

工場廢水による井戸水汚染に関する 調査研究

琉球衛生研究所 化学部 よ平名光雄

ま え が き

人口増加及び各種産業の発達に伴い一般下水又は各種産業廢水による水質汚染の問題がクローズアップされている。1).2).3).日本々土に於いては公衆衛生向上及び水資源の保護と云う立場から下水道法、更に工場廢水規制法を施行して公共水域の水質汚染防止対策にのりだしている。しかし沖縄においてはこれらの法的措置は何等なされていないので現在水質汚染問題は野放しの状態にある。特に沖縄の場合は地理的及び社会的条件より水質汚染の機会が多く、沖縄本島中南部に分布する琉球石灰岩層の上に汚染源がある場合、地下浸透による附近の地下水の汚染例が少なくない。4).5).6)本件の具志川村安ゲ名住宅地域に於ける井戸水汚染例はその典型的なケースであり、今後の水質汚染問題解決の一端として系統的調査研究を試みた。なおこの小論は琉球衛生研究所創立10周年記念研究発表会において発表されるものである。

I. 調査研究の経過

具志川村役所の依頼により同村安ゲ名住宅街の井戸水汚染調査を開始した。1963年1月29日及び31日の両日に亘つて被汚染地域の井戸18ヶ所と汚染源と推定されるT酒造工場内の廢水処分状況などを調査し、被汚染井戸の状態及び汚染源と汚染過程に関する知見を得たので報告する。

II. 調査研究の方法

1. 現場調査

I-1 被汚染地域の井戸の調査：住宅街の井戸18ヶ所について気温・水温・井水の異常の程度、異常を認めた時期、井戸の環境調査（水位、水深）及び本地域の地質地形などを調査した。

I-2 汚染源の調査：汚染源と見られる同地域内のT酒造工場の廢水の性質、排出量及び廢水処分過程などの調査を行った。

2. 水質試験方法

井水17件、工場廢水4件を採取して実験室にもち帰り、できるだけ早く下記の方法で試験を実施した。

外観（色、濁）、透視度、PH、アルカリ度（4.3BX）、硝酸性窒素（NO₃-N）、塩素イオン（Cl⁻）、KMnO₄消費量（COD）、総硫化合物（T-S^{''}）、硬度（Ca&Mg）、大腸菌群（Coli）一般細菌数（Plate C.）については上水試験法⁷⁾及び下水試験法⁸⁾に従い、アンモニア性窒素（NH₃-N）、蛋白性窒素（ALA-N）の定量は蒸留後、比色法により分光光度計を用いて波長415mμで行つた⁹⁾。亜硝酸性窒素（NO₂-N）の定量試験は廢水及び着色、濁つた井水の場合はAl(OH)₃で殆んど透明な液にした後、正常井水と同様にGR試薬にて発色し波長520mμで行つた¹⁰⁾。次に有機化合物の定性試験法¹¹⁾はアルコール

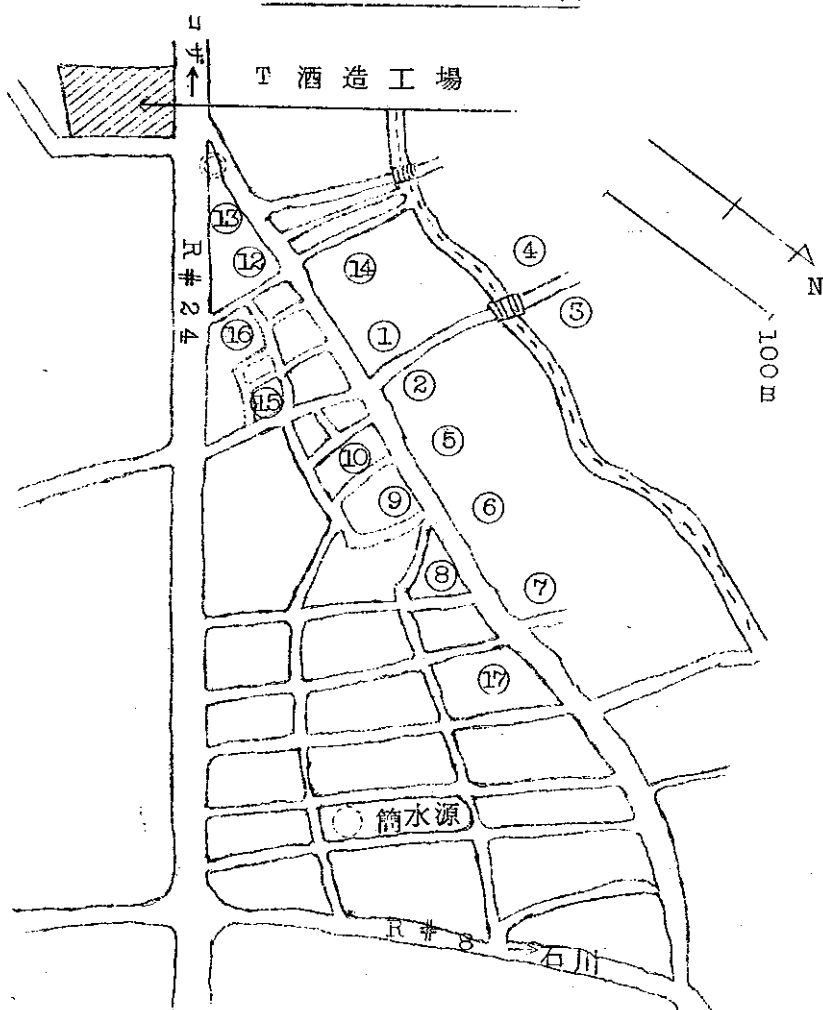
類の場合、初留液約5 ml をとりCS₂を滴下してalkali-alkylxanthateをクロロホルムで積層した液の紫色を調べ、アミノ酸類、アルデヒド類、還元糖類の試験にはSample約250 ml を約15 ml に濃縮した液を3分に分け、それぞれNinhydrin液によるアミノ酸の反応(赤褐色ないし紫色)、アンモニア性フクシン液によるアルデヒドの反応(1分以内に紫色を呈する)、triphenyltetrazolium 液による還元糖の反応(赤色)を確かめた。

III. 調査研究結果

1 現場調査結果

調査地域の工場及井戸の所在又は採水地点を図1に示す。

調査地域見取図(1)



1-1 被汚染井戸の状況

№1の井戸：黄色懸濁を呈し水面に銀色のフィルムを生成している。1958年にさく井し、その年より混濁し異常な臭気を発した。

№2の井戸：№1の井戸と同様な異常を呈していた。1953年にさく井し56年頃より異常を認めた。

№5の井戸：淡黄色懸濁、異常臭気を発す。

1956年にさく井し62年頃より異常を認めた。

№10の井戸：淡黄色、透明、時々濁ることあり、戦前にさく井し現在使用中。

№12の井戸：現在良好な井戸水として飲用に使っているが、調査時に異常を指摘した。

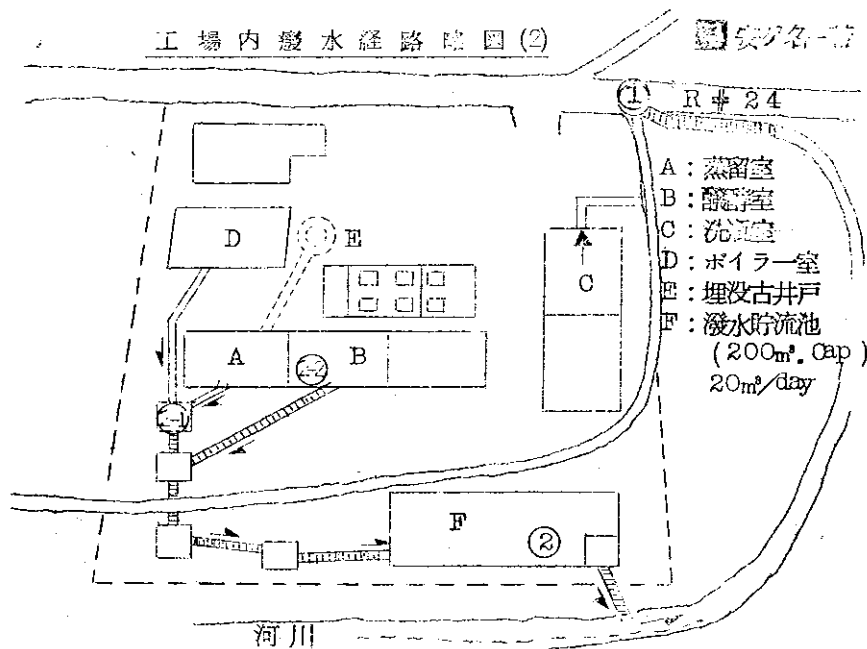
№14の井戸：橙黄色懸濁を呈し水面に銀色のフィルムを生成す異常な臭気を発す。

1947年にさく井し55年頃より使用不能となる。

埋没井戸：(図1中◎の位置)1960年にさく井したが橙黄色懸濁を呈しモロミ臭のある汚水が湧出したため使用せずそのまま埋没した。

1-2 工場内の調査結果

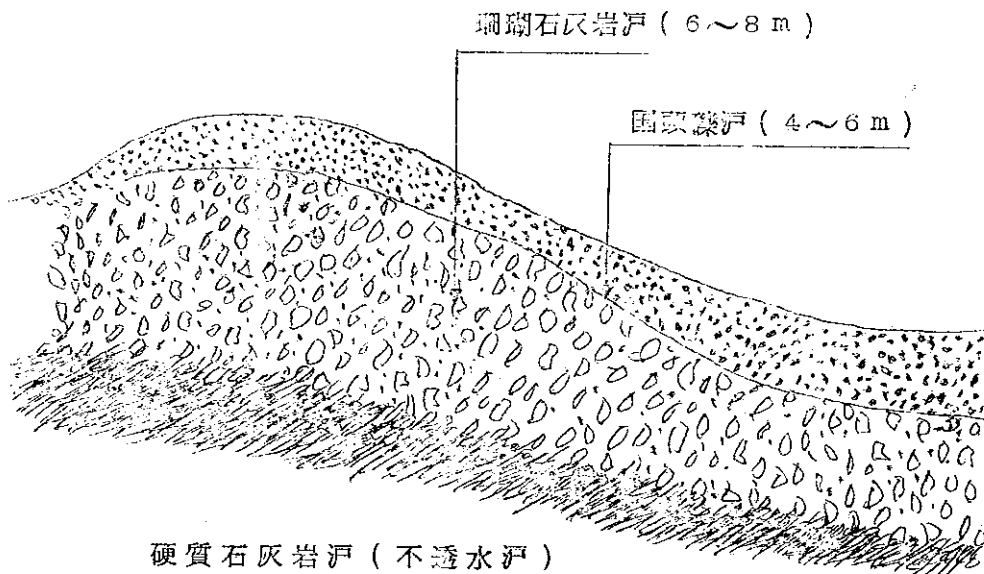
工場廢水は洗滌廢水とモロミ廢水、ボイラー排水の混合水の2種より成り前者は洗剤としてNaOH液を含み、後者には醸酵助剤に使用する $(NH_4)_2SO_4$ 、PH調節用のHClが含まれている。混合廢水は水温が24~50°Cで粘結性の浮遊物質に富む有機質廢水である。現在排水量は約20m³/dayで図2に示す様な経路で附近の川に放流している。即ち蒸留室(A)、醸酵室(B)、ボイラー室(D)よりの廢水は合流してマンホールを通り、約200m³容積の廢水沈澱池(F)で貯溜された後6"パイプで川に放流される。一方洗滌室(C)よりの廢水は道路(R#24)の側溝を通つて同じ水域に放流される。1957年に本処分施設は築造されたが、その前の2ヶ年間はモロミ廢水処分を旧井戸(◎)に行つていた。図2中(1)(2)(2-1)(2-2)は廢水の採取点を示す。



1-3 調査地域の地形・地質の概況 12)

本調査地域は沖縄本島中部に位置し珊瑚石灰岩層が広く分布している。工場は高台でありここより北東の住宅街へ緩やかな傾斜をなしている地形である。一帯は図3に示す様に4~6 mの厚さで赤土層が地表を覆い、その下の地層は6~8 mの多孔性石灰岩をなし次いで不透水層の硬質石灰岩層に達する。水位は大体10~13 mである。

安ゲ名一帯地層断面図(3)



2. 水質試験結果

井戸水及び湧水の水質試験結果を表1.2.3.に示す。

井戸水水质試験

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7
外気	黄褐色	黄褐色	微黄透	透	黄褐濁	透	透
臭気	異常	異常	なし	なし	異常	なし	なし
透視度	16.5	4.0			3.0 UP		
水深	(深) 125(1)	12(1.3)	12(1)	11.5(2)	12(1.5)	10(1)	11(1)
気温	16	16	17	19	16	16	16
水温	23	22	22	21	22	23	22
PH	7.0	6.8	7.2	7.1	6.9	7.1	7.3
4.3 B x	527	481	234	362	445	261	261
NH ₃ -N	17.80	14.11	0.09	0.03	8.50	0.03	0.01
ALB-N	1.94	1.78	0.05	0.09	1.10	0.01	0.01
NO ₂ -N	0.000	0.001	0.001	0.000	0.002	0.000	0.006
NO ₃ -N	0.0	0.1	2.8	3.9	0.0	1.8	7.0
Cl ⁻	1766	1490	56.5	70.7	1400	63.2	64.6
COD(KMnO ₄)	99.2	90.8	1.5	2.1	52.8	4.4	1.5
Ca & Mg	52.2	45.0	28.4	36.5	38.7	32.0	30.8
T-S	0.0	0.0	0.0		0.0		
AminoAcids	++	+	-	-	-	-	-
Coli	-	-	-	+	+		+
Plated.	30	0	0	30	750		110

被汚染井戸及対照井戸水の有機化合物試験結果表(2)

	1	2	5	6	10	12	13	14	15	16	17
アルコール類	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
アミノ酸類	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
アルデヒド類	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
還元糖	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-

験 結 果 表 (1)

8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
透	透	淡黄.透	透	透	微黄.透	黄橙.黄	透	微黄.濁	透
なし	なし	なし	なし	なし	なし	異常	なし	異常	なし
						3.0		30.0p	
10(1)	10(1)	10.5(1.7)	12(1)	12(2)	10(1.5)	11(0.8)	13(1.5)	12(1)	10(0.7)
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2	2.3	2.3	2.2	2.2
7.2	7.1	7.1	6.9	6.9	7.0	7.0	6.9	6.9	7.1
263	293	324	360	373	327	393	338	405	261
0.01	0.11	0.55	0.00	0.09	0.00	6.90	0.00	0.01	0.00
0.02	0.03	0.25	0.03	0.10	0.06	0.50		0.17	0.01
0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.001	0.015	0.000	0.002	0.000
2.1	0.0	1.2	0.0	1.3	1.5	0.0	0.0	0.9	3.3
63.2	75.3	83.0	82.2	83.5	78.8	90.5	74.7	90.3	66.6
3.4	3.5	11.0	4.7	2.7	3.3	34.2	3.4	5.1	3.4
326	358	309	387	363	350	349	383	307	322
		0.0				0.0			
		-	-	-	-	+	-	-	-
		-		+		+			
		1,800		30		600			

2-1井戸水質について

№1, №2, №5, №14の井戸は他に比較して透視度が非常に低く、黄褐色に着色し異常な臭気がある。CODの値は34~99 ppm, Cl⁻は91~177 ppm, 43Bx は393~527 ppm, NH₃-Nは6.9~17.8 ppm, ALB-Nは0.5~1.9 ppmで、これらの値は№3, №4, №6~13, №15~17の井水に比較して非常に高い。

NO₂-Nは№14の0.015 ppmが最高で、№1, №2, №5は比較的少ない。NO₃-Nは4種共0である。硬度は№1, №2がそれぞれ522, 450 ppmで最高、PHは4種が、7.0~6.8で他に比して低いが、№11, №12, №15, №16の井水も低い値を示している。T-S"はいづれも0で、細菌試験では№1, №2の井水にColi陰性、一般細菌数は30と0で少ない。有機化合物は表2に示す様にアルコール類、アルデヒド類は何れも検出されな

いが、アミノ酸類、還元糖類がNo.1, No.2, No.5, No.10, No.12, No.14に検出され、特にNo.1, No.2, No.5, No.14に於ける還元糖類の検出量は大きい。

2-2 工場廢水について

表3に示す様にSt-2-1, St-2-2は茶褐色の酸性廢液で有機質にとみCOD値が非常に高く70,000~80,000ppmのオーダーである。沈澱池廢水St-2は腐敗して硫化水素を発生しT-S'', ALB-N, PlateC.が非常に高い。洗瓶廢水St-1はPH7.8でアミノ酸類のみが検出されている。3種の廢水についてはアミノ酸類、還元糖類が微量に検出され、アルコール類はいづれも検出されなかつた。

工場廢液分析結果表(3)

項目	単位	試水	St-1	St-2	St-2-1	St-2-2
色 相			黄褐色	黒褐色	茶褐色	茶褐色
臭 気			キビカス	H ₂ S臭	糖 密	モロミ
透 視 度	Cm		5.0	1.0	0.5	0.5
PH			7.8	6.6	5.3	6.5
4.3 Bx	mg l		171	371		
NH ₃ -N	mg l		0.90	1.08	5.50	4.25
ALB-N	mg l		1325	9700	5.70	3.90
NO ₂ -N	mg l		0.328	0.002		
Cl'	mg l		89.8	218		
COD	mg l(KMnO ₄)		117	603	68850	77780
T-S''	mg l		0.25	17.90	0.99	3.15
大腸菌群			(+)	(+)		
一般細菌	Number ml			37000		
アルコール類			(-)	(-)	(-)	(-)
アミノ酸類			(+++)	(+++)	(+++)	(+)
アルデヒド類			(-)	(+++)	(+++)	(-)
還 元 糖			(-)	(+++)	(+++)	(+)
NO ₃ -N	mg l		0.0	0.0		

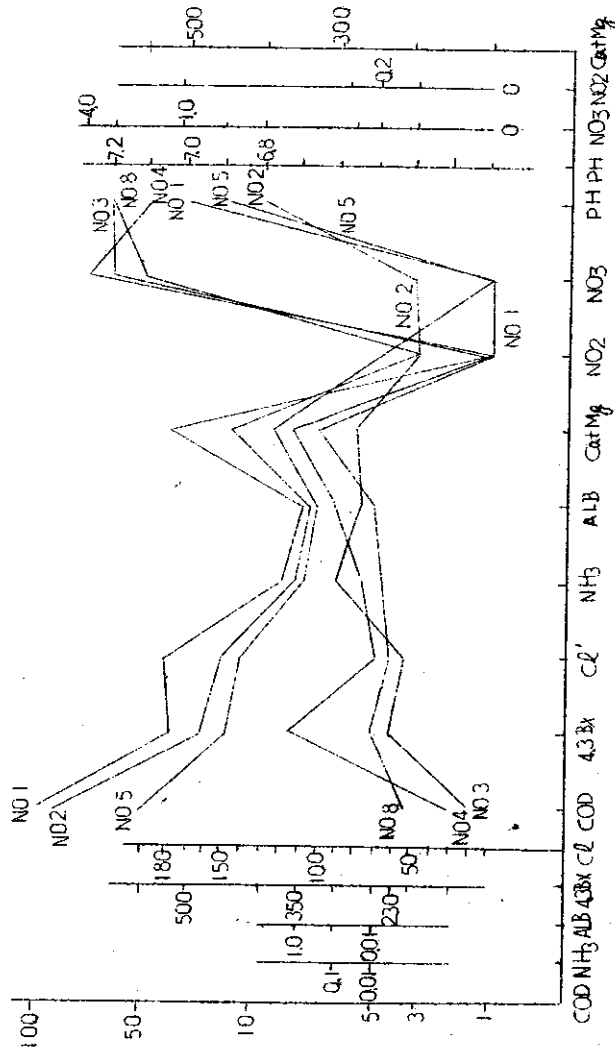
廢水の種別

- st-1: 洗滌廢水, 洗剤にNaOHagを使用している。
- st-2: モロミ廢液酵母残渣流出濃縮液、ボイラー排水などの混合流入せる廢水池の水
- st-2-1: モロミを蒸留した残渣濃縮液、Tw=53 °C、粘度が高い。
- st-2-2: 醱酵かんの酵母残渣を水道水にて洗い出した廢液、Tw = 24 °C

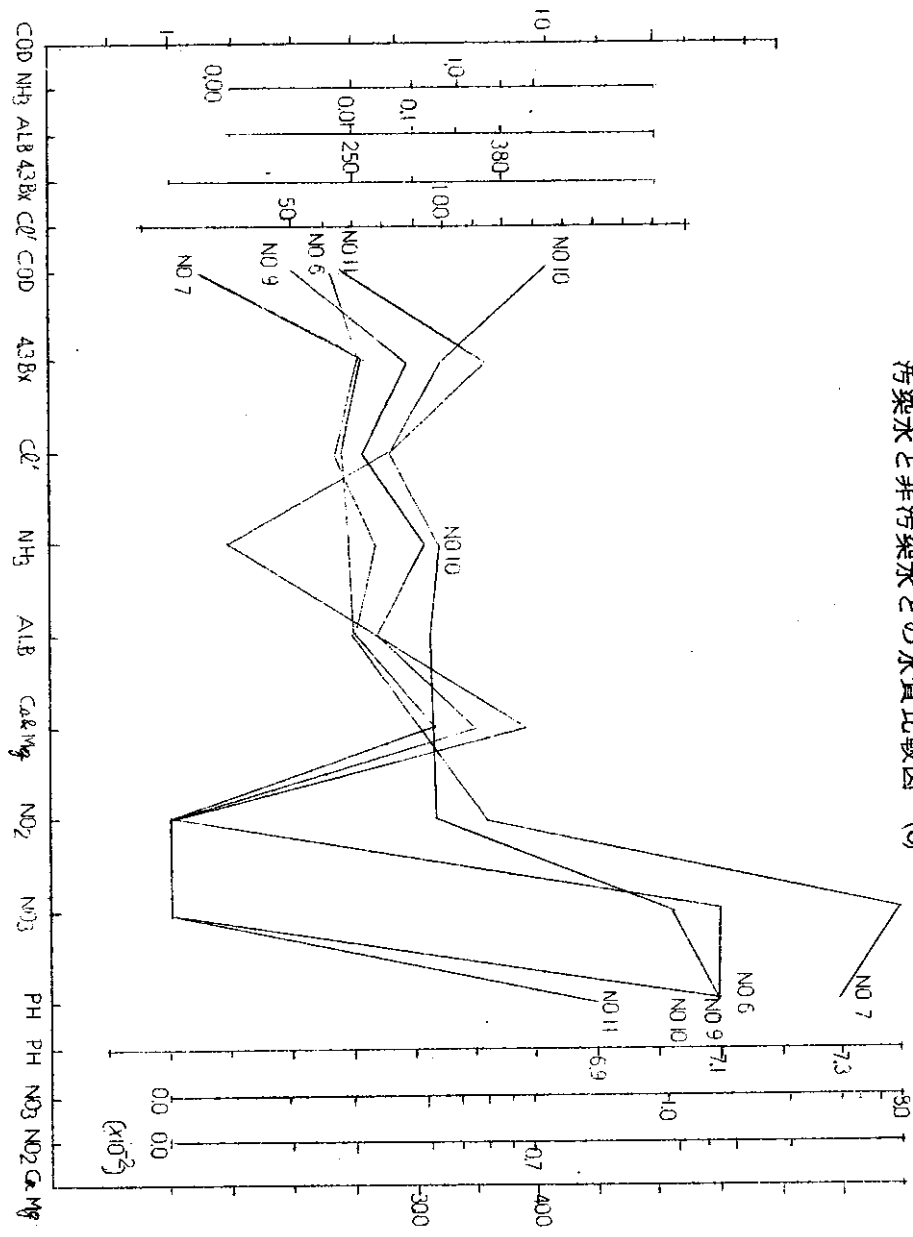
※ 醱酵助剤として $(NH_4)_2SO_4$ } 使用
 PH値調節にHCl }

IV 結果に対する考察

汚染水と非汚染との水質比較図 (4)



汚染水と非汚染水との水質比較図 (5)



汚染水と非汚染水との水質比較図 (6)

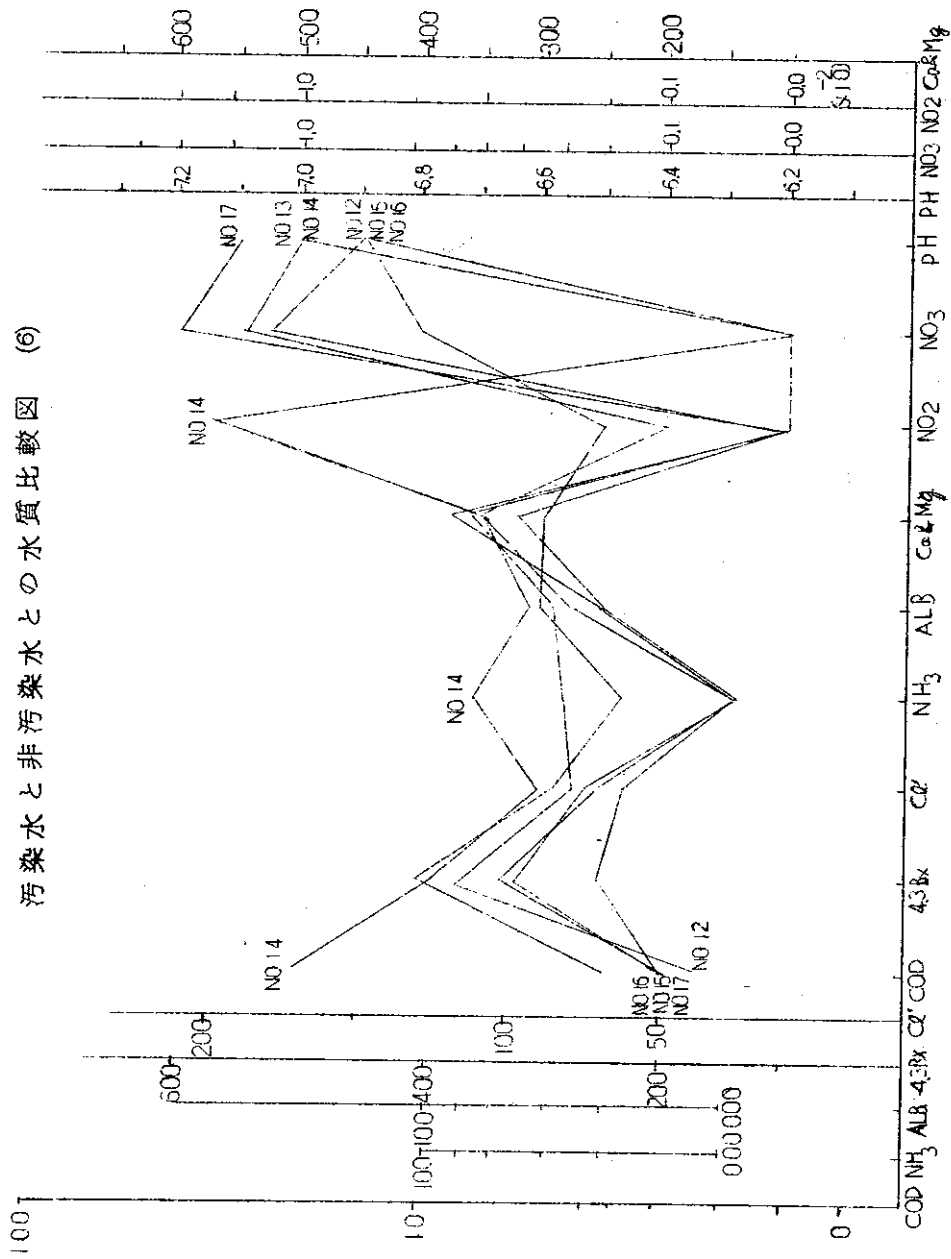


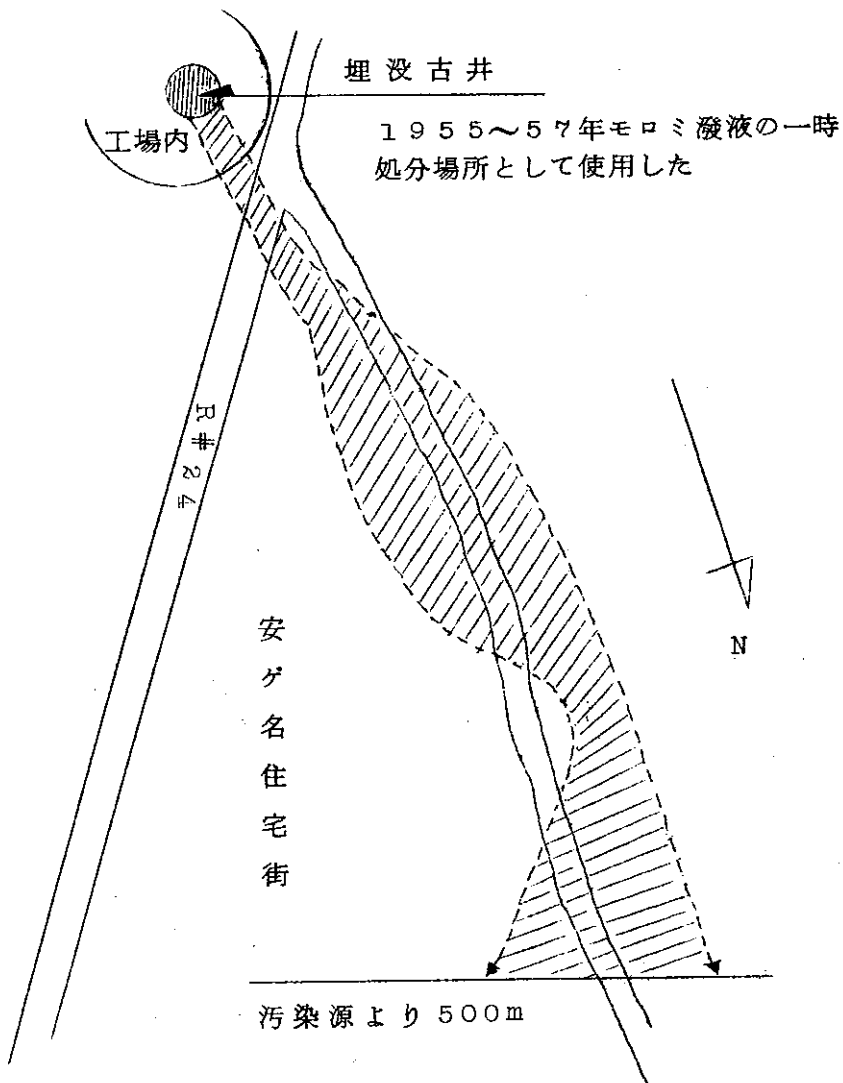
表1に示した井水の水質試験結果を各井毎にまとめて図示すると図4.5.6のような水質比較曲線を得る。これによると汚染井水と非汚染井水との相違が判然とする。即ちNo.1, No.2, No.5, No.14の各井水は汚染されていることを示し、汚染井水の特徴としてCOD, 4.3Bx, Cl', NH₃-N, ALB-N, の値が非常に高く、NO₃-Nの値が殆んど0であること、PHが低い点などが挙げられる。このことは還元性の酸性有機質廢水の井戸水への混入が原因である。又酸性廢液の地下浸透によつて石灰岩が溶解し4.3Bx、硬度の増加が起こると考えられるが、No.1, No.2, No.5の井水はそのことを示している。

次にアミノ酸類、還元糖類はNo.6, No.13, No.15~17の各井水にはないが、No.1, No.2, No.5, No.10, No.12, No.14, の6種に検出されていることから酒造廢水¹³⁾による汚染であることがはつきり認められる。被汚染井水は無刺激性のモロミ様臭気があり、又これを濃縮すると粘稠性液となる。工場廢水の分析値と比較してみるとSt2-1, St2-2の性質に類似し硫化物も含有されていない。したがつてモロミ廢液の混入によつて汚染されていることが判る。

更に現場調査の結果より汚染は現行廢水過程にあるのではなく1955年から57年間に使用していた旧井戸中の廢水が石灰岩層を浸透して図3に示す様な傾斜に従つて住宅地域の地下水に混入していると考えられる。

以上の考察から汚染源及び汚染過程は図7の様推定される。即ち汚染の範囲は本住宅の全域に亘るのではなく、不規則な帯状の流程で次第に北に流下し、現在は汚染源より約500mの附近に達していると考えられる。

汚染経路推測図 (7)



安ダ名一帯人口 6,000人
 村営水道(軍)給水人口 1,550人
 簡易水道水源池 (給水人口2,650人)

● 汚染井戸より約500m

V 結 語

- 1.安ゲ名地域の18個所の井戸の汚染調査を行つた結果7個所の井戸が汚染されていた。
- 2.被汚染井水は黄褐色ないし橙黄色を呈し酸化性物質、アンモニア及蛋白性窒素を多量に含みアミノ酸類、還元糖の有機性廢液が混入している。
- 3.汚染の原因はT酒造工場側が以前に使用していた旧井戸中のモロミ廢水の地下浸透によるものである。
- 4.汚染は1955年頃より始まり現在も続行している。
- 5.被汚染井水中の着色性物質、その他有機質の除去はきわめて困難であり、汚染井水の飲用は不可能であるので汚染井戸の使用は避け、水道水へ切りかえる必要がある。
- 6.本地域は地勢の状況、工場廢水処理施設の不備などの点で、今後新汚染の可能性も考えられるので、工場側は施設の整備拡充を行うことによつて廢水のBOD値を低くする有効適切な処理方式¹⁴⁾を検討し地下浸透を防ぐと共に放流河川の汚染度を最小限にする対策を考える必要がある。

お わ り に

本調査研究に絶大なる協力を惜しまなかつた当所の大城技師、具志川村役所の金城氏、保健所平良川出張所長吉里氏並にT酒造KKの安田社長に対し深甚なる感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) 宮永徳一;工場排水による地下水汚染の一ケース,水協誌285号34-37(1953)
- 2) 鈴木外;三鷹市域における地下水の人工汚染とその対策,水協誌265号48-54(1956)
- 3) 山口三郎;市街地に於ける井水の汚染に関する研究(1),水協誌314号58-64(1960)
- 4) 上平名光雄;大謝名外人住宅街の地下水汚染に関する研究(1)(琉衛研所報に投稿予定)(1962)
- 5) 上平名光雄;浦添村字屋富祖に於けるし尿による井戸水汚染例,琉衛研資料(1962)
- 6) " ;与那城村に於ける石油廢液による井戸水汚染調査,琉衛研資料(1962)
- 7) 水道協会編;水質基準の検査方法註解(1959)
- 8) " ;下水試験法(1953)
- 9) 日本薬学会編;衛生試験法註解379,380,(1956)
- 10) 新田正;実験化学講座15,343,(1962)
- 11) F. Feigl; Spot Tests in Organic analysis,186-424(1960)
- 12) 中央農研所 ;土壌調査成績書5,33,(1961)
- 13) 岩田久敬 ;食品化学,636,(1962)
- 14) C, F, Gurnham; Principles of Industrial waste Treatment 89,244~245(1958)