

Fig. 26 Variation of Stress (Case4, 20L/min)

Fig. 27 に X 軸方向, Fig. 28 に Z 軸方向の応力の時間平均値と空気量の関係図を示す。Z 軸方向の結果から空気量と応力の時間平均値がほぼ比例関係にあることが確認できる。これは空気量が増加したことにより、中空糸膜壁面近傍に存在する気泡が増加した。このことから膜壁面に接触する頻度が多くなり、Z 軸方向に作用する応力が増加したのだと考える。Case1, Case 3 の 1 本接続の結果よりも、Case2, Case 4 の 3 本接続では、緩やかな応力増加傾向を示した。この傾向は、3 本接続の場合では、束になって存在しているため、単独で存在している 1 本接続より、気泡流の影響を受けにくかったと考える。このことにより 1 本接続よりも、緩やかな応力増加傾向を示したのだと考える。

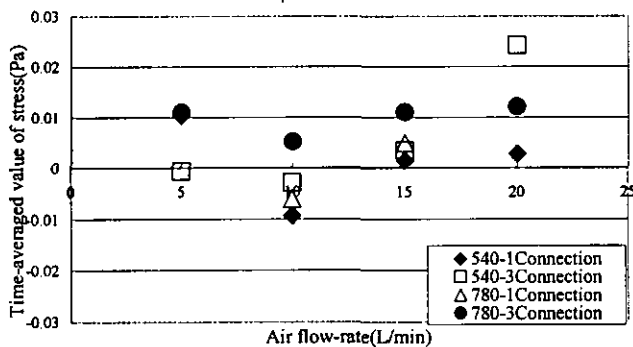


Fig. 27 Relationship between time-averaged value of Stress and Air flow-rate (X direction)

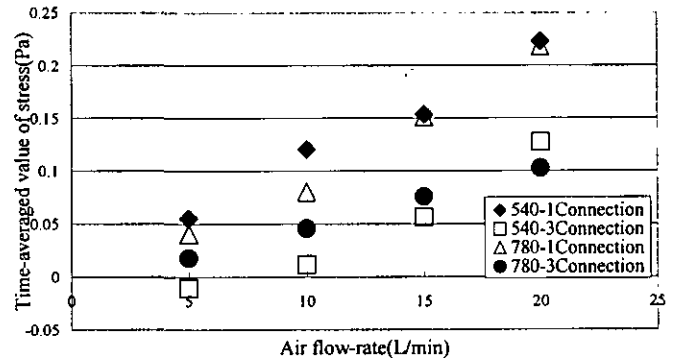


Fig. 28 Relationship between Time-averaged value of Stress and Air flow-rate (Z direction)

Fig. 29 に Case4, 空気量 20L/min(4 回測定中の 1 つ)における Z 軸方向のヒストグラムを示す。ヒストグラムからは測定値がほぼ正規分布を示しているため、 $\tau_{3\sigma}$ を求めた。

Fig. 30 に X 軸方向, Fig. 31 に Z 軸方向の $\tau_{3\sigma}$ と空気量の関係図を示す。標準偏差はすべての Case で増加傾向が確認できたため、 $\tau_{3\sigma}$ もすべての Case において空気量と $\tau_{3\sigma}$ は増加傾向を示した。また X, Z 軸方向の $\tau_{3\sigma}$ で最大値を示した Case1-20L/min(X 軸方向) 0.112(Pa) と Case3-20L/min(Z 軸方向) 0.490(L/min)とを比較すると、4.38 倍の差で Z 軸方向が大きな値を示した。

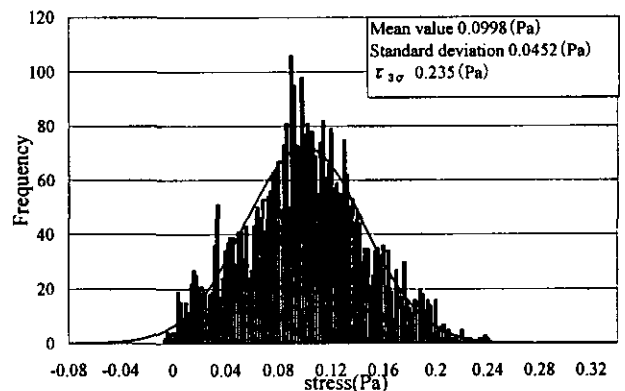


Fig. 29 Histogram of stress variation (Case4, 20L/min, Z direction)

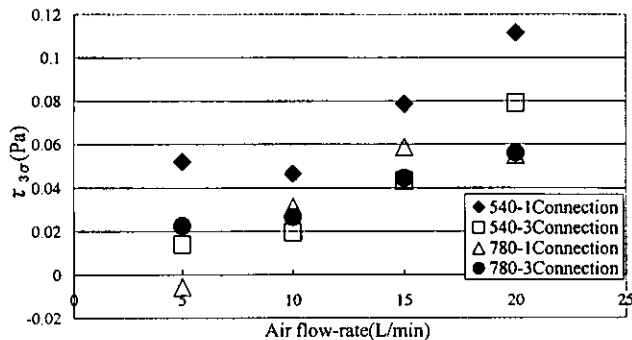


Fig. 30 Relationship between τ_{30} and Air flow-rate (X direction)

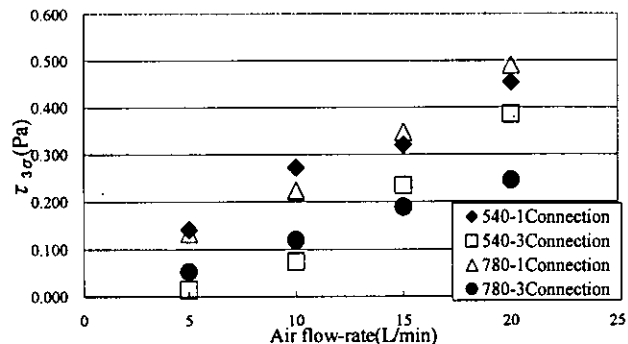


Fig. 31 Relationship between τ_{30} and Air flow-rate (Z direction)

E. 結論

ばっ気による膜面の洗浄効果の効率化に焦点を当て、気泡流を発生させた際、膜壁面近傍に沿って働くせん断応力の影響を、定量的に評価する事を目的し、浸漬型の平膜および中空糸膜モジュールを想定した実験を行い、以下の結論を得た。

- 気泡流によって、壁面近傍に発生するせん断応力は、流入空気量の増加に伴って、増加傾向を示す。
- MLSS (活性汚泥浮遊物質) 濃度が増加すると、壁面近傍に作用するせん断応力が、増加傾向を示す。
- 水の粘性をメチルセルローズで 4 (mPa sec), 8 (mPa sec) に上げた場合と、粘性状態に近い MLSS 9065 (mg/l), 粘性 6.6 (mPa sec) の活性汚泥での測定結果は、活性汚泥で測定した値の方が大きかった。このことから壁面に作用するせん断応力は、粘性より活性汚泥中に存在する浮遊物質 (MLSS) による影響が大きいと考えられる。
- 中空糸膜は縦置きにした場合、水深方向に作用する応力は、中空糸膜の外径によらない。

- 気泡流によって、中空糸膜壁面近傍に発生する応力は、空気量の増加に伴い増加傾向を示す。
- 中空糸膜を 3 本束ねている方が、単独で 1 本存在するものよりも、作用する応力が小さくなる。
- 水深方向と水平方向にかかる応力は、約 4 倍水深方向にかかる応力が大きな値を示した。

引用文献

Nagaoka, H., Tanaka, A., Toriizuka, Y. (2003): Measurement of Effective Shear Stress Working on Flat-Sheet Membrane by Air-Scrabbling, Water Science and Technology: Water Supply, Vol.3 Number 5-6, 2003, Vol.3 Number 5-6, 423-428, 2003

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

Nagaoka, H., Tanaka, A., Toriizuka, Y.: Measurement of Effective Shear Stress Working on Flat-Sheet Membrane by Air-Scrabbling, Water Science and Technology: Water Supply, Vol.3 Number 5-6, 2003, Vol.3 Number 5-6, 423-428, 2003

Nagaoka, H., Nakano, T., Akimoto, D.: Modeling of Mass Transfer in Biofilms in Oscillatory Flow Conditions Using k-e Turbulence Model, Water Science and Technology: Water Supply, Vol.3, No. 1-2, 201-207, 2003

2. 研究発表

黒坂、飯尾、長岡、井手口、小林：気泡流が浸漬型中空糸膜分離モジュールに与えるせん断応力に関する研究、第 31 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集、2004

飯尾、長岡、黒坂：気泡流が浸漬型膜分離モジュールの壁面に与えるせん断応力に関する研究、第 31 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集、2004

赤穂、杉山、長岡：膜分離活性汚泥法における膜面の代謝物挙動第 31 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集、2004

Sugiyama, S. and Nagaoka, H.: Influence of influent wastewater composition on fouling phenomena, ASIAN WATERQUAL2003 IWA Asia-Pacific Regional Conference, Proceedings, 2003

宇佐美和也・長岡 裕：膜分離活性汚泥法における分離膜近傍の溶存酸素消費特性の解明、土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集、7-121, 2003

信澤雄一郎・長岡 裕：拡張カルマンフィルターを

用いた膜分離活性汚泥法の膜目詰まりの推定,
土木学会第58回年次学術講演会講演概要集,
7-122, 2003

杉山真一・長岡 裕：膜分離活性汚泥法における排
水のC/N比が膜目詰まりに与える影響, 土木学
会第58回年次学術講演会講演概要集, 7-123,
2003

中村充博・長岡 裕：膜分離活性汚泥法における安
定運転フラックスに対するろ過膜の孔径の影響,
土木学会第58回年次学術講演会講演概要集,
7-124, 2003

飯尾尚弘・長岡 裕：気泡流に伴って壁面近傍に発
生するせん断応力に関する研究, 土木学会第5
8回年次学術講演会講演概要集, 7-125, 2003

杉山真一・長岡 裕：膜分離活性汚泥法における排
水組成と代謝物質生成量との関係, 第40回下水
道研究発表会講演集, 700-701, 2003

H. 知的財産権の出願、登録状況（予定を含む）

なし

分担研究者 福士謙介 東京大学環境安全研究センター助教授

研究要旨

本研究はコミュニティレベルの自律的水システムを構築する際に問題となる蓄積性物質とくに有害金属の除去に焦点を当て研究を行った。微生物が生成するバイオポリマーは金属と結合することが知られており、その中で特にタンパク質は金属と特異的に結合することが知られている。本研究はその機構を汚染水から有害金属を除去するプロセス開発の基礎として応用することを試みた研究である。平成15年度の研究としては混合微生物系から粗タンパク質を電気泳動で分離し、金属結合タンパク質を検索するための基礎プロトコルを開発した。

A. 目的

A.1 研究背景

水を循環させた系において問題となるものはその系内に蓄積する有害物質である。ごく少量ではその影響がないものでも常に外部から供給があり、循環の過程において蓄積し、濃度の上昇に従い悪影響が出てくる場合が想定される。その状況に陥った場合には既に系内に多量の蓄積性有害物質が存在することになり、その除去には多くのコストと時間を費やさねばならなくなるおそれがある。蓄積性物質の多くは難分解性物質であり、特に無機の有害物質（有害金属など）は蓄積する可能性が高い。

本研究は有機物と有害金属などが混合した廃水（発展途上国の住居・工業混在地域など）を処理ターゲットとして、選択的に有害な無機物質を除去可能である浄化システムの構築を目指すものである。

本研究で目指しているシステムはたとえば活性汚泥等従来型生物水処理システムの有害金属除去能力を上げたり、アドオンシステムとして小規模の処理プロセスを設けたりするものである。重金属が高濃度で含有されている下水は発展途上国で多く見られ（例えばタイ王国のサムプラカン地区等）、需要は少なくないと見込んでいる。

本研究で開発に取り組んでいるシステムは重金属と結合する微生物タンパク質を利用して特に有害金属の除去に関して高効率なバイオシステムであり、「健康で豊かな水環境を創造するための新しい水管理システムの可能性—その戦略的構築と支援技術開発」の中で特に水の循環系に有害金属が入り込むことを未然に阻止するオプションプロセスの一つとして開発を進めている。

A.2 金属結合タンパク質とは

金属結合タンパク質（metalloproteins: メタロプロ

テイン）とは金属を含有（ないしは結合する）するタンパク質の総称である。生体タンパク質のおよそ3分の1が何らかの形で金属と関係を持つと言われている。次のような機能を持つ（Changlin Liu, *et al.*(2002)）。

- ・ 生体内での生命維持
- ・ 物質生産のための触媒機能
- ・ 物質運搬、情報伝達
- ・ 毒性発現抑制

金属結合タンパク質の例として、多くの生物体中存在が認められているCd、Znなどと結合するメタロチオネイン、Feと結合し、酸素を運搬するヘモグロビンなどがある。

金属結合タンパク質が金属を吸着するメカニズムの一つに、タンパク質構造内のサルファヒドリル基（-SH）が関わっていると考えられている。特にMetallothioneinは、そのおよそ60のアミノ酸からなる配列の中にチオール基を持つアミノ酸であるシステインを20持っており、Cd、Znの吸着に大きく寄与していることが分かっている（Yutaka K, 1991）。このような機構からサルファヒドリル基と結合しないアルカリ金属やアルカリ土類金属とは金属吸着サイトを巡る競合は起こらない。

近年、金属結合タンパク質の持つ上記のような機能を、金属汚染土壌の浄化に応用する研究が試みられている。特定の有害金属吸着能を持つ金属結合タンパク質を人工的にある植物に発現させ、植物の有害金属耐性を高め、植物体内にその金属を蓄積させ、植物を回収することで浄化を行う、というものがある（S. Karenlampi, *et al.* 2000; U. Kramer,）。また有機水銀（MH-Hg）を植物に吸収させた後に、植物内で金属水銀に変化させ、金属水銀の蒸気として大気中に放出させる能力を持つ植物を開発している例もある。このような生物を利用した浄化技術は、

低濃度で広範囲な汚染に対して適用可能であり、また従来方法に比べ低コストであることなどから、注目されてきている技術である。

金属結合タンパク質の研究は、生体機能としての金属と関与しているタンパク質の研究としてはじまり、様々な事実が発見されてきているが、さらなる研究が必要とされている。またとくに自然環境中の生物から応用可能性を秘めた金属結合タンパク質を検索する研究は少ない。特に微生物の持つ金属結合タンパク質はごく少数しか見つかっておらず（つまり通常の状態では混合微生物系は特異的な金属除去は不得手であると考え）、今後の研究が期待されている。

本研究の研究戦略は自然環境中の生物に存在すると考えられる重金属耐性を持つ生物を採取し、既知の金属結合タンパク質を発現するような遺伝情報を持つか、既知の金属配位部位 (Metal-binding site) を発現する遺伝子情報を持つかどうかを調べる。その生物が既知のタンパク質の金属配位部位と同じ、もしくは近い遺伝情報を持つことが分かった場合、その混合微生物の中のどの微生物がその遺伝子を持つかを調べ、最終的には微生物を同定する。ただし、この方法は金属結合タンパク質の報告例が少ない微生物に対しては有効な方法であるかわからない。

別なアプローチとしては本研究で行っているように分離し、さらに分離したタンパク質と金属の親和性を調べる方向である。この方法では未知の金属結合タンパク質を検索することができる利点があり、新しい金属結合サイトなどの発見も期待できる。

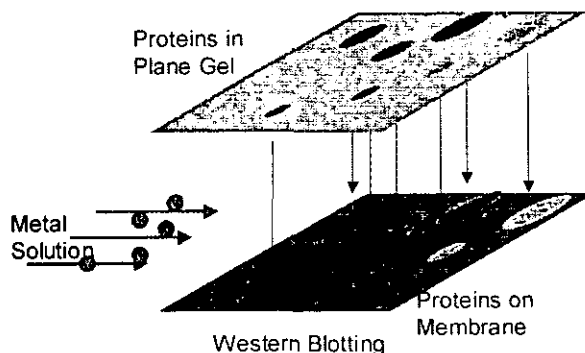
B. 方法

B.1 混合生物試料

本年度の研究で混合微生物試料として採用したのは、足尾銅山坑道中から採取してきた土壤中微生物である。これは重金属耐性を示す微生物はその耐性のある微生物と結合するタンパク質を生成しているという既存の知見に基づくものである。無選択培地 (表 1 Control) と Control 培地へ銅を添加したもの (濃度は 2.5mM)、と含まないもの 2 種類の培地で培養を行い、タンパク質抽出のサンプルとした。培養は不純物を取り除き、安定した微生物叢を得るため、3 回植え継ぎを行った。

表 1 培地組成

培地	培地成分			
	Glucose, g/l	Trypton, g/l	Yeast Extract, g/l	Cupric ion, mM
Control	1.0	5.0	2.5	0
Test	1.0	5.0	2.5	2.5



2.2 タンパク質の抽出

図 1 : プロットイングの略図

微生物からタンパク質を抽出するために、凍結融解、超音波処理 (100W, 5min.×3 回) を行った後、リン酸緩衝液 (PBS) に溶解させたものを、粗タンパク質 (crude protein) 抽出液とした (保存する場合は、-20℃で保存)。粗タンパク質抽出液から電気泳動を阻害する不純物を除去するために、2-D Clean-up Kit (Amersham Bioscience 社) による精製を行った。

抽出したタンパク質の濃度は Lowry 法を用いて測定した。(Bio-Rad 社製の定量キットを使用) 検量線は牛血清アルブミンを用いて作成した。

B.3 2次元電気泳動装置によるタンパク質の分離

不純物を除去した粗タンパク質サンプルを分離のため、2次元電気泳動にかけた。1次元目は等電点電気泳動法 (IPGphor, Amersham Bioscience)、2次元目は SDS-PAGE (SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動法) (ミニプロティアンセル 3 Bio-Rad, Ettan DALT six Electrophoresis Unit Amersham Bioscience) を用いた。

また泳動後タンパク質の染色には銀染色法・CBB 染色法を用いた。

2.4 プロットイング

2次元電気泳動によって分離したタンパク質を、プロットイング法を用いてゲル中から PVDF (Polyvinylidene Fluoride) 膜上へ転写した (転写の成功具合を調べるために、転写後の膜に CBB 染色を施した)。

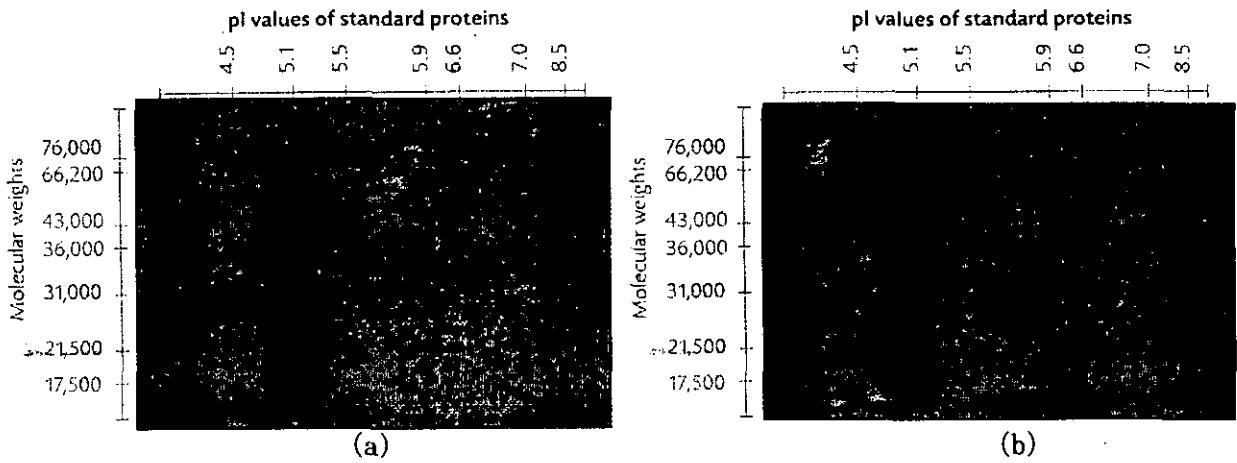


図 2：銀染色結果。(a) Cu 含まない培地で培養した微生物からのタンパク質泳動結果。(b) Cu 含む培地で培養した微生物からのタンパク質泳動結果

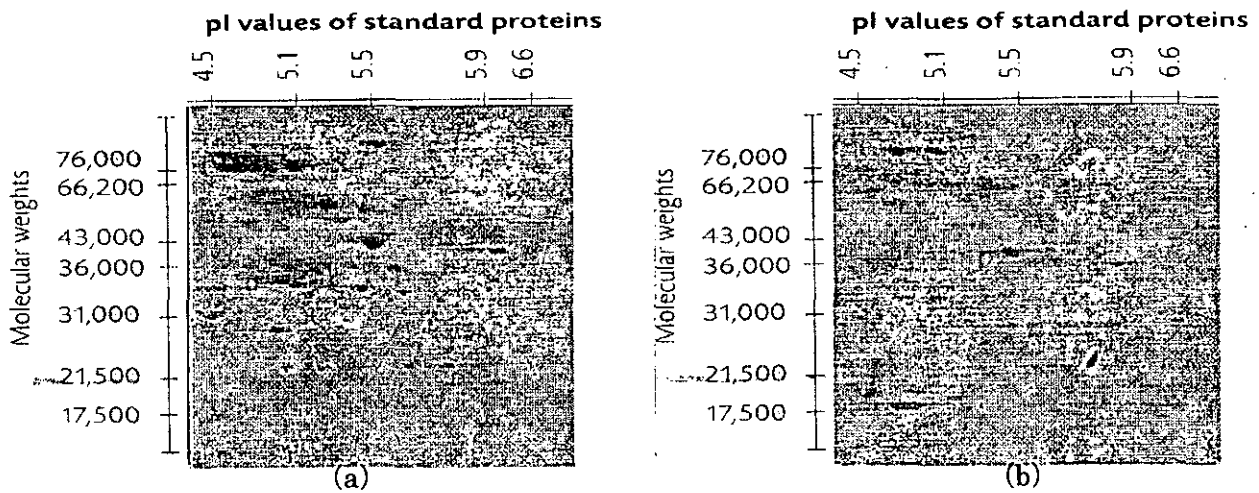


図 3：プロット後の CBB 染色結果。(a) Cu 含まない培地で培養した微生物からのタンパク質プロット結果。(b) Cu 含む培地で培養した微生物からのタンパク質プロット結果

C. 研究結果

C.1 タンパク質定量結果

培養した微生物から抽出した粗タンパク質を 2-D Clean-up Kit で調製したものに関して Lowry 法を用いてタンパク質の定量を行った。結果は表 2 のようになった。2次元電気泳動を行うことのできる十分に高い濃度のタンパク質が得られている。

表 2 タンパク質定量結果

試料	タンパク質濃度 mg/ml
Control	1.94
Test (銅と培養)	0.52

C.2 電気泳動の結果

それぞれのサンプルに関して 2次元電気泳動にかけ、銀染色を行って泳動を確認した。染色結果は図 2 に示されている。当初はかなりノイズが入り、スポットが確認できるに至らなかったが、抽出方法や泳動条件などを改良し、のような泳動結果が得られ

るに至った。まだ、ノイズが見られるが、精製をもう少し工夫すると良好な分離結果が得られることが期待される。本年度の研究では 2次元電気泳動で混合微生物タンパク質を分離するための精製方法や各条件を求めることに主眼をおいたので広い pI の範囲のゲルディスクを用いたが、次年度はターゲットのタンパク質スポットにフォーカスを当て、より高い分解能に主眼をおいた条件(より狭い pI の範囲のゲルディスクを使用する等)でより精密な分離を行う予定である。

C.3 プロットの結果

2次元電気泳動をかけた後、電圧を厚さ方向に印加し、ゲル中のタンパク質を PVDF 膜に転写した。その転写した膜を CBB 染色した結果を図 3 に示す。今年度は転写したタンパク質の存在をタンパク質を無選択に染色する色素を使用しているが、実際に金属結合タンパク質を検索する場合は、この膜を金属を含む溶液に浸潤し、それぞれのスポットで金属の

有無を調べ、そのスポットを金属結合タンパク質として検出する方法をとる。スポット中の金属の存在を調べる方法としてはラジオアイソトープ (RI) を使用することが最も感度がよいが、一度 RI と接触したものは管理区域から出すことができず、その後のタンパク質の検査 (アミノ酸配列解析など) に支障があるので、電子線を利用して金属を検出することなどを考えている。

D. 考察

本年は微生物が持つ金属結合タンパク質を単離するには至らなかった。次年度の研究としては、単離した微生物から得られた粗タンパク質からの金属結合タンパク質の検索を進める予定である。元来、本年度で行った混合微生物系からの金属結合タンパク質の検索は、その微生物系に金属と結合するタンパク質がそのような多様性を持って存在するかを定性的に見る方法としては有効であるが、多種多様な微生物が有する (構成する) タンパク質を混合した状態として検出するため、どの微生物が精製するタンパク質であるかの判断ができないため、微生物を特定して金属結合タンパク質を検索・精製する目的には向かない。

E. 結論

本研究はコミュニティレベルの水循環システムを実現する上でその系内に入るおそれのある有害金属を除去するための高効率のシステムを作り出す事を目的としている。本年度の成果としては混合微生物系からの粗タンパク質から比較的良好なタンパク質の分離ができたということである。今後は分離した粗タンパク質の金属との特異的親和性の検証と単離微生物からの金属結合タンパク質を行い、金属結合タンパク質を生成する微生物の同定やその生成条件などを研究し、最終的には汚水浄化プロセスの中での利用方法を提案したい。

F. 引用文献

- Changlin Liu, Huibi Xu (2002) The metal site as a template for the 金属結合タンパク質 structure formation. *Journal of Inorganic Biochemistry* 88, 77-86
- Yutaka K (1991) Definitions and Nomenclature of Metallothioneins. *Methods in Enzymology* 205, 8-10
- Daniel Van Der Lelie, Jean-Paul Schwitzgebee, David J. Glass, Jaco Vagransveld, Alan Baker (2001) Assessing Phytoremediation's Progress in the United States and Europe. *Environmental Science & Technology* November 1, 447A-452A
- S. Karenlampi, H. Schat, J.Vagransveld, J.A.C. Verkleij, D.van der Lelie, M.

Mergeary, A.I. Tervahauta (2000) Genetic engineering in the improvement of plants for Phytoremediation of metal polluted soils. *Environmental Pollution* 107, 225-231

- U. Kramer, A.N.Chardonnens, (2001) The use of transgenic plants in the bioremediation of soils contaminated with trace elements. *Appl Microbio Biotechnology*. 55, 661-672
- Amersham Bioscience (1998), 2-D Electrophoresis principles & methods
- 平野 久 (2001) プロテオーム解析 ー理論と方法ー 東京化学同人

G. 研究発表

15年度は無

H. 知的財産権の出願・登録状況

15年度は無

III 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

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の 編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
遠藤銀朗		平田強	水系感染症リスクのアセスメントとマネジメント	技報堂出版	東京	2003	

研究発表論文（学会発表を含む）

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
福士謙介、山本和夫、 崔宰薫	実下水への適用を目的とした浸漬型ナノ濾過膜分離活性汚泥法の開発	用水と廃水	4 6 巻	P61-66	2004
杉村昌紘、福士謙介、 島崎 大、山本和夫、 久保広明、岡部聡、木 村克輝、渡辺義公	バンガラデシユにおけるヒ素汚染地下水の浄化装置の評価とヒ素除去機構の解明 メンブレンバイオリアクターによる環境ホルモンの除去に関する研究	土木学会論文集 掲載決定 第38回日本水環境学会年会講演集		P363	2004. 3
伊藤楨彦、仲野敦士、 荒木俊昭	塩素処理水の染色体異常誘発性・形質転換誘発性の変化過程と強変異原物質MXの指標性	水環境学会誌	Vol. 26	No. 8, pp. 499-505	2003

伊藤慎彦、早坂剛幸、 岡田朋之	蛍光分析による琵琶湖水と塩素処理水中フ ミン物質の回収性の検討	用水と廃水	Vol. 45	pp. 24-28	2003
越後信哉、伊藤慎彦、夏 荒木俊昭、安藤良、夏 井智毅、ロジャーマ イニーア	有機臭素系消毒副生成物の速度論と毒性評 価	環境衛生工学研究	Vol. 17, No. 3	pp. 82-87	2003
越後信哉、伊藤慎彦、 安藤良、荒木俊昭、夏 井智毅	フミン質と次亜ハロゲン酸の反応生成物の 染色体異常誘発性	環境衛生工学研究	Vol. 17, No. 3	pp. 88-92	2003
伊藤慎彦、村上仁士、 福原勝、仲野敦士	塩素および二酸化塩素処理水の染色体異常 誘発性の生成・低減過程、	環境工学研究論文集	Vol. 40	pp. 201-21 2	2003
Sadahiko Ittoh, Atsushi Nakano, Toshiaki Araki	Change of The Toxicity of Chlorinated drinking Water and MX as an Index	Proceedings of The 4 th IWA Specialized Conference on Assessment and Control of Hazardous Substances in Water -ECOHAZARD		pp. 62/1-6 2/4, 14-17	September 2003

Shinya Echigo, Sadahiko Itoh, Tomoki Natsui, Toshiaki Araki, Ryo Ando,	Contribution of Brominated Organic Disinfection By-Products to the Mutagenicity of Drinking Water,	Proceedings of The 4 th IWA Specialized Conference on Assessment and Control of Hazardous Substances in Water -ECOHAZARD	pp. 57/1-5 7/8, 14-17	September, 2003,
越後信哉、伊藤禎彦、夏井智毅、荒木俊昭、安藤良	O ₃ /Cl ₂ 連続処理による副生成物の染色体異常誘発性に関する研究	第37回日本水環境学会年会講演集	p. 38	2003
越後信哉、伊藤禎彦、夏井智毅、荒木俊昭	全有機塩素と全有機臭素の分離定量	第54回全国水道研究発表会講演集	pp. 558-55 9	2003
越後信哉、伊藤禎彦、荒木俊昭、安藤良	臭化物イオン存在下での塩素処理水の有害性	第54回全国水道研究発表会講演集	pp. 536-53 7	2003
Hiroaki Ozaki et. al	Development of Membrane Technology : Rejection of Micropollutants	Proc. of the 3rd International Conference on Advance in Strategic Technology	p. 87-99	2003
尾崎博明 他	低圧逆浸透膜による内分泌攪乱物質の処理における共存物質の影響	第58回土木学会年次学術講演会講演概要集	VII-087	2003
池嶋規人、尾崎博明 他	低圧逆浸透法による内分泌攪乱物質の分離における有機共存物質の影響	第38回日本水環境学会年会講演集	P62	2004

Fusheng Li, Akira Yuasa, Hajime Chiharada, Yoshihiko Matsui	Storm impacts upon the composition of organic matrices in Nagara River—a study based on molecular weight and activated carbon adsorbability	Water Research	Vol. 37, No. 16	4029-4039	2003
村瀬良太, 松井佳彦, 井上隆信, 松下拓	MF膜前処理としての活性炭の超微粉化効果	第40回環境工学研究フォーラム講演集 (環境工学研究論文集)		pp. 189-190	2003
Yoshihiko Matsui, Yoshitaka Fukuda, Ryota Murase, Nobuhiro Aoki, Satoru Mima, Takano Inoue, and Taku Matsushita	Micro-ground PAC for Effective	Proc. NOM Research: Innovations and Applications for Drinking Water		pp. 65-67	March 3-5 2004
佐野川貴弘, 松井佳彦, 村瀬良太, 井上隆信, 松下拓	MF前処理のための粉末活性炭の超微粉化	土木学会中部支部平成15年度研究発表会講演概要集		pp. 605-606	2004
村瀬良太, 松井佳彦, 井上隆信, 松下拓	超微粒度活性炭を添加するMF膜処理	第38回日本水環境学会年会講演集		p. 321	2004
脇黒丸 央, 高梨啓和, 中島常憲, 大木章	九州における水道水の変異原性レベルおよび水道原水質との関係	第38回日本水環境学会年会講演集 予稿集		印刷中	2004

脇黒丸 央、高梨啓和、中島常憲、大木章	九州における水道水の変異原性調査と10年前の全国調査との比較	第37回日本水環境学会講演予稿集	p. 438	2003
Hirokazu Takanashi, Hisashi Wakikuromaru, Tsunenori Nakajima and Akira Ohki	A Survey of Mutagenicity of Drinking Water in Kyushu Region Japan and Comparison with the Results in 1992	Proc. the 11th international symposium on toxicity assessment, Lithuania, June	pp. 89	2003
Hirokazu Takanashi, Mieko Akama, Kaori Miyahara, Makoto Hirata and Tadashi Hano	Removal of mutagen precursors from sewage by activated sludge treatment	Proc. the Regional Symposium on Chemical Engineering, 2003	P277-284	2002
K. O. Agenson, J. I. Oh, T. Kikuta, T. Urase	Retention of a wide variety of organic pollutants by different nanofiltration / reverse osmosis membranes: controlling parameters of process	J. of Membrane Science	P91-103	2003
香川千絵, 浦瀬太郎, 菊田友弥	活性汚泥中での医薬品の除去に影響を及ぼす因子	水環境学会年会講演集	2 -G-11-1	2004

M. Otaki, A. Okuda, K. Tajima, T. Iwasaki, S. Kinoshita and S. Ohgaki	"Inactivation Differences of Microorganisms by Low Pressure UV and Pulsed Xenon Lamps"	Water Science and Technology Vol. 47, No. 3	185-190	2003
洪静蘭、大瀧雅寛	膜光触媒による藻類および光合成細菌付着 の抑制に及ぼす透過光の影響	環境工学研究論文集 Vo. 40	573-578	2003
Nagaoka, H., Tanaka, A., Toriizuka, Y.	Measurement of Effective Shear Stress Working on Flat-Sheet Membrane by Air-Scrabbling	Water Science and Technology:Water Supply Vol. 3 Number 5-6	423-428	2003
Nagaoka, H., Nakano, T., Akimoto, D	Modeling of Mass Transfer in Biofilms in Oscillatory Flow Conditions Using k-e Turbulence Model	Water Science and Technology: Water Supply Vol. 3, No. 201-207 1-2		2003
黒坂、飯尾、長岡、井 手口、小林	気泡流が浸漬型中空糸膜分離モジュールに 与えるせん断応力に関する研究	第31回土木学会関東支部技術研究 発表会講演概要集		2004
飯尾、長岡、黒坂	泡流が浸漬型膜分離モジュールの壁面に与 えるせん断応力に関する研究	第31回土木学会関東支部技術研究 発表会講演概要集、		2004
赤穂、杉山、長岡	膜分離活性汚泥法における膜面の代謝物挙 動	第31回土木学会関東支部技術研究 発表会講演概要集		2004

Sugiyama, S. and Nagaoka, H	influence of influent wastewater composition on fouling phenomena	ASIAN WATERQUAL2003 IWA Asia-Pacific Regional Conference, Proceedings			2003
宇佐美和也・長岡 裕	膜分離活性汚泥法における分離膜近傍の溶 存酸素消費特性の解明	土木学会第58回年次学術講演会 講演概要集	7-121		2003
信澤雄一郎・長岡 裕	拡張カルマンフィルターを用いた膜分離活 性汚泥法の膜目詰まりの推定	土木学会第58回年次学術講演会 講演概要集	7-122		2003
杉山真一・長岡 裕	膜分離活性汚泥法における排水のC/N比が 膜目詰まりに与える影響	土木学会第58回年次学術講演会 講演概要集	7-123		2003
中村充博・長岡 裕	膜分離活性汚泥法における安定運転フラッ クスに対するろ過膜の孔径の影響	土木学会第58回年次学術講演会 講演概要集	7-124		2003
飯尾尚弘・長岡 裕	気泡流に伴って壁面近傍に発生するせん断 応力に関する研究	木学会第58回年次学術講演会講 演概要集	7-125		2003
杉山真一・長岡 裕	膜分離活性汚泥法における排水組成と代謝 物質生成量との関係	第40回下水道研究発表会講演集	700-701		2003
G. Endo, T. Yamagata, M. Narita and C-C. Huang	Bioluminescence biosensor for the detection of organomercury contamination.	Acta Biotheologica	Vol. 23, 123-129 No. 2/3		2003