

# 温泉水の Indice de nutrition と酸化還元電位

岡山大学温泉研究所 内科

大 島 良 雄\*

## 緒 言

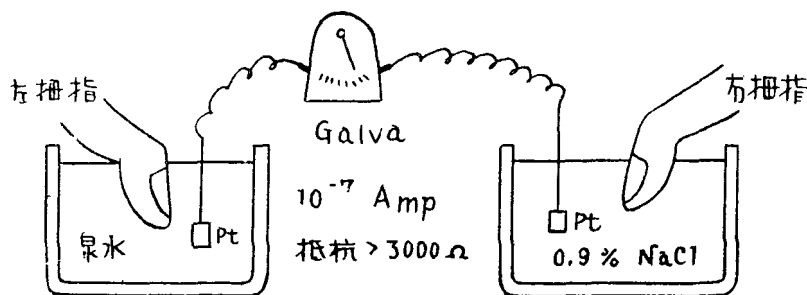
温泉水の Indice de nutrition: IN とは 1930 年 J. L. Pech<sup>1)</sup> が提唱した物理化学的な示標であつて, Pech は之によりそれまで温泉水の化学分析では説明のつかなかつた生物学的作用の老化現象に何等かの手探りを得ようとしたものの如くである. その後 Rimattei<sup>2)</sup> は人体の代りに飽和塩化カリ寒天橋を使用して Indice de nutrition simplifié 略して I. N. S. を提案し, 温泉水のびん詰め貯蔵により電気伝導度や pH はあまり変化しないが, IN や INS は著しく増大する場合は報告

した. 新鮮温泉水に酸化剤を加えると IN は増大し, 還元剤を加えると IN が減少するという.

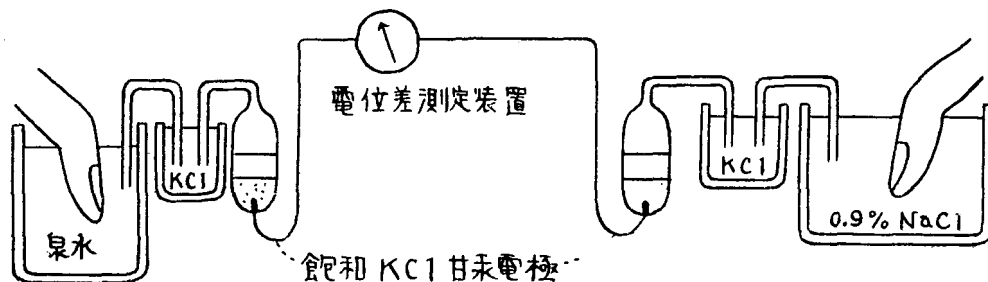
Rimattei は IN が人体と温泉水との間の電位差を現わす目安であるというが, IN は後述の如き測定法で mV として現わされているから, 著者がかつて報告した<sup>3)</sup> 温泉水の人体皮膚膜電位差 Mp と温泉水の酸化還元電位 Eh (生理的食塩水と温泉水との酸化還元電位の差) との和を現わす示標であると考えられる. (第 1 図, 第 2 図参照).

一般に Mp に比し Eh は遙に大きい値を持つ

第 1 図 I. N. 測定法 (Pech)



第 2 図 M. P. 測定法



\* 現信州大学松本医科大学教授

ているので、INの変動に対しEhの及ぼす影響が最も大きいと考えられる。

温泉水のEh又はrHは1933年Blum, Achard et Brunerが硫黄泉について測定報告して以来、最近はCorre<sup>4)</sup>がVichyについて比較的詳しい研究を行っており、我国では関<sup>5)</sup>、八田<sup>6)</sup>、著者<sup>7)</sup>殊に関並にその門下<sup>8)</sup>が相当多くの温泉水のrHについて報告している。生体内におけるエネルギーの発生も蓄積も酸化還元機転を伴って行われ、従つて生体の機能も酸化還元電位の場合によつて著しい影響を受けることが明であるから、温泉水の還元又は酸化傾向を示す目安である酸化還元電位の測定の意義は温泉医学的に注目されなければならない。最近Glénard<sup>9)</sup>は生体の酵素作用に及ぼす温泉のrHの意義を強調している。

著者は三朝温泉その他1-2の鉱泉水につきそのIN, INS, MP, rH又はEhを一部又は同時に全部測定したのでその成績を以下に報告する。又三朝温泉山田區共同湯浴水のEhについては相当長期間の連続測定を行ったので之に就ても報告する。

#### 実験方法と実験材料

PechのIN測定法は第1図の如くで一側の拇指を0.9%食塩水に、他側の拇指を被験温泉水に浸し、両者に白金電極を挿入、両白金電極の間に $10^{-7}$ アンペア程度の感度(電圧感度1mVより小)、抵抗3000オーム以上のガルバノメーターをつなぎ、示針をmVで讀むのである。此の際泉水の方が人体に対し電位が正の場合にINを+としてあらわすことにする。RimatteiのI. N. S. は両拇指を使用する代りに飽和KCl寒天橋を使用して、人体を使わず電気回路を成立せしめて測定する。

著者の膜電位差測定法は第2図の如くで、

指を0.9%食塩水又は泉水に浸す点はPechのIN測定と全く同様であるが、白金電極を使用せず、飽和KCl寒天橋を介して飽和KCl甘汞電極に被検水を接続し、之を電位差測定装置につないでPoggendorfの補償法で電位差を測定する。

電位差測定装置として著者は島津製の板野式pH測定装置を利用したが、後にBeckmanのH<sub>2</sub>型ガラス電極pH測定装置を入手したので、之を応用した。

pH及びrHの測定は始め比色法によつたが、後では上記のBeckman pH計で電氣的に行つた。又IN及びINSも著者は上記pHメーターのガルバノメーターを利用して測定した。

Beckman pH計ではrHを直讀できるが、rHとEhとの間には次の如き関係があるから、之等の1とpHを知れば相互に換算できる。

$$Eh = (rH - 2pH) (27.081 + 0.0992t) \text{ mV}$$

tは攝氏で現わした泉水温度

実験に使用した泉水は三朝温泉が大部分であつて、瓶に空所のない様満水、密栓して研究室に持ち帰り、なるべく1時間以内に測定した。しかし後述の如く之でも採水直後とはpHやrHが変ることを考慮に入れておかなければならない。MPSはINSと同様人体の代りに寒天橋を用いた場合の値である。

IN, MPは本実験では凡て著者の左右の示指又は一側の示指と中指とを使用して測定した。指は実験開始前水道水でよく洗滌、乾燥した清浄な布で拭い、両指を各々生理的食塩水に浸し、両者の膜電位に差がないことを確かめてから温泉の実験に移つた。

#### 実験成績

第1表に掲げた研究所泉並に山田泉の測定成績から明な如く、泉水のIN又はINSは採水後日が経つに従い増大する傾向がある。之はMPやMPSの変化ではあまり著明でなくrHの増大と関係が深いことがわかる。

INは三朝温泉では硫化水素含有泉である山田区共同湯に於て新鮮な場合に著明に(-)であるが、その他の場合は(+)のことが多い。又酸性緑ばん泉である三石鉱泉並に柵原温泉水は共に著明に高い(+)の値を示した。MPは之に反し三朝温泉では概して(+)で、酸性緑ばん泉の場合に(-)であつた。

田湯の白濁時には白濁前に比しそのrHが増大することを報告したが、今回の長期観察の結果からみると、全体としては白濁した日と透明であつた日との間に必ずしもrHに関して一義的な一方的傾向を認めがたいことが明になつた。即ち泉水の白濁している日に於けるrHが透明な日のそれよりも常に高いとはいえないのである。(第3表参照)。

しかし昭和38年4月以降の成績のみについてみるならば第4表に示した如く0.0001の危険率で白濁時のEhは透明時よりも高い傾向があることがわかる。

第1表 INとMP及rH

源泉名	測定日	採水後経過	IN	INS	MP	MPS	pH	rH	T	H <sub>2</sub> S
研究所泉	12/XI/51	0日	-3	-4	±0	±0	7.0	>23	13°	-
	14/XI	2	±0	±0	+12	+3	7.0	"	13°	-
	15/XI	3	+4	+7	+3	±0	7.1	"	15°	-
	15/XI	0	+26	+12	+9	+4	6.8	"	15°	-
山田枕湯	12/XI	0	-183	-79	+4	+4	6.3	6	13°	±
	14/XI	2	-18	-18	+10	+3	6.4	13	13°	
	15/XI	3	+5	+5	+11	+5	6.4	>23	15°	
	17/XI	5	+9	+3	+3	-1	6.6	>23	12°	
山田浴水	17/XI	0	-63	-49	+16	-1	6.4	13	12°	+
	21/XI	4	-13	-6	±0	±0	6.6	>23		
	23/XI	6	-35	-49	+2	+3	7.3	>23	15°	
国療河原湯 村の湯 ヒスイ湯 分室男湯 中湯	15/XI	0	+21	+31	+10	+3	7.2	>23	12°	-
	"	0	+60	+44	+15	+8	6.3	>23	12°	-
	"	0	+33	+30	+11	+5	6.5	=23	12°	-
	"	0	+13	+0	+18	+10	7.3	18	12°	-
	"	0	+15	+4	+18	+3	7.0	21	12°	+
柵原 三石	3/XII	半年	+190	+201	-20	+5	0.6		13°	-
	3/XII	一年以上	+346	+391	-27	±0	2.2	>23	13°	-

第2表には山田区共同湯浴水のrHを昭和27年12月下旬より昭和38年6月に亘り測定した成績を掲げた。第2表の値はBeckman PH計による測定値である。かつて著者は山

一部の場合にはEhと共にMPやINを同時に測定したが、第5表に示した如く、多くの場合INはEh'(泉水のEhと0.9% NaClのEhとの差)とMPとの和にほぼ一致した値を示

第 2 表 山田區共同湯浴水のEhとpH

測定日	白濁	pH	Eh	測定日	白濁	pH	Eh	測定日	白濁	pH	Eh
17/XII '52		6.3	+392mv	23/II '53	+	6.65	357	28/III '53	+	6.75	352
				24/II	+	6.54	232	30/III	+	6.82	362
25/XII		6.25	232	28/II	+	6.60	352	1/V	-	6.6	265
26/XII		6.25	367	2/III	+	6.50	272	3/V	+	6.55	395
27/XII		6.52	402	3/III	+	6.72	337	4/V	+	6.65	238
23/I '53		6.38	312	4/III	-	6.46	382	6/V	+	6.69	181
24/I		6.28	192	5/III	+	6.63	222	7/V	-	6.92	522
26/I		6.3	352	6/III	+	6.69	282	8/V	-	6.90	195
27/I		6.5	272	7/III	+	6.70	292	9/V	-	7.10	182
28/I		6.3	312	9/III	+	6.80	262	16/V	-		235
2/II	-	6.4	344	10/III	+	6.70	300	18/V	-		250
3/II	-	6.4	409	11/III	+	6.52	331	19/V	+		251
4/II	-	6.4	390	12/III	+	6.72	331	20/V	-		171
5/II	-	6.4	232	13/III	-	6.80	205	24/V	-		136
6/II	-	6.45	341	14/III	+	6.80	190	25/V	-		157
7/II	+	6.4	322	20/III	+		233	12/VI	+		335
9/II	-	6.52	394	26/III	+	6.4	147	13/VI	+		298
10/II	-	6.48	312	27/III	-	6.53	354	14/VI	+		376
11/II	+	6.56	153	23/III	+	6.55	212	15/VI	+		319
12/II	+	6.4	367					16/VI	-		236
13/II	-	6.3	392	8/III	-	6.8	172	17/VI	+	6.4	366
14/II	+	6.32	327	9/III	-	6.7	132	18/VI	+		394
16/II	-	6.50	377	10/III	-	6.60	182	25/VI	-	6.4	276
17/II	-	6.50	252	14/III	+	6.62	192	26/VI	-	6.4	254
18/II	-	6.58	332	18/III	-	6.70	157	27/VI	-	6.4	254
19/II	+	6.52	382	20/III	-	6.58	152	29/VI	-	6.3	227
20/II	+	6.65	327	24/III	-	6.70	132	30/VI	+	6.4	242
21/II	+	6.75	302	25/III	+	6.40	222				

した。

考 案

温泉水の貯藏, 老化によりそのINが増大

第 3 表

	白濁	透明	
Eh > 300mV	19	13	32
" ≤ 300	16	16	32
	35	29	64

$X^2 < 1$

する傾向は Pech が Bourboule の Choury-Perrière 泉や Vichy の Hôpital 泉, Chomel 泉, Grand Grille 泉等で認めたのと同様の傾向であつて, 貯藏により泉水の還元力が減退することを示す証拠であると思われる。

第 4 表 (1953年4月以降のみ)

	白濁	透明	
Eh > 300	8	2	10
≤ 300	7	16	23
	15	18	33

$P \leq \frac{1}{10000}$

を

Pech は湧出時 INが (+) で貯藏

により(一)に変わる場合(Balaruc泉),湧出時中性で数年貯蔵するも不変な場合(VichyのCelestins泉, Vals, Boulou等)等をも記載

第5表 山田湯のEh, MP, IN.

	Eh'(泉水-NaCl)	MP	IN 実測
浴 水	12/VI '53	+1	±0
	13/VI	+74	-5
	16/VI	-25	±0
枕 湯	12/XI '51	-178	+4
	14/XI	+5	+10

しているが,温泉水中被酸化( $Fe^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$ ,  $NH_4^{+}$ ,  $I^{-}$ ,  $S^{-2}$ ,  $HS^{-}$ 等)又は被還元( $SO_4^{-2}$ ,  $AsO_4 H^{-}$ ,  $NO_3^{-}$ 等)されやすい物質がどの位含有されているかにより,又 $CO_2$ の様にpHを変化せしめる揮発性の物質の含有程度によりINやrHが湧出後変化する度合が影響をうけると考えられる. INの中にはMPとEhが含まれているが,MPは人体皮膚の荷電と,従つて溶液(泉水)のpH,イオン濃度,イオン構成等と関連し,温泉成分の体内進入,ひいては温泉刺激と関係のある一つの目安である.従つて温泉の生物学的作用能力をも考慮に入れた,温泉性状を現わす示標として興味があるものであるが,他方十藏寺<sup>10)</sup>によると生体皮膚の膜電位は季節,前処置,個体差,身体の部位等により変化するから,たとへ温泉性状に変化が無くても被検人体の条件によりMPが変化し,従つてINも変動を来すおそれがある.そこでIN値の変化から直に温泉性状の変化を推測しえない欠点があることになり,殊に二つのIN値を比較する場合に注意が必要となる.従つて温泉性状の客観的な表示法としては,INの測定よりもEh又はrHとpHの測定の方がまさつていとえられる.

次に山田区共同湯浴水の自然白濁時には白濁前に比し,そのpHが増大し,rHも増大することを著者は先に発表しているが<sup>7)</sup>,前回発表時には浴水のrHを比色法で現場に於て採水と同時に測定したのであつた.今回は昭和27年12月下旬から昭和28年6月にかけて断続的にはあるが一日一回73回にわたり,研究室に持ち歸つた泉水のEhをBeckman pH計で測定した.そこで実験条件同一とはいえない.前回の測定は3月下旬と6月中旬に於て行われたのであつたが,その結果は今回の4月以降6月下旬までの測定成績と同じく,白濁して湧出してくる場合には透明時に比し泉水のEhが大となる傾向が認められたのである.しかし2月から3月にわたる積雪期における今回の測定成績をみるとこの様な関係は成立せず,従つて全部の成績をまとめると第3表の如く前回みとめた白濁とEh乃至rHとの間の法則を必ずしも妥当とすることができなくなつた.

三朝地方では2月から3月にかけてが一年中での最も雪の多い時期に相当するのであるが,この期間における山田湯浴水のEhが次の4-6月の春乃至初夏の期間に比し概して高い事実(第6表)の説明はまだ明でない.但し山田湯の泉水の化学成分が季節的に著しい動揺を示すことは著者がかつて確認した所である.<sup>11)</sup>

結 語

三朝温泉の8源泉並に2種の酸性緑ばん泉につきそのIndice de nutrition (Pech),酸化還元電位,人体皮膚膜電位差等を測定し,その温泉医学的な意義について考察した.

本論文の要旨は昭和27年6月岡山医学会総会並に昭和28年7月温泉科学会に於て発表した.

## 文 献

- 1) J. L. Pech: *La Nature* 2, 339-342, 1930;  
*Montpellier médical* 69, 503-505, 1923.
- 2) F. Rimattei: *Presse thermale et climatique* 243- , Oct, 1947;  
F. Rimattei, J. Pastor et J. Bois: *Presse thermale et climatique* (9-12), 293-294,  
1951.
- 3) 大島良雄: 岡大放泉研報告 (4), 49-53, 昭26.
- 4) A. Corre: *Presse thermale et climatique* (4) 86, 1948.
- 5) 関正次: 日本温泉気候会誌 15 (1), 1, 昭24.
- 6) 八田秋: 温泉科学 4 (3. 4), 5, 昭26.
- 7) 大島良雄, 御船政明: 日本温泉気候会誌, 16 (3), 95 昭27.
- 8) 楠原良雄: 全誌 16 (2) 87, 昭27.
- 9) R. Glénard: *Presse thermale et climatique* 87 (1-2), 44, 1950.
- 10) 十藏寺秀郎: 生化学 20 (2) 106, 昭23.
- 11) 大島良雄: 岡山医科大学紀要 1 (1), 1, 昭24; 放射能泉研究所報告 (2) 1, 昭24.

---

INDICE DE NUTRITION AND OXIDATION-REDUCTION  
POTENTIAL OF MINERAL WATERS

Yoshio OSHIMA

(BALNEOLOGICAL LABORATORY, OKAYAMA UNIVERSITY)

Indice de nutrition (Pech), indice de nutrition simplifié (Rimattei), membrane potential difference of human skin, and oxidation-reduction potential of several mineral waters were measured.

Their balneological significance was discussed.

---