

主要記事

論說

一、西宮の醸造用地下水に就て……………松原正厚

一、新宮水と宮水との比較試釀……………嘉儀金一郎

一、醬油の防黴力と化學構造に關する私見……………太田清

一、麴ヂアスターゼの酸又はアルカリ障害後の象に回復現象に就て……………川本玉一

一、灘化せる廣島流と丹波流との酒質に就て……………的埜忠夫

時評

抄録

稅務監督局近況

雜報

釀界人事

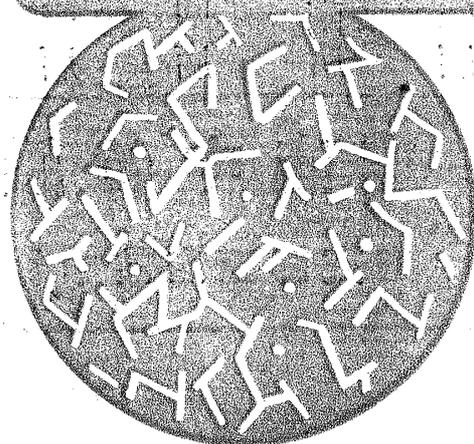
商況

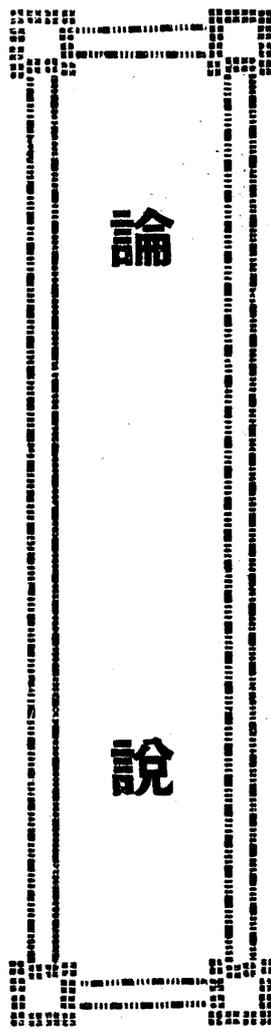
會報

釀造學雜誌

第五卷

第拾貳號





論

説

西宮の醸造用地下水に就て

京都帝國大學理學部教授 理學博士 松原厚
京都帝國大學理學部 理學士 櫻田儀正

緒論

西宮市に於て醸造用に使用せらるゝ地下水を此の地方に於ては「宮水」と稱す。

宮水が日本酒の醸造用水として頗る優秀なる素質を具備することは公知の事實にして、従つてこの水に關してなされたる各方面の研究は、頗る多數に上り、日に月にこの水の性質が闡明せられつつあることは、科學上より見るも、又工業上より見るも詢に慶賀すべきことに屬す。

然るに近年に至り、この貴重なる宮水は次第に拂底を告ぐるに至り、灘一圓の醸造工業は之が爲めに一大脅威を感ずるに至りしは、單に該地方に於ける一大痛事たるに止らず、國家經濟の上より見るも頗る憂慮すべき事件たらざるばあらず。於是か如何にせば宮水の生産額を増加し、將來永年の需要に應せしむることを得べきかの問題は、既に數年以前よりして、大藏省當局並に醸造界の諸先覺の腦裡を往來しつゝあることは、誠に之れ當然のことと謂ふべし。

余等は大阪稅務監督局並に宮水保護調査會の依囑に應じ、大正十四年十月以來、廣く西宮市並に其の四近に於ける地下水の

西宮の醸造用地下水に就て

水質を調査し、以て宮水生成に關する天然の化學的機作を闡明せんが爲めの地球化學的研究を遂行したり。蓋し之によりて一方に於ては宮水と同質の地下水の有無を探り、他方に於ては之が人工的製造を行ふべき場合の指針を得んがためなりき。

而してこれが研究を進捗せしめたる結果、畧々その本質を把握し得たるを以て、宮水の人工的製造に關する小規模なる實驗を試み、尙之に依つて精製したる水を用ゐて施行せられたる試釀は、甚だ良好なる結果を示したり。

以下章を追ひて宮水の原料たる六甲山彙中に存する各鑛泉の性質、西宮市及び其近郊の地質及び水質、西宮市の地下に於ける伏流並に地下鑛泉脈に付き述べ、進んで宮水の性質及び之が成生の經過を論じ、最後に醸造用水の人工的製造の問題に及ばんとす。

第一章 地質並に鑛泉

甲山の南麓より大阪灣に至る間の沖積層は、主として六甲山彙より流下せる花崗岩の砂と粘土との互層より成り、西宮市の大部分並に其の東方の地盤は、武庫川及び東川の河口に生じたる扇狀地に相當し、同市の西方は夙川の運び出せる土砂の埋立によりて生じたるものなり。(第一圖参照)

六甲山彙を形成する火成岩の縁邊には、砂、礫及粘土より成る第四紀層あり。この地層の走向は大凡北五十度東にして東南に緩斜せり。沖積層の走向及傾斜は分明ならざれども、畧々第四紀層に於けると同様なるもの、如し。

西宮市に於ける従來の經驗の教ふる所によれば、地表に噴出する堀抜井戸を得んには、西北部に於ては比較的淺き井戸にても可なれども、東南部に至るに従ひ次第に深さを増さざるべからずといふ。實際戎神社の東方に於ては、青色砂質粘土の層は直ちに表土の下に現はるれども、市の中央に至れば地下十數尺の深部に隱るゝを見る。これらの觀察結果は、地層の傾斜が東南に向ふものなりとの想定と共鳴するものなり。六甲山彙は主として黒雲母花崗岩より成り、甲山の輝石安山岩は之を貫きて迸出せるものなり。有馬、寶塚其他の諸鑛泉は恐らくは前記安山岩漿より由來せる鑛水なるべし。

抑も岩漿が冷却して固結するに當りては、嘗て其中に溶解して存したる揮發性物質例へば鹽酸、弗酸、硫化水素、亞硫酸、炭酸、一酸化炭素、窒素、水素、アムモニア、水等は岩漿よりして放出せらるゝこと、なるが故に、蒸氣壓の増大を來す。故に上部の岩層に裂隙あるときは、之を通して上昇し、溫度の低き場所に至りて凝縮するものは液態となり、地表水とも相混じて温泉或ひは冷泉となりて湧出すべし。前記揮發物は、勿論水を主成分とするものなるが故に、茲に各種揮發性物質の水溶液が成生せられ、この水溶液は、上昇通路の側壁を構成する岩石鑛物に作用して、之よりしてアルカリ、マグネシウム、カルシウ

西宮市附近地形圖

第一圖



1000 0 1000 米

[878]

ム、鐵其他の物質を抽出溶解して搬出するものなり。但これらの金屬中には多少揮發性の化合物となりて直接岩漿より放出せらるゝものゝ存することも可能なりとす。岩漿より放出せらるゝ揮發物の種類は、大體に於て地方により大差はなしと雖も、其比較的の分量に至りては種々の相違を示し、又揮發物の水溶液が上昇する通路に當れる岩石は地方に依り種々に異り得るが故に、従つて鑛泉となりて地表に現はるゝ時の組成は、地方によりて種々の相違を示すことゝなる。有馬、寶塚地方に於ては窒素、水素、鹽素、硫黃、炭酸及びアムモニア等は地下の岩漿より來る本來の揮發性物質にして、鐵も亦この一員に加はるべきものなるが如し。アルカリ特にソヂウムは此地方の鑛泉に多量に含有せらるれども、其内の何程が岩漿より由來し、何程が上昇の途次に附加せられたるかを知り難し。

この地方の鑛泉は、特に多量の炭酸分を含有するを以て上昇の途次に於て、花崗岩其他の岩石に作用して、加里、曹達及石灰を抽出するは當然のことなり。有馬町の南方一帶の斜面地に於ては花崗岩は霉爛して白變し、鐵砲水の泉源附近に於てはパイプ状をなせる白色粘土を採掘せし所さへあり。之れ全く此地が激しき炭酸水の噴氣に見舞はれたることあるを證するものにして、有馬の本泉、鐵砲水及地獄谷方面の鑛泉何れも其餘勢を今日止むるものなり。茲に甚だ興味ある事實は、前記の白色粘土を採掘せしとき、鐵砲水は次第に其噴出の勢を減じ、遂に涸渴せんとするに至りしを以て、急遽元の如く粘土を以て採掘跡を閉塞し、漸く鐵砲水の噴出を舊に復することを得たりといふ。蓋しこの粘土脈の成生は往時鐵砲水が營みたる侵蝕現象の結果たるべきは想像するに難からず。斯の如き侵蝕現象は單り地表のみに止らず、遠き地下に於ても起り得ることなれば、有馬の鑛泉が異常に多く含有する所の加里の供源も、大部分は地下の花崗岩にありて存するものならん。

有馬鑛泉の如く火成岩中より湧出するものゝみならず、一般にこの地方の鑛泉が何れも相當量のアムモニアを含有することは顯著なる事實にして、之れ決して地中の含窒素有機物の腐敗より由來せるものにはあらず。元來アムモニアは火山の噴氣中に於ける一主要物質なれば、地下の熔岩より發出せし本來の揮發物として此地方の鑛泉中に存することは何等の不可思議にもあらず。

硫黃分が熔岩より發散せらるゝに當りては、少くとも一部は硫化水素の形となりて存するもの、如し。有馬の各地に於ける鑛泉生瀨の鑛泉等に於ては、現に硫化水素を検出し得べし。唯この瓦斯は酸素を含める地表水と相混するとき、容易に酸化せられて遊離硫黃となり、更にチオ硫酸に變じ、従つて硫酸に變移するものなるが故に、此地方の鑛泉の普通の含有物たる硫酸分も、少くともその一部は如斯にして成生したる酸化果成物ならん。

鐵分は又火山の火口より揮發物として放出せられ、火口壁に酸化物或は鹽化物等となりて附着することは周知の事實なり。

[879]

然らば鑛泉の下底に於ても鐵分が揮發物に加はりて或る高さまで搬出せらるゝは可能のことなり。加之、鑛泉中に硫化水素が含有せらるゝことは、其鑛泉が高度の還元状態に在りて存する證據なれば、其上昇に際しては單り通路の側壁に存する第一鐵分が重碳酸鹽の形として安全に運び出さるゝのみならず、第二鐵分までも還元せられて炭酸水に溶け出すことゝなるべし。此地方に於ては鐵分が酸化したるとき赤濁を呈する炭酸食鹽泉は、單り有馬の本湯のみならず、廣く有馬郡、川邊郡、武庫郡等よりして神戸市にも涉りて存在し、中には有馬に於けるが如く全く花崗質岩中より湧出するものある事實より推せば、鐵分の供源は或特殊の岩石或は鑛床にあらずして、更に深遠なる地下に於ける岩漿たることは了解するに難からず。寶塚鑛泉の如き鐵分に乏しきものは此地方に於ては寧ろ稀有の例外なるが、これ全く表層水の酸化作用と沈澱の濾過とが完全に行はるゝ結果に外ならず。

左表には此地方に於ける鑛泉數種の分析表を掲ぐ、

第一表

(數字は試料水一立中の含有量をミリグラムにて表はす)

成分	(一) 有馬池の坊鑛泉	(二) 寶塚鑛泉	(三) 寶塚炭酸水	(四) 有馬鐵砲水	(五) 越木岩鑛泉	(六) 甲陽鑛泉	(七) 生瀨ウイルクィンソン鑛泉
加里	三九四、八、五	四一九、六	一八、四	四、〇	一〇、八	五、六	七八、五
曹達	一七四一、七、二	四六〇、九、二	一六八、九	三四、七	一三、〇	二四、一	五六、一
リチウム	二五、六						
アマモニア	九、八	一、三					
石灰	三七六、八、八	〇、四	二一、三	八、七	二三、四	一五、四	二六、五
苦土	四三、五	一一三、八	二、一	〇、七	〇、八	五、四	一、九
鐵	二五六、九		一、五	三、九	六、九		〇、九
滿	六三、二			〇、九	〇、五		
鑛	五、三				一、二		
鹽分	三六七二、九	七二二、六	二四四、〇	五、九	九、四	八、一	一五七、七
臭素	八五、四						
硫			三、六	五、六	一五、六		五、六
重炭酸	一八二二、七	一二二六、〇	一一一、〇	一一一、二	一一〇、九	一八三、六	三〇、二
炭		九三三、八	一五三六、〇	一二五七、三	六二、五	七五、七	一九七、二
硅	七、四	九七、四	三六、〇	七、三	四一、八		

西宮の釀造用地下水に就て

西宮の醸造用地下水に就て

固 形 物

六四〇・二〇・〇

一三七六〇・〇

五八〇・〇

一〇五・〇

六

第二章 西宮市に於ける井戸水の一般的性質

西宮市に存する井戸は一般に淺くして、其最も深きものと雖も地表下一丈七尺以上に達するものは稀なり。特に市の西北方に存する井戸は、全く青色の粘土質細砂の中を掘下げ、砂粒が幾分粗となるか或は礫を交ふる層に達したる時に掘下げを停止したるものなれば、中には其深さ一丈を超ゆること遠からざるものさへあり。斯種の井戸の水には、炭酸分に富めると同時に多少の鐵分を含有するもの多し。この鐵分は湧出の當時は重碳酸第一鐵の形をなせるものなるが、水面に於て空氣と接觸すれば、第一鐵は酸化して第二鐵となり、從て加水分解を起し水酸化第二鐵の沈澱を生じ赤濁を生ず。この際に起る化學反應は

$$2\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 4\text{CO}_2$$

如斯井戸を備ふる家に於ては、各々井戸端に小形の濾過器を設置し、井戸水をして之を通過せしむ。然るときは鐵分は實用上差支なき程度に濾別し得らるゝを以て、直ちに之を家庭用水に供用す。

この種の井戸は又必ず多少のアンモニアを含有す。其濃度は井戸の深さと位置の如何によりて大差あれども NH_3 として凡一立當〇、五ミリグラムより一、五ミリグラムの間を往來するもの多し。深き井戸にて甚だ鐵分に富める井戸水に於ては稀に七ミリグラムにも達するものあり。然れどもアンモニアの含量〇、九ミリグラムの水が深さ一尺に充たざる濾過槽の砂利中を通過する間に完全に硝酸に化せられたるを見たり。之れ全く硝化バクテリアの作用に起因するものにして、如斯薄層を潜流する間に既に硝化作用が完全に進行するものなる事を示せり。斯の如く毎回井戸水を濾過することは甚だ煩はしきことなれども、斯くして精製せる水は多量の遊離炭酸を有するが故に甚だ爽快なる味あり。

第二表

(數字は試料水一立中の含有量をミリグラムにて表はす)

成分	内外綿紡績會社	圓福寺北方ノ井戸	變壓所堀抜井戸
硅 酸 SiO_2	三〇・〇	三三・八	五七・七
礬 土 Al		八・六	一・五
鐵 Fe	九・七	四〇・三	六・四
石 灰 Ca	一四・一	六二・〇	一〇・〇
苦 土 Mg	六・四	一七・四	五・五

[881]

この表を見るに、硫酸の量が比較的によく、且比較的少量の苦土を含める點が北方山地に於ける鑛泉と多少相違する所なれども、常に優越せる含有量を示すものが、曹達、加里、石灰、鹽素及炭酸なること、鐵分が地表に於て酸化して水酸化鐵の赤濁を生ずること、並にアムモニアを含有すること等北方山地の諸鑛泉と相符する性質たり。昭和二年三月初旬に於て、報告者等が北方山地の鑛泉並に西宮市内の井戸に付て行ひたるアムモニアの定量分析の結果は左表の如し。

第三表

(數字は試料一立中に存するアムモニア量をミリグラムにて表はす)

井戸番號	加里	曹達	磷	硫	鹽	炭	固形物總量	井戸番號	加里	曹達	磷	硫	鹽	炭	固形物總量
	K	Na	P ₂ O ₅	SO ₄	Cl	CO ₂			K	Na	P ₂ O ₅	SO ₄	Cl	CO ₂	
一	二、〇						三三、四、〇	二四	二、〇						
二	痕跡							一五	なし						
三	一、五							一六	〇、二						
四	一、五							一七	一、四						
五	なし							一八	痕跡						
六	なし							一九	〇、九						
七	なし							二〇	〇、一						
八	〇、五							二一	なし						
九	なし							二三	なし						
一〇(堀抜)	一、五							二三	なし						
一一	なし							二四	なし						
一二	なし							二五	なし						
一三	なし							二六(堀抜)	一、〇						

即ちこの點に關してもこの兩種の水は誠に酷似せるものなる事を知るべし。特に第一表の有馬鐵砲水、甲陽、越木岩、ウイ

西宮の釀造用地下水に就て

ルキンソンの諸鑛泉等は、其の總濃度に於ても第二表に掲ぐるものと伯仲の間に位することは興味ある事實なり。惟ふに西宮の平野に湧出する「かなげ水」も、北方山中に湧出す諸鑛泉と同種類の鑛泉にして、全く同一の熔岩の發散物より由來せるものなるべく、縦ひ別個の岩漿體に其起源を有するものとするも、それらの岩漿は其性質に於て頗る近似せるものたることを推知し得べし。斯く西宮の地下に湧出する鑛泉は、北方山地に湧出するものと同様に多量の炭酸分を含有せるものなるが、西宮の地下の沖積層中には多量の介殻を含有する所多きを以て、鑛泉は之に對して其化學的作用を逞うし、茲に異常の硬度を有する地下水を生成す。今左に此種の井戸水の分析結果を表示せん。

第四表

(數字は試料水)一立中の含有量をミリグラムにて表はす)

	警察署井戸		本町百五番地の井戸	
	警察署井戸	本町百五番地の井戸	警察署井戸	本町百五番地の井戸
加里	二四、九	六七、八八	一三一、二	一五九、〇
曹達	八五、二	一〇〇、四八	一七〇、一	六三、四六
石灰	一一九、九	一五六、五〇	一一九、一	三一〇、四四
苦土	三五、一	二〇、七五	二、一	九、七
鐵	五、五	〇、〇九六	二二、三	三九、七
礬土	七、八	一、八九		

西宮市の南半所謂宮水區域に於ては、表面の砂層は急に其厚さを増し、井戸の深さ十五尺或は十六尺に達すと雖も、尙彼の青色なる粘土質砂層に達せず。従て茲には北方或は西北方に見るが如き「かなげ水」を見る能はず。石灰分の含量も本町通、或は札幌筋の各井に見る如く大ならず。アムモニアは全く硝酸に化して存す。

西宮市の北部に於ては、諸所に甚だ稀薄なる水を湛ふる井戸あり。例へば西宮神社の東南方濱脇町に於ては一立に付固形分の總量が〇、二瓦にも達せざる井戸水あり。この水の中には炭酸の含量極めて小にして、一般的性質は雨水に酷似す。之れ全く一種の表面水なること明らかなり。今回の研究に依りて、この種の水は數條の伏流をなして西宮市の下底を潜流しつゝ、あるものなることを明らかにせり。夙川を流るゝ水は凡ての組成分に付て甚だ稀薄なる軟水たる點に於て前記伏流の水に似たり。惟ふに西宮神社附近に流れ來る夙川の分流は、この伏流を涵養する一水源をなすものならん。これと同様に六湛寺川及東川は、この種の稀薄水を伏流として西宮市の地下に注入するものと考ふるときは、此等の方面に於ける稀薄地下水の配置を説明し得るなり。尙之に關しては後章に於て詳述する所あるべし。

南の方築港に近き諸井に於ては、頗る多量の食鹽分を含有し、鹽素の含有量の大きなるものに至りては、一立當二千ミリグラ

ム以上に達す。之全く海水侵入の影響に外ならず。

第三章 地下伏流及鑛泉脈の檢出法

地下水の表はす種々の地球化學的現象、即ち地下伏流並に鑛泉脈の位置、或ひは地下水の移動状態を闡明せんがためには先以て各種の溶解質物の濃度が場所によりて如何なる相違を示すかを明らかにするを要す。これが爲めには各所の井戸水に付て完全分析を行ふことは最も望まじきことなれども、これを實行せんと欲せば多大の勞力と年月とを必要とするが故に、先之が最初の試みとして鹽素、遊離及化合狀炭酸、全アルカリ度並に石鹼硬度に關してこの調査を進むることゝしたり。是れ此等の定量分析は何れも比較的簡單なる滴定法によりて施行せられ得るを以て、短時間の間に多數の井戸水を檢査するに適せるを以てなり。又水素イオン濃度及水温も前記の目的に向つては重要な役目をなすものなれば併せてこれが測定をも實施せんとしたり。然りと雖も數百の井戸に付て悉く此等の定量分析を行はんことは容易の業にあらず。之を少數の分析者の手によりて達成せんとせば可なりの長時日を要するを以て、試料を一時に採集して貯へ置くときは其間に變質して或種の分析結果を不良ならしむる恐あり。然れども試料を長日月に亘りて蒐集するに於ては、其間に天候或は季節による分布状態の變化を來すべき恐あり。殊に水温の測定に付きては此等の方法は全然意義なきことなり。仍て之が唯一の達成法は分析者及實驗室外の作業者の多數を得ることありて存す。幸にして毎回の一齊作業に分析者十乃至十三人を得、又之と殆同數の室外作業者の應援を得たるを以て、大約三日間の間に毎回の一齊作業を終了することを得たり。

前記の如き一齊作業は、大正十四年十一月より同十五年七月に至る間に左の如く五回に亘り之を施行したるが、或る一齊作業に於ては特別の濃度のみを檢定したる場合もありたり。

第一回 大正十四年十一月十三日より十五日に亘り宮水區域に於ける二百八十の井戸水に付て

第二回 同年十二月十日より十三日に亘り西宮市北半に散在するものに若干の宮水區域内のもの。合計二百十四の井戸水に付て

第三回 大正十五年一月二十三日より二十五日に亘り西宮全市に散在する二百二十七の井戸水に付て

第四回 同年四月八日より十日に亘り西宮全市に散在する三百四の井戸水に付て

第五回 同年七月十五日より十八日に亘り西宮全市並に其近郊に散在せる四百十五の井戸水に付て
以下各種濃度の分析法及び水温の測定法に付き詳述すべし。

西宮の鑛造用地下水に就て

MAP OF NISHINOMIYA

第一圖



[885]

(一) 硬 度

硬度の測定は定規の石鹼液を用ひて滴定することによりて施行したり。鹽素分を含むこと多きか又は遊離炭酸を多量に含有する水の場合に於ては、滴定終點の判定に多少の不明瞭を感じたれども、如斯試料は少數に止れり。勿論この方法は嚴格に科學的のものにはあらずと雖も、分析者は豫め滴定終末點の判定に關して一定の申合をなし置きたるを以て、各試料に付石鹼硬度の比較的の數量は可なりの精密度を以て之を測定し得たりと信ず。

此等の結果の中四月の測定結果は第二圖に於て等濃度曲線として表はしたり。

(二) 全アルカリ度

茲に「全アルカリ度」なる語は、水中に溶解し或は懸垂して存する化合物にして稀鹽酸にて分解せらるゝものゝ鹽基の當量數を表はすものと規約す。滴定は十分の一規定の鹽酸を用ひ、メチルオレンジを指示藥として行ひたり。天然水中に於ては、如斯操作によりてメチルオレンジの黄色を赤變せしむることなくして分解せらるゝ物質は多數あり。故に滴定數を改算して譬へば石灰の當量數となすが如きは殆んど無意味のことに屬するを以て、唯これを滴定數其儘にて表はすこととせり。されども之によりて比較的容易に酸にて分解し得べき物質の全濃度を漠然と窺知するに足れり。

此等の作業に依り得たる測定結果の中、四月に施行したるものゝ第三圖に等濃度曲線として表はしたり。

(三) 炭酸全量及遊離炭酸

茲に遊離炭酸なる語は水と結合して H_2CO_3 なる形をなせる炭酸瓦斯と、唯單に水に溶解して存する炭酸瓦斯との總量を意味す。 H_2CO_3 の形をなせる炭酸は、僅かに此總量の約〇、六七%に過ぎざること近時の研究によりて明らかにせられたり。この故に「遊離炭酸」なる語の代りに「溶解せる炭酸瓦斯」なる語を用ふる方寧ろ眞意に近けれども、茲には從來の慣用語を使用することとせり。

遊離炭酸の定量法はジョンストン氏が推稱せる方法によりたり、即ち百立方仙米の試料を採り、六十分の一規定の炭酸曹達にてフェノールフタレンを指示藥として急速滴定を行ふにあり。又半化合炭酸を測定せんが爲めには、試料百立方仙米をとり之に一規定鹽化バリウム五立方仙米を加へ、軽く振蕩し、次に十分の一規定水酸化バリウム二十立方仙米を加へ、再び軽く振蕩し、活栓を施して十分間放置したる後フェノールフタレンを指示藥として十分の一規定の鹽酸を以て水酸化バリウムの過剰を滴定せり。

前記二種の分析によりて、「遊離炭酸」を形成する炭酸の量を算出せり。而して此等の結果を取纏めて等濃度曲線圖を作製し

MAP OF NISHINOMIYA

第三圖



MAP OF NISHINOMIYA

第四圖

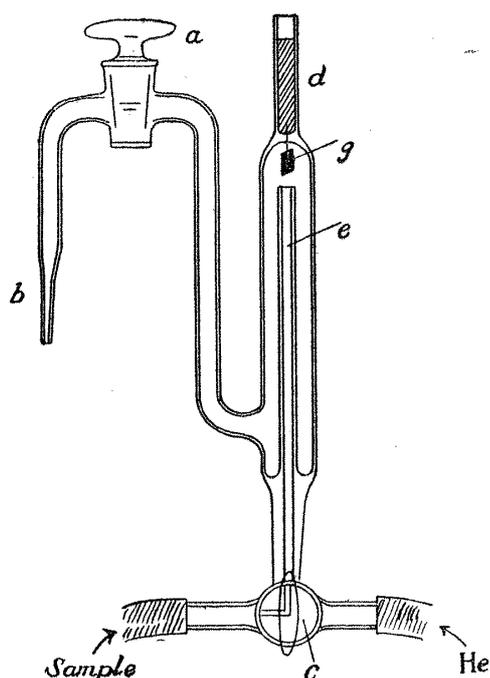


MAP OF NISHINOMIYA

第五圖



[889]



四宮の鹽造用地下水に就て

たり。但しこゝには七月に得たるものゝみを掲ぐ(第四圖)

(四) 鹽素分

鹽素分の定量は普通の法に従ひ、試料百立方仙米をとり十分の一規定の硝酸銀にてクロオム酸加里を指示薬として滴定せり。之も亦數種の等濃度曲線圖を得たれども、こゝには四月の圖のみを掲ぐ(第五圖)

(五) 水素イオン濃度

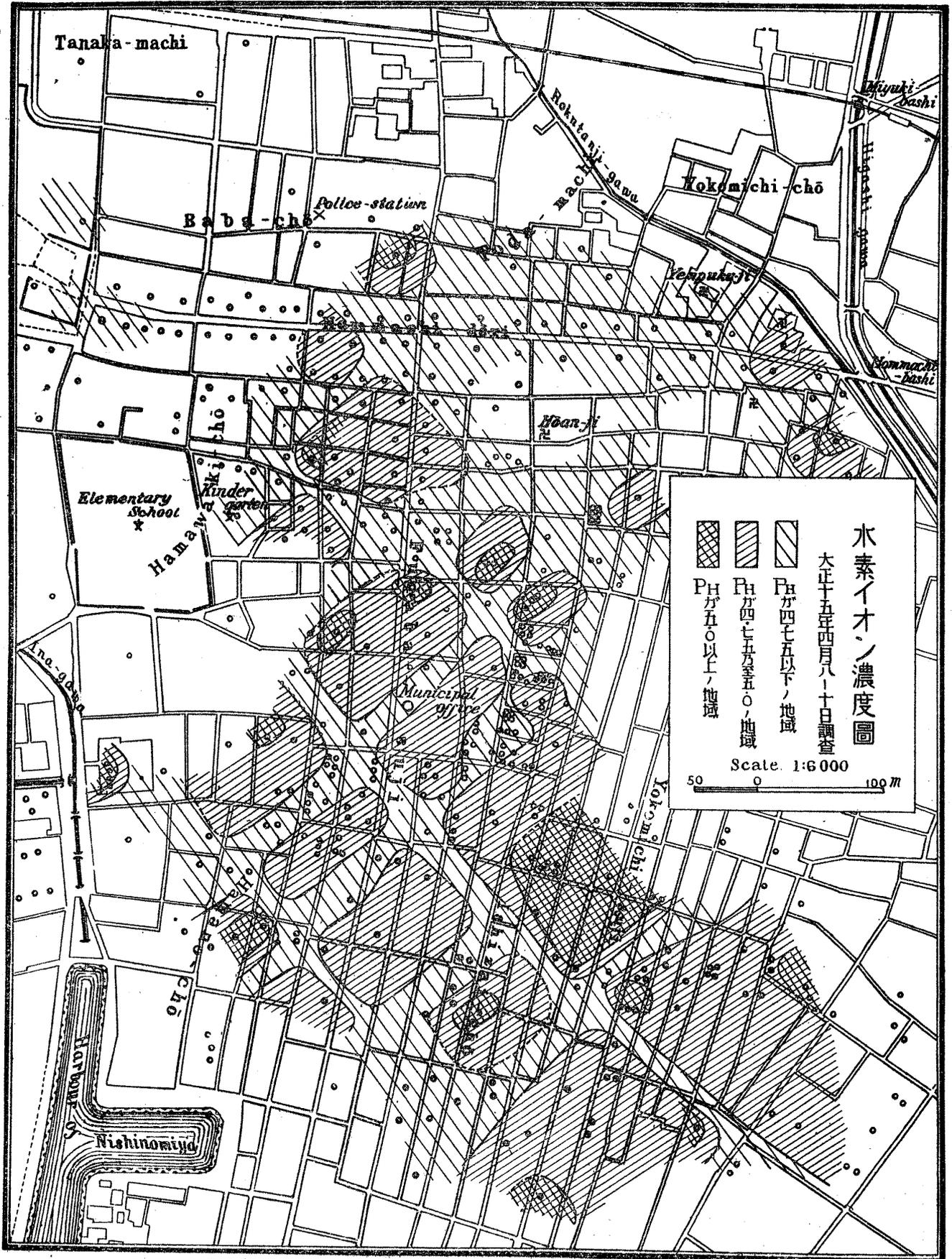
水素イオン濃度の測定は主としてポランシオメータとガルブアノメータとによりて之を施行せり。甘汞電極は一規定鹽化加里液を使用したる場合もあり。或は飽和鹽化加里液を使用せし場合もあり。水素電極を浸せる半電池へは水素の氣流を通ずること能はず。何となれば若し水素の氣流を通ずるに於ては、試料中に溶解せる遊離炭酸瓦斯は忽ちにして驅逐せられ従て又重炭酸鹽の分解を惹起することゝなり、水素イオン濃度は急速に低落すべし。血液中の水素イオン濃度を測定する場合に於ても、之と同様の困難を生ずるを以て近時其目的の爲めに工夫せられたる裝置もあれども本研究の場合に於ては試料水は如何に多量に之を消費するも毫も其の爲めには困難を醸さざるが故に、血液の場合に使用せらるゝ裝置を參酌し上圖に表はすが如き特別の裝置を製作して之を使用することゝせり。

即ち半電池の主要部は直徑一仙米の硬硝子管にa bなる首を附したるものより成り、管の上部は白金線を貫通せしめて融封し、其白金線の下端にgなる白金板を附着せしむ。又白金線の上端はdなる水銀溜の中に突出せしむ。凡て管中に曝露せる白金の部分には白金黒を附着せしめたり。管の下端よりして三方硝子活栓一管eを挿入して融封し、cの他の二管は夫々精製水素及び試料水の容器と接続せり。

操作を行ふに當りてはbを吸引パイプに接続しbよりして吸ひ出さるゝ瓦斯或は水はパイプに到る途中にて廢棄水容器に集まらしむ。最初適當に容器を傾けて先之を試料水にて充し、次に水素を導入して、先きに容れたる試料水を全く首部より驅逐す。斯く試料水と水素とを以て交互に容器を洗滌することを數回繰返したる後、試料水を入れ水素の小氣泡を殘存せし

MAP OF NISHINOMIYA

第六圖



[891]

む。この氣泡の大きさはgなる白金板上半部のみが水に浸されずして残存する位の大きたるを要す。若し氣泡が大に過ぐれば、装置を適當に傾け試料水を送り込み乍ら氣泡の一部を首管よりして分割して送り出す。若し氣泡が小に過ぐるならば、更に水素瓦斯の適量を導入するなり。斯くして氣泡を適當の大きとなし得たる後、装置を直立せしめ置き、大凡一分間位試料水のみを通過せしめ水素の氣泡中に於ける炭酸瓦斯の分壓をして試料水の現はす炭酸瓦斯期の平衡壓に達せしめんことを努む。斯くして後aを閉ぢ、bに連結せる吸引パイプの護謨管を除き、装置を數回顛倒して水素瓦斯をして試料水を攪拌せしめ、然る後ポテンシヤルを測る。斯くして攪拌と測定とを繰返し、遂にポテンシヤルが一定値に達するに至りて止むなり。

此の測定結果を畧述すれば、西宮市内に於てはpH四・七度乃至五度を示すもの最も多く、宮水区域内に於て殊に然り。pH大なるものにては六度以上のものも稀に見出せども七度を示す井水は皆無なりき。又pHの小なるものには時に四度以下の濃度を示すものあり。

此等の結果も亦等濃度曲線圖に取纏めたり。第六圖は即ち四月に得たる曲線圖なり。

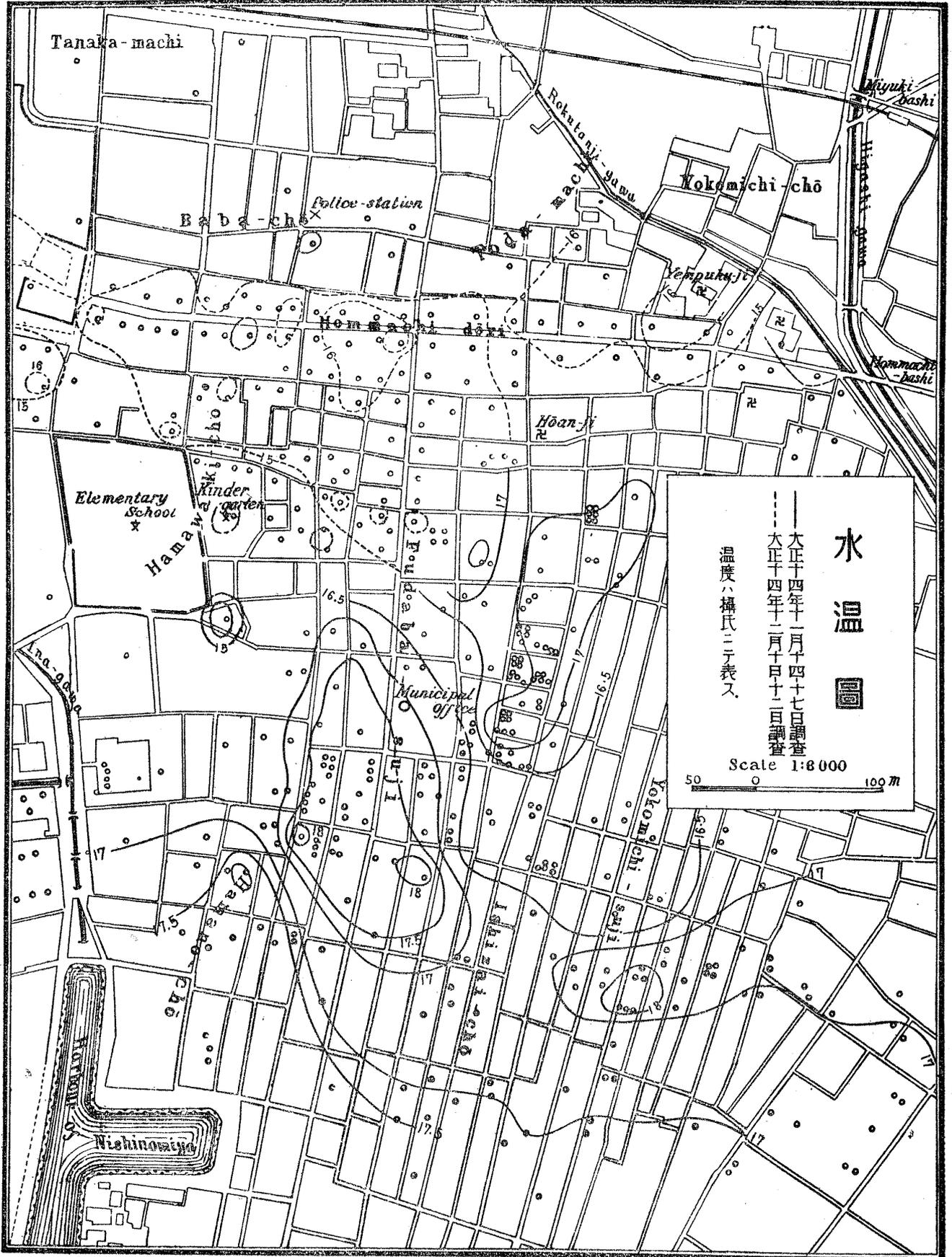
(六) 水 温

地下の深部より湧出する水の温度の季節による變化は微小なるべきに反し、伏流を形成せる地表水の温度は季節によりて比較的著大なる變化を受くべきことは想像するに難からず。之れ伏流の水は北方市外の水田の底或は其間を貫通する小川等に其源を發し淺き砂層中を流れて市内に入るを以てなり、十一月初旬に行ひたる豫備的測定の教へし所によれば、ある場所の井戸水は隣接地の井戸水に比し二乃至三度も低かりき。この故に温度の一齊測定を行ふに於ては伏流の位置に關して何等かの知識を得べきものならんとの希望よりして、大正十四年十一月中旬、及翌年一月下旬に共に約百五十種の井戸に付き二日乃至三日間に一齊測定を施行したり。

この測定に於ては各所に於ける温度の差異の絶對値が甚だ僅少なりしが故に、ベックマン寒暖計を使用することとせり。この寒暖計六本を調製して、何れも十五度乃至十八度位の測定に適應せしめ、之を標準寒暖計と對比して各々の寒暖計により百分の一度の精確度を以て温度の測定をなし得る如くせり。ベックマン寒暖計はコルク栓を通じて容量一立の硝子罎中に挿入しこのコルク栓を通じて更に二本の硝子管を通じ、一本は長さ四米突位なる護謨管に連結し、その端にピンチコックを附したり硝子罎は之を長さ竹筍の端に緊結し、之を井戸の水而以下一定の深さの部に挿入し、然る後護謨管の端に附したるピンチコックを緩むるときは水は罎内に流入す。斯くして一定時間硝子罎をその位置に保持したる後引上げて直に寒暖計の讀みを取ることとせり。實驗の結果によれば氣温と水温との差が二度乃至三度の場合に於てもベックマン寒暖計の讀みは一分間内外は安定に

MAP OF NISHINOMIYA

第七圖



[893]

して、百分の一度の正確度を以て測定せんが爲めには罎を水中に保持すべき時間は五分間にて足れることを見たり。これ硝子罎は可なり壁の薄きものを使用したればなり。

此等二回の測定に依つて第七圖の如き等温曲線圖を得たり。

第四章 各種濃度圖相互の關係

前記の測定に依りて十數種の濃度圖を得たり。今此等濃度圖相互の關係を論述せん。

(一) 遊離炭酸圖と全アルカリ度圖

地下水が多量の遊離炭酸を含有する場合には、地中に存する介殻に對する化學作用も亦旺盛なるべきを以て、従つて全アルカリ度も亦大なるべきことを想像し得べし。然れど實際同時期に得たる兩種の濃度圖を比較するときには事實は全くこの想定のみならず、真ならざることを知るなり。即ちある種の井水は可なり多量の遊離炭酸を含有せるにも拘はらず、全アルカリ度圖に於て見るときは此等の井水は甚だ濃度の小なるものなることを知る。如斯事實は抑も如何なる理由に起因するものなるか。

遊離炭酸を異常に多く含有する水は固より彼の地下鑛泉なるが、この水は其最も濃厚なるものと雖も、鹽素の含量は一立に付一〇〇ミリグラムの前後を往來するに過ぎず。従てナトリウムの含量も亦推して知るべきのみ。石鹼硬度に至りては三乃至四の附近を上下する程度のものなるを以て、一たび酸化によりて鐵分を失ひたるものは比較的含有固形分の小なる稀薄水となる。唯遊離炭酸の含量は大なるを以て容易に炭酸水に侵さるる形の石灰分又は苦土分が存在するならば甚だ硬度の大なる水も成生し得る理なり。西宮警察署の北方諸所にある赤褐色の井戸水の如きは硬度十五を超過するもの稀ならず。これ此地方に於ては地層中に多量の介殼化石が存在することに起因するものなるべし。然れども可溶性の介殼に乏しき場所には此水が湧出するか、或は従前介殼は存在せしも既にその大部分が溶かし去られて存する場合には其處に生ずる井戸水は依然として稀薄なる儘にて存在すべし。

西宮市の沖積砂層中に介殼の不足せる部分の生ずることは可能のごとかなり。蓋し此地に於ける一ケ年の酒造用水並に雑用水の汲上量は優に百二十萬石に達するものと計算せらる。この水は硬度七以上十に達するもの甚だ多しと雖も、今假りに平均硬度を六と見積り湧出鑛水の硬度を四と見做すも、尙一ケ年に消費せらるる介殼の量は七、七噸に達す。而してこの計算は水位の回復後海に流下する水、並に井戸替の際に放棄せらるる水等を考慮に加へたるものにはあらざるなり。

西宮の醸造用地下水に就て

遊離炭酸を多量に含有する水にて全アルカリ度の小なることは湧出水が地層中の石灰質物と接觸する時間の不足することに起因する現象とも考ふるを得。換言せば湧出水は未だ十分介殻と反應する邊なくして新なる湧出水の爲めに押し上げらるること可能なり。市役所の西南に於て、隣接地區の水に比して多量の遊離炭酸を含有すれども、硬度の比較的小なる地下水の一帯あり。然るに此地帯に極めて接近せる井戸に於ては頗る著大なる硬度を示し、この鑛泉帶の上に存する井戸にても所々に高濃度の井戸の存するを以て見れば介殻は必ずしもこの鑛泉帶に於て缺乏せるにはあらずして單に湧出水との反應時間が短きに過ぐる爲めに如斯現象を呈するものとも思惟し得べし。然れども反應時間は短かくとも容易に溶解し得る形の石灰質が多ければ硬度は生じ得る理なれば、結局深部に於ける介殻の缺乏を以て主要原因と見做すべきものならん。

(二) 鹽素圖と他の濃度圖との關係

鹽素圖の圖形を支配する主要條件は次の五に歸すべし。

即ち(イ)海水の侵入、(ロ)住家の影響、(ハ)湧出水の影響、(ニ)伏流を形成する淡水の影響、(ホ)海より來る水煙の影響、之なり。

鑛水は地下の深部に於て地表水のために種々の程度に稀釋せらるる經過甚だ複雑なるを以て、湧出場所の異なるに從て其鹽素含有量に種々の相違を現はす。然れども吾人は先一立に付七〇乃至一〇〇ミリグラムを以て普通の湧出水の鹽素含量と見做すときは大なる誤に陥らざるもの如し。然るに灘地方に於ては酒造用水は七〇乃至一〇〇ミリグラムのものを以て最適なりと思惟せらるる故に、如斯鑛泉が西宮市の地下に湧出することは詢に之れ天與の賜なりと謂つべし。

斯の如く湧出鑛水の鹽素含量は比較的低きに拘はらず、鑛水脈を外れたる地區に於ける地下水は一般に之よりも高き鹽素分を示せり。これ恐らくは人口稠密なることより起る必然の影響に起因するものならんも、一面より見れば頻吹の形として市中に散布せらるる海水の影響も亦決して之を輕視すべきにあらず。

西宮市の面積は一平方哩に達せざること遠きに拘はらず、人口は既に四萬を算し、人家甚稠密なる一都市たり。米國マツサチュウセツ州衛生局の調査によれば、一哩平方の土地に二十人の住民あるときは水百萬分に對し〇、一分の鹽素を鹽化物として其地方の河川に供給するものなりと云ふ。然る時は四萬人の住民に對しては二〇〇ミリグラムの鹽素分に相當す。西宮市に於て人口最も稠密なる場所例へば本町通及札幌筋の北方等へは海水の侵入し難き高地なるに拘らず、常に地下水の鹽素分は高濃度を示すを以て見れば、少くとも多少は茲に住民の影響の理はれ居ること争ふべからざるもの如し。頻吹の影響に關し

[895]

ては未だ精細なる調査を遂げざれども、英國の或地に於て調査せられたる例によれば一エーカーの地面に對し一ケ年間に二十四封度の食鹽が運び落さるる例などもあり、此方面よりの鹽素の供給も決して之を輕視す可からざるもの如し。實際に於て西宮市の南端は海岸に近づくに従ひ、等鹽素曲線が次第に高濃度を示すことはこの影響を明確に示すものなり。北方及西北方よりして伏流の形となりて流入する地表水は甚だ鹽素分に乏し。例へば濱脇町の中央に於てすら一立に付き四〇ミリグラムを含有するに過ぎず。斯の如き稀薄帶は第一小學校よりして濱の町の北方に連亘し明らかに地表水の伏流の流路を示せり。之を要するに湧出鑛水は地下水の鹽素分を一定に保持せんとし住民及海水の影響は鹽素分を増大せしむる方向に作用し伏流をなせる地表水は鹽素分を稀薄ならしむる方向に作用するものなり。

(三) 水素イオン濃度圖と他濃度圖との關係

西宮の井戸水の多くは一立に付き六〇乃至一二〇ミリグラムの酸化石灰と約二〇ミリグラムの酸化苦土とを含有し、炭酸の總量は一〇〇乃至二五〇ミリグラムに達し其内二〇乃至五〇ミリグラムは遊離炭酸の形にて存在す。この故に水中の水素イオン濃度を決定する主要物質は炭酸なるべし。

水素イオン濃度と炭酸イオン及び遊離炭酸瓦斯との關係に付ては次の式あり。

$$\text{pH} = \log \frac{1}{K} + \log [\text{HCO}_3] - \log [\text{free CO}_2] \dots\dots (1)$$

茲にKは遊離炭酸の解離反應の平衡恒數を表はす。水に溶解せる遊離炭酸瓦斯中にて、實際炭酸の形をなせるものは僅々〇六位にして、炭酸そのものの電離度も亦甚だ微小なるものなれば $[\text{HCO}_3]$ の代りに實用上 2α [bicarbonate]と置き α をして重碳酸石灰の電離度を表はさしむるも大なる誤なし。然るときは(1)式は

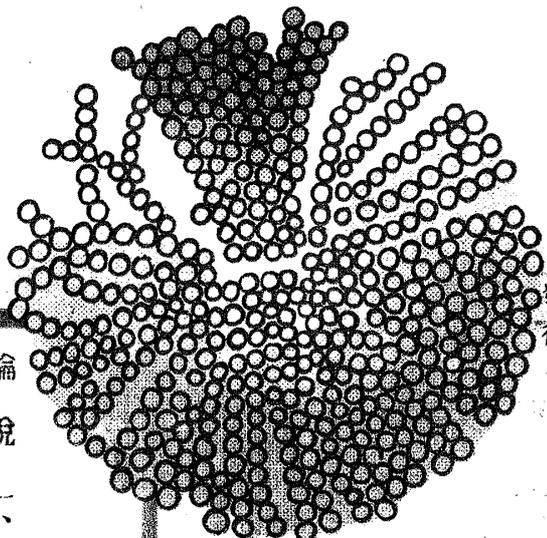
$$\text{pH} = \log \frac{1}{K} + \log 2\alpha + \log \frac{[\text{bicarbonate}]}{[\text{free CO}_2]} \dots\dots (2)$$

なる形となる。この式により重碳酸鹽の濃度はpHの値を増大せしめ、之に反して溶解せる炭酸瓦斯の濃度の増加はpHの値を低落せしむることを知る。仍之觀之硬度又は全アルカリ度の大なる水にては水素イオン濃度は低く、新鮮なる湧出鑛水にして遊離炭酸を多量に含有せるものは大なる水素イオン濃度を現はすことを期待し得べし。又(2)式は伏流の稀薄水が高き水素イオン濃度を現はすべきことを示す。何となればこの水中にては重碳酸鹽の濃度は極めて僅微なるを以てなり。

醸造學雜誌

第六卷

第壹號



主要記事

論說

一、西宮の醸造用地下水に就て(續き).....

松原儀正

一、醬油麴代用品としての蟹肝臓に就て.....

大島幸吉

一、熱湯留暖氣に就いて.....

副島昌

一、醱酸酵の型式に就て(續き).....

山下周造

一、特殊醱酵工業.....

駒澤利雄

一、一九二六年に於ける醱酵化學上の重要なる研究(續き)

西村資治

指針

抄録

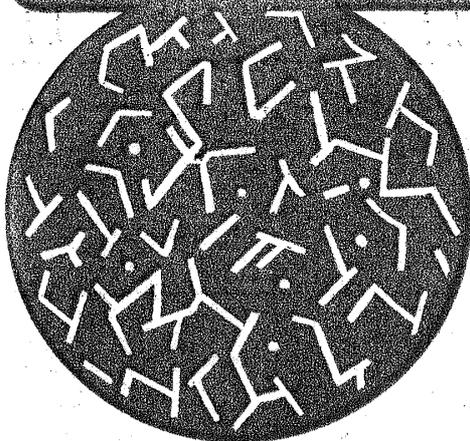
稅務監督局近況

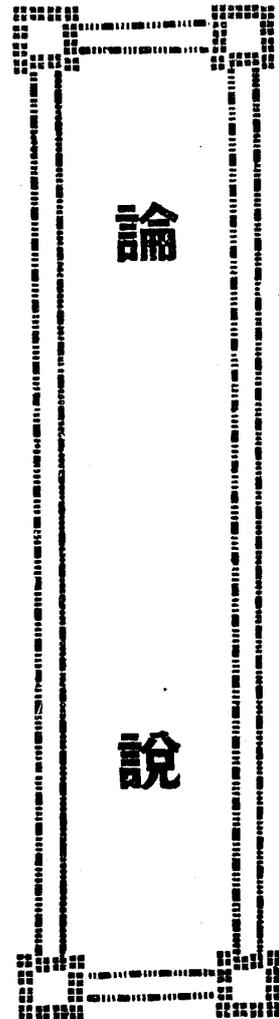
雜報

醸界人事

商況

會報





西宮の醸造用地下水に就て (續き)

京都帝國大學理學部教授 理學博士 松原厚

京都帝國大學理學部 理學士 櫻田儀正

第五章 西宮に於ける伏流及地下鑛泉脈

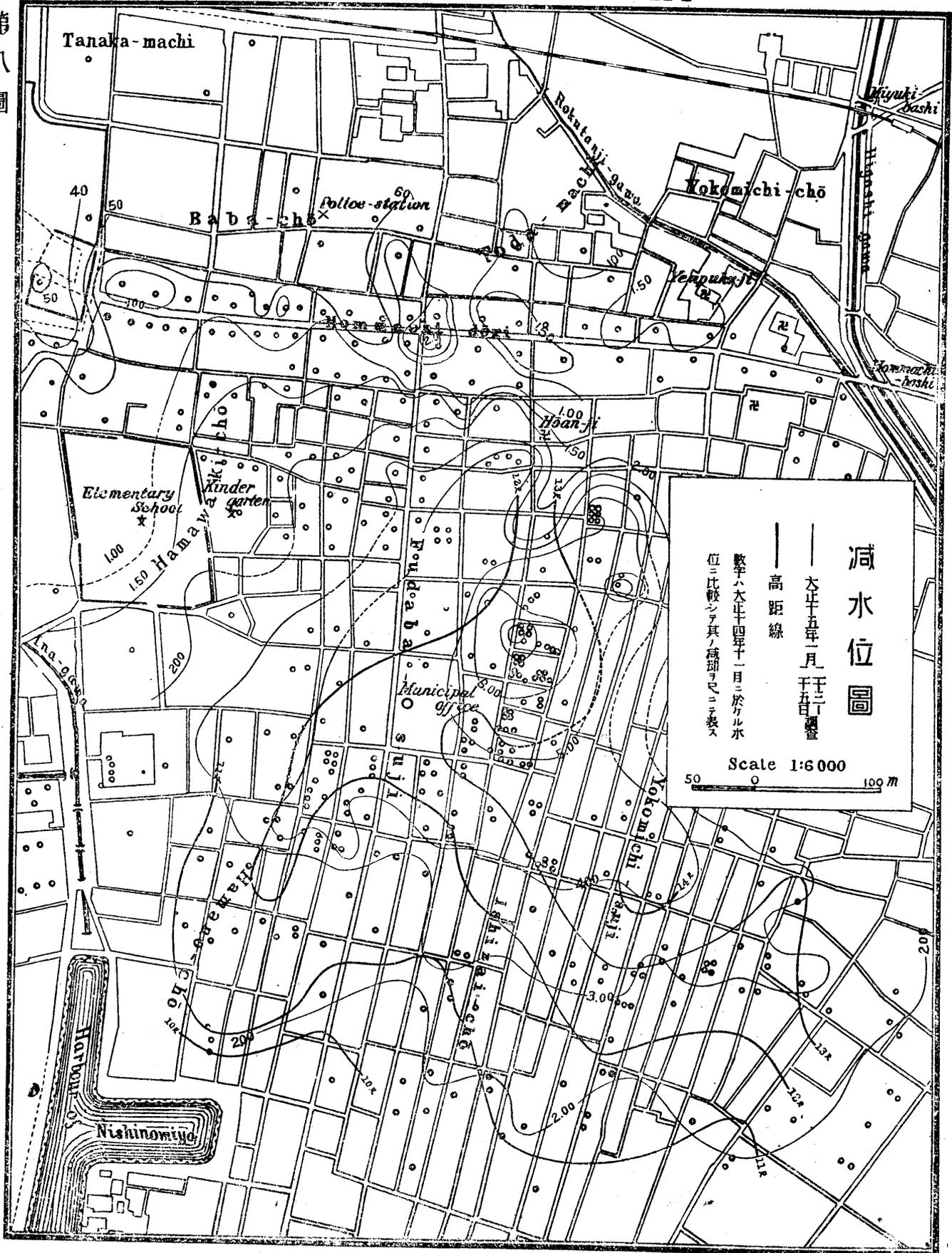
多數の濃度圖の示す所によれば、西宮に於ては比較的稀薄なる地下水の存在する若干の地帯あり。例へば彼の戎神社の東方より府南方に亘りて如斯地帯あることは前既に之を述べたり。これらの地帯は何れも市の東方、北方並に西方郊外に於ける河川の流域より起りて市内に連亘し、之に沿ひては地下水の硬度、全アルカリ度、遊離及び化合炭酸並に鹽素分が何れも其兩側に比すれば低し。故に吾人にして若し之を地表水の伏流と思惟するに於ては、この現象を満足に解釋するを得べし。

果して此等が伏流なりとせば水の流通速度は如何との問題は直に想起せらるべし。水の流通を測定する方法としては、伏流の上流と思惟せらるる井戸へ例へばフルオルシンの如き色素を投入し、この色素が下流の井戸に現はるる速度を測る方法あり或は鹽化アムモニアを上流より流しおき、下流の井戸水に付き鹽素分を時々刻々分析するか、或は井戸と井戸との間に存する地下水の電氣抵抗の激減する時刻を觀測する等の諸方法あれども、實際問題として西宮の地下水は如斯藥品を以て汚すを得ず然れども第八圖の減水位圖は伏流に相當する地帯に於て、確かに其附近よりは水の流速の大なることを示せり。即ち砂層の

西宮の醸造用地下水に就て

MAP OF NISHINOMIYA

第八圖



〔 3 〕

状態は伏流帯の中たると其兩側たるとに於て、格別の相違もあらざるに伏流の中に相當する所は比較的水位の低落が小なる爲め、下流の方向に等減水位曲線が凸出せる有様を我神社の東南方並に石在町の北部に於て明瞭に認め得るなり。

我神社の東南隅より出づる伏流の本流は廣き幅にて南走すれども其支流は濱脇町を東南に走り市役所の北に向つて流下す。以後之を我伏流と命名すべし。又本流は第一小學校の校庭を洗ひ濱の町の北方よりして市街に入る。之を濱の町伏流と命名せん。

前章に説明せる濱脇町の鑛泉脈は、我伏流の南岸に沿ひ伏流と相並んで走る。而して之より湧出する鑛水は市役所に近き下流に於ては伏流の稀薄水と相混するが故に、遂に兩者は相合して一伏流を形成す。元來湧出鑛泉が鐵分を落したる後には甚だ稀薄なる水となることは前既に之を述べたり。仍て茲に吾人が伏流を形成する地表水と考へたるものも、實は之れ鑛泉脈より由來せる水にあらずやとの疑問を生ず。然れども湧出鑛泉は如何に稀薄なるものにてても、地表を流るるにあらざれば硬度は三を下ること稀なるに拘らず、我神社の東北方の地下水は硬度の二を下るものさへあり。加之この水は恰も夙川の水と同様に甚だ少量の炭酸瓦斯を溶せる『氣抜け水』なる點が大に鑛泉と相違する所にして、又一般に這般の稀薄帯が周圍にある小川の流域より來ることは、其地表水起源のものたることを裏書するものなり。濱の町伏流は濱の町を東南に走る間に此亦湧出鑛泉と相混す。この鑛泉脈も亦西北より東南に走るものなり。

十一月及び十二月には既に大氣が十分寒冷となるが爲め、地下水は一般に其影響を受けて冷却すと雖も、郊外より入る伏流の水は一般の地下水に比すれば更に寒冷なるを以て、この點に於て地表水の伏流の位置は安全に之を等温圖の上に於て知り得れども、一般の地下水と湧出鑛泉との間の温度の差異は比較的微小にして等温圖を以てしては明瞭に鑛泉脈の位置を認識すること能はず。然れども十二月十日乃至十二日に於ける測定結果よりして得たる市の北半部の等温圖に於ては、多少共一般地下水と湧出鑛泉との間の温度の差異が現はれ來るが故に、兩者の區別は稍々明瞭となるを見る。然れどもこの時期に於ては地表水の伏流は甚だ寒冷となるを以て、其流路に當る鑛水脈よりの湧出水は之が爲めに大に冷却せらるるもの如し。我伏流の流路に當れる鑛泉脈に於ても僅かに一二の井戸水が附近の井戸水に比し高温を示すに過ぎず。

元來湧出鑛泉脈と地表水の伏流との現はれ方は硬度圖並に全アルカリ度圖等に於ては同様にして、何れも稀薄水の帶として現はるるに過ぎざるが故に、これらの濃度圖に於ては到底之を區別し難けれども、遊離炭酸圖に於ては兩者の區別は頗る判然たり。例へば十二月の測定に基ける遊離炭酸圖に於ては、幼稚園の北方を斜に東南に走る明瞭なる濃厚帯あり。然るに同時期の測定作業によりて得たる硬度圖及び全アルカリ度圖に於ては、精密に此地帯は最稀薄帯に相當せり。この點より見れば遊離

〔 4 〕

炭酸圖は地表水起源の伏流の存否に拘らずして、鑛泉脈の位置を告知する所の便利なる濃度圖なりと謂ふべし。

前記の伏流の外尙北方郊外より來る二つの伏流の存することは等温線圖並に各種濃度圖の明示する所なり。これらの一つは馬場町の下底を潜流し、他は戸田町の底を潜る。これらは夫々馬場町及戸田町伏流と命名す。馬場町伏流の一部は警察署の南方に於て本町を横切りて南下することは第三圖等の示すが如し。然れどもこの伏流の大部分は西蓮寺附近よりして本町の北側を東に流れ遂に戸田町伏流に合す。この東流部分は醸造期に於て地下水面が一般に低落する際に於て、著しく流勢を増すことは同圖の示すが如し。尙又此伏流は一月下旬に於ては石在町北部に於ける減水部の影響を受け西蓮寺より直に法安寺に向ふ方向に流路を轉す。

戸田町伏流は六湛寺川の附近より起り、前記の支流を合したる後法安寺の北方に於て本町を横ざる。これよりして南々西に走り市役所の北に於て戎伏流と相合す。石在町の南部に於てこの合流は又濱脇町伏流と石在町の東方を下り來れる一伏流とを併せる。この伏流の本町以南の部を法安寺伏流と命名す。

法安寺伏流の北部は一つの顯著なる鑛泉脈と一致し、畧々東北より西南に向つて走ると雖も、市役所附近よりして此鑛泉脈を離れて方向を南に轉す。其後若干の鑛泉帶を横切ると雖も、殆んど鑛泉帶の走向とは無關係なる自己獨特の流路となることは、硬度圖及全アルカリ度の稀薄帶の走り方と遊離炭酸濃度圖に於ける濃厚帶の走向とを比較するときには容易に之を了解することを得べし。

法安寺伏流の北部を縦走する鑛泉脈は遊離炭酸圖に於ては、さまで顯著なる濃厚帶を示さず、唯所々に點々高濃度の井戸水の存在することを示すのみなり。而して地下水中の鐵分は殆んど痕跡に減殺せられ、アムモニア分も存在せざる點より見れば可なり酸素に富める多量の地表水が流れ込みて酸化を完全ならしめ、且濾過の條件も甚だ良好なるべきことを想像し得べし。

石在町の南部に出でたる伏流は一部は築港に向ひて流入するものの如しと雖も、大部分は廣き面積に擴がりて東南に流る。これ蓋し前既に論じたるが如く、彼の粘土質の細砂層は一般に東南に傾斜せるものとの想定を裏書するものなり。

前記の事實を總括して考ふるに、戎伏流、法安寺伏流の北部並に濱の町伏流は大體に於て鑛泉帶そのものと合致するか、或は全く之と合致せずとするも少なくも伏流の一半は鑛泉帶の水より成るものとせざるべからず。然れども伏流は必ずしも常に鑛泉と一致するか、又は平行するものにはあらずして、自己獨特の流路を形成する所も各處に存在するものなりとす。

以上述べたる所は自然の状態に於ける伏流の事情なるが、醸造期節に於ては石在町の北部を中心とする地下水面の異常なる大陥没を生ずるを以て、伏流の自然の状態は之が爲めに大なる變革を生ず。この變革の主要なるものを列擧すれば、戎伏流は

〔 5 〕

其方向を東南よりして東々南に變じ、戎神社の東南隅よりして直に石在町北部に向はんとする傾向を生ず。又濱の町伏流は其方向を東南よりして殆んど正東に近き方向に變じ、第一小學校の東南よりして市役所の南方に向つて進入するに至る。

此等の事實は各時期に於ける濃度圖を比較することによりて直に了解し得べし。又市役所の東南部一帯に於ては自然状態に於て存在せし伏流は全く杜絶するのみならず、地下水は逆に市の中央部に向つて回収せらるる所も生じ得ることは明らかに之を示せり。

西宮市内に數條の鑛泉脈の存在することは前既に之を述べたり。此等より湧出する鑛泉は地表には達せざるを以て暫く之を地下鑛泉なる名稱を以て呼ぶこととなすべし。

地下鑛泉の位置を決定せんがためには種々の方法が考へ得らる。期節に依る温度の變化を測定することも亦其一法ならん。蓋し湧出鑛泉に於ては四季による温度の變化は甚少なるべきに反し、一般の地下水にては比較的著大なるべきことを想像し得ればなり。然れども實際西宮の井戸は何れも淺きが上に比較的粗粒の砂中に穿ちたるものなれば地下鑛泉も一般地下水も一樣に氣温變化の影響を受くること著大なれば、この目的の爲めには測定は普通の井戸に於て行はずして、特別なる施設をなしたる場所に於て行ふことを要するもの如し。

化學的方法としては水の含有する鐵分の定量を行ふことも亦一法たるべし。然れども鐵分の定量は之を數百の井戸水に就て施行することは容易の業にあらず。加之鐵分は湧出水が酸化を受くる事情の如何によりて種々の程度に除去せらるるものなれば、この點も此法の一缺點たり。

比較的優秀なる方法は炭酸分の定量を可及的多數の井戸水に就て行ふことにあり。抑も鑛泉分に富める地下水は常に多量の炭酸分を含有することを特徴とし、特に『遊離炭酸』分に富めることは既述の如し。而してこの組成分は他の不揮發性組成分と異り鑛泉の湧出地及其附近に於てのみ安定に保有せらるるものなれば、鑛泉脈の位置を索る上に於ては比較的確實なる準據を提供す。加之分析の操作は比較的簡單にして滴定法のみによりて成し遂げ得らるるが故に、野外に於ても之を施行し得べく、又短時間に多數の試料を檢定するにも便利なり。

鑛水分に富める水の湧出個所に於て地下に多量の介殻が存在する時は、炭酸の大量は重炭酸石灰或は苦土の形の化合物に移行することは可能のことなり。故に遊離炭酸と同時に化合炭酸の量をも檢定するを安全なりとす。

仍て如斯方針のもとに一齊調査を行ひしが、これらの調査中に氣附きたることは重炭酸鹽の量は常に遊離炭酸の含量と相伴ひて消長することなり。而して又鑛水分に富める水を湛ふる井戸に於ては、井戸水は大低白濁乃至赤濁を示し常に紅柄色に著

色し、又その地を貫流する小川あらば常に其川底に褐鐵鑛の沈澱を生じ、且屢々褐色の水を湛ふるを見たり。其後に至りこの種の井戸水に付きアムモニア分を定量したるに多くは一立中〇、五乃至一、五ミリグラムのアムモニア分を含有せざるはなく、反之鑛泉脈以外の井戸水に於ては殆んど其痕跡をも示さざるを以て、之亦鑛泉脈の位置を索る頗る有力なる手掛りたることを知れり。唯アムモニア分は其土地に於ける硝化作用の盛衰の如何に依り大なる消長を示すものにして、現時釀造用水井戸の存する地區に於けるが如く硝化作用の完全に行はるる場所にありては、假令鑛泉脈に當る井戸に於ても井戸水にアムモニアの痕跡だも認むること能はず。唯渴水期に入れば湧出量が増加するため未だ完全に硝化を受けざる水がある方面の井戸底に出現することあるに過ぎず。故に鑛泉脈を索る方法としてはアムモニア法は炭酸法に比し、多少の遜色あるを免れず。

前記の事情を參酌して其後二回に涉りて、西宮市内に於て主として遊離炭酸法によりて調査を進め、又武庫川より芦屋川に至る間の平野並に山地の鑛泉に付ても、一々現場に於て分析を施行したり。其後更にアムモニア法によりても西宮市内及其近郊と北方山地の諸鑛泉とに付て一々現場に於て分析を施行したり。

さて前記の如き調査の結果を綜合するに西宮市及其近郊に於ては地下鑛泉の湧出個所が種々の距離に連續する數個の湧出帯をなして存するを見る。

この事實よりして考ふればこれらの湧出帯は恐くは斷層の如き土地の裂罅に相當するものならん。鑛水の究極の發源地が何處に存するかは全く之れ疑問にして、或はこれら裂罅の深部に存するやも知れず。或はある遠隔の湧出口よりして一定の地層の間に供給せられたるものが偶々斷層の裂隙に沿ひて地表に向つて上昇するものなるやも計られず。

西宮市に於ては數ヶ所に掘抜井戸あり。其深きものは二百尺以上に達するものもあり。これらの井戸は何れも含鐵量の大きな水を産し、一も例外を認めず。而してこれらの中には鑛泉帯に相當するものも思はれざる位置に存するものもあり。普通の井戸に於ても少しく深く之を掘下ぐる時は必ず鐵分が急増することは事實なり。高木村に於て試みられたる掘抜は深さと共に鐵分が増加し、遂に二百尺に達して後遺棄せられたり。これらの事實よりして稽ふるに、一般に此地方の地下水は少くとも二百尺位までは相似たる「かなけ水」よりなるものとも考へ得べし。然れども東蘆屋より越木岩、甲陽園、鹿鹽を経て西藏人に出づる鑛泉帯が遠く長尾村より池田方面に連なる點よりして考ふれば、鑛泉が特殊の地層に滯溜することを以てしては之を解説する能はざるもの如し。

斯の如く大局より考ふるときは西宮市の北半の如きは全體として一大鑛泉帯の上に位するものとも考へ得べし。これ著大な

〔 7 〕

る數個の平行裂罅線が相接近して位するが爲めなり。この故に掘抜或は深井が嚴密に個々の裂罅線に相當せざる位置にありても、大局に於てこの大鑛泉帶の中にさへ位しなば同様なる「かなげ水」を得べきは寧ろ當然のことなり。又斯く裂罅に沿ひて上昇する鑛泉は途中に於て種々の地層に流れ込むべきことは當然なれば、この附近一體の地底が「かなげ水」にて充さるるに至るべきことも可能のことなり。

鑛水が最表層を形成する砂層へ出る主なる湧出口は、勿論前記の如き裂罅線なるが、西宮市の土地にも自然の勾配あるのみならず、醸造期に於ては盛にこの砂層中の水は運動するが故に時としては甚だ炭酸分に乏しき地表水が鑛泉帶に流入することもあるべし。然るときは其附近の井戸水は大に其遊離炭酸分を稀釋せらるるを以て其季節に於ける一齋測定に於ては恰も鑛泉帶の上に位せざる水なるかの如き状態を示すことなきにあらず。又鑛泉帶の方向に直角に水の運動が起るときは、恰も鑛泉帶が全體として移動せし如き状態となることも可能なり。或る場合には偶然の出來事よりして有機物を含有する流し水が滲入し、其爲め或井戸水中に異常に多量の遊離炭酸分を形成するに至ることもあり得べし。實際ある季節に得たる濃度圖に於ては甚だ高濃度を示せる井戸水も次の季節の濃度圖に於ては至つて稀薄なる水として現はるること多きはこれらの理由に基くものなりこの故にこの種の調査は可及的屢次之を施行し、以て其等の結果に付て研究を行ふを以て安全の策なりとす。幸にして西宮市の場合に於ては各季節に得たる濃度圖は大抵明瞭に鑛泉帶の位置を現はしたるを以て、殆んど其位置に對して疑を挾む餘地なきものの如し。

第六章 甲山の周圍に於ける鑛水の配置

甲山の周圍にある鑛泉は一定の線の上に排列せらるるもの多し、生瀬村には停車場の東南に鑛泉の湧出場あり。又同村の東南端寶塚に近き丘陵上にウイルクソン會社の炭酸泉あり。寶塚の含鐵炭酸食鹽泉は普く人口に膾炙する所なり。これらは略々一の直線上に相列び、直線の走向は大約北四十度西なり。寶塚より生瀬に通ずる縣道に沿ふ所の武庫川の斷崖は略々この直線の方向を表はすものなり。生瀬よりして武庫川を溯り武田尾鑛泉場を経て、三田に通ずる武庫川の峽谷は種々の迂餘曲折を示すと雖も、大體に於て東西より西北に走るを見る。

有馬温泉地と越木岩鑛泉地とを連結する線は越水を経て芝村を中斷するを以て、同村東南隅並に大箇村に現はるる顯著なる鑛泉湧出區域を貫通す。この方向は北四十度西にして大體に於て生瀬寶塚線に平行せり。

小川教授は蘆屋より鹿鹽に至る方向に一の斷層が存在することを地質學的に證明し、之を甲陽斷層と命名せられたり。甲陽

並に越木岩鑛泉はこの線上にあり。走向は北四十六度東なり。

余等の調査せし所によれば東蘆屋の山麓には含鐵炭酸泉あり。又鹿鹽村には「かなげ井戸」多く、濾過槽は何れも赤錆色を呈せり。西藏人村には炭酸瓦斯を得る目的を以て掘られたる掘抜井戸あり。盛に「かなげ水」を湧出しつつあり。この水に付て大正十五年九月八日に現場に於て遊離炭酸を定量したる結果、一立中炭酸瓦斯として五九二ミリグラムを含有することを知りたり。

武庫川より芦屋川に渉る平野は大正十五年九月初旬に質地に就て之を調査し、井戸水の炭酸分の定量分析は之を現場に於て施行したるが、鑛泉帯に相當せざる井戸の水は大抵一立中一五ミリグラム以下の炭酸瓦斯含量を示したるに反し、鑛泉帯に當れる地區の井戸水にては少くとも其數倍の含量を示せるのみならず、前にも述べたるが如く褐鐵鑛の沈澱は濾過器、井戸端或は水尻等到處に成生して存するを以て、鑛泉帯の位置は比較的容易に認識することを得たり。勿論人家のなき所に於ては地下水を検する能はざりしがど、特別に之の爲めにボウリングを行ふ等の舉に出でずして止みたり。次にこの調査によりて得たる結果の梗概を記すべし。

(イ) 打出、東蘆屋方面

打出村の中央を通じて約北四十度東に走る鑛泉帯あり。同村にては略々この鑛泉帯に沿ひて人家が發達せるものの如し。この帯中に存する井戸の水は大抵一立中五〇乃至八〇ミリグラムの炭酸瓦斯含量を示し赤濁を呈せり。この帯は大體に於て甲陽斷層に平行にして、森具の北方、香櫨園及び越水等の地區を通過する一鑛泉帯に屬するものの如し。

打出村の西北端より西打出に亘る一の鑛泉帯あり。之は東芦屋の鑛泉湧出地を指し、方向は北四十度西なり。故に之は有馬越木岩、芝村線に平行にして、從つて生瀬、寶塚線に平行なり。西打出に於ては八〇乃至一〇〇ミリグラムの炭酸瓦斯含量を示す井戸水は鮮なからず。中には一六〇ミリグラムの含量を示すものさへありたり。

(ロ) 香櫨園方面

森具の北方にある井戸には「かなげ水」を産するものあり。又香櫨園の新住宅地に於て三〇乃至四〇ミリグラムの炭酸瓦斯含量を示す「かなげ水」あり。

(ハ) 芝村

〔 9 〕

芝村の西方を西南より東北に走る頗る顯著なる鑛泉帶あり。之は西宮市の本町通と札場筋との交叉點を通過する第七號鑛泉脈の延長と見做すべきものなり。この村の中部東川の沿岸一帯は東川の影響を受け井戸水は一樣に地表水のみより成れども村の北端に於て顯著なる鑛水の現はるを見る。之れ全く前記の鑛泉帶の延長なりとす。この帶に屬する井戸には湧出鑛泉の水頭が地表下殆んど一尺許りの深さに達するもの一二を認めたり。如斯井戸に於ては粗粒の砂を井戸底に填充し、水準面以下一尺許りの高さに達せしめ、之によりて水酸化鐵の沈澱を濾過する設備をなしたり。又他の種の井戸に於ては普通の井戸の側壁に孔を穿ち、湧出する赤濁水を砂を容れたる第二の井戸に導き、この第二の井戸よりして清澄水を汲む設備を施したるものもありたり。これらの井戸水は概して多量の遊離炭酸を含み、其の最大なるものは一立中二三〇ミリグラムの炭酸瓦斯を含有したり。芝村の東南隅にある數個の井戸も亦赤濁水を湛へ、其炭酸含量の著大なるものは二〇〇ミリグラムを超過せり。此部は前に述べたる有馬―越木岩―越水線の上に位し、大筒村の赤濁水と相呼應するものなり。

(二) 高 木 村

高木村の北西部を西南より東北に通過する鑛泉帶あり。この帶中の井戸には附近の小川の水準面よりも遙に高き水頭を現はし、「かなけ水」の滾々として湧出しつつあるもの若干を認めたり。この湧出水の含有する遊離炭酸の量は甚だ大ならず。これ恐くは多量の地表水が混入する結果ならん。

大正十一年の大旱魃に當りこの村の北方にありて干上りたる池の縁に一つの掘抜井戸が設けられしことあり。この井戸に用ひられたるパイプの直徑は六吋にして、深さは十三尺に達して礫層に行當りて止みたり。このパイプよりして二馬力の電動機を附したるポンプを用ひて晝夜兼行にて一ヶ月間灌漑水を汲上げしが、パイプの水頭は僅に一二尺低落せしままにて繼續し決して涸渇に至ることなかりき。然るにこの水を送入せし田面には廣き區域に亘り一樣に水酸化鐵の沈澱が集積し、赤褐色を呈したりといふ。蓋しこの方面は西宮の北部よりして芝村を通過して來る東北に向ふ鑛泉帶の上に位すると同時に、往昔武庫川或は仁川の河床たりし所に當り、現今も尙多量の地表水が循環しつつありて盛に鑛泉と相混るものなるべし。鑛泉帶を外れたる井戸は常に地表水のみを湛ふるは、主として此村を貫流する小川の影響ならんも、水頭は遙に鑛泉帶内の井戸より低きは興味ある事實なり。

(ホ) 下 段 上 村

西宮の醸造用地下水に就て

〔10〕

西宮の醸造用地下水に就て

一〇

地表に湧出しつつある掘抜井戸若干あり。鐵分は全然なく遊離炭酸分は極めて微小なり。この水も高木村に於ける湧出水と同様にて、主として地表水よりなるものなるべけれども、この種の噴井は村内を西南より東北に走る一線の上に於て得られ、其他の場所に於ては之を得られずと云ふ。

(へ) 瓦 木 村

小學校の井戸は赤濁水にして約一〇〇ミリグラムの遊離炭酸を含む。村内に於ては赤濁水を湛ふる井戸は西北より東南の方向に排列せらるるもの如し。小學校の西北、水田を距でて遙に高木村の東南端の一小區域に見らる赤濁水の井戸はこの西北東南帶の上に位するものならん。

(ト) 鹿鹽、藏人並に小林方面

鹿鹽村にかなけ井戸多く且西藏人には掘抜より湧出しつつある鑛泉ありて、何れも甲陽斷層線上に位することは前既に詳述せり。阪急電車小林停留所の附近にかなけ水の湧出地あり。又小林村の西方に若干のかなけ井戸あり。

(チ) 其他の西宮近郊の部落

大筒及中村にかなけ井戸あり。今津には顯著なるかなけ井戸はなしと雖も、多少鐵分及遊離炭酸に富める井戸水は西宮市内に於ける第三號鑛泉帶の延長の方向に排列す。津門村にて遊離炭酸の含量一立に付九三、六ミリグラムの水あり。戎神社の南方に於ても西宮市の第六號鑛泉帶の延長が多少追躡し得らるれども著しからず。

以上に記述せる鑛泉帶は凡て之を第一圖の上に一纏めとして表はしたり。要するに鑛泉帶は甲陽斷層に平行し且相互に平行せる數本と生瀬寶塚線に平行し、且相互に平行せる若干の帶より成り、前に西宮市に於て得たる結果と一致せり。

第七 章 西宮市に於ける地下水準面の變化及び海水の侵入状態

地下水準面の測定に關する一齊作業は大正十四年十一月及び大正十五年一月並に同年四月の三回に涉りて之を施行したり。此の測定結果より一月並に四月に於ける水準面が十一月に於ける定常状態より下れる尺度を算出し、等減水位曲線を作製せり第八圖は即ち一月の減水位圖なり。此等の曲線圖を見るに一月の下旬に至り、宮水區域の水準面の低落は既に著しく、二月の末に至りてこの低落は極大値に達するを知る。此時期に至るときは井戸水は全然涸渇する所多し。而してこの水準面の陥凹の

〔11〕

中心は市役所の東方に生じ、畧々三角形をなして存す。四月に到ればこの陥没は既に大いに回復すれども、尙定常状態より二尺も低き部分は可なり廣大にして、一尺の等減水位曲線は尙未だ外部に向つて擴大しつゝあり。

本町通及札幌筋方面に於て、十一月に存在せし高濃度の地下水は一月に至れば既に大いに其濃度を減じ、四月に到れば更に稀薄となる。これ此の方面の地下水が順次石在町北部に存する湧水の中心部に向つて、移動するがため稀薄なる地表水が馬場町伏流より流入して其の跡を充す傾向あるに依る。

第五圖の鹽素圖に於て明瞭なる如く、西宮市の地下水の鹽素分は築港東灣より市の中央部に向ひたる一續きの地下水に於て異常に多量なることを示し、恰も之海水侵入の溝渠なるが如き觀を呈す。鹽素圖のこの形は冬期も春期もさまで變化を認めず然れどもこの『溝渠』中にある井戸の水の鹽素分の絶對量は時期の異なるに従つて大に變化するを見る。今其變化の道程を畧述せんに、先初めに井戸換の終りには一旦鹽素分は降下す。この場合に供給せらるゝ稀薄水は一部は地表水の伏流竝に上層に滲溜せる雨水より來り、一部は地下鑛泉より來るものならん。

一月下旬に至り酒水井戸附近は水位が大に低落すと雖も、海水の侵入は未だ顯著ならず。僅に築港に近き少數の井戸に於てのみ鹽素分の増加を見る。二月下旬に至り釀造期が終る頃に至れば、酒水井戸の附近に於て水位は満潮の海面より低きこと二尺乃至三尺に達するを以て、海水の侵入は激甚となり、市の南方比較的築港に近き井戸の水は既に釀造用に使すべからざる程度に海水が混入す。恐くは三月四月が海水侵入の最も旺盛なる時期にして四月初旬に於ては大量の鹽素分が『溝渠』部に存在するのみならず築港の東灣及北灣に近接せる廣き區域に涉りて侵入して存するを見る。

西宮市の高距圖を見るに濱の町に於ては北方より連亘する丘陵狀の高地あり。海水は始めこの高地の東方に存する谷に沿ひて市内に侵入すれども、後にはこの高地の西方よりも侵入することゝなるものゝ如し。而してこの水は十一月までには稻川より入る伏流により殆ど全部洗ひ流さる。

西宮市に於ては年々釀造用水の汲上量が増加するを以て、釀造期の終りより始めに至る一ケ年間に海水を洗ひ流すに違なくして汲上に着手することゝなるが故に、往昔市の南方に於て頗る良質の酒造用水を産したる貴重の井戸は年を追ひて廢井に歸しつゝあるは遺憾の至りなり。

海水侵入の『溝渠』部の東方には鹽素分の甚だ稀薄なる地帯あることは何れの鹽素圖に於ても明瞭に認め得らるゝ所なるが、この部に存する井戸の水準面は平常状態に於て隣接井戸に比し多少高き點より見れば、茲には西南より東北に走る一の鑛泉帯あるものゝ如し。然れどもこれより湧出する鑛泉は遊離炭酸の含量はさまで大ならざるものならん。而して石在町の南部に集

まれる伏流の一部もこの部へ流動し來ることも可能のことなり。

第八章 宮水の化學的性質

醸造期に至れば地下水は激しく攪拌せるらゝを以て、各井戸より汲上げらるゝ水は殆んど一樣なる組成のものとなる。故に吾人は『宮水』なる抽象的のものゝ組成を考へ、或は其化學的性質を論ずることを得。今宮水なるものゝ概念を示さんが爲めに左に數種の井戸水の分析表を掲ぐ。尙参考のため醸造用に供しつゝあると否とに拘はらず、宮水区域内に散在する若干の井戸水(井戸番號四乃至二〇)及區域外に存在するもの(井戸番號二一乃至二八)の分析表をも併記せり。

第五表

(數字は試料水一立中の含有量をミリグラムにて表はす)

井戸番號	硅酸 (SiO ₂)	礬土 (Al ₂ O ₃)	鐵分 (Fe ₂ O ₃)	石灰 (CaO)	苦土 (MgO)	加里 (K ₂ O)	曹達 (Na ₂ O)	磷酸 (P ₂ O ₅)	硫酸 (SO ₄)	鹽分 (Cl)	遊離炭酸 (CO ₂)	重炭酸 (HCO ₃)
一	二五、一	一、九六	〇、一五	六〇、六〇	二一、四三	二〇、七七	八二、二〇	四、〇二	二五、三三	九八、〇〇	三六、七〇	一一四、六八
二	二四、七	二、四二	〇、一八	六七、九〇	一九、四四	二二、八八	八三、八八	三、七六	七八、五二	二〇六、六〇	一六、一二	一七八、五二
三	二六、五	三、三五	〇、一五	五七、五〇	二六、二五	二五、六七	八四、七二	二、七四	七六、五九	九一、〇〇	八、〇六	一六四、八六
井戸番號	硅酸	礬土	鐵分	石灰	苦土	加里	曹達	磷酸	鹽分	四月遊離炭酸	七月遊離炭酸	
四	?	?	?	七、四〇	?	?	?	四、九三	六八五、〇	二九、六九	二二、七二	
五	二一、五	?	?	一三一、四〇	一〇一、五六	?	?	三、四〇	一〇一四、五	一七、六九	一六、二六	
六	二二、五	?	?	五一、八三	二四、一九	?	?	二、四二	二九二、五	一〇、九九	二四、〇四	
七	一九、〇	一、九四	〇、四一	五一、八一	一七、九二	?	?	五、四二	九〇、〇	九〇、〇	一三、二九	
八	一六、七	?	?	五八、四七	九、〇二	?	?	〇、三八	二一八、八	四四、七七	一九、〇八	
九	一、八?	?	?	八一、八一	一六、四四	?	?	二、五五	二六一、五	?	?	
一〇	二四、〇	?	?	一一七、八〇	三二、〇四	?	?	四、五五	三〇九、五	一五、三九	?	
一一	二五、六	?	?	一二三、三〇	三八、一三	?	?	三、一五	四一四、五	五、一三	?	
一二	?	?	?	五四、六二	一四、一九	?	?	?	五七、五	一一、七三	?	
一三	一三、四	?	?	三四、一七	九、一六	?	?	二、三二	三六、五	一三、九三	?	
一四	一八、二	?	?	二七、八一	八、四〇	?	?	二、一九	四四、〇	八、四三	?	
一五	一九、〇	二、一一	〇、二四	五九、三五	一七、五四	?	?	二、五一	一〇七、五	四二、〇二	?	

[13]

シリグラムの形をなせるものとせば、**硅酸四六、五分に對し礬土三九、五分が存在すべき理なり。**然るに宮水の**硅酸分は大約四〇**なりて存在するものならん。

ソヂウムとカリウムとの比は北方山地にある多數の鑛泉に於て大約十に近き數なるが(第一表參照)宮水に於ては三乃至四の間にある。これ恐くは鑛泉が花崗岩の砂を多量に含める沖積層中を潜透する間に、其中の正長石を分解しこれよりして加里分を抽出したる結果と見るべきものにして、凡ての『かなげ水』及掘抜より湧出する鑛泉が一般に多量の**硅酸及礬土を含有する事實は前記の想定を裏書するものなり。**蓋し炭酸水が長石に作用すれば必ずや粘土或は**硅酸と礬土との水化物を形成し、加里の大部分或は全部は溶液となりて出づべきものなればなり。**

宮水の含有する鹽素分は一立中凡八〇乃至一二〇ミリグラムなるにマグネシウム分は可なり大にして一〇乃至二〇ミリグラムの間を往來す。仍て鹽素とマグネシウムとの比は四乃至十二なり。然るに此地方の鑛泉の分析表(第一表)を見るに其中に於ける鹽素とマグネシウムとの比は大約六〇乃至一〇〇の間を變化し、有馬の鑛泉の如きは一〇〇〇に近き數を示すを以て見れば、何等か本來の鑛泉以外にマグネシウムの供源の存在すべきを思はしむ。海水中に於ける鹽素とマグネシウムとの比は凡一

一六	一一、二	四九、九九	一六、二九	四、四六	九八、〇	一六、八六
一七	二一、一	四三、七四	九、四九	二、一七	八三、〇	二七、五三
一八	二七、七	七六、八八	五、九一	五、二三	一〇六、〇	一五、七六
一九	二二、一	七四、五八	四、六三	二、六二	一〇一、〇	五、八六
二〇	二二、八	七二、二四	一六、四七	二、一九	七六、五	アルカリ性
二一	二四、五	五一、五〇	一三、四一	痕跡	六七、〇	
二二	二四、八	七五、一〇	一四、九二	一、四九	六七、〇	二四、九六
二三	二二、六	六二、八〇	二三、〇三	二、二三	九七、六	三九、六四
二四	二二、〇	一〇七、七〇	一〇、一七	一、九一	三〇、〇	二四、九六
二五	三三、九	三一、八〇	二五、四九	二、八一	一〇二、〇	二八、九九
二六	二五、二	三一、八〇	八、三六	痕跡	四二、五	一六、五二
二七	四〇、六	一〇〇、一五	三五、五二	痕跡	八三、〇	四八、八一
二八	三二、〇	八七、一三	二〇、一三	三、〇〇	六七、〇	四、〇四?
						五六、五二

西宮の釀造用地下水に就て

〔14〕

四にして可なり宮水に近接せりと雖も、未だ十二乃至四に及はず。然らばマグネシウムの供源は果して何物なりやは頗る興味ある問題に屬す。

宮水の含有する硫酸分は著大なり。即ち SO_4 としての含量はナトリウムの量よりも大なり。宮水の硫酸分が海水に起源を有するものとせば、兩物質の量は如斯比例に於てあるべからず。

北方山地の鑛泉を検するに何れも硫酸及硫化水素等の形として硫黄分を含有せざるはなしと雖も、其量は小にして到底鹽素又はソチウムの含量と比較し得べくもあらず。然るときは結局この硫酸分の一部は地表より下れる有機物に其起原を有するものと推定するの外なし。

注意して施行したる定性分析の結果によれば宮水は多少の醋酸分を含有せり。蓋し如何なる注意を拂ふともある量のアルキールは年々工場に於て漏失し、従て地下に滲入することは可能なり。

宮水中に於ける炭酸分の總量は凡一立に付一〇〇乃至二〇〇ミリグラムの間にあり。而して其大部分は重炭酸鹽其他の化合物の形となりて存在するものにして、『遊離炭酸』の形として存在するは三〇乃至五〇ミリグラムなり。宮水中に於ける水素イオン濃度の高きは、主として如斯多量の炭酸分の存在に基因するものならん。

クラーク氏によれば PH_5 、〇の水は既に多數のバクテリアを毒害する力を有すといふ。然るときは宮水の如く PH_4 の程度の水は可なり大なる程度に消毒せられて存するものと考ふるを得べし。宮水が腐敗醱酵を起し難き原因が水質の上にもありて存するものとせば、如斯 PH 値の低きことは其主要原因の一たるべし。

第九章 宮水成立の経過

宮水區域に於ては毎年井戸が涸渇するに至る迄地下水は汲上げらるゝを以て、次年度の宮水は一部は湧出鑛泉より、又他の一部は周圍の地區より潜流する地下水よりして形成せられざるべからず。雨水の浸透する量も亦相當多量に上るべし。然れども此等の水は何れも其儘にては醸造用に使し難し。即ち鑛水は常に石炭分の含量が過小なる上に鐵及アムモニアを含有し、區域外より流入する地下水は有機物、鐵分及時としてはアムモニアを含有し、且水素イオン濃度高からず。伏流の水及び雨水の浸透せるものは稀薄にして炭酸分に乏しく到底使用に堪へず。

本町通及び札幌筋方面の地下に存する高濃度の水は宮水區域に於ける水準が減却するに従ひ、漸次區域内へ進入し來ること、は前既に論述せし所なるが、この地下水の運動に際し其中に含有せらるゝ第一鐵分は酸化して第二鐵となりて沈澱を完了し、

〔15〕

有機物も殆んど完全に酸化せられ含窒素化合物並にアムモニアの類は硝化バクテリアの作用を受けて硝酸に化し、沈澱又は懸垂状態にありて存する物質は濾しとられて清澄となる。彼の遊離硝酸の如きは前記の地方に存在せし水には一立中三〇乃至四〇ミリグラム位も存せしものが大約二〇ミリグラム前後に減却する事實は確かに前記の濾過作用の効果を示すものなり。試験の爲め穿ちし堀抜井戸は彼の粘土質細砂層より遙に深く堀穿せしものなるが、一立中に於ける硝酸の含量は五六ミリグラムに達す。この種の水が地表に達して三〇乃至四〇ミリグラムとなるものとせば、地層を潜る間に硝酸分は既に大に濾し除けられたることを示すものなり。

酸化作用は大約一丈四五尺位の深さ迄は進行するものゝ如し。この酸化層の下部に一の褐鐵鑛層あり。この層はある土地に於ては數寸にも達する硬き鑛層をなし、又他の土地に於ては極めて薄き皮膜様の水酸化第二鐵によりて代表せらるゝ所もあり或は單に莫然たる水酸化第二鐵の濁りとして現るゝ所さへあり。宮水井戸は通常この褐鐵鑛の層理に達する深さには堀下げす。蓋しこの事を敢てするに於ては多量の鐵分が井戸に現はれ、其爲め井戸水全體を惡變するに至るを以てなり。仍之觀之。この褐鐵鑛層の下方にては多量の鐵分を第一鐵の形に保つに足る如き還元状態が行涉りて存することを知る。

渇水期になればこの種の『かなげ水』の湧出量も激増すべきは明らかなれども、其時期に於ては空氣は既に地下の深部に到達して存するが故に、鐵分を酸化せしめ其硝化作用を促進するに足るだけの量の酸素は其部に供給せられ得るものならん。

鹽素分の大部は海水より來れるものなることは前既に述べたり惟ふに硬度の大なる淡水と海水とが地中に於て相接觸する點の地下水が最も醸造用に好適せるものゝ如し。往時はこの事情は主として築港に近き市の南方に於て實現せられたるものなるが、市の中央部に於ける汲上量が激増するに伴ひて最良の接觸地帯は次第に北へ移行し、其爲め往時に於て良質の醸造用水を産したりし貴重井戸は次第に廢井となりつゝあるは惜むべきことなり。

宮水區域の地下水中に於ける遊離炭酸瓦斯の量は一月頃には一立中一五乃至二〇ミリグラム位なるが、七月に至れば増加して二〇乃至四〇ミリグラムに達す。而して鑛泉帯より湧出する水は硬度は低けれども甚炭酸に富めるものとなる。而して硬度の高き地下水は鑛泉帯に沿ひて形成せらるゝ所多く、従つて兩種の帯は相並んで平行に走るに至る。この事情は井戸換の行はるゝ迄は繼續するものゝ如く、十一月の硬度圖に於ても依然としてこの事情の成立して存するを見るを得べし。之を要するに斷層より湧出する鑛水は炭酸分を供給し、従て宮水の硬度及水素イオン濃度を高むる主要なる役目を有するものと謂はざる可からず。

第十章 醸造用水の製造

西宮の醸造用地下水に就て

既に述べたる如く、彼の清浄なる宮水も其の給源は西宮市北部の鐵氣水に外ならずして、此の鐵氣水が宮水區域に入るに及んで、砂層に濾過せらるゝ間に、酸化硝化の作用を受け、第一鐵は第二鐵となりて沈澱し、アムモニアは硝化されて其の跡を絶つに到るなり。即ち西宮市の地層は斯の如き酸化、硝化並に濾過に關しては眞に絶好の天然プラントと謂ひつべし。

本實驗に於ては可及的天然のものに近きプラントを人工的に地上に設置し、これに依りて目的を遂行せんと試みたり。

抑々宮水の他の地下水と異なる點を列擧すれば、(1) 硬度の比較的高きこと、(2) 磷酸分、硝酸分並に鹽素分の含有量大なること、(3) 遊離炭酸の相當量を有すること、(4) 鐵、アムモニア、亞硝酸分を含有せざること等がその著しきものなり。然るに本實驗の原料に用ひたる水は市内に於て地下百二十尺の處より得たる湧水なり、この水は鐵、アムモニアの多量を含量し、磷酸分、硝酸分は殆んど其痕跡を認むるのみなり、鹽素分は宮水の含有量の半にして、硬度に到りては約二度なりき、参考のためこの原料水と代表的宮水との比較分析表を左に掲ぐ

第 六 表

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	K ₂ O ₅	SO ₄	Cl	P ₂ O ₅	CO ₂ (Free)	NH ₃
一五七、一	一、六	一二、三	三九、七	一九、三	五八、九	一七、三	ナシ	三、六	五六、五	痕跡	三〇、八	三、五
二四五、五	一、五	八、九	八、六	六、五	二四、九	四、一	ナシ	三、六	三四、〇	痕跡	三六、七	二、五
三二五、一	二、〇	〇、一五	六〇、六	二、四	八二、二	二〇、八	約三〇、〇	二五、二	九八、〇	四、〇	三六、七	ナシ

註一は昭和二年一月、二は昭和三年二月採取せるものなり。各濃度の稀薄になりたるは、昭和二年三月奥丹後地震以後なり。三は宮水。

(一) 硬 度 附 與

宮水の示す硬度は概ね水中に溶解する重炭酸石灰に依るものなることは既に屢々述べたる所なり。而してこの重炭酸石灰は遊離炭酸に富める水に炭酸石灰を溶解せしめて得らるゝものなり。この溶解度は存在する遊離炭酸の量と共に増加すべきは論を俟たず。仍て此の如き炭酸水をして炭酸石灰の層を通過せしめ、その流通の速度、層の厚さ等を適宜に調節する時はその水に或る一定の硬度を與へ得べし。

之に用ふる炭酸石灰としては、大量に得らるゝこと、碎いて適度の大きになし得ること、費用の低廉なること等の點より介殼、大理石を以て最適となす。然れども後者は屢々炭酸第一鐵分を含有することあるを以て、前者を用ふるを安全なりとす。炭酸石灰の溶解速度も著者等の試みし實驗にては、介殼は大理石の約一倍半なり。尤も介殼にても古くより地中に埋没して跳き粗質のものになれるものは新しきものよりも著しく溶解し易し。こゝに用ひたるものは比較的新しく、最初は未だ臭氣甚

だしくして、簡單なる洗滌によりては到底使用に堪わざる程度のものなりき。

此の如き介殻を洗米機を用ひて洗滌し、全く臭氣を認めざるに至らしめたるものを約二分角より五分角位まで種々の大いさに碎き、面積約三坪、深さ四尺餘なる槽に充填す。槽は煉瓦を基礎とし、混凝上にて塗上げたものにして、更に十二の區劃に分ち、水をして各區劃を順次鋸齒狀に流れしむる如くす。

此の槽内の介殻層の延長は三〇尺にして、全部を通過するに約二時間を要す。今此の槽内の硬度附加状態を示せば左の如し但し原水の遊離炭酸含有量一立當り約五〇厩なり。

原	水	一・九〇度
介殻層二・五尺を經たる水		五・三三
"		五・六〇
"		六・四三
"		七・二七
"		八・一二

即ち始めの二・五尺の介殻層を通過する約十分間に増加硬度の約半の三度以上の硬度の増加を見る。

原水の硬度は前表に見る如く昭和二年三月の北但大震災の後著しく減少せるを以て現在含有せる遊離炭酸の量を以てしては、所要の硬度に達せしむる能はず。依つて人為的に炭酸瓦斯を補給して常に一立當り五〇厩に保たしめたり。

(二) 鐵の除去

水中に存在する鐵は主として重炭酸第一鐵なれば、氣曝 (Aeration) 及び濾過、オゾン又は電氣分解に依る酸化、石灰水の添加等に依り不溶性の水酸化第二鐵として沈澱、除去せしめ得べし。この時の化學反應は



右の石灰水の添加は調節甚だ煩煩にして若し過剰に加ふる時は著しく水をしてアルカリ性ならしむるべし。オゾン又は電氣は設備並に經費低廉ならず。第一の氣曝及び濾過の法は諸種の點より見るも最も優れたる方法なり。

こは重炭酸鐵は遊離炭酸と共存する時は比較的安定にして、之を除く時は著しくその安定度を減じ、加水分解を起し酸化され遂に水酸化第二鐵にまで變化する理を應用せるものなり。即ち水を攪拌するか或は雨滴狀にして落下せしめ、出来るだけ空

[17]

〔18〕

氣との接觸面積を大にすれば、遊離炭酸の逸出は促進せられ、鐵の沈澱を見るなり。

然れども本實驗の如く最初に介殼と反應せしむる時は、水中に存在する遊離炭酸は介殼の溶解に使用せらるゝ結果、その濃度を減じ重炭酸鐵は不安定となりて分解沈澱すべき理なり。事實上介殼槽の最初の部分に於て著しく多量の鐵の沈澱せるを見る。その後全介殼層を通過する間にも徐々に此反應行はれ、槽を出づる時には殆んど除去せられ、最初一立當り九珪の鐵(Fe₂O₃)を含有せる水が僅々一珪以下に減少せり。故に之を更に極短時間滴狀として空氣に觸れしめたる後濾過すれば完全に除去するを得。

(三) アムモニア、亞硝酸、浮遊物質の除去

アムモニア、亞硝酸、其他水中に浮遊する諸種の物質は砂床を濾過せしむることに依り完全に之を除き得。

本實驗にては砂層の厚さ二尺乃至二尺五寸にして、砂上の水深を約二寸に保たしめたる濾過槽四個に依り、一立當り二乃至三珪のアムモニアを有する原水を變じて、全くアムモニアを含有せざる清浄なる水となすを得たり。亞硝酸もこの時硝化作用を受けて硝酸に化す。

濾過槽は通常の如く底に簀を設け、砂は底部は疎にして上部に向ふに従ひ漸次細きものを使用す。其他必要に應じ水の臭氣を除くため木炭を混入せしことあり。

濾過槽は新しく設置してより一兩日經過したる時、始めて其を効力を現はし、十日間を経て漸く衰ゆ。尤もこの所謂成熟(Ripening)に到達する期間、及び有効期間は濾過槽の大小、砂層の厚さ、濾過すべき水の性質に依り長短あるべきは言を俟たず。

(四) 最後處置

濾過槽を出でたる水は即ち鐵、アムモニア、亞硝酸等を含有せず、而も硬度高き清浄なる水なれども、之を以て直に醸造用に供するには尙二三の補給すべき成分あり。磷酸分、硝酸分、鹽素分之なり。

磷酸分の補給に關しては、磷酸石灰が炭酸を含める水には比較的溶解し易き理を應用して、磷灰石塊を原水に接觸せしめて磷酸分の増加を計りたれど、的確なる結果を得ず。止むなく酸性磷酸石灰(或は加里)の添加に依り補給せり。

硝酸分の補給に付きては可溶性硝酸鹽(例へば硝酸加里)を溶解せしむるより他に良法なし。

鹽素分は海水の添加に依るを以て最適となす。此は既に數年前より提唱せられて、良好なる結果を擧げつゝあるものなり。

最後に氣曝及び濾過の結果、遊離炭酸は全く消失したれば、一立當り二〇乃至三〇呎を有するまで炭酸瓦斯を注入す。
斯くして得たる水を分析すれば

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Na ₂ O _f	SO ₄	Cl	P ₂ O ₅	CO ₂ (Free)	NH ₃
四二・六	一・四	ナシ	六五・六	二一・四	二二七・六	三三・九	約三〇・〇	三四・四	一七八・〇	五・二	二四・〇	ナシ

但し海水、硝酸加里、酸性磷酸加里を一石當り夫々、八合、一〇瓦及び一・二瓦補給したるものなり。

右に述べるが如く、深部より湧出する地下水を用ひて畧々宮水と同一成分を有する水を製造し得たり、此水を用ひて試験を行ひたる實際家の言によれば、醗酵状態より製品の品質に至るまで天然宮水を用ひて得たるものと格別の差異を認めずといふ石灰、鹽素分、硝酸、磷酸等は缺ぐべからざる必須成分なるも、獨り斯の如き成分のみが製品の成果を支配するものなりや否やは不明にして、水中に含有せらるる微量成分も又何等かの作用をなすやも計られず。蓋しある種の化學反應に於てある微量物質が、その反應進行に著しき影響を與ふることあるは既に多くの例に依り明らかなる所なり。

宮水の分析を行ふ際に極微量の第二族の金屬の沈澱するを見る。こは到底數立の如き少量の試料を以てしては定性し得べからざる程微量なるも、他の通常の井水には見ざる現象なり。而して本實驗に使用したる原料水は宮水と其の出處を異にする雖も、同じく六甲山彙より由來せる鑛水を含むものなるが故に、右の如き微量物質に關しては全く同種の水たるは可能のことに屬す。

本邦は火山國なれば、火成岩漿に起原を有する鑛水は殆ど到處に存在すると稱するも過言にあらず、而して六甲山附近に湧出する鑛水の如きは其組成に於て最も普通なるものの一なり。唯其含有微量物質の種類と分量とに至りては各處に於て多少の徑庭も存すべければ、此等の鑛水は悉く醸造用水の原料たるに好適せるものにはあらざるべしと雖、西宮市に於ける前記の實例は確かに全國の醸造家の深厚なる注意を促すべき興味ある事實たり。

第十一章 要 約

以上述べ來れる所を要約すれば次の如くなる。

- 一、西宮市並に其近郊に於ける斷層線の檢出は主として遊離炭酸の分布圖の研究によりて成し遂げられたり。この土地には二つの平行系をなせる若干の斷層線あり。其系の一つは約北四十度東に走り、他は凡そ北四十度西に走る。これらの方向は北方山地に現はるる構造線の走向と一致す。
- 二、鹽素圖全アルカリ度圖、硬度圖等の比較研究の結果として地下伏流の流路を闡明することを得たり。この地下伏流なるも

西宮の醸造用地下水に就て

のほ一部は地表水より成り、又一部は前記の斷層より湧出する鑛泉より成る。

三、湧出鑛泉の含有物中には鹽素、炭酸、曹達、石灰及加里が優越せり。又相當多量の鐵分及アムモニアを含有し、全體としての化學的性質は北方山地にある諸鑛泉のそれと甚相似たるものなり。

四、この地の沖積層は介殼の化石を多く埋藏せるを以て、可なり硬度の大なる水が地下に成生す。又この地下水は遊離炭酸をも多く含むが故に、 PH は四乃至五の程度に保持せらる。

五、前記の硬水は地下に於ける移動に際して精製せられ、地表水湧出鑛泉並に海水と相混じて宮水となる。

六、海水は築港よりして市の中央部に向て侵入す。この侵入は主として一月より起り三月に至り最も盛となるものの如し。一般に一月に於ける地下水準面は宮水區域に於ては既に満潮時の海水位より低し。

七、相當量の遊離炭酸を含有せる鐵氣水は介殼に作用せしめ、氣曝及び濾過を行ひたる後、鹽素分、磷酸分、硝酸分を補給すれば畧々宮水と同一の組成を有する水を得。(完)

此稿を了るに當り、本研究に對して始終多大の後援を與へられたる大阪稅務監督局、西宮稅務署並に灘五郷酒造組合に對して深甚なる謝意を表するものなり。特に酒造組合が本稿を茲に發表することを快諾せられし美舉に對しては深き敬意を禁する能はざるものあり、又分析其他の測定に當りては灘各郷の技術者諸君の熱心なる助力を受けたり、茲に謹んで此等の諸君の勞を謝す。

合成實驗に關しては阪口吉藏氏を煩はしたるこそ多大にして、氏は之が爲めに土地及私財を提供し、自ら勞働に當りて以て實驗の進行を援助せられたり、茲に謹んで謝意を表す。