

強放射能泉・山梨県増富温泉に生息する珪藻

吉澤一家 望月映希

Diatom Assemblages in Strongly Radioactive Spring, Masutomi Spa in Yamanashi Prefecture

Kazuya YOSHIZAWA and Eiki MOCHIZUKI

キーワード：珪藻、放射能泉、増富温泉

珪藻は、細胞膜の外側がガラス質でおおわれている単細胞生物で、わずかでも水分と大気、光があれば生息が可能なマイクロの生物である。生息の形態も海水や湖水中を浮遊する種もあれば、湿った土の表面や、河川にある石の表面に付着するもの、水底に生息するものと非常に多様である。その光合成によって生成される有機物量は、陸上植物全体にも匹敵すると言われ、光合成による酸素生成量の 25% は珪藻によるものと試算されている。

このように多様性に富む生物であるので、種によっては生息環境の選択性が見られ、特に付着珪藻は、生息する水環境により構成種が異なることが知られている。

中でも高温水域、強酸性水域、高塩濃度水域といった、通常の藻類にとっては過酷な環境下でも生息可能な種が存在することが知られている。

本研究では、放射能泉を特殊な環境のひとつとして考え、国内有数の強放射能泉として知られる増富温泉の源泉湧出口に生息している珪藻種を明らかにすることを目的として観察を行った。

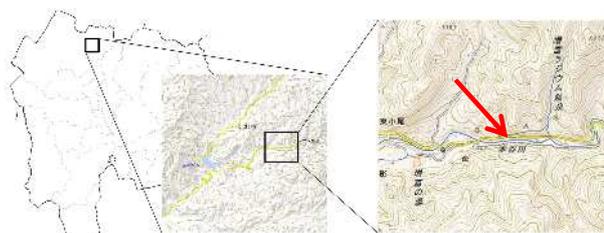


図 1 試料採取地点 (国土地理院地図を引用)



図 2 試料採取源泉

調査方法

1 珪藻採取地点

珪藻の採取は、2016 年 5 月 24 日に山梨県北杜市須玉町比志の増富温泉郷地内の通称「大六天下左」と呼ばれる源泉の湧出口で行った (図 1, 2)。湧出口の岩の表面から、ブラシによる掻き取り法により付着藻類を採取した。

2 試験方法

採取した懸濁物をビーカーで適量の硝酸・硫酸を用い

て分解した。分解液を遠沈し、上澄みを取り除いた後、蒸留水を加え洗浄した。酸性が確認できなくなるまで洗浄した試料を 10 mL にメスアップし、その適量を用いて、観察用のプレラックス封入プレパラートを作成した。

光学顕微鏡を用いて 1500 倍で観察するとともに、2000 倍に拡大した顕微鏡写真を用いて、小林ら¹⁾、渡辺ら²⁾、大塚³⁾ 及び、K. Krammer & H. Lange-Bertalot.⁴⁻⁷⁾ に基づき同定した。また約 400 殻の珪藻を分類群ごとに計数し、出現割合を算出した。

表 1 試料採取源泉の水質 (2016 年 4 月～2017 年 3 月, n=12)

項目	pH	電気伝導率	湧出量	泉温	²²² Rn	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	As
単位		S/m	mL/min	℃	Bq/kg	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
最大値	6.5	1.26	240	23.0	8700	2520	360	250	23.0	3400	690	1350	1.74
最小値	6.1	0.56	27	11.2	3000	1150	170	80	6.2	1490	340	560	0.68
算術平均値	6.3	0.94	130	17.5	5300	1990	280	170	13.7	2630	550	1020	1.19
標準偏差	0.10	0.20	54	4.0	1500	470	60	60	5.3	650	120	250	0.25

結果と考察

1 試料採取地点の概要

表 1 には、採取地点の湧出水について 2016 年 4 月から 2017 年 3 月まで測定を行った化学分析結果を示した。泉温は、11.2~23.0°C と低温であった。また、²²²Rn 含量については測定年、測定源泉により幅があることが知られており、村上は 4.1~161 kBq/kg と報告しているが⁸⁾、本源泉では 3.0~8.7 kBq/kg であった。さらに電気伝導率は平均で 0.94S/m と高い値を示し、構成イオンとして Na⁺、Cl⁻ が特に高濃度で含まれていることが特徴的であった。

2 観察された珪藻

図 3 に採取した生試料の光学顕微鏡写真を示したが、藍藻綱の *Synechocystis* sp. の群体の中に珪藻が観察された。御船らは、1957 年に増富温泉郷の複数地点で藻類を採取、観察しており、本研究と同一源泉ではないが同様に *Synechocystis* 属の存在を報告しており⁹⁾、今回の結果と一致した。

Plate 1 には観察された珪藻の光学顕微鏡写真を、表 2 には確認された 9 属、22 分類群名と出現割合を示した。優占種は *Navicula recens* で約 62% の出現率であった。Lange-Bertalot によれば、本種は汽水域などで出現率が高く、高イオン濃度の水域でよく見られる種とされている。また汚濁耐性も強い種として位置付けている。今回の源泉は電気伝導率が高いことから、このような生態的特徴を持つ本種が優占したと考えられる。

3 他の放射能泉との比較

表 3 には、増富温泉と同様な放射能泉において珪藻植生を観察した、過去の報告の概要を示した^{10~12)}。御船らは 1949 年から 1950 年代にかけて増富温泉の複数の源泉で植物植生の調査をしており、珪藻としては *Frustulia rhonmoides* var. *saxonica* のみを報告しているが、この種は本研究では出現しなかった。

一方、篠原らは同じく放射能泉である池田ラジウム鉱泉で *Navicula recens* が優占すると報告しており、同種は、このような環境の耐性種である可能性が示唆された。

ただし篠原は、この後池田ラジウム鉱泉では *Navicula cataracta-rheni* が優占種であると報告しており¹³⁾、この種は日本の塩類泉でよく見られる種であるとしている。当初は *Navicula recens* と同定したものを改めて *Navicula cataracta-rheni* と再同定した可能性がある。

4 *Navicula recens* と *Navicula cataracta-rheni*

この 2 種については形態的に非常に類似しており、後者を記載した Lange-Bertalot も形態的特徴に大きな差

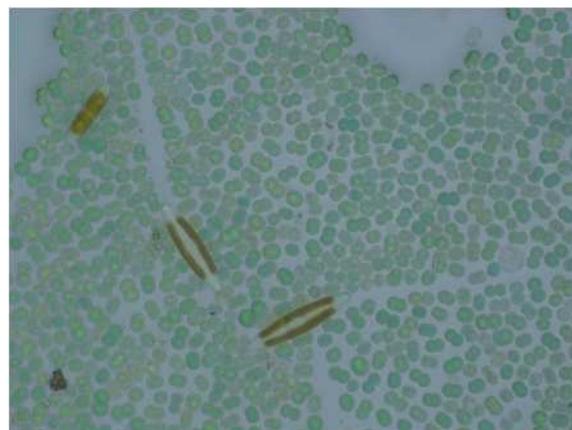


図 3 採取試料の光学顕微鏡写真

表 2 確認された珪藻と出現率

No.	分類群名	Plate No.	Rate (%)
1	<i>Achnanthydium lanceolatum</i>	7	0
2	<i>Achnanthydium minutissimum</i>	4, 5, 6	2.9
3	<i>Achnanthydium saprophilum</i>	1	0.2
4	<i>Caroneis branderii</i>	19	0
5	<i>Craticula accomoda</i>	15	1.5
6	<i>Cymbella aspera</i>	27	0
7	<i>Diploneis ovalis</i>	28, 29	1.0
8	<i>Navicula angusta</i> ?	17	0
9	<i>Navicula recens</i>	8-14	61.7
10	<i>Navicula halophila</i>	16	1.2
11	<i>Navicula</i> sp.	18	1.2
12	<i>Nitzschia denticula</i>	20	4.9
13	<i>Nitzschia fonticola</i>	21	2.4
14	<i>Nitzschia inconspicua</i>	23 - 24	18.5
15	<i>Nitzschia palea</i>	-	0.5
16	<i>Nitzschia</i> sp.1	22	1.5
17	<i>Nitzschia</i> sp.2	-	0.7
18	<i>Nitzschia</i> sp.3	26	0.2
19	<i>Rhoparodia musculus</i>	30	0.5
20	<i>Rhoparodia rupestris</i>	32	0.2
21	<i>Rhoparodia</i> sp.	31	0
22	<i>Sellaphora seminulum</i>	2, 3	0.7

はないと述べている。Plate 2 には両者に加えて、形態が類似している *Navicula veneta* について、Lange-Bertalot の文献に記載された写真を示した。

いずれの種も条線は中央域で放射状であり、殻端になると収縮すると記載されているが、本研究で観察された優占種は収縮が弱く、*Navicula recens* に最も近いことと、条線密度が 14/10 μ m とやや密である点から、*Navicula recens* と結論した。

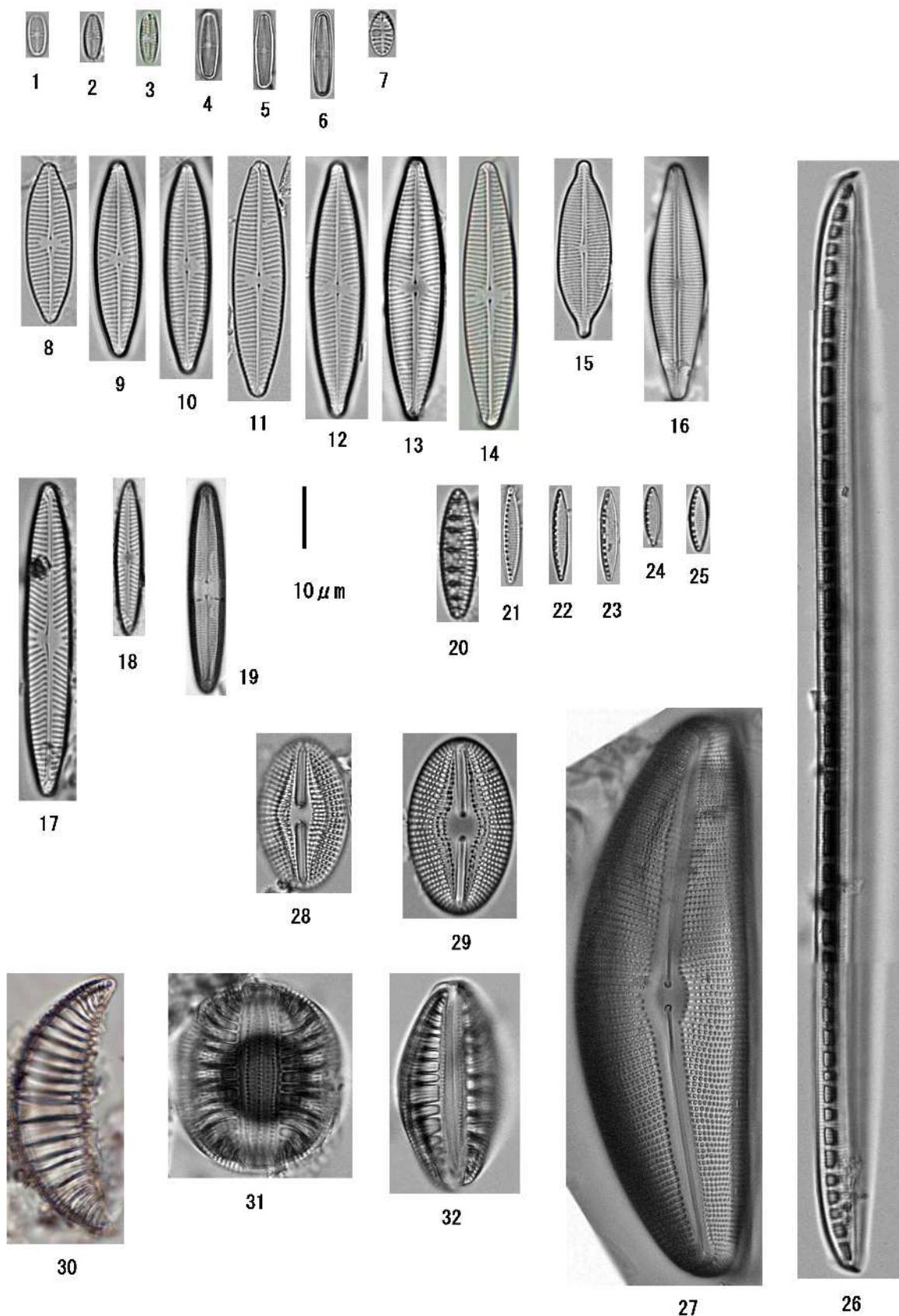


Plate 1 増富温泉湧出口に出現した珪藻

表 3 日本国内の放射能泉で観察された珪藻

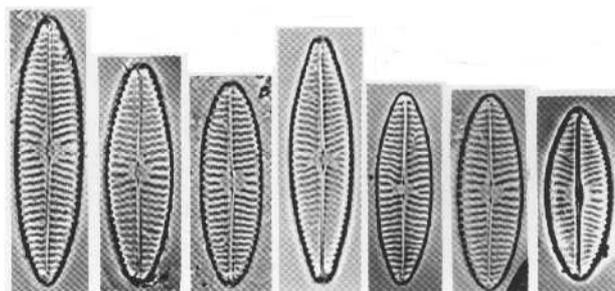
池田ラジウム鉱泉 (鳥根県)		三朝温泉 (鳥取県)	
水温	15.0-16.6 (°C)	水温	42.6 (°C)
電気伝導率	-	電気伝導率	0.18 (S/m)
pH	5.5-7.2	pH	6.9
Rn含量	19.9-58.2 (kBq/kg)	Rn含量	9.4 (kBq/kg)
調査年	観察された珪藻	調査年	観察された珪藻
1950年代	<i>Eunotia robusta</i> var. <i>diadema</i> <i>Achnanthes brevipes</i> <i>Achnanthes lanceolata</i> <i>Navicula placenta</i> var. <i>obtusa</i> <i>Navicula gracillodes</i> <i>Navicula</i> sp. <i>Diploneis elliptica</i> <i>Mastogloia smithii</i> var. <i>lacustris</i> <i>Rhopalodia gibberula</i> <i>Nitzschia denticula</i> var. <i>curta</i> <i>Nitzschia virea</i> <i>Nitzschia</i> sp.	1955	羽状目珪藻
		増富温泉 (山梨県)	
		水温	12.0-30.4 (°C)
		電気伝導率	0.56-1.26 (S/m)
		pH	5.8-7.2
		Rn含量	2.9-8.7 (kBq/kg)
		調査年	観察された珪藻
		1949-	<i>Frustulia rhomboides</i>
		1950年代	var. <i>saxonica</i>
2005.11.7	<i>Navicula recens</i> <i>Nitzschia inconspicua</i>		
不明	<i>Navicula cataracta-rheni</i> (91.1-97.8%)		

まとめ

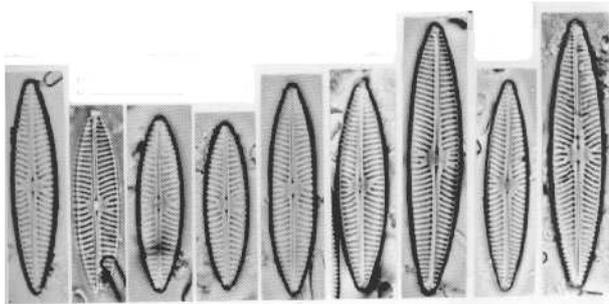
- 1) 強放射能泉として知られる増富温泉の源泉の一つ(大六天下) に出現する珪藻を観察したところ、*Navicula recens* が約 62% の高い出現率で観察された。
- 2) 本源泉の電気伝導率は 0.56~1.26 S/m と塩類濃度が高く、そのため汽水域によくみられる *Navicula recens* が優占したものと考えられた。

参考文献

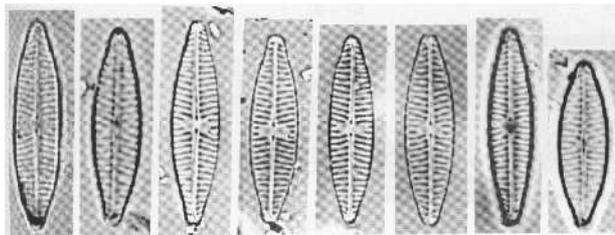
- 1) 小林弘ら：小林弘珪藻図鑑，第 1 巻(2006)，(内田老鶴圃)
- 2) 渡辺仁治ら：淡水珪藻生態図鑑 (2005)，(内田老鶴圃)
- 3) 大塚泰介：珪藻図鑑，[http://www.lbm.go.jp/ohtsuka/atlas/index.html] (2018 年 10 月 28 日で終了)
- 4) Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. : Süßwasserflora von Mitteleuropa Bacillariophyceae, **1** (1986), Gustav Fischer, Jena
- 5) Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. : Süßwasserflora von Mitteleuropa Bacillariophyceae, **2** (1988), Gustav Fischer, Jena
- 6) Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. : Süßwasserflora von Mitteleuropa Bacillariophyceae, **3** (1991), Gustav Fischer, Jena
- 7) Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. : Süßwasserflora von Mitteleuropa Bacillariophyceae, **4** (1991), Gustav Fischer, Jena
- 8) 村上悠紀雄：温泉と放射能(1)，温泉工学会誌，**1**，93-100 (1963)
- 9) 御船正明ら：強放射能泉に生息する温泉植物 (第 2 報) 山梨県増富温泉の藻類，温泉科学，**16**，129-135 (1966)
- 10) 生駒義博、土井進：鳥取懸下の温泉藻類，藻類，**3**，



Navicula recens



Navicula cataracta-rheni



Navicula veneta

Plate 2 *Navicula recens* と類似形態種
(Diatoms of Europe Volume2, H. Lange-Bertalot (2001) より引用)

- 8-13 (1955)
- 11) 御船正明ら：強放射能泉に生息する温泉植物 (第 1 報) 鳥根県池田鉱泉の藻類，温泉科学，**10**，60-64 (1959)
- 12) 篠原みどりら：鳥根県三瓶温泉と池田ラジウム鉱泉 (塩類泉) の珪藻植生，Diatom，**22**，84 (2006)
- 13) 篠原みどりら：日本の塩類泉に多く出現する *Navicula cataracta-rheni* Lange-Bertalot 1993 について，Diatom，**24**，103 (2008)