

温泉水と人體皮膚膜電位差

岡山大學放射能泉研究所

大 島 良 雄

Rein¹⁾, Keller²⁾等の實驗により皮膚に接する溶液の濃度や溶質の種類によつて皮膚の荷電が變ることが推定せられるに至つたが、之等の實驗成績に對し其後行われた解釋の誤りは關教授により³⁾指摘せられた。最近勝教授の下に於て十藏寺氏⁴⁾は人體皮膚膜電位差に關し種々の基礎的實驗を行い、皮膚が兩性膜として作用し、溶液の pH や濃度等により或は陽性膜、或は陰性膜として作用することを明かにした。氏によると生體皮膚の生理的食鹽水に對する膜電位は部位により、又季節によりその値を異にするが、屍體皮膚に於ては異なる部位間の膜電位差が證明せられないという。皮膚に色素其他の藥物による前處置を加えたり、溶液の溫度を變化せしめたりすると生體皮膚膜電位差に種々の動搖を來すことも明かになつた。

之等の成績からみて、生理的食鹽水に對して膜電位差を示さない2部位の皮膚の一方に生理的食鹽水、他方に温泉水を接觸せしめた際に認められる生體皮膚膜電位差が、温泉浴の生體に及ぼす刺激作用の何等かの目安になりはしないかと考へて以下の如き實驗を行つた。

實驗方法

電位差測定方法は十藏寺氏の實驗方法に準じた。即ち左右の同名指又は同一側の2指の一方を温泉水に、他方を0.9%食鹽水に中間節まで浸し、飽和鹽化カリ溶液、飽和鹽化カリ甘汞電極を介して電位差測定装置へつなぐ。被験2指は毎回共に0.9%食鹽水に浸して兩指間に電位の差がないことを確めておいてから温泉水の實驗を行つた。

被験者は著者並に研究室の補助者1名で同一種類の實驗には同一人を使用し、一實驗か

ら次の實驗に移る前には1時間以上の間隔をおいた。被験指はまづ水道水で十分に洗つてから泉水に浸した。水温は特に斷わらない限り37°Cにした。泉水等に指を浸してから5分以上経過した後電位差測定を開始し、値が平衡値を示してから3回測定の平均値を表に記載した。

實驗成績

I. 温泉水と0.9%食鹽水間の膜電位差

a) 三朝温泉

三朝温泉8源泉水と研究所水道水が0.9%食鹽水に對して示した膜電位差を第1表に掲げた。最も小さな値は研究所泉の8mV最も大きな値は研究所水道水の49mVで、大體に於て固形成分含有量の多い源泉水ほど0.9%食鹽水に對する電位差が小さい傾向が認められた。

大原氏⁵⁾によると皮膚角層の等電點はpH 4.6—5.0、胚層のそれは4.5—4.7にあると云う。三朝温泉水のpHは6.2—7.4の間にあり、總て低張性で、陽イオンの中ではNa⁺が最も優勢、陰イオンではCl⁻が最も多くHCO₃⁻が之に次ぐ状態である。即ち泉質からいへば大體食鹽泉に屬する。蒸發殘渣は嚴密には温泉水のイオン數に比例しないが、温泉の如き稀薄鹽類溶液では概してイオン含有量の大きい場合に大で、イオン含有量の小さいほど小となる傾向があるであらう。三朝温泉の全イオン數は1l中30—50ミリオン程度のもので大部分である。十藏寺氏の實驗成績から想像すると此の場合皮膚は陰性膜として作用し、低張食鹽水溶液側が0.9%食鹽水側に對し正の電位をとると考えられるが、事實三朝温泉側は0.9%食鹽水側に對し正の電位を示した。

被験者は同一人である。(第1表 A)

第1表 温泉水と0.9%食塩水間の膜電位差

a 三朝温泉

| 源泉名 | mV | 蒸発残渣 g/l | pH | Rn | Mache |
|-------|-----|-------------|-----|----|-------|
| 研究所泉 | +8 | 1.710 | 6.8 | | 15 |
| 中湯 | +19 | 1.125 | 7.1 | | 30 |
| 山田湯 | +19 | 1.06 | 6.4 | | 180 |
| 株湯 | +21 | 0.900 | 7.2 | | 10 |
| 河原湯 | +21 | 0.865 | 7.0 | | 50 |
| 療養所泉 | +22 | 1.120 | 7.3 | | 10 |
| 大橋の湯 | +24 | 0.663 | 6.6 | | 50 |
| 石湯 | +31 | 0.410 | 6.4 | | 100 |
| 研究所水道 | +49 | | 6.7 | | |
| 蒸溜水 | +58 | | 5.9 | | 0 |

b 酸性泉

| | | | | | |
|------|-----|------|-----|--|--|
| 藤野 1 | -16 | 15.3 | 0.8 | | |
| 三石 1 | +2 | 7.85 | 2.4 | | |
| 栗野岳 | -33 | 1.8 | 2.0 | | |
| 五十猛 | -44 | 5.0 | 1.9 | | |
| 柵原 | -46 | 59.2 | 0.6 | | |

c アルカリ性泉, 食鹽泉, 單純泉等

| | | | | | |
|--------|------|-------|-----|--|--|
| 椿 | +27 | 0.385 | 9.3 | | |
| 増富 B 7 | +5 | 7.3 | 6.5 | | |
| 小屋原 | +7.5 | 6.7 | 6.5 | | |
| 浅津 | +12 | 1.51 | 7.1 | | |
| 池田 5 號 | +5 | 5.0 | 6.4 | | |
| 皆生 | -22 | 10.5 | 7.3 | | |
| 鳥取 | +7 | 5.0 | 7.0 | | |
| 江崎 | +32 | 0.833 | 6.7 | | |
| 吉岡 | +19 | 0.58 | 7.5 | | |
| 濱村 | +3 | 1.65 | 7.3 | | |
| 關金 | +8 | 0.61 | 7.5 | | |
| 勝浦 | +1 | 1.3 | 7.6 | | |

b) 酸性泉

藤野鑛泉, 三石鑛泉, 五十猛鑛泉, 柵原温泉水及び栗野岳温泉の5を使用した。此の中で藤野, 三石は酸性明礬綠礬泉で Fe^{+++} の含有量が多く, 五十猛, 柵原は Fe^{++} の含有量が多い酸性綠礬泉である。栗野岳は同様に酸性明礬綠礬泉ではあるが明礬が強いのが特有である。5者中柵原は高張で, 他は低張性であった。pH は比色で 0.6—2.4。結果は第1表

B に示した如くで三石(1)の場合を除き, 總て三朝温泉とは逆に 0.9%食塩水に對し負の電位を示し, 電位差は温泉成分の濃度が最も濃い柵原が最大で -46 mV を示した。三石も他の試料の場合には第3表に掲げた様に -16 前後の値を示した。

即ち之等の硫酸イオンに富む酸性泉は一般に 0.9%食塩水に對し負の電位を示し, イオン濃度が高い場合も少い場合にも電位差が大きくなるようにみうけられた。併し例数が少いのでまだ一般的な結論を得るに至らない。

c) アルカリ性泉と食鹽泉, 硫酸鹽泉, 單純泉(類中性泉)

第1表 C にはアルカリ性の硫黄泉である椿と食鹽泉である増富 B 7, (採取後3ヶ月以上経過したので實地上放射能泉に入れられない状態で使用), 小屋原, 浅津, 池田, 皆生, 單純泉である吉岡, 關金, 江崎, 芒硝性硫酸鹽泉である鳥取(一の湯。厚生省衛生試験所の分析表ではアルカリ泉に入っているが現在は芒硝泉に屬せしむべき組成を有している。)石膏性苦味泉である濱村(清鈴の湯), 硫黄泉である勝浦の成績を掲げた。此の中で池田, 増富は同時に著量のヒドロ炭酸鹽を含有し, 池田は遊離炭酸をも多量に含有している状態で實驗できたから前項の成績と合せると殆んど總ての泉種が含まれたことになる。

此の中で鹽化カルシウム含有の苦味性食鹽泉である皆生はほぼ等張に近いが, 他の總ては低張性であつた。

成績は第1表 C に明かな如く泉質により, 又含有鹽分量によりまちまちである。大部分は三朝温泉と同様に 0.9%食塩水に對し正の電位を示したが, 皆生のみは全く逆の電位を示した。

椿, 江崎の如く鹽分含有量の少い泉水は概して大きな電位差を示したが, 關金の如き例外もあつてその説明は明かでない。十藏寺氏によると人の皮膚の膜電位は季節によつても動搖する場合がある如くである。1の C に載

せた成績は總て同一人の被験者の指に就て行つた結果であるが、鑛泉採取と電位差測定の時季は昭和24年の春から凡そ1年の間に互り間歇的に行われたので、大體の傾向を窺うことは出て、二つの泉水の食鹽水に對する電位差をそのまま比較することは危険であるかもしれぬ。

淡水が生理的食鹽水に對して大きな膜電位差を示すことは當然であらうが、上述の泉水が食鹽水との間に示す電位差が必しも鹽分含有量の大小と比例しないことは興味がある。

II. 泉水老化の影響

自然に放置しても崩壊するが、常溫ではガス體である爲に容易に逸散しやすいラドンを含む三朝温泉水山田湯と池田鑛泉4號泉とについて泉水の振盪又は煮沸或は長期保存の影響を調べてみた。

第2表に示した如く山田では振盪、煮沸の影響が認められなかつたが、池田では貯藏により電位差が若干増加した。

第2表 泉水老化の影響

| 源泉名 | 處置 | mV | Rn Mache | pH |
|------|-------|-----|----------|-----|
| 山田枕湯 | 新鮮 | +19 | 180 | 6.5 |
| " | 10分振盪 | +19 | | 6.8 |
| " | 10分煮沸 | +19 | 0 | 9.3 |
| 池田5號 | 新鮮 | +5 | 1290 | 6.4 |
| " | 一月密栓貯 | +11 | | 7.4 |

III. 泉水加温の影響

Kühnan は Rein 等の研究からみて皮膚に接する溶液の pH が表皮の等電點からアルカリ側にある時には加温により皮膚の透過性が増すが、酸側の場合には影響が少いと述べている、Hofmeister の系列から考えると、酸性泉では硫酸イオンが、アルカリ側の泉水ではアルミニウムイオンやカルシウムイオンが蛋白コロイドに大きな影響を及ぼすことが想像せられ、芦澤の無機のコロイドを使用して行つた温泉水の膠質凝析作用検査成績も同様の結果を示した。

温泉水又は食鹽水の一方を室溫におき、他方を種々の溫度に加温した場合と、一方に食鹽水、他方に温泉水をとりその溫度を均しく室溫から 45°C に至るまで變化せしめた場合等に就て電位差の測定を行つた。

第3表は兩側同一試材で1側の溫度を變化せしめた場合の成績を示す。

第3表 泉水加温の影響

A 兩側同一試料で一侧の溫度を上げた場合

| | 45° | 42° | 38° | 36° | 31° | 25° |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|------------|
| 0.9% NaCl | +22 | +8 | +6 | +4 | +1 | 0 |
| (對側室溫 24°C) | | | | | | |
| 濱村温泉 | +13 | | +8 | | +5 | +1 |
| (對側 20°C) | | | | | | |
| 研究所泉 | +13 | | | +3 | | 0 |
| (對側 12°C) | | | | | | |
| 池田5號 | +4 | | | 0 | | |
| (對側 10°C) | | | | | | |
| 三石 ₂ | -21 | -16 | 40° | -15 | -5 | |
| (對側 13°C) | | | | | | |
| 藤野 ₂ | | -29 | | -22 | | 19° -17 |
| (對側 10°C) | | | | | | |
| 勝浦 | | +18 | +16 | +10 | | 28° +7 |
| (對側 22°C) | | | | | | |

B 一侧に 0.9% NaCl 他側に泉水をおき兩側を同溫に上昇せしめる

| | 45° | 42° | 37° | 30° | 25° | 10° |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|------------|-----|
| 濱村 | +10 | +3 | | +3 | +3 | |
| 研究所泉 | +9 | +8 | +5 | +3 | | |
| 池田5號 | | | +5 | | | 0 |
| 淺津 | | | +11 | | | +9 |
| 吉岡 | | +23 | +19 | +13 | +12 | |
| 三石 ₂ | -37 | | | | 20° -16 | |
| 藤野 ₂ | -45 | | -45 | | -38 | |
| 勝浦 | +1 | | +1 | | +0.5 | |
| 三石 ₁ | | | +2 | | | +2 |

三石₁と三石₂、藤野₁と藤野₂とは鑛泉採取の日時が同一でない。

0.9%食鹽水、濱村、三朝研究所泉、池田、勝浦の如く皮膚の等電點よりアルカリ側の

pH を有する泉水に於ては高温側が正の電位を示し、電位差は温度差が増すほど著しい結果が示された。

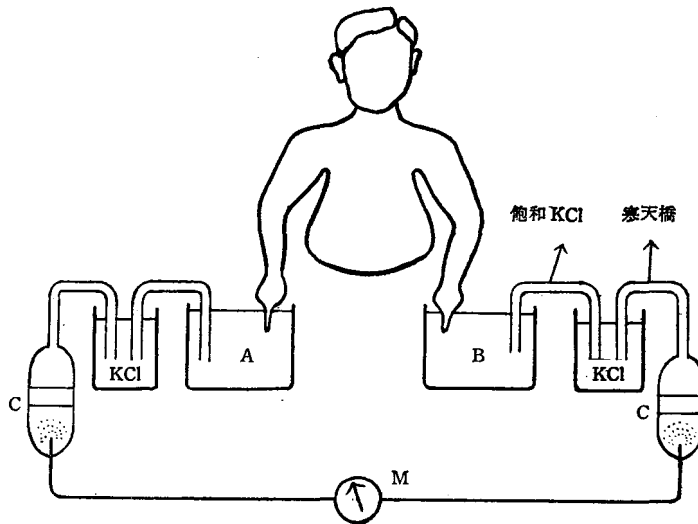
藤野、三石の如き酸側の泉水では之に反し高温側が負の電位を示し、温度差の大きい程電位差が大きい傾向が認められた。之等の酸性泉に於て上述の類中性泉に於けるよりも温度の變化に基く電位差の變化が特に小であるが如き傾向は認められなかつた。

第3表 B には一側に 0.9% 食鹽水、他側に温泉水をおき、兩者の温度を同時に同温に變化せしめた場合の成績を掲げた。

その結果は被験液の温度が高い程(最高 45°C)概して電位差が大きい成績が得られた、が、藤野²、三石¹、勝浦の如く電位差の水温による變化が著明でないか殆んど無いものも認められた。

十藏寺氏は生體皮膚の膜電位的効果(生理的食鹽水に就て)が 30°C 附近に於て最大であつたと報告している。著者の成績でみると 45°C までの水温に於ては 30°C よりも更に高温の場合の方が膜電位差が大となる成績が得られた。

附 圖



- A B 泉水又は 0.9% 食鹽水
M 電位差測定装置
C 飽和 KCl 甘汞電極

總 括

生きている人の皮膚が生理的食鹽水と温泉水との間を境した際に生ずる膜電位差を測定した。

三朝、浅津、池田、増富、小屋原、關金、江崎、吉岡、勝浦、鳥取、椿、濱村の如く皮膚の等電點よりアルカリ側の pH を有する低張礦泉水は 0.9% 食鹽水に對し概して正の電位を示し、三朝に於てはその蒸發残渣が大きいも

の程電位差が小さい傾向を示した。之等の泉水は加温により同温の 0.9% 食鹽水に對する膜電位差が増大する傾きがある。

藤野、三石、栗野岳、五十猛、柵原の如き酸性礦泉に於ては生理的食鹽水に對し概して負の電位を示した。此の電位差は同じく加温により増大する傾向があつた。

之等の温泉水の一方を室温におき、他方は同じ温泉水を種々の水温まで上昇せしめ、兩

者の間の膜電位差を測定すると一般に温度差が増すと電位差も増大する傾向が認められた。此の際皮膚の等電點よりアルカリ側の泉

水では高温側が正の、酸側の泉水では高温側が負の電位を示した。

文 献

- 1) Rein : Z. Biol., 84, 118, 1926 ; 85, 195, 1926 ; Ergeb. Physiol., 32, 28, 1931. 2) Keller, Ph. : Balneologie, 2, 391 (1935). 3) 關 正次 : 日本温泉氣候會誌, 13 (3), 1, 昭 22. 4) 十藏寺 秀郎 : 日本温泉氣候學會, 第 12 回總會演說, 昭 22 及び私信. 5) 大原 : 3) 關より引用. 6) Kühnau, J. : zit. n. H. Vogt : Lehrbuch der Bäder- u. Klimaheilkunde, 1941. 7) 芦澤 峻 : 本誌並に日本温泉氣候學會雜誌に載る見込.

THE MEMBRANE POTENTIAL OF THE LIVING HUMAN SKIN AND THE MINERAL WATERS.

By

YOSHIO OSHIMA.

The membrane potential difference with the living human skin between the physiological saline and the mineral waters was measured.

The hypotonic mineral waters, that have a pH higher than the isoelectric point of human epidermis, showed a positive potential against the physiological saline.

The membrane potential difference of these mineral waters against the physiological saline at the same temperature tends to increase by raising the water temperature.

The acid waters showed either a positive or a negative potential against the physiological saline.

The membrane potential difference between the mineral waters at room temperature and at the temperature raised above it is increased according to their temperature difference,