

中ほぼ等温（約4~6℃）で推移していた。さらに詳しく図22の水温垂直分布をみると、6月19日（期間A）と9月30日（期間B）において水深8~15mの水温が大きく変動していた（図23, 25）。この時の気象データを調べた結果（図24, 26）、6月19日は台風の影響で1時間に

40mm、最大風速20m/sを超える大雨が、9月30日は1時間に16mm、最大風速20m/sを超える集中豪雨があったときと重なった。

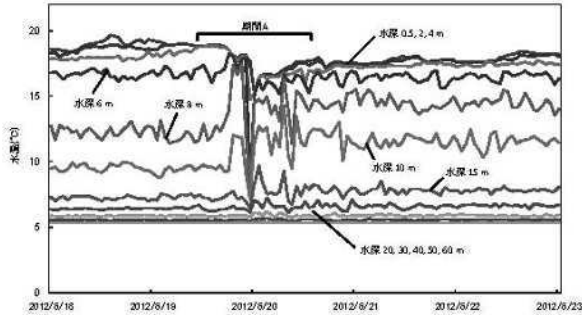


図23 台風通過時（期間A）の水温垂直分布の経時変化

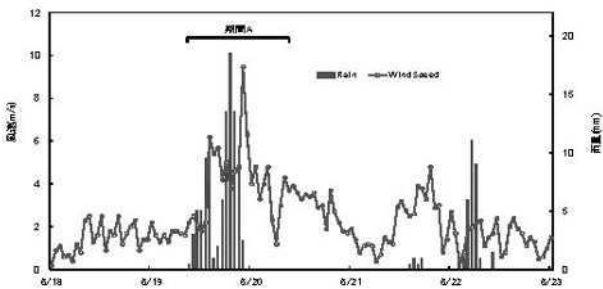


図24 台風通過時（期間A）の風速、雨量の経時変化

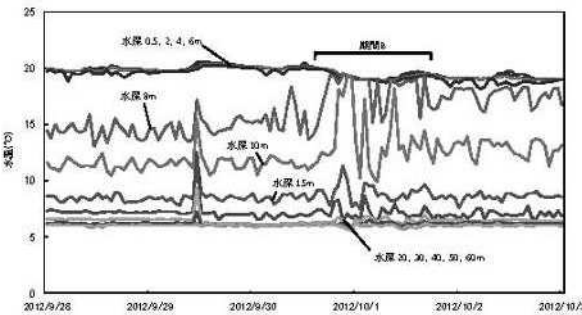


図25 集中豪雨時（期間B）の水温垂直分布の経時変化

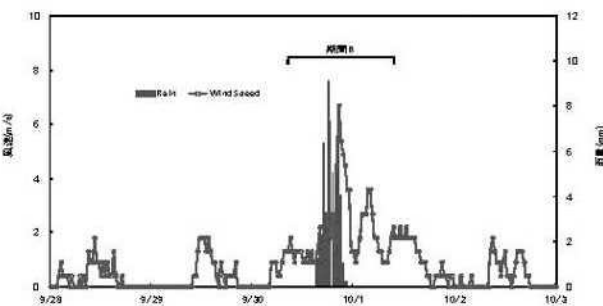


図26 集中豪雨時（期間B）の風速と雨量の経時変化

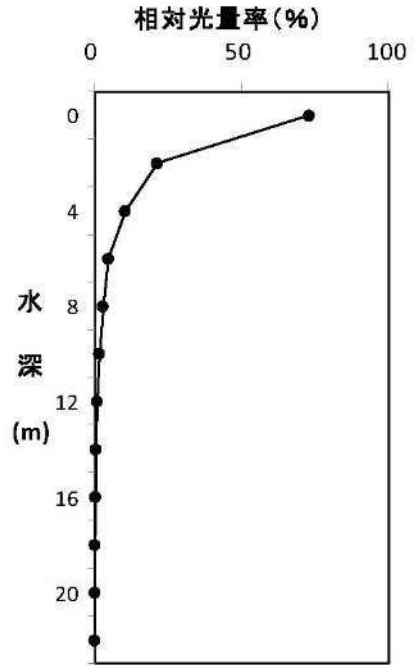


図27 西湖相対光量率の垂直変化
2013年1月24日 14:00~14:20
天候：晴れ、透明度：8.0m、風波：微~弱
相対光量率（%）

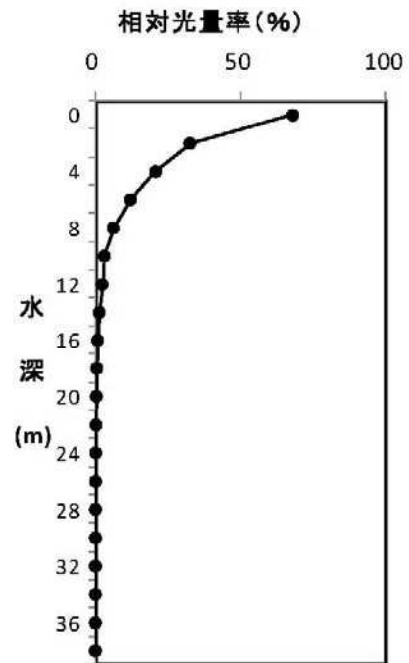


図28 西湖相対光量率の垂直変化
2013年2月25日 12:10~12:20
天候：晴れ、透明度：8.6m、風波：微~弱

3-3-2 水中光量の測定

図27, 28に2013年1月24日と2月25日に行った調査結果を示した。両測定日の透明度は8.0m, 8.6mとやや2月25日の値が高かった。これに伴い、相対光量率が1%未満に減少した水深が1月では水深12mであったのに対し、2月は16mとやや深部まで光量子が達していた。しかし、いずれの測定においても、水深20mではほぼ光量率は0%となった。

3-3-3 湖内流の観測

2012年2月27日～28日に西湖湖心 (St.3) から放流した漂流ブイ6基より受信した位置情報から作成した漂流ブイの軌跡図を図29に示す。表層ブイ (水深1m, 5m) は北東へ移動した後に時計回りに円形の軌跡を描いた。水深10mブイは北東へ移動した後に西へ移動し、再び北東に移動した。水深20mブイは北東へ移動した後に西へ移動しその後は停滞した。水深30mブイは水深10mブイに類似した軌跡を描いた。水深40mブイは北東へ移動した後に時計回りに円形の軌跡を描き、その後に西へ大きく移動した。

2012年2月27日～28日の西湖湖岸で得られた風向風速の経時変化を図30に示す。観測日は、西湖で希にみる静穏な気象条件下での観測であった。観測を始めた27日の11時から17時までの風向風速は0～1.8m/sの南西風

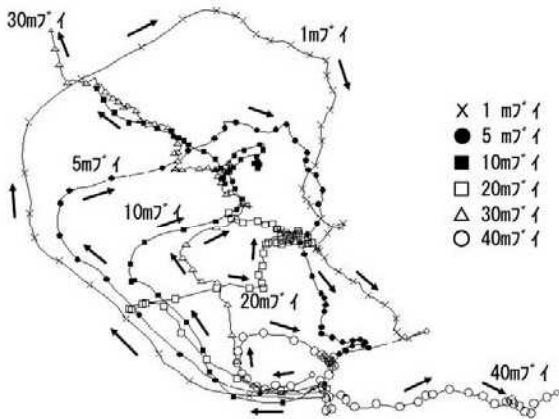


図29 漂流ブイの軌跡

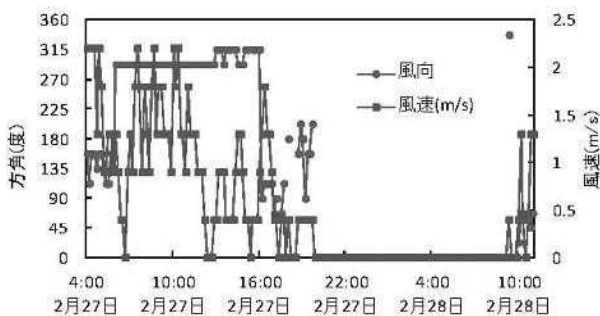


図30 2月27日～28日の風向風速の経時変化

(漂流ブイは北東方向に移動), 17時～28日の10時までの風向風速は0～0.4m/sのほぼ無風か北東風 (漂流ブイは南西方向に移動) であった。図31に気象計の風向と水深1mと40mブイの流向を示した。図32に気象計の風速と水深1mと40mブイの流速を示した。

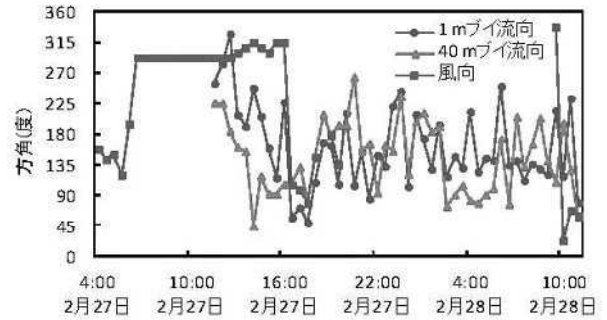


図31 風向と漂流ブイの流向の関係

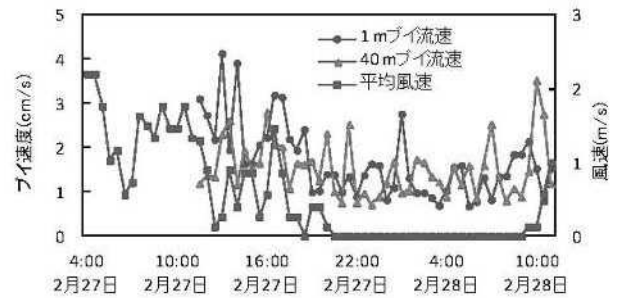


図32 風向と漂流ブイの流速の関係

4. 考察

成熟魚の出現状況及びGSIの推移から、西湖におけるクニマスの産卵は基本的に11月頃から2月頃にかけて、主として西の越沖の水深30-40m前後の湖底において行われているものと推定された。またヒメマスの産卵期は過去の調査⁵⁾と同様10月頃から11月頃にかけてと推定され、クニマスの産卵期はヒメマスより遅く長期にわたることが明らかとなった。ヒメマスの産卵は定点1付近の湖底で行われている可能性があるが放卵後のヒメマスが採捕されず、また湖岸産卵も確認できなかったことから今回の調査では明らかにはできなかった。

西湖では少なくとも1940年から1950年にかけて冬季のヒメマス魚 (底刺網) の際、産卵場付近の深層湖底で産卵後の「クロマス」が時折採捕されており (広報富士河口湖町94, 渡辺大介氏寄稿), 現在も毎年早春のワカサギ魚などで採捕される。このような冬季に低温の深層湖底で産卵するというサケ科魚類として特異な産卵生態は、田沢湖のクニマスの産卵生態⁶⁾を1935年の移植後から現在まで保持しているためと考えられた。

水環境調査の結果から水深30m以下の水温は周年4-6

℃の範囲にあり、水深20m以下では台風や豪雨など風雨の影響を受けにくいことが明らかとなった。さらに1月から2月にかけての水中光量（水面直上との相対率）は、水深12-16mで1%未満、水深20m以下では0%であることが明らかとなった。また年間を通じてサケ科魚類の生息に適当な溶存酸素量7mg/lを満たすのは水深40m以上であった。水深60m以下の溶存酸素量は6月から12月にかけて0-4mg/lを示し、少なくともこの季節はサケ科魚類の生息には不相当と考えられた。

これらから西湖のクニマスの産卵環境（水深30-40m層）は、周年にわたり水温が4-6℃で安定し溶存酸素量がおおよそ7mg/l以上で、冬季の相対光量率が0%であることが明らかとなった。

クニマスの湖岸や流入河川への来遊産卵は認められず、主な産卵場所を水深30-40mの湖底と推定した。しかし定点1（水深10-15m）でも12月以前（水温8℃以上）に採捕されなかった放卵後の雌が、湖底水温が5℃台に低下した1月の調査では採捕された（付表のYFTC170）。すなわち全層水温が4-6℃になる冬季には定点1のような水深でも適地があれば産卵を行う可能性がある。クニマスの産卵には低水温が重要な要素と推測される一方で、全層水温が4-6℃になる冬季であっても湖岸産卵は確認されなかった。冬季の水深12-16m以下の層（定点1、2を含む層）は相対光量率が1%未満の暗い環境にあり、光条件もまた産卵に関与している可能性がある。

水深30m以下の水温は周年にわたり4-6℃の範囲にあるが、田沢湖のクニマスの特徴とされる周年産卵⁷⁾については成熟魚の出現状況及びGSIの推移をみる限り、可能性は低いように思われた。成熟に関して特徴的だったのは、標本数は少ないながらクニマス雌雄ともにGSIが二峰性を示していたことであった。田沢湖のクニマスは産卵盛期が9月と2月の2つあったとされる⁸⁾が、西湖では雌のGSIが減少に転じる11月頃と2月頃の2つ、産卵のピークがある可能性がある。産卵期の採捕調査はクニマス資源に一定の影響を与えられられるため当面の実施予定はないが、将来同様の調査の機会があれば比較検証が必要と考えられる。

今回明らかとなったクニマスの産卵場は西の越地先から湖心部へ広がる扇状地にあるが、この付近の湖底湧水の水源は沿岸北部の鬼ヶ岳と十二ヶ岳の尾根に囲まれた範囲と推定されている⁹⁾。その範囲内の沿岸付近にある施設の井戸水は2012年1月下旬で水温9℃台であったという（和田2013、私信）。後述するとおり増養殖試験において卵の発生水温は8℃が最良であったことを考えると、クニマスの産卵水温は4-6℃であるが、産卵床内の水温は湖底湧水の影響により9℃近くという可能性がある。一方で産卵床内の水温が湖底水温と同等の4-6℃であった場合、一般的なベニザケヒメマスに比べて低温

下で発生が進むことによる影響（例えば性比の偏り）についても検討が必要と考えられる。いずれにせよ卵の発生水温はふ化時期や浮上時期に影響するため、今後予定するクニマスの成長推定や資源推定（生息数推定）に影響しうる。今後、産卵場湖底の水中映像観察や水質分布の乱れなどから産卵床を探索し、産卵床の環境条件を検討する必要がある。

また、西湖において調査地点のほか現在クニマスの産卵場は知られていないが、産卵後衰弱して深層から浮かび上がる浮魚⁶⁾はクニマス産卵場探索の手掛かりとなる。今回冬季の湖内流調査により、表層から深層までの流れは湖面の風向風速に影響されること、無風状態では表層と深層とで流向は必ずしも一致しないことが明らかとなった。今後浮魚の漂着場所と産卵期の湖内流の動向から未知の産卵場を探索するとともに、過去に報告されている湖底湧水についても底質環境やクニマス産卵実態を調査する必要がある。

増養殖試験において、採卵成績は卵質の悪い一部の交配を除いて概ね良好な結果であった。クニマスの産卵生態に関する過去の知見⁸⁾から、クニマスの卵管理水温は4℃前後の水温が適していると試験開始当初は予想された。しかし増養殖試験で行った水温別の比較では4℃よりも8℃の方が卵発生は良好な結果であった。また、ふ化後の管理水温に関して最も浮上率が低かった12℃においても65%以上の浮上率を示し、事業規模で種苗生産を行うには十分な数値であった。

以上のことからクニマスの受精から浮上までは特に低温を必要とせず、4℃から12℃の水温範囲で飼育可能であることが示された。また、受精から浮上までの積算水温は880-1,030℃であったが、これは既知のヒメマスの値である889-1,096℃¹⁰⁾とほぼ同じ範囲にあり、卵発生の経過はヒメマスに類似することが明らかになった。これらの知見は仮に将来、西湖のクニマス産卵環境が何らかの要因で悪化しクニマスの自然産卵が危惧される事態になった場合、絶滅回避の緊急措置として天然親魚を採捕し増殖を図るための基礎ともなる（クニマス増殖事業はかつて田沢湖でも行われていた）。

稚魚飼育については、餌付け後1-2ヶ月の間は斃死魚の多い状態が継続したが、その多くがやせ細っていたことから摂餌不良による餓死と推測された。6ヶ月後の生残率は36.8%と低かったものの餌付いた魚については順調な成長がみられたことから、配合飼料による稚魚飼育は可能であると考えられた。一般に野生魚からのF1世代は生残率が低いため、今後継代を重ねることで生残率が向上する可能性もある。6℃と12℃で実施した水温別の稚魚飼育では、両者の生残率に有意差はみられなかったことから、浮上後についても低水温下で飼育を行う必要性は低いものと考えられた。これらのことから、クニマスの種苗生産は生残率の点で課題は有しているもの

の、成魚まではヒメマスと同様の方法で飼育可能である可能性が高い。しかしながら、クニマスの成熟については未だ知見が不足している。クニマスの産卵場は低水温・暗条件下にあることが今回明らかとなったため、今後の養殖試験において催熟のための水温や光条件の検討が必要と考えられる。また近年確立された魚類精原細胞の異種移植技術を応用して、養殖環境下で成熟することが明らかなヒメマス等のサケ科魚類を用いてクニマスの配偶子を生産させることも検討したい。

クニマスの稚魚期の形態に関する記録はこれまでごく僅かな情報⁶⁾しか残されておらず不明な点が多かったが、本試験で作出された稚魚の観察結果から、稚魚期の体色やパーマークの出現と消失の過程等、孵化から月齢10ヶ月頃までの稚魚期の形態変化が明らかになった。しかし、これらの形態的特徴はヒメマス稚魚においても観察されることから¹¹⁾、本試験で行った外観上の観察においてはヒメマスとの間に明確な違いを見出すことはできなかった。本試験では飼育個体へのダメージを避けるため、最低限の観察と計測にとどめたが、今後は標本等を用いた細部の比較を行い、ヒメマスとの差異について詳細に検討する必要がある。

5. 結 言

2010年に西湖で再発見されたクニマスの保全及び活用を図るため、産卵生態及び環境に関する調査並びに増養殖試験を行った。平成23年度から24年度の研究により次の事項が明らかになった。

- 1) 西湖におけるクニマスの産卵は11月から2月にかけて、主として西の越沖の水深30-40mの湖底で行われているものと推定された。
- 2) クニマスの産卵環境（水深30-40m層）は風雨の影響を受けにくく、周年を通じて水温が4-6℃で安定し、また溶存酸素量がおおよそ7mg/l以上で、冬季には相対光量率0%であった。
- 3) クニマスの卵発生に最適な水温は8℃前後と推定された。種苗生産は4-12℃の範囲で可能と推定された。
- 4) クニマスの稚魚飼育は水温4-12℃の間で可能であった（成魚まで飼育可能と推測される）。また配合飼料により飼育可能であることが示された。
- 5) これまで知られていなかったクニマス稚魚の形態について、少なくとも孵化後10カ月程度まではヒメマスとの間に明確な差異は認めがたいことが明らかとなった。

謝 辞

調査にあたりご協力を頂いた、西湖漁業協同組合の三

浦久組合長ほか関係者の皆様に感謝の意を表します。また、株式会社萩原ボーリング技術顧問の和田勉氏には、西の越付近の地下水水質に関する情報をご教示頂きました。記してお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 環境省編：改訂・日本の絶滅のおそれのある野生動物—レッドデータブック—4 汽水・淡水魚類，P24-25 (2003)
- 2) T. Nakabo et al.: *Oncorhynchus kawamurae* “Kunimasu”, a deepwater trout, discovered in Lake Saiko, 70 years after extinction in the original habitat, Lake Tazawa, Japan. *Ichthyol Res* 58, P.180-183 (2011)
- 3) 杉山秀樹編著：田沢湖 まぼろしの魚 クニマス百科，秋田魁新報社，P210-212 (2000)
- 4) K. Hosoya: The rediscovery of *Oncorhynchus kawamurae*, Kunimasu : problems and perspectives for its conservation. *Ichthyol Res* 58, P.191-192 (2011)
- 5) 大浜秀規・高橋一孝・岡崎巧：ヒメマス増殖技術の開発，山梨県水産技術センター事業報告書24号，P.16-25 (1996)
- 6) 秋田懸水産試験場：國鱒人工孵化試験，明治四十年秋田懸水産試験場事業報告，P.35-38 (1909)
- 7) 大島正満：鮭鱒族の稀種田沢湖の国鱒に就て，日本学術協会報告，16，2，P.254-259 (1941)
- 8) 中坊徹次：クニマスについて—秋田県田沢湖での絶滅から70年，タクサー日本動物分類学会誌一，30，P.31-54 (2011)
- 9) 山梨県指定天然記念物「フジマリモ及び生息地」調査事業報告書 西湖のフジマリモ：P.43-50 (1996)
- 10) 全国湖沼河川養殖研究会養鱒研究会養鱒部会：養鱒の研究，緑書房，P.106 (1976)
- 11) 沖山宗雄：日本産稚魚図鑑，東海大学出版会，P.82-83 (1988)

成果発表状況

学会発表

- 1) 青柳敏裕，岡崎巧，加地奈々，高橋一孝：西湖のクニマスの産卵実態，第45回日本魚類学会，山口，2012
- 2) 加地奈々，名倉盾：西湖で捕獲されたクニマスの人工採卵について，第45回日本魚類学会，山口，2012

付表 成熟魚出現状況調査採集標本（その3）

標本番号	同定結果 (計数形質の判別分析による)	雌雄	全長 (mm)	標準体長 (mm)	体重 (g)	採集時の 成熟状態	GSI (%)	鰾胞数	歯門歪数	採集日	採集地
YFTC-170	保留	♀	272	244	160	放卵後	0.6	>35	56	2012.01.18	西湖(西の越沖15-17m)
YFTC-171	クニマス(<i>Oncorhynchus kawamurae</i>)	♂	268	223	144	排精	0.7	41	58	2012.02.21	西湖(西の越沖31-37m)
YFTC-172	クニマス(<i>Oncorhynchus kawamurae</i>)	♂	254	215	126	排精	0.7	41	55	2012.02.21	西湖(西の越沖26-31m)
YFTC-173	クニマス(<i>Oncorhynchus kawamurae</i>)	♂	278	235	144	排精	0.6	36	59	2012.02.21	西湖(西の越沖31-37m)
YFTC-174	クニマス(<i>Oncorhynchus kawamurae</i>)	♂	265	225	123	放精後	0.6	38	47	2012.03.15	西湖(西の越沖42-46m)

注) 同定結果の「保留」は増養殖試験畜養中の鰾弁欠損(水カビ着生)により鰾胞数が計数できなかった標本。今後DNA判別により同定予定

注) 成熟状態の「死(不明)」は揚網時点で死亡しており排精の有無が不明のもの。いずれも外観上は成熟。

注) 表中の同定結果は今後DNA判別結果に基づき見直す可能性がある