

【未定稿】これまでの調査結果の整理

① 流入実態について

知見

- 原単位法により算出した流入負荷量の精度確認を目的として、国交省の L-Q 式による負荷量と比較したところ、平成 20 年度分は COD が少し低め、全窒素は高め、全燐も少し高めという結果であった。また、平成 13 年の県の L-Q 式による負荷量との比較では、全窒素も全りんも一致している。【事務局】
 - 山林系の原単位について、現行で使用している原単位の調査（平成 3 年）では、特に懸濁態りんが増える出水時のデータが少ない。一方、一番流域の広い斐伊川の本川の上流（複数の地点での調査が望ましいと思うが、流量が測定できるなどの適地が無い為 1 地点）において実施した平成 19 年度調査は、汚濁に大きな割合を占め高水時と低水時の両方のデータを含んでおり、COD、窒素、りんの L-Q 式の傾きからも妥当と思われる。【委員】
- 平成 19 年度調査から算出した原単位を今後採用する予定。

2010 年 7 月から 2011 年 6 月の斐伊川連続調査結果

- 斐伊川の窒素は、ほぼ通年、湖沼環境基準値（0.4mg/L）以上の濃度で流入（平均値 0.6mg/L）。【斐伊川連続調査】
 - 2010 年 7 月からの 1 年間、斐伊川から、全窒素は約 1,000 t 流入（実測値）。【斐伊川連続調査】
 - 斐伊川のりんについて、平均流量（51m³/s）未満の日（264 日）のうち約 7 割（190 日）は、湖沼環境基準値（0.03mg/L）以下の濃度で流入（2010 年 7 月からの 1 年間の平均値 0.027mg/L）。【斐伊川連続調査】
 - 斐伊川のりんについて、平均流量（51m³/s）以上の日（101 日）のうち約 7 割（69 日）は、湖沼環境基準値以上の濃度で流入（2010 年 7 月からの 1 年間の平均値 0.051mg/L）。【斐伊川連続調査】
 - 2010 年 7 月からの 1 年間、斐伊川から、全りんは約 90 t 流入（実測値）。【斐伊川連続調査】
 - 2001 年調査に比べると、**斐伊川**の全データ平均値は全りん及びりん酸態りん濃度はあまり変化なかったが、**全窒素濃度のやや上昇（0.54mg/L→0.60mg/L）及び硝酸態窒素濃度の上昇（0.38mg/L→0.50mg/L）**を確認。【斐伊川連続調査】
 - **斐伊川**の TN 濃度は冬季に特異的に高い（年平均 0.60、12 月～3 月平均 0.76mg/L）。L-Q 式は、従来どおり 1 本では精度が不十分。【斐伊川連続調査】
- COD、TN は 100 m³/s 以上と未満で分け、更に TN は冬期を別にすると良い相関が得られた。TP は 2 次式を用いると良い結果が得られた。
- 湖心の全窒素の濃度変化と斐伊川の全窒素の濃度変化は概ね連動している。**（斐伊川の濃度変化の 15 日遅れが湖心の濃度変化とよく合う。）**【斐伊川連続調査】

指摘

- 流入負荷量が減っているという前提がどれくらい確かなのか、きちんと確認してお

く必要がある。【委員】

- 斐伊川連続調査などにより現状を確認中。
- 面源の負荷量は原単位では適切に表せていないという話もある。【委員】
- 施策の反映を把握するためにも、基本的には原単位法で継続する予定。
- 例えば全窒素など自然系の占める割合がかなり大きいですが、原単位が上方修正されると負荷量がさらに大きくなる。
- 山林系の原単位に係る調査結果を再検討した結果、原単位を変更予定。
- 降雨中の窒素濃度が季節によって上昇傾向がある旨の報告があるが、負荷量の算出（原単位の設定）においても考慮が必要と思う。
- （未着手）
- 畜産系の原単位について、（牛、豚の排出原単位はもっと高いが）堆肥化等による処理後の原単位として設定している。その値が実態を表しているのか確認しておく必要がある。【委員】
- （未着手）
- 市街地系の汚濁負荷量（面積と降水量から算出）は、「市街地面積が少しずつ増えていることから、特に磷について近年かなり割合がふえている」とのことだが、開発等により面積が増えても人口は殆ど変わらないこともあるので、市街地で一括りにする方法が、実態をどれぐらい正確にあらわしているのか確認等する必要がある。【委員】
- 過去の調査研究結果を再確認等する予定。

② 湖底と湖水の出入り量について

知見

- 「宍道湖に入る水」のNP比よりも「宍道湖の水」のNP比の方が低いので、磷が底質から相当溶出していると想像できる。【委員】
- 平成21年に緑藻が大量発生してCODが高くなった時、磷も一緒に高くなっているが、窒素は殆ど変化がなかったように見えるので、多分磷が供給されるとCODもどんと上がると思われる。【委員】
- 底質直上の貧酸素化に伴うりん酸の溶出を確認。【湖心高頻度調査】
- 夏季において底質からのアンモニア態窒素の溶出による湖内現存量の増加は確認できなかった。【湖心高頻度調査】
- 2010年8月からの3ヶ月間でりんは底質から約60t溶出している。【湖心高頻度調査】
- 中海から宍道湖への流入水量は淡水流入量の約28%（1993～2011年の19年平均）である。【湖心高頻度調査】
- 宍道湖では全りん年間流入量のうち、約27%（1993～2011年の19年平均）が堆積している。【湖心高頻度調査】
- 夏季に溶出したりんは約半分が再沈降している。【湖心高頻度調査】
- りんの年収支（1993～2011年の19年間平均）を計算すると、68tが沈降し、28tが溶出している。【湖心高頻度調査】

指摘

- 湖底からの栄養塩の溶出状況の把握は非常に大事である。各機関保有データを集めて整理するべきである。ただ、特に鱒はその時々溶存酸素濃度の影響を受けるので、その状況も踏まえた上で全体的な傾向を抽出する必要がある。【委員】
 - 各機関保有データを収集・整理中。
- 収支を考える上で溶出に関わるのは、塩分成層の形成による貧酸素化であり、それらの把握は非常に重要である。【委員】
 - 塩分成層と貧酸素濃度の変動に関する研究を実施中。

② 底質について

知見

- 沿岸部は砂分が多いが、水深が深くなるほどシルト・粘土分や有機物が多くなる。【底質調査（平面概況把握調査）】
- 宍道湖西側は水深が浅くても、有機物や窒素・りんが多く、斐伊川からの流入影響が考えられる。【底質調査（平面概況把握調査）】
- 底質の状態はH4年調査と比較してもほとんど変わらなかった。【底質調査（平面概況把握調査）】

③ 湖内に関すること（プランクトン）について

知見

- 平成19年付近においてクロロフィルは多く細胞数は少ない。データを見ないといけないが、その理由として、ピコシアノバクテリアが多かったために細胞数はカウントされていないが、優先度として高かったとか、そういったところもあると思う。【委員】
- 動物プランクトンの炭素現存量が平成8年頃から継続して下がり、現在100マイクログラムカーボン／リッターで少し低いと思われる。炭素量が一時期下がっていることについて、種組成についても併せて確認したほうがよい。また、例えば1マイクロ程度のピコシアノバクテリアを見落としていると相当影響を与える。それらの存在など、様々なデータをあわせながら炭素量が減ったことを検証してみると良い。【委員】
 - 確認した結果、平成8年まで *Sinocalanus* について成体と幼体を区別しておらず、その結果、炭素量が過大評価になっている可能性が考えられる。
- プランクトン優占種について、ある種が数週間続けて優占することもあるが、週ごとに頻繁に変わることも多いことを確認。【湖心高頻度調査】
- 総クロロフィルa濃度と総カロテノイド濃度は、幅があるが相関あることを確認。【植

物プランクトン存在比調査】

- 2010年7月からの**1年間で**、総クロロフィル a 濃度が最も高かったのは、アオコが確認された時期であることを確認 (40 $\mu\text{g/L}$ 超)。【植物プランクトン存在比調査】
- 同調査期間において、年間数回にわたる藍藻の優占期間が認められた。アオコが確認された時期は藍藻 (*Aphanocapsa holosatica*、*Synechocystis sp.* 等) が 80% 以上を占めていたことを確認。【植物プランクトン存在比調査】
- **同調査期間の**厳寒期には、緑藻と渦鞭毛藻の優占が認められた。【植物プランクトン存在比調査】
- **同調査期間において** 宍道湖では、珪藻の植物プランクトン相に占める相対割合が大幅に低下する時期が年間の半分程度に及ぶことが明らかとなった。【植物プランクトン存在比調査】
- **同調査期間の**夏季、湖内のりん酸と硝酸等を栄養として、アオコが増殖した可能性があると推測される。【植物プランクトン存在比調査】

指摘

- ホルマリン固定試料などを蓄積して欲しい。【委員】
→ 大谷委員の協力のもと、定期調査の結果 (湖心) について蓄積中。
- 植物プランクトン調査と同様、消費者である動物プランクトンの調査も十分に行ってほしい。【委員】
→ 国土交通省など関係機関が実施されているデータの活用について検討。

③湖内に関すること (アオコ) について

知見

- シジミが豊富だった以前は、シジミによる捕食の為、沿岸部は湖心よりもアオコや赤潮の濃度が低かった。【委員】
- 以前の調査では、湖心よりも沿岸部の方が、顕著に栄養塩濃度が高かった。その理由はシジミの代謝の影響だと思われた。【委員】

③湖内に関すること (難分解性有機物) について

知見

- 難分解性の COD は湖内で生産されているものの割合が相当高く、その由来について一番有力なのは底泥の巻き上げと言われている。【委員】
- 溶存態 COD が 70~90% であり、夏季に高くなることを確認。【湖心高頻度調査】
- COD について、宍道湖では約 6 割 (約 3mg/L) が、斐伊川では約 2mg/L が、難分解性であることを確認。湖内で内部生産された難分解性 COD が多いことが推測される。【難分解性有機物調査】
- 植物プランクトン起源の COD は易分解性割合が小さいことを確認。【難分解性有機

物調査】

- ~~窒素について、DONが半分くらいの割合であることを確認。【湖心高頻度調査】湖内のDONは難分解性であることを確認。湖内で内部生産された難分解性DONが多いことが推測される。【難分解性有機物調査】（要検証のため再調査中）~~
- ~~りんについて、DOPが難分解で存在していることを確認。【難分解性有機物調査】（要検証のため再調査中）~~

③ 湖内に関すること（塩分成層など）について

知見

- 宍道湖では中海の塩水が間欠的に大橋川から入り底にたまって成層構造になる。この底にたまった塩水が暖候期には貧酸素になり、湖底から栄養塩が溶出し、全層に拡散し、植物プランクトン等が増殖し、有機汚濁の原因になると考えている。【委員】
- 宍道湖における酸素消費の主な原因は、「有機物がある（CODが高い）から」ではなく「塩分成層の為」である。【委員】
- 淡水と塩水が合わさったところで色々ものが凝集し急に濁度が上がるため、汽水域では透明度が上がりにくい。【委員】
- 2010年7月からの1年間において、1ヶ月以上連続した塩分成層を確認。【湖心高頻度調査】
- 塩分成層は、風速7m/s以上の西風が継続すると破壊されることもあるが、成層が傾いて移動するだけの場合もある。【塩分成層と貧酸素濃度調査】
- 2012年の夏季、風速が小さく、塩分成層の安定期が長かった。その為、りん濃度が高くなったと推測される。【塩分成層と貧酸素濃度調査】
- 一回潮で低気圧が日本海を通過するとき、大橋川から宍道湖へ高塩分水が流入する。
- 大橋川にある塩水は、一回潮時の潮汐により流入することが多い。
- 湖内に侵入した塩水は、約2日後には宍道湖湖心に到達し、塩分成層が形成される。【塩分成層と貧酸素濃度調査】
- 風について、8月は海陸風が卓越し、風向も大体決まっている。

指摘

- 収支を考える上で溶出に関わるのは、塩分成層の形成による貧酸素化であり、それらの把握は非常に重要である。【委員】
 - 塩分成層と貧酸素濃度の変動に関する研究を実施中。
- 宍道湖は上層と下層の差が余りないから、結構弱い風で混ざる。それに係る「静振」については、まだ十分に実態がとらえられていない。【委員】
 - 塩分成層と貧酸素濃度の変動に関する研究を実施中。

③ 湖内に関すること（硫化水素）について

知見

- 硫化水素は、硫酸還元細菌という絶対嫌気性の細菌が生成する。また、この細菌は従属栄養細菌で有機物も必要とする。【委員】
- 硫化水素が発生しても例えば三価の鉄(Ⅲ)が湖底にある場合、硫化水素は先ず三価の鉄(Ⅲ)を二価鉄(Ⅱ)に還元するのに使われ、次いで硫化鉄沈殿の形成に使われて消費される。つまり、硫化水素と反応する鉄のような物質が無くなった場合、フリーの硫化水素が初めて蓄積し、濃度がふえていく。【委員】
- 硫化水素は、pHに依存して「分子状 H_2S 」、「 HS^- 」、「 S^{2-} 」の存在割合が変化する。硫化水素の pK_1 は約7で、pH7ぐらいで「 H_2S 」と「 HS^- 」が半々の割合で存在する。pHが下がるほど分子状の H_2S が増える。シジミ等に影響を及ぼすのは、その分子状の硫化水素であり、「 HS^- 」ではない。【委員】
- 底質の状態を示す指標として用いられることの多い「AVS(酸揮発性硫化物)」は、いわゆるトータルの硫化物を示し、その大部分は無毒の金属硫化物が占める。AVSが高いからと言って必ずしも溶存する硫化水素が高いとは限らない。底生生物への影響を観る場合は、硫化水素を測らないと致死性的かどうか分からない。【委員】
- 宍道湖には *Beggiatoa* みたいなものは、まだ報告されていない。【委員】
(→H24に実施した底質調査の結果から、*Beggiatoa*のような硫黄細菌が存在した可能性もある。)

③湖内に関すること(シジミ等)について

知見

- シジミの糞は出ですぐにゴカイが食べている可能性もある。【委員】
- 「酸欠」よりも「酸欠により発生する硫化水素」が致命的であるとのこと。【委員】

シミュレーションモデルについて

指摘

- 県使用のシミュレーションモデルについて、(過去10年間位でその負荷を減らして湖内水質がどうなるのか確認することにより)汚濁メカニズム解明(流入負荷が減っているが、湖内水質が殆ど変わっていないこと)の重要なツールにして欲しい。【委員】
 - 長期的傾向を見る手法について検討。
- 塩分成層の把握が非常に大事であり、そこをきちんと精度よく再現をできるモデルであることが非常に大事。(現行は、宍道湖、米子湾、N-8で塩分の計算値が高い)
 - 塩分成層と貧酸素濃度の変動に関する研究を実施中
 - 「現行モデルの地形条件が現状を反映しているか確認」や「宍道湖や中海の連続観測データと計算結果の比較・検証」等をする予定。
- CODについて、ある濃度の範囲とのところで計算値がほとんどフラットになって

いるところがある。おそらく分解係数が換算係数に問題があると思う。

→ 難分解性有機物の調査結果を踏まえ、易分解と難分解の区分について検討中。

- CODとTOCの比が経年的に変化している場合や有機物の易分解と難分解の割合が経年的に変化している場合、モデルでの換算係数をどう扱っていくか留意する必要がある。【委員】

→ (未着手)

- 測定結果から算出したTPの収支では沈降量の7割程度が溶出しているが、モデルで算出したTPの収支では2割程度となっており、明らかに下からの溶出量が少ないような感じがする。モデルの溶出が少ない理由について確認したい。

→ 底質調査の結果を踏まえて、検証等する予定。

- 植物プランクトンの種類毎に、換算係数が異なると、モデルで計算する際など非常に煩雑になる。【委員】

- モデルにおいて、植物プランクトンは含まれているが、動物プランクトンや魚など消費者が含まれていない。国土交通省等の動物プランクトン調査結果は、種類数や細胞数等が連続的に調査されており、今後シミュレーションをやっていく上で非常にいいデータである。【委員】

→ 消費者も含めることを検討中。

- モデルの反応式「4）沈殿作用」について、パイライトは一般的に非常に反応速度が遅い（現在の10年単位のモデル計算では効いていない）。【委員】

その他（宍道湖の水質環境評価について）

指摘

- 指標について一番の問題は、CODの基準値が「3mg/l」で、これを達成しなければ水質が改善されたとは言えないという状況になっていると思う。【委員】
- CODを環境基準とされた当時、CODの中身自体もかなり分解しやすいものが中心で、指標性としての意義は非常に大きかった。現在は分解しにくいものが中心になってきて、指標性としての意義もだんだん薄れてきたと思う。
- COD等の設定に当たっては、恐らく背景には生物に関する情報があったと思うが、水質環境というより宍道湖の評価という意味では、例えば「物質循環が順調に動いているか、どうか」とか「生物がたくさんそこに棲んでいるか、どうか」といった、できれば生物を前面に出した指標をつくっていった方がいいと思う。【委員】
- 「海の健康診断」では「生物の多様さ」や「循環が順調か、どうか」ということを、簡単に手に入る色々なデータをもとにして診断をする。宍道湖の環境の評価には、そういった観点も入れていった方がいいと思う。【委員】
- 宍道湖・中海のことを考えた場合に多分一番大事なのは「景観」、それから「漁業」、特に現在でしたらシジミ漁業が非常に大事だと思う。【委員】
- 「湖沼Aにはこんな魚がすんでいる」という将来像の看板もよいが、現在棲んでいる魚も示し、今の宍道湖を知ってもらえばよいと思う。【委員】

- 水質のレベルを表現する際に、「きれいな水」の次は「少し汚れた水」とするのではなく、「きれいな水」、「少しきれいな水」、「普通の水」でも良いと思う。【委員】
- 生物を指標にするのは非常にわかりやすいと思うが、生物種をどう選ぶのかは非常に大切である。その際、例えば、50年前までさかのぼって選ぶという手法もある。【委員】
- 宍道湖・中海は必ずしも汚くもないし、生物生産が豊富で非常に多様性が高い湖であると思う。一方、ベントスから見ると、宍道湖の多毛類は8種類位とすごく少ないので、生物を見るときに何を選ぶのかは非常に大切になるので、今後議論が必要であると思う。
- 適切な指標を設定しないと、施策に対する効果が表せないところがあるので留意が必要。【委員】
- 「本当の自然を回復させること」と「住民がいいと思うものを回復させること」はギャップがあり、住民とか生活をどう考えるのかが非常に重要であると思う。【委員】

その他（データ整理について）

指摘

- データ整理について、年間平均値の推移のみでなく、例えば月ごとに沈水植物が出る頃の透明度など、そういう観点・一次生産者の特性などを考えて整理し直した方がよい。【委員】
 - データを再整理中。
- 経年変化のグラフを示す際、水温や塩分についても比較できるように、併せて示した方がよい。【委員】
 - データを再整理中。