

手賀沼の臭気物質に関連するプランクトンの研究

-北千葉導水の運用による臭気物質に関する考察-

小林廣茂 平間幸雄 飯村 晃 小倉久子

1 はじめに

平成 12 年度から国土交通省による北千葉導水事業の一環として、利根川より揚水し手賀沼上流部の北千葉第二機場より手賀沼へ浄化用水として最大 $10\text{m}^3/\text{s}$ の注水運用が行われ、手賀沼の水質指標である COD の低減に大きな役割を果たしている。

一方、千葉県水道局では利根川から木下取水場において県民の飲料用原水を得ているが、木下取水場は手賀沼水が利根川へ流入する直下流に位置していることから、手賀沼の水質は飲料用原水に大きな影響を与えている。近年、春期から夏期にかけて手賀沼における臭気物質産生プランクトンの増殖により、利水障害が発生している¹⁾。このことから手賀沼における臭気物質産生プランクトンの増殖状況の把握は飲料用原水の水質管理には欠かせないものとなっている。

今回、手賀沼中央の表層水を試験検体とした室内培養試験を行い、臭気物質に関連する試験結果と、2004 年の春期から夏期における手賀沼の状況調査結果²⁾ より、北千葉導水事業の臭気物質に関連する影響を考察した。

2 方法

2・1 培養方法

手賀沼中央（水質調査定点）2004 年度（2004/5/19, 2004/6/9, 2004/7/15, 2004/8/11 採水）の表層水を試験検体とした。おもに、手賀沼における臭気物質濃度（2-メチルイソボルネール（2-MIB）、ジオキシシ（Geo））は春期から夏期に上昇する¹⁾。このことから、培養温度を 20°C , 25°C , 30°C に設定し、光照射（ 2500LUX ）下で 25 日間の静置培養を行い、各培養温度での臭気物質濃度の経時変化および、臭気物質濃度の上昇時における優占臭気物質産生プランクトン種の同定とその定量を行った。

2・2 臭気物質およびプランクトンの定量方法

臭気物質濃度（2-MIB, Geo）の定量は GC-MS（ヘッドスペース法）で行った。

臭気物質産生プランクトンの定量はプランクトンのデジタル画像を画像処理ソフト（Image Hyper2）により画像が持つ特徴計測（境界の周囲長、物体の面積など）を行い、その特徴計測値を同定・定量プログラムで計算し、臭気物質産生プランクトンの定量を行った³⁾。

3 結果

3.1 培養供試検体の試験結果

培養試験の試験検体とした表層水の採水時の試験結果を表 1 に示す¹⁾。

2-MIB 濃度は 8/11 採水時に $1.4\mu\text{g/L}$ を示したが、それ以前の 3 回（5/19, 6/9, 7/15）の採水時は $0.1\mu\text{g/L}$ 以下であった。Geo 濃度はいずれの採水時も $0.002\mu\text{g/L}$ 以下であった。

臭気物質産生プランクトンの *Phormidium* はいずれの採水時にも定量されており 7/15 採水時には 2800 単位（表 1 の備考参照）であった。*Oscillatoria* は 7/15 採水時に 90 単位、8/11 採水時に 180 単位を示したが、それ以前の 2 回（5/19, 6/9）の採水時

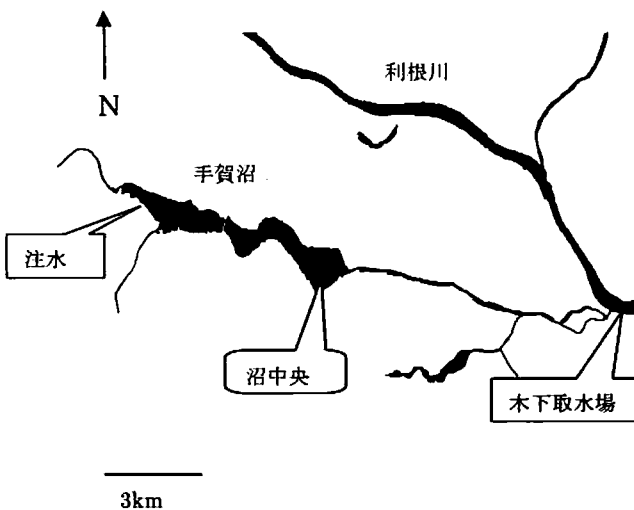


図 1 手賀沼及び利根川の位置図

はいずれも定量されていない。*Anabaena* は 8/11 採 6/9, 7/15) の採水時はいずれも定量されていない。
水時に 80 単位を示したが、それ以前の 3 回 (5/19,

表 1 2004 年手賀沼中央採水時の水質及び臭気物質産生プランクトン¹⁾

採水月日		5/19	6/9	7/15	8/11
水温	℃	21.3	21	30.5	28.7
pH 値		8.3	7.9	9.1	8.8
溶存酸素	mg/L	6.9	7.9	8.1	5.9
COD	mg/L	7.0	8.2	12.0	10.2
アンモニア性窒素	mg/L	<0.02	0.03	0.04	0.02
硝酸性・亜硝酸性窒素	mg/L	1.1	0.71	<0.02	0.18
総窒素	mg/L	1.9	1.7	1.2	1.4
リン酸イオン	mg/L	<0.05	0.09	0.27	0.36
総リン	mg/L	0.15	0.21	0.30	0.60
2-MIB	μg/L	0.007	0.014	0.022	1.4
ジェオスミン	μg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
<i>Phormidium</i>	糸状体	108	1,100	2,800	2,700
<i>Oscillatoria</i>	糸状体	-	-	90	180
<i>Anabaena</i>	糸状体	-	-	-	80

【備考】 糸状体の単位は、直鎖型：100 μm = 1 (*Spirogyra*：500 μm = 1)，螺旋型：1 巻 = 1

3.2 培養試験の結果

3.2.1 手賀沼中央 (2004/5/19) の培養試験

5/19 採水の培養試験における各培養温度での臭気物質濃度の経時変化および、臭気物質濃度の上昇時における優占臭気物質産生プランクトン種とその定量値を図 2 に示す。

2-MIB 濃度は 30℃の培養条件で培養 12 日後には 0.86 μg/L に上昇し、その優占臭気物質産生プランクトン種は *Phormidium* sp. (写真 1) であった。25℃および 20℃の培養条件では 2-MIB 濃度の上昇は見られなかった。

Geo 濃度は 30℃, 25℃, 20℃いずれの培養条件でも上昇は見られなかった。

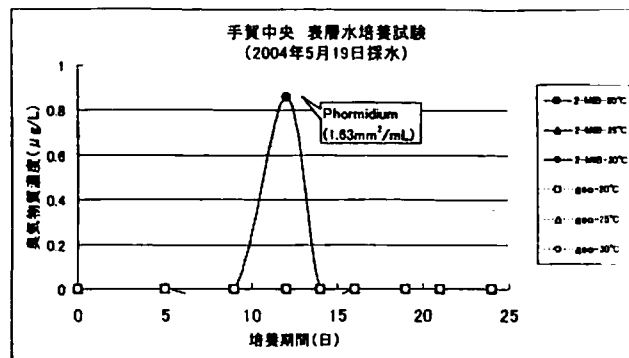


図 2 手賀沼中央 (2004/5/19) の培養試験結果



写真 1 *Phormidium* sp.

3.2.2 手賀沼中央 (2004/6/9) の培養試験

6/9 採水の培養試験における各培養温度での臭気物質濃度の経時変化および臭気物質濃度の上昇時における優占臭気物質産生プランクトン種とその定量値を図3に示す。

2-MIB 濃度は 30℃の培養条件で培養 11 日後には $0.89 \mu\text{g/L}$ に上昇し、25℃の培養条件では培養 18 日後に $1.08 \mu\text{g/L}$ に上昇し、20℃の培養条件で培養 22 日後には $1.12 \mu\text{g/L}$ に上昇した。その優占臭気物質産生プランクトン種はいずれも *Phormidium* sp. (写真1) であった。

Geo 濃度は 30℃, 25℃, 20℃いずれの培養条件でも上昇は見られなかった。

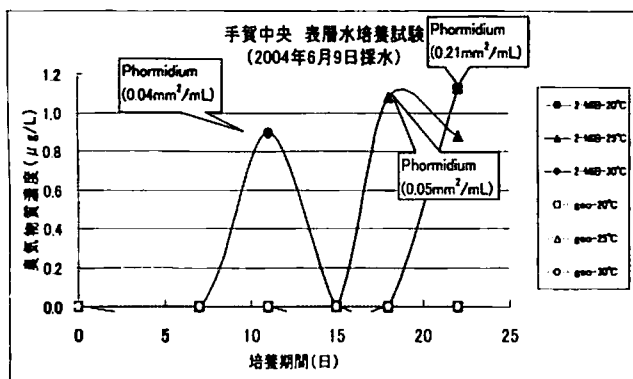


図3 手賀沼中央 (2004/6/9) の培養試験結果

3.2.3 手賀沼中央 (2004/7/15) の培養試験

7/15 採水の培養試験における各培養温度での臭気物質濃度の経時変化および臭気物質濃度の上昇時における優占臭気物質産生プランクトン種とその定量値を図4に示す。

2-MIB 濃度は 30℃, 25℃, 20℃いずれの培養条件でも上昇は見られなかった。

Geo 濃度は 30℃の培養条件で培養 11 日後には $0.29 \mu\text{g/L}$ に上昇し、培養 23 日後には $3.82 \mu\text{g/L}$ を示した。その優占臭気物質産生プランクトン種は *Anabaena* sp. (写真2) であった。25℃および20℃の培養条件では Geo 濃度の上昇は見られなかった。

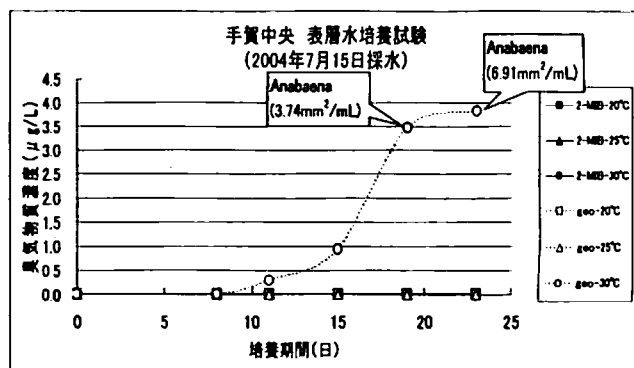


図4 手賀沼中央 (2004/7/15) の培養試験結果

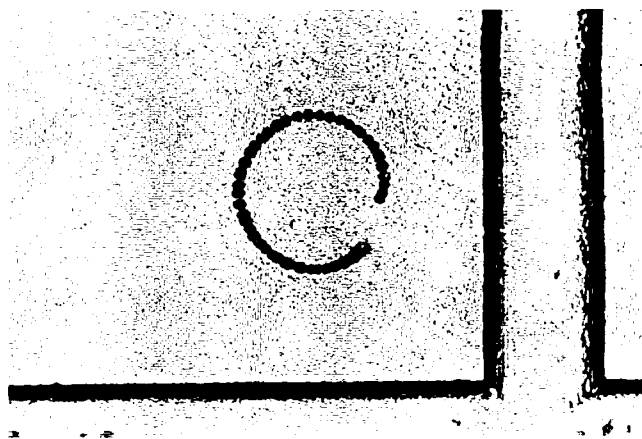


写真2 *Anabaena* sp.

3.2.4 手賀沼中央 (2004/8/11) の培養試験

8/11 採水の培養試験における各培養温度での臭気物質濃度の経時変化および臭気物質濃度の上昇時における優占臭気物質産生プランクトン種とその定量値を図5に示す。

2-MIB 濃度は培養開始時に $0.56 \mu\text{g/L}$ を示し、30℃の培養条件で培養 5 日後に $2.30 \mu\text{g/L}$ に上昇し、その優占臭気物質産生プランクトン種は *Oscillatoria* sp. (写真3) および *Phormidium* sp. (写真1) であった。25℃, 20℃いずれの培養条件でも 2-MIB 濃度の上昇は見られなかった。

Geo 濃度は 25℃の培養条件で培養 9 日後には $0.19 \mu\text{g/L}$ に上昇し、培養 16 日後には $1.66 \mu\text{g/L}$ を示した。その優占臭気物質産生プランクトン種は *Anabaena* sp. (写真2) であった。30℃および20℃の培養条件では Geo 濃度の上昇は見られなかった。

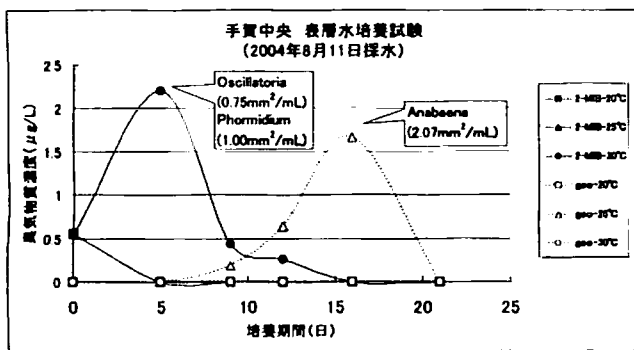


図5 手賀沼中央 (2004/8/11) の培養試験結果



写真3 *Oscillatoria* sp.

3.3 手賀沼の状況調査結果

2004 年の春期から夏期における手賀沼の水温変化, 滞留時間および 2-MIB 濃度の状況調査結果を図 6 に示す²⁾。

3.3.1 手賀沼の水温変化

5/19 採水の培養試験期間に対応する手賀沼の各測定地点の水温は, 約 20℃と変動は少なかった。6/9 採水の培養試験期間に対応する手賀沼の水温は 20

～25℃と徐々に上昇していた。7/15 採水の培養試験期間に対応する, 手賀沼の水温は 27～30℃と高い水温であった。8/11 採水の培養試験期間に対応する, 手賀沼の水温は 25～30℃と高い水温が持続していた。

3.3.2 手賀沼の滞留時間

5/19 採水の培養試験期間に対応する手賀沼の滞留日数は, 5～25 日と大きく変動していた。6/9 採水の培養試験期間に対応する手賀沼の滞留日数は, 5 日が多く安定していた。7/15 採水の培養試験期間に対応する手賀沼の滞留日数は, 5 日が多く安定していた。8/11 採水の培養試験期間に対応する手賀沼の滞留日数は, 5～25 日と大きく変動していた。

3.3.3 手賀沼の臭気物質濃度

5/19 採水の培養試験期間に対応する手賀沼の各測定地点の 2-MIB 濃度は, 0.10 μg/L 以下であった。6/9 採水の培養試験期間に対応する手賀沼の 2-MIB 濃度は, 0.10 μg/L 以下であった。7/15 採水の培養試験期間に対応する手賀沼の 2-MIB 濃度は, 採水時には 0.10 μg/L 以下であったが, 培養 2 週後に対応する手賀沼の 2-MIB 濃度は 0.10 μg/L 以上に上昇していた。8/11 採水の培養試験期間に対応する手賀沼の 2-MIB 濃度は, 採水時より培養期間中 0.1 μg/L 以上を維持していた。また, 5/19, 6/9, 7/15, 8/11 採水の培養試験期間に対応する手賀沼の各測定地点の Geo 濃度の上昇は見られなかった。

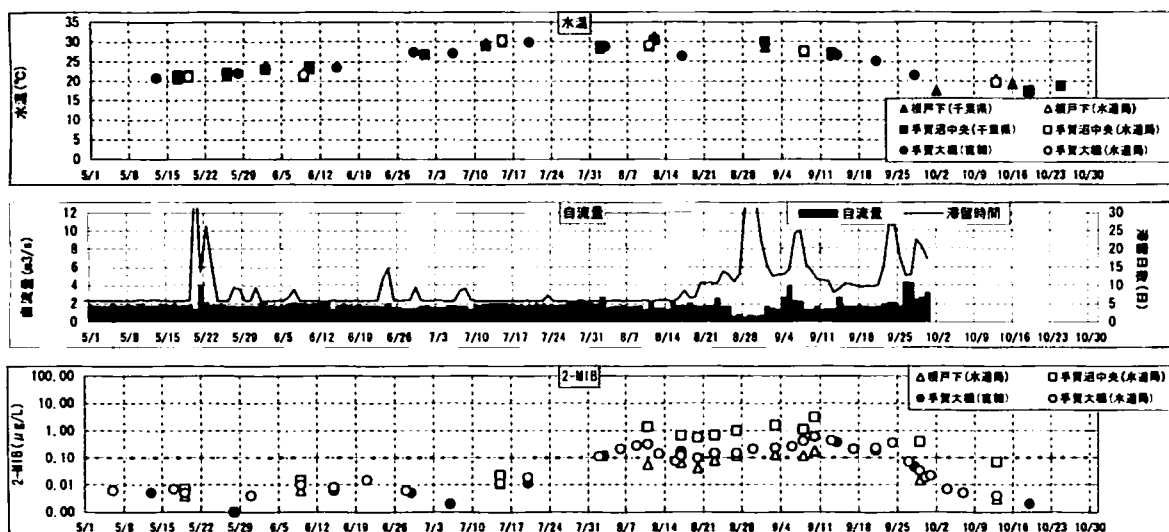


図6 2004 年の春期から夏期における手賀沼の状況調査結果 (水温変化, 滞留時間, 2-MIB 濃度) ²⁾

4 考察

培養試験結果と培養試験期間に対応する手賀沼の各測定地点の水温変化、滞留時間および臭気物質濃度より、以下のことが考えられる。

5/19 採水の培養試験では 30℃の培養条件で培養 12 日後において 2-MIB 濃度の顕著な上昇が示されたが、20℃および 25℃の培養条件では臭気物質は発生しなかった。培養試験期間に対応する手賀沼の水温は 20～25℃であったことから、沼内の 2-MIB 臭気物質産生プランクトンが増殖に適した水温（30℃）でなかったため、2-MIB 濃度が抑制されたと考えられる。

6/9 採水の培養試験では、30℃の培養条件で培養 11 日後、25℃の培養条件で培養 18 日後、20℃の培養条件で培養 22 日後において 2-MIB 濃度の顕著な上昇が示された。培養試験期間に対応する手賀沼の水温は 20～25℃と徐々に上昇していたが、その滞留日数が約 5 日と短く、沼内の 2-MIB 臭気物質産生プランクトンが増殖に要する滞留時間が短かったため、2-MIB 濃度が抑制されたと考えられる。

7/15 採水の培養試験では 30℃の培養条件で培養 19 日後において Geo 濃度の顕著な上昇が示された。培養試験期間に対応する手賀沼の水温は 30～27℃と高い水温であったにもかかわらず、滞留日数が約 5 日と短く、沼内の Geo 臭気物質産生プランクトンが増殖に要する滞留時間が短かったため、Geo 濃度が抑制されたと考えられる。

8/11 採水の培養試験では 30℃の培養条件で培養 5 日後において 2-MIB 濃度の顕著な上昇が示された。培養試験期間に対応する手賀沼の水温は 30～27℃と高く、滞留日数は 5～25 日と大きく変動していたことから、沼内の 2-MIB 臭気物質産生プランクトンの増殖に適した水温および滞留時間となり、2-MIB 濃度が上昇したと考えられる。さらに、室内培養試験条件とは異なり、河川より沼内への増殖に必要な栄養補給が行われることから、2-MIB 濃度の上昇が持続したと考えられる。

一方、25℃の培養条件で培養 16 日後において Geo 濃度の顕著な上昇が示された。培養試験期間に対応する手賀沼の水温は 30～27℃と高く、沼内の Geo 臭気物質産生プランクトンが増殖に適した水温

（25℃）でなかったため、Geo 濃度が抑制されたと考えられる。

5 まとめ

以上のことから、手賀沼中央の表層水を試験検体とした室内培養試験結果と、手賀沼の状況調査結果より、北千葉導水事業の注水運用が手賀沼の臭気物質濃度の抑制に大きな役割を果たしていたことが確認された。

しかしながら、2004 年 8 月の手賀沼の状況のように臭気物質産生プランクトンの増殖速度が滞留時間より早くなる状況になると、沼内の臭気物質濃度を制御できなくなることから、早期の臭気物質産生プランクトン増殖の把握および、その情報をもとにした手賀沼における滞留時間の制御が必要と考えられる。

謝辞

本研究の実施にあたり、試験検体の分与および資料の提供にご協力をいただいた千葉県水道局水質センターおよび国土交通省関東地方整備局利根川下流河川事務所に厚く御礼申し上げます。

文献

- 1) 千葉県水道局：平成 16 年度水質年報（第 29 号）
- 2) 国土交通省関東地方整備局利根川下流河川事務所：北千葉導水事業モニタリング委員会資料（平成 16 年度調査結果）
- 3) 小林廣茂 阿部敏弘 平間幸雄 飯村 晃 小倉久子：手賀沼（2003 年夏期）における臭気物質発生状況の推定、千葉県環境研究センター年報（平成 15 年度）