みに利用すればかなり先の天候まで豫想出来る様に思はれる。

又これでわかる事は前回調べた初冬の天候の性質と夏の天候の性質では著るしい相違があり、従つて天候の豫想は決して一筋縄ではゆかない。各季節毎にくはしく調べ初めて完全な豫報が出来るのであつて、今後も此の種の調査を続けたいと思つて居る。

要 報

井水の温度に就て*

山 田 直 勝

1. 緒言 水戸測候所では明治時代より毎日1回構内造付の井戸の水温を測定して居るが、いまだに取纏めた報告が無いので筆者は最近 22 ケ年 (1918-1939) の資料を基として簡単な調査を試みた。此の井戸は構内観測塔の西側にあり、観測開始當初の事は不明であるが、最近殆んど使用されずに放置されて居る。井戸の構造を示せば第 1 圖の如くである。地表面から水面までの深さは一定では無く後述べるが種々の原因のため多少の變化が考へられる。従つて 10.52 米といふ値は測定した日

第 1 圖 井戸の構造

時のものを表はすに過ぎないが、雨が⁽¹⁾長期間降らない時に達する水位の極小値はほとんども一定と考へられ、之を測定せる昭和 15 年 6 月 10 日は斯くの如き條件を満足する。故に 10.5 米といふ値は井水位の基準面を表はすと考へて良い。井戸の壁は赤煉瓦で組立てられ、地表面近くはコンクリートで固められ、吸上げポンプが取付けてある。

水温測定に用ひた寒暖計は極く古い記録は無いが最近は大田計器の水温測定用寒暖計を使用してゐる。之は元來水銀球部附近に水を溜めて汲上げる様になつて居るが、引上げの途中が長い事と引上げる時の振動で多くの場合水は無くなつて了ふので、球部をガーゼで取巻き、引上げに要する時間に依る誤差を出来るだけ少くしてある。

22 ケ年の統計を眺めれば井水温には明かに年變化も経年變化も認められる。又個々の観測を眺めれば種々の原因の爲に複雑な變化をして居るが、就中降雨の影響は興味深い。以下順を追つて述べて見よう。

2. 井水温の年變化 22 ケ年 (1918-1939) の統計に依る井水温の年變化を示せば第 1 表及び第 2 圖の如

第 1 表

月 次	井水温度	地面温度	10米地中温度
1	13.50°C	1.72°C	14.91°C
2	13.33	3.49	14.96
3	13.38	7.26	15.00
4	13.64	13.63	14.99
5	13.84	18.33	14.93
6	14.05	22.42	14.84
7	14.17	26.29	14.71
8	14.22	27.69	14.67
9	14.23	23.39	14.67
10	14.18	16.94	14.77
11	13.96	10.32	14.85
12	3.70	3.78	14.89
平均	13.84	14.61	14.86

くである。之に依ると幾度か報ぜられて居る如く⁽²⁾綺麗な正弦曲線を以て變化し、地中温度に關聯した我々

* N. Yamada: On the Temperature of Well Water.

第 2 圖 井水溫と 10 米地中溫度の年變化

の常識に反し最低は 2 月に、最高は 8, 9 月に表はれて居る。之に關し若干の推論を試みて見よう。井水面は前述の如く地表面下 10.5 米であるから、井戸から南東約 60 米隔つた露場の地中溫度深さ 10 米のものと比較する事が出来る。(第 1 表, 第 1 圖参照) 之に依ると井水溫は同じ深さの地中溫度よりも、年平均に於て 0.91 度低くなつて居る。此の原因に就ては第一に地下水それ自身が低温で露場附近の地下水面が低くなつてゐる爲に、10 米地中寒暖計は水脈の影響を受けないといふ場合が考へられる。第二には井戸に充ちてゐる氣柱の影響が考へられる。地下水面は決して平面を成すもので無く⁽³⁾地形に左右されるものであるが、同一傾斜面に屬する、同一レベルの兩地點の地下水面はほぼ同一平面を有すると考へられる。元來水戸測候所は東側と北側に約 25 米内外の崖があるが、井戸及び地中寒暖計の位置は共に崖から約 20 米の距離を有するから地下水面は同一水平面上にあると見做し得る。故に 10 米地中寒暖計は井水と同一水脈附近を測溫して居ると考へて差支へ無い。従つて年平均で 0.91 度の差を起さしむる原因が地下水自身にあるとすれば、井戸の極く近くに冷湧水が無くてはならない。斯くの如き想像は全く不可能な事で無いにしても、先づ有り得べからざる事と見做すのが至當であらう。第二の氣柱の影響は井水の年平均の低温と同時に年變化をも説明するに充分である。即ち冬期に於ける冷却作用と夏期に於ける保冷溫作用である。井戸内に充ちて居る氣

柱の上層の溫度變化は年變化を論ずる場合は近似的に地面溫度に等しいと見做して大差無からう。此の井戸の上層の溫度變化に伴うて起る底との間の密度差が熱の移動の原因を作る。夏期は氣柱の上層の溫度が高く底の溫度が低いと氣層は安定な平衡を保つてゐる。従つて空氣の實質の移動は起らず、熱は唯傳導に依りてのみ下方に送られ結果として僅かに水溫の上昇を見る程度で保冷溫作用をなすものと考へられる。之に反し冬期は逆に上層と底とで氣柱の平衡を失ひ、空氣塊が全體として位置を變へる爲に下層より上層に向つて放熱し井水溫は低下する。此の現象は上層に於ける密度の増大を必要條件とするので、氣柱の溫度傾度が上方に向ふ期間中起り、傾度に比例するものである。此の熱量交換現象が水溫の上昇として現はれるにはタイムラグがあるべきである。そこで題意に適合する期間中の溫度傾度 $\frac{\partial \theta}{\partial z}$ (地面溫度と地下水溫との差を單位の z に引き直した値) と翌月の井水溫絕對變化量 $\Delta \theta$ (井水溫と地下水溫との差を假りにかく名付ける) との

第 3 圖 井水溫絕對變化量 $\Delta \theta$ と溫度傳度の關係
(圖中記入の數字は日次を表す)

關係を圖示すれば第 3 圖の如くなり、兩者の關係は直線で示される。即ち $\Delta \theta = \lambda + K \frac{\partial \theta}{\partial z}$ である。但し z は下向を正とする。こゝに λ 及び K は井戸固有の常數で、井戸の形狀、深さ、地下水の状態其他等に依り決まるもので、 K は冷却率とも稱すべき意味を持つ。今問題にしてゐる井戸に就て最小自乗法に依り λ 及び K を決定すれば次の値を得る。

$$\lambda = 0.832, \quad K = 0.592.$$

同じ關係を $\frac{\partial \theta}{\partial z} < 0$ の期間にまで擴張し、上掲第 3 圖に記入し眺めれば $\frac{\partial \theta}{\partial z} > 0$ の時の様な關係は見出せない。6, 11 月の $\frac{\partial \theta}{\partial z}$ の符號の變つて間も無くの頃を除いた夏期は大體に於て $\Delta \theta$ の小さな範圍内にほぼ水平に含まれる。此の事は保冷溫作用と結び付くものである。尙

第 4 圖 月平均井水温の平均年偏差の年変化

月平均井水温の平均年偏差 $\frac{1}{n} \sum |t - \bar{t}|$ の年変化を示せば第 4 圖の如くである。冬期は夏期よりも変化が多く規則正しい正弦曲線の一部は地上気象との有機的關係を思はしめる。夏期はほぼ一定偏差附近にまとも地上気象の變化を充分氣柱が傳へ得ない事が分る。之等は冬期に於ける冷却作用、夏期に於ける保冷温作用を考へれば頷ける。

3. 井水温の經年變化 1918 年より 1939 年までの年平均井水温を示せば、第 2 表の如くなる。表を見ると明かなる如く、各年々に依り入り込む種々雑多な原因のために小さな波形をしてゐて曲線全體の傾向を視ふ爲には目障りであるから曲線を⁽⁴⁾平滑化して示せば⁽³⁾第 5 圖の如くなる。同時に 10 米地中温度をも平滑化して

第 5 圖 井水温と十米地中の温度の經年變化

第 2 表

年	井水温度	10 米地中温度	年	井水温度	10 米地中温度
1918	14.03°C	15.29°C	1929	13.77°C	14.47°C
1919	14.03	15.03	1930	14.05	14.68
1920	14.04	14.68	1931	13.61	14.89
1921	13.96	15.11	1932	13.36	14.74
1922	13.93	14.97	1933	13.76	14.94
1923	13.83	15.04	1934	13.61	14.90
1924	13.85	15.21	1935	13.74	14.82
1925	13.79	15.18	1936	13.90	14.71
1926	13.65	15.10	1937	13.95	14.76
1927	13.49	14.54	1938	13.98	14.95
1928	13.84	14.40	1939	14.28	15.29

示す。次に更に一步進め $\Delta \theta [(地中温度) - (井水温度)]$ の曲線を描き第 6 圖に示し、此の曲線の意味を考へ

第 6 圖

て見よう。云ふ迄も無く此の曲線は地下の原因（土壤の熱傳導に依る變化、地震等に伴ふ地温の異常等々）を取除いたものであつて、地表に於ける氣象因子の經年變化を媒介する氣柱の影響のみを表はすと考へられる。今長期間の氣候を論ずる場合よく問題になる⁽⁴⁾太陽黒點を以て地表に於ける熱的要素の經年變化を代表させる事にし第 5 圖に記入すれば、上述の曲線は之と明らかに負の相關のある事が解る。

4. 井水温の急性變化 井水温の年變化及び經年變化は以上の如くであるが、毎日々々の個々の觀測を詳細に眺めれば、種々の原因のために急激に上昇或は下降し數日乃至十數日にして復舊する場合がある。之に就いて若干述べて見よう。

(イ) 新陳代謝に依る水温變化(人依的原因)

同一の井戸の水温でもその井戸が常時使用し

て居るか、全然使用して居ないか、或は又時々使用する等により夫々異なる事が想像される。常時使用して居る井戸は大體に於て附近の地下水温そのまゝ（即ちその深さの地中温度）を表はすものと考えられる。従つて同じ井戸を全然使用せず放置する場合よりは高温で年変化は夏期極小、冬期極大が現れるのであらう。全然使用しない井戸は前述の如く氣柱の作用で常時使用するものより冷く夏期極大、冬期極小を示す。長年放置された古井戸が、さう遠くない全く同じ深さの井戸と比較して低温であつた例はよく聞く事であるが、この邊を意味するものと思はれる。時々使用する井戸にあつては、その使用の程度で複雑な變化をする爲一概には云へない事であらう。

今問題にして居る井戸に就て次の如き實驗をして見た。昭和 15 年 6 月 11 日 17 時頃 5 分間吸水（吸水速度 0.625 l/sec 全吸水量 $0.625 \text{ l} \times 60 \times 5 = 187.50 \text{ l}$ ）して、吸水前 14.5 度の水温が吸水後 14.3 となり 0.2 度の低下をした。吸水せる水量は井戸内の總水量 $M (=3.1416 \times 48^2 \times 175 \text{ cc} = 1266.69 \text{ l})$ の 14.8% に相當し、この不足分全部が周囲の土壤中より供給されたと假定すれば、0.2 度の水温低下を見るためには、井水温度より約 1.14 度低い水が井戸の周囲から供給された事になる。之は最初から井戸に満ちてゐた水温が上

各方面の人々に依り報ぜられて居り⁽⁵⁾、その量も場合に依り 50 糧乃至 200 糧にも及ぶ事があるから、この様な場合には結果として水温の急變が期待される。不幸にして水位の測定が無いから兩者を結び付けて調査する事は出来ないが、之等の原因に依ると思はれるものを過去 22 ケ年間に於て拾つて見よう。

(a) 地震に伴ふ水温變化 1918 以降に起つた水戸を中心として半径 500 軒以内に震央を有する破壊的地震 9 回に就て、井水温變化の有無を調査した處、地震と直接關係があると思はれる水温變化は認められなかつた。思ふに水戸の如く地殻の内部の影響を鋭敏に現はす温泉脈等から遠ざかつた處では當然の事であらう。

(b) 降雨に伴ふ水温變化 1918 年以降 22 ケ年間より、日降水量 50 耗を超える日 (88 日) を選び、その前後に於ける井水温の變化を見ると、明瞭に上昇を認めた場合 2, 3 回、下降を認めた場合 9 回、其他は不明乃至不變であつた。今之を月別に、各月の總回數 (50 耗を越ゆる) に對する百分率で示せば第 3 表及び第 7 圖の如くなる。

之に依ると降雨の影響で井水温の下降する場合は春期で、上昇する場合は秋期であり、不變乃至不明の場合は冬期と夏期に極大を示す事が分る。斯くの如き明瞭な季節的變化は地中温度の季節的分布と、雨水の土

第 3 表

月次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
上昇%	—	—	—	—	—	—	20.0	18.8	52.6	50.0	33.3	0
下降%	0	50.0	66.7	0	50.0	28.6	—	—	—	—	—	—
不明又は不變%	0	50.0	33.3	0	50.0	71.4	80.0	81.2	47.4	50.0	66.7	0

層も底も變らないと考へた場合であるから大きな過ぎる事は明かである。實際にはこの約 $\frac{1}{3}$ の 0.4 度（即ち 14.1 度）位と見るべきであらう。全く同じ實驗を冬期間に行へば逆に水温の上昇が期待される。過去の觀測から斯くの如き原因に依る水温の急變を指摘する事は、吸水の記録が無いから困難であるが、昭和 10 年の新廳舎建築工事中は斯かる原因と想像される場合が 2, 3 ある。尙嚴密には人依的に吸水する場合は附近土壤中より、その不足量の補給が間に合はざ急激な水位變化を起すものである。

(ロ) 自然的原因に依る水温變化 地震や降雨に伴つて地下水位が急變するといふ事は既に

第 7 圖

壤中へ滲透する模様に依るのであらう。不明乃至不變の場合は多くは長期間降雨で無い様な時で、少くも變化の認められる場合は2,3日前より幾分の降雨がある時に多い。従つて降雨の井水温に及ぼす影響の有無は過去の土壤状態に依存すると云ふ事が出来る。之等に關しては何れ稿を改めて述べるつもりである。

降雨 50 耗あつた日より日を追つて、2 週間後迄の毎日の水温と降雨のあつた日の前日の水温との差を取つて、上昇の場合と下降の場合に分けて夫々平均し、平均の状態を圖示すれば、第 8 圖、第 9 圖の如くなる。之に依ると降雨後水温は急激に上昇或は下降をして 2 乃至 4 日後に極大値に達し、それより對數減衰曲線をなして減少し、大體 10 乃至 15 日後には完全に復舊する事が分る。

第 8 圖 降雨に依る井水温上昇の場合

第 9 圖 降雨に依る井水温下降の場合

5. 結 び 以上述べた事を要約すれば

(1) 井水温には明かに年變化も經年變化も認められる。

(2) 井水温は同じ深さの地中温度よりも何時も低く、その年變化の最低は 2 月に最高は 8,9 月に表はれる。之は井戸内に満ちてゐる。氣柱の影響として説

明出来る。

(3) 地中温度と井水温との差の經年變化即ち氣柱の影響の經年變化は、ウォルフ數と負の相關がある。此の事は氣柱の作用の鋭敏性を物語る。

(4) 井水温を論ずる場合、井水の新陳代謝は絶對的重要要素である。

(5) 地震に伴ふ井水温變化は、水戸の様な處では全然認められない。

(6) 井水温に對する降雨の影響は降雨時に於ける土壤の狀態に依り相當大きくなる事があり、結果として井水温の上昇する場合と、下降する場合がある。前者は秋期、後者は春期に於て最も顯著である。

(7) 井水温に對する降雨の影響は、降雨後 2 乃至 4 日後に極大値に達し、それより他の自然現象の場合よく見受けられる様に、對數減衰曲線をなして減少し、10 日乃至 15 日後には完全に復舊する。

之等は水戸測候所構内井戸に關する事實を列記したに過ぎない。従つて一般に何處の井戸にも斯かる事實があるとは限らない。併し少くも水戸測候所構内井戸と同じ様な狀態に置かれてゐる井戸では、以上述べ來つた様な現象があり得ると見ても良いだらう。

井水温に對する降雨の影響に關しては、未だ幾多の問題が残されて居るが、之に關してはいづれ稿を改めて述べるつもりである。

終に臨み御閱讀を賜つた藤原先生に厚く御禮申し上げます。

(於水戸測候所)

引用文 獻

- (1) 福富孝治：昭和 10 年 7 月 11 日 静岡地震前後に起つた南伊豆蓮台寺温泉水位の異常(第 2 報) 地震第 12 卷 195 頁。
- (2) 山口彌衛門：井水温度に就て 集誌 22 卷 37 頁。

大地四郎：井水温度 集誌 22 卷 55 頁。

(3) 小平吉男：計算法及び計算器械 107 頁。

(4) 福井英一郎：氣候學 395 頁。

東京天文臺：理科年表(昭和 8 年)(昭和 15 年)。

(5) 福富孝治：昭和 10 年 7 月 11 日 静岡地震前後に起つた南伊豆蓮台寺温泉水位の異常(第 1 報)(第

2 報) 地震 第 7 卷 第 1 卷.

宮部直己: 地震に伴へる地下水の異常 地震 第 5 卷 627 頁.

前田 競: 一深井に於ける水井の變化 地震 第 6 卷 275 頁.

白鳥勝義: 地震時に於ける地下水位變化の一例 地

震 第 6 卷 605 頁.

森田 稔: 東京帝大構内に在る深さ 380 米の深井の水位變化.

ノリツナール: 井水の水位 集誌 22 卷 94 頁.

庄司與一郎: 井水水位に就て 集誌 22 卷 377 頁.

冬季東支那海南部に發生する低氣壓に就て*

橋 本 清 美

1. 緒言 冬季の東支那海方面の天候はシベリヤ大陸の高氣壓の消長に存在されこの高氣壓の沿邊に當る東支那海南部に於ては特有の低氣壓が發生する. この低氣壓に關しては既に研究せられて來たが筆者の經驗的立場から蛇足ながら二三述て見たい.

2. 臺灣低氣壓の發生說 西村博士⁽¹⁾はこの低氣壓の發生の主原因は臺灣が水中に置かれた板と同様の條件にあり故に北部に低氣壓の渦流が出来るのであるとされ大谷先生⁽²⁾は氣塊論的に相當溫位の上昇, 降水量が溫暖前線型である事からして mT 氣塊の侵入に依るものとされた. 又 Jeppermann⁽³⁾は cp 氣塊が太平洋に進出し次第に不安定となり臺灣附近に割目が出来て新鮮な cp 氣塊と古い cp 氣塊との間に前線が出来ると述べてゐる.

以上の如くこの低氣壓の發生に就ては論ぜられて來たが今一步この低氣壓發生のエネルギーたる mT 氣塊は何を起因として侵入するかを見る事は主要な問題であらうと思ふ.

3. 氣象變化より見たる低氣壓發生機構 冬季シベリヤ高氣壓が發達して南下すると冷氣流の爲に氣溫, 水溫共に急降下するとこの高氣壓が中支に播居して安定化して來るとこの氣流は次第に弱る. そして東支那海一帯は好天候となり, 氣壓傾度は緩慢となり等壓等の走向は緯度圈に平行して來る. こうなると水溫は周波がおさまつた爲に依る冷却の減少と太陽輻射熱の吸收に依り急昇し随つて附近の空氣層も昇温するであらう. 實際に冬季この近海の風速と氣溫との關係を見ると第 1 圖の如く風速に比例して氣溫も増減してゐる. この圖に於て白點は低氣壓發生後南風の爲に氣溫が上

昇したもの, ⊙ 印は低氣壓發生前日の相互の關係値

である. 氣溫及び水蒸氣張力の上昇域は初め石垣島附近に現はれ次第に東支那海南部に侵入し, 氣溫の上昇に伴ひ氣壓も下降し始める. この氣壓下降の中心は大谷先生の論說の如くはじめ上海附近に現はれ次第に南下して

石垣島附近に移動する様である. この氣溫の上昇は太陽輻射によるばかりでなく恐らく海水よりの熱供給に與かる處大であらう. 地面溫度に左右されるものであると同様に海洋上の空氣の溫度は海水表面の溫度の影響を受けるであらう. 氣節風下にある冬季は日射の遮斷の爲に地面溫度は輻射冷却のみ行はれ空氣自身も輻射冷却するので結局空氣の溫度は東支那海南部に於ける海水溫度は暖流の爲に常に空氣の溫度より高温を示す. 故に空氣への輻射傳導に依り冷却する水溫は暖流に依る熱の運搬の爲常に供給され結局空氣は海水より熱を受けて氣溫は上昇するであらう.

次にこの熱量を見積つて見よう. 一般に輻射量はステファンボルツマンの法則に依り

$$R = \sigma T^4$$

で與へられる. 然るに海水よりの輻射量は空氣からの輻射があるから實質的に失ふのは結局 $R = 0.827 \sigma T^4$ 位であらう.

第 1 圖

第一圖 風速と氣溫の關係

* K. Hasimoto: On the Birth of Depression in China Eastern Sea in Winter.