

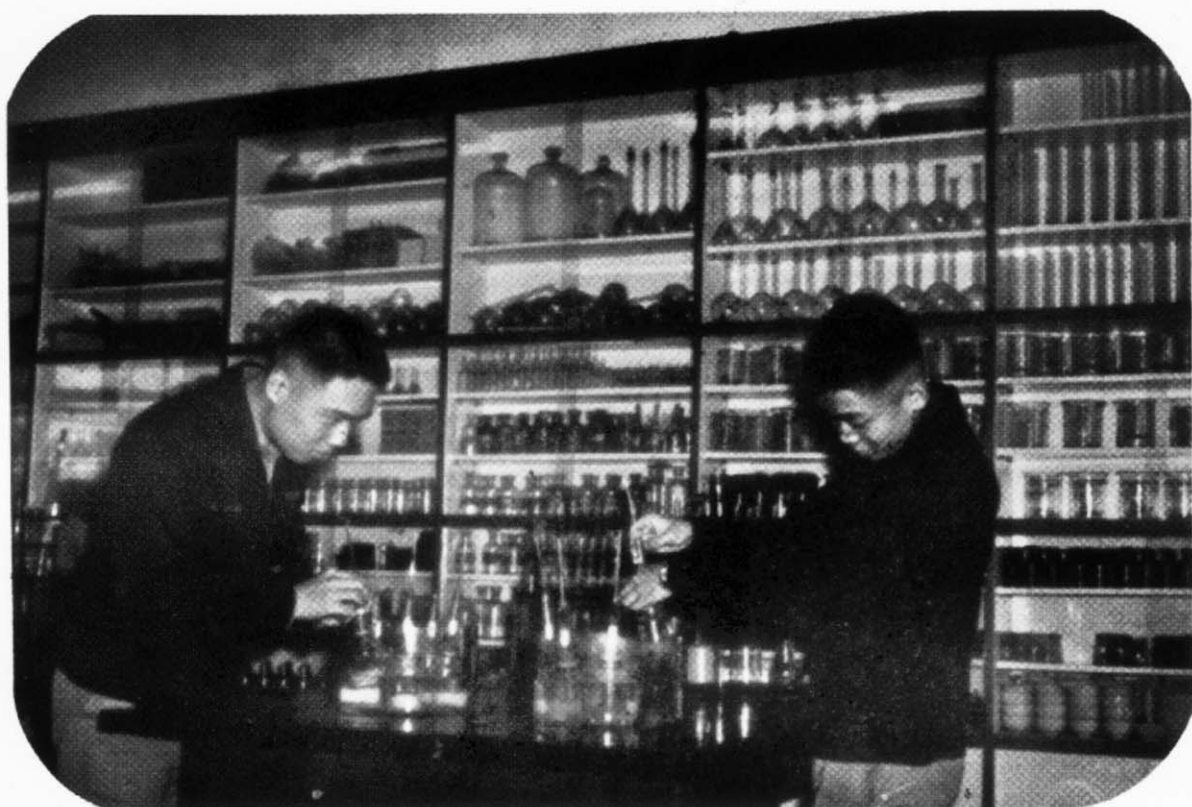
# 蘭陽地區地下水含砷量及除砷法的研究

## 高中組化學第二名

省立宜蘭高級中學

作者：陳家範等五名

指導老師：吳旺登



### 一、前言：

水，在我們的日常生活中扮演著一個非常重要的角色，它和日光、空氣並列為人類求生存所不可或缺的要件，但是水中常含有影響到我們健康的雜質。譬如含砷的水可能引起烏腳病，關於病因目前雖然尚不明瞭，然而此病的發生與含砷井水有密切關係，井水含砷量愈高的地區，烏腳病病人愈多，這是不爭的事實，而砷的危害，也非一朝一夕，因此杜絕砷的危害並進而建立健康的人生，成了一份重要的課題。

## 二、動機：

南部地區曾有嚴重的烏腳病病例，而在我們所生活的環境—宜蘭，也有疑似烏腳病的病例，因此我們想調查宜蘭縣的地下水是否也有砷的存在。如果有的話，和井的分佈狀況，地理環境是否有任何的關係。並進而嘗試著去研究如何降低砷的含量，以最簡便，最經濟的方式使水中的砷降至最低，而使其符合飲用水的標準。

## 三、儀器：

1. 砷化氫發生器
2. 水 槽
3. 吸 管 ( 10ml , 2 ml , 1 ml )
4. 量 筒 ( 500 ml , 100 ml , 25 ml , 10 ml )
5. 燒 杯 ( 500 ml , 250 ml , 100 ml )
6. 玻璃棒
7. 濾 紙
8. 天 秤
9. 剪 刀
10. 量 尺
11. 漏 斗
12. 棉 花

## 四、藥品：

- |          |           |
|----------|-----------|
| 1. 濃 硫 酸 | 8. 乙 醇    |
| 2. 醋 酸 鉛 | 9. 鹽 酸    |
| 3. 溴 化 汞 | 10. 氫氧化鈉  |
| 4. 碘 化 鉀 | 11. 氫氧化鈣  |
| 5. 氯化亞錫  | 12. 氫氧化鎂  |
| 6. 鋅 粒   | 13. 碳 酸 鈣 |
| 7. 三氧化二砷 | 14. 明 礬   |

## 五、試劑配製：

1. 1 : 1  $H_2SO_4$  :  $H_2O$  100 ml 加 18M  $H_2SO_4$  100 ml

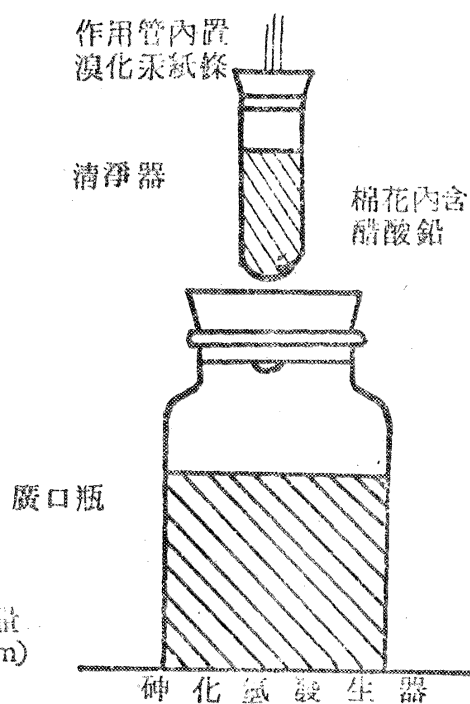
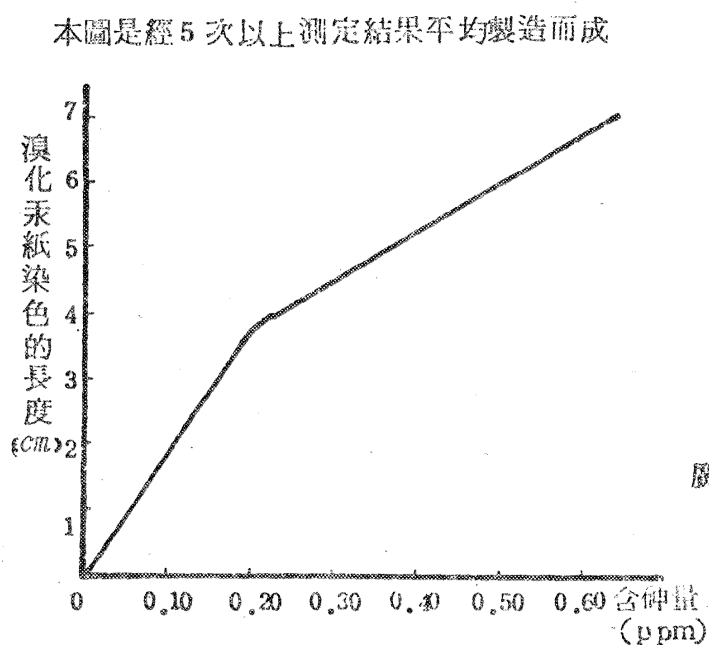
2. 配製 12 M 及 0.1M HCl。
3. 棉花捲：棉花剪成 2.5 cm 寬。
4.  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2(\text{aq})$ ：用  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  10g 溶於水中，配至 100ml。
5.  $\text{HgBr}_2(\text{aq})$ ：溶 5 g  $\text{HgBr}_2$  於 95 %  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  中，配至 100ml。
6. 溴化汞紙：用濾紙剪成長 12 cm，寬 2.5 mm，將紙浸入  $\text{HgBr}_2(\text{aq})$  中，1 小時後取出在空氣中晾乾。
7.  $\text{KI}(\text{aq})$ ：溶 15 g  $\text{KI}$  於水中，配至 100ml 溶液。
8.  $\text{SnCl}_2$ ：溶 40g  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  於 100ml  $\text{HCl}$  中。
9. 鋅：細粒的鋅粒。
10. 砷貯備液：溶 1.320g  $\text{As}_2\text{O}_3$  4g  $\text{NaOH}$  於水中，配成 1000 ml 溶液（其中 1 ml 含 1 mg As）。
11. 中間砷溶液：抽貯備液 5 ml 於  $\text{H}_2\text{O}$  配至 500ml（1ml 含 10.0  $\mu\text{gAs}$ ）。
12. 標準砷溶液：抽中間性砷溶液 10ml 於  $\text{H}_2\text{O}$  加至 100 ml（1ml 含 1.0  $\mu\text{gAs}$  即 1 P.P.M.）。

#### 六、標準曲線之製作：

1. 取 0, 1, 3, 6, 9, 12, 15 ml 之砷標準液（1 P.P.M.）加 10ml 1:1 的硫酸及蒸餾水至溶液總體積為 25 ml，分別加至 7 個廣口瓶中，則其中之 As 含量依次為 0, 0.04, 0.12, 0.24, 0.36, 0.48, 0.60 P.P.M.（其計算過程如下：  
 例如： $1\text{ml} \times 1\text{P.P.M.} = 25\text{ml} \times t_1\text{P.P.M.} \therefore t_1 = 0.04$   
 $3\text{ml} \times 1\text{P.P.M.} = 25\text{ml} \times t_2\text{P.P.M.} \therefore t_2 = 0.12$ 等）
2. 在每瓶溶液中分別加入 7 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ，5ml  $\text{KI}(\text{aq})$ ，4 滴  $\text{SnCl}_2$ 。
3.  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2(\text{aq})$  滴 2 ml 至清淨管之棉花捲中，使呈微濕之程度。
4. 發生器中加入 3 g 鋅後，連接清淨管（裝置如下圖）放在 20°C ~ 25°C 之水浴中 1.5 小時，取出紙條量其染色長度，在方格紙

上，繪出標準曲線。

本圖是經 5 次以上測定結果平均製圖而成



### 七、採樣及檢驗：

1. 採集各鄉鎮居民的地下水以供檢驗。
2. 水樣 25ml 注入砷化氫發生器加入 7 ml 之 1:1  $H_2SO_4$ ，5 ml 之  $KI_{(aq)}$ ，4 滴  $SnCl_2$ 。
3. 注  $Pb(C_2H_3O_2)_2_{(aq)}$  2ml 至清淨器中的棉花，將溴化汞紙插入細玻璃管中。
4. 在砷化氫發生器中加 3 g 鋅後立即連接清淨器，浸於 20 °C ~ 25 °C 水浴中 1.5 小時取出紙條與標準曲綫圖比較其含砷量 (結果以下附表)

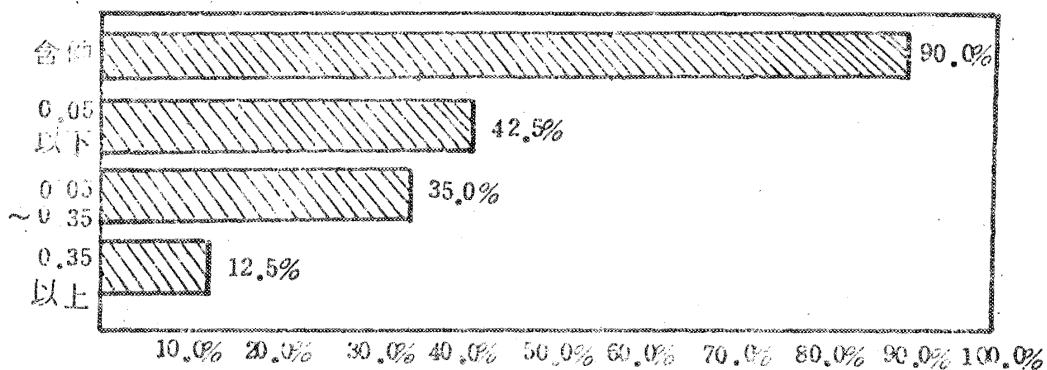
礁溪鄉

村	鄰	號	井深(M)	含砷量 (P.P.M)
玉田	19	89	20	0.50
"	20	91	40	0.50
"	20	92	40	0.50
"	20	91	40	0.35
"	19	85-1	20	0.50
"	13	22	20	0.01
"	13	23	20	0.01
"	19	86	15	0.01
"	19	85	14	0.04
"	20	83	28	0.01
"	19	83	28	0.01
"	19	86-1	20	0.20
"	19	87	15	0.15
"	19	85	24	0.08
"	19	88	20	0.08
"	19	89	20	0.30
"	19	90	24	0.22
"	20	94	30	0.13
"	20	95	30	0.22
"	20	98	26	0.16

村	鄰	號	井深(M)	含砷量 (P.P.M)
玉田	20	86	40	0.06
玉光	5	61	20	0.03
"	5	62	20	0.03
"	9	100	40	0.01
"	5	54	12	微量
"	7	79	40	微量
"	9	99	40	微量
"	7	85	32	微量
光武	12	148	40	0.03
"	12	140	36	0.01
"	12	137	15	0.03
"	12	138	15	0.01
"	11	124	50	0.03
"	11	123	40	0.02
"	11	132	52	0.01
"	11	129	44	0.01
"	11	128	44	0.03
"	11	147-1	40	0.12
"	11	148	40	0.25
"	11	124	50	0.06

礁溪鄉：取樣 40 件，含砷 36 件（佔 90.0%）0.05P.P.M. 以下 17 件（佔 42.5%），0.05 P.P.M. ~ 0.35P.P.M. 14 件（佔 35.0%），0.35P.P.M. 以上 5 件（佔 12.5%）

將上表製成統計長條圖，如下（含砷濃度為 P.P.M.）

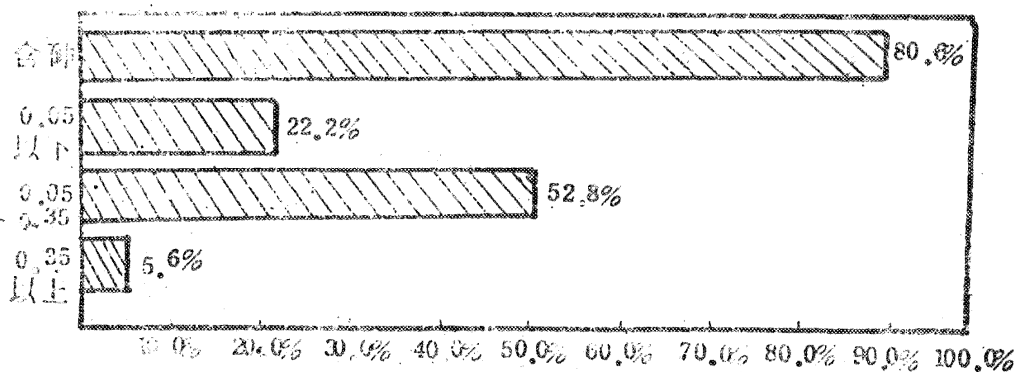


## 冬山鄉

村	鄰	號	井深 (M)	含砷量 (P.P.M.)	村	鄰	號	井深 (M)	含砷量 (P.P.M.)
珍珠	6	43	34	0.08	武淵	1	5	20	0.30
"	6	43	34	0.16	"	1	1	20	0.08
群群	4	24	16	0.20	"	9	66	25	0.04
"	4	23	16	0.20	"	7	5-3	25	0.02
"	5	26	25	0.02	"	6	46	20	微量
"	7	13	40	0.02	"	4	24	15	0.10
"	7	9	35	0.06	"	8	61	15	0.06
武淵	4	19	25	0.20	"	9	69	25	0.04
"	4	28	15	0.50	"	7	54	25	0.02
"	3	13	20	0.10	"	2	17-1	20	微量
"	3	13	20	0.20	補城	3	15	20	微量
"	3	14	20	0.30	"	3	16	20	0.02
"	4	18	15	0.30	"	3	18	20	0.02
"	4	19	25	0.20	"	3	25	25	0.05
"	1	3	20	0.20	"	11	56-1	20	微量
"	4	28	15	0.40	"	6	38	16	微量
"	2	9	34	微量					
"	6	38	16	微量					
"	2	11	25	0.15					
"	2	13	15	0.06					

冬山鄉：取樣 36 件，含砷 29 件（佔 80.6%）含砷 0.05P.P.M. 以下 8 件（佔 22.2%）含砷 0.05P.P.M. 至 0.35P.P.M. 19 件（佔 52.8%）含砷 0.35P.P.M. 以上 2 件（佔 5.6%）

將上表製成統計長條圖如下（含砷濃度為 P.P.M.）

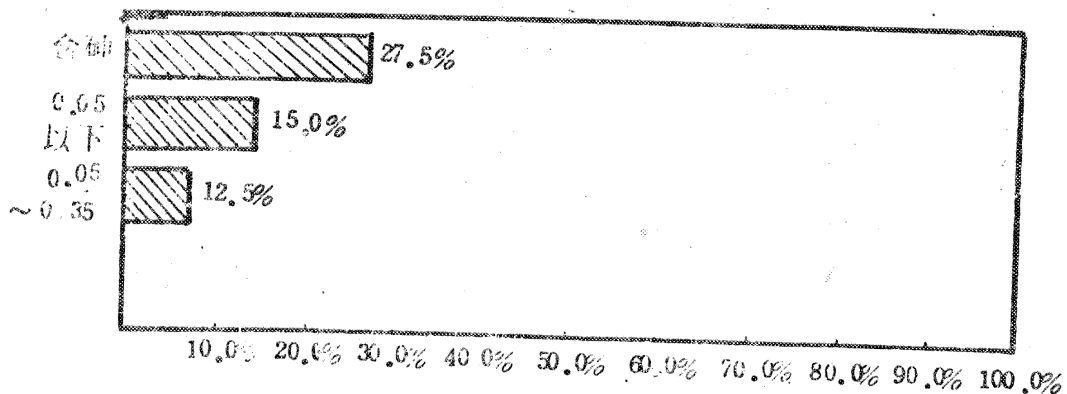


壯圍鄉

村	鄰	號	深度(M)	含砷量 (P.P.M.)
紅葉	2	15	40	0.02
壯六	5	47-1	48	微量
"	7	61	56	微量
"	8	72	56	0.08
"	8	69-3	57	微量
新社	4	25	12	微量
古亭	14	110	44	0.08
功勞	7	23	40	微量
"	3	17	32	0.12
"	1	1	24	微量
"	1	8	48	微量
"	5	38-3	46	微量
"	11	95	40	微量
"	11	93-1	40	0.04
"	7	57-2	24	微量
"	8	61	46	微量
新南	1	2	35	微量
"	2	22	64	微量
"	4	38-1	24	0.06
"	4	42	52	微量

村	鄰	號	深度(M)	含砷量 (P.P.M.)
美福	2	15	30	微量
"	6	49	36	微量
"	1	12	48	微量
"	10	77-2	60	0.20
"	11	91	52	微量
"	6	49	72	微量
壯五	10	89-6	60	微量
"	10	80	56	0.01
"	10	89-15	48	0.02
"	10	82	56	微量
土圍	9	63	44	微量
"	2	10	20	微量
美間	1	10	52	0.04
"	4	74	52	微量
"	2	16	56	微量
"	6	47	50	微量
順和	1	5	36	微量
"	3	18	40	0.04
古結	3	19	48	微量
"	5	35	44	微量

壯圍鄉：取樣 40 件，含砷 11 件（佔 27.5%），含砷 0.05P.P.M. 以下 6 件（佔 15.0%），含砷 0.05P.P.M. 以上 5 件（佔 12.5%）  
將上表製成統計長條圖，如下（含砷濃度為 P.P.M.）

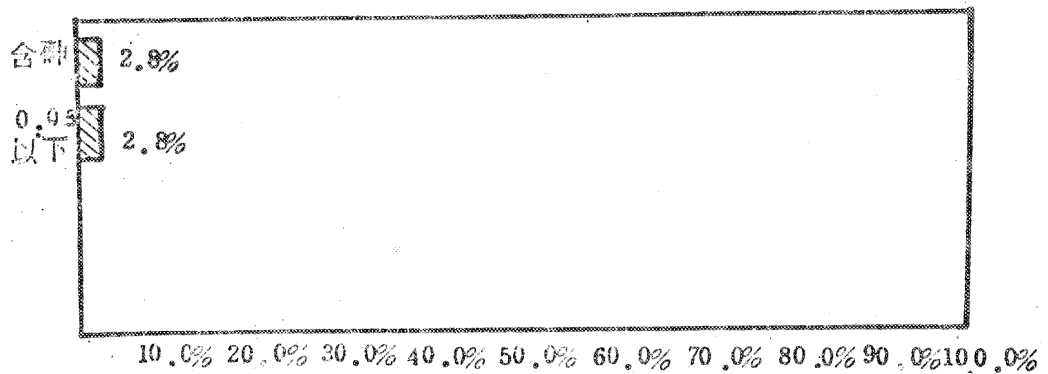


## 頭城鎮

村	鄰	號	井深(M)	含砷量(P.P.M.)	村	鄰	號	井深(M)	含砷量(P.P.M.)
城東	1	16	20	0.00	更新	5	33	12	0.00
"	3	21	25	0.00	"	4	32	17	0.00
"	5	17	12	0.00	"	3	30	19	0.00
"	3	16	25	0.00	"	3	42	20	0.00
"	2	21	37	0.00	"	2	30	23	0.00
"	4	33	26	0.00	城南	3	26	25	0.00
"	3	8	31	0.00	"	2	2	31	0.00
"	9	9	30	0.00	新建	11	6	30	0.00
外澳	2	15	30	0.00	"	4	30	16	0.00
城北	3	7	29	0.00	"	3	33	26	0.00
所安	2	7	41	0.00	"	2	26	22	0.00
"	6	36	47	0.00	"	1	20	23	0.00
福成	7	72	32	0.00	"	4	22	43	0.00
更新	8	41	33	0.00	"	5	49	48	0.00
"	8	4	52	0.00	"	3	47	32	0.00
"	8	39	50	0.00	"	2	40	26	0.00
"	8	37	48	0.00	"	1	41	26	0.00
"	6	36	43	0.00					

頭城鎮：取樣 35 件，含砷 1 件（佔 2.8 %），含砷 0.05 P.P.M. 以下 1 件（佔 2.8 %）

將上表製成統計長條圖如下（含砷濃度為 P.P.M.）

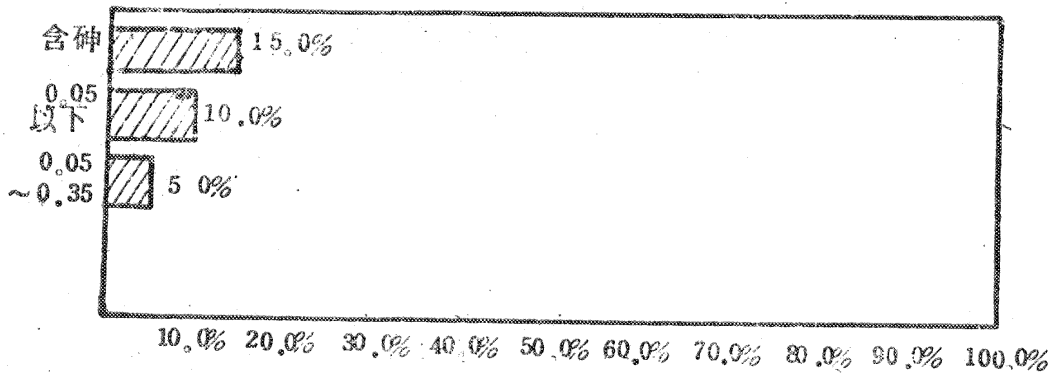




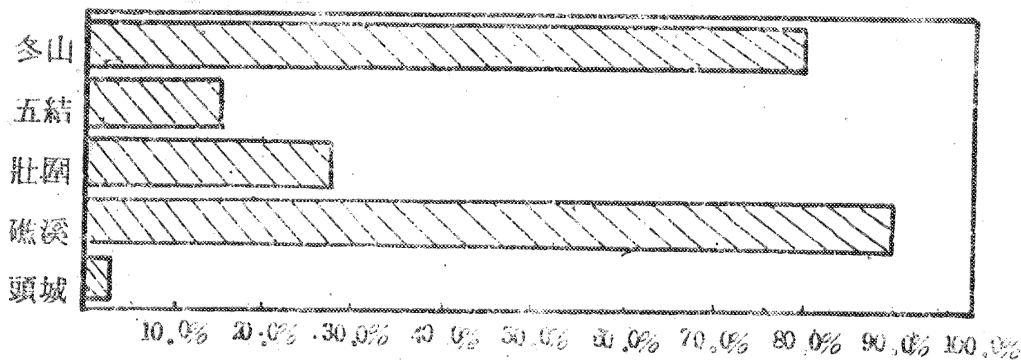
五結鄉

村	鄰	號	井深(M)	含砷量(P.P.M.)	村	鄰	號	井深(M)	含砷量(P.P.M.)
大吉	8	26	10	0.03	大吉	11	42-2	12	微量
"	8	29	10	0.02	"	4	35	12	微量
"	8	31	12	0.05	"	12	64-1	18	微量
"	8	34	12	微量	"	11	27	18	微量
"	9	38-1	16	微量	"	11	28	12	微量
"	10	41	12	微量	"	4	16	12	微量
"	10	43	12	微量	"	10	18	12	微量
"	10	45-1	12	微量	"	10	28	10	微量
"	11	62	12	微量	"	8	36	10	微量
"	11	54-1	12	微量	"	8	34	12	微量

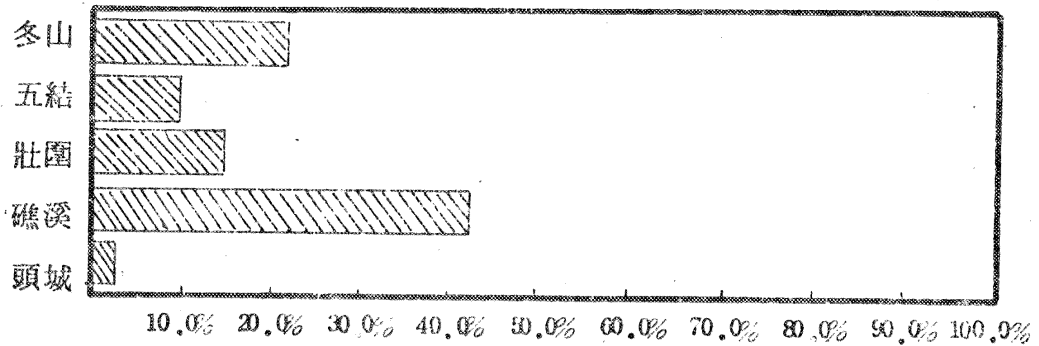
五結鄉：取樣 20 件，含砷 3 件（佔 15 %），含砷 0.05 P.P.M. 以下 2 件（10.0 %），含砷 0.05 ~ 0.35 P.P.M. 1 件（佔 5.0%）  
將上表製成統計長條圖如下（含砷濃度為 P.P.M.）



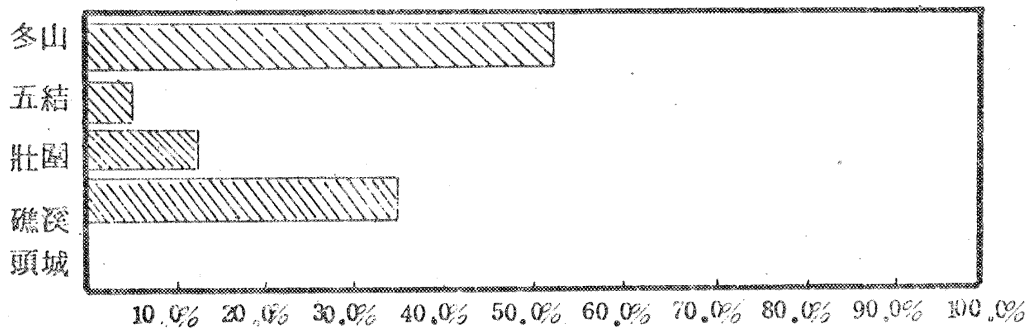
根據以上統計資料，比較五鄉鎮在各種含砷濃度範圍內，所佔百分比  
1 下表為含砷井數之比較



2. 含砷 0.05 P.P.M. 以下之井所佔百分比，各鄉鎮之比較

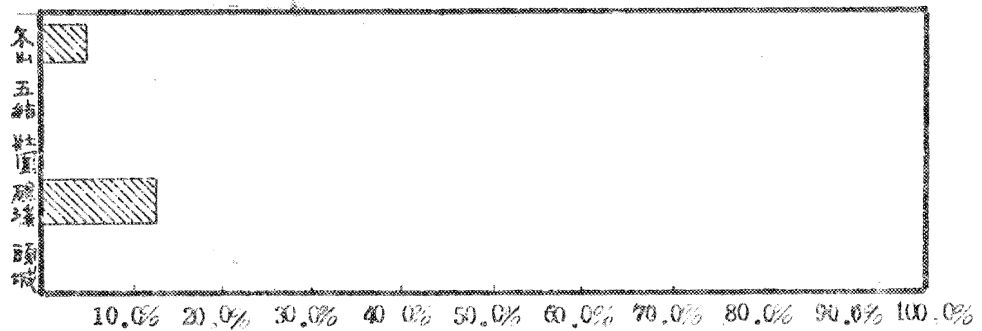


3. 含砷 0.05 P.P.M. ~ 0.35 P.P.M. 之井所佔百分比，各鄉鎮之比較



4. 含砷 0.35 P.P.M. 以上之井所佔百分比，各鄉鎮之比較

4. 含砷 0.35ppm 以上之井所佔百分比，各鄉鎮之比較



## 八、除去砷的方法

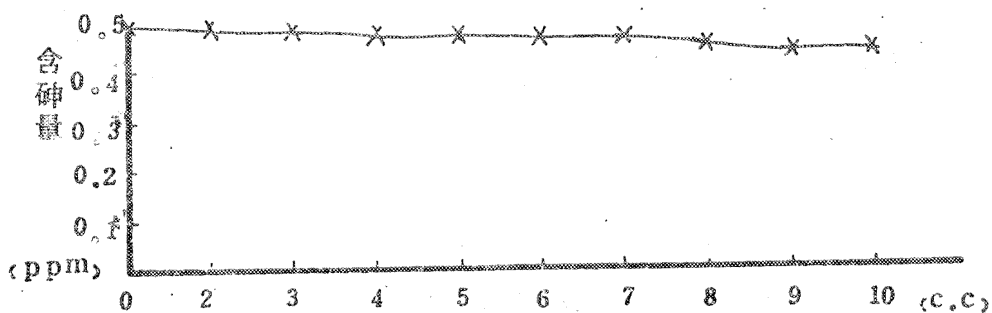
### 1. 過程和結果

(1)取 15 cc.水樣依序加入 10, 9, 8 …… 0 cc. 的明礬飽和溶液，再分別加入蒸餾水至溶液總體積為 25 cc.攪拌之，待數分鐘後，再依照前述溴化汞染色法檢驗，結果如甲表。

甲 表

第一次實驗	加明礬量	含砷量(P.P.M.)	加明礬量	含砷量(P.P.M.)
	不加	0.50	加 6.0 cc.	0.46
	加 2.0 cc.	0.49	加 7.0 cc.	0.46
	加 3.0 cc.	0.49	加 8.0 cc.	0.45
	加 4.0 cc.	0.48	加 9.0 cc.	0.45
	加 5.0 cc.	0.47	加 10.0 cc.	0.44
第二次實驗	加明礬量	含砷量(P.P.M.)	加明礬量	含砷量(P.P.M.)
	不加	0.50	加 6.0 cc.	0.46
	加 2.0 cc.	0.49	加 7.0 cc.	0.45
	加 3.0 cc.	0.48	加 8.0 cc.	0.45
	加 4.0 cc.	0.47	加 9.0 cc.	0.44
	加 5.0 cc.	0.47	加 10.0 cc.	0.44
平均值	加明礬量	含砷量(P.P.M.)	加明礬量	含砷量(P.P.M.)
	不加	0.50	加 6.0 cc.	0.46
	加 2.0 cc.	0.49	加 7.0 cc.	0.46
	加 3.0 cc.	0.49	加 8.0 cc.	0.45
	加 4.0 cc.	0.48	加 9.0 cc.	0.44
	加 5.0 cc.	0.47	加 10.0 cc.	0.44

水樣中加入明礬溶液後含砷降低之圖形



(2)取 15 cc.水樣依序加入 10,9,8 ..... 0 cc.之  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  飽和溶液，再分別加入蒸餾水至溶液總體積為 25 cc.，攪拌待數分鐘後，再過濾，然後依照溴化汞染色法檢驗之，結果如乙表。

乙 表

第一次實驗	加 $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$ 量	含砷量 (P.P.M.)	加 $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$ 量	含砷量 (P.P.M.)
	不加	0.50	加 6.0 cc.	0.19
	加 2.0 cc.	0.50	加 7.0 cc.	0.14
	加 3.0 cc.	0.43	加 8.0 cc.	0.10
	加 4.0 cc.	0.38	加 9.0 cc.	0.05
	加 5.0 cc.	0.27	加 10.0 cc.	0.01

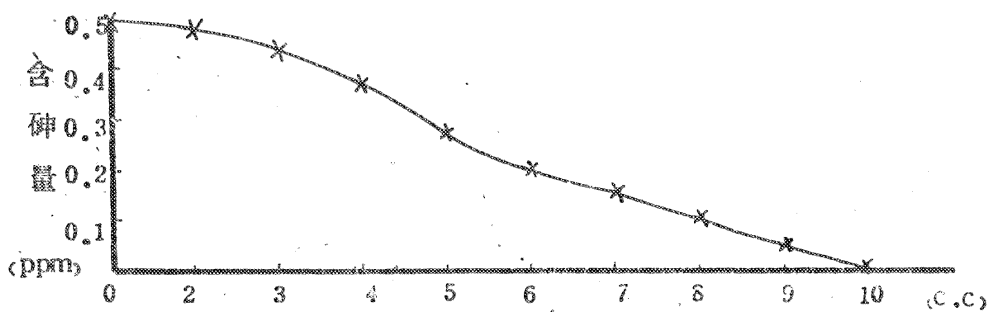
  

第二次實驗	加 $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$ 量	含砷量 (P.P.M.)	加 $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$ 量	含砷量 (P.P.M.)
	不加	0.50	加 6.0 cc.	0.21
	加 2.0 cc.	0.49	加 7.0 cc.	0.15
	加 3.0 cc.	0.43	加 8.0 cc.	0.09
	加 4.0 cc.	0.36	加 9.0 cc.	0.05
	加 5.0 cc.	0.26	加 10.0 cc.	0.01

平均值	加 $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$ 量	含砷量 (P.P.M.)	加 $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq})$ 量	含砷量 (P.P.M.)
	不加	0.50	加 6.0 cc.	0.20
	加 2.0 cc.	0.49	加 7.0 cc.	0.15
	加 3.0 cc.	0.43	加 8.0 cc.	0.10
	加 4.0 cc.	0.37	加 9.0 cc.	0.05
	加 5.0 cc.	0.27	加 10.0 cc.	0.01

水樣中加入  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  溶液後含砷降低之圖形

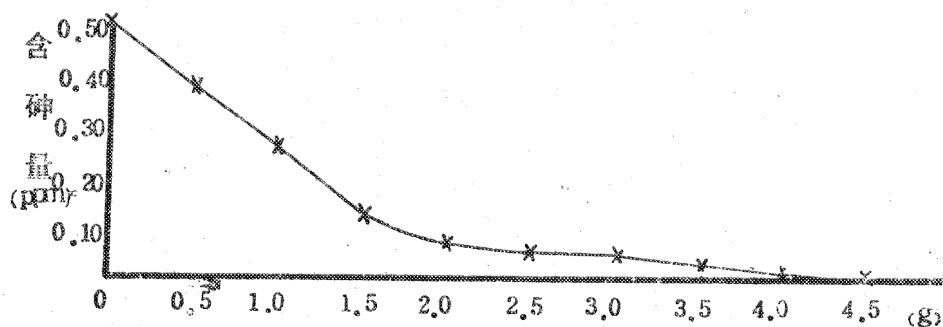


(3)因 $Mg(OH)_2$  溶解度甚小，故改用不同量之固體粉末  
 $Mg(OH)_2$  投入定量水樣中，充分攪拌，待數分鐘後，過濾  
 并檢驗其除砷效果，結果如丙表。

丙 表

第一次實驗	加 $Mg(OH)_2$ (g)量	含砷量 (P.P.M.)	加 $Mg(OH)_2$ (g)量	含砷量 (P.P.M.)
	不加	0.50	加 2.5 g	0.05
加 0.5 g	0.38	加 3.0 g	0.04	
加 1.0 g	0.25	加 3.5 g	0.02	
加 1.5 g	0.12	加 4.0 g	0.01	
加 2.0 g	0.07	加 4.5 g	0.00	
0				
第二次實驗	加 $Mg(OH)_2$ (g)量	含砷量 (P.P.M.)	加 $Mg(OH)_2$ (g)量	含砷量 (P.P.M.)
	不加	0.50	加 2.5 g	0.05
加 0.5 g	0.36	加 3.0 g	0.04	
加 1.0 g	0.26	加 3.5 g	0.02	
加 1.5 g	0.11	加 4.0 g	0.02	
加 2.0 g	0.05	加 4.5 g	0.00	
0				
平均	加 $Mg(OH)_2$ (g)量	含砷量 (P.P.M.)	加 $Mg(OH)_2$ (g)量	含砷量 (P.P.M.)
	不加	0.50	加 2.5 g	0.05
加 0.5 g	0.37	加 3.0 g	0.04	
加 1.0 g	0.26	加 3.5 g	0.02	
加 1.5 g	0.12	加 4.0 g	0.01	
加 2.0 g	0.06	加 4.5 g	0.00	

水樣中加入 $Mg(OH)_2$ 後含砷降低之圖形



(4)  $\text{CaCO}_3$  之溶解度亦甚小，故亦使用(3)之方法，以不同量固體粉末加入定量水中，檢驗其效果，結果如丁表(1)。

丁 表 (1)

第一次實驗	加 $\text{CaCO}_3(s)$ 量	含砷量 (P.P.M.)	加 $\text{CaCO}_3(s)$ 量	含砷量 (P.P.M.)
	不加	0.50	加 2.5 加	0.36
	加 0.5 g	0.49	加 3.0 g	0.35
	加 0.0 g	0.43	加 3.5 g	0.33
	加 0.5 g	0.38	加 4.0 g	0.32
	加 0.0 g	0.37	加 4.5 g	0.30

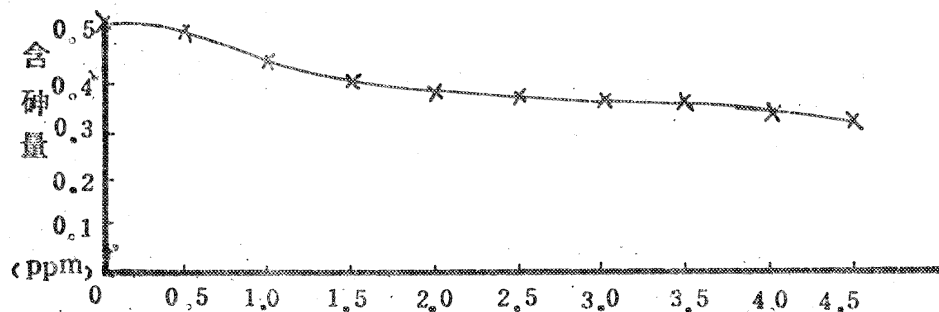
  

第二次實驗	加 $\text{CaCO}_3(s)$ 量	含砷量 (P.P.M.)	加 $\text{CaCO}_3(s)$ 量	含砷量 (P.P.M.)
	不加	0.50	加 2.5 加	0.36
	加 0.5 g	0.48	加 3.0 g	0.35
	加 1.0 g	0.41	加 3.5 g	0.35
	加 1.5 g	0.39	加 4.0 g	0.33
	加 2.0 g	0.38	加 4.5 g	0.29

平均 值	加 $\text{CaCO}_3(s)$ 量	含砷量 (P.P.M.)	加 $\text{CaCO}_3(s)$ 量	含砷量 (P.P.M.)
	不加	0.50	加 2.5 加	0.36
	加 0.5 g	0.49	加 3.0 g	0.35
	加 1.0 g	0.42	加 3.5 g	0.34
	加 1.5 g	0.39	加 4.0 g	0.32
	加 2.0 g	0.37	加 4.5 g	0.30

含砷量大的水樣中加入  $\text{CaCO}_3(s)$  後含砷降低之圖形

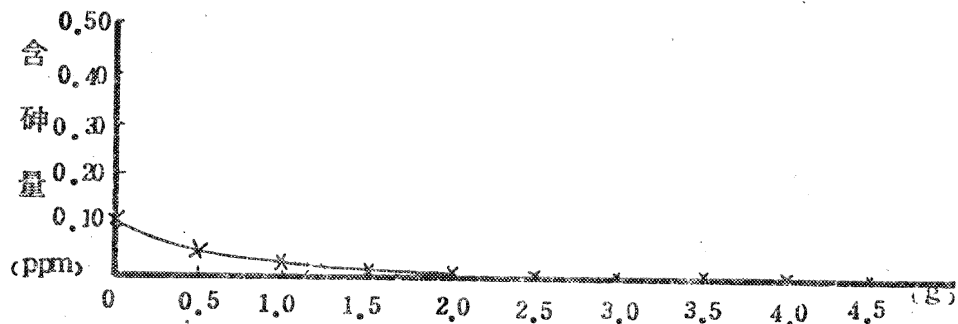


因  $\text{CaCO}_3$  雖有除砷效果，但僅能除去少量，故再以含砷量較少之水樣檢驗，得結果如丁表(2)。

丁 表 (2)

第一次實驗	加 $\text{CaCO}_3(s)$ 量	含砷量 (P.P.M.)	加 $\text{CaCO}_3(s)$ 量	含砷量 (P.P.M.)
	不加	0.10	加 2.5 g	0.01
	加 0.5 g	0.05	加 3.0 g	0.01
	加 1.0 g	0.03	加 3.5 g	微量
	加 1.5 g	0.02	加 4.0 g	0.00
	加 2.0 g	0.01	加 4.5 g	0.00
第一次實驗	加 $\text{CaCO}_3(s)$ 量	含砷量 (P.P.M.)	加 $\text{CaCO}_3(s)$ 量	含砷量 (P.P.M.)
	不加	0.10	加 2.5 g	0.01
	加 0.5 g	0.04	加 3.0 g	微量
	加 1.0 g	0.03	加 3.5 g	微量
	加 1.5 g	0.02	加 4.0 g	0.00
	加 2.0 g	0.01	加 4.5 g	0.00
平均值	加 $\text{CaCO}_3(s)$ 量	含砷量 (P.P.M.)	加 $\text{CaCO}_3(s)$ 量	含砷量 (P.P.M.)
	不加	0.10	加 2.5 g	0.01
	加 0.5 g	0.05	加 3.0 g	微量
	加 1.0 g	0.03	加 3.5 g	微量
	加 1.5 g	0.02	加 4.0 g	0.00
	加 2.0 g	0.01	加 4.5 g	0.00

含砷量較少的水樣中加入  $\text{CaCO}_3$  後含砷降低之圖形

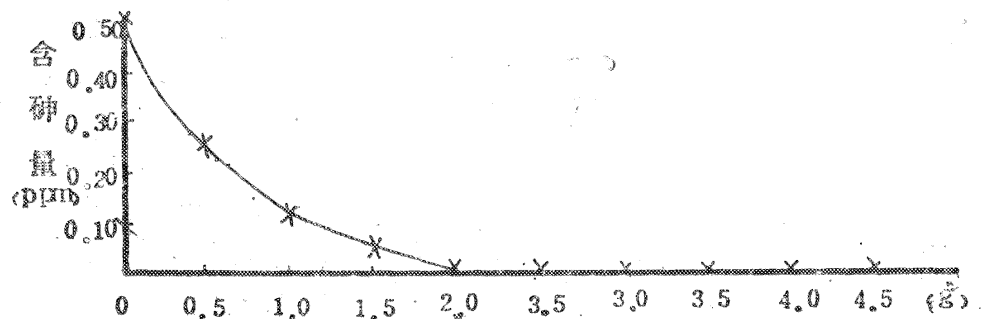


(5)根據乙表得知， $\text{Ca}(\text{OH})_2$  飽和溶液之除砷效果良好，故再採用粉末  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，重覆實驗(3)之方法，結果如戊表。

戊 表

第一次實驗	加 $\text{Ca}(\text{OH})_{2(s)}$ 量	含砷量 (P.P.M.)	加 $\text{Ca}(\text{OH})_{2(s)}$ 量	含砷量 (P.P.M.)
	不加	0.50	加 2.5 g	0.00
	加 0.5 g	0.27	加 3.0 g	0.00
	加 1.0 g	0.12	加 3.5 g	0.00
	加 1.5 g	0.06	加 4.0 g	0.00
	加 2.0 g	微量	加 4.5 g	0.00
第二次實驗	加 $\text{Ca}(\text{OH})_{2(s)}$ 量	含砷量 (P.P.M.)	加 $\text{Ca}(\text{OH})_{2(s)}$ 量	含砷量 (P.P.M.)
	加 0	0.50	加 2.5 g	微量
	加 0.5 g	0.26	加 3.0 g	0.00
	加 1.0 g	0.12	加 3.5 g	0.00
	加 1.5 g	0.05	加 4.0 g	0.00
	加 2.0 g	0.01	加 4.5 g	0.00
平均值	加 $\text{Ca}(\text{OH})_{2(s)}$ 量	含砷量 (P.P.M.)	加 $\text{Ca}(\text{OH})_{2(s)}$ 量	含砷量 (P.P.M.)
	不加	0.50	加 2.5 g	0.00
	加 0.5 g	0.26	加 3.0 g	0.00
	加 1.0 g	0.12	加 3.5 g	0.00
	加 1.5 g	0.05	加 4.0 g	0.00
	加 2.0 g	微量	加 4.5 g	0.00

水樣中加入  $\text{Ca}(\text{OH})_{2(s)}$  後含砷降低之圖形



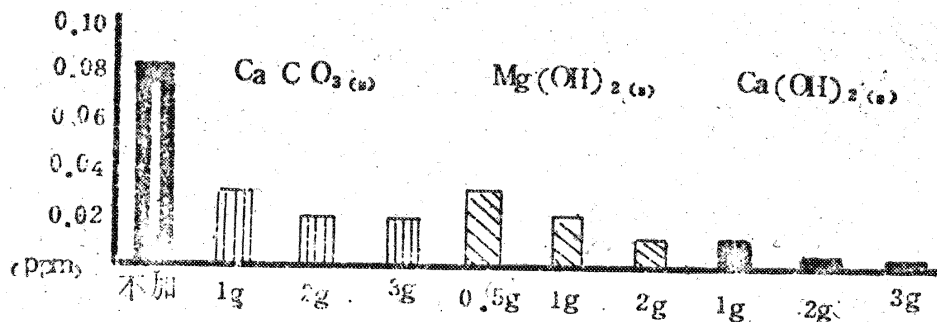


(6)以本實驗結果所得方法，用省立宜中地下水作實驗，試驗其效果，結果如己表。

己 表

第二次實驗	藥品及用量	含砷量(P.P.M.)	藥品及用量	含砷量(P.P.M.)
	加CaCO <sub>3(s)</sub> 1g	0.03	加Mg(OH) <sub>2(s)</sub> 2g	0.01
	加CaCO <sub>3(s)</sub> 2g	0.02	加Ca(OH) <sub>2(s)</sub> 1g	微量
	加CaCO <sub>3(s)</sub> 3g	0.02	加Ca(OH) <sub>2(s)</sub> 2g	微量
	加Mg(OH) <sub>2(s)</sub> 0.5g	0.02	加Ca(OH) <sub>2(s)</sub> 3g	微量
	加Mg(OH) <sub>2(s)</sub> 1g	0.01	不加	0.08
第一次實驗	藥品及用量	含砷量(P.P.M.)	藥品及用量	含砷量(P.P.M.)
	加CaCO <sub>3(s)</sub> 1g	0.03	加Mg(OH) <sub>2(s)</sub> 2g	0.01
	加CaCO <sub>3(s)</sub> 2g	0.03	加Ca(OH) <sub>2(s)</sub> 1g	0.01
	加CaCO <sub>3(s)</sub> 3g	0.02	加Ca(OH) <sub>2(s)</sub> 2g	微量
	加Mg(OH) <sub>2(s)</sub> 0.5g	0.03	加Ca(OH) <sub>2(s)</sub> 3g	微量
	加Mg(OH) <sub>2(s)</sub> 1g	0.02	不加	0.08
平均值	藥品及用量	含砷量(P.P.M.)	藥品及用量	含砷量(P.P.M.)
	加CaCO <sub>3(s)</sub> 1g	0.03	加Mg(OH) <sub>2(s)</sub> 2g	0.01
	加CaCO <sub>3(s)</sub> 2g	0.02	加Ca(OH) <sub>2(s)</sub> 1g	0.01
	加CaCO <sub>3(s)</sub> 3g	0.02	加Ca(OH) <sub>2(s)</sub> 2g	微量
	加Mg(OH) <sub>2(s)</sub> 0.5g	0.03	加Ca(OH) <sub>2(s)</sub> 3g	微量
	加Mg(OH) <sub>2(s)</sub> 1g	0.02	不加	0.08

宜中地下水加入各種試劑後，含砷量降低之圖形



## 2. 研究：

- (1) 根據實驗結果，明礬的除砷的效果不佳，且水質呈酸性，不宜使用。
- (2) 根據實驗(2)(5)用  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  之除砷效果極為良好，但水質呈鹼性，而依照實驗結果，加過量  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  於水樣中，沉澱過濾後（居民可用過濾槽）其 pH 值極為相近，故可用分析用 HCl 中和之，又根據計算和實驗測定後得知 1000g 水中加入 2g  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  沈澱過濾後，再以分析用 1M, 30cc. HCl 中和之，水質即接近中性。
- (3) 實驗(2)方法，除砷效果雖好，但手續繁雜，故若非該地區含砷量極高或含砷區域極廣，無法設立簡易抽水站或自來水設施時，不宜採用。
- (4) 根據實驗(3)之方法， $\text{Mg}(\text{OH})_2$  除砷效果亦甚良好，雖然其除砷效果略遜於  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，但其水質僅呈極微弱之鹼性，其 pH 值在飲用水安全範圍（6 ~ 9）內且根據實驗結果 1000 g  $\text{H}_2\text{O}$  中僅約加入 2.5 g 之  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  即可將含砷量減低至標準範圍之內故實用價值較大。
- (5) 根據實驗(4)結果  $\text{CaCO}_3$  雖然亦能除砷且  $\text{CaCO}_3$  容易取得，處理後的水質也更接近中性，但效果不彰，僅能適用於含砷量較低的水質中（0.1 P.P.M. 以內）
- (6) 根據實驗(6)結果，完全如預料，由於宜中地下水含砷為 0.08 P.P.M. 故  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ， $\text{Mg}(\text{OH})_2$  並不須達到預期之用量即能除去其中含砷，而  $\text{CaCO}_3$  效果雖未能如前二者之佳，但亦能將水中含砷降低至安全標準內。

## 九、結論：

- 1 砷之吸收至體內可能係由食用噴射含砷農藥之蔬菜或水菓，飲用含砷甚高之飲料水，吸入含砷化合物之灰塵，服用含砷藥品等等，不過無論吸收游離砷或砷化合物，過多時對人體總是有害的，而且砷之排泄極慢，需經過幾年始能完全排泄，故大部分的砷都積貯於體內。

2. 據本省衛生局所訂飲水含砷標準不得超過 0.05 P.P.M.，而蘭陽地區地下水井含砷超過標準約佔 24 %，可見蘭陽地區地下水含砷頗為嚴重，又其中礁溪、冬山、壯圍地區地下水含砷的情形較其他鄉鎮更為嚴重，值得公共衛生當局重視。
3. 地下水含砷區域似呈帶狀或區域分佈，而非遍及全區，所以建議公共衛生機構能確定含砷區域的範圍，而能在含砷分佈區域之外（無含砷的區域）設立抽水站，以解決居民之飲水。
4. 水中若含砷，可用本實驗的方法減低，由實驗知除去砷的效果均能達到預期的目標。在某些地區，由於無法設置自來水裝置，可參考利用本實驗的原理來減低水中的含砷量，使其符合飲用水之標準。
5. 一般說來，明礬有澄清污水的作用，然而在除去砷的方面，卻無顯著的效果，而且耗費甚多，不符實用。
6. 水中含砷量如在 0.1 P.P.M. 以內，以使用  $\text{CaCO}_3$  最佳，如在 0.1 ~ 0.4 P.P.M. 之間，則以  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  為佳，超過 0.4 P.P.M. 以上，就必須使用  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，方有較佳的效果。

#### 十、參考資料：

1. 標準水質檢驗法（台灣省環境衛生實驗所印行）
2. 最新化學（遠東圖書公司）
3. 大學化學（大中國圖書公司）
4. 烏腳病之診斷、治療與預迎（台灣大學曾文賓教授）

評語：實驗計劃步驟數值的處理都很好，以科學方法探討鄉土問題，值得鼓勵，砷的除去法應可改進，如能以分光光度法或其他微量分析比較更為完美。