

(76) 水温の異なる時期における多糖類の ファウリングポテンシャルの変化

三好 太郎^{1*}・田中 一平¹・木村 克輝¹・渡辺 義公²

¹北海道大学大学院工学研究科環境創生工学専攻 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

²北海道大学環境ナノ・バイオ工学研究センター (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

* E-mail: jms-mbr@eng.hokudai.ac.jp

本研究では、水温の異なる期間におけるファウリングポテンシャルの変化を、レクチンアフィニティークロマトグラフィーを用いて評価した特定の糖のファウリングポテンシャルと関連付けて検討した。水温の異なる運転期間においては、MBR槽内水中溶解性有機物のファウリングポテンシャルが異なっていたが、ここで認められた差異は多糖類の濃度とは関連性が認められなかった。水温の異なる時期においてはファウリングポテンシャルの高い糖の種類が異なっており、このような差異がMBR槽内水中溶解性有機物のファウリングポテンシャルに影響していたと考えられる。また、糖のファウリングポテンシャルの差異には、糖と共存している有機物の特性が影響している可能性が低いことが明らかとなった。

Key Words : *membrane bioreactor, fouling potential, lectin affinity chromatography*

1. はじめに

運転の経過に伴って進行する膜の閉塞(膜ファウリング)は膜分離活性汚泥法(Membrane Bioreactor, MBR)における最大の問題である。膜ファウリングが進行することで、MBRの運転及び維持管理コストが増加することから、MBRをより広範に普及させるためには膜ファウリングの抑制が重要である。膜ファウリングはその発生機構に基づき、逆流洗浄に代表される物理洗浄によって解消できる物理的に可逆的な膜ファウリングと物理洗浄では解消できず、薬品洗浄が必要となる物理的に不可逆的な膜ファウリングの2種類に大きく分類される¹⁾。この中で、MBRの長期連続運転を行う際により大きな問題となるのは、効果的な物理洗浄を運転サイクル内に組み込んでも徐々に進行する物理的に不可逆的な膜ファウリングである。MBRにおける膜ファウリングを抑制するためには、膜ファウリングの発生機構を正確に理解することが不可欠である。そのためには、膜ファウリングに寄与する物質(膜ファウリング物質)の反応槽内における挙動に関する情報が重要となる。

これまでの研究において、さまざまな因子が膜ファウリングの進行に影響を及ぼすと報告されているが¹⁻³⁾、

その中で、運転期間中の水温も膜ファウリングの進行に影響を及ぼすことが明らかとなっている^{4,5)}。我々が以前行った研究では、水温の変化に伴う物理的に不可逆的な膜ファウリングの進行速度の変化はMBR槽内に存在している溶解性有機物の特性の変化と関連している可能性が示唆された⁶⁾。しかし、現段階ではMBR槽内水中溶解性有機物の特性の変化が膜ファウリングの発生に影響を及ぼすメカニズムに関しては知見が得られていない。この点に関する知見を集積することで、MBR槽内における膜ファウリング物質の挙動に対する理解を深められると考えられる。

我々は、これまでの研究において、MBRにおける主要な膜ファウリング物質の一つである糖に着目し、レクチンアフィニティークロマトグラフィーを用いることで特定の糖のファウリングポテンシャルを評価できることを明らかにした^{6,7)}。この手法を用いることで、水温の差異に起因する有機物特性の変化が膜ファウリングの発生に影響を及ぼすメカニズムを検討できるものと考えられる。本研究では、水温の変化に起因するMBR槽内水中溶解性有機物のファウリングポテンシャルの変化をレクチンアフィニティークロマトグラフィーを用いて評価した特定の糖のファウリングポテンシャルの変化と関連

付けて検討を行った。

2 実験方法

(1) パイロットスケールMBRの連続運転

パイロットスケールMBRの連続運転は、札幌市創成川水再生プラザにおいて、同処理場の最初沈殿池流入水を原水として行った。本研究では、栄養塩除去を目的とした仕切り版挿入型MBR(baffled MBR; BMBR)⁹⁾から試料を採取した。水理学的滞留時間(hydraulic retention time; HRT)及び汚泥滞留時間(sludge retention time; SRT)はそれぞれ3時間及び35日に設定した。本実験で用いた膜(東レ製)は公称孔径0.1 μmのポリフッ化ビニリデン(polyvinylidene fluoride; PVDF)膜である。上述したMBRから活性汚泥懸濁液を採取し、遠心分離(4800 rpm; 5 min)を行った上で、細孔径0.45 μmの膜を用いてろ過することによってMBR槽内水中溶解性有機物を含む試料溶液を得た。本研究では、水温の異なる運転期間に試料を採取し、後段のファウリングポテンシャルの評価及びレクチンアフィニティークロマトグラフィーに供した。試料は1月及び5月に採取した(以後、それぞれ低水温期及び高水温期と称する)。1月及び5月の活性汚泥懸濁液の水温はそれぞれ12.9 ± 0.9℃及び17.5 ± 0.8℃であった。採取したMBR槽内水中溶解性有機物についてLC-OCDを用いた分子量分布及び単糖構成分析を行った。

(2) 回分ろ過実験によるファウリングポテンシャルの評価

各種試料溶液のファウリングポテンシャルを評価するためにデッドエンドろ過装置を使用した回分ろ過実験を行った。本実験には、パイロットスケール MBR で使用している膜と全く同一の膜を使用した。ろ過は窒素ガスを用いた加圧方式により、30 kPa の定圧条件下で行った。使用した膜の有効膜面積は 13.9 cm²である。本研究では、試料溶液 5 mL をろ過する間に発生した膜ファウリングの度合いを用いてファウリングポテンシャルを評価した。試料溶液ろ過前後の膜について純水透過性能を測定し、両者の差を試料溶液中に含まれる有機物のファウリングポテンシャルとして採用した。純水透過性能は以下の式を用いて計算した膜ろ過抵抗を用いて評価した。

$$J = \frac{\Delta P}{\mu R_t}$$

ここで、 J は膜透過水flux(m³/(m²s)), ΔP は膜間差圧(Pa)、 μ は膜透過水の粘性係数(Pa・s)、 R_t は全ろ過抵抗(m³)を示している。各試料に対してファウリングポテンシャルの測

定はそれぞれ3度ずつ実施し、有意確率5%の片側t-検定において有意な差異が認められた場合について、各試料のファウリングポテンシャルが異なっているものとした。

(3) レクチンアフィニティークロマトグラフィー

特定の糖のファウリングポテンシャルを評価するため、レクチンアフィニティークロマトグラフィーによる試料溶液からの特定の糖の除去を行った後、回分ろ過実験によるファウリングポテンシャルの評価を実施した。図-1に本実験のフロー図を示す。MBR 槽内中溶解性有機物を含む試料溶液をレクチンカラムに通水することで、当該レクチンに高い親和性を有している糖はカラム内に保持される。ここで除去された糖のファウリングポテンシャルが高かった場合は、後段の回分ろ過実験において発生する膜ファウリングが軽減されると考えられる。レクチン流出水のファウリングポテンシャルを、対照系であるレクチンカラムを通過させていない溶液のファウリングポテンシャルと比較することで、レクチンによって試料溶液中から除去された糖のファウリングポテンシャルを評価した。本研究では生化学バイオビジネス社から市販されているプレバックのレクチンアガロースカラム(オープンカラム型)を使用した。本研究で使用したレクチンとそれらの結合特異性を表-1に示す。カラムは使用前にゲル体積の 60 倍以上のリン酸緩衝液(pH7.2)で洗浄し、その後試料溶液を 50 mL 通水した。本研究で使用したレクチンカラムのゲル体積は AAL、DSA、MAM 及び SSA は 0.5 mL、Con A、LCA、RCA 及び WGA については 1 mL であった。本研究ではゲル体積の異なるレクチンカラムを使用していたが、カラムへロードした糖の量は、全てのレクチンカラムにおいて製造者が示した飽和結合容量を下回る量であったため、ゲル体積の差異は結果に影響を及ぼさないものと判断できる。カラム流出水は回収し、後段の回分ろ過実験に供した。試料溶液を通水したカラムは、ゲル体積の 10 倍以上のリン酸緩衝液で洗浄し、非結合画分を除去した。レクチン洗浄後、

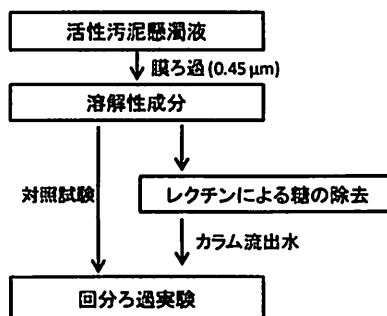


図-1 多糖類のファウリングポテンシャル評価の実験フロー図

表-1 本研究で用いたレクチンと各レクチンの結合特異性^{9,11)}

Lectin	Binding specificity
<i>Aleuria aurantia</i> lectin (AAL)	α 1-6, α 1-2, α 1-3 Fuc
Concanavalin A (Con A)	α -D-Man in type N-glycans hybrid tpe high Man biantennary and hexa-antennary, All O-types, α -Glu
<i>Datura stramonium</i> agglutinin (DSA)	Gal β 1-4GlcNAc, GlcNAc
<i>Lens culinaris</i> agglutinin (LCA)	α -D-Man in di- and tri-complex-type N-glycans with core α -Fuc, α -Glu
<i>Maackia amurensis</i> lectin (MAM)	NeuAc α 2-3Gal
<i>Ricinus communis</i> agglutinin (RCA)	β -Gal, GalNAc
<i>Sambucus sieboldiana</i> agglutinin (SSA)	Neu5Ac α 2-6Gal/GalNAc
Wheat germ agglutinin (WGA)	β -GlcNAc, sialic acid, GlcNAc β 1, 4GlcNAc β 1, 4GlcNAc, chitotriose

表-2 各レクチンの溶出試薬

Elution reagent (concentration)	Lectin
L-Fucose (20 mM)	AAL
Methyl- α -D-glucoside (0.2 M)	Con A, LCA
Chitooligosaccharide (1% (w/w))	DSA
Ethylenediamine (50 mM)	MAM
Lactose (0.2 M)	RCA, SSA
N-Acetyl-D-glucosamine (0.2 M)	WGA

溶出試薬を含むリン酸緩衝液 5 mL をカラムに通水することでレクチンに結合していた成分を溶出させ、分析した。各種レクチンに対する溶出試薬を表-2 に示す。表-2 に示したように、本研究で使用したレクチンの中には溶出試薬として単糖、もしくは二糖を有しているものがある。これらの糖による阻害を受ける可能性が考えられたため、本研究ではレクチン溶出成分に対し、単糖構成に代表される糖の特性に関する分析は実施していない。本研究では、使用した溶出試薬による阻害を受けない分析として、三次元励起蛍光スペクトル(excitation emission matrices; EEM)分析を実施した。本分析は、糖の特性に関する情報は得られないが、糖と共存している有機物の特性に関する情報を得ることができる分析である。

(4) 分析手法

MBR 槽内水中溶解性有機物の分子量分布は有機炭素検出器を装着した高速液体サイズ排除クロマトグラフィー(liquid chromatography-organic carbon detector, LC-OCD)¹²⁾を用いて測定した。本研究で使用した分離カラムは、TSK-gel G3000SW (東ソー社製)である。移動相としては、pH 6.8 のリン酸緩衝液(イオン強度 0.1 M)を使用し、流速は 1.0 mL/min に設定した。単糖構成の分析は、パルスドアンペロメトリ検出器を装着した HPLC (DX 500; Dionex)を用いて行った。HPLC による分析に先立ち、試料 5 mL に 2 M H₂SO₄ を 1.5 mL 添加し、100 °C で 5 時間加熱することによって加水分解を行った。加水分解後の試料に対

し、BaCO₃ を 1 g 添加することで溶液中に残存した硫酸イオンを除去したのち、HPLC による分析に供した。使用したカラムは、陰イオン交換カラムである Dionex Carbpac PA1 であり、移動相としては 18 mM NaOH 水溶液を使用した。また、測定時のカラムの温度は 30°C に設定し、移動相は流速 1.0 mL/min でカラムに通水した。EEM は 150 W のキセノンランプを装着した蛍光分光計(RF-5300PC; 島津製作所)を用いて測定した。蛍光強度の測定においては、励起波長及び蛍光波長をともに 5 nm ずつ変化させた。

3. 結果と考察

(1) 各運転期間における槽内水中有機物のファウリングポテンシヤル

表-3 に回分ろ過実験で評価した各運転期間中の MBR 槽内水中溶解性有機物のファウリングポテンシヤルを、図-2 に各サンプルについて測定した LC-OCD クロマトグラムを示す。LC-OCD における、溶出時間 20-30 分に位置するピークは多糖類様物質に起因するピークであり⁴⁾、活性汚泥懸濁液中の多糖類濃度と相関があることも報告されている¹³⁾。既往の研究において、このピークの大きさと膜ファウリング進行速度の関連性が報告されており^{4,13)}、このピークの大きさと MBR 槽内水中溶解性有機物のファウリングポテンシヤルの間にも関連性が認められる可能性が考えられる。しかし、本研究においては本ピークの大きさとファウリングポテンシヤルの間に関連性は認められなかった。多糖類様物質のピークは低水温期においてより大きくなっていったにもかかわらず、MBR 槽内水中溶解性有機物のファウリングポテンシヤルは高水温期の方が高くなっていった。LC-OCD による有機物の分子量分布測定は、MBR 槽内水中有機物のファウリングポテンシヤルを検討するのに不十分であることが明らかである。

図-3に各運転期間のMBR槽内水中溶解性有機物の単

表-3 各運転期間のファウリングポテンシャル

ファウリングポテンシャル	
低水温期	38.4 ± 1.0
高水温期	44.3 ± 0.4

(値は平均値±標準偏差と表記)

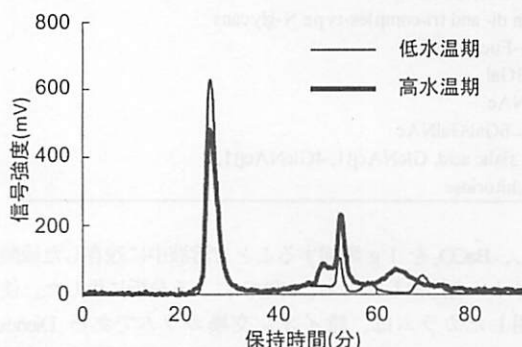


図-2 各運転期間に採取したMBR槽内溶解性有機物の分子量分布

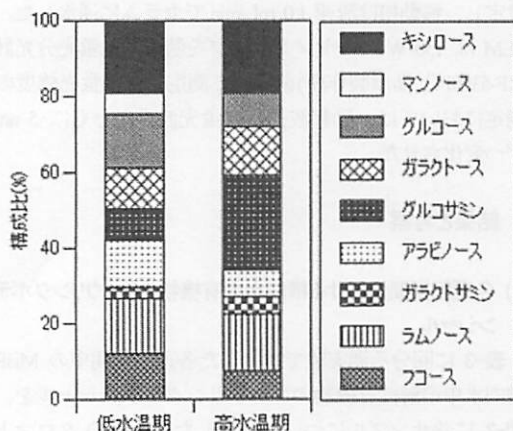
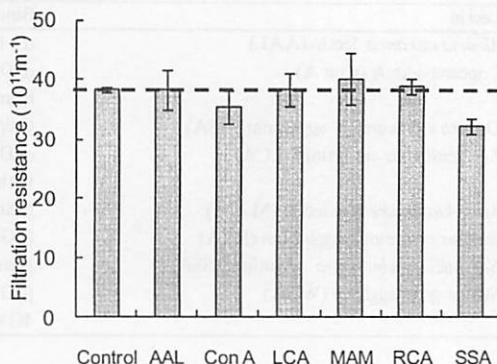


図-3 各運転期間のMBR槽内水中溶解性有機物の単糖構成

糖構成を示す。マンノース、グルコース、アラビノース及びフコースは低水温期においてより存在割合が高かったのに対し、ガラクトース及びグルコサミンは高水温期において明らかにその存在割合が高かった。この結果は、水温の異なる運転期間においてMBR槽内水に含まれる溶解性の糖の組成が異なっていたことを示している。上述したように、活性汚泥懸濁液中の多糖類濃度では、両運転期間におけるファウリングポテンシャルの差異を説明できなかった。LC-OCDの結果を考慮すると、糖鎖の構造や分子量、共存有機物の性質といった多糖類の特性の差異がファウリングポテンシャルの大小に影響を及ぼしていた可能性が指摘されるが、単糖構成分析の結果はこの仮説を支持するものである。しかし、単糖構成分析においては、糖の組成に関する情報は得られるが、糖組成の差異がファウリングポテンシャルにどのような形で

低水温期



高水温期

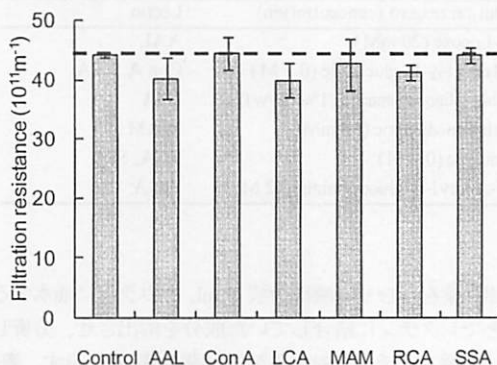


図-4 回分ろ過実験において発生した膜ろ過抵抗 (エラーバーは標準偏差を示す)

影響を及ぼしているのかに関しては検討を行うことはできない。そこで、次節ではレクチンアフィニティークロマトグラフィーを用いて、各運転期間におけるファウリングポテンシャルが高い糖の種類に関して検討を行う。

(2) レクチンアフィニティークロマトグラフィー

図-4に回分ろ過実験において各種試料溶液をろ過した際に発生した膜ろ過抵抗を示す。運転期間が異なることで、ファウリングポテンシャルの軽減に効果的なレクチンの種類が異なっていた。低水温期においては、Con A及びSSAがファウリングポテンシャルの軽減に効果的であったが、これらのレクチンは高水温期においてはファウリングポテンシャルの軽減効果が小さかった。一方で、AAL、LCA及びRCAは低水温期においてはファウリングポテンシャルの軽減効果がほとんど見られなかったものの、高水温期においてはファウリングポテンシャルを明らかに減少させていた。これらの結果は、両運転期間においてファウリングポテンシャルが高い糖の種類が異なっていたことを明確に示している。このような差異は、これまでの研究で行われていた全糖濃度の測定や、単糖構成に代表される組成解析では発見できなかったも

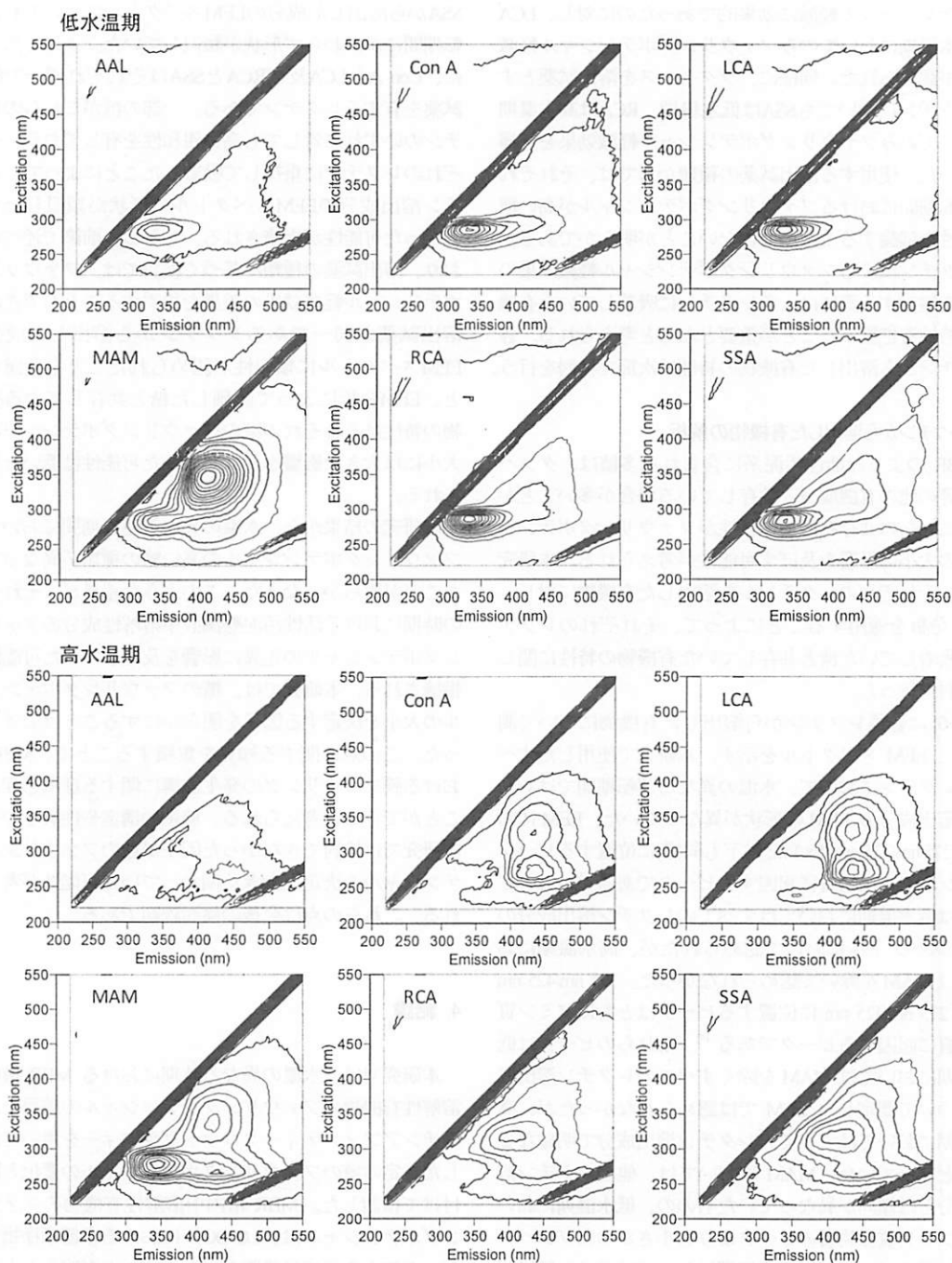


図-5 各種レクチンから溶出した有機物のEEM

のである。

表-1及び表-2に示した通り、Con A及びLCAは共にグルコース及びマンノースに対して高い親和性を示すレクチンであり、溶出試薬も同じである。また、RCA及びSSAも同一の溶出試薬を有している(表-2)。溶出試薬が

同一であるレクチンは、それぞれ類似した構造の糖を認識、結合する可能性が考えられる。しかし、図-4に示した各レクチンによるファウリングポテンシャル軽減効果は、溶出試薬の種類からでは説明がすることができない。グルコース及びマンノースに対して高い親和性を有して

いるレクチンでは、Con Aは低水温期にのみファウリングポテンシャルの軽減に効果的であったのに対し、LCAは高水温期においてのみファウリングポテンシャル軽減効果が認められた。同様に、ラクトースを溶出試薬とするレクチンにおいてもSSAは低水温期、RCAは高水温期においてのみファウリングポテンシャル軽減効果を発揮していた。使用する溶出試薬の種類からでは、それぞれの運転期間におけるファウリングポテンシャルが高い糖の特性を議論することができないことが明らかである。各レクチンによるファウリングポテンシャル軽減効果の差異を検討する際には、各レクチンに吸着していた有機物の特性を把握することが重要となると考えられる。各レクチンから溶出した有機物の特性は次節で検討を行う。

(3) レクチンから溶出した有機物の解析

MBRのような活性汚泥系に含まれる多糖は、タンパク質等の他の有機成分と共存している場合が多いことから、これらの共存有機物の特性がファウリングポテンシャルの大小に影響を及ぼす可能性が考えられる。本研究では、それぞれのレクチンから溶出した有機物に対し、EEM分析を適用することによって、それぞれのレクチンに吸着していた糖と共存していた有機物の特性に関して検討を行った。

図-5に各種レクチンから溶出した有機物について測定したEEMスペクトルを示す。本研究で使用したすべてのレクチンにおいて、水温の異なる運転期間ではレクチン溶出成分のEEMの形状が異なっていた。EEMにおける275 nm/325 nm (Ex/Em; 以下も同様)に位置するピークはタンパク質様物質に起因するピークである¹⁹⁾。このピークは低水温期においてはすべてのレクチン溶出成分のEEMスペクトルにおいて認められたが、高水温期においてはMAMを除いて認められなかった。325 nm/425 nm及び275 nm/425 nmに位置するピークはともにフミン質様物質に起因するピークである¹⁹⁾。これらのピークは低水温期においてはMAMを除くすべてのレクチン溶出成分について測定したEEMでは認められなかったが、高水温期においてはすべてのレクチン溶出成分で明確なピークとなっていた。MAMにおいては、他のレクチン溶出成分とは傾向が異なっていたものの、低水温期においてはフミン質様物質のピークよりも小さかったタンパク質様物質のピークが、高水温期においてはフミン質様物質のピークと比較して明らかに大きくなった。これらの結果から、運転期間が異なることで同一のレクチンに異なる有機物が吸着していたことが明らかである。

それぞれのEEMスペクトルの形状に着目すると、低水温期のCon A及びLCAから溶出した成分のEEMの形状には一定の類似性があることがわかる。両者の類似性は、

高水温期においても同様に認められる。また、RCAとSSAから溶出した成分のEEMスペクトルについても、運転期間にかかわらず形状が類似していた。上述したように、Con AとLCA及びRCAとSSAはそれぞれ同一の溶出試薬を有するレクチンである。一部の糖がこれらのレクチンのいずれに対しても高い親和性を有しており、それぞれのレクチンに重複して吸着したことによって、レクチン溶出成分のEEMスペクトルの形状が類似したものとなった可能性が指摘される。しかし、前節で述べたとおり、溶出試薬の種類に基づく検討では、ファウリングポテンシャル軽減効果の差異を説明することができない。溶出試薬が同一であるレクチンから溶出した成分のEEMスペクトルに類似性が認められたことを考慮すると、EEM分析によって評価した糖と共存している有機物の特性はそれぞれの糖のファウリングポテンシャルの大小には大きな影響を及ぼしていた可能性は低いと考えられる。

本研究の結果から、水温の異なる運転期間においてはファウリングポテンシャルの高い糖の種類が異なっていたことが明らかとなった。このような差異が、それぞれの時期における活性汚泥懸濁液中溶解性成分のファウリングポテンシャルの差異に影響を及ぼしていた可能性が指摘される。本研究では、糖のファウリングポテンシャルの大小を決定する因子を明らかにすることはできなかった。この点に関する知見を集積することで、MBRにおける膜ファウリングの発生機構に関する理解を深めることができると考えられる。糖鎖の構造や性質といった、本研究では検討できなかった因子が糖のファウリングポテンシャルの決定に大きく関わっていた可能性が考えられる。これらの点は今後の検討課題である。

4. 結論

本研究では、水温の異なる時期におけるMBR槽内中溶解性有機物のファウリングポテンシャルの差異を、レクチンアフィニティークロマトグラフィーを用いて検討した特定の糖のファウリングポテンシャルの変化と関連付けて検討した。MBR槽内中溶解性有機物のファウリングポテンシャルは、LC-OCDにおける多糖類様物質のピークの大きさでは説明がつかないことが明らかとなった。レクチンアフィニティークロマトグラフィーによって、異なる運転期間においてファウリングポテンシャルが高い糖の種類が変化していることが明らかとなった。レクチンから溶出した糖と共存している有機物の特性を解析したところ、共存有機物の特性は異なる運転期間において変化しており、運転期間によって各種レクチンに

吸着していた成分が異なっていたことが明らかとなった。
また、糖のファウリングポテンシャルの大小は共存有機物の特性からでは説明できないことが明らかとなった。

参考文献

- 1) Chang I. S., Le-Clech P., Jefferson B. and Judd S.: Membrane fouling in membrane bioreactors for wastewater treatment. *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 128, pp. 1018-1029. 2002.
- 2) Liao B. Q., Bagley D. M., Kraemer, H. E., Leppard G. G. and Liss S. B.: A review of biofouling and its control in membrane separation bioreactors. *Water Environment Research*, Vol. 76, pp. 424-436. 2004.
- 3) Le-Clech P., Chen V. and Fane T. A. G.: Fouling in membrane bioreactors used in wastewater treatment. *Journal of Membrane Science*, Vol. 284, pp. 17-53. 2006.
- 4) Rosenberger S., Laabs C., Lesjean B., Gnirss R., Amy G., Jekel M. and Schrotter J. -C.: Impact of colloidal and soluble organic material on membrane performance in membrane bioreactors for municipal wastewater treatment. *Water Research*, Vol. 40, pp. 710-720. 2006.
- 5) Miyoshi T., Ogyu R., Tsuyuhara T., Kimura K. and Watanabe Y.: Seasonal variation of membrane fouling in MBRs treating municipal wastewater. Proceeding of IWA summer school for Particle Separation in Water and Wastewater Treatment: Delft. 2008.
- 6) Tanaka I., Miyoshi T., Kimura K. and Watanabe Y.: Assessment of fouling potential of SMP in MBRs by using lectins. Proceeding of The Fifth Conference of Aseanian Membrane Society: Kobe. 2009.
- 7) Miyoshi T., Tanaka I., Tsuyuhara T., Watanabe E., Aizawa, T., Kimura K. and Watanabe Y.: Fouling potential of polysaccharides in MBRs assessed by lectin affinity chromatography. Proceeding of 5th IWA Specialised Membrane Technology Conference for Water and Wastewater Treatment: Beijing. 2009.
- 8) Kimura K., Nishisako R., Miyoshi T., Shimada R. and Watanabe Y.: Baffled membrane bioreactor (BMBR) for efficient nutrient removal from municipal wastewater. *Water Research*, Vol. 42, pp. 625-632. 2008.
- 9) Kaku H., Kaneko H., Minamihara N., Iwata K., Jordan E. T., Rojo M. A., Minami-Ishii, N., Minami E., Hisajima S. and Shibuya N.: Elderberry bark lectins evolved to recognize Neu5Aca2,6Gal/GalNAc sequence from a Gal/GalNAc binding lectin through the substitution of amino-acid residues critical for the binding to sialic acid. *Journal of Biochemistry*, Vol. 142, pp. 393-401. 2007.
- 10) Greenwell P., Younes M. and Rughooputh S.: Purification and analysis of DNases of *Trichomonas foetus*: Evidence that these enzymes are glycoproteins. *International Journal for Parasitology*, Vol. 38, pp. 749-756. 2008.
- 11) Redziejewska I., Borzym-Kluczyk M., Kisiel D. G., Namiot Z., Wosek J. and Gindziński.: Characterisation of glycoforms of ascetic fluids in benign and malignant diseases. *Clinical Biochemistry*, Vol. 42, pp. 72-77. 2009.
- 12) Her N., Amy G., Foss D., Cho J., Yoon Y. and Kosenka P.: Optimization of method for detecting and characterizing NOM by HPLC-size exclusion chromatography with UV and on-line DOC detection. *Environmental Science & Technology*, Vol. 36, pp. 31069-1076. 2002.
- 13) Rosenberger S., Evenblij H., Poele S., Wintgens T. and Laabs C.: The importance of liquid phase analyses to understand fouling in membrane assisted activated sludge processes – six case studies of different European research groups. *Journal of Membrane Science*, Vol. 263, 113-126. 2005.
- 14) Chen W., Westerhoff P., Leenheer J. A. and Booksh K.: Fluorescence excitation-emission matrix regional integration to quantify spectra for dissolved organic matter. *Environmental Science & Technology*, Vol. 37, 5701-5710. 2003.

(2009.5.22 受付)

Difference in fouling potential of polysaccharides in different season

Taro MIYOSHI¹, Ippei TANAKA¹, Katsuki KIMURA¹ and Yoshimasa WATANABE²

¹Division of Built Environment, Hokkaido University

²Center for Nano and Bio Engineering, Hokkaido University

We investigate the difference in fouling potential of dissolved organic matter in mixed liquor

suspension of an MBR in different season in association with fouling potential of specific polysaccharides assessed by lectin affinity chromatography. Fouling potential of dissolved organic matter differed depending on season. However, the difference could not be explained by concentration of dissolved polysaccharides in mixed liquor suspension. Lectin affinity chromatography combined with dead-end filtration test revealed that types of polysaccharide that have high fouling potential were different in each season. Characteristics of organic matter associated with removed polysaccharide differed considerably in each season. However, these differences could not explain the differences in degree of reduction in fouling potential by each lectin treatment. Based on the results obtained in this study, it could be suggested that characteristics of polysaccharides that could not be assessed in this study (e.g., structures or properties of sugar chain) played an important role for determining fouling potential.