

していたことから、シストの活性によって変動が生じたと考えられた。8 サンプル中、個数と Ct 値の関係が他のサンプルと明らかに異なる 3 サンプルを除き、陽性対照の検量線と同等の傾きで相関係数が良い 5 サンプルの結果を用いて算出した。その結果、RT-PCR 後の 1 シストは、陽性対照 1,600 コピー相当となった。すなわち、シスト 1 個をシストの式 ($y = -1.424\ln(x) + 29.262$) に代入すると Ct29.26 となり、合成遺伝子の式 ($y = -1.367\ln(x) + 39.363$) に Ct29.26 を代入すると 1,600 コピーと計算された (図 20)。一見、クリプトスポリジウムに比べてケタ違いの結果に見えるが、オーシストは 4 つのスポロゾイト(細胞)が含まれることがジアルジアと異なる。1 スポロゾイト(細胞)あたりでは 5,000 コピー程度と計算され、ジアルジア 1 シスト(細胞)あたりとは、数倍の範囲におさまった。今後、これらの換算値の活用が期待された。

C4-3 クリプトスポリジウム等検査法の改善

クリプトスポリジウム等検査法における濃縮方法と精製方法の組み合わせにより、回収率が得られないとの不安が持たれていたことから、検証実験の添加回収試験に際して回収率を確認した。すなわち、アセトン溶解法と免疫磁気ビーズ法との組み合わせ、および PTFE フィルターと免疫磁気ビーズ法との組み合わせの 2 通りの処理工程を採用したが、いずれも良好な結果が得られた (表 20)。一部からは前者の組み合わせでは良好な回収率が得られないとの懸念が示されていたが、前者の組み合わせによる回収率は 49~85%、平均 66%、±17%の標準偏差、後者の組み合わせによる回収率は 50~126%、平均 83±20%と、方法の違いはほとんど無視できるものであった。

国産蛍光抗体試薬を検討した。大原浄水場原水に添加回収したクリプトスポリジウムとジアルジアを定法に従い、観察用 PTFE フィルター上で蛍光抗体染色し、国産試薬と外国産試薬による染色像を比較した。いずれの抗体でもクリプト

スポリジウムとジアルジアは明るく発色した (写真 8)。従来、外国産試薬はジアルジアが暗かったが、国産ではそれと異なり、ジアルジアがクリプトスポリジウムと同じぐらい明るく発色して観察が容易だった。原水由来の夾雑物が存在しても、発色の明るさは損なわれることなく、同程度に感じられた。試験した範囲で、クリプトスポリジウム等検査の障害になるような、想定外の粒子が染色されることは無かった。

安定性の高い色素で標識された蛍光抗体を検討した。作成直後の試料において、連続して励起光を照射することによる蛍光の退色を追跡した (図 21A、B)。従来の FITC 標識の例 (EasyStain) では、励起光照射直後の蛍光強度は、クリプトスポリジウムで 126~241、ジアルジアで 64~129 であったが、照射時間と共に退色が進み、照射 120 秒後の両者の蛍光強度は 50 以下まで低下した。一方、新しい蛍光標識の例 (Dylight) では、クリプトスポリジウムとジアルジアの蛍光強度は、照射直後の 177~231 から徐々に低下したものの、照射 120 秒後の蛍光強度は 100 以上であり、退色は少なかった。保存日数と蛍光強度の関係を検討すると、FITC 標識では作成直後の蛍光強度 (141~210) は高かったが、保存 1 日後に大きく低下し、以降の蛍光強度 (30~94) は低いまま推移した (図 22A、B)。新しい蛍光標識では、作成直後の高い蛍光強度 (160~216) が、作成 7 日後 (147~198) までほとんど低下しなかった。旧来の FITC 標識と異なり、新しい蛍光標識は退色しづらく、検査に有用と言えた。

C4-4 畜産排水クリプトスポリジウム調査

月齢別に飼育されている豚舎の直接排水を豚舎別に調査した結果、オーシストが検出されたのは⑤成豚舎以外の、直接排水の①分娩豚舎、②・③の育成豚舎及び④肥育豚舎の 4 ヶ所、排水処理の⑥流入原水と⑦越流水、合計 6 ヶ所であった (図 23)。特に離乳直後の子ブタを飼育している育成豚舎からの排出量

が桁違いに多かった（ 10^7 オースト/10L 相当）。一方、3ヶ月齢以降のブタを飼育している肥育豚舎や母ブタのみを飼育している成豚舎からは、ほとんどオーストは検出されなかった。すなわち3ヶ月齢までの子ブタを飼育している豚舎から排出するオーストの量を制御できれば、豚舎全体からの排出量を低減させることができる可能性が示唆された。本施設では育成豚舎は畜舎の配置で最も上流に位置しており、排水処理を追加したり、分けたりする方法があるかもしれない（図 24）。なお、⑥流入原水と⑦越流水のオースト濃度から求めた排水処理施設内でのオースト除去率は 2·Log 程度、最大 4.8·Log であり、オーストは排水処理施設で適切に処理できていた。一方で⑦越流水のオースト濃度は、 $0\sim 10^2$ 個/10L で、完全には除かれていなかった。

D. 結論

D1 東日本大震災と水道の微生物学的安全性

水源の上流にある下水処理施設の被害が少なく、通常の処理が行われ、浄水処理も可能だったことから水道水の微生物学的な安全性に直接の影響が出なかった。沿岸部ではその付近に浄水場の取水がなく、マンホールからの溢水にも対応がなされた。影響が生じなかったのは幸いであって、次の災害が同じ程度に済む保証はなく、注意を要すると考えられた。水道水の供給再開は急がれることは明らかであり、理化学試験による迅速な判定が求められた。被害状況が不明な大規模災害においては、微生物検査はリアルタイムな検査結果が得られないが、外部からの支援による微生物検査の実施が望ましいと考えられた。原水に汚染が生じた場合をあらかじめ想定し、小規模な浄水場では紫外線や膜処理などの高度処理を導入しておくこと、あるいは対策済み浄水場では塩素消毒やろ過の徹底と濁度の監視が重要と考えられた。対応が間に合わない可能性を想定し、災害時の水質低下の恐れへの周知や、迅速な再開のための判断基準の整

理も重要と考えられた。

D2 従属栄養細菌の活用に関する研究

飲料水兼用耐震性貯水槽において従属栄養細菌を活用し、滞留の恐れを検知し、対策を行うことで緊急貯水槽の衛生状態を向上させることができた。

従属栄養細菌数が多く検出された採水地点を精査した結果、その給水栓付近での増殖と判明した。滞留のある配管より、 $10\text{cfu}/\text{cm}^2$ とわずかとはいえ、バイオフィルムの存在を培養で確認した。バイオフィルム防止に、残留塩素消毒の徹底が重要と考えられた。

全国の測定値の集計では、浄水場出口、給水栓水などの浄水系試料では 98%の地点が目標値の 10%である $200\text{cfu}/\text{mL}$ 未満であった（図 3）。また、各地点の最高値の平均値は $23\text{cfu}/\text{mL}$ と低かった。測定地点の大部分で検出数はわずかと、浄水配水は清浄に保たれていた。

高度浄水処理過程における従属栄養細菌数は、オゾン処理までに減少したものが、生物活性炭処理により増加し、後段の消毒、砂ろ過で減少した。浄水と給水栓水では、検出される細菌相が異なり、末端での菌数が多く、残留塩素の消費されやすい給水管や末端給水栓等での再増殖と考えられた。

都内給水栓の順位付けを行った結果、検出指標による総合順位が高い地点は、検出指標のすべてが高い結果であり、問題のある給水栓と捉えた。総合順位が上位、中位、下位のグループについて設置状況を検討したが、総合順位と設置状況の指標と間に明確な相関はなく、従属栄養細菌の検出は、給水栓の個別の状況によると考えられた。

浄水の 7 日間培養を 14 日間とすると、従属栄養細菌数は増加し、損傷菌等が疑われた。培養条件を決めるのは容易ではなく、将来の課題と考えられた。

以上の通り、高い検出地点の把握と問題の解消を貯水槽や末端給水栓で行うことで、従

属栄養細菌は活用し得ることが示された。従属栄養細菌が多く検出されるような管理の不足している末端給水栓への対応が、水質向上につながると期待された。

D3 腸管系ウイルスに関する研究

ノロウイルス VLPs を定量する immuno-PCR 法の構築に成功し、 $10^{5.7}$ VLPs/mL 程度から検出可能となった。単独ではウイルスを除去できない MF 膜であっても、前処理として凝集処理を導入することで、ノロウイルス VLPs (とファージ) を 4-Log 以上除去できた。

低い Ct 値での塩素消毒を正確に評価するため、短い接触時間の試料を採取可能な消毒装置 (プラグフロー装置) を開発した。大腸菌による性能試験で、接触時間 0.5 秒の消毒が可能と示された。オゾンによるポリオウイルスの不活化曲線が精度良く得られた。また、RNase 処理 RT-PCR 法により、塩素消毒後の大腸菌ファージ Q β の生残数を比較的良好に定量しえた。装置と定量法のウイルス不活化試験への活用が期待された。

ウイルスであっても、マルチプルバリアの発想で、凝集ろ過と消毒との相乗効果による除去不活化が期待できると言えた。

D4 耐塩素性病原微生物の研究

D4-1 吸引式粉体ろ過法の検証と改良

試料水の新規濃縮方法としての粉体ろ過法は、協力 5 機関において使用可能であった。原水のろ過水量は、原水濁度が 10 度を超えない範囲で、現行検査法の 10L を 90mm フィルター 1 回でろ過可能であった。浄水のろ過水量は使い捨て 35mm フィルター 24 時間で 200~500L となり、濃縮物の一部だけで現行の検査水量 20L が可能であった。ろ過法単体としての捕捉性能は概ね 100% 近くであった。回収率は 20~80%、概ね 60% 程度と、他の濃縮法と遜色なかった。粉体ろ過法の浄水試料保存、ルーチン検査への活用が期待された。

粉体ろ過法の吸引ろ過方式は、加圧ろ過方式と同等の捕捉性能評価であり、ろ過水量も濁度 10 度で 10L 近くとますますであった。従来の加圧ろ過方式は分解洗浄が容易ではなかったが、吸引ろ過方式は単純で使用する器具の洗浄が可能であったり、ディスプレイ部品の使用ができるという点で加圧ろ過方式より優れていた。

D4-2 クリプトスポリジウム等遺伝子検出法の検証、実績の積み重ねと改良

遺伝子検出法は協力 10 機関において使用可能であった。さらに 1 機関において遺伝子検出法の導入を目的に検討が行われ、導入可能であった。すなわち、クリプトスポリジウム、ジアルジア共に高感度な検出が可能であった。河川水への添加回収実験では、遺伝子検出法は検鏡法と同じく検出し、回収率も良好であった。実試料試験では、クリプトスポリジウムは検鏡法とほぼ同一の結果が得られ、異なる遺伝子法間で結果が一致し、クリプトスポリジウムとジアルジアの配列が得られた。遺伝子法は有効な方法と考えられた。

一方で、顕微鏡法と遺伝子法の間には結果の不一致が見られることがあったが、検出率はいずれも同程度であった。低濃度の検出は確率論的な問題を含むことを計算で示し、頻回の試験がその解消に有効と考えられた。ブタ由来やヒト感染の可能性のある遺伝子型が確認された。

qRT-PCR 法におけるクリプトスポリジウムとジアルジアの定量を目的に、陽性対照の遺伝子断片より検量線を作成した。クリプトスポリジウム 1 オーシストあたりの 18S rRNA 量は、TaqMan 法で 26,000 コピー、サイクリングプローブ法で 18,000 コピー相当と計算された。ジアルジア 1 シストあたりでは、サイクリングプローブ法で 1,600 コピー相当と計算された。

D4-3 クリプトスポリジウム等検査法の改善

アセトン溶解法と免疫磁気ビーズ法との組み合わせ、および PTFE フィルターと免疫磁

気ビーズ法との組み合わせの2通りの処理工程を検討し、いずれも方法でもクリプトスポリジウム検査は実施可能であった。

国産蛍光抗体試薬を用いて、クリプトスポリジウムとジアルジアを問題なく染色できた。原水より添加回収したクリプトスポリジウム等でも問題なかった。水道事業体などで通常行われる原水を対象としたクリプトスポリジウム検査に活用されると期待された。

従来の FITC 標識の蛍光抗体染色では、染色試料は励起光を連続照射すると退色が進んだ。染色後の試料を冷蔵保存すると1日後には蛍光強度が大きく減少し、作成後直ちに観察することが推奨と言えた。一方、新しい蛍光標識では、励起光の連続照射による蛍光の退色が少なかった。7日間の冷蔵保存を行っても、ほとんど退色しなかった。このような退色の少ない蛍光色素は検査に有用で、活用が期待された。

D4-4 畜産排水クリプトスポリジウム調査

オーシストを排泄するブタは、ほとんどが3ヵ月齢以下の子ブタで、母ブタから離乳したばかりの育成豚舎の排出が最も多かった。糞尿分離を徹底し排水への混入を低減させるか、3ヵ月齢までの豚のオーシスト含有廃水を別系統で処理するなどの検討も必要と考えられた。越流水から濃度は高くないが、一定レベルのオーシストが常時検出された。排水処理施設のオーシスト除去率は2.1~4.8・Logと変動が見られたが、おおむね良好な処理状況であった。

E. 参考文献

- 1) 気象庁, http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/gaikyo/monthly201103/20110311_to_hoku_1.pdf (平成24年3月5日確認)
- 2) Lee, S. H. and Kim, S. J., (2002) Detection of infectious enteroviruses and adenoviruses in tap water in urban area in Korea, *Water Research*, **36**(1), 248-56.
- 3) 厚生労働科学研究費補助金新型インフルエンザ等新興・再興感染症研究事業「顧みられない病気に関する研究(研究代表者:野崎智義)」より平成22年度分担研究報告書「抗ジアルジアモノクロナル抗体の性能評価とELISA法への応用(研究分担者:八木田健司)」
- 4) 秋葉他: 畜産排水処理施設におけるクリプトスポリジウムの排出と除去性の調査, 公共用水域の人畜由来汚染による健康影響リスクの解明と制御に関する研究, 環境省環境保全研究, p.4-18~4-22, 平成22年
- 5) 金子光美: 震災時における水の安全対策に関する研究(2002年3月), 科学研究費補助金研究成果報告
- 6) 渥美亨, 後藤郁男, 佐藤由紀, 沖村容子: 震災後の宮城県における感染症発生状況とリスク評価, 病原微生物検出情報, **32**, S4(2011)
- 7) 押谷仁, 神垣太郎, 岡本道子, 当広謙太郎, 大谷可菜子, 貫和奈央, 鈴木陽: 東日本大震災後の仙台市およびその周辺でのインフルエンザのモニタリング, 病原微生物検出情報, **32**, S6(2011)
- 8) 國島広之, 具芳明, 山田充啓, 猪股真也, 石橋令臣, 金森肇, 遠藤史郎, 青柳哲史, 八田益充, 徳田浩一, 北川美穂, 賀来満夫, 新井和明, 矢野寿一, 平瀉洋一: 病原微生物検出情報, **32**, S5(2011)
- 9) 宮城県保健環境センター: 宮城県感染症発生動向調査情報, Vol.10-23 (2011)
- 10) TIME, http://www.time.com/time/photogallery/0,29307,1954087_2025626,00.html (平成25年4月12日時点)
- 11) TIME, http://www.time.com/time/photogallery/0,29307,1954087_2025846,00.html (平成25年4月12日)
- 12) 保坂ら(2001) 水の従属栄養細菌試験における培地並びに培養条件の検討 東京衛研年報 **52** p245-249

- 13) Kishida N, Miyata R, Furuta A, Izumiyama S, Tsuneda S, Sekiguchi Y, Noda N, Akiba M. Quantitative detection of *Cryptosporidium* oocyst in water source based on 18S rRNA by alternately binding probe competitive reverse transcription polymerase chain reaction (ABC-RT-PCR). *Water Res.* 2012 Jan 1;46(1):187-194.
- 14) Fayer R. and Xiao L. *Cryptosporidium* and cryptosporidiosis, pp.11, IWA Publishing, London, UK.
- 15) Monis PT, Caccio SM, Thompson RC. Variation in *Giardia*: towards a taxonomic revision of the genus. *Trends Parasitol.* 2009 Feb;25(2):93-100.

F. 研究発表

論文発表

1. Shirasaki, N., Matsushita, T., Matsui, Y., Oshiba, A. and Ohno, K., Estimation of norovirus removal performance in a coagulation-rapid sand filtration process by using recombinant norovirus VLPs, *Water Research*, 44(5), 1307-1316, 2010.
2. Shirasaki, N., Matsushita, T., Matsui, Y., Urasaki, T., Oshiba, A. and Ohno, K., Evaluation of norovirus removal performance in a coagulation-ceramic microfiltration process by using recombinant norovirus virus-like particles, *Water Science and Technology*, 61(8), 2027-2034, 2010.
3. Shirasaki, N., Matsushita, T., Matsui, Y., Kobuke, M. and Ohno, K., Feasibility of in-line coagulation as a pretreatment for ceramic microfiltration to remove viruses, *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*, 59(8), 501-511, 2010.
4. 岸田直裕, 古川一郎, 黒木俊郎, 猪又明子, 泉山信司, 森田重光, 秋葉道宏, リアルタイム RT-PCR 法を用いた河川試料水中のクリプトスポリジウムの高感度定量, *日本水処理生物学会誌*, 46, 181-189, 2010.
5. Matsushita, T., Shirasaki, N., Matsui, Y. and Ohno, K., Virus inactivation during coagulation with aluminum coagulants, *Chemosphere*, 85(4), 571-576, 2011.
6. 猪又明子, 百田隆祥, 泉山信司, 勝山志乃, 岸田直裕, 秋葉道宏, 遠藤卓郎, 環境水中のクリプトスポリジウム検出を目的とした RT-LAMP 改善法の実用性評価, *日本水処理生物学会誌* Vol.47 No.1 2011 pp.9-18.
7. Matsushita, T., Suzuki, H., Shirasaki, N., Matsui, Y. and Ohno, K. (2013) Adsorptive virus removal with super-powdered activated carbon, *Separation and Purification Technology*, 107, 79-84.
8. 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦, 大芝淳 (2012) ウイルス処理に有効な新規アルミニウム系凝集剤の開発, *土木学会論文集 G(環境)*, 68(7), III_41-50.
9. Shirasaki, N., Matsushita, T., Matsui, Y., Urasaki, T. and Ohno, K. (2012) Difference in behaviors of F-specific DNA and RNA bacteriophages during coagulation-rapid sand filtration and coagulation-microfiltration processes, *Water Science and Technology: Water Supply*, 12(5), 666-673.
10. Kishida N, Miyata R, Furuta A, Izumiyama S, Tsuneda S, Sekiguchi Y, Noda N, Akiba M. Quantitative detection of *Cryptosporidium* oocyst in water source based on 18S rRNA by alternately binding probe competitive reverse transcription polymerase chain reaction (ABC-RT-PCR). *Water Res.* 2012 Jan 1;46(1):187-94.
11. Izumi T, Yagita K, Izumiyama S, Endo T, Itoh Y. Depletion of *Cryptosporidium*

parvum oocysts from contaminated sewage by using freshwater benthic pearl clams (*Hyriopsis schlegeli*). *Appl Environ Microbiol.* 2012 Oct; 78(20): 7420-8.

12. 泉山信司, 遠藤卓郎, 粉体ろ過によるクリプトスポリジウム濃縮保存法の開発, 水道協会雑誌, 2012, 81(9), 14-22.
13. 黒木俊郎, 泉山信司, 八木田健司, 遠藤卓郎, 岸田直裕, 島崎大, 秋葉道宏, 水道クリプトスポリジウム試験法の検査体制維持・向上に係る技術研修の役割, 保健医療科学, 2012, Vol.61 No.5, p.454-463
- 井佳彦, 大野浩一, 微粉化活性炭によるウイルス吸着除去, 第61回全国水道研究発表会, 2010.
8. 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦, 大野浩一, 小泓 誠, インライン凝集-MF 膜ろ過処理によるウイルスの効果的除去, 第 44 回日本水環境学会年会, 2010.
9. 泉山信司, 溝口智子, 百田隆祥, 遠藤卓郎, クリプトスポリジウム検査の添加回収実験による濃縮精製法の比較と迅速遺伝子検出法の検討, 第 10 回環境技術学会研究発表会, 平成 22 年 9 月 10 日, 京都市
10. 百田隆祥, 太田嘉則, 神田秀俊, 猪又明子, 泉山信司, 遠藤卓郎, RT-LAMP 法を用いたクリプトスポリジウムの高感度迅速検出, 第 44 回日本水環境学会年会, 2010 年 3 月 15-17 日, 福岡
11. 岸田直裕, 今野祥顕, 秋葉道宏, 猪又明子, 泉山信司, 水道クリプトスポリジウム検査への遺伝子検査法導入に関する研究, 第 4 回保健医療科学研究会, 2010.
12. J. Sangsanont, H. Katayama, F. Kurisu, and H. Furumai, Viral Inactivation Profile After Ozonation In Continuous Quench Flow Reactor. 6th International Symposium on Health-Related Water Microbiology, Rotorua, New Zealand, September, 2011 (Peer-reviewed, accepted as oral presentation)
13. 白崎伸隆, 佐藤翔太, 大芝淳, 松下拓, 松井佳彦, アルミニウム系凝集剤の高塩基度化によるウイルスの効果的除去, 第 66 回土木学会年次学術講演会, 2011.
14. Suzuki, H., Shirasaki, N., Matsushita, T. and Matsui, Y., Virus removal by adsorption on super-powdered activated carbon, Proceedings of the 4th IWA-ASPIRE Conference, Tokyo, Japan, 2-6 October 2011.
15. 佐藤翔太, 大芝淳, 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦, 高塩基度ポリ塩化アルミニウムが示

学会発表

1. 岩本智江, 田中繁樹, 田中真紀子, 高橋輝行, 浄水処理過程および配水過程における従属栄養細菌の挙動, 日本水道協会第 61 回全国水道研究発表会, 2010
2. Matsushita, T., Shirasaki, N., Ohshiba, A., Matsui, Y. and Ohno, K., Evaluating norovirus removal during drinking water treatment by using recombinant NV-VLPs, Proceedings of IWA World Water Congress, Montreal, Canada, 19-24 September 2010.
3. 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦, 大野浩一, MALDI-TOF-MS を用いたアルミニウム系凝集剤によるウイルス不活化機構の検討, 第 47 回環境工学研究フォーラム, 2010.
4. 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦, 水処理分野における質量分析の重要性, 第 2 回日本質量分析学会北海道談話会・研究会, 2010.
5. 白崎伸隆, 大芝淳, 松下拓, 松井佳彦, 大野浩一, VLPs を用いたヒトノウイルスの凝集沈澱-MF 膜ろ過処理性評価, 第 65 回土木学会年次学術講演会, 2010.
6. 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦, 大野浩一, 凝集沈澱処理によるウイルスの除去と不活化, 第 61 回全国水道研究発表会, 2010.
7. 鈴木英明, 安藤直哉, 白崎伸隆, 松下拓 松

- すウイルスの高い除去性, 第 62 回全国水道研究発表会, 2011.
16. 鈴木英明, 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦, 安藤直哉, 超微粉化活性炭を用いたウイルスの吸着除去, 第 45 回日本水環境学会年会, 2011.
 17. 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦, アルミニウム系凝集剤によるウイルスの不活化, 第 45 回日本水環境学会年会, 2011.
 18. 大芝淳, 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦, 凝集剤中のアルミニウム形態がウイルスの凝集沈殿処理に与える影響, 第 45 回日本水環境学会年会, 2011.
 19. S. Izumiyama, A. Inomata, N. Kishida, S. Katsuyama, T. Momoda, K. Usui, M. Akiba, K. Yagita, T. Endo, Development of nucleic acid amplification assays for highly sensitive detection of *Cryptosporidium* in water samples, Proceedings of Intestinal and Free-Living Protozoan Parasites Meeting, The 45th Annual Japan-U.S. Joint Conference on Parasitic Diseases, Japan-U.S. Cooperative Medical Science Program, p.8, January 12, 2011, Tokyo Japan.
 20. Kishida N, Miyata R, Furuta A, Izumiyama S, Morita S, Tsuneda S, Sekiguchi S, Noda N, Akiba M. Quantitative detection of *Cryptosporidium* oocyst in water source by alternatively binding probe competitive polymerase chain reaction (ABC-PCR). 16th International Symposium on Health-Related Water Microbiology, WaterMicro 2011. Rotorua, September 2011.
 21. 高藤俊, 泉山信司, 粉体ろ過によるクリプトスポリジウム濃縮法の検討, 日本水道協会第 62 回全国水道研究発表会, 2011
 22. 泉山信司, 岸田直裕, 秋葉道宏, 遠藤卓郎, クリプトスポリジウム等検査への遺伝子検出法導入の課題について, 第 11 回環境技術学会研究発表大会, 2011 年 9 月, 大阪市
 23. 八木田健司, 泉山信司, 宮崎誠生, 迅速診断を目的とした抗ジアルジアモノクローナル抗体の作製, 第 80 回日本寄生虫学会大会, 2011 年 7 月, 東京都
 24. Shirasaki, N., Matsushita, T. and Matsui, Y. (2012) Virus removal by a coagulation-microfiltration process, Proceedings of the 4th IWA Asia-Pacific Young Water Professionals Conference 2012, Tokyo, Japan.
 25. 丸林拓也, 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦 (2013) アルミニウム系及び鉄系凝集剤の塩基度がウイルスの処理性に与える影響, 第 47 回日本水環境学会年会, 大阪.
 26. 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦, 大芝淳 (2012) ウイルス処理に有効な新規アルミニウム系凝集剤の開発, 第 49 回環境工学研究フォーラム.
 27. 白崎伸隆, 田附雄一, 松下拓, 松井佳彦 (2012) ウイルス様粒子と新規イムノ PCR 法を併用したヒトノロウイルスの膜ろ過処理性評価, 第 67 回土木学会年次学術講演会, 名古屋
 28. Shirasaki, N., Matsushita, T., Matsui, Y. and Sato, S., Effective removal of virus by high-basidity polyaluminum coagulation treatment, Proceedings of Particle Separation Conference, Berlin, Germany, 18–20 June 2012.
 29. Shirasaki, N., Matsushita, T., Tatsuki, Y. and Matsui, Y., A new approach to estimate norovirus removal performance in a membrane filtration process by using virus-like particles and immuno-PCR method, Proceedings of AWWA/AMTA 2012 Membrane Technology Conference & Exposition, Glendale, AZ, USA, 27 February–1

March 2012.

30. 白崎伸隆, 大芝淳, 松下拓, 松井佳彦, 凝集剤中のアルミニウム形態がウイルスの処理性に与える影響, 第 63 回全国水道研究発表会, 2012.
31. 大芝淳, 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦, 第 46 回日本水環境学会年会, ウイルス除去に有効な新規アルミニウム系凝集剤の開発, 2012.
32. 田附雄一, 白崎伸隆, 松下拓, 松井佳彦, 遺伝子組み換えにより発現したウイルス外套タンパク粒子と新規 immuno-PCR 法を用いたヒトノロウイルスの膜ろ過性の評価, 第 46 回日本水環境学会年会, 2012.
33. 岸田直裕, 今野祥顕, 浅見真理, 秋葉道宏, 原本英司, 泉山信司, 水道水源における原虫汚染の全国実態調査, 第 46 回日本水環境学会年会, 2012.
34. 岸田直裕, 吉本泰士, 佐藤逸人, 泉山信司, 秋葉道宏, 遠藤卓郎, クリプトスポリジウム検査における遺伝子検査法の作業性に関する検討, 第 63 回全国水道研究発表会, 2012 年, 島根県松江市
35. 泉山信司, 八木田健司, 森田重光, 宮崎誠生, 蛍光抗体染色用抗クリプトスポリジウムモノクローナル抗体の開発, 第 81 回日本寄生

虫学会大会, 2012 年

36. 泉山信司, 佐々木美江, 東日本大震災における水道水の微生物学的安全性, 第 12 回環境技術学会年次大会, 2012 年, 滋賀県草津市
37. 勝山志乃, 泉山信司, 百田隆祥, 岸田小百合, 河川表流水における原虫類の遺伝子検査法と検鏡による従来法の比較, 日本水処理生物学会第 49 回大会, 平成 24 年, 東京都
38. 渡邊 洋大, 齊藤 巧介, 上村 郁子, 北村 壽朗, 神奈川県企業庁における粉体ろ過法の検討, 第 63 回全国水道研究発表会, 2012 年, 島根県松江市
39. Abeynayaka A., Katayama H. Manami, I. and Furumai, H. Low temperature enzymatic degradation of bacteriophage Q β RNA and partially chlorinated bacteriophage Q β . (Accepted). WET2013. 15th-16th June 2013. Tokyo

G. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得
 2. 実用新案登録
 3. その他
- なし

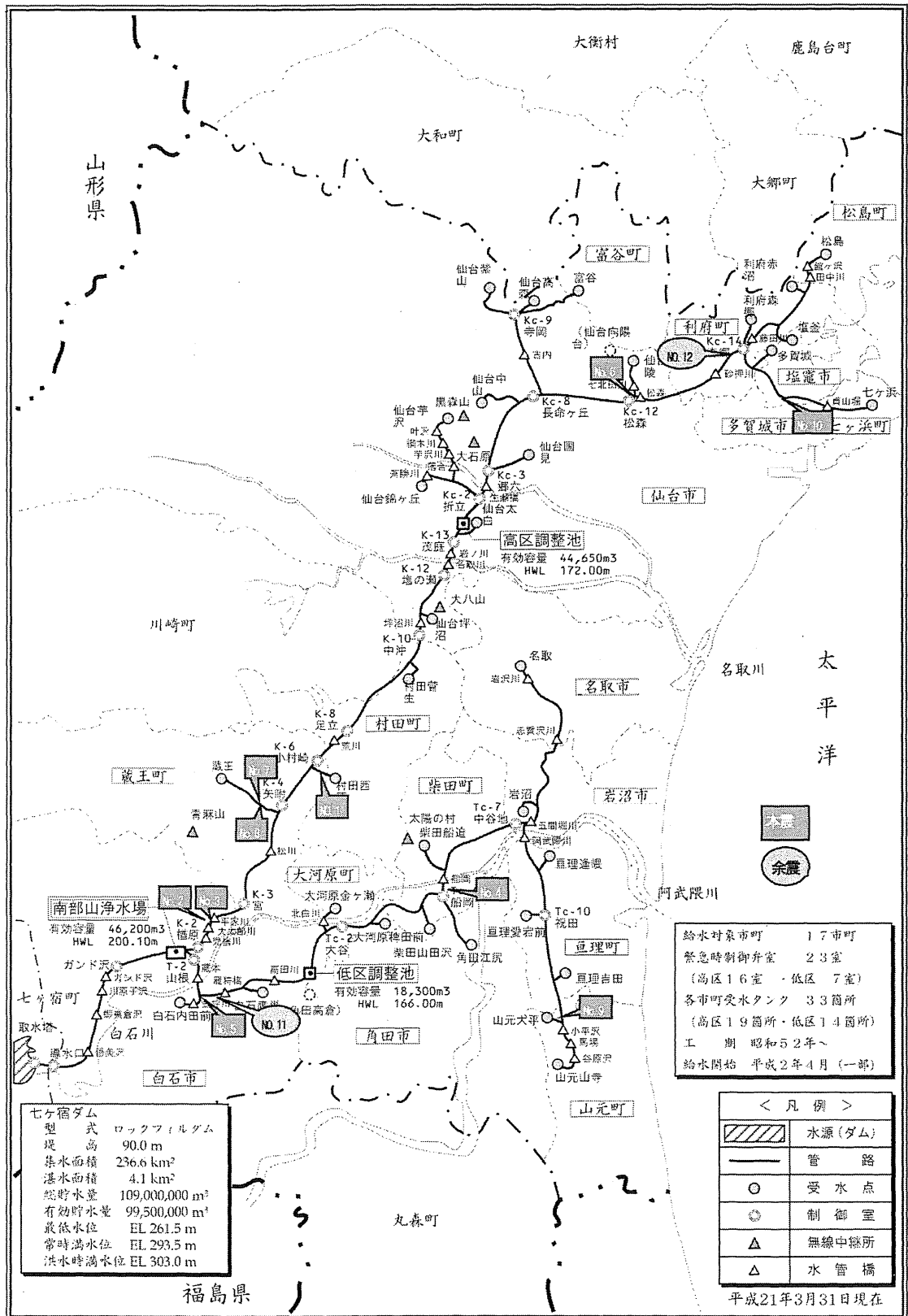


図1 宮城県仙南・仙塩広域水道の東日本大震災による漏水箇所

表 1 各受水点の水質検査結果(本震)

高区											
	受水池	採水日	採水時間	天候	気温(°C)	水温	色度	濁度	残留塩素	pH	その他
1	村田西原	3月21日	17時15分	曇	6.8	5.7	<5	<2	0.2	6.8	16:30到達
2	村田菅生	3月22日	13時00分	曇	8.5	8.8	<5	<2	0.2	6.8	
3	仙台坪沼	3月22日	13時23分	晴	9.5	5.7	<5	<2	0.2	6.8	
4	仙台太白	3月22日	13時40分	曇	7.5	5.6	<5	<2	0.2	7	
5	蔵王	3月22日	19時00分	雨	3.3	6	<5	<2	0.1	7	
6	仙台芋沢	3月24日	18時45分	晴	1.9	7.5	5以上	<2	0.1	欠測	
7	仙台錦ヶ丘	3月24日	20時00分	晴	0.4	7	5以上	<2	0.1	欠測	
8	富谷	3月28日	11時40分	晴	11	7.8	<5	<2	0.4	7	
9	仙台国見	3月28日	15時00分	晴	9	8.8	<5	<2	0.5	7	
10	仙台森郷	3月28日	18時55分	晴	4	8.2	<5	<2	0.1	6.8	
11	多賀城	3月30日	11時20分	晴	13.5	6.1	<5	<2	0.5	6.8	
12	利府赤沼	3月30日	18時57分	曇	6	6.5	<5	<2	0.5	6.8	
13	松島	3月31日	10時40分	晴	9.1	6.4	<5	<2	0.5	7	
14	塩釜	3月31日	11時25分	晴	10.2	6.1	<5	<2	0.5	7	
15	仙台中山	3月31日	11時25分	曇	9.5	7	<5	<2	0.5	6.8	
16	仙台紫山	3月31日	13時50分	曇	8	6.2	<5	<2	0.5	6.8	
17	七ヶ浜	4月1日	11時00分	晴	9	8.6	≤5	<2	0.5	6.8	
18	仙台高森	4月1日	14時25分	晴	12	7.4	<5	<2	0.4	6.8	
19	松陵	4月1日	15時15分	晴	9.8	8	<5	<2	0.5	6.8	
低区											
	受水池	採水日	採水時間	天候	気温(°C)	水温	色度	濁度	残留塩素	pH	その他
1	鷹巣	3月15日	15時35分	雨	4.2	5.5	<5	<2	0.3	6.8	10分間捨水 沈殿物なし
2	内田前	3月15日	16時00分	雨	3.8	5.1	<5	<2	0.2	6.8	15分捨水 外観異常なし
3	金ヶ瀬	3月16日	18時00分	雪	0.2	5.5	<5	<2	0.2	6.8	
4	稗田前	3月17日	9時35分	晴	4.8	5.5	<5	<2	0.2	6.8	
5	山田沢	3月17日	10時10分	晴	6.7	6.1	<5	<2	0.2	6.8	
6	角田江尻	3月18日	9時30分	晴	2	6.9	<5	<2	0.2	7	
7	柴田船迫	3月21日	18時15分	曇	6.8	7.1	<5	<2	0.1	6.8	
8	亶理逢隈	3月21日	21時45分	曇	7.2	6.3	<5	<2	0.1	7	
9	亶理愛宕前	3月21日	23時16分	曇	4.5	7.6	<5	<2	0.1	6.8	
10	亶理吉田	3月22日	3時05分	曇	6.4	7.6	<5	<2	0.1	7	
11	岩沼	3月23日	12時45分	晴	12.2	7	<5	<2	0.1	6.8	
12	名取	3月25日	8時45分	曇	5.8	6	<5	<2	0.4	6.8	
13	山元大平	4月1日	15時00分	晴	11	7.4	<5	<2	0.6	6.8	
14	山元山寺	4月1日	19時50分	晴	6	7.1	<5	<2	0.5	6.8	

表 2 飲料水用耐震性貯水槽における従属栄養細菌の推移

従属栄養細菌:CFU/mL, 水質管理目標設定項目(目標値 2000CFU/mL)

施設名	H20.9	H21.9	H22.9	H23.9	H24.9	容積(m ³)	竣工年	材質	備考	
大気開放式	A	0	1	0	0	0	100	S58(1983)	コンクリート内面防水塗装	
	B	37	4	12	-	2	100	S59(1984)	コンクリート内面防水塗装	H23.12 貯水槽内面防水塗装実施
	C	2	0	2	1	1	100	S59(1984)	コンクリート内面防水塗装	
	D	0	0	1	2	0	100	S59(1984)	コンクリート内面防水塗装	
	E	2	0	0	1	4	100	S60(1985)	コンクリート内面防水塗装	
	F	730	5	3	2	0	100	S60(1985)	コンクリート内面防水塗装	H25.2 貯水槽内面防水塗装実施
	G	18	22	16	43	0	100	S62(1987)	コンクリート内面防水塗装	H22.12 貯水槽内面防水塗装実施
	H	4	-	6	2	4	100	H8(1996)	コンクリート内面防水塗装	
圧力式	I	40	20	22	710	8	100	H9(1997)	鋼製内面エポキシ樹脂塗装	定期的に放水実施
	J	360	4	170	17	4	100	H10(1998)	鋼製内面エポキシ樹脂塗装	定期的に放水実施
	*K	0	1	2	4	0	100	H15(2003)	鋼製内面エポキシ樹脂塗装	*H18.8 滞留対策済み(流入水を低部に吹き付ける方法)
	*L	0	2	0	9	4	100	H10(1998)	鋼製内面ステンレススクラッド鋼	*H19.7 滞留対策済み(流入水を低部に吹き付ける方法)
	M	8	9	43	10	1	60	H8(1996)	モルタルライニング 鑄鉄管	H20~夏期に貯水槽底部から捨水実施(5~40L/分) H22は5L/分
	N	100	270	1	54	2	60	H14(2002)	鋼製内面エポキシ樹脂塗装	H22~夏期に貯水槽底部から捨水実施(10L/分) H23は5L/分

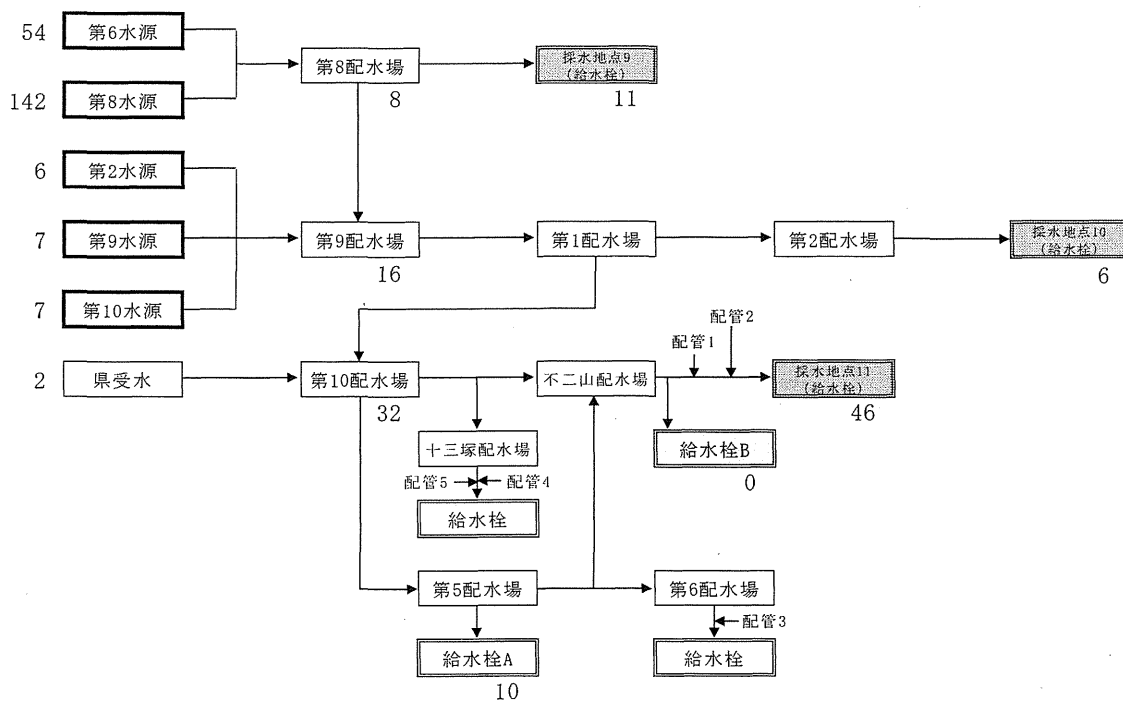


図 2 配水系統図

図中の数値は平均従属栄養細菌数(個/mL)。第 8 配水場から第 9 配水場への配水量は 1 割程度、第 1 配水場から第 10 配水場への配水量は 5 割程度、第 10 配水場から不二山配水場への配水量は 3 割程度。なお、本配水システムの配管割合は塩化ビニール管 84%、鑄鉄管 13%、鋼管 3%。配管 1~5 の矢印は写真 1~5 のくりぬき箇所に対応。

表3 水源及び配水系各地点の従属栄養細菌（個/mL）

	平成23年度								平成24年度									
	1/27	2/7	3/13	3/23	4/17	5/15	6/12	7/10	8/7	8/20	9/11	10/4	10/10	11/13	12/4	1/8	2/8	2/13
第6水源	—	—	110	—	—	—	68	—	—	—	22	—	—	—	14	—	—	—
第8水源	142	—	170	—	—	—	216	—	—	—	28	272	—	—	24	—	—	—
第2水源	—	—	7	—	—	—	6	—	—	—	3	—	—	—	6	—	—	—
第9水源	—	—	20	—	—	—	2	—	—	—	2	—	—	—	4	—	—	—
第10水源	—	—	10	—	—	—	2	—	—	—	11	—	—	—	5	—	—	—
県受水	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—
第8配水場	18	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—
第9配水場	—	—	—	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
第10配水場	—	—	—	2	—	—	—	—	—	94	—	25	—	—	—	—	—	6
採水地点9	—	6	2	—	2	10	12	6	16	—	31	—	26	12	4	13	12	3
採水地点10	—	0	2	—	4	4	4	9	3	—	18	—	6	10	5	2	12	3
採水地点11	—	226	161	—	64	12	22	78	25	20	29	26	20	10	10	16	6	7
給水栓A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	18	—	—	—	—	—	—
給水栓B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	0	—	—	—	—	—	—

表4 配管内表面調査（管材質は全て塩化ビニール）

管配管 No.	採取日	敷設年	付着状況	従属栄養細菌 (個/4cm ²)
1	H24.11.6	S63	付着物あり（写真1）	—
2	H24.11.8	H6	付着物なし（写真2）	—
3	H24.12.7	H1	付着物あり（写真3）	—
4	H24.12.7	H4	付着物なし（写真4）	—
5	H25.1.11	S45	付着物あり（写真5）	40

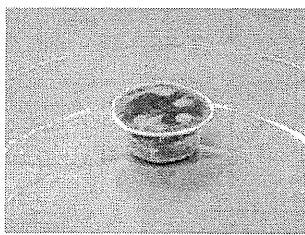


写真1 (配管1)



写真2 (配管2)

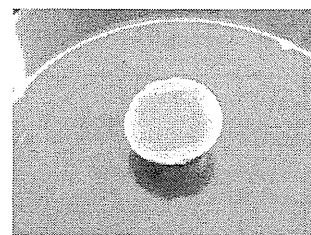


写真3 (配管3)

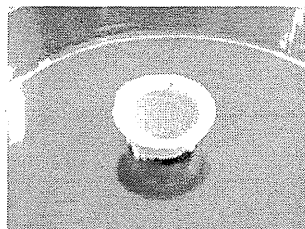


写真4 (配管4)

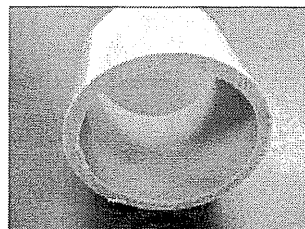


写真5 (配管5)

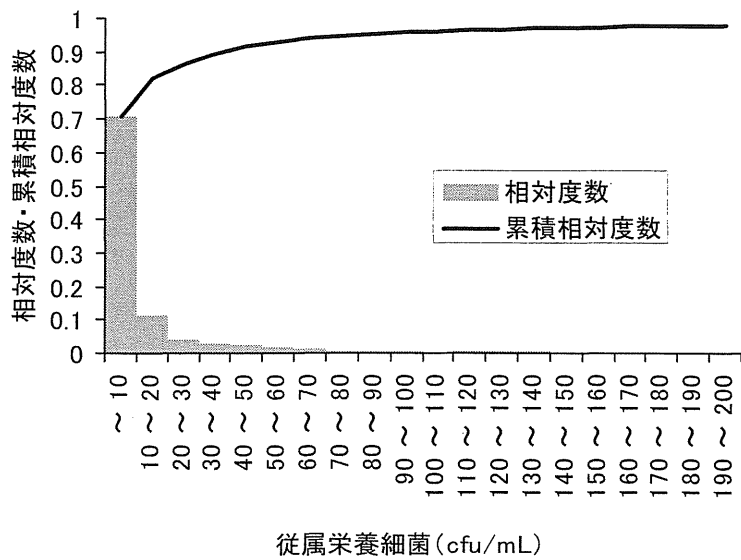


図3 平成21年度従属栄養細菌最高値の頻度分布

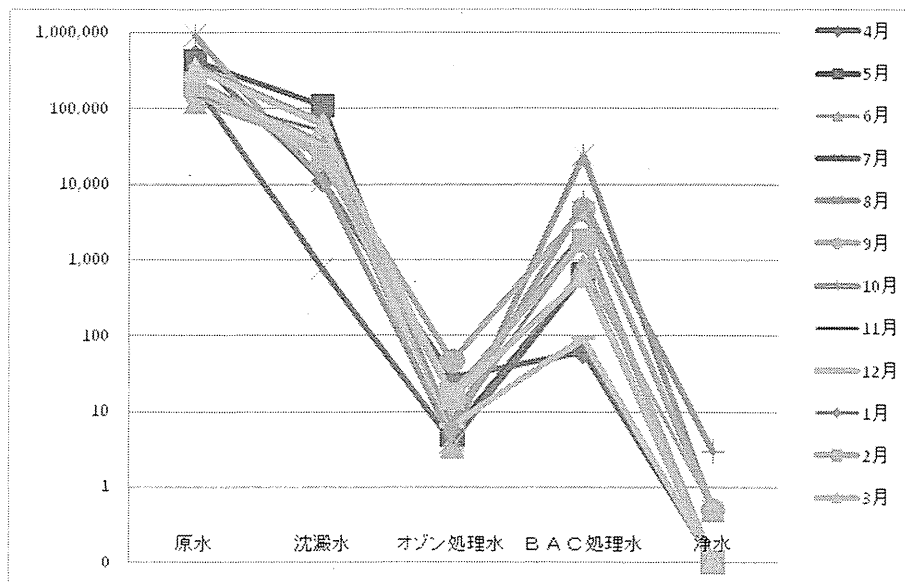


図4 オゾン処理後のBAC処理による従属栄養細菌数の増加

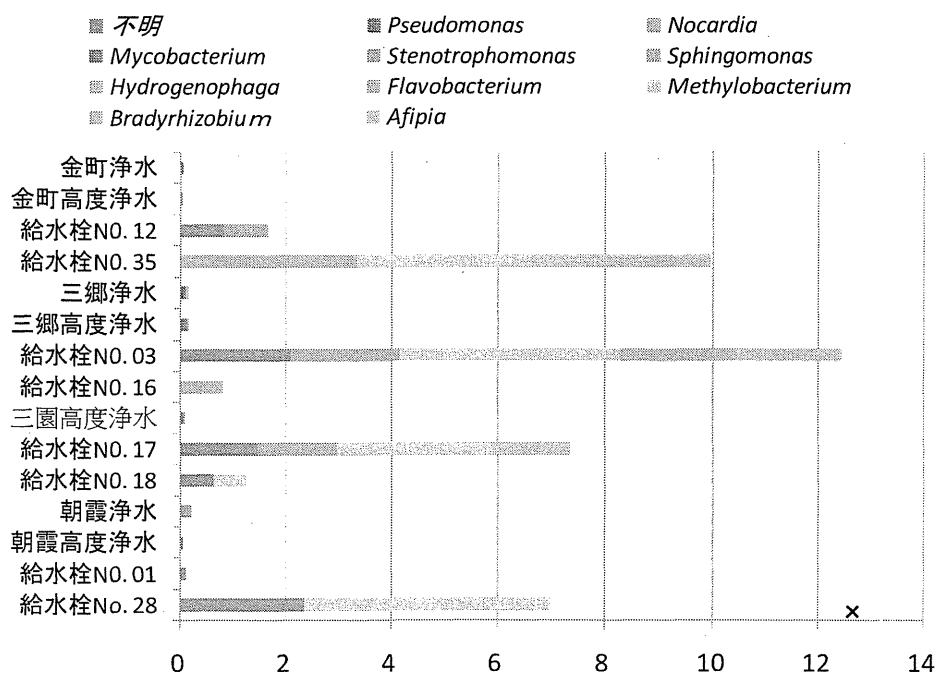


図5 従属栄養細菌の菌叢変化（平成20年5月サンプリング）

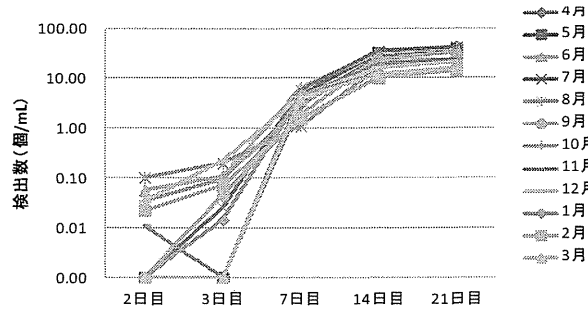
表5 都内給水栓における従属栄養細菌の順位付け結果(抜粋)

総合 順位	地点 番号	検出率		検出時平均 検出数		10個以上 検出率		順位 合計値	備考
		順位	平均値 (%)	順位	平均値 (個/mL)	順位	平均値 (%)		
1	10	2	86.1	2	21.3	1	33.3	5	・朝霞系
2	38	1	88.9	4	13.3	2	31.9	7	・三郷系
3	28	11	73.6	1	28.1	3	29.2	15	・朝霞系（最末端）
4	17	6	79.2	14	4.4	5	15.3	25	・三郷系
	33	5	81.9	13	4.4	7	13.9	25	・金町・三郷系
	36	14	66.7	7	7.8	4	20.8	25	・朝霞系
23	34	22	56.9	18	3.4	19	5.6	59	・金町・三郷系
	42	9	73.6	22	3.1	28	1.4	59	・朝霞系
45	1	44	9.7	45	0.8	33	0.0	122	・朝霞系（水質センタ 一敷地内）

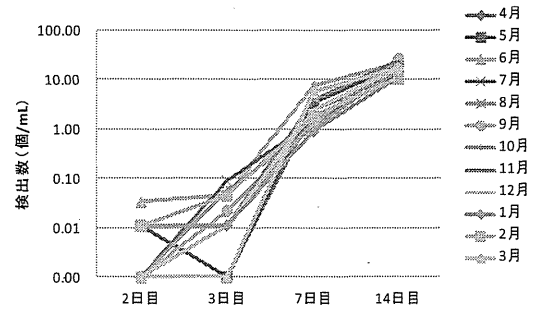
表6 総合順位グループ別と設置状況の比較

	配水小管経過年数 (平成21年度時点)	給水管経過年数 (平成21年度時点)	流達時間
上位（1～3位）	33.0年	15.7年	30.3時間
中位（20～25位）	25.2年	13.0年	27.8時間
下位（40～45位）	19.3年	16.2年	23.7時間
全地点との相関係数	-0.286	0.158	-0.025

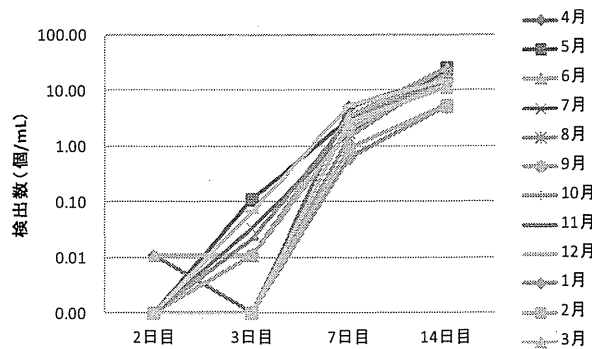
A) 平成 20 年度



B) 平成 21 年度



C) 平成 22 年度



D) 原水年間平均

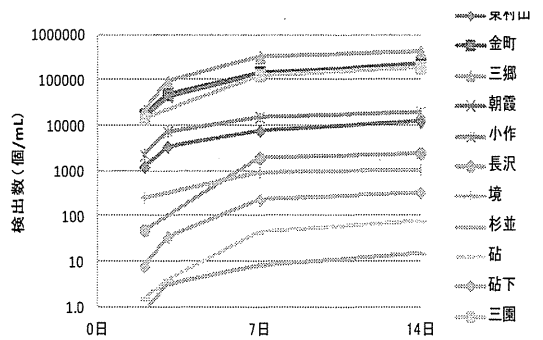


図 6 都内区部給水栓水における培養日数ごとの従属栄養細菌数の変化

表 7 都内区部給水栓水における培養日数ごとの従属栄養細菌の陽性率

都内栓45箇所陽性率(%)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
2日目	0.0	0.0	11.1	0.0	6.7	0.0	4.4	2.2	6.7	0.0	2.2	0.0
3日目	0.0	0.0	21.7	5.0	17.4	9.1	5.6	0.0	26.1	2.9	7.1	0.0
7日目	62.2	73.3	93.3	77.8	57.8	44.4	51.1	62.2	68.9	60.0	55.6	55.6
14日目	97.8	97.8	100.0	100.0	100.0	97.1	97.7	95.6	97.8	95.6	100.0	93.3
21日目	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.0	100.0	100.0	97.8	97.8	100.0	93.3

平成21都内栓45箇所陽性率(%)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
2日目	0.0	2.2	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	2.2	0.0
3日目	0.0	0.0	4.4	4.4	2.2	4.4	2.2	2.2	2.2	2.2	6.7	0.0
7日目	60.0	51.1	68.9	28.9	46.7	46.7	55.6	62.2	71.1	64.4	60.0	51.1
14日目	93.3	88.9	95.6	93.3	95.6	95.6	95.6	95.6	100.0	95.6	100.0	97.8

平成22年度都内栓45箇所陽性率(%)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
2日目	2.2	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3日目	0.0	2.2	2.2	6.7	0.0	2.2	0.0	4.4	8.9	0.0	0.0	0.0
7日目	51.1	62.2	64.4	48.9	40.0	44.4	55.6	53.3	64.4	42.2	46.7	42.2
14日目	97.8	100.0	97.8	95.6	97.8	100.0	97.8	95.6	95.6	91.1	91.1	95.6

immuno-PCR

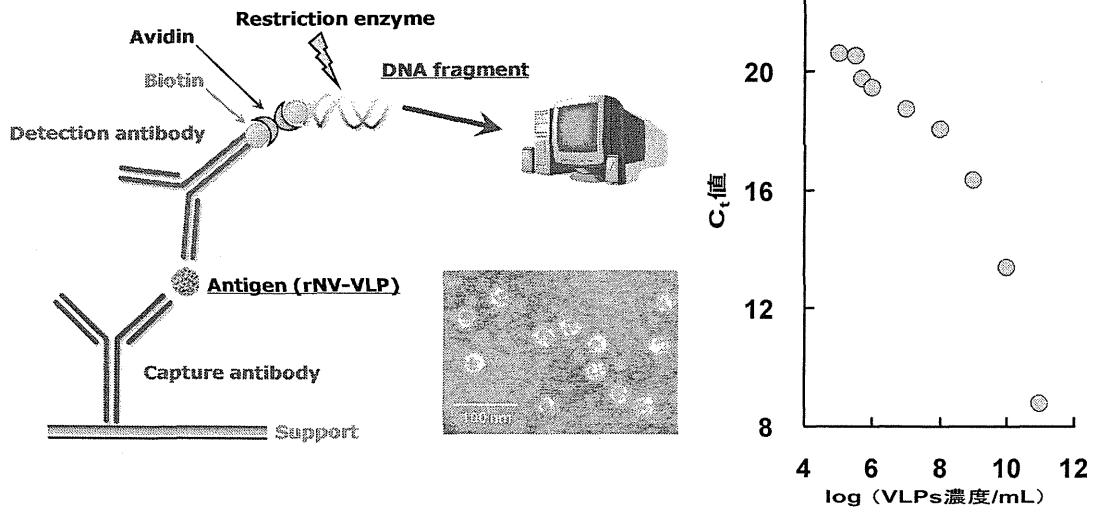


図 7 immuno-PCR によるノロウイルス粒子検出法の模式図と検量線

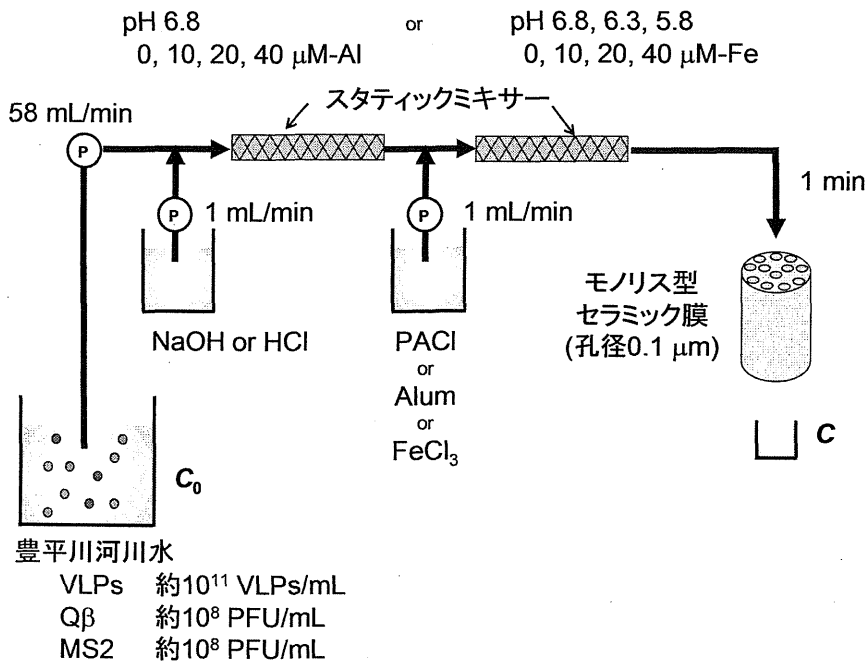


図 8 凝集-MF 膜ろ過処理実験の模式図

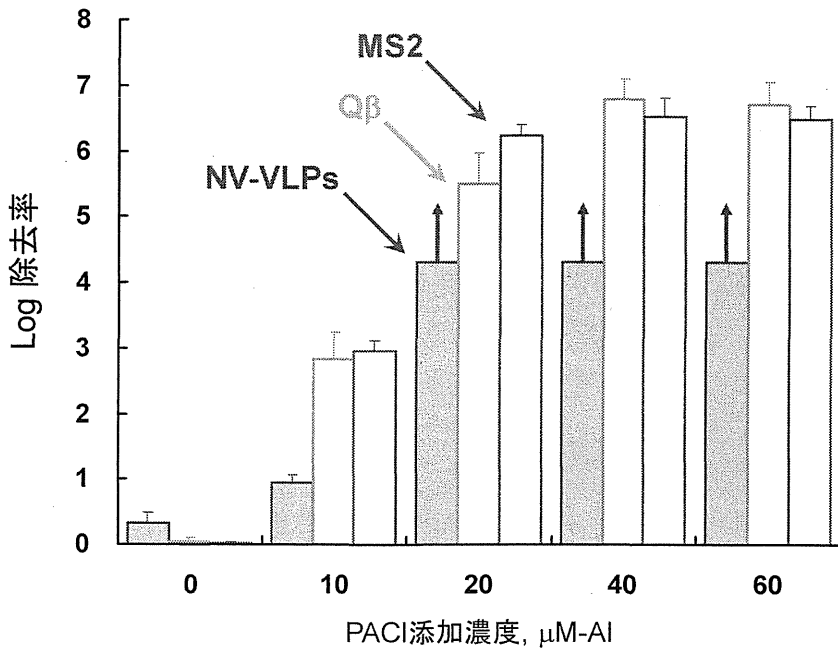


図9 PAC凝集-MF膜ろ過におけるノロウイルスVLPs（と大腸菌ファージ）の除去率

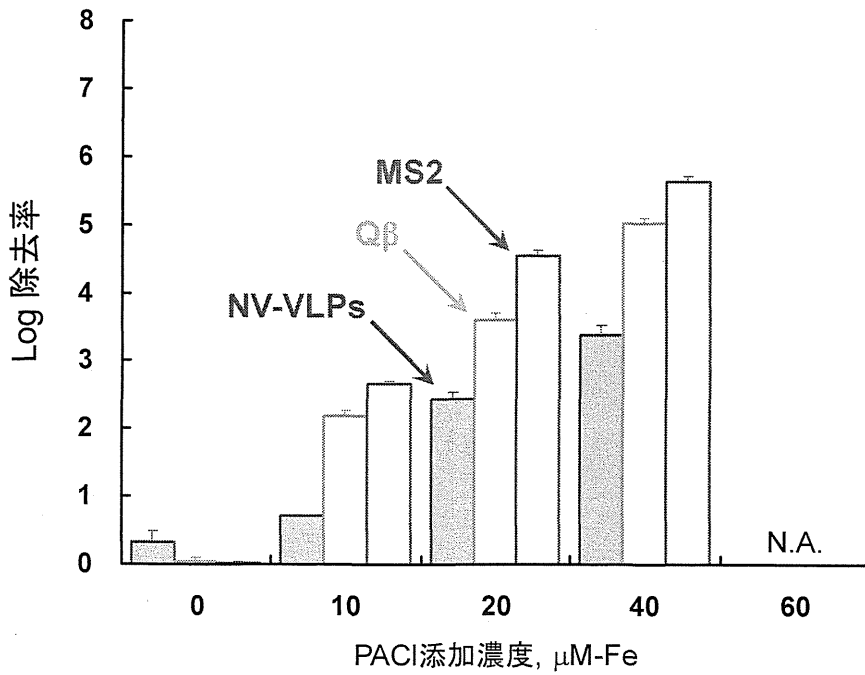


図10 鉄系凝集剤-MF膜ろ過におけるノロウイルスVLPs（と大腸菌ファージ）の除去率

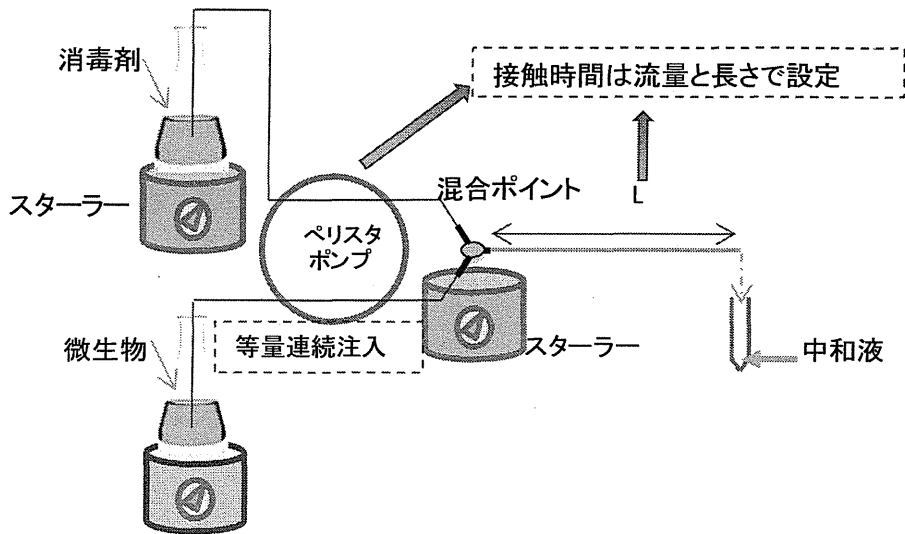


図 11 短い接触時間の試料を採取可能な消毒装置

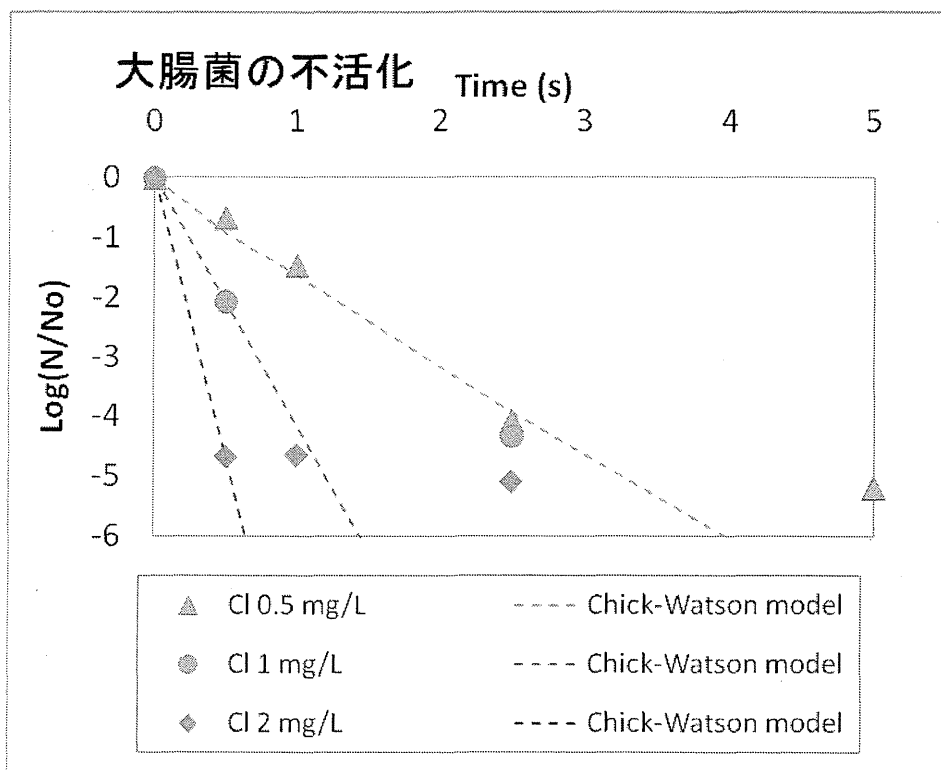


図 12 短い接触時間の試料を採取可能な消毒装置を使用した大腸菌不活化実験

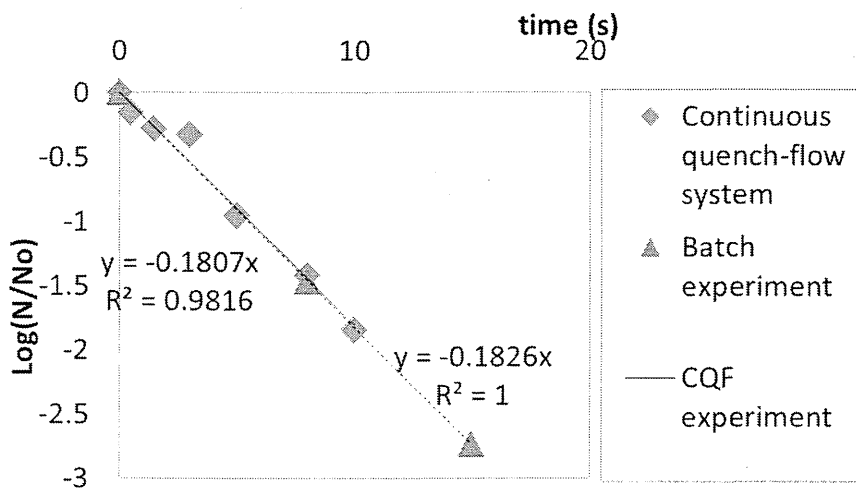


図 13 塩素 2.5 mg/L における大腸菌ファージ Qβ の不活化曲線

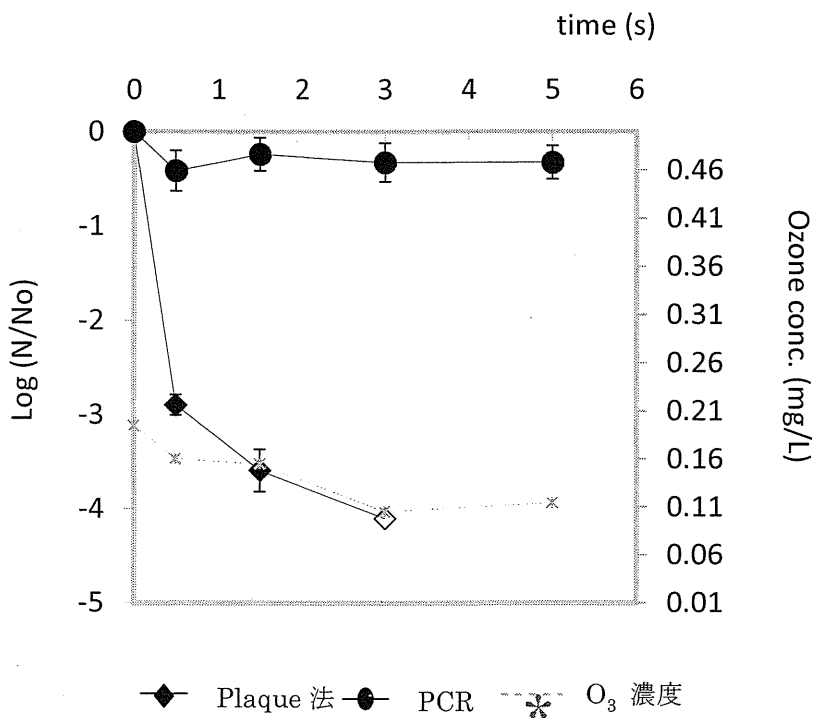
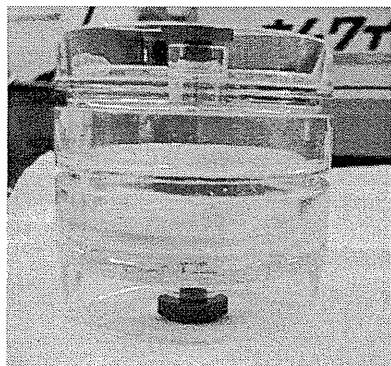
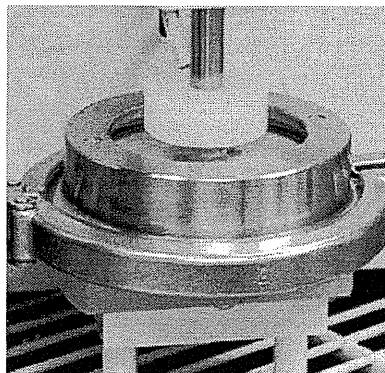


図 14 オゾン 0.20 mg/L におけるポリオウイルスの不活化曲線

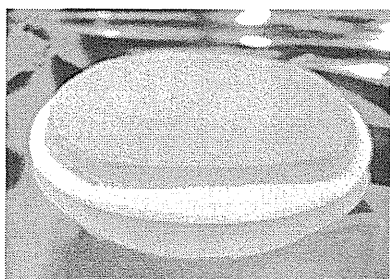
A) 浄水用 37mm 使い捨てユニット



B) 90mm 原水用ホルダー



C) 浄水ろ過濃縮物



D) 原水ろ過濃縮物

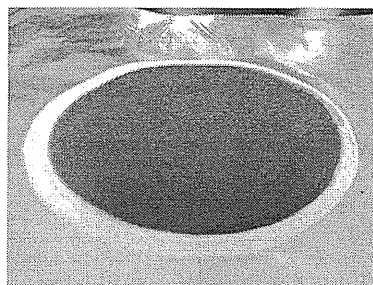


写真 6 粉体ろ過法のろ過層

A) 加圧ろ過方式



B) 吸引ろ過方式

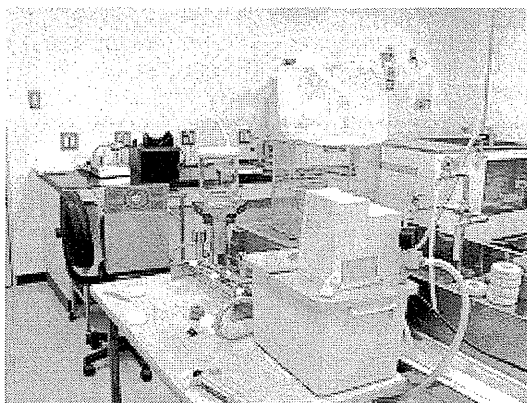


写真 7 加圧ろ過、あるいは吸引ろ過方式による粉体ろ過法