

## 秋田県の珪藻1 – 強酸性温泉の珪藻

上田 晶子<sup>1</sup>・渡辺 剛<sup>2</sup>・茜谷 和宏<sup>2</sup>・片野 登<sup>2</sup>

<sup>1</sup>〒010-0195 秋田市下新城野字街道端西241-438 秋田県立大学院生物資源科学研究科

<sup>2</sup>〒010-0195 秋田市下新城野字街道端西241-438 秋田県立大学生物資源科学部

### Diatoms in Akita Prefecture, northern part of Japan, part 1 – Diatoms in strongly acidic hot springs

Akiko Ueda<sup>1</sup>, Tsuyoshi Watanabe<sup>2</sup>, Kazuhiro Akaneya<sup>2</sup> and Noboru Katano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University,  
241-438 Kaidobata-nishi, Shimoshinjo-nakano, Akita, Akita 010-0195, Japan

<sup>2</sup>Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University,  
241-438 Kaidobata-nishi, Shimoshinjo-nakano, Akita, Akita 010-0195, Japan

#### Abstract

Diatom assemblages were studied in three strongly acidic hot springs in Akita Prefecture, northern part of Japan. *Eunotia exigua* and *Pinnularia acidojaponica* were recorded in the three springs, Fukenoyu, Tamagawa and Kawarage, with *P. acidojaponica* dominant in all the springs. Relative abundance of *E. exigua* was slightly increased in Fukenoyu, which has the highest water temperature and the lowest pH of all the springs.

**Key index words:** Akita Prefecture, *Eunotia exigua*, *Pinnularia acidojaponica*, strongly acidic hot springs

#### はじめに

日本は環太平洋帯に位置する世界でも有数の火山国で、日本の国土は全世界の0.3%にも満たないが、全世界の10%の活火山が存在するため火山性酸性温泉が多数存在する(後藤 1999)。また、日本の酸性温泉の多くは硫酸酸性である(後藤 2000)。秋田県は那須火山帯と鳥海火山帯を有し、数多くの温泉が点在する。県内には強酸性の蒸の湯温泉、玉川温泉および川原毛温泉がある。玉川温泉と川原毛温泉は火山性の塩酸を多量に含有する点で極めて特異な泉質である(後藤 1986)。

強酸性水域(pH≤3.5)に出現する珪藻は、これまでに世界で124分類群が報告されているが、そのうち実際に強酸性水域で生育しているのは、異名による報告を整理すると多くとも8分類群と推定さ

れている。(DeNicola 2000)。本邦の酸性水域(pH 3.5-5.5)からは12分類群の報告がある(Negoro 1985)。秋田県の酸性温泉の珪藻は玉川温泉(根来 1940)と湯沢市泥湯(Suzuki & Mayama 1995)から*Eunotia exigua* (Bréb.) Rabenh.と*Pinnularia acidojaponica* M.Idei et H.Kobayasiの報告がある。

本研究では秋田県の3つの強酸性温泉に出現する珪藻種を明らかにし、強酸性温泉間の種組成と水質の関係を考察した。

#### 材料と方法

珪藻は秋田県内3カ所の温泉で採集した(Fig. 1)。鹿角市蒸の湯温泉(以下蒸の湯)では2005年10月19日、仙北市玉川温泉(以下玉川)では2005年10月14日と2008年6月23日、湯沢市川原毛温泉(以下川原毛)では2005年11月1日に採集と水質測定用に採水をおこなった。大型ピペットを用いて岩に着生した珪藻を採集後、ホルマリンにより固定し、試料とした。試料は洗浄(南雲 1995)後、マウントメ

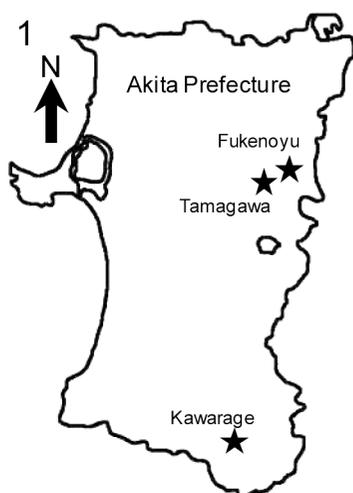


Fig. 1. Sampling sites of diatoms: three strongly acidic hot springs in Akita Prefecture.

ディアで封入し、永久プレパラートとした。珪藻は光学顕微鏡で観察、デジタルカメラで撮影後、2000倍に拡大し、その写真をもとに同定した。各試料について約600個体を計数し、相対出現頻度を算出した。

水質は水温、pH、電気伝導率（EC）のほか以下の項目について測定した。全有機炭素量（TOC）を全有機炭素計（TOC-5000A、島津製作所、京都）で測定した。珪酸（ $\text{SiO}_2$ ）はモリブデンイエロー法で発色後、分光光度計（UV mini-1240、島津製作所、京都）を用いて波長410 nmで測定した。アンモニア態窒素（ $\text{NH}_4\text{-N}$ ）、硝酸態窒素（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）、亜硝酸態窒素（ $\text{NO}_2\text{-N}$ ）およびリン酸態リン（ $\text{PO}_4\text{-P}$ ）の各濃度は水質自動分析装置（TRAACS2000、BRAN+LUEBEE、東京）で測定した。金属イオンはCa、Cu、Fe、K、Mg、Mn、NaおよびZnの各濃

度をICP発光分析装置（IRIS Advantage、日本ジャーレル・アッシュ、京都）で測定した。水温は現地で測定し、他の項目は実験室で測定した。

## 結 果

秋田県の3つの強酸性温泉からは*Eunotia exigua* (Figs 2-5) と*Pinnularia acidojaponica* (Figs 6-10) の出現が認められ、全ての地点で*P. acidojaponica* が優占した (Table 2)。

### 蒸の湯

水温とpHが3地点中で最も高く、ECは3地点中で最も低い (Table 1)。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が3地点中で最も高く、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ の各濃度が3地点中で最も低かった (Table 1)。金属イオンはFeを除く全ての項目が3地点中で最も低い濃度となった (Table 1)。珪藻は*P. acidojaponica* が優占し、3地点で唯一*E. exigua* が11%出現した (Table 2)。

### 玉川

水温は3地点中で最も低い (Table 1)。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度が3地点中で最も高く、TOC濃度が最も低い (Table 1)。金属イオンはFeが3地点中で最も高い濃度となった (Table 1)。珪藻は2005年に計数した際は*P. acidojaponica*のみだったが (Table 2)、2008年の観察では*E. exigua*も記録された。

### 川原毛

ECは3地点中で最も高く、pHは最も低かった (Table 1)。TOC、 $\text{SiO}_2$ 濃度が3地点中で最も高く、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が最も低かった (Table 1)。金属イオンはFeを除く全ての項目が3地点で最も高い濃度となった (Table 1)。珪藻は*P. acidojaponica*のみ認められた (Table 2)。

Table 1. Water qualities of the three strongly acidic hot springs in Akita Prefecture.

Locality	WT (°C)	pH	EC (μS/cm)	TOC (mg/L)	$\text{SiO}_2$ (mg/L)	$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/L)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/L)	$\text{NO}_2\text{-N}$ (mg/L)	$\text{PO}_4\text{-P}$ (mg/L)
Fukenoyu	44.5	3.07	751	2.460	71.1	0.027	0.001	0.012	0.021
Tamagawa	22.0	2.39	4936	2.360	81.9	0.170	0.818	0.006	0.302
Kawarage	35.5	2.32	10560	3.073	147.6	0.092	0.005	0.001	0.154
Locality	Ca (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)	Na (mg/L)	Zn (mg/L)	
Fukenoyu	12.87	0.014	11.92	1.96	5.22	0.26	5.96	0.049	
Tamagawa	33.92	0.014	21.19	8.35	12.60	0.48	17.87	0.240	
Kawarage	111.30	0.026	0	27.55	58.41	1.39	30.32	2.380	

**Table 2.** Relative abundances and diatom compositions from strongly acidic hot springs in Akita Prefecture.

Taxa	Fukenoyu (%)	Tamagawa (%)	Kawarage (%)
<i>Eunotia exigua</i>	11	+	-
<i>Pinnularia acidojaponica</i>	88	100	100
Total	100	100	100

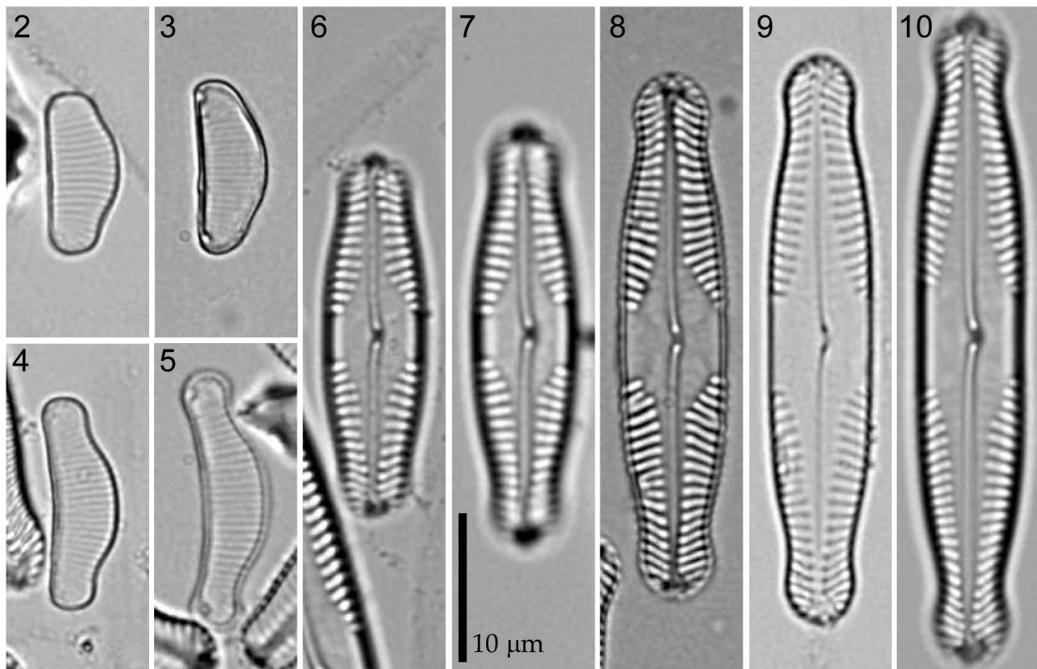
## 考 察

これまでに秋田県の強酸性温泉からは、玉川から*Eunotia exigua* (*Eunotia septentrionalis*として)と*P. acidojaponica* (*Pinnularia braunii* (Grunow) Cleve var. *amphicephala* (Mayer) Hust.として; 根来1940), 泥湯から*Pinnularia acidojaponica* (*Pinnularia* sp.として; Suzuki & Mayama 1995)の出現報告がある。本研究においても*E. exigua*と*P. acidojaponica*の出現が認められた。*E. exigua*は本種と形態の類似する分類群 (*E. exigua*複合群: *E. exigua*, *Eunotia tenella* (Grunow) Cleve, *Eunotia levistriata* Hust. および *Eunotia septentrionalis* Østrup) 間で種を区別することが難しく、研究者間で形態分類の整合性が取れていない (DeNicola 2000)。本研究ではKrammer & Lange-Bertalot (1991)の分類に従った。*E. exigua*は北米、欧州の酸性湖沼や鉱山排水路から出現報告があり、pH2.2

-3.3の酸性水域に広く分布している (DeNicola 2000)。一方、本邦の酸性水域からは*E. exigua*の出現報告は少なく、*E. tenella*と*E. septentrionalis*の報告が多い (DeNicola 2000)。これが各分類群の生態的な相違か、*E. exigua*複合群の分類学的な問題であるかは明瞭ではない。今後*E. exigua*複合群のさらなる分類学的研究が望まれる。*P. acidojaponica* (= *Pinnularia braunii* (Grunow) Cleve var. *amphicephala* (Mayer) Hust.)は本邦のpH1.0-3.5の強酸性水域で優占し (De Nicola 2000), タイプ産地である神奈川県大涌谷のほか青森県恐山正津川 (pH2.7), 山形県酢川 (pH4.4), 宮城県潟沼 (pH1.4), 群馬県草津湯畑 (pH1.9)などの強酸性水域で出現報告がある (根来 1940, Idei & Mayama 2001, 渡辺ら 2005)。本研究においても*P. acidojaponica*は全ての強酸性温泉で優占種となり、De Nicola (2000)を支持する結果となった。

本研究で出現した珪藻は*P. acidojaponica*と*E. exigua*の2種のみであり、種の多様性は著しく低かった。酸性水域で珪藻の種多様性はpH3.5以下で低下することから、多くの珪藻種はpH3.5以下で個体群を維持できないことが示唆されている (DeNicola 2000)。本研究で調査した3つの温泉は、いずれもpH3.5以下であり、DeNicola (2000)の説明が妥当すると考えられる。

採集地点間で水質に相違が見られたが (Table 1),



**Figs 2-5.** *Eunotia exigua*. **Figs 6-10.** *Pinnularia acidojaponica*. Scale bar = 10 µm.

*P. acidojaponica*の優占は一致した (Table 2)。 *P. acidojaponica*は上記のように低pHに強い耐性を持ち、多くの強酸性温泉で優占する (根来 1940, Suzuki & Mayama 1995)。したがって本研究で珪藻の種組成とpH以外の水質との間にほとんど関係が見いだせなかったのは、低pHが生育の制限要因となり、栄養塩類や金属類の影響が相対的に小さくなったためと推測される。ただしpHが3地点中で最も高かった蒸の湯 (Table 1) では、 *E. exigua* が11%出現した (Table 2)。このことは、蒸の湯で観測されたpH3.07という条件下で、 *E. exigua* が十分に増殖できることを示唆している。

### 引用文献

- DeNicola, D.M. 2000. A review of diatoms found in highly acidic environments. *Hydrobiologia* **433**: 111-122.
- 後藤達夫. 1986. 火山性酸性温泉とその河川水の影響3. *水* **28**: 61-71.
- 後藤達夫. 1999. 日本の酸性温泉の化学的特徴1. *水* **41**: 77-91.
- 後藤達夫. 2000. 日本の酸性温泉の化学的特徴3. *水* **42**: 33-40.
- Idei, M. & Mayama, S. 2001. *Pinnularia acidojaponica* M. Idei et H. Kobayasi sp. nov. and *P. valdetolerans* Mayama et H. Kobayasi sp. nov. - new diatom taxa from Japanese extreme environments. In: Jahn, R., Kociolek, J.P., Witkowski, A. & Compère, P. (eds) *Lange-Bertalot-Festschrift*. pp. 265-277. A.R.G. Gantner, Rugell.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1991. Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. 576 pp. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (eds) *Stüßwasserflora von Mitteleuropa* **2/3**. Gustav Fischer, Jena.
- 南雲保. 1995. 簡単に安全な珪藻被殻の洗浄法. *Diatom* **10**: 88.
- 根来健一郎. 1940. 秋田県玉川の強酸性水中に生育する植物に就いて. *植物及動物* **8**: 49-64.
- Negoro, K. 1985. Diatom flora of mineralogenous acidotrophic inland waters of Japan. *Diatom* **1**: 1-8.
- Suzuki, S. & Mayama, S. 1995. Auxospore of *Pinnularia* sp. which has long been identified as *Pinnularia braunii* var. *amphicephala* (Mayer) Hustedt in Japan and the size reduction of vegetative valve. *Diatom* **11**: 76-78.
- 渡辺仁治・浅井一視・大塚泰介・辻彰洋・伯耆晶子. 2005. 淡水珪藻生態図鑑. 784 pp. 内田老鶴圃. 東京.