

オントロジー
琵琶湖の渇水
メカニズム

平成6年琵琶湖渇水に関するメカニズム

・平成6年の少雨傾向について: 春先から太平洋高気圧が張り出し、空梅雨(降水量が少ない梅雨のこと)から平年より9日早い梅雨明け、さらに夏期の猛暑(平年を大きく上回る日照時間により湖面蒸発量が増大)を経て9月16日～17日にかけての梅雨前線通過まで続いた。7月の雨量は25mmで平年の11%、101年間の記録で最小であった。

平成6年の琵琶湖の水位



オントロジー
琵琶湖の渇水
影響

琵琶湖湖水の影響について作成した概念一覧

[MAP可視化へのリンク](#)

- ・有機態炭素量の上昇
- ・COD濃度の上昇
- ・アンモニア態窒素濃度の上昇
- ・有機態窒素濃度の上昇
- ・生活排水による栄養塩供給
- ・農業廃水による栄養塩供給
- ・流出負荷量が多い
- ・流出負荷量が少ない
- ・ミクロキスティス属の現存量増加
- ・アナベナ属の現存量増加
- ・水草の枯死
- ・藍藻類の出現比率
- ・珪藻網の出現比率
- ・アオコ発生
- ・強固な水温躍層の形成
- ・小鮎の生息域の変化

- ・シアノファージ減少
- ・ピコプランクトンP株の減少
- ・ピコプランクトンB株の減少
- ・ピコプランクトンG株の増加
- ・溶存酸素量低下
- ・栄養塩枯渇
- ・底泥からの栄養塩溶出量増加
- ・飛来するコハクチョウの増加
- ・水草採食の容易
- ・ネジレモ群落の減少
- ・生物の死滅
- ・生物の移動
- ・生物の出現
- ・ヨシ群落の干上がり
- ・漁業の減少
- ・ヨシ群落で過ごす仔稚魚

流出負荷量

- ・渇水は、総流出負荷量に与える影響よりも、無降雨期間での琵琶湖への汚濁物(栄養素)供給の極端な減少やその後の降雨による集中的な流出負荷量に与える影響が大きいと思われる。
- ・また、無降雨期間が長ければ、小降雨によっても大きな負荷流出がかかるが、大降雨ではほとんどの場合希釈が起こっていることが明確になった。
- ・渇水により流域内で汚濁物の堆積が進行し、渇水後の降雨により多量の汚濁負荷量が受水域へ一気に帰流されていたことが示された。
- ・また同時に、渇水期の比較的小さな降雨によっても一定量が流出していたことも示された。
- ・さらに渇水後の50mmを越える比較的大きな降雨によって、年間流出負荷量のほとんどが流出していたことが示された。

アオコ発生

- ・アオコは、8月中旬より南湖東岸を中心に発生し、発生日数、水域ともに過去最高、および少雨、猛暑、長い滞留時間であった。これにより北湖で初めてアオコ発生につながった。
- ・南湖で湖水位の低下時に東岸域でのアオコ発生により水質が変化 する傾向
- ・南湖の東岸域の水が停滞する水域でのアオコ発生により、有機物、リン濃度が上昇 し、これにより南湖平均水質も例年を上回る状況となった。
- ・北湖の長浜港、南浜漁港や南湖東岸域の赤野井湾等では、藍藻類のアナベナ属やミクロキスティス属が異常増殖
- ・流域からの生活排水、農業廃水の栄養塩供給、湖水の滞留がアオコ発生の原因の 1つとして考えられる。
- ・CODは9月上旬にアオコの発生及び出水時の有機物の流入によって高い値を示した。

有機・アンモニア態窒素1(南湖)

・南湖の底泥中の有機態窒素(植物や動物の死骸などの有機物に含まれる窒素の形態)と有機態窒素の地理的分布(底泥中に含まれる有機窒素の地域差)は、1994年～1995年にかけて浜大津付近(水域)が年間を通して高い値を示している。←漂着した水草が湾奥で腐敗堆積したことが一つの原因である。

・1994年における南湖の底泥間隔水中のアンモニア態窒素濃度(水質汚染の指標)の地理的分布は、南湖西岸(水域)で東岸より高い濃度傾向を示した。←巻き上げ(底部に堆積している汚泥などが舞い上がる)の影響を受けにくい西岸で、沈降粒子(水中の汚泥が沈む)や水草の分解物が堆積して無機化(有機物が分解された後)したことが原因。

有機・アンモニア態窒素2(南湖)

- ・表層泥中の有機態炭素・窒素量は西岸部>東岸部であった。←東岸部が遠浅(浅い場所が遠くまで続く場所)で巻き上げの影響を受けやすくなり、有機物が移送されるか分解されたと思われる。渇水時にはこの影響は顕著であったと推察される。
- ・CODは9月上旬にアオコの発生及び出水時の有機物の流入によって高い値を示した。
- ・南湖平均水質(表層部)は例年と比較して同等もしくはやや悪化する状況となった。

ピコプランクトン(北湖)

- ・粒子 2μ 以下のクロロフィル a量は1994年の方が高濃度であった。←ピコプランクトン(サイズが約 $0.2\sim 2\mu$ のプランクトンの総称)の増殖に起因。
- ・ピコプランクトン G株が増加しており、G株と比較して弱光を好み、最大増殖水深がやや深いP株、B株が減少していた。またいずれの株も分布水深が深かった。これは透明度の上昇により、例年より深くまで太陽光が到達したため、ピコプランクトンの最適増殖水深がより深い層にシフトしたためだと考えられる。
- ・1993年に見られたシアノファージ(ピコプランクトンに寄生するウイルス)は、1994年には見られなかった。←1994年の紫外線到達深度が高かったことが関係している可能性がある。

ピコプランクトン（北湖）

・ピコプランクトン G株が増加は透明度の上昇により、例年より深くまで太陽光が到達した。その理由として、ピコプランクトンの最適増殖水深がより深い層にシフトした と考えられる。

溶存酸素と硝酸＋亜硝酸態窒素（北湖）

- ・溶存酸素（水中に溶け込んだ酸素の量）は、躍層（温度や塩分濃度の変化により、密度が急激に変化する層）上部で一旦濃度が上昇し、躍層下部で低下していた。
- ・19994年は夏の早い時期にペコプランクトンなどによる内部生産が起こり、表層中の硝酸＋亜硝酸態窒素（プランクトンの成長に必要な栄養塩）が消費され、栄養塩が枯渇した。
- ・以降は栄養塩不足により新たな内部生産が起きなかったためプランクトンの増殖が停止したと推測される。
- ・これらの内部生産物（有機物）の分解が躍層下部で起こり、溶存酸素を消費しながら有機物中の窒素が分解されてアンモニア態窒素に変化し、躍層下部の溶存酸素が低下したことが示唆される。
- ・表層部で藻類現存量が減少したにもかかわらず有機物濃度は例年よりもやや高めとなった。

北湖中央の植物プランクトン1

- ・夏期の日射量増大、高気温によって水深 10～5mに強い躍層が形成された。これにより鉛直方向の物質移動は制約（温度や栄養塩濃度による密度の違い）を受けたと考えられる（下部の栄養塩が表層にいかないことによる表層の栄養塩不足）。
- ・平成6年夏季の北湖における植物プランクトンの垂直分布は、表層付の細胞数が例年に比べて少なく、水温躍層付近に集積するという、例年と比較して特徴的な分布パターンを示した。
- ・これは好天の持続により安定した強固な水温躍層が形成され、また、流入河川が干上がったことにより栄養塩の流入量が減少したことから、表層の栄養塩が枯渇したために、植物プランクトンが水温躍層付近に移動し、光が到達できかつ栄養塩が比較的多い層に集積したためである。その結果、透明度は10mまで上昇した。

北湖中央の植物プランクトン2

- ・北湖の透明度は、植物プランクトン現存量により左右されている。
- ・この水温躍層による鉛直方向の物質移動の鈍化は、内部静振による躍層の上下移動が行われにくい中央域でより強く現れたのではないかと推測される。
- ・北湖の透明度を支配する藻類量が例年よりも減少したことから透明度が大きく上昇したのと考えられる。
- ・透明度の上昇については、夏期渇水時における流入河川水量の減少によって琵琶湖に流入する汚濁負荷量が大きく減少するとともに、下層からの栄養塩の供給が少なかったこと等から、例年よりも表層部での植物プランクトン増殖が抑制されたため、透明度が高くなった。
- ・また藻類現存量がピークを示した水深では、猛暑による高水温の影響が小さくなり、上記藻類の増殖に適した水温であったことも一因していたのではないかと考えられる。

琵琶湖の透明度の変化と栄養塩・紫外線の影響（北湖）

・94年度は透明度の上昇によって太陽光線の到達深度が増加したために、93年よりもピコプランクトンの最適増殖水深が深いところにシフトしたと考えられる。

・1993年に表層でも見られたシアノファージ(ピコプランクトンに寄生するウイルス)は、1994年には表層水中では全く見られなかった。これは、94年はより強い紫外線下におかれたためと考えられる。シアノファージは紫外線下でDNAが損傷されやすいことが知られている。

・シアノファージが94年度の表層水中で見られない事実はSS量(水中に浮遊する物質の量)が低い、透明度が高い、紫外線到達深度が増したためだと考えられる。

藻類の異常増殖について

・夏期水位低下時において 長浜港など北湖閉鎖性水域や南湖東岸域 の赤野井湾等で生起した藍藻類の異常増殖について、その原因藻類の1つであるアナベナ属は日照時間が長いほど、また水温が高いほど現存量が多くなる傾向 が認められた。

・また、ミクロキスティス属については流出量が少ないすなわち、滞留時間が長い程現存量が多くなる傾向 を示した。

・平成6年夏期水位低下時の南湖東岸では農業排水、生活系の排水により常に栄養塩が流入していた。

・これらのことにより、北湖の閉鎖性水域や南湖の東岸域 での流出域では流出量の減少により 平常時にも増して湖水が滞留し、夏期の猛暑による水温の上昇、日照の増大、陸域からの栄養塩の供給等 により、例年よりも藍藻類が増殖しやすい環境が形成 され、大規模な湖面の着色現象 に至ったものとする。

・同時期、水深の浅化、気温、日射量の増大等により底層水温も高くなった。これにより底泥からの栄養塩溶出量が例年よりも増大 したことも考えられ、この現象も藍藻類の異常増殖の一因になったのではないと思われる。

沿岸帯植物への影響

- ・渇水が引き起こす**乾陸化が1週間程度**であれば、**水草の地上部は露出して枯れる**が地下部は枯死することがないということが確認された。
- ・ヨシについては水位低下時により根本まで完全に干上がったものもあったが、枯死するような様子は認められなかった。
- ・湖辺に生育する**ヨシ群落**等は、湖岸に生息する**生物の産卵床**や**微生物が付着する基質**、あるいは**懸濁物質の沈降を促進**する。
- ・北湖では**東岸の延勝寺地区が最大干陸域**となり、同地区では**ササバモ、クロモなどの水草が干上がった様子**が見られた。
- ・南湖では**東岸側の赤野井湾付近**で比較的大きな干陸域が出現し、**ネジレモなどの水草が干上がった様子**が見られた。
- ・安曇川河口でツルヨシが分布を広げた。しかし水位が回復した1年後は後退した。

沈水植物への影響

- ・クロモは 走出枝を形成するコウガイモやネジレモと比較して干陸に対して弱い と推察され、また、増芽(越冬芽)形成前に渇水 となったため、クロモのように翌年の増殖を殖芽にたよる種の被度が減少 した。
- ・干陸した所の沈水植物の地上部は一見して枯れているように見えたが、地下部では生き残っているものもあった。

藻類

・藍藻類の出現比率が非常に高く、珪藻網の出現頻度が非常に低かった のが特徴であり、高水温の影響であると推定された。

鳥類の状況

- ・1994年夏の大渇水後の調査で、渇水がコハクチョウなどの水鳥の増加を促し、浅水域の水草が採食されることが確認された。
- ・冬季渇水の水位低下により水草（沈水植物群落）の採食が容易 になったことで、琵琶湖に飛来するコハクチョウの個体数が増加 したり、琵琶湖で越冬する水鳥の採食の対象となり、特に浅水域に分布が限られるネジレモ群落などに被害 が出た。
- ・北湖野鳥観察センターによると、平成6年度冬季のガン・カモ、ハクチョウ等は例年より沖合に分布した。これは、餌となる沈水植物が夏期渇水の干陸部で枯れたため であると推察された。
- ・冬季のコハクチョウ、ヒドリガモ等の水鳥の採食によって、特に地下茎の浅いネジレモでは茎数などが極端に減少することがわかった。

底生動物、陸上動物1

- ・水位低下を避けて移動する貝類が観測され、付着性二枚貝のカワビワリガイは干出部で死貝が多く観察された。
- ・干陸部や汀線部では、琵琶湖の沿岸部に本来生息するヨコエビ目、カゲロウ目やトビケラ目の幼虫、巻貝、二枚貝はほとんど死滅するか、またはより深い水深に移動した。
- ・代わってツチトビムシなどの陸上昆虫、陸生ミミズのように湿った土壌を好む陸上動物や、あるいはチョウバエ科、ヌカカ科幼虫のように下水溝などの湿潤な場所に生息する動物が出現したと考えられる。
- ・干陸部・汀線部では、湖にすむ底生動物群集がほとんど姿を消し、陸上動物を中心にした動物群集が形成されていたといえる。

底生動物、陸上動物2

・植物プランクトンのように移動能力が小さいため、流動場の物理的環境に左右されやすく、また世代時間が短いために環境変化に対して比較的敏感に反応するものや、沈水植物、底生動物といった定着性の大きい生物が、湖水位低下という直接的な影響を受けたと理解することができる。

魚類1

- ・こあゆは平成6年夏季のこあゆ生息層が例年より深層に移ったため、沖すくい漁が不漁であったことが一因であると考えられる。
- ・高水温による魚類の生息域の変化 等が考えられた。
- ・ヨシ帯内で仔稚魚期を過ごすニゴロブナ等の魚類については、水位低下によりヨシ帯が根元まで干上がったため、生息場の消失、餌環境の変化、さらに捕食者の脅威等の影響を受けたと考えられる。

魚類2

表7.1.② 琵琶湖の水位変動と魚類代表種への関係 [資料：建設省]

代表種	水位変動との関わり	主産卵場 (産卵水深)	主産卵期 ふ化日数	琵琶湖水位による影響	
				水位レベル	水位変動
イサザ	産卵場	湖北・湖西の石礫底 (0.5 ~ 4 m) *	4 ~ 5 月 5 ~ 6 日	不適産卵場**が大きくなり 程度の水位低下が起こらなければ、 特に考慮する必要がないと考えら れる。	ふ化日数を超えるような急激な 水位低下は卵の生残率を低下させ るので、主産卵水深上限の50cm/ 5 日以上の水位低下が資源に影響 を及ぼすと考えられる。
ホンモロコ	産卵場 仔稚魚成育場	湖南・湖東のヨシ帯や 沈水植物帯など (0.3 ~ 3 m)	4 ~ 6 月 5 ~ 6 日	ヨシ帯・沈水植物帯などの湖岸 域が資源育成場(産卵場・仔稚魚 成育場)になっている。これらの 環境容量が大きいことが資源にと って有利にはたらくと考えられる ので、高い水位ほどよい。	水面近くにも産卵するため、ふ 化日数を超えるような急激な水位 低下は卵の生残率を低下させる。 水位の急上昇(増水)に伴う河 川水の流入が産卵誘発の刺激にな る。
ニゴロブナ	産卵場 仔稚魚成育場	湖岸・内湖のヨシ帯 (0 ~ 1 m)	4 ~ 7 月 8 日		
ゲンゴロウブナ	産卵場 仔稚魚成育場	北湖の湖岸・ヨシ帯 (0 ~ 1 m)	4 ~ 7 月 4 ~ 5 日		
アユ	河川遡上 コアユ 産卵回遊	流入河川(98%) 湖岸の砂礫地(2%) (0.1 ~ 0.3 m)	9 ~ 10 月 10 ~ 24 日	河川遡上の阻害が起きない程度 の水位低下までは問題ないと考え られる。 また、河口部の水深が浅くなり、 アユが集中遡上したときに酸欠に ならない程度の水位レベルが必要 である。	特に考慮する必要がないと考え られる。 水位の上昇(増水)に伴う河川 水の流入が河川遡上の刺激になる と考えられる。
	河川遡上 オオアユ 索餌回遊		2 ~ 6 月		

*1995年4月28~29日(BSL +24~25cm, 水温10.3~10.8℃)の現地調査によると、水深 1.4~ 3.9mの範囲で卵塊が確認され、特に 1.5~ 2.5 mに多かった。

**上記の現地調査によると、イサザ産卵場の水深 3 m前後から沈水植物帯となっていることが多く、ここにある石礫には産卵されていなかった。

漁業1

- ・漁業種では、底びき網(前年比67%)、アユ沖すくい(同55%)、ヤナ(同38%)、エリ(前年比97%)、敷網(追いさで、四つ手網(同38%))で減少量(1,008トン)の約9割を占めた。
- ・魚種別では、アユ(こあゆ、あゆ苗)が減少量の約5割を占め、貝類とすじえびを合わせると減少量8割を占めた。
- ・その他前年比で減少が目立つ魚種はブラックバス(オオクチバス、前年比38%)、ほんもろこ以外のもろこ(同50%)、おいかわ(同54%)であった。

漁業2

・少雨による河川水量の減少や湖水位低下の他、日射量の増加による気温、表層水温の上昇、さらには漁獲努力量や魚価、漁期といった社会的な要因が復号することを考慮する必要がある。

巻き上げ現象

・強風時には例年見られる現象である水深の浅い水域での底泥の巻き上げ現象が局所的に発生したが、巻き上がった底泥はすみやかに沈降するため、その影響は一時的なものにとどまった。

淀川水系

- ・瀬田川
- ・宇治川:オギの枯色、水質の良好
- ・木津川:水質の良好、浮葉植物の枯死
- ・桂川:小支川の干上がり、有機物と栄養塩濃度の上昇(下水排水の影響)、ツルヨシ群落の枯色、水質の悪化
- ・淀川:COD濃度の上昇、オギの枯色、ヨシの枯色

河川の流量の減少

流下時間が長くなる

きめ細かな取水制限

水温の上昇

淡水域でのアオコ発生

魚類の産卵量の低下

淀川水系

- ・宇治川
- ・木津川: ワンドやタマリが干上がり、小魚の全滅状態
- ・桂川: モロコ等の小魚の全滅状態