

令和2年度汽水湖汚濁メカニズム解明調査ワーキンググループ

日 時 令和3年2月18日(木)

13:30～16:30

場 所 WEB会議

○島田室長 ただいまから令和2年度汽水湖汚濁メカニズム解明調査ワーキンググループを開催いたします。

今回はコロナウイルスの影響を鑑みまして、ウェブ会議形式ということで開催をさせていただいております。通常と異なる環境のため、お聞き苦しい点や進行する中でいろいろ問題が発生する可能性がございますけれども、御容赦のほどよろしく願いいたします。

初めに、環境政策課課長の周山のほうから挨拶を申し上げます。

○周山課長 失礼いたします。県の環境政策課長をしております周山です。

本日は皆様御多忙の中、この会議に参加いただきましてありがとうございます。この会議ですけれども、平成22年8月に立ち上げてから今年度で11年目、延べ16回目の開催となりました。この間、委員の皆様には専門的な立場からメカニズム解明に向けてアドバイスを頂いており、感謝申し上げます。これまでの調査研究により多くのことが明らかになってきましたが、未解明な部分も多い状況にあります。引き続きよろしく願いいたします。

本日の議題ですけれども、昨年度策定しました第7期湖沼水質保全計画の関係で、昨年度の水質測定結果についての情報提供などをさせていただく予定です。そして、県の保健環境科学研究所から、斐伊川からの流入負荷、湖内の難分解性有機物、植物プランクトンやアオコなど4件の調査結果の報告、横浜国立大学に委託しております水質シミュレーションモデルの検討結果、島根大学に委託しております農業集落排水処理施設の簡易高度処理化の検討結果についての報告していただくことを予定しております。皆様にはこうした調査結果について議論いただくとともに、今後の調査についても助言を頂きたいと考えております。

長時間の会議となりますけれども、本日はどうぞよろしくお願い申し上げます。

○島田室長 それでは、議事に入ります前に、本日の会議資料の確認をお願いしたいと思います。遠隔の方につきましてはあらかじめ資料のほうお送りさせていただいていると思いますが、次第が1枚、それから資料の1、2、3-1から3-6まで、それから参考資

料といたしましてA3両面のもの、以上を配らせていただいておりますが、お手元にございますでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは、これから議事に入るわけですがけれども、本日皆さん別の会場にいらっしゃるということで、なかなか発言されました際にどなたの発言なのかがちょっと分かりにくいところがあるかと思えます。つきましては、大変お手数でございますが、質疑応答等の際、発言をされる際は一応お名前を、何々ですってというふうに最初冒頭申し上げていただいてから御発言なり御回答なりをしていただくと、後々議事の整理などをする際に助かりますので、御協力のほうよろしく願いいたします。

それでは、中村座長、この後議事の進行のほう、お願いいたします。

○中村座長 かしこまりました。座長をしております横浜国立大学の中村です。聞こえておりますでしょうか。（「はい」と呼ぶ者あり）

では、議事に入りたいと思いますが、議事に入ります前に、私が大学のほうで受託をしております水質計算につきましては、私以外に比嘉助教と、それから4年生の学生で、これが従事しておりました。本日も事務局に御相談しまして、聴講許可いただいております。よろしく願いいたします。

それでは早速議事に入りたいと思います。お手元の議事次第に従って進行してまいりたいと思います。全体の時間が約3時間予定されております。長きにわたりますけれども、議事の進行に御協力のほどよろしく願いいたします。

では、まず初めに（1）番、宍道湖・中海の令和元年度水質測定結果について。それから、（2）番の前の指摘事項と対応について、この2つを続けて要約、紹介いただけますでしょうか。お願いいたします。

○武田主任 環境政策課の武田です。よろしく願いいたします。

それでは、まず資料1のほうを御覧ください。宍道湖・中海の令和元年度水質測定結果について御報告させていただきます。

まず、1、宍道湖の水質測定結果についてです。（1）環境基準点等の達成状況について、図1-1、宍道湖の環境基準点ということで、S-1からS-5までの5地点の評価となります。図1-2に令和元年度の水質測定結果についてお示ししています。赤色の線で示しているのが環境基準値となります。青色の点線で示しているのが、昨年度策定しました第7期の湖沼水質保全計画の水質目標値となります。COD、全リンは第6期と同じ数値となっており、全窒素については第6期に達成していることから、0.02下げた値

となっております。達成状況ですが、全ての地点でいずれの項目も環境基準は達成できておりません。水質目標については、棒グラフの赤色が達成していない地点、青色が達成した地点であります。評価としては全ての地点で目標水質達成できて達成ということになるため、全項目で未達成ということになります。

(2) 経年変化についてですが、図2に昭和59年から令和元年までの経年変化についてお示ししています。白丸が湖心、S-3を示しており、黒丸が環境基準点の中で一番悪かった地点を示していますが、CODと全窒素は最高地点、湖心ともに昨年度より上昇したものの、過去の変動の範囲内で横ばい状態となっております。全リンについては平成22年から24年のところで高めとなっておりますが、これは長期間にわたりアオコが発生したためであります。ここ数年このようなアオコの長期発生は起きておらず、水質目標値付近となっております。

続きまして、2、中海の水質測定結果についてです。

(1) 環境基準点等の達成状況について、図1-1にある環境基準点12地点の評価となります。図1-2に令和元年度の水質測定結果についてお示ししています。全窒素、全リンは第6期と同じ数字となっており、CODは目標値を大幅に引き上げて5.1から4.4としています。達成状況ですが、COD、全窒素、全リンのいずれの項目も環境基準は達成できておりません。目標水質については、全窒素と全リンは達成、CODはT-3の米子湾以外の地点で達成となりました。平成21年度の目標設定以降、達成できなかった全窒素と全リンも11年目にして達成しているという状況です。

(2) 経年変化についてですが、CODは最高地点、湖心ともに昨年度より上昇したものの、過去の変動の範囲内で横ばい状態となっております。全窒素と全リンは最高地点、湖心ともに昨年度より低下し、最高地点は昭和59年以降で最も低い値となっていました。このことから、中海の水質は改善傾向にあると考えております。

資料1の報告は以上となります。

続きまして、(2) 前回のワーキングでの指摘事項ですが、資料2を御覧ください。3つの御指摘事項について、令和2年度に検討した結果を、これから(3) 調査・研究の状況で御報告させていただく予定です。

私からの説明は以上となります。ありがとうございました。

○中村座長 御説明ありがとうございました。

それでは、質疑に移りたいと思いますけれども、ただいまの御説明に対しまして何か御

質問、御指摘事項等ございますでしょうか。特によろしいですか。

特に、中海の最近の状況を見ますと、かなり環境基準の達成に向けて着実に水質が良くなっているという様子が分かるかなというふうに思いました。

それでは、以上の議事につきましては、今御紹介いただいた分に、議事を進めながらいろいろな御質疑ができればいいかなというふうに思いますので、早速次の議事に移りたいと思います。

それでは、これからは調査・研究の状況について、それぞれ御説明いただくということになります。6題の資料が用意されておりますので、順番に御報告を頂き、御報告ごとに各委員から質疑あるいは御意見を頂くという形で進行させていただきたいと思っております。

では、まず①斐伊川流域のリン負荷調査、資料3-1に基づいて、御説明よろしく願いいたします。

○山根研究員 これから保健環境科学研究所の山根が斐伊川流域のリン負荷調査について報告させていただきます。

宍道湖の水質汚濁原因を把握し水質改善につなげる上で、リンや窒素による宍道湖の汚濁メカニズムを調査することはとても重要です。リンや窒素が増え、蓄積、溶出することによって藻類の増殖、アオコなどを引き起こし、水質が悪化することが懸念されています。夏季に宍道湖では窒素に比べリンが過剰に存在するため、特にリンの削減に主眼を置いた対策が必要と考えられます。

水質汚濁原因には、河川からの流入負荷と湖底からの溶出などがあります。溶出はもともと河川等から流入したものが沈降、蓄積してそこから溶出するものなので、流入負荷の削減が大切になります。この流入負荷を削減するためには、出水時の汚濁負荷上昇のメカニズムや発生原因を解明し、効率的なリン削減対策につなげる必要があります。

これまでに当所では様々な研究を行ってきました。まず、平成22年から23年には斐伊川流域で高頻度採水調査を行いました。この調査は、出水時にリン負荷が上昇することが分かりました。平成27年には斐伊川全域調査を行い、ここの調査では赤川流域がリンの濃度が高いということが分かりました。平成28年から30年にかけて、赤川流域での山林地域、水田地域、下流の調査を行いました。その結果、調査を行った山林地域や水田地域は、共に下流と同程度かそれ以下の負荷量となりました。これまでいろいろと行ってきましたが、発生原因の特定にはまだ至っていません。

そこで今年度は一旦立ち止まって、今後の方針を決めるために斐伊川全域で再調査、1

回ここの27年に調査を行ったんですが、今回は採水のタイミングなどの条件をそろえた上で再調査を行い、各河川におけるリン流出傾向の把握を行いました。

今年度の調査は大きく分けて3つ行ったんですが、1つ目は、採水のタイミングなどそろえた状態で各河川における傾向の把握が行えていなかったため、採水のタイミングをそろえて調査を行いました。また、正確な負荷量を集めるため、L-Q式の精度を高めようと思い、出水時のデータを取りに行きました。3つ目には、これまでの調査で河川によって出水時の濁水の水が、濁った水の色が違うなどの特徴があったため、河川ごとの土壌について調査をしようと思い、河床堆積物を採取して蛍光エックス線分析装置を用いて分析を行いました。同地点でのばらつきが少し大きくなり、今回は比較が行えませんでした。

ここから結果に入ります。まず、リン流出傾向の把握についてです。左に示すのは全リンの濃度と降水量のグラフを示しています。これを見ると、降り始めて降水量のピークが来てから落ちていくに従って、リンの濃度も上がって下がるのが分かります。ここは降水量を載せていますが、大体水位や流量も同じような感じで上下すると考えています。採水のタイミングという話を少し前にいたしました。実際一番よいのはピークを取る、どの調査地点でもピークを取るのがよいのですが、なかなか降り終わってみないとどこがピークになるのか分からないので、降り始めを取る地点と降り終わりを取る地点がないように、どの調査地点でも水位ピークからのずれが等間隔になるようにすれば同じような傾向で同じような条件下で比較ができると考えました。

右側には、昨年度行った調査の結果を示しています。このときはまだ採水のタイミングは考えていなかったため、水位ピークを示した赤のものと採水時刻を示した青のものが、調査地点によってピークよりも後に採水しているところとピークよりも前に採水しているところがあり、各地点ごとの比較を行うのが困難でした。このようにTPの濃度をグラフ化しているんですが、日によって傾向が異なる結果となりました。これをなくすために条件を揃えることを考え、採水のタイミングを過去の水位ピークなどから算出しました。

その算出したものがこちらになります。下には斐伊川本川の調査地点を示しており、この時間間隔において採水を行いました。上に示すのは、地王と書いてあるところは三刀屋川の調査地点で、加茂大橋は赤川の調査地点を示しています。今年度は年間を通してこのタイミングを利用して調査を行いました。

その結果がこちらになります。右側に今年度行ったものを載せています。これを見ると、左に載せている去年のものは採水時刻がピークを前後していますが、今年度はおおむね同

じような、ピークからの時間間隔が同程度のところが取れています。この6月13日に関しては、上流の川の地点が尾原ダムの近くになって、貯水しているときと放水しているときで水位ピークが少しずれるので、このように少しずれちゃう結果となりましたが、年間を通してはおおむねほぼ同じような条件で取れたと考えています。今回条件をそろえた上で比較を行った結果、加茂大橋の地点である赤川流域のリン濃度がほかの河川に比べ高いということが分かりました。なので、今後は赤川流域をまた中心に調査を行っていきたいと考えています。

次に、L-Q式に関してです。こちらには昨年度までのL-Q式の結果を載せています。三角のシンボルが斐伊川のほうで、丸のシンボルが赤川のを示しています。これを見ると、黒の丸枠で囲った高比流量時のデータが少ないことが分かります。精度を高めるためにも、このときのデータを集める必要があります。

そして、こちらが今年度のものをプラスしたものになります。緑の三角で今年度の斐伊川を、緑色の丸で今年度の赤川を追加しています。今年度は高比流量時のデータも取れており、この三角の2つの点においては、斐伊川放水路が運用されたためそれを考慮して流量などを求めています。この結果を見ると、このL-Q式の曲線は斐伊川のを示しているのですが、それは高比流量時には上側に少し外れるということが分かりました。この上に少し外れることも考え、年間負荷量をつくったL-Q式を用いて算出を行いました。それがこちらになります。L-Q式は高比流量時には少し外れるということがあったので、大体、日平均流量が100トンを超えたら2本にL-Q式を場合分けして、L-Q式を2本こちらでは作成しています。この2本つくったL-Q式を用いて2010年から11年、このL-Q式をつくった際の年間負荷量を算出しました。その結果がこの右下にある結果になります。1本のL-Q式で算出したものと2本で算出したものには差があり、2本のほうがより実測値に近い値となり、より正確に負荷量を求めることができました。やはり高比流量時のデータを多くしてL-Q式をつくることで、より正確な負荷量を求めることができます。今後もこのデータを蓄積していきたいと思えます。

次に、土壌成分についてです。土壌成分について、ここには斐伊川全域の各流域ごとに土壌成分を円グラフで、どの成分が多いかを表しています。斐伊川全域やほかの平地において、どの地点でも大体、水色で示した褐色森林土というものがほとんどを占めています。赤川流域に関しては褐色森林土も多いのですが、ほかの流域に比べ、ピンク色で示した未熟土というものが多くという特徴がありました。このような土壌成分の違いによって

河床堆積物中の成分割合は違うのではないかと考え、平水時に河床堆積物を採取して、これをエックス線分析装置を用いて分析を行いました。しかし、今回行った分析では同じ地点でもばらつきが大きくなってしまったため、今回は比較を行うことができませんでした。また少し分析法などを検討して行えたらなと思っています。

また今年度は、これまでに説明した調査と同時に、島根大学さんと共同研究という形で赤川流域の調査も行いました。この調査は出水時に採水を行い、懸濁態リンの分画定量を実施しました。分画定量に関しては島根大学さんに依頼をし、行ってもらいました。懸濁態リンは出水時の河川水を採水して、沈降分離後、乾燥させた懸濁物を用いて行ってもらいました。調査地点はこのようになっています。赤川流域において複数地点を選択して調査を実施しました。

まず、懸濁態リンについて少し説明します。今回ここに説明を載せているのですが、今回注目する懸濁態リンは、金属酸化物に結びついたリンに注目しており、鉄に結びついた鉄型リンとカルシウムに結びついたカルシウム型リン、そしてアルミニウムに結びついたアルミ型リンの3つに注目しており、その中でも宍道湖で溶出するのは鉄型リンだけになるので、鉄型リンに注目をしてこの研究は行いました。

こちらには赤川流域の各地点における土壌成分割合を円グラフに示しています。赤川流域全体ではこのようになっており、そのほかの調査地点では、どの地点もほとんど灰色で示した褐色森林土というものが大部分を占めていますが、斐伊川全域で見た際の赤川流域で特徴的だったピンク色で示した未熟土というものが多くなる地点も設定して行いました。その各地点での分画定量の結果がこちらになります。このグラフは分画定量の結果を示しています。鉄型リンをオレンジのシンボルと、アルミ型リンを灰色のシンボルに、カルシウム型リンを黄色で示しています。この調査地点は、左から上流で右に行くに従って下流になっています。この結果を見ると、未熟土の割合が多かった岩熊橋と立原橋の鉄型リンはほかの地点よりも多くなり、赤川下流の加茂大橋の地点と似たようなものを示しました。このことから、未熟土の割合が高いと鉄型リンの割合が高くなる傾向があるのではないかとということが示されました。

それでは、最後に今年度の調査のまとめに入ります。今年度は、リン流出傾向の把握に関しては採水のタイミングなどの条件をそろえた上で比較を行い、赤川のリン濃度が高いということが分かりました。また、L-Q式に関しては、高比流量時のデータを増やし、L-Q式の精度を高めることができました。土壌成分に関しては、河床堆積物を採取し蛍

光エックス線分析を行いました。同地点のばらつきが大きかったため今回は比較ができませんでした。懸濁態リンについては、赤川流域の複数地点で懸濁態リンの分画定量を行い、未熟土が多い地点での鉄型リンが多い可能性が示されました。来年度の予定としては、赤川流域がほかの地点に比べ全リン濃度が高かったため、赤川流域を中心に調査を行います。L-Q式に関しては引き続き高比流量時のデータを蓄積し、土壌についても引き続き調査を行いたいと考えています。以上です。

○中村座長 御説明ありがとうございました。

それでは、ただいまの御説明に対して何か御質問、御意見ございますでしょうか。

○大谷委員 島根大学の大谷です。

○中村座長 大谷先生、どうぞ。

○大谷委員 御説明よく分かりました。土のタイプ分けをされてたと思うんですけども、この基礎資料はどこから引用されているのか。それから、未熟土が多いと鉄型のリンが多いのですが、未熟土とはどんなものなのか、ちょっと御説明をしていただければと思います。よろしくお願いします。

○中村座長 いかがでしょうか。

○山根研究員 まず、土壌成分についてですが、これは土地分類基本調査というものが1969年に行われており、このものを用いています。

未熟土に関することですが、未熟土は分類が調べたものによって少し異なるんですが、土地分類基本調査、今回用いた、参照したものに書いてあるものでは、砂質土壌であることと、あと人工的荒地やタタラに由来する採掘などや有機質の少ない乾燥土壌が多いということなどの特徴があります。ただ、一般的に未熟土として用いられるのは、その場の気象や植生などの環境を反映した断面を持っていない、まだ未発達の段階の土壌ということが言われています。以上です。

○大谷委員 ありがとうございました。

○中村座長 よろしいでしょうか。

ほかにはいかがでしょうか。では、中田先生どうぞ。

○中田委員 簡単な質問ですけども、先ほどL-Q式のお話ありましたけども、100 m³/sで分けるということでしたが、ここの比流量が対数軸になってます。そこでどの辺の位置になるのかな。流域面積との関係を100で見るとマイナス1.2か4、こんな感じかなと思ってたんですけど、マイナス1ぐらいまでのところからになっているので、ち

よっと疑問に感じたのが一つです。

それからもう一つは、TPについてはよく分かりましたけれども、モデルで計算するときに、負荷としてDOPとかPOPとかりんというやつがどのくらいの割合で斐伊川から入るのかなということについて何か知見があればお教え願いたいと思います。以上です。

○山根研究員 まずL-Q式に関してですが、斐伊川全域の流域面積が約900平方キロメートルぐらいなので、大体マイナス、この対数グラフで流量比にするとマイナス1ぐらいになります。

○中田委員 900平方キロぐらいですか。

○山根研究員 はい、900。

○中田委員 いいですか。本を見ると斐伊川の流域面積は2,540平方キロと書いてあったので、ちょっと違うのかなと思ったんです。900というのが正しいわけですね。

○山根研究員 はい、それで計算をしています。

○中田委員 はい。

○山根研究員 もう一つ、TPについてですが、一応全リン以外にも測定を行っていますが、出水時の調査になるので、基本的にはTPの懸濁態のリンが多くを占めており、ちょっと詳細な部分までは今は出せないんですが、基本的に懸濁態の形が多くなっています。

○中田委員 分かりました、ありがとうございます。

○神門部長 すみません、保環研の神門ですけれども、少しよろしいでしょうか。

○中村座長 はい、どうぞ。

○神門部長 補足をさせてください。すみません、先ほどの斐伊川の面積というお話がありましたけれども、宍道湖に直接入る斐伊川は、資料でいきますと、ちょっと6ページを見ていただくとよろしいかと思えますけれども、6ページ、パワーポイントの6ページに当たるところですね、出たら嬉しいですが。神立橋というのが中央ちょっと左上のところ、示せますかね、神立橋。そこより上側というのが全て宍道湖に入るんですけども、その面積が910とかそれぐらいになります。中田先生がおっしゃった二千幾らというのは中海のところも含めて全てでそういう数字になるということだと思いますので、この場合は宍道湖に直接入るので九百何がしというところでやっておるといいます。すみません、補足です。

○中村座長 はい、追加で御説明ありがとうございました。

○中田委員 ありがとうございました。

○中村座長 清家先生が手が挙がっていると思います。よろしくお願いします。

○清家委員 一つお聞きしたいんですけれども、宍道湖に入ってからリンの挙動ですが、一番影響が大きいのは鉄型リンだということが分かってきてるわけですが、それで、スライドの7ですかね、7ページですね、ここではTPの各地点での違いというのが出てるんですが、分画定量の結果を、同じようにグラフ化したものはないでしょうか。といいますのは、加茂大橋、赤川の鉄型リンが非常に大きいというのはお示しいただいたんですが、赤川から斐伊川本川への流入の前と後、つまり三代と、それから神立橋ですか。ここでの鉄型リンの違いですね。そのデータあるかどうかをまずお聞きしたいんですけれども。

○山根研究員 今ちょっと手持ちで出せる状態ではないのですが、島根大学さんとの共同研究では何回か、三代橋と加茂大橋、神立橋の調査地点において懸濁態リンの分画定量を実施しています。

○清家委員 それじゃあ、一応そういう測定結果はあるわけですね。

○山根研究員 はい。今は出せないですが、データとしては持っています。

○清家委員 そういうデータの整理の仕方もあるので、そこは是非御検討ください。

○山根研究員 はい、ありがとうございます。

○中村座長 清家先生、よろしいでしょうか。

○清家委員 はい。

○中村座長 それでは、ほかにもあるかと思いますが、私のほうからちょっとお願い、コメントを二、三出したいというふうに思います。

L-Q式につきましては、過去の保環研の調査で毎日の調査がされていたと思いますので、その結果との比較をぜひ行っていただきたいと思います。今回工夫をしてピークのとときの、ピーク流量のときに採水をするということ、これは非常に意義が高いところではありますけれども、実はいろんな流域で過去に負荷量の調査を行った例があり、必ずしもピークの流量のときに負荷量が最大、あるいは濃度が最大になるかどうかは分からないんですよね。ということで、今までピーク流量時を外したデータについてももう一度データを整理していただいて、そういうのも活かす工夫ができるんじゃないかなと思っておりますので、併せて御検討いただければというふうに思いました。今のはコメントですので、特段この場でお答えいただかなくても結構でございます。

ほかにもあるかもしれませんが、先に進めさせていただければというふうに思います。

議事の2番目、調査・研究の状況の2番目で、難分解性CODの調査、資料3-2に基

づいて御説明よろしくお願いたします。

○吉原主任研究員 保健環境科学研究所水環境科、吉原と申します。私からは難分解性COD調査ということで御説明をさせていただきます。どうぞよろしくお願いたします。

まず、最新の宍道湖・中海の現状ということで、宍道湖及び中海ですが、湖沼法に基づく指定湖沼ということで湖沼水質保全計画を策定してございます。これに基づきまして各種施策を実施しておるところですが、その中に発生源対策として下水道整備、事業場の上乗せ規制等を実施しているところでございます。こちらのグラフでございますが、35年分ぐらいのCODの経年変化を示しております。先ほど中村先生からコメントを頂戴しております中海、黒丸に関しては若干改善の兆しが見えているかと思いますが、白丸の宍道湖に関しては概ね、横ばいとなっております。宍道湖、中海ともCODに関しては環境基準未達成の状況にあります。

その中で、こちらD-CODということで、溶存態のCODに着目しまして経年変化を示しております。これに関しましても、特に宍道湖に関しましては、こちらの青いグラフでございますが、改善があまり見られないという状況でございます。先ほど申し上げましたとおり、各種施策に基づきまして流入負荷の削減等を進めておりますが、実際にCODは減少していないと。じゃあ、これはなぜかということで、こちらに書きました難分解性の有機物が一因ではないかということで考えられております。

先ほど申し上げました難分解性の有機物でございますが、難分解性のものと言われましても、ここに一例述べましたフミン酸ですとか多種多様な物質がございます。そのため、機器分析等で一般的に成分を分析することは困難とされております。また、この2点目でもございますが、難分解性有機物そのものを表す直接的な指標がないということがあります。では、難分解性の有機物をどのように評価するかということでございますが、簡易な方法としまして100日間の生分解試験法、100日分解法というものがございます。こちらでございますが、実際の方法といたしましては、検水を採取いたしまして、それを実際100日間、生分解試験を実施いたします。その生分解試験の後、最初にとってきたときの前に有機物の濃度を測定いたしまして、それを比較いたします。それによりまして難分解性有機物の濃度を把握する方法でございます。

こちらから研究内容のほうに移らせていただきます。こちらの難分解性COD調査でございますが、昨年度から取りかかっております。当所では以前も難分解性有機物に関する研究を実施してはありましたが、それに関しまして、こちら下の要件がございますが、い

ろいろな課題があることが分かってまいりました。容器内壁への付着物の影響ですとか大気中の汚染、あと温度管理の方法、あと生分解試験がちゃんとできているかという評価方法等ございました。昨年度は、実際にこの100日分解試験を実施しております滋賀県の琵琶湖研究所の方法を参考にいたしまして実験方法の改善を行いました。その結果、昨年度、汚染を抑えた生分解試験を行うことができました。今年度でございますが、昨年度、生分解試験が安定的にできたと考えておりますので、これを継続いたしまして、生分解性試験法がちゃんとできているか、これの評価を継続する。また、難分解性の有機物が季節的に、また地点間でどのように変動しているかという挙動を追跡することを目的といたしました。

こちらが調査地点でございます。調査地点は宍道湖の湖心の上層及び中海は湖心の上層。また、今年度から流入河川であります斐伊川の神立橋を調査地点として追加しております。調査頻度は2か月に1回としております。

こちらに実験方法を示します。実験に使用する機器でございますが、250ミリリットルのポリカーボネート製の容器を使用しております。こちらは事前に塩酸洗浄、ペルオキソ二硫酸カリウムでの分解を行ったものを使用しております。こちらにサンプル水、宍道湖、中海、斐伊川、また、外部からの汚染を評価するために超純水、各100ミリリットルを入れます。こちらを、この図に示しましたとおり、黒色のビニール袋に入れて振とう機にセットをいたします。これを、こちらに示しましたインキュベーターで20度、暗所で生分解を行います。100日後に、原水についてCODとTOC、また分解状況の確認のために、溶存酵素、またpHを測定いたしております。また100日分解後の検体に対しまして、GF/Cでろ過を行いまして、こちらに関しましてもCODとTOCの測定をいたしました。

それでは、実験結果のほうに移らせていただきます。まず、先ほどの汚染の確認ということで、超純水に関しまして100日間、100日後のCOD、TOC値をこちらに示しております。こちらが昨年度の2019年9月から今年度の9月までの結果を示しております。実験方法の改善前までは0.5ミリグラム／リットル程度のTOCの汚染がありましたが、実験方法を改善してからは、COD、TOCともにおおむね0.2ミリグラム／リットルとなっており、汚染を抑えた生分解試験が実施できていたと考えております。こちらには結果は示しておりませんが、DO、pH等に関しても確認し、好氣的な分解ができていることを確認しております。

続きまして、宍道湖・中海・斐伊川のCODの測定結果を示します。青で示したものが溶存態のCOD、赤で示したものが懸濁態のCODになりまして、地点がS3、N6。それぞれのゼロ日目と100日後の経過、値をグラフで示しております。全体的な傾向といたしまして、懸濁態CODは大きく減少しているという傾向が分かります。こちらが2019年の9月から3月までの結果で、続きまして、本年度9月までの結果を示しております。変動に関しましては、後ほどスライドでも具体的に説明をいたしますが、季節によって難分解性有機物の存在量が変化しておりました。

続きまして、TOCの測定結果をこちらに示します。こちらに関しましては、先ほどCODで説明をさせていただきましたと同様の傾向でございました。こちらは2019年9月から2020年9月までの100日分解後のCODの濃度をグラフで示しております。難分解性CODの濃度といたしまして、流入河川である斐伊川では1.2から1.6、宍道湖におきましては2.1から3.1、中海の上層では1.7から2.9、中海の下層では1.4から2.9という結果でした。このことから、宍道湖、中海、両地点では、夏から秋にかけて難分解性CODが高めの傾向でした。

また、難分解性CODの濃度ですが、流入河川である斐伊川と比較しまして、中海が、中海よりも宍道湖が高いという傾向になりました。

こちらでございしますが、試験的に2020年7月に、原液に加えまして、ろ液についても分解試験を実施いたしました。その結果がこちらのグラフでございします。大変申し訳ございません。ちょっと地点が抜けてしまっておりますが、こちらが斐伊川、続きまして、宍道湖、中海上層、中海下層となっております。真ん中が当初のCODの値、左側がろ液を100日分解した後の値、右側が原液の100日分解後の値を示しております。1回の試験でございしますので、試験的なものではございしますが、難分解性CODの割合といたしまして、原液と比較しまして、ろ液が高くなるという傾向でございました。

以上、まとめさせていただきますと、今年度の成果といたしまして、昨年度に引き続きまして汚染を抑えた生分解試験が行うことができたと考えております。また、生分解試験の結果でございしますが、宍道湖・中海の難分解性有機物、これに関しましては、季節変動している可能性が示唆されました。また、難分解性CODですが、原液と比較してろ液で高いという実験結果となりました。

今後の予定でございしますが、調査、今まで7回程度取れておりますが、これからもデータを蓄積していく必要があると考えております。来年度も引き続き同様の調査を行う方向

で検討をしております。

以上です。御清聴ありがとうございました。

○中村座長 御説明ありがとうございました。

それでは、御質問とコメントございましたら、よろしく願いいたします。

中田先生、どうぞ。

○中田委員 ちょっと最後の結論のところ、原液と比較してろ液は高かったという御説明はあったんですけども、お聞きしたいことは、例えば懸濁態の有機物が分解すると、溶存態の有機物のほうに移っていくので、易分解の溶存有機物が増え、微生物群集も増えるので、単純に比較はできないのではないかという疑問を感じたところですけど。

○吉原主任研究員 ありがとうございます。これに関しましては、例えばろ過操作が入っておりますので、その影響はどうかということも含めまして、検討していかないといけない点はまだ残されていると考えておりますので、それらも必要に応じて改善しながら調査を実施してまいりたいと考えております。ありがとうございます。

○中田委員 これでやるとある意味、分解速度定数というのが求められると思うんですね。難分解有機質に関しては、例えばどのくらいの速度で分解するかという、その計算はできると考えてよろしいんですね。

○吉原主任研究員 ありがとうございます。ちょっとそこら辺の速度のことに関しては、まだ検討ができておりませんので、ちょっと今後の課題とさせていただければと思います。

○中田委員 粒子状の懸濁態の有機物の分解が、宍道湖とか中海なんかではすごく、相対的に速いわけですので。もう一つ、何ていうかな、ゼロから100日じゃなくて、ゼロから10日とか、二、三日ぐらいのところ、やってくれると比較的、分解するやつと、なかなか分解しないやつの速度定数が求められるかなと勝手に思ってるんですけども、その辺はいかがでしょうか。

○吉原主任研究員 ありがとうございます。それとですね、実際の実験系といたしまして、かけられるサンプル数というのが、ちょっとかなり限られております。そのため、あと、途中も、汚染というのが以前行いました分解実験ではございましたので、それを、数はちゃんとした分解ができるかというところで実験系を組み立てておりますので、ちょっと限られたサンプルではありますので、優先順位をつけまして、その辺り研究を進めてまいりたいと考えております。

○中村座長 ありがとうございます。ほかにはいかがでしょうか。

○清家委員 清家です。よろしいでしょうか。

○中村座長 はい。先生、どうぞ。

○清家委員 中田先生の質問ともちょっとかぶるんですが、今回、原液だけでなくろ液についての検討も加えたということで、ちょっと明確になってきたなという印象を持ちました。実験はなかなか大変だとは思いますが、全ての地点でやる必要はないので、中田先生がおっしゃったように、100日間に何回か分析していただくと、もう少し明確になると思います。といいますのは、恐らく懸濁物質を含んでるほうが、細菌の密度というのが圧倒的に多いと思うんですよね。ただし、100日間やってますので、ろ液のほうの細菌数もそれなりに増えてきて、最終的にはそうなるのかなという気もしますが、D-CODのほうも分解するだとか、その辺がどう変化してくるのかなというところまで見ると、より明確になるのかなという気もしました。コメントですが、その辺も今後できれば検討してほしいなと思います。

○吉原主任研究員 ありがとうございます。

○大谷委員 大谷ですが、よろしいですか。難分解性有機物は宍道湖が最も多くて、次いで中海、そして斐伊川だったんですが、もともとプランクトンが発生することが宍道湖は本当に最近多いわけですけども、これと何か関係があるのか、ほかの琵琶湖とか霞ヶ浦とか、そういったところと比べてどの程度なのか、そういったことを教えていただければと思います。いかがでしょうか。

○吉原主任研究員 ありがとうございます。まず最初に、琵琶湖、霞ヶ浦との比較に関しましてですが、ちょっと古いデータではありますが、琵琶湖に関しましては、難分解性CODの季節的な変動は比較的小さいという傾向にあったと記憶しております。それと比較しますと宍道湖は、このように結構、季節変動が見えておりますので、これがどういった背景であるかというのは、流入のこともありますし、内部生産ということもあろうかと思っておりますので、今後、研究をしてみたいと考えております。例えば、この2020年の3月のデータを例にしますと、そのときは緑藻、プセウドディクチオファエリウムが非常に大量発生したという状況でありましたが、100日後はこのように下がっていると。プランクトンに関しましても、2か月、定期調査に併せてサンプリングしておりますので、それも含めてデータ数を積み重ねまして、その辺りの要因も検討してみたいと考えております。

○中村座長 ありがとうございます。ほかにはよろしいでしょうか。

○井上委員 井上です。

○中村座長 井上さん、どうぞ。

○井上委員 すみません、先ほどのろ液の分解試験のことなんですけれども、例えば中田先生のお話あったと思うんですが、懸濁態が分解されて溶存態にというご指摘があったと思うんですが、両地点のどのグラフを見てもろ液100日後のD-CODよりも、原液100日後のD-CODの方が低いように見えるんですが、本来は先ほど先生からコメントがあった、懸濁態から溶存態への移行があると考えると、原液100日後のD-CODの方が高くなるのではないかと思います。とにかく逆の結果になっているように見える、例えばろ過することによって、分解者そのものを少なくしているようなこともあるとみれば、そういうことが言えるのかなと思ったんですが。

○吉原主任研究員 ありがとうございます。井上先生に御指摘いただきましたとおり、どうしてもろ過の操作ということが入ってまいりますので、その分解がどうなるかというのは琵琶湖研の調査でも課題には上げられております。これに関してはCOD濃度もかなり低いということがありますので、ちょっと単純な比較は今の時点ではできないと思いますが、その点にも留意しまして、今後、調査を進めたいと考えております。

○井上委員 ありがとうございます。

○中村座長 よろしいですか。

はい。

実験の手法に関して、やはりろ過した後、溶存態の分解試験ということになると、バクテリアがかなり除かれてしまって分解しないんじゃないかというふうな、この調査の問題も含めた検討は今後もいろいろ気をつけていただきたいというふうに思います。あと、湖沼を管理の面から見ますと、依然としてCODに占める溶存態CODの割合が非常に高い。これがこの水環境にとってどういう影響を表すのかというところはよく考えていかないと、CODが環境基準達成状況は非常に悪いのだけれども、本当にこのままCODの評価でいいのかというふうなことも含めた検討は必要じゃないかなというふうに思っております。今の点は私からのコメントとさせていただきます。

○吉原主任研究員 ありがとうございます。

○中村座長 では、まだあるかもしれませんが、少し進行が遅れているようでございますので、次の議事に移りたいと思います。

続きまして、③植物プランクトンに含まれる高度不飽和脂肪酸に関する研究。資料3の

説明をよろしくお願ひいたします。

○野尻主任研究員 失礼します。保健環境科学研究所の野尻です。

それでは、本年度は植物プランクトンに含まれる高度不飽和脂肪酸に関する研究ということで発表をさせていただきます。

まず、初めにということで、御存じのとおり、宍道湖にはヤマトシジミが多量に存在しておりまして、水中の栄養塩、窒素やリンなどを吸収した植物プランクトンを捕食しております。そして、このヤマトシジミが漁獲されますと、宍道湖からシジミごと栄養塩が取り除かれることとなります。このため、ヤマトシジミは宍道湖の水質浄化にとって大きな役割を果たしていると考えられています。このため、ヤマトシジミの生態については多くの研究がなされておりまして、特に食性については研究が進んでいるのですが、いまだに解明されていないことか多くあります。特にヤマトシジミの資源量ですとか肥満度に大きく影響してきます、餌である植物プランクトンとの関係については、報告事例が少ないのが現状です。

そこで当研究所では、ヤマトシジミの脂肪酸が、餌である植物プランクトンによってどのように変化してくるのか、これを調べることを目的といたしまして実験を行ってまいりました。

過去のワーキンググループでも御報告させていただいた内容になるんですけども、当研究所では、植物プランクトンの藍藻、珪藻、緑藻から1種類ずつを選びまして、ヤマトシジミに与えるという実験を行いました。その実験から分かってきたことといたしまして、高度不飽和脂肪酸でありますEPAやDHAを含有する植物プランクトン。このときは珪藻だったんですけども、このEPAやDHAを多く含有する植物プランクトンを給餌したときに、最もヤマトシジミの脂肪酸含有量が増加するという結果になりました。

また、ほかの二枚貝は餌の脂肪酸組成をそのまま反映すると言われてるんですけども、ヤマトシジミの場合はそのまま取り込むだけではないと。ヤマトシジミは成貝になるにつれて複雑な構造のEPAやDHAをほかの脂肪酸から作り出す能力を獲得していくというようなことが分かってきました。それから、当研究所以外の研究といたしまして、このヤマトシジミではないんですけども、イソシジミでは、体内のEPAやDHAの含有量が増えますと肥満度が向上するというようなことが分かっています。これらのことを踏まえまして、ヤマトシジミの餌としては、EPAやDHA、これをより多く含有している植物プランクトンが好適であろうということで研究を行いました。

ここで、先ほどから話をしております脂肪酸について簡単に御説明したいと思います。まず、この脂肪酸とは、細胞膜の構成物質や生理活性物質、エネルギーの貯蔵物質として高等生物に欠かせない栄養素であります。主な脂肪酸の分類としましては、こちらの表の右下に行くほど構造が複雑になっておりまして、まず、この不飽和、炭素の二重結合ですけども、この不飽和の数によって呼び方が違ってきます。まず、この不飽和を持たないものを飽和脂肪酸、不飽和を1つだけ持つものをモノ不飽和脂肪酸、2つ以上持つものを多価不飽和脂肪酸と呼んでおります。それから、この多価不飽和脂肪酸の中には、この二重結合のできる場所によって、オメガ6ですとかオメガ3といった脂肪酸に分けられています。さらにこのオメガ3不飽和脂肪酸の中にも、不飽和の数が5つ以上の脂肪酸でEPAやDHAなどは高度不飽和脂肪酸と呼ばれておりまして、体の中の重要な部位の脂肪酸として利用されております。この高度不飽和脂肪酸、特にEPAやDHAが不足しますと、繁殖、成長に悪影響を及ぼすことが様々な生物について報告されておりますけども、ヤマトシジミについては明らかになっておりません。

ここで、研究の目的といたしましては、餌である植物プランクトンがヤマトシジミ等の生態系に与える影響、これを把握することによりまして、宍道湖内有機物の動きの一部でも捉えることができればなということの研究を行っております。そのためには、まず、宍道湖に出現する様々な植物プランクトン、藍藻ですとか珪藻、緑藻、これらの脂肪酸について、どんなものがどれぐらい含まれているのか知っておく必要があります。さらには、その植物プランクトンの脂肪酸の中でも、繁殖ですとか成長に必要と言われておりますEPAやDHA、これを測定することによって、ヤマトシジミにとって好適な餌となる植物プランクトンを明らかにしていきたいと考えております。

それでは、今回の実験の概要です。当研究所で保存しております培養株を用いまして、宍道湖に出現する植物プランクトンを培養し、GC-MSにより植物プランクトンに含まれる脂肪酸を測定します。それから、これまで行ってきた研究ですと、脂肪酸組成が含有率、パーセントでしかお示しできておりませんでした。ですので、今回は新たにクロロフィルを指標といたしまして、クロロフィル当たりの脂肪酸含有量を測定いたしました。使用した単離培養株ですけども、藍藻が4種、珪藻が3種、緑藻が2種の合計9種で行いました。

それでは、使用した培養株です。黒のバーは全て10マイクロメートルのスケールになっております。この写真は培養株のものなんですけども、野外で見られるものと形が違っ

てきているものがございました。それにつきましては、こちらの黒い枠の中に野外での写真を併せて載せております。

まず、藍藻ですけれども、こちらのシアノビウムは、大きさが1マイクロ程度で非常に小さくて、暑い時期に多く出現が見られます。遺伝子解析をかけないと分類が難しいので、当研究所ではその形から、球形のものはシネコキスティス、楕円形のものはシネココッカスという形で報告させていただいていることが多いです。

続いて、こちらのコエロスファエリウムです。ここ最近でも発生しておりますけれども、宍道湖でカビ臭を引き起こす原因となっている種類です。

次に、ミクロキスティスイクチオブラベです。この種は、以前から宍道湖で発生しておりますアオコの主な原因種となっております。野外ではこのような大きな群体を形成しません。

同じく、アオコ形成種であります糸状藍藻です。この種も同定を試みてみたんですけども、類似する種類が多くございまして、この株からは同定の決め手になるだけの特徴を見つけることができませんでした。そのため、今回は同定を控えさせていただいております。

続いて、珪藻です。こちらもタラシオシラプセウドナナとキクロテラですけれども、見た目も非常によく似ておりまして、宍道湖では頻繁に見られる種類になります。宍道湖で優先する珪藻といえば、この2種類が主なものになります。

次に、キートケロス汽水型です。宍道湖で見られるものの中では、比較的大きい種類になります。通常、海で見られるキートケロスとは形が異なっておりまして、汽水特有の形ということで汽水型と呼んでおります。

最後に、緑藻です。まず、プセウドイクチオスファエリウムですけれども、春先のこのぐらいの時期からよく優先いたします。細胞の周りに厚い寒天質を持っておりまして、ろ過が困難になるほど大発生することがございます。

最後に、モノラフィデウムコントートムです。こちらの種はもう昔から出現している種でして、宍道湖では今でもほぼ、毎月のように出現を確認しております。

続いて、脂肪酸の測定方法です。今回は、操作の効率化を図るために、抽出とメチル化を同時に行うことができます。ワンステップメソッドを用いました。まず、プランクトン培養株を増やしまして、その培養株をワットマンGF/Fでろ過をし、その後にヘキサンと14%三フッ化ホウ素メタノール溶液を添加します。85度で120分反応させた後に、室温まで冷却後、ヘキサンと水を加えて攪拌をし、遠心分離をして上澄みを回収します。

回収しましたヘキサン層に窒素を吹きつけて濃縮後、無水硫酸ナトリウムで脱水し、GC-MSにて測定を行いました。

それでは、結果です。赤が飽和脂肪酸、黄色がモノ不飽和脂肪酸、紫がオメガ6、水色がオメガ3不飽和脂肪酸になります。また、今回は、クロロフィル当たりの脂肪酸含有量に換算をしております。

まず、藍藻ですけれども、藍藻は、この赤の飽和脂肪酸が占める割合が、珪藻や緑藻と比べて高い傾向にありました。また、この同じ藍藻の中でも、種類によって脂肪酸の組成が異なっておりました。また、こちらの藍藻、シアノビウムには、紫のオメガ6、水色のオメガ3も全く含まれておりませんでした。

続きまして、珪藻ですけれども、珪藻は脂肪酸含有量の高いもの、低いものがございますけれども、比較的、似た傾向を示しておりました。

また、緑藻2種につきましても似た組成を示しておりまして、藍藻や珪藻と比べますと、この紫のオメガ6不飽和脂肪酸が多くみられました。この右上に簡単に、オメガ6、オメガ3系の生合成経路を載せておりまして、下に行くほど炭素数ですとか二重結合が多くなっていくんですけども、この緑藻は、オメガ6の中でも炭素数や二重結合の少ないリノール酸を多く含んでおりました。

次に、この水色の部分、オメガ3の部分拡大したものを見ていきたいと思えます。こちらが、オメガ3不飽和脂肪酸含有量の内訳になります。青系で着色している箇所は、EPAとDHAになります。こちらのグラフを見ていただいで明らかなように、この青系のEPAとDHAは藍藻や緑藻には含まれておらず、珪藻のみが含有しているということが分かりました。特に二枚貝にとって繁殖に必要と言われております、こちらのEPAを多く含んでおりまして、クロロフィル当たりに換算してみても、大体この辺り、珪藻が餌としてよさそうだという結果になりました。

オメガ3自体の量でいきますと、藍藻や緑藻のその一部の種を除きましては、オメガ3不飽和脂肪酸を多く含有しておりました。この藍藻と緑藻の場合は、このドットでお示した部分が大半を占めてまして、これがオメガ3不飽和脂肪酸の中でも不飽和程度のあまり高くはない α -リノレン酸であるという結果でした。

それでは、考察です。藍藻や緑藻にも多価不飽和脂肪酸、オメガ6ですとかオメガ3を多く含有している種類が存在しておりましたが、その主成分は不飽和度があまり高くはない α -リノレン酸やリノール酸でした。このため、繁殖や成長に必要と言われておりますE

PAやDHA、これを得るためには別の脂肪酸から変換する必要があります。α-リノレン酸がこの辺りで、EPA、DHAがこの辺りですので、不飽和度の高くない脂肪酸からですと、合成効率が悪くなると考えられました。また、珪藻のみ高度不飽和脂肪酸でありますEPAとDHAを含有していました。これは、これまで言われてきましたとおり、珪藻がヤマトシジミの餌として有用であるというようなことが示唆されました。

続きまして、昨年度のワーキンググループで御指摘いただきました、植物プランクトンのサイズ分画についてお話いたします。今年の1月と2月の宍道湖湖心、表層水のサンプルを用いまして、サイズ分画を試みました。昨年度のお話ですと、大体20マイクロぐらいまでの小型のものを捕食しているということでしたので、20マイクロを用いて分画を行いました。こちらの右上の写真は、観測しやすいように100倍濃縮した宍道湖湖心のサンプルでして、真ん中の写真が同じ倍率で撮影をしました20マイクロのネットの写真になっています。

まず、ろ過前の試料を顕微鏡観察してみたんですけども、2つとも、この、おおむね10マイクロ前後のコエロスフェアエリウムが多く出現しておりまして、20マイクロを超えるような植物プランクトンはほとんど確認できませんでした。また、このろ過したネットをその後観察してみたんですけども、デトリタスのようなものが少し引っかかっている程度で、プランクトンはほとんど残っておりませんでした。

続きまして、クロロフィルの結果です。グラフの左側が1月のもの、右側が2月のものなんですけども、2月のみ、10マイクロのフィルターを追加させていただいております。このため、1月のほうは10マイクロの境が分かりませんでしたので、グラデーションでお示しさせていただいております。

サイズ分画を行ったクロロフィルなんですけども、このオレンジで示しております20マイクロ以上のものはほとんどありませんでした。サイズ分画の結果、ふた月とも20マイクロ以下の画分のクロロフィルが全体の大部分を占めるという結果になりました。これは、顕微鏡でこれまで観察してきました感覚とも一致をしております。このことから、宍道湖では、ヤマトシジミが取り込みやすい小型のプランクトンの割合が大きいと考えられました。

それでは、最後になりますけども、魚類では、高度不飽和脂肪酸であります、EPAやDHA、これらの含有量の低下によって、産卵量ですとか卵の質の低下が起こることが知られております。ヤマトシジミの産卵量と脂肪酸含有量、この関係については魚類と同じ

ことが起きるのかは分かっておりませんので、今後の研究が期待されると考えております。以上です。

○中村座長 御説明ありがとうございました。

そうすると、皆様から伺う前に、ちょっと私のほうから1点確認させていただきたいのですが、12ページあるいは13ページのそれぞれ図がありますけれども、縦軸の表記がよく分からなかったんですけれども、いずれもミリグラム／リットルと表記してあるんですけど、これ、クロロフィル当たりの脂肪酸含有量でしょうか。

○野尻主任研究員 はい、クロロフィルのミリグラム／リットルで割り込んだときの脂肪酸ミリグラム／リットルになります。

○中村座長 そうすると、ミリグラム脂肪酸／ミリグラムクロロフィル。

○野尻主任研究員 そういうことです。

○中村座長 分かりました。

では、先生方、質問をよろしくお願ひいたします。

多価不飽和脂肪酸の観点から見ると、珪藻はヤマトシジミの餌としては非常に価値の高い餌であるということが次第に明らかになってきたというふうに思います。よろしいでしょうか。

中田先生、どうぞ。

○中田委員 非常に面白い見解で、ありがとうございました。クロロフィルとサイズとの関係を1月と2月でやっていただいたんですけども、できたらまた5月、6月、アオコが出るような時期にもやっていただいて、それを裏づけしていただければなと思います。よろしくお願ひいたします。

○野尻主任研究員 ありがとうございます。もしかすると季節変動とかもあるかもしれないので、ちょっと今後も定期的な実施は検討していきたいなと思っております。ありがとうございます。

○中田委員 よろしくお願ひします。

○野尻主任研究員 ありがとうございます。

○中村座長 ありがとうございます。ほかにはよろしいですか。

○大谷委員 それじゃあ、大谷ですが。

○中村座長 大谷先生、どうぞ。

○大谷委員 私も珪藻が、EPAやDHAを含んでいるという今までのほかの結果とも一

風変わった結果が出てますけれども、ほかにもいろいろな研究をされてると思うんですが、今回、保環研さんが出された結果と、珪藻だけが持っているというこういう興味深い結果が、何かほかのもの比べても見方は一緒ですか。

○野尻主任研究員 ありがとうございます。やはり珪藻についてはEPA、DHAが多く含まれてるっていうのは、ほかの研究でも示されておりまして、特別これだけが新たな発見というわけではないんですけども、今回、宍道湖に出てくる優占しやすい珪藻で今回測れたことが意味のあることかなと思っております。

○大谷委員 ありがとうございます。

○中村座長 ありがとうございます。よろしいでしょうか。今後のいろんな発展にも大いに期待をさせてくれるような結果だったと思います。

それでは、まだ幾つかの議事が残っておりまして、もう一つだけ議事を進めた後で休憩に入らせていただければというふうに思います。

では、次の議事は、④アオコ調査ですね。資料3-4に基づく説明をしてもらいます。

○高見主任研究員 保健環境科学研究所水環境科の高見です。もう発表を始めてよろしいでしょうか。

○中村座長 はい、よろしく申し上げます。

○高見主任研究員 よろしく申し上げます。

まず、アオコ調査の目的なんですけれども、宍道湖では平成22年から24年にかけてアオコの大量発生が連続して観測され、それによって景観の悪化やガス様臭などの問題を引き起こしております。アオコの対策について検討するためには、アオコの発生メカニズム等を知る必要があります。そのための課題として、まず1つ目に、いつ、どのような水質条件になるとアオコが宍道湖で発生するのか、2つ目に、アオコがどこで発生して、どのように宍道湖全域に広がっていくのか、3つ目として、宍道湖においてアオコの起源はどこなのかといったことがあります。これらについて解明するためにアオコ調査を行ってきております。

これまでの調査結果についてお話しします。宍道湖においてアオコが発生する具体的な塩化物イオン濃度や水温や日照条件、栄養塩濃度等が明確でなかったことから、過去のアオコの発生状況と当研究所の各月のデータを用いて解析が行われました。その結果、宍道湖でアオコが発生する条件は、まず一つは、表層の塩化物イオン濃度が低いこと。もう一つは、アオコが大発生する前の月の水温が高いときであるということが分かりました。各

月の塩化物イオン濃度と水温から、こちらの式を用いることでアオコの大量発生を高確率で判別できるようになりました。この判別式がプラスであれば、翌月にアオコが広範囲で発生すると予測することができます。また、こちらの式に、当研究所の各月の水質データだけではなく、国交省テレメデータを用いることで高確率でアオコの発生を予測できるようになりました。

次に、今年度の調査計画についてです。アオコの発生メカニズムを解明するためには、アオコの発生前から詳細な現場調査が必要であることから、月1回当所で行っている宍道湖の定期調査の結果や国交省テレメデータを基に、アオコ判別式により1か月後に宍道湖においてアオコが発生するか予測し、判別式がプラスになったら宍道湖調査を1から2週のペースで行うという計画を立てました。

アオコ判別式による今年度の予測結果についてお話しします。判別特定は、こちらのグラフのようになりました。7月半ばでプラスになり、9月上旬までプラスのまま推移しました。そのため、8月中旬以降からアオコが全域発生する可能性があるとして、7月28日から宍道湖調査を1から2週に1回のペースで実施しました。

調査の結果についてお話しします。まず、9月15日の調査日に初めて見た目アオコ指標レベル1から2を確認しました。レベル1が、アオコの発生が肉眼で確認できずに、ネットで引いたり白いパットにくんでみると確認できるような状態になります。レベル2は、うっすらと筋状にアオコの発生が認められて、アオコが僅かに水面に散らばって肉眼で確認できるような状態になります。9月29日は、レベル2の地点が最も多く、今年度の調査では、この日に最も多くのアオコを確認しております。その後は減少傾向となりました。

次に、宍道湖調査の際にプランクトンネットを用いて検体採取し、顕微鏡でアオコ形成種の群体数を確認した結果についてお話しします。結果は、こちらのグラフのようになりました。肉眼でアオコの発生を確認したのは9月中旬だったのですが、その約1か月前の8月中旬には、全地点で少量のミクロキスティスを確認しております。また、9月には全地点で群体数が大幅に増加していることから、微量なミクロキスティスが広域に存在し、増殖することで全域のアオコ発生につながる可能性が高いと思われます。

ここから、今年度のアオコ調査による水質等について御報告します。こちらのグラフは湖心の水温のグラフです。水深ごとにプロットしております。グラフ横に凡例を載せています。これ以降のスライドにも使用していますが、S3Uというのが表層、S3Bというのが下層、S3Bプラス0.5というのが湖底上0.5メートルを表しております。下の

グラフは、月1度に定期調査の結果を用いて、こちらが表層、こちらが下層の水温を他の年と比較したものになります。今年度は過去10年平均に比べても、8月の水温が低くて9月の水温が高いという特徴がありました。

次に、ECの結果です。6月から8月上旬にかけて表層のECが低下し、その後上昇しております。また、9月10日の増水時に湖底上0.5メートルでECが高くなっており、底層に海水が流入したものとされます。それは、9月3日に台風9号、9月7日に台風10号が接近したことが影響したと考えられます。下のグラフは、月1度の定期調査の結果を用いて、表層のECの値を他の年と比較したものです。こちらは、宍道湖7地点の平均値を使用しております。青い線が10年の中央値なんですが、これと比べても今年度は8月のECが低かったです。

次に、降水量です。今年度は、6月、7月に雨が多く、日合計が100ミリを超える日もありました。8月は降水量がかなり少なかったです。下のグラフは、他の年との降水量の比較なんですけれども、6月、7月は降水量がかなり多かったことが分かります。これが影響し、6月から8月にかけて宍道湖の塩化物イオン濃度が低下したと考えられます。

次に、DOについてです。8月下旬から底層のDOが低下しており、9月中旬には特に低い値となりました。

次に、全リンとリン酸態リンについてです。8月後半からどちらも濃度が上昇しました。特に底層で顕著な上昇が見られました。9月上旬に海水が宍道湖に流れ込み、底層のECが上昇しDOが低下したため、リン酸態リンが底から溶出したものと思われまます。ちなみに、アオコレベル1から2となったのは、この矢印の期間になります。ここまでの今年度のアオコ調査の結果の報告になります。

続きまして、アオコ判別式によるアオコ発生予測についてお話しします。直近10年の結果を表にまとめました。2011年、2012年、2018年、2020年にアオコが発生すると予測し、それぞれ表に記載したような時期に発生すると予測しました。過去にアオコが発生したのがこちらになります。この表から分かるように、アオコが広域発生した際は、アオコ判別式はプラスとなっており、アオコの発生を予測できております。しかし、アオコ式がプラスになってから全域発生までの期間や程度は年によって異なっております。2018年は、8月中旬にアオコが大発生すると予測していましたが、10月上旬に発生したので、予想より遅れての発生となりました。今年度は8月中旬に大発生すると予測したんですけれども、9月中旬にアオコの増加を確認しました。今年度はよく見たら

確認できる程度の発生であって、見た目アオコ指標でいうとレベル1から2程度の発生にとどまりました。

次に、最近アオコが全域で発生した年とその他の年の水質について、改めて比較を行いました。また、今年度はアオコが増加したものの大発生には至らなかったため、アオコが大発生した年と大発生していない年との水質の傾向がどちらに近かったのかを確認しました。使用したのは、当所で月1度行っている定期調査のデータです。宍道湖7地点の平均値を使用しております。左側にはアオコが全域発生した年、右側にはその他の年の結果を載せております。上側は上層のグラフ、下側が下層の結果のグラフです。なお、アオコが発生した月はプロット内をこのように塗り潰しております。2020年については全域発生していないため、本来右側のその他の年に含めるところなんですけれども、アオコが全域発生した年との比較、アオコが全域発生していない年との比較ができるように、両方のグラフで赤色で載せております。

初めに、ECについてなんですけれども、以前から言われているとおり、アオコが全域発生した年の夏季の値が低い傾向がありました。2020年も8月に低下して、アオコ全域発生同年と同程度の値となっております。

次に、全リン濃度です。アオコが全域発生した年は、その他と比べて夏季から秋季の値は高い傾向が見られました。2020年は8月まで低い値なんですけれども、9月に上昇して、アオコが全域発生した年と同程度の値となっております。

次に、リン酸態リンの結果です。こちらについても全リン濃度と同じく、アオコが全域発生した年は夏季から秋季の値も高い傾向でした。このとき、下層のリン酸態リンの濃度上昇の変動幅が上層の変動幅に比べて大きいことから、湖底からの溶出によりリン酸態リンが増加したと考えております。

次に全窒素の結果です。こちらについては、アオコの発生の有無による傾向の違いは特に確認できませんでした。

次に、全窒素、全リンのTN/TP比の結果です。アオコ全域発生同年は、8月から12月頃にかけて比較的低い値で推移しておりました。今年度は、8月までは比較的高い値でしたが、9月にアオコ発生同年と同程度になっておりました。

ここで、前年度の質問について回答したいと思います。アオコが全域発生した年の6月、7月のTN/TP比は比較的大きく、その後下がっており、例えばリンが湖底から放出されたときにアオコレベルが上がるという解釈でよろしいかとの御質問がありました。

まず、アオコが全域発生した年のTN/TPの減少は、ここ10年で見てみると、前のスライドでお話ししたように、TPの増加によるものが大きいです。そしてTPの増加は、下層のリン酸態リン濃度の上昇幅が上層に比べて大きいことから、リンが湖底から溶出したことによるものだと考えております。ここ10年では、このタイミングでアオコレベルが上がっている年が多いのですが、例えば2018年はリン酸態リンの濃度が上昇したのは8月なんですけれども、アオコレベルが上昇し全域発生したのが10月でした。このように、リン酸態リンの濃度上昇とアオコレベルの上昇のタイミングは、ほぼ同じ年もあれば異なる年もありました。

本調査のまとめに移ります。まず、アオコ判別式によるアオコ発生予測では、8月中旬以降にアオコが全域発生すると予測しました。結果は、9月中旬から10月上旬にアオコレベル1から2を確認しました。アオコ調査期間の水質分析の結果から、9月に低層のECの上昇、DOの低下、TP及びリン酸態リンの上昇を確認しました。また、2010年から2020年の定期調査のデータによる確認を行い、アオコ発生年は夏季のECが低く、TP及びリン酸態リンが高い傾向が見られました。2020年は、EC並びにTP及びリン酸態リンが、アオコが全域発生した年と似た値を示しておりました。

最後に、今後の予定です。来年度も引き続きアオコ判別式による発生予測を行い、アオコ発生前から宍道湖の水質調査を行う予定です。また、アオコ発生についての判別分析を、直近のデータを加える等して再度行ってみたいと考えております。

令和元年度の指摘事項に関して、最後にお話しさせていただきます。2018年のアオコ発生の遅れについて、湖内の流動や流入、流出等が関係しているか検討されましたかという御質問があったんですけれども、当所では流動について検討することは困難だったんですけれども、流入量については国土交通省の水文水質データベースの斐伊川の流量を用いて確認いたしました。2018年は8月にアオコが全域発生すると予測したんですけれども、結果、10月2日にアオコが発生しました。8月にアオコが全域発生した2010年から2012年と流入量を比較したのがこちらのグラフになります。湖内への流入量に大きな違いはなく、流入量からアオコの発生が遅れた原因は確認できませんでした。

以上で発表を終わります。

○中村座長 御説明ありがとうございました。

それでは、質疑に移りたいと思います。御質問とコメントをよろしく願いいたします。

○筒井委員 すみません。環境省の筒井です。

○中村座長 はい、どうぞ。

○筒井委員 よろしいでしょうか、すみません、ありがとうございます。非常に判別式でよく予測できているのかなと思うのですけれども、すみません、ちょっと行政の側の人間なので、少し素人っぽい質問かもしれませんが、アオコの発生、現場で観測して調査されている方から、終息のタイミングとか終息するときの、何というのでしょうか、様子というか、いろんな指標の関係なんかから何か、なかなか解析はまだできてないのかもしれませんが、どういうときに終息するのか、というような話というのは、何か分かるのでしょうか。以上です。

○中村座長 御質問ありがとうございました。

いかがでしょうか。

○高見主任研究員 終息のタイミングについては、ちょっと検討をしていないので、傾向について今把握しているところがない状態なんですけれども、またそういったことについても検討してみたいと思います。

○筒井委員 ありがとうございます。

○神門部長 すみません。保健環境科学研究所の神門ですけれども、よろしいですかね。今まで何度かアオコが、すみません、今まで宍道湖50年で数回のアオコが出ております。終わり方がいろいろありまして、徐々に減っていくような、またどっちかという枯れてなくなっていくような場合があります。それから、後から出水があって一気に流れてなくなるというようなパターンと、大体2パターンがあるのかなという、感覚的にですけれども、そういう気がしております。この辺はまた今後ちょっと解析をしながらやっていきたいなと思っております。すみません、以上です。

○筒井委員 ありがとうございます。

○中村座長 ありがとうございます。ほかにいかがでしょうか。

○中田委員 よろしいでしょうか。

○中村座長 では、中田委員、どうぞ。

○中田委員 判別式に当てはめるといのは前々からずとうかがっていましたが、今年はちょっと少し外れたっていうのは、リン酸態リンの濃度が8月まであまり上がってなかったっていうことだと思うんですが、今後はリン酸態リンの底層でも表層でもいいですけど、濃度を一つ要因に入れるということは御考慮されているのでしょうか、ちょっとお伺いしたいです。

○神門部長 保環研の神門です。よろしいですか。

○中村座長 はい、どうぞ。

○神門部長 判別分析とか、いろんな項目を全部データにかけて、どれが出てくるかという格好でやっております、基本的には。それで、リン酸も、今までもですけれども、解析の中には入れてやっております。解析としてはリン酸も加えて解析をしているけれども、今まではそれが主な要因ということには出てきてないというのが現状です。ただ、期間でいうと三十数年でやっておりますけれども、今日お持ちしたデータが最近10年の結果でして、もしかすると少し様子が変わっているかもしれません。そういうことも含めて、もう一度検討してみたいというふうには思っております。以上です。

○中村座長 よろしいでしょうか。

ほかにはいかがでしょうか。植物プランクトンの御専門の大谷先生はいかがでしょう。

○大谷委員 特に植物プランクトンから見て、今回の説明よく分かりました。以上です。

○中村座長 ありがとうございます。

ほかによろしいですか。

○中村座長 お待たせいたしました。

それでは始めさせていただきたいと思います。資料番号はないんですけれども、島根県から委託を受けております宍道湖・中海に係る水質シミュレーションモデルの構築ということで報告をさせていただきます。

これは、昨年度のワーキンググループで報告をした最後の分になりまして、上から、2012年1月から1年間の塩分、溶存酸素、それからTP、下層と上層、それから植物プランクトン、クロロフィルの季節変化を表しておりますが、一番上の一連の連鎖の基になる塩分の成層の再現が不十分な状況でありました。この年は非常に長期間、黒い実線で表されているような塩分成層が8月から11月の頭まで続きまして、これを再現したかった、黒いラインで表した変動を再現したかったわけですが、このパラメーターの中の鉛直方向拡散係数、この値を少しいじるだけで、例えばこの赤いラインのように過大に塩分成層を表現すると、ようやく貧酸素が継続をして、実測にあるようなリンの溶出がこの辺りで増加するような状況になりました。

ということで、昨年度、まだまだ不十分な状況が残っておりました。そこで、今年度やったことでありましたけれども、鉛直拡散係数の改良がさらに必要である。それから、水温をよく見ますと、特に表層で過大な結果になっていました。それから、底層DOにつき

まして、密度成層を必要以上に過大にしないと、貧酸素化しないような状況がありました。これは、底泥の酸素消費速度との関連もありました。それから、貧酸素化が十分じゃないと栄養塩が十分に溶出してくれない、その後の植物プランクトンの増殖も不十分な状況もございました。

以上のような課題がありましたので、水温についてはこの後でお示しするバルク係数、それから、鉛直方向の拡散係数、これは塩分成層に強く反応しました。それから、植物プランクトンにつきましては、光の消散係数や藍藻の自然死亡速度です。この辺り、非常に敏感に反応して効いてくるというのが分かってまいりました。最後に、底泥での酸素消費速度についても、一部、昨年の計算で不備が見つかりまして、対応しております。

まず、昨年度の計算結果を一つずつ御紹介して、課題を御紹介したいと思うんですけども、先ほど言いました鉛直拡散係数についてはいろいろな式が提案されていて、ここで Formula 1 とか 2 とか書いてあります。黒いぎざぎざが下層の観測塩分で、6月1日前後から11月1日前後ぐらいまで、下層の塩分がかなり高い状態が続いています。拡散係数を少し小さくして混ざらなくすると、成層するけれども、それ以外の期間も成層している。少しでも拡散係数を多くすると、ところどころで混ざるものですから貧酸素状態が継続しない、という問題がありました。こういう形になっております。

そこで、拡散係数をチューニングするに当たっては、私が使ってる拡散係数の式というのはちょっと複雑な式になっておりますが、 $f(Ri)$ と書いてるほうが、これが成層化が起これると、それによって拡散係数が小さくなるということを表してる部分です。左側のそれ以前のほうは、これは風によって混ざり方が変わるということになります。これまでのいろいろな研究で、この密度成層の具合によってどう影響するかというのを調べながら、特に水深5メートルぐらいのときにできる薄い塩分層ができた後、あまり壊れないような拡散係数、係数をいじってみました。

最終的には、昨年出しました結果から β という係数ですけども、これをちょっとだけいじるだけで改善がかなり有意になりました。

それから、水温の再現性につきましても、特に一番上が表層になりますけれども、表層水温、黒いラインが実測値で、青が計算値ですけども、やっぱり、夏場から過大評価になっていくという問題がありました。この問題につきましては、筑波大学の修士論文を見つけることができまして、具体的には霞ヶ浦をターゲットにした研究だったんですけども、実は、ここにありますような風速の関数でバルク係数を含む顕熱や潜熱の式ですね、具体

的には温度差で熱が運ばれたり、あるいは蒸発によって熱が奪われたりいう、それを風速と、それから風速の関数としてバルク係数を掛けるわけですけれども、風が弱いときにこの係数はかなり大きい値となるという研究発表がありましたので、それを参考に、風速が特に弱いときに大きな値にするという改良を行いました。

それから、底泥での酸素消費速度ですけれども、このモデルでは、下にありますような、有機物が水から底泥にどんどん降り積もってくる、そのフラックスに比例して酸素を消費するという項と、それから、ここにバックグラウンドと書いておりますけれども、もともと底泥の中に蓄積をしていた、特に硫化物みたいな還元的なものが支配する項、この2つの和で表現されているような式を使っております。昨年度、この後ろ側の項が入ってなかったようでありまして、それも入れて、2【g/m²/day】を使うことにしました。これは、宍道湖湖心でのこういった実測値をベースに与えております。

それから、植物プランクトンの依存性につきましては、昨年度は、あまりプランクトンの生産がないような計算結果でして、消散係数を過大に与えないとなかなか現象が説明できないということがありましたけれども、今年度につきましては、プランクトンはある程度、レベル的には再現できました。それから関連して、例えばこのK_dつまり消散係数は透明度に依存をしていて、その2つのパラメーターの積は従来 of 報告値からあまり多く違わないという、そういう結果が出ました。この辺りの透明度の観測値なんかとも比べると、やはり、昨年度は過大に評価していたなということで、元に戻しております。

さらに、藍藻につきましては、自然死亡速度というものが結果に大きく反映をしております。昨年度は珪藻と藍藻で同じ値を使っていたんですけども、もう少し藍藻が死なないような係数に改良を加えました。昨年度の報告の段階で使ったパラメーターと、それから本年度今日御紹介する、いろいろ試行錯誤いたしましたけれども、一番検証を進めてきたそのケースの係数を、パラメーターの係数として使っております。

主な検証結果を急いで御紹介をしたいと思っております。まず、懸案であった塩分成層でございます。この黒い線、これが何回も御紹介をしている底層の観測値になります。昨年度の結果は、ここにありますように、課題になったパラメータの値を使って後の水質計算でも使っておりましたけれども、今年度は先ほどの拡散係数等を変えた効果、つまり赤いラインということで、かなり塩分成層が継続した期間がうまく説明できるようになりましたし、あるいは、上層につきましても、上層の塩分の実測値がこの黒いラインですけども、本年度結果の赤いライン、特に後半の成層、成層が終わった後はかなりうまく再現できるよう

になりました。

塩分と上層、下層、底層のDOを並べてプロットしたのがこれで、これは検査期間のうち、特に成層化がみられた6月から1月までの結果をお示ししております。上が塩分、これは先ほど御紹介したとおりになります。下のDOですけれども、赤いラインは今年度の計算結果、青が昨年度の計算結果です。これらは毎月1回の調査の丸印と比較をしておりますけれども、上層のDO、それから下層DO、底層のDOです。下層に貧酸素した計算結果がありますけれども、長期間の貧酸素状態というのがうまく再現していて、また、11月以降はよく混ざっているというところも説明できるというふうに思います。

次、水温でございますけれども、やはり上層、下層、底層、それぞれの結果を昨年度、今年度、そして観測値として示しております。まず、この6月から9月の頭ぐらいまでの夏場の上層水温ですが、青い昨年度の研究結果では、黒の観測値と比べますとかなり過大になっておりましたけれども、バルク係数を変更することで赤いラインの計算結果であり、かなり実測に近づいてまいりました。ただ、この下層、秋の時期、表層も若干そういう結果残っておりますけれども、底層あるいは下層の実測値のずれはまだ残っております。これは塩分成層が間接的に影響するのではないかということで、この後の計算では、まだここは入り切っておりませんが、あるいは、潮差放射等の検討が必要だというふうに思います。

TNはちょっと飛ばしまして、TP、貧酸素化をするとリンが溶出するというので、8月から11月の頭まで貧酸素化の期間でありますけれども、底層にリンが溶出して濃度が高くなっていきます。今年度、高い濃度の計算結果というのが、この8月から急にリン酸態リンが溶出して濃度が高くなるという様子がうまく捉えられているというふうに思いますし、また、上層につきましても、若干濃度上昇が見られるというあたりも、いろいろ再現できているというふうに思いました。

残る課題は植物プランクトンでありまして、これは残念ながら水質と比べるとさらに検討項目が増え、まだ今の段階では課題が残っております。上が上層、下層、底層のそれぞれ同じように、昨年度と今年度の計算結果を示しています。今年度の結果は、プランクトンの増殖は途中までは見られるんですけども、なぜか途中であまり増えなくなっております。これは、一部変更しました死亡速度を昨年度から変え過ぎてしまったのかなというようなところも含めて、今、検討しております。

今年度の成果のまとめと今後の方針を最後にまとめて御報告いたします。ここに書いて

おりますが、これまで、昨年度までを含めましてずっと、2012年という長期にわたった塩分成層と貧酸素の時期の期間の再現に課題があったわけですが、今回、ようやく長期の塩分成層化の再現性が格段に向上いたしまして、あわせて、この期間の成層による貧酸素化、さらに貧酸素化に伴って底泥からリンが溶出して、一部は表層にも運ばれるという一連の様子がうまく再現できたというふうに思っております。あわせて、表層の夏季の水温についても、バルク係数が意外に敏感に効いてくるというようなところが分かりまして、まだ秋の状況とか、あるいは、ちょっとスキップしましたが、全窒素について、若干、まだ再現性が悪いところもございますけれども、全体的には再現性が改善できないのではないかとこのように思います。

現在、植物プランクトンの成長に係るパラメーターにつきましては、今、精査をして、再計算をしているところになります。近いうちにこちらのほうも再現できればいいかなというふうに思いますけれども、プランクトン周りのパラメーターはかなり複雑なものがありますので、現段階としては水質の再現というところまでは、まず、100点ではないけれども、かなり高得点と言ってもいいのではないかとこのように自己評価をしております。

できましたら、お許しを頂けたら、ここまで再現ができました塩分成層化、それから、水質の再現部分を中心に論文投稿を考えていきたいというふうに考えているところがございます。

私からは以上になります。

それでは、御質問いただけますでしょうか。

中田委員。

○中田委員 すみません。植物プランクトンの再現性のところで、藍藻のほうが少ないなくなってキクロテラがこれからどんどん増えていくと言われたんですけども、これは、今、中村先生のお話ですと改良版で藍藻の死亡速度を速くしてしまったせいだろうというお話ではありましたけれども、9月から10月、11月に増やしたときは、アオコが大量発生した時期だという具合に考えてよろしいのでしょうか。

○中村座長 御質問ありがとうございます。

ここで示しているところなんですけれども、観測値としては同定まではされてなかったと思いますけれども、島根県の報告によりますと、この年は8月ぐらいからアオコが出始めて、10月ぐらいまで続いているという報告があったというふうに思います。このモデルでは藍藻、それから緑藻、珪藻と分けてモデル化をしていますけれども、この破線が実

は藍藻が占めてる割合で、種の遷移も含めて、あんまりうまく再現できてない。この藍藻マイクロキスティスが、報告にあるように広がる時期の前から藍藻が占めている結果になっています。珪藻と藍藻がやはり競合もありますので、一つのパラメーターで両方ともバランスが変わってしまったのか、あるいは、もっと考えないといけないのかというのは、まだまだよく分からないところです。

○中田委員 そしたら、また形勢が変わってる可能性もあるわけですね、この間に。

○中村座長 そうだと思います。

○中田委員 分かりました。

あと、TNがすごくオーバーに表層に出てるのは河川の負荷量が合っていないんじゃないかなと思ったんですけど、それでよろしいですね。

○中村座長 まず、TNというのは、かなり保存的に効くはずなので、そんなにほかの内部の要素で変わるはずはないと思うんですけども。とはいっても、やはり、大きく密度成層してるところで、表層と下層の濃度レベルが違ってくると、そこでの今後の状況も併せて見ないといけないのかなというふうに思っています。もちろん、負荷量そのものも、あわせて、今検討しています。

○中田委員 今、先生がおっしゃったように、T-Nは保存的に動くはずですので、負荷がちょっと合っていないのかなという感じがちょっとしたので、だと思えますけども。

○中村座長 コメントありがとうございました。今それをちょっとチェックさせていただいているところです。

○中田委員 あと、TPのところでも、冬の観測では表層は、TPはなくなっているんですけども、計算では少しオーバーになってるんでしょうか、何か。

○中村座長 上層の12月の前後のところですね。

○中田委員 はい。

○中村座長 このレベルですと、酸素の消費速度もそうなんですけれども、有機物の沈降フラックスに応じて溶出してくるという項を入れておきまして、プランクトンが増殖した直後には沈降量増加の結果として溶出も過大に出てくる可能性があります。青色で示した昨年度の計算のところはちょっとまだ調べてないんですけども、そういう影響が出てくるのかなと。ただ、今年の結果は赤いラインであり、そこまでの大きな変化は出てきてないというふうに思っています。

○中田委員 あともう一つよろしいでしょうか。

○中村座長 はい。

○中田委員 底泥での酸素処理速度の設定ですけれども、バックグラウンド2.0というのを入れていますよね。これずっと温度依存性がありということですが、バックグラウンドで有機物が酸化されていることを証明してるんだと思うんですが、ちょっとすごく大きいなという感じがするんですが。貧酸素になってないときには、これだとちょっと過大になるんじゃないかという感じがしてしまうんですが。

○中村委員 ありがとうございます。実はこれはバックグラウンドのほうの再現値でして、ちょっとここを御覧いただけますでしょうか、ちょっとこれ大きくします。ポイントを示しますと、これがバックグラウンドなんですけれども、ここに酸素の関数が入っておりまして、酸素がゼロ、すなわち直上水の酸素がゼロになりますと、消費速度もゼロになってしまいます。

○中田委員 はい、分かります。

○中村座長 よろしいでしょうか。

○中田委員 2.0ですずっと与えてしまっているような感じがしたんですが、そうではないということですね。

○中村座長 そういうことはございません。

ありがとうございます。

○中田委員 もう一つ教えていただきたいんですが、バルク式を霞ヶ浦の研究成果を使っているんですが、私もよく分からなくて、悩むところがあるんですが。湖面上の輸送を表すときに、吹送距離(Fetch)がかなり効いてくるんじゃないかなと思うんです。要するに、十分に風波が発達したのか、そうじゃないのか、陸近いところと真ん中とでは風向きによって随分変わってしまうんじゃないかなという感じがするので、真ん中付近はこれでいいかもしれないけれども、全域同じバルク式を使うというのはどうなのかなという感じがいつももってるんですが。中村先生、どう思われますか。

○中村座長 コメントありがとうございます。これは熱の輸送だけではなくて、運動量の輸送にも関わるところで、風の吹送距離の影響というのは大きいとは思うんですが、まだそれは考慮できてないですね。特に宍道湖でよく発生する西風が強いときに船で行きますと、斐伊川の河口の辺り行くともう波が全然立ってない。ところが、宍道湖大橋、松江の町のほうに来るとすごい波が高いんで、全然これ混ざり方違うんじゃないかというのはよく感じてるところなんですけど、この点につきましては、今後の課題とさせていただきます。

○中田委員 どうもありがとうございました。

○中村座長 ありがとうございます。

○清家委員 中村先生、よろしいでしょうか。

○中村座長 はい、どうぞ。

○清家委員 私はTPについてお聞きしたいんですけども、2012年の、今回の結果は非常に実測値とよく合ってると思うんですが、例えば同じやり方で、2010年とか2011年の結果は合うんでしょうか。といいますのは、実測値のリン酸態リンとTPを見ると、2012年だけ突出して高いんですよ。それは恐らく硫化水素の絡みというか、今回、DOで多分合わせておられると思うんですけど、これを無理に合わせようとすると、ほかの年がうまくいくのかな、とちょっと心配でして。実際、リンの溶出というのは、汽水湖の場合は2段階で溶出しますよね。淡水湖だと酸素濃度だけで多分いけますが、汽水湖の場合、鉄とリンというのがくっついてて、それが、硫化水素が出始めのときには恐らく二価鉄に還元される段階で一部リンが溶出して、さらに、硫化水素が鉄と反応して硫化鉄を形成して、その段階で完全にリンが溶出するという事なので。ですから、その辺の表現、難しいとは思うんですけど、この同じもので2010年、11年がうまく合うんだったらいいんですが、もし合わない場合には、その辺の検討をしていただいたらいいのかなというふうに思いました。

○中村座長 コメントありがとうございます。

例えばリンの溶出であるとか、硫化物の溶出、あるいは、そういうときに鉄がかなり関与してるというのはいろいろなところで感じております。実は、このモデルではまだそういった鉄の関与を入れ込んでないんですけども、このモデルとは全く別に、堆積物だけをダイナミックに解くモデルを今検討しております。そこでは鉄、マンガン等も含めたダイナミクスと硫黄の循環も解ける形にしておりますので、今後はその成果をこういったモデルにも取り込んでシミュレーションをしていきたいというふうに思ってます。コメントありがとうございました。

○清家委員 ありがとうございます。

○中村座長 ほかにはよろしいでしょうか。

ちょっと司会の不手際で大分進行が遅れておりますので、もしよろしければ、これで私からの報告は終わりにさせていただければというふうに思います。

それでは、次に移りまして、⑥農業集落排水処理施設の簡易高度処理化というところで、

資料3について、こちらは島根大学の管原先生ですね。よろしく、御説明をお願いいたします。

○管原委員 それでは、説明させていただきます。

農集からのリンの高度処理に関する研究です。島根県から受託しまして、実験を行いました。昨年度からこの研究を行っているんですけども、幾つか課題の積み残しがありましたので、今年度はここに書いてあることをやっています。

今回ですけれども、実証実験を行った施設は、雲南市さんの協力を得て、この処理施設で行いました。この処理施設は接触曝気方式という方式で、1日、大体20から30トンの処理量です。処理人口は200人ですので、上乘せ排水規制の対象外の施設となります。ですので、この施設というのは、あくまでもリン溶塩を下げるためだけの施設ということになります。ですので、リンの処理装置とか、一切こういうものは入ってませんし、TPが大体3から6くらいで入ってくるのがそのまま放流されるというような状況です。この施設に対して、鉄電解法という方法を使ってリンの除去を試みました。この原理を簡単に説明させていただきます。

2枚一組の鉄板、これ鉄板です、にそれぞれ電気をプラスとマイナス流します。そうすると、この陽極側から、鉄板から鉄、 Fe^{2+} の形で鉄が溶出します。この鉄が水中の酸素と反応しまして、鉄の三価になります。この Fe^{3+} とリンが直接結合してそのまま沈殿するパターンと、この Fe^{3+} は水のpHに応じて $Fe(OH)_3$ という水酸化鉄になります。この水酸化鉄というのはプラスにチャージしてまして、このリンというのはマイナスにチャージしてます。ですので、このプラスのやつにくっついて共沈して落ちていくというのが、このリンの除去のメカニズムになります。

この鉄電解装置の概略図なんですけれども、使用する水というのは処理槽の中の水です。これをポンプで地上にくみ上げます。そのくみ上げた水に対して鉄を溶かし込んで、またそれをポンプで下に戻すという簡単な装置になります。その装置ですけれども、この制御部と鉄電解槽の2つのパーツから成ります。この制御部の中には直流電源装置と呼ばれる装置が入っているのと、あとは、ポンプ等を制御するタイマーで成り立ちます。この鉄電解槽の中には鉄板が入ります。この制御部なんですけれども、家庭用の100ボルトの電源で動きますので、この電源が取れるとこだったらどこでも動かすことができるというのが特徴です。今見ていただいているのは、2019年度につくった装置になります。このオレンジ色のものが鉄電解槽になります。ここに小さな箱、この中が直流電源装置が入っ

てる制御部になります。

2019年度の結果なんですけれども、一応、排水中のTPを1ppm以下まで低減することができたんですけれども、夏季に装置がオーバーヒートで度々止まりました。ですので、今年度はこのオーバーヒート対策をするというのが目的の一つになります。

このオーバーヒートした装置なんですけれども、この制御部の中にある直流電源装置です。この装置の役割なんですけれども、家庭用の100ボルトの電源というのは交流です。これを直流に変える装置であります。このときにパワーを上げれば上げるほど発熱するんですけれども、この中に冷却のファンが入ってますので、普通だったらオーバーヒートで止まることはないです。ですけれども、この直流電源装置を外に置いてますので、直射日光による温度上昇が加わりまして、あとはここで発する発熱が相まってこの装置がオーバーヒートして止まるということが原因でした。そこで、今年度はこの箱から、ちょっと大きめの鉄製の箱になるんですけれども、ここに遮熱板、遮断熱って書いてます、これ遮熱板です、遮熱板つきの配電盤に替えること、そして、こういう配電盤というのは設置する向きというのが決まっているらしくて、ちゃんと南向きに設置しないといけないという約束があるみたいです。この配電盤を使って今年度1年間行いましたが、夏季、一度も止まることなく稼働することができました。

次です。サポート体制の構築についてです。これまでなんですけれども、市販のもので全て装置を組み上げてました。なぜかという、修理とか交換を管理業者さんにやってもらうということを想定していたため、ホームセンターで買える部材でこれを全部組み上げてました。ですけど、管理業者さんが何かトラブルがあったときには必ず僕のところに電話がかかってくることになるので、すぐに対応することができません。ですので、このサポート体制を構築するというのも今年度の目的の一つになります。

そこで、県内のある企業と一緒にこの装置を組み上げることでサポート体制をつくろうというふうに考えました。今、見ていただいているこの装置なんですけれども、この装置を今年度つくってもらいました。この装置でも一応、リンの低減、1ppm以下まで下げれることを確認しております。

注目していただきたいところが、この鉄電解槽になります。2019年度、これ、私がつくったやつなんですけれども、これ市販のローリータンクでつくってます。2020年度、これ、民間の企業さんにお問い合わせすると、こういう口の大きなものを見つけてもらいましたので、これを使うことによって作業性が格段に上がりました。

そしてもう一つ、鉄板間の目詰まり防止の工夫というところなんですけれども、鉄電解法が普及しない原因の一つというのがこれです。今ちょっと拡大しますね。鉄板間が目詰まりを起こしているというのが、この写真を見てお分かりいただけるかと思います。なぜ目詰まりをするかというところ、この目詰まりの原因が、鉄板から溶出した鉄なんです。これがたまってしまったがために鉄の溶出を阻害して、リンの低減があまり起こらなくなる、リンがほとんど減らないということになってます。さらに、こういうふうが目詰まりすると、電気代が上昇してしまうという問題も起こってました。

そこで、その民間の企業さんに考えてもらってやったのが、これが平常時です。今ここに鉄がどんどんたまってきてるような状態です。一定時間ごとにポンプがオンになるんですけれども、供給水を鉄板の下から噴き上げるように出してもらうことによって、鉄板間の目詰まりを防ぐことに成功しております。少なくとも2週間は目詰まりを抑制することができました。ここで少なくとも2週間というふうな書き方をしておりますが、この施設の場合は、管理業者さんは必ず2週間に1回の頻度で点検に来ないといけないというルールがあるみたいです。ほかの施設に至っては、1週間に1回の頻度で点検に来てくださいというルールもあるようです。ただし、この施設の場合は2週間に1回です。逆に言うと、2週間目詰まりせずにもてばいいという考え方をしておりましたので、2週間もてばいいというふうな考え方です。2週間に1回、管理業者さんに清掃していただくこともできますので、どうやって清掃するかというところについてですが、一番確実なのは、このように鉄板を取り外して洗浄していただくのが確実です。ですけど、1回1回取り外して、また設置してやると、これ手間になりますので、清掃用の道具を民間業者さんに作ってもらいました。そうすることで、架台から鉄板を取り外すことなく清掃できることになりました。

また、鉄板の交換の方法です。これ、大抵1.5か月から2か月に1回やってもらう作業にはなりますけれども、この作業も管理業者さんにやってもらえるかどうかの確認です。実際に管理業者さんにやってもらいましたけれども、鉄板の交換の時間を計ってみると大体10分ぐらいで交換ができました。通常の業務の範囲内で対応が可能だというお声も頂いておりますので、この装置のメンテナンスに当たって、管理とかそういうことに当たっては、余計に人件費がかかることはないだろうということでした。ちなみに、ここにリンク貼ってますけれども、交換のときの様子をユーチューブにアップロードしてますので、御興味のある方はぜひ御覧ください。

あとは、ランニングコストですけれども、今回、新たに求めたのが、月の電気代です。大体6,000円ぐらいでやれるということが分かりました。

最後にまとめとなります。今回の接触曝気方式という方式の処理施設に対しまして、リンの除去、簡易適用を行ったところ、この装置でもリンの除去効果があるということが分かりました。比較的 low コストで手間が少ないというのが大変特徴になるかと思えます。これも実証することができました。その一方で、少しだけ交換とか清掃、その辺の調整、課題が残るということも分かりました。今後ですけれども、市町と連携しまして、さらなる改善や低コスト化を図りまして、あとは、商品として普及活動のほうに力を入れていく必要があるかと思えます。

私のほうからは以上です。

○中村座長 管原さん、どうもありがとうございました。

それでは、御質問、コメントございましたら、よろしくお願ひします。

○筒井委員 すみません、環境省の筒井ですけれども、よろしいでしょうか。

○中村座長 はい、どうぞ。

○筒井委員 すみません、環境省の筒井でございます。非常に興味深い知見をありがとうございます。

この中でちょっと質問なのですが、電気代のところなのですが、7万2,000円と書いてあるのですが、これ、理論上でもいいのですが、ポンプアップと処理のところの比率というか、割合なんかというのは分かるのかというのが1点と、もう1点は、出てきたリンですね、除去されたリンが今後、有効活用とかそういうことを考えておられるのかということ、この2点でございます。

○管原委員 すみません、まず1点目のところなのですが、ポンプアップというのは、さっきの御質問の意味は。

○筒井委員 ちょっとすみません、これ上に置いているので、多分ポンプで、供給ポンプで水を上げて返送で流している、返送ポンプで流していますよね。

○管原委員 はい。

○筒井委員 それで、あとは、そもそもの電極というか、電極に通している電気の量とあると思うので、そこの区分というのが何か、感覚的なものでも分かるかなというのが質問でございます。

○管原委員 ここの月6,000円のうち、さっき言われたポンプアップと電極に流す電

気量という。

○筒井委員 そうですね、電気量のうち少し感覚的にでも、もし、分かるのかなというのが、ちょっと、すみません、素人的で申し訳ないですが。

○管原委員 これ一口で計算しておりますので、細かい詳細な部分というのが分かりません。

○筒井委員 分かりました、ありがとうございます。

○管原委員 すみません、もう一つ、何でしたか。

○筒井委員 もう一つは、除去したリンというか、リンの活用なども将来的に、将来的というか、今後も視野に、何か考えを検討されているのでしょうかということでございます。

○管原委員 今のところは濃縮貯留槽というところにどんどんたまっていく一方ですので、ですので、今リンは枯渇資源と言われてますので、リンの回収とかそういうところもやっていければいいのかなというふうには考えてます。

○筒井委員 ありがとうございます。

○中村座長 ありがとうございます。

ほかには、いかがでしょうか。井上委員、どうぞ。

○井上委員 リンの回収という意味では、このタンクの下にリンがどんどんたまっていくって増えていくって感じですか。

○管原委員 はい、そうです。

○井上委員 ちょっとすみません一つ、アノードに鉄が析出したりとかというのはないんですか。

○管原委員 陰極の方からは水素ガスが発生します。普通だと片方からしか鉄が溶出しなくなりますので、一定時間後に陰極と陽極を入れ替えてやっていますので。

○井上委員 それを繰り返して行う。

○管原委員 はい、そうです。

○井上委員 カルシウムとかそういうものの付着は少ないのかなと思って。

○管原委員 くつつくとしたら、鉄板から溶出した鉄です。

○井上委員 分かりました。リンの回収もそうだけど、水素も回収したりしないんですか。

○管原委員 濃度があまり高いわけではないので、厳しいです。

○井上委員 ありがとうございます。

○中村座長 よろしいでしょうか。

今後、リンの資源価値と水素の価値がどれくらい変動するか分かりませんが、
ほかには、よろしいでしょうか。

こちらの研究でかなり実用化が一つ見えてきたんじゃないかなというふうにお聞かせを
頂きました。ありがとうございました。

それでは、特になければ、以上にさせていただきたいと思います。

菅原先生、どうもありがとうございました。

それでは、一通り予定をしておりました議事が終わりましたが、全体を通して何
か言い残されたことだとか、あるいは、それぞれの研究発表相互に関係するようなこと
あるとか、何か御発言がありましたらよろしくお願いたします。

ちょうどそろそろ湖沼計画をかなり煮詰めていかなければいけないタイミングというこ
とで、それぞれの実際に湖沼どういう管理するかということに対して様々な調査、ある
いは知見がかなり蓄積してきたなというふうに感じました。今後の湖沼計画等も策定にあ
たって、こういった研究開発の成果をうまく生かしていただければよろしいかなというふ
うに思います。

最後に皆様のほうで御意見ございませんか。よろしいでしょうか。

中田委員、どうぞ。

○中田委員 前回、水草帯の調査についていろいろお話をお伺いしましたが、今回その話
は全くないんですけれども、それはまた別の機会に何かあるんでしょうか。

○中村座長 恐らく会場に神門さんがいらしたと思います。いかがでしょうか。

○神門部長 聞こえますでしょうか。

水草調査ですけれども、今年度は環境省様の資金によりまして調査を行いました。ちょ
っと今回、時間等々の都合でお話しできませんでしたが、何らかの機会、環境省様
からオーケーということでありましたら、何らかの機会に、委員さんをはじめ関係の皆様
にまた御披露なり、また御意見を聞いたりということしたいと思います。よろしくお願
いたします。

○中村座長 よろしいでしょうか。水草につきましても近年、宍道湖、中海に限らず、日
本全体でも大きな問題になっておりますので、研究の進展を期待したいというふうに思
います。ほかにはよろしいでしょうか。ありがとうございました。

本来であれば対面でワーキンググループをやる場所ではございますけれども、私が
おります関東地方から見ますと、島根県はほとんど無菌状態に近いんじゃないかなというぐ

らい状況が違います。皆さんと面と向かって議論できなかったのは残念ですが、何とかこの定例会を進行することができたかなというふうに思います。事務局の方に感謝を申し上げたいと思います。

では、以上で予定しておりました議事は終わりましたので、事務局にお返しをしたいと思います。

○島田室長 中村先生、ありがとうございました。

本日は長時間にわたりまして熱心な御議論、アドバイス等頂きまして、誠にありがとうございました。今年度はこれで終了ということで、次回は新年度の開催となります。時期につきましては、また、座長の先生と御相談の上で決定をさせていただきますので、よろしく願いいたします。

それでは、以上をもちまして令和2年度汽水湖汚濁メカニズム解明調査ワーキンググループを終わりたいと思います。本日はありがとうございました。