

【資料】尾瀬沼水質調査およびコカナダモ繁殖状況観察結果

吉野有希菜 梅澤真一 中曽根佑一* 八木千聖 田子博

Water Quality Monitoring and Observation of *Elodea Nuttalli* in Lake Oze-Numa in 2019

Yukina YOSHINO, Shinichi UMEZAWA, Yuuichi NAKASONE,
Chisato YAGI, Hiroshi TAGO

1.はじめに

群馬県の代表的山岳湖沼である尾瀬沼は、群馬、福島両県にまたがって存在し、水質汚濁に係る湖沼環境基準 A 類型が設定されている。このため、群馬県と福島県が水質の常時監視を行っている。

また、尾瀬沼の生態系への影響が懸念されるコカナダモ（トチカガミ科カナダモ属 北米東部原産の帰化植物）については、1986 年から 1990 年にかけて試験駆除が実施された後、群馬県が継続して試験駆除の実施区域（試験区）における繁殖状況の観察を行っている。

今回は 2019 年度に群馬県が実施した水質調査及びコカナダモ繁殖状況観察の結果を報告する。

2.調査方法

2.1. 水質調査

調査は 2019 年 5 月, 7 月, 9 月に実施し、湖心（図 1 中の星印：北緯 36° 55'32.03"、東経 139° 18'25.99"）において垂直 3 部位（測定深度：0.5、3、6 m）より採水した。分析項目は透明度、水温、pH、生物化学的酸素要求量（BOD）、化学的酸素要求量（COD）、溶存酸素量（DO）、浮遊物質（SS）、全亜鉛（T-Zn）、大腸菌群数、クロロフィル a（chl-a）、全窒素（TN）、硝酸性窒素（NO₃-N）、亜硝酸性窒素（NO₂-N）、アンモニア性窒素（NH₄-N）、電気伝導度（EC）、全リン（TP）、有機体炭素（TOC）、底層 DO である。ただし、大腸菌群数は 0.5 m のみ、底層 DO は沼底付近でのみ測定している。分析は、昭和 46 年 12 月 28 日環告第 59 号及び JIS K 0102 に基づき実施した。

* 現 群馬県東部環境事務所



図 1 尾瀬沼における湖心及び試験区の位置
（国土地理院写真タイルを加工して作成）

2.2. コカナダモ繁殖状況観察

尾瀬沼における試験区の位置を図 1 に示す。本試験区は、比較的水流が穏やかであり、付近の水質に直接影響を与えるものが存在しない区域として選定された。2019 年度は 2019 年 9 月 25 日に調査を実施した。

繁殖状況の観察は、コカナダモが水面下に自生する沈水植物であるため（大森ら、1988）、錨による巻き採りと草丈採寸により実施した。

また、試験区内での採取地点を図 2 に示す。試験区内の A 点を基準点 0 m とし、B 点に向かって A-B 線上 5 m 毎にコカナダモの採取を試みた。具体的な操作内容としては、各採取地点においてボートの進行方向に対し左右 3 m 程度の位置にそれぞれ 1 回錨を投げ入れ、沼底から錨を引き上げ、コカナダモを採取・採寸した。草丈の採寸においては、各調査地点で採取されたサンプルの中で最も草丈の長いものをその地点の代表値とした。



図 2 試験区内における採取地点（国土地理院写真タイルを加工して作成）

3.結果

3.1.水質調査

当県で行った分析結果を表 1 に示す。結果は各項目とも概ね例年並みであった。

また、分析項目のうち pH、COD、DO、SS、大腸菌群数については、「尾瀬沼の水質の測定及びその評価に関する覚書（2000 年 12 月 1 日適用）」に基づいて尾瀬沼水質評価に用いる値を算出し

（表 2）、環境基準への適合性を評価した。なお、本覚書において pH、DO、SS については福島・群馬両県の全層（湖心水深 0.5、3、6 m）値の年平均値を、COD については両県の全層値の 75% 値を、大腸菌群数については両県の表層（湖心水深 0.5 m）値の年平均値を用いて評価することと示されているため、この記載に則って算出した。

上記の方法で得た値から尾瀬沼の水質を評価すると、pH、DO、SS、大腸菌群数は基準値内であったが、COD は 3.7 mg/L と、環境基準値（3 mg/L 以下）を超過していた。尾瀬沼における COD の基準値超過は調査開始時から長年続いており、超過要因を検討するため 1994 年以降の調査結果をまとめると、図 3、4 のような変動を確認することができた。図 3 は各調査月における深度別の COD 移動平均値を示したものであり、5、7、9 月いずれの月も深度によらず同様の変動がみられた。一方、図 4 で各深度について調査月ごとの変化をみると、2017 年以降の 5 月の値に上昇がみられるものの、いずれの深度でも 5 月から 9 月に向けて COD 移動平均値が高くなる傾向にあった。

表 1 尾瀬沼水質分析結果（群馬県）

調査日・天候	5月29日：曇り			7月24日：晴れ			9月25日：晴れ			
時刻	11:15 ^{注1)}			10:50			12:00			
気温	8.2			25.8			16.0			
最大深度	8.1			8.8			7.3			
透明度	2.5			4.2			3.2			
調査深度	0.5	3	6	0.5	3	6	0.5	3	6	
水温	10.4	9.6	8.6	21.9	20.6	15.5	17.4	17.2	17.5	
pH	6.7	6.8	6.8	7.1	7.1	6.6	7.1	7.1	7.1	
BOD	0.9	0.6	0.7	<0.5	<0.5	0.8	1.6	1.5	1.3	
COD	6.3	7.5	4.1	2.0	3.4	3.0	2.9	3.0	3.6	
DO	8.7	8.7	8.4	7.6	8.0	4.8	7.5	7.4	7.3	
SS	2	2	1	<1	1	1	<1	<1	<1	
T-Zn	0.005	0.004	0.003	0.001	0.005	0.015	0.001	0.002	0.004	
大腸菌群数	MPN/100mL	<1.8	-	-	<1.8	-	-	13	-	-
chl-a	µg/L	4.0	3.5	3.6	2.1	1.9	4.5	4.8	5.0	4.6
TN	mg/L	0.32	0.34	0.40	0.18	0.18	0.28	0.20	0.15	0.20
NO ₃ -N	mg/L	0.13	0.13	0.13	<0.05	<0.05	<0.05	0.28	0.28	0.28
NO ₂ -N	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NH ₄ -N	mg/L	<0.01	0.24	<0.01	<0.01	0.01	0.06	<0.01	<0.01	<0.01
EC	µs/cm	3.5	3.5	3.60	3.3	3.5	3.9	3.6	3.7	3.7
TP	µg/L	<3	<3	<3	10	12	14	7	9	8
TOC	mg/L	1.8	1.8	1.7	2.0	2.2	1.8	2.2	2.1	2.0
底層DO ^{注2)}	mg/L	8.0	-	-	<0.5	-	-	2.7	-	-

注 1) 斜体値は群馬県環境保全課よりデータ提供

注 2) 底層 DO は沼底付近でのみ測定

表 2 各項目の基準値と 2019 年度の算出結果

項目	基準値	算出結果	評価
pH	—	7.1	基準値内
DO	mg/L	8.1mg/L	基準値内
COD	mg/L	3.7mg/L	基準値超過
SS	mg/L	1mg/L	基準値内
大腸菌群数	MPN/100mL	263MPN/100ml	基準値内

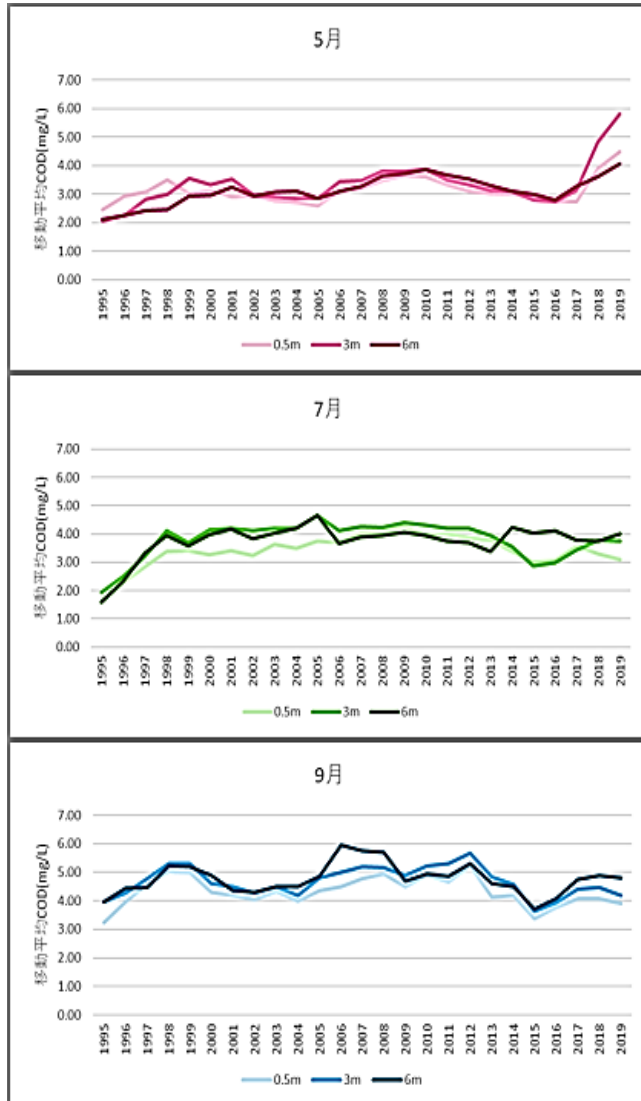


図 3 各調査月の深度別 COD

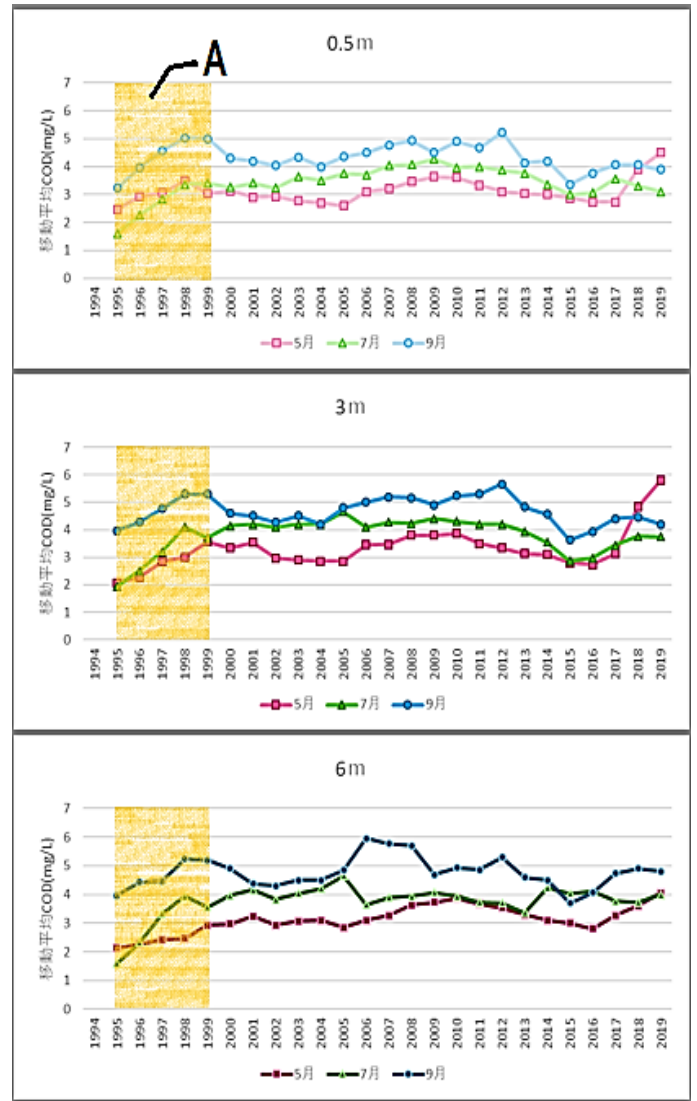


図 4 各深度の調査月別 COD

CODを上昇させる要因として、藻類の活動による内部生産と流域からの外部負荷がある。内部生産の簡易的な指標として Chl-a が用いられており（福島ら、1986）、COD と Chl-a の分布を元に回帰式を作成し、回帰式において Chl-a=0 となる時の COD 値が外部負荷によるものとされている。そこで、尾瀬沼における 1994-1998 年と 2010-2014 年の 5 年間ずつのデータを用い、COD と Chl-a について回帰分析を行ったところ、表 3 のような結果が得られた。5 年間の COD 平均値と外部負荷由来の COD の差を内部生産による COD (Δ COD) とし、COD 平均に対する Δ COD の割合を算出した。この結果から、尾瀬沼の COD は内部生産による割合が非常に高いと推定される。また、1994-1998 年に比べて 2010-2014 年の Δ COD の割合が大きいことから、内部生産が亢進している、あるいは外部負荷が減少していると考えられる。

次に、尾瀬沼の COD を上昇させる要因の性質を調べるため、し尿等生活排水の指標である BOD との比較を行った。1994-1998 年と 2010-2014 年の 5 年間ずつのデータを用い、COD 平均値に対する BOD の割合を算出した。（図 5）いずれの調査時期でも 1994-1998 年より 2010-2014 年の値が小さくなっていることから、1995 年までの合併式浄化槽の設置や 1999 年の保全区域外への廃水排出など（影山ら、2004）、期間 A（図 4）に実施された取組みにより、生活排水の尾瀬沼への流入がなく

なり、BOD が低下したことが窺える。また、1994-1998 年の BOD/COD 平均値は 5 月から 9 月にかけて減少傾向であるのに対し、2010-2014 年の値は増加傾向にある。よって、5 月から 9 月にかけて COD が高くなる要因は現在と 20 年前とでは変化しており、1994-1998 年前後は微生物により分解されにくい有機物等（無機塩も含む）の増加、2010-2014 年前後は微生物により分解される有機物の増加によるものと考えられる。

さらに神谷ら（2015）の論文では、湖沼への流入量増加に応じて外部負荷量は増えるが、同時に滞留時間が減少するため COD は低値をとるとの見方を示している。そこで、尾瀬沼周辺の片品地区における平均降水量（気象庁）を湖沼への流入量と仮定し、1994-1998 年と 2010-2014 年の動向を調べた。（図 6）2010-2014 年では極大が 7 月にあるものの、両期間とも 5 月から 9 月にかけて増加傾向にあった。図 4 の結果と併せると、尾瀬沼においては流入量が増加し滞留時間が減少しているにも関わらず、COD 平均は高くなっており、神谷ら（2015）の論文と異なる結果となった。この原因として、尾瀬沼周辺地域の雨水自体に COD を上昇させる要因が多量に含まれている、あるいは降雨により尾瀬沼へ流入する外部負荷量が流出量を上回っている可能性が考えられる。以上のことを確認するためには、実際の湖沼流入・流出量や雨水中の外部負荷 COD を測定する必要がある。

表 3 COD と Chl-a における分析結果

	期間	回帰式	決定係数	p 値	外部負荷COD(mg/L)	Δ COD/COD(%)
5月	1994-1998	$\ln(\text{COD})=0.7480(\text{Chl-a})+\ln 0.5875$	0.51	<0.05	0.5875	78.4
	2010-2014	$\ln(\text{COD})=0.9426(\text{Chl-a})+\ln 0.1190$	0.75	<0.05	0.1190	96.6
7月	1994-1998	$\ln(\text{COD})=0.4620(\text{Chl-a})+\ln 0.9479$	0.46	<0.05	0.9479	68.8
	2010-2014	$\ln(\text{COD})=0.5976(\text{Chl-a})+\ln 0.4967$	0.62	<0.05	0.4967	85.7
9月	1994-1998	$\ln(\text{COD})=0.5883(\text{Chl-a})+\ln 0.5152$	0.82	<0.05	0.5152	88.7
	2010-2014	$\ln(\text{COD})=0.6205(\text{Chl-a})+\ln 0.3484$	0.48	<0.05	0.3484	93.0

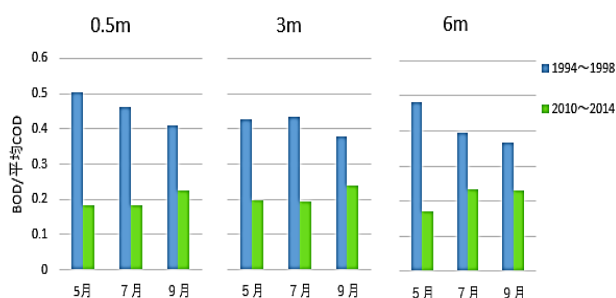


図 5 COD 平均値に対する BOD の割合

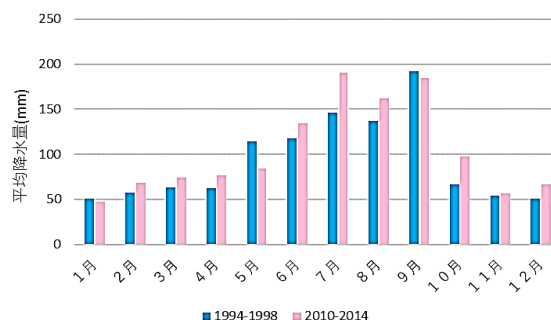


図 6 片品地域における平均降水量

3.2.コカナダモ繁殖状況観察

採取地点ごとのコカナダモの草丈の経年変化を図7に示す。試験区内におけるコカナダモは2010年度以降顕著な減少傾向が見られており、2013年から2015年までの3年間は確認できなくなっていたが、2016年度以降再び確認され始めた。2019年度は14地点においてコカナダモが確認された。14地点のうち、最も多くのコカナダモが採取されたのは55m地点で、最長のものは128cmだった。採取範囲、全長についていずれも増大傾向にある。

また、60~70m地点での巻き取り調査において、最大224cmのヒロハノエビモが採取された(図8)。ヒロハノエビモは県内の広範囲で確認される植物の一つであり、尾瀬沼においてもコカナダモが繁殖する以前に確認された在来水生植物である。2015年度のコカナダモ繁殖状況観察においてもヒロハノエビモの存在が確認されており、以来コカナダモと共に草丈測定を実施している。2019年度の調査では、2018年度と比べ採取範囲が減少したものの、各地点における最長の草丈は増大した。なお、調査地点より岸に近い範囲では、ヒロハノエビモが湖面まで群生していることが目視で確認できた。

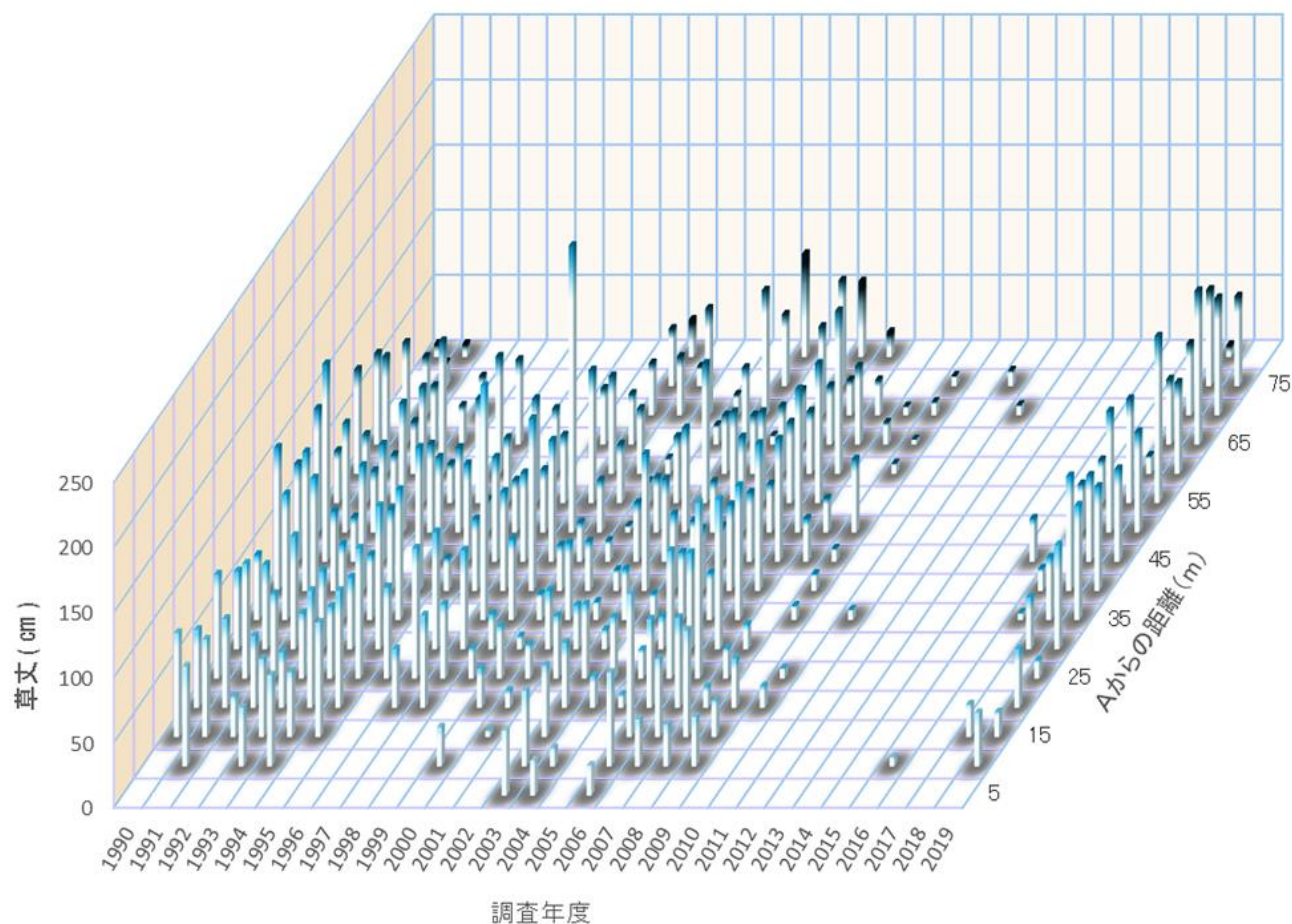


図7 コカナダモ草丈の経年変化 (A-B 縦断面上)

4.まとめ

水質調査により、依然として尾瀬沼の COD が高いことが分かった。さらに 1994 年度から 2019 年度までの調査結果より、尾瀬沼の COD が高値である要因は大部分が内部生産によるものであった。一方、外部負荷については降雨量の増加に応じて湖沼に流入する量も増加し、COD に影響を与えている可能性がある。

また、尾瀬沼のコカナダモは 2010 年以降年々減少していたが、2016 年からは増殖傾向にある。2019 年度は調査時期が 2017 年以前までと異なるため、繁殖動向についての詳細は不明である。この点については今後もコカナダモ繁殖状況観察を継続していきたい。

文献

- 福島武彦, 天野耕二, 村岡浩爾. 1986. 湖沼水質の簡易な予測モデル 2. 湖水栄養塩濃度と内部生産 COD, クロロフィル a との関係. 水質汚濁研究, **9**:775-785.
- 影山志保, 角野猛, 諸岡信久. 2004. 尾瀬沼の水質に及ぼす人為汚染の影響. 陸水学雑誌, **65**:93-98.
- 神谷宏, 大城等, 嗟峨友樹, 佐藤紗知子, 野尻由香里, 岸真司, 藤原敦夫, 神門利之, 菅原庄吾, 井上徹教, 山室真澄. 2015. 浅い湖沼における滞留時間と栄養塩濃度が湖内での COD 生産に与える影響. 応用生体工学, **17**(2): 79-88.
- 気象庁 <http://www.jma.go.jp/jp/yoho/> (2020 年 8 月)
- 国土地理院地図・空中写真閲覧サービス <https://mapps.gsi.go.jp/> (2019 年 10 月 18 日閲覧)
- 大森威宏, 生嶋功. 1988. 尾瀬沼の非結氷期における水生植物の生育状況. 陸水学雑誌, **49**:279-285.

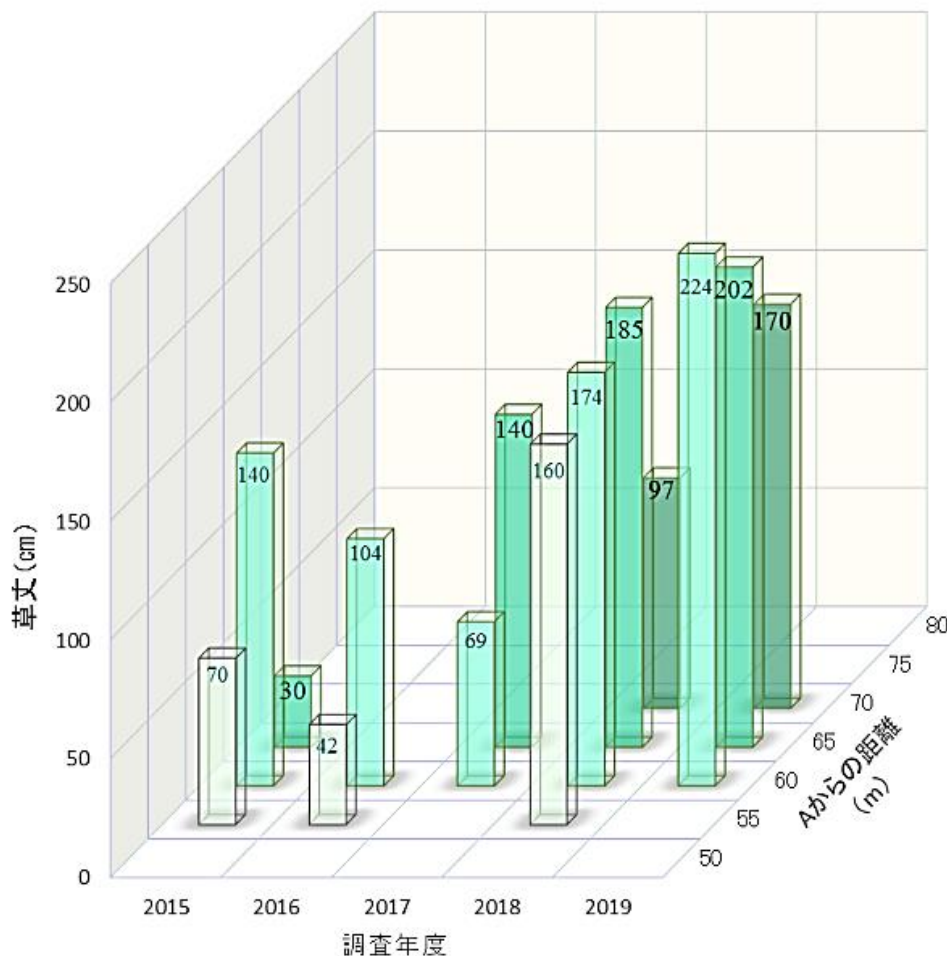


図 8 ヒロハノエビモ草丈の経年変化 (A-B 縦断面上)