

であり、0.05℃/年以上の上昇傾向にあるのが1ダム、低下傾向にあるのが1ダムであった。底層水温のBは、-0.10℃/年（Hダム）から0.12℃/年（Lダム）の範囲であり、0.05℃/年以上の上昇傾向にあるのが2ダム、低下傾向のあるのが1ダムであった。表層水温、底層水温ともに0.05℃/年以上の上昇傾向・低下傾向にあるものはなかった。

富栄養化関連項目について、Z値が有意（ $p < 0.05$ ）な施設をみると、表層のクロロフィルa濃度のBは、-0.24 μg/L/年（Kダム）から0.08 μg/L/年（DダムおよびNダム）の範囲であり、20年間で5 μg/L以上の上昇・低下傾向のあるものはなかった。表層の総リン濃度のBは、Aダムが大きな低下傾向を示したが、これは観測初期に大きな値が計測された影響が大きい。それ以外については、-0.33 μg/L/年（Fダム）から0.47 μg/L/年（Iダム）の範囲であり、20年間で5 μg/L以上の上昇を意味する0.25 μg/L/年以上の上昇傾向にあるのが1ダム、低下傾向にあるのが2ダムであった。表層の総窒素濃度のBは、-21.25 μg/L/年（Lダム）から7.92 μg/L/年（Dダム）の範囲であり、20年間で100 μg/L以上の上昇を意味する5 μg/L/年以上の上昇傾向にあるのが3ダム、低下傾向にあるのが4ダムであった。

以上のことから、20ダム貯水池の気温、水温、富栄養化関連項目について、個々では上昇や低下の傾向はみられるものの、共通して水温の上昇や富栄養化が進んでいるというような一定の長期的変動の傾向はみられなかったといえる。

表-1 各ダム貯水池の長期的変動の解析結果

ダム名 (測定期間)		気温	表層水温	底層水温	クロロフィル a濃度	総リン濃度	総窒素濃度
		℃	℃	℃	μg/L	μg/L	μg/L
Aダム (33年8ヵ月)	B	0.01	0.02	-0.03	0.06	-646.45 ↓	0.20
	Z	0.55	1.92	-3.47	5.11	-3.08	0.36
Bダム (18年8ヵ月)	B	0.01	-0.11 ↓	-0.03	-0.03	0.00	-2.00
	Z	0.22	-2.79	-3.56	-1.32	-3.32	-2.25
Cダム (33年1ヵ月)	B	0.06 ↑	0.03	-0.02	0.05	-0.15	0.44
	Z	2.76	3.27	-3.01	3.94	-3.03	0.39
Dダム (32年7ヵ月)	B	0.03	0.00	0.00	0.08	-0.17	7.92 ↑
	Z	1.28	0.35	0.80	4.99	-4.28	8.89
Eダム (10年)	B	0.10	-0.05	-0.07	0.10	0.00	1.29
	Z	0.90	-1.47	-1.19	1.34	0.39	0.34
Fダム (32年8ヵ月)	B	-0.06 ↓	0.00	-0.02	-0.13	-0.33 ↓	1.32
	Z	-2.55	0.39	-1.99	-6.24	-9.18	2.52
Gダム (19年)	B	0.00	-0.01	-0.02	0.04	0.11	-5.78 ↓
	Z	-0.04	-0.82	-1.87	1.44	1.36	-3.39
Hダム (12年)	B	0.07	-0.01	-0.10 ↓	-0.10	0.14	-1.50
	Z	0.70	-0.38	-4.11	-3.27	3.56	-1.52
Iダム (34年)	B	0.06 ↑	0.00	0.04	-0.09	0.47 ↑	-3.49
	Z	3.40	0.38	4.55	-1.36	2.86	-1.29
Jダム (34年)	B	0.03	0.03	0.00	-0.12	-0.20	6.72 ↑
	Z	1.36	3.25	1.13	-4.26	-5.13	6.34
Kダム (32年8ヵ月)	B	0.07 ↑	0.04	-0.01	-0.24	-0.30 ↓	-9.07 ↓
	Z	3.08	4.26	-2.27	-6.03	-5.39	-7.40

Lダム (18年)	B	-0.07	-0.03	0.12 ↑	0.12	0.00	-21.25 ↓
	Z	-1.40	-1.79	6.91	1.50	0.07	-7.40
Mダム (10年)	B	-0.15	-0.05	-0.04	-0.02	0.00	2.00
	Z	-1.88	-1.08	-1.60	-0.08	0.05	1.01
Nダム (26年9ヵ月)	B	0.15 ↑	0.08 ↑	0.03	0.08	0.11	2.75
	Z	5.47	6.26	2.39	6.26	1.11	1.68
Oダム (21年)	B	-0.13	-0.03	-0.03	-0.10	0.00	1.67
	Z	-1.46	-0.43	-0.97	-1.19	0.94	0.45
Pダム (33年5ヵ月)	B	0.03	0.01	0.04	-0.01	-0.08	0.38
	Z	1.90	1.75	3.99	-1.80	-2.55	0.52
Qダム (33年8ヵ月)	B	0.01	0.03	0.03	0.01	0.06	1.86
	Z	1.55	4.94	5.97	1.03	1.87	2.62
Rダム (33年1ヵ月)	B	0.05 ↑	0.02	0.01	0.01	-0.08	3.50
	Z	3.23	-6.45	2.07	0.87	-2.60	3.54
Sダム (8年)	B	0.20	0.18	0.00	0.00	-0.23	-20.88 ↓
	Z	0.86	1.87	0.00	0.04	-0.53	-6.33
Tダム (30年)	B	0.09 ↑	0.04	0.06 ↑	-0.18	-0.14	7.50 ↑
	Z	4.11	3.45	8.29	-2.95	-2.80	4.68

### 3.2 自動観測装置の観測結果の解析

長期間の自動観測装置のデータがある2つのダム貯水池の水温について長期的変動を解析した。Dダムでは、1977年5月から2009年10月までの32年6ヵ月間のデータの長期的変動をみた。各月10日以上欠測がある場合は月平均値を算出しなかった。月平均値を算出し、水深60m地点の水温の変化を示したのが図-1である。12ヵ月分の月平均値がある場合にのみ年平均を算出し、長期的変動をみたところ、1977年から2009年の間に2℃程度水溫が低下していることがわかった。月平均値 (n=282) に関して Seasonal Mann-Kendall 検定を行ったところ、Bは-0.01℃/年、Z値は2.28であり、有意な低下傾向がみられた。

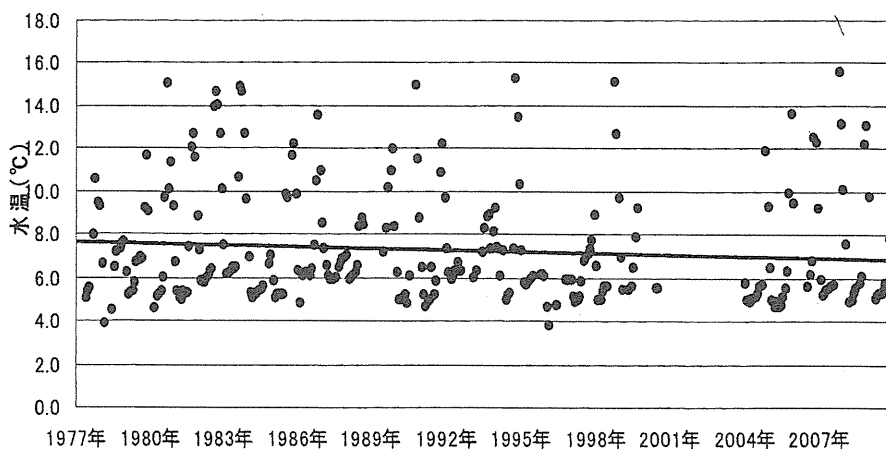


図-1 Dダムの水深60m地点の水溫 (月平均値) の変化

同様に、Fダムでは、1992年1月から2008年12月までの17年間のデータの長期的変動をみた。月平均値を算出し、水深5m地点の水温の変化を示したのが図-2である。12カ月分の月平均値がある場合にのみ年平均を算出し、長期的変動をみたところ、1992年から2008年の間に1℃程度水温が上昇していることがわかった。月平均値 (n=192) に関して Seasonal Mann-Kendall 検定を行ったところ、Bは0.05℃/年、Z値は2.93であり、有意な上昇傾向がみられた。

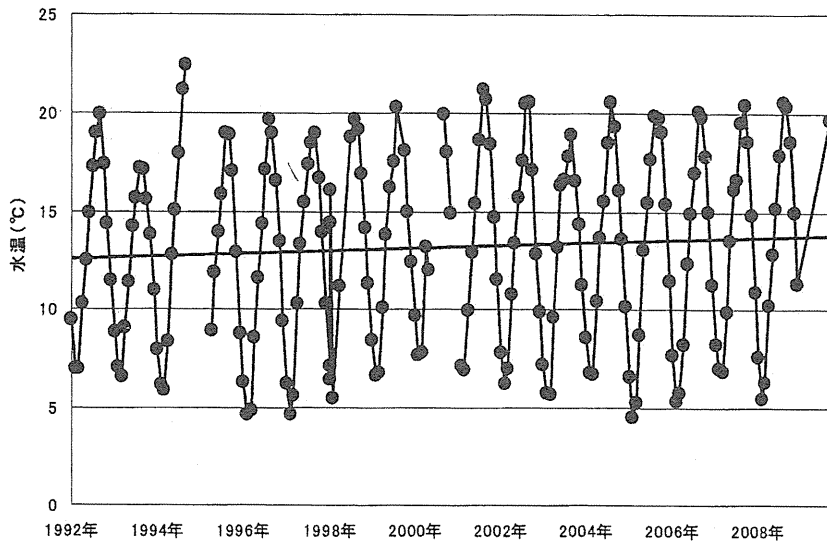


図-2 Fダムの水深5m地点の水溫（月平均値）の変化

4. 結論

水資源機構において長期間にわたって蓄積されている定期調査結果および自動観測結果を用いて、気温、水温および富栄養化関連項目の長期的変動の傾向を解析した結果、以下のことが判明した。

- 1) 各ダム貯水池で月1回測定が行われている定期調査結果について、20のダム貯水池の気温、水温、富栄養化関連項目について、Seasonal Mann-Kendallの方法を用いて、トレンド解析を行ったところ、共通して上昇あるいは低下しているなどの一定の長期的変動の傾向はみられなかった。
- 2) 長期間にわたり詳細な自動観測装置のデータが蓄積されている2つのダム貯水池の水温について長期的変動を解析したところ、Dダムでは有意な低下傾向がみられ、月別の任意の2観測期間の傾きの中央値は-0.01℃/年であった。Fダムでは有意な上昇傾向がみられ、月別の任意の2観測期間の傾きの中央値は0.05℃/年であった。

参考文献

- 1) 独立行政法人水資源機構：平成20年水質年報、2009
- 2) (財)ダム水源地環境整備センター：ダム貯水池水質調査要領（改訂）、1996
- 3) D. R. Helsel and R. M. Hirsch: Statistical Methods in Water Resources, U. S. Geological Survey, Techniques of Water-Resources Investigations Book4, Chapter A3, USDS

キーワード：気候変動、水温、長期的変動、水資源機構、水質調査

Key Words : Climate Change, Water Temperature, Long-Term Trend, Japan Water Agency, Water Quality Survey

東京農業大学応用生物科学部 ○山本隆広、藤本尚志、大西章博、鈴木昌治  
 国土交通省関東地方整備局 尾崎武志  
 国立保健医療科学院水道工学部 岸田直裕、秋葉道宏

Analysis of Community Structure of Picocyanobacteria in Lake Miyagase by Molecular Biological Technique by Takahiro YAMAMOTO, Naoshi FUJIMOTO, Akimiro OHNISHI, Masaharu SUZUKI (Fac. Appl. Biosci., Tokyo Univ. of Agric.), Takeshi OSAKI (Kanto Regional Development Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism), Naohiro KISHIDA and Michihiro AKIBA (Dept. Water Supply Eng., National Institute of Public Health)

### 1. 序論

ピコシアノバクテリアは貧栄養水域における主要な一次生産者であり<sup>1)</sup>、湖沼、貯水池を水源とする浄水場において濁度障害を引き起こすことがある。ピコシアノバクテリアはこれまで、落射蛍光顕微鏡を用いた観察における蛍光の色調により PE-type、PC-type に分けて定量・調査が行われているが、生物相やその季節的变化については明らかにされていない。そこで本研究ではピコシアノバクテリア対策に関する基礎的知見を得ることを目的として宮ヶ瀬湖を研究対象とし、分子生物学的手法を用いてピコシアノバクテリアの群集構造およびその季節変化について解析を行った。

### 2. 実験方法

供試試料は、2010年4月から宮ヶ瀬湖ダム中央より毎月採水した表層水を用いた。採水した試料を孔径5μmのメンブレンフィルターにより5μm以上のナノプランクトンを除去した後、直径47mm、孔径0.2μmのポリカーボネート製メンブレンフィルターにて集菌を行った。集菌したフィルターをファルコンチューブに回収し、ゲノムDNAをCTAB法を用いて抽出した。7月以降の試料については群体形成性のピコシアノバクテリアが存在したため、5μmでろ過しないものについても同様に検討した。

酸素発生型光合成微生物の16S rDNAを増幅させるプライマー106F、789R<sup>1)</sup>を用いてPCRを行った。このPCR産物をTOPO TA クローニングキットを用いてクローニングを行った。形成したコロニーを任意で48個選択し、挿入部分の遺伝子をコロニーPCRで増幅させた。制限酵素HaeIIIを用いたRFLP法にてグルーピングを行った後、サイクルシーケンス法により塩基配列を決定した。RFLP法で分けた1グループを1OTU (Operational Taxonomic Unit) とした。塩基配列決定後FASTA(EBI)により相同性検索を行った。

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 ピコシアノバクテリア細胞数の推移

宮ヶ瀬湖では、PE-typeが主要なピコシアノバクテリアであることが明らかとなった。10<sup>4</sup>~10<sup>5</sup>cells/mLのオーダーで推移し、10月に最大(2.6×10<sup>5</sup>cells/mL・single cellタイプ)となった。

7月から11月の間、細胞サイズが1~2μmの群体形成性のPE-typeが出現した。また、11月、12月は細胞サイズが1μmに満たない群体形成性のPE-typeが出現した。PC-typeについて、9月以降観察した結果、0.3×10<sup>4</sup>~1.6×10<sup>4</sup>cells/mL程度存在することが明らかとなった。

#### 3.2 検出されたクローンの系統解析

OTUはクローン数の多いものから順にM1、M2…と名付けた。すなわち、2010年5月ではMIMAY2010が最もクローン数が多い。本研究で得られたOTUとその近縁種、代表的な*Synechococcus*属等について近隣結合法により系統樹を作成した(図1)。

本研究で検出されたクローン(OTU)は10クラスターに分かれることが明らかとなった。クローン数が多く宮ヶ瀬湖の主要なピコシアノバクテリアと考えられるOTUは、Group H、SAG3.81 clusterに位置づけられることが明らかとなった。

LM I、LM II、LMK I~IIIは既知種と根元から分岐する新規性の高い系統群と考えられた。

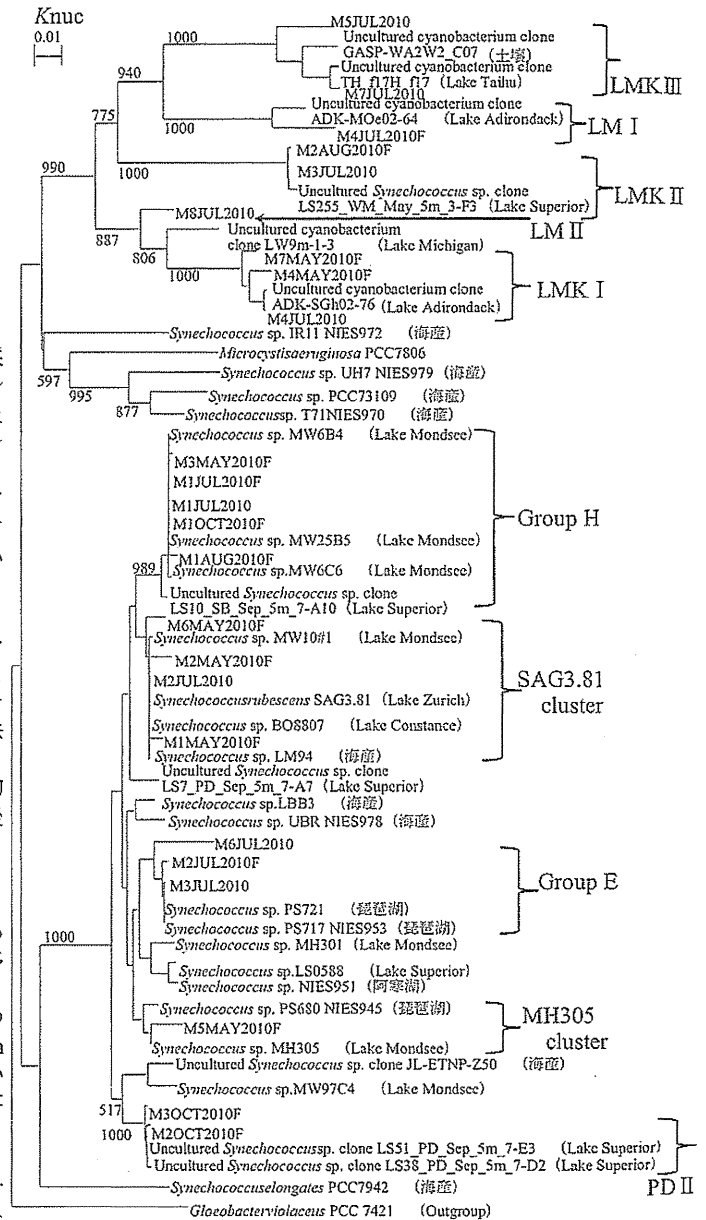


図1 宮ヶ瀬湖から検出されたクローン (OTU) の16S rDNAに基づく系統樹(2010年5、7、8、10月)

約580塩基、5μmフィルターろ過試料から検出したOTUは最後にFをつけている。LM I、LM II: 宮ヶ瀬湖で検出されたクラスター、LMK I~LMK III: 草木湖、宮ヶ瀬湖に共通して検出されたクラスター、PD II: スペリオール湖で報告されたクラスター<sup>1)</sup>

### 参考文献

1) Ivanikova, N. V. et al., *Appl. Environ. Microbiol.*, 73, 4055-4065(2007)

## 分子生物学的手法による草木湖のピコシアノバクテリア群集構造解析

東京農業大学応用生物科学部 ○加藤理奈、藤本尚志、大西章博、鈴木昌治  
 独立行政法人水資源機構 遠本和也、山口茂、吉口進朗  
 国立保健医療科学院水道工学部 岸田直裕、秋葉道宏

Analysis of Community Structure of Picocyanobacteria in Lake Kusaki by Molecular Biological Technique, by Rina KATO, Naoshi FUJIMOTO, Akihiro OHNISHI, Masaharu SUZUKI (Fac. Appl. Biosci., Tokyo Univ. of Agric.), Kazuya ENMOTO, Shigeru YAMAGUCHI, Nobuaki YOSHIGUCHI (Japan Water Agency), Naohiro KISHIDA and Michihiro AKIBA (Dept. Water Supply Eng., National Institute of Public Health)

## 1. はじめに

ピコシアノバクテリアは貧栄養水域における主要な一次生産者であり<sup>1)</sup>、湖沼、貯水池を水源とする浄水場において濁度障害を引き起こすことがある。ピコシアノバクテリアはこれまで落射蛍光顕微鏡による観察における蛍光の色調により、PE-type、PC-type に分けて定量、調査が行われているが、生物相やその季節変化について明らかにされていない。

そこで、本研究ではピコシアノバクテリア対策に関する基礎的知見を得ることを目的として、草木湖を研究対象とし、分子生物学的手法を用いてピコシアノバクテリアの群集構造及びその季節変化について検討を行った。

## 2. 実験方法

2009年6月12日、2010年4月20日、5月24日、6月22日、7月22日、8月24日、10月5日、11月9日、12月7日に草木ダム堰堤直上流の表層より採水した試料を用いた。採水した試料を孔径5 $\mu$ mのメンブレンフィルターによりろ過しナノプランクトンを除去した後、孔径0.2 $\mu$ mのポリカーボネート製メンブレンフィルターにより集菌を行った。集菌したフィルターからフェノール・クロロホルム法によりゲノムDNAを抽出した。酸素発生型光合成微生物の16S rDNA領域を特異的に増幅させるプライマー106F、789R<sup>1)</sup>を用いてPCRを行った。このPCR産物をTOPO TA cloning kitを用いて大腸菌に挿入しコロニーを形成させた。形成したコロニーを任意で48コロニー選択し、挿入部分の遺伝子をコロニーPCRで増幅させた。

制限酵素HaeIIIを用いRFLP法にてグルーピングを行いサイクルシーケンス法により塩基配列を決定した。また、RFLP法で分けた1グループを1 OTU (Operational Taxonomic Unit)とした。塩基配列決定後FASTA(EBI)による相同性検索を行い、OTUとその近縁種、代表的な*Synechococcus*属等について近隣結合法により系統樹を作成した。

## 3. 結果及び考察

## 3-1 ピコシアノバクテリア細胞数の推移

草木湖の主要なピコシアノバクテリアはsingle cellで存在するPE-typeであることが明らかとなった。細胞数は $10^4 \sim 10^5$  cells/mlの間で推移し、10月に最大 $1.2 \times 10^5$  cells/mlとなった。

## 3-2 検出されたクローンの系統解析

OTUはクローン数の多いものから順にKP1、KP2・・・とした。すなわち2010年4月ではKP1APR2010が最もクローン数が多い。本研究で検出されたOTUは7つのクラスターに分かれることが明らかとなった(図1)。

クローン数が多く、草木湖の主要なピコシアノバクテリアと考えられるOTUはMH305 cluster, PD II, LMK I に位置づけられることが明らかとなった。

また LMK I, LMK II, LMK III は、既知種と根元から分岐する新規性の高い系統群と考えられた。

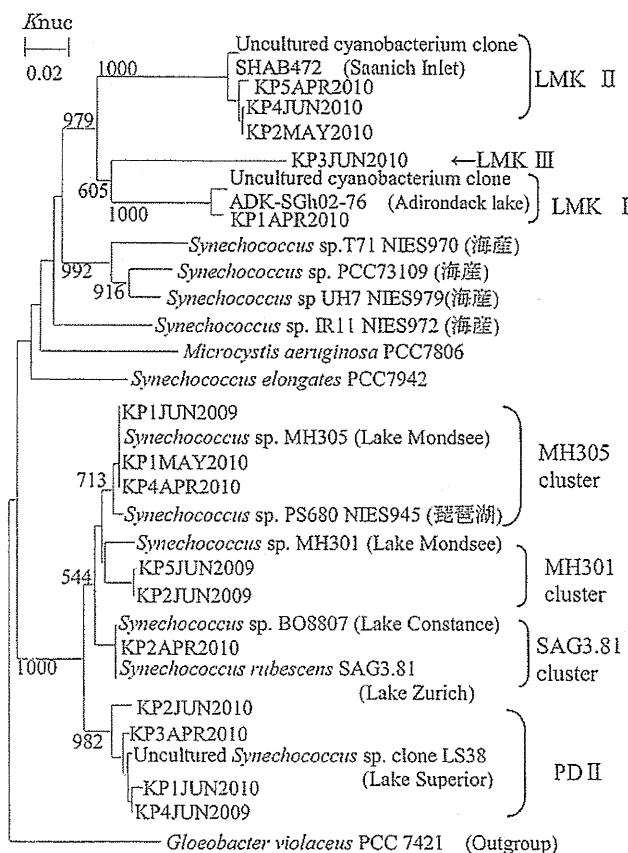


図1 草木湖から検出されたクローン(OTU)の16S rDNAに基づく系統樹(2009年6月、2010年4,5,6月)約580塩基、LMK I～LMK III:草木湖、宮ヶ瀬湖に共通して検出されたクラスター PD II:スペリオール湖で報告されたクラスター<sup>1)</sup>

## 参考文献

- 1) Ivanikova, N. V. et al., *Appl. Environ. Microbiol.*, 73, 4055-4065 (2007)

L and other substances at a high level of concentration near the Katahara Bridge.

There is two livestock farming facilities in the upper stream region of the Katahara Bridge, and the waste water from these facility flowing into the Koayu River is suspected to have caused this contamination.

The Filtration Plant C gets its water from wells and its water quality is influenced by the Tama River. The investigation of the basin of the Tama River was conducted because a large volume of treated water flows into the Tama River from the sewage treatment facility and it was believed to be having a great impact on water quality. Eight substances were detected in the Tama River basin, and were almost the same in both the river water and the discharged water from the sewage treatment facility.

The fact that in all the areas examined, the concentration level of substances detected in the discharged water from the sewage treatment facility was almost the same or higher than that of the river water indicated that the source of the water in the Tama River basin is the water from the sewage treatment facilities.

Water purification test results showed that sulfanitrin could not be removed by chlorination, but it could be removed by powdered activated carbon treatment.

There are some substances which chlorination could not remove sufficiently, but some substances showed more than 60% removal by using powdered activated carbon at a concentration level of 10 mg (dry)/L.

It was conjectured from the result of the above investigation that the residue of these veterinary drugs can be fully removed by the combined application of chlorination and powdered activated carbon treatment.

rainfall in Kitami city reached nearly 15,000 TU (Kaolin turbidity unit), which resulted in the stoppage of water supply in this area for four days, while the average raw-water turbidity in Japan then was approximately 4.4 TU. Treated-water turbidity is one of the most important indexes to evaluate the performance of any water treatment system. In Japan, filtered-water turbidity needs to be kept at less than 0.1 TU to prevent contamination of treated-water with cryptosporidium oocysts. The filtered-water turbidity should be carefully controlled by, for example, discarding the filtered-water in a filter-ripening period after backwash is used. Therefore, it is necessary to consider the adaptation measures in the water treatment system against the sharp increase in raw-water turbidity.

The objective of this study is to evaluate water treatment performance with a sharp increase in raw-water turbidity; this evaluation is carried out from the viewpoint of turbidity response and operation management.

Experimental tests were performed using a pilot-scale plant of sand filtration and membrane filtration with coagulation-sedimentation pretreatment. Two types of coagulants were used in this study, namely, polyaluminum chloride with a basicity of 72% (PACl-72%) and normal PACl with a basicity of 51% (PACl-51%).

When raw-water turbidity was increased from 5 TU to 300 TU by adding kaolin suspension, the settled-water turbidity increased from 1 TU to 10 TU. The turbidity removal ratio of the pretreatment by PACl-72% was almost the same as that by PACl-51%. In sand filtration, the filtered-water turbidity increased from 0.01 TU to 0.05 TU during the filter-ripening period. An increase in the coagulant dosage made the filtered-water turbidity decrease more rapidly and shortened the filter-ripening period. The filtered-water turbidity decreased more rapidly when PACl-72% was used than when PACl-51% was used. In membrane filtration, an increase in the raw-water turbidity did not cause any significant increase in both the filtered-water turbidity and the transmembrane pressure difference. There was no significant difference between the two types of coagulants.

These results showed that, though both filtration techniques did not completely fail, membrane filtration was more robust than sand filtration against a sharp increase in the raw-water turbidity. In sand filtration, an increase in raw-water turbidity has the potential to increase the filtered-water turbidity and to increase the cut-off time of start-up water. However, in a filter-ripening period after backwash, it is important to manage the operation at pretreatment because there is a decrease in turbidity of water inflow into the sand filtration. Controlling coagulant dosage or using PACl-72% improved sand-filtered-water turbidity and shortened the filter-ripening period.

Poster  
Session 2

Poster Session 2

P-11-8

### Experimental Evaluations of Water Treatment System as Adaptations to a Sharp Increase in Raw-water Turbidity Caused by Climate Change, Using a Pilot-scale Plant

Yusei Kobayashi<sup>1</sup>, Masaki Itoh<sup>2</sup>, Toshiro Yamada<sup>3</sup>,  
Michihiro Akiba<sup>2</sup>, Yoshihiko Matsui<sup>4</sup>

<sup>1</sup>HANSHIN Water Supply Authority, Japan, <sup>2</sup>Department of Water Supply Engineering, National Institute of Public Health, Japan <sup>3</sup>Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Gifu University, Japan,

<sup>4</sup>Graduate School of Engineering, Hokkaido University, Japan

The reason for a sharp increase in the raw-water turbidity following heavy rains in Japan could possibly be the effect of climate change on the water supply systems of Japan, which depend mainly on surface water. In 2007, the raw-water turbidity after a heavy

## 27

## ダム貯水池における水質の長期変動の解析

## Long-term trend of water quality in dam reservoirs

福岡女子大学 柳橋泰生

Fukuoka Women's Univ. Yasuo YANAGIBASHI

## 1. はじめに

気候変動による貯水池の水質への影響としては、水温の上昇による藍藻類の増殖、降雨パターンの変化による濁度の上昇等が考えられる。全国のダム貯水池の水質について長期的傾向を把握するため、国土交通省および水資源機構が管理するダム貯水池を対象に表層水温の解析を行った。また、気候変動による降雨パターンの変化によるダム貯水池の濁水長期化の発生頻度等への影響を把握するため、近年において濁水長期化が発生した水資源機構のダム貯水池について、降水量、降水強度、流入水流量と濁水長期化の関係を解析した。

## 2. 研究の方法

## 2.1 全国のダム貯水池の定期水質調査結果の解析

ダム諸量データベース<sup>1)</sup>のデータを用いて、平成5年から20年までのダム貯水池の表層水温の長期的な変化を線形近似により解析した。ダム貯水池では、ダム管理の目的から月1回、水温や水質が測定されている。長期的変動をみるため、ある年で欠測月がある場合は、他の年の同じ月のデータは削除して解析した。ある年で欠測が多い場合は、その年のデータを全て削除した上で解析した。測定時刻に16年間で平均して2時間以上違いがある場合、または、各月の測定日が16年間で平均して15日以上違う場合は、そのダム貯水池のデータは解析対象から除外した。

## 2.2 降水量、降水強度、流入水流量と濁水長期化の關係の解析

水資源機構では、管理するダム貯水池の水質データを平成15年分から水質年報<sup>2)</sup>として公表している。また、それ以前の記録があるダム貯水池もある。水質年報には、濁水長期化現象について濁水発生日、収束日、推定される原因等が掲載されている。なお、濁水とは、ダム貯水池からの放流水が濁った場合を指す。水質年報等に濁水長期化の記録がある全てのダム貯水池について、濁水長期化現象が発生した際の出水データおよび降水データを整理した。出水データはダム諸量データベースの流入量のデータ、降水量は当該ダムに最も近い気象観測所の降水量のデータ<sup>3)</sup>を用いた。台風等における出水量の増加開始時から濁水発生までの流入水量をT、出水時において最も流量が多い日の流入水量をPとし、濁水発生時の貯水位から貯水池水位-容量曲線図<sup>2)</sup>を用いて算出した貯水容量をVとし、ダム貯水池容量に対する流入水量の割合である $T/V$ および $P/V$ を算出し、解析を行った。

濁水発生の閾値となる出水量、降水量を推計するため、濁水長期化現象の発生頻度が高い3つのダム貯水池について、近傍の気象観測所の降雨記録が一定値以上の場合の一連の降水の総量、降水量が最大となった日の降水量、当該降水に対応する出水の総量、最も流量が多い日の流入水量のデータを整理し、濁水発生との関係をみた。

## 3. 結果及び考察

## 3.1 全国のダム貯水池の定期水質調査結果の解析

ダム諸量データベースのデータを用いて、平成5年から20年までのダム貯水池の表層水温の長期的な変化を解析した。長期的な傾向を把握することを目的としたため、平成5年からのデータが掲載されているダム貯水池から2.1に示した条件を満たさないものを除外し、27のダム貯水池について解析を行った。表1お

よび図 1 に各ダム貯水池の 16 年間の表層水温の変化を示した。16 年間で水温が平均 1 °C 以上上昇したダム貯水池は、19 カ所と 7 割を超え、3 °C 以上変化したダム貯水池も 2 カ所あった。緯度の高低による特徴はみられなかった。

表 1 ダム貯水池の表層水温の長期的な変化 (平成 5 年～20 年)

都道府県	ダム名	16 年間の変化 (°C)	都道府県	ダム名	16 年間の変化 (°C)
北海道	桂沢ダム	3.01	長野県	小渋ダム	1.80
岩手県	御所ダム	1.06	岐阜県	丸山ダム	1.21
岩手県	四十四田ダム	0.67	愛知県	矢作ダム	3.38
岩手県	田瀬ダム	0.88	京都府	天ヶ瀬ダム	1.88
岩手県	湯田ダム	-0.79	京都府	高山ダム	-0.50
岩手県	石淵ダム	2.07	奈良県	室生ダム	1.59
秋田県	玉川ダム	1.19	鳥取県	菅沢ダム	2.00
宮城県	鳴子ダム	1.19	高知県	早明浦ダム	1.71
宮城県	七ヶ宿ダム	1.56	愛媛県	野村ダム	1.36
群馬県	奈良俣ダム	-1.63	大分県	松原ダム	0.35
群馬県	矢木沢ダム	0.40	大分県	下笠ダム	1.71
群馬県	藤原ダム	1.04	佐賀県	巖木ダム	2.13
群馬県	相俣ダム	1.13	鹿児島県	鶴田ダム	1.73
長野県	美和ダム	0.38			

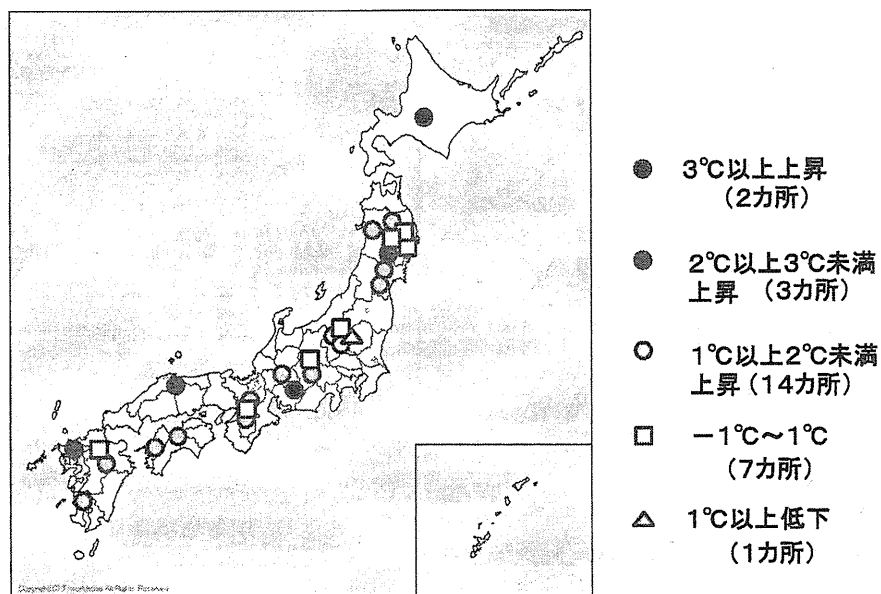


図 1 ダム貯水池の表層水温の長期的な変化 (平成 5 年～20 年)



### 3.2 降水量、降水強度、流入水流量と濁水長期化の関係の解析

水資源機構のダム貯水池では、平成9年以降、放流水の濁水長期化の記録が8つのダム貯水池で計26回あった。そのうち、濁水長期化が発生した原因が台風による大量の降雨と考えられたものが14回、その他の降雨と考えられたものが8回、水位低下による濁水濁水と考えられたものが4回であった。台風およびその他の降雨により濁水長期化が発生した場合について、ダム貯水池容量に対する流入水量の割合である $T/V$ および $P/V$ を算出したところ、 $T/V$ の最小値は6%、中央値は29%、平均値は80%、最大値は607%、 $P/V$ の最小値は4%、中央値は13%、平均値は65%、最大値は587%であり、濁水長期化のイベントごとに大きな差異があった。

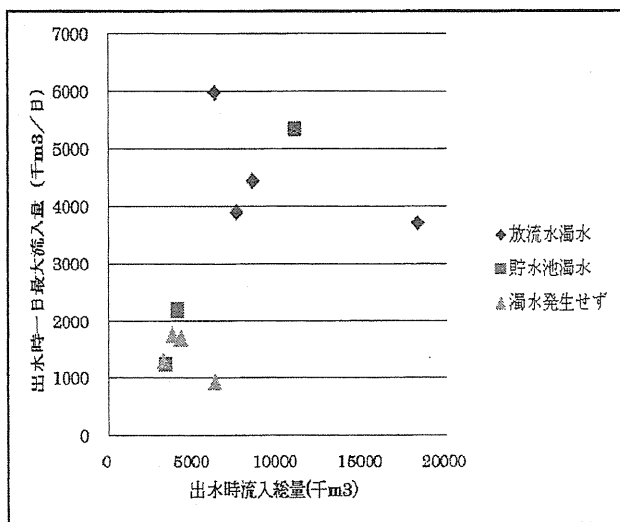


図2 出水時流入総量と出水時一日最大流入量

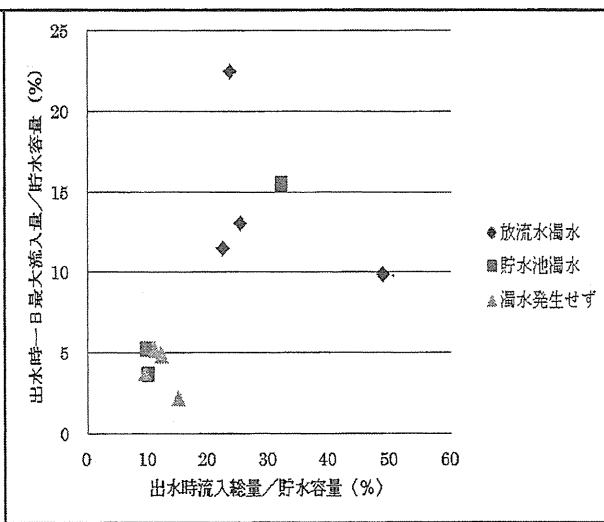


図3 出水時流入総量 (T) / 貯水容量 (V) と出水時一日最大流入量 / 貯水容量

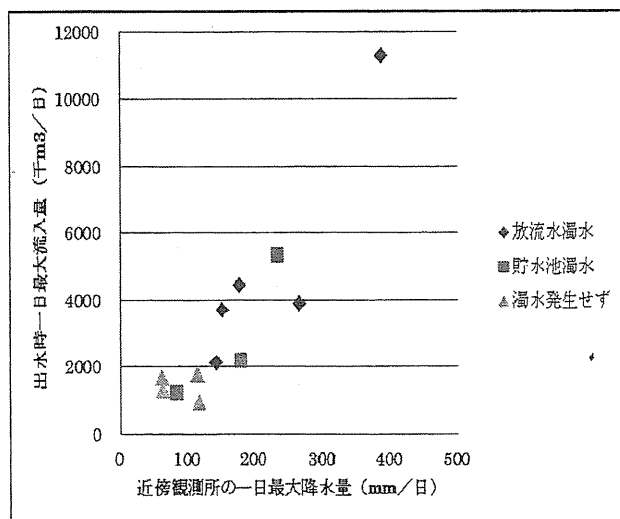


図4 近傍気象観測所の一最大降水量と出水時一日最大流入量

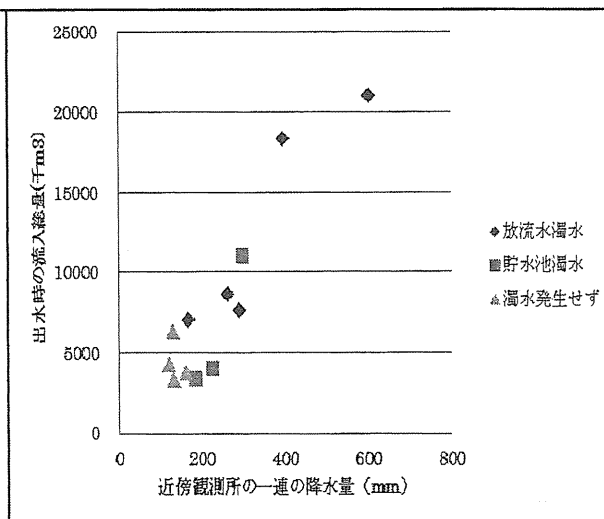


図5 近傍気象観測所の一連の降水量と出水時の流入総量

ダム貯水池の特性や選択取水設備の機能等により濁水発生メカニズムが異なることが考えられたため、濁水長期化現象の発生頻度が高い3つのダム貯水池について出水による濁水発生に関して個別に詳しく解析した。濁水の発生メカニズムとしては、出水時の濁水の流入により、まず貯水池が濁り、それが大規模で全

層に及ぶような場合は、放流水の選択取水設備が設置されているときでも、放流水が濁るということが考えられる。ダム諸量データベースに掲載されている濁度データにより、放流水が濁っていないが貯水池が濁っている場合を貯水池濁水と定義して解析対象とした。近傍の気象観測所の降雨記録が一定値以上の場合の一連の降水の総量、降水量が最大となった日の降水量、当該降水に対応する出水の総量、最も流量が多い日の流入水量のデータを整理し、放流水濁水および貯水池濁水の発生との関係をみた。

図2は、3つのダム貯水池の中のあるダム貯水池の出水時の流入水量と濁水発生の関係を示したものである。横軸が一連の出水時の流入水の総量、縦軸がピーク日の流入量である。図3は、他のダム貯水池との比較を可能にするため、貯水池容量で除し標準化を行ったものである。放流水濁水が発生した場合と濁水が発生しなかった場合では差異があるのが認められ、 $T/V$ が20%、 $P/V$ が7%程度のところに閾値があると考えられ、濁水発生の目安となる出水量を設定する根拠が得られた。また、図4および図5は、近傍の気象観測所における降水量を横軸、出水時の流入水量を縦軸においたもので、ほぼ線形の関係がみられた。

以上のことから、ダム貯水池ごとに、降水強度がどの程度になれば放流水濁水が発生するかを予測することは可能と考えられた。他の2つのダム貯水池についてもおおむね同様の関係がみられた。

#### 4. 結論

気候変動による水源水質の変化として注目されるものとして、水温の上昇による藍藻類の増殖、降雨パターンが変化することに伴う濁度の上昇等がある。これまでに大量に蓄積されているダム貯水池のデータを用いて、表層水温および濁水長期化について解析した。

- (1) ダム諸量データベースのデータを用いて、平成5年から20年までのデータがある(欠測年がある場合もある。)全国27のダム貯水池の表層水温の長期的な変化を解析した。この結果、16年間で水温が平均1℃以上上昇したダム貯水池は、19カ所と7割を超え、3℃以上変化したダム貯水池も2カ所あった。
- (2) 濁水について、強雨強度、出水時の流入水量、濁水長期化の発生の関係を、これまでに濁水長期化の発生の記録がある水資源機構管理のダム貯水池でとられたデータをもとに解析した。この結果、出水量と放流水の濁水発生の有無には一定の関係があり、大きな出水の場合に放流水濁水が発生することが認められ、濁水が発生する目安となる出水量を推定することができた。また、近傍の気象観測所における降水量と出水時の流入水量は、ほぼ線形の関係がみられた。このことから、降水強度から放流水濁水の発生を予測することが可能と考えられた。今後は、気候変動による降水パターンの変化のデータとあわせ、濁水発生の将来予測を行い、濁水発生時の水道施設(浄水場等)での適応策を取る際の基礎資料とする予定である。

**謝辞** 本研究は、厚生労働科学研究費補助金(健康安全・危機管理対策総合研究事業)「気候変動に対応した飲料水管理手法の開発に関する研究」の一環として実施したものである。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省: ダム諸量データベース、<http://www2.river.go.jp/dam/>
- 2) 水資源機構: 水質年報、平成15年～平成21年
- 3) 気象庁: 過去の気象データ検索、<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>

**キーワード**: ダム貯水池、気候変動、水温、濁度、降雨

**Key Words**: Dam Reservoir, Climate Change, Water Temperature, Turbidity, Rainfall

