

## 短 報

## 群馬県草津温泉の微細藻類

東京理科大学基礎工学部生物研究室

長 島 秀 行

(平成7年4月4日受付, 平成7年4月17日受理)

## Microalgae in Kusatsu Spa, Gunma Prefecture

Hideyuki NAGASHIMA

Department of Biology, Faculty of Industrial Science & Technology,  
Science University of Tokyo

## Abstract

In 1985 and 1988, 3 unicellular algae were detected in the "Sai-no-Kawara" and "Yubatake" areas which are acidic hot springs and the source of Kusatsu Spa in Gunma Prefecture, Japan. Two red algae, *Cyanidium caldarium* (Tilden) Geitler and *Galdieria sulphuraria* (Galdieri) Merola, were found in small streams in these areas with temperatures between 37.6 and 53.7°C, and pH between 1.9 and 2.3. *G. sulphuraria* is a synonym of *Chroococcidiopsis thermalis* Geitler var. *nipponica* Negoro. A diatom, *Pinnularia braunii* var. *amphicephala* (A. Mayer) Hustedt was also found in the streams with temperatures between 33.8 and 37.6°C, and pH between 2.1 and 2.3.

群馬県の北西, 本白根山の山麓に位置する海拔約1200mの草津温泉は, 古来最も著名な温泉の一つで, 数多くの源泉を持ち, 湯量は豊富で泉温も高い<sup>1)</sup>. 泉質は含硫化水素酸性明ばん緑ばん泉で, 強い酸性泉であることが特徴である<sup>2)</sup>. このような特殊な環境にもバクテリア, カビ, 藻類等の微生物が生育していることが知られている<sup>3,4)</sup>. 著者はこれまで, 日本各地の温泉, 特に酸性泉に生育する微細藻類を調査してきたが<sup>5)</sup>, 草津温泉は日本における代表的な酸性温泉というばかりでなく, 西(さい)の河原, 湯畑など源泉が良く保存されているので, 今回, 微細藻類の植生について調査を行った. 草津温泉の藻類については, 古くは根来(1942, 1943)<sup>6,7)</sup>, 広瀬(1950)<sup>8)</sup>により, また, 近年では高柳ら(1986)<sup>9)</sup>により報告されている.

調査は1985年8月8日に草津温泉の源泉地帯の西の河原公園, 1988年8月26日に西の河原公園と湯畑において行われた. 図1は1985年の西の河原における観察地点を示している. 西の河原は草木の生えない荒原で, 湯畑に近い東地区と不動滝のある西地区に分かれ, 数多くの源泉から小流となって小さな池や湯川に流入している. 藻類はそれらの小流の周囲の小石や岩石表面に付着しており, 緑色から青緑色を呈している. そこで, その中からNo.1~13地点を選び, 試料をサ

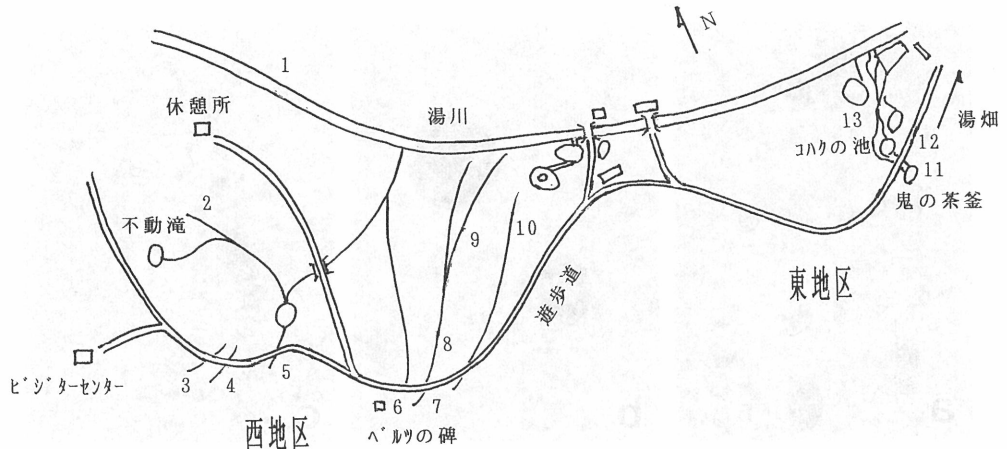


図1 草津温泉西の河原略図。No.1~13は採集地点を示す。  
調査日1985年8月8日

サンプル瓶に採取し、同時に泉温とpHをポケット温度・pHメータ(YEW PH51)により測定した。サンプルは固定せず、そのまま冷蔵して持ち帰り、一部をノマルスキー式微分干涉顕微鏡(Olympus BX-50 DIC)により検鏡し、さらにそのサンプルをAllen (1959)<sup>10)</sup>の無機培地(pH 2.5)に移植して、2000~4000 Lux, 30~40℃で培養した。

まず、西の河原における藻類の生育状況、生育環境について調査した結果を表1に示す。源泉の湧出量、泉温、pH等についてみると、その後の調査(1985年8月)においても大きな変化はなかったため、源泉は年間を通じて比較的安定していると考えられる。No.4~13地点は40.3~53.7℃、pH1.9~2.3で、石の表面はいずれも青緑色の藻類層で覆われていて、紅藻チノリモ目イデユコゴメ *Cyanidium caldarium* (Tilden) Geitler<sup>11)</sup> が優占しており、No.12地点ではイデユコゴメの近似種、紅藻チノリモ目ガルディエリア *Galdieria sulphuraria* (Galdieri) Merola<sup>12)</sup> が混在していた。イデユコゴメは球形かやや歪んだ球状で、細胞の直径がおおよそ2~5 μmで4個の内生胞子を作って増殖し、細胞内に1個の卵型の葉緑体が、やや偏って存在する(写真1a)。ガルディエリアの細胞はほぼ球形で、直径は3~10 μm、4~16個の内生胞子を作って増殖し、1個の葉緑体は細

表1 草津温泉西の河原における藻類植生

No.	調査地点*	泉温(℃)	pH	藻類
1	湯川	33.8	2.2	<i>Pinnularia</i> , Diatoms
2	滝近くの小川	33.8	2.1	<i>Pinnularia</i> , Green algae
3	滝近くの歩道横	37.6	2.3	Green algae, <i>Pinnularia</i> , <i>Cyanidium</i>
4	滝近くの歩道横	44.0	1.9	<i>Cyanidium</i>
5	歩道横	40.3	2.0	<i>Cyanidium</i> , Diatoms
6	ベルツの碑下	46.0	2.2	<i>Cyanidium</i> , Diatoms
7	ベルツの碑下	47.7	2.3	<i>Cyanidium</i>
8	河原の小流	44.8	2.2	<i>Cyanidium</i>
9	河原、湯川近く	45.5	2.2	<i>Cyanidium</i>
10	河原、池近く	44.5	2.2	<i>Cyanidium</i>
11	鬼の茶釜近く	53.7	2.2	<i>Cyanidium</i> , Diatoms
12	東地区歩道沿い	49.1	2.3	<i>Cyanidium</i> , <i>Galdieria</i> , Diatoms
13	コハクの池近く	50.5	2.3	<i>Cyanidium</i>

\* 図1参照(西地区 No.1~10, 東地区 No.11~13)

調査日 1985年8月8日, 気温26℃, 晴

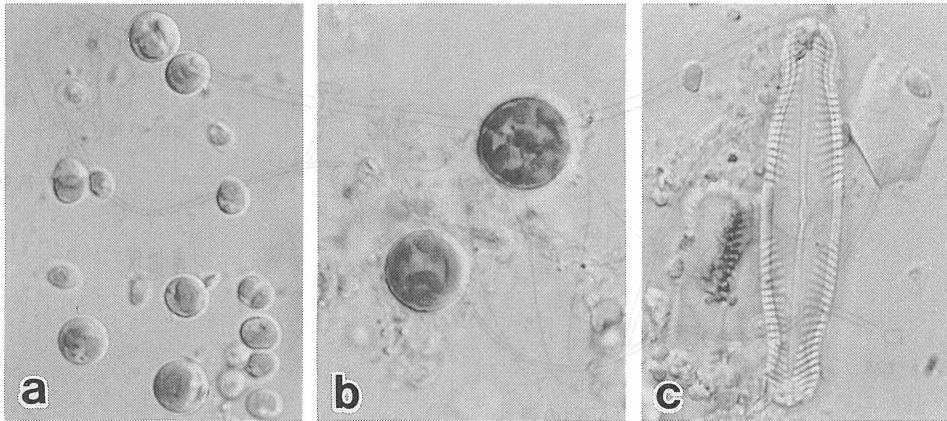


写真1 草津温泉西の河原の藻類(1500倍)

- a : 紅藻イデユコゴメ *Cyanidium caldarium*  
 b : 紅藻ガルディエリア *Galdieria sulphuraria*  
 c : 珪藻ハネケイソウの一種 *Pinnularia braunii* var. *amphicephala*

胞内の周縁部にあり、中心部は透明で核や液胞で満たされている(写真1b)。

イデユコゴメの生育温度範囲は生育場所と時間により微妙に異なる。今回、イデユコゴメは40～45℃で最もよく生育しており、No.11地点における生育温度の上限は53.7℃で、54.5℃では藻類はまったく見られなかった。また、No.13地点でのイデユコゴメの生育温度の上限は50.5℃であり、51.5℃では藻類の生育がまったく見られなかった。また、生育の下限は特定できなかったが、およそ34℃近くと考えられる。以上のことから、調査日の1985年8月8日における西の河原のイデユコゴメは40～45℃付近で最も良く生育し、その生育範囲は37.6～53.7℃(気温26.0℃)、pH 1.9～2.3であった。同様に1988年8月26日の調査では、イデユコゴメの生育範囲は、気温24.8℃のとき、泉温34.0～49.8℃、pH 1.6～2.1であった。これらの結果は根来(1943)の草津温泉における観察結果、すなわち、その生育範囲はおおよそ35～50℃、pH 1.6であるという報告とはほぼ一致した<sup>7)</sup>が、イデユコゴメは、一般に、23～89℃、pH 1.0～7.1に分布しているという広瀬(1950)の報告とは一致しなかった<sup>8)</sup>。広瀬の報告においては、本種は藍藻とされていたため、高温に耐性の他の藍藻が混在のまま生育条件が測定された可能性も考えられる。

No.1～3地点は緑色か緑褐色で、珪藻ハネケイソウの一種 *Pinnularia braunii* var. *amphicephala* (A. Mayer) Hustedt が優占的に分布し、他に未同定の単細胞の緑藻やイデユコゴメが見られた(写真1c)。この付近のpHは他の地点とあまり変化がないが、泉温は33.8～37.6℃で他の地点と比べて低いため、優占種が交代した可能性がある。No. 1, 5, 6, 11, 12地点には *Pinnularia* に類似した珪藻が見られた。しかし、藍藻(シアノバクテリア)はいずれの地点でも認められなかった。このことは、日本の温泉において、藍藻は一般に中性や弱アルカリ温泉には分布していることがあるが、酸性温泉には認められないという、著者のこれまでの観察結果と一致している。

草津温泉の中心街にある湯畑は温泉成分を沈殿させるための人工的な「畑」であるが、立入禁止区域のため源泉がよく保護され、青緑色の藻類がいたるところに付着しているのが認められた。1988年8月の調査ではNo.14 (44.3℃、pH 2.1)、No.15 (45.5℃、pH 2.1)の2地点を選び、藻類を採取した(図示せず)。その結果、いずれも紅藻イデユコゴメ *C. caldarium* とガルディエリア *G. sulphuraria*、珪藻 *P. braunii* var. *amphicephala* が認められた。これらの試料の一部は室内において分離、培養され、イデユコゴメは *Cyanidium caldarium* KS-1株として当研究室に保存され、生

理的研究に用いられている<sup>13)</sup>。

以上要約すると、今回の調査では、草津温泉西の河原および湯畑より単細胞紅藻イデユコゴメ *C. caldarium* とガルディエリア *G. sulphuraria*、それに珪藻 *P. braunii* var. *amphicephala* が認められた。それらの分布状態をみると、イデユコゴメが優占して分布していることが多かった。イデユコゴメと *P. braunii* var. *amphicephala* の分布については根来(1943)<sup>7)</sup>の結果とよく一致した。また、高柳ら(1986)<sup>9)</sup>も西の河原について同様の結果を得ている。

しかし、ガルディエリアについては、従来の報告と異なった。ガルディエリアは根来(1943)が藍藻 *Chroococcidiopsis thermalis* Geitler var. *nipponica* Negoro とした藻と良く類似しており、それを広瀬(1977)<sup>14)</sup>は *Chroococcidiopsis thermalis* Geitler のSynonym とし、紅藻チノリモ目に所属を変えた。著者らは始め、広瀬の見解を支持し、北海道登別温泉産のM-8株を紅藻 *Chroococcidiopsis* sp. とした<sup>15)</sup>が、本属が藍藻の属として残ることになったため、後に紅藻に所属のまま種名を上記 *Galdieria sulphuraria* に変更した<sup>12, 16)</sup>。したがって、種名は変更されたが、そこには根来や高柳らが記載した種と同一の藻が現在でも生育していると考えている。

ところで、イデユコゴメ、ガルディエリアともクロロフィル a (緑色) とフィコシアニン(青色) を含んでいるので、はじめ藍藻とされたが<sup>3, 6-8, 11)</sup>、それらの細胞は細胞核や葉緑体、ミトコンドリアを持っていることから藍藻説は否定され、現在は紅藻に所属されている<sup>14-17)</sup> ことをつけ加えておく。

本研究の一部は本学会第41会大会(1988)に報告され<sup>18)</sup>、また、昭和61年度科学研究費補助金(一般研究C)No.60540450の助成を受け、研究成果報告書に記載された<sup>19)</sup>。最後に、珪藻の種名を同定していただいた珪藻研究所(東京都小金井市)の小林弘博士に感謝する。

## 文 献

- 1) 角 清愛：日本温泉・鉱泉一覧，p. 41, 1975
- 2) 木暮敬編：群馬県温泉誌，129-146, 1987
- 3) 江本義数：温泉工学会誌，3, 19-29, 1965
- 4) 杉森賢司：温泉科学，44, 159-182, 1994
- 5) 長島秀行：SUT Bulletin，1, 58, 1984
- 6) 根来健一郎：陸水学雑誌，12, 41-49, 1942
- 7) 根来健一郎：植物学雑誌，57, 302-312, 1943
- 8) 広瀬弘幸：植物研究雑誌，25, 179-184, 1950
- 9) 高柳進之輔，杉森賢司，千頭道子：東邦大学教養紀要，18, 33-43, 1986
- 10) Allen, M.B.：Arch. Mikrobiol.，32, 270-277, 1959
- 11) Geitler, L., Ruttner, F.：Arch. Hydrobiol.，14, 371-483, 1936
- 12) Merola, A., Castaldo, R., De Luca, P., Gambardella, R., Musacchio, A., Taddei, R.：Giorn. Bot. Ital.，115, 189-195, 1981
- 13) Nagashima, H., Fukuda, I.：Phytochemistry，22, 1949-1951, 1983
- 14) 広瀬弘幸：日本淡水藻図鑑，p. 158-161, 内田老鶴圃，1977
- 15) Nagashima, H., Fukuda, I.：Jpn. J. Phycol.，29, 237-242, 1981
- 16) 長島秀行：堀 輝三編，藻類の生活史集成 第2巻 褐藻・紅藻，p.184-189, 内田老鶴圃，1993

