

び大腸菌群数の関係を調べた。原水中のクリプトスポリジウム濃度と大腸菌、大腸菌群との関係を図8、9に、ジアルジアとの関係を図10、11示す。

クリプトスポリジウムでは、大腸菌、大腸菌群ともに相関関係は認められなかった。しかし、ジアルジアでは、顕著ではないものの、大腸菌や大腸菌群の濃度が増加するとジアルジア濃度も増加する傾向があり、その傾向は大腸菌群よりも大腸菌のほうがより明らかであった。原水の大腸菌、大腸菌群では、濁度との間に有意な相関が認められているので、当該浄水場の原水では、濁度の上昇と糞便汚染の細菌指標が連動していること、糞便汚染の指標細菌の濃度の上昇に伴ってジアルジア濃度が上昇する傾向があること、しかし、クリプトスポリジウム濃度にはそのような傾向が認められないことから、クリプトスポリジウムとジアルジアは若干異なった挙動をする可能性があることが示唆された。

5 除去の指標

浄水処理過程における病原微生物の除去を、病原微生物そのものを測定して評価するのは極めて困難で実地的でない。何らかの代替指標が必要である。クリプトスポリジウムのような塩素抵抗性の高い原虫は浄水処理過程で相当径の粒子として挙動すると考えられるので、濁度や粒子の除去で代替評価ができると予想される。それを実証した実験報告もあるが、実際の浄水場での実証あるいは示唆するデータは必ずしも多くない。そこで、クリプトスポリジウムとジアルジアの除去と、濁度および粒子数の除去の関係を調べた。結果を図12、13に示す。変動が大きく明瞭な関係は得られなかったが、クリプトスポリジウム除去では粒子除去が低いときに除去率が低下する傾向が認められた。しかし、ジアルジアでは、データ数が少ないこともあって、クリプトスポリジウムで見られたような傾向は認められなかった。その原因として、ろ過水の原虫濃度や濁度が極めて低濃度であり、必ずしも十分な定量性が担保できないこと、浄水処理過程における滞留時間を考慮した採水方法を採用することが困難であったため結果として各調査日の原水とろ過水が正確には対応していないこと、調査日によってはろ過池排水の返送水の影響があった可能性があることなどが挙げられよう。より詳細な解析には、連続採水や連続監視あるいは滞留時間を考慮した調査方法等の導入が望まれる。

一般に、添加実験系では、実験系の制御が可能のため定量性のある情報が得られるが(たとえば、Nieminski and Ongerth, 1995)、反面、実際の浄水場における様々な要因の影響を実験系に確実に反映させることは極めて困難である。それゆえ、実際の浄水場における原虫の挙動を明らかにすることは、水道水の微生物的安全性の確保上、高い意義があると考えられる。このような観点から、本研究では、水源の原虫汚染が明らかになっている浄水場で実態調査を行った。特にろ過水については、わが国に原虫の漏出に関する実態調査データがまったくないことに鑑み、1試料あたり50~100枚にも及ぶプレパラート観察を必要とする2,000L規模の大量の試料水から原虫を定量的に検出する試みを行った。その結果、実際の浄水場におけるクリプトスポリジウムやジアルジアのろ過水における出現状況や凝集沈殿砂ろ過法による除去の特性を実測値に基づいて明らかにすることができた。

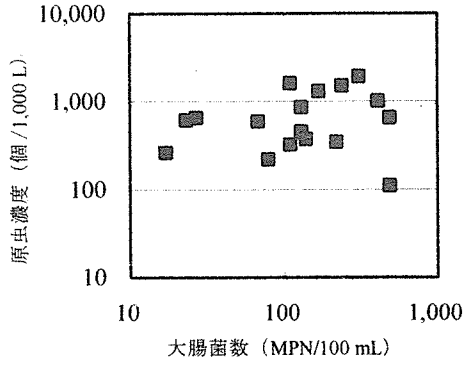


図8 原水におけるクリプトスポリジウム濃度と大腸菌数

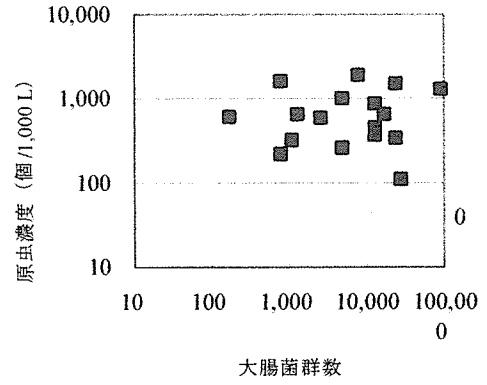


図9 原水におけるクリプトスポリジウム濃度と大腸菌群数

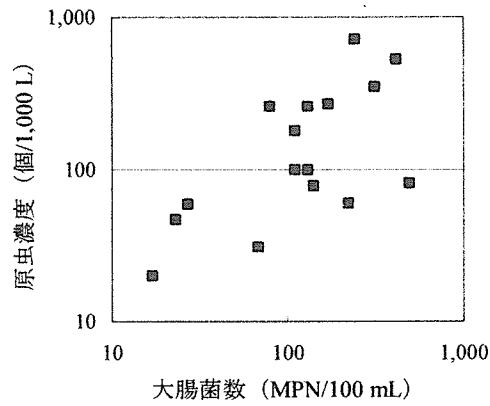


図10 原水におけるジアルジアと大腸菌

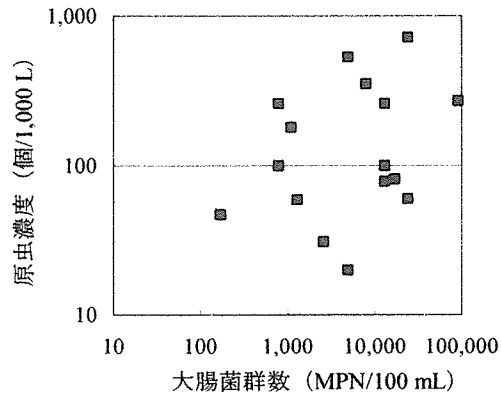
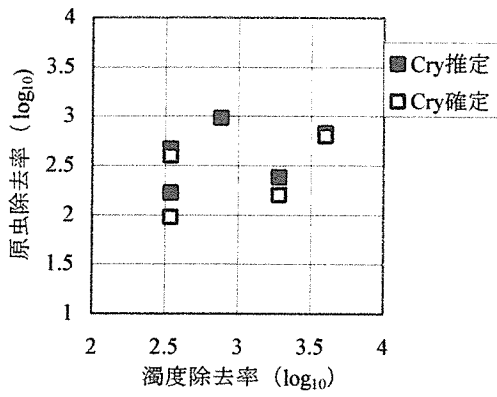
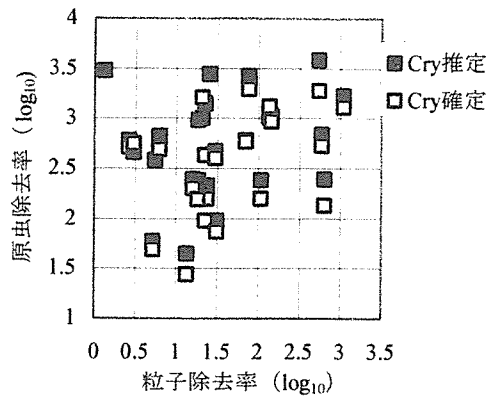


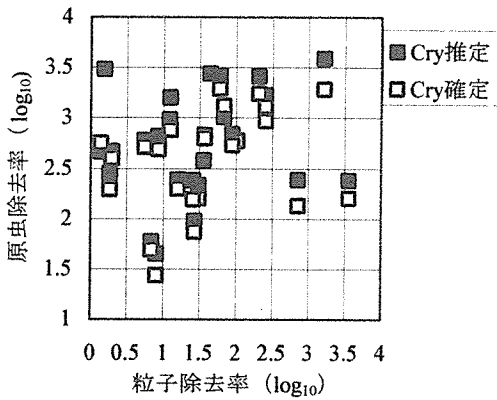
図11 原水におけるジアルジアと大腸菌群



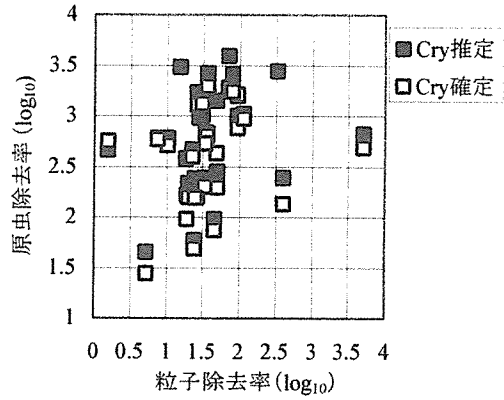
(1) 原虫除去率と浄水場における濁度除去率との関係



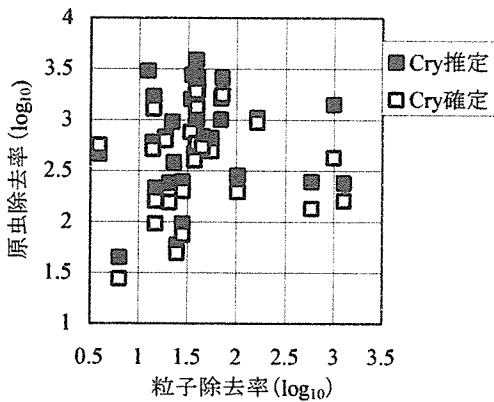
(2) 原虫除去率と7μm以上の粒子除去率との関係



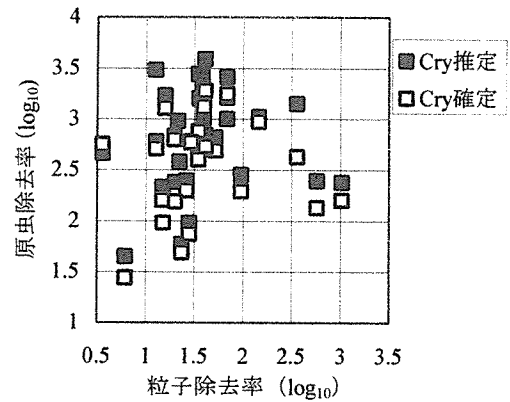
(3) 原虫除去率と3~7μmの粒子除去率との関係



(4) 原虫除去率と1~3μmの粒子除去率との関係

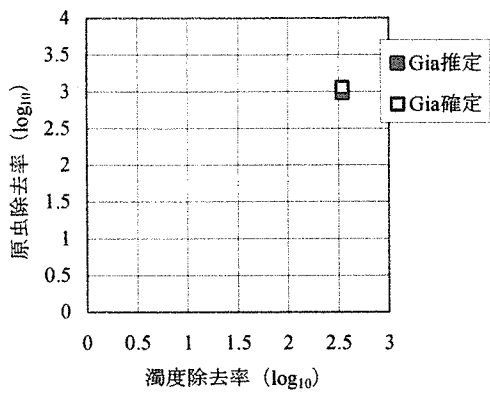


(5) 原虫除去率と0.5~1μmの粒子除去率との関係

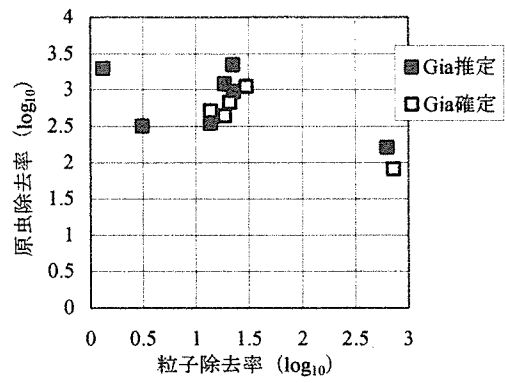


(6) 原虫除去率と0.5μm以上の粒子除去率との関係

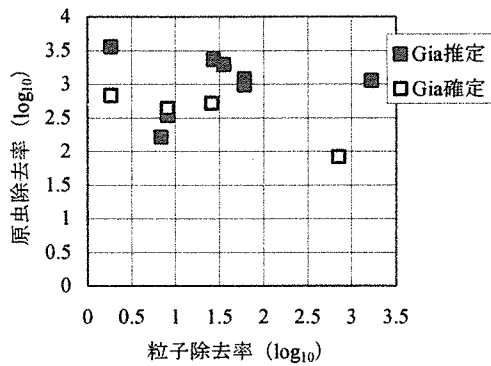
図 12 クリプトスポリジウム除去と濁度および粒子数



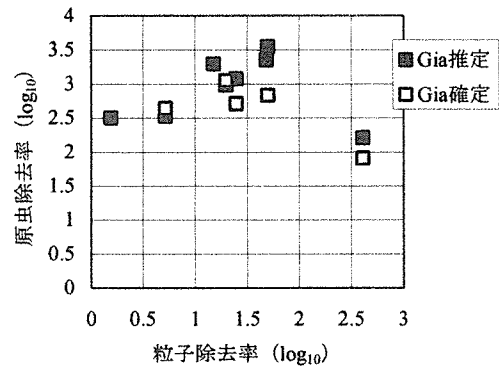
(1) 原虫除去率と濁度除去率との関係



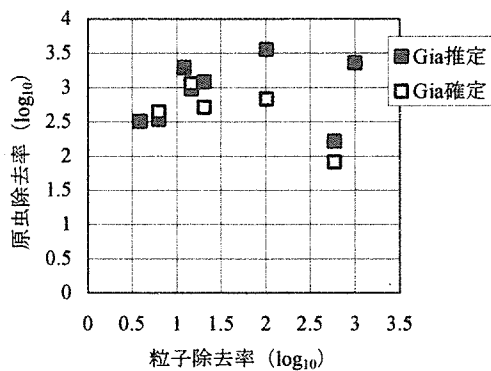
(2) 原虫除去率と7 μm 以上の粒子除去率との関係



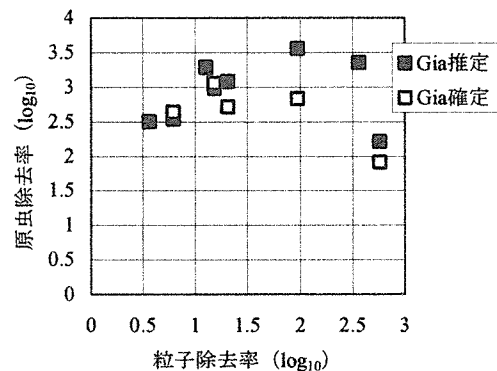
(3) 原虫除去率と3~7 μm の粒子除去率との関係



(4) 原虫除去率と1~3 μm の粒子除去率との関係



(5) 原虫除去率と0.5~1 μm の粒子除去率との関係



(6) 原虫除去率と0.5 μm 以上の粒子除去率との関係

図 13 ジアルジア除去と濁度および粒子数の除去

しかしながら、シアルジアではろ過水中の濃度が極めて低く、定量性の欠如と入手できたデータの数制約から、ろ過水中の濃度や除去に関する信頼性の高い情報は必ずしも十分には達成できなかった。シアルジア濃度に関するデータ数を増加させるにはおそらく 10,000L 規模かそれ以上の試験水量での調査が必要であるが、そのような調査は、フローサイトメトリー等の検出システムを利用できる機関でなければ、実質上、実施不可能である。

病原微生物の出現濃度は、本研究で明らかにしたように、対数的に変動し、常時、平均的な濃度で出現するものではない。また、急速砂ろ過法に代表される既存の浄水処理システムは、塩素抵抗性のきわめて高いクリプトスポリジウムやシアルジアの除去に有効であるが、完全ではありえず、原水中の病原微生物の一部は浄水中に出現することになる。塩素耐性病原微生物による汚染から水道水の安全性を確保するためには、水源環境の汚染源の精査、汚染源の種類別病原微生物出現特性、水道原水の汚染実態と浄水処理の除去実態、原虫汚染の代替指標の更なる開発・検討など、より正確なリスク評価やリスク管理につなげることのできる知見の集積が重要である。

D まとめ

本研究（1998年7月～2002年11月）では、実際の浄水場でクリプトスポリジウム、シアルジアの原水およびろ過水中の濃度を調査し、その出現濃度特性を検討するとともに、浄水処理による除去特性を評価し、以下の知見を得た。なお、大腸菌、大腸菌群については、2001年3月から2002年11月までのデータを使用した。

- 1) クリプトスポリジウムは調査した 30 試料のすべてから検出され、濃度範囲は 110～1,900 個/1,000L であった。累積出現確率 50%値は 450 個/1,000L、95%値は 1,600 個/1,000L であった。
- 2) シアルジアは調査した 30 試料のうち 28 試料から検出され（陽性率 93%）、濃度範囲は 0.3～720 個/1,000L であった。累積出現確率 50%値は 160 個/1,000L、95%値は 590 個/1,000L であった。
- 3) 原水のクリプトスポリジウムおよびシアルジアの出現分布はおおむね対数正規分布となるが、クリプトスポリジウムではおおよそ 1,500 個/1,000L を超える高濃度になると対数正規分布からはずれて濃度の上昇が鈍くなる傾向が認められ、上限値は 2,000 個/1,000L 程度と考えられた。
- 4) ろ過水から、クリプトスポリジウムは調査した 60 試料のうち 28 試料（陽性率 47%）から検出され、濃度範囲は 0～11 個/1,000L であった。累積出現確率 50%値は 0.3 個/1,000L、95%値は 7 個/1,000L であった。シアルジアは調査した 59 試料のうち 7 試料（陽性率 12%）から検出され、濃度範囲は 0～0.53 個/1,000L、累積出現確率 50%値は読み取ることができなかったが、95%値は 0.5 個/1,000L であった。
- 5) ろ過水のクリプトスポリジウム濃度の出現分布はおおむね対数正規分布となったが、原水と同様、累積出現確率の高い領域で対数正規分布則から外れる傾向があり、完全な対数正規分布ではないことが示唆された。

6) 浄水処理による両原虫の除去率は、推定クリプトスポリジウムの累積出現確率 50%値で $2.81 \log_{10}$ 、推定ジアルジアで $3.05 \log_{10}$ 、推定クリプトスポリジウムの累積出現確率 95%値は $3.48 \log_{10}$ 、推定ジアルジアで $3.55 \log_{10}$ であった。

E 参考文献

- 橋本 温, 河井 健作, 西崎 綾, 松本 かおり, 平田 強 (1999): 相模川水系のクリプトスポリジウムおよびジアルジア汚染とその汚染指標の検討, 水環境学雑誌, 第 70 巻, 第 4 号, 76-81
- Hashimoto A, Kunikane S and Hirata T (2002): Prevalence of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in the drinking water supply in Japan, Water Research 36, 519-526
- 平田 強 (2002): クリプトスポリジウム汚染と濁度管理の重要性, 水道協会雑誌 71(6), 1-8.
- 保坂 三継 (1998): 水系原虫感染症—原因生物と流行発生—, 用水と廃水 40(2), 119-132
- クリプトスポリジウムによる集団下痢症: 東京都立衛生研究所ホームページ
- 保坂 三継, 落合 三嗣, 矢野 一好, 眞木 俊夫 (2002): 多摩川におけるクリプトスポリジウムとジアルジアの汚染実態調査, 用水と廃水 44(4), 279-290
- 黒木 俊郎 他, (1996): 神奈川県内で集団発生した水系感染 *Cryptosporidium* 症, 感染症学雑誌, 70, 132-140
- LeChevallier M W, Norton W D and Lee R G (1991): Occurrence of *Giardia* and *Cryptosporidium* spp. in Surface Water Supplies. J. Appl. Environ. Microbiol. 57, 2610-2616
- Nieminski, E.C. and Ongerth, J.E. (1995): Removing *Giardia* and *Cryptosporidium* by conventional treatment and direct filtration, *Journal of American Water Association*, 87, 96-106
- 埼玉県衛生部 (1997): 「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—報告書
- 志村 有通, 竹馬 大介, 森田 重光, 平田 強 (2001): 塩素の *Cryptosporidium parvum* 不活化効果とその濃度依存性, 水道協会雑誌, 70(1)
- U.S.EPA: Method 1623, *Cryptosporidium* and *Giardia* in water by Filtration/IMS/FA
- 厚生省生活衛生局水道環境部 (1998): 水道におけるクリプトスポリジウム暫定対策指針 (平成 10 年 6 月改定)

F 研究発表 (2002 年度)

論文

1. 平田 強. クリプトスポリジウム汚染と濁質管理の重要性, 水道協会雑誌 71(6), 1-8 (2002)
2. Morita S, Namikoshi A, Hirata T, Oguma K, Katayama H, Ohgaki S, Motoyama N

and Fujiwara M: Efficacy of UV irradiation in inactivating *Cryptosporidium parvum* oocysts. Applied and Environmental Microbiology 68(11), 5387-5393 (2002)

学会発表

1. Hirata T, Morita S, Sugimoto H, Takizawa H, and Endo T(2002. 10): Efficacy of Low-Pressure Ultraviolet Irradiation for inactivating *Cryptosporidium parvum* oocysts in Turbid Water. IUVA First Asia Regional Conference on Ultraviolet Technologies, Singapore.
2. Izumiyama S, Yagita K, Hirata T, Fujiwara M and Endo T: Inactivation of *Giardia lamblia* cysts by ultraviolet irradiation IUVA First Asia Regional Conference on Ultraviolet Technologies, Singapore.
3. 杉本ひとみ, 森田重光, 平田 強, 本山信行, 森岡崇行, 藤原正弘 (2002.5) 紫外線による *Cryptosporidium parvum* オーストの不活化に及ぼす濁質の影響, 第53回全国水道研究発表会, 前橋
4. 浪越 淳, 森田重光, 平田 強, 小熊久美子, 片山浩之, 大垣眞一郎 (2002.5) 紫外線処理した *Cryptosporidium parvum* オーストの光回復, 暗回復のESS法による評価, 第53回全国水道研究発表会, 前橋
5. 瀧澤 博美, 貝森 繁基, 森田 重光, 荻原 喜久美, 平田 強, 藤原 正弘(2003.3) 紫外線の *Cryptosporidium parvum* 不活化力の細胞培養法による評価, 第37回日本水環境学会年会, 熊本.
6. 森田重光, 杉本ひとみ, 平田 強 (2003.3) 放射線による *Cryptosporidium parvum* の不活化. 第37回日本水環境学会年会, 熊本.

原水濁度および凝集剤注入率の変化による
クリプトスポリジウムの除去挙動

分担研究者 眞柄泰基、国包章一
研究協力者 秋葉道宏、金漢承

原水濁度および凝集剤注入濃度の変化によるクリプトスポリジウムの除去挙動

分担研究者	眞柄 泰基	北海道大学大学院工学研究科	教授
主任研究者	国包 章一	国立保健医療科学院水道工学部	部長
研究協力者	秋葉 道宏	国立保健医療科学院水道工学部	主任研究官
研究協力者	金 漢承	国立保健医療科学院水道工学部	協力研究員

研究要旨：水道水におけるクリプトスポリジウム汚染事故の多くは原水の高濁度および浄水処理の不十分が主な原因とされている。従って、原水水質や浄水処理条件の変化によるクリプトスポリジウムの除去挙動を調べるのは、浄水処理過程におけるリスク管理上に重要な課題である。そこで、本研究では原水濁度を 2～50 度、凝集剤注入濃度を 1.6～40 ppm の範囲で変化させた条件において凝集・ろ過実験を行い、クリプトスポリジウムの除去挙動を調べた。原水濁度が 2 度から 50 度に増加するにつれて、クリプトスポリジウムの除去率は 2.6 Log_{10} から 1.8 Log_{10} に低下した。一方、凝集剤注入濃度の増加により、濁度除去は 1.5 Log_{10} から 4.0 Log_{10} と高くなったが、クリプトスポリジウムの除去率は $2.3\sim 2.6 \text{ Log}_{10}$ とほぼ変わらなかった。なお、濁度や粒子の除去挙動とクリプトスポリジウムの除去挙動との相関を調べた結果、直径 3~10 μm の粒子と濁度の除去率がクリプトスポリジウムの除去とよい相関を示した。

A. 研究の背景と目的

水道を介したクリプトスポリジウムの集団感染を起こす原因として、水道原水における濁度の急激な上昇やクリプトスポリジウムの大量混入および浄水処理施設のトラブルなどが報告された。従って、原水水質と浄水処理条件の変動によるクリプトスポリジウムの除去挙動を把握することはクリプトスポリジウムのリスク評価を行う上で最も重要な課題である。そこで、本研究では原水濁度の変動および凝集剤注入濃度の変化に対するクリプトスポリジウムの除去挙動を調べた。なお、粒子径ごとの除去挙動とクリプトスポリジウムのろ過挙動を調べることにより、粒子カウントの適用可能性について検討した。

B. 研究方法

1. 実験材料

試料水は脱塩素処理した水道水を用いた。濁度は標準カオリンを添加して所定の濁度（2、5、10、20、50 度）に、pH は NaOH と HCl で 6.8 ± 0.2 に、アルカリ度は NaHCO_3 で 48 度 \pm 2 度に設定した。

クリプトスポリジウムは、ホルマリン固定不活化された市販品（関東化学：#74002）を使用し、1000 oocysts/mL になるように原水に添加した。凝集剤はポリ塩化アルミニウム（ Al_2O_3 として 10%）を用いて、所定の注入濃度（1.6、4、8、16、40 ppm）になるようにした。全ての実験は $22^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ の温度範囲で行った。

2. 実験方法

凝集・ろ過実験装置の概要を図-1 に、実験系列と条件を表-1 に示す。

原水槽から定量ポンプにより凝集反応槽（1.5 L）に導入された試料水は凝集剤と凝集反応（100 rpm、8 min）された後、ろ過筒（内径 $\phi 30$ mm、有効水深 650 mm）に送られる。導入水は一定流束（360 m/d）でろ層（100 mm）によりろ過される。ろ過実験開始後、所定時間にろ過水の採水を行い、ろ過水水質（濁度、クリプトスポリジウム、セネデスマス、粒子カウント）を測定した。凝集・ろ過運転終了後、ろ過筒の水を抜き、深さ方向に 2 cm 毎にろ材を採取し、ろ層内に捕捉されている懸濁物、クリプトスポリジウムを測定した。

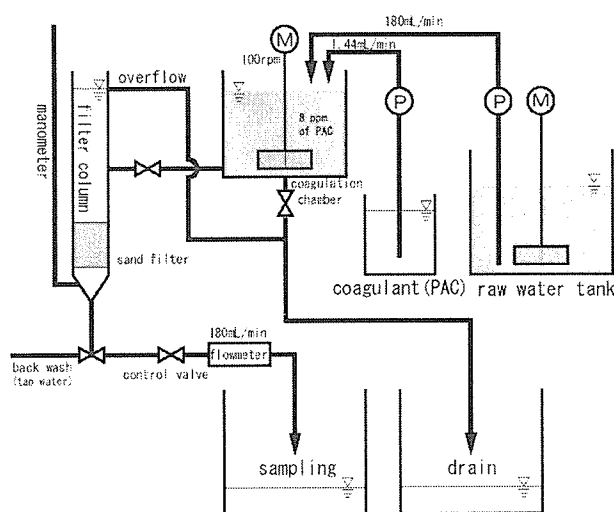


図 1. 実験装置の概略

表 1. 凝集・ろ過実験系列

	濁度 (度)	PAC 濃度 (ppm)	クリプトスポリジウム (count/mL)
Run-C	2, 5, 10, 20, 50	8	1,000
Run-D	10	1.6, 4, 8, 16, 40	1,000

また、凝集反応中において凝集剤注入濃度の変化による粒子径ごとの粒子数の挙動を調べるため、ジャーテストを行った。試料水は pH 6.8 ± 0.2 、alkalinity 48 ± 2 mg/L as $NaHCO_3$ 、標準カオリン 10mg/L になるように作り、凝集剤添加濃度を 1.6、4、8、16、40 ppm に設定し、ジャーテストを行った。凝集開始後、一定間隔で凝集時間の経過に伴う粒子径と粒子数を測定した。

C. 研究結果及び考察

1. 原水濁度変化による除去挙動

原水濁度変化に伴うろ過水中のクリプトスポリジウム濃度変化を図 2 に示す。原水濁度 2、5、10 度の間ではろ過水中のクリプトスポリジウム濃度に差はほぼ見られなかった。濁度 10 度の場合に凝集剤の最適注入量が 8ppm（ALT 比として 0.042）であった前年度の結果から見ると、最適 ALT 比以上ではクリプトスポリジウムの除去が認められないと考えられる。一方、原水濁度 10 度以上では濁度の上昇

に伴い、漏出クリプトスポリジウム数が増加した。特に濁度 50 においては、清澄期間が極端に短くなると同時に、ろ層からの漏れが早い時期に起きる現象が観察された。これは原水濁度が高くなるにつれて、ALT 比の低下による凝集効率の低下とろ層に対する濁質負荷の増加によるろ層の早期閉塞が原因となり、クリプトスポリジウムの漏出が早期に現れたと考えられる。これらの結果より、直接ろ過過程においては、原水中の濁質濃度が高いほど、クリプトスポリジウムの除去効率が低下することが明らかとなった。

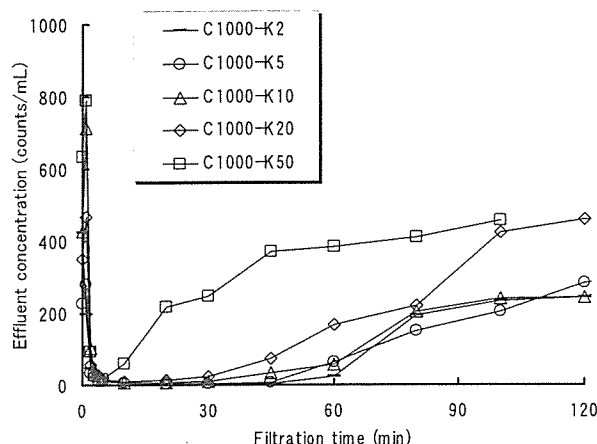


図 2. 原水濁度変化によるろ過水濃度変化

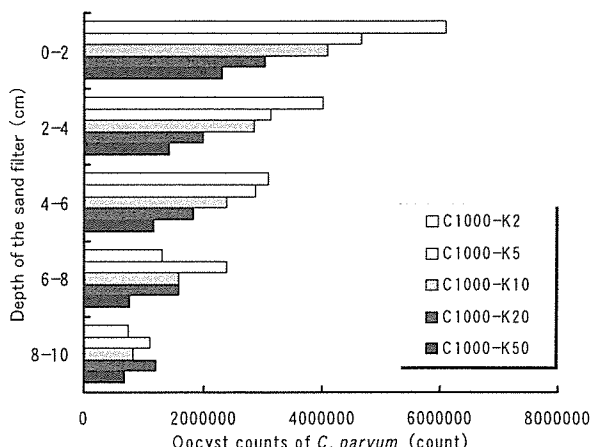


図 3. ろ層の深さごとの捕捉個数

ろ過終了時におけるろ層に捕捉されたクリプトスポリジウムの個数を図 3 に示す。捕捉個数を深さごとに比較すると、ろ層上部で一番高く、下部に行くほど徐々に低下した。一方、原水濁度変化による捕捉個数に関しては著しい差が見られた。以下の表 2 に原水濁度変化による各測定項目をまとめる。

表 2. 原水濁度変化による各測定因子の推移

原水濁度 (度)	2	5	10	20	50
クリプト除去率 (Log_{10})	2.59	2.59	2.28	2.02	1.76
損失水頭増加率 (cm/min)	0.565	0.608	0.643	0.687	0.963
ろ層捕捉濁質量 (mg)	89.5	122	192	295	358
ろ層捕捉クリプト数 ($\times 10^6$ oocysts)	15.2	14.1	11.7	9.62	6.43
捕捉濁質 mg 当たりのクリプト数 ($\times 10^3$ oocysts/mg-SS)	170	116	61.3	32.6	17.7

捕捉濁質量と損失水頭増加率は原水濁度の増加に比例して増加した。これはろ層への濁質負荷は流入濁度濃度に比例して大きくなることを意味する。一方、クリプトスポリジウムの除去率及び捕捉個数は減少した。2 度に対して 50 度の場合に捕捉個数がおよそ半分になったが、これは一定のオーシスト濃度に対して原水中の濁度が高くなる場合、凝集により形成されるフロックの質量は増えるが、単位質量中の捕捉オーシスト個数は約 1/10 と低くなり、結果的に凝集・ろ過によるクリプトスポリジウムの除去効率が低下したものと考えられる。

以上のことから、クリプトスポリジウムの除去効率に及ぼす原水濁度の影響は明らかであり、浄水過

程において水道水のクリプトスポリジウム汚染を抑制するためには、原水濁度の適切な監視とともに濁度変動に応じた最適な運転管理が最も重要であることが示唆された。

2. 凝集剤注入濃度変化による除去挙動

2. 1 クリプトスポリジウムと濁度の除去挙動

凝集剤注入濃度を 1.6~40 ppm (ALT 比として 0.0084~0.21) の範囲で設定し、同水質条件の試料水に対して凝集・ろ過実験を行った。

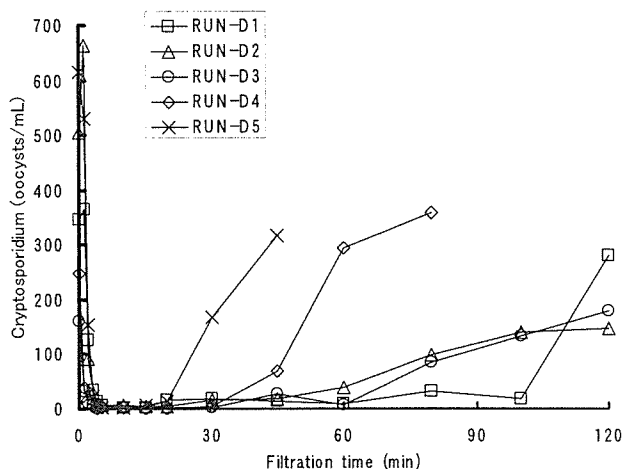


図 4. 凝集剤注入濃度によるろ過水中のクリプトスポリジウム濃度変化

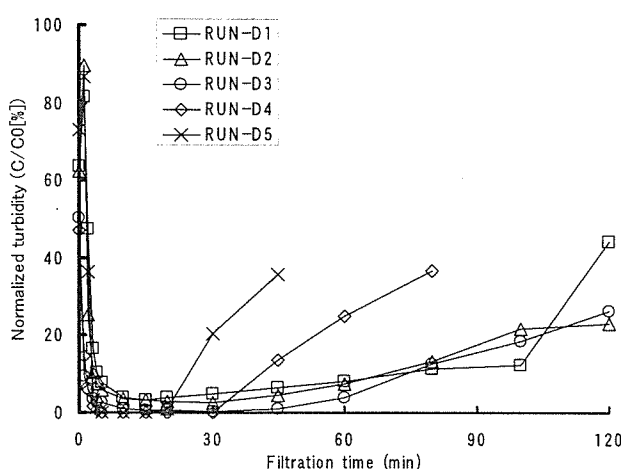


図 5. 凝集剤注入濃度によるろ過水中の濁度変化

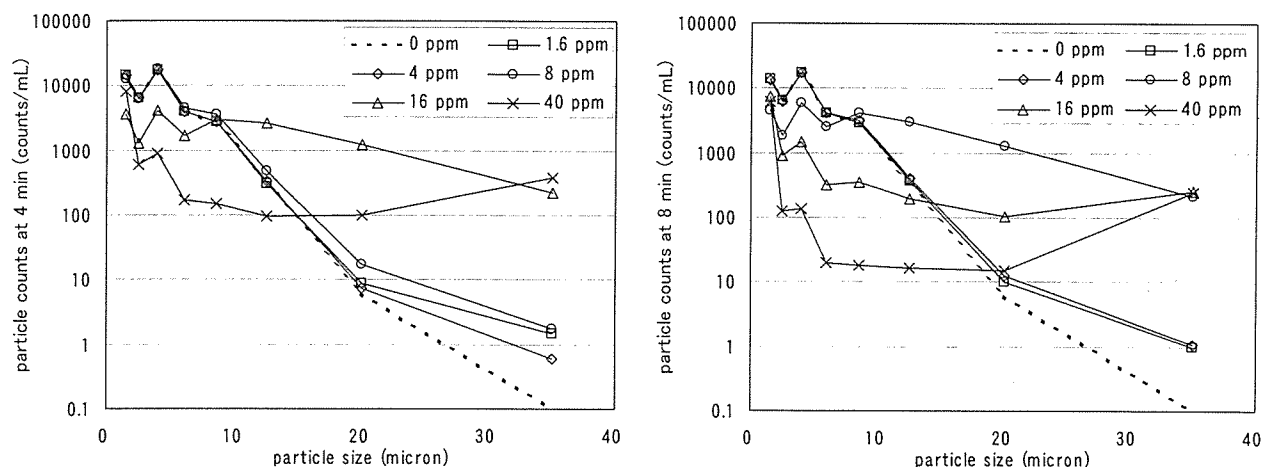
図 4 に凝集剤注入濃度ごとのクリプトスポリジウムのろ過挙動を示す。清澄期においてクリプトスポリジウムの除去率は凝集剤濃度 1.6~40 ppm において 2.3~2.6 Log_{10} であり、凝集剤注入濃度変化による差は見られなかった。一方、凝集剤注入濃度が高くなるほど清澄期が短く、漏出の始まる時期が早く訪れた。図 5 に凝集剤注入濃度ごとの濁度の除去挙動を示す。ろ過挙動は図 4 と同じく凝集剤注入濃度が高くなるにつれて短い清澄期と早期漏出が見られたが、濁度除去率は増加した。

以下の表 3 に原水濁度変化による各測定項目の推移をまとめる。

表 3. 凝集剤注入濃度変化による各測定因子の推移

凝集剤注入濃度 (ppm)	1.6	4	8	16	40
クリプト除去率 (Log_{10})	2.58	2.31	2.54	2.41	2.48
濁度除去率 (Log_{10})	1.48	1.56	2.43	3.99	4.01
損失水頭増加率 (cm/min)	0.109	0.281	0.577	0.955	2.665
ろ層捕捉濁質量 (mg)	196	219	202	121	63
ろ層捕捉クリプト数 ($\times 10^6$ oocysts)	12.9	12.7	11.3	3.78	1.68
捕捉濁質 mg 当たりのクリプト数 ($\times 10^3$ oocysts/mg-SS)	66.0	57.9	55.9	31.3	26.7

損失水頭の推移を見ると、凝集剤注入濃度の増加に比例して損失水頭の増加率は高くなり、早期のろ過閉塞をもたらしたことがわかる。ジャーテストで得られた結果によると、凝集剤の注入濃度が高くなるほど、同凝集時間において大きい凝集フロックの割合が増えることが確認された。凝集剤注入濃度による粒径別粒子数の変化を図6に示す。凝集剤濃度が高いほど、小さい粒子数は少なく大きい粒子数が多くなることがわかった。したがって、ろ層に進入する凝集フロックは凝集剤注入濃度が高くなると大きくなり、ろ層内部まで行かず、凝集フロックの殆どがろ層表面で引っかかり、早期のろ過閉塞が起きたと考えられる。



(a) 凝集開始後4分 (b) 凝集開始後8分

図6. 凝集剤注入濃度による粒径別粒子数の変化

(30と40ミクロンの間のデータは25ミクロン以上の粒子数を示す)

以上の結果より、凝集剤注入濃度が高くなると微粒子の凝集は速やかに行われ、濁度の除去には大きく影響したと考えられる。一方、未凝集クリプトスポリジウムの漏出またはクリプトスポリジウムを含んだ凝集フロックの漏出により、クリプトスポリジウムの除去率は凝集剤注入濃度に大きく影響されなかったと考えられる。

2. 2 粒子径ごとの除去挙動

表4に各粒子径、全粒子数及び濁度の除去率とクリプトスポリジウムの除去率と相関係数を凝集剤注入濃度ごとにまとめる。

粒子径ごとの相関をみると凝集剤注入濃度が低い方では小さい粒子、高い方では大きい粒子の除去率に相関性の高い傾向が見られたが、全体的に3-10 μm の除去率がクリプトスポリジウムの除去率に高い相関を示した。このことは、凝集剤注入が十分ではないときには、未凝集クリプトスポリジウムが漏出し、適正凝集剤注入以上ではフロック状のクリプトスポリジウムが漏出する可能性が高いことを示唆している。

一方、全粒子カウントは凝集剤注入濃度が低い系(1.6 ppm)を除くとクリプトスポリジウムの除去率との相関が殆ど見られなかった($R^2 < 0.5$)。なお、濁度の除去率との相関は0.76~0.88であった。

以上の結果から、濁度とともに粒径3-10 μm の粒子を管理することにより、凝集・ろ過におけるクリプトスポリジウムの除去がより精度よく評価できると考えられる。

表4. クリプトスポリジウムの除去率と各指標の除去率の相関係数

凝集剤注入濃度 (ppm)	1.6	4	8	16	40
1-2 μm	0.0722	0.0334	0.0235	0.0205	0.0086
2-3 μm	0.8411	0.8665	0.4756	0.3620	0.5957
3-5 μm	0.8189	0.9686	0.7125	0.6707	0.8419
5-7 μm	0.6113	0.8872	0.8689	0.8134	0.9481
7-10 μm	0.6993	0.7950	0.8579	0.8492	0.9048
10-15 μm	0.7021	0.6862	0.7078	0.8252	0.7470
15-25 μm	0.6570	0.4434	0.5979	0.7085	0.4810
>25 μm	0.4394	0.1769	0.5058	0.5959	0.1553
Total Particle Counts	0.6927	0.4637	0.2383	0.1659	0.3710
Turbidity	0.8653	0.8824	0.7827	0.7581	0.8103

D. まとめ

本研究では浄水処理過程におけるクリプトスポリジウムのリスク管理手法として、原水濁度および凝集剤注入濃度によるクリプトスポリジウムの除去挙動を調べた。なお、凝集・ろ過過程における粒子の挙動を粒子径ごとに調べることにより、粒子カウントの適用可能性についても検討した。以下に得られた知見をまとめる。

- 1) 原水濁度が2度から50度に増加するにつれて、クリプトスポリジウムの除去率は2.6 Log₁₀から1.8 Log₁₀に低下した。
- 2) 凝集剤注入濃度の増加 (ALT比として0.0084から0.21)により、濁度除去は高くなったが、クリプトスポリジウムの除去率には影響しなかった。また、早期漏出や早期閉塞をもたらした。
- 3) 直径3~10 μm の粒子と濁度はクリプトスポリジウムの除去とよい相関を示した。

E. 研究発表

- 1) Han-Seung Kim, Yasuhiro Kobayashi, Michihiro Akiba and Shoichi Kunikane (2002). 'Evaluation of *Scenedesmus quadricauda* as a surrogate of *Cryptosporidium* oocysts removal in direct filtration', *Water Science & Technology: Water Supply*, 2(5-6), p. 395-402
- 2) Michihiro Akiba, Shoichi Kunikane, Han-Seung Kim and Hiromi Kitazawa (2002). 'Algae as surrogate indices for the removal of *Cryptosporidium* oocysts by direct filtration', *Water Science & Technology: Water Supply*, 2(3), p73-80
- 3) 秋葉道宏、金漢承、国包章一、北澤弘美 (2002). '浄水処理過程におけるクリプトスポリジウム除去指標の検討 用水と廃水, 44(4), p. 41-45
- 4) 金漢承、秋葉道宏、国包章一 (2002). 'クリプトスポリジウムオーシストのろ過による除去に及ぼす濁度の影響、第53回全国水道研究発表会講演集、 p. 174-175

研究成果の刊行に関する一覧表

研究成果の刊行に関する一覧表

1. 論文発表

- Abe N, Kimata I, Iseki M: Identification of genotypes of *Cryptosporidium parvum* isolates from a patient and a dog. J. Vet. Med. Sci., 64(2), 165-168(2002).
- Jo E-K, Kim H-S, Lee M-Y, Iseki M, Lee J-H, Song C-H, Park J-K, Hwang T-J, Kook H: X-linked Hyper-IgM syndrome associated with *Cryptosporidium parvum* and *Cryptococcus neoformans* infections: the first case with molecular diagnosis in Korea. J. Korean Med. Sci., 17(1), 116-20(2002).
- Abe N, Sawano Y, Yamada K, Kimata I, Iseki M: *Cryptosporidium* infection in dogs in Osaka, Japan. Vet. Parasitol., 108, 185-193(2002).
- Abe N, Kimata I, Iseki M : Identification of genotypes of *Giardia intestinalis* isolates from dogs in Japan by direct sequencing of the PCR amplified glutamate dehydrogenase gene. J. Vet. Med. Sci., 65(1), 29-33(2003).
- 阿部仁一郎、木俣 勲、井関基弘：分子生物学的手法を用いた*Cryptosporidium*の種および遺伝子型鑑別法の比較と文献的考察、感染症誌、76(10)、869-881(2002).
- 町田聡子、貫上佳則、木俣 勲、井関基弘、松本みどり、島田 豊：重症複合免疫不全マウスによるオゾン処理した*Cryptosporidium parvum*オーシストの感染性評価、環境技術、31(6)、473-479(2002).
- 遠藤卓郎、八木田健司、泉山信司：水系によるクリプトスポリジウムとジアルジア感染の実態、用水と廃水、44(4)、14-18(2002).
- 更科孝夫、坂井宏明、津島良典、長沢秀行、田邊茂之、宇塚雄次：健康牛のクリプトスポリジウム感染の実態調査、用水と廃水、44(4)、19-22(2002).
- Sakai H, Tsushima Y, Nagasawa H, Ducusin R J T, Tanabe S, Uzuka Y and Sarashina T: *Cryptosporidium* infection of cattle in Tokachi district, Hokkaido. J. Vet. Med. Sci. 65(1), 125-127(2003).
- Masago Y, Katayama H, Hashimoto A, Hirata T and Ohgaki S: Assessment of risk of infection due to *Cryptosporidium parvum* in drinking water. Water Science and Technology, 46(11-12), 319-324(2002).
- Morita S, Namikoshi A, Hirata T, Oguma K, Katayama H, Ohgaki S, Motoyama N and Fujiwara M: Efficacy of UV irradiation in inactivating *Cryptosporidium parvum* oocysts. Applied and Environmental Microbiology, 68(11), 5387-5393(2002).
- 平田 強、森田重光、橋本 温：クリプトスポリジウムと水処理、用水と廃水、44(4)、304-312(2002).
- 平田 強：クリプトスポリジウム汚染と濁質管理の重要性、水道協会雑誌、71(6)、2-9(2002).

- kim H-S, Kobayashi Y, Akiba M and Kunikane S: Evaluation of *Scenedesmus quadricauda* as a surrogate of *Cryptosporidium* oocysts removal in direct filtration, Water Science & Technology: Water Supply, 2(5-6), 395-402(2002).
- Akiba M, Kunikane S, Kim H-S and Kitazawa H: Algae as surrogate indices for the removal of *Cryptosporidium* oocysts by direct filtration, Water Science & Technology: Water Supply, 2(3), 73-80(2002).
- 秋葉道宏、金漢承、国包章一、北澤弘美：浄水処理過程におけるクリプトスポリジウム除去指標の検討、用水と廃水、44(4), 41-45(2002).

2. 学会発表

- 井芹 寧、森 雅佳、木俣 勲、藤本健二、池田暁子、井関基弘：噴射衝撃による水質浄化システムの開発、第2回環境技術研究協会年次大会(2002).
- 国友新太、大保忠司、佐々木賢一、五十嵐千秋、須田康司、鴻野 卓、木俣 勲、井関基弘：パルス放電処理によるクリプトスポリジウムの不活化、第53回全国水道研究発表会(2002).
- 井関基弘、岡本雅子、阿部仁一郎：ペットショップの子犬等におけるクリプトスポリジウムおよびジアルジアの感染状況と分離株の遺伝子解析、第72回日本寄生虫学会大会(2003).
- 木俣 勲、井関基弘：市販の糞便内クリプトスポリジウム抗原検出用キット3種の評価、第72回日本寄生虫学会大会(2003).
- 真砂佳史、片山浩之、大垣眞一郎：大容量の河川水からの*Cryptosporidium*及び*Giardia*の濃縮・精製手法の検討、第53回全国水道研究発表会、632-633(2002).
- 杉本ひとみ、森田重光、平田 強、本山信行、森岡崇行、藤原正弘：紫外線による*Cryptosporidium parvum*オーシストの不活化に及ぼす濁質の影響、第53回全国水道研究発表会(2002).
- 浪越 淳、森田重光、平田 強、小熊久美子、片山浩之、大垣眞一郎：紫外線処理した*Cryptosporidium parvum*オーシストの光回復、暗回復のESS法による評価、第53回全国水道研究発表会(2002).
- Hirata T, Morita S, Takizawa H, Jimbo Y and Komatsu K: Micron-pore membrane filtration system for removing protozoa from water at lowest trans-membrane pressure. IWA International Conference(2002)
- Hirata T, Morita S, Sugimoto H, Takizawa H, and Endo T: Efficacy of low-pressure ultraviolet irradiation for inactivating *Cryptosporidium parvum* oocysts in turbid water. IUVA First Asia Regional Conference on Ultraviolet Technologies, Singapore(2002).
- 瀧澤博美、貝森繁基、森田重光、荻原喜久美、平田 強、藤原正弘：紫外線の*Cryptosporidium parvum*不活化力の細胞培養法による評価、第37回日本水環境学会年会(2003).

- ・金漢承、秋葉道宏、国包章一：クリプトスポリジウムオーシストのろ過による除去に及ぼす原水濁度の影響、第53回全国水道研究発表会、174-175(2002).
- ・秋葉道宏、金漢承、国包章一：浄水処理過程におけるクリプトスポリジウムオーシスト代替指標としての藻類の検討、日韓水環境シンポジウム、25-31(2002)

20020628

以降は雑誌/図書に掲載された論文となりますので、
P.153－P.155の「研究成果の刊行に関する一覧表」をご参照ください。