

シンポジウム特集

温泉に関する諸科学の連繫について

伊東祐一，大島良雄，野口喜三雄の3者の司会のもとに下記の講演がなされて討論が行なわれた。

I. 温泉に関する諸科学の連繫について

北 大 福 富 孝 治

温泉の重要研究課題には科学諸分野の協力なくては解決のむずかしいものが少なくない。私は温泉の基礎ならびに応用の二分野からそれぞれ一つ宛重要な問題の例を選び、その諸科学との連繫を指摘し、協同研究の必要なることを述べる。

この実行可能な一方法として同一目標に対し各専門分野からの宿題的研究を提案する。

しかし、各人の自由な他題目の研究を妨げるものでないことはもちろんである。

例(1) 温泉起源の研究

古くから多くの人によつて研究されてきたが、まだ解決済と言えない重要問題の一つである。

温泉の要素としては、水、熱、溶解化学成分（瓦斯を含む）が主要なものであるが、現在までの研究結果を要約すれば、水は地下水が大部分で岩漿水が小部分ということになっている。

熱については主として岩漿の熱、溶解成分については上昇途中の岩石と岩漿の両者があずかっていると見える。しかし、いずれの場合も不明の点が少なくない。この問題解決には、どうしても地球化学、地質鉱物学、地球物理各分野の協力による研究が望ましい。

この「シンポジウム」で問題点を具体的に論議しておき、次の学会までの要望研究問題あるいは宿題として、各分野の多くの研究希望の人がこの問題について自由な研究を行ない、その成果を次の学会の一般講演で発表して戴き、さらにこの問題を総合して「シンポジウム」を開き互に論議することを提案する。

例(2) 温泉の効果的利用に関する研究

近年、温泉井の増加に伴い、泉源間の相互影響、温泉地域全般の水圧低下、地下水混入量増加による温度低下、その対策としての注水などの問題が多く起つており、基礎的研究から出発した温泉の効果的利用の研究が望まれている。

これには温泉引湯、浴場の熱効果、浴槽内の温泉水の汚染などの工学的医学的問題も含まれている。

II. 温泉科学の諸問題—化学の立場から

東京工業大学理工学部 岩 崎 岩 次

1. まえがき

温泉の実体は温かい水が地下から自然にガスなどを伴って湧出してくるものである。これを利用してしている場所が主として温泉場である。

温泉をよりよく利用するには、第一に温泉を多く得ることと、第二に今まである温泉を大切にすることである。両者とも、熱エネルギーと水との源をつきとめ、その湧き出す原理を理解し、その自然の法則にしたがって行くことで、その法則にさからって行くようなことをしては目的を達することは不可能であることをまず十分に理解することである。この自然の運行の限度を守らないで、自然が供給することのできないような多量の温泉を強制的に採取するようなことをすれば、当然温泉の湧出の模様も性質も乱れ、はては温泉が枯れ果ててしまうことにもなるであろう。

このように温泉を採取するには、地下の熱エネルギーと水との源およびその流動の模様を知らなければならぬで、地下の構造、熱エネルギーの分布状態（地熱の分布）、地下水の性質、分布状態および流動の模様、またその降雨などとの関係など十分に知る必要がある。これらがよくわかつてくれば、どこで、どのぐらいの深さを掘れば、どのような性質の温泉が、どの程度の量まで安心して採取できるかがわかることになり、温泉科学としては一大進歩であると思われる。多くの温泉の問題も結局はこれにつながるものと思われる。それで問題は次のようになるのではないと思われる。

- 1) 温泉の起源およびその湧出状態（温泉湧出現象）
- 2) 温泉水、温泉ガス、温泉沈殿物、温泉による生成物の性質（温泉の性質およびその変化）
- 3) 温泉の合理的利用法ならびにその廃水処理法

2. 化学的方法で研究できる部分

化学の立場からは、温泉の湧出現象に伴う物質の移動と湧出してくる温泉水、噴出される温泉ガスなど、物質の化学成分および化学組成の決定によつて温泉の性質が研究できるものである。とにかく物質を取らなければならぬので地下のことはどうしても推定だけになるが、温泉が湧出して以来のことになるとこれらは実際に手にとることができるし、実験室においても模型実験ができるので、相当よく研究できると思う。実際に今までの化学的研究は主としてこの方向が多かつた。温泉水、温泉ガスの研究、温泉水の湧出後の変化、温泉沈殿物の生成、温泉の附近の岩石、土壌などに及ぼす影響などみなこの方面の研究調査である。

近時化学分析の方法も次第に改良、進歩してきて、温泉の主成分だけでなく、極めて微量な成分の測定までもできるようになつてきた。併しながらまだ、複雑な温泉水や沈殿物、反応生成物、またはすぐ変化して行く温泉の成分やガスなどでは測定の相当困難なものがあり、これらの化学分析の方法の確立も化学に要求される問題の一つであろう。ことに他の分野からの重要な問題に関係する化学分析にも要求があれば、何とか御役に立ちたいと思つて努力している次第である。なお正確で、精密で、精度のよい各成分の測定法の研究だけでなく、精密さが少しぐらい悪くとも迅速で容易な方法（簡易分析法など）も化学的温泉探査法としても必要なの

で、この方面の研究も行なわれている。これらの諸方法にさらにクロマトグラフ分析法（ガス、液体）、イオン交換法、放射化学的方法、同位体分析法、pH の測定、酸化還元電位の測定などを利用すれば、温泉湧出現象に伴って行なわれるいろいろな化学反応、化学平衡、物質の存在状態などの研究や、温泉を掘つたり、引いたりするために使用する金属やコンクリートなどの腐蝕や沈殿物の付着などの現象もわかり、それを防止するか、または容易に除去する方法などの考案にも役立つものと思われる。さらに ^3H や ^{14}C などの測定によつて温泉中に地表水の混入状態も推定できる可能性もあり、その他の元素の原子の同位体組成の決定も温泉水の起源や溶存物質の出所、由来などの推定の有力な手掛りとなるであろう。したがつてこれらを通して湧出状態の変化、ことに温泉水や地下水の各種の原因による性質の変化の実体をつかむこともできると思う。

3. 温泉湧出現象

温泉科学の最大の問題で、また最も困難な問題である。温泉がどこからどのようにして湧いてくるか。その熱エネルギーの量は、温泉水の量はどうしたらはつきり測定できるか。これらの大略の概念的説明はついていると思うが、地下のことであり、その測定法もいろいろの現象のために確実に実体をつかむところまで行つていないと思われる。ことに個々の温泉に実際にあつて見ると不明の点が多くて説明にも困難なことが多いと思われる。地下のことは地球物理学と地質学の方面の研究と同時にボーリングをできるだけ多く研究的に行なつていただいて、地下の構造、地熱の分布状態、地下水の流動の模様などを詳細に研究していただきたい。降雨と地下水、揚水量と温泉水位、温泉の水位と水質、温泉の水位と水温との関係、地下水の貯水量、岩石土壌の透水性、地質構造と温泉および温泉の性質との特徴的關係、揚水量と地熱の分布との関係、温泉水の分布とその性質の変化模様、熱エネルギーの水その他の物質によつて運び出される過程の詳細、地下における温泉水と岩石、土壌などとの相互作用など多数の調査研究すべき問題がある。もちろん温泉水の化学分析は日本では世界に誇るべき多数の温泉で行なわれているが、大体目的が自己の温泉水の性質を知り、医療の目的に合致すればよいといったものが多く、前に述べた各種の問題の解明に使用するように組織的なものは少数で、他の分野のことだけを申し上げるのは一寸はずかしいのであるが、思い切つて上に述べて見たわけであります。ことに化学的研究といつても温泉水中の各成分の濃度測定が主であつて湧出量や温泉系に導入され、分離して行く各成分の量的な關係についてはあまり研究がない。この方面の研究は地球物理学、地質学、ボーリングの技術などの援助がなければ不可能なものである。ことに温泉をどこに掘ればよいか、どれだけどんな性質の温泉がとれるかという切実な問題になると特にそうである。

4. 湧出後の温泉の性質の変化

高温高圧の下でつくられた温泉から地表に湧出された水は、一定の化学種を含んでいるとしても、その後温度と圧力が急激に変化するから、温泉水の性質は地表の温度、圧力、ことに空気と接してその状態での平衡状態になろうとして変化をつづけている物質系の性質に相当するのであり、地表の条件で平衡状態に達するまでは常に変化しつづけていて一定の平衡状態のものではないのである。この温泉の変化は老化と呼ばれていて、古くから湧出したばかりの温泉と長く放置した温泉とでは性質が当然異り、ときには重要な医療効果がなくなつたりし

ていることが認められ、天然温泉の神秘性までいい出されているかなしい状態である。

今までの温泉水の化学的研究の多くは温泉水を研究室に持ち帰って、常温に冷却したものについて行なつたものである。それでこの高温高压で湧出された直後の性質の研究が少ない。それでこの老化の現象も二三の温泉で、二三の特殊な成分についてだけ行なわれたに過ぎない。温度圧力の変化に伴つて平衡が移動し、化学反応によつて各種の物質が生成・消滅し、ガスの放出、逆に空気中からの酸素などの吸収、したがつて酸化現象の発生、コロイド物質の生成や凝結により、沈積、溶解度の変化による沈殿など各種の現象が同時に入りまじつて複雑に行なわれて行く。ある性質のものでは時には導管を腐蝕し、または沈殿してパイプを閉塞することになる。これらのことも組織的に研究すれば化学的に解決されて行くことと思われる。腐蝕については防腐用の資材とか防腐法の開発、沈殿の付着にはこの付着しにくい資材をえらぶか、沈殿をつくらぬような方法またはその除去法の開発が考えられる。これらは温泉の合理的利用法にも重要な関係をもつものである。

5. 温泉の公理的有効利用

温泉の利用は温泉湧出現象に伴つて移動してくる熱エネルギー、熱水および含有成分（水溶性のものおよびガス）の3種であろう。

1) 温泉工学上の問題。とにかく温泉を沢山取り出さなければならないが、ボーリングの技術的問題も多いと思われる。例えば高温で固まるセメント代用品の開発、酸性熱水にたえる資材の開発、高温部のボーリング技術の開発、ことに上部から深部までの各層の测温、その部分の物質をそのまま（他から水などを入れることなしに）採取できるようにすることなど是非とも早く開発して欲しい。もし高温の蒸気のでるときにはできるだけ能率よく温泉にする方法、またはその熱その他を利用する方法（温室、暖房、浴場、家庭雑用、除雪用、などに使用する場合の最適の条件の確立など）の開発を御願い申し上げます。

また多量の温泉の使用後の廃水の捨て場所によつては各地ですでに公害が発生し、河川、海水浴場などで問題が起きかけているので、この廃水処理または利用法（適当な方法で寒冷地の農業用水に変化させるなど）を考える必要も当然起こつてくると思われる。

あるいはある温泉から特定の成分を採取する工業を起こすとか、温泉華をつくるとか、温泉産業としての問題も出てくる。

2) 温泉治療関係。温泉の利用として最大のものであり、昔から温泉場は市街地から離れたところにあつて保養、転地とともに治療にも大いに役立つてきたものである。治療保養の立場からどんな成分または性質が測定して欲しいかがわかれば化学の方ではいつでも御手伝いできると思いますから、どしどしいつて下さるよう御願い致します。それである成分の治療効果をしらべられる場合にはその成分を加えた人工温泉をつくつて行つて見て欲しいと思います。またこれからは例えば地熱開発などで多数の大きな温泉場ができる可能性が大きくなつたので、治療関係の施設と市街地をはなしてつくり、治療もその温泉の性質にしばられることなく、各種の成分を加えて人工的に有効な温泉をつくり、一つの場所にすべての治療のできる温泉をつくつておくことの可能か否かを研究して見ていただきたいと思います。有効と思われる成分を含む水に高温の水蒸気を吹きこんで高温の温泉をつくり、これが冷却して行く間の老化現象をも利用できるようにしたら如何でしょう。こうすれば一個所に酸性泉もアルカリ性泉も硫化水素泉、ミヨバン泉、セッコウ泉、炭酸泉、ヒ素、銅、亜鉛など希望する温泉が得られ

と思われる。そしていわゆる「七色の温泉」として人々にも喜ばれると思います。

6. 結論

とにかく日本の温泉研究は多数にあるが、登別、鳴子、三朝、別府その他二三の研究所のある温泉場以外の多数についてはあまり組織的研究が行なわれていないようである。各温泉の特性を知り、合理的に利用して行くためには各問題について関係各科学者、技術者の協力がなければ、これ以上のことは困難になつている場合が多い。それで温泉科学会としては総合的な大きな温泉研究所をつくり、組織的に研究調査を行なうか、または学会が中心となり、各研究者、技術者を集めて、ある特定の問題または温泉場について、てつてい的な研究を行なつて見る以外に一段の進歩は望めないと信ずる。そして供給が不足の場合には人工温泉も容易にできるようにしなければならぬと思う。いずれにせよ、各研究者、技術者の多数が一致協力して相当長年月（少なくとも 10 年以上）継続する必要があると思います。

III. 温泉の湧出に関して

北大医学部附属病院登別分院 齋藤省三

この度の本学会において、温泉に関する諸科学の連繫に関するシンポジウムが企画され、医学関係者の立場から理学に対して要望することをテーマとして提供されたとして、私もその発言の一人に指名されたので、この主旨に基づき発言することにする。

医学的に特殊作用の認められた温泉が、地殻の異変のため、その湧出が消失したりあるいは激減したりした際、温泉の医学的研究および治療上の見地から、その湧出の復活することを熱望するものである。

その 1 例を挙げてみることにする。

わが国の温泉中には、アルミニウムイオン (Al^{+++}) と硫酸イオン (SO_4^{-}) を含有している温泉は沢山あるが、その両者を比較的多量に含有している温泉すなわち明礬泉は少ない。

登別温泉には、地獄谷に入つたところに不老泉と呼称されている明礬泉が湧出していた。その分析結果を表示すると次の如し。

ところが 1950 年（昭和 25 年）2 月頃から地獄谷の温泉活動に異変が起りはじめ、この酸性明礬緑礬泉（不老泉）の湧出口近くに新しい噴出口ができ、1951 年（昭和 26 年）の 7 月・11 月・12 月とさらに 1952 年（昭和 27 年）の 1 月と次々と新しい噴出口ができて、水蒸気・泥水・砂泥などの噴騰もの凄く、小砂泥粉は 150~250m の距離まで飛散し、湯気は附近の山よりも高く昇つた日もあり、噴出口は拡大され約 30 m² の面積は決壊し 90°C 前後の温泉池となり昭和地獄と称せられたが、1952 年（昭和 27 年）1 月・2 月を境としてそれらの温泉活動は次第に静まり、1953 年（昭和 28 年）8 月にはそれらの温泉活動は静穏となり今日に至っている。しかし 1951 年（昭和 26 年）からは以前のごとく多量の明礬泉（不老泉）の湧出はみられなくなつたのである。

それで明礬泉の湧出を目指して 1952 年（昭和 27 年）から 1954 年（昭和 29 年）にわたり、登別温泉株式会社が地獄谷においてボーリングをなしたが、ガスのみ噴出して明礬泉の湧出を見ることができなかつた。

不老泉

		1930(昭5) 太田 明礬泉 弱酸性 蒸発残渣 2.458 g/kg	1938(昭13.9.5) 長永 酸性明礬緑礬泉 pH 2.17 92°C 蒸発残渣 2.6611 g/kg	1939(昭14.2.19) 長永 酸性明礬緑礬泉 pH 2.07 94°C 蒸発残渣 2.7977g/kg	1949(昭24) 室住 塩化土類含有明礬 (緑礬)泉 pH 2.3 94.3°C 蒸発残渣 5.82g/l
カ チ オ ン	Na ⁺	0.4425	0.4993	0.4945	1.30
	K ⁺	0.0453	0.0477	0.0474	
	NH ₄ ⁺		0.0064	0.0067	
	Ca ⁺⁺	0.1276	0.1420	0.1442	0.109
	Mg ⁺⁺	0.0086	0.0121	0.0118	
	Mn ⁺⁺		0.0012	0.0012	
	Fe ⁺⁺	0.0314	0.0242	0.0348	0.017
	Al ⁺⁺⁺	0.0285	0.0245	0.0356	0.065
	H ⁺	0.0018	0.0040	0.0054	
ア ニ オ ン	Cl ⁻	0.70	0.8731	0.8828	2.79
	SO ₄ ⁻	0.5517	0.4979	0.5554	0.543
	HSO ₄ ⁻	0.1737	0.3893	0.5254	
	H ₂ PO ₄ ⁻		0.0004	0.0002	
	HBO ₂		0.1080	0.1120	
	H ₂ SiO ₃	0.3604	0.4274	0.4228	0.438
	H ₂ S		0.0032	0.0032	0.007
	CO ₂		0.0104		

現在は以前不老泉といわれていた湧出口の近くから以前の湧出量の 1/10 位の明礬泉が湧出しているが、私達の病院への引湯は中止されたままになっている。

わが国に湧出している明礬泉のほとんどは酸性である。登別温泉地獄谷に湧出していた明礬泉は pH は 2.07~2.3 で前述の如く分析表からは酸性明礬緑礬泉と称すべき温泉であつた。この温泉は創傷治癒に著しい効果のあることは、藤野武志博士により実験的に証明されたのであるが、さらにその特殊性について生物学的に治療医学的に研究を重ねたいと念願しているのである。それ故に明礬泉湧出の再現を熱望し、ここに理化学系の諸賢に明礬泉湧出の再現の方途について御教示を賜わりたく提案する次第である。

このような例は他にもあると思うが、さらに地質学的・地球物理学的・地球化学的または電気的検索などにより、かくの如き地層にはかくの如き泉質の湧出が可能であるとの科学的想定はできるものであるや否やについても御教示を賜わり度く提案する次第である。

文 献

- 1) 板沢庄五郎：温泉療養の第一登別温泉の巻，昭和5年(1930)
- 2) 長永 兎信：登別温泉分析成績，薬学雑誌，65, 5号(1940)
- 3) 太秦康光・室住正世：温泉の化学的研究—北海道登別温泉，日本化学雑誌，76, 8号(1954)
- 4) 福富孝治・藤木忠美：昭和26年11月から27年3月頃の登別温泉地獄谷の活動について，北大地球物理学研究報告，第3号(1953)
- 5) 鈴木 醇・石川俊夫・鈴木淑夫・勝井義雄：登別温泉地質班調査報告，北海道温泉調査報告VI(北海道衛生部)(1958)
- 6) 福富孝治・藤木忠美・須川 明：登別温泉調査報告VI(北海道衛生部)(1958)
- 7) 藤野 武志：温泉ノ創傷治療ニ及ボス影響ニ就テノ実験的研究，日本温泉気候学雑誌，4, 2号(1938)

IV. 医学の立場から

東北大学教授 杉 山 尚

1. 温泉諸科学連繋の必要性

温泉科学が各専門科学に広く関連することから，温泉科学の進歩と応用にはこれら諸科学の密接な連繋が必要なことは明らかである。これを温泉医学の側からみても，気候医学，療養地衛生学，海気療法学などのような境域部門，気象学，温泉化学，温泉地球物理学，地質学，地理学などのような基礎部門と関連し，温泉医学自身のなかでも温泉生理学，環境医学のような基礎温泉医学と温泉治療学といわれる臨床(応用)温泉医学との結びつきが要求される。

2. 温泉諸科学の連繋を推進する方法

これらの連繋を進める具体的方法として

- 1) 温泉に関する総合学会を定期的に開催し，これを通じて意見を交換することがまず考えられるが，本学会がすなわちこの目的に沿ったものである。その外に
- 2) 温泉地の総合研究という方法がある。この方法は特定の温泉地について最も早急に，最も効果的に各科の連繋研究を推進せんとするもので，これを徹底的に推進したのはソ連であり，急速にかなりの効果を挙げたといわれる。わが国でもかつて各大学により伊香保，修善寺，鳴子，熱海，那須，別府，登別などで行なわれたことがあるし，現在玉川温泉においてかなりの規模で続行されている。また現在われわれが毎年山形県の温泉地で県衛生部と協力して実行しているような形も，その一つの方法であろう。

3. 温泉諸科学における連繋のあり方の反省と再検討

このように従来すでに温泉科学間の連繋は努力されてきたことは事実であるが，その成果は必ずしも満足すべきものではない。本日このシンポジウムが改めてとり上げられた所以もここにあると思う。

ここで温泉諸科学における連繋のあり方について改めて考みる必要がある。温泉科学は温泉化学，地球物理，地質学，地理学などのような，主として湧出する温泉そのものを研究する温泉基礎科学と温泉工学，農学，生物学，医学などのような，主として湧出後の温泉の人類社会への利用を対称とする温泉応用科学に大別される。また観点をかえて温泉の社会的利用の面を

みると、1) 観光資源としての利用、2) 電源開発を中心とする工業的または産業的利用、3) 農業的利用、4) 医学的利用などがあげられる。

温泉研究の最終の目的は如何にして、この天然資源を開発し、これを上述の社会的応用に有効に結びつけるかにあるわけである。

従来の温泉科学研究には、この基礎科学と応用科学との間の連繫に多分に問題があつたように思われる。お互に連繫の必要性を知りつつも、如何に結びつけるべきかの努力に欠くところがあつたのではなからうか。温泉基礎科学相互の間にはかなりの共通面があり、親近感があつて、比較的よく連繫の実が挙げ易いし、現に挙つていのように思われる。これと応用科学部門との連繫は必ずしも十分とは言い得ない。相互に自分の専門的興味のみに走り過ぎ、自分の研究が他の科学分野の進展、特に応用科学の面に如何に生かされるべきかの配慮と努力が十分でなかつたように思われる。このことは本学会のような自然科学各部門の関連する学会のあり方、運営に大きい示唆を与えるものであろう。運営よろしきを得れば大きい意味があろうし、しからざれば全く無意味なものともなろう。

また、現在社会の温泉利用のあり方自身にも大きい偏りがあり、観光資源としての温泉利用が現在の日本で特に偏重されていることが、温泉科学相互の連繫にかなりの影響を与えていることも見逃せない。温泉科学者は一面では、このような社会的要請に応えると同時に、他方、科学的温泉利用のあり方を指導する必要がある。

4. 温泉医学における問題点——温泉科学の連繫のために——

ここで温泉諸科学の連繫のめに温泉医学の問題点を浮き彫りしてみよう。これは私の温泉医学研究 20 年の経過でもあり、恐らく多くの温泉医学研究者の迎つている道でもあろう。

温泉医学は湧出した温泉の人体への利用科学であるから、これを人体の側からみれば、まず温泉の人体へ及ぼす影響の検討に始まる。即ち温泉生理乃至病態生理学である。これを基礎にして疾病の治療に如何に利用するか、すなわち温泉治療学が生れてくる。前者は温泉医学の基礎部門であり、後者は臨床部門である。わが国の温泉医学の現状では、ほとんどがこの両者を臨床医学者が受持つており、この点欧州とはかなり様子が異つている。

また、これを温泉の側からみれば、温泉の人体への作用因子または作用機転の研究ということになり、従来 1) 温熱的作用、2) 機械的作用（水圧、浮力など）、3) 化学的作用などがあげられている。温泉医学の研究に取組むと、始めは誰もが、温泉特異的作用を考へて温泉の含有化学的成分をまず問題にする。温熱的作用や機械的作用は淡水にもみられるので、温泉の温泉たる所以は含有成分にあると考へる。しかし研究を進めてみると、もちろん炭酸ガス、硫化水素、硫黄、硫酸イオン等々、化学成分そのものの人体への薬効作用が比較的著明にみられるものもあるが、それと同時に同じ温泉でも、その作用に個体差がかなりあることにも気がつく。すなわち個体反応差ということであり、これが温泉浴クールによつて、同一温泉浴でも次第に違つてくることも明らかにされる。これは含有成分の特殊な薬効作用だけでは説明が無理である。もともと温泉と人体に應用する場合、前述の各作用は同時に作用するわけであるし、また個々の成分が別々に作用するものでもなく、一緒に共存して作用する。ここに温泉医学の複雑さがある。また温泉の人体に対する作用を問題にする医学である以上、温泉作用と生体反応という立場から研究を進める必要のあことに思い当る。

ここに 4) 温泉の有する総合的刺激に対する非特異的変調作用という考へ方が生れる。わ

が国のように刺激の強い酸性泉が多く、しかも高温、頻回入浴という特殊な浴法では、この観点からの医学的検討が特に重要となる。

温泉科学相互間の連繫を有効にするためには、まずこのような温泉医学の問題点を他部門の研究者に知ってもらわなければならない。4) は主として純医学生物学の問題であるが、3) については多分に温泉化学の協力が要求され、特に**医学的に意味のある化学成分とその有効濃度**、さらに**化学成分の共存および微量成分の生物学的意義**などに関する研究協力が必要となってくる。1) 2) についてもリハビリテーション医学における温泉の応用という立場から、今後かなりの研究協力が必要になつてくると思われる。

温泉医学も他の治療医学と同様に、疾病の治療過程において、1) 予防医学、保険医学としての適用、2) 治療医学としての適用、3) アフターケアまたはリハビリテーションとしての応用が考えられ、従来 2) の立場における温泉科学間の協力が問題になつていたと思われるが、今後は 1), 3) の立場における協力も大いに注目されるべきである。

5. 結びと提案

以上、温泉科学としての各分野の連繫について考えてみたが、結局、各温泉科学分野の問題点を相互に理解し、社会応用面での接触点を把握すること、すなわち自分の専門分野の学問的興味の外に、他の分野の問題点を理解し、温泉科学における自分の専門分野の立場と役割を、広い温泉科学の立場から絶えずみなおすことが必要であるという結論になる。

この具体的方法として、さし当り次の三つを話題として提案したい。

1) 本学会として毎年一つの**泉質をとり上げ、その泉質について各専門分野の問題点を**討議する。シンポジウム形式でもよいし、その泉質に関する一般演題を各分野から募つて、座長が司会する方法でもよい。昨年、湯瀬大会で玉川温泉について行なつたように、ある程度各分野から検討された一定の温泉地をとらえて、シンポジウムを行なう形式もよい。

2) **温泉地の総合研究**を復活する。これにはかなりの困難が伴うが、日本温泉協会、各県衛生部、さらには当該温泉組合や協会の協力が望ましい。

3) **日本温泉協会と日本温泉学会との連繫**。わが国の Badewirtschaft (温泉経営) と Badewissenschaft (温泉科学) が全く別個に存在することは、温泉科学の終局の目的が温泉の社会的応用にあることから考えて、誠に不合理であり、その連繫はどうしても必要である。その具体化として、まず差し当り両者の**総合を同一期日に、同一場所**で開催することを考えてみては如何であろうか。単に Badenwissenschaft と Badenwirtschaft の関係を密にするばかりでなく、温泉科学相互の連繫をも招来する意義は大きいと考える。

V. 温泉成分付加の研究

九大温研 八 田 秋

1. はじめに

温泉治療はこれまで、自然に湧出のものによつて行なわれてきた。しかしそれではその効果に自ら限界があるし、それ以上に出ることはできない。

いまもしこれに何らかの操作を加え、温泉本来の特長を損なうことなしに、ある目的によりかなつたものができるならば、より効果的となるであろう。

このためには、温泉の内容である成分の面と、生体反応とを対比しつつ、温泉作用の本態を明らかにする必要がある。このことは非常に難かしいことで、完全な解明には多くの時日を要するであろうが、その中のあるものについては、一応の解釈が下されている。

かような解釈が正しいかどうか、また果してより有効な温泉が得られるかを知るため、1つの温泉に種々の成分を加えて見る試みを、ここ数年来やつているのである。

2. Zn の生物学的意義

温泉成分の中で Rn , H_2S , CO_2 などについては、古くから多くの研究がなされ、すでに付加の応用が行なわれている。ところが微量成分についての研究は遅れているので、 Fe について最も多く生体内にある Zn に関心をよせた。

Zn の成人全身量は $2\sim 4\text{ g}$ 、1日所要量は $12\sim 25\text{ mg}$ 、睾丸、卵巣、前立腺、膵臓、脳下垂体、骨、毛髪、爪、胃の粘膜、眼の網膜、各種酵素 (*carboanhydrase*, *phospharase*, *uricase*) などに多く含まれており、したがってこれら臓器の機能と密に関連している。

今日明らかにされているものを要約すると、

1. 成長の促進 (骨格、爪、毛髪)
2. 代謝の調節 (N -同化と、 CO_2 交換を促す)
3. 抗糖尿病作用 (アドレナリン性グリコーゲン分解の抑制、インシュリン増産)
4. 強精 (男・女性ホルモン増産)
5. 無酸症の是正 (ヒスタミン性塩酸分泌の強化)
6. 酸・塩基平衡の調節 (腎酵素を促進)
7. 副腎皮質ホルモン増産

などである。

3. 温泉のコルチコイド作用

温泉のもつとも重要な作用の1つは、コルチコイド作用 (下垂体・副腎系の賦活) である。この作用がどんな形で現われるかということ、各地の総合研究で行なわれたデータについて見ると、かとの 40°C 、15分、3週間連浴では、全日尿のコルチコイド量は、原則的に $3\sim 5$ 日ごろと、 $14\sim 21$ 日との前、後期の2相性の山を示すのである。

これらの温泉を緩和性泉と緊張性泉とに大きく分けて見ると、全日尿中の 17-KS は、却つて緩和性泉に2相性の消長がよくうかがわれ、緊張性泉には低いものが多い。

ところが全日尿中の 17-OHCS を測つたものでは、緩和、緊張の両性泉ともに、よく2相性変化が出たのである。ここで考えられることは、緊張性泉にありがちな肝機能の一過性低下が、 17-OHCS から 17-KS への転化を妨げたのではないかということである。

3週間連飲の場合にも、やはり2相性変化が見られ、尿中 17-KS は、緊張性泉にくらべて、緩和性泉に2相性がはつきりしており、尿中 17-OHCS は、両泉ともに2相性の山を明らかに示した。

ところが河野が行なつた別府地区7泉の連飲実験では、尿中 17-KS も、 17-OHCS も、2相性増加を示したが、緩和性泉より緊張性泉により著明に出たのである。

以上から連浴の場合にも、連飲の場合にも、前、後期の2相性の最大値を示すことが分るが、緊張性泉では刺激が強いにもかかわらず、全日尿中の 17-KS 量は、却つて低く出るも

のがあることがうかがわれるのである。

4. 温泉のコルチコイド作用と各種の因子との関係

肝機能： BSP 値で測られたそれぞれの温泉の肝機能を、前値との差で示したものを横軸にとり、尿中 17-KS の前期、後期の最大値を縦軸にとり、それぞれ肝機能との相関を見ると、連浴前期ではいくらか逆相関の傾向があるが、後期では全く相関がない。連飲前期でもやや逆相関的であるが、後期では全く相関を認め難い。

したがって肝機能の影響は、前期にいくらかあるようであるが、これだけが尿中 17-KS 量を左右するものではないように思われる。

血清蛋白： 血中コルチコイドに対して保護的である血清蛋白量と、尿中コルチコイドとの関係を見ると、連浴、連飲ともに明らかでないが、両者とも後期の最大値とやや相関の傾向を示した。

泉水 pH： 温泉刺激の1つの指標と考えられる泉水 pH と、尿中コルチコイドとの関係を見るため、尿中コルチコイドの前、後期の最大値を縦軸に、泉水 pH を横軸にとつて見ると、わが国では統計相に pH 4.0~5.0 の鉱温泉は非常にまれなので、スポットはその両側に散在している。

これに一定のパラボラを、pH 5.0 を軸として下向に描くと、連浴の場合には前、後期ともに、比較的良好にこれに乗ってくるが、緊張性泉の中には、線にのらないバラつきが多い。連飲の前期は、一番よくパラボラに乗っているが、後期の値にはバラつきがはなはだしい。

皮膚の pH と泉水 pH との差だけが、純粋な刺激と考えるならば、皮膚の pH が約 5.0 であるから、これを軸としたパラボラに乗ってもいいのではないかと思われるが、ことに緊張性泉の値にバラつきが多いことは、緊張性泉に何か別の因子があるように考えられる。

泉水中の Zn 量： 最後に問題の泉水 Zn 量との関係を、河野の別府 7 泉の飲泉データについて検討した。

尿中コルチコイドの前、後期の最大値を横軸にとり、Zn 含有量を縦軸にとつて見ると、緊張性泉には著しく Zn 含有量の高いものが多いことがわかる。ところが後に述べるように、Zn 量が過多であると、かえって下垂体・副腎系に対して抑制的となるので、高値のものはお与りにして、100 γ /kg 程度以下のところだけを見ると、17-OHCS でも、17-KS でも、前期にはかなりバラつきがあるが、後期では相関的である。

5. Zn 付加実験

被検者は寄宿舎で共同生活をいとなむ男子大学生で、温泉を常習としないものである。用いた温泉は九大温研の温研泉で、固形成分 302 mg/kg を含む単純泉、80 mg/kg の CO₂、8 γ /kg の Zn、103 mg/kg の SO₄ を含み、pH 6.2 である。

かつて行なつた 11 名の不感温、15 分、1 回浴では、血漿 17-OHCS は全体としてあまり著明な動きを示さず、白血球数、好酸球数にも、一定の方向が得られなかつた。ところが今度行なつた 5 人の 39°C、20 分浴では、血漿 17-OHCS (Reddy 氏法) は、浴後 1~2 時間、明らかに増加を示した。そこで Zn 量を再検討すると、89 γ /kg と著しく増していたのである。白血球数も、好酸球数も、ほぼこれに見合った動きを示したし、そのときの 2 時間尿中の 17-OHCS は、尿量の増加がないのに、明らかに浴後増加を示したのである。

そこで泉水に Zn 4.6 mg/kg を $ZnSO_4$ の形で付加すると、pH は 5.5 と酸性側に移った。これと同様な実験を行なうと、予期に反して血漿 17-OHCS は浴後 1~2 時間にわたって、前値 100 γ/dl から 50 γ/dl 以下に低下した。白血球の増加度もこれに相当して軽く、好酸球の動きもわずかであり、尿中 17-OHCS は尿量の増加程度の増量を示したに過ぎなかつた。

次に $ZnSO_4$ に加えて、NaOH を付加し、pH を 10 として同様な実験を行なうと、血漿 17-OHCS の低下の程度も軽度で、最大抑制時が 2 時間後と遅れたが、4 時間後の反動は、前実験と同様であつた。白血球反応は前実験より強く出ているが、好酸球反応と尿中 17-OHCS 量は、前実験とほぼ同様であつた。

温研泉に NaOH のみを加えて pH 10.0 とした実験をかつて行つたが、血漿 17-OHCS の動きは軽微であつた。浴水 pH が大となると、Zn の経皮吸収率は増すはずなのに、Zn の作用が抑えられたのは、Zn の浴存状態がかわり、pH が 7.0 を越えると $Zn(OH)_2$ となつて架状に析出し、 Zn^{2+} の量が減つたためであらう。

第 3 には、Zn 付加量を 1/4 の約 1 mg/kg とし、NaOH で pH 10.0 としたが、血漿 17-OHCS の抑制はさらに強く、4 時間後にも回復していない。白血球反応は中等度、好酸球、尿中 17-OHCS の動きは少なかつた。

すなわち浴水 pH の影響が強いが、Zn の下垂体、副腎系への至適量は 100 r/kg 程度と見られ、過多ではかえつて抑制される。

同時に測つた血糖の動きは面白く、温研泉 1 回浴では 1 時間後の軽度抑制と 4 時間後の正常化、Zn 4.6 mg/kg 付加では、浴後 2 時間後の強い抑制、さらに NaOH 付加では、この抑制の減弱が見られている。Zn 1 mg/kg と NaOH 付加では、血糖の抑制も 4 時間持続し、抗糖尿病性の高い泉水が得られた。

6. 提 案

1. 少量の Zn の付加や、pH の変化によつて、泉浴のコルチコイド作用や抗糖尿病性に、かなり大きな差を来たすことがわかつた。
2. したがつて微量成分の分析なしに、温泉作用の判定は妥当でなく、少なくとも無機ビタミンといわれる Cu, Zn, Mn, Co の定量が望ましい。
3. 引湯によつてガス成分や微量成分に、かなりの変化がおこり得るから、泉源と同時に利用現場での泉水分析が望ましい。
4. 温泉作用の実際を推定するためには、各成分の定量ばかりでは不十分であつて、それぞれの浴存状態の決定が必要である。