

多摩川における雨天時に流出する粒状有機物の
起源と特性の評価

2008年

春日 郁朗
東京大学大学院 工学系研究科 助手

目次

1. 研究目的	1
2. 調査地点及び方法	2
3. 結果および考察	4
4. 結果および考察	16
5. 引用文献	17

多摩川における雨天時に流出する 粒状有機物の起源と特性の評価

東京大学大学院工学系研究科：春日郁朗

東京大学大学院工学系研究科：古米弘明

1. 研究目的

有機物はその存在形態から溶存有機物と粒状有機物に分別される。このうち、粒状有機物は水生昆虫の主要な餌資源であり、河川生態系を支える重要なフラクションの一つとして注目されている。粒状有機物の起源としては、河川内の付着藻類、水草など内部生産に由来するものと、陸上植物、あるいは下水処理水、家庭排水などの河川外部に由来するものが挙げられる。しかし、実際の河川における粒状有機物の起源や動態については不明な点が多い。特に、雨天時には、広範囲な流域からの流入（面源負荷）、堆積物の巻き上がりなど、粒状有機物の動態は晴天時と大きく異なることが推測される。また、都市域を流れる多摩川のような都市河川では、都市域に特徴的な雨水流出現象である合流式雨天時越流水（合流式下水道区域において、雨天時に処理容量以上の下水が未処理のまま河川に放流される現象）やファーストフラッシュ（晴天時に路肩や管路に蓄積された汚濁物が、降雨初期に一気に流出する現象）などが、河川を流下する粒状有機物の動態に影響を及ぼすことも想定される。

そこで、本研究では、雨天時に多摩川を流下する粒状有機物の起源とその特性を評価することを目的とした。我々は、既に 2006 年度に 3 回の降雨イベント（8、9、10 月）を対象とした連続サンプリングを多摩川京浜河川事務所拝島橋観測所、同日野橋観測所で実施済みである。回収済みの粒状有機物の特性を解析し、どのような起源に由来する粒状有機物が雨天時に河川を流下しているのかを考察することが本研究の概要である。粒状有機物の特性解析の方法として、化学的、生物学的な 2 つのアプローチを試みる。まず、化学的なアプローチとして、熱分解 GC/MS による有機物構造解析を適用する。粒状有機物は複雑な高分子化合物であるため、そのままでは評価が困難である。そこで、瞬間的に熱分解して断片化し、GC/MS で分離・同定することで、元の構造特性を推測する。生物学的なアプローチとしては、粒状有機物の表面に付着している微生物（細菌・真核生物）群集解析を分子生物学的手法によって行う。粒状有機物の種類やその起源によって、付着する細菌群集も異なることが推測される。熱分解 GC/MS と付着細菌群集の結果を合わせて評価することで、雨天時に流出する粒状有機物の動態を把握する。

2. 調査地点及び方法

2.1 調査地点

調査は、国土交通省関東地方整備局京浜河川事務所が所管する拝島橋観測所及び日野橋観測所において行った。両観測所はいずれも多摩川中流域に存在し、約 7km 離れている。この間に多摩川上流水再生センター、八王子水再生センター、立川市錦町下水処理場の 3 つの下水処理場が存在し、河川水に占める下水処理水の割合が大きく上昇しているという点が両地点の最大の違いである。また、日野橋観測所周辺には、立川市市街地、日野市市街地も広がっており、拝島橋観測所よりも都市域の影響を強く受けていることが予想される。

なお、拝島橋観測所においては水質・底質の観測を、日野橋観測所においては雨量、水位流量、水質・底質の観測を行っており、それらのデータを基にサンプリングの時期を決定した。調査は、2006 年 8 月、9 月、10 月の 3 回の水位変動時に行った。9 月の採水では、拝島橋においても一部採水した。採水時刻及び採水時の雨量・水位・濁度は Table 1 に示したとおりであった。

Table 1 General description about sampling in 2006

Sampling	1	2	3
Date	8 月 25～26 日	9 月 26～27 日	10 月 5～6 日
Time	19:00, 22:00, 1:00, 4:00, 7:00, 10:00, 13:00, 16:00	18:00, 21:00, 0:00, 3:00, 6:00, 9:00, 12:00, 15:00	13:00, 14:00, 17:00, 5:00
Station	Haijima-bashi	Hino-bashi (Haijima-bashi 18:00)	Hino-bashi
Number of Samples	8	8	4
Accumulative Rainfall (mm)	52	45	140
Maximum Rainfall Intensity (mm/h)	19	7	9
Highest Water Level at Sampling (m)	0.32	0.00	1.60
Lowest Water Level at Sampling (m)	0.29	-0.24	1.46
Maximum Turbidity at Sampling (mg/L)	20.4	28.9	186.0
Minimum Turbidity at Sampling (mg/L)	3.8	5.9	186.0

2.2 採水方法

拝島橋、日野橋の両観測所に、観測所内の調整槽から採水できるよう、自動採水器 (ISCO Water Sampler 6700, ISCO 社) を設置した。自動採水器は、携帯電話を搭載したサンプラーリモートコントロールシステム (日科機バイオス社) を接続することにより、モデムを搭載したコンピューターからアクセスして、採水開始、停止、及び採水状況の確認の 3 つの

遠隔操作ができるようにした。

採水プログラムは、以下のように設定した。まず、装置を遠隔起動した際に1回目の採水が行われるようにし、その後は3時間毎に採水が行われるようにした。採水は計8回、24時間行った。1回の採水においては、3Lの水を採取できるようプログラムを設定した。

2.3 分析方法

採取した河川水試料は、実験室に持ち帰った後、水質分析用試料、粒状有機物試料、微生物群集構造解析用試料に分け、それぞれ分析に供した。

水質項目は、河川水試料に超音波破碎処理 (BRANSON SONIFER 450) を行った後、TOCを測定した。また、河川水試料をガラス繊維濾紙 (Wahman (R) GF/F、公称孔径 0.7 μ m) で濾過した試料に関しても TOCを測定し、これを DOCとした。なお、分析に供するガラス繊維濾紙は、あらかじめ 450 $^{\circ}$ Cにて4時間熱処理して有機物を取り除いたものを用いた。

粒状有機物試料は、ガラス繊維濾紙による濾過 (9月・日野橋試料) あるいは遠心分離 (10月・日野橋試料、10,000g \times 15min) により、粒子を分離、凍結乾燥することにより得た。得られた粒子は、有機炭素量・窒素量の測定、熱分解 GC/MS を用いた有機物組成の分析に用いた。

有機炭素量・窒素量は、凍結乾燥試料に 1N 塩酸を加えて無機炭素を取り除いてから、CN 分析装置 (Yanaco CN Coder MT-700) で分析を行った。

有機物組成は、熱分解 GC/MS (Frontier Lab PY-2010D、SHIMADZU GCMS-QP2010) によって分析した。分析条件は Thaveemaitree ら (2005) に従い、熱分解は 600 $^{\circ}$ Cで行った。得られた熱分解クロマトグラム (パイログラム) からピーク面積の大きいもの上位 20 ピークを抽出した。各ピークが表しているフラグメント物質を同定し、それらを protein, polysaccharide, lignin, lipid, others/unknown に分類して、構成の変化を調べた。また、各試料の上位 20 ピークの面積の合計に対する個々のフラグメント物質のピーク面積の比率を算出し、その試料の有機物組成を示す fingerprint とみなした。

微生物群集解析としては、9月26日 18:00 に採水した拝島橋、日野橋の試料を用いた。まずポリカーボネート製フィルター (Millipore アイソポア、公称孔径 10 μ m) で 100ml をろ過して、粒子に付着している画分を得た。次いで、ろ過液をポリカーボネート製フィルター (Millipore アイソポア、公称孔径 0.2 μ m) でろ過することにより、浮遊性の微生物を捕集した。フィルターからの核酸抽出は、ビーズ破碎キット (MOBIO、Power Soil DNA Kit) を用いて行った。抽出 DNA を鋳型として、真正細菌の 16S rDNA、真核生物の 18S rDNA を PCR によって増幅した。真正細菌の 16S rDNA の増幅には、フォワードプライマー: 27f (5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3')、リバープライマー 1492r (5'-GGTTACCTGTTACGACTT-3') を使用した (Lane *et al.*, 1991)。一方、真核生物の 18S rDNA の増幅には、フォワードプライマー: EUK328f (5'-ACCTGGTTGATCCTGCCAG-3')、リバープライマー EUK329r (5'-TGATCCTTCYGCAGGTTTCAC-3') を使用した (Romari and Vaulot, 2004)。それぞれのフォワードプライマーの 5'末端は、6-FAM で蛍光標識したものを使用した。PCR 産物の増幅を確認したのち、制限酵素 *MspI* で 37 $^{\circ}$ C、6時間消化反応を行った。消化産物をキャピラリー電気泳動装置 (Applied Biosystems ABI310) で分析し、T-RFLP (Terminal-Restriction Fragment Length Polymorphism) 法による群集構造解析を行った。

3. 結果および考察

3.1 拝島橋における水質変動(8月)

Fig. 1 に 8 月 25～27 日の拝島橋における水位変動と濁度の変化を示す。なお、拝島橋観測所では、水位観測は行われていないため、一つ上流側の水位観測所である調布橋観測所（東京都青梅市上長淵）のデータを用いた。Fig. 1 に示すように、調査期間内に観測された水位変動はさほど大きくなかった。ただし、同期間に下流側の日野橋水位観測所においては明確な水位上昇ピークが観測されたため、拝島橋においても多かれ少なかれ水位変動が生じていたと考えられる。その結果が同期間内の濁度の観測値に現れており、Fig. 1 に示すような変動が見られた。

本調査期間における水位及び水質変動の原因は、8 月 25 日の午後に、上流域の小河内ダム周辺で観測された降雨によるものである。小河内ダム周辺においてのみ積算雨量 52mm の降雨があり、それに伴って、8 月 25 日から 27 日にかけて、拝島橋観測所における濁度の観測値に変動が見られた (Table 2)。この期間のうち、Table 2 に示した時間に 1 回当たり 3L、計 8 回の採水を行った。

採水した河川水試料の TOC・DOC 及び POC 濃度を示したものが Fig. 2 である。TOC は、8 月 25 日 19:00 において最も低く、徐々に値が上昇し、8 月 26 日 13:00 に最も高い値を示した。最小値と最大値で約 2 倍の違いがあった。DOC・POC も TOC と同様の挙動を示した。また、TOC の大部分を DOC が占めており、POC の占める割合は 1～2 割程度であった。

Table 2 Sampling at Haijima-bashi in August

Sampling	1
Date	August 25 – 26
Time	19:00, 22:00, 1:00, 4:00, 7:00, 10:00, 13:00, 16:00
Station	Haijima-bashi
Number of Samples	8
Accumulative Rainfall (mm)	52
Maximum Rainfall Intensity (mm/h)	19
Highest Water Level at Sampling (m)	0.32
Lowest Water Level at Sampling (m)	0.29
Maximum Turbidity at Sampling (mg/L)	20.4
Minimum Turbidity at Sampling (mg/L)	3.8

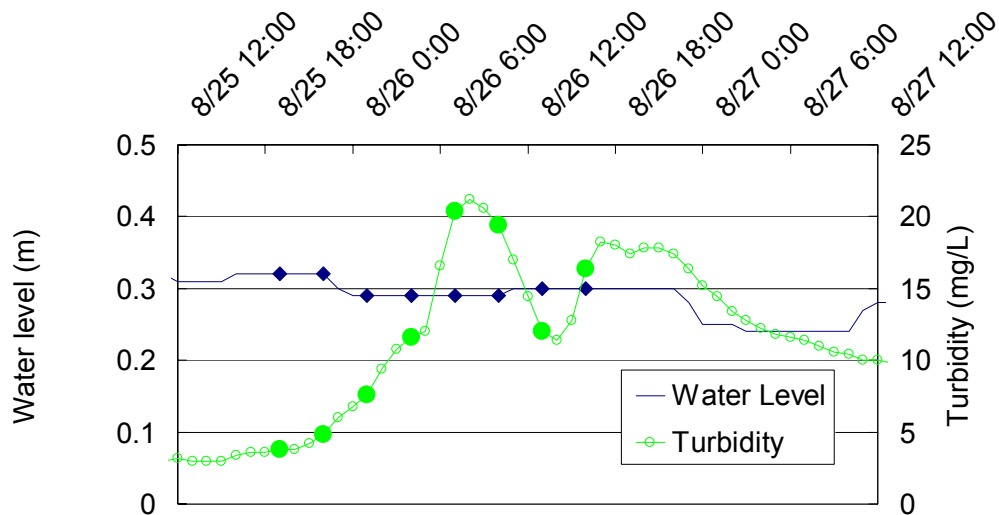


Fig. 1 Fluctuation of Water Level (Chofu-bashi Station) and Turbidity (Haijima-bashi Station) during August 25 – 27, 2006

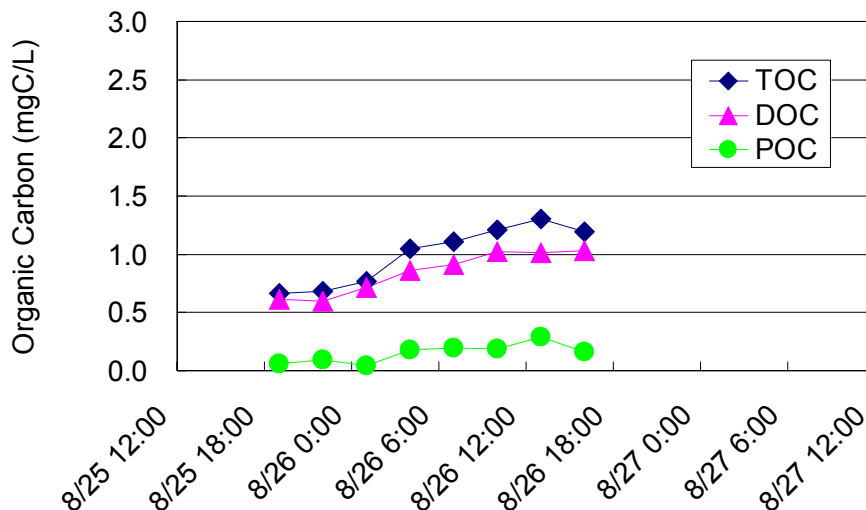


Fig. 2 Changes in Organic Carbon Concentration at Haijima-bashi Station during August 25 – 27, 2006

3.2 日野橋における水質変動(9月)

9月に、日野橋観測所において観測された水位変動と濁度の変化をFig. 3に示す。8月に拝島橋において観測された水位変動と異なり、今回の場合、観測所周辺においても降雨があり、その結果として水位が上昇し、水質が変化したと言える。期間内に積算雨量 45mmの降雨があり (Table 3)、水位が約 30cm 上昇した。濁度も降雨前の 3 度程度から最大 35 度程度にまで増加した。この期間のうち、Table 3に示した時間に 1 回当たり 3L、計 8 回の採水を行った。

採水した河川水試料の TOC・DOC 及び POC 濃度の変化をFig. 4に示す。TOC は、8月の拝島橋における変化とは対照的に、最初の採水を行った 9月 26日 18:00において最も高く、徐々に値が低下した。最大値は 2.70mgC/L、最小値は 1.57mgC/L であった。TOC・DOC・

POC いずれも拝島橋の場合と比較して濃度が 2 倍程度であったが、拝島橋の場合と同様、TOC の大部分を DOC が占めており、POC の占める割合は 1~3 割程度であった。

Table 3 Sampling at Hino-bashi in September

Sampling	2
Date	9 月 26~27 日
Time	18:00, 21:00, 0:00, 3:00, 6:00, 9:00, 12:00, 15:00
Station	Hino-bashi
Number of Samples	8
Accumulative Rainfall (mm)	45
Maximum Rainfall Intensity (mm/h)	7
Highest Water Level at Sampling (m)	0.00
Lowest Water Level at Sampling (m)	-0.24
Maximum Turbidity at Sampling (mg/L)	28.9
Minimum Turbidity at Sampling (mg/L)	5.9

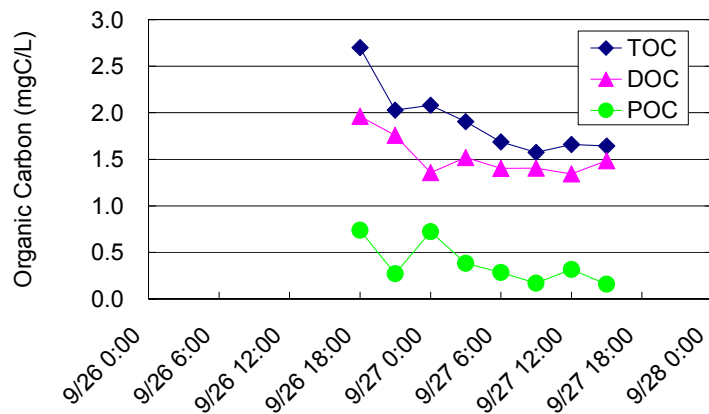


Fig. 3 Fluctuation of Water Level and Turbidity at Hino-bashi Station during September 26 – 28, 2006

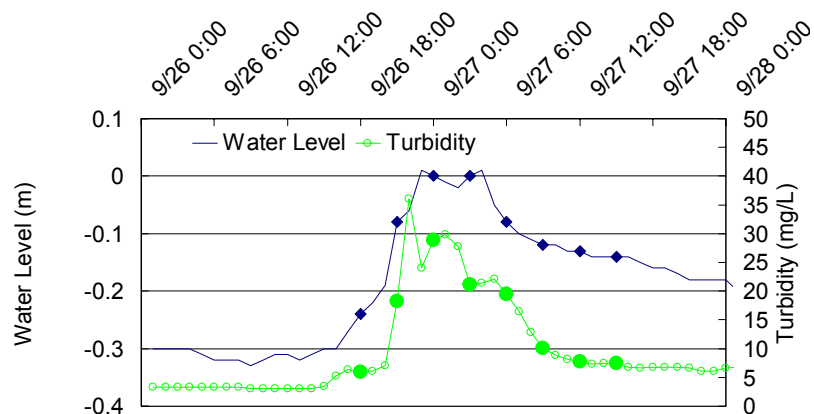


Fig. 4 Changes in Organic Carbon Concentration at Hino-bashi Station during September 26 – 28, 2006

3.3 日野橋における水質変動(10月)

日野橋においては、10月に再度同様の調査を試みた。その際に日野橋観測所において観測された水位変動と濁度の変化をFig. 5に示す。10月5～6日に観測された降雨は、1時間あたりの最大降雨強度は9mm/h程度であったものの、降雨継続時間が長く、積算で140mmに達した(Table 4)。その結果、水位が約2m上昇し、濁度も最大測定限界と考えられる186度に達した。今回観測された降雨は、9月に日野橋において観測されたものと比較して水位や水質に大きく影響を与えており、浮遊性の粒状有機物の動態にも違いが生じていることが推測された。そこで、9月に日野橋で行われた採水と同様の採水を行うことを試みたが、水質観測所のポンプ故障により、十分な採水を行うことができなかった。そこで、Fig. 6には、採水を行うことができた計4試料の有機炭素濃度を示した。有機炭素濃度はいずれも9月に日野橋で行われた採水の結果に比べ、低い値を示した。これは、水位の著しい増加により濃度の希釈効果が働いたことによると考えられる。また、有機物は水位上昇の早い段階で流出し、濁度の主要構成成分が無機物であったとも推測できる。

Table 4 Sampling at Hino-bashi in October

Sampling	3
Date	10月5～6日
Time	13:00, 14:00, 17:00, 5:00
Station	Hino-bashi
Number of Samples	4
Accumulative Rainfall (mm)	140
Maximum Rainfall Intensity (mm/h)	9
Highest Water Level at Sampling (m)	1.60
Lowest Water Level at Sampling (m)	1.46
Maximum Turbidity at Sampling (mg/L)	186.0
Minimum Turbidity at Sampling (mg/L)	186.0

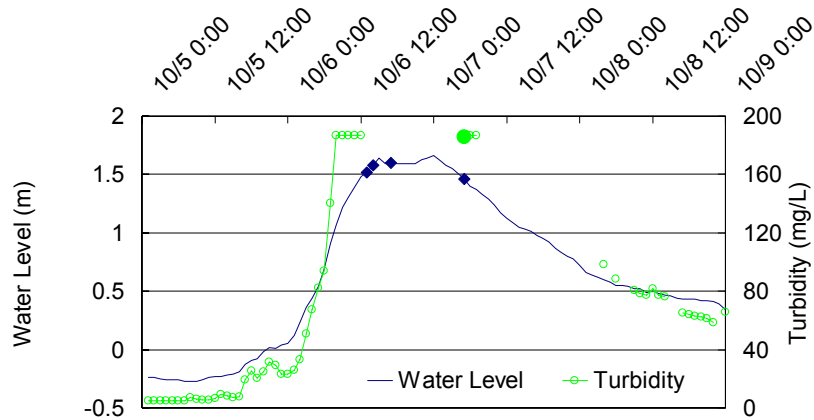


Fig. 5 Fluctuation of Water Level and Turbidity at Hino-bashi Station during October 5 – 9, 2006

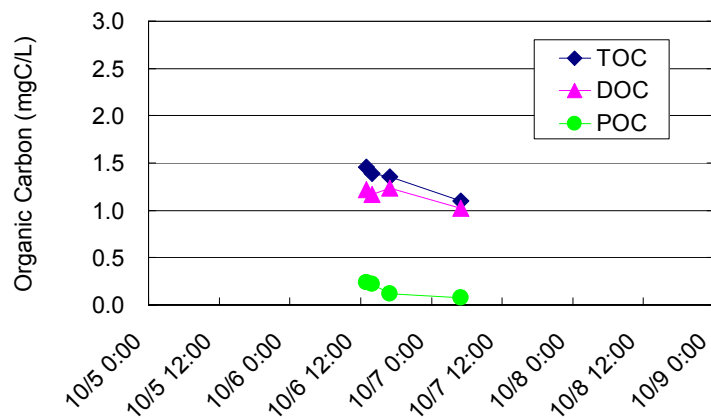


Fig. 6 Changes in Organic Carbon Concentration at Hino-bashi Station during October 5 – 9, 2006

3.4 水位変動に伴う浮遊性粒状有機物の有機物組成の変化

熱分解 GC/MS を用いて、浮遊性粒状有機物の有機物組成分析によって得られた熱分解クロマトグラム（パイログラム）をFig. 7、Fig. 8、Fig. 9に示す。Fig. 7には、拝島橋において8月に採取した浮遊性粒状有機物2試料（[1] 8月25日19:00、[3] 8月26日1:00）、Fig. 8には、日野橋において9月に採取した浮遊性粒状有機物3試料（[1] 18:00, September 26; [3] 0:00, September 27; [8] 15:00, September 27）、Fig. 9には、日野橋において10月に採取した浮遊性粒状有機物4試料（[2] 13:00, October 6; [3] 14:00, October 6; [4] 17:00, October 6, [8] 5:00, October 7）のパイログラムを示した。パイログラムの特徴を概観すると、地点間あるいは降雨間でピークの現れ方に違いがあるものの、同一サンプリング内の試料については目立った経時変化は見られなかった。パイログラムに示した数字は、SHIMADZU GCMS QP-2010に付属の解析ソフトウェア GCMS Solution を用いて自動検出した上位20ピークを表す。ピーク番号は、保持時間の早いものから順に記した。

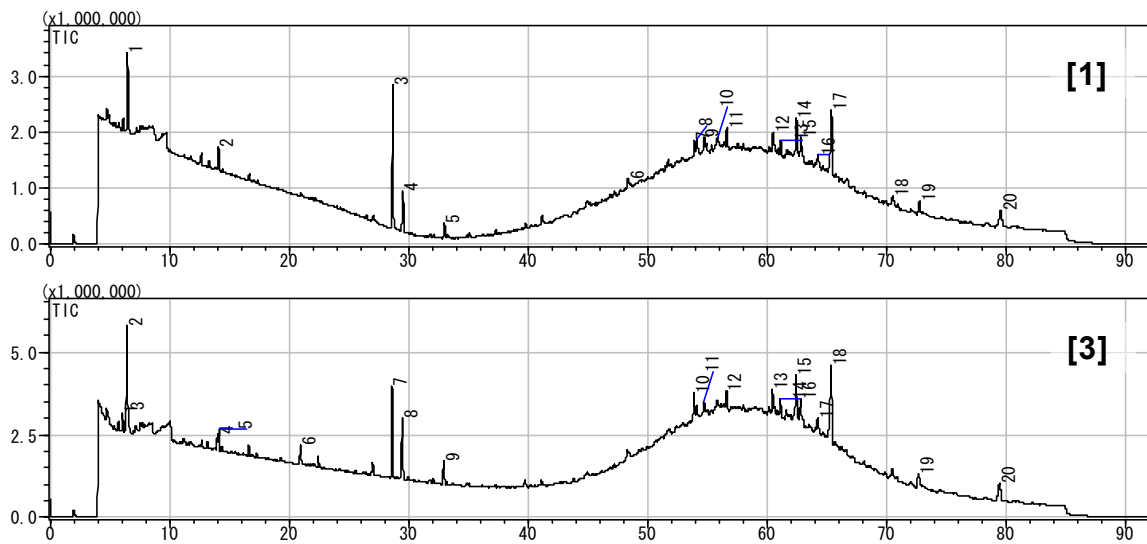


Fig. 7 Pyrogram of POM at Haijima-bashi in August ([1] 19:00, August 25; [3] 1:00, August 26)

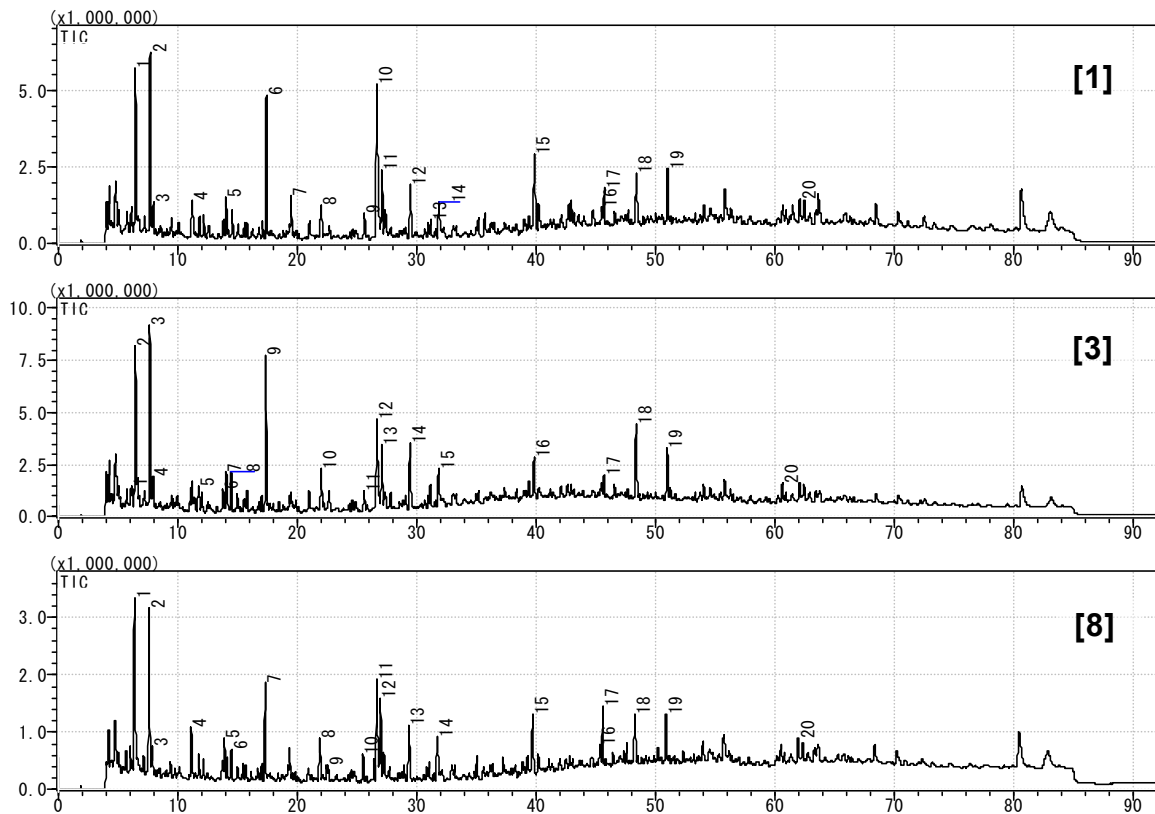


Fig. 8 Pyrogram of POM at Hino-bashi in September ([1] 18:00, September 26; [3] 0:00, September 27; [8] 15:00, September 27)

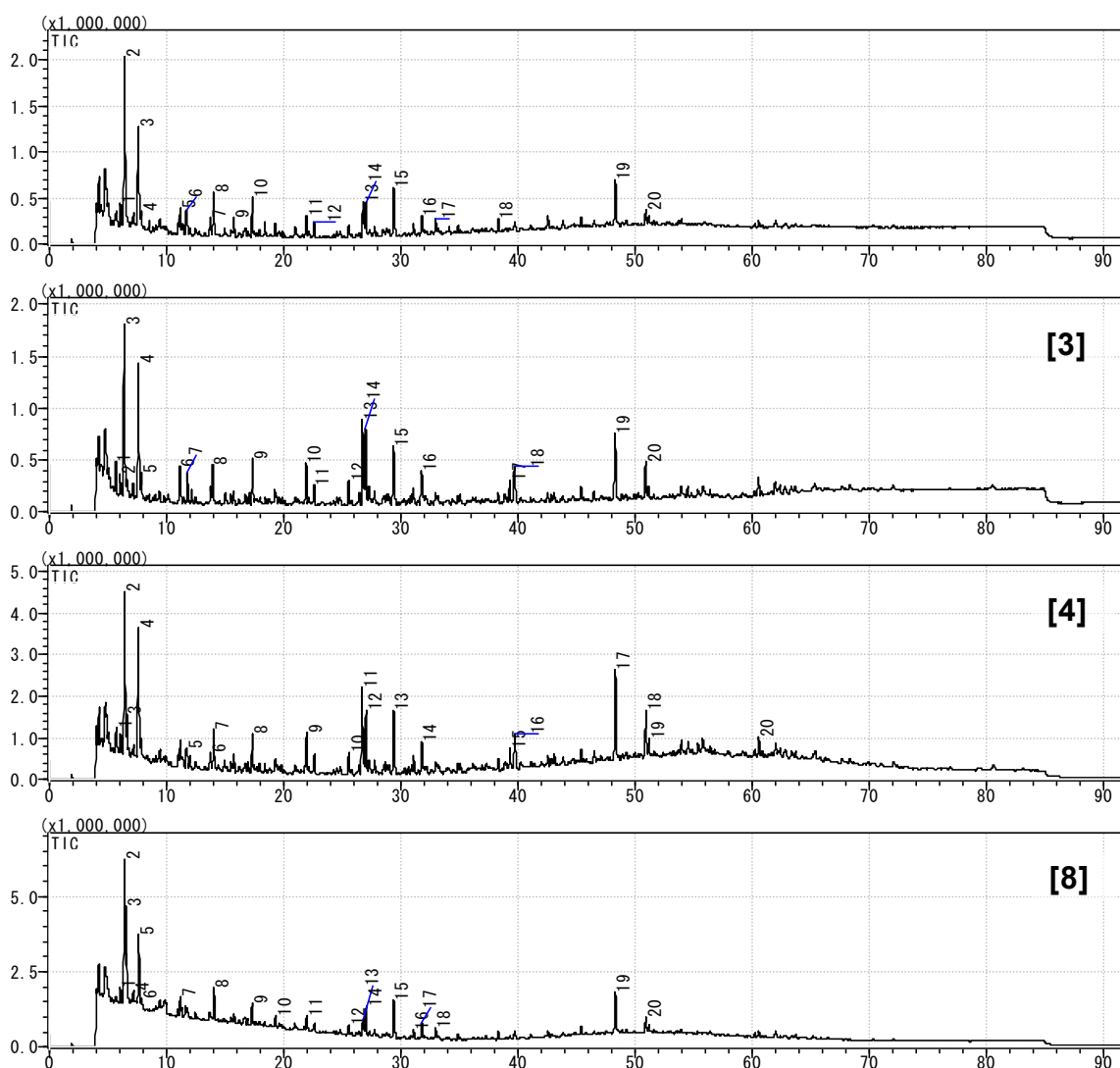


Fig. 9 Pyrogram of POM at Hino-bashi in October ([2] 13:00, October 6; [3] 14:00, October 6; [4] 17:00, October 6, [8] 5:00, October 7)

検出されたピークは、GCMS Solution に付属のマスペクトルライブラリ (The NIST 98 Mass Spectral Library, NIST) に基づいて物質同定を行った後、その試料の上位 20 のピーク面積合計に対する面積割合を用いて整理した (Table 5)。さらに、フラグメント物質をその構造に基づいて、Meent *et al.* (1980)、Sicre *et al.* (1994)、Biber *et al.* (1996)、Page *et al.* (2002)、Gallé *et al.* (2004)、Thaveemaitree *et al.* (2004)などを参考に、Pr: Protein、Ps: Polysaccharide、Lp: Lipid、Lg: Lignin という 4 つの想定される起源に分類した (Table 6)。分類した起源による構成割合を示したグラフが Fig. 10 である。Fig. 10 には、8 月に拝島橋において採取した浮遊性粒状有機物、9・10 月に日野橋において採取した浮遊性粒状有機物に加え、晴天時に日野橋において採取した浮遊性粒状有機物 (2006 年 11 月 10 日採取) についても、その起源構成を示した。

Fig. 10 を見ると、拝島橋と日野橋、あるいは雨天時と晴天時においてその構成に違いが見られた。

雨天時における拝島橋と日野橋の浮遊性粒状有機物の起源構成を比較すると、拝島橋においては、Lignin や Lipid が見られたが、その一方で、日野橋において高い割合を占めて

いた Protein の割合はやや低く、また Polysaccharide は見られなかった。Lignin は木質や落葉などの外生有機物由来、Lipid は動物由来とされる。また、Polysaccharide は高等植物等に含まれるセルロースの熱分解産物として知られており、Protein は微生物の細胞壁や菌類、節足動物由来とされる。これらのことを踏まえると、上流の拝島橋において Lignin が多いことは、流域に存在する森林由来の有機物が浮遊性粒状有機物の要素であることを示唆し、下流の日野橋において Protein が多いことは、栄養塩の豊富な水域において微生物や藻類等が増加していることを示唆していると考えることが可能である。また、下流側の日野橋において Polysaccharide の割合が高いのは、周辺が森林域ではなく、開けた平野部であることによる河岸植物由来有機物の増加と関連があることが推測される。さらに、日野橋では、下水処理水由来の流下有機物も含まれていると考えられ、その中には窒素含有量の多い Protein や難分解性のため処理されなかったセルロースに起因する Polysaccharide の割合を増加させている可能性もある。

日野橋における晴天時と雨天時の浮遊性粒状有機物を比較すると、雨天時は晴天時と比較して Lipid の割合が低かった。Lipid は動物由来と考えられるが、雨天時に比べ、晴天時に多い理由は明らかではない。しかし、底生動物は、流下による移動を行う際、能動的に移動するものがあることが知られており、雨天時においては、流下しないよう避難したり、砂質の深くに潜ったりすることも想定される。このことが雨天時と晴天時の Lipid の占める割合の違いに影響を及ぼしている可能性もある。

雨天時の日野橋においては、積算雨量及び降雨強度の異なる 2 つの雨に伴う水位変動時に試料を採取した。そこで、9月に採取した試料と10月に採取した試料の起源構成を見ると、積算雨量及び降雨強度による大きな違いはなかった。このことは、河床攪乱を及ぼす程度の水位変動があった場合には、その水位変動の大小に関わらず、同様の組成の有機物が流出することを示していると考えられる。

Table 5 Fragment compounds found in POM at Haijima-bashi and Hino-bashi

Compounds	Origin	Haijima1	Haijima3	Sep-Hino1
1,1'-Biphenyl, bis(1-methylethyl)-	-	0	3.06	0
1,3,5,7-Cyclooctatetraene	-	0	0	0
1-Decene	Lp	0	0	2.2
1-Hexanol, 2-ethyl-	Lp	18.38	10.72	0
1H-Imidazole, 4-methyl-	Pr	0	0	0
1H-Pyrrole, 2-methyl-	Pr	0	0	2.06
1H-Pyrrole, 3-methyl-	Pr	0	0	0
1-Nonanol, 4,8-dimethyl-	Lp	0	0	0
1-Undecene	Lp	0	0	0
2,3-Butanedione	Lp	0	0	0
2-Cyclopenten-1-one	Ps	0	0	2.94
2-Cyclopenten-1-one, 2-methyl-	Ps	0	0	0
2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	Ps	0	0	2.93
2-Methoxy-4-vinylphenol	Lg	0	0	0
2-Octyl benzoate	-	2.29	3.7	0
2-Propanone, 1-hydroxy-	-	0	0	2.12
2-Propenenitrile	Pr	0	2.24	0
3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	Lp	0	0	2.48
4b,8-Dimethyl-2-isopropylphenanthrene, 4b,5,6,7,8,8a,9,10-octahydro-	-	0	2.69	0
Acetamide	Pr	0	0	6.7
Acetic acid	Ps	0	0	16.51
Acetonitrile	Pr	10.48	14.53	12.38
Benzaldehyde	Lg	6.74	9.71	0
Benzene, 1,2,3-trimethyl-	-	0	0	0
Benzene, 1,2-dimethyl-	-	0	0	0
Benzofuran, 2,3-dihydro-	Ps	0	0	0
Benzonitrile	Pr	0	3.75	0
Benzyl nitrile	Pr	0	0	1.65
Bicyclo[4.2.0]octa-1,3,5-triene	-	0	0	8.86
Cyclopentasiloxane, decamethyl-	-	0	2.05	0
Cyclotetrasiloxane, octamethyl-	-	0	2.07	0
D-Limonene	-	0	0	0
Formamide, N,N-dimethyl-	Pr	0	2.66	0
Furfural	Ps	0	0	6.73
Hexanal, 2-ethyl-	Lp	0	2.13	0
Indole	Pr	0	0	1.73
Naphthalene	-	0	0	0
n-Hexadecanoic acid	Lp	0	0	0
Phenol	-	0	0	4.3
Phenol, 2-methyl-	-	0	0	0
Phenol, 4-methyl-	-	0	0	4.5
Propane, 1-chloro-2-methyl-	-	0	0	0
Propane, 2-nitro-	Pr	0	0	3.25
Propanenitrile	Pr	0	0	0
Pyridine	Pr	0	0	2.31
Pyridine, 3-methyl-	Pr	0	0	0
Pyrimidine, 2-methoxy-	Pr	0	0	0
Pyrrole	Pr	0	0	4.52
Styrene	-	0	0	0
Toluene	-	0	0	11.83
Tricyclo[3.1.0.02,6]hex-3-ene-3-carbonitrile	Pr	2.6	0	0
unknown	-	59.51	40.69	0
Total	-	100	100	100

Table 5 Continued.

Sep-Hino3	Sep-Hino8	Oct-Hino2	Oct-Hino3	Oct-Hino4	Oct-Hino8	St6B LFBOM	St6B MFBOM	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	3.06
0	0	3.99	0	0	0	0	0	3.99
0	2.42	0	2.55	0	1.41	0	1.78	10.36
0	0	0	0	0	0	0	0	29.1
0	0	0	0	0	0	2.75	0	2.75
0	0	0	0	0	1.38	0	0	3.44
0	0	0	0	0	3.2	0	0	3.2
0	0	0	1.7	0	0	0	0	1.7
2.34	0	0	0	0	0	0	0	2.34
0	0	0	2.14	1.98	0	0	0	4.12
2.43	3.95	2.16	4.11	2.98	1.95	2.43	0	22.95
0	1.84	0	1.51	0	0	0	0	3.35
3.51	4.41	0	3.9	3.61	0	0	0	18.36
0	0	0	0	0	0	1.99	0	1.99
0	0	0	0	0	0	0	0	5.99
0	0	0	0	0	0	2.07	1.42	5.61
2.27	0	2.84	1.62	0	2.42	0	1.61	13
1.44	3.89	0	0	0	0	2.67	2.71	13.19
0	0	0	0	0	0	0	0	2.69
3.66	5.4	0	0	0	0	5.86	5.81	27.43
8.32	9.92	5.16	9.48	10.69	3.13	11.63	11.17	86.01
14.71	14.07	22.6	15.85	15.93	23.45	12.57	12.56	169.13
0	0	0	0	0	0	0	0	16.45
0	0	1.97	0	0	0	0	0	1.97
2.51	0	6.5	0	0	0	0	0	9.01
1.56	0	0	0	1.95	0	0	0	3.51
0	0	0	0	0	0	0	0	3.75
0	1.82	0	0	0	0	0	1.92	5.39
0	0	0	0	0	0	0	0	8.86
0	0	0	0	0	0	0	0	2.05
0	0	0	0	2.32	10.4	0	0	14.79
2.85	1.95	0	0	0	0	0	0	4.8
0	0	0	0	0	0	0	0	2.66
6.18	8.91	4.48	8.95	7.83	6.32	4.21	2.97	56.58
0	0	0	0	0	0	0	0	2.13
0	2.04	0	0	0	0	2	2.68	8.45
0	0	1.77	0	0	0	0	0	1.77
0	0	0	0	0	0	8.16	13.67	21.83
7.23	4.81	7.21	7.76	10.44	8.16	6.86	4.53	61.3
0	0	0	0	1.75	0	0	0	1.75
4.54	4.34	1.98	3.54	4.67	2.48	5.34	5.53	36.92
0	3.39	0	3.67	0	0	0	0	7.06
0	0	3.18	0	0	2.74	1.85	2.02	13.04
0	0	0	0	0	1.53	0	0	1.53
2.93	2.79	4.9	3.03	3.31	5.24	2.89	2.71	30.11
0	0	0	0	0	1.54	0	0	1.54
0	0	2.92	0	0	0	2.82	2.41	8.15
6.22	5.48	8.01	7.14	7.66	7.82	6.11	4.93	57.89
10.48	6.9	0	3.82	2.93	2.74	4.6	4.96	36.43
14.49	11.67	14.01	12.52	11.94	12.21	11.17	13.18	113.02
0	0	2.32	0	0	1.88	0	0	6.8
2.33	0	4	6.71	10.01	0	2.02	1.43	126.7
100	100	100	100	100	100	100	100	1100

Table 6 Composition of POM by estimated origin

Sample	Protein	Polysaccharide	Lipid	Lignin	Others/Unknown	Total
Haijima 1	13.08	0	18.38	6.74	61.8	100
Haijima 3	23.18	0	12.85	9.71	54.26	100
Sep-Hino1	34.6	29.11	4.68	0	31.61	100
Sep-Hino3	29.79	22	3.78	0	44.43	100
Sep-Hino8	31.6	29.03	6.31	0	33.06	100
Oct-Hino2	46.77	11.8	0	0	41.43	100
Oct-Hino3	27.64	27.95	6.39	0	38.02	100
Oct-Hino4	26.9	27.06	1.98	0	44.06	100
Oct-Hino8	51.2	11.4	1.41	0	35.99	100
St.6B LFBOM	36.85	18.27	10.83	1.99	32.06	100
St.6B MFBOM	36.65	14.14	18.16	0	31.05	100

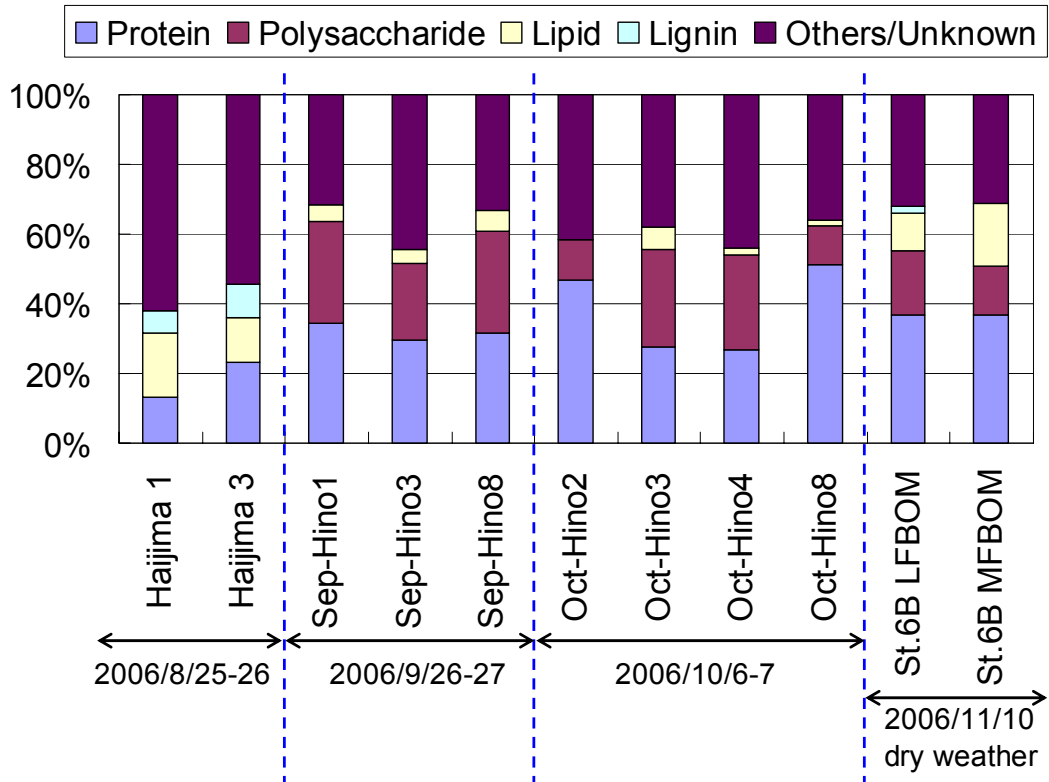


Fig. 10 Composition of POM by estimated origin

3.5 微生物群集構造解析

9月26日18:00に採水した拝島橋の試料からは、0.2-10 μ m（以下 small fraction）、10 μ m以上の画分（large fraction）の双方から16S rDNAが増幅されたが、18S rDNAは増幅されなかった。一方、同時刻に採水した下流の日野橋の試料からは、small fraction、large fractionの双方から16S rDNA、18S rDNAが増幅された。Fig.4に示されている通り、9月26日18:00は降雨初期にあたり、急激に水位・濁度が上昇している。各地点で初期に流出している粒子に付着している微生物群集を評価するために、T-RFLP法による解析を行った。

Fig.11に16S rDNAのT-RFLP法による解析結果を示す。拝島橋の結果からは、small fractionとlarge fractionに共通して見られる末端制限酵素断片（Terminal-Restriction Fragment: T-RF）（Aなど）が確認されるものの、基本的には両者のプロファイルは全く異なっていた。特にlarge fractionの500bp付近のT-RF（B）、small fractionの800-850bp付近のT-RF（C）は各画分に特徴的である。このことは、双方の画分に存在する細菌群集構造が大きく異なっていることを示唆している。Large fractionとsmall fractionはあくまで操作的に定義したものであるが、large fractionには粒状有機物を含む粗大粒子に付着している細菌、small fractionには浮遊性の細菌（微細粒子に付着細菌も含む）が捕集されていると考えられる。

一方、日野橋の結果においても、large fractionとsmall fractionに共通するT-RFは見られるものの（D）、両者のプロファイルは大きく異なり、small fractionにおいて特に大きなピークを示すT-RF（E, F）も確認された。拝島橋のプロファイルと比較すると、large fractionには共通するT-RF（B, D）が見られる一方、Aのようにピーク強度に大きな差異が現れる

T-RF も見られた。一方、拝島橋と日野橋の small fraction には large fraction よりも大きな差異が確認された。同時刻の試料において、large fraction のプロファイルよりも small fraction のプロファイルに大きな違いが現れたことは、large fraction の微生物が付着している粒子の起源が類似していることを示唆している可能性がある。Small fraction のプロファイルの差異には、例えば、拝島橋と日野橋の間に流入する下水処理水の影響が推察される。

Fig.12 に 18S rDNA の T-RFLP 法による解析結果を示す。真核生物は体長も大きいので、試料の代表性には注意する必要があるが、18S rDNA が拝島橋からは検出されず、下水処理水の影響を受けて生物量も多いと推測される日野橋から検出されたという点は興味深い。Large fraction と small fraction のプロファイルを比較すると、large fraction の方が small fraction よりも多様であることが示唆された。Small fraction で検出された T-RF (G) は、large fraction でも検出されており、同一の微生物が双方の画分に存在していることも示唆された（例：浮遊状態では small fraction で検出されるが、粗大粒子に付着している場合には large fraction でも検出される）。

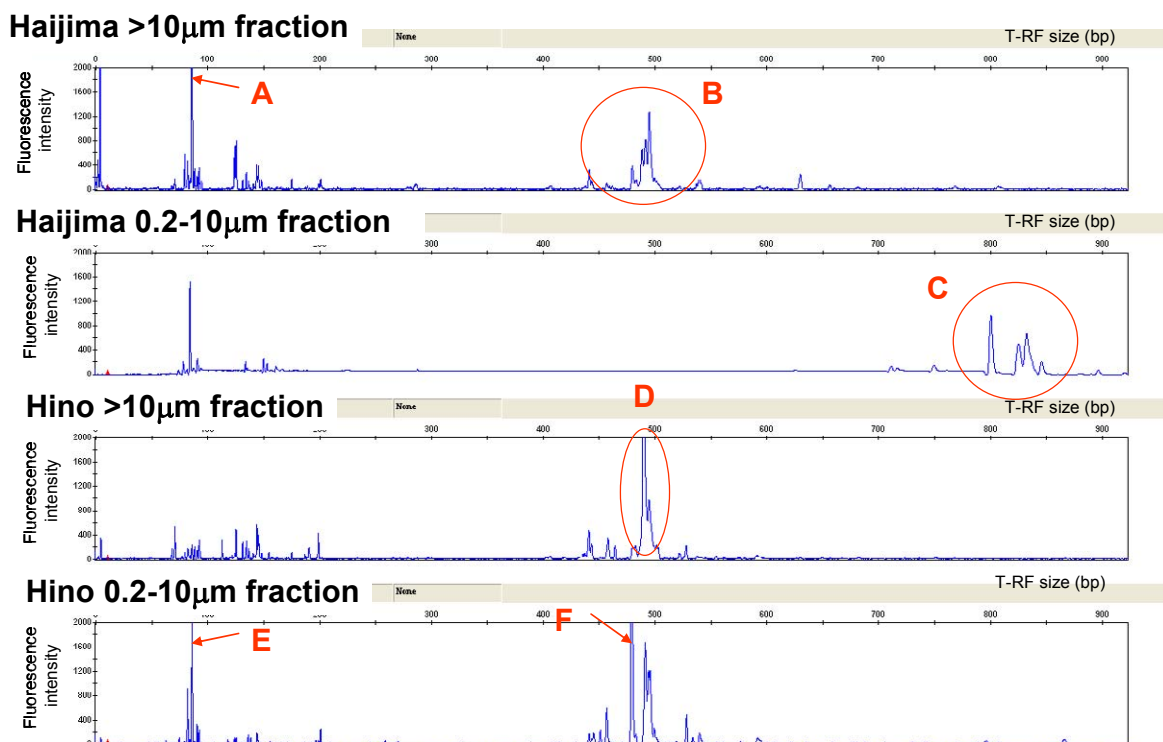


Fig. 11 T-RFLP profiles of 16S rDNA from Haijima and Hino-bashi

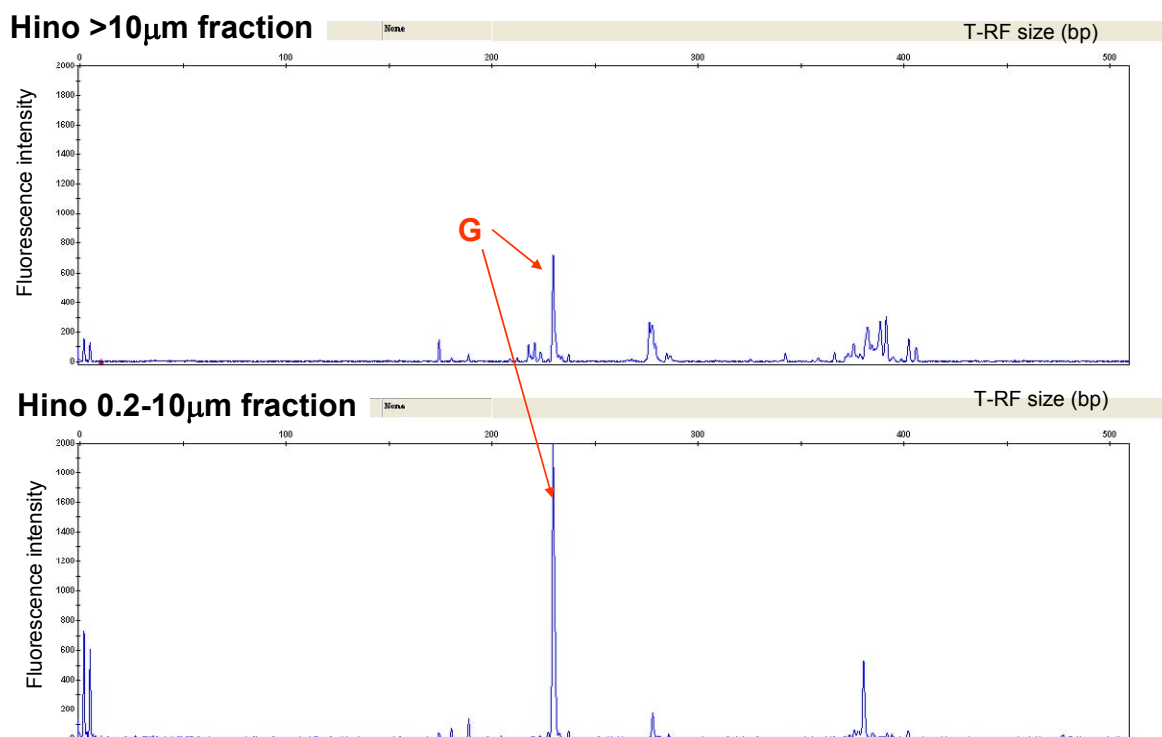


Fig. 12 T-RFLP profiles of 18S rDNA from Hino-bashi

4. 結果および考察

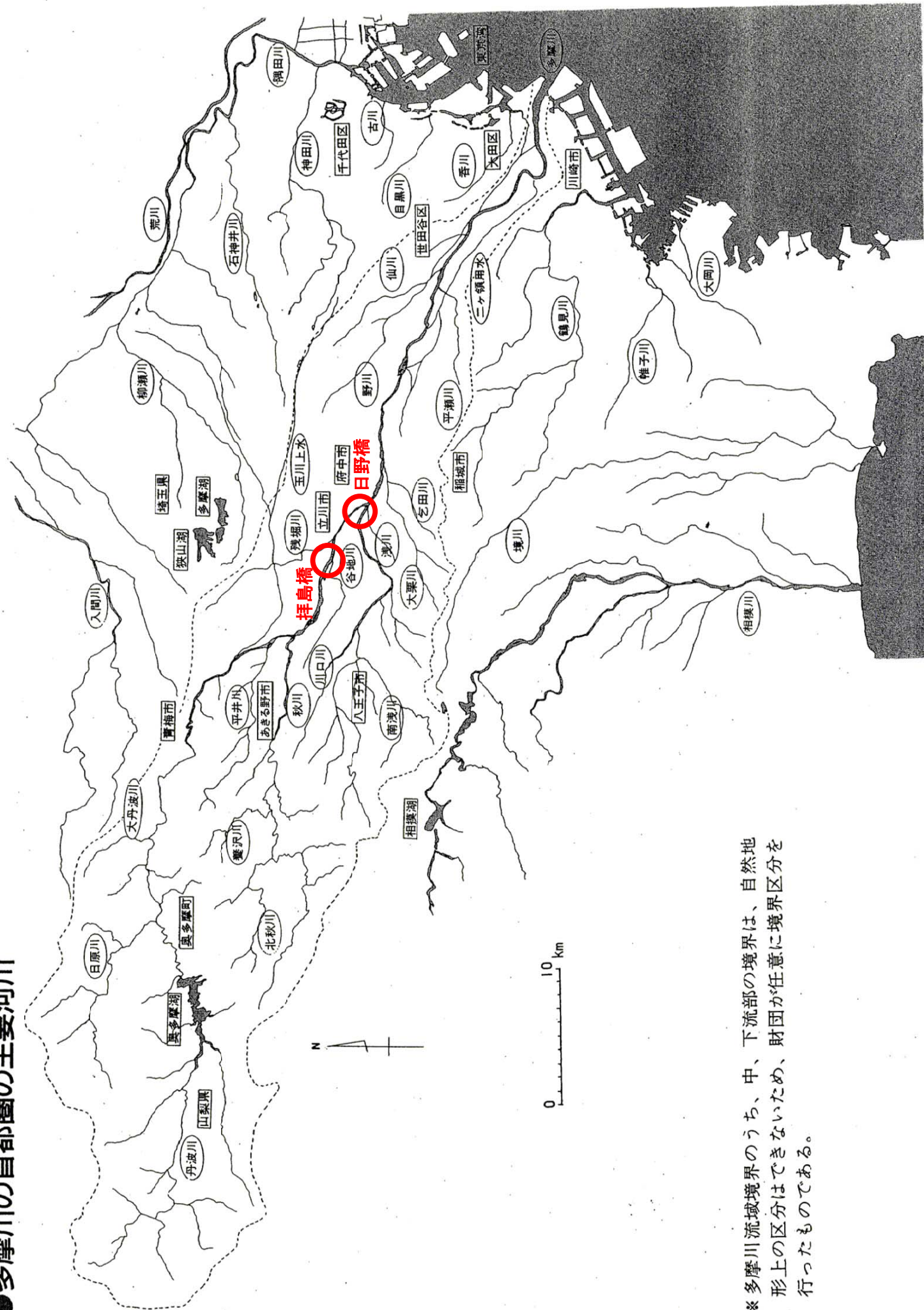
雨天時に流出する浮遊性粒状有機物の動態について、特性の異なる多摩川の2地点（拝島橋、日野橋）において調査研究を行った。調査期間内に、パターン異なる降雨に対して計3回のサンプリングを行い、有機炭素濃度と有機物組成の分析を行った結果、以下のようなことが明らかになった。

1. 各採水期間における最大 TOC 濃度は、1.3~2.7mg/L で、流量安定時と同程度~2倍程度の濃度を示した。
2. TOC の大部分を DOC が占めており、POC の占める割合は 1~3 割程度であった。
3. 雨天時に流下する浮遊性粒状有機物の組成は、拝島橋と日野橋で異なっていた。拝島橋においては、Lignin や Lipid 由来の熱分解産物が多く、日野橋では、Protein や Polysaccharide 由来の熱分解産物が多く見られた。このことは、両地点間で下水処理水の流入があることや後背地が森林域であるか市街地であるかといったことなど、異なる地域特性に起因すると考えられた。
4. 日野橋において異なる雨天時に流出する浮遊性粒状有機物を比較したところ、水位変動パターンによらず、同様の組成の有機物が流出していることが示唆された。
5. 0.2-10 μ m、10 μ m 以上の画分に捕集される細菌、真核生物の群集構造を T-RFLP 法で評価したところ、双方の画分に特徴的な T-RF が検出された。特に、粒状有機物を含む粗大粒子に付着して流出する微生物に関する知見を今後増やし、粒状有機物の解析結果と合わせることで、粒状有機物の起源の推定に有用な微生物に関する考察を深めたい。

5. 引用文献

- Biber M.V., Gulacar F.O., and Buffle J. (1996). Seasonal variations in principal groups of organic matter in a eutrophic lake using pyrolysis/GC/MS. *Environmental Science & Technology* **30** (12): 3501-3507
- Gallé T., B.V. Lagen, A. Kurtenbach and R. Bierl. (2004). A FTIR-DRIFT Study on River Sediment Particle Structure: Implications for Biofilm Dynamics and Pollutant Binding. *Environmental Science and Technology* **38**: 4496-4502
- Lane D. J. (1991). 16S/23S rRNA sequencing. In: *Nucleic Acid Techniques in Bacterial Systematics*, E. Stackebrandt and M. Goodfellow (eds.), Wiley, Chichester, UK, 115–175.
- Meent D.V.D., Deleeuw J.W., Schenk P.A. (1980). Chemical characterization of non-volatile organics in suspended matter and sediments of the River Rhine. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* **2**: 249-263
- Page D.W., J.A. van Leeuwen, K.M. Spark, D.E. Mulcahy. (2002). Pyrolysis characterization of plant, humus, and soil extracts from Australian catchments. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* **64**: 269-285
- Romari K. and Vaultot D. (2004) Composition and temporal variability of picoeukaryote communities at a coastal site of the English Channel from 18S rDNA sequences, *Limnol. Oceanogr.*, **49** (3) : 784-798.
- Sicre M.A., S. Peulve, A. Saliot, J.W. de Leeuw, M. Baas. (1994). Molecular characterization of the organic fraction of suspended matter in the surface waters and bottom nepheloid layer of the Rhone delta using analytical pyrolysis. *Organic Geochemistry* **21** (2): 11-26
- Thaveemaitree Y., Nakajima F., Furumai H. and Kunikane S. (2005). Relationship between di-(2-ethylhexyl) phthalate concentration and chemical structure of organic matter on solids in drinking water treatment processes. *Water Science and Technology: Water Supply* **4** (5-6): 321-333

●多摩川の首都圏の主要河川



※多摩川流域境界のうち、中、下流部の境界は、自然地形上の区分はできないため、財団が任意に境界区分を行ったものである。

「^たまがわ^わにおける^うてんじ^じに^りゆうしゆつ^つする^りゆうじようゆうきぶつ^{ぶつ}の^きげん^{げん}と^{とく}せい^{せい}の^ひようか^かの評価」

(研究助成・学術研究 VOL. 37-NO. 276)

著 者 ^かすが ^いくろう
春日 郁朗

発行日 2009年3月31日

発行者 財団法人 とうきゆう環境浄化財団

〒150-0002

東京都渋谷区渋谷 1-16-14 (渋谷地下鉄ビル内)

TEL (03) 3400-9142

FAX (03) 3400-9141