

水道原水・浄水における原虫類並びに糞便汚染指標細菌についての調査結果

(平成19年度～平成24年度)

田部井 由紀子^a, 武藤 千恵子^a, 楠 くみ子^a, 石上 武^a, 辻 麻美^a,
井口 智義^a, 市川 めぐみ^a, 保坂 三継^a, 猪又 明子^b, 中江 大^c

平成19年度～24年度に採取された水道原水92件, 浄水93件について, 原虫類並びに糞便汚染指標菌の実態調査を行った。その結果, 原虫類については, 原水1件でジアルジア(1個/10 L)が検出されたものの, クリプトスポリジウムは全ての原水及び浄水で検出されなかった。また, 糞便汚染指標菌については, 原水では検出されたが, 浄水では大腸菌群が1件で検出されたものの, クリプトスポリジウム汚染のおそれの指標菌である大腸菌は全てで不検出であった。このことから, 適切な浄水処理が行われていることが示された。

キーワード: クリプトスポリジウム, ジアルジア, 原水, 浄水, 糞便汚染指標菌

はじめに

クリプトスポリジウム及びジアルジアは原虫であり, これらの感染形であるオーシスト及びシストは, 経口感染によりヒトに下痢や腹痛を起し, 糞便中に多量に排泄される。これらオーシスト及びシストは環境中で長期間生残すると共に塩素消毒に対する耐性が高く, 特にクリプトスポリジウムのオーシストは, 水道水の塩素消毒では不活化がほとんど期待できない¹⁾。このため, これらオーシスト及びシストに水道水が汚染された場合には, 水道を介した集団感染が起こる可能性がある。実際に, 平成8年には埼玉県越生町において, 水道水を介したクリプトスポリジウム集団感染が患者数8,812人という大規模で発生している²⁾。安全な水道水の供給のためには, 水道原水におけるクリプトスポリジウム等原虫類及びそれらの汚染指標菌の存在実態を把握することが重要である。

当センターにおいては, 表流水等の水道原水におけるクリプトスポリジウム及びジアルジアの存在状況を把握すると共に感染リスクの評価を行うため, 平成9年度より奥多摩及び島しょ地域水道事業体の水道原水・浄水を対象に調査を行っている³⁻⁸⁾。

本報では前報⁸⁾に引き続き, 平成19年度から平成24年度に採取された水道原水・浄水についてクリプトスポリジウム及びジアルジアの原虫類並びにこれら原虫類汚染のおそれの指標菌⁹⁾である大腸菌及びウェルシュ菌芽胞, また糞便汚染指標菌として大腸菌群についての調査を行ったので報告する。

材料と方法

1. 試料水

平成19年度から平成24年度に採取された東京都奥多摩町と檜原村(以下, 奥多摩地区という)及び島しょ(伊豆諸島, 小笠原諸島)町村の浄水場原水92件, 浄水93件を試料水とした。試料水の年度別内訳は, 平成19年度が原水16件, 浄水17件, 平成20年度が原水18件, 浄水18件, 平成21年度が原水19件, 浄水19件, 平成22年度が原水13件, 浄水13件, 平成23年度が原水13件, 浄水13件, 平成24年度が原水13件, 浄水13件である。

2. 原虫類の検査

水試料におけるクリプトスポリジウムのオーシスト(以下, クリプトスポリジウムという)及びジアルジアのシスト(以下, ジアルジアという)の検出は, 前報⁸⁾と同様に行った。すなわち, 原水は10 L及び浄水は20 Lを試料材料として, ろ過濃縮後, Dynabeads GC-Combo(ベリタス)を用いて精製したクリプトスポリジウム及びジアルジアについて, DAPI(4', 6-diamidino-2-phenyl-indole)染色及びFITC染色を行い, 鏡検により判定した。

3. 原虫類汚染のおそれの指標菌及び糞便汚染指標菌の検査

1) 大腸菌及び大腸菌群

大腸菌及び大腸菌群の検出は, MMO-MUG培地(アイデックス)を用いたMulti-well法¹⁰⁾によって行った。原水

^a 東京都健康安全研究センター薬事環境科学部環境衛生研究科
169-0073 東京都新宿区百人町 3-24-1

^b 東京都健康安全研究センター薬事環境科学部生体影響研究科

^c 東京都健康安全研究センター薬事環境科学部

表1. 奥多摩地区及び島しょの水道原水における原虫類と糞便汚染指標細菌の検出状況 (平成19年度)

事業体	浄水場	原虫類(個/10 L)		糞便汚染指標細菌(MPN/100 mL)		
		クリプトスポリジウム	ジアルジア	大腸菌群	大腸菌	ウェルシュ菌芽胞
奥多摩町	小河内	0	0	44	<1	0
	日原	0	0	3.1	<1	0
	氷川	0	0	13	1.0	0
	棚沢	0	0	440	3.0	1
	大丹波	0	0	460	2.0	0
檜原村	北秋川	0	0	2,000	25	1
	南秋川	0	0	7.5	1.0	0
大島町	泉津配水地系	0	0	36	<1	0
利島村	貯水池系	0	0	6,500	9.6	0.5
八丈町	大川	0	0	4,600	250	0
	洞輪沢	0	0	4,400	9.8	0
	関之戸	0	0	1,600	6.3	0
	大賀郷	0	0	610	2.0	0
青ヶ島	向沢	0	0	1,000	3.1	0
小笠原村	扇浦	0	0	2,600	22	9
	沖村	0	0	5,500	10	4

表2. 奥多摩地区及び島しょの水道原水における原虫類と糞便汚染指標細菌の検出状況 (平成20年度)

事業体	浄水場	原虫類(個/10 L)		糞便汚染指標細菌(MPN/100 mL)		
		クリプトスポリジウム	ジアルジア	大腸菌群	大腸菌	ウェルシュ菌芽胞
奥多摩町	小河内	0	0	7.2	<1	0
	日原	0	0	2	<1	0
	氷川	0	0	79	5.2	0
	棚沢	0	0	310	9.8	11
	大丹波	0	0	93	<1	0
	桧村	0	0	1300	54	2
檜原村	北秋川	0	0	160	1	1
	南秋川	0	0	<1	<1	0
大島町	泉津配水地系	0	0	36	<1	0
利島村	貯水池系	0	0	880	13	0.5
御蔵島村	通り坂	0	0	690	240	1.5
	大川	0	0	1,300	35	0
八丈町	洞輪沢	0	0	3,300	7.5	0
	関之戸	0	0	4,900	1.0	0
	大賀郷	0	0	110	1.0	0
	向沢	0	0	390	2.0	0
青ヶ島	向沢	0	0	3,900	91	1
小笠原村	扇浦	0	0	10,000	41	25
	沖村	0	0			

表3. 奥多摩地区及び島しょの水道原水における原虫類と糞便汚染指標細菌の検出状況 (平成21年度)

事業体	浄水場	原虫類(個/10 L)		糞便汚染指標細菌(MPN/100 mL)		
		クリプトスポリジウム	ジアルジア	大腸菌群	大腸菌	ウェルシュ菌芽胞
奥多摩町	小河内	0	0	37	1.0	0
	日原	0	0	58	2.0	0
	氷川	0	0	140	5.5	0.5
	棚沢	0	0	250	14	4
	大丹波	0	0	1,300	<1	0
	桧村	0	0	150	54	2
檜原村	北秋川	0	0	270	15	5
	南秋川	0	0	100	3.1	1
大島町	泉津配水地系	0	0	31	1.0	0
利島村	貯水池系	0	0	>2,400	88	2.5
御蔵島村	通り坂	0	0	99	7.0	1
	大川	0	0	3,400	290	0
八丈町	洞輪沢	0	0	6,100	14	0
	関之戸	0	0	990	3.0	0
	大賀郷	0	0	170	1.0	0
	中之郷配水地	0	0	32	<1	0
青ヶ島	向沢	0	0	1,000	3.1	1
小笠原村	扇浦	0	0	910	18	24
	沖村	0	0	1,600	7.5	21

については供試水100 mLあたりのMPN数を測定し、浄水については供試水100 mLについて大腸菌及び大腸菌群の有無を確認した。

2) ウェルシュ菌芽胞

原水におけるウェルシュ菌芽胞の検出は、疎水性格子付

表4. 奥多摩地区及び島しょの水道原水における原虫類と糞便汚染指標細菌の検出状況 (平成22年度)

事業体	浄水場	原虫類(個/10 L)		糞便汚染指標細菌(MPN/100 mL)		
		クリプトスポリジウム	ジアルジア	大腸菌群	大腸菌	ウェルシュ菌芽胞
檜原村	北秋川	0	0	650	2.0	0.5
	南秋川	0	0	190	2.0	0.5
大島町	泉津配水地系	0	0	140	<1	0
利島村	貯水池系	0	0	9,200	23	2.5
御蔵島村	大島分川	0	1	2,000	520	0
	大川	0	0	1,200	20	0
八丈町	洞輪沢	0	0	5,800	20	0
	関之戸	0	0	470	57	0
	大賀郷	0	0	150	4.1	0
	中之郷配水地	0	0	32	<1	0
青ヶ島	向沢	0	0	1,300	6.3	0
小笠原村	扇浦	0	0	15,000	290	1
	沖村	0	0	130,000	21	1

表5. 奥多摩地区及び島しょの水道原水における原虫類と糞便汚染指標細菌の検出状況 (平成23年度)

事業体	浄水場	原虫類(個/10 L)		糞便汚染指標細菌(MPN/100 mL)		
		クリプトスポリジウム	ジアルジア	大腸菌群	大腸菌	ウェルシュ菌芽胞
檜原村	北秋川	0	0	1,000	11	0.5
	南秋川	0	0	260	93	1.5
大島町	泉津配水地系	0	0	11	<1	0
利島村	貯水池系	0	0	5,800	820	0.5
御蔵島村	大島分川	0	0	160	31	0
	大川	0	0	2,100	33	0
八丈町	洞輪沢	0	0	3,000	26	0
	関之戸	0	0	320	2.0	0
	大賀郷	0	0	1,700	<1	0
	中之郷配水地	0	0	17	<1	0
青ヶ島	向沢	0	0	6,200	<1	0
小笠原村	扇浦	0	0	1,600	85	4
	沖村	0	0	6,100	16	0

表6. 奥多摩地区及び島しょの水道原水における原虫類と糞便汚染指標細菌の検出状況 (平成24年度)

事業体	浄水場	原虫類(個/10 L)		糞便汚染指標細菌(MPN/100 mL)		
		クリプトスポリジウム	ジアルジア	大腸菌群	大腸菌	ウェルシュ菌芽胞
檜原村	北秋川	0	0	460	9.8	1
	南秋川	0	0	84	2.0	2
大島町	泉津配水地系	0	0	43	<1	0
利島村	貯水池系	0	0	1,800	4.1	0
御蔵島村	大島分川	0	0	200	170	1
	大川	0	0	1,100	86	0
八丈町	洞輪沢	0	0	2,400	7.4	0
	関之戸	0	0	430	2.0	0
	大賀郷	0	0	110	1.0	0
	中之郷配水地	0	0	11	<1	0
青ヶ島	向沢	0	0	1,900	1.0	0
小笠原村	扇浦	0	0	1,000	37	2
	沖村	0	0	3,100	12	10

きフィルターを用いたハンドフォード改良培地 ((栄研化学) による嫌気培養により、供試水100 mLあたりのMPN数を測定した¹¹⁾。

結果及び考察

1. 水道原水における原虫類及び糞便性指標細菌の検出状況

平成19年度から平成24年度に採取された奥多摩地区及び島しょの水道原水92件における原虫類及び糞便汚染指標細菌の検出状況を表1～表6に示した。

水道原水におけるクリプトスポリジウムは奥多摩地区及び島しょの原水92件全てで不検出であったものの、ジアルジアについては平成22年度に採取された島しょの原水1件から検出された。

奥多摩地区の水道原水における糞便汚染指標細菌についての調査は、平成19年度は7施設、平成20～21年度は8施設、平成22～24年度は2施設についての調査であり、調査年度により調査施設数が異なる。調査施設数別の調査年度による各糞便汚染指標細菌の検出状況は、大腸菌群では平成19年度が3.1～2,000 MPN/100 mL、平成20～21年度が< 1～1,300 MPN/100 mL、平成22～24年度が84～1,000 MPN/100 mL、大腸菌では平成19年度が< 1～25 MPN/100 mL、平成20～21年度が< 1～55 MPN /100 mL、平成22～24年度が2.0～93 MPN/100 mLであり、また、ウェルシュ菌芽胞では平成19年度が0～1 MPN/100 mL、平成20～21年度が0～11 MPN/100 mL、平成22～24年度が0.5～2 MPN/100 mLであった。調査施設数に違いはあるものの、各年度におけるそれぞれの指標細菌の検出菌数は、ほぼ同様のレベルであった。

島しょの水道原水における糞便汚染指標細菌についての調査も、平成19年度は9施設、平成20年度は10施設及び平成21～24年度は11施設と、調査年度により調査施設数が異なる。調査施設数別の調査年度による各糞便汚染指標細菌の検出状況は、大腸菌群では平成19年度が36～6,500 MPN /100 mL、平成20年度が36～10,000 MPN/ 100 mL、平成21～24年度が11～130,000 MPN/100 mL、大腸菌では平成19年度が< 1～250 MPN/ 100 mL、平成20年度が< 1～240 MPN/100 mL、平成21～24年度が< 1～820 MPN/100 mLであり、また、ウェルシュ菌芽胞では平成19年度が0～9 MPN/100 mL、平成20年度が0～25 MPN/100 mL、平成21～24年度が0～24 MPN/100 mLであった。平成22年度に検出された大腸菌群の検出菌数が130,000 MPN/100 mLと最大数であったことを除いて、いずれの調査年度においてもそれぞれの指標細菌における検出菌数は、ほぼ同様のレベルであった。

平成19年度から平成24年度の原水における糞便汚染指標細菌の検出状況は、過去の調査結果^{7,8)}とほぼ同レベルであったが、検出状況を奥多摩地区と島しょで比較すると、全ての調査年度で島しょにおける検出レベルは奥多摩地区よりも高く、クリプトスポリジウム等による汚染のおそれは、島しょの原水の方が高いものと推察された。

また、平成22年度に島しょの原水においてジアルジアが1件検出された時の糞便汚染指標細菌は、大腸菌群が2,000 MPN/100 mL、大腸菌が520 MPN/100 mL、ウェルシュ菌芽胞が0 MPN/100 mLと、ウェルシュ菌芽胞は検出されなかったもの大腸菌群及び大腸菌の検出数は高く、糞便汚染があったことが示唆された。このことから、奥多摩地区の水源地は、一般的に糞便汚染指標細菌レベルが低く、糞便汚染の程度は低いものと思われるが、降雨時の状況は不明であり、今後も原虫類の汚染が起こる可能性があることが推察された。また、島しょの水源地は、奥多摩地区よりも糞便汚染指標細菌レベルが高いことから、糞便汚染により原虫類汚染の可能性がより高いものと推察された。

しかしながら、過去の調査結果^{7,8)}では、奥多摩地区においてクリプトスポリジウムが検出された際の糞便汚染指

標細菌は、大腸菌群が150～580 MPN/100 mL、大腸菌が1.0～6.3 MPN /100 mL、ウェルシュ菌芽胞が0～23 MPN/100 mLと検出数は必ずしも多くない。また、島しょにおいても、大腸菌群が700～>2,400 MPN/100 mLと多いものの、大腸菌は9.6～61 MPN /100 mL、ウェルシュ菌芽胞が1.5～5.5 MPN/100 mLと少ない検出数ながらも、クリプトスポリジウムあるいはジアルジアが検出されている。このように、過去の調査結果においては、糞便汚染指標細菌レベルが低いものの原虫類が検出された事例が確認されていることから、安全な水道水の供給のためには、水道原水におけるクリプトスポリジウム等原虫類及びそれらの汚染指標細菌の存在実態を把握すると共に、原水の浄水処理においては塩素消毒だけでなく、UF、MF及びNF等の膜ろ過、急速ろ過やUV消毒等、原虫類の対策として適切な処理¹⁾をすることが重要であることが示された。

表7. 奥多摩地区及び島しょの水道浄水における原虫類と糞便汚染指標細菌の検出状況（平成19年度～24年度）

年 度	検査件数	原虫類(個/20 L)		糞便汚染指標細菌	
		クリプト スポリジウム	ジアルジア	大腸菌群	大腸菌
		検出数 (検出率%)	検出数 (検出率%)	検出数 (検出率%)	検出数 (検出率%)
平成19年度	17	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
平成20年度	18	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
平成21年度	19	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
平成22年度	13	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
平成23年度	13	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
平成24年度	13	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (7.7)	0 (0.0)

2. 浄水場の浄水における原虫類及び糞便性指標細菌の検出状況

平成19年度から平成24年度に採取された奥多摩地区及び島しょの浄水場浄水93件における原虫類及び糞便汚染指標細菌の検出状況を表7に示した。クリプトスポリジウム及びジアルジアについては、浄水93件全てで不検出であり、これらの浄水を飲むことによる原虫類の集団感染の可能性は少ないものと考えられた。また、クリプトスポリジウム等汚染のおそれの指標である大腸菌については93件全てで不検出であったものの、大腸菌群については平成24年度に採取された1件で検出された。大腸菌群については土壌等の環境由来の菌種も含まれることから、平成16年の水質基準改正時に水質基準項目から除かれている。今回の調査で大腸菌群が検出された1件は、大腸菌が不検出であり、採水時の土壌等の混入により大腸菌群の汚染が生じたものと推察され、浄水処理については適切であったと考えられた。

埼玉県越生町での水道水によるクリプトスポリジウム集団感染の発生以降、国内において受水槽水の汚染によるジアルジアの集団感染事例^{12,13)}を除いて、水道水を介した

クリプトスポリジウム等原虫類の集団感染はない。しかし、平成25年の群馬県営水道の例¹⁴⁾を含めて小規模な水道においては原水だけでなく浄水からクリプトスポリジウム等が検出されており、給水停止となった事例も少なくない。東京都の小規模水道である奥多摩地区及び島しょ町村の水道原水・浄水については継続して調査を行っていく必要がある。

ま と め

平成19年度～24年度に採取された水道原水92件、浄水93件について、原虫類並びに糞便汚染指標菌の実態調査を行った結果、原虫類については、平成22年度に採取された島しょ地域の原水1件でジアルジア(1個/10 L)が検出されたものの、クリプトスポリジウムは全ての原水及び浄水で検出されなかった。また、糞便汚染指標菌については、原水では大腸菌群が<1～130,000 MPN/100 mL、大腸菌が<1～820 MPN/100 mL、ウェルシュ菌芽胞が0～25 MPN /100 mL検出されたが、浄水では大腸菌群が1件で検出されたものの、クリプトスポリジウム等汚染のおそれの指標菌である大腸菌は全てで不検出であった。このことから、適切な浄水処理が行われていることが示された。

文 献

- 1) 猪又 明子, 保坂 三継: 水環境学会誌, **36**(5), 169-172, 2013.
- 2) 埼玉県衛生部: 「クリプトスポリジウムによる集団下痢症」-越生町集団下痢症発生事件一報告書(平成9年3月), 102-106, 1997.
- 3) 保坂 三継, 矢野 一好, 眞木 俊夫, 他: 東京衛研年報, **51**, 248-252, 2000.
- 4) 保坂 三継, 落合 由継, 矢野 一好, 他: 東京衛研年報, **52**, 254-259, 2001.
- 5) 保坂 三継, 落合 由継, 勝田 千恵子, 他: 東京衛研年報, **53**, 223-228, 2002.
- 6) 保坂 三継, 勝田 千恵子, 榎田 隆一, 他: 東京健安研七周年報, **54**, 290-295, 2003.
- 7) 保坂 三継, 高田 千恵子, 榎田 隆一, 他: 東京健安研七周年報, **56**, 305-311, 2005.
- 8) 猪又 明子, 武藤 千恵子, 保坂 三継: 東京健安研七周年報, **58**, 273-277, 2007.
- 9) 厚生労働省: 健水発第033005号, 水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針, 平成19年3月30日 (通知), 2007.
- 10) APHA, AWWA, WEF: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21thed., 9-72-9-88, 2005.
- 11) 日本水道協会: 上水試験方法2011年版 V.微生物編, 81-88, 2011.
- 12) 小田原 真美子, 石井 治, 山本 実: 平成23年度(第50回)千葉県公衆衛生学会講演要旨集, 60, 2012.
- 13) 岸田 和則, 石田 篤史: 地方衛生研究所全国協議会関東甲信静支部 細菌研究部会 第24回研究会講演抄録, 33-34, 2012.
- 14) 群馬県企業局水道課: 【2月26日】県営浄水場におけるジアルジアの検出について (水道課) <http://www.pref.gunma.jp/houdou/q2400323.html> (2013年8月26日現在, なお本URLは変更または抹消の可能性がある)

Surveys of Protozoan Parasites and Fecal Indicator Bacteria in Raw and Finished Water(Apr.2007-Mar.2013)

Yukiko TABEL^a, Chieko MUTO^a, Kumiko KUSUNOKI^a, Takeshi ISHIKAMI^a, Asami TSUJI^a,
Tomoyoshi IGUCHI^a, Megumi ICHIKAWA^a, Mitsugu HOSAKA^a, Akiko INOMATA^a and Dai NAKAE^a

We surveyed protozoan parasites and fecal indicator bacteria in 92 raw water samples and 93 finished water samples collected in different areas of Tokyo from April 2007 to March 2013. As a result, *Giardia* was detected in 1 raw water sample (1 cyst/10 L) and not at all in finished water samples, however *Cryptosporidium* was not detected in any raw or finished water samples. Fecal indicator bacteria were detected in raw water samples. Coliform bacteria were detected in 1 finished water sample, but *E. coli* was not detected in any finished water samples. Therefore, it was shown that appropriate water treatment against protozoan parasites is being performed in water purification plants.

Keywords: *Cryptosporidium*, *Giardia*, raw water, finished water, fecal indicator bacteria

^a Tokyo Metropolitan Institute of Public Health,
3-24-1, Hyakunin-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 169-0073, Japan