

綜 説

日本産温泉植物に就いて

江 本 義 數

- I. 緒 言 II. 日本に於ける温泉植物研究概略
III. 温泉植物の種類 IV. 温泉植物の生態學的觀察 V. 總 括

I 緒 言

我國は世界有数の火山國であるが爲めに、世界で我國程温泉の多い國はなく、北は千島から南は臺灣に至る迄、殆ど到る處に温泉が湧き出して居るのは周知の事實である。従つて我國程温泉に關するあらゆる方面の研究をなし得る國はないと確信する次第である。

温泉と冷泉との限界温度は相當に複雑なので毎度問題となる所であるが、本文にあつては日本藥學會協定に従ひ、攝氏25度以上のものを温泉、夫れ以下のものを冷泉とする。

生物は其環境により其生育を左右されるのは明かで、今更茲に論議するを要せぬ。温泉植物も亦泉質、泉温及び鍍水の水素指數 pH によつて差異の生ずるのは當然である。嘗て Vouk が泉温を標準として温泉を分類し、ELENKIN が此等に生育する生物の群叢について區別して次の如くにした。

18°迄	冷 温 泉	15°以下	好低温群叢
18—30°	微 温 泉	15—30°	好中温群叢
30—50°	中 温 泉	30—80°	好高温群叢
50—60°	熱 温 泉		
60°以上	高熱温泉		

一般に物質の溶解する度は温度が高ければ高い程大きく、従つて冷泉よりも温泉の方が一層諸種の鍍物質に富んで居ると考へられるが、岩崎氏によると平均して必ずしも左様ではなく、温泉よりも寧ろ冷泉の方が多量の物質を含有すると云ふ。而して温泉は其含有する化學成分によつて種類が分たれる。即ち日本藥學會協定の分類に従へば、單純泉、單純碳酸泉、土類泉、アルカリ泉、食鹽泉、苦味泉、碳酸鐵泉、綠礬泉、明礬泉、酸性泉、硫黃泉、放射能作泉の12種に分けられる。我國は前述の如くに多數の温泉に恵まれ、其種類も

殆ど全部を包含する程に豊富である。最近報告された所に據ると本邦の鑛泉(廣義)は6517

第1表 地方別源泉數
(昭和15年8月調査笠、松尾氏による)

地方名	源 泉			分析済	泉質不明
	温 泉	冷 泉	計	鑛 泉	鑛 泉
北 海 道	265(53)	26	291	49	242
東 北	1055(86)	37	1092	220	872
關 東	442(38)	69	511	254	257
北 陸	243(23)	78	321	137	184
本州中部	1001(40)	74	1080	191	889
近 畿	107(13)	51	158	61	97
中國四國	389(27)	41	430	99	329
九 州	2404(97)	18	2422	241	2181
朝 鮮	183(16)	0	183	23	160
樺 太	0(0)	5	5	0	5
臺 灣	26(1)	0	26	1	25
合 計	6118(383)	399	6517	1276	5241

(括弧内の數字は温泉植物の調査された温泉個所数を示す)

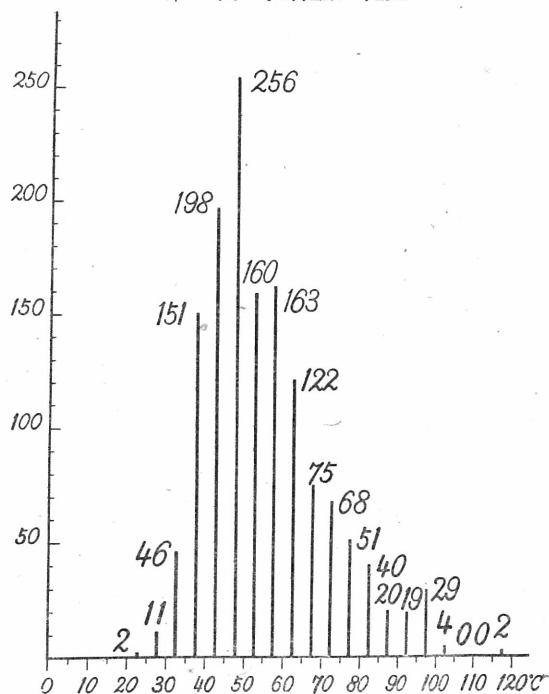
今地方別にして参考に供する(第1表)。

此等の内、泉温の明記された湧出個所1288に就いて其泉温を圖示すると第1圖の如くであるが、筆者が先年998個所に就いて得た所と全く同様で、46—50°の泉温を有する温泉が最も多數で、120°を示す温泉は2個所で、福島縣一切經山湯と長崎縣荒川温泉とが最高温を示して居る。

又此等の源泉總數6517の80%は分析が行はれて居らず、又鑛泉場總數の967の28%も同様泉質不明である。而して泉質の明かなものを見ると(第2表)、温泉では單純泉が最も多く341を算し、食鹽泉は之に次い

個所で、内6118個所は温泉、399個所は冷泉である。而して鑛泉場數は967個所(内温泉685、冷泉282)と云ふ夥しい數に達し、此等の鑛泉を道府縣別に見ると、最も多いのが大分縣で、1918個所、少いのは愛知、廣島及び沖繩縣の1個所で、鑛泉の湧出せぬ縣は唯高知縣のみで誠に温泉國日本の名に耻ぢぬと云ふべきである。

第1圖 本邦温泉の温度



第2表 地方別温泉泉質 (昭和15年8月調、衣笠、松尾氏による)

地方名	單純泉	單純炭酸泉	土類泉	アルカリ泉	食鹽泉	苦味泉	炭酸鐵泉	綠礬泉	明礬泉	酸性泉	硫黃泉	放射能作泉	計
北海道	7	0	0	2	19	3	1	1	0	2	4	0	39
東北	35	1	2	13	46	54	3	4	2	18	30	0	208
關東	87	1	1	2	46	47	1	2	1	27	13	0	228
北陸	12	0	0	4	39	15	3	0	0	0	12	1	86
本州中部	55	0	1	7	42	43	1	0	0	0	12	0	161
近畿	4	1	0	14	6	0	0	0	0	0	4	0	29
中國四國	33	0	0	4	14	17	1	0	0	0	0	0	69
九州	93	2	9	22	53	2	17	7	1	13	15	0	234
朝鮮	14	0	0	1	5	0	0	0	0	0	3	0	23
樺太	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
臺灣	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
合計	341	5	13	69	270	180	27	14	4	60	93	1	1078

で270、以下苦味泉、硫黃泉、アルカリ泉、酸性泉、炭酸鐵泉、綠礬泉、土類泉、單純炭酸泉、明礬泉、放射能作泉と云ふ順序となり、冷泉では食鹽泉の73が最も多いのである。

II 日本に於ける温泉植物研究概略

外國に於て温泉植物を研究した最初の學者は C. A. AGARDH で、Karlsbad 温泉に於て1827及び1834年に行つた。實に同温泉は温泉植物學發祥の地と云ふべきである。そして現今迄にはソヴィエツト聯邦、波蘭、獨逸、チェツコスロヴァキア、瑞西、佛蘭西、伊太利亞、亞弗利加、南米智利、メキシコ、北亞米利加等各國に於ける温泉に棲息する植物が研究報告せられ、夫等は細菌類、藍藻類、珪藻類、接合藻類、綠藻類等を包含し、450又は夫れ以上の種が記録せられて居るのである。

繼つて我國に於て始めて温泉中に棲息する植物に就いて報告したのは堀正太郎博士で、島根縣玉造温泉及び岐阜縣濁河温泉に産するユレモ (*Oscillatoria*) の種類に就き、殊にその運動の特異性に就いて記述したのであるが、實に之は明治24(1891)年のことである。又 REIN は明治29(1896)年に箱根の1温泉に *Conferva* の種類が甚だよく發生して居るのを報告したが、其温泉名を詳にし得ぬのは遺憾である。其後明治30(1897)年に至つて三好學博士は温泉中の微生物に關する甚だ興味深い研究を發表した。即ち群馬縣伊香保温泉中に生育する鐵細菌類に就いて記述し、該温泉流中41°、42°及び45.5°の場所で小石、落葉等の上に種々なる種類を發見し、其内には *Leptothrix ochracea* に酷似するもの、*Spirillum* (*Gal-*

lionella) *ferruginea* に甚だよく似た種、又 *Psychohormium* の一種を検出したのであるが、*Crenothrix* は終に認め得なかつたことを述べて居る。又之と同時に栃木縣日光湯元温泉に於て其源泉附近の温泉流、排湯溝等の中で泉温 23—35° の個所に無色の硫黄細菌 *Thiothrix nivea*, *Th. nivea* var. *verticillata*, *Th. tenuis* 及び *Beggiatoa alba* の4種と、紅色硫黄細菌 *Chromatium Weissii*, *Ch. minus*, *Ch. vinosum*, *Ch. minutissimum* 及び *Thioderma roseum* の5種の棲息することを確めたのである。そして此等硫黄細菌の内 *Chromatium Weissii* の趨化性に關する研究を行ひ、此細菌は硫化水素、酒石酸鹽、磷酸鹽及び硝酸鹽の稀釋液によつて刺戟せられて陽性を現はすが、少しでも濃度が大となると逃避して陰性を示し、更に肉汁、ペフトン又は砂糖類は陽性を呈せしむる刺戟劑であることが知られたのである。此外博士は 50—70° の浅い温泉流中に細菌塊と硫黄との沈積が總狀をなして居るものを硫黄芝と命名し、其發育状態、流速及び水深等の關係に就いて報告した。實に此論著は我國温泉植物研究史上特筆すべき論著の一と信するものである。

其後は暫くの間此方面の研究は絶えて居たが、大正15(1926)年に至り、MOJISCH 博士が東北帝國大學に招聘せられ、其在任中(大正8—14年)我國各地の温泉中に棲む微生物に就いて研究した結果を報告したのである。即ち宮城縣秋保温泉初め約25個所の温泉から300個以上の材料を蒐集し、多數の細菌類、藍藻類、珪藻類、綠藻類等を記述し、細菌類は最も高温に生存し得て77.5°、藍藻類は69°、綠藻類は40°迄生活し得ると指摘した、是亦三好博士と共に斯學に大なる貢獻をなされたのである。是より先(大正14年)江本は「温泉中の微生物」と題して此等微生物の研究が甚だ興味深きことを記述して一般の注意を促す所があつた。

昭和の聖代に入り此方面の研究も漸く盛ならんとする傾向を現し、昭和3(1928)年、4(1929)年に互つて江本は栃木縣日光湯元温泉、神奈川縣箱根湯ノ花澤温泉及び青森縣酸ヶ湯温泉から新しく4種の硫黄酸化細菌を分離、純粹培養に成功し、此等を *Thiobacillus thermitanus*, *Th. crenatus*, *Th. lobatus* 及び *Th. umbonatus* と命名し、同5(1930)年には *Th. thermitanus* に就いて生理學的研究の結果を略述した。かくして昭和8(1933)年に入り、濱健夫氏は日光湯元温泉産の螺旋狀紅色硫黄細菌に就いて記述したが、此細菌は甚だ大きく、未だ純粹培養に成功して居らぬが同氏は之を *Rhodospirillum longum* と命名した、又江本は北海道川湯、青森縣酸ヶ湯及び猿倉、群馬縣草津、神奈川縣箱根蘆ノ湯及び大湧谷、長崎縣雲仙温泉等約50個所の温泉から材料を蒐集して前記4種の硫黄酸化細菌の分布を調査し、此等の細菌は硫黄泉は勿論、單純泉又は其他の泉質を有する温泉にあつても、硫化水素を含有するものには殆ど例外なく棲息することを確め、且泉温80°に於ても猶ほよ

く生活し得るを確認した。而して同時に *Th. thermitanus* の生理學的研究をも詳報し、昭和9(1934)年には我國温泉中に發見された微生物を報じた。

かくして昭和12(1937)年に至り、江本は當時迄に我國に發見された温泉生物に就いて記述したのであるが、此報文中に植物は細菌類28種、1變種。藍藻類43種、3變種。鞭毛類2種。珪藻類6種。接合藻類3種、1變種。綠藻類4種。褐藻類1種。合計87種5變種を表示した。翌昭和13(1938)年に入つて神保忠男氏は日光湯元温泉の赤色及び綠色硫黃細菌 (*Chloronium limicola*) の存在と、*Chloronium mirabilis* も稀に發見されることを報告し、米田勇一氏は長野縣上高地温泉産の藍藻1種、大分縣別府及び其附近の温泉に見出される多數の藍藻類に就いて記述し、是迄に知られた同類の發生限界溫度69°を遙に越えた75°に於てもなほ之が發育することを確めた。又江本は主として別府温泉に於ける硫黃酸化細菌類の分布を調査し、鳶地獄に於ては此等の細菌が86°の高溫迄も生活し居るを確め得たのである。そして昭和14年には米田氏は北海道蟠溪温泉外8温泉に産する藍藻及び珪藻類を報じ、又岡田要之助氏は青森縣酸ヶ湯及び其附近温泉に棲息する藍藻類7種1變種に就いて記述した。

上述の如くにして、昭和13年頃迄は比較的斷片的に温泉植物が報告されて居たのであるが、昭和14(1939)年から江本は米田勇一、廣瀬弘幸兩氏と協力して之が綜合的研究を進め得るに至り、且帝國學士院の研究補助を受け、以て現今に至つて居る次第で、茲に同院に謝意を表する次第である。

此に於て我等は夫々分擔地域等を定めて研究に従事して居る次第で、昭和14年度から現在迄に訪れた温泉は内地、朝鮮を合せて約300個所、以前のと合算すれば總數約400個所となるのである。此等を各地方別に示したのが第1表内に掲げられてあるが、源泉總數に比較すれば實に僅少なものである。而して諸氏によつて行はれた研究の頭初から現在迄調査結果の判明した所を本文に述べようと思ふが、本研究に於て温泉植物と稱するものは、既述の如く日本藥學會協定に従ひ25°以上の温泉湧出口から浴槽等に導かる迄、即ち温泉の利用せらるる迄の間、自然状態に於て温泉流中に發生する諸種の植物を指すので、之は鑛泉の純な内を選んだのに外ならぬのであつて、入浴等によつて不潔物等の混入するのを慮つたのである。一方近來は温泉を極度に利用する傾向が濃くなり、自然の儘に放置されてあるのは甚だ少く、多くは岩隙からの湧泉を圍んで直に浴槽となし、又は源泉から直に導管によつて浴槽に入れる様になつた。従つて前者に於ては全く採集は不可能となり、後者に於ては時により導管の破損個所からの漏洩、又は貯湯槽から溢出する個所に於て藻類等の發生するものを採集するの便宜がある程度である。此の如き狀況に立ち至ると、

STOCKMAYER が主張する如く温泉生物の保護が吾々の立場から必要となるのである。故に前述の標準から、吾々の研究に於ては排湯中に發育するものは唯参考に供するに止めた。

扱て吾々が研究を完了した温泉を表示すれば次の如くである。

- | | |
|-----------|----------|
| 北海道温泉の一部 | 安達太郎山温泉群 |
| 吾妻山温泉群の一部 | 那須温泉群 |
| 箱根温泉群 | 奈良縣下2温泉 |
| 阿蘇温泉群 | 指宿温泉群 |

此等と既に諸氏によつて報告された温泉とを合しても僅かに220個所に過ぎないのであるが、其等を泉質別にすると次の如くである。

第3表 研究完了温泉の泉質

泉質	個所数	泉質	個所数
單純泉	35	綠礬泉	21
單純炭酸泉	3	明礬泉	4
土類泉	1	酸性泉	7
アルカリ泉	6	硫黄泉	25
食鹽泉	13	泉質不明泉	78
炭酸鐵泉	5	計	220

III 温泉植物の種類

扱て前に述べた如くに我々の研究は未だ全く終了したのではなく、材料を採集した温泉の漸く半數の結果を得たのに過ぎぬ。今後尙數年を費して初めて本邦温泉植物の概念を得られることと思はれる。實際研究の進むに従ひ、現在とても判明した植物の數は増加しつつあるので、研究完了の曉に始めて其結果を云々すべきであり、時期尙早と考へられるのであるが、今日迄に得た所を次に中間報告の意味で記述することとする。

そこで現在迄に調査を完了した温泉220個所に就いて、其温泉植物を見ると總計99屬278

第4表 温泉植物の數

分類	屬數	種數	變種數	分類	屬數	種數	變種數
細菌類	15	32	1	綠藻類	13	18	—
藍藻類	42	180	25	車軸藻類	1	1	—
鞭毛類	2	3	—	褐藻類	1	1	—
珪藻類	19	32	11	紅藻類	2	2	—
接合藻類	4	9	1	合計	99	278	38

種36變種となり(第4表)、藻

菌類、真菌類及び地衣類を除いた葉狀植物の9綱を網羅して居る。そして其生育範圍を検すると、溫度は11—86°、pH値は1.2—9.2の廣範圍に

互つて居る。又各植物群を見ると、藍藻類が最も多數に發見され、次で珪藻類、細菌類、綠藻類となり、接合藻類、鞭毛類、車軸藻類、褐藻類、紅藻類は甚だ僅少である。然しながら珪藻類を更に専門的に精査すれば多數の種類が知られることと信ぜられるが、目下其運となつて居らぬのは甚だ遺憾である。次に植物各群に就いて簡単に述べることにする。

1) 細菌類 此類は主として硫黄細菌類が是迄調べられて居り、其關係上他の細菌類より比較的好く知られて居る。此等の内でも *Chromatium* 屬のものが最も多く6種を算し、之に次で *Beggiatoa*, *Thiobacillus* 及び *Leptothrix* 屬のものが共に4種宛発見された。今試に此類の10個所以上の温泉に於て発見された種を挙げると第5表の如くで9種を數へ

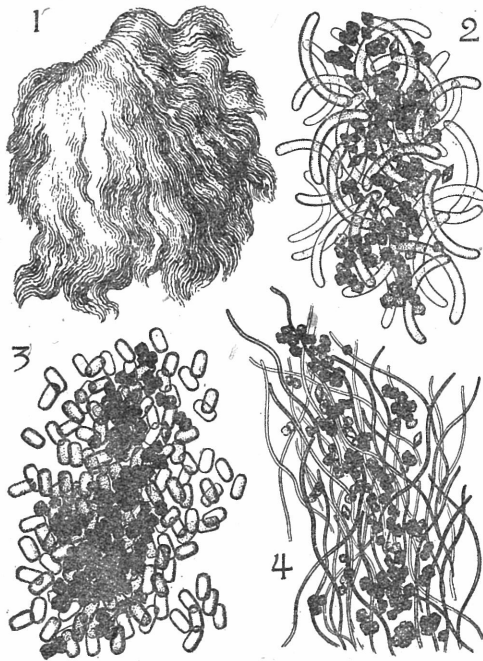
第5表 10個所以上の温泉に発見された細菌と其生育範圍

種名	温泉數	生育範圍	
		溫度 C°	pH
<i>Thiobacillus thermanus</i>	113	22 — 86	1.2—7.0
<i>Th. crenatus</i>	75	22 — 86	1.2—7.0
<i>Th. lobatus</i>	75	30 — 80	1.2—7.0
硫黄芝	29	30 — 80	2.8—7.8
<i>Thiobacillus umbonatus</i>	23	23.5—80	1.2—7.0
<i>Leptothrix ochracea</i>	11	11 — 69	3.2—7.5
<i>Beggiatoa leptomitiformis</i>	10	29 — 50	7.0
<i>Chlamydothrix thermalis</i>	10	27 — 81	—
<i>Gallionella ferruginea</i>	10	20 — 58	5.6—7.1

る、そして其生育狀況を見ると大體に於て硫黄細菌は酸性温泉に、鐵細菌はアルカリ性の温泉に發育することが多い様である。然し分布から見ると *Thiobacillus* は現今では地域的に最も廣い範圍に亙つて棲息することが知られて居るのである。

第2圖 硫黄芝

1. 發育狀態 2. A型 3. B型 4. C型



次に硫黄芝は温泉流中にあつて數纏に及ぶ總狀塊をなし、硫黄粒の沈積によつて白色又は黄白色を呈し、流に従つて恰も草の風に靡くが如くに揺れて居る(第2圖1)。其實體は温泉流中に棲息する細菌が分泌する膠狀物質上に鍍水中に豊富に含有せらるる硫化水素から硫黄を析出して皮殻を生ずるに至るもので、分散して繊細な絲狀をなすに至つたものでも、硫黄の小結晶によつて被はれて居る。現在に於ては第6表に見る如く比較的廣く産するが、今後の調査によつて尙多くの産地が知られることを期待して居る。此硫黄芝の發生範圍は、泉溫30—80°、pH 2.8—7.8 である。而して之を構成する細菌に就いて見ると、最初の発見者三好博士が日光湯元温泉に發生する材料で

第6表 硫黄芝の分布と其型

温 泉 名	發 生 個 所		型
	温度 C°	pH	
北海道層雲峽温泉 陸軍療養所 幸ノ湯	58	6.8	A
同 清ノ湯	74	7.0	C
青森縣 獄温泉	30	2.8	C
岩手縣 臺温泉 瀧ノ湯	37—75	6.8—7.0	C
秋田縣 湯瀬温泉	65	6.8	C
同 一本松温泉	55	5.6	B
山形縣 温海温泉	80.5	6.6	A
宮城縣 川渡温泉 眞蘆ノ湯	33	6.7	?
同 大湯	37	6.6	B
同 陸軍療養所	53	7.1	B
同 田中湯温泉	61	6.8	A
同 中山温泉 蛇ノ湯	45—70	6.8	B
同 鬼首赤澤温泉	31	3.6	?
福島縣 新幕ノ湯温泉	44	5.6	B
同 幕ノ湯温泉	73	6.8	C
同 野地温泉 加藤源泉	66	5.6	B
同 土湯温泉 川上不動湧泉	60	6.8	A
栃木縣 日光湯元温泉 荒湯	64.5	6.8	A
同 自在湯	58	7.2	A
神奈川縣 箱根底倉温泉 247ノ7	63	5.8	B
静岡縣 伊豆山温泉	?	?	?
長野縣 澁温泉	?	?	?
同 中ノ湯温泉	58	6.4	A
奈良縣 上ノ湯温泉	63.2	7.8	A
大分縣 別府 紺屋地獄	57	6.0	B
熊本縣 垂玉温泉 新湯	58	5.4	B
鹿兒島縣 霧島丸尾温泉	77.3	6.8	A
同 手洗温泉	47—62	7.2—7.7	C
臺灣 北投温泉	?	?	B

研究したのであるが、硫黄芝が發育する爲めには温泉が間斷なく流れ、且其水深が浅いことが重要なる條件となされ、若し深い時は水面に近い場所にのみ發生し、礦水が停滯する所には全然生せぬ。又流の緩急によつても色を異にし、急速なる時は淡黄色から白色で、全長 3—5cm となり、緩慢なる時には黄色の濃度が増し、長さも短くなる。細菌の膠狀物によつて作られた塊の内には種々の細菌が存在して居るが(MOLISCH 博士は全體を硫黄芝細菌 [Schwefelrasenbakterien]と假稱した)、主體をなす細菌によつて此硫黄芝を A、B 及び C の 3 型に區別することが出来るのである。即ち A 型) 三日月形をなす細菌が主體をなし、之に弧狀菌又は短桿狀菌が混交して居る(第2圖2)。B 型) 短桿狀菌が主體をなし、前記の

三日月形及弧狀菌は殆ど存在せぬ(第2圖3)。C 型) 纖細な絲狀菌が主で(第2圖4)、此等が集つて總狀をなし、僅かに桿狀菌が混在する。今此等に就いて主なる事項を比較すれば

型	主體をなす細菌の形狀	長さ	幅	發生狀態
A	三日月狀	5.0—56.0 μ	0.7—1.4 μ	滑かにて柔軟
B	桿 狀	1.5— 1.7 μ	0.7—1.4 μ	疎鬆にて硬き感あり
C	絲 狀	—	0.5—0.7 μ	A 型に類するも總房の分散せる感あり

此三型の發生には特に温度及び pH 値には左程關係はない様で、多くの場合に *Thioba-*

cillus thermitanus, *Th. umbonatus* 及び *Th. lobatus* が此總狀塊内に生存せるを發見し、硫黄芝を形成する細菌に附隨する桿狀菌は少くとも其一部は、此等の硫黄酸化細菌であることを確め得たのである。但し pH 値が 7.0 以上の場合に就いては、未だ實驗が不足であるので確實なることは申述べのを差控へたい。

尙 *Beggiatoa alba* なる硫黄細菌は細胞が連つて絲狀をなし、各細胞内には硫黄の小粒を滿し、*Chromatium* の類は橢圓形の細胞で、此内に紅色の色素を有し、硫黄粒を貯へて一本の鞭毛で運動する。又 *Rhodospirillum longum* は前者同様に色素を有するが硫黄粒を有せず、甚だ大きく且螺旋狀で20回も旋回し、長さ 7—250 μ で、活潑に運動する。*Chromatium* と同様に趨化性を示す。其他綠色の硫黄細菌としては *Chlorobium limicola* 及び *Chloronium mirabilis* が知られて居る。

2) 藍藻類 本類は其種數に於ては温泉植物として最も多數を占めるもので、或は *Chroococcus* の如く單細胞、或は *Gloeocapsa* の如く單細胞で其周圍に膠狀物質の層を有し、或は *Spirulina* の如く螺旋狀をなし、或は *Oscillatoria* (ユレモ) の如く多數の細胞が連つて紐狀をなす等、種々の形態を有し、殊に紐狀の *Oscillatoria* の如きは常に振子の如く左右に極緩慢なる運動を行つて居り、之が既述の如くに堀博士により我國温泉植物として始めて報告せられた次第である。何れも細胞中に葉綠素の外に藻青素を含んで多くは青綠色を帯びるが、又藻紅素を含んで紅紫色を呈するものがある。後者の例としては *Myrosarcina chroococcoides*, *Phormidium purpurascens* 等がある。現在知られた藍藻類42屬の内5種

第7表 藍藻類中5種以上(變種も含む)
發見せられた屬と其生育範圍

屬名	種數	變種數	生育範圍	
			溫度 C°	pH
<i>Oscillatoria</i>	37	10	20—67.8	5.3—9.2
<i>Phormidium</i>	22	1	18 — 75	4.8—8.2
<i>Lyngbya</i>	18	—	19 — 68	1.8—7.3
<i>Synechococcus</i>	12	5	27.9—70	5.2—8.2
<i>Chroococcus</i>	6	2	18—67.5	5.2—8.2
<i>Calothrix</i>	6	1	19 — 60	5.6—7.3
<i>Gloeocapsa</i>	6	—	22 — 60	3.8—9.0
<i>Aphanocapsa</i>	5	—	20 — 58	3.3—7.2
<i>Symploca</i>	5	—	31.5—60	5.4—8.1
<i>Xenococcus</i>	2	3	28—54.5	6.0—7.4

以上(變種を加ふ)發見された屬を挙げると第7表となるが、其内でも *Oscillatoria*(ユレモ)、*Phormidium*, *Lyngbya*, *Synechococcus* 屬の種が相當多數に生育することが知られる。又一方此等藍藻類に就いて10個所以上の温泉に發見された種を挙げると第8表の如くなり *Mastigocladus laminisus* は温泉藍藻として最も廣く見られるものであることが知られる。そして

吾々の得た結果から云ふと *Cyanidium caldarium* は硫黄、酸性、明礬、綠礬の各種の温

第8表 10個以上の温泉に発見された藍藻と其生育範囲

種名	温泉数	生育範囲	
		温度 C°	pH
<i>Mastigocladus laminosus</i>	53	37—73	5.2—8.2
<i>Phormidium laminosum</i>	40	28—75	4.8—8.2
<i>Synechococcus elongatus</i> var. <i>amphigranulatus</i>	28	27.9—67	5.3—8.2
<i>Oscillatoria amphibia</i>	26	32—59.2	5.7—8.2
<i>Os. formosa</i>	23	26.5—81	5.6—7.2
<i>Os. geminata</i>	20	36—66	5.6—8.1
<i>Cyanidium caldarium</i>	18	28.7—73	1.2—6.8
<i>Oscillatoria Okeni</i>	16	30—59	5.7—7.3
<i>Phormidium luridum</i>	16	22.5—74	5.2—7.4
<i>Synechococcus elongatus</i>	16	30—70	5.2—7.3
<i>Oscillatoria tenuis</i>	15	25—60	5.3—7.8
<i>Os. terebriformis</i>	15	34—50	5.4—8.1
<i>Phormidium fragile</i>	15	29—52	5.3—8.2
<i>Ph. valderianum</i>	13	34—63	5.3—7.9
<i>Chroococcus turgidus</i>	12	34—62	5.6—8.2
<i>Oscillatoria Cortiana</i>	12	32—61	6.0—8.1
<i>Chroococcus minutus</i>	11	24—67.5	6.1—8.0
<i>Oscillatoria acuminata</i>	11	36—54	5.8—7.5
<i>Os. animalis</i>	11	27.9—55	6.0—9.2
<i>Phormidium Corium</i>	11	18—67	5.5—7.2
<i>Synechococcus elongatus</i> var. <i>vestitus</i>	11	28.2—68	6.2—7.2
<i>Phormidium angu tissinum</i>	10	29—66.2	6.2—8.0
<i>Ph. orientale</i>	10	32—63	5.6—7.2
<i>Ph. tenuis</i>	10	20—63	5.6—7.8

泉に殆ど凡ての場合に発見される種で、殊に明礬及び酸性泉に於て、後述する様に植物数の甚だ少ない場合にも此種が發育して居ることが見られるのは注目すべきことである。

3) 珪藻類 此類は是迄に発見された種類は主として羽狀目(Pennatae)のものが多く、元來此類は單細胞のものが多く、其細胞膜に珪酸を含んで居り、2枚の殻が恰も文箱狀に組合ひ上面觀(殻面)と側面觀(帶面)とが異つて居る。そして其殻には種々な模様を有し、之によつて種屬を分類する際の標徴として居る。其形も桿形、紡錘形、卵形等で、顯微鏡下に美觀を呈して時を忘れしむるものがある。現在では *Finnularia* 屬の

5種2變種が知られて、最も多くの種を包含して居る。その生育範囲は温度は23—64.2°でpH値は3.4—8.2であるが、今後の精査の結果を以て報告することとしたい。

4) 綠藻類 綠色の藻類で葉綠素を有することは言を俟たぬ、單細胞或は其群體又は多細胞から成る、従つて形態は一様でなく、絲狀、樹枝狀等をなす。材料が比較的少いのであるが、最も多く発見されたのは *Oedogonium* (サヤミドロ) の類であるが、種の決定されて居らぬのは甚だ遺憾である。また樹枝狀を呈する *Pithophora kewensis* が栃木縣那須地蔵湯温泉に発見されて、我國に於ける本屬分布の北限と考へられることも注目すべき発見である。

以上の外、鞭毛類、接合藻類、車軸藻類、褐藻類、紅藻類の5類は今迄に発見数が甚だ少く、又採集時期の不適當の爲めに繁殖器官が發育せず、或は材料が少量に過ぎる等の理由

で、其種も明瞭でないものがあるので正確を期し難く、此等に關しては珪藻類と同じく今後に譲ることとしたい。

IV 温泉植物の生態學的觀察

温泉生物が温泉中に生活するが爲めの條件として重要な事項は、既に度々述べた所で、日光を受けるや否やも問題となるのは勿論であるが、茲では泉質、泉温及び水素指數(pH)の三項目に關して述べることにする。

1) 泉質 調査を完了した源泉總數220個所から發見された植物の數を泉質別にして見ると(第9表)、單純泉に最も多く總數の27.6%を占め、次に食鹽泉に14.3%、硫黃泉に

第9表 温泉植物と泉質

泉質	單純泉	單純炭酸泉	土類泉	アルカリ泉	食鹽泉	苦味泉	炭酸鐵泉	綠礬泉	明礬泉	酸性泉	硫黃泉	泉質不明泉	計
細菌類	11	4	—	8	9	11	3	11	6	4	22	11	100
藍藻類	118	11	1	17	77	30	25	36	1	1	38	87	442
鞭毛類	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	3
珪藻類	31	—	—	1	3	9	1	1	1	1	3	13	64
接合藻類	7	1	—	—	—	—	—	1	—	1	2	1	13
綠藻類	10	3	—	—	3	3	—	—	—	—	—	5	24
車軸藻類	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
褐藻類	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1
紅藻類	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	2
計	180	19	1	27	93	59	29	49	8	7	66	118	650

10%、苦味泉に8.1%、綠礬泉に7.5%、炭酸鐵泉に4.4%、アルカリ泉に4.1%、單純炭酸泉に2.9%、明礬泉に1.2%、酸性泉に1.0%、そして土類泉には僅かに0.1%を發見したに過ぎぬ(泉質不明泉は18.1%を示し第2位であつたが、之は考慮外に置く)。

此結果を温泉動物に就いて比較すると、矢張り單純泉が最も多數を占めて19.3%、硫黃泉が第2位で18.3%、食鹽泉は11.5%で第5位を占めて居るのである。

扱て、此等の植物は如何なる群に屬し、又同じ泉質を有する温泉内に如何なる比率を以て各植物群が發見されるかを見よう。

イ) 單純泉 本温泉内には7植物群が發見され、藍藻類が最も多く、全數の65.5%に上り、他の植物は比較的少く、珪藻類は17.2%、細菌類は6.1%、綠藻類は5.5%、接合藻類は

3.8%を示し、鞭毛類、紅藻類に至つては甚だしく、夫々1.1、0.5%に過ぎぬ。そして車軸藻類、褐藻類は全く見ることが出来ぬ。

ロ) 食鹽泉 本温泉内に發生する植物群は4群を含み、鞭毛類、接合藻類、車軸藻類、褐藻類の出現なく、矢張り藍藻類が第1位を占めて82.7%、次で細菌類の9.6%、珪藻類及び綠藻類は共に3.2%、紅藻類は1.0%と皆少數となつて居る。

ハ) 硫黄泉 本温泉は5植物群を含み、綠藻類、車軸藻類、褐藻類及び紅藻類は出現せぬ。藍藻類が57.5%を占めて第1位となり、細菌類が之に次いで33.3%を示し、他は珪藻類、接合藻類、鞭毛類が夫々4.5、3.0、1.5%を示すに過ぎぬ。

ニ) 苦味泉 本温泉は4植物群を含み、矢張り藍藻類が最も多數に發見されて56.6%を占め、他群は甚だしくして細菌類は20.7%、珪藻類は16.9%、綠藻類は5.6%を占めるに過ぎず、鞭毛類、接合藻類、車軸藻類、褐藻類及び紅藻類は出現せぬ。

ホ) 綠礬泉 本温泉には4植物群が發見された、そして藍藻類が大半で73.4%を占め、細菌類は22.4%、珪藻類及び接合藻類は共に2.0%を示すに過ぎず、他の群即ち鞭毛類、綠藻類、車軸藻類、褐藻類及び紅藻類は見られなかつた。

ヘ) 炭酸鐵泉 本温泉は3植物群を含み、藍藻が大部分を占めて86.2%を示し、次いでは甚だ少くなり、細菌類の10.3%、珪藻類の3.4%を見るに過ぎぬ。そして鞭毛類、接合藻類、綠藻類、車軸藻類、褐藻類、紅藻類は全くその發生を見ない。

ト) アルカリ泉 本温泉は4植物群を含み、藍藻類62.9%に次いで細菌類は29.6%、珪藻類及び紅藻類は共に3.7%を示すに過ぎぬ。そして鞭毛類、接合藻類、綠藻類、車軸藻類及び紅藻類は發育して居らぬ。

チ) 單純炭酸泉 本温泉内に發見される植物数は少いのであるが、4植物群を含み、藍藻類は57.8%を占めて最も多く、細菌類が之に次いで21.0%を、綠藻類は15.7%を、接合藻類は5.2%を占めたに過ぎぬ。そして鞭毛類、珪藻類、車軸藻類、褐藻類、紅藻類は發見し得なかつた。

リ) 明礬泉 本温泉内にも植物の發生甚だしく、3植物群を含むが、細菌類が75.0%で首位を占め、藍藻類及び珪藻類が共に僅々12.5%を占めるに過ぎず、鞭毛類、接合藻類、綠藻類、車軸藻類、褐藻類及び紅藻類は發見し得なかつた。

ヌ) 酸性泉 本温泉は4植物群を含み、細菌類が57.1%を占め、他の藍藻類、珪藻類及び接合藻類が共に14.2%を示すに過ぎぬ。鞭毛類、綠藻類、車軸藻類、褐藻類及び紅藻類は出現せぬ。

ル)土類泉 本温泉の数が元來少數であるが、その内に発見された植物は唯藍藻が1種だけであるので、現在に於ては比率を示すことは尙早と考へるので後日の結果を待つこととする。

以上各種の温泉内に発見された植物群の比較を見ると、藍藻類が最も多く、出現植物總數の68.0%を示して第1位を占め、次いで細菌類が15.5%、珪藻類が9.8%、綠藻類が3.7%、接合藻類が2.0%、鞭毛類0.4%、が紅藻類が0.3%を占め、最後に車軸藻類及び褐藻類が共に0.1%を占めて居る。而して前記明礬泉と酸性泉に於てのみ細菌類の發生が藍藻類を凌いで居ることは興味がある。勿論此係數も更に精査の嚙には多少の變化あることと思はれる。

2) 泉温 温泉の有する温度も亦温泉植物の棲息と密接な關係があることは言を俟たない。そして我國各温泉内に発見された植物は 11—86° に生育することも既に述べた所である。吾々が調査して得た出現種總數628に就いて便宜上每 10° を基準として各植物群の出現種數を表示した(第10表)。之によると30—40° に於て最も多數の植物が棲息して居ることが認められ、總數の32.2%を占めて居り、次には40—50° の25.6%である。而して 20—30° と

第10表 温泉植物と温度

温度 C°	10	20	30	40	50	60	70	80	90	計	
細菌類	—	1	20	22	21	14	9	7	3	—	97
藍藻類	—	8	50	137	118	79	26	5	1	—	424
鞭毛類	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	3
珪藻類	—	—	13	24	12	4	1	—	—	—	54
接合藻類	—	—	6	6	3	—	1	—	—	—	16
綠藻類	—	1	6	12	6	2	1	—	—	—	28
車軸藻類	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	2
褐藻類	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1
紅藻類	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—	3
計	0	11	99	203	161	100	38	12	4	0	628

50—60°の兩範圍内では殆ど同比率(15.9 15.7%)で、然も30—40°の場合の約半数であることは甚だ興味深いことで、更に60°以上に至ると植物は甚だ僅少となるのである。此の如くにして我國の温泉植物としては好高温群叢中에서도所謂中温泉に棲息するものが最も多數を占めて居ることを知るのである。

動物に於ける泉温との關係を比べると、植物に於けると同様に30—40°が最も多數であつて、発見總數366種の52.7%が此範圍内に生育して居るのである。

今各植物群に就いて夫々の生育温泉範圍の關係を検すると、細菌類に於て 10—20° 及び

80—90° は甚だ少數で總數に對する比率は夫々1.0%及び3%に過ぎぬ、そして60—70° 及び70—80° とに於ては略同率(9.2及び7.2%)である、又50—60° に於ては70—80° の2倍(14.4%)となり20—30°、30—40° 及び40—50° の三者も亦殆ど同率(20.6、22.6及び21.6%)で且多數を示し、此等の溫度が温泉細菌類の生育に適すると考へられる。そして *Thiobacillus crenatus* 及び *Th. thermitanus* が共に大分縣別府蔦地獄の86°地點に於て發見されて居るが、之は恐らく細菌類に關しては最高溫度ではないかと思はれ、又現在に於て温泉植物中最高溫度に棲むものの例である。

藍藻類は前掲の植物種數に見ても明かなるが如く、其過半数即ち65.2%を算し、如何に此類が温泉と關係が深いかを思はせるが、細菌類に於けると同様に10—20°、70—80° 及び80—90° の場合が甚しく少數で、夫々1.8、1.1及び0.2%を占めるに過ぎぬが、20—30° に於ては60—70° の率(6.1) 殆ど2倍(11.7%) 又50—60° に於ては同じく3倍(18.6%) となつて居る。然るに最高率の30—40° の場合(32.3%) は40—50° の場合(27.8%) よりも約5%を増して居り、細菌類とは異なることが知られる。此類の最高溫度に於て發見された種は *Oscillatoria formosa* で大分縣別府噴火口地獄の81°地點で知られた。

鞭毛類は發見種數僅かに3種に過ぎず、今後の研究に待つ所が多いのであるが、50° が最高溫度で、大分縣別府海地獄に於て *Euglena* の1種が發見されて居る。

珪藻類も亦前者と同様で、現在の知見では60—70° が最少率(1.8%)を示し、50—60° が之に次ぎ(7.4%)、20—30° 及び40—50° は前者の略3倍を占めて居る。即ち24.0 及び22.2%である。而して最高率を示す30—40° の場合は更に40—50° に於けるものの2倍に相當して44.2%を占め、*Surirelle ovalis* が北海道阿寒湖畔温泉で64.2° に於て發見されたのが最高溫度の場合である。

接合藻類は60—70° に於て最も少數(6.2%)を示し、次いで40—50° に於て18.7%、20—30° 及び30—40° は共に前者の2倍を算して37.4%で、同時に最高率である。そして此類も前者と同様に數が少いが、現在では *Cosmarium Lundelli* var. *elliptica* が栃木縣那須大丸温泉の66° に發見されたのが最高溫度の例である。

綠藻類は10—20° 及び60—70° に於ては同率(3.5%)で、然も最小率である、そして50—60° が之に次ぎ(7.1%)、20—30° 及び40—50° は共に前者の3倍(21.4%)となり、30—40° にあつては最高率(43.5%)となつて實に前兩者の約2倍を占めて居るのである。尙綠藻類は接合藻類と同じく66° が最高溫度で、*Oedogonium* (サヤミドロ) の1種が栃木縣那須大丸温泉に於て發見された。

3) 水素指數 pHも亦泉質及び泉温と共に温泉植物の發育を左右すると考へられる。今迄に發見された植物は pH>1.2 から 9.2の廣範圍に互つて居る。元來 pH の測定は比較的近期に行はれ初めた爲め、古い報告には記載がない。従つて其記録が温度に關するものよりも僅少であるのも亦已むを得ぬ次第である。それで茲に記述する爲めに蒐集し得た材料、即ち出現種數は温度の場合よりは少く、466種である。大體 1.0 毎の基準を以て各植物群の出現種數を表示した(第11表)。

第 11 表 温泉植物と水素指數

pH 値	1.2	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	計
細菌類	1	4	4	6	6	8	14	8	—	—	51
藍藻類	—	2	2	4	7	73	152	72	15	3	330
鞭毛類	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1
珪藻類	—	—	—	2	2	8	23	9	3	—	47
接合藻類	—	—	—	2	—	3	4	2	—	—	11
綠藻類	—	—	—	—	1	3	12	5	—	—	21
車軸藻類	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	3
褐藻類	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
紅藻類	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	2
計	1	6	6	14	16	96	208	98	18	3	466

之によると、pH=6.0—7.0 に於て最も多く、總數の 44.6% を示し、其兩側 5.0—6.0 及び 7.0—8.0 が共に同程度で、夫々 20.4 及び 21.3%、更に此等の兩側、4.0—5.6 及び 8.0—9.0 も亦約同程度で、夫々 3.4 及び 3.8% となつて居ることは興味深く、それ以上に pH が小又は大となる時は、出現種數は少くなるが其減少度はアルカリ性側に於て殊に甚しい。即ち 3.0—4.0、2.0—3.0、1.2—2.0 に於ては夫々 3.0、1.2、1.2% であるに反し、9.0—10.0 に於ては一層少くして僅かに 0.6% となり、然も pH が 9.0 臺は僅かに 9.2 が最大値である。

温泉動物に就いて pH との關係を検すると、7.0—8.0 に於て最も多數の動物が生育する。即ち發見種數 412 の 31.8% で、植物よりも動物はアルカリ性側に於て最多數發育することを示すもので著しいことと思はれる。

扱て植物各群と pH との關係を見ると、細菌類は 6.0—7.0 に於て最も多く發見されて 27.4% を占め、5.0—6.0 及び 7.0—8.0 に於ては同率 (15.6%) を示し、又 3.0—4.0 及び 4.0—5.0 も亦同率 (11.7%)、そして 1.2—2.0 及び 2.0—3.0 も亦同率 (7.8%) を示して居るのは面白いことである。そして *Thiobacillus* 屬 4 種が先に 1.2 の如き小さい値を有する場所から發見された。即ち大分縣別府塚原温泉である。又最大の pH 値は 7.8 で、奈良縣上ノ湯温泉がその例であ

り、此處からは硫黄芝が発見されたのである。

藍藻類は6.0—7.0に於て矢張り最も多く發生して46.3%を算し、5.0—6.0及び7.0—8.0の場合では略同率(22.2及び21.9%)を示し、其他の範圍に於ては皆甚しく種數を減じて居る。それで最も酸性の場合(pH=1.2)は北海道川湯温泉で、*Cyanidium caldarium*が発見され之が生育範圍は1.2—6.8である。又最もアルカリ性の場合(pH=9.2)は大分縣別府八幡地獄で、此處からは *Cylindrospermum muscicola*, *Oscillatoria animalis* 及び *Scytonema varium* が発見され、其生育範圍は夫々9.2、6.0—9.2及び5.6—9.2である。

珪藻類は6.0—7.0に於て最も多數が知られ、其率は49.2%である。そして5.0—6.0及び7.0—8.0の兩者に於ては略同率を占めて17.0及び19.5%を示し、3.0—4.0、4.0—5.0及び8.0—9.0は共に甚だ少く、夫々4.2、4.2及び6.3%となつて居る。又最小値は3.4で北海道和琴温泉に於て *Pinnularia Braunii* var. *amphicephala* が発見され、最大値は8.2で *Nitzschia* の一種が北海道羅臼温泉に於て発見された。

接合藻類の生育範圍は3.4—7.4である。6.0—7.0に於て最高率が見られて36.3%、次ぎは5.0—6.0で27.2%を示し、3.0—4.0及び7.0—8.0は共に同率で18.1%を示して居り、最高率の約半數である。最小値(pH=3.4)は熊本縣湯ノ谷温泉傘地獄で、*Mougeotia* の一種が知られ、又最大値(pH=7.4)は福島縣土湯温泉の不動湯で、*Cosmarium Botrytis* が発見された。

綠藻類も矢張り6.0—7.0に於て57.1%の最高率が占られ、5.0—6.0及び7.0—8.0の率(23.8%)の2倍以上に達し、4.0—5.0に於ては4.7%で最も少いことが知られる。此類の生育範圍は4.4—8.0で、最小値は神奈川縣箱根姥子温泉で、不等毛類の *Botryochloris minima* が発見され、又最大値は北海道羅臼温泉で、此處からは *Stigeoclonium thermale* が知られた。

次に鞭毛類は発見された種が甚だ少いことは前述の如くで、5.0—8.0に於て知られて居る。最小値は5.1で大分縣別府海地獄に於て *Euglena* の1種が発見され、又最大値は7.2で福島縣岩代熱海温泉で *Phacus* の1種が発見されて居る。

車軸藻類の生育範圍は5.5—7.1で、大分縣別府海地獄の1源泉(pH=5.5)と、同じく別府乙原温泉(pH=7.1)でシャジクモ(*Chara*)の1種が発見されたに過ぎぬ。

紅藻類は唯 *Chantransia* 及び *Rhodochorton* の種が、栃木縣那須北温泉(pH=6.4)と神奈川縣箱根底倉蛇骨瀧附近温泉(pH=7.0)で発見されたのみである。

褐藻類に至つては報文が古く、pHの記録が遺憾ながら無い。

總 括

以上述べ來つた所は日本産温泉植物研究結果の現状であつて、實は此報告を記載中にも數個所の温泉から得た新事實が相當にあつた次第であるが、兎に角既述した所を總括して見ることとする。

1. 温泉植物は、細菌類、藍藻類、鞭毛類、珪藻類、接合藻類、綠藻類、車軸藻類、紅藻類の9綱を包含し、就中藍藻類が最も多く發生する。

2. 細菌類では *Chromatium* 屬が最も多くの種が知られて居るが、*Thiobacillus* 屬の種は分布が最も廣い。藍藻類では *Oscillatoria* 屬、*Phormidium* 屬及び *Lyngbya* 屬の3屬が多いが、*Mastigocladus laminosus* は他の種に比し甚だ廣く分布して居り、温泉植物として最も普通な種と考へられる。珪藻類は現在知られて居る種は比較的少數であるが、精査により相當數に上ると考へられる。綠藻類も相當に知られて居るが、殊に目立つて多いと考へられぬ。接合藻類、車軸藻類、褐藻類、紅藻類の4綱は温泉中に發生するものが少く、殊に後3綱に於て然り。

3. 温泉の種類に就いて見ると、單純泉に最も多くの植物が發育し、食鹽泉、硫黃泉、綠礬泉、炭酸鐵泉、アルカリ泉、單純炭酸泉、明礬泉、酸性泉、土類泉の順序となる。

4. 温泉植物の生育し得る溫度は11—86°であつて、最も多くの植物を涵養する溫度は30—40°である。そして最高溫度に於て生育するものは *Thiobacillus crenatus* 及び *Th. thermitanus* である。各綱に屬する植物の生育溫度範圍は、細菌類は11—86°で、此點は全温泉植物の生育範圍に等しい。藍藻類は18—81°、鞭毛類は22.5—50°、珪藻類は23—64.2°、接合藻類は20—66°、綠藻類は11—66°、車軸藻類は30—37°、褐藻類は18°、紅藻類は30—54°である。

5. 温泉植物の生育し得る pH 値は 1.2—9.2 で、最も多く發生する pH 値は 6.0—7.0 である。そして各綱に屬する植物の生育範圍は、細菌類は 1.2—7.8、藍藻類は 1.2—9.2 で、最も廣い範圍を有して、全植物のものと等しい。鞭毛類は 5.1—7.2、珪藻類は 3.2—8.2、接合藻類は 3.4—7.4、綠藻類は 4.4—8.0、車軸藻類は 5.5—7.1、紅藻類は 6.4—7.0 で、褐藻類は不明である。

6. 温泉植物と温泉動物の發生種數を泉質に就いて檢すると、兩者共に單純泉が最多數であるが、第2位は動物では硫黃泉、植物では食鹽泉となつて、硫黃泉は第3位である。而して其等の生育範圍を比較すると、溫度に就いては兩者共に30—40°に於て最多數を占める。

が、pH 値に就いては温泉植物は温泉動物よりも酸性側に最多數を見るのである。即ち動物の7.0—8.0に對し、植物では6.0—7.0を示した。

文 獻

1. 日本産温泉植物に關するもの

- 1) 江本義數: 温泉の微生物 科學, 2. 1925, 726.
- 2) EMOTO, Y.: Über eine neue schwefeloxydierende Bakterie. Vorl. Mitt. Bot. Mag. (Tokyo), 42. 1928, 421.
- 3) EMOTO, Y.: Über drei neue Arten der schwefeloxydierenden Bakterien. Proc. Imp. Acad., 5. 1929, 148.
- 4) 江本義數: 本邦硫黄泉に生棲する硫黄酸化細菌の研究 日本學協報, 6. 1930, 577.
- 5) EMOTO, Y.: Verbreitung der schwefeloxydierenden Bakterien in den Thermen Japans. Bot. Mag. (Tokyo), 47. 1933, 6.
- 6) EMOTO, Y.: Die Mikroorganismen der Thermen. Bot. Mag. (Tokyo), 47. 1933, 268.
- 7) EMOTO, Y.: Studien über die Physiologie der Schwefeloxydierenden Bakterien. Bot. Mag. (Tokyo), 47. 1933, 405, 495, 567.
- 8) 江本義數: 我國温泉中に生棲する微生物 實踐醫學, 4. 1934, 1; 植及動, 2. 1934, 1001.
- 9) 江本義數: 我國温泉中に生棲する硫黄酸化細菌に就いて 學習院時報, 23, 1934, 5.
- 10) 江本義數: 温泉中に棲息する生物 理學界, 35. 1937, 132, 851; 温泉, 9. 1938, 118.
- 11) 江本義數: 温泉植物の研究, 殊に硫黄酸化細菌の分布に就いて 日本學協報, 14. 1939, 521.
- 12) 江本義數: 日本の温泉植物 温泉 10. 1939, 十周年紀念號, 145.
- 13) 江本義數, 廣瀬弘幸: 日本産温泉植物の研究 I. 那須温泉群の細菌類及び藻類 植及動, 7. 1939, 2009; 8. 1940, 31, 395.
- 14) 江本義數, 米田勇一: 日本産温泉植物の研究 II. 阿蘇温泉群の細菌類及び藻類 生態研, 6. 1940, 1.
- 15) 江本義數, 廣瀬弘幸: 日本産温泉植物の研究 III. 箱根温泉群の細菌類及び藻類 植研雜, 16. 1940, 347, 405.
- 16) 江本義數, 廣瀬弘幸: 日本産温泉植物の研究 IV. 安達太郎山及び吾妻山(一部) 温泉群の細菌類及び藻類 植及動, 8. 1940, 1577, 1721, 1883.
- 17) 江本義數: 日本産温泉植物の研究 V. 硫黄芝に就いて 日本學協報, (印刷中).
- 18) 江本義數, 米田勇一: 日本産温泉植物の研究 VI. 指宿温泉群の細菌類及び藻類 生態研, 6. 1940, 257.
- 19) 江本義數: 日本の温泉生物 日本温泉大鑑, 1941, 412.
- 20) HAMA, T.: Studien über eine neue Rhodospirillumart aus Yumoto bei Nikko. Journ. Sc. Hiroshima Univ., Ser. B, Div. 2. 1. 1933, 135.
- 21) 堀正太郎: 温泉中ノ植物 植雜, 4. 1890, 19.
- 22) JIMBO, T.: Observation on purple and green bacteria in a sulphur spring at Yumoto, Nikko. Bot. Mag. (Tokyo), 51. 1937, 872.
- 23) JIMBO, T.: Die Verbreitung der Purpur- und Grünbakterien in Yumoto (Nikko) in Beziehung zur Schwefelwasserstoffkonzentration. Sc. Rept. Tohoku Imp. Univ., 4 Ser., 13. 1938, 229.
- 24) 神保忠男: 日光湯元の赤色及び綠色細菌の生態 (I) (II) 生態研, 4. 1938, 39; 289.
- 25) 神保忠男: 八甲田山酸ヶ湯温泉の硫黄細菌 生態研, 5. 1939, 66.
- 26) MIYOSHI, M.: Über das massenhafte Vorkommen von Eisenbakterien in den Thermen von Ikao. Journ. Coll. Sc. Imp. Univ. Tokyo, 10. 1897, 139.
- 27) MIYOSHI, M.: Studien über Schwefelrasenbildung und die Schwefelbakterien der Thermen Yumoto bei Nikko. Journ. Coll. Sc. Imp. Univ. Tokyo, 10. 1897, 145.
- 28) MIYOSHI, Y.: Researches on the biology of some mineralsprings in Japan. Bot. Mag. (Tokyo), 11. 1897, 285.
- 29) MOLISCH, H.: Pflanzenphysiologie in Japan auf Grund einiger Beobachtungen. 1926.
- 30) NAKAMURA, H.: Über das Auftreten des Schwefelkugelchens in Zellinnern von einiger niederen

- Algen. Bot. Mag. (Tokyo), 51. 1937, 529.
- 31) 中村浩: 緑色細菌 *Chlorobium limicola* NADSON ノ光合成=就イテ, 植雑, 54. 1840, 48.
 - 32) 中村浩: 始原生物に關する一考察 科學, 10. 1940.
 - 33) 根來健一郎: 那須温泉の珪藻フロラ (豫報) 植雑, 54. 1940, 63.
 - 34) 岡田要之助: 八甲田山酸ヶ湯温泉附近の温泉産藍藻 生態研, 5. 1939, 259.
 - 35) REIN, J.: Vorkommen von Algen in Thermalwasser von hohen Temperatur. *Sitzber. nieder-rhein. Bonn*, 1896.
 - 36) 阪下榮作: 大分縣下の温泉中に棲息する生物に就いて 富高博物同好會, 第4號.
 - 37) 徳田省三: *Chromatium gracile* STREZESWIKI ノ變形=就イテ (豫報). 植雑, 50. 1936, 338.
 - 38) 米田勇一: 日本藍藻類 I, II, III, IV, V. 植分地, 6. 1937, 179; 7. 1938, 88; 139; 8. 1939, 32; 9. 1940, 39.
 - 39) 米田勇一: 北海道に於ける温泉藻類の研究 1. 2. 植分地, 8. 1939, 104, 148.
 - 40) 米田勇一: 日本産温泉植物の研究 VII. 北海道に於ける温泉藻類の研究 (3) 植分地, 9. 1940, 192.

2. 外國産温泉植物に關するもの

此等に關しては拙著 (6) を参照せられたく、其後に發表された主な報告のみを掲げる。

- 1) BISHOP, A. S.: Contribution al conocimiento de las Algas de las fuentes termales de Ixtapan de la sal. *Anal. Inst. Biol. Mexico*, 3. 1932, 49.
- 2) COPELAND, J.: Yellowstone thermal myxophyceae. *Ann. N. Y. Acad. Sc.*, 36. 1936, 1.
- 3) FAMIN, M.: Contribution à l'étude systématique et biologique de la flore thermale française. *Trav. Cryptogam.*, 1931, 71.
- 4) FILARZKY, K.: Die Characeen und einige andere seltene Algen der Ofener Thermalgewässer. *Magy. Tud. Akad. Math.-Termeszett. Erteszo* 47. 1930, 652.
- 5) GYÖRFFY, J. et all: Monographie der Thermalvegetation von Hajduszoboszlo in Ungarn. *Arch. f. Protistenk.*, 76. 1932, 274.
- 6) KLÁŠ, Z.: Zwei neue Schwefelbakterien. *Arch. f. Protistenk.*, 88. 1936, 121.
- 7) KLÁŠ, Z.: Thiosiphon, eine neue Gattung der Schwefelbakterien. *Sitzb. Akad. Wiss., Wien, Math.-Nat. Kl.*, Abt. 1. 145. 1936, 209.
- 8) KRASSE, G.: Beiträge zur Kenntnis der Diatomeen-Vegetation von Island und Spitzbergen. *Arch. f. Hydrobiol.*, 3. 1938, 503.
- 9) SCHWABE G. H.: Über einige Blaualgen aus dem mittleren und südlichen Chile. *Verhandl. Deut. wiss. Vereins, Santiago, Chile*, N. F. 3. 1936, 113.
- 10) SCHWABE, G. H.: Über Thermalbiotope in Süd-Chile. *Verhandl. Deut. wiss. Vereins, Santiago, Chile*, N. F. 3. 1936, 147.
- 11) SCHWABE, G. H.: Beiträge zur Kenntnis islandischer Thermalbiotope. *Arch. f. Hydrobiol.*, Supp.-Bd. 6. 1936, 161.
- 12) STRAUHAL, H.: Biologische Untersuchungen an der Thermen von Warmbad Villach in Kärnten mit Berücksichtigung der Thermen von Badgastein. *Arch. f. Hydrobiol.*, 26. 1934, 323, 495.

圖版説明

1—8 細菌類、 9—17 藍藻類、 18—23 珪藻類

1. *Beggiatoa alba* a. 硫黄粒少きもの、 b. 多きもの、 2. *Chromatium Weissii*. 3. *Rhodospirillum longum*. 4. *Thiothrix nivea* var. *verticillium*. 5. *Leptothrix discophora*. 6. *L. ochracea*. a. 一部の擴大、 b. 細菌體を示す。 7. *Gallionella ferruginea*. a. 鐵の沈澱したきもの、 b. 細菌と其分泌せる粘質物、 c. 細菌、 d, e. 同上の分裂。 8. *Leptothrix trichogynes*. 9. *Gloeocapsa gelatinosa*. 10. *Mastigoladus laninosus*. 11. *Calothrix thermalis*. 12. a. *Synechococcus elongatus*. b. *S. elongatus* var. *amphigranulatus*. 13. *Lymngbya maiuscula*. 14. *Cyanidium caldarium*. 15. *Spirulina subsalsa*. 16. *Oscillatoria princeps*. 17. *Os. amphibia*. 18. *Surirella ovalis*. 19. *Epithemia sores*. 20. *Cymbella cistuta*. 21. *Pinnularia viridis*. 22. *P. appendiculata*. 23. *P. molaris*.

江本論文附圖

