

糖浮遊遠心法でオーシストを集め、精製したのち PBS 中で冷蔵保存し、オーシストの回収から 1 ヶ月以内に使用した。また、ヒトタイプは国立感染症研究所寄生動物部で保存している *C.parvum* H7 株を用いた。

## 2) 水試料からのクリプトスポリジウムオーシストの分離

小鮎川の清川村片原橋の 50m 上流地点に放流されている養豚排水処理施設の放流水、小鮎川片原橋の下流 13km に位置し、相模川との合流地点の 100m 上流である小鮎川の厚木市元町付近および水道水源であり、小鮎川流入地点より 8km 下流の相模川の寒川町宮山付近のそれぞれの河川水から分離したクリプトスポリジウムオーシストを環境分離株試料として用いた。

小鮎川の片原橋付近養豚場排水処理施設の放流水 1l を採水し、ポリ遠心管(250ml)を用いて遠心分離した後、上清を吸引除去した。沈渣をポリ遠心管(50ml)に分取し、PBS(1%Tween80 含)30ml および酢酸エチル 20ml を加えよく攪拌したのち遠心分離し、上層の酢酸エチル層、固形物浮遊層および下層の PBS 層を吸引除去した。吸引除去後、PBS(1%Tween80 含)を 20ml 加え、シヨ糖浮遊遠心法で選択分離した。河川水の試料は 50l を採水し、濃縮およびシヨ糖浮遊遠心法による選択分離を行った。さらに、クリプトスポリジウムオーシスト用免疫磁気ビーズ(Dynabeads anti-*Cryptosporidium*, DYNAL 製)を用いて再度、選択分離した。

## 3) 間接蛍光抗体染色およびオーシストの単離

*C.parvum* HNJ-1 オーシスト(コントロール)を懸濁させたオーシスト懸濁液 100 $\mu$ l、選択分離した放流水および河川水試料 100 $\mu$ l をそれぞれ別のマイクロチューブ(1.5ml)にとり、間接蛍光抗体染色用一次抗体 10 $\mu$ l を加えて室温で 30 分間反応させた後、PBS 900 $\mu$ l を加え、マイクロチューブ用遠心機で 10 分間遠心分離して上清 900 $\mu$ l を吸引除去した。次いで二次抗体 10 $\mu$ l を加え、30 分間反応させた。

プラスチックシャーレ(直径 60mm)に MilliQ 水 3ml を加え、染色したそれぞれの試料 100 $\mu$ l を加えた。数分静置したのち倒立型蛍光顕微鏡下でクリプトスポリジウム様蛍光抗体陽性粒子を検索し、内部構造保有オーシストのみをマニピュレーターで単離し、オーシスト溶解液 25 $\mu$ l(10%TX-100 5 $\mu$ l, 10 $\times$ Taq buffer 2.5 $\mu$ l および MilliQ 水 17.5 $\mu$ l)の入った PCR 用マイクロチューブ内に浮遊させた。

## 4) 凍結融解サイクルによるオーシストの融解および PCR-RFLP 法

単離したオーシスト 1 個を浮遊させた PCR 用マイクロチューブを -80 $^{\circ}$ C で凍結し、室温で融解した。この凍結融解サイクルを 3 回繰り返したのち 100 $^{\circ}$ C で 30 分間加熱した。これに PCR 反応液 25 $\mu$ l を加え、反応させた(94 $^{\circ}$ C, 5 分, (94 $^{\circ}$ C, 1 分 $\rightarrow$ 53 $^{\circ}$ C, 2 分 $\rightarrow$ 72 $^{\circ}$ C, 2 分) $\times$ 40, 72 $^{\circ}$ C, 5 分)。プライマーは *C.parvum* ゲノム DNA 上の 2.8Kbase のポリスレオニン領域内をコードするプライマー CRY44 (4'-cagcaagatatgaataccg-6') および CRY373 (4'-ctcttaatccaatcattacaac-6') (Carraway *et al.*, 1997; 橋 未発表) を用いた。

PCR 反応後、2%アガロースゲルを用いて電気泳動を行った後、0.1%エチジウムブロマイド溶液で 15 分間染色した後、アガロースゲルをトランスイルミネーターにのせ、UV を照射しながらポラロイドカメラで撮影してバンドを確認した(本 PCR 法では *C.parvum* のゲノム DNA をテンプレートとして含む試料では 518bp の増幅産物が得られる)。

1st PCR で特異領域の DNA 増幅が確認された試料 1 $\mu$ l を PCR 用チューブに取り、2nd PCR 用の PCR 反応液 49 $\mu$ l を加えて 2nd PCR を行った(94 $^{\circ}$ C, 5 分, (94 $^{\circ}$ C, 1 分 $\rightarrow$ 53 $^{\circ}$ C, 2 分 $\rightarrow$ 72 $^{\circ}$ C, 2 分) $\times$ 5, 72 $^{\circ}$ C, 5 分)。反応後、1st PCR と同様 2%アガロースゲルで電気泳動し、バンドを確認した。2nd PCR で増幅が確認された試料 25 $\mu$ l をマイクロチューブ(1.5ml)にとり、Geanclean kit(BIO 101 製)を用いて精製し、最後に MilliQ 水で 17 $\mu$ l とした。

精製した 2nd PCR 増幅産物 17 $\mu$ l をマイクロチューブ(0.5ml)にとり、制限酵素 *Rsa* I 1 $\mu$ l および *Rsa* I 用 10 $\times$ 緩衝液 2 $\mu$ l を加え、37 $^{\circ}$ C の恒温水槽で 90 分間反応させた。反応後、2%アガロースゲルで電気泳動し、バンドを確認した。

CRY44 および CRY373 を用いた PCR で得られた 518bp の増幅産物は *Rsa* I による消化により、4 つの断片に切断される 1 型 (ウシ型; 54bp と 63bp の 2 つに切断される部位は一つのバンドに現れるため 3 つのバンドとなる) と 2 つの断片に切断される 2 型 (ヒト型) に分類される。

### 3 結果

#### 1) 1 オーシストを用いた PCR 法

*C.parvum* HNJ-1 株を間接蛍光抗体染色して単離し、*C.parvum* オーシスト 1 個ずつを含む 10 試料を作製して、試験した。その結果、515bp 付近にバンドが観察され、標的領域の DNA の増幅が確認されたものは 7 試料(70%)であった。

#### 2) 養豚排水処理水およびその排水の流入する河川水から分離されたクリプトスポリジウムオーシストの PCR-RFLP 解析

養豚排水処理水から分離したクリプトスポリジウムオーシスト 51 個のそれぞれについて、Cry44 と Cry373 からなるプライマーを用いた 1st PCR を行った。その結果、15 個(29%)で 515bp 付近の PCR 増幅産物が確認された。この 15 個の 1st PCR 増幅産物について、同じプライマーを用いた 2nd PCR を行ったところ、11 個が再増幅された。この 11 個(73%)の 2nd PCR 増幅産物について、*Rsa* I による消化を行い、電気泳動したところ、10 個で切断断片が確認された。観察された断片数はいずれも 3 個で、1 型 (ウシタイプ) に分類され、2 型 (ヒトタイプ) は 1 個も確認できなかった。残りの 1 個はスメアーの影響で消化断片が確認できなかった。

小鮎川が相模川本川に流入する地点の 100m 上流である厚木市元町付近で採水した小鮎川河川水より分離した試料も同様に解析した。小鮎川分離 10 個のうち 3 個(30%)しか *Rsa* I による RFLP 解析ができなかったが、3 試料の全てが 1 型 (ウシタイプ) であった。

水道原水の取水地点であり、小鮎川の流入地点より約 8km 下流に位置する相模川寒川町宮山でも同様の調査を行った。本地点より分離した 25 個のうち 7 個(24%)で解析が可能であったが、そのすべてが 1 型 (ウシタイプ) であった。

このように、相模川河川水、養豚場放流排水から分離したクリプトスポリジウムオーシストの遺伝子型別はいずれも 1 型 (ウシタイプ) であり、2 型 (ヒトタイプ) は 1 個も検出されなかった。

### 4 考察

クリプトスポリジウムおよびジアルジアは宿主域が広いこと(渋谷, 1994; O'Donoghue, 1995)から、ヒトの生活排水、下水処理水のみならず、牛、豚などの家畜の糞便またはその処理水が水環境の汚染源となる可能性がある。本研究では、小鮎川において養豚排水処理施設の放流水が両原虫の汚染源として強く関与していることが認められたが、豚以外にも各種の動物でクリプトスポリジウムおよびジアルジアの保虫が確認されている (Yamaura *et al.*, 1990; 浅野ら, 1990; 荒島ら, 1991; 渋谷, 1994; 農林水産省畜産局, 1997; 遠藤と国包, 1999)。また、農林水産省の「クリプトスポリジウムに係る調査」(農林水産省畜産局, 1997)では全都道府県について行った豚および牛についての調査で、豚 2,449 頭のうち 27 頭(1.10%)および牛 5,002 頭のうち 107 頭(2.14%)でクリプトスポリジウムの保虫が確認されている。

*C. parvum* のヒト由来株と他の動物由来株との間にはゲノム DNA 上の部位, 18S r-RNA 上の部位およびオーシスト壁に含まれるタンパクをコードする部位の解析で差異があることが報告されている (Carraway *et al.*, 1997; Spano *et al.*, 1997; Gibbons *et al.*, 1998; Ortega *et al.*, 1991)。そこで今回, 養豚排水処理施設放流水, 小鮎川の厚木市元町地点および相模川寒川町宮山地点より単離したオーシストを PCR-RFLP 法で分別した結果, いずれも 1 型 (ウシタイプ) であった。Carraway *et al.*, (1997) は実験用に 1 型 (ウシタイプ) の *C. parvum* 株を感染させたウシを扱った作業員に発生した感染事故で, 作業員から分離されたオーシストはヒトタイプであったことから, ヒトに感染することで何らかの選択が起こり, 1 型 (ウシタイプ) から 2 型 (ヒトタイプ) への優性株の交代が生じた可能性があるとして報告している。また, 過去の感染事故でもウシがその感染源として強く関与していた例が報告されていること (Levine *et al.*, 1991; Dupon *et al.*, 1995) ならびにこれらの原虫の広い宿主域から考えて, 相模川水系を汚染している *C. parvum* はヒトを中心として保持されているのではなく, 豚を含むヒト以外の動物間で保持されているものと考えられる。

クリプトスポリジウムおよびジアルジアによる水道を介した水系感染を制御するためには水源の保護という観点で, 水源に放出されている畜産排水の管理などを含む総合的な対策の徹底が必要であると考えられる。

## 5 結論

相模川水系の河川水および養豚場放流排水から分離したクリプトスポリジウムオーシストを PCR-RFLP 法で解析したところ, 陽性結果の得られたすべてのオーシストは 1 型 (ウシタイプ) に分類され, 汚染源として豚をはじめとする家畜の関与が強く示唆された。

## 引用文献

- 荒島康友, 井口和幸, 久保信彦, 熊坂一成, 奥山清子, 河野均也, 原田稔, 島袋宏明, 斉藤トモ子, 伊佐浩紀, 浅野隆司, 保刈成男, 村杉栄治, 1991: Zoonosis としてのジアルジア症に関する研究. 感染症学雑誌, 64:265-297.
- 浅野隆司, 保刈成男, 村杉栄治, 清水弘美, 桑原繁, 荒島康友, 河野均也, 1990: 動物およびヒトからの *Cryptosporidium* の検出状況. 日本獣医師会雑誌, 43:285-288.
- Carraway, M., Tzipori, S. and Windmer, G., 1997: A new restriction fragment length polymorphism from *Cryptosporidium parvum* identifies genetically heterogeneous parasite populations and genotypic changes following transmission from bovine to human. *Infection and Immunity*, 65:3958-3960.
- Dupont, H.L., Chappell, C.L., Streling, C.R., Okhuysen, P.C., Rose, J.B. and Jakubowski, W., 1995: The infectivity of *Cryptosporidium parvum* in healthy volunteers. *New England Journal of Medicine*, 332:855-859.
- 遠藤卓郎, 国包章一, 1999: 平成 10 年度厚生科学研究費補助金(新興・再興感染症研究事業) 水道水を介して感染するクリプトスポリジウム及び類似の原虫性疾患の監視と制御に関する研究報告書, 家畜及びと畜場搬入動物のクリプトスポリジウム汚染実態調査, pp79-82.
- Gibbons, C.L., Gazzard, B.G., Ibrahim, M.A.A., Morris-Jones, S., Ong, C.S.L. and Awad-El-Kariem, F.M., 1998: Correlation between markers of strain variation in *Cryptosporidium parvum*: evidence of clonally. *Parasitology International*, 47:139-147.
- 神奈川県衛生部報道発表資料, 1997: クリプトスポリジウムに係る水道原水調査の結果について (平成 9 年 7 月 2 日付).
- 神奈川県衛生部報道発表資料, 1998: クリプトスポリジウムの水道水源および浄水の汚染実態調査の結果について (平成 10 年 9 月 11 日付).

- Kfir, R., Hilner, C., du Preez, M. and Bateman, B., 1995: Studies on the prevalence of *Giardia* cysts and *Cryptosporidium* oocysts in South African water. *Water Science and Technology*, 31,(5-6):435-438.
- 厚生省生活衛生局水道環境部水道整備課報道発表資料, 1997: 水道水源におけるクリプトスポリジウム等の検出状況について(平成9年6月4日付).
- 厚生省生活衛生局水道環境部長通知, 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19日改正).
- Levine, J.F., Levy, M.G., Walker, R.L. and Crittenden, S., 1991: Cryptosporidiosis in veterinary students. *Journal of American Veterinary Medical Association*, 193:688-694.
- 農林水産省畜産局衛生課, 1997: 家畜衛生週報, 2480, 373-374
- Ortega, Y.R., Sheehy, R.R., Cama, Vitaliano, Oishi, K.K. and Sterling, C.R., 1991: Restriction fragment length polymorphism analysis of *Cryptosporidium parvum* isolates of bovine and human origin. *Journal of Protozoology*, 38:40S-41S.
- O'Donoghue, P.J., 1995: *Cryptosporidium* and Cryptosporidiosis in man and animals. *International Journal for Parasitology*, 25:139-195.
- 渋谷敏朗, 1994: ジアルジア感染症. *Modern Physician*, 14:1369-1371.
- Smith, H.V., Patterson, W.J., Hardie, R., Greene, L.A., Benton, C., Tulloch, W., Gilmour, R.A., Girdwood, R.W.A., Sharp, J.C.M. and Forbes, G.I., 1989: An outbreak of waterborne cryptosporidiosis caused by post treatment contamination, *Epidemiology and Infection*, 103:703-715.
- Spano, F., Putignani, L., McLauchlin, J., Casemore, D.P. and Crisanti, A., 1997: PCR-RFLP analysis of *Cryptosporidium* oocysts wall protein (COWP) gene discriminates between *C.wrairi* and *C.parvum*, and between *C.parvum* isolates of human and animal origin. *FEMS Microbiology Letters*, 150:209-217.
- Yamaura, H., Shirasaka, R., Asahi, H., Koyama, T., Motoki, M. and Ito, H., 1990: Prevalence of *Cryptosporidium* infection among house rats, *Rattus rattus* and *R.norvegicus* in Tokyo, Japan and experimental Cryptosporidiosis in roof rats. *Japanese Journal of Parasitology*, 39:439-444.

分担研究報告書 1 2

直接ろ過による  
クリプトスポリジウムオーシスト代替指標の検討

分担研究者 眞柄泰基、国包章一

## 分担研究報告書

### 水道水を介して感染するクリプトスポリジウム及び 類似の原虫性疾患の監視と制御に関する研究

#### 直接ろ過によるクリプトスポリジウムオーシスト代替指標の検討

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 国立公衆衛生院水道工学部 部長  
研究協力者 秋葉 道宏 国立公衆衛生院水道工学部 主任研究官

**研究要旨** 浄水処理過程におけるクリプトスポリジウムの代替指標を開発するため、水道原水中に比較的良好に存在し、しかも浄水中に漏出しやすい3種の藻類の純粋培養株及び代替指標用として開発された2種類のモデル粒子とクリプトスポリジウムオーシストを用いて、凝集沈殿による除去性及び直接砂ろ過実験を行い、ろ過による抑留、漏出挙動及び除去率について比較を行った。その結果、クリプトスポリジウムとろ過での挙動が類似している藻類 *Selenastrum capricornutum*、モデル粒子 MX-500 がクリプトスポリジウムオーシストの代替粒子となる可能性が示唆された。

#### A. 研究目的

水道原水中に比較的良好に存在し、しかも浄水中に漏出しやすい3種の藻類及びクリプトスポリジウムオーシストの代替トレーサとして開発されたモデル粒子を対象とし、凝集沈殿による除去性及び直接ろ過による抑留、漏出挙動、除去性がクリプトスポリジウムオーシストと比較して、クリプトスポリジウムの代替指標として用いることができるかどうか検討した。

#### B. 研究方法

##### 1. 供試藻類、モデル粒子及びクリプトスポリジウムオーシスト

水道原水中に比較的良好にみられ、浄水中に漏出しやすく、かつクリプトスポリジウムオーシストと同程度の大きさ、比重を持つ藻類として藍藻類の *Microcystis viridis* (以下、*M.viridis*)、*Microcystis aeruginosa* (以下、*M.aeruginosa*)、緑藻類の *Selenastrum capricornutum* (以下、*S.capricornutum*) を選定した。

各藻類は、(財)地球・人間環境フォーラムより分譲を受けた藻類株を、温度30℃、照度2,000lux(明16時間、暗8時間)の条件で、M-11培地を用いて無菌単藻培養し、対数増殖期の細胞を実験に供した。また、モデル粒子は、クリプトスポリジウムオーシストの代替トレーサとして開発されたもの2種類を使用した。

使用した藻類及びモデル粒子の特徴は次の通りである。

- ・ *Selenastrum capricornutum* (NIES-35) : 緑藻類 形状 ; 三日月型または鎌型、大きさ ; 長さ 15 ~ 30  $\mu\text{m}$  幅 3 ~ 5  $\mu\text{m}$
  - ・ *Microcystis viridis* (NIES-102) : 藍藻類 形状 ; 球状 大きさ ; 直径 4 ~ 7  $\mu\text{m}$
  - ・ *Microcystis aeruginosa* (NIES-44) : 藍藻類 形状 ; 球状、大きさ ; 直径 2.5 ~ 9.5  $\mu\text{m}$
  - ・ MX-500 : 材質 ; ポリスチレン、比重 ; 1.05g/cm<sup>3</sup>、粒子径 ; 5  $\mu\text{m}$
  - ・ SX-500 : 材質 ; ポリメチルメタアクリレート、比重 ; 1.19 g/cm<sup>3</sup>、粒子径 ; 5  $\mu\text{m}$
- クリプトスポリジウムオーシスト (以下、オーシスト) は、市販 (関東化学 ; #74002) のホルマリン固定不活化されているものを使用した。

## 2. 凝集沈澱実験

試料水は、蒸留水にカオリンで濁度 10 度、炭酸水素ナトリウムでアルカリ度 40 度 ( $\pm 5$ ) となるように調製し、藻類、モデル粒子及びオーシストをそれぞれ 1,000 個/ml になるように添加したものを作成した。

凝集実験には、ジャーテスター (SUGIYAMA 社 ; T-6S) を用いた。ジャーテストは室温条件下において、急速攪拌 100rpm、5 分間、緩速攪拌 40rpm、25 分間、静置 30 分間とした。なお、静置は、温度変化による対流を防止するために恒温室内 (20  $^{\circ}\text{C}$ ) で行った。凝集剤として、硫酸アルミニウム ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  として 7.2 %、以下同じ) を用いて、60 (2.25mgAl) となるように試料水に添加した。pH は凝集後 3,4,5,6,7,8,10 となるように 1 (0.1) N 硫酸又は 1 (0.1) N 水酸化ナトリウムを用いて調整した。

凝集能力は、静置終了後の濁度、粒子数を測定し評価した。濁度、粒子数は、液面下約 1 cm からサイホンで上澄水を 220ml 採取し、20ml の試料については積分球式濁度計 (三菱化学社 ; SET-PT-706D) で濁度を測定し、残りの 200ml の試料については遠心分離 (1500  $\times$  g, 10 分間) により 100 倍に濃縮後、その 0.05ml 中の粒子数を顕微鏡 (OLYMPUS 社 ; GH2) による界線入りスライドガラス法で計数して、1ml 中の粒子数を算出した。

## 3. 直接ろ過実験

実験装置の概略及び実験条件をそれぞれ図-1、表-1 に示した。原水は、脱塩素処理した水道水にカオリンで濁度 10 度となるように調製し、藻類、モデル粒子またはオーシストをそれぞれ 1,000 個/ml になるように添加したものをを用いた。凝集剤注入率 (PAC  $\text{Al}_2\text{O}_3$  として 10%) は、ジャーテストにより求めた至適凝集領域 (ゼータ電位 : -10mV 程度) の 8mg/l とした。なお、実験時の水温は 20  $^{\circ}\text{C}$  前後、pH は 7.0  $\pm$  0.4 であった。

ろ過運転開始後、所定時間後のろ過水の濁度及び藻類、モデル粒子及びオーシストのそれぞれの個数を測定した。濁度は積分球式濁度計で、藻類、モデル粒子及びオーシストの個数は、ろ過水を遠心分離器により 10 倍濃縮したものを試料として、界線入りスライドガラスにより定量 (上水試験方法) した。ろ過終了後、砂層内抑留部を乱さないように水を抜いた後、砂層

表面から 2cm ずつろ材を採取した。次にそれらを蒸留水の入っているビーカー内に移し、ろ材に付着している濁質分（カオリンフロック）を強い攪拌によって完全に剥離させ、得られた剥離懸濁水の藻類、モデル粒子、オーシストのそれぞれの個数をろ過水と同じ方法で測定した。また、剥離懸濁水を GF/B でろ過し、乾燥重量（捕捉濁質量）を求めた。

## C. 研究結果及び考察

### 1. 凝集沈殿実験

水中におけるアルミニウムの存在形態及びオーシスト、藻類細胞、モデル粒子の表面特性は、pH に依存する。そこで、凝集剤注入率を一定とし、pH を変えてジャーテストを行い、オーシストと藻類細胞、モデル粒子の除去性を比較した。その結果を図-2 に示した。

オーシスト、藻類細胞、モデル粒子を添加した試料水の上澄水濁度は、モデル粒子 SX-500 以外、pH5 ~ 8 の範囲で最も低下し、濁度 2 度以下となった。オーシストを添加した系は、この範囲では変化がなく、2 度程度であった。上澄水の粒子数は、オーシスト、*S.capricorntum*、*M.viridis*、MX-500 をそれぞれ添加した系で、pH7 で最も低下し、濁度の挙動と異なった。pH7 の上澄水の粒子数（除去率）は、オーシスト 32.4 個/ml (1.49log)、*S.capricorntum* 31.2 個/ml (1.51log)、*M.viridis* 9.0 個/ml (2.05log)、*M.aeruginosa* 70.2 個/ml (1.15log)、SX-500 45.6 個/ml (1.34log)、MX-500 27.6 個/ml (1.56log) であった。

以上の結果から、オーシスト、藻類細胞、モデル粒子の凝集沈殿による除去性を比較すると、*S.capricorntum*、MX-500 の除去性がオーシストと近似していることが明らかとなった。

### 2. 直接ろ過実験

直接ろ過における藻類細胞、モデル粒子の抑留・漏出挙動、除去性をオーシストのそれとを比較し、その指標性について検討した。

ろ過水の濁度及びオーシスト、藻類、モデル粒子の個数の経時変化を図-3 に示した。漏出濁度の挙動を見ると、オーシストではろ過運転開始から 15 分程度までが初期漏出期、その後 45 分程度までが清澄期、それ以降が終期漏出期であった。次に漏出個数の挙動を見ると、オーシストでは濁度の挙動と類似しており、濁度管理の有効性が再確認された。浄水場において、ろ過池にオーシストが混入した場合、漏出濁度が高い初期漏出期ではオーシストの漏出が避け難いので、初期漏出期の継続時間と濁度をいかに抑制するかが今後の課題であると考えられる。他の系の漏出濁度、漏出個数挙動及び破過時間とオーシストのそれとを比較すると、*S.capricorntum*、*M.viridis*、MX-500 が類似しており、SX-500 は破過までの時間が短い傾向であった。また、清澄期における漏出個数（濁度）と除去率を見ると、オーシストではそれぞれ 15.8 個/ml (0.4 度)、1.80log、*S.capricorntum* ではそれぞれ 15.8 個/ml (0.2 度)、1.80log、*M.viridis* ではそれぞれ 17.0 個/ml (0.3 度)、1.77log、*M.aeruginosa* ではそれぞれ 282.0 個/ml (0.4 度)、0.59log、MX-500 ではそれぞれ 15.0 個/ml (濁度 0.4 度)、1.82log、SX-500 ではそれぞれ 19.5 個/ml (0.5 度)、1.71log であり、オーシストと同程度の値を示したのが、*S.*



*capricorntum*、*M. viridis* 及び MX-500 であった。

ろ層深さ方向におけるオーシスト、藻類、モデル粒子の個数分布を図-4 に示した。ろ層深さ方向における捕捉濁質量分布はそれぞれの系で、濁質成分であるカオリンのろ過特性に依存するため、ほぼ同じパターンであった。個数分布で見ると、オーシストと漏出濁度・個数の挙動が同じであり、個数の除去率が同じ値を示した *S. capricorntum*、*M. viridis* 及び MX-500 で比較すると、オーシストと *S. capricorntum*、MX-500 では表層から下層にかけてほぼ同じ割合で少なくなっているが、*M. viridis* では表層で多く捕捉される傾向が認められた。

#### D. 結論

凝集剤注入率を一定とし、pH を変えてジャーテストを行い、オーシストと藻類細胞、モデル粒子の除去性を比較すると、オーシスト、藻類細胞、モデル粒子を添加した試料水の上澄水濁度は、SX-500 以外、pH5 ~ 8 の範囲で最も低下し、濁度 2 度以下となった。pH7 の上澄水の粒子数（除去率）は、*S. capricorntum*、MX-500 がオーシストとほぼ同じ値であった。

直接ろ過における藻類細胞、モデル粒子の抑留・漏出挙動、除去性をオーシストのそれとを比較すると、漏出濁度、漏出個数挙動は、*S. capricorntum*、*M. viridis*、MX-500 がオーシストと類似していた。清澄期における漏出個数（濁度）と除去率は、オーシストではそれぞれ 15.8 個/ml (0.4 度)、1.80log、*S. capricorntum* ではそれぞれ 15.8 個/ml (0.2 度)、1.80log、*M. viridis* ではそれぞれ 17.0 個/ml (0.3 度)、1.77log、*M. aeruginosa* ではそれぞれ 282.0 個/ml (0.4 度)、0.59log、MX-500 ではそれぞれ 15.0 個/ml (濁度 0.4 度)、1.82log、SX-500 ではそれぞれ 19.5 個/ml (0.5 度)、1.71log であり、*S. capricorntum*、MX-500 はオーシストと同程度の値を示した。

*Selenastrum capricorntum*、MX-500 は、凝集沈殿による除去性、直接ろ過における抑留・漏出挙動、除去性がよく一致しており、クリプトスポリジウムオーシストの代替粒子となる可能性が示唆された。

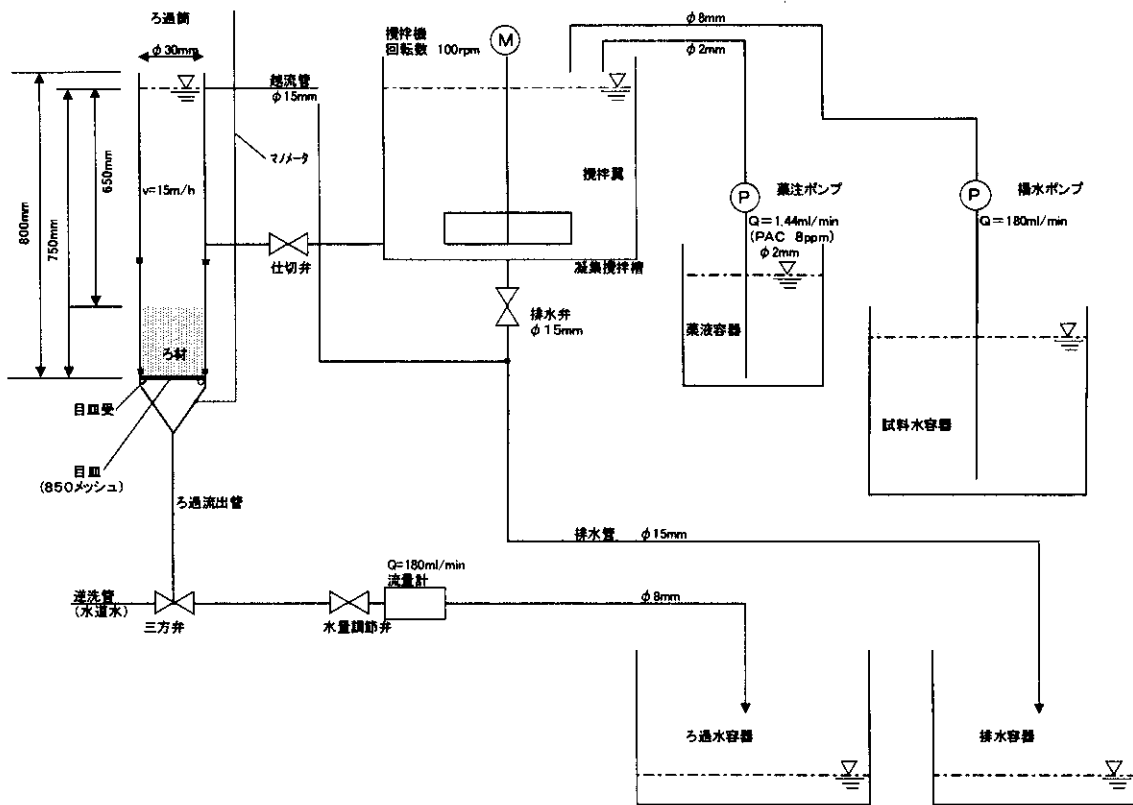
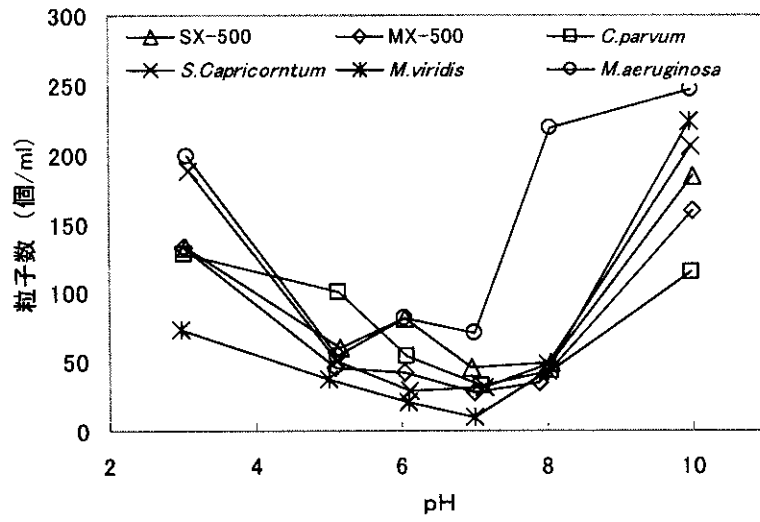


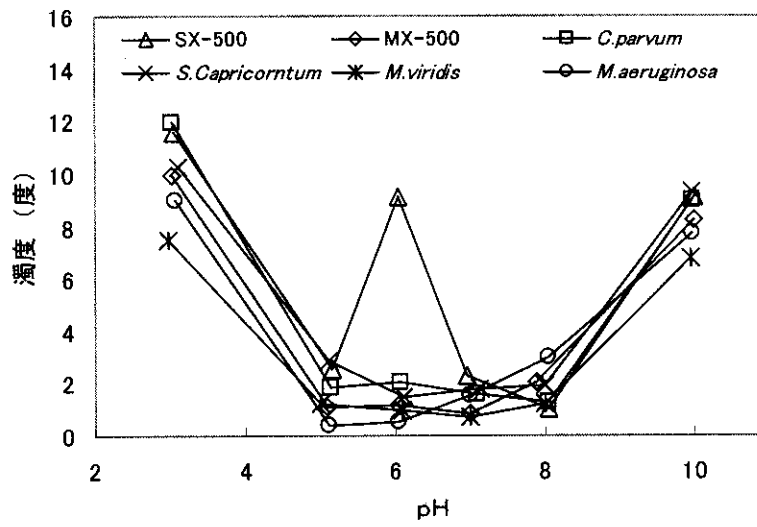
図-1 直接ろ過装置の概略

表-1 直接ろ過実験の諸条件

ろ材	珪砂
ろ材有効径(mm)	0.6
ろ層厚(mm)	100
ろ過筒径(mm)	φ 30
空隙率	0.38
ろ速(m/h)	15.0



上澄水中粒子数



上澄水濁度

図-2 各 pH における上澄水濁度、粒子数

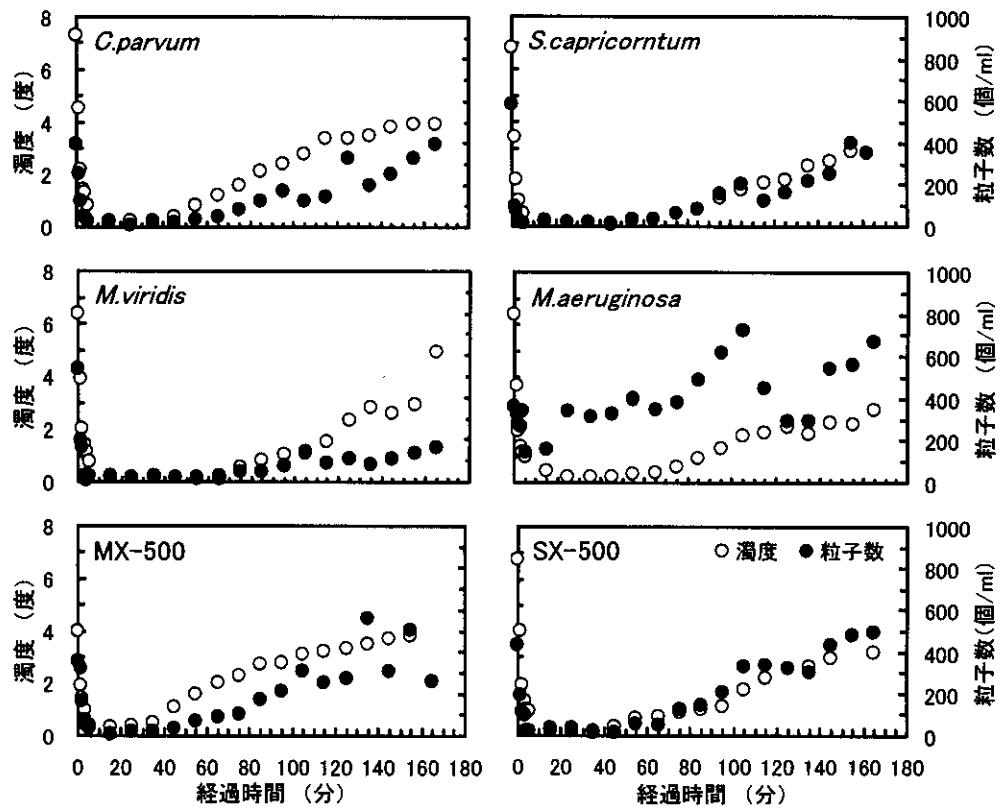


図-3 ろ過水の漏出濁度及び個数の経時変化

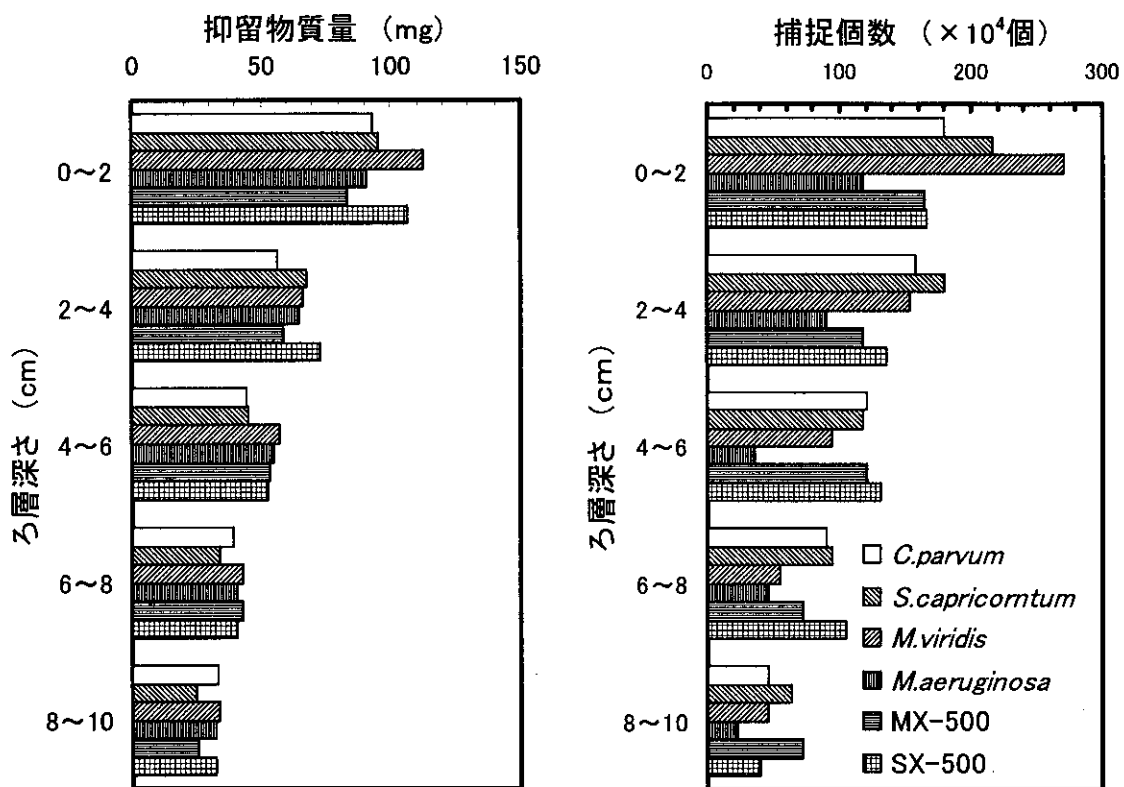


図-4 各ろ層深さにおける各粒子の抑留物質質量及び捕捉個数