

地球

第二卷第一號

大正十三年七月

温泉に就いて

小川 琢 治

一、温泉の意義 世間普通の言葉では鑛泉と温泉とを區別して、煖めねば入浴に適せぬ湧泉を鑛泉とし、其まゝか又は冷水を混せて入浴する高温のものを温泉としてゐる。温度の低い冷泉は何處にも湧くものであるが、其中に稍著明に固形物が含まれて、流れ出る處に石灰分、硫黄分、硅酸分等が沈澱して居れば其の眞水の湧泉でないことが直に知れる。故に此の如きものを鑛泉と呼んで温めて入浴するので、温泉に對して冷泉とはいつては居らぬ。

然るに科學上の術語として温泉といふのは其の湧出する土地の年平均氣温より高い温度を有するものとするので、従つて極端に解釋すればシベリアやアラスカの如き年平均氣温の低い處では氷冷の泉を温泉と呼び得べく、日本でも北海道や樺太では攝氏十度以下の泉を温泉に數へて差支ない譯

である。が實際は體溫に近い約三七度以上でなければ歐洲人の如く溫湯ぬるま湯に慣れた民族でも餘り心持よくは入浴が出来ぬ。故に合衆國地質調査所のビール氏の如きも溫泉 Thermal Springs といふのを華氏七十八度(約攝氏二十二度)以上とし、更に華氏九八度(攝氏三七度)まで即ち體溫に達せぬものを微溫泉 Tepid Springs とし、是以上を熱泉 Hot Springs として區別してゐる。

我々日本人には少くも四〇度を超えなければ愉快には入れぬから、大抵浴槽内で四二度乃至五度位なることが必要で、有名な溫泉を見るに湧出口で五〇度内外の高溫を有するもので、加賀山中溫泉の如く冬季浴槽内で冷却して四一、二度しかないものでも、湧出口で測定すれば四九度もある。然るに溫泉の入浴者に與へる效果に至つては餘り湧出口で高溫な場合には放冷するか冷水を加へるかの不便があつて、體溫と差の少ない山中溫泉の如きは浴槽内で暖まつて出ねば肌の寒い感覺を起すを免れぬが、此の如き湯の方が少し熱過るので早く出てしまふ溫泉よりも病後の浴客などにはよく利くらしいといふ利益がある。山中に鄰接した六六度の高溫で鶏卵が熟する山代溫泉の方は主として一夜泊りの遊覽客が頻繁に出入し療養目的の浴客が集らぬので兩者の一得一失が明瞭に認められる。

二、溫泉の成因 此の如く高溫の湧泉が出るのは我が地球内部の高溫である結果たるは勿論で地熱の増加率が約百米ごとに三度であるから、三千米の深處から上昇して來る水は百度の溫度を有す

る筈である。又た水の溶解力は温度が高いだけそれだけ強くなるのであるから高温の深處から上昇して来る水が表面に近い循環水よりも遙かに固形分を溶解して含んでゐることも不思議はないといへばそれまでである。然れども温泉そのものを研究して見れば直に此の如く簡單には説明されぬ所の事實が種々認められる。故に温泉とは地表の循環水即ち淺近水 Vadose water 即ち雨水などの地中に滲入したるものが深處に達して再び上昇するものなりと速断することは出来ぬ。

地層に認められる所の斷層が泉源となつて湧泉を見ることは屢ある例で、巨智部博士が嘗て舞鶴小濱等に於て地形上著しい地溝を成した斷層の推定される處に多量の湧泉があつて、掘抜井戸に良水が豊富に湧くことを觀察された。然るにかくの如く頗る深く地下に達した筈の裂罅があつても、此處に出るのは特に高温の泉水でなくして、夏季に殆ど氷冷と感ずる水のみである。地表から地層の裂罅及び疎鬆な岩石の空隙を傳つて滲み込む循環水の多量なることに就いては、我々は嘗て小佛笹子兩隧道の掘鑿中に導坑内に瀧の如く流れ落ちるのに驚いたことがある。之と同じ様な困難は一八七〇年十三年を費して初めて掘鑿の工を竣つたアルプスのモンヌニ隧道でも遭遇したといふことである。現今日本の隧道工事あつて以來の難工事として何人も知る伊豆丹那隧道に於て同じ事實が鐵道工事の豫定計畫を妨ぐる最第一の障礙たるべきも我々はこの古い經驗から豫期し得る處で、又た従つて其の現場が火山の外輪山であつても寧ろ地熱の爲めにシンブロン隧道の如く苦むことはな

からうと想像し得たのである。

此等の事實から推せば地表で認める裂罅を通つて流れ込む水が再び流れ出る場合に地熱の増加率に應じて溫められてゐる筈であつても、事實は流れ込む水量が多ければそれだけ局部の地盤の溫度を低下して仕舞ふといふ反對の結果が生ずるものと考へるのが寧ろ正當である。

故に溫泉は單に循環水が地熱で溫められたものでなくて、一般には地下の深處から上昇する所の過熱せられた物質(其中に水もある)が其の熱源であつて岩漿中に含有せられたものが地表に現はれるので生ずるものとせねばならぬ。循環水も此の如き熱源に觸れれば初めて溫められて同じく溫泉の泉源となり得るが、單に循環水が地下深處に入つたのみでは眞の溫泉は滅多に出來ないといつてよい。

三、處女水 歐洲で最も有名なカールスバード溫泉の成因に關してジウスの主張した處女水「*virgin water*」説は此の見地に立つもので、嘗て地學雜誌(第一五輯第一七七號)に溫泉成因最新説として紹介したことがある。

ジウスの種々の事實を列叙した後に

此から我々は淺在泉と處女水があるといふ結論に達する。淺近泉は天水の滲入によつて出來たもので、處女といふ名稱は火山活動の後繼結果として地球の深處から上昇し、其の水が初めて

日光に當りたるものに用ゐられる。

といつて

カールスバード、温泉の水は處女泉である。 Das Wasser des Karlsbader Sprudels ist juvenile

Wasser. (圈批は原文のまゝ)

この警句を吐いて、それが老大家の他の多くの提案と同じく一遍に從來行はれた温泉の成因に關する解釋を打破した。

此は獨逸自然研究者醫師協會、即ち英國の科學獎勵協會に相當する團體の一九〇二年九月カールスバードで開催された席上講演で、其の筆記は僅々二十頁の「温泉に就いて」 Ueber heiße Quellen と題する短篇に過ぎぬが、爾來淺近泉と處女泉といふ題目で温泉研究の論文が續出した一事を以て如何に斯界を風靡したかを見るに足るのである。

勿論此の温泉成因説はジウス自身も劈頭に斷つた如く新説といふ譯ではなかつた。ライエルなども既に地質學原論(第一卷第三九三頁)に地球の水に二重の循環作用があらねばならぬ、一は太陽の熱で起されるもので一は我が惑星の内部に發生する熱で起されるものであるといつた。然れどもエルネル以來兎角手近い地表に目につくもので事物の成因を説明せんとする傾向が學者の考へ方に作用することは免れ難く、地表循環水を温泉の源と考へると同時に、其中に含まる炭酸ガスの如き

も之を褐炭層の有機性遺骸から導かれたと考へた化學の泰斗リービヒがあり、又た石灰岩の炭酸に其の源を求めんとする學者もあつた。

四、溫泉と鑛脈 鑛脈の成因に就ても亦た同様で、金屬鑛床の周邊の岩石は所謂母岩といふ名稱の意味する如く鑛脈に含む金屬鑛物が散在して賦存するものであつて、サンドベルグの鑛床成因説は此の如き物質が側壁から分泌して鑛脈に集中し、母岩が文字通りに鑛床を胚胎したと考へたのである。ハンガリ鑛床學の大家ボセブニーが一八九三年に有名な鑛床成因論 *The genesis of ore deposits* を公にして、金屬鑛物の地下深處から鑛化劑に伴ひ上昇したものを主張し初めて今日一般に行はるゝ學説の基礎が確立した。ジウスの明言した如く此の時にボセブニーが初めて淺近水といふ名稱も提案したので、ジウスは之を襲用して、地下深處の岩漿中に含まれたのが地表に現はれるものを處女水として之に對立させた譯である。

鑛脈と溫泉とが共に火山作用の後繼結果たる事實の明かに認められる實例は内外にいくらもあつて、佛國の先覺者エリー・ド・ボーモンは一八四七年既に火山發散物と金屬鑛床との關係に注意を喚起し、第十九世紀末に巴里鑛山學校のドーブレ、ド・ローネの兩大家は溫泉を研究して各永久に典據せられる著書も公になつてゐる。

その後者が鑛脈は溫泉の屍骸であると喝破し、溫泉の場合を鑛脈の採掘利用の方法たる採鑛學の一部と看做して考究してゐる。

維也納巴里兩派の學說には自から逕庭があつて、ドープレーの衣鉢を繼承したド・ローネーは地下に滲入する地表水を頗る重要視し、又た鑛床と同じく溫泉をも層狀と脈狀とに區別すべきものとしアルプス、デュラ等の地方の水成岩中に賦存するものは水平に近い地層を循環せる鑛泉の湧出する層狀溫泉としたのである。

ジウスも此の如き現出狀態のものゝ存在は認めることは異らぬが、之を淺近溫泉と看做し、其の例として瑞西國のブエツフェルス、ラガツ溫泉を引いた。この溫泉はライン谷のリヒテンスタイン侯國の西南對岸にあつて、泉溫三八・七度で溶解固形僅かに一リートルに〇・三瓦弱しかない單純泉で、而して其の湧出量は毎年近傍山中の雲融けの季節に増加し、雨雪量の多少に従つて變化するこの明瞭なものである。

之に比較すればカールスバードは全く趣が異つてゐる。ジウスは此の溫泉に對して地表の滲入地層を限界せんと試みても全く無益である、地熱増加率から其湧出する深さを推定せんと試むるも無益である、泉源を成す花崗岩地盤の性質から固形分の總量を説明せんと試むるも無益であるといつ

たのである。

然れどもジウスの此の言には少し極論し過ぎた弊が認められる。何となれば熱源も固形分も地下深處に在ると考へるのは正當でも、湧出する水其ものを全く循環水と無關係と考へて重大な誤謬に陥つてはならぬからである。

五、循環水の影響 温泉の湧出地點を観るに多くは谿谷に在るのは地下水準面が最も地表に接近してゐるからであつて、温泉の傍を流るゝ河水を堰き止めて地下水準面を少し高くすれば著しく湧出が盛んなる事實は處々で認められる。又た火山の火口内に噴出するものゝ如きは地表の地形如何によつて全く異つた性質の湧出をなし、殆んど乾燥した噴汽坑硫汽坑等から別府の坊主地獄紺屋地獄の如き著しく互に外觀を異にしたものとなるのは噴出するものが略ぼ同一の過熱せられた蒸汽で、表面循環水が豊富なれば温泉となり、少ければ温泉となり得ないのを見るに足る。

熱海の場合も其一例で高處には噴汽を見るも噴湯を見ないを常とし、近頃に至り別莊を開くと共に地下水準面以下に掘り下げたので野中の上部に温泉が出始めた譯であつて、其の濫掘で循環水系の變化を來して間歇泉に影響を與へ近頃まで次第に噴騰の回數を減じたのである。

ニュージーランドのロートルア間歇泉地方にアルカリ、中性、酸性の温泉が噴出し、其の化學成分の差異は地表に近い處で地盤を成す岩層から物質を溶解した結果に外ならぬといふ木戸理學士の

後に掲ぐる報告も、今述べた所と共に大に考慮に値するものである。ジウスのカールスバードに就ての結論では此の溫泉に含む固形分は全く花崗岩を溶解して得たものではないとなつてゐるが、是も極論で、現に同じ維也納大學の老教授チエルマツクは之と反對の意見を主張してゐたと聞くが、これ亦た決して正鵠を失つた説ではなからう。

以上述べた所を概括すれば溫泉は地熱増加率によつて直接に循環水の溫められて出来る場合は殆ど稀で、此の如き淺近溫泉は日本などには殆ど見ないといつてよく、大抵は岩漿の上昇運動に伴ひ之に含まるゝ熱が發散する物質と共に地表に現はれる時に地下循環水も之に加つてジウスの所謂處女溫泉となり、循環水は第二次的ではあるが重要な役割を演ずることは否定出来ぬから處女溫泉なるものは熱の全部と水分の一部を岩漿に仰ぐものといふ意義に修正して使用せねばならぬ。此の如く修正を加へても變更せぬ一事は溫泉の湧出と火山現象との間に離れざる關係があることで、日本の如く火山活動の旺盛な土地に特に溫泉の湧出の多いのが理會されるのである。

六、化石水 處女水と淺近水とに鼎立して尙ほ化石水 Fossil water と呼ぶべき第三者があることを一言せねばならぬ。是は地下の稍深い處に於て出會ふもので、石油井の掘鑿に當り常に掘り當たる鹽泉がそれである。其の鹽分は硫酸鹽類が還元せられて海水とは少しく異つてゐるが、動物質の遺骸と共に海底に沈積したものである。此の時海水の滲み込んだまゝで、其上沈渣物が集積して地下

に埋没し、地表の循環水とは絶縁してしまつたと考へられる。ペンシルヴァニア油田ではデブサン紀の化石水が石油井から出で、シュペリオル湖畔の鑛山の坑内からは更に古いアルゴンキア紀の化石水が出てゐるといはれてゐる。

日本でも越後秋田等の石油井から鹽泉は屢出のみならず、時としては其が溫泉であつて、村上町の西の瀬波の如く石油井を掘鑿する目的で偶然溫泉に掘り當てたので、新しい溫泉場が開かれることになつたといふ様な面白い實例がある。

日本では尙此の外に結晶片岩から出る鹽泉に赤石山の西麓鹿鹽の鹽泉の如き、大臺ヶ原の北麓入之波しほのの如きものがあつて何れも成因不明のもので、或は同じく化石水の場合かと想はれるが、今俄かに斷言するに十分な根據は持たない。

七、溫泉が如何にして湧き出るか は第二の問題である。今述べた如く溫泉を成す水は岩漿から導かれたものが循環水と共に地表に湧き出るのであるとせば、其の要件は溫泉自身の有するガスの壓力及び膨張力と其の傳つて上昇する罅隙の存在に在ると考へられる。

其の第一のガスの壓力は石油井の掘鑿に當つても經驗する所であつて、含油層に掘り當つた時に突然爆發するまでの高壓状態になつてゐると同じく、溫泉の鑛井にも時々出會ふ現象である。一八四六年獨逸ヘッセ國ナウハイムで一五九米の深さで一ニ乃至一四米まで吹き上げるガスを含んだ溫

泉が出たし、佛國中央高原のプキシ近傍ホトリブや同じくロアル州のモントロンでも瓦斯の爲に吹き上げる溫泉があつて、後者は四七五米の深さに達した時に三五米も地盤上に噴騰したといふ此等は何れも炭酸瓦斯を多量に含有する爲めである。伊豆南部下田附近の下賀茂でも鑽井によつて十米に近い噴騰を見たので、其の光景は本誌巻頭に示す通りである。

此の如く常に噴騰する噴泉は獨逸語でスプルーデル Sprudel と呼び佛語で source jaillissante と呼ぶもので、日本語では吹上溫泉と呼んだがよいと思ふ。

第二の瓦斯の膨張によつて押し上げられる作用は主として地表に近づいてから後に起るので、前に述べた如き現象は或は一時的で地表に導く通路が開かれた後は止まることもあるが、後者は過熱されて液化した水蒸汽の汽化するのに原因するから、常に吹き上げるか又は間歇性を持つてゲイザー Geiser の状態を成すのである。即ち吹上溫泉に二種あつて炭酸其他の瓦斯の主體たるものと水蒸汽が主體たるものが區別されて、此の後者と間歇溫泉とは自から遷り變り得る性質を持てゐる譯である。ジウスは間歇溫泉を含む沸騰泉 Siedequellen と溫度の左まで高からぬ炭酸瓦斯などの壓力と膨張力で潰出する噴泉 Sprudelquellen とに區別してゐる。

八、間歇溫泉 Geiser とは斷續して熱湯と蒸汽を吹き上げる溫泉を意味し、其の湧出の壯觀であるので特に注意されて、他の溫泉よりも世界的に有名となつて此の自然現象は何時も火山活動の新

らしい地質時代から今日まで引續いて未だ全く消熄せぬ地方に時に起る。最も早く學界に紹介されたのはアイスランドのもので、百年前に既にマッケンジーの研究があつたが、ニュージーランド及び黃石公園は何れも前世紀の後半に世に知らるゝに至つたのである。

間歇溫泉は沸騰泉の一種に過ぎぬが、其の此の如く稀で、火山活動の多い日本に於て僅かに陸前鬼首と伊豆熱海のみに見られるに反し、最後に發見された黃石公園の如きは一地方に百を以て數へる程多いといふことは一見頗る奇異である。然れども其の噴出する仕方を考へれば其の理由は明らかとなる。

間歇的に噴騰する性質は何れの噴騰泉にも共通の性質であるが、特殊の地表に於ける事情ある場合に限つて永い時間を隔てゝ噴騰するものになるのである。従つて少しばかり事情が變化すれば直に其の噴出の仕方が變つて湯柱を高く空中に立てゝ湯煙を揚げる壯觀を失つて仕舞ふのである。

其の特異の事情といふは供給される熱と之に溫められる循環水の關係であつて、下底から湧出口に達する通路に於て攝氏百度以上に過熱せられた水柱が一定時の間存立し、其の過熱の溫度が高まつて水柱の下層に一度に水蒸汽が出来る時に熱湯の柱を押し上げるのである。若し此の過熱が十分であれば下層に水蒸汽が出來ず、又た循環水の供給が不足すれば絶えず湧出口で沸騰して蒸發するので、何れも湯柱を押し上げないことになる。此の熱と水との供給に際し釣合があつて少し

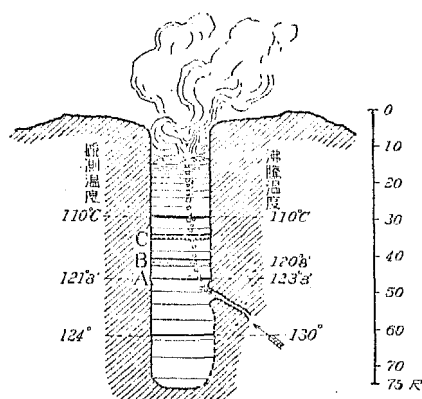
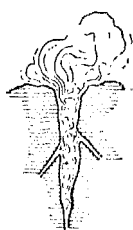
でもごつちかに變化が起れば間歇性を失つて仕舞ふのである。故にエローストーン(黃石)の如く廣い地區に亙つて熱と水との關係がうまく保たれた處では幾つも存在し得る譯にもなる。

舊火口に當る熱海の如きも大湯以外の溫泉の何れでも皆な間歇的に湧出してはゐるのである。大地震後に噴き出した青木湯の傍の湯の池の如きは、短い二三分の週期ではあるが間歇的に數尺噴きあげたし、又古屋内田氏の話では清左衛門湯も改掘の時に地表下十四五間まで掘り下げる間は二十三分の週期を持つて噴いたのが更に深く二十間位まで掘り下げて行く間に段々短い週期となつて終に今の如く殆ど間斷なく湧出するものとなつたといひ、以前に清左衛門と呼べば湧き出したといふのも同じく此の性質のあるのを語るものである。

一つの間歇溫泉が永い間に其の間歇性を失ふといふことは此の釣り合が維持されなくなれば免れ難い運命ともいへる。其原因には地震の如く地盤の裂罅及び空隙を開閉する變動を起す場合に熱と水との供給の途を杜ぎ突然に釣り合を破ることがあり得るのは勿論である。が平常の状態が繼續しても通路の上端には溫度の變化が絶えず行はれ、其の結果として硅華石灰華等の湯の花が堆積して通路の形狀を變化し或は閉塞することもあつて、一つが止まつて其近傍に別の噴出口が出来ることもある。アイスランドの大間歇泉の四近は百餘年間に此の如き變化を重ね來つたのである。

間歇溫泉を説明する假定説の一はマッケンジーの地下空洞説で、熱泉の地表に達する通路に空洞

があつて、其處に次第に過熱された水が集まつて、上壁に接した蒸汽の溜つた部分を壓迫し、終に一定時の後に此の水蒸汽張力が空洞から地表までの水柱の壓力に打ち勝つに至つて噴騰するものと考えへたのは最も簡單で分り易い。従つて石原(初太郎)理學士は之を熱海の場合に適用し、本多理學博



一 サ イ ガ ル ク ー ロ ト ス

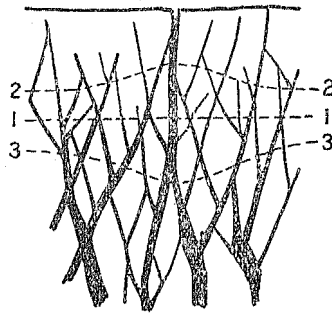
士は更に鬼首の場合にも之を適用して、其の噴出の仕方を説明した。ブンゼンはデクロアゾーと共にアイスランドの大間歇泉を研究した時に其通路の下底に於ける溫度が水壓の爲めに著しく過熱せられゐる事實を發見し、通路に於ける水柱内の水壓が過熱された水の汽化を抑制し、此の通路が次第に熱くなつて壓力に對する沸騰點に達すれば突然汽化するので噴騰を起すとした。然るに日本の兩間歇泉の噴出の手續を見るにアイスランドの大間歇泉に比して複雑でブンゼンの簡單な假定説では十分に説明し得ないと認められて、マッケンジー流の空洞の存在を假定して説明せられたのである。

然れども今アイスランドと熱海とを比較して考ふるに、前者は平坦な地形の處に在るもので、熱

海は海岸の急斜面に在るから、地下循環水の水準面が異つてゐるのみならず、地盤も著しく性質を異にしてゐる。後者は火口壁を成した凝灰岩の地盤で、今春我々と一所に踏査された中村(新太郎)教授は現に湧出する温泉が舊火口の共心圓に近い裂罅に沿ふて噴汽坑が出来た如く想像され得ると考へた。故に此の場合には數多の裂罅を傳ふて過熱された蒸汽が上昇し來り、又た地下循環水も此の如き裂罅を傳ふて之に加はるものと考へられ、ブンゼンの如く一本の管の内に過熱作用が起ると考へる代りに通路たる直接地表に連絡するものに接近して大小幾つもの裂罅が存在して、通路に於て先づ噴騰の序幕が開かれた後に他の裂罅を傳ふて過熱水の上昇運動が連續して起るとすれば必しも地下に空洞を考へずとも其の噴騰の手續が説明され得るのである。尤も熱海の大湯間歇泉の通路は屈折してゐて眞直ぐでないことは地表から明かに認められて、噴騰に重大な關係を持つと想はれるが二三百石の水量を容るゝ空洞は想像し難いのである。

熱海間歇泉には尙ほ永湧きといふ間歇泉の常態と異つた現象もある。常態は古くは約四時間を隔て、一晝夜に六回づゝ噴騰するのであるが、此が十日ばかり續いた後に、數時間に互る永湧きが起り、松崎慊堂が文化四年に掛川侯嗣に陪游した頃には、此の永湧きのあつた後は噴騰が不規則になるので、一ヶ月を三分して常態噴騰期約十日、永湧き後の不規則噴騰期約十日、常態に復する恢復期約十日の三期となし得た様である。

是も地下水準面の變化が永い週期を有し、常態噴騰の繼續期間に通路周辺の地下水位が著しく高くなつて其の極限に達すれば廣い周邊全體の裂隙を充填した過熱水が殆んど大部分一度に噴騰し、之が爲め暫時水位が低下して、低溫の循環水が減少するので、永湧きの後噴騰の回數及び分量週期が狂ふのであつたと想はれる。



此の經過を圖解すれば常態の噴騰期は1の如き水位で、段々2の如き水位の方へ高まり其の最大限に達して永湧きとなり、俄かに3の低い水位になつて、其から次第に常態に復するものと想はれる。

從來の熱海間歇泉の研究を見るに、其の噴騰を物理學的に説明せんと試みたが、地下循環水即ち此の場合では攝氏百度よりも低い地下水の供給の變化を考慮しないものであつた。我々から之を觀れば熱海間歇泉に此の如く著しい不規則の起るのは、歐米濠諸洲の場合如く噴騰した溫泉の大部分が溫泉自身の周邊に造つた堆積物の漏斗狀の泉盆に入つて通路に流れ込まないで、人工で之を横に導いて湧出しただけの溫泉を流し去るので起つたと考へる。永湧きの變態は是によつて出來たらうし、又た近年の溫泉の濫掘と森林水田等を開いて別莊地としたので地下水の量を減じ水位

を低下したことが間歇溫泉噴騰の要件たる地下水の循環系統と上昇する過熱水との間の微妙なる釣合を破壊する結果を生じて、震災前の如くに全く噴騰を見ざるに至つたと斷言し得る。

故に熱海間歇溫泉の存續を圖るには過熱された蒸汽の上昇の増減による地熱の供給を如何ともし得ざるものであるから之を考慮しないで、主として之に與つて重要な役割を演ずる地下水の循環系統を新開地の出來た以前の狀態に復舊する様にして、成るべく地下水位を維持して行く方針が肝要である。火山作用の終熄によつて起る地熱の減退は現在數十年の短時日に問題とはなる筈はなからうから、此の地下水の保護策を講ずれば泉源保護の重なる目的は達せらるであらうと考へられる。

九、溫泉の化學成分　溫泉の入浴者の身體に及ぼす效驗は主として其の中に溶解した物質に在るから、固形分に富んだ冷泉を溫めて使用し、又た湯の花を遠方に送つて清水の湯に入れ使用してゐるのである。而して其の化學成分を考ふるに、稀薄な溶液であるから箇々の元素の原子及び親和力の強い化合物の分子として解離して溫泉中に含まれてゐる譯である。分析試験では通常此の如き物質を鹽類として結合したものと假定して示してゐるが、溫泉の固形分なるものは必しも此の如き箇々の鹽類となつてゐる譯でなくて、唯便宜上の示し方として今も慣用されてゐることを了解せねばならぬ。

次に知らねばならぬことは温泉を蒸發して水分を去つた後に残る固形分 Residue といふものが何時も温泉の水以外の溶解物質の全部よりも幾分か少いことである。是は蒸發すれば溶解した瓦斯も發散すれば又た結合した酸類中の炭酸鹽が酸化物に變化し、含水鹽類として結合した水分も皆な失はれるので起る結果である。

此んな譯であるから温泉を採集して瓶詰めとして試験所に送つて分析した成績に於て最も不正確なのは含まるゝ瓦斯類で、湧出口で發散し去るものは全く失はれて温泉其ものゝ性質の研究に最も重要な部分が缺けてゐる。又た温度の高いものであれば釣合の状態が温度の下降と共に變化して温泉の原性質と異つた化合物になつてゐる譯である。

温泉中に常に溶けて存在する物質の主要なるものは左の如し。

ソヂウム	Na	ポッタシウム	K
カルシウム	Ca	マグネシウム	Mg
鐵	Fe	アルミニウム	Al
二酸化炭素	CO ₂	クロリン	Cl
二酸化硫黃	SO ₂	硫化水素	H ₂ S
二酸化硅素	SiO ₂		

此の中二酸化炭素即ち炭酸、二酸化硫黄即ち亞硫酸及び硫化水素等は水溶液中に殆ど分離してゐるので分子式で其まゝ示して差支ないのである。尙ほ此の外に弗素も少量は火山性の鑛泉中に含まれてゐる。又た砒素セレンウム硼素磷等も含まれてゐる場合がある。アルカリ中リシウムは稀に出るものでは醫藥上の效能があるので重要視されるが、日本の火山性の溫泉には稀である。鐵の外に滿俺があることは日本溫泉の著しい特色らしく、時として可なり多量に含まれてゐる。

溫泉に含まるゝ固形分なるものゝ由て來るのは岩漿から直接のもの即ち處女物質であるか、高温の蒸汽が通路に當る地盤岩石に含まれたものを溶解して來たかといふことは溫泉を成す水其ものと同じく問題である。ジウスは一九一一年ブランの公にした火山發散瓦斯研究の結果が水蒸汽の殆んどないといふのに鑑みて、前に述べた處女水説を少し改めて種々の瓦斯が岩漿から出る、水蒸汽となるべき水素が鹽素硫黄等と共に出るものとしたのである。然れどもブランの調べた布哇島キラウエアでデーイの再調査により絶無でないことが知れ、或る程度までは水蒸汽も上昇して來ると考へてよいことになつた。故に溫泉の水の一部と固形分の一部とが岩漿から直接導かれた處女物質と看做してよいと考へられる。

是れ以外の物質は循環水の溶解した物質とニュージーランド溫泉の如く上昇する溫泉の地盤から溶解した物質とから成る筈である。溫泉が此の如く地盤岩石を溶解する作用を行ひ得ることは溶か

した物質の性質から明かで、通例ソヂウムの量はボツタシウムに比して非常に多量である事實があり又溫泉の湧出する場處の岩石が特種の變化を被るもので、此の如き火山岩が所謂プロピライトとなつて、加里長石よりも石灰曹達を含む斜長石が烈しくアタタクされて、沸石及方解石に變つた事實などもこの溶解作用を裏書してゐる。

カールスバード溫泉の固形分に就いてチエルマツクは花崗岩を溶解したと考へ得られる事を主張してゐる理由は此等の日本溫泉の場合に觀察した事實から首肯し得る。然れども何處の溫泉でも此の如くして溶けたものが固形分の一部を占め、岩漿から導かれたものと共に含まれてゐるとせねばならぬ。而して兩者の關係は火山活動に續く硫汽、噴汽の場合に於て後者が大部分を成し、深成岩の固結に伴ふもので深處の岩漿から上昇する場合では前者がより重要となるべきと想はれる。

一〇、溫泉の化學的分類 は通例溶解した物質の化學成分に基くが、是は醫療上に便利であるからである。米合衆國の地質調査所の分類はビールによれば、一、アルカリ泉、二、アルカリ鹽類泉、三、鹽類泉、四、酸泉とし二と三は各硫酸鹽類と鹽酸鹽類に分ち四は硫酸、鹽酸、硅酸に分ち、更に瓦斯及び主要鹽基によつて之を細分してゐる。

日本に行はるゝものは石津博士の英文日本鑛泉誌(大正四年)に載せたものに明かなるが如く、獨逸キースバーデンのヒンツ、グリューンフリート兩氏の分類法に従ひ左の如く區別してゐる。

一、單純溫泉 Simple (Undifferent or acrothernal) thermal springs 攝氏三七度以上の泉温を有し遊離炭酸の量一立中に一瓦以下のもの、

二、單純炭酸泉 Simple carbonated springs 遊離炭酸一瓦以上で固形分一瓦を越えざるもの

三、土質炭酸泉 Earthy carbonated springs 遊離炭酸及び固形分共に一瓦以上にて陽イオンは主としてカルシウム及びマグネシウムのイオンなるもの、

四、アルカリ泉 Alkaline springs 一瓦以上の固形分を含み、陰イオンは含水炭酸鹽、陽イオンはアルカリのイオンを主とし、遊離炭酸一瓦以上なればアルカリ炭酸泉と呼ぶ。

五、若しクロールン硫酸鹽又はアルカリ土の金屬イオン多量なればアルカリ鹽酸泉、アルカリ鹽泉、アルカリ鹽硫酸泉、アルカリ土質泉等と呼ぶ。

五、食鹽泉 Aluminated springs 固形分一瓦以上を含み、クロールンとソーダウムのイオン多きもの

六、苦土泉 Bitter springs 固形分一瓦以上にてソーダウム、カルシウム又はマグネシウムのイオンを主とするもの

七、炭酸鐵泉 Iron carbonate spring 一噸以上の鐵イオンと含水炭酸イオンを含むもの

八、礬類泉 Vitriol springs 綠礬一噸以上を含むもの

九、礬土礬泉 Alum vitriol springs 鐵イオン一噸以上の硫酸鹽イオンに伴ひ、同時にアルミニウム、イオンも同量以上含むもの

一〇、酸性礬類泉 Acid vitriol springs 九と同量の鐵イオンを硫酸鹽及び水素イオンと共に含むもの

一一、酸性明礬泉 Acid alum springs 硫酸鹽及水素イオンありて、アルミニウム、イオンも一噸以上含むもの

溫泉に就いて

一二、酸性明礬類泉 Acid dam virid springs 硫酸鹽及び水素イオンと共に鐵及びアルミニウム、イオンを各一噸以上含むもの

一三、硫黄泉 Sulphur springs 遊離硫化水素イオンの外に含水硫化物を含むもの、

一四、酸性硫化水素泉 Acid hydrogen sulphide springs 水素イオンと共に遊離硫化水素を含むもの

此等の分類法よりも地質學的で考察に便利なのはドロローネー氏の分類である。

一、鐵泉 Ferruginous springs 遊離炭酸を含まず、通常地表水で低温である。

二、鹽泉 Saline springs 鹽化ソーダウム、鹽化マグネシウム、硫酸石灰、硫酸曹達、硫酸苦土、亞硫酸カルシウム等を含み、同じく低温なり、岩鹽層より溶解して出るもの之に屬する

三、炭酸泉 Carbonated springs 遊離炭酸の存在するを特色とし、アルカリを溶解してアルカリ泉となることもあり、又鐵泉となることもあり、冷温共にある。

四、硫質泉 Sulphurous springs 亞硫酸曹達多く何時も温泉である

五、アルプス泉即ち單純泉 Alpine or indifferent springs (Wildkider) 高温でも固形分の乏しいものである。

一一、温泉の地質學的分類 然れども温泉に就いては此の最後の分類に従ふとしても、尙ほ之に先つて地質現象として考察したものを加へねばならぬと思ふ。第一は岩漿が地下から通路を成して地表に現はれた場合、即ち疑ひもなく岩漿から直接に發散する。火山發散瓦斯 Volcanic exhalations であつて、ブランの實驗によれば水蒸汽は其の一部分を占むるも、多くはクロロリン、鹽酸、亞硫酸、炭酸(二酸化炭素)、一酸化炭素、メタン、水素、窒素等であるらしい。

第二は硫汽坑 *Solfataras* の發散物で鹽酸、亞硫酸其他の含有物の性質略ぼ第一に同じいが、メルカリのナボリの南ボシオリに在るソルフラタラに就いての研究によれば、噴出口に於ける溫度攝氏一五〇乃至一六〇度であつて、噴火の發散物に比して低温である。

第三は噴汽坑 *Fumaroles*, 伊語 *Suffioni*, 佛語 *Soufflards* と呼ぶ發散物で、是は水蒸氣を主とするものであるから溫度が更に低く、トスカナのプナルテラ地方に出るものゝ如き一二〇乃至一〇五度の過熱水蒸氣を發散してゐるといふ。此のトスカナの例は第三紀層から噴出するものである。

日本の活火山に於て活動の止んだ後に噴出するものには第二第三の發散物が常にある。此等の發散物中に含まるゝ水蒸氣の大部分が雨水であるどブランが主張したのは大體に於て正しいらしく、別府其他の火山地方に於て此の外に坊主地獄の如き泥火山の如きものをも見るのは主として地表水の關係で出來たことは明かである。

第四は間歇泉で過熱された水の突然汽化するので湯柱を押し上げるものであることは前に述べた通りで、熱海の如きは溫度は地表に流れ出た時には一〇八度位ある。是も火山地方に限られてはゐるが、ニュージーランドを除いては熱海其他日本の場合でもアイスランド、黃石公園でも現在活動するものでない。即ち火山の後繼結果に違ひはないが、頗る永く續いて起る現象といへる。

第五が普通溫泉で火山作用との直接關係の認め難いアルプス溫泉の如きものも其中に含まれてゐる。ド・ローネー其他の分類法は主として此の第五の細目と見るべきである。

其の各種溫泉の化學成分に就いては種々面白い注意すべき點があるが、餘りに煩瑣に渉るから大正四年東京衛生試験所出版の英文日本鑛泉誌(中島醫學博士)に譲つて茲には述べぬ。

唯一つ最後に注意して置くのは溫泉中に含まるゝ固形分の量が非常に不定であつて、溫度とは殆んど無關係なるものであることである。固形分含有量の最も多いのは有馬池の坊内湯で、溫度四七度で一立に六四・三瓦の多量、之に次ぐのは上野磯部冷泉(二五・五度)の三二・六瓦、能登和倉溫泉(八二度)の二〇・四瓦等で、熱海大湯(間歇溫泉)は一〇八度もあるが、固形分は案外少く九・五瓦しかない。其の鹽分は大抵食鹽と鹽酸カルシウムで、有馬池の坊の如き前者四三・二瓦後者一〇・四瓦を含んでゐる。

一二、溫泉の分布 は火山活動の第三紀以後に起つた地方に密であることは其成因と關聯した事ふ可らざる事實で、歐露の廣大な地域に殆ど之を缺き、唯コーカサスの火山噴出のある地方にピアキブルスクの如き有名な溫泉を見るに止り、獨逸もライン河谷に沿ひ玄武岩の噴出した地方に之を見るが如き著しい地質の關係を示してゐる。故に歐洲では佛國中央高原(田中阿歌麿子爵のモンドールの記事參照)の如く、伊太利希臘(濱田青陵博士溫泉雜記參照)の如く、アイスランド(横山博士

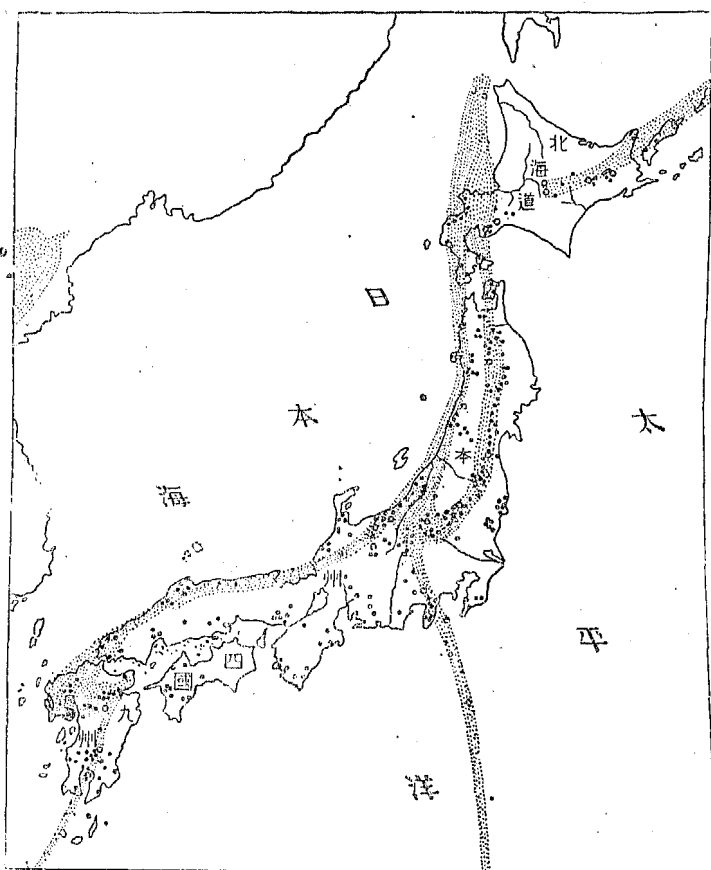
のアイスランド間歇泉參照）の如く何れも火山作用の旺盛であつた處に看出される。兩米洲でも西に偏してコルデエラスの火山を戴いた山脈に湧出を見るし、弗洲ではケニア其他の大火山の噴出した地方に近頃渡邊（久吉）理學士の探檢せられた天然曹達（天然曹達）の如き大鑛床が鑛泉の湧出によつて出來たのである。兩米の西岸からアリユージアン、カムチャツカを経て日本、フョリツピン馬來諸島を経てニユージラントに互る環太平洋地帯は就中火山作用の旺盛に伴ひ溫泉の多い處である。

日本群島は如何と見るに此の大勢に従ふてゐるのは勿論であつて、其の分布は地質構造に従ひ九州（石川學士の九州の溫泉參照）でも中國でも大火山の噴出した地帯に多く、瀬戸内海に比して山陰北陸の白山火山帯に多く、外帯の山嶽地方は更に之よりも乏しい。

中央日本では富士火山帯に當る伊豆半島から越後に横斷した一帯と之に續く東北日本の那須、鳥海兩火山帯に沿ひ無數の溫泉があつて北海道の西部に接續し、其の東に中央部に東に走り千島火山帯の諸火山と共に溫泉が多く湧出してゐる。

大勢は此の如きも其の一地方に於ける分布に至つては種々の更に小なる構造特に坳裂線に支配されたもので、嘗て鈴木敏博士が北陸の蘆原粟津片山津諸溫泉の一線に沿ひ湧出することに注意された如く、溫泉構造線と呼ぶべき一定の排列が明かに認められる。近畿地方でも炭酸泉が武庫山塊南麓の斷層に沿ふた分布が著しく巨智部比企兩博士が之を認められたのである。

此の如き局部的構造の關係を觀るに、本誌(第一卷)に關東地方の地質構造を論じて述べた火山帶



日本溫泉火山分布圖

山火活點空中 帶山火點細 泉温點黑

に於ける箇々の火山に於て數多の噴火が起る時に、其の排列が雁行又は梯隊の形を成して火山帶そのものゝ一般走向と斜交するのと同じ様なるものが認められることがある。北陸溫泉線は其の適例である。

一三、日本の温

泉湧出の状態

を地質學上より考察すれば常に發見せらるゝのは坳裂又は斷層との關係であつて、

ド・ローネの區別した層狀溫泉と圻裂溫泉との兩者中前者に屬するものは殆ど稀で含油第三紀層の塩泉を除いては大抵圻裂に沿ふて湧出するものである。其れが時としては因幡三朝溫泉（松原博士記事參照）の如く殆んど全く花崗岩の節理と一致して網目を成したものなることもある。

湧出の要件は此の如く圻裂の存在が重大なものであるが、地下水との關係があつて地表に堆積した沖積層中に入つて表面の循環水が之に溫められてる場合が多い。故に自然湧出の泉量だけに満足せずして濫掘すれば忽ち量と溫泉の變化を來すのは當然である。故に地下循環水を涵養する爲にあらゆる注意を拂はねばならぬ。溫泉の近傍に冷水が湧いても之を無盡藏視して濫用すれば、其の影響は地下水位の下降となつて溫泉の湧出量を減少し、其の自然湧出の泉位の下降をも來して非常に不幸な結果を招くのである。溫泉地の給水は井戸によらずに成るべく遠方から引いて之を使用放流することにして、循環水を増すとも減少せぬ様にせねば渇水期に於て特に著しい泉量の缺乏を感ずべきである。

次は溫泉の使用法の注意で、濫掘の行はれて湧出量の減少と泉位の下降した時に、發動機を使用して唧筒で汲み上げる裝置が採用されるのは常に見る所の處置である。此の如き場合に以前の自然湧出量と唧筒で汲む泉量とを比較するに或は後者が十倍以上の多量なることを發見する。是は大抵同時に掘り下げて深處から汲み上げるので獲る結果で、一時は如何にも景氣がよいであらうが、地

下の供給する熱量と循環水の貯藏量とが急激なる多量の使用に對して久しく支へ得ない筈で、深處から、一時は多量に得たとしても永續はせぬから、其の経過は終に泉量の漸減と泉位の漸降となつて溫泉地方全體の衰亡を免れぬことになる。故に發動機の使用は溫泉を不自然に盗用する一種の罪惡といつてよい。

一四、溫泉の掘鑿 溫泉の開発と利用とを目的とする掘鑿は泉源の保護と關聯して大に講究を要する問題である。是れは從來溫泉場でなかつた處を全く新に開發する處女地も稀にあるが、多くは溫泉の現に湧出する近傍で掘鑿によつて新泉源を獲んとするのである。

此の第二の場合には特に大に留意を要し、若し濫掘すれば獨り既存泉源の妨害となるのみならず、新に掘つたものも十分の泉量を得ることが出來ず、有害無益の失敗を演じて了ふのである。

掘鑿が泉源の所有主自身であるならば問題は他人の利害に無關係であつて、人事上の葛藤を招く様なことはない。此の場合では目的は通例溫度を高めること、使用量を増すことの二點に在つて、其の適當な手段は深く掘り込んで土砂礫等の表層の下に達して岩盤の湧出口 Giffon から直接溫泉を採ることに在る。之を呼んで引泉 CapAge といひ、此の際考慮せねばならぬのは地形と地質の關係で就中泉脈たる坼裂の性質を確知するを要する。

溫泉が若し火山岩脈に隨伴するものであるならば横坑によつて容易に此の目的を達し得る。箱根

の湯本及び塔の澤の如きは此の例で、横坑を山足に掘鑿して岩脈の側壁に掘り當てた後に過度の高い湧泉を得るまで適當に此の岩脈を逐ふて進めばよい。

溫泉脈が單純なる圻裂である場合に於ても、走向が略ぼ一定するならば、岩脈と同じく之に直角な方向の横坑で掘り當て得る譯である。伊豆古奈の福澤桃介氏の別荘で此の如き試掘坑を掘つた後に鑽井によつて掘鑿した實例を見た。

然れども此の知きは稀な例で、多くの場合は平地に湧出してゐるから此の如く鑛脈の採掘と同じ方法は地形上許さぬから、石油井の採掘と同じ鑽井法によつて垂直の掘鑿を試みねばならぬ。處々で行はれた掘鑿を観るに大抵矢鱈に深く掘つて見るといふ遣り方で溫泉湧出の原理を考へたものでなく、従つて頗る冒險的投機的の事業に近い。地下水の溫められた溫泉層がある廣さを有するものであつて浅い處に高溫の層があれば此の如き方法でも掘り當ることはあり得るが、十分高い溫度のものを得んとすることが六ヶ敷しいのは勿論で決して安全な方法とはいへぬ。

我々の考では平地に於ける掘鑿に當つては從來溫泉湧出の徵候があつても先づ浅い試掘井を多數掘つて一定期間地下水の溫泉を精密に測定して高溫層の位置面積延長の方向等を確認した上で、本掘りの鑿井位置を決定せねばならぬ。此試掘の結果で或は目的を拋棄する場合が起るではあらうが、當て途なしに百數十間も深く掘つて失敗するに比しては危険を減少する効果が大きいのは謂ふま

でもない。

次に既存の温泉に就いて考へて眞の湧出口まで掘鑿して引泉法を改良すべき場合が頗る多い様である。是は科學的方法の理解のない温泉業者では兎角姑息に流れ易く、又た温泉専門の研究者が潜心永く一つの温泉を調べて計畫するといふまでに進歩してゐない現狀では信頼するに足る技術家のないので不安を與へるとして大に恕すべきでもある。然れども若し十分の注意を加へて行へば引泉の改良即ち整理 *Amenagement* の工事によつて多くの温泉が現狀よりも遙かに改良され擴張されて温泉場としての價值を増すことゝ信ずる。

我々の知る範圍では温泉町の經營計畫といふものを考ふるに、當事者は大抵交通其他の方面には注意するが、根本の問題たる温泉の量と質とを加工によつて改善することには無關心でたまゝやれば多くは濫掘に陥る様な掘鑿であつて、其の無方針は百書あつて一利なき結果を來してゐる様に感ぜられる。

此等の問題は箇々の温泉地方によつて各異つてゐるから一概には之を論じ難いが、本誌に載せた内外温泉の記事を読めば今日の日本の温泉なるものが極めて幼稚な狀態に在つて其の利用法も、之を鑛山業でいへば狸掘りの採掘法と木炭で荒銅を精煉する如きものと感ぜられる。最後は

一五、温泉場の設備　が全く温泉なるものゝ本性を無視して、徒らに一時の暴利を攫取せんとす

る計畫になつてゐることが慨嘆を禁せぬ所である。數年前に學生時代から二十年振りに箱根の或る温泉に一泊した時に、我々の道中一夕の閑日月を樂まんとする考が全く裏切られてしまつた。此の二十年間に家屋は數層の高樓となり、浴槽は石造の立派なものになつたが、終夜喧噪を極める浴客に夢を破られて翌早朝飛び出して仕舞つた。従つて昨年九月の大震災に箱根全滅の報を聞いても此の如き俗惡を極めたものが一掃されて、新に今少し居心地、入心地の好く改造される機會が來たものとして却つて之を歡迎せんとする感想を起した。

多年の日本の温泉場に於ける經驗からいへば、最近十年間の空景氣の時期に勃興した處は大抵温泉を種に豪遊の出入客を吸収せんとする料理屋業専門の營業であつて、貴族的の高尙な趣味も民衆的な簡素質朴で而かも居心地が好いといふ面白味も共に零である。土地の狭くもない處に無用なる三層四層の高樓を起して外觀で低級の浴客を引き付け一室に一日二組以上の出入客があれば却つて收益がそれだけ多いといふ眞の水商賣に過ぎぬのである。

今春伊豆の山間の一つの温泉だけでは婦人病に有效といふので、家族同伴浴客の爲めに多數の小さい貸別荘を造つたものを見た。この地のみは山水の趣もあつて如何にも消夏の樂天地らしく感じた。温泉に豊富な伊豆半島の如き地方は此の如き趣向のものを處々の山間に開いたならば、獨り土地が利益を享けるのみでなくて、温泉の德澤が我が國民の身心を清新にする効果を揚げることになる。

る。

羅馬人は日本人以上の好浴民族であつたから、歐洲の温泉の多くは帝國時代に開かれて其の遺跡は頗る多いが、羅馬は入浴で國を亡ぼしたといはれる位に耽溺したものである。今日の日本の温泉場は羅馬人の作つた浴場の設備に比較にならぬ低級であつて、而かも附隨した方の側が宜しくないから、現状の如き方向に温泉場が發展するに於ては折角の天恵たる温泉が却つて國民を墮落に導くから恐れざるを得ぬ。

田中子爵の本誌に書かれた佛國モンドールの温泉の狀況を一讀されたらば知れる如く、一週間の入浴料數百フランで宿泊料に比して非常に高價な様に見える。然れども是は恰も醫藥の分業でない爲めに醫師が診察料を取る代りに藥を九層倍に賣るのと同じ筆法で、日本の温泉場では物價の暴利でまうける趣向になつて、肝心の温泉そのものは收益で設備を良くして行くことが出來ぬのである。

想ひ着いたまゝに述べ來たつて餘り長くなつたから茲に筆を擱く。