生下水(汚水)の想定

兵庫県南部地震発生時の神戸市内のライフラインの施設復旧のスピードは、電気、電話、水道、ガス、下水道の順といわれている。

本ケーススタディでは、住民・事業者は下水道施設の復旧に関係なく、水を使用後すぐに排水すると仮定し、被災後の各家庭・事業場から発生する下水は水道施設の復旧（断水の解消）に伴って増加するものと想定した。

Step2・3:汚水の排水管・下水本管を経た処理場流入の想定

本ケーススタディでは、排水管・下水本管が被災したとしても、最終的には下水処理場に流入すると想定する。

Step4:下水処理場の被災と機能障害・復旧

下水処理場は次のプロセスにより適正な処理が行われる。

- 流入下水の揚水
- 一次処理（沈殿；最初沈殿池）
- 二次処理（生物処理・沈殿；エアレーションタンク→最終沈殿池）
- 消毒（塩素消毒）

これらの各プロセスが地震発生後、一旦全プロセスが機能障害に陥り、その後緊急的な対応を行いながら復旧するものと想定する。

下水処理場の完全復旧まで要する期間は、神戸市東灘下水処理場（320 千 m³/日）：約 100 日、新潟県堀之内下水処理場（14.2 千 m³/日）：約 50 日である。

本ケーススタディにおける下水処理場の完全復旧は 50～100 日を要するものとし、次図に示すように下水処理場被災時の機能レベルと復旧予想を想定する。

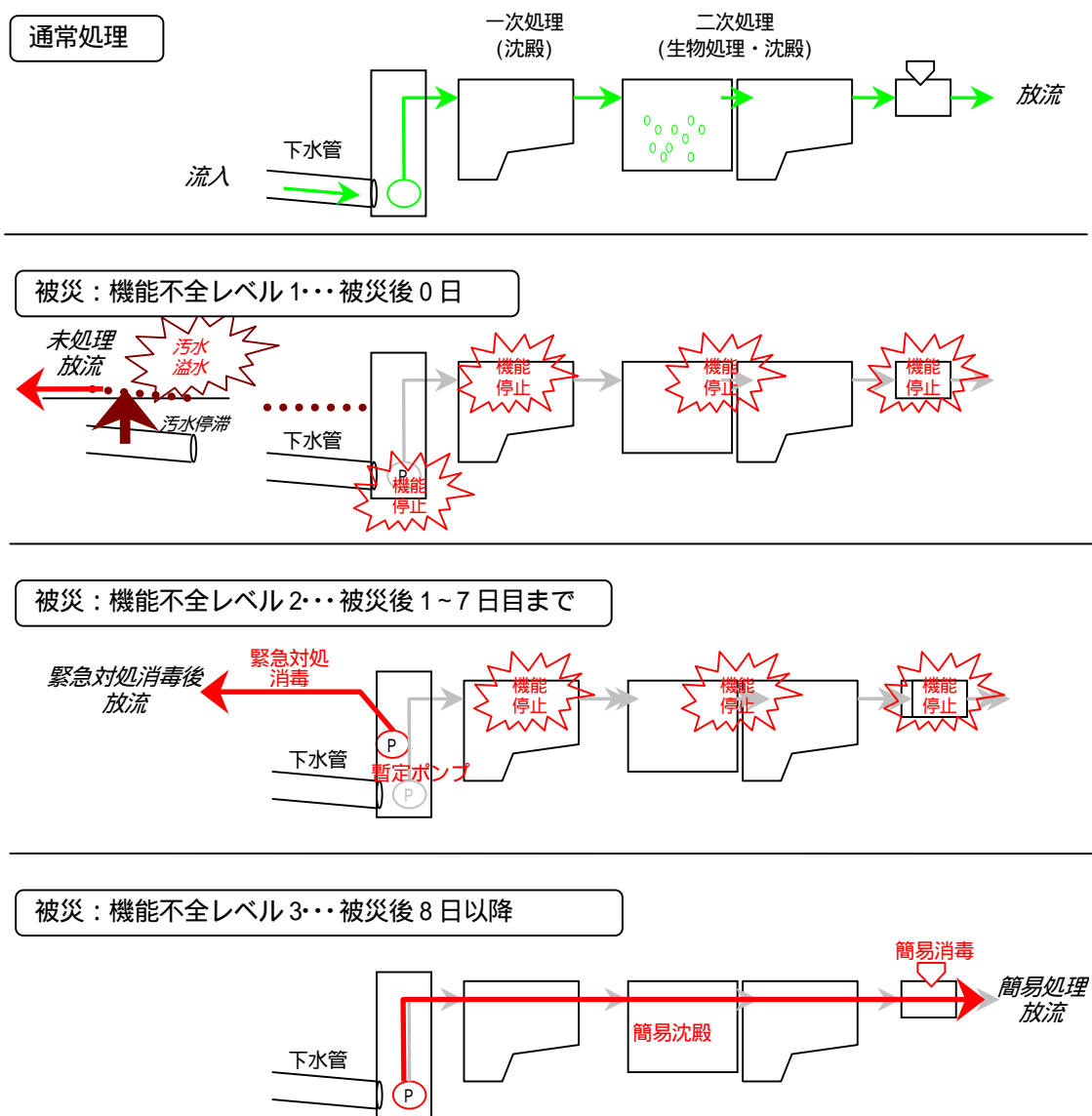


図 5-1 下水処理場の被災と機能障害・復旧の想定

なお、被災後の緊急対応による処理方法と除去率は、次のように想定する。

表 5-1 被災後の緊急対応による処理と除去率の想定

水質項目	通常	未処理 被災後0日	消毒のみ 被災後1～7日まで	沈殿+消毒 被災後8日以降
BOD	90.0%	0.0%	0.0%	30.0%
NH ₄ -N	90.0%	0.0%	0.0%	0.0%
大腸菌群数	99.9%	0.0%	90.0%	90.0%
クリプト	97.0%	0.0%	0.0%	0.0%

6 下水処理場の被災に伴う河川への放流負荷量

6.1 算定方法

有機汚濁 (BOD, NH₄-N)・病原微生物 (大腸菌群数, クリプトスポリジウム) について, 対象地区から河川への放流量の算定方法・条件は, 次のように想定する。

() 下水処理場被災による未処理放流

- 平常時 (現況) の対象とする下水処理場の流入水量・水質から負荷量を算定 (クリプトスポリジウムは文献値を参考)
- 地震発生後, 一時的に完全断水するが, その後の断水率の低減 (京都市復旧予測 45 日に準拠) に伴って汚水が発生すると想定
- なお, 地震発生後任意日の断水率は比例補完して設定
 - 地震発生後 0 日目: 断水率 100%
 - 地震発生後 4 日目: 断水率 75%
 - 地震発生後 45 日目: 断水率 0%

表 6-1 対象下水処理場の流入水量・水質実績(H12～H16;7～9月平均)

		洛西	洛南	鳥羽	吉祥院	伏見	石田	平均
流入水量	m ³ /日	151,943	89,056	680,281	78,713	102,775	112,615	
BOD	mg/L	128	170	114	143	162	136	142
アンモニア性窒素	mg/L	12.8	14.8	7.6	17.5	9.1	11.1	12.1
亜硝酸性窒素	mg/L	0.02	0.00	0.05	0.04	0.00	0.01	0.02
硝酸性窒素	mg/L	0.01	0.00	0.14	0.22	0.05	0.07	0.08
大腸菌群	個/cm ³	178,667	520,000	190,667	156,267	365,333	508,000	319,822

() 合流区域からの未処理放流 (降雨発生により下水管路内堆積量が流出)

- 下水管路内に堆積した全負荷量が降雨により一気に河川へ放流
 - 対象区域: 京都市内合流区域 約 6,000ha
 - 流出量 = 堆積量 × 未処理流出率 (=1.0)
 - 堆積量: 上記()により算定される負荷量の半日分と想定 (合流式下水道改善対策シミュレーションに用いられる仮定)
 - 想定降雨: 京都市内の夏期に発生した降雨の実績から, 比較的強い 5mm/時以上降雨強度を観測した降雨群を抽出し, 平均的な代表降雨を設定: 総降雨量 25mm, 降雨継続時間 6 時間

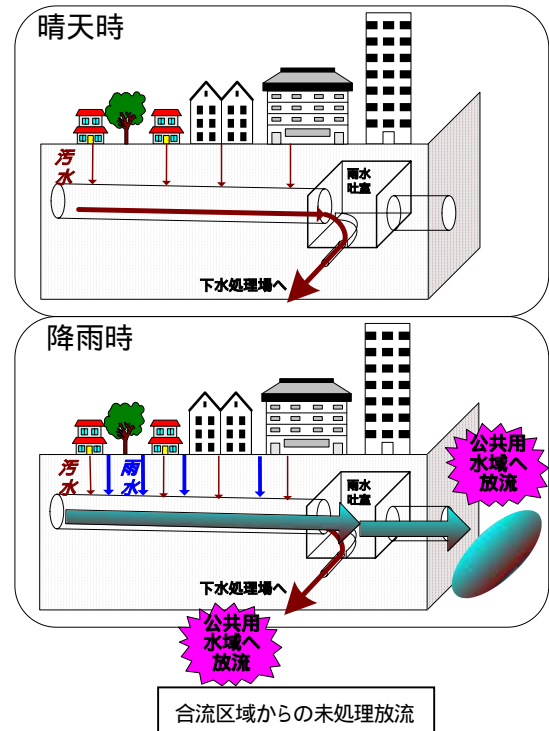


図 6-1 京都市内の合流区域と未処理放流の概念図

6.2 負荷量の算定

以上の条件から算出した放流負荷量を以下に示す。なお、有機汚濁・病原微生物については、下水処理場の緊急対応による処理効果（除去率）を考慮して算定した。

表 6-2 有機汚濁・病原微生物の放流負荷量の想定

項目			京都府		京都市				計
	洛西	洛南	鳥羽	吉祥院	伏見	石田			
流入水量(実績)	m ³ /日		151,900	89,100	680,300	78,700	102,800	112,600	
流入水質(実績)	BOD	mg/L	128	170	114	143	162	136	142 (平均)
	NH ₄ -N	mg/L	12.8	14.8	7.6	17.5	9.1	11.1	12.1 (平均)
	大腸菌群数	個/cm ³	179,000	520,000	191,000	156,000	365,000	508,000	320,000 (平均)
	クリプト:文献値	個/cm ³	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.100 (平均)
流入負荷量	BOD	t/日	19.44	15.15	77.55	11.25	16.65	15.31	155.37
	NH ₄ -N	t/日	1.94	1.32	5.17	1.38	0.94	1.25	12.00
	大腸菌群数	個/日	2.72E+16	4.63E+16	1.30E+17	1.23E+16	3.75E+16	5.72E+16	3.10E+17
	クリプト	個/日	1.52E+10	8.91E+09	6.80E+10	7.87E+09	1.03E+10	1.13E+10	1.22E+11

地震発生後経過日数		日	-1	0	3まで	4	7まで	8	45まで	45以降	
水道断水率		%	0%	100%	75%	75%	70%	70%	0%	0%	
汚水処理状況			通常	未処理	未処理	消毒	消毒	沈殿+消毒	沈殿+消毒		
除去率	BOD	%	90.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	30.0%	30.0%	30.0%	
	NH ₄ -N	%	90.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
	大腸菌群数	%	99.9%	0.0%	90.0%	90.0%	90.0%	90.0%	90.0%	90.0%	
	クリプト	%	97.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
放流負荷量	日量	BOD	t/日	15.54	0.00	38.84	38.84	47.39	33.17	108.76	108.76
		NH ₄ -N	t/日	1.20	0.00	3.00	3.00	3.66	3.66	12.00	12.00
		大腸菌群数	t/日	3.10E+14	0.00E+00	7.76E+15	7.76E+15	9.47E+15	9.47E+15	3.10E+16	3.10E+16
		クリプト	t/日	3.65E+09	0.00E+00	3.04E+10	3.04E+10	3.71E+10	3.71E+10	1.22E+11	1.22E+11
	時間平均量	BOD	t/時	0.65	0.00	1.62	1.62	1.97	1.38	4.53	4.53
		NH ₄ -N	t/時	0.05	0.00	0.12	0.12	0.15	0.15	0.50	0.50
		大腸菌群数	個/時	1.29E+13	0.00E+00	3.23E+14	3.23E+14	3.95E+14	3.95E+14	1.29E+15	1.29E+15
		クリプト	個/時	1.52E+08	0.00E+00	1.27E+09	1.27E+09	1.54E+09	1.54E+09	5.06E+09	5.06E+09

項目			京都府		京都市				計
	洛西	洛南	鳥羽	吉祥院	伏見	石田			
全処理区面積	ha	合流なし	合流なし	8,191.1	587.0	1,911.9	合流なし		
合流区域面積	ha			4,631.0	587.0	801.0		6,019.0	
合流区域比率	ha			0.57	1.00	0.42			
合流区域堆積量 = 流入負荷量 × 堆積比率	BOD	t		21.92	5.63	3.49		31.04	
	NH ₄ -N	t		1.46	0.69	0.20		2.35	
	大腸菌群数	個		3.67E+16	6.14E+15	7.86E+15		5.07E+16	
	クリプト	個		1.92E+10	3.94E+09	2.15E+09		2.53E+10	

堆積量比率: 1日流入負荷量の 0.5 日分

放流負荷量		平均水質		合流区域内降雨量	
時間平均量	BOD	t/時	5.17	29.5 mg/L	(雨水流出率0.7と想定)
	NH ₄ -N	t/時	0.39	2.2 mg/L	1,053.325 m ³
	大腸菌群数	個/時	8.45E+15	48,162 個/cm ³	
	クリプト	個/時	4.22E+09	0.024 個/cm ³	

放流負荷量(時間平均量) = 堆積量 × 未処理流出率 ÷ 降雨継続時間
 未処理流出率 1.0
 降雨継続時間 6 時間
 参考: 総降雨量 25 mm 平均降雨強度 4.2 mm/時

地震発生後経過日数		日	-1	0	3まで	4	7まで	8	45まで	45以降
水道断水率		%	0%	100%	75%	75%	70%	70%	0%	0%
汚水処理状況			通常	未処理	未処理	消毒	消毒	沈殿+消毒	沈殿+消毒	
時間平均量	BOD	汚水放流	t/時	0.65	0.00	1.62	1.62	1.97	1.38	4.53
		合流放流	t/時					5.17		
	計	t/時	0.65	0.00	1.62	1.62	7.15	1.38	4.53	4.53
	NH ₄ -N	汚水放流	t/時	0.05	0.00	0.12	0.12	0.15	0.15	0.50
		合流放流	t/時					0.39		
	計	t/時	0.05	0.00	0.12	0.12	0.54	0.15	0.50	0.50
	大腸菌群数	汚水放流	個/時	1.29E+13	0.00E+00	3.23E+14	3.23E+14	3.95E+14	3.95E+14	1.29E+15
		合流放流	個/時					8.45E+15		
計	個/時	1.29E+13	0.00E+00	3.23E+14	3.23E+14	8.85E+15	3.95E+14	1.29E+15	1.29E+15	
クリプト	汚水放流	個/時	1.52E+08	0.00E+00	1.27E+09	1.27E+09	1.54E+09	1.54E+09	5.06E+09	
	合流放流	個/時					4.22E+09			
計	個/時	1.52E+08	0.00E+00	1.27E+09	1.27E+09	5.76E+09	1.54E+09	5.06E+09	5.06E+09	

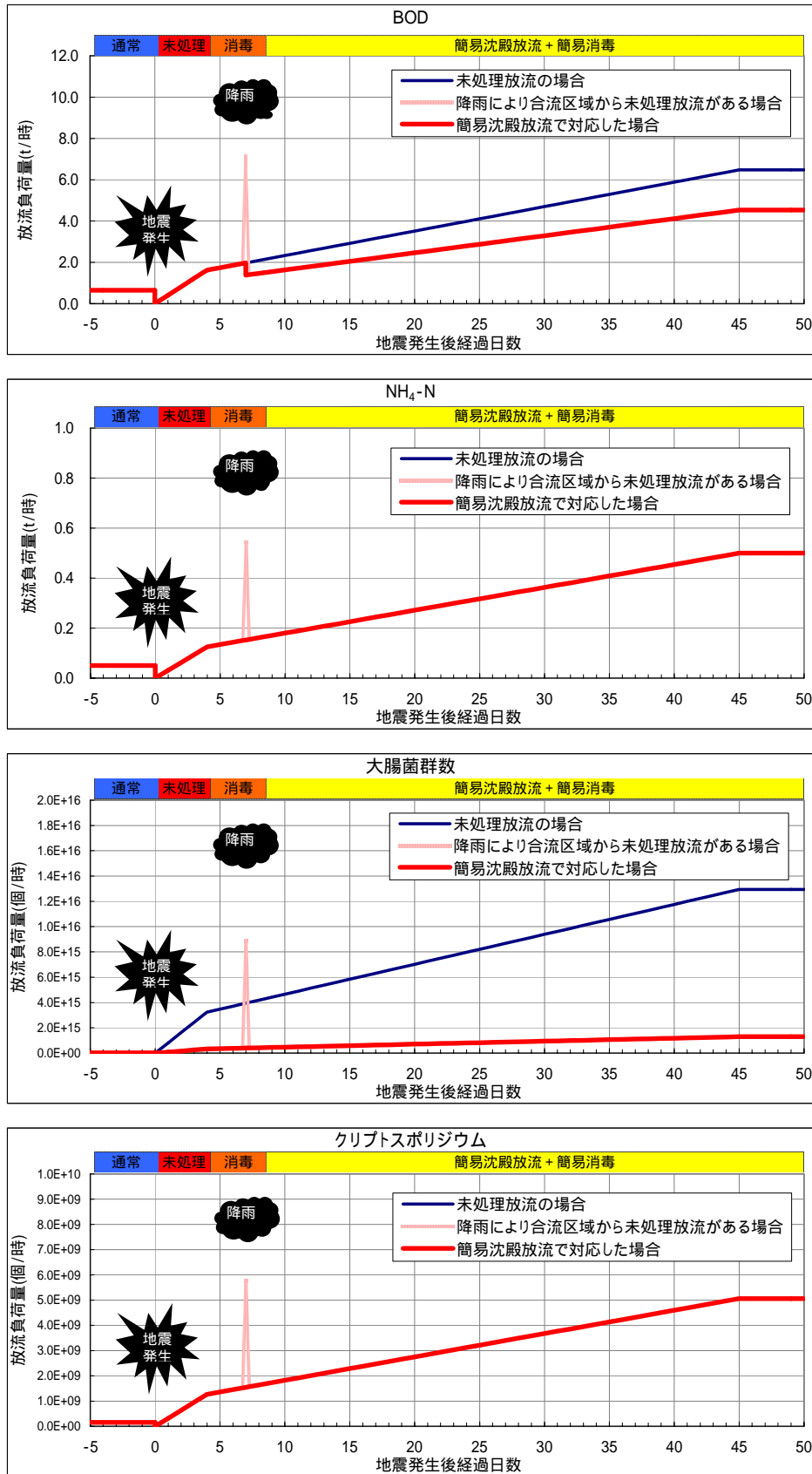


図 6-2 有機汚濁・病原微生物の放流負荷量の想定(経時変化)

7 下水処理場の被災に伴う河川水質の悪化

7.1 河川水質の計算方法

本ケーススタディでは、河川に放流される負荷量の算定において、多くの想定があるため、その精度を勘案すると、精密な河川水質評価モデルを用いる必要性は少ないと考える。

したがって、本ケーススタディにおける河川水質は、放流負荷量に河川自体の負荷量を加えた総負荷量を河川流量で除して河川水質を算出する単純な方法を用いる。

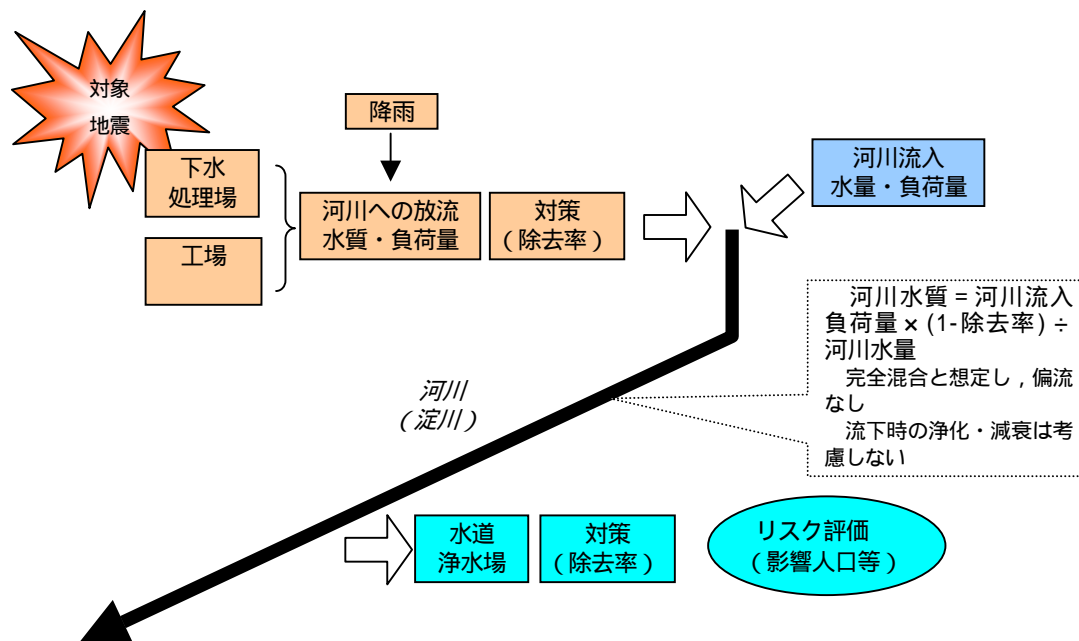


図 7-1 河川水質の算定方法

なお、河川自体の水質・流量は、次のように想定する。

表 7-1 河川自体の水質・流量の想定

項目	単位	数値	備考
流量	m ³ /秒	180.4	水質年表（平成 13 年，国土交通省河川局編）より淀川枚方観測点の H9～H13（5 ヶ年）の 7～9 月実績平均値
BOD	mg/L	1.1	
NH ₄ -N	mg/L	0.047	
大腸菌群数	個/cm ³	434	
クリプトスポリジウム	個/cm ³	0	

※参考：淀川枚方観測点流量（H7～H16 平均） 平水時：178.8 千 m³/秒 低水時：145.2 千 m³/秒

7.2 河川水質

河川水質の算定ケースは、次のような現実的に緊急対応を行うケースと仮想的に最も悪化するケースについて算定する。

【平常時】

【被災時ケース】 簡易沈殿放流+消毒（被災後 45 日時点）

- 現実的な緊急対応処理を行う場合の最も放流負荷量が多くなるケース

【被災時ケース】 未処理放流（被災後 45 日時点）

- 現実には起こりえないが（被災後は何らかの緊急対応を実施する）、放流負荷量が多くなるケース

【被災時ケース】 未処理放流（被災後 7 日時点）+降雨による合流区域堆積物未処理放流

- 最も水質が悪化するケース（ただし、降雨発生後 6 時間程度に限定される）

以上のケースごとの河川水質計算結果を次に示す。

表 7-2 有機汚濁・病原微生物を対象とした河川水質計算結果-1

【平常時】

項目		下水処理場からの放流負荷量							計
		洛西	洛南	鳥羽	吉祥院	伏見	石田		
日平均汚水量		千m ³ /日	151.9	89.1	680.3	78.7	102.8	112.6	1,215.4
BOD	流入	mg/L	128	170	114	143	162	136	128
		t/日	19.4	15.1	77.6	11.3	16.7	15.3	155.4
	除去率	%	90						
NH4-N	放流	mg/L	12.8	17.0	11.4	14.3	16.2	13.6	12.8
		t/日	1.94	1.51	7.76	1.13	1.67	1.53	15.54
	除去率	%	90						
大腸菌群数	放流	mg/L	1.28	1.48	0.76	1.75	0.91	1.11	0.99
		t/日	0.194	0.132	0.517	0.138	0.094	0.125	1.200
	除去率	%	99.9						
クリプトスポリジウム	流入	個/cm ³	1.79E+05	5.20E+05	1.91E+05	1.56E+05	3.65E+05	5.08E+05	2.55E+05
		個/日	2.72E+16	4.63E+16	1.30E+17	1.23E+16	3.75E+16	5.72E+16	3.10E+17
	除去率	%	97.0						
クリプトスポリジウム	放流	個/cm ³	3.00E-03						3.00E-03
		個/日	4.56E+08	2.67E+08	2.04E+09	2.36E+08	3.08E+08	3.38E+08	3.65E+09
	除去率	%	97.0						

項目		河川流量・水質	
項目	流量	千m ³ /日	枚方
	流量	千m ³ /日	15,587
BOD			
	mg/L		1.1
	t/日		17.15
NH4-N			
	mg/L		0.047
	t/日		0.733
大腸菌群数			
	個/cm ³		434
	個/日		6.765E+15
クリプトスポリジウム			
	個/cm ³		0.00E+00
	個/日		0

表 7-3 有機汚濁・病原微生物を対象とした河川水質計算結果-2

〔被災時ケース〕 簡易沈殿放流+消毒(被災後45日時点)

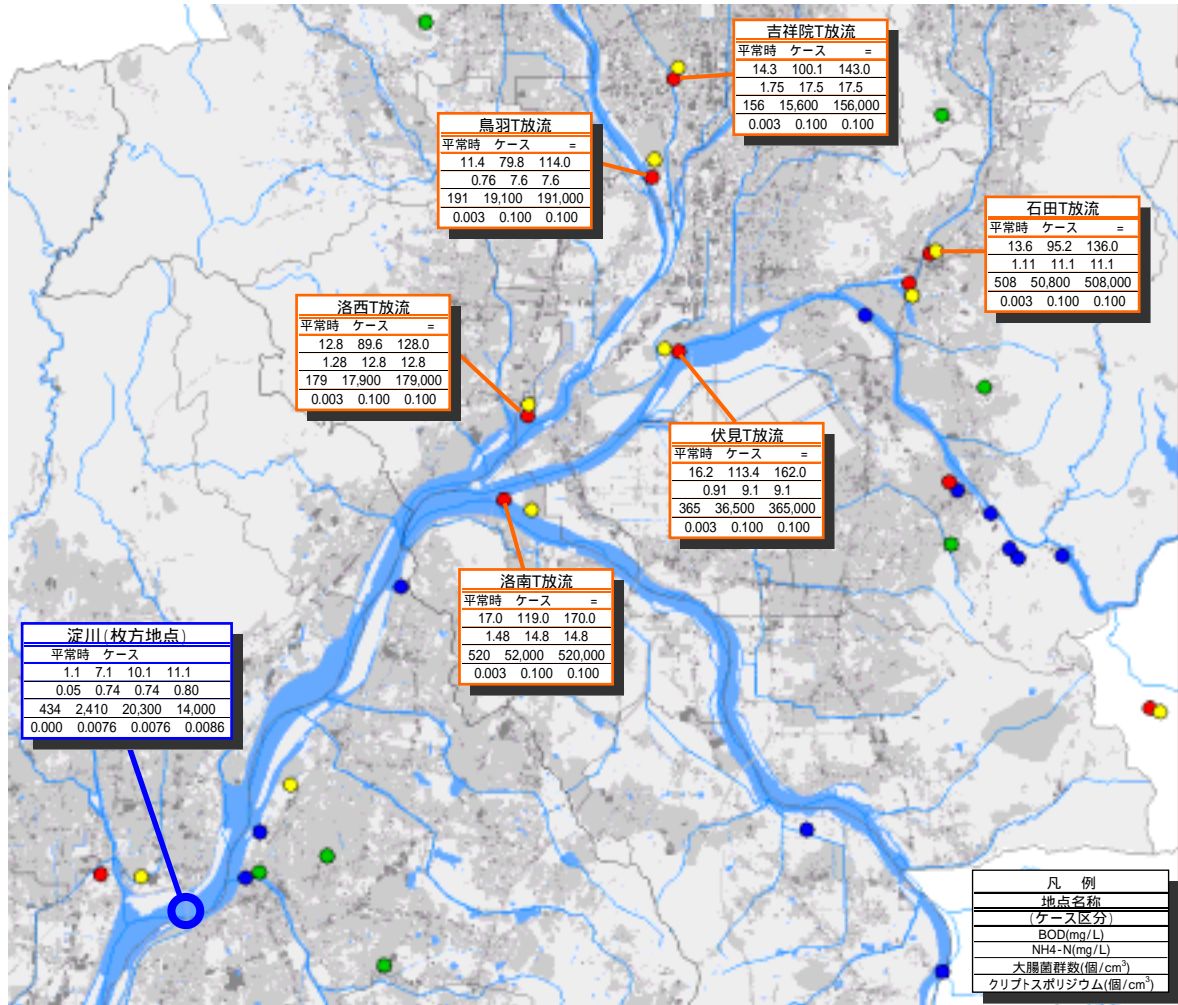
下水処理場からの放流負荷量										河川流量・水質		
項目		洛西	洛南	鳥羽	吉祥院	伏見	石田	計	被災時 増加分	項目	枚方	
日平均汚水量	千m ³ /日	151.9	89.1	680.3	78.7	102.8	112.6	1,215.4		流量	千m ³ /日 15,587	
BOD	流入	mg/L 128	170	114	143	162	136	128		BOD		
		t/日 19.4	15.1	77.6	11.3	16.7	15.3	155.4				
	除去率	%										
NH4-N	流入	mg/L 12.8	14.8	7.6	17.5	9.1	11.1	9.9		NH4-N		
		t/日 1.94	1.32	5.17	1.38	0.94	1.25	12.00				
	除去率	%										
大腸菌 群数	流入	個/cm ³ 1.79E+05	5.20E+05	1.91E+05	1.56E+05	3.65E+05	5.08E+05	2.55E+05		大腸菌 群数		
		個/日 2.72E+16	4.63E+16	1.30E+17	1.23E+16	3.75E+16	5.72E+16	3.10E+17				
	除去率	%										
クリプト スポリ ジウム	流入	個/cm ³ 1.00E-01						1.00E-01		クリプト スポリ ジウム		
		個/日 1.52E+10	8.91E+09	6.80E+10	7.87E+09	1.03E+10	1.13E+10	1.22E+11				
	除去率	%										
大腸菌 群数	放流	mg/L 89.6	119.0	79.8	100.1	113.4	95.2	89.5	76.7	大腸菌 群数	mg/L 7.1	
		t/日 13.6	10.6	54.3	7.9	11.7	10.7	108.8	93.2			t/日 110.4
	除去率	%										
NH4-N	放流	mg/L 12.8	14.8	7.6	17.5	9.1	11.1	9.9	8.88	NH4-N	mg/L 0.74	
		t/日 1.94	1.32	5.17	1.38	0.94	1.25	12.00	10.80			t/日 11.53
	除去率	%										
大腸菌 群数	放流	個/cm ³ 1.79E+04	5.20E+04	1.91E+04	1.56E+04	3.65E+04	5.08E+04	2.55E+04	2.53E+04	大腸菌 群数	個/cm ³ 2,406	
		個/日 2.72E+15	4.63E+15	1.30E+16	1.23E+15	3.75E+15	5.72E+15	3.10E+16	3.07E+16			個/日 3.75E+16
	除去率	%										
クリプト スポリ ジウム	放流	個/cm ³ 1.00E-01						1.00E-01		クリプト スポリ ジウム	個/cm ³ 7.56E-03	
		個/日 1.52E+10	8.91E+09	6.80E+10	7.87E+09	1.03E+10	1.13E+10	1.22E+11	1.18E+11			個/日 1.18E+11
	除去率	%										

〔被災時ケース〕 未処理放流(被災後45日時点)

下水処理場からの放流負荷量										河川流量・水質		
項目		洛西	洛南	鳥羽	吉祥院	伏見	石田	計	被災時 増加分	項目	枚方	
日平均汚水量	千m ³ /日	151.9	89.1	680.3	78.7	102.8	112.6	1,215.4		流量	千m ³ /日 15,587	
BOD	流入	mg/L 128	170	114	143	162	136	128		BOD		
		t/日 19.4	15.1	77.6	11.3	16.7	15.3	155.4				
	除去率	%										
NH4-N	流入	mg/L 12.8	14.8	7.6	17.5	9.1	11.1	9.9		NH4-N		
		t/日 1.94	1.32	5.17	1.38	0.94	1.25	12.00				
	除去率	%										
大腸菌 群数	流入	個/cm ³ 1.79E+05	5.20E+05	1.91E+05	1.56E+05	3.65E+05	5.08E+05	2.55E+05		大腸菌 群数		
		個/日 2.72E+16	4.63E+16	1.30E+17	1.23E+16	3.75E+16	5.72E+16	3.10E+17				
	除去率	%										
クリプト スポリ ジウム	流入	個/cm ³ 1.00E-01						1.00E-01		クリプト スポリ ジウム		
		個/日 1.52E+10	8.91E+09	6.80E+10	7.87E+09	1.03E+10	1.13E+10	1.22E+11				
	除去率	%										
大腸菌 群数	放流	mg/L 128.0	170.0	114.0	143.0	162.0	136.0	127.8	115.0	大腸菌 群数	mg/L 10.1	
		t/日 19.4	15.1	77.6	11.3	16.7	15.3	155.4	139.8			t/日 157.0
	除去率	%										
NH4-N	放流	mg/L 12.8	14.8	7.6	17.5	9.1	11.1	9.9	8.88	NH4-N	mg/L 0.74	
		t/日 1.94	1.32	5.17	1.38	0.94	1.25	12.00	10.80			t/日 11.53
	除去率	%										
大腸菌 群数	放流	個/cm ³ 1.79E+05	5.20E+05	1.91E+05	1.56E+05	3.65E+05	5.08E+05	2.55E+05	2.55E+05	大腸菌 群数	個/cm ³ 2.03E+04	
		個/日 2.72E+16	4.63E+16	1.30E+17	1.23E+16	3.75E+16	5.72E+16	3.10E+17	3.10E+17			個/日 3.17E+17
	除去率	%										
クリプト スポリ ジウム	放流	個/cm ³ 1.00E-01						1.00E-01	9.70E-02	クリプト スポリ ジウム	個/cm ³ 7.56E-03	
		個/日 1.52E+10	8.91E+09	6.80E+10	7.87E+09	1.03E+10	1.13E+10	1.22E+11	1.18E+11			個/日 1.18E+11
	除去率	%										

〔被災時ケース〕 未処理放流(被災後7日時点) + 降雨による合流区域堆積物未処理放流

下水処理場からの放流負荷量										河川流量・水質		
項目		洛西	洛南	鳥羽	吉祥院	伏見	石田	計	被災時 増加分	項目	枚方	
日平均汚水量	千m ³ /日	151.9	89.1	680.3	78.7	102.8	112.6	1,215.4		流量	千m ³ /日 15,587	
BOD	流入	mg/L 128	170	114	143	162	136	128		BOD		
		t/日 19.4	15.1	77.6	11.3	16.7	15.3	155.4				
	除去率	%										
NH4-N	流入	mg/L 12.8	14.8	7.6	17.5	9.1	11.1	9.9		NH4-N		
		t/日 1.94	1.32	5.17	1.38	0.94	1.25	12.00				
	除去率	%										
大腸菌 群数	流入	個/cm ³ 1.79E+05	5.20E+05	1.91E+05	1.56E+05	3.65E+05	5.08E+05	2.55E+05		大腸菌 群数		
		個/日 2.72E+16	4.63E+16	1.30E+17	1.23E+16	3.75E+16	5.72E+16	3.10E+17				
	除去率	%										
クリプト スポリ ジウム	流入	個/cm ³ 1.00E-01						1.00E-01		クリプト スポリ ジウム		
		個/日 1.52E+10	8.91E+09	6.80E+10	7.87E+09	1.03E+10	1.13E+10	1.22E+11				
	除去率	%										
大腸菌 群数	放流	mg/L 前出「汚水・合流による放流負荷量」未処理の場合、参照						141.2	128.4	大腸菌 群数	mg/L 11.1	
		t/日						171.6	156.1			t/日 173.2
	除去率	%										
NH4-N	放流	mg/L 前出「汚水・合流による放流負荷量」未処理の場合、参照						10.7	9.68	NH4-N	mg/L 0.80	
		t/日						12.96	11.76			t/日 12.49
	除去率	%										
大腸菌 群数	放流	個/cm ³ 前出「汚水・合流による放流負荷量」未処理の場合、参照						1.75E+05	1.75E+05	大腸菌 群数	個/cm ³ 1.40E+04	
		個/日						2.12E+17	2.12E+17			個/日 2.19E+17
	除去率	%										
クリプト スポリ ジウム	放流	個/cm ³ 前出「汚水・合流による放流負荷量」未処理の場合、参照						1.14E-01	1.11E-01	クリプト スポリ ジウム	個/cm ³ 8.64E-03	
		個/日						1.38E+11	1.35E+11			個/日 1.35E+11
	除去率	%										



注: 下水処理場からの放流負荷量ケース = ケース , ただしケース には合流区域からの未処理放流負荷量が別途加算される

図 7-2 有機汚濁・病原微生物を対象とした河川水質計算結果

結果の考察

【被災時ケース Ⅰ】

緊急対応処理を行うものの、平常時に比較して、BOD 約 7 倍、NH₄-N(約 16 倍、大腸菌群数約 6 倍と大幅に水質が悪化する。平常時に淀川ではほぼ検知されていないクリプトスポリジウムは、10 当たり数個というレベルで検知される状況となる。

下水処理場被災後、徐々に悪化することとなるが、長期間（想定では被災後 50～100 日間）にわたって河川水質は悪化することとなる。

【被災時ケース Ⅱ】

被災後には何らかの緊急対応を実施するため、現実には起こりえないが最悪のケースといえ、【被災時ケース Ⅰ】と同様に長期間にわたって河川水質は悪化する。

【被災時ケース①】の緊急処理の処理効果が低いため、BOD、大腸菌群数については、大幅に水質が悪化することはない。また、特に NH₄-N、クリプトスポリジウムについては、緊急処理による除去効果は見込んでいないため、河川水質は変化しないこととなる。

【被災時ケース Ⅲ】

検討ケースのうち、最も水質が悪化する。

ただし、降雨後の比較的短時間（本検討では 6 時間程度）に発生する状況であり、この悪化する短期間の水質の状況を検知することが重要である。

表 7-4 有機汚濁・病原微生物を対象とした河川水質計算結果まとめ

水質項目	【平常時】	【被災時ケース Ⅰ】 簡易沈殿放流+消毒(被災後 45 日時点)	【被災時ケース Ⅱ】 未処理放流(被災後 45 日時点)	【被災時ケース Ⅲ】 未処理放流(被災後 7 日時点) + 降雨による合流区域堆積物未処理放流
BOD(mg/L)	1.1	7.1	10.1	11.1
NH ₄ -N(mg/L)	0.047	0.74	0.74	0.80
大腸菌群数(個/cm ³)	4.34E+02	2.41E+03	2.03E+04	1.40E+04
クリプトスポリジウム (個/cm ³)	0.00E-03	7.56E-03	7.56E-03	8.64E-03

8 病原微生物感染リスク評価

病原微生物の感染リスクについて、モデル構築し感染確率、感染者数等を評価する。

8.1 感染モデルの構成

感染モデルの構成を図 8-1 に示す。図は都市内において水系感染症の病原微生物が水利用を介して伝播する過程をモデル化している。すなわち、河川水を取水し浄水処理を経て都市に給水され、その排水が下水処理場に流入し河川に放流されるような水利用において、何らかの事由により病原微生物が河川水に混入していたり、都市内で偶発的に感染者が発生した場合に水の流れとともに病原微生物が運搬され、都市内で感染症が流行する状況を想定している。図 8-1 に示した水利用形態を一つのユニットとして図 8-2 に示すように流域沿いに配置することによって複雑な取排水系統をモデル化することが可能である。

下水処理場の放流口が上水道の取水口より上流側にある場合には水利用の循環系が形成され、一度、クリプトスポリジウムの感染者が発生すると、感染者から排出されるオーシストが下水→河川→上水を循環するため感染者数が急激に増加していくこととなる。

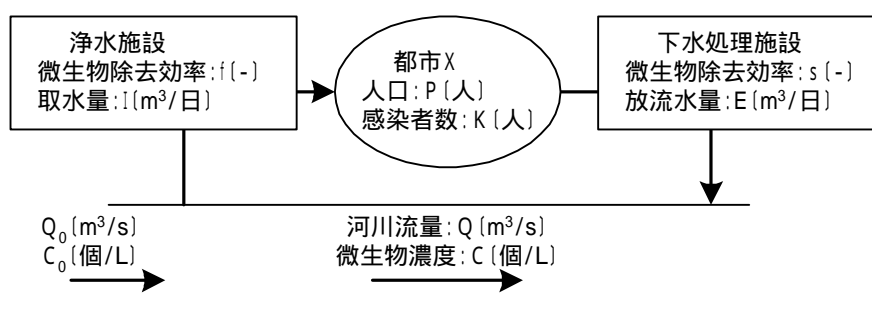


図 8-1 感染モデルの構成

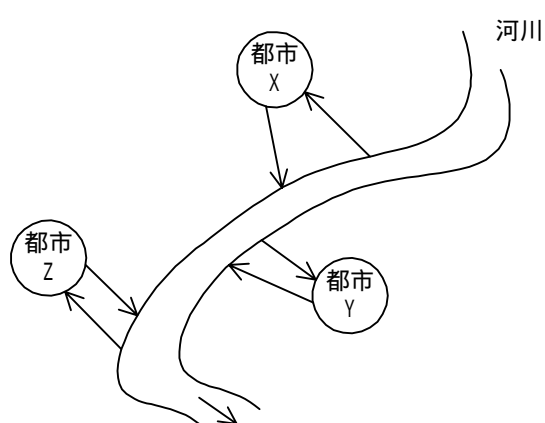


図 8-2 都市の配置例

例えば、都市Yは都市Xでの感染症の流行の影響を受ける。また、都市Zは取水口が排水口の下流にあるため、病原微生物が循環して被害が拡大する可能性が高い。

8.2 シミュレーションの方法

シミュレーションのフローを図 8-3に示す。

図に示したフローに従って計算を進め、感染者数 K 、浄水中のオーシスト濃度 C_{dk} を算定する。

- ①河川中の病原微生物濃度 C から、水道原水中の病原微生物濃度 C_{lin} を算定する。他水源からの取水がある場合は取水量で案分して算定する。

$$C_{lin} = C \times q_0 / (q_0 + q_1 + \dots) \quad (1)$$

C_{lin} : 水道原水中の病原微生物濃度

C : 河川中の病原微生物濃度

q_0 : 当該河川からの取水量

q_n : 他水系からの取水量

初期条件として河川中の病原微生物濃度を仮定するならば、初期病原微生物濃度 C_0 を設定して計算を開始する。

- ②浄水場での除去率 f から水道水中の病原微生物濃度 C_{dk} を算出する。

$$C_{dk} = C_{lin} \times (1 - f) \quad (2)$$

C_{dk} : 水道水中の病原微生物濃度

f : 浄水場での除去率

- ③感染確率 $P(N)$ をHaas⁴⁾らの関係式から算定する。

$$P(N) = 1 - \exp(-N/k) \quad (3)$$

$P(N)$: 感染確率

N : 摂取個数

k : パラメータ

(クリプトスポリジウムの場合 238.601)

ただし、

$$N = C_{dk} \times v_{dk} \quad (4)$$

v_{dk} : 飲水量

- ④給水区域内人口 P に感染確率 $P(N)$ を乗じて感染者数 K を算定する。

$$K = P \times P(N) \quad (5)$$

K : 感染者数

P : 給水区域内人口

既に感染者が存在しているとして初期条件を仮定するならば初期感染者数 K_0 を設定して計算を開始する。

- ⑤感染者から排出される病原微生物量 b を設定し下水処理施設への流入下水中の病原微生物濃度

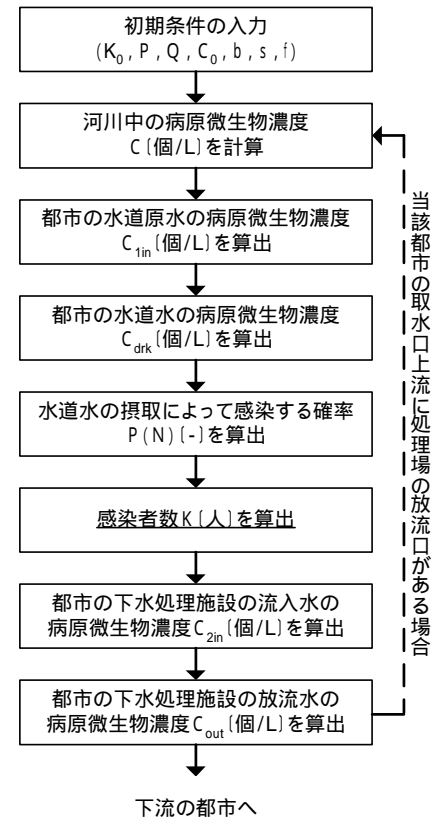


図 8-3 シミュレーションのフロー

C_{2in} を算出する。

$$C_{2in} = K \times b / q_s \quad (6)$$

C_{2in} : 下水処理場流入水中の
病原微生物濃度

b : 感染者から排出される病原微生物濃度

q_s : 排水量

⑥ 下水処理施設での除去率 s から放流水中の病原微生物濃度 C_{out} を算出する。

$$C_{out} = C_{2in} \times (1 - s) \quad (7)$$

C_{out} : 処理場からの放流水中の
病原微生物濃度

s : 下水処理による病原微生物の除去率

⑦ 河川流量 Q から河川中の病原微生物濃度 C を算定する。(①にもどる。)

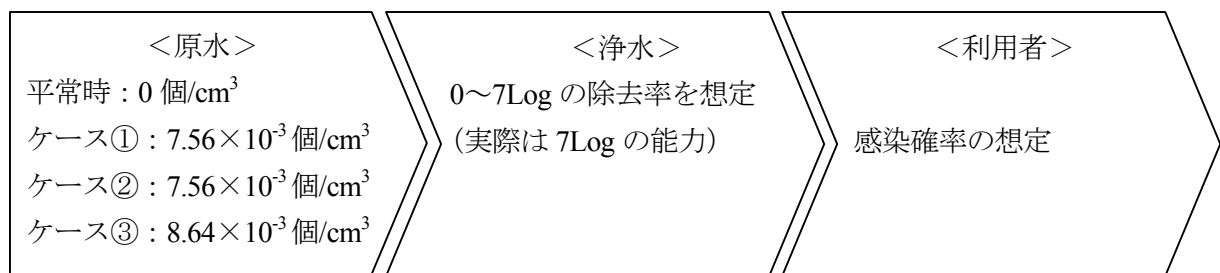
$$C = C_{out} / (q_s + Q) \quad (8)$$

C : 河川中の病原微生物濃度

q_s : 処理場からの放流量

Q : 河川流量

* 本項の検討では、既に取水地点におけるクリプトスポリジウム濃度が明らかにされているので
取水→浄水→利用者の部分についてのみ試算を実施した。



8.3 感染モデルの仮定値

原水となる河川水質（クリプトスポリジウムオーシスト濃度）については、これまで検討された平常時、ケース①、ケース②、ケース③の数値を採用した。

1人1日当たり水道水摂取量については、米国環境保護庁（USEPA）が推奨する値として2L/人・日があり、わが国においても水道水質基準はこの値を基に考慮されていることから本検討においても同値を採用した。

また、上下水道施設の処理方式とオーシスト除去率については文献値から表8-1のように設定した。

表 8-1 処理方式とオーシスト除去率

処理方式	オーシスト除去率
・急速ろ過	2 ~ 3 Log
・緩速ろ過	3 ~ 4 Log
・膜ろ過	5 ~ 7 Log
・オゾン処理	1 ~ 2 Log
・粒状活性炭ろ過	1.5 ~ 2 Log

8.4 感染シミュレーション結果

以上の仮定値にしたがって、感染シミュレーションを実施した。

試算結果は次項の図に示す。

図中の青線は日当りの感染確率であり、緑線は1年間2L/日ずつ飲用し続けた場合の年間感染確率である。赤線は感染確率 10^{-4} /年で、USEPAが年間感染確率の目標値（10,000人に1人以下）として提案している数値を示している。

いずれのケースにおいても、USEPAの提案値を満足するためには、通常の急速ろ過フローのみ（2~3Log）では達成できず、膜ろ過か高度浄水処理を併用（6Log程度以上）して達成できる水準となっている。

仮に、急速ろ過のみで送水した場合の感染確率は 10^{-3} ~ 10^{-4} /日程度であり無視できないリスクとなるため、一時的に取水を停止しバックアップ機能を有する場合は他系統取水・給水するなどして対応することが望ましい。

なお、淀川流域は複雑な水利用が行われており、オーシスト濃度が想定外に高濃度となることも考慮すべきであるが、当該流域の主要な浄水場はハード的にもソフト的にも十分な対策が講じられているため、緊急時においても感染が拡大する事態は想定しづらい。

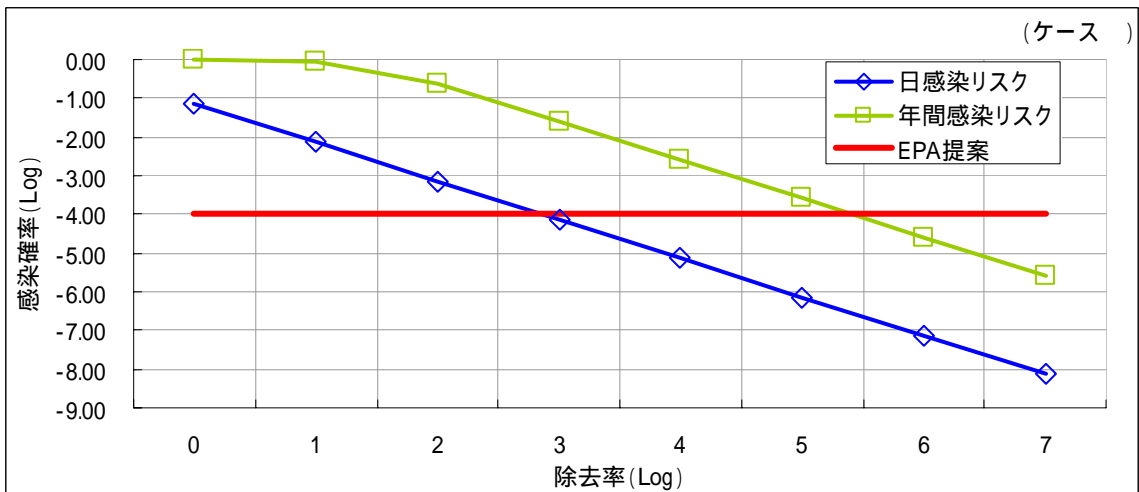
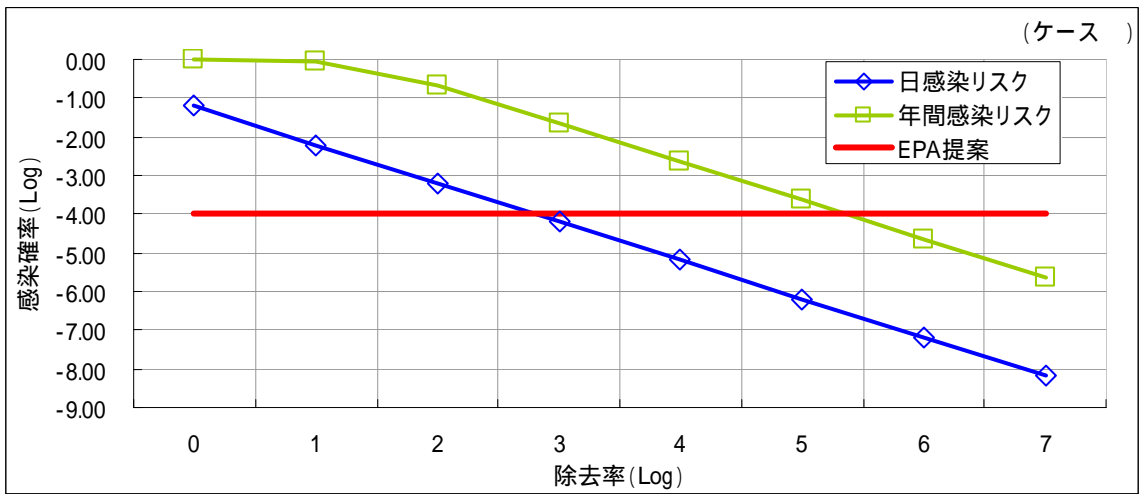
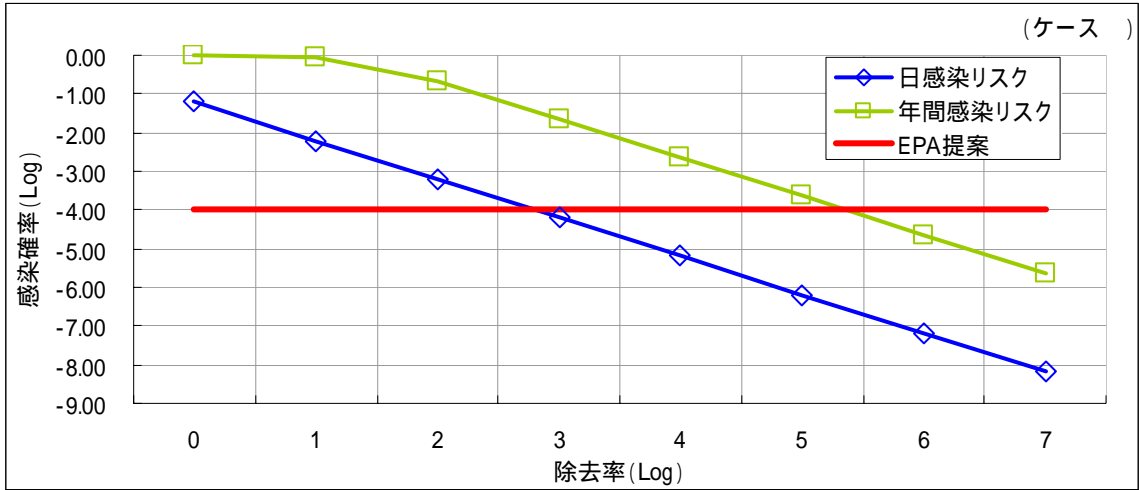


図 8-4 浄水場除去率と感染確率

9 工場・事業場の被災に伴う河川水質の悪化

対象地域における有害物質を取り扱う工場・事業場の所在地（PRTR 届出データより）と京都府防災計画で想定されている地震動の分布を重ね合わせると、京都市周辺自治体のほぼ全事業場が被災する危険性があると考えられる。本ケーススタディでは、対象地区に存在する事業場のうち水道水質基準に係る有害物質を取り扱う事業場を対象として検討を行う。

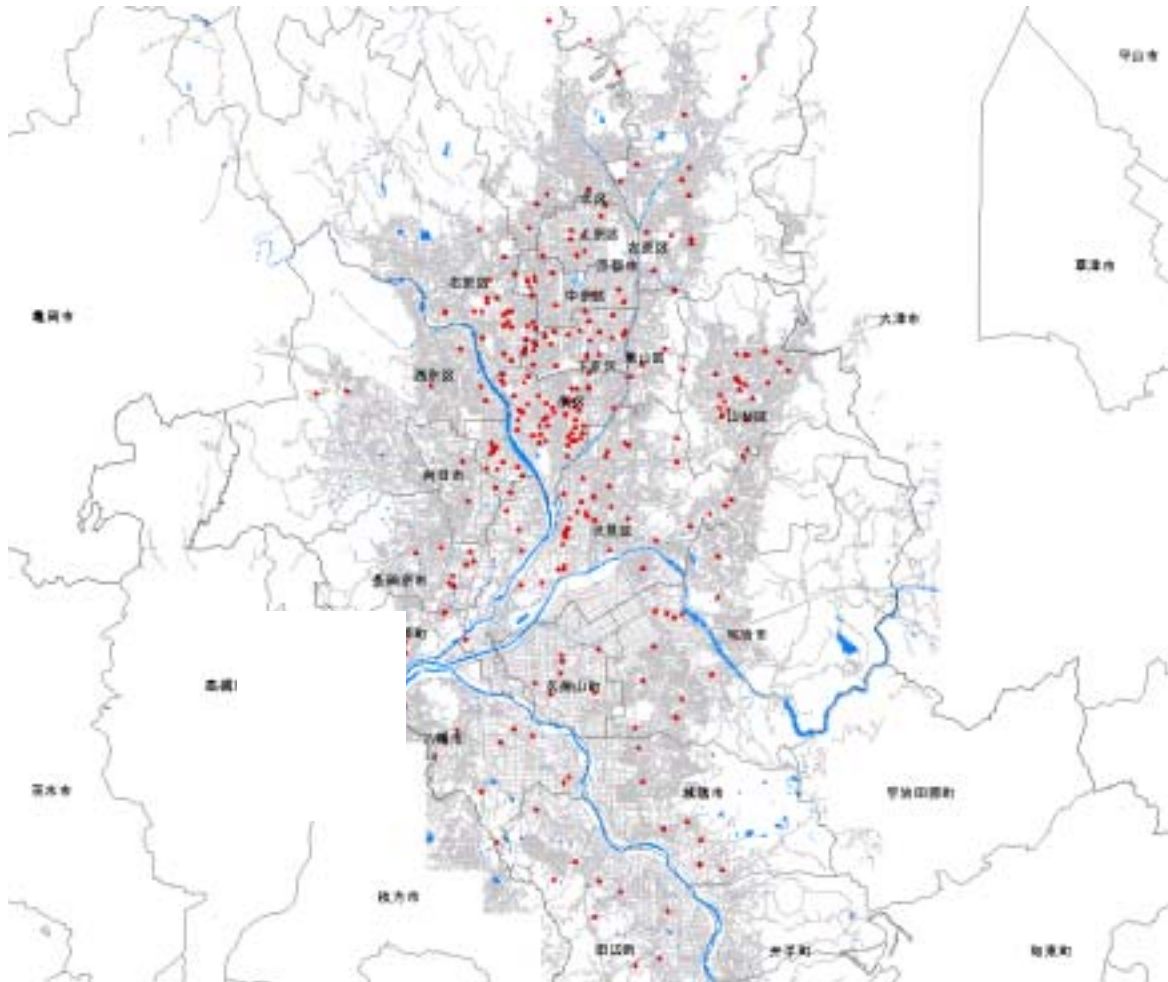


図 9-1 対象地区周辺の有害物質取扱事業場の分布

9.1 河川への放流負荷量

有害物質について、対象地区から河川への放流量の算定方法・条件は、次のように想定する。

- 工場の被災により貯蔵されている有害物質が敷地内に流出・停滞し、発生した降雨により河川へ放流されると想定

● 放流負荷量は、次式により算定

- 年間排出量：PRTR 届出資料等に基づき推定（京都市，宇治市，城陽市，向日市，長岡京市，八幡市，京田辺市，大山崎町，久御山町）
- 年間取扱量＝年間排出量÷平均排出係数（経済産業省・環境省が行う PRTR 排出量の推計でアンケート調査により算出された業種別・化学物質別の平均的な排出係数）
- 貯蔵量＝年間取扱量÷年間在庫入れ替え回数（京都市の代表的な工場を抽出しアンケート調査；在庫入れ替え期間 2 週間として想定）
- 流出量＝貯蔵量×被災率×流出率
- 被災率：家屋の被災率を参考に想定（=0.23；京都市防災計画を参考）
- 流出率：被災した事業場から流出する率で特定は難しいため，流出率 50%として想定

なお，有害物質については，下水処理場の緊急対応による処理効果はないものとする。

表 9-1 有害物質の放流負荷量の想定

番号	第一種指定化学物質名	届出対象				届出対象外				貯蔵量計 kg	河川への流出量	
		排出量 kg/年	移動量 kg/年	取扱量 kg/年	貯蔵量 kg	すそ切り		非対象業種 貯蔵量 kg	総量 kg		流出期間内 kg/時間	
						事業所数 kg/年	取扱量 kg/年					貯蔵量 kg
1	亜鉛の水溶性化合物	18,404	23,525	6,785,991	261,187	831	80,654	3,094	0	264,281	30,392.3	5,065.4
2	アクリルアミド	0	2	0	0	47	2,776	106	0	107	12.3	2.0
25	アンチモン及びその化合物	34	17,346	106,875	4,765	335	53,392	2,048	0	6,813	783.4	130.6
29	4,4'-イソプロピリデンジフェノール(別名ビスフェノール)	840	347	243,670	9,360	35	1,480	57	0	9,416	1,082.9	180.5
47	エチレンジアミン四酢酸					405	48,566	1,863	0	1,863	214.2	35.7
54	エピクロロヒドリン	16	46	102	6	17	996	38	0	44	5.0	0.8
60	カドミウム及びその化合物*	25	0	25	1	101	4,880	187	0	188	21.6	3.6
63	キシレン	351,196	61,935	351,196	15,846				8,629	24,475	2,814.6	469.1
69	6価クロム化合物*	2	1,102	4,615	219	824	209,608	8,040	4	8,263	950.3	158.4
77	クロロエチレン(別名塩化ビニル)*					4	474	18	0	18	2.1	0.3
80	クロロ酢酸	0	0	0	0	19	259	10	0	10	1.1	0.2
95	クロロホルム	5,300	11,565	11,301	877	435	17,579	674	0	1,551	178.4	29.7
108	無機シアン化合物(錯塩及びシアン酸塩を除く。)	482	5,540	79,719	3,270	107	19,577	751	0	4,021	462.4	77.1
112	四塩化炭素	0	0	0	0				0	0	0.0	0.0
113	1,4-ジオキサン	1,640	1,986	5,714	295	266	1,549	59	0	355	40.8	6.8
116	1,2-ジクロロエタン	11	3,418	47	133	76	2,543	98	0	230	26.5	4.4
117	1,1-ジクロロエチレン(別名塩化ビニリデン)	1	0	8,000	307	32	15,024	576	0	883	101.6	16.9
118	cis-1,2-ジクロロエチレン	2	0	2	0	24	2	0	0	0	0.0	0.0
119	trans-1,2-ジクロロエチレン					2	0	0	0	0		
145	ジクロロメタン(別名塩化メチレン)	138,647	68,985	138,647	7,964				0	7,964	915.9	152.6
175	水銀及びその化合物	16	0	1,208	46	79	3,085	118	0	165	18.9	3.2
177	スチレン	42	1	42	2				47	49	5.6	0.9
178	セレン及びその化合物	198	0	404,898	15,530	85	2,469	95	0	15,625	1,796.9	299.5
179	ダイオキシン類*	1,415	17,805	1,415	737				51	788	90.7	15.1
200	テトラクロロエチレン	29,217	11,634	29,217	1,567				0	1,567	180.2	30.0
209	1,1,1-トリクロロエタン	9	0	9	0				0	0	0.0	0.0
210	1,1,2-トリクロロエタン	32	0	1,067	41	37	90	3	0	44	5.1	0.9
211	トリクロロエチレン	26,958	688	26,958	1,060				0	1,060	121.9	20.3
222	トリプロモメタン(別名プロモホルム)					3	1	0	0	0	0.0	0.0
227	トルエン	956,892	549,414	956,892	57,776				5,290	63,066	7,252.6	1,208.8
230	鉛及びその化合物	949	48,693	8,627,273	332,777	818	91,042	3,492	18	336,287	38,673.0	6,445.5
231	ニッケル	30	1,284	300,000	11,556	129	72,485	2,780	0	14,336	1,648.7	274.8
242	ニルフェノール	0	0	0	0	278	33,249	1,275	0	1,275	146.7	24.4
243	バリウム及びその水溶性化合物	0	121	0	5	99	9,359	359	0	364	41.8	7.0
266	フェノール	2,550	428	123,431	4,751	390	84,429	3,238	0	7,989	918.7	153.1
270	フタル酸ジ-n-ブチル	0	0	0	0	437	59,965	2,300	9	2,309	265.5	44.3
273	フタル酸n-ブチル=ベンジル					46	6,911	265	0	265	30.5	5.1
299	ベンゼン*	1,548	0	1,548	59				367	427	49.1	8.2
304	ほう素及びその化合物	21,361	11,171	31,950	1,654	810	109,578	4,203	2	5,859	673.8	112.3
310	ホルムアルデヒド	6,344	15,399	9,560,649	367,300	772	103,758	3,980	770	372,050	42,785.7	7,131.0
311	マンガン及びその化合物	11,212	2,481	870,411	33,481	484	55,242	2,119	0	35,600	4,094.0	682.3
346	モリブデン及びその化合物	0	1,021	0	39	405	19,854	762	0	801	92.1	15.3

流出量 = 貯蔵量 × 被災率 × 流出率

- ・被災率 0.23：家屋の被災率を参考に想定(=0.23；京都市防災計画を参考)
- ・流出率 0.5：被災した工場から流出する率で特定は難しいため，流出率50%として想定
- ・流出期間(時間) 6：想定した降雨の継続時間(降雨継続期間内に流出するものと想定)

9.2 河川水質

被災した事業場内に貯蔵された有害物質が、降雨とともに河川へ未処理で放流された場合の河川水質（淀川；枚方地点）を前出の河川水質計算と同様に行い、水道基準を比較すると次表のとおりである。

水道基準に該当する物質のうち約半数について、未処理放流された場合、基準を上回ることとなる。ただし、想定している流出時間は6時間であり、河川水質の悪化は比較的短期間である。

表 9-2 有害物質を対象とした河川水質計算結果まとめ

番号	第一種指定化学物質名	河川への流出量		河川水質 mg/L	判定	水道基準 mg/L
		総量 kg	流出期間内 kg/時間			
1	亜鉛の水溶性化合物	30,392.3	5,065.4	7.7996	×	1.0000
2	アクリルアミド	12.3	2.0	0.0031	×	0.0005
25	アンチモン及びその化合物	783.4	130.6	0.2011	×	0.0150
29	4,4'-イソプロピリデンジフェノール(別名ビスフェノール)	1,082.9	180.5	0.2779	×	0.1000
47	エチレンジアミン四酢酸	214.2	35.7	0.0550		0.5000
54	エピクロロヒドリン	5.0	0.8	0.0013	×	0.0004
60	カドミウム及びその化合物*	21.6	3.6	0.0056		0.0100
63	キシレン	2,814.6	469.1	0.7223	×	0.4000
69	6価クロム化合物*	950.3	158.4	0.2439	×	0.0500
77	クロロエチレン(別名塩化ビニル)*	2.1	0.3	0.0005		0.0020
80	クロロ酢酸	1.1	0.2	0.0003		0.0200
95	クロロホルム	178.4	29.7	0.0458		0.0600
108	無機シアン化合物(錯塩及びシアニドを除く。)	462.4	77.1	0.1187	×	0.0100
112	四塩化炭素	0.0	0.0	0.0000		0.0020
113	1,4-ジオキサン	40.8	6.8	0.0105		0.0500
116	1,2-ジクロロエタン	26.5	4.4	0.0068	×	0.0040
117	1,1-ジクロロエチレン(別名塩化ビニリデン)	101.6	16.9	0.0261	×	0.0200
118	cis-1,2-ジクロロエチレン	0.0	0.0	0.0000		0.0400
119	trans-1,2-ジクロロエチレン				×	0.0400
145	ジクロロメタン(別名塩化メチレン)	915.9	152.6	0.2350	×	0.0200
175	水銀及びその化合物	18.9	3.2	0.0049	×	0.0005
177	スチレン	5.6	0.9	0.0014		0.0200
178	セレン及びその化合物	1,796.9	299.5	0.4611	×	0.0100
179	ダイオキシン類*	90.7	15.1	0.0233		1.0000
200	テトラクロロエチレン	180.2	30.0	0.0462	×	0.0100
209	1,1,1-トリクロロエタン	0.0	0.0	0.0000		0.3000
210	1,1,2-トリクロロエタン	5.1	0.9	0.0013		0.0060
211	トリクロロエチレン	121.9	20.3	0.0313	×	0.0300
222	トリプロモメタン(別名プロモホルム)	0.0	0.0	0.0000		0.0900
227	トルエン	7,252.6	1,208.8	1.8613	×	0.2000
230	鉛及びその化合物	38,673.0	6,445.5	9.9247	×	0.0100
231	ニッケル	1,648.7	274.8	0.4231	×	0.0100
242	ノニルフェノール	146.7	24.4	0.0376		0.3000
243	バリウム及びその水溶性化合物	41.8	7.0	0.0107		0.7000
266	フェノール	918.7	153.1	0.2358	×	0.0050
270	フタル酸ジ-n-ブチル	265.5	44.3	0.0681		0.2000
273	フタル酸n-ブチル=ベンジル	30.5	5.1	0.0078		0.5000
299	ベンゼン*	49.1	8.2	0.0126	×	0.0100
304	ほう素及びその化合物	673.8	112.3	0.1729		1.0000
310	ホルムアルデヒド	42,785.7	7,131.0	10.9802	×	0.0800
311	マンガン及びその化合物	4,094.0	682.3	1.0506	×	0.0100
346	モリブデン及びその化合物	92.1	15.3	0.0236		0.0700

対象河川流量

649.44 千m³/時間

180.4 m³/秒

10 浄水場における水道水質項目等の除去率の検討

10.1 検討条件

地震等の災害時に上流域で発生した水質リスクに対し、浄水場での対応の可否について文献等をもとに検討を行った。対象物質及び検討を行った浄水処理方法は以下のとおりである。

①検討を行った対象物質

淀川におけるシミュレーションを踏まえ、以下の物質について検討。

- ・有機汚濁 : BOD, アンモニア性窒素
- ・病原性微生物 : 大腸菌, クリプトスポリジウム
- ・その他 : 水道水質基準に定められた 50 項目

②浄水処理方法

淀川から取水する浄水場については、高度処理（オゾン＋活性炭）が導入されているが、導入の有無の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。

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

10.2 検討結果

浄水処理技術に関する文献等から、検討対象項目毎にその概要、水道水質基準の有無、浄水場での除去の可否、想定される水質リスクについての検討を行った。なお、除去の可能性については、地震等の災害時を想定した高濃度の物質の除去性能についての知見が限られているため、通常時の取水で想定される平均的な水質レベルについて、以下の3段階により評価を行った。

<除去率についての評価>

- 処理効果が比較的高い
- △ 若干の処理効果がある
- × 処理効果がない

【有機汚濁】

項目	概要	水道水質基準の有無 (基準値)	通常処理の除去率	高度処理の除去率
BOD	主として水中の有機物質が生物化学的に酸化されるのに必要な酸素の量である。	なし 類似項目として TOC (5mg/L) がある	△	○
アンモニア性窒素	有機窒素化合物の分解，工場排水，下水及びし尿の混入に由来するが多い。	なし アンモニアの増加は塩素注入率の上昇に関与し，クロロミン臭の発生につながることから，塩素注入率で評価する。	○ (100%)	○ (100%)

< 想定される水質リスク >

BOD

通常処理では，全ての種類の有機物質に対応することができないため，トリハロメタン等の消毒副生成物や TOC 等が水質基準を超過することが想定される場合には，取水停止の必要が出てくる。高度処理では，オゾンにより分解されるもの，活性炭に吸着されるものがあるため，通常処理よりも除去能力が高く，ある程度の濃度までは対応が可能と考えられる。

アンモニア性窒素

ヒトへの健康障害は小さいが，1mg/L のアンモニア性窒素に対して 8～10mg/L の塩素が消費されるため，原水の高濃度時には多量の塩素注入が必要となる。塩素注入量の管理が困難となりトリハロメタンの増加やクロラミン臭の発生が懸念される。

【病原性微生物】

項目	概要	水道水質基準の有無 (基準値)	通常処理の除去率	高度処理の除去率
大腸菌	主に糞便とともに排出される腸内細菌である。検出が比較的容易であるため、他の病原菌の存在を確認する指標とされている。	あり (検出されないこと)	○ (100%)	○ (100%)
クリプトスポリジウム	孢子虫に属する原虫で、哺乳類、鳥類、爬虫類、魚類等の脊椎動物に寄生する。人獣共通感染症あるいは水系感染症の病原体として重要視されている。	なし クリプトスポリジウム 暫定対策指針では、大腸菌及び嫌気性芽胞菌の検査によって、汚染のおそれを判断している。	○ (3log)	○ (3~7log)

< 想定される水質リスク >

大腸菌

ヒト及び温血動物の糞便に由来する細菌であり、塩素消毒によって死滅することから、浄水場で適切な残留塩素管理が行われていれば、特に問題にはならないと考えられる。

クリプトスポリジウム

人獣共通感染症あるいは水系感染症の病原体であり、通常の処理で 99~99.9%が除去される。高度処理の場合、オゾンでの不活化効果により、通常処理よりは処理効果が優れている。

参考 水道水質基準に示される項目の処理特性

分類	No	水質項目	概要	水道水質基準値	通常処理の 処理特性 (除去率)	高度処理の 処理特性 (除去率)
病原生物	1	一般細菌	自然界において人間の体温である 37℃前後で繁殖が適合する菌を対象としている。一般には塩素消毒で死滅するが、残留塩素の型により多少の差がある。	100 個/mL 以下	○ (100%)	○ (100%)
	2	大腸菌	主に糞便とともに排出される腸内細菌である。検出が比較的容易であるため、他の病原菌の存在を確認する指標とされている。	検出されないこと	○ (100%)	○ (100%)
重金属	3	カドミウム	自然水中に含まれることがあるが、鉱山排水や工場排水から混入することもある。	0.01mg/L 以下	△	△
	4	水銀	水中に存在する水銀化合物は主に、鉱山排水や工場排水、まれに水質に由来することがある。	0.0005mg/L 以下	△	○
	5	セレン	自然水中に存在することもあるが、その多くは工場排水から混入するものである。	0.01mg/L 以下	△	△
	6	鉛	自然水中に存在することはほとんどなく、鉱山排水や工場排水からの混入に由来する。また、従来から加工性が良いことから水道用配管に使用されてきており、鉛管からの溶出が懸念されている。	0.01mg/L 以下	△	○

参考 水道水質基準に示される項目の処理特性

分類	No	水質項目	概要	水道水質基準値	通常処理の 処理特性 (除去率)	高度処理の 処理特性 (除去率)
重金属	7	ヒ素	ヒ素の検出は地層に由来し、主に地下水から検出されることが多い。	0.01mg/L 以下	△	△
	8	六価クロム	自然水中にほとんど存在しないが、鉱山排水や工場排水からの混入に由来する。三価クロムは、ほとんど無害であるが、消毒用の塩素により酸化されて六価クロムとなる。	0.05mg/L 以下	△	△
	31	亜鉛	自然水中に存在することはまれであるが、鉱山排水、工場排水に由来する。また、水道水中に多量の亜鉛が検出される場合は、給水管などに使用している亜鉛めっき鋼管の溶出によることが多い。	1.0mg/L 以下	△	△
	32	アルミニウム	地球上に多く存在し、土壌中に含有される金属元素としては最も多い。水道においてはアルミニウム系凝集剤として浄水処理に用いられている。	0.2mg/L 以下	△	△
	33	鉄	自然水中に多く含まれ、鉱山排水や工場排水等の混入に由来する。また、配水鉄管に由来することもある。	0.3mg/L 以下	(100%)	○ (100%)
	34	銅	鉱山排水や工場排水、農薬等の混入に由来する。	1.0mg/L 以下	△	△

参考 水道水質基準に示される項目の処理特性

分類	No	水質項目	概要	水道水質基準値	通常処理の 処理特性 (除去率)	高度処理の 処理特性 (除去率)
重金属	35	ナトリウム	自然水中に多く含まれ、特に海水中には塩化物として多量に溶存している。水の味の観点から基準値が設定されている。	200mg/L 以下	× (0%)	× (0%)
	36	マンガン	鉄と共存することが多く、自然水中に多く含まれている。水道原水中に多量のマンガンが溶存していると浄水に黒い色を着けたりするため、利水の観点から基準値が設定されている。	0.05mg/L 以下	○ (100%)	○ (100%)
無機物質	9	シアン	自然水中にほとんど存在しないが、めっき工場などの工場排水からの混入に由来する。	0.01mg/L 以下	× (0%)	△
	10	硝酸性窒素及び 亜硝酸性窒素	窒素肥料、腐敗した動植物、家庭排水、下水等に由来する。アンモニア性窒素を加えた三態は、水や土壤中で科学的・微生物学的に酸化・還元を受けて容易に変化する。	10mg/L 以下	× (0%)	× (0%)
	11	フッ素	自然水中に存在するフッ素は主に、地質や工場排水から混入に由来する。	0.8mg/L 以下	△	△
	12	砒素	砒素は、自然水中に含まれることはまれであるが、火山地帯の地下水、温泉、海水に含まれることがある。	1.0mg/L 以下	× (0%)	× (0%)

参考 水道水質基準に示される項目の処理特性

分類	No	水質項目	概要	水道水質基準値	通常処理の 処理特性 (除去率)	高度処理の 処理特性 (除去率)
無機物質	37	塩化物イオン	自然水中に多く含まれ、多くは地質に由来するものであるが、海水の浸透による場合がある。主に味覚の観点から基準値が設定されている。	200mg/L 以下	× (0%)	× (0%)
	38	カルシウム、マグネシウム等(硬度)	自然水中のカルシウム塩及びマグネシウム塩は、主に地質によるものであるが、海水や工場排水、下水などに混入することもある。石鹼の泡立ち等の利水的な観点とおいしい水の観点から基準値が設定されている。	300mg/L 以下	× (0%)	× (0%)
	39	蒸発残留物	水中に浮遊したり溶解して含まれるものを蒸発乾固して得られる総量のことで、水道水中の主な成分はカルシウム、マグネシウム、ケイ酸、ナトリウム、カリウム等の塩類及び有機物である。	500mg/L 以下	△	△
一般有機 化学物質	13	四塩化炭素	沸点 77°Cの無色の揮発性有機塩素化合物で、塗装やプラスチックの製造等に用いられている。	0.002mg/L 以下	× (0%)	△
	14	1,4-ジブチルオキサン	溶剤等に用いられるほか、ポリオキエチレン系非イオン界面活性剤及びその硫酸エステル製造工程において副生し、洗剤などの製品中に不純物として存在している。	0.05mg/L 以下	× (0%)	△
	15	1,1-ジクロロエチレン	沸点 87°Cの無色の揮発性有機塩素化合物で、ポリビニルエチレン共重合体の製造及び化学中間体として用いられている。	0.02mg/L 以下	× (0%)	△

参考 水道水質基準に示される項目の処理特性

分類	No	水質項目	概要	水道水質基準値	通常処理の 処理特性 (除去率)	高度処理の 処理特性 (除去率)
一般有機 化学物質	16	シス-1,2-ジクロロエチレン	沸点 98℃の揮発性有機塩素化合物で、溶剤、染料抽出、香料、ラッカ等にもちいられる。	0.04mg/L 以下	× (0%)	△
	17	ジクロロメタン	殺虫剤、塗料、ニス、食品加工中の脱脂及び洗浄剤として使用されている揮発性の合成有機塩素化合物である。	0.02mg/L 以下	× (0%)	△
	18	テトラクロロエチレン	有機物の溶剤、ドライクリーニング、金属部品の脱脂洗浄等に使用される沸点 121℃の揮発性の成有機塩素化合物である。	0.01mg/L 以下	× (0%)	△
	19	トリクロロエチレン	工業用の溶剤、精密機器部品の脱脂洗浄剤等広く金属加工工場で使用されている沸点 87℃の揮発性の成有機塩素化合物である。	0.03mg/L 以下	× (0%)	△
	20	ベンゼン	沸点 87℃の揮発性の天然の有機化合物で、化学合成品の原料として、染料、合成ゴム、合成洗剤、有機顔料等の製造に使用されている。	0.01mg/L 以下	× (0%)	△
有機物質	40	陰イオン界面活性剤	水溶液中でイオン解離してアニオン部分が海面活性を示す物質である。	0.2mg/L 以下	△	○

参考 水道水質基準に示される項目の処理特性

分類	No	水質項目	概要	水道水質基準値	通常処理の 処理特性 (除去率)	高度処理の 処理特性 (除去率)
有機物質	43	非イオン界面活性剤	界面活性剤のうち、イオンに解離する基を持たない物質の総称である。水質基準の強化により新たに設置された物質である。	0.02mg/L 以下	× (0%)	△
	44	フェノール類	主に防腐剤や消毒剤として用いられており、原水中のフェノール類は塩素と反応して異臭味を発生させる。	0.005mg/L 以下	× (0%)	△
	45	TOC	水中に存在する有機物中の炭素量で、水中の有機物濃度を推定する指標である。近年水源中の有機物量が増加する傾向にある。水質汚染に関連する総括的な指標である。	5mg/L 以下	△	○
消毒 副生成物	21	クロロ酢酸	除草剤、医薬品、香料、キレート剤、界面活性剤として使用されている。水道におけるクロロ酢酸は、水道原水中の有機物質や臭素及び消毒剤(塩素)が反応して生成される消毒副生成物質の一つである。	0.02mg/L 以下	△	○
	22	クロロホルム	浄水過程で、水中のフミン質等の有機物質と消毒剤の塩素が反応して生成されるトリハロメタンの主要構成物質である。	0.06mg/L 以下	△	○
	23	ジクロロ酢酸	クロロ酢酸と同様に水道原水中の有機物質や臭素及び消毒剤(塩素)とが反応して生成される消毒副生成物質の一つである。水質基準の強化により新たに設置された物質である。	0.04mg/L 以下	△	○

参考 水道水質基準に示される項目の処理特性

分類	No	水質項目	概要	水道水質基準値	通常処理の 処理特性 (除去率)	高度処理の 処理特性 (除去率)
消毒 副生成物	24	ジブクロロメタン	浄水過程で、水中のフミン質等の有機物質と消毒剤の塩素が反応して生成されるトリハロメタンの主要構成物質である。その生成量は原水中の臭素価濃度により大きく変化する。	0.1mg/L 以下	△	○
	25	臭素酸	オゾン処理時及び消毒剤としての次亜塩素酸生成時に不純物の臭素が酸化され、臭素酸が生成する。水質基準の強化により新たに設置された物質である。	0.01mg/L 以下	× (0%)	× (0%)
	26	総トリハロメタン	クロロホルム、ブロモクロロメタン、ジブクロロメタン及びブromoホルムを総称したものである。消毒副生成物を抑制するための総括的指標として基準値が設定されている。	0.1mg/L 以下	△	○
	27	トリクロロ酢酸	医薬品の原料、除草剤、腐食剤、角質溶解剤、塗装剥離剤、除カビ剤、生体内カビ質・脂質の分画剤として使用されている。他のハロゲン化酢酸類と同様に水道原水中の有機物質や臭素及び消毒剤(塩素)とが反応して生成される消毒副生成物質の一つである。	0.2mg/L 以下	△	○
	28	ブromoクロロメタン	浄水過程で、水中のフミン質等の有機物質と消毒剤の塩素が反応して生成されるトリハロメタンの主要構成物質である。その生成量は原水中の臭素価濃度により大きく変化する。	0.03mg/L 以下	△	○
	29	ブromoホルム	浄水過程で、水中のフミン質等の有機物質と消毒剤の塩素が反応して生成されるトリハロメタンの主要構成物質である。その生成量は原水中の臭素価濃度により大きく変化する。	0.09mg/L 以下	△	○

参考 水道水質基準に示される項目の処理特性

分類	No	水質項目	概要	水道水質基準値	通常処理の 処理特性 (除去率)	高度処理の 処理特性 (除去率)
消毒 副生成物	30	ホルムアルデヒド	浄水過程で、水中のアミン等の有機物質と塩素、オゾン等の消毒剤が反応して生成される。水道では、ポリメチル樹脂塗装及びアクリル樹脂塗料の原料として使用されている。水質基準の強化により新たに設置された物質である。	0.08mg/L 以下	△	○
基礎的性状	41	2-MIB	湖沼等で富栄養化現象に伴い発生する異臭味(かび臭)の原因物質である。藍藻類のホルミテリウムやオシロトリアにより生産される。	0.00001mg/L 以下	△	○
	42	ジエオスミン	湖沼等で富栄養化現象に伴い発生する異臭味(かび臭)の原因物質である。藍藻類のアヘナにより生産される。	0.00001mg/L 以下	△	○
	46	pH 値	溶液の酸性、アルカリ性の強さを実用上の便宜から簡単な指数で表したものである。水道施設の腐食等を防止する観点から水質基準値が決められている。	5.8 以上 8.6 以下	処理の 対象外	処理の 対象外
	47	味	水の味は、地質または海水、鉱山排水、下水の混入及び藻類等生物の繁殖に伴うほか、給水栓水では、送配水管の内面塗装剤等に由来することもある。	異常でないこと	○ (100%)	○ (100%)
	48	臭気	水源の状況によりさまざまなおいが付くが、水道水質に関する基本的な指標として位置づけられ、水質基準として異常でないこととされている。	異常でないこと	△	○ (100%)

参考 水道水質基準に示される項目の処理特性

分類	No	水質項目	概要	水道水質基準値	通常処理の 処理特性 (除去率)	高度処理の 処理特性 (除去率)
基礎的性状	49	色度	水中に含まれる溶解性物質及びコロイド [※] 性物質が呈する類黄色ないし黄褐色の程度をいい、主として地質に由来する珉質による呈色と同じ色調の色について測られるもので、工場排水や下水等の混入または、河川・湖沼における底質の嫌気性分解に由来するコロイド [※] 性の鉄、マンガ化合物も同様の色を呈する。	5度以下	△	○ (100%)
	50	濁度	水の濁りの程度を示すもので、土壌その他浮遊物質の混入、溶存物質の化学的変化などによるものであり、地表水においては、降水の状況などによって大幅な変動を示す。	2度以下	○ (100%)	○ (100%)

分類：「日本水道新聞社：水道水質辞典」をもとに設定した

No：水質基準に関する省令（厚生労働省令第101号）による

【参考文献】

- (1) 眞柄泰基監修：水道水質事典，日本水道新聞社，平成14年。
- (2) 財団法人水道技術研究センター：浄水技術ガイドライン2000，平成12年。
- (3) 佐々木隆：上水高度処理における水質管理と新しい固液分離技術。
- (4) 日本環境管理学会編：水道水質基準ガイドブック，丸善株式会社，平成16年。