

天然温泉による特異作用の起因に就いて

第II編 重水濃度を異にする温泉水の 植物體の發芽成長に及す影響

伊 東 祐 一

ITO, Y.: Über die Ursache der spezifischen Wirkung des natürlichen Mineralwassers

II Mittg. Die Einfüsse des Schwereswassers in der Thermalquellen auf die Keimung und das Wachstum der Pflanzen.

緒	論	考	按
實驗材料及び方法		摘	要
實 驗 成 績		文	獻

緒 論

1931年 H. C. UREY により重水素の存在が確認され、續いて 1933年 G. N. LEWIS により重水が発見された。その後多數の學者の研究の結果あらゆる化合物中に存在する輕重兩水素の割合は平均 D:H=1:5800±500 で、重水素含量は原子率にして 0.017% であることが知られた。一般に重水素の自然濃縮の度合を示すには何%の増加といはず、單に標準水に對する密度の増減を以て表し、その密度差は常に百萬分の若干程度であるから γ 單位を以て示される。

連絡水と呼ばれる海水、河水、湖沼水、淺在性の土壤をよく通過する地下水等は混合均一化されてをり、特に重水素の擴散は、交換反應により極めて迅速に行はれてゐるから、此等の水の間には餘り大きな自然濃縮は起つてゐない。事實この豫想は第1表に示した若干の例によつて立證されてゐる。

第1表 河川及び地下水の密度の比較

試 料		標 準 水	測 定 者
東 京 水 道 水 (多 摩 川)	0.4±0.2 γ	大 阪 水 道 水 (淀 川)	原 田・岡 部・千 谷
西ウエールズ井水	0 γ	ロ ン ド ン 水 道 水	EMELEUS, JAMES
ス マ ト ラ 井 水	0 γ	" "	KING, PEARSON, PURCELL, BRISCOE

故に一般に水道水を標準とし、これと比較した密度の差により十又は一符號を以て重水の濃度の差を表はすならはしになつてゐる。

重水及び重水素の性質の中で最も興味あることは、その生物體に對する作用である。従つてこの問題については、重水の發見者 LEWIS (1933) が夙に着目し、氏は煙草の種子を純重水と 50% 重水中に播種し、前者に於いては全く發芽が見られず、後者に於いては著しく發芽が遅延することを見た。尙進んで氏 (1934) は、重水中に 3 週間放置した種子を常水中に入れたが、僅かその半數が發芽したのみで、しかもその嫩葉は病弱であつたと報じてゐる。

その後、重水の生體物に對する作用に關する研究は多數の學者によつて試みられたが、H. S. TAYLOR, W. W. SWINGLE, H. EYRING, A. H. FROST (1933), T. C. BARNES, J. WARREN ('35), G. N. LEWIS ('34), F. N. HARVEY ('34), K. F. BONHOEFFER ('34), E. PACSU ('34), J. YUDKIN ('34), J. BRUN, L. TRONSTAD ('35), G. J. MELOT ('34), L. PLANTEFOL, G. CHAMPETIER ('35), H. G. BARBOUR ('35), T. C. BARNES ('36), H. H. USSING ('35), B. LUCKÉ, E. N. HARVEY ('35), J. CURRY, S. F. TRELEASE ('35), K. HANSEN, E. BLEGEN ('35) 等によれば、概して高等動植物に對しては抑制的に作用するが下等なものに對しては差程ではない。然し繁殖は阻害される様である。以上は濃厚な重水を用ひた場合であるが、稀薄な重水の生理作用はどうかといふに、一般に屢々認められるやうに、毒物も極めて微量な場合は刺戟劑として有効に作用するが如く、重水も非常に稀薄な場合は、生物體に對して殆んど無害であるのみならず、下等生物に對しては却つて刺戟的に作用されることが知られてゐる。

G. HEVESY, E. HOFER (1934), D. J. MACHT, M. E. DAVIS ('34) によれば、0.5% 程度の重水は生物體に全く無害であるといひ、0.1~0.5%の重水は T. C. BARNES (1933), T. C. BARNES, E. J. LARSON ('34), S. L. MEYER ('34), T. C. BARNES, H. Z. GAW ('35) 等によれば藻類の成長を旺盛にし生命を延長させるといふ。

E. J. LARSON, T. C. BARNES (1934) は *Panaria maculata* を 0.5% 重水中で飼育したが、その身體は忽ち糸狀菌、粘菌等に覆はれ、數週間で死滅してしまつた。又 *Aquilegia* といふ植物の種子を 0.5% 重水中に入れて置いたら、その表面に白色菌類の發生を見た。これによりこの程度の重水が此等の菌類の繁殖に刺戟的に作用することが知られる。

G. LOCKE ANN, H. LEUNIG (1934) は *Bacterium coli*, *Bacillus pyocyaneus* を、豫め純粹培養して置き 0.02~0.54% の重水に溶解した硝酸銀溶液に入れ、種々な時間後に觀察し

た結果、重水量の多い溶液の場合程、此等の細菌は硝酸銀の殺菌力に對して、長時間抵抗して生存してゐる事を見た。

又千谷利三、伊藤政一、井下勝長三氏(1935)は、0.08%、0.37%、2.24%の重水素を含む重水に於て、結核菌の繁殖は、この範囲内では重水素の含量が大なる程良好であることを見た。C. E. REA, S. YUSTER (1934)は鼠に發生する或種の肉腫に對し、その發生部位の附近に0.11%の重水を注射した時、條件の如何によつては、その増殖に刺戟的に作用することを認めた。

R. P. de la RIVIÈRE, É. ROUX (1935)は多數の生物體に就いて0.5%重水を用ひて細菌學的研究を行つたが、特別な作用を發見しなかつたといひ、W. H. WEGLOM, L. A. WEBER (1934)は0.4%重水が、鼠の肉腫に對して何等の影響も與へなかつたことを報じ、寺尾新氏(1934)は0.05%重水が、*Moina Macrocopa*に對して全く無刺戟であつたことを指摘してゐる。J. CURRY, R. PRATT, S. F. TRELEASE (1935)は發光菌の繁殖、小麥の發芽成長及び呼吸に對して、0.02~0.45%重水は通常の蒸溜水に比較して何等の差異を示さなかつたと述べ、J. BRUN, L. TRONSTAD (1935)は豌豆の發芽に對して稀薄重水は何等の刺戟作用も現さなかつたと報じてゐる。又A. J. EWART (1935)は0.1%程度の重水は葉綠素を含む植物に對しては成長促進作用を呈し、含まないものに對しては抑制作用を呈することを認めたが、何れの場合も常水に比較してその差は僅少であつたといふ。C. S. SHOUP, S. L. MEYER (1935)は麥酒酵母に對する稀薄重水の作用は、常水に比較して特に顯著なものがなかつたと報じてゐる。

以上述べたやうに生物に對する重水の作用は甚だ興味あるものであるが、その結果は區々で將來の研究に俟つ所が大きい。

尙重水の生物體に對する作用に就いては、酵素反應の問題、新陳代謝に關する研究、同化作用に關する問題等が研究されてゐるが、此等に就いては茲に述べることは省略し、次に温泉水の重水濃度に就いて従來研究された所を述べて見る。

温泉水に關聯して火山から噴出される水蒸氣の重水濃度は特に興味あるもので、この點に就いてはV. VERNADSKY (1934)が既に注目し、C. A. BRADLEY, H. C. UREY (1932)は夙に布哇島のKilauea火山から出る水蒸氣及び岩漿の急冷によつて成生されたと考へられる黒耀石の結晶水の重水濃度を測定し、J. Z. SCHNEIDER (1934), K. HANSEN, E. RUSTUNG, J. HEVIDING ('35)は若干の鑛泉水の重水濃度を調査したが、何れもその誤差が過大であつたため、常水との差は認められなかつた。M. DELO (1935)はNevada州の3温泉の重

水濃度を Michigan 湖の水と比較して -2.87 なる値を得た。これが温泉水の重水濃度を精確に測定した最初の業績である。その後本邦に於ても温泉水の重水が重視され始め、昭和12年以來、柴田雄次教授等によつて系統的に調査が開始された。これによれば、柴田教授野口喜三雄、金子修兩氏(昭和12年)は淺間山山麓に湧出する温泉及び鑛泉の重水濃度を測定され、その結果岩漿水は地表水より軽いと推論された。別に金子氏は朝比奈貞一氏が採集された新潟縣燒山の噴氣孔の水蒸氣を東京市水道水と比較され、前者の値が $+2.07$ であつたと報じてゐる。

小穴進也氏(昭和14年)は飛騨山脈中の活火山燒岳の頂上にある噴氣孔群の中、4個を選びその水蒸氣を凝縮して、東京市水道水との比重差を測定された。その結果は1個の例外を除いて、何れも著しく重いことを認められた。又同時に燒岳山麓の温泉水、鑛泉水は例外なく東京市水道水と比較して軽いことを認められた。氏は箱根駒ヶ岳の硫黄山噴氣孔の水蒸氣も測定され、その重いことを併せて報じてゐる。

野口喜三雄・福島隆太兩氏(昭和14年)は宮城縣鳴子間歇泉の重水濃度が東京市水道水と比較して $+1.5\sim 4.07$ であることを報じてゐる。

此等の結果から考へると岩漿水は地表水より重いものと推量される。

他方、野滿隆治教授は大塚昌三、堀龍夫兩氏(昭和12年)と共同で、別府温泉地帯の若干の地獄に就いて、その水蒸氣の重水濃度を測定され、京都市水道水に比して重い結果を得られてゐる。又別府市内10個所の温泉の重水も測定されたが、その結果は京都市水道水と比較して軽いものも重いものもあり、その値は區々であるが、概して温泉は軽い様に見える。

瀬野錦藏氏(昭和12年)は大分縣湯平温泉に於て、7個所の温泉の重水を測定されたが、1個所の例外を除いて何れも別府市水道水に比して $0.5\sim 3.627$ 軽いことを知られた。

以上重水の生物體に及ぶ影響並びに温泉の重水濃度に就いて、その研究の概略を述べたが、温泉に含まれてゐる重水の生物體に及ぶ影響に就いては、從來全く研究されたことがない。其處で著者は別府温泉群中の重水濃度の測定せられた温泉の中、その濃度最も大なる温泉と最も小なる温泉とを選び、この兩者により植物を栽培し、その結果が如何なるかを觀察した。重水濃度の測定値に就いては京都帝國大學別府火山温泉研究所で測定した値によつたことを茲に銘記して感謝の意を表す。又同所の瀬野錦藏助教授、名古屋帝國大學の小穴進也助教授、大阪帝國大學の千谷利三教授の諸氏には、重水に關し種々御助言を賜つたことを厚く御禮申し上げる。

抑々連絡水の重水濃度が世界各地に於て殆んど一定であると言ふことは、温泉學上から極めて注目すべき問題であつて、これは他の總ての溶解物質に全く無關係に成立する事柄であるから、若し温泉水の重水濃度が連絡水のそれと異つてゐるならば、温泉學上いふ所の處女水の本質を掴む鍵ともなるべく、甚だ興味深い問題である。

上述の様に未だ温泉水の重水濃度に就いては一定した結果が得られてをらず、茲に温泉水は常水に比較して重いか、軽いかいふことは明言出來ない。然し尠くとも從來の結果から考察すれば、温泉水は一般に常水よりも軽く重水率が少いやうであるから、従つて處女水は常水より軽いものと推定されると、野滿教授等はいはれてゐる。このやうに温泉水の重水問題は歸する所が一でないが、著者は全く觀點を變へて、この問題を生物學的に檢索しやうと本實驗を企圖した。先に述べたやうに從來研究された所によれば濃厚重水は一般に生物諸現象に對して抑制的に作用し、稀薄重水は時に抑制的に、又は無影響の場合もあり、或は又却つて刺戟的に作用する場合もあるといふ。この様にその實驗結果は一致してゐないが、重水濃度の異なる温泉水が如何なる影響を生物體に與ふるか、この點を闡明することも温泉水の重水問題を解決する上に重要な意義のある事と考へられる。茲に筆を本論に進めるに際して本問題に關し重大なる指示を與へられ、終始本研究に對し懇篤なる御指導を下され、且つ御校閲の勞をとられた高安慎一教授に満腔の感謝の意を表する。

實驗材料及び方法

重水濃度の大きな温泉水の代表として山手温泉を選んだ。本温泉は京都帝國大學火山温泉研究所の測定結果によれば、その重水濃度は $+3.81\gamma$ となつてゐる。この温泉は別府市別府 2206 番地所在の山手重次氏所有の温泉で、特に温泉名はないが、便宜上、假に山手温泉と名付けて置く。含有成分は分析未済のため不明であるが、附近の同系統の温泉から推定すれば、Cl の含量は少く重炭酸鐵に富むが、蒸發殘渣は 11 中 1g に達しないから、單純泉に屬するものと思される。泉温は $45.3^{\circ}\sim 46.0^{\circ}\text{C}$ 、湧出量は $9.96\sim 12.41\text{l/m}$ (昭和 8, 14年) で、昭和 17 年 5 月 13 日著者の實測の結果は、泉温 45.8°C 、pH 6.4、無色透明で、やゝ金氣を帶び、水酸化鐵の僅少な沈着が認められた。

次に重水濃度の小さな温泉の代表として海地獄温泉を選んだ。この重水濃度は京都帝國大學火山温泉研究所の測定の結果によれば、 -4.95γ である。本温泉の泉質、泉温等に就いては、既に第 I 編に於いて述べたから茲には省略する。

更に實驗の對照として、重水濃度 $\pm 0\gamma$ の温泉水を得るため、海地獄温泉 4.35、山手温

泉 5.65 の割合に混合した温泉水を調製して使用した。

實驗の順序は便宜上、これを 3 段に分けて行つた。第 I 次實驗は、新鮮海地獄温泉蒸溜水、新鮮山手温泉蒸溜水、水道蒸溜水の 3 者を、總て同一條件の下に相並列して行ひ、これによつて新鮮兩温泉蒸溜水が、水道蒸溜水に對して如何なる特殊生物作用を呈するかを窺つた。實驗は 3 列とし、これを 3 回繰返し、計 9 回の成績を總括平均した。

第 II 次實驗列は前記 3 被檢水に、貯藏 (14日間) した海地獄温泉蒸溜水、新鮮海地獄山手兩温泉混合蒸溜水の 2 被檢水を加へた 5 被檢水に就いて、第 I 次實驗と同様に同一條件の下で検索し、これによつて貯藏、即ち老化現象が如何なる意義を有するか、又重水濃度を 0.7 とした温泉水が如何なる影響を植物に與へるかを追及した。實驗は 2 列各 2 回、計 4 回行つてその成績を總括平均した。

第 III 次實驗は前記 5 被檢水に、貯藏 (14日間) 山手温泉蒸溜水、貯藏海地獄山手兩温泉混合蒸溜水の 2 種を加へ、計 7 種の被檢水に就いて行つた。これによつて温泉蒸溜水の特殊生物學的影響、これに對する老化現象の影響、並びに重水濃度の大小が與ふる意義を一層精細に觀察した。實驗は 2 列各 2 回繰返し、計 4 回行つてその成績を總括平均した。

温泉蒸溜水の製法、小麥を用ひた發芽、成長試験の方法の詳細は、第 I 編に述べたと全く同様であるから、茲には再述しない。

實 驗 成 績

第 I 次實驗 (第 2 表参照)

本實驗の成績平均値は次のやうである。

發芽勢 %	水 (90.4)	海 (86.9)	山 (84.7)
發芽歩合 %	水 (94.0)	山 (92.7)	海 (91.1)
平均發芽日數	山 (2.42)	海 (2.20)	水 (2.14)
平均草丈 mm 5 日目	海 (20.13)	水 (19.03)	山 (18.83)
同上 15 日目	海 (168.80)	山 (164.39)	水 (164.15)
平均莖葉部生體重量 g	海 (0.083)	山 (0.082)	水 (0.079)

即ち兩温泉蒸溜水は多少の差こそあれ、發芽勢、發芽歩合共に水道蒸溜水に劣り、平均發芽日數も長い。然し平均草丈は既に 5 日目に於て、海地獄温泉蒸溜水により栽培されたものは、水道蒸溜水により栽培されたものを凌駕し、15 日目には兩温泉蒸溜水によるものは共に水道蒸溜水によるものに優つてゐる。平均莖葉部生體重量に就いても同様の結果が

見られる。

第II次実験(第3表参照)

本実験の成績平均値は次のやうである。

第 2 表
第I次海地獄山手兩温泉(重水濃度差)蒸溜水
發芽成長比較實驗

(各回3組平均値)

	試驗期間	試驗期間 室溫 °C	發芽勢 (%)	發芽歩合 (%)	平均發芽 日 數	平均草丈 mm		平均莖葉部 生體重量 g	
						5 日 目	15 日 目		
海地獄 温 泉 蒸 溜 水	第1回	14/V~29/V	16.5~22.0	82.7	88.0	2.21	25.33	173.16	0.083
	第2回	17/V~1/VI	16.5~22.0	88.0	91.3	2.21	10.16	153.21	0.080
	第3回	20/V~4/VI	18.0~23.0	90.0	94.0	2.19	24.89	177.02	0.087
	平均			86.90	91.10	2.20	20.13	163.80	0.083
山手温泉 蒸 溜 水	第1回	14/V~29/V	16.5~22.0	82.0	91.3	2.50	23.24	163.14	0.082
	第2回	17/V~1/VI	16.5~22.0	87.3	94.7	2.32	9.92	153.50	0.078
	第3回	20/V~4/VI	18.0~23.0	84.7	92.0	2.44	23.34	171.54	0.086
	平均			84.70	92.70	2.42	18.83	164.39	0.082
水 道 蒸 溜 水	第1回	14/V~29/V	16.5~22.0	90.7	94.7	2.17	27.11	172.39	0.079
	第2回	17/V~1/VI	16.5~22.0	90.0	93.3	2.10	10.94	155.90	0.078
	平均			90.40	94.0	2.14	19.03	164.15	0.079

第 3 表

第II次海地獄山手兩温泉蒸溜水發芽成長比較實驗 (各回2組平均値)

	試驗期間	試驗期間 室溫 °C	發芽勢 (%)	發芽歩合 (%)	平均發芽 日 數	平均草丈 mm		平均莖葉部 生體重 量 (g)	
						4 日 目	12 日 目		
貯藏(14日間) 海地獄温泉 蒸 溜 水	第1回	11/VI~23/VI	21.5~24.5	89.0	92.0	1.82	27.61	167.74	0.079
	第2回	22/VI~4/VII	22.5~25.0	85.0	90.0	1.61	29.58	181.04	0.081
	平均			87.0	91.0	1.72	28.60	174.39	0.080
新 鮮 海地獄温泉 蒸 溜 水	第1回	11/VI~23/VI	21.5~24.5	89.0	92.0	1.73	28.30	175.23	0.081
	第2回	22/VI~4/VII	22.5~25.0	88.0	90.0	1.63	28.55	181.57	0.083
	平均			88.50	91.0	1.68	28.43	178.40	0.082
新 鮮 山手温泉 蒸 溜 水	第1回	11/VI~23/VI	21.5~24.5	86.0	91.0	1.77	28.66	174.89	0.080
	第2回	22/VI~4/VII	22.5~25.0	83.0	92.0	1.70	30.07	180.40	0.083
	平均			84.50	91.50	1.74	29.37	177.65	0.082
新 鮮 海 地獄山手兩温 泉混合蒸溜水	第1回	11/VI~23/VI	21.5~24.5	83.0	90.0	1.78	29.33	173.84	0.079
	第2回	22/VI~4/VII	22.5~25.0	91.0	94.0	1.64	28.84	181.20	0.081
	平均			87.0	92.0	1.71	29.09	177.52	0.080
水 道 蒸 溜 水	第1回	11/VI~23/VI	21.5~24.5	89.0	96.0	1.53	28.17	166.63	0.068
	第2回	22/VI~4/VII	22.5~25.0	88.0	92.0	1.45	28.66	174.16	0.080
	平均			88.50	94.0	1.49	28.42	170.40	0.074

第 4 表

第 III 次海地獄山手兩温泉蒸溜水發芽成長比較實驗 (各回 2 組平均值)

	實驗期間	實驗期間 室溫 °C	發芽勢 (%)	發芽歩合 (%)	平均發芽 日數	平均草丈 mm		平均莖葉 部生體重 量 (g)	
						2 日目	9 日目		
貯藏(14日間) 海地獄温泉 蒸溜水	第1回	9/VII~18/VII	29.0~31.0	77.0	82.0	2.10	12.47	145.76	0.074
	第2回	22/VII~31/VII	30.5~32.5	64.0	70.0	2.12	12.37	153.29	0.079
	平均			70.50	76.0	2.11	12.42	151.03	0.077
新 海地獄温泉 蒸溜水	第1回	9/VII~18/VII	29.0~31.0	76.0	84.0	2.15	12.41	159.41	0.072
	第2回	22/VII~31/VII	30.5~32.5	65.0	76.0	2.15	10.87	159.49	0.080
	平均			70.50	80.0	2.15	11.64	159.45	0.076
貯藏(14日間) 山手温泉 蒸溜水	第1回	9/VII~18/VII	29.0~31.0	73.0	80.0	2.07	12.74	157.82	0.074
	第2回	22/VII~31/VII	30.5~32.5	63.0	75.0	2.04	11.20	148.02	0.080
	平均			68.0	77.50	2.06	11.97	152.92	0.077
新 山手温泉 蒸溜水	第1回	9/VII~18/VII	29.0~31.0	72.0	78.0	2.10	13.63	159.86	0.073
	第2回	22/VII~31/VII	30.5~32.5	59.0	68.0	2.16	12.88	157.13	0.077
	平均			65.50	73.0	2.13	13.26	158.50	0.075
貯藏海地獄 山手兩温泉 混合蒸溜水	第1回	9/VII~18/VII	29.0~31.0	78.0	83.0	2.05	13.73	157.43	0.072
	第2回	22/VII~31/VII	30.5~32.5	69.0	83.0	2.07	13.81	146.33	0.076
	平均			73.50	83.0	2.06	13.77	151.88	0.074
新鮮海地獄 山手兩温泉 混合蒸溜水	第1回	9/VII~18/VII	29.0~31.0	78.0	89.0	2.08	13.78	159.01	0.072
	第2回	22/VII~31/VII	30.5~32.5	69.0	72.0	2.00	11.82	156.77	0.076
	平均			73.50	80.50	2.04	12.80	157.89	0.074
水 道 蒸 溜 水	第1回	9/VII~18/VII	29.0~31.0	80.0	87.0	2.01	14.43	141.27	0.066
	第2回	22/VII~31/VII	30.5~32.5	69.0	75.0	1.88	13.72	145.66	0.070
	平均			74.50	81.00	1.95	14.08	143.47	0.068

發芽勢 % 水 (88.5) 新海 (88.5) 新混 (87.0) 貯海 (87.0) 新山(84.5)

發芽歩合 % 水 (94.0) 新混 (92.0) 新山 (91.5) 新海 (91.0) 貯海(91.0)

平均發芽日數 新山 (1.74) 貯海 (1.72) 新混 (1.74) 新海 (1.68) 水 (1.49)

平均草丈 mm 4日目 新山(29.37) 新混(29.09) 貯海(28.60) 新海(28.43) 水 (28.42)

同 上 12 日目 新海(178.4) 新山(177.65) 新混(177.52) 貯海(174.39) 水(170.40)

平均莖葉部生體重量g 新海(0.082) 新山(0.082) 新混(0.081) 貯海(0.080) 水 (0.074)

即ち發芽勢、發芽歩合は水道蒸溜水によるものが最も優り、新鮮海地獄山手兩温泉混合蒸溜水は、發芽勢に於て新鮮海地獄温泉に僅かに劣るが、大體これに次いでゐる。平均發芽日數は水道蒸溜水は最も短く、新鮮山手温泉蒸溜水が最も長い。平均草丈は 4 日目に於て新鮮山手温泉蒸溜水、新鮮海地獄山手兩温泉混合蒸溜水は、水道蒸溜水によるものに優

り、12日目には何れの蒸溜水によるものも水道蒸溜水によるものに優る。

第III次実験(第4表参照)

本実験の成績平均値は次のやうである。

発芽勢%	水(74.5)	貯混(73.5)	新混(73.5)	貯海(70.5)	新海(70.5)	貯山(68.0)	新山(65.5)
発芽歩合%	貯混(83.0)	水(81.0)	新混(80.5)	新海(80.0)	貯山(77.5)	貯海(76.0)	新山(73.0)
平均発芽日数	新海(2.15)	新山(2.13)	貯海(2.11)	貯山(2.06)	貯海(2.06)	新混(2.04)	水(1.95)
平均草丈mm 3日目	水(14.08)	貯混(13.77)	新山(13.26)	新混(12.80)	貯海(12.42)	貯山(11.97)	新海(11.64)
同上 9日目	新海(159.45)	新山(158.50)	新混(157.89)	貯山(152.92)	貯混(151.88)	貯海(151.03)	水(143.47)
平均莖葉部生體重量g	貯海(0.077)	貯山(0.077)	新海(0.076)	新山(0.075)	貯混(0.074)	新混(0.074)	水(0.068)

即ち此等の結果を見ると水道蒸溜水、貯藏及び新鮮海地獄山手兩温泉混合蒸溜水は概して發芽を促進し、新鮮山手温泉蒸溜水は最も發芽を抑制している。従つて平均發芽日数は水道蒸溜水が最も短く、新鮮海地獄山手兩温泉混合蒸溜水、貯藏海地獄山手兩温泉混合蒸溜水がこれに次ぎ、新鮮山手温泉蒸溜水、新鮮海地獄温泉蒸溜水は最も長い。平均草丈は3日目には水道蒸溜水によるものが最も長い、9日目には最も短く、却つて温泉蒸溜水によるものの成長が優つてをり、特に新鮮なる温泉水によるものの成長が最も著しい。

考 按

第I次実験成績に就いて考ふるに、

イ)、重水濃度の多少に拘らず温泉蒸溜水は植物の發芽を抑制し成長を促進するといふ通則に當嵌る。即ち温泉蒸溜水のかかる生物學的特殊作用には、重水以外の未知特殊因子の作用が重要な意味を持つ事を思はしめる。

ロ)、温泉水のかかる基本的特殊作用に對して重水は若干の影響を與へ、その少量は促進的に、その大量は抑制的に影響するやうに思はれる。例へば發芽勢及び草丈に於て、何れも明らかなる數字の差が示すやうに、海地獄温泉は山手温泉に優つてゐるからである。

第 II 次實驗に就いて考ふるに、

イ)、温泉蒸溜水が植物の發芽を抑制し成長を促進することは、この場合にも疑ひない。

ロ)、この種の特殊作用は新鮮並びに貯藏海地獄温泉兩者の間に於て差等を示し、新鮮なものは貯藏したものに比較して、その作用が強いことが認められる。即ちこの特殊作用は温泉の老化現象と深い関係がある事が知られる。

ハ)、發芽勢、平均發芽日數及び 12 日目草丈の比較に於て各々明らかに數字の差が示すやうに、重水濃度小なる海地獄温泉蒸溜水は、重水濃度大なる山手温泉蒸溜水に比較して、その作用が強力である事は、第 I 次實驗に於て知られた微量の重水は、促進的に作用する事を證據立てるものである。

第 III 次實驗の成績に就いて考ふるに、

イ)、温泉蒸溜水は發芽を抑制し成長を促進する通則は、この場合にも當嵌る。

ロ)、發芽勢及び發芽歩合に於て發芽抑制能力は、貯藏温泉蒸溜水に於ては概して新鮮温泉蒸溜水に劣る。又 9 日目草丈に於ても成長促進作用は、同じく貯藏温泉蒸溜水に於て劣る事が認められる。この事は第 II 次實驗に於て知られた發芽抑制、成長促進の作用が、老化現象に關係する事の大なることを、一層證據立てるものである。

ハ)、發芽勢、發芽歩合及び發芽日數に於て、重水濃度 0% なる新鮮並びに貯藏兩温泉混合蒸溜水が、常に水道蒸溜水に似た影響を與へ、重水濃度小なる海地獄温泉蒸溜水がこれに次ぎ、重水濃度大なる山手温泉蒸溜水が最も劣る事實は、發芽抑制に對して重水濃度が、或程度の意義あることを示すもので、恐らくは發芽に對して重水濃度 0% の程度が、最も好條件なるものと思はれる。これに對して山手温泉蒸溜水のやうな重水濃度大なる場合は、發芽抑制力を増強させるものと考へられる。

扱、重水の發芽に對する影響に就いては、先にも述べたやうに重水の發見者 Lewis を始め Curry, Trelease, Brun, Tronstad 等によつて實驗されたが、或は促進され或は抑制乃至は阻害され、或は何等の影響も與へられなかつたと報ぜられ、その結果は一定してゐない。尤も此等の場合は重水濃度、植物の種類その他の條件が同一でないから、結論が一致しないのは當然であるが、何れにしる重水の生物體に對する影響に就いては確定的な説がない。

然し此等は重水自身の濃度を種々に變へて生物體に作用させた實驗であるから、重水濃度の差を有する天然に存在する水の生物體に及ぼす影響を検索した、本實驗の結果とは必ずしも一致しないのは當然であるが、重水の濃度大なるものが、植物體の發芽に對して抑制的に作用するといふ事實は一致してゐる。

次に重水が如何なる原因によつて、植物體の發芽に對して抑制的に作用するかといふ事は重大な問題で、輕々に速斷を許さない事であるが、元來常水に比較して化學的に不活潑なものとして知られた重水が、生理的にも遲鈍である事は豫想に難くない。故に重水濃度の大なる場合は、發芽といふ一生理的過程に對して抑制的な影響を與へるものと考へられぬ事もない。

然し濃度が一層小なる場合には必ずしもそうばかりは考へられない。既に EWART も、濃度小なる重水は植物が葉綠素を含んでゐる場合には、若干の促進作用を與へるが含んでゐないものに對しては阻止作用が認められたと述べてゐる。勿論發芽の場合には未だ葉綠素が形成されてゐないから、阻止作用の方に傾くものと考へられる。

即ち上記の實驗に於ても、概して重水濃度小なる海地獄温泉蒸溜水は、重水濃度大なる山手温泉蒸溜水に比して促進的に作用せるやの成績を與へてゐるところを見ると、多くの藥物、例へば麻酔藥の作用として廣く知られてゐるやうに、元來、抑制的に作用すべき藥物が、その少量なる或量的關係に於ては却つて促進的に作用する場合があるやうに、重水に於てもその少量の或濃度に於ては、却つて促進的作用を現はす場合もあり得るものと考へられる。要するに温泉に含まれた重水が、植物の發芽に影響する事は明かな事實で、その作用は原則として抑制的に、然しその濃度小なる或場合に於ては、却つて促進作用を現はす場合もあり得るものと考へてよいやうである。

成長に對する重水の影響に就いては、本實驗の結果は甚だ區々で明瞭な結論は下し得ないが、恐らく成長に對する温泉水獨自の作用は、主として重水以外の他の未知因子によるものと思はれる。何となれば温泉水に通則的な作用として確められた成長促進作用は、明かに老化現象の影響を受ける事が大きいからである。この關係は時間の經過に關係なく、常に不變の濃度を維持してゐる重水のみの影響としては説明し得ない所である。尙又注意すべき事は、草丈と重量との間に必ずしも平行的な關係があるとは限らない事で、草丈の長いものが常に重いとは決つてない。

摘 要

- 1、重水濃度の異なる山手温泉 (+3.81%)、海地獄温泉 (-4.95%) の各蒸溜水によつて小麥を栽培した。
- 2、被檢水として新鮮兩温泉蒸溜水、貯藏兩温泉蒸溜水、新鮮兩温泉混合蒸溜水、貯藏兩温泉混合蒸溜水の 6 種及び對照として水道蒸溜水を用ひた。

3. 植物の発芽、成長に対する温泉蒸溜水と水道蒸溜水との関係は、温泉水は水道水に比して植物の発芽を抑制し、成長を促進するといふ通則に當嵌つてゐる。
4. この通則は新鮮な温泉水に於て、貯藏温泉水に比し一層明瞭に觀取される。即ちこの通則的作用は老化現象に關係ある事を示す事が知られる。
5. 温泉蒸溜水に含まれた重水濃度の差は、上記の通則に對して明かに影響を與へた。一般に重水濃度の大きな程、抑制的影響が大であつた。即ち重水は概して茲に抑制的に作用する事が認められる。但し少量な或程度に於ては、時に促進的影響を與へる場合もあり得るやうに思はれる。
6. 植物の発芽及び成長に対する温泉水の通則的影響は、主として重水以外の他の因子の作用によるものと思はれる。

文 献

- BARNES, T. C., 1935: Biological effects of water, Yale Sci. Mag., Summer.
- , JAHN, T. L., 1934: Properties of water of biological interest, Quart. Rev. Biology, 9, 292.
- BRANDT, W., 1934: Heavy water and its biological significance, Klin. Wochschr., 13, 1009.
- , 1935: Fortschritte [in, der Erkenntnis der biologischen Bedeutung des schweren Wasserstoffs, *ibid.*, 14, 521.
- FOX, L., 1934: Heavy water and metabolism, Quart. Rev. Biology, 9, 342.
- HEVESY, G., 1935: Der schwere Wasserstoff in der Biologie, Naturwiss., 23, 775.
- KUHNAU, J., 1940: Wildwasser, H. Vogt, Lehrbuch der Bäder und Klimaheilkunde, 1, 495~502.
- MEYER, S. L., 1934: Deuterium oxide and living organisms, J. Tennessee Acad. Sci., 9, 225.
- , 1935: Recent advances in the study of the biological effects of heavy water, *ibid.*, 10, 111.
- 野満隆治, 大塚昌三, 堀龍夫, 昭 15: 別府温泉の重水(第一報) 地球物理, 4, 275~279.
- 小穴進也, 昭 14: 本邦火山の地球化學的研究(18), 日化 16, 995~998.
- , 昭 16: 天然水の重水濃度測定法, 化學實驗學第一部, 第12卷, 671~707.
- TERAO, A., INOUE, Y., 1934: Effect of the heavy water on the Population growth of the water-flea, *Moina macrocopa* STRAUSS, Proc. Imp. Acad., 10, 513~514.
- 千谷利三, 昭 11: 重水素と重水, 本編, 續編, 東京.

Résumé

Um die biologische Bedeutung des Schwereswassers weiter zu forschen, habe ich mit dem destillierten Wasser von verschiedenen natürlichen Thermalquellen, die verschiedene Menge des Schwereswassers enthalten, eine Reihe des Versuchs durchgeführt.

Die eine der Versuchsquellen, namens "Yamateonsen" in Beppu, zeigt die stärkste Schwereswasserkonzentration in dieser Gegend u. zwar +3.18%, und die andere, namens "Umizigokuonsen", enthält da-

gegen die schwächste Konzentration desselben u. zwar -4.95γ .

Meine ganzen Versuche sind mit der folgenden Versuchsserie vergleichend über die Keimung und das Wachstum der Pflanzen durchgeführt.

1. destilliertes Wasser aus beiden frischen Thermalquellen.
2. destilliertes Wasser aus beiden veralteten (über zwei wochen aufbewahrten) Thermalquellen.
3. destilliertes Wasser aus frischen gemischten Thermalquellen. Das Mischungsverhältnis beider Quellen ist folgendes. Yamate: Umizigoku=5.65:4.35 und der Schwereswassergehalt des Gemisches ist $\pm 0.00\gamma$.
4. destilliertes Wasser aus veralteten gemischten Thermalquellen.
5. destilliertes Wasser aus gewöhnlichen Leitungswasser als Kontroll.

Und die Hauptversuchsergebnis ist wie folgendes:

a. in bezug auf die Keimung und das Wachstum der Pflanzen übt des destilliertes Wasser aus Thermalquellen besondere Einflüsse im Vergleich mit dem destillierten Wasser des Leitungswassers aus, d. h. "hemmend auf die Keimung und befördernd auf das Wachstum der Pflanzen".

b. diese spezifische Einwirkung des Quellenwassers wird in der Regel durch das Schwereswasser hemmend beeinflusst.

c. aber gewisse schwächere Konzentration des Schwereswassers wirkt zuweilen befördernd ein.