

北海道大雪山国立公園、然別湖の水生植物相 ：7年間（2011年～2017年）の変化

丸山 まさみ¹⁾

Aquatic plant flora of Lake Shikaribetsu, Daisetsuzan National Park, Hokkaido, Japan
: changes in flora and distribution over the last seven years (2011–2017)

Masami MARUYAMA¹⁾

はじめに

然別湖は北海道十勝地方の鹿追町にある自然湖で、大雪山国立公園の南東部に位置する。然別湖の水生植物について、著者は2011年から分布・植物相調査を開始し、水生植物が減少傾向にあることを報告した（山崎ほか 2012, 丸山・山崎 2013, 山田ほか 2015）。一方、然別湖では1990年代初めにウチダザリガニが確認された（Kawai et al. 2002）。その後、ウチダザリガニの生息域拡大と水生植物の減少が進行し、関連が指摘されるようになった（丸山・山崎 2013）。山田ほか（2015）では、2014年までのザリガニ（ニホン、ウチダ）と水生植物の概況が整理された。現在、鹿追町や環境省によるウチダザリガニ捕獲事業や水生植物の保護対策が行われている。

本稿では2011～2017年までの調査結果を総括し、然別湖における水生植物の状況を報告する。また、ウチダザリガニや近年の気象害の影響など、水生植物の経年変化の要因について考察する。

さらに、温度測定機器による気温・水温観測結果を掲載し、然別湖の環境に関する基礎資料として記録を残す。

なお、然別湖の南東に位置する東雲湖では、2011年に水生植物調査が行われたが（山崎ほか 2012），それ以降は行われていない。

調査地

然別湖は湖面標高810m、周囲長13.8km、面積3.44km²、最深部水深99mである（北海道環境研究科学センター 2005）。周囲を標高約1,100～1,400mの

新旧然別火山群に取り囲まれており、これらの噴火に伴い形成された堰止湖であるという説が有力である（山岸・安藤 1982）。湖底の地形は一部を除くほとんどの場所が湖岸からすぐに深くなる。湖への主な流入河川は北部のヤンベツ川で、他にいくつかの小河川や沢が流入する。流出河川は南部の然別川（トウマベツ川）のみである。

湖の水位については、基本的には水力発電利用や管理上の理由から人為的な調節が行われているが、降雨や融雪の影響を受けて自然変動する。大体5月～11月は非結氷期、12月～4月は結氷期で、全面結氷する。最近10年間、6～9月（水生植物のおおよその生育期）の平時の湖面標高は803.3m前後である（環境省提供データに基づく）。結氷期には春までに水位が凍結面ごと約2m低下し、5月中旬頃までに氷が消えて非結氷期の水位に回復する。

然別湖の湾名と主な河川名等を図1に示す。

然別湖周辺の主な植生は、トドマツ、エゾマツ、アカエゾマツ、ダケカンバを主とする針葉樹林である。ヤンベツ川流域にはケヤマハンノキ、オノエヤナギなどからなる河畔林も分布し、河岸の安定したところではオオバヤナギの大径木も見られる。

然別湖内のほか、ヤンベツ川河口右岸の小さな池、通称・カエル池でも調査をおこなった。カエル池は基本的には長楕円形の水域で、上下流方向に約20～30m、横断方向に約10m、水深は最深でも0.5m程度である（2011年）。右岸（針葉樹林）斜面からの浸出水、ヤンベツ川からの浸水、土砂流入などの影響を受けて形状が変化し、ヤンベツ川と接続・切断状態になる。

1) 然別湖を考える会（事務局所在地：鹿追町）・松籬庵 〒061-1136 北海道北広島市松葉町
Shourai-an, Matsuba-cho, Kitahiroshima, Hokkaido 061-1136, Japan

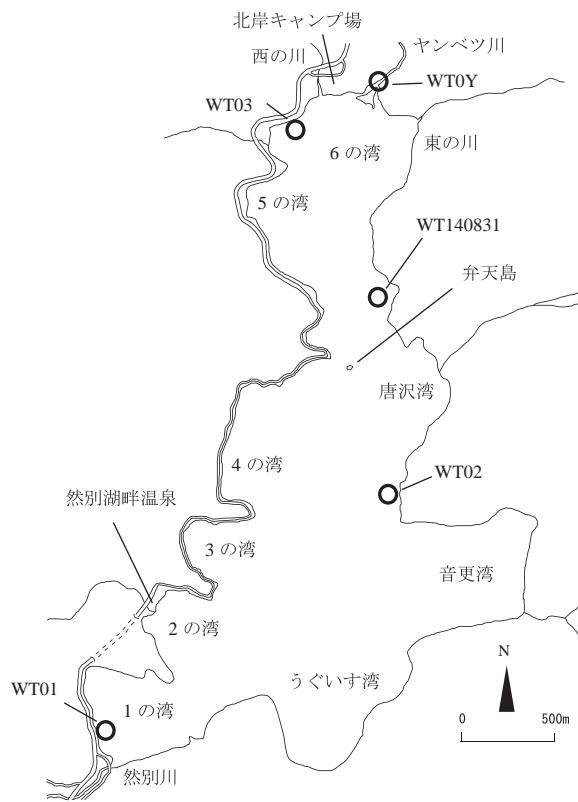


図1. 調査地概要と水温測定位置.

WT140831: デジタル温度計による水温鉛直分布測定位置.
WT01~03, OY: 水温ロガー設置地点.

大規模な搅乱の際には全体が土砂で埋まることもあるが、時間の経過とともに水域が復活する様子が観察されている。

なお、然別湖の近年の透明度（夏季）は、北海道の調査で14.3m（2015年8月21日測定、http://envgis.ies.hro.or.jp/mizu_index.html、2018年1月3日確認）、松本宏樹氏（鹿追町）の調査で19.4m（2013年7月27日測定、<https://www.youtube.com/watch?v=Vm6v2YGJKG0>、2018年1月3日確認）が記録されている。

既存文献等による水生植物の記録

然別湖で水生植物の分布を調査した報告は、山崎ほか（2012）、丸山・山崎（2013）より前にはない。確認種が記載された文献には田中館（1925）、高安・澤（1933）がある。これらは山崎ほか（2012）で紹介されたが、丸山・山崎（2013）でまとめた聞き取り調査の記録、および北海道大学総合博物館（SAPS）に収蔵されている標本も合わせて、分布を俯瞰する資料として表1に整理した。これらから、2011年より前には、1の湾、2の湾、6の湾で水生植物が確認されていたことがわかる。標本については実物を検証済であるが、田中館（1925）、高安・澤（1933）の確認種について現況との比較検討が必要なものもある。

表1. 既存資料による然別湖の水生植物記録

| 資料等 | 記録形式 | 水 生 植 物 の 状 況 （ 要 約 ） |
|---------------------------|---------------------|--|
| 田中館（1925） | 現地調査報告 ¹ | 1922年もしくは1923年調査。／水生植物は4～5種あるが調査完了せず。／1の湾の然別川流出口付近にシャジクモ類。／2の湾の温泉前の湖底に水草繁茂。／6の湾でヒルムシロ科の植物（原文ヒロムシロ）が深さ0.5mの所にある。 |
| 高安・澤（1933） | 現地調査報告 ¹ | 1930年調査か。／ヒロハノエビモ、ヤナギモ、ヒルムシロ、キンギョモ、シャジクモ、他2種を確認。／1の湾の然別湖流出口付近にはキンギョモが繁茂。／2の湾にはキンギョモ、シャジクモが多い。／ヒロハノエビモ、ヤナギモ、ヒルムシロ等は6の湾に多い。 |
| 北海道大学総合博物館 (SAPS) 収蔵標本 | 標本 ² | 1. 1929年採集 • カラフトグワイ：然別湖。 • ヒロハノエビモ（ラベルはナガハヒロハノエビモ）：ヤンベツ川河口、然別湖。 • ミクリ属：ヤンベツ川河口、然別湖。 • ホザキノフサモ：2の湾 ³ 、然別湖。 2. 1936年採集 • ホザキノフサモ：然別湖。 |
| 山崎ほか（2012） | 現地調査報告 | 2011年調査。／1の湾南、うぐいす湾南、音更湾北、唐沢湾、5の湾、6の湾に水生植物群落。／確認種については本報告参照。 |
| 丸山・山崎（2013） | 現地調査報告 聞き取り調査 | 2012年調査。／1の湾南、うぐいす湾南、音更湾北、唐沢湾、5の湾、6の湾に水生植物群落。 ／2011年よりも縮小した分布域あり。／確認種については本報告参照。 1の湾南～西、1の湾東、2の湾南では2000年代のある時期まで湖岸沿いでヒロハノエビモ、シャジクモ類、ホソバヒルムシロが確認された。／1の湾南～西の水生植物群落は2006～2007年頃に急減、消失した。 |

*1 地名については現在の地名に変換した。植物種名はほぼ原文通り記した。

*2 標本の情報については採集年、種名、場所のみとした。「然別沼」、「Lake Shikaribetsu」と記されていた場合は「然別湖」とした。

*3 採集場所に記されていた「然別沼駅付近」は当時2の湾湖岸にあったため（丸山・山崎 2013）、「2の湾」とした。

然別湖で7年間に発生した特記すべき気象害について

2011年以降に然別湖で発生した気象害のうち、水域に大きな影響を与えたものについて記しておく。各気象害の全体的な状況については、気象庁、札幌管区気象台、帶広測候所の発表を参考した。降雨に伴う然別湖とヤンベツ川の水量変化は、ヤンベツ川の上流方面にある気象庁アメダス「ぬかびら源泉郷」の降水量(<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)がよい指標となる。このアメダスは然別湖北岸より直線で約10km北東にある糠平湖畔に設置されている（以下「降水量」は本アメダスの数値を指す）。

2011年は、9月1日から大気が不安定となり、5～6日には前線停滞や台風（12号、13号）の影響により道内は広範囲で大雨となった。降水量は9月1～7日で435.0mm、特に5日は188.0mmが記録された。9月の月降水量532.5mmはのちに地点観測値3位（集計期間1976年3月～2017年12月）となった。然別湖は最大で約1.5m増水した（著者による痕跡観察と関係者聞き取りによる）。ヤンベツ川の河畔林が各地で崩壊し、流木が流路を閉鎖したところもあった。湖には大量の土砂や木片が流入した。北岸（6の湾）に堆積した流木はそれほど多くなかった。河口の中州では河畔林が崩壊し、陸域が湖側に拡張された。通常は水量の少ない沢からも大量の土砂が流入して堆積したところもあった。湖水は湖面凍結期直前も濁っていた。

2012年5月3～5日には発達した低気圧の影響により、3日間で降水量は175.0mm、4日だけでも157.5mmが記録された。ヤンベツ川河口の流木は2011年秋より増加した。

2016年には、7月下旬から前線停滞などによる大雨で軽微な増水・氾濫が発生していたが、8月16日以降に相次いで接近・通過した4つの台風（襲来順に7、11、9、10号）により道内の広範囲で大雨による水害が発生した。特に8月29～31日には3日間で332.0mmが記録され、8月の月降水量978.0mmは地点観測値1位となった。然別湖周辺の被害は2011年よりも大規模であった。ただし、早くから水位の人為的調節が行われたためか、増水量は2011年と同程度と推測された。ヤンベツ川の河畔林と河岸は再び崩壊し、中流部では道道の崩落や落橋が発生した。河口付近では土砂により一部の流路が完全に閉鎖された。湖への土砂・

樹木の流入は2011年より大量で、特に河口付近から6の湾西部に多くの流木が堆積した。然別湖に面した山腹では土砂崩れが見られた。湖水は著しく濁り、翌年も例年より濁った状況が続いた。ヤンベツ川中流部では以前から崩れやすくなっていた河岸壁の崩壊が進行し、降雨のたびに土砂が流入し濁りやすくなつたのではないかという指摘がある。

水域は上記ほど大きな被害を受けなかつたが、台風により森林倒壊が発生した事例も記録しておく。2013年10月には湿雪害に見舞われた。2015年10月には暴風により広範囲で風倒被害が発生した。

調査方法

1. 水生植物調査

船（小型船舶、カヌー）を使用した水上からの調査と湖岸からの踏査を行つた。船からの調査については主に8月下旬に行つた。水生植物群落の分布範囲をハンディGPSで記録し、箱メガネ等も使用して観察を行い、確認種を記録した。毎年、水生植物の有無にかかわらず沿岸全域を観察した。湖岸踏査では無雪期に湖岸を適宜歩いて観察した。

調査対象は、然別湖において花期以外は水面および水中で生活史が完結する水生植物とした。分布調査の対象とするかどうかは状況により判断した。

2016年については、前記の気象害により船からの分布範囲調査が実施できなかつたが、その前後に踏査を行うことができた。また、一連の搅乱直前に然別湖で「環境省モニタリングサイト1000水生植物調査」による船からの調査と湖岸踏査が行われ、この結果も利用した（著者も参加）。

水生植物の損傷状況やウチダザリガニについても随時観察を行つた。

2. 温度データの収集

水生植物の生育環境、および然別湖の環境に関する基礎データ収集を目的として、温度ロガー等により気温・水温を測定した。

気温については、北岸に温度ロガー（おんどとりTR-52i）を設置して測定した。

水温については、デジタル温度計による鉛直分布調査と水温ロガーによる連続観測を行つた。

鉛直分布調査では、2014年8月31日8時に唐沢湾の沖（図1、WT140831）でデジタル温度計（佐藤計量

器SK-1250MC) を使用して水温を測定した。測定水深は、水面下0.1m, 1m, 2m, それ以下は2m毎で、ケーブル最大長となる水深20mまでとした。当日の天候は晴れで気温は14.3°Cであった。

水温ロガー (HOBO CO-UA-001-64, CO-UA-002-64) による観測については2015年から開始した(然別湖生物多様性協議会と協力)。湖内3地点(図1, WT01~03, うちWT03は2016年から)において、水温ロガーを水深約1.5mの湖底に沈めた。ヤンベツ川下流(図1, WT0Y)では水深約0.4~0.6mに設置した。なお、ヤンベツ川の水深は1mに達しないところがほとんどである。湖内の水温ロガーについては、凍結期の前に回収し、解氷後に再設置した。

2015・2016年は気象害によりヤンベツ川の水温ロガーが測定途中で紛失し、データ欠損期間が生じた。2016年は測定地点一帯が土砂で埋没したため、2017年は河岸が安定するのを待って位置を再選定した。

結果

1. 確認された水生植物

2011~2017年の7年間で8科15種の水生植物が確認された(表2)。環境省レッドリスト2017 (<http://www.env.go.jp/press/files/jp/105449.pdf>, 2017年4月13日確認) 指定種は5種、北海道レッドデータ(北海道 2001) 指定種は2種であった。

(1) シャジクモ：北部でのみ確認された。水深0.2~

0.6mの湖底において数株で散生、もしくはマット状になっていた。植物体高は0.2m以下で生殖器を形成しているものもあった。

(2) カタシャジクモ：主に南部、東部で確認された。水深2~6mの湖底にカーペット状に広がり、生殖器をつけているものも確認された。確認種の中で最も深い所にまで分布していた。

(3) フラスコモ属の2種：いずれも2016年にカエル池で確認された。

(4) カラフトグワイ：北海道のみならず国内でも分布が限定的な希少種である(丸山・山崎 2011, Shiga et al. 2017)。毎年開花が確認されたが、集合果の確認数は少なかった。近年は環境省、鹿追町などが保護対策を行っている。本稿では保護の観点から詳述を控える。

(5) ホソバヒルムシロ：分布域のほとんどで確認された。様々な水深環境に生育し、多くは沈水形であったが、水深が浅いところでは浮葉を形成する個体群も見られた。7月中旬頃から開花し、結実も見られた。

(6) イトモ：北部で確認され、開花・結実も見られた。出現場所が一定しないが、小群落を形成するため確認できた。

(7) フトヒルムシロ：2012年にカエル池脇の水溜りで確認され、翌年には池本体にも見られるようになった。湖では確認されなかった。東雲湖では群落が確認されている(山崎ほか 2012)。

(8) センニンモ：東部で2014年にのみ、水深約3mの

表2. 然別湖で確認された水生植物(カエル池を含む)

| 科名 | 種名 | 学名 | 環境省 RL (2017) | 北海道 RDB (2001) |
|----------|--------------|---|------------------|-------------------|
| シャジクモ科 | シャジクモ | <i>Chara braunii</i> | VU | |
| | カタシャジクモ | <i>Chara globularis</i> var. <i>globularis</i> | CR+EN | |
| | フラスコモ属の1種(a) | <i>Nitella</i> sp. (a) | | |
| | フラスコモ属の1種(b) | <i>Nitella</i> sp. (b) | | |
| オモダカ科 | カラフトグワイ | <i>Sagittaria natans</i> | CR | R |
| ヒルムシロ科 | ホソバヒルムシロ | <i>Potamogeton alpinus</i> | VU | |
| | イトモ | <i>Potamogeton berchtoldii</i> | NT | |
| | フトヒルムシロ | <i>Potamogeton fryeri</i> | | |
| | センニンモ | <i>Potamogeton maackianus</i> | | |
| | ヒロハノエビモ | <i>Potamogeton perfoliatus</i> | | |
| ガマ科 | ミクリ属の1種 | <i>Sparganium</i> sp. | | |
| カヤツリグサ科 | マツバイ | <i>Eleocharis acicularis</i> var. <i>longiseta</i> | | |
| キンポウゲ科 | バイカモ | <i>Ranunculus nipponicus</i> var. <i>submerses</i> | | R |
| アリノトウグサ科 | ホザキノフサモ | <i>Myriophyllum spicatum</i> | | |
| オオバコ科 | ミズハコベ | <i>Callitrichia palustris</i> var. <i>palustris</i> | | |

・科名、科の配列および種の学名は、廣瀬・山岸(1977) (シャジクモ科)、米倉(2012) (維管束植物)に従った。

・環境省レッドリスト(2017) : CR (絶滅危惧IA類), CR+EN (絶滅危惧I類、シャジクモ科), VU (絶滅危惧II類),

NT (準絶滅危惧)。北海道レッドデータブック(2001) : R (希少種)。

湖底で単独の小群落が確認された。

(9) ヒロハノエビモ：東部から北部にかけての分布域に生育し、とりわけ北部では大きな群落を形成していた。様々な水深に生育し、最深のものは水深5.3mのところで全長4.8~5.0mに達していた（山崎ほか2012）。7月中旬頃から花茎を水面より上に出して開花し、結実も見られた。

(10) ミクリ属の1種：北岸の旧流路において抽水状態で散生しており、出口の湖側にも水深約1mのところに沈水状態で生育していた。湖内では沈水群落となっていたため調査対象とした。なお、ヤンベツ川河口では1929年にミクリ属植物が採集されており（表1）、湖に近い湿生地では抽水型のミクリ属植物が確認されている（丸山 未発表）。東雲湖でも2011年に浮葉性のウキミクリと抽水性のタマミクリが確認されている（山崎ほか 2012, 山崎・丸山 2013）。

(11) マツバイ：一般的に湿った陸域で見られことが多いが、然別湖では湿った陸域のほか、水域で完全な沈水状態の群落が確認された。沈水株は主に北東部でマット状に分布し、開花・結実は確認されなかった。丸山・山崎（2013）では報告対象外としたが、本稿では対象に含めた。

(12) バイカモ：ほとんどの分布域で様々な水深に生育し、開花・結実も見られた。他種が川や沢の流出口から続く流心付近を避けるように分布していたのに対し、バイカモは流心近くにも分布していた。湖に流れ込む複数の川でも確認された。

(13) ホザキノフサモ：東部と北部で様々なサイズの群落が確認された。いずれも水深2~3mで、花茎は確認されなかった。

(14) ミズハコベ：北部の浅瀬において、最大でも $0.3 \times 0.3\text{m}^2$ 程度に満たないほどの小群落がわずかに散生し、出現場所も不定であった。カエル池ではほぼ毎年確認された。

2. 水生植物の経年分布変化

7年間で、1の湾東、うぐいす湾南、音更湾北、唐沢湾付近、6の湾、5の湾において水生植物が確認された（図2、表3）。出現種に共通していたのは、湖岸から水深約5~6mまでの範囲において、砂泥上に定着していたことである。湖底の地形と砂泥の堆積状態に伴って水生植物も様々な群落形態を示していた。

それぞれの水生植物分布域の立地は次の通りである。

1の湾東は遠浅で砂泥が広がっていた。うぐいす湾南、音更湾北、唐沢湾付近は湖岸からすぐに深くなり、湖底では岩塊が優占していたが、水生植物群落の下は砂泥が混在していた。6の湾の北東部～北西部はヤンベツ川、西の川、東の川から流入した砂泥が広く堆積していた。6の湾南西と5の湾はうぐいす湾などと同様の状況で、5~6の湾間の岬の湖底は砂礫であった。

また、水生植物が確認されなかつたところの大部分は、沿岸の傾斜が厳しい、岩塊が大きい、砂泥の堆積が少ない、などの傾向が見られた。1の湾の然別川流出口付近は遠浅の砂泥であった。

なお、湖内のミズハコベはごくわずかで分布も一定しないため分布調査から除外した。

2-1. 湖内での全体的な経年変化

2011年には前記の地域すべてで水生植物が確認された。6の湾北部では、分布域が他の地域より沖に広がっていた。うぐいす湾南、音更湾北、唐沢湾付近では、水生植物が湖岸沿いに帶状の分布域を形成していた。6の湾南西と5の湾の分布域は最大でも約 $5 \times 5\text{m}^2$ ほどの小群落であった。

2012年には、1の湾東の分布域が縮小し、唐沢湾南の1分布域、5の湾、ヤンベツ川河口の2分布域が消失した。他の地域では分布域の広がりに大きな変化はなかった。

2013年には、1の湾東、6の湾南西の分布域が消失した。また、うぐいす湾南の分布域が大幅に縮小し、音更湾北の分布域は大きく2つに分断され範囲も縮小した。他の地域では分布域に大きな変化はなかった。

2014年には、うぐいす湾南の分布域が消失して湖南部で水生植物が見られなくなった。音更湾北の分布域は分断されたうちの一つが消失した。6の湾北東の分布域は南東端が約50m北上して範囲が縮小した。他のエリアでは分布域に大きな変化はなかった。

2015年には、音更湾北の分布域がさらに縮小してわずかになった。6の湾北東の分布域も南東部がさらに縮小した。一方、ヤンベツ川河口中州の最南端に新たな分布域が認められた。

2016年には、「環境省モニタリングサイト1000水生植物調査」で音更湾北の分布域の消失が確認された。その他の分布域は残っていた。8月の搅乱後は湖水の濁りがひどく、11月でもかなり濁っていた。

2017年には各分布域の縮小がさらに進行した。唐沢

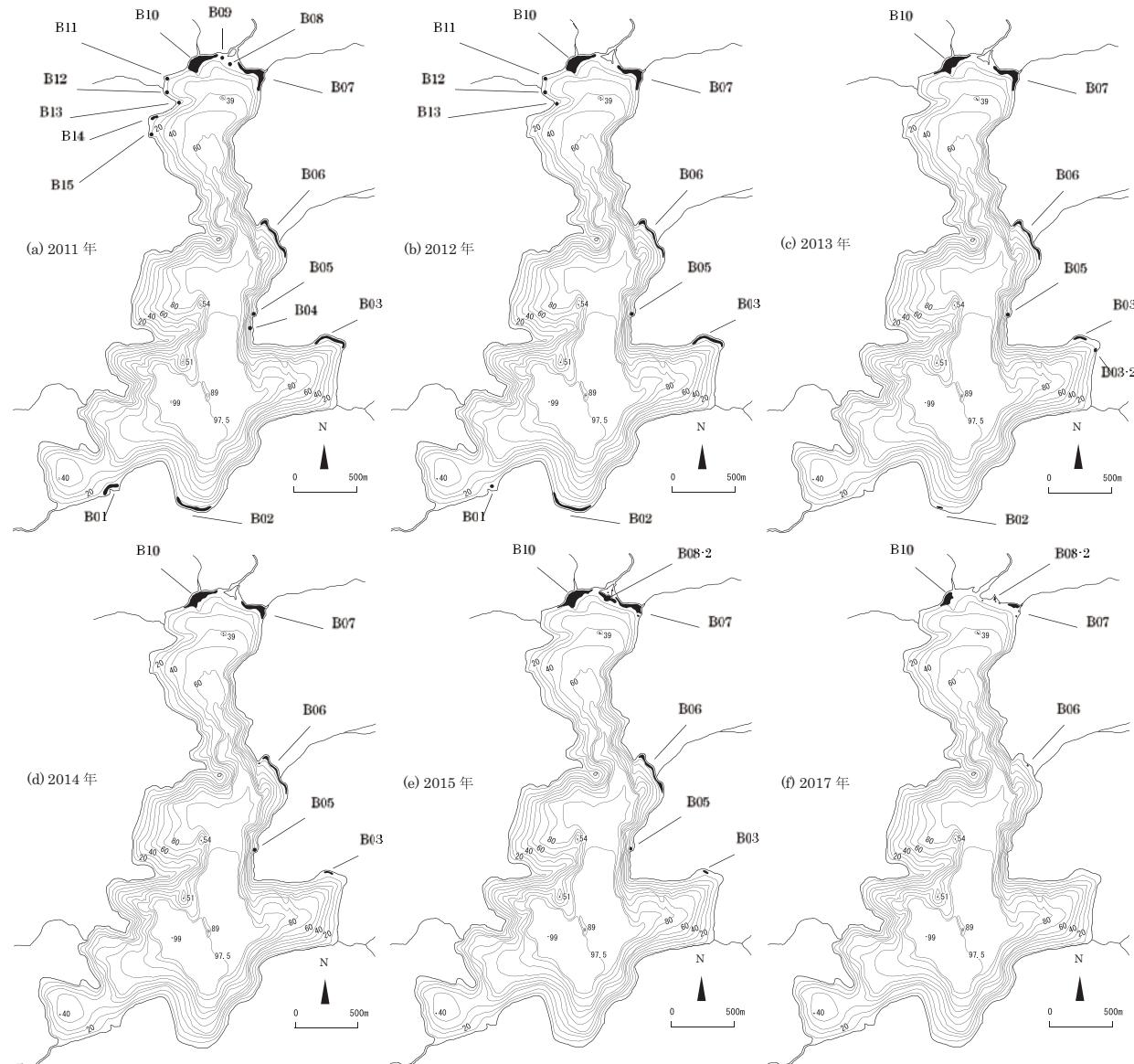


図2. 然別湖における水生植物分布域の変遷（2011年～2017年）。
2016年は未調査。BO○は分布域を示す。

湾はホザキノフサモの小群落のみとなった。ヤンベツ川河口では左岸寄りの流路が閉鎖し、小さな群落が散生していた。

船からの調査（8月下旬）では、2014年、2015年は沿岸で藻類が目立っていた。2017年は特に北部で砂の堆積が明らかに増えていた。

2-2. 各地域の状況

(1) 1の湾東（分布域B01）：

2011年にカタシャジクモが水深約3mの遠浅の砂泥上に広がって分布しているのが確認された。しかし、2012年には3×3m²に縮小し、2013年以降は何も確認されなかった。

(2) うぐいす湾南（B02）：

2011年に3種が確認された。翌年から次々となくなり、2014年以降は何も確認されなかった。

(3) 音更湾北（B03/B03-2、図3）：

2011年には4種が確認され、カタシャジクモ以外の3種は水面近くにまで達する密な群落になっていた。しかし、2012年には2種に減少し、群落には衰退した様子が見られた。2013年には大きく分断化されて（B03とB03-2に区別）、カタシャジクモのみとなつた。2014年にはB03-2が消失し、2016年以降は何も確認されなかった。

(4) 唐沢湾南（B04/B05）：

2011年は2つの分布域（B04：約2×2m²、B05：約

表3. 然別湖における水生植物の分布域ごとの経年確認状況

| 分布域 | 調査年 | シャジクモ | カタシヤジクモ | ホソバヒルムシロ | イトモ | センニンモ | ヒロハノエビモ | バイカモ | ホザキノフサモ | マツパイ | ミクリ属の1種 |
|-------|------|-------|---------|----------|-----|-------|---------|------|---------|------|---------|
| B01 | 2011 | — | ○ | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2012 | — | ○ | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2013 | — | × | — | — | — | — | — | — | — | — |
| B02 | 2011 | — | ○ | ○ | — | — | — | ○ | — | — | — |
| | 2012 | — | ○ | ○ | — | — | — | × | — | — | — |
| | 2013 | — | ○ | × | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2014 | — | × | — | — | — | — | — | — | — | — |
| B03 | 2011 | — | ○ | ○ | — | — | ○ | ○ | — | — | — |
| | 2012 | — | ○ | ○ | — | — | × | × | — | — | — |
| | 2013 | — | ○ | × | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2014 | — | ○ | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2015 | — | ○ | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2016 | — | × | — | — | — | — | — | — | — | — |
| B03-2 | 2013 | — | ○ | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2014 | — | × | — | — | — | — | — | — | — | — |
| B04 | 2011 | — | — | ○ | — | — | — | — | — | — | — |
| | 2012 | — | — | × | — | — | — | — | — | — | — |
| B05 | 2011 | — | ○ | ○ | — | — | — | ○ | — | — | — |
| | 2012 | — | ○ | ○ | — | — | — | ○ | — | — | — |
| | 2013 | — | ○ | ○ | — | — | — | ○ | — | — | — |
| | 2014 | — | ○ | ○ | — | — | — | ○ | — | — | — |
| | 2015 | — | × | ○ | — | — | — | × | — | — | — |
| | 2016 | — | — | × | — | — | — | — | — | — | — |
| B06 | 2011 | — | ○ | ○ | — | — | ○ | ○ | — | — | — |
| | 2012 | — | ○ | ○ | — | — | ○ | ○ | ○ | — | — |
| | 2013 | — | ○ | ○ | — | — | ○ | ○ | ○ | — | — |
| | 2014 | — | ○ | ○ | — | — | ○ | ○ | ○ | — | — |
| | 2015 | — | ○ | ○ | — | — | ○ | ○ | ○ | — | — |
| | 2016 | — | ○ | ○ | — | — | ○ | ○ | — | — | — |
| | 2017 | — | × | × | — | — | × | × | ○ | — | — |
| B07 | 2011 | — | ○ | ○ | ○ | — | ○ | ○ | — | ○ | — |
| | 2012 | — | ○ | ○ | ○ | — | ○ | ○ | — | ○ | — |
| | 2013 | — | ○ | ○ | ○ | — | ○ | ○ | — | ○ | — |
| | 2014 | ◎ | ○ | ○ | ○ | — | ○ | ○ | — | ○ | — |
| | 2015 | ○ | ○ | ○ | ○ | — | ○ | ○ | — | ○ | — |
| | 2016 | ○ | × | ○ | ○ | — | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| B07 | 2017 | × | — | ○ | × | — | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 2017 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| B08 | 2011 | — | — | — | — | — | ○ | — | — | — | — |
| | 2012 | — | — | — | — | — | × | — | — | — | — |
| B08-2 | 2015 | ◎ | — | ◎ | ◎ | — | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | — |
| | 2016 | ○ | — | ○ | ○ | — | ○ | ○ | ○ | ○ | — |
| | 2017 | × | — | × | × | — | × | × | ○ | × | — |
| B09 | 2011 | — | — | — | — | — | ○ | — | — | — | — |
| | 2012 | — | — | — | — | — | × | — | — | — | — |
| B10 | 2011 | — | — | — | — | — | ○ | — | — | — | — |
| | 2012 | — | — | — | — | — | ○ | — | — | — | — |
| | 2013 | — | — | ◎ | — | — | ○ | — | — | — | — |
| | 2014 | ◎ | — | ○ | — | — | ○ | — | — | ○ | — |
| | 2015 | ○ | — | × | — | — | ○ | — | — | ○ | — |
| | 2016 | ○ | — | — | — | — | ○ | — | — | ○ | — |
| | 2017 | × | — | — | — | — | ○ | — | — | ○ | — |
| B11 | 2011 | — | — | ○ | — | — | ○ | ○ | — | — | — |
| | 2012 | — | — | ○ | — | — | ○ | × | — | — | — |
| | 2013 | — | — | × | — | — | × | — | — | — | — |
| B12 | 2011 | — | — | — | — | — | ○ | — | — | — | — |
| | 2012 | — | — | — | — | — | ○ | — | — | — | — |
| | 2013 | — | — | — | — | — | × | — | — | — | — |
| B13 | 2011 | — | — | — | — | — | — | ○ | — | — | — |
| | 2012 | — | — | — | ◎ | — | — | ○ | — | — | — |
| | 2013 | — | — | — | × | — | — | × | — | — | — |
| B14 | 2011 | — | — | ○ | — | — | ○ | — | — | — | — |
| | 2012 | — | — | × | — | — | × | — | — | — | — |
| B15 | 2011 | — | — | ○ | — | — | ○ | — | — | — | — |
| | 2012 | — | — | × | — | — | × | — | — | — | — |

・調査初年（2011年）については確認された種を○とした。翌年以降（2012年～）は次の通り。◎：新たに確認、あるいは再確認。○：前年に引き続き確認。×：前年に確認されたが調査年に確認されず。—：前年に引き続き何も確認されず。

・B03-2はB03から分離された群落であるため確認初年（2013年）は○とした。

・分布域に何も確認されない状態が2年以上続いた場合は2年目以降の表示を省略した。

・カラフトグワイについては未掲載、ミズハコベ（湖内）については分布追跡調査の対象外とした。

・灰色は2017年。

表4. カエル池における水生植物の経年確認状況

| 分布域 | 調査年 | ホソバヒルムシロ | イトモ | フトヒルムシロ | バイカモ | ミズハコベ | フランコモ属の1種(a) | フランコモ属の1種(b) |
|------|------|----------|-----|---------|------|-------|--------------|--------------|
| カエル池 | 2011 | ○ | ○ | — | ○ | ○ | — | — |
| | 2012 | ○ | × | ◎ | × | × | — | — |
| | 2013 | ○ | ◎ | ○ | — | ◎ | — | — |
| | 2014 | ○ | ○ | ○ | — | ○ | — | — |
| | 2015 | ○ | ○ | ○ | — | ○ | — | — |
| | 2016 | ○ | ○ | ○ | — | ○ | ◎ | ◎ |
| | 2017 | × | ○ | × | — | × | × | × |

・調査初年（2011年）については確認された種を○とした。翌年以降（2012年～）は次の通り。◎：新たに確認、あるいは再確認。○：前年に引き続き確認、×：前年に確認されたが調査年に確認されず。—：前年に引き続き何も確認されず。

・灰色は2017年。

5×5m²）が確認された。2012年以降はB05のみとなり、2014年までは3種が確認された。2015年にはホソバヒルムシロのみとなり、2016年以降は何も確認されなかった。

(5) 唐沢湾（B06, 図3）：

唐沢湾の分布域には沢が流れ込んでおり、その付近は水生植物が少なかった。2011年には4種が確認された。2012年にはホザキノフサモの小群落（約1×1m²）が水深約2mの湖底で、2014年にはセンニンモの小群落（約0.5×0.5m²）が水深約2mの湖底で確認された。2015年には両種ともに見られなくなった。2016年まで分布域の広さはほぼ変化しなかったが、2014年頃から密度と立体感が明らかに減少した。2017年にはホザキノフサモの小群落（約0.5×0.5m²）のみとなり、湖底には砂の堆積が目立っていた。

(6) 6の湾北東（B07, 図3）：

2011年に6種の水生植物が確認された。分布域は湖岸から沖に向かって広がっていた。特に広く目立っていたのはヒロハノエビモ群落で、ところにより群落高が5mに達していた。東岸沿いでは5種が同所で密生しているところがあった。ただし、東の川から続く流心付近は水生植物がまばらで、バイカモが散生していた。2014年には北岸の浅瀬でシャジクモが新たに確認された一方、ヒロハノエビモ群落が分断化されて沖から衰退が目立ちはじめ、東岸沿いに見られた複数種の密生群落が消失した。2015年には水面に達するサイズのヒロハノエビモがほぼ消失し、バイカモやホザキノフサモが新たに確認されたところもあった。東の川よりも東で小沢が流入するところでは、ホソバヒルムシロ群落が2013年から1年ごとに消失、群生、消失（以降なし）と変化した。2016年の搅乱後は北岸に大量の流木が漂着したが、北東部は後述の北西部ほどではなかった。しかし、2017年には分布域全体が大幅に縮小

した。東岸の湖底では2017年までに岩塊間の砂泥の堆積量が明らかに増加した。

(7) ヤンベツ川河口（B08/B08-2/B09, 図3）：

ヤンベツ川河口付近では、2011年の調査時に確認された分布域B08, B09が9月の搅乱でなくなった。翌年以降には中州陸域が徐々に安定して陸上植物が再び定着し始めた。2015年には中州の湖側で水深約0.1～0.6mの浅瀬にシャジクモ、ヒロハノエビモ、イトモ、ホソバヒルムシロ、バイカモが広く散生していた。中州の最南端の水中にできた大きな凹みにはヒロハノエビモ、ホソバヒルムシロ、バイカモ、ホザキノフサモからなる密な群落（一辺約9mの三角形、水深1.8m）が確認された。さらに、ヤンベツ川流路にバイカモ小群落、中州陸域の水溜り（水深20～30cm）数カ所でもホソバヒルムシロ、イトモが確認された。この分布域は2016年8月の搅乱直前まで確認されたが、搅乱後に姿を消し、2017年には数株のホザキノフサモ以外の水生植物は確認されなかった。

(8) 6の湾北西（B10, 図3）：

2011年には、ヒロハノエビモが沖に広がる大群落を形成していた。ただし、西の川から続く流心付近は水生植物が少なかった。2013年には確認種が3種増加し、2014年には浅瀬でシャジクモが確認された。2015年にはホソバヒルムシロが確認されなかったが、ホザキノフサモの小群落と、バイカモが浅瀬で開花しているのが確認された。2016年の搅乱後は大量の流木が湖岸沿いに漂着し、特に北岸キャンプ場前から西側にかけて大量の流木・木片が堆積した。この状態は2017年も大きな変化はなく、西の川河口より東側では水生植物が確認されなかった。河口より西側のヒロハノエビモ群落は縮小し、密度も明らかに低下した。

(9) 6の湾南西（B11/B12/B13）：

6の湾南西では、沢の出口（B11, B12）と岬（B13）

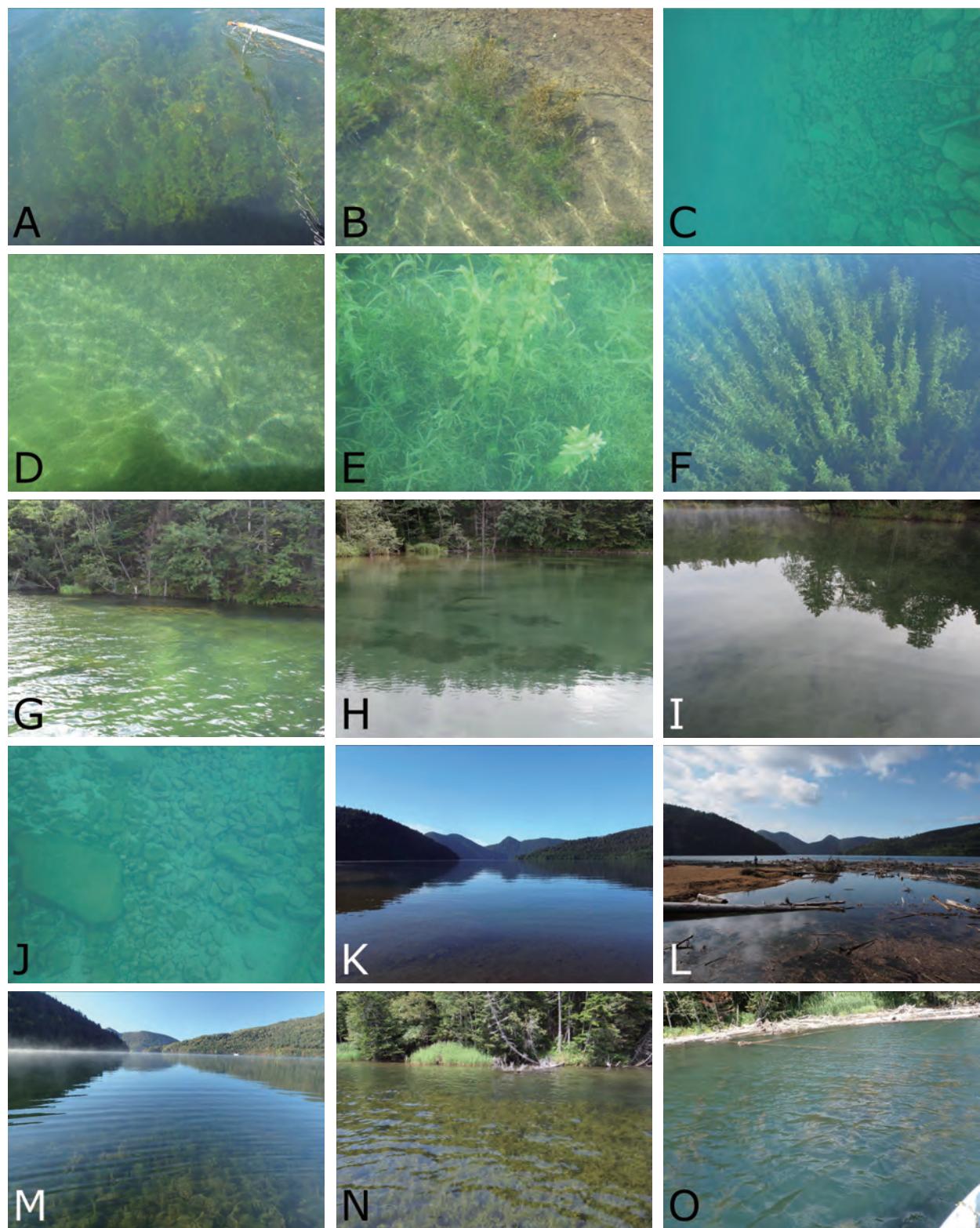


図3. 水生植物群落の状況。

A : 音更湾, バイカモ群落(2011年8月). B : 同, ホソバヒルムシロ群落(同). C : 同, 水生植物は消失(2017年8月). D : 唐沢湾, 混生群落(2012年8月). 右上はホソバヒルムシロ, 左下はカタシャジクモが多い. E : 6の湾北東, 混生群落(2011年8月). F : 同, ヒロハノエビモ群落(2011年8月). G : 同, Fの群落が縮小・断片化し小群落が湖岸寄りに見える(2014年8月). H : 同, Fの群落が消失してバイカモ小群落が散在(2015年8月). I : 同, F一帯の湖底には水生植物がほぼなくなった(2017年9月). J : 同, E付近の湖底には何もなかった(2017年9月). K : 北岸キャンプ場前, 2011年の気象害によりヒロハノエビモ群落が消失(2012年8月). L : 同, 2016年の気象害により大量の土砂や流木が堆積(2017年8月). M : ヤンベツ川河口, 中州最南端の水生植物群落(2015年9月). この年に初確認, 翌年の気象害で消失. N : 6の湾北西, ヒロハノエビモ群落(2011年8月). O : 同, Nの群落が分断化・低密度化(2017年8月).

で分布域が確認されたが、2013年以降は何も確認されなかった。

(10) 5の湾 (B14/B15) :

5の湾の分布域は沢の出口にあり、2011年に2種が確認されたが、2012年以降は何も確認されなかった。

2-3. カエル池の状況

2011年にはホソバヒルムシロ、イトモ、バイカモ、ミズハコベが確認され、いずれも開花・結実していたが、9月の搅乱で砂泥に埋まり姿を消した（表4）。2012年には水域が徐々に復活して2種が出現し、2013～2015年には4種が確認された。2016年には8月16日までにフラスコモ属2種が新たに確認されたが、その後の搅乱により土砂で埋没して水生植物は姿を消した。2017年には池の下流側のわずかな水域でイトモが確認された。

3. 水生植物の損傷とウチダザリガニの観察

2013年以降、北岸では夏季になると茎下部で切断されたヒロハノエビモが確認されるようになった（図4）。ヒロハノエビモの切断部はいずれもかじり切られたような様相を呈していた。当初は節間の長い大型個体が

束になって漂着しているのが見られたが、2014年には葉や地下部が切断された節間の短い小型個体が漂流しているのが確認された。2017年には北東部の水深約30cmの浅瀬においてヒロハノエビモやホソバヒルムシロの切断された茎や葉が散乱しているのが観察された。また、西の川の沖で切断茎が同時に約10本漂流しているのが目撃された。

ウチダザリガニは、2011年に6の湾、唐沢湾より南部の沿岸で見られたが、翌年以降は6の湾でも見られるようになった。船から見える範囲では、岩塊が優占する湖底でも、遠浅の砂泥地でも、湖底基質に関係なく観察された。

4. 気温・水温

北岸における年平均気温は、2015年に対し2016年は0.6°C低かった（表5、図5：2017年については本稿作成時点で11月中旬以降のデータが未回収）。2016年以外は月平均気温の最暖月が7月であった。とりわけ2017年7月は前2年より高く、月最高気温31.6°Cが記録された。2016年は6、7月が他の2年より低く、8月が最暖月となった。水生植物の生育盛期である6～8月の期間平均気温は3年間で大きな差がなかった

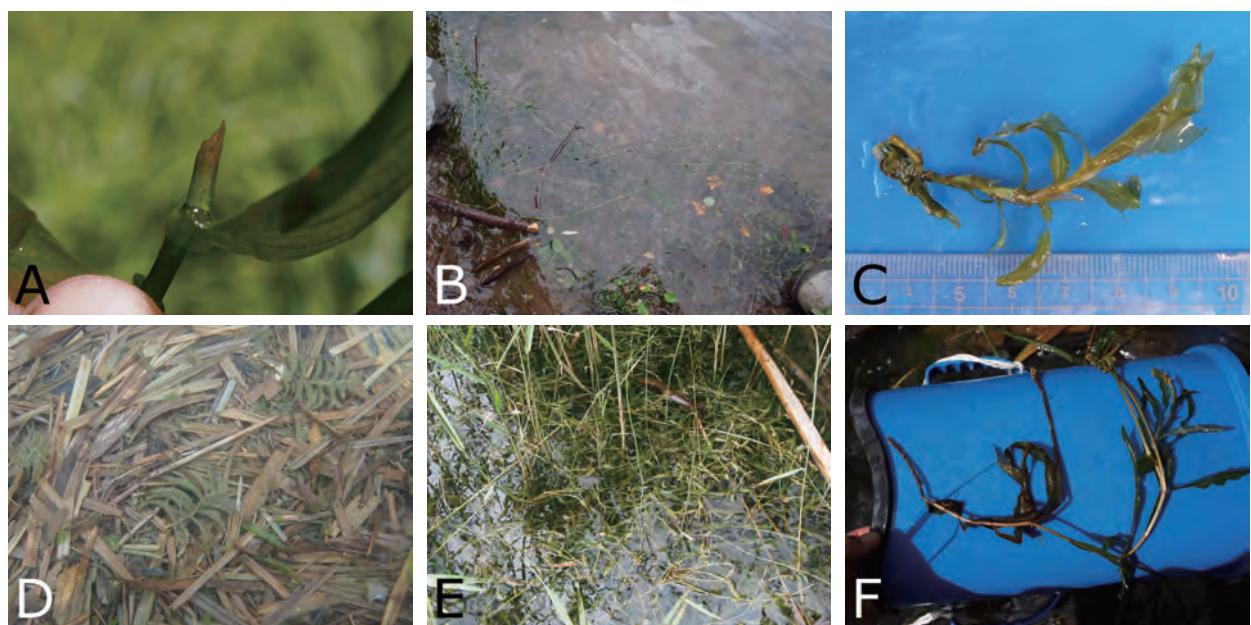


図4. 水生植物の損傷状況。

写真はいずれも北岸で、すべてウチダザリガニによる損傷と推測される。A：漂着したヒロハノエビモの切断面(2013年8月)。かじり切られたように見える。B：Aと同地点(2014年7月)。漂着したヒロハノエビモの束。C：漂着した小型のヒロハノエビモ(2014年8月)。地下部で切り離され、葉も損傷。D：浅瀬の湖底に切断されたヒロハノエビモの茎とホソバヒルムシロの葉が散乱(2017年8月)。E：浅瀬のホソバヒルムシロ群落(同)。一見、何事もなく開花株が密生しているように見えたが約半分は茎の下部で切断されていた。F：切断されたホソバヒルムシロ(同)。

表5. 然別湖北岸の気温 (2015~2017年)

| 年 | 項目 | 気温 (°C) | | | | | | | | | | | |
|--------|----|---------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 |
| 2015年 | 平均 | -10.3 | -9.1 | -3.4 | 1.1 | 8.0 | 12.2 | 17.3 | 16.4 | 11.5 | 4.1 | -1.1 | -6.1 |
| | 最高 | 1.0 | 1.4 | 9.2 | 18.2 | 24.0 | 23.1 | 29.7 | 27.2 | 21.6 | 15.6 | 13.8 | 3.5 |
| | 最低 | -23.7 | -27.0 | -20.0 | -13.0 | -2.4 | -0.1 | 1.8 | 2.2 | 1.9 | -5.8 | -15.2 | -18.4 |
| 2016年 | 平均 | -10.7 | -9.2 | -5.6 | 0.6 | 9.0 | 10.8 | 16.1 | 18.5 | 12.9 | 3.8 | -4.5 | -8.1 |
| | 最高 | -2.5 | 3.7 | 5.9 | 11.6 | 26.9 | 23.0 | 25.9 | 26.8 | 23.3 | 18.0 | 6.3 | 4.5 |
| | 最低 | -23.8 | -24.5 | -21.8 | -8.0 | -4.3 | -2.4 | 3.9 | 6.6 | 0.3 | -6.2 | -15.8 | -22.6 |
| 2017年* | 平均 | -12.7 | -9.9 | -6.8 | 1.0 | 9.1 | 12.1 | 19.2 | 15.5 | 10.7 | 4.2 | — | — |
| | 最高 | -2.5 | 2.2 | 2.3 | 12.3 | 26.1 | 27.0 | 31.6 | 24.6 | 21.2 | 17.9 | — | — |
| | 最低 | -28.3 | -26.9 | -20.2 | -13.1 | -2.8 | -0.1 | 9.7 | 7.6 | -2.1 | -7.0 | — | — |

* 本報告作成時点で2017年11月中旬以降のデータは未回収である。

* 年最高・年最低気温は11、12月以外の月であることが多いので、2017年については暫定的に表示した。

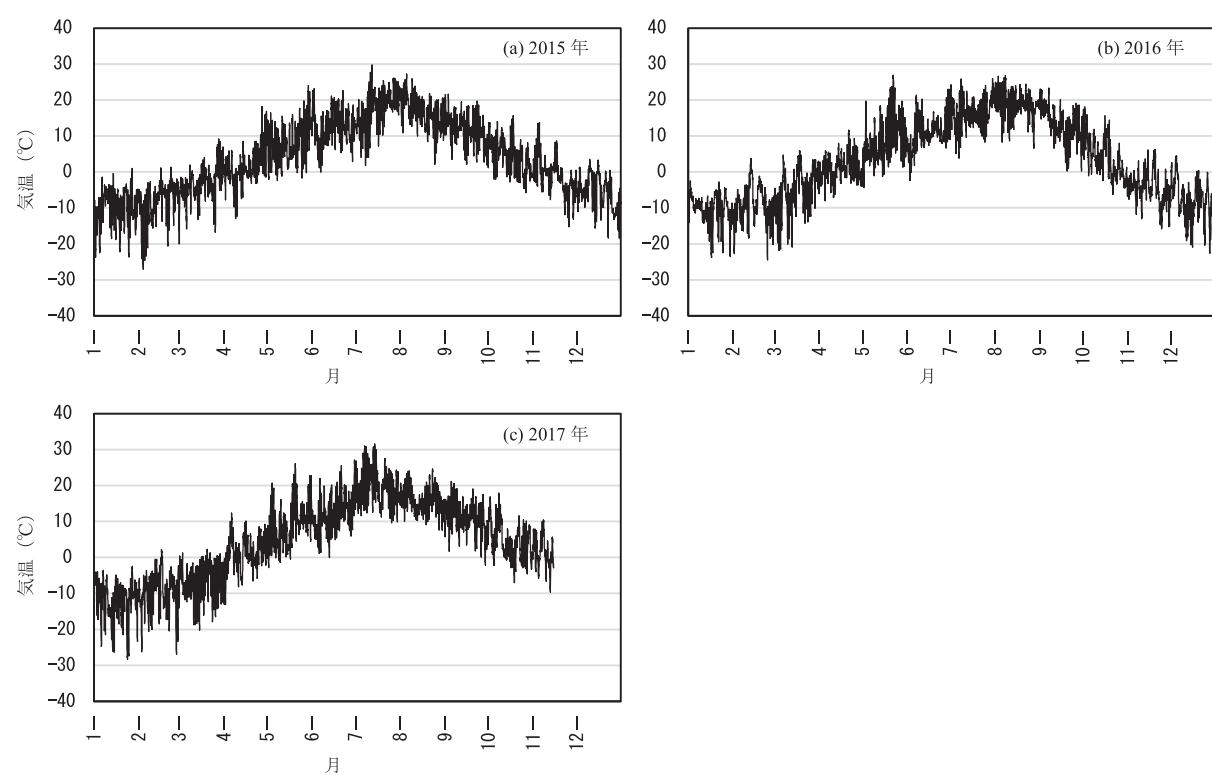


図5. 然別湖北岸の気温 (2015~2017年).
毎時の値を示す

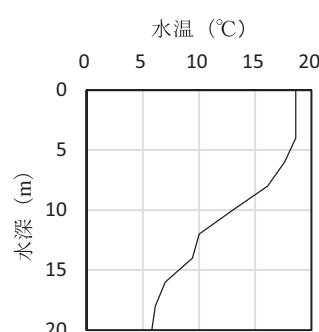


図6. 唐沢湾沖 (図1, WT140831) における水温の鉛直分布.
2014年8月14日8時測定. 晴れ, 気温14.3°C.

(15.1~15.6°C). なお、アメダス「ぬかびら源泉郷」(標高540m)からの差は、年平均-1.3~-1.4°C、6月~翌1月平均-1.1°C、2~5月平均-1.7~-2.2°Cであった。

唐沢湾沖 (図1, WT140831) の水温鉛直分布調査では、4~16mに水温躍層が確認された (図6)。表層水温は18.6°C、水深20mでの水温は5.8°Cであった。

水温ロガーによる観測では、ヤンベツ川を除く3地点 (2015年は2地点) で水温および変動傾向にほとんど差はなかった (表6, 図7)。2016年の期間平均水温は他の年より低かった。月平均水温の最暖月は、2015年と2016年は8月であったが、2017年は7月で、8月も高かった。6~10月の日較差は約1°Cであった。

表6. 然別湖の水温（2015～2017年、6～10月）

| 年 | 地点 | 月平均水温(℃) | | | | | 期間平均水温(℃) | |
|--------|-------------|----------|------|------|------|------|-----------|------|
| | | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 6-10月 | 6-8月 |
| 2015年 | WT01(1の湾西) | 13.3 | 18.2 | 20.4 | 17.0 | 10.1 | 15.8 | 17.3 |
| | WT02(唐沢湾南) | 13.6 | 18.6 | 20.5 | 17.1 | 10.2 | 16.0 | 17.6 |
| | WT0Y(ヤンベツ川) | 8.7 | — | — | — | — | — | — |
| 2016年 | WT01(1の湾西) | 12.2 | 17.7 | 19.8 | 14.5 | 9.3 | 14.7 | 16.6 |
| | WT02(唐沢湾南) | 12.3 | 17.9 | 20.0 | 15.0 | 9.3 | 14.9 | 16.7 |
| | WT03(6の湾西) | 12.3 | 18.0 | 19.9 | 15.0 | 8.9 | 14.8 | 16.7 |
| | WT0Y(ヤンベツ川) | 7.9 | 9.7 | — | — | — | — | — |
| 2017年* | WT01(1の湾西) | 13.0 | 20.3 | 19.9 | 15.8 | 10.2 | 15.8 | 17.7 |
| | WT02(唐沢湾南) | 13.4 | 20.8 | 19.9 | 15.9 | 10.3 | 16.1 | 18.0 |
| | WT03(6の湾西) | 13.4 | 20.9 | 20.1 | 15.8 | 10.0 | 16.1 | 18.2 |
| | WT0Y(ヤンベツ川) | 8.8 | 12.0 | 11.2 | 9.6 | 6.1 | 9.5 | 10.7 |

* ヤンベツ川については水温ロガー紛失によるデータ欠測期がある。

水温ロガーによる観測では、ヤンベツ川を除く3地点（2015年は2地点）で水温および変動傾向にほとんど差はなかった（表6、図7）。2016年の期間平均水温は他の年より低かった。月平均水温の最暖月は、2015年と2016年は8月であったが、2017年は7月で、8月も高かった。6～10月の日較差は約1℃であった。

ヤンベツ川の水温については、2017年のみについて述べる。月平均水温の最暖月は7月で、7、8月には日最高水温が17～18℃に達することもあった。日較差（6～10月）は約4℃で湖より大きかった。

考 察

1. 水生植物の生育環境

この項では、ウチダザリガニと気象害の影響を排除した上で、水生植物の生育環境について考察する。

然別湖のように水深が深い湖の場合、水生植物の分布は、湖底の地形、および河川や沢の位置と密に関係していると考えられる。水生植物の生育水深は最深で約5～6mであり、いずれも砂泥上に定着していた（図2）。これは生育に適した光環境が得られる水深と基質を示している。そして、立地条件は各分布域の広がり方に反映される。うぐいす湾、音更湾、唐沢湾の分布域が帶状だったのは、湖底地形が急傾斜で光環境が良好な場所が沿岸の狭い範囲に限定されたためである。一方、6の湾北部では、大小3つの川が流入して遠浅の砂泥湖底が形成されていたため、水生植物にとっては地下部の拡張に対する物理的な障害が少なく、分布域は沖に向かって広くなっていたのだろう。

3、4の湾では、既存文献に水生植物が確認されたという記載はなく、本調査でも一度も確認されなかつた。3、4の湾の沿岸湖底は急傾斜で岩塊が多く、砂

泥の堆積が他の地域よりも少なかった。しかし、既存文献で「この場所に何も確認されなかった」などの記載もないため、生育していなかったのか、気象害やウチダザリガニ等の影響で消失したのか不明である。

シャジクモ類については、透明度の点からは、本調査での確認水深よりもさらに深くまで分布していた可能性がある。大滝（1974）によると、一般的な水生植物の垂直分布は、水深が深くなるに従って抽水植物帶、浮葉植物帶・沈水植物帶、シャジクモ帶に変わっていく。このうちシャジクモ帶は、深く透明な湖水では8m以深にも分布する。シャジクモ類は弱光でも生育可能だからである（廣瀬・山岸 1977）。支笏湖（2012, 2013b, 2014）、パンケトー（2013a, 2015a）の水生植物調査でも、維管束植物が分布する水深はおおむね6～8mまでであったのに対し（支笏湖のリュウノヒゲモだけはさらに深くまで分布）、シャジクモ類、フラスコモ類は20m近くにまで分布していた。透明度（夏季）はそれぞれ、19.0m（2015年7月10日測定、http://envgis.ies.hro.or.jp/mizu_index.html、2018年1月3日確認）、15.2m（1998年7月22日測定、北海道環境研究科学センター 2005）である。然別湖の透明度は約14～19mであるため、今回確認された水深以深における生育も十分考えられる。ただし、シャジクモ類以外の水生植物については、船からの調査でも生育域の最深部まではほぼ見通すことができており、生育水深のおおよその下限を記録できたと考えられる。

湖内における水温変動はいずれの地点でもおおよそ同じ傾向で、年単位でも気温とほぼ同調していた（表5・6、図5・7）。このため、水温環境の地域差は大きくないと考えられた。しかし、経年的な変化に対す

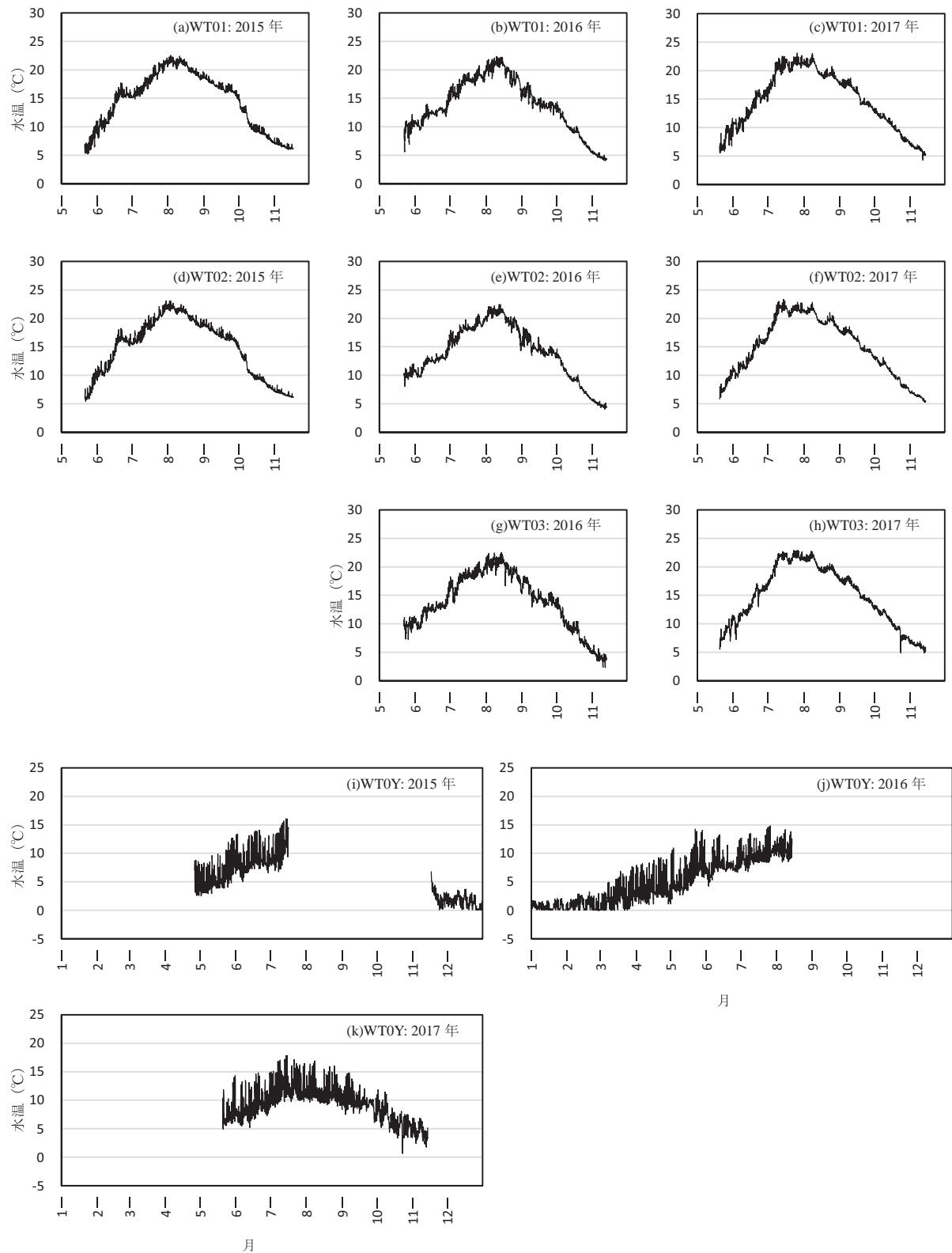


図7. 然別湖の水温 (2015~2017年). 毎時の値を示す.
WT01~03, OY : 水温ロガー設置地点 (図1参照)

る反応については、測定期間が短く、後述する気象害やウチダザリガニの影響もあるため考察を控えた。今後の変化も視野に入れた長期的な観測が必要である。

2. ウチダザリガニの影響について

まず、然別湖におけるウチダザリガニの分布について、著者が整理した2014年までの状況（山田ほか2015）を要約し、2015年以降の情報を加えておく。

ウチダザリガニは1993年に初めて2の湾で確認され、次第に生息域が拡大した（川井・平田 1999, Kawai et al. 2002, 中田ほか 2002, 2003）。2007年からは鹿追町が捕獲事業を開始し、環境省なども捕獲作業を行ってきたが、生息域は拡大し続けた。2010年には6の湾北西部～音更湾で捕獲され、2012年には6の湾北東部で潜水により確認された。2015年には唐沢湾周辺で捕獲されて生息域が湖を一周した。2017年にはヤンベツ川下流での確認情報もある。

然別湖における水生植物群落衰退の主因はウチダザリガニであると断定してよいだろう。丸山・山崎（2013）では、まだ2年分の調査結果であったこと、最初の調査のあとに水域で大きな搅乱（2011年9月）が発生したことから、水生植物群落の衰退はウチダザリガニによるものである可能性が高いことを指摘するにとどめた。その後、調査の継続により、水生植物の分布域が急激に縮小・消失していく様子が観察された。2013年以降は、水生植物損傷の残骸が次々と見つかった（図4）。環境省が実施した事業では、2014年に6の湾でウチダザリガニがヒロハノエビモをかじっている様子が撮影された（環境省 2015b）。2015年には、室内水槽においてウチダザリガニに然別湖で生育する5種の水生植物を投与し、いずれの種も食べることがわかった（環境省2016）。それらの痕跡に照らし合わせると、本調査で確認された損傷の残骸もウチダザリガニによるものであると考えられた。また、ウチダザリガニの生息が確認されていた地域では、水生植物の分布域が消失してから再び水生植物が確認されるることはなかった。気象害による搅乱の影響もあったとしても（後述）、これらの状況とウチダザリガニの生息域が湖内全体に拡大したことから考えれば、ウチダザリガニが水生植物群落の衰退を招いたことは明らかである。

確認された損傷の痕跡の中でも、小型のヒロハノエビモの状態は脅威的な状況を示唆するものである（図4）。葉がちぎれられているばかりでなく、地下茎から切断されていた。水生植物はこのように地下部から掘り取られてしまうなら、運よく再生・再定着できぬ限り、生育地から確実になくなっていく。

然別湖では、ウチダザリガニの初確認（1993年）から全域確認（2015年）まで22年であった。湖底の形状から沿岸を移動していると考えられるので、湖の周囲長13.8kmを単純に22年で割ると、生息域拡大速度は

約0.6km/年となる。また、環境省（2015b）では、初確認・推定放流地点の2の湾から最終到達地付近である唐沢湾の沢までの距離について、時計回り・反時計回りでも6.9kmとちょうど湖周長の1/2と計算しているので、移動速度は $6.9\text{km}/22\text{年} = \text{約}0.3\text{km/年}$ となる。

然別湖南東の東雲湖についてもウチダザリガニによる水生植物群落の損傷が危惧される。東雲湖は然別湖と小河川でつながっている。水生植物群落も確認されており、国内でも報告が少ないウキミクリの生育地でもある（山崎ほか 2012, 山崎・丸山 2013）。阿寒湖小群の一つ、パンケトーでは、下流の阿寒湖からイベシベツ川経由でウチダザリガニが侵入したと推測されている（田村・若菜 2017）。パンケトーのウチダザリガニは2012年に初確認され（環境省 2013a），2014年にはウチダザリガニが侵入したとされる方面で水生植物群落の衰退が確認された（環境省 2015a）。ウチダザリガニが然別湖から遡上して東雲湖に侵入する可能性は十分にあり、取り急ぎ警戒すべきである。

3. 気象害による搅乱の影響について

気象害が水生植物に及ぼす影響については、直接的な影響と間接的な影響が考えられる。直接的な影響は風波・水流や土砂・流木の堆積による生育地の搅乱である。間接的な影響は浮遊物質により透明度を低下させることで水生植物の生育を阻害することである。さらに、流木・木片の堆積がウチダザリガニに格好の隠れ場となることである。

風波・水流や土砂・流木の堆積による直接的な生育地の搅乱は、規模によっては水生植物に影響を与える続ける要因になるとは限らない。2011年の気象害では大量の土砂と木片などにより、カエル池が埋没し、6の湾でも水生植物分布域が消失した。しかし、翌年にはカエル池で再び水生植物が出現し、数年後にはヤンベツ川河口中州の最南端でも水生植物群落が確認された。また、バイカモのように搅乱に対する適応力が高い種もある（木村・國井 1998, 古賀ほか 2006）。バイカモは他種に比して水流の強い所にも生育する（大滝 1974）。河川から続く流心付近は平時でも水流の影響を強く受ける場所であるが、然別湖ではバイカモが定着しているのが観察された。これらの状況は、搅乱を受けた場所であっても、環境条件が整えば水生植物が定着する可能性があることを示している。ただし、2016年は枝や根系つきの流木幹が多く、木片も大量で

あった。これらが密に堆積する状態が続ければ、その下の湖底は光環境が改善されず、水生植物の出現や生育が長期に渡り妨げられることが危惧される。

気象害で問題なのはむしろ間接的な影響と考えられる。透明度の低下は水中で生育する沈水植物の生育を困難にする（西廣 2014）。2017年の湖水の濁りは、2016年の気象害の影響に加えて、ヤンベツ川中流域の河岸が崩壊しやすくなっていることも一因であると推測される。この状態が長期化するなら、水生生物が生育可能な場所はより浅い水域に制限されるようになることも考えられる。さらに、ヤンベツ川河口一帯で大量の流木・木片が堆積したことにより、6の湾におけるウチダザリガニの隠れ場所が増えたといえる。すなわち水生植物への損傷が加速する恐れが大きくなつたと考えられる。また、ヤンベツ川進出の足掛かりとなつてミヤバイワナの産卵床を搅乱する可能性（中田ほか 2002）が高くなつたと認識してよいだろう。2016年の気象害は、然別湖の水生植物に対して継続的なダメージを与え、かつ、深刻な問題を引き起こす可能性がある。

4. 水圏生態系の変化について

水圏生態系における水生植物群落の機能として、1)他の水生生物に生息環境と餌場を提供する、2)栄養塩を吸収して植物体に固定し、植物プランクトンによる利用を妨げ増殖を抑制する、3)風波の影響を緩和して浮遊物質の沈降を促進し、底泥の巻き上げを抑制して水中へのリン回帰を軽減する、などが挙げられている（高村 2009）。然別湖では、水生植物群落がこれらの機能を十分に發揮できなくなつていく恐れが生じつつある。

湖沼において水生植物群落の衰退が短期間に進行した事例がある。道東の達古武沼では、1990年代前半まで水生植物群落は良好な状態であったが、2000年代には水質悪化によりアオコが大発生して急速に衰退した（角野 2007）。中島・高村（2007）はこれをレジームシフトが起つたとみなしした。レジームシフトとは、生態系の状態が不連続かつ非可逆的に変化することで、現時点では健全な状態であったとしても、わずかな変化によって急速に好ましくない状態に至る。

然別湖では、水生植物群落の衰退が2000年中頃から指摘されるようになったが（表1）、本調査の7年間でも一気に進行したと考えられる。水生植物を喪失する

危機に直面していると言ってよいであろう。今後はレジームシフトの発生も意識した上で、水生植物のみならず、他の水生生物の状況や水域環境の変化にも一層の注意が必要である。

現在行われている対策、および今後について

ウチダザリガニ対策として、自治体等による捕獲事業が行われている。鹿追町役場はカゴ網による定期的な捕獲事業のほか、2015年からは捕獲数の多い所で不定期に集中防除を行うなどで捕獲機会を増やして精力的に防除活動を行っている。学校授業や環境省の防除なども加えて、2010～2014年の年間捕獲数は約15,000～20,000匹、2015年に不定期防除を開始してからは年間約30,000匹が捕獲されている（鹿追町未発表）。

2012年からは水生植物を直接的に保護するための試みが行われている。2012年には鹿追町が主体となって然別湖生物多様性保全協議会が発足し、ザリガニ侵入防止柵の試験等が行われた。2014年からは環境省も同様の事業に着手した。屋外でウチダザリガニの行動を制御することは大変困難であるが、粘り強く継続されることを期待したい。

然別湖生物多様性保全協議会および然別湖を考える会では生育地域外での保護栽培を試みている。西廣（2014）によると、水生植物群落が衰退した要因の改善策を施しても効果が表れるまでに長時間を要すること、再生材料としての散布体バンク（底質中の生きた種子・殖芽・胞子など）が時間の経過とともに劣化することを認識して取り組むことが必要である。西廣ほか（2016）では再生事業への早期着手と散布体バンク保全の重要性が説かれている。散布体バンクの保全は系統維持にもなる。然別湖の危機的な事態を認識し、急ぎたい状況である。

然別湖では、著者らによる水生植物の調査のほか、遊漁事業に伴う魚類調査（<http://www.shikaribetsu.com/c/research/>、2018年1月31日確認）が行われている。北海道による定期的な水質調査も沖合で実施されている。水生植物の生育地は沿岸域であり、そこを拠り所とする生物も多い。沿岸域でも水質やその他の水生生物調査など各種モニタリングが実施されることを期待したい。

道東の阿寒湖では、ウチダザリガニがすでに湖内全域で確認され、地元漁業組合が漁業権を設定して漁獲

しているが（照井・斎藤 2017），減少している実感がないという（毎日新聞2017年9月17日，<https://mainichi.jp/articles/20170917/ddl/k01/070/049000c>，2018年1月31日確認）。一方、マリモが生育するチュウルイ湾では水生植物が増加傾向にある（山田 2017）。さらに、マリモの生育を妨げているとして水生植物の刈り取りが行われている（北海道新聞2015年7月29日）。然別湖での保全対策を検討する上でも興味深い状況であり、実態の解明が待たれる。

本稿では、気象害によりヤンベツ川などから大量の土砂・樹木流入が発生したことと、中流域の河岸崩壊により今後も続く可能性があることを指摘した。しかし、気象害はあくまでも崩壊のきっかけに過ぎず、河川自体の構造や流域の構造物等に何らかの問題を抱えていた可能性もある。湖沼などの保全には、集水域を単位として陸域と一体化した対策が望まれる（高村 2016）。然別湖の水域環境の保全もこのような視点から考える必要がある。

謝 辞

調査の実施および本稿の作成にあたり、多くの方々にお世話になりました：鹿追町役場、環境省上士幌自然保護官事務所、然別湖生物多様性協議会、然別湖を考える会、然別湖ネイチャーセンター、山崎真実氏（札幌市博物館活動センター）、大塚英治氏（㈱沿海調査エンジニアリング）、藤井和也氏（㈱福田水文センター）、持田誠氏（浦幌町立博物館）、志賀 隆氏・坪田和真氏（新潟大学）、高村典子氏（国立環境研究所）、加藤 将氏・比留間美帆氏（日本国際湿地保全連合）、紺野康夫博士（元帶広畜産大学）、丸山立一氏（北広島市）。北海道大学総合博物館の高橋英樹博士には標本の閲覧に際してお世話になりました。ひがし大雪自然館の乙幡康之氏には原稿掲載にあたりお世話になりました。本研究における調査の一部は「環境省モニタリングサイト1000事業」の水生植物調査（2016年）の成果です。

ここに記して皆様に厚くお礼を申し上げます。

引用文献

- 廣瀬弘幸・山岸高旺（編），1977. 日本淡水藻図鑑。内田老鶴園、東京。
北海道（編），2001. 北海道の希少野生生物－北海道レッドデータブック2001。北海道、札幌。

- 北海道環境研究科学センター, 2005. 北海道の湖沼改訂版, 68-71. 北海道, 札幌。
角野康郎, 2007. 達古武沼における過去30年間の水生植物相の変遷. 陸水学雑誌, 68:105-108.
環境省, 2012. 平成23年度支笏湖水草生育状況調査業務報告書. 環境省北海道地方環境事務所.
環境省, 2013a. 平成24年度国立公園等民間活用特定自然環境保全活動（グリーンワーカー）事業 阿寒湖及び周辺湖沼群水生植物調査事業報告書. 環境省北海道地方環境事務所釧路自然環境事務所.
環境省, 2013b. 平成24年度支笏湖水草生育状況調査業務報告書. 環境省北海道地方環境事務所.
環境省, 2014. 平成25年度支笏湖水草生育状況調査業務報告書. 環境省北海道地方環境事務所.
環境省, 2015a. 平成26年度国立公園等民間活用特定自然環境保全活動（グリーンワーカー）事業 阿寒湖及び周辺湖沼群における水生植物等調査事業報告書. 環境省北海道地方環境事務所釧路自然環境事務所.
環境省, 2015b. 平成26年度然別湖ウチダザリガニ対策業務報告書. 環境省北海道地方環境事務所.
環境省, 2016. 平成27年度然別湖ウチダザリガニ対策業務報告書. 環境省北海道地方環境事務所.
川井唯史・平田昌克, 1999. 然別湖と士幌町におけるザリガニの分布状況. 帯広百年記念館紀要, 17: 33-38.
Kawai T., Nakata K. and Hamano T., 2002. Temporal changes and diversity in two crayfish species, the native *Cambaroides japonicas* (De Haan) and the alien *Pacifastacus leniusculus* (Dana), in natural habitats of Hokkaido, Japan. Freshwater Crayfish, 13: 198-206.
木村保夫・國井秀伸, 1998. バイカモ (*Ranunculus nipponicus* var. *submersus*) とヒルゼンバイカモ (*R. nipponicus* var. *okayamensis*) のシートの形態と成長特性の比較. 日本生態学会誌, 48:257-264.
古賀啓一・角野康郎・瀬戸口浩彰, 2006. 近畿地方におけるバイカモの分布と生育状況. 分類, 6:121-130.
丸山まさみ・山崎真実, 2011. 北海道然別湖におけるカラフトグワイの現状. 水草研究会誌, 96:1-7.
丸山まさみ・山崎真実, 2013. 北海道大雪山国立公園、然別湖の植物 V. 然別湖の水生植物相－2012年の状況と新たな確認種、および聞き取り調査による過

- 去の分布について. ひがし大雪博物館研究報告, 35: 1-7.
- 中島久男・高村典子, 2007. 数理モデルによる達古武沼生態系のレジームシフトの解析. 陸水学雑誌, 68:187-194.
- 中田和義・田中 全・浜野龍夫・川井唯史, 2002. 北海道然別湖におけるウチダザリガニの分布. ひがし大雪博物館研究報告, 24:27-34.
- 中田和義・川井唯史・五嶋聖治, 2003. 北海道然別湖で再発見されたニホンザリガニ. ひがし大雪博物館研究報告, 25:61-66.
- 西廣 淳, 2014. 関東平野の湖沼における水生植物の衰退と再生. 八郎湖流域管理研究, 3:17-26.
- 西廣 淳・赤坂宗光・山ノ内崇志・高村典子, 2016. 散布体バンクを含む湖沼底質からの水生植物再生可能性の時間的低下. 保全生態学研究, 21:147-154.
- 大滝末男, 1974. 水草の観察と研究. ニューサイエンス社, 東京.
- Shiga T., Kato S., Usuba M. Yamanouchi T. Kurazono T., Hirasawa Y. and Yamazaki M., 2017. Genetic identification of *Sagittaria natans* (Alismataceae) from Lake Yonuma (Iwate Prefecture) as a new locality in Japan. 植物研究雑誌, 92:184-192.
- 高村典子(編), 2009. 生態系再生の新しい視点：湖沼からの提案. 共立出版, 東京.
- 高村典子, 2016. 淡水域の保全, その政策を支える生物多様性評価の現状と課題. 保全生態学研究, 21: 117-124.
- 高安三次・澤 賢蔵, 1933. 然別湖. 水産調査報告第29刷:1-28.
- 田村由紀・若菜 勇, 2017. パンケトーにおける水草群落の衰退とウチダザリガニの侵入. 鈎路叢書第37巻 阿寒の大自然史, 187-202. 鈎路市教育委員会, 鈎路.
- 田中館秀三, 1925. 然別沼. 北海道火山湖研究概報, 24-42. 北海道廳.
- 照井滋晴・斎藤和範, 2017. 阿寒湖地域における特定外来生物ウチダザリガニの生息状況と在来種への影響. 鈎路叢書第37巻 阿寒の大自然史, 169-184. 鈎路市教育委員会, 鈎路.
- 山田浩之, 2017. さまざまなセンサで面として阿寒湖を診る. 鈎路叢書第37巻 阿寒の大自然史, 169-184. 鈎路市教育委員会, 鈎路.
- 山田昌義・鏡 埼・丸山まさみ・川井唯史, 2015. 十勝における外来種ウチダザリガニの現状と対策(総説). 帯広百年記念館紀要, 33:17-31.
- 山岸宏光・安藤重幸, 1982. 5万分の1地質図幅「然別湖」および説明書. 北海道立地下資源調査所.
- 山崎真実・丸山まさみ・持田 誠, 2012. 北海道大雪山国立公園, 然別湖の植物 IV. 然別湖および東雲湖の水生植物相. ひがし大雪博物館研究報告, 34: 19-26.
- 山崎真実・丸山まさみ, 2013. ウキミクリの北海道大雪山系南東地域における新産地と国内の分布. 分類, 13:123-128.
- 米倉浩司, 2012. 日本維管束植物目録. 北隆館, 東京.

Summary

I investigated the flora and distribution of aquatic plants in Lake Shikaribetsu, located in the southeastern part of Daisetsuzan National Park, Hokkaido, from 2011 to 2017. Distribution areas of aquatic plants decreased year by year over the last seven years and became to be observed only in the north area of the lake. The habitats of introduced signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* expanded throughout the lake. Damaged stems and leaves of aquatic plants by *P. leniusculus* were found every year since 2013. From these observations it was confirmed that *P. leniusculus* was a major factor causing the decrease of aquatic plants. After the meteorological disaster in 2016, a large volume of sediments and logs flowed from the Yanbetsu River caused not only the damages on aquatic plants but also providing shelters to *P. leniusculus*. Considering the functions of aquatic plants, it is important to monitor the aquatic ecosystem of Lake Shikaribetsu continually and take conservation measurements urgently.