

水環境の事故・苦情の香川県環境保健研究センターにおける対応

—ため池での魚のへい死事例の考察—

Research on Water-Related Accidents and Complaints in Kagawa Prefectural Research

Institute for Environmental Sciences and Public Health — Mortality Case of Fish in the Reservoir—

笹田康子
Yasuko SASADA

岡井隆
Takashi OKAI

要旨

11年間香川県環境保健研究センターが対応した水環境の事故・苦情の事例を取りまとめると、魚のへい死に関連した検査が最も多く67件(全体の49%)を占めていたが、原因の究明ができたのは15件であった。今後、種々のデータベース化された資料を活用し、関係機関と連携を図り、県民にとって安全で安心な水環境を確保するため、迅速かつ適切な対応に一層取り組む必要がある。

富栄養化が進んだため池では、魚のへい死の原因の1つである酸素欠乏死を起こすメカニズムとして、降雨、日射、風等の気象変化が植物プランクトンの挙動に影響し、夜間の底層水のDO濃度を段階的に低下し、無酸素となるのを経日変化として観察した。魚のへい死事故は気象条件のみの要因で起きるのではないが、酸欠になりやすい気象条件等を考察することにより、今後の現地での調査の参考になれば少しでも原因の究明に繋がると期待したい。

キーワード：事故・苦情 魚のへい死 酸素欠乏死 気象条件

I はじめに

平成7年度から平成17年度までの11年間、県下の公共水域等において発生した水質異常事故や水環境の苦情に、香川県環境保健研究センター(以下「環保研」という。)が対応した事例を取りまとめ、今後の環境汚染の適切かつ迅速な調査に資する基礎資料とし、県民にとって安全で安心な水環境を確保したいと考えている。県民からの事故・苦情は市役所、町役場、警察等を経由して、県内3箇所にある保健福祉事務所と小豆総合事務所が対応している。保健福祉事務所等は、水質異常事故の通報を受けた場合、環境管理課及び環保研と密接な連携をとり、水質異常の状況の把握、原因究明を行うが、環保研では保健福祉事務所等の分析できない項目や魚類による急性毒性試験等を実施している。従ってここでは環保研で測定分析を実施した事故・苦情の対応事例を対象としており、測定分析等を経ずに環保研の関与しない事故・苦情の事例も数多くあるが今回は対象としていない。また、実際のため池で、夜間に記録された底層水の無酸素状態が原因で魚のへい死が起きたのを観察したので報告する。

II 事故・苦情の概要

1 環境保健研究センターの事故・苦情時の業務

環保研が事故・苦情に対応している業務は、環境管理課や保健福祉事務所等からの依頼・要請を受けて現場で調査、試料採取し、測定分析等を実施したり、行政部局や警察によって採取された試料の測定分析を実施している。主な業務の内容は以下のとおりである。

1. 原因物質の特定、発生源の特定調査
2. 事故等の環境影響、影響範囲の把握調査
3. 処理後の環境影響調査
4. その他(影響評価のための文献調査、情報提供)

2 調査期間

平成7年4月～平成18年3月の11年間で138件の事故・苦情の発生に伴う検査事例があった。図1に事例件数の経年変化を示す。

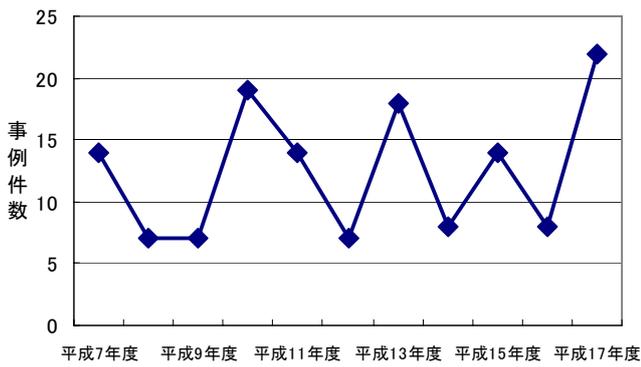


図1 事故・苦情の事例件数 (平成7～17年度)

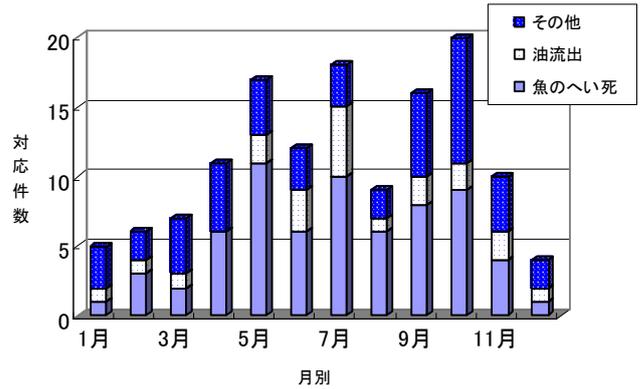


図3 事故・苦情の月別事例数

3 事故・苦情の内容

平成15年6月に作成された「香川県水質異常事故取扱マニュアル」における水質異常事故とは、「公共用水域や地下水等において（1）事故等により有害な物質による汚染。（2）魚類の大量へい死等の事態。（3）油類、大量の有機物の流入、着色汚水等により水質が著しく悪化。このような事態が発生し、又は発生するおそれがあり、それが人の健康あるいは生活環境に被害を及ぼし、又は及ぼすおそれがある場合をいう。」と定義されているが、今回は環保研が関与した検査事例を対象としているので、事故・苦情の種類を発生事象により魚のへい死、油流出、事業場の排水・廃棄物流出、水質汚濁（水質悪化、着色、汚水の流入、水源汚濁等）、悪臭発生、不法投棄関連に分類した。

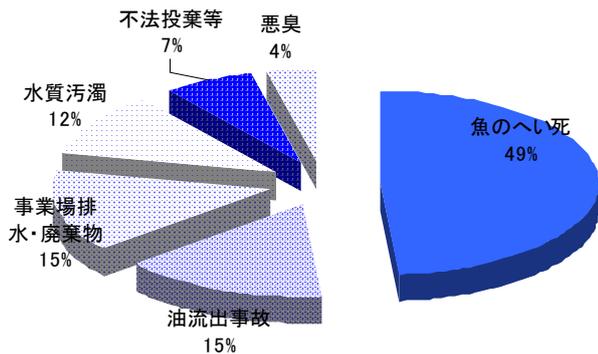


図2 種類別の事故・苦情の割合

図2に示すとおり、魚のへい死調査が最も多く67件(49%)を占めており、油流出21件(15%)、事業場の排水・廃棄物流出20件(15%)、水質汚濁16件(12%)、不法投棄関連9件(7%)、悪臭5件(4%)であった。

図3に月別事例数を示すが、魚のへい死が5月から急

増するに伴い増加し10月頃まで続き、冬季の12月～3月の事例数は少なかった。なお、事例数のカウントはあくまで初動時期をもとにしている。事故や苦情の内容によっては数年にわたって環境モニタリングのデータを取り継続監視している事例もあった。図4に検査試料の種類別割合を示すとおり、池やダムの水が33%を占めていた。次に河川水が25%を占め、事業場からの排水等が11%、井戸水や湧水である地下水が9%、農業用水路や生活用水路の用水路水が8%と続くが、海水は6%と比較的少なかった。

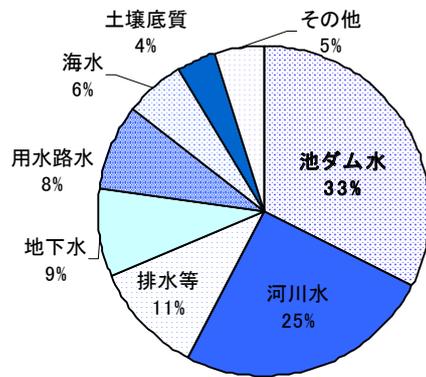


図4 検査試料の種類別割合

表1に分析項目等の検査内容の一覧表を示すが、魚のへい死に対応して、魚類による急性毒性試験が64件と全体の30%を占めていた。環保研では試験法はJIS K 0102 71により、ヒメダカを供試魚として48時間飼育しLC₅₀を算出して評価する検査を行っている。また国土交通省水質連絡会編の水質事故対策技術に記載されている魚による簡易な毒性試験¹⁾を検査している。

表1 検査内容の一覧表

検査項目	件数
魚類による急性毒性試験	64
一般項目(pH, DO, COD, BOD, SS, T-N, T-P等)	43
油関連項目(油含有量, ベンゼン, 油成分同定等)	29
全健康項目(26項目)	14
重金属(Pb, As, Hg, Cr等)	11
農薬類	10
VOC	7
シアン	6
Fe, Mn	5
ダイオキシン類	5
界面活性剤	4
生物検査(フランクソン)	4
その他	12
合計(含複数検査項目)	214

一般項目とは、pH, DO, COD, BOD, SS, T-N, T-P 等を指し、43件(20%)について実施した。pH, DOは現地で、携帯用の機器での測定も含まれる。一般的な水質汚濁の程度を把握するために検査される。

油関連項目 29件(13%)は油成分の含有量、ベンゼン含有量、油成分の同定のための検査である。

全健康項目 14件(6%)は人的健康に影響を与える有害物質が含有されているかどうかを把握するため、26項目の検査を実施している。

重金属 11件(5%)は環境基準の健康項目に含まれている金属のカドミウム、鉛、六価クロム、砒素、水銀である。

農薬類 10件(4%)は健康項目であるチウラム、シマジン、チオベンカルブ以外に、有機リン、クロルピリホス、ベノミルの定量、GC/MSを用いて農薬類を含む化学物質のスクリーニング試験を実施している。

Ⅲ 魚のへい死調査

1 魚のへい死の原因

香川県では魚のへい死による水質異常事故が毎年発生しており、事故・苦情の約半数を占めていた。特に平成17年度では13件の対応事例があった。

発生場所は図5に示すように、池が47%と最も多く次に支流を含む河川で39%、用水路が10%、海域が4%であった。へい死原因が判明したのは15件(22%)であった。そのうち酸素欠乏症が確認できたのが7件で、有害物質が検出されたのは5件、以下表2のとおりであった。魚病は水産試験場の検査結果から判明した事例であった。

へい死原因は①窒息死(酸素欠乏死)、②毒物死(有害物質死)、③疾病死(創傷死)に大別されるが²⁾、現場で疑わしい原因が推定できれば、原因別の調査を実施する

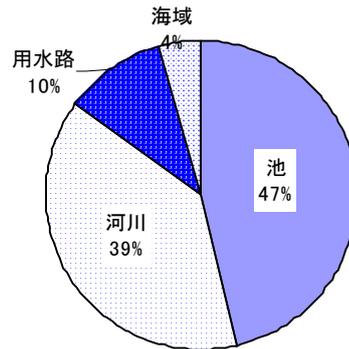


図5 魚のへい死の発生場所別割合

表2 魚のへい死の原因

原因	件数
原因不明	52
酸素欠乏症	7
有害物質等(酸・アルカリ・農薬等)	5
事業場排水	1
物理的障害	1
魚病	1
合計	67

ことになる。疑わしい原因がなければ、全調査を実施することになる。

①窒息死(酸素欠乏死)の原因調査には、現場での溶存酸素量(DO)の調査が原因究明の鍵となる。池や滞留した河川では表層水のDOは充分検出されても、水面から10cm深い層ではDOが1mg/L以下となっているのを以前に池で観察した³⁾ように、鉛直方向の測定が重要である。また調査測定の時間帯が大きく影響する場合がある。

②毒物死(有害物質死)の原因調査には、水質の外観を観察し、迅速な現場の試験試料の確保が重要である。周辺調査により可能性のある毒物の絞り込みを要し、パックテスト等を用い現場で簡易検査を行うとともに農薬等の化学物質のスクリーニング試験の対応が必要である。

③疾病死(創傷死)の原因調査には、環保研は対応できないが、できるだけ新鮮で外観上特徴的なへい死魚や、生きている魚を採取し、水産試験場で魚病検査に供するようマニュアル化されている。

マニュアルに基づいた迅速な現場対応でも、なかなか原因の究明は困難であり、今後の原因調査の参考となる事例と参考資料を紹介したい。

2 魚のへい死事例と気象条件

酸素欠乏症の事例(7件)では水温の平均値が32.9℃、気温の平均値が29.7℃、最高気温の平均値が29.5℃、最低気温の平均値が22.5℃であった。いずれも7月から9月の暑い時期の発生であり、試料採取時の水温が高いのが特徴であった。

表3に原因不明の魚のへい死事例(52件)について気象状況の概要を取りまとめた。試料採取時の水温、気温と発生日の最高気温、最低気温、降雨量⁴⁾について示した。温度域は広く、魚のへい死は暑い時期だけに発生するのではないことが解った。また、降雨、日射、風等による気象変化が水域の水質変動に影響を及ぼすのが示唆された。試料採取時にDO濃度を測定している事例(9件)があり、3.7~15mg/L検出されていた。

へい死原因は究明できなかったが、魚類による急性毒性試験が陰性であったことから水域の安全性は確認できたと考えられた。

表3 原因不明の魚のへい死事例の気象状況

気象条件等	最低値(℃)~最高値(℃)	平均値(℃)
水温(採水時)	8.0 ~ 34.1	22.6
気温(採水時)	11.5 ~ 34.0	24.6
最高気温(発生日)	8.9 ~ 36.8	24.2
最低気温(発生日)	-3.5 ~ 25.3	14.7
降雨	全体の63%がへい死発生の3日前までに降雨の最小量である0.5mm以上の降雨量があった。	

3 ため池における魚のへい死の事例

香川県には、約14,000箇所のため池があり、昔から貴重な灌漑用水源として使われてきたが、ため池の集水域や周辺環境の変化によって、富栄養化が進み水質悪化が懸念されている。そのため夏季、貧酸素状態になりやすく魚のへい死を誘発する大きな要因になっている。

窒素りんの供給が増すとともに、植物プランクトンの生産量が増大する。植物プランクトンは昼間光合成により酸素を出す、光の届かない場所や夜間には呼吸をして水中の酸素を消費する。さらに沈降した植物プランクトン自身の分解にも酸素を消費する。また植物プランクトンが大量に発生すると、水の濁りが著しくなり、昼間でも太陽光の届かない層では植物プランクトンが光合成を行なって、酸素を出すこともできなくなる。以上の現

象が底層水の貧酸素の原因である⁵⁾⁶⁾。植物プランクトンの盛衰は水温、日照、降水量などの気象要因や滞留時間などの影響を大きく受けると言われている⁵⁾。

実例として、面積1,000m²、水深1.2mの小規模のため池である羽子池(所在地高松市内)の観測結果を詳述する。

羽子池の底層部(水深1.0m)にDO連続測定機器を設置し、平成18年8月18日から28日の10日間、1時間毎に測定した濃度を気象状況とともに図6に示した。気温、水温、降水量、日射量、風速は最寄りの高松地方気象台のデータ⁴⁾を用いた。

底層DOの日間変動としては、日の出とともに上昇し、正午過ぎに最高濃度となり、日の入りとともに降下し、0時過ぎに最低濃度となるパターンで繰り返されていた。夏季アオコ等の植物プランクトンが常時発生していたので、この変動は日射量の違いによる植物プランクトンの光合成量の変化によるものであった。

19日の10mmの降雨とその後の6m以上の風速が観測されて以降、20日から22日にかけて昼間の最高濃度が5mg/Lに留まるとともに、夜間の最低濃度が段階的に低下し、21日20時~22日7時の11時間、DO0mg/Lの無酸素状態が観測された。その後、22日の昼までの僅かな時間でDO濃度が5mg/L上昇していた。現実に22日昼過ぎに大型の鮒1匹がへい死しているのを確認したが、発見時には出血はなく開口し、浮いていたので、酸素欠乏死が疑われた。眼球が白濁していたので、死後6時間以上は経過していると思われた。DO濃度の観測記録と一致し、長時間にわたる無酸素状態が魚のへい死事象の原因であると実証された。(写真1)



(写真1) 羽子池における魚のへい死

降雨、風等の気象変化によって水域が混合され池水に濁りを生じたり、濁った流入水によって透明度の低下を招き、植物プランクトンの光合成の抑制に働き、DO濃度の低下に繋がったと推測される。

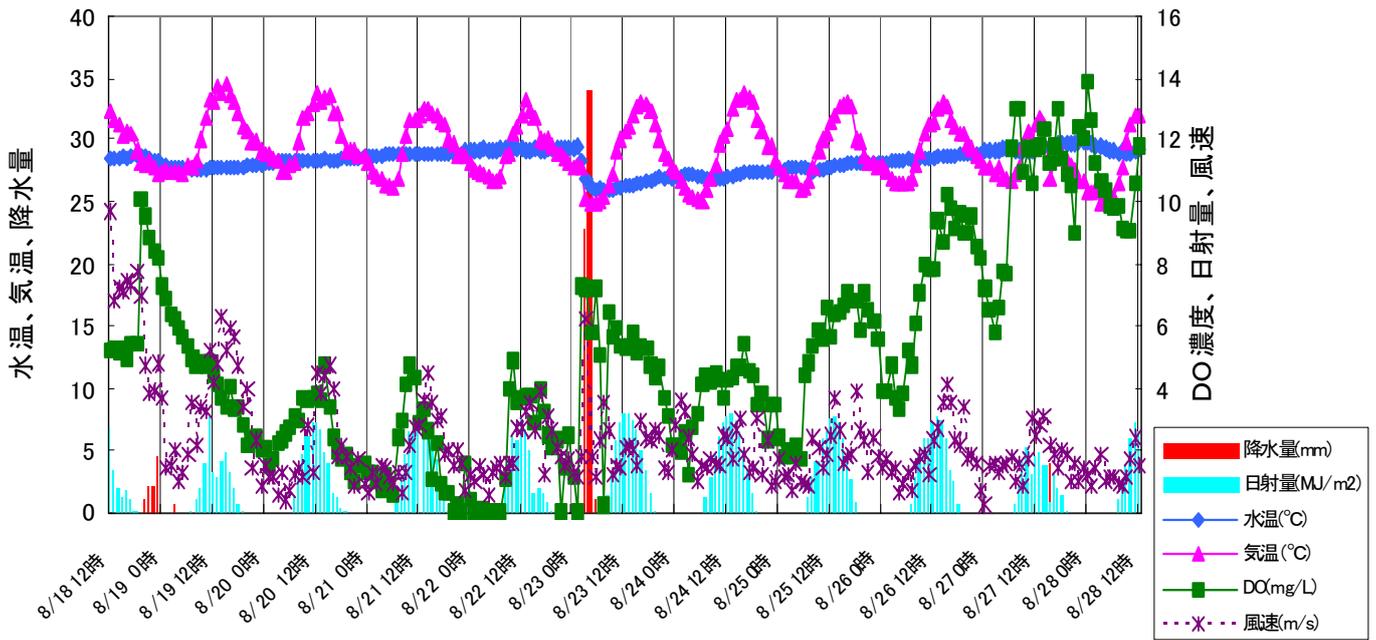


図6 羽子池（底層水）のDO濃度の経日変動と気象状況（平成18年8月18日から8月28日）

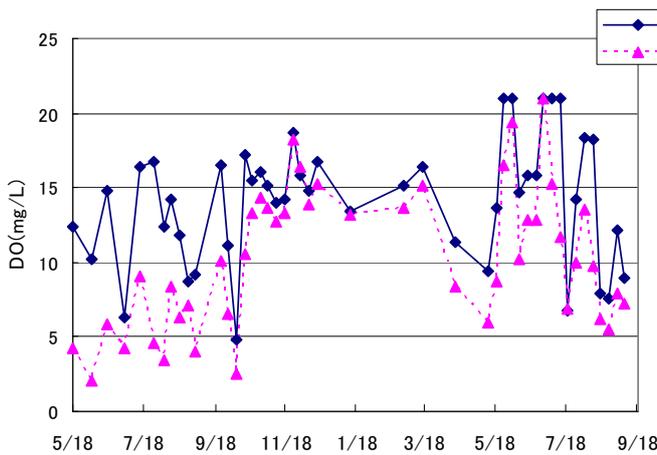


図7 羽子池の表層水と底層水のDO濃度の経年変化

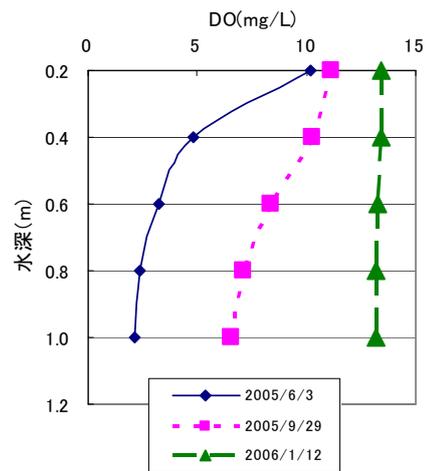


図8 羽子池の鉛直方向のDO濃度変化

その後23日には58mmもの多量の降雨により水温が低下し、DOの最高濃度と夜間の最低濃度が日を迫る毎に相伴って上昇していくのを観察した。気象変化は、DOの経日濃度の下降傾向に働くだけでなく、降水量によっては水が多量に入れ替わり、透明度が上がり、DO濃度の上昇傾向の変動となったと思われる。以上のことから気象変化が植物プランクトンの盛衰に影響を与え、この影響に呼応するように水域の水質に変化が生じ、無酸素水塊、或いは過飽和酸素水塊が発生すると

考えられる。しかし、DOは経時変化、経日変化が激しく、その挙動が複雑であるため、魚のへい死事故の通報を受けて原因調査を実施した場合、通報後の調査だけでは酸素不足をなかなか確認できない恐れがある。このことが原因不明の事例の多い理由の1つでもあると思われる。

図7に羽子池の平成17年5月から平成18年8月までのDOの経年変化を示した。表層は水面から0.2mの深さで測定し、底層は池底から0.2m上、水面から1.0m

の水深で毎回 11 時～12 時に測定した値であった。5 月から 10 月頃まで表層と底層の DO 濃度差が平均値で 6.5mg/L と大きい、底層で 3mg/L 以下を観測したのは 2 回のみだった。この間常時アオコが発生していた。11 月～3 月までは表層、底層共に高濃度で推移していた。羽子池の栄養塩類濃度の年間平均値は T-N2. 8mg/L、T-P0. 61mg/L であった。

図 8 に羽子池の鉛直方向の DO 濃度変化を特徴的な 3 日間を選択し示した。平成 17 年 6 月は表層から深くなるに従って、濃度が低下しその勾配が大きいのが特徴であった。この時の表層と底層の温度差は 1.4℃で、1.2m の浅い池でも 0.5m くらいの浅い位置に水温成層が形成されていた。一般に浅い池では堅固な水温成層は発達せず、一時的な弱い成層の形成と消滅が繰り返されているといわれている⁷⁾が、昼と夜の温度差が小さいと夜間も水温成層が消滅せず、底層では DO の低濃度は維持されると考えられた。9 月は低下傾向の勾配が緩やかになり、1 月には表層水と底層水が完全に混合されていると考えられた。

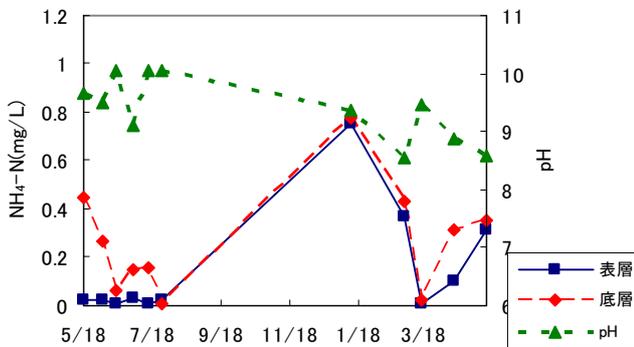


図9 羽子池のアンモニア性窒素と pH の濃度変化

図 9 に羽子池のアンモニア性窒素（以下 NH₄-N という。）と pH の濃度変化を示したが、平成 18 年 1 月に NH₄-N 0.78mg/L、pH 9.4 と高濃度を示すデータがあった。アンモニアイオン濃度に換算すると、1.0mg/L となり、水産用水基準の有害物質の基準値 0.2mg/L (淡水域)⁸⁾を大きく超えていた。岡山県環境保健センターの報告によれば、pH の上昇とともに魚毒性がある遊離アンモニアが増加し、pH10 では 85%が遊離性アンモニアとなり、魚類にダメージを与えへい死の原因となる可能性がある⁹⁾ことが解っている。実際に香川県では魚のへい死の原因物質としての事例はないが、富栄養化

が進んだため池では今後チェックを要する項目である。バックテストがあり、現場で迅速に測定できるので取り組みやすい。

V 今後の対応

平成 18 年 3 月全国環境研会誌事務局が、「事故時等の地方環境研究所等における対応事例調査報告書」¹⁰⁾を作成し、事故時等の非日常的環境汚染に適切に対応するための実際の対応事例と参考資料が提供された。環保研でもこのようなデータベース化された資料を活用し、県民の安全で安心な水環境を確保するため、研究機関として、保健福祉事務所等や環境管理課と緊密な連携を図り、迅速で的確な対応のあり方を検討し、今後きめ細かな水質検査による原因究明に取り組みたいと考えている。

VI まとめ

過去 11 年間、環保研が対応した水環境の事故・苦情の事例は魚のへい死が最も多かったが、原因が判明したのはその 4 分の一であった。今後、原因究明に向けた対応のあり方を検討する必要がある。

富栄養化が進んだため池では、魚のへい死の原因の 1 つである酸素欠乏死を起こすメカニズムとして、降雨、日射、風等の気象変化が植物プランクトンの光合成生産に影響し、夜間の底層水の DO 濃度が段階的に低下し、無酸素となるのを経日変化として観察した。魚のへい死事故は気象条件で決定されるわけではなく、水域の水質、魚の生態などの要因が複雑に絡んで起きるのは言うまでもないが、今後の現地での調査の参考になれば少しでも原因究明に繋がると期待したい。

またため池では高濃度の NH₄-N が検出されており、魚のへい死を起こす可能性があるため、水質異常事故調査時は確認を要する項目である。

文献

- 1) 国土交通省水質連絡会編：水質事故対策技術[2001 年版]、63-64、技報堂出版、(2001)
- 2) 福井県県民生活部：魚類へい死事故対応手引（平成 5 年 3 月）、20、(1993)
- 3) 石原暁 小山健 笹田康子 白井康子 安藤友継：ため池の富栄養化とオニバスの生育—(2)ため池の水質と浮葉植物の生育観察—、香川県環境研

究センター所報、24、34-35、(1999)

- 4) <http://www.osaka-jma.go.jp/takamatsu/takama01.html> 気象データ
- 5) 浜島繁隆 土山ふみ 近藤繁生 益田芳樹:ため池の自然—生き物たちと風景、37-48、信山社サイテック、(2002)
- 6) 西條八束 三田村緒佐武:新編 湖沼調査法、76、講談社サイエンティフィック、(2004)
- 7) ため池の自然談話会:身近な水辺ため池の自然学入門、18-19、合同出版、(1994)
- 8) <http://business2.plala.or.jp/kankyo-c/kijunchi/suisitu18>. 水産用基準(有害物質)(社)日本水産資源保護協会、(2000年版)
- 9) 斉藤直己 北村雅美 藤田和男:魚のへい死事象における水質調査—とくにため池での事例について—、全国環境研会誌、31(1)、244-245、(2005)
- 10) 松村隆:事故時等の地方環境研究所等における対応事例調査の結果について、全国環境研会誌、31(2)、19-25、(2006)