

地球温暖化が水環境に与える影響評価と適応策に関する研究

水質チーム 上席研究員 岡本 誠一郎
主任研究員 對馬 育夫
研究員 金子 陽輔

【要旨】

地球温暖化が水環境に与える影響は徐々に顕在化しており、大幅な温室効果ガス排出削減を直ちに行っても、今後少なくとも 20 年間は地球温暖化を伴う気候変動が進行すると予想されている。そのため、温暖化影響の緩和策とともに適応策の検討が重要であり、精度の高い影響予測に基づく適応策の評価と、その実施に向けた取り組みが必要となっている。本研究では、気候変動が水環境に与える影響を検討するための諸条件について検討するとともに、霞ヶ浦湖水を用いた微生物解析を行った。その結果、流入水質データは回帰式やL-Q式を用いて流入水質濃度の境界条件を作成するか、流域水循環モデルを利用した流入水質の予測や土砂生産モデル等を利用した方法が考えられた。また、次世代シーケンサーを用いた藻類モニタリング手法の開発では、プライマーの設計とDNA抽出効率が今後の開発の課題であった。

キーワード：地球温暖化、湖沼・貯水池、水質モデル、藻類モニタリング、文献調査

1. はじめに

地球温暖化が水環境に与える影響は徐々に顕在化しており、大幅な温室効果ガス排出削減を直ちに行っても、今後少なくとも 20 年間は地球温暖化を伴う気候変動が進行すると予想されている¹⁾。そのため、温暖化影響の緩和策とともに適応策の検討が重要であり、精度の高い影響予測に基づく適応策の評価と、その実施に向けた取組が必要となっている。平成 27 年 11 月、「気候変動の影響への適応計画²⁾」が閣議決定され、これに伴い、国土交通省が「国土交通省気候変動適応計画³⁾」を公表し、実施予定の適応策について整理した。気候変動による地球温暖化が生じる場合、気温上昇に伴う表層水温の上昇、湖沼の温度分布の変化、生物反応や物理化学反応速度の変化、降雨量や降雨パターンの変化に伴う湖沼流入負荷量や水量の変化が予想されるが、気候変動に伴う湖沼の水質変化を定量的に示した研究は少ない。

これまで水質チームでは、本課題の先行研究にあたる『地球環境の変化が河川湖沼水質に及ぼす影響に関する調査(H21～H25)』の中で、地球温暖化に伴う水温の上昇が湖沼における NO₃⁻の上昇、藻類種の変化(珪藻→藍藻)を引き起こす可能性を、IBox モデルを作成することにより導き出した。しかしながら、土地利用や降雨パターンの変化を検討するには、より詳細な検討ができる水質モデルを利用し検討する必要がある。本研究では、水環境における地球温暖化の影響予測の精度向上を目指し、流域における適応策とその効果、優先度を評価することを

目的とし、地球温暖化が湖沼や貯水池等の水環境に与える影響とその適応策について検討する。H27 はダム貯水池を対象とした既往の水質モデル(WEC モデル、ELCOM-CAEDYM、CE-QUAL-W2)について特徴を整理し、それぞれのモデルが、「洪水規模・頻度の増加による濁水長期化」、「流入負荷の増加による富栄養化」について、出水時の流量増加と、その際に起こる水質の変化に大きく影響されることを確認した。

また、気候変動に伴い、藻類の異常増殖の発生頻度の増加が懸念されている。湖沼水質を把握する上で、藻類等の植物プランクトンを定性・定量することは非常に重要である。藻類の中にはカビ臭物質や毒性物質を生産するものもあり、水の安全性確保の観点からもダム貯水池における藻類のモニタリングは非常に重要であるが、検鏡による同定は困難で対応できる技術者も限られている。厳しい財政状況や省力化の観点からも、効率的なモニタリング手法の構築が急務となっており、DNA塩基配列に基づく解析手法の確立が将来のダム貯水池の管理に有効であると考えられる。

今年度は、気候変動が水環境に与える影響を計算するにあたり検討が必要不可欠となるモデルや対象、境界条件、流入水質データの与え方について検討した。また、霞ヶ浦湖水を用い、光学顕微鏡を用いた藍藻類(Cyanobacteria 門)の形態による同定法と次世代シーケンサーを用いた 16S rRNA 遺伝子配列に基づく微生物分類を行い、比較した。

2. モデルの検討

2.1 対象とするフィールドごとの文献調査

気候変動に関する湖沼・貯水池での既往研究を、仮想の貯水池、複数の実貯水池、1つの実貯水池を対象としていた研究について、分類し整理した。

2.1.1 仮想貯水池を用いた研究

志田ら⁴⁾は、鉛直2次元の数値計算モデルMECモデルを用いて、地球温暖化による仮想の閉鎖性水域における水温を、全球を対象に、近未来5年分および将来予測(2046-2050年)を行った。その結果、密度勾配が大きい値となる地域が拡大し、乾燥帯地域においては広範囲で深刻な水不足が示唆された。また、気候変動による閉鎖性水域水温へ影響が最も大きい地域は北欧、モスクワ付近、カスピ海周辺、北アメリカ大陸北東部で、密度勾配値の上昇が見込まれた。

佐藤ら⁵⁾は、仮想的な湖における内部のみを考慮した鉛直一次元モデルを用いて、温暖化の影響を受けやすい因子について検討した。彼らは、GCMモデル等の出力値を用いず、シナリオの形で、気温は1-3°Cの上昇、流量は2割前後の増減を与えた。その結果、温度上昇による影響では、湖内のDO濃度が減少し、T-COD濃度が増加することが推定された。また、流入水中の窒素、リン濃度が一定で、流量のみが増加した場合は、湖の各水質はほとんど変化しないが、流入水の各濃度が変動する場合は、湖沼の各水質は大きく変動することを示した。

2.1.2 複数の実貯水池を用いた研究

梅田ら⁶⁾は、国内37箇所のダム貯水池を対象とし、鉛直1次元モデルを用いた、現況、今世紀半ば、今世紀末を想定した20年3期間の水質変化を検討した。その結果、全国的に、将来の年平均表層Chl-a濃度が増加する可能性が示され、特に東日本で富栄養湖が増加する傾向が示された。

また、国総研⁷⁾は、耶馬溪ダム、釜房ダム、寒河江ダム、早明浦ダムについて、水利用モデル、流出解析モデルと水質モデルを構築し、これらのモデルに、気候変動の予測データを入力することにより、ダム貯水池における気候変動の影響をまとめた。その結果、どの気候変動シナリオでも、水温が上昇するも、下流への温水放流に関してはダム貯水池ごとに傾向が異なっていた。また、藻類の増殖は、増殖期間が早期化、長期化するも、検討した4ダム貯水池において、顕著に増加する傾向にはならなかった。

2.1.3 単一実貯水池を対象に詳細な検討をした研究

崔ら⁸⁾は、3次元モデル(ELCOM-CAEDYM)を用いて、浦山ダムにおける現況と将来の9ヶ年2期間の計算を実施して、地球温暖化によるダム貯水池の水質変化について詳細に検討した。地球温暖化による与条件としては、気象(気温、湿度、日射量、雲量、風速、降水量)と流入量を考慮し、これに応じた流入条件も既存の回帰式やL-Q式を基に変化させた。その結果、貯水池の変化としては、水温が上昇、成層が強固になる傾向と、出水頻度・規模の増加による濁水長期化、Chl-aが低下する可能性を予測した。

谷ら⁹⁾は、ボリビアのトゥニ貯水池を対象に、水温解析モデルを構築し、気候変動による水質影響を評価した。将来の気象条件には、GCMの出力結果を用いており、計算期間は現在(1994-2003年)と将来(2090-2099年)の各10年間について計算した。その結果、温暖化により流域内の氷河が消失した後は、トゥニ貯水池への年間総流入量が減少する見込みとなった。また、水温解析モデルによる計算結果では、現在と将来のトゥニ貯水池内の水温を比較すると、将来条件の方が成層化は弱まる傾向が得られた。

2.2 対象フィールド別の検討項目の整理

気候変動に関する対象フィールドの抽出条件について整理した。

2.2.1 仮想貯水池を用いた研究

仮想貯水池における計算を行う場合、i) 貯水池条件、ii) 気候変動の影響として考慮する境界条件、iii) ダム運用、iv) モデルのパラメータ、v) 気候変動シナリオと時期、vi) 水質保全施設の有無等について検討する必要があると考えられる。仮想貯水池を用いる場合、モデルの検証計算は別の貯水池で複数行うことが望ましい。またi) 貯水池条件、iii) ダム運用、iv) モデルパラメータについても検討すべき項目となる。このことから、計算ケース数は数千~数万ケースまで広がる可能性があり、計算量が膨大となる。検討する水質項目を1-2項目に限定する、簡易なモデルを使用する等の手法を選択する必要がある。

2.2.2 複数の実貯水池を用いた研究

多数の貯水池を対象フィールドとして用いる場合には、i) 対象貯水池・貯水池数、ii) 気候変動の影響として考慮する境界条件、iii) 気候変動シナリオと時期、iv) 水質保全施設の有無等について検討する必要があると考えられる。モデルの検証計算は各貯水池で行えるが、モデルの検証期間は水質保全施設がない期間に設定することが望

ましい。また、モデルのパラメータについては各貯水池で調整するか、統一的に調整するかは議論の余地がある。計算ケース数は対象とする貯水池数に応じて大きく変わると考えられ、数十～数百ケースと考えられる。多数の実貯水池計算を行うことで、様々なダムの特徴を捉えた計算を実施できることから、対策の適用性について確度の比較的高い検討が可能と考えられる。しかし、計算量が膨大となることも想定される場合には、検討する水質項目を1、2項目に絞ることや、簡易なモデルを使用するなど対応を取らざるを得ない。

2.2.3 単一実貯水池を対象に詳細な検討をした研究

1つの貯水池を対象とした場合には、i) 対象貯水池・貯水池数、ii) 気候変動の影響として考慮する境界条件、iii) 気候変動シナリオと時期、iv) 水質保全施設の有無等について検討する必要があると考えられる。モデルパラメータは検証計算時にキャリブレーションしたものを使用できるため、計算ケース数は数十ケースに留まるものと考えられる。1つの対象貯水池の計算では、気候変動に係る境界条件の設定を詳細に行うことや、検討項目を多くするなど、他の検討すべき要素に注力できると考えられる。しかし、対象貯水池の特性による影響が大きく含まれてしまう可能性があり、水質保全対策等の検討において他ダムでの適用性が不明であることが大きな課題である。

2.3 境界条件について

本研究において鉛直2次元モデルを使用する場合、境界条件を詳細に設定した気候変動に伴う水質予測計算を行うことが必要と考えられる。考慮する境界条件とその設定方法は水質モデルの使用や検討対象フィールドの現地状況によって変化する。ここでは、気象条件・流入条件等を詳細に設定する場合に、必要と考えられる境界条件の項目とその設定上の留意点について整理する。

2.3.1 気象データ

気候変動による閉鎖性水域の変化を捉える上で、水質モデルに必要な基本的な境界条件(気象項目)は、気温・気圧・湿度・風速・雲量・日射量等が考えられる。

気候変動の影響を把握するうえで、全球気候モデル(GCM)の出力値を使用する必要がある。ダウンスケーリング手法として、力学的ダウンスケーリングと統計的ダウンスケーリングがあるが、どちらもバイアス補正を行い現地条件に合った値を用いなければならない点で差はない。また前者を用いることで得られる気象項目もあるので、水質モデルに必要な気象項目についてそれぞれ手

法を検討する必要がある。

2.3.2 流量データ

貯水池内の水質変動を詳細に把握するためには、流入量の時間データを用いた計算が必要と考えられる。流入量の時間データを得るには、気候モデルで出力しバイアス補正した降水量データ(時間データ)を用いて流出解析を行う必要がある。また融雪の多い地域では、積雪も考慮した流出計算モデルを適用する必要があると考えられる。

2.3.3 流入水質データ

気候変動として考慮する流入水質は、気温や流量変化に応じて変化する流入水温、流入SS、その他流入水質(DO、COD、I-N、O-N、I-P、O-P等)が考えられる。既往の研究では、回帰式やL-Q式を用いて流入水質濃度の境界条件を作成している場合が多い。観測値を用いているため、気候変動により流域に大きな変化が生じない場合には利用できるものと考えられる。また、回帰式やL-Q式を使わない手法として、流域水循環モデルを利用した流入水質の予測や土砂生産モデル等を利用した流入SSの予測がある。いずれも流域モデルの構築が必要であり、流域条件の設定等を検討する必要がある。

3. 藻類モニタリングについて

3.1 サンプル

本研究では、霞ヶ浦湖水(平成27年12月採取)を対象に、光学顕微鏡を用いた形態による同定法と次世代シーケンサーを用いた16S rRNA 遺伝子配列に基づく微生物分類を行い、それぞれの結果を比較した。

3.2. 分析方法

3.2.1 光学顕微鏡を用いた藻類同定

湖水2Lから、光学顕微鏡を用い、「平成28年度版河川水辺の国勢調査マニュアル【ダム湖版】¹⁰⁾」に基づき、藻類の同定・定量作業を行った。なお、糸状体、群体を形成する藻類については、糸状体数、群体数を合わせて計測した。

3.2.2 次世代シーケンサーを用いた解析

湖水2Lを0.2 μm フィルターでろ過し、フィルター残留物を、Extrap Soil DNA Kit Plus ver.2(日鉄住金環境)を用いてDNAを抽出した。抽出したDNAを鋳型として真正細菌の16S rRNA 遺伝子領域を標的としたプライマー(S-D-Bact-0341-b-S-17およびS-D-Bact-0785-a-A-21)¹¹⁾にオーバーハングアダプター配列を付加したのを用い、PCR増幅を行った。PCR反応条件は初期変性を95°Cで3

分行った後、95°Cで30秒、55°Cで30秒、72°Cで30秒のサイクルを25サイクル行った。PCR増幅産物はAMPure XP kit(Beckman Coulter Genomics)を用いて精製した。DNAシーケンシングにはMiseq reagent Kit v3(600サイクル、Illumina)を用いて解析した。解析で得た各リードの塩基配列のキメラチェックはUSEARCH¹²⁾を用い、Operational Taxonomic Unit (OTU)-picking およびクラスタ解析はQIIME¹³⁾を用い、97%以上の相同性を持つ配列をOTUとした。各OTUの同定にはGreengenesデータベース ver. 13_8をリファレンスとした。

3.3 結果と考察

3.3.1 光学顕微鏡を用いた藻類同定

光学顕微鏡を用いた藻類同定結果、真正細菌Cyanobacteria門 Oscillatoriales 属(ユレモ属)に分類される *Oscillatoria planctonica* およびPhormidium属に分類される *Phormidium tenue* がそれぞれ275 cells/mL、352 cells/mL 検出され、それ以外の藍藻綱は検出されなかった(表1)。これらは、鞘の有無や鞘の形状、鞘内のトリコーム(細胞糸)の数、トリコームや細胞の形態によって細分されている¹⁴⁾。また、*Phormidium tenue* は、カビ臭原因物質である2-MIBを産生する種を含んでいることが広く知られている¹⁵⁾。一方、真核生物であるクリプト藻綱、渦鞭毛藻綱、黄金色藻綱、珪藻綱、緑藻綱に含まれる種は、20-1,600 cells/mL 程度存在していた。

表1 光学顕微鏡を用いた藻類同定定量結果

No.	綱	目	科	種名	磯ヶ浦 2015年12月 (Cells/mL)	
1	藍藻綱	ネンジュモ目	ユレモ科	<i>Oscillatoria planctonica</i>	275	
2				<i>Phormidium tenue</i>	352	
3		クリプト藻綱	クリプトモナス目	クリプトモナス科	<i>Cryptomonas</i> spp.	320
4					<i>Peridinium</i> spp.	50
5		渦鞭毛藻綱	ベリディニウム目	ベリディニウム科	<i>Chrysococcus rufescens</i>	340
6					<i>Cyclotella atomus</i>	320
7		中心目	タラシオンシラ科	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	360	
8				<i>Cyclotella stelligera</i>	150	
9				<i>Stephanodiscus minutulus</i>	230	
10				<i>Aulacoseira ambigua</i>	1,310	
11				<i>Aulacoseira distans</i>	980	
12				<i>Aulacoseira granulata</i>	1,560	
13				<i>Melosira varians</i>	30	
14				珪藻綱	メロシラ科	<i>Asterionella formosa</i>
15	<i>Fragilaria tenera</i>					275
16	羽状目			ディアトマ科	<i>Fragilaria vaucheriae</i>	352
17		<i>Synedra acus</i>	320			
18		ナヴィクラ科	<i>Navicula cryptocephala</i>	50		
19			<i>Navicula gregaria</i>	340		
20		ニツシア科	<i>Nitzschia acicularis</i>	320		
21			<i>Nitzschia holstata</i>	210		
22			<i>Nitzschia palea</i>	360		
23			<i>Nitzschia</i> spp.	150		
24		緑藻綱	ボルボックス目	クラミドモナス科	<i>Chlamydomonas</i> spp.	230
25					<i>Chlorogonium elongatum</i>	1,310
26	クロロコクム目		クロロコクム科	<i>Schroederia setigera</i>	980	
27				<i>Tetraedron caudatum</i>	1,560	
28			<i>Tetraedron trigonum</i>	30		
29			<i>Lagerheimia genevensis</i>	40		
30			オオキステイス科	<i>Monoraphidium contortum</i>	20	
31				<i>Monoraphidium minutum</i>	680	
32			セネデスムス科	<i>Oocystis crassa</i>	320	
33				<i>Coelastrum microporum</i>	350	
34		<i>Crucigeniella crucifera</i>		220		
35		<i>Scenedesmus acuminatus</i>		150		
36	<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	60				
37	<i>Scenedesmus denticulatus</i>	50				
38	<i>Scenedesmus quadricauda</i>	150				
39	<i>Scenedesmus spinosus</i>	30				
40	ホシムドリ目	ツツミモ科	<i>Tetrastrum elegans</i>	60		
41			<i>Closterium aciculare</i>	110		
42	総細胞数 (Cells/mL)				15,254	

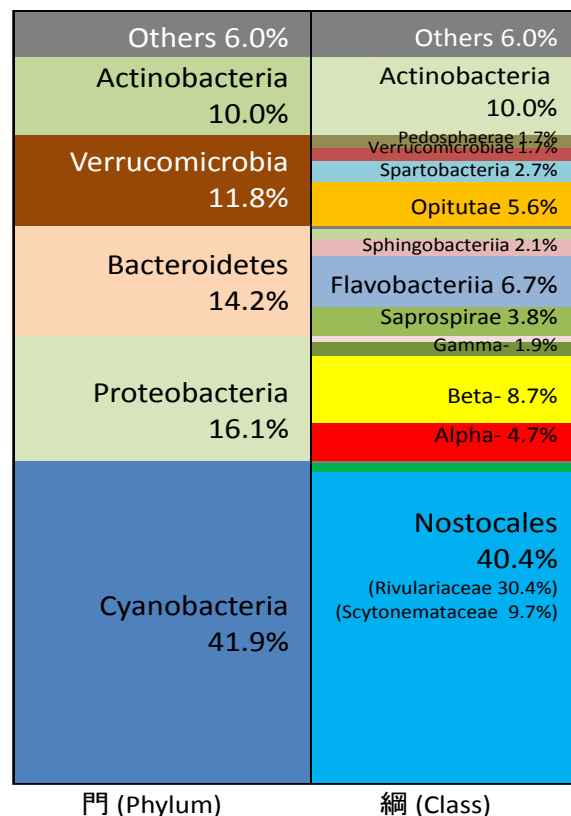
3.3.2 次世代シーケンサーを用いた解析

現在、真核生物あるいは植物プランクトンを網羅的に検出するユニバーサルプライマーは存在しないため、本研究では、真正細菌の16S rRNA 遺伝子を幅広く増幅することができるユニバーサルプライマーを用いることとした。

図1に、次世代シーケンサーを用いた菌叢解析結果を示す。抽出されたDNAサンプルから約15万リードの塩基配列を得ることができた。その結果、真正細菌については、5つの門に大別することができた。そのうち、Cyanobacteria門が約40%と一番大きな割合を占めており、次いで、Proteobacteria門(16%)、Bacteroides門(14%)、Verrucomicrobia門(12%)、Actinobacteria門(10%)の順であった。

光学顕微鏡を用いた際のCyanobacteria門の検出状況を比較すると、Cyanobacteriaのうち、Nostocales目(ネンジュモ目)に含まれる細菌に分類される *Calothrix desertica* および *Scytonema hofmanni* がそれぞれ31.6%、8.6%検出された。また、カビ臭生産に関与する可能性の高い Oscillatoriales 目 Phormidiaceae 科に分類される細菌が0.13%検出された。また、アオコ原因藻類である Pseudanabaenaceae 科に含まれる細菌は0.17%検出された。顕微鏡観察で同定された *Oscillatoria planctonica* および

図1 次世代シーケンサーを用いた微生物解析結果



Phormidium tenue は、本研究で用いたデータベースからは検出されなかった。次世代シーケンサーでの検出率が自然界中の存在量を反映しているわけではない点に留意する必要があるが、*Calothrix desertica* および *Scytonema hofmanni* がそれぞれどちらかに対応しているものと思われる。光学顕微鏡では形態上分類が困難な場合において、DNA に基づく分類は客観的でより細かな分類を可能とする。しかしながら、本研究では、光学顕微鏡で同定・定量されていた種が、遺伝子を基に定量すると、別属(あるいは別科)に分類されることが示唆された。すなわち、光学顕微鏡で同定される種の中には分類しきれず別種のものも含んでいる可能性が考えられた。

一方、次世代シーケンサーを用いた場合は、顕微鏡観察では同定できない他の門について容易に同定することが可能である。本実験では、Actinobacteria 門において、カビ臭生産に関与すると思われる Streptomycetaceae 科に含まれる細菌が 0.01% とわずかに検出された。また、Actinomycetales 目 ACK-M1 科に分類される細菌が 7.1% 検出された。この細菌は、物理、化学および生物学的なパラメータの異なる淡水および弱塩水環境(weakly oligosaline lake)に幅広く存在することが報告されている¹⁶⁾。

3.4 今後の課題

藻類のモニタリングに DNA を用いる利点として、簡便さと迅速さが挙げられる。さらに、次世代シーケンサーを用いることで、一度に多数のサンプルを並列解析することが可能となり、大幅な時間短縮が可能となる。今後の課題としては、藻類のうち、藍藻類だけが真正細菌に属し、その他が真核生物であるため、同定に用いる DNA 保存領域が異なることから、別々のプライマーを開発・使用しなければならない点が挙げられる。また、藍藻類や珪藻類は細胞壁がその他の細菌や植物プランクトンに比べ強固で頑丈なため、DNA 抽出が困難で、DNA 抽出効率が低い。そのため、それぞれの種の DNA 抽出効率の違いが、検出割合に大きな影響を与えると考えられ、光学顕微鏡では検出が可能な藻類も次世代シーケンサーでは検出されない、あるいは、検出率が低下するといったことも考えられる。したがって、一度に全藻類を対象として増幅可能なプライマーを設計すること、種間で DNA 抽出効率に差がでない DNA 抽出方法を開発することが期待される。また、これまで蓄積された光学顕微鏡を用いた定量結果との比較方法においても慎重な検討が必要だと考えられる。

4. おわりに

本研究では、気候変動が水環境に与える影響を検討するための諸条件について検討するとともに、霞ヶ浦湖水を用いた微生物解析を行った。その結果、気候変動の検討には、複数の実貯水池を対象に、鉛直 2 次元モデルを構築する場合、流入水質データは回帰式や L-Q 式を用いて流入水質濃度の境界条件を作成するか、流域水循環モデルを利用した流入水質の予測や土砂生産モデル等を利用する方法が考えられる。いずれも流域モデルの構築が必要であり、流域条件の設定等の大きな作業が生じるものと推察される。また、次世代シーケンサーを用いた藻類モニタリング手法の開発には、プライマーの設計と DNA 抽出効率が今後の開発の鍵となるだろう。また、次世代シーケンサーを用いたモニタリング結果と従来の光学顕微鏡の結果のギャップを埋める手法についても検討する余地がある。

参考文献

- 1) IPCC (2007) Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976.
- 2) 環境省(2013)気候変動の影響への適応計画、<http://www.env.go.jp/press/files/jp/28593.pdf>
- 3) 国土交通省(2013)国土交通省気候変動適応計画 <http://www.mlit.go.jp/common/001111532.pdf>
- 4) 志田孝之、風間聡、山本潤(2009)気候変動による湖沼の水温躍層の変化、地球環境研究論文集、17、23-28.
- 5) 佐藤研三、花木啓祐、松尾友矩(1995)地球環境温暖化による湖沼水質の変化のモデルによる評価、地球環境シンポジウム講演集、3、299-306.
- 6) 梅田信、落合雄太(2012)気候変動による国内のダム子水質への影響評価、土木学会論文集 G(環境)、68(5)、127-135.
- 7) 国土交通省国土技術政策総合研究所(2015)気候変動によるダム貯水池の水質への影響に関する研究、国土技術政策総合研究所資料、856
- 8) 崔貞圭、矢島啓、谷口健司、馬籠純(2014)浦山ダムにおける気候変動に伴う長期間の将来水質予測、土木学会論文集 B1(水工学)、70(4)、1633-1638.
- 9) 谷慧亮、梅田信、朝岡良浩、山崎剛(2014)アンデス高地の貯水池における水温変化特性に関する研究、土

木学会論文集 B1(水工学)、70(4)、1627-1632.

- 10) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課(2016)河川水辺の国勢調査基本調査マニュアル(ダム湖版)
<http://mizukoku.nilim.go.jp/ksnkankyo/mizukokudam/system/manual.htm>
- 11) Klindworth A., Pruesse E., Schweer T., Peplles J., Quast C., Horn M., Glöckner F. O. (2013) Evaluation of general 16S ribosomal RNA gene PCR primers for classical and next-generation sequencing-based diversity studies, *Nucleic Acids Research*, 41, 1-11.
- 12) Edgar R. (2010) Search and clustering orders of magnitude faster than BLAST, *Bioinformatics*, 26, 19, 2460-2461.
- 13) Caporaso J. G., Kuczynski J., Stombaugh J., Bittinger K., Bushman F. D., Costello E. K., Fierer N., Peña A. G., Goodrich J. K., Gordon J. I., Huttley G. A., Kelley S. T., Knights D., Koenig J. E., Ley R. E., Lozupone C. A., McDonald D., Muegge B. D., Pirrung M., Reeder J., Sevinsky J. R., Turnbaugh P. J., Walters W. A., Widmann J., Yatsunenko T., Zaneveld J., Knight R. (2010) QIIME allows analysis of high-throughput community sequencing data, *Nature Methods*, 7, 335-336.
- 14) 新山優子(2012)藍藻類ユレモ目の新分類体系の紹介、*陸水学雑誌*、73、187-196.
- 15) 木村文宣、本間隆満、牛島健、古里栄一、田中靖(2013)カビ臭産生/非産生に着目した藍藻綱ユレモ目の分類同定手法開発の試み、*ダム工学*、23(4)、290-299.
- 16) Jezbera, J., Sharma, A. K., Brandt, U., Doolittle, W. F., and Hahn, M., W. (2009) 'Candidatus Planktophilia limnetica', an actinobacterium representing one of the most numerically important taxa in freshwater bacterioplankton. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 59, 2864-2869.

Assessment of the impacts of global warming on water environments, and adaptation strategies

Budget: Grants for operating expenses (General Account)

Research Period: FY2014-2017

Research Team: Water Environment Research Group (Water Quality)

Authors: OKAMOTO Seiichiro, TSUSHIMA Ikuo, KANEKO Yosuke

Abstract:

The impacts of global warming on water environments are gradually becoming apparent, and climate change associated with global warming will continue for at least the next 20 years, even if drastic measures for greenhouse gas emission reduction are immediately implemented. Therefore, it's important that not only mitigation, but also adaptation strategies based on accurate prediction models are evaluated and implemented to reduce the impact of global warming. In this study, the conditions to assess the impacts of climate change on water environments were reviewed in addition to microbial analyses. To determine the water quality data of the influent into the dam reservoir, either determining the boundary conditions using regression and L-Q equations or by prediction through the model of water cycle in basin and the model of yield of sediment. In developing methods to monitor algae by new generation sequencer, the design of the target primer and the development of homogeneous DNA extraction methods are important in near future.

Keywords: *global warming, lake and marsh/reservoir, literature search, water quality model, algal monitoring.*