

日本温泉科学会第 54 回大会

一般講演要旨

1. 東北・九州地熱資源図における温泉データの取り扱い

産総研・地圏資源環境研究部門 野田 徹郎

Water Analysis Data Treatment for Preparation of Tohoku and Kyushu Geothermal Resources Maps

Institute for Geo-Resources and Environment, AIST Tetsuro NODA

産業技術総合研究所では、“地熱資源（温泉資源）の分布”を“温泉の地理的分布及び地質・重力構造”から解釈し図示した地熱資源図を作成している。これまでに、特に我が国の高温温泉資源の宝庫である東北日本と九州の縮尺 100 万分の 1 の地熱資源図を作成した。

温泉の特性は、温泉、pH、化学性状（泉質区分）を指標として記号化し、ベースマップである広域地質図上に温泉位置を落とした。また、これらの特性から求めることのできる起源水分類も行った。以上の諸特性の分布と、地質区分、第四紀火山、堆積盆との位置関係から地熱資源（温泉資源）の賦存域を推定した。推定した地熱資源の種類は大別すると、

1. 第四紀火山に関連する地熱資源賦存地域
2. 第四紀火山に関連しない地熱資源賦存地域
3. 深層熱水資源賦存地域

であり、これらを幾つかのサブタイプに分類している。本図により、両地域の広域的な地熱資源（温泉資源）賦存の様子を概観することができる。

2. 三重県における温泉成分の化学的特性について

三重県化学技術振興センター保健環境研究部

富森 聡子・橋爪 清・長谷川 圭司
林 克弘・小川 正彦・中山 治

Properties of Hot Springs Elements in Mie Prefecture

Public Health and Environment Research Division,

Mie Prefectural Science and Technology Promotion Center

Satoko TOMIMORI, Kiyoshi HASHIZUME, Keish HASEGAWA,

Katuhiro HAYASHI, Masahiko OGAWA, Osamu NAKAYAMA

三重県には、おもな温泉として長島温泉、湯の山温泉、榑原温泉があり、現在 190 余りの源泉がある。長島温泉の井戸の深さは 1,300 m～1,700 m であり、泉温は 50～60℃ と高温で湯量も多い。湯の山温泉は約 1300 年前に修行僧に発見された放射能泉と、最近掘削されたアルカリ単純温泉で泉

温も比較的高い、2種類の異なった源泉群がある。榊原温泉は平安時代から湯治場として利用され、清少納言の「枕草子」に書かれている七栗の湯である。成分はpHが9~10、アルカリ単純泉で炭酸水素塩の比率が多い単純泉で、浴用後さっぱり感がある。

近年の温泉ブームもあり、古くからある源泉の近くで掘削技術の進歩により深井戸の源泉が増加している。新しく開発された源泉と共に過密状態となり、泉質低下が懸念されるようになってきた。そこで行政上、温泉水の適正使用が重要な課題となり、温泉の所在地域別に再調査を行ってきた。

行政検査を行うことで、現在の温泉使用状況を把握でき、適正に利用されているか確認され、温泉利用者に安心感を与えることが可能になった。また、温泉を使用している施設に対しても温泉の貴重さ、枯渇の危機感を持つことで源泉保護の意識が高まると期待できる。

3. 北海道の“新規温泉地”について

マルイシジオテクノ(株) 松波武雄
北海道立地質研究所 藤本和徳・鈴木隆広

“Recent Spa” of Hokkaido

Maruishi Geotechno Co., Ltd. Takeo MATSUNAMI
Geological Survey of Hokkaido Kazunori FUJIMOTO, Takahiro SUZUKI

温泉は、本来自然湧泉の利用から始まった。自然湧泉から出発した温泉地を、“従来温泉地 (original spa)”，これに対して、温泉徴候が見られなかった地域において、掘削により新しく開発された温泉地を、“新規温泉地 (recent spa)”と呼称する。北海道における“新規温泉地”の特徴を、深度500m以上の温泉井データを基に検討し、“従来温泉地”と比較した。

- 1) 泉質は全体の50%強がClタイプであり、次いで単純温泉がほぼ30%を占める。“従来温泉地”に比べ、Clタイプの比率の増加・単純温泉の比率の減少に特徴付けられる。
- 2) Clタイプの27%が、蒸発残留物15g/kg以上の高濃度塩水からなる。“従来温泉地”に比べ、高濃度塩水の比率の大幅な増加に特徴付けられる。
- 3) SO₄タイプは、“従来温泉地”の酸性自然湧泉主体から、“新規温泉地”の中性~アルカリ性に移行している。
- 4) 付随ガスは、N₂タイプが55%、次いでNH₄タイプが40%を占める。“従来温泉地”に比べ、CH₄タイプの大幅な増加とCO₂タイプの大幅な減少に特徴付けられる。
- 5) 温泉井の静水位は半数が坑口レベル以下にある。利用実態として、動力揚湯井利用が自噴井利用を大きく上回っている。
- 6) 比湧出量は、“階級00~0” (松波ほか, 1997) の比率が17%、“階級Ⅲ~Ⅳ”の比率が60%である。一見、健全な状態に見えるが、地区間でその比率は著しく相違する。

4. 温泉の適正利用に関する研究 その 2 高塩分含量で特殊成分 (As, CO₂, 有機物など) を含む 温泉の利用上の問題点について

中央温泉研究所 甘露寺 泰雄

Studies on the Proper Utilization of Hot Spring Waters. Part 2 Some Technical Problems on the Utilization of Waters of High Salinity Containing Specific Substances

Hot Spring Research Center Yasuo KANROJI

最近では、1,000 m 以深の、いわゆる大深度掘さくによって温泉を獲得する実例が増加しており、この種の温泉はしばしば As, CO₂, 有機物 (稀にはメルカプタン等異臭物質) 等を含み、且つ塩分含量が高く、利用者の安全確保、療養泉としての泉質の保持等に留意することが必要であるだけでなく、温泉利用施設 (タンク、パイプライン、浴槽等) の計画・設計に際して、材料の選択並びに排水等に関して、工学上様々の問題を提示している。特に重要な点は、温泉水が掘さく・揚湯された段階で、採取量とその安定性、化学成分等を中心に施設計画・設計が行われることが大切である。

今回は、当所が取り扱った最近の事例の幾つかを紹介する。

- (1) 群馬県下仁田温泉 (下仁田町大字南野牧字中萱) HAsO₂ : 81.4 mg/kg
- (2) 兵庫県吉川温泉よかたん (吉川町吉安字久郷) 蒸発残留物 : 38.5 g/kg, CO₂ : 4.1 g/kg
- (3) 群馬県赤城山頂試鍾 (小沼南オトギの森南端) 蒸発残留物 : 40 g/kg, HBO₂ : 2.67 g/kg
- (4) 山形県月山温泉 (朝日村村田麦俣中台) 蒸発残留物 : 95.5 g/kg, Ca : 10.4 g/kg

この内、(3)・(4) は計画が放棄されたが、泉質が大変特徴的であるのでここで取り上げた。

5. モンゴル・シャルガルジュート温泉について

京都大学地球熱学研究施設 由 佐 悠 紀
西日本技術開発地熱部 田 籠 功 一

Thermal Springs in Shargaljuut, Mongolia

Beppu Geothermal Research Laboratory, Kyoto University Yuki YUSA
West Japan Engineering Consultants Inc. Koichi TAGOMIRI

モンゴルのハンガイ山脈南東部には温泉が点在し、そのうちシャルガルジュートでは、シャルガルジュート川の北岸に沿う 350 m × 170 m の範囲にわたって、花崗岩質岩体の割れ目 (約 200 箇所) から温泉水が湧出している。湧出温度は 45~90°C、高温のものは窒素を主成分とするガス泡を伴っている。流出水量は 0.05 m³/s、流出熱量は 18.5 MW である。温泉水はアルカリ性 (pH : 9.35~9.51) であり、化学組成は Na-HCO₃・SO₄ であるが、その濃度は極めて薄い。また、水素・酸素安定同位体は、天水起源であることを示す。

この温泉の生成機構は次のようであると考えられる。300~600 km² の範囲から約 4,000 m の深さまで浸透した天水の一部が、地殻熱流によって 170°C 程度まで昇温し、CO₂ の供給がほとんど無い条件下で水-岩石相互作用によって化学成分を与えられ、半径が 0.1~1 cm 程度の細孔を通して湧

出する.

6. Kaba Sulfur Pool (インドネシア) に生息する微生物

東邦大・医・生物 杉 森 賢 司
 ブリュッセル自由大学 サスキア・ゲヴァルト, アラン・ベルナルド
 聖マリアンナ医大・共同研 高 山 成 伸

Microorganisms Living in Kaba Sulfur Pool, Indonesia

Toho University School of Medicine, Biology K. SUGIMORI
 Universite Libre de Bruxelles S. GEVAERT, A. BERNARD
 St. Marianna University, Division of Laboratory Research S. TAKAYAMA

インドネシア・スマトラ島の Kaba Volcano 火口湖の微生物に関する調査を行った. サンプルは Kaba Lama Crater Lake と乾季になると現れる Kaba Sulfur Pool, Kaba Hot Spring の 3 種類のサンプルを得ることが出来, それぞれについて TF 培地にて試料水を 10% の割合で接種後, 30°C, 55°C, 70°C にて培養を試みた. 30°C にて培養を試みた Kaba Sulfur pool の試料に混濁が認められ, さらに同培地に 0.6% Gelrite と 0.06% $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を加え作成した平板を用い, 細菌の分離を試みたところ, ピンホール大~0.5 mm の白色コロニーを形成した. この分離された細菌を純粋培養し, また Elemental Sulfur をエネルギー源とした場合, 非常によく増殖することから, 硫黄細菌であることがわかった. また, 本菌はグラム陰性の桿菌で 16S rRNA の解析より *Acidithiobacillus* sp. と推測された. この Kaba Sulfur pool は pH 1.1, 水温 40.3°C で, Cl^- ; 2337 mg/kg, SO_4^{2-} ; 1986 mg/kg に富んでいる湖である.

7. ポアス火山 (コスタリカ) に生息する微生物

東邦大・医・生物 杉 森 賢 司
 OVSICORI マリア・マルチネス, エドワルド・マラバシイ, エリック・フェルナンデス
 エリエセール・ドゥアルト, ジュアン・セグラ, ウェンディー・サエンツ
 ユトレヒト大学 マンフレッド・ヴァン・ベルゲン
 LAQAT ジュアン・バルデス

Microorganisms Living in Poas Volcano, Costa Rica

Toho University School of Medicine K. SUGIMORI
 OVSICORI M. MARTINEZ, E. MALAVASSI, E. FERNANDESZ, E. DUARTE, J. SEGURA, W. SAENZ
 Earth Sciences, Utrecht University M. van BERGEN
 LAQAT J. VALDES

ポアス火山は中米コスタリカの中心的な活火山で, 首都 San Jose の北西 35 Km に位置する. この火山の強酸性の火口湖 (水深 40 m, 直径 280 m, pH 0.9, 温度は 30°C) およびその周囲の地熱地帯の温泉水 2 ヶ所 (pH 2.47, 泉温は 42.4°C と pH 2.24, 泉温は 46.3°C) について, 微生物学的研究

を行った。温泉水中の藻類に関しては藻類のマットと温泉水を採取後、5°C に保管し、それら資料を直接光学顕微鏡的観察した。必要に応じ写真撮影を行い、藻類の種を同定した。緑色のマットを形成する流れより *Cyanidium* が観察された。白色のマットを形成する流れには硫黄の沈殿物が付着したと考えられる植物細胞や細胞の仕切が見られない植物細胞が観察された。両者から珪藻 (*Navicula* や *Cymbella*) が観察された。一方、湖水については TF 培地を用い 30°C にて培養し、湖水、沈殿物、温泉水については *Sulfolobus* 培養用 BY 培地を用い、70°C にて培養を試みた。その結果、TF 培地にて火口湖の沈殿物を培養した系および、BY 培地にて火口湖の沈殿物や温泉水を培養した系において混濁が認められた。TF 培地にて増殖した細菌はグラム陰性の桿菌で、*Thiobacillus* 属もしくはその類縁菌と推測される。また、BY 培地にて増殖した細菌はグラム陰性の桿菌で孢子を形成することから好酸性の *Bacillus* 属の細菌で一方の好酸性の球菌は記載が無く新種の可能性があると推測される。

8. 韓国の温泉法について

日本地科研究所 佐藤 幸二

On the Korean Hot Spring Law

Nihon Chika Kenkyusho Koji SATO

2000 年 1 月に改正された韓国の温泉法・同施行令・同施行規則を入手した。法律に弱く、ハンゲル力にも乏しいが、それらを温泉資源の点から検討してみた。

温泉法の目的では、「温泉の効率的な開発・利用」を明記している。温泉の定義は 25°C 以上の温水となっていて、鉱水やガスは含まれず、成分含量を定めた別表もない。また温泉源の定義はない。温泉地区、温泉孔保護区域の指定や揚水量の許可については、温泉関連専門機関の検査が必要である。許可動力を設置する場合は水位、揚水量、温度を計測する水文観測施設の設置が義務づけられている。温泉の利用許可は適正揚水量の範囲内であって、産業用・暖房用の場合も必要である。地下水を混ぜての浴用・飲用への使用は認められない。水質については定期的な検査が必要であり、温泉資源調査は 5 年ごとに実施する。そして温泉管理台帳を作成し備えておくとしている。共同給水（いわゆる集中管理）を命ずる場合がある。温泉は水位降下 100 m 以内、適正揚水量 300 t/日以上の場合に「発見」（いわば温泉の湧出）の申告が受理される。改正前にあった温泉従事者の教育は、改正によって削除された。

9. 「甲斐国志」以後の山梨県温泉文献

山梨県衛生公害研究所 深澤 喜延

Literature Coming after “KAIKOKUSHI” on the Hot Springs in Yamanashi

Yamanashi Institute for Public Health Yoshinobu FUKASAWA

第 52 回、第 53 回本温泉科学会大会において『「甲斐国志」にみえる温泉とその現状」と題して、

19世紀初頭に編纂された山梨県の地誌「甲斐国志」(以下「国志」)に収載されていた温泉・鉱泉について、現地調査を実施してその結果等を報告した。

今回は「国志」以降の温泉文献として以下のものを紹介し、それぞれの文献に記載された事項を概論し、それらにおける「国志」収載温泉・鉱泉の扱いを比較した。

- ① 内務省衛生局：日本鉱泉誌（1886）184～211 ……………収載源泉数 27
- ② 山梨県：明治三十三年山梨県統計書（1902）195～201 ……………同上 83
- ③ 理科研究会：山梨県の地質文献（1928）84～90 ……………同上 27
- ④ 山梨県師範学校・山梨県女子師範学校：総合郷土研究（1936）718～723 ……………同上 47

これらの4文献はいずれも、湯村温泉掘削（1936）以前の本県温泉事情を知るうえで貴重な資料である。現行の「温泉法」に照らして収載されている温泉・鉱泉を検討すれば、玉石混淆の感が否めないが、文献①は当時の化学的レベルのデータに基づく内容であり、以後の文献の原点である。ついで公表された文献②は県内各地の温泉・鉱泉が網羅されており、現地調査による結果として泉温は45源泉に、液性は71源泉に値が記されている。

「国志」と4文献いずれにも収載されている源泉は13を数えた。

10. 博物館における“温泉”の教育普及活動とその意義

岐阜県博物館 古田靖志

The Educational Spreading Activity and the Meaning of Hot Springs in a Museum

Gifu Prefectural Museum Yasushi FURUTA

“源泉が見えない温泉施設”の増加により、一般の人々にとって「温泉とは何か」という本質的な見極めがかなり困難になってきている。温泉とは本来、大地が生み出す自然現象であり、温泉を正しく理解するためには、温泉を自然科学の目で見つめる機会が必要である。ところが、学校教育はもとより社会教育の場などで温泉を学ぶ機会は殆ど設定されることはなく、温泉に関する知識はマスコミからの情報に頼らざるを得ないと言っても過言ではない。

温泉に関する情報不足は、明らかに温泉に関する知識を不足させ、その結果として必然的に自然科学の目で温泉を観察する能力を欠落させている。このため、自分で温泉の個性を正しく見極めて有効に利用することができなかつたり、温泉の舞台裏の仕組みが理解されていないことにより、衛生面に関する認識の甘さを発端とするような新たな問題も生まれてきている。

このような状況の中で、より多くの人々に「温泉とは何か」ということを正しく認識してもらうための方策として、専門家（ひと）と実物資料（もの）、講座や特別展の機会の保証（システム）、展示や講座の場所（スペース）を有する博物館の教育的な機能に注目し、博物館における“温泉の教育的な普及”の企画（「温泉入門」の講演会2回、特別展『温泉展』）を考えた。

11. 北海道の豊富町に開設された温泉保養宿泊所「湯快宿」の利用状況

北海道衛研 内野 栄治・市橋 大山・小川 廣・都築 俊文

User of Inn “Yukaijyuku” for Balneotherapeutic Treatment in Toyotomi Town, Hokkaido

Hokkaido Institute of Public Health Eiji UCHINO, Daisen ICHIHASHI, Hiroshi OGAWA
Toshifumi TSUZUKI

我々は先に豊富町から搬送した温泉水を用い、アトピー性皮膚炎 (AD) 患者 2 名に対し温泉療法を試み、良好な結果を得た。また、豊富町は豊富温泉が特に皮膚病に評判が良いことから、1999 年 1 月、全国的にも極めてユニークな皮膚病等 (伝染性のものを除く) の温泉療養者を対象とした公営の温泉保養宿泊所「湯快宿」を開設した。

ここでは温泉地における温泉療養前後の科学的裏付けを得る可能性を探るため、本施設の利用状況について調べた。

町の協力のもと、1999 年 4 月～2001 年 3 月における利用者の性別、年齢、疾患名、住所、滞在期間などについて調べた。

その結果、皮膚疾患を持つ利用者は 116 名に昇り、その内、乾癬が 54 名と最も多く、以下、AD 37 名、その他の皮膚病 8 名、不明 17 名であった。AD 患者は札幌市や所在地以外の本州を含めた広域から来湯し、20 代の女性、10 才以下の子供が多く認められた。乾癬患者は AD 患者と同様に札幌市を中心に、道内外からの来湯者が認められ、約 43% の人が繰り返し利用していた。男女別は男性 37 名、女性 17 名で、年齢的には 20～70 代の広い年齢層に及んでいる。

以上、本施設は低料金のため、長期滞在も可能であることから、現代の湯治場モデルとして、皮膚疾患、特に AD や乾癬に関する温泉療法の有効性を臨床的に実証する場としても極めて有用になると考えられる。

12. 日本の温泉を駄目にした「温泉法」

北里環境科学センター 平野 富雄

An Official Hot Spring Designation Spoils Hot Springs in Japan

Kitasato Research Center of Environmental Sciences Tomio HIRANO

温泉旅館などの玄関口で見かける「天然温泉」の看板が、昭和 51 年 (1967) 7 月に日本温泉協会によって創設された当時は、温泉マークが風俗営業の分野で盛んに使われ、本来の温泉との区別が曖昧になっていた。そのため、「天然温泉」の表示によって、本来の温泉に対する正しい認識を喚起し、その適正な利用を促進するねらいがあった。

今では風俗営業の分野での温泉マークの使用はなくなり、以前のような混乱は無くなった。しかし、この間に温泉利用の分野では、温水の利用技術が著しく進歩したために、「天然温泉」の表示に、新たな誤認や混乱が生じている。ボイラーによる加熱は言うに及ばず、循環・濾過など新しい技術がコンピューター制御のもとに急速に普及している。しかし、温泉の利用許可に当たる行政は、温

泉本来の利用を厳守するための対応を何一つ講じなかった。温泉を循環・濾過して利用する技術が大変革を遂げているのに、温泉法の規定に基づく利用許可事務は自然湧出時代のままで、何一つ改革されていない。昭和23年(1948)に定められた温泉法が時代遅れのままだとすると、「本物の温泉」あるいは「嘘のない真実の温泉」を望む入湯客の立場からは、早急に必要なのは「本物の温泉利用法」の制定だといえる。

日本の温泉を駄目にした要因の一つに、温泉法で定められた自然環境審議会に諮問すべき案件でも、判断に資する温泉本来の調査が殆ど行われてないことが挙げられる。例えば、法第四条によると、第三条第一項の掘削を許可する際は、許可の理由を書面に明記せずに済む。そのため、掘削許可の判断に資するための詳しい調査が行われることはない。この附けが回って、大深度掘削が増加しても、未だに何一つ対策が立てられないでいる。大深度掘削や揚湯についての基礎的な資料の蓄積は殆ど無いのである。

13. 有珠山噴火による周辺温泉の化学成分の動向について

北海道衛研 内野 栄治・市橋 大山・青柳 直樹
小川 廣・都築 俊文

The Behavior of Chemical Constituents in Hot Springs around Mt. Usu after the 2000 Volcanic Eruption

Hokkaido Institute of Public Health Eiji UCHINO, Daisen ICHIHASHI, Naoki AOYANAGI,
Hiroshi OGAWA, Toshifumi TSUZUKI

有珠山は23年振りに噴火し、周辺地域住民に大きな被害を与えた。道では被災・影響を受けた虻田町と壮瞥町から、復興に向けた温泉資源に関する調査要望を受け、当所では有珠山周辺の源泉の泉質調査を担当した。

ここでは噴火前後における洞爺湖温泉と壮瞥温泉の主要成分 (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} および HCO_3^-) に加え、微量成分 (Hg と Rn) の動向について調べた。

調査は採水可能な地域や源泉を考慮し、洞爺湖温泉にて2000年7、11月に9源泉、壮瞥温泉にて、5、7、11月に5源泉で各々実施し、噴火以前の分析結果と比較した。

その結果、洞爺湖温泉の主要陽・陰イオンの総濃度は、今回の噴火を境に一旦増加し、噴火8カ月後、各源泉毎に種々異なった変動(増加、不変、低下を認めた。この傾向は陽イオンの Na^+ と K^+ 、陰イオンの Cl^- と SO_4^{2-} 、特に Cl^- の変動と対応していた。また、これらは泉温の変動ともほぼ一致していた。Hgは噴火3ヶ月後において全ての源泉で検出 ($0.01 \mu\text{g}/\text{kg}$ 以上) され、噴火以前と比較し高い値を認めた。さらにRnは噴火8ヶ月後と比較し、噴火3ヶ月後に概ね高い値を認めた。一方、壮瞥温泉の主要成分濃度の変動は洞爺湖温泉のそれと比較して相対的に小さい結果が得られたものの、HgとRnについては噴火1カ月後に概ね高い値を認めた。

なお、本調査は現在も継続中である。

14. 霧島火山地域の酸性硫酸塩泉の化学組成とその形成機構

鹿児島大学大学院・理工学研究科 藤田 俊一・坂元 隼雄

Chemical Compositions and Formation Mechanism of Acid Sulfate Waters in the Kirishima Volcanic Area

Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University Shun-ichi FUJITA,
Hayao SAKAMOTO

霧島火山地域の林田・明礬・栄之尾・硫黄谷地区における硫酸酸性泉の形成機構を探るために、酸性溶液による岩石・変質土壌・温泉沈殿物の溶出実験を行った。

岩石等の溶出溶液には硫酸溶液（硫酸濃度：5 mmol l⁻¹）を用いた。また、出発物質にはそれぞれ 45 μm 以下に粉碎し、XRD により含有物の同定も行った（A）栗野安山岩、（B）硫黄谷温泉の湧出口の変質土壌、（C）林田温泉の湧出口の温泉沈殿物を用いた。さらに、溶出溶液 1 l に対して出発物質が 50, 100, 250, 500, 1,000 g となるように調整した。反応温度は 80°C, 反応時間は 10 日間に設定した。

溶出成分の K, Ca, Mg について、 $L_{KCa} = \text{Log} [C^2_K / C_{Ca}]$, $L_{KMg} = \text{Log} [C^2_K / C_{Mg}]$ の計算を行った。（A）及び（B）を用いた場合は、出発物質/溶出溶液の比が大きくなるにつれ L_{KCa} 及び L_{KMg} 成分は増加傾向を示した。一方、（C）を用いた場合では L_{KCa} 及び L_{KMg} 成分は減少傾向を示した。温泉沈殿物は酸性熱水に不溶性となった成分が系外へ除去されたものである。したがって、その不溶性成分が L_{KCa} 及び L_{KMg} 成分に影響を与えたものと考えられる。また、林田・明礬・栄之尾・硫黄谷地区の温泉水中の K, Ca, Mg についても、 L_{KCa} , L_{KMg} 成分を計算、解析した。その結果、熱水中の K, Ca, Mg 成分は接触する岩石・土壌の単なる溶解により説明されるものと推定された。

15. 草津白根火山水釜の 1976 年噴火前の湖水の成分と色の変化（続報）

東工大 小坂 丈子
上智大 木川田 喜一
故小坂 知子

Changes in Water Quality and Color of Mizugama, a Crater Lake of Kusatsu-Shirane Volcano, Prior to 1976 Eruption (Part II)

Tokyo Institute of Technology Juyo OSSAKA
Sophia University Yoshikazu KIKAWADA
Tomoko OSSAKA

群馬県草津白根火山では、1976 年 3 月に山頂火口湖の一つ水釜火口に於いて、水蒸気爆発が発生した。演者らはそれ以前から、同火山地域の噴気孔、湧水（温泉）等の地球化学的調査・研究を行ってきたが、この地域の火山ガスの成分、噴出量の変化などから、はじめて地球化学的手法による、火山噴火の実質的な事前予測に成功した。なおこの外にも、噴火の 8 ヶ月前の 1975 年 7 月には、水釜湖水成分のうち Fe²⁺ と Fe³⁺ の量比が逆転すると言う前兆現象も認められていた。その原因は、1976 年の噴火後に新しい爆裂火口内壁で発見された Fe²⁺ に富む湧水によるものであらうと想定さ

れた。

ところが近年になって1975年当時撮影された水釜の遠望写真によると、日頃の水釜湖面は Fe^{3+} のためか黄褐色に映って見えるが、この写真ではそれが Fe^{2+} の増加のためか青色に見える事が確認された。また気象庁で撮影された噴火の前年末の白黒写真では、この噴火後に発見された Fe^{2+} に富む湧水の位置の真上にあたる湖面が結氷して居らず、これは噴火発生前に、水釜湖底に高濃度の、やや暖かい湧水が上昇し、湖水に供給されたものではないかとの想定を裏付けるものと考えられる。

この様に火山湖の水面の色の変化は、硫黄島島の火口にたまった水や、三宅島の陥没火口内に出来た池など、これまで他の火山地域でも認められており、この呈色の変化と化学成分、或いは火山活動との関係は今後とも注意深く監視していく必要があると考える。

16. 島原半島における水の滞留時間

岡山理科大学・理学部 北岡 豪一・山口 一裕
 京都大学・理学部 大沢 信二・由佐 悠紀
 産業技術総合研究所 風 早康平・安原 正也
 日本文理大学 河野 忠

Residence Time of Waters in Shimabara Peninsula

Faculty of Science, Okayama University of Science Koichi KITAOKA, Kazuhiro YAMAGUCHI
 Faculty of Science, Kyoto University Shinji OHSAWA, Yuki YUSA
 Geological Survey of Japan Kohei KAZAHAYA, Masaya YASUHARA
 Nihon Bunri University Tadashi KONO

科学技術庁委託事業「雲仙火山：科学掘削による噴火機構とマグマ活動解明のための国際共同研究」の一環として、2000年11月に島原半島のほぼ全域にわたり、河川水と冷湧水を主な対象として水文調査が行われ、21試料につきトリチウム濃度が測定された。

河川水、湧水のトリチウム濃度は、大部分が3~5TUの限られた範囲に収まる。これらは、指数関数モデルを適用すると5~10年の火山地域ではごく普通の滞留時間に対応され、浅層地下水流動系を表しているものと考えられる。ところが、雲仙火山の東麓の海岸付近で湧出し、短い川をつくる水に、トリチウム濃度がそれらよりもいくらか低く、最近の降水濃度レベルよりも低いとみなされるものが2例見出された。現在の降水レベルよりも低い水は、滞留時間が150年以上に対応されるものであり、表流水としては極めて特異な水であるといえる。

このトリチウム濃度の低い水が指数関数モデルの適用できる系に由来するものとすれば、150年を越す滞留時間は150m程度以上の水柱の高さに匹敵する量の地下水が関係していることになる。仮に有効間隙率を0.2程度とすれば、地下水流動系の鉛直規模は700mオーダーの厚さに対応されるものであり、地溝内には深い循環系が形成されていることをうかがわせる。

17. 群馬県万座地域主要源泉における化学成分の経年変化

上智大学理工学部 木川田 喜 一・大 井 隆 夫
東京工業大学 小 坂 丈 予

Secular Change in Water Quality of Major Hot Springs in the Manza Area, Gunma

Faculty of Science and Technology, Sophia University Yoshikazu KIKAWADA, Takao OI
Tokyo Institute of Technology Joyo OSSAKA

群馬県草津白根山西麓に位置する万座温泉の主要三源泉, 「万座湯畑」, 「奥万座」, 「万座空噴」の 1969 年以降の採水試料について溶存化学成分の一斉再分析を行い, その水質の変化挙動から万座地域の諸源泉の成因並びに湧出機構に関する検討を行った。その結果, 以下の点が明らかになった。

- (1) 万座湯畑と奥万座において長期にわたる継続的な湧出温度の低下が認められる一方, pH 並びに溶存化学成分濃度には顕著な変化傾向は認められず, 熱の供給量の減少は必ずしも酸性成分の供給量の減少を伴わない。
- (2) 塩化物イオン, 硫酸イオン並びにナトリウムイオンの経年変化挙動における相関性は, 何れの源泉も初生的な塩化物イオンを含む酸性熱水に, 二次的に生成された硫酸イオンを含む地熱水が混合することで形成されたことを示唆している。

18. 深部掘さくによる温泉源の問題

京都自然史研究所 西 村 進

On the Problem of Deep Hot-springs

Kyoto Institute of Natural History Susumu NISHIMURA

最近, 深部掘さくによって地温勾配を利用した温泉源が利用されるようになり, 循環利用されることが多くなり, 多くの問題が提起されるようになってきた (甘露寺, 2000 ; 白井, 2001)。深部掘さくによる温泉源でも, 浅部掘削による温泉源でも, 深部, 浅部で異なると定義されることには異論がある。それよりも, 岩盤中の被圧裂カ水と, 厚い堆積物中の地下水を汲み出す場合でかなり意味が異なると考えられる。既存の有名な温泉地でも, 掘さくにより揚湯されていることが多くなってきている。問題は, 利用形態により生じるのであって, 深部掘さくの問題でないことは明確である。また, 放射能泉のように, 非常に注意深く利用方法を考えなければならないものから, 循環利用される場合でも温泉の成分によってはほとんど変化しない場合もある。要するに, 利用の仕方を詳細に吟味して, 泉質により適切な利用方法を推奨する必要がある。

次に, 適正揚湯量の問題, 影響範囲の問題も個々のケースにより異なる。堆積物中と岩盤中の深部掘削の場合, 揚湯試験の解釈, 影響範囲にはかなり差異がある。きめ細かく吟味すべきである。今回はこれらの問題点をあげ, 温泉科学会のなかで議論を進め, 限りある資源を適切に利用する方法を議論する糸口としたい。

19. 琵琶湖北西部における深層部からの温泉開発

日本地下深査 高屋 正・佐々木 吾郎
日本地科研究所 佐藤 幸二

Deep Thermal Water in Northwestern Part of Lake Biwa

Nihon Chikatansa Tadashi TAKAYA, Goro SASAKI
Nihon Chika Kenkyusho Koji SATO

琵琶湖の北西方に分布する中生代白亜紀後期の花崗岩の深層部から温泉湧出をみた。調査の結果と湧出した温泉の特徴を述べる。

対象地は、いわゆる近畿トライアングルの北側頂部付近にあたり、N-S 性あるいは NE-SW 性の活断層が密集している。一次調査でリニアメント解析・地表踏査を、二次調査で自然放射能探査 (γ スペクトル法)・電磁探査 (CSAMT 法)・電気探査 (比抵抗映像法・垂直深部探査) を実施した。調査結果を基にして、掘削位置を選定し深度 1,530 m まで掘削を行った。表部の沖積層を除いて、全区間が花崗岩で、亀裂の発達が多く、一部粘土化している個所も見られた。

湧出温度は 31.3°C で、滋賀県北部では比較的高い泉温となった。pH が 8.63、蒸発残留物は 308 mg/kg で泉質はアルカリ性単純温泉である。ラドン濃度は 6.67 M.E./kg と温泉法の規定値を超えた。陽イオンでは Na^+ が、陰イオンでは HCO_3^- が大部分を占める。また不水溶性ガスが少し含まれており、窒素が 95.2%、アルゴンが 1.32% で、酸素は 3.73% であった。

付近にある断層の活動に伴う断裂に沿って地下水が深層部まで浸透した深層地下水型の温泉であり、同時に大気も取り込まれたものと考えられる。

20. 還元系人工温泉について

法政大学工学部物質化学科 大河内 正一・竹崎 大輔
大波 英幸・首藤 祐樹

Artificial Hot Spring Water with the Characteristics of Reductive System

Department of Materials Chemistry, Faculty of Engineering, Hosei University
Shoichi OKOUCHI, Daisuke TAKEZAKI, Hideyuki ONAMI, Yuuki SHYUTOU

これまで当研究室では、ORP (酸化還元電位) - pH 関係に基づき温泉水を研究し、本質的な特性として還元系にあること、さらに泉浴により影響をうける我々の皮膚についても、同様に還元系であることを明らかにしてきた¹⁾。しかし、近年エージングの進行した温泉や衛生上の観点より塩素を含めた殺菌剤を使用している温泉が増加している。それら殺菌剤は酸化系にあり、温泉水の還元系とは正反対の特性を有する。それ故、殺菌により温泉の特性が失われる。

そこで、本研究では、家庭でも浴用可能な温泉源泉の特性を有する還元系人工温泉水の試作を検討した。水道水の電解に際し、陽極で生成される酸化系の原因となる活性酸素や塩素を除去し、それを陰極水と一緒にする実験を行った。その結果、省水化ができ、かつ中性付近の還元系の水の製造が可能となった。これらの還元系の水を 40°C の浴泉水と採用したところ、入浴後の皮膚の ORP

は入浴前の ORP より低下し、皮膚の酸化抑制も可能性が期待できる結果を得た。また、最近の電解陰極水の研究で、陰極で生成される活性水素の抗酸化能が報告されている。それ故、本研究での電解を利用した還元系の水は、温泉源泉の特性を有すると同時に、上記活性水素抗酸化能の機能を有する人工温泉水として期待できる。

文献：¹⁾大河内ら，温泉科学誌，**48**，29 (1998)，**49**，59 (1999)，および **50**，94 (2000)。

21. 炭酸泉による末梢血流量増加の可視化について

法政大・工 大河内 正一・竹崎 大輔・大波 英幸・首藤 祐樹
(株)インテグラル 見城 由紀夫
健康保養地医学研 阿岸 祐幸

Visualization of Dermal Blood Flow Increased by CO₂ Bathing

Faculty of Engineering, Hosei University Shoichi OKOUCHI, Daisuke TAKEZAKI,
Hideyuki ONAMI, Yuuki SHYUTOH
Integral Co. Yukio KENJHO
Research Institute for Health Resort Medicine Yuko AGISHI

炭酸泉は天然及び人工共に、末梢血管拡張作用、皮膚血流量増加作用及び温感持続作用等が確認され、それ故血圧を下げ、疲労回復の促進等の生理学的効能が明らかにされている。天然炭酸泉と人工炭酸泉の違いとして、演者らは前報¹⁾で ORP (酸化還元電位) -pH 関係に基づき、前者は還元系で、後者はその逆の酸化系であること、さらに天然炭酸泉は我々の皮膚の状態により類似した特性を有することを明らかにした。それ故、人工炭酸泉を還元系にすることで、より天然炭酸泉に近づけられると提案した。

今回、前述した炭酸泉の末梢血流量増加効果について、これまではドップラー法により血管の一部位で観測されていたが、2次元的可視化を試みた。実験としては、二酸化炭素ガスを約 1,000 ppm 溶解した炭酸泉に、10 分間足先を浸し、浸した状態で 2 次元ドップラーを測定した。その結果、体温より低い 34°C でも、さら湯と比較して約 3 倍を超える血流量の増加が観察でき、その血流量増加効果を明らかな映像として可視化することができた。それ故、炭酸泉に 2 次元ドップラーイメージングを応用することにより、末梢血流の虚血部位及びそれらの改善効果がより詳細に検討可能となった。炭酸泉今後益々高齢化し、シルバー社会を迎える日本社会にとって、血圧の上昇を抑制し、血流改善を含めた浴槽水として、健康及びリハビリ面から大いに期待されるべき泉質と思われる。

文献：¹⁾大河内ら，温泉科学誌，**50**，94 (2000)。

22. 温泉水中のラジウムを分離・定量する方法の検討 —野外調査への適応—

明治大学理工学部 齊 藤 敬・佐 藤 純

Investigation for Separation and Determination of Radium in Hot-Spring Waters —Application to Field Works—

School of Science and Technology, Meiji University Takashi SAITO, Jun SATO

野外調査時に、現地で簡便な方法にて大量の温泉水からラジウムを分離し、分離したラジウムのみを実験室に持ち帰りガンマ線スペクトロメトリーによりラジウム同位体を定量する方法を開発している。

試料水のラジウムの分離・定量は、陽イオン交換樹脂を用いたバッチ法を同一の試料水に対して2回行うことにより吸着率を算出し、ラジウム濃度を求めた。ラジウムを吸着させた樹脂は、ラジウムの娘核種が放射平衡になるまで約1ヶ月間放置した後、ガンマ線スペクトロメトリーにより娘核種のが放射能強度を測定する。

本方法では、10 lの温泉水においては、10 mBq/l オーダーのラジウム濃度の定量が可能となった。また、ガンマ線スペクトロメトリーによって、ラジウムの同位体である²²⁶Raと²²⁸Raの同時定量が可能であり、それらの放射能比を調べることにより、温泉水の地下での状態を知る一つの目安になることがわかった。

23. 岩石と弱酸性溶液との反応による水質の変化

東邦大学理学部 吉 池 雄 蔵・岡 村 忍

Variation in Properties of Solution and Residual Rocks Produced by the Reaction of Rocks with Flowing Various Weak Acid Solution

Faculty of Science, Toho University Yuzo YOSHIIKE, Shinobu OKAMURA

水質、水質の成因、成り立ちを考えて天然水中に含まれる化学成分の分析を行い、長期間の水質の変動を測定している。また模型実験による種々の検討を行い“水と岩石の相互作用”として、岩石(土壌)から水への化学成分の溶出移動により水質を決定づけている模様を反応時間の経過とともに水溶液の濃度変化を測定し、溶出成分の水溶液への取り込まれ方を検討した。これは自然界に於ける河川や湖沼の水質だけではなく、温泉中にふくまれる化学成分の存在も同様に、温泉水中に存在する化学成分は温泉湧出通路付近の岩石(土壌)と酸性溶液との接触反応により導入され、それぞれの水質が決定づけられる。その反応時における溶出変化の模様を追跡する。

試料とした岩石は玄武岩：伊豆大島三原山1986年溶岩、安山岩：秋田県玉川温泉産、花こう岩：茨木・筑波山を一定の粒子の大きさ(0.59-1.00 mm)に調整して用い、酸溶液(塩酸pH 4, 5とpH 4+NaCl 3g/l)を送りだして、反応条件は反応温度80°C、流速3 ml/minで120時間(5日間)反応させた。各反応時間における反応流出液中の溶出成分(SiO₂, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K)を定量した。

3種岩石からの溶出はこれまでのpH 1, 2の溶出より極端に小さく0.02~1%であった。岩石と

反応後の溶出液の pH 変化は各岩石とも特有な変化を示した。

24. 褐色に着色している温・鉱泉の地球化学的研究

—フミン物質の定量—

東邦大学理学部 今橋正征・川本まみ・多々美朋子

A Geochemical Study of Brown-Colored Springs

—Determination of Humic Substances—

Faculty of Science, Toho University Masayuki IMAHASHI, Mami KAWAMOTO, Tomoko TATAMI

千葉県を中心とした東京湾周辺地域には多くの褐色に着色した温泉が湧出している。この着色の原因は一般に溶存有機物、とくにフミン物質のためといわれている。本研究では千葉(13箇所)、東京(3箇所)、神奈川(4箇所)の20の褐色の温泉を選びフミン物質の分離・定量を試み、着色の原因と分析法の問題点などを考察した。フミン酸の定量法は重量法、容量法(COD)、比色法などがあるが、本研究では比色法を用い容量法(COD)と比較検討した。

これらの温泉の着色の程度は淡黄色から黒褐色まで様々で、目で見ただけの着色の程度のもっと大きかったのは飯岡温泉であった。フミン酸含量は0.4(富津)~194(飯岡)mg/Lで、フミン酸含量は一般に着色の程度に比例した。さらに次のような結論が得られた。1)比色法と容量法(COD)による値は必ずしも一致しない。一般に容量法の方が大きな値を示した。2)NaClタイプの温泉ではCOD値が高く出るので容量法でフミン物質含量を求めるのは不適当と思われる。3)一部の温泉はフミン物質を含んだ高HCO₃の水と海水起源の高NaClの水との混合によって生成したと考えられる。

25. ポリエチレンボトルを用いた鉱泉中のラドン測定について

大妻女子大・社会情報 堀内公子・石川彩子・岸 亜橋

The Measurement of the Radon in Mineral Spring

Using Polyethylene Bottle

Otsuna Women's University Kimiko HORIUCHI, Saiko ISIKAWA, Akitsu KISHI

ポリエチレン瓶は、蓋をすると機密性が高く、軽くて割れないし、安価で使い捨ても可能である等の事情からトルエン抽出-液体シンチレーションカウンター法で鉱泉中のラドン測定を行う際広く利用されて来た。しかし、ラドン濃度はポリエチレン瓶に保存するとラドンはポリエチレン瓶の壁は通過しないが、器壁に吸着して減少することがわかってきた。ラドンの抽出に際しては直ちに有機層を測定バイアルに移すのが最良であるが、フィールドでは必ずしも理想通りには行かない場合が生ずる。そこで、そうした場合の測定データの補正について、従来行っている方法を用いて検討した。

ラドン吸着率の実験は、従来使用している中蓋つき1Lポリエチレン瓶と増富温泉温泉水を用いてポリエチレン瓶内に置ける保存時間等を中心におこなった。

ポリエチレン瓶を用いて繰り返し行った実験から再現性の良い結果が得られた。保存時間及びそ

の他の実際的な検討事項等を合わせて報告する。

26. 温泉水中に生息する好熱菌の工業利用

大分大学 VBL 大 上 和 敏
大分大学・工学部 森 口 充 瞭

The Use of the Thermophilic Bacterium in Hot Spring Water

Venture Business Laboratory, Oita University Kazutoshi OUE
Faculty of Engineering, Oita University Mitsuaki MORIGUCHI

食品加工に始まった微生物の利用は、いまや化学工業全般にわたって重要な生産手段となっている。特に微生物の有する各種の酵素は、酵素工業、医薬品や家庭用品など様々な方面に渡っている。

高温、高塩濃度、極端に酸性・アルカリ性の環境といった、いわば極限条件下で、安定に触媒能を発揮することができる酵素類は、耐熱性酵素、耐塩性酵素、耐酸性・耐アルカリ性酵素とよばれ、工業的にも利用価値が高く、様々な方面で利用されている。その中でも、耐熱性酵素は、有機溶媒、界面活性剤等の変成剤に対しても安定で、これらの工業利用は大きく注目を集めている。このような耐熱性酵素は、世界各地の地熱地帯や温泉地帯に生息する好熱菌から分離されたものが多い。

大分県には、別府温泉をはじめ多くの地熱・温泉地帯が存在し、現在までに、化学的・物理的側面から様々な研究が行われてきた。そのような研究の成果、温泉水の成因や分布等について明らかになってきており、新規な耐熱性酵素を有する好熱性細菌の探索を行うには絶好のフィールドである。

本研究では、酵素工業の中でも特に大きな市場をもつ糖質加工に応用できる耐熱性酵素の探索を行うことを目的としている。そこで、別府市および大分市の温泉水から好熱菌を単離し、それらが有する耐熱性酵素について工業利用の可能性の検討を行った。

27. 温泉および周辺土壌からのレジオネラ検出と温泉成分

東邦大学医学部 加 藤 尚 之・大 野 章・池 崎 章
東邦大学理学部 桜 井 真美佳・今 橋 正 征
自然水研究所 山 寺 敏 雄
(財)日本極地研究振興会 荒 木 匡

Legionella Species from Hot Spring Waters and Its around Soil, and Chemical Components in the Hot Spring Waters

Toho University School of Medicine Naoyuki KATO, Akira OHNO, Akira IKESAKI
Faculty of Science, Toho University Mamika SAKURAI, Masayuki IMHASHI
Natural Water Research Center Toshio YAMADERA
Japan Polar Research Association Tadashi ARAKI

レジオネラ (*Legionella*) は土壌や河川などの環境中に生息すると言われており、ヒトへの感染例

は希であったが、最近家庭の 24 時間循環風呂での感染が話題になり、死亡例も報告されている。また温泉でも *Legionella* による汚染が報告されはじめ、多くの温泉に塩素殺菌を施しているのが現状である。しかし、*Legionella* の汚染経路はほとんどわかっていない。この問題を温泉環境の立場から調査・研究することは重要である。そこで今回は温泉源泉と源泉周辺の土壌および浴槽水（露天風呂）で検出される *Legionella* の種と血清型を同定し、泉質との関係について報告する。

今回調査した源泉の泉温および pH は、泉温 25°C 未満は 3 源泉、25~34°C は 4 源泉、24~42°C は 4 源泉、42°C 以上は 13 源泉で、最高は 65.4°C あった。pH は 6.0 以上~7.5 未満の範囲に 3 源泉、7.5 以上~8.5 未満の範囲に 7 源泉、8.5 以上は 14 源泉で、最高は pH 10.1 あった。

温泉源泉、浴槽水および露天風呂における *Legionella* 属菌の検出状況は、源泉では 2/24 件、浴槽水では 7/15 件、露天風呂では 4/8 件から検出された。しかし、今回調査した土壌中からは検出されなかった。*Legionella* 属菌の血清群は SG-I, SG-III, SG-IV, SG-V, SG-VI, SG-X のいずれかであった。全体的には SG-V 群が単独でも、また他の血清群と複合しても多く検出された。これら *Legionella* 属菌と pH, 泉質および化学成分との関係について考察する。

28. 温泉での *Legionella pneumophila* の VNC 移行性

東邦大学医学部 大野 章・加藤 尚之・山口 恵三
東邦大学理学部 鶴沢 典子・今橋 正征

Transition to Viable but Nonculturable Stage of *Legionella pneumophila* in Hot Spring Water

Toho University School of Medicine Akira OHNO, Naoyuki KATO, Keizo YAMAGUCHI
Faculty of Science, Toho University Noriko UZAWA, Masayuki IMAHASHI

現在水関連施設におけるレジオネラ感染症事例が頻発し社会的問題に発展している。なかでも温泉は、憩いの場として多数の人が利用するゆえに、レジオネラ感染症は大きな問題となる。そのためレジオネラ感染予防指針作成にむけて、過去さまざまな調査研究が行われ、その結果、温泉の浴槽にレジオネラが生息する率が高いこと、アメーバがレジオネラ増殖の場であることなどが明らかにされている。我々の今回の調査でも、高い割合でレジオネラが浴槽から検出されている。しかし浴槽からの検出率が高いが、源泉から、あるいは近辺土壌から検出率はきわめて低い。なぜ浴槽に多く検出されるのか、その汚染源などは不明のままである。一方、自然界の細菌の多くは生きてはいるが培養不能で、ある条件で培養可能に復帰する Viable But Non Culturable (VNC) の状態で存在することが最近明らかにされてきている。今回我々は、レジオネラの源泉温泉水中での VNC 状態移行性を検討し、レジオネラは純水では生存不可能であるが、温泉のような無機イオンを含む水中では VNC 状態へ容易に移行することを示した。このことは従来検出率のきわめて低い源泉や、また汚染源として有力視される源泉あるいは露天近辺土壌中でも VNC 状態である可能性、さらに浴槽では VNC 状態のレジオネラが、アメーバ内で培養可能に復帰し、それにより検出率が高まっていることなどを示唆する。

29. 温泉産微細藻類に対する放射線照射の影響

東京理科大学 長島 秀行・影山 純子
高崎原子力研究所 滝上 真知子・橋本 昭司

Effects of Radiation on Hot Spring Algae

Science University of Tokyo Hideyuki NAGASHIMA, Junko KAGEYAMA
Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, JAERI Machiko TAKIGAMI
Shoji HASHIMOTO

温泉産の単細胞藻類イデユコゴメ *Cyanidium caldarium* RK-1 株およびガルディエリア *Galdieria sulphuraria* M-8 株は pH 2~3, 温度 35~55°C で生育し, Al などの重金属に対して耐性を示し, 紫外線 UV-8 に対してもある程度耐性を示すことが報告されている. 培養した藻類は高崎原子力研究所においてコバルト 60 によるガンマ線照射, または C⁵⁺ イオンビーム照射を行ったところ, 1,000 Gy (グレイ) までのガンマ線照射後 *G. sulphuraria* M-8 株の光合成活性は緑藻クロレラ *Chlorella vulgaris* C-135 株と同様にほとんど影響を受けなかったが, 緑藻 *Dunaliella tertiolecta* C-524 株や緑藻 *Chlamydomonas reihardtii* C-9 株では明らかに減少した. 後者の緑藻 2 株は 200 Gy の照射ですでに生育が阻害された. また, イオンビームの照射後の温泉藻 *C. caldarium* RK-1 株および *G. sulphuraria* M-8 株の生育は, とともに 100 Gy の照射でやや減少し, 200 Gy 以上では未照射の 50% 以下に減少した. *C. vulgaris* C-135 株もほぼ同様の影響を受けたが, *C. reihardtii* C-9 株では 100 Gy の照射でも大きく減少した.