

降水中の化学成分と大気汚染について（第一報）

岡 本 夏 男 *

CHEMICAL CONSTITUENTS IN RAIN WATERS AND AIR POLLUTION, [PART I]

Natsuo OKAMOTO *

The author has determined the chemical constituents in rain waters since 1940.

The chemical constituents are given in this paper. Especially, the changes of PH values and of the concentrations of sulphate, nitrite and ammonium ions in rain waters with time are discussed in view of air pollution.

1) 緒 言

神戸海洋気象台に於て 1937 年（昭和12年）より 1962 年（昭和 37 年）まで降水中の化学成分の測定を各降水毎に殆んど欠かさず測定して来た。その間昭和 20 年の空襲で観測不能の時以外は総て観測が続けられて来ている。亦時により大気中の夾雑成分を、海洋観測船春風丸上に於て夫々測定を行った。之等に付いて松平、加藤、矢吹等の諸氏がその一部を報告され引用されて来ているが著者は此の永年の観測資料を総合し違った見地より調査研究し併せて現在問題になっている大気汚染との関連についての調査結果を報告する。

此の第一報に於ては都合により 1940 年（昭和 13 年）より 1955 年（昭和 30 年）の間の資料に付て統計しその変動の状態と推察される大気汚染との関係及び参考資料として一降水を小分割して測定した場合の資料とを併せて、降水中に大気汚染物質の溶解する問題に付いて気付いた点を報告する。

2) 採水及び分板方法

採水は露場の真中に直径約 26cm の硝子製ロートを受水器として降水の始まる時受水器を蒸溜水を以て洗滌した後採水する様心掛け採水した水は試水 50 cc を取り下記の分析方法により 24 時間以内に pH SO_4 , SNO_2 , NNH_4 , NCl の各イオンを分析した。亦小分割採水の場合は一辺約 60cm の角型受水器の下に 100cc の三角コルベンを置き試水が 100cc になる毎に次のコルベンに置き換えて採水した。

(イ) pH の測定 B.C.G. 或は B.C.P. を指示薬として標準色と比色して測定

(ロ) SO_4 の定量 粥状クローム酸バリウムの 10cc を試水に加え煮沸して遊離するクローム酸の上澄液を純クローム酸溶液の標準液で比色分析を行う。

(ハ) NO_2 塩の定量 G.R. 試薬を使用し純亜硝酸加里溶液を標準液として比色分析を行う。

(ニ) 塩素の定量 N/100 の硝酸銀溶液を用いクローム酸加里飽和液を指示薬として滴定。此の際 N/100 塩化ソーダ液を試水に予め混入して滴定終止点を判然とさせる方法を用いる。

* 中部工業大学 教授

(ホ) 遊離アンモニアの定量 ネスラー試薬を用い標準液として純塩化アンモニウム液を用いて比色分析を行う。

3) 降水中の各成分の終年変化について

前記の方法により測定された各降水中の成分濃度を年毎に平均した値を 1940 年より 1955 年の 15 年間に付いて図示した物を Fig.1.a~Fig.1.e に示す。

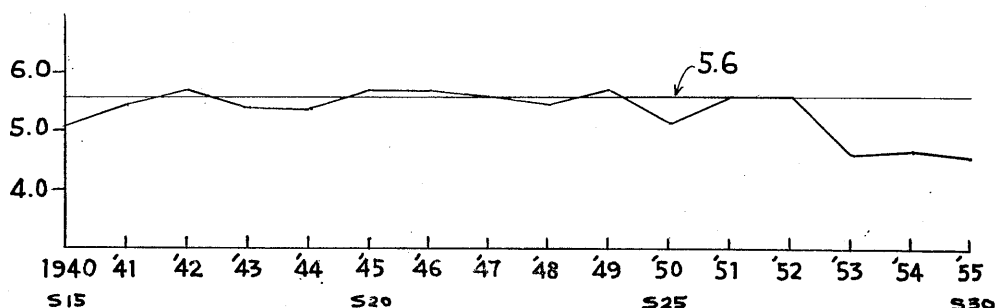
平均値の取方として

$\overline{PH}$ については $\overline{PH} = -\log(\sum m \times 10^{-PH}) + \log \sum m$ なる計算により行なった。但し式中 m は降水量を示す。

各成分に付いては降水量による加重平均を行なった。

$$\text{即ち} \quad \overline{P} = \frac{\sum Pm}{\sum m} \quad \begin{array}{l} P: \text{各成分濃度 mg/}\ell \\ m: \text{降水量 mm} \end{array}$$

イ) PH の変動 Fig.1—a に示される様に PH は 1940 年より 1944 年にかけて低い値を示しているが終戦時の 1945 年 (昭和 20 年) より比較的高い値が続き 1952 年 (昭和 27 年) 以降急に低い値を示している。但し、1942 年及び 1950 年の各年は此の傾向には当てはまらない年であるが、全体として上述の傾向を示すと考えてよいと思われる。



$$\left. \begin{array}{l} \overline{PH} = -\log(\sum m \times 10^{-PH}) + \log \sum m \\ \overline{P} = \frac{\sum Pm}{\sum m} \end{array} \right\} m: \text{降水量}$$

Fig. 1—a pH, 平均値の変動 (1940年~1955年)

処で一般に純水の pH は一気圧 25°C に於て炭酸ガスが飽和された場合理論上 5.7 の値を示す筈である。即ち 5.7 より低い pH 値の水は何か別の強酸を含有する事になり、逆に高い場合はアルカリ性物質を共溶している筈である。

三宅氏は降水中の pH 値は雨水中の硫酸とアムモニアの濃度差により決定されるとされ、³⁾ その関係式を次式で与えられている。

$$pH = -\log(S - N) + A \quad \begin{array}{l} S: \text{SO}_4\text{-S のモル当量} \\ N: \text{NH}_4\text{-N のモル当量} \\ A: \text{常数} = 3 \end{array}$$

亦 Barrett & Brodine の研究⁴⁾ によればスウェーデンに於ける降水の pH 値の分布は海岸地帯と工業地域に於て、低い値を示し、工業地帯の pH 値の低いのは燃料の使用が多いためであり海岸

地帯はオゾンの影響であると報告されている。

三宅氏の報告によれば都市別の pH 値の差は大都会工業地帯に低くなる事を指摘されている,⁵⁾ 等の事柄は工場或は暖房等の為の燃焼排ガス中の SO_3 又は SO_2 の影響と考えられる。 SO_2 ガスは大气中で或は雨水中で酸化され SO_3 となるであろうがその過程に付いては今後の研究課題であると思う。

此の様な事と pH 値の変化の推移を我国の工業の盛衰とを併せ考えると終戦前と終戦後及最近の工業の隆盛とを考えると、一応その変動に意味がある事と推察される。

ロ) SO_3 量の変化について Fig.1-b に示される様に降水中の $\text{SO}_3\text{-S}$ を計算し、その変化を見ても、1940 年より次第にその量は減少し終戦後 1, 2 年で低極を示し 1951 年以後急上昇している。

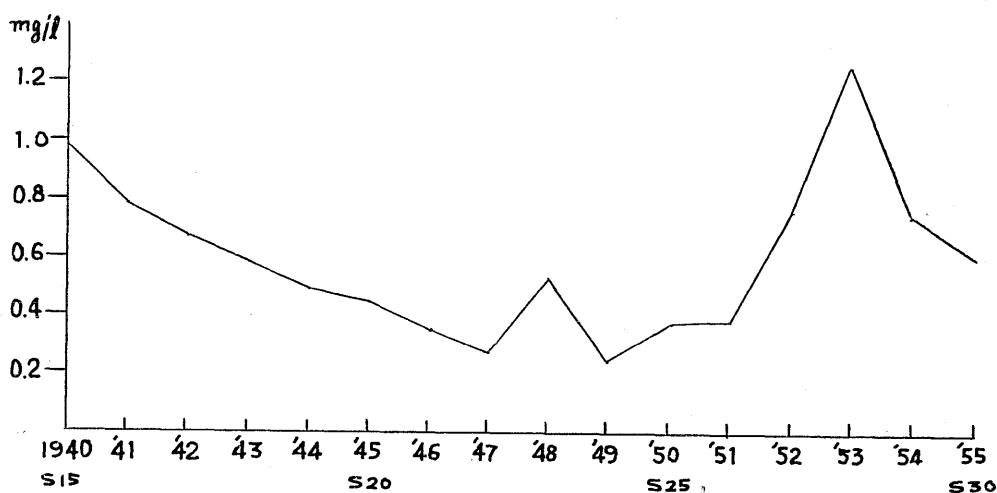


Fig. 1-b $\text{SO}_3\text{-S}$, 平均値の変動 (1940年~1955年)

此の傾向は前の pH 値の場合と同じ傾向を示す物と思われる。即ち pH 値の低い年は $\text{SO}_3\text{-S}$ 量が多く、pH 値の高い年は $\text{SO}_3\text{-S}$ が低い傾向を示す。此の事は矢張り工業の盛衰を明らかに示す物と考えられる。

即ち工場その他の燃焼生成物中の SO_3 が降水中に溶解している物と考えられる。

ハ) $\text{NO}_2\text{-N}$ の変化について亜硝酸態窒素量についても Fig. 1-c に示す様に略 $\text{SO}_3\text{-S}$ の場合と同じ様な傾向を示していると見られる。但し、1945 年 (昭和20年) 終戦の年で神戸も爆撃が盛んに行われた年で観測が出来なかった為資料が少なく 3 月、5 月~10 月の間は雨量観測の資料がないため計算に入れないで平均値を取ったので此の一年だけ特異な値を示していると思われる。同じ事が $\text{SO}_3\text{-S}$ にも云えるわけであるが $\text{SO}_3\text{-S}$ の場合は順当な変化をしている。これに付いて後に検討してみる積りであるが SO_3 或は SO_2 の場合と NO_2 の場合とでは燃焼物の差による影響とも考えられる。

ニ) Cl の変化について Fig.1-d に見られる様に pH, SO_3NO_2 の場合と異なり 1945 年前後、特に 1948 年より 1951 年にかけて多量に検出されている。その傾向としても前三者と異なった傾向を示す、之はその発生源が、降水中に含有される原因が異なる原因と思わざるを得ない。降水中の Cl

量は主として海洋塩に依存する事が諸種の報告に見られる。特に台風時の雨の中には多量に含有される。之に関しては後に他の観測資料と併せて検討する。

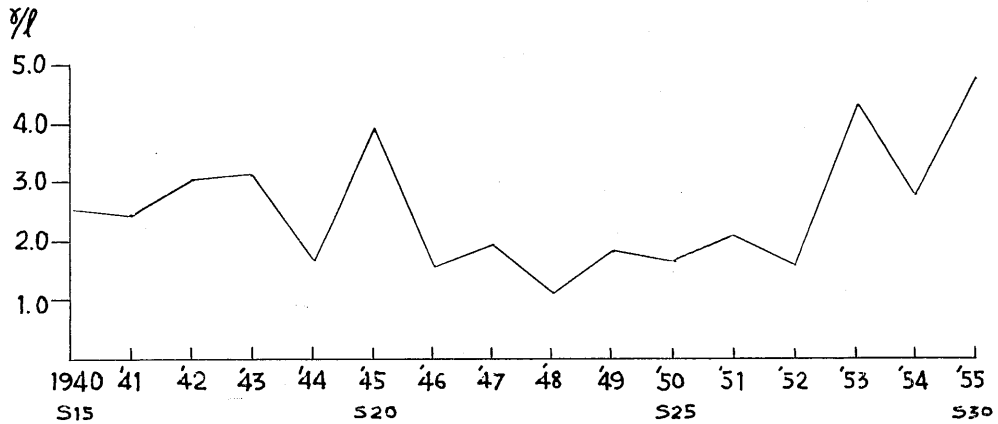


Fig. 1-c NO₂-N, 平均値の変動 (1940~1955)

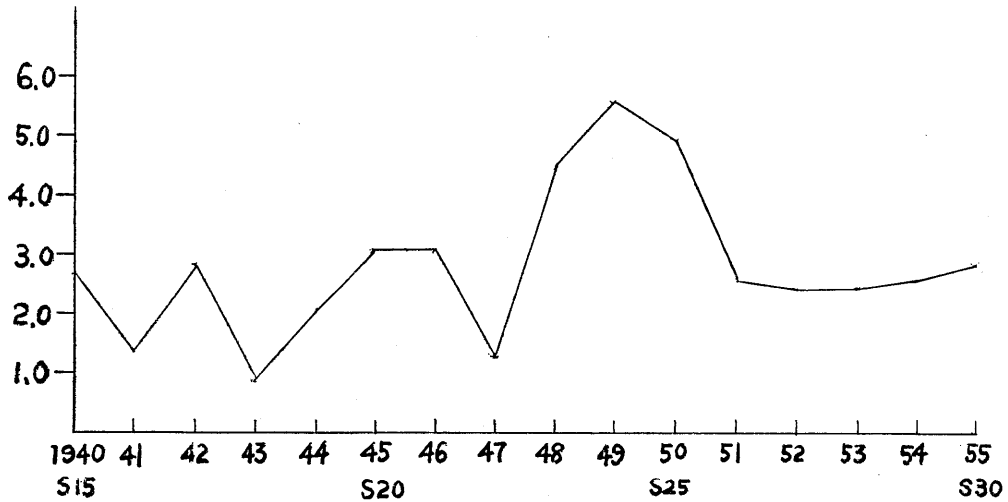


Fig. 1-d Cl⁻ 平均値の変動 (1940年~1955年)

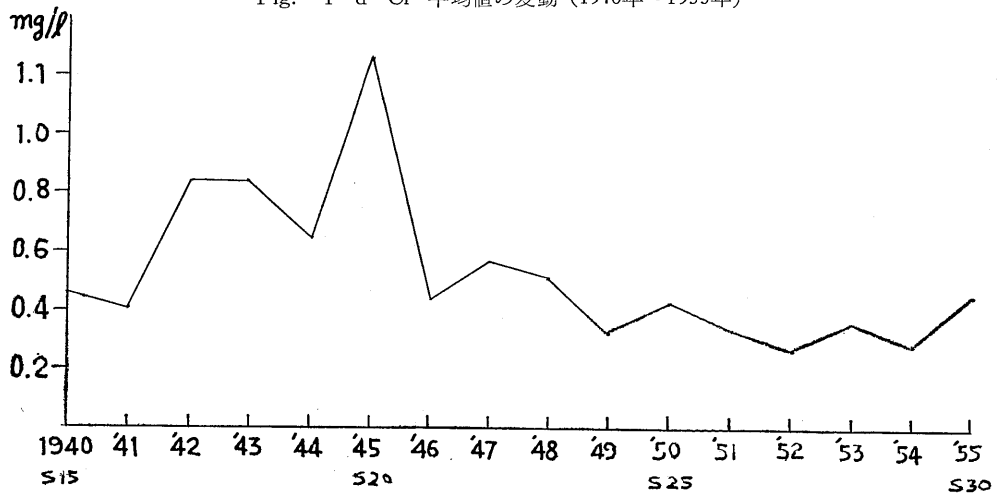


Fig. 1-e NH₄-N, 平均値の変動 (1940年~1955年)

ニ) $\text{NH}_4\text{-N}$ について Fig.1-e に示す様に 1942 年以後、終戦の翌年の 1946 年の間に平常より多量に検出されている。此の事は、工場その他に於ける燃焼物の差が大いに影響していると思うが、その他に戦時中の混乱による街の汚れによる影響等も考える必要がある。雨水中の NH_4 量は雨水中に地上の塵埃が混入する事によりその量は非常に違って来るものである。

以上 15 年間の各成分の変動の有様を接地大気の流れと関係ある物としての一応の推論を行なったものであるが勿論此の他に気象学に原因する要素も多分に含まれている事と思うので以上の資料のみで結論づける事は出来ない事である。然し一応の結論として SO_3 , NO_2 は、石炭等燃焼生成物 NH_4 も燃焼生成物と塵埃等の影響と考えられ、Cl の起源は海洋塩にあるものと考えられる。

4) 降水中の各成分の年変化 (季節変化について)

降水中の成分の経年変化は前述の様な変化をする事より燃焼生成物その他の影響であろうと推論したが之を季節変化の面より検討してみた。

前の場合と同様な平均値の取方をして、各成分毎の月平均値を求めた結果を Fig.2a~Fig.2e に示す。

之等の図を見ると SO_3 , NH_4 , NO_2 の変化は共に冬期に多く、夏期に少ない傾向を示す。特に SO_3 , NO_2 に於てその傾向が強い。参考のため三宅氏の測定された一年間の東京に於ける年変化の図も併せて掲載したが、東京に於ては SO_3 , NO_2 に付ては神戸の場合と似た変化をしているが、 NH_4 に付ては、東京は春より夏にかけて多くなっている。それで SO_3 , NO_2 に付ては、明らかに冬期に多いのは冬期の暖房と共に工場の燃焼ガスによる原因が影響している事を物語っている。 NH_4 に付いて東京と神戸とが逆の傾向を示すのは、如何なる理由によるのであろうか。神戸の場合は 15 年間の平均東京の場合は一年間の値である事、及び測定のに差ある事に原因があるのかも知れない。

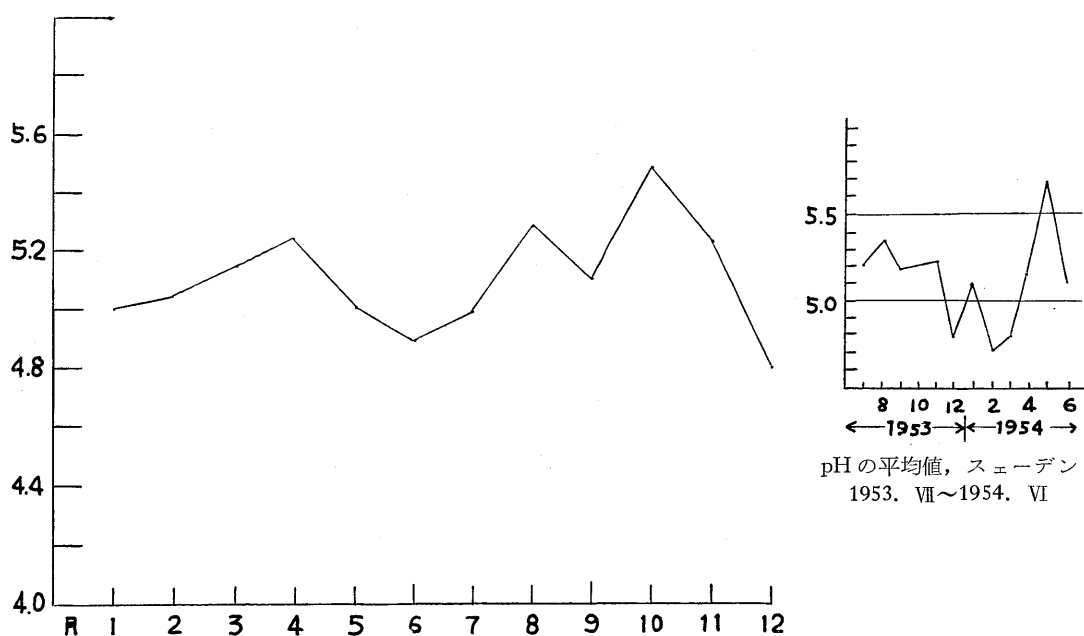
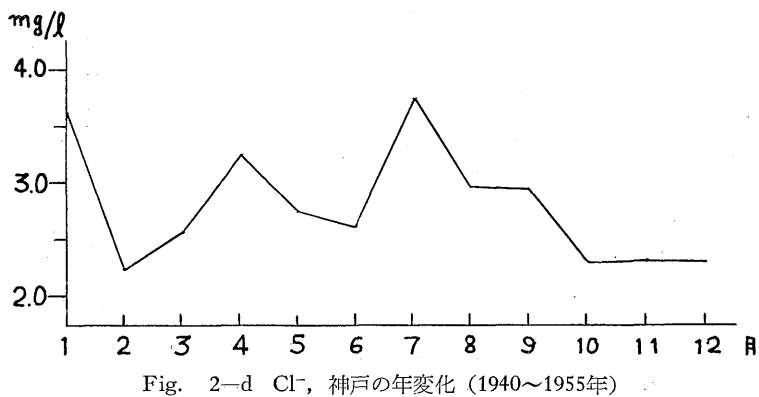
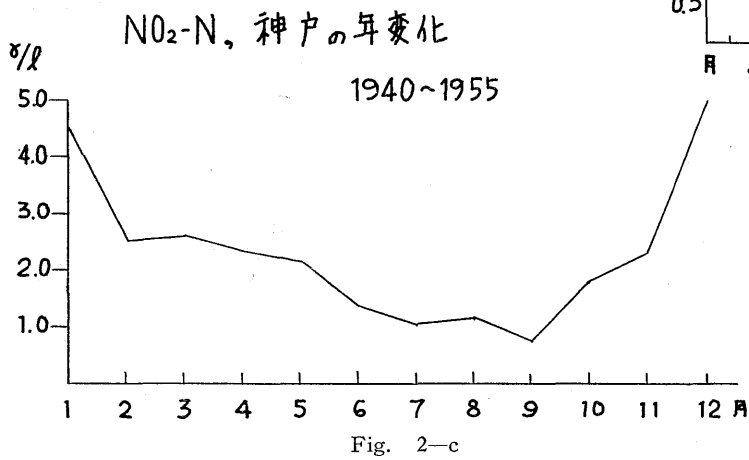
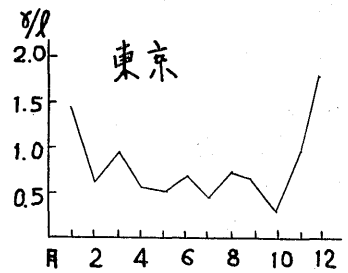
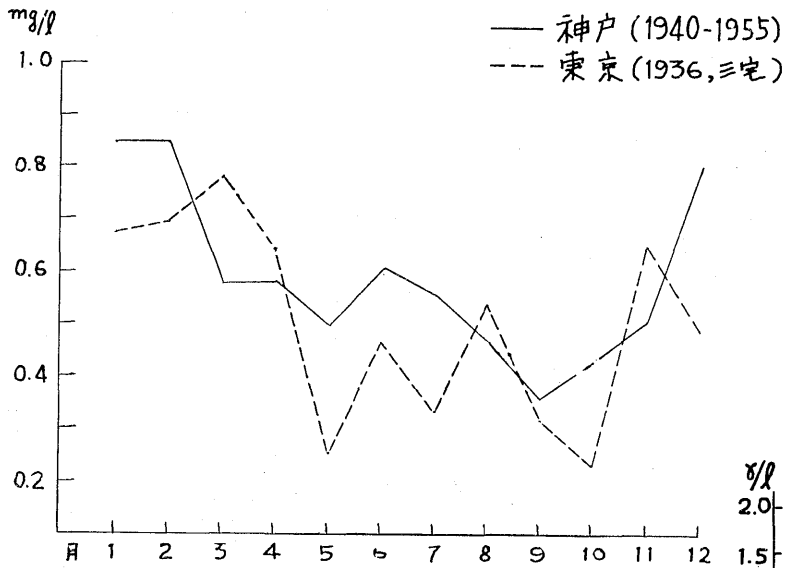


Fig. 2-a pH, 平均値の年変化 (1940年~1955年)



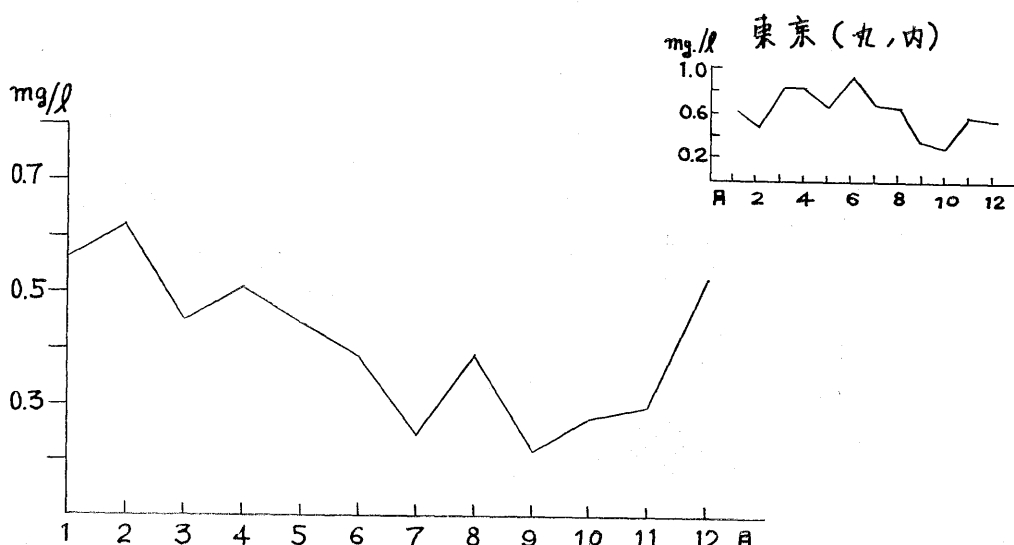


Fig. 2-e $\text{NH}_4\text{-N}$, 神戸の年変化 (1940~1955年)

pH 値に付て、年変は一見不規則に見えるが SO_3 と NH_4 の相対量を見るとその凹凸も一応うなずける変化の様にも見える。亦此の三成分即ち SO_3 , NH_4 , NO_2 に付いて、9月が共に低極を示す事は台風時の雨即ち平均して雨量の多い事にも原因がある様にも思われる。即ちその逆の場合冬期の寡雨時期に多いと云う事も一応考えられるが後に述べる様に降水中の成分濃度は降雨量には余り関係しない様である。そうすると矢張り冬期に多いのは冬期の燃焼消費量の多少に一番関係が深い様に思われる。

Cl 量の変化は他の成分と異り夏期 特に7月, 8月, 9月に多い。之に次いで4月にもピークが見られる。Cl は前にも述べた様にその起源は主として海洋塩にありとするので夏期に卓越する南寄の風に運ばれる海水飛沫 或は夏期に日本を覆う海洋性気団そのものに源因するとも考えられる。

1月に多いのは、如何なる理由によるものか検討してみたい。次に4月に多いのは春先の日本海を通る低気圧による雨が Cl の多い海洋性の気団を表日本にもたらす事が多い結果ではなかろうか。

之等個々の特徴ある現象に付いては後の機会に検討して発表する事にしてこの報告では大雑把に見た場合の傾向に付いての推論に止めておきたい。

5) 降水量と各成分濃度との関係

降水量と各成分とを両軸として、降水量に関係なく、その成分濃度をグラフ上にプロットすると、各点のばらつきがひどくその間の関係は求められない。そこで 5 mm 以下の降水量に付いてのみを拾い出して 1953 年と 1954 年の二年間に付いて、Cl に付いて調べて見ると第4図に示す様な大体綺麗な曲線が画ける。但し 5 mm 以下と云う 5 mm その物には意味がない。そこでこの場合の各成分の変化の状態を見ると SO_3 , NO_2 に付いてはその型は Fig.3 の場合と似た型をして冬期に多く夏期に少い。然し NH_4 に付いては3月, 4月の春先に特に多く冬期には比較的少い。Cl に付いては年間殆んど同じ程度で季節的な変化は見られない。その濃度については全部の雨を平均した場

合の各成分濃度に比し SO_3 を除いては高い値を示している。

之は降雨量が 5 mm 以下という条件即ち雨滴が小さいという事に源因するのか又他の気象的条件に源因するものか之等に付いて、次に述べる観測資料を考慮して、検討してみたい。

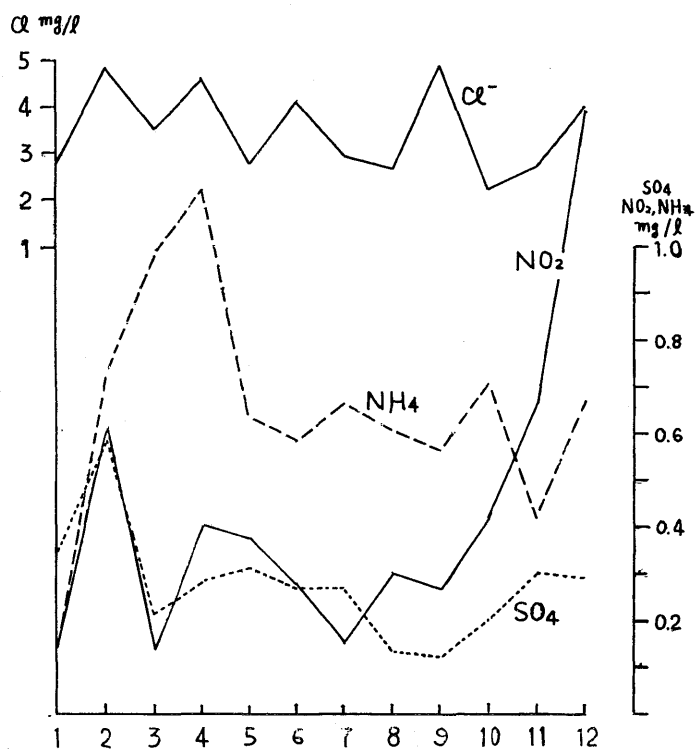


Fig. 3 降水量 5 mm 以下の状態 (1953年～1954年)

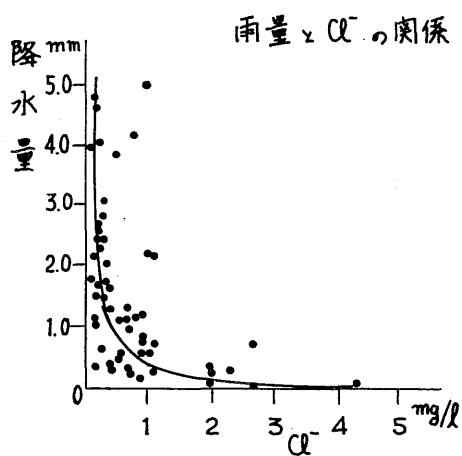


Fig. 4 雨量と Cl^- の関係

以上述べた観測資料に付いて総括して考えられる事は Cl に付いては台風等により吹き送られる洋塩海により降水中の Cl 濃度は異なり、接地大気汚染物にはその源因は無いが極微量しか影響しない。然し降水中の SO_3 、 NO_2 量に付いては接地大気汚染物による影響即ち之等汚染物を洗滌した結果が主要なる源因であり NH_4 に付いては SO_3 、 NO_2 と同様の源因の上地上の塵埃等の大気中に浮遊する事による影響も非常に多い様に思われる。

然し此等の変化が此の章で説明した 5 mm 以下の降水量の場合の Cl 量の様に降水量の少ない程多い事が総てに通用するならば必ずしも以上の推論が正しいと云う事は出来ないだろう。前に述べた様に総ての降水量については適合しない。

6) 一降雨を小分割して採水した場合について

2) に述べた様に一降雨に付いて 100cc 採水毎に分割して採水し、分析した結果を Fig.5 に示し、その時の資料を一括して巻末に示す。

此のグラフの一つの特徴は、各成分とも大小の差こそあれ降水の初めに於ては高濃度を示し中間は含有濃度は少なく、降り終り近くに濃度が高くなる。即ち上方に凹の型をなす変化をする事。次に風向と併せ考えて見る時(地上の風向)風向の変化した時各成分共多少変化をしている事、特に Cl

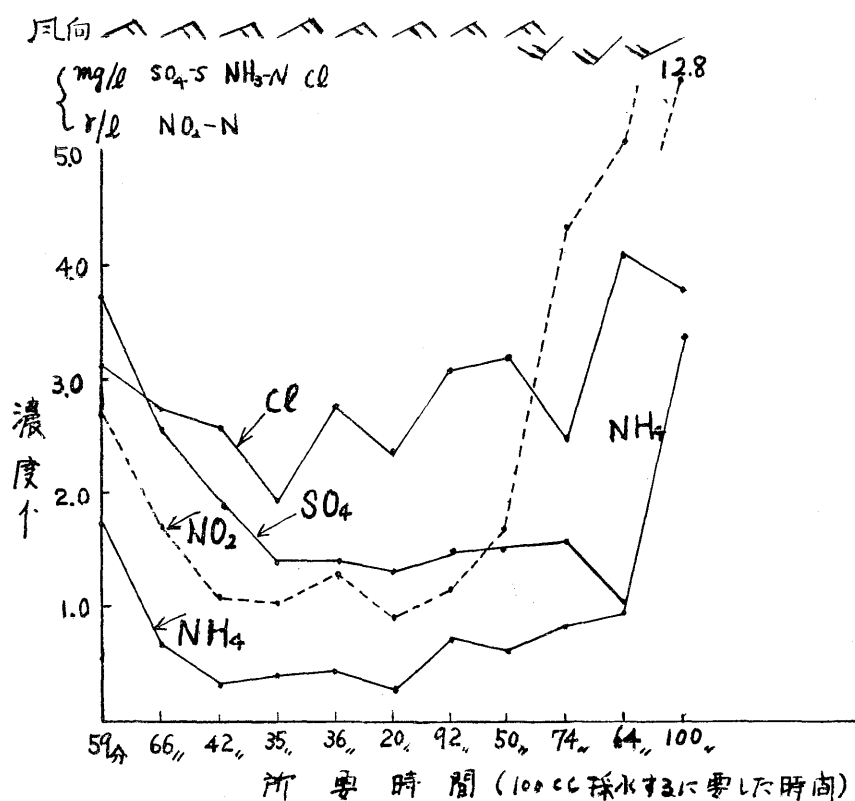


Fig. 5-1 1948年2月13日~14日の雨

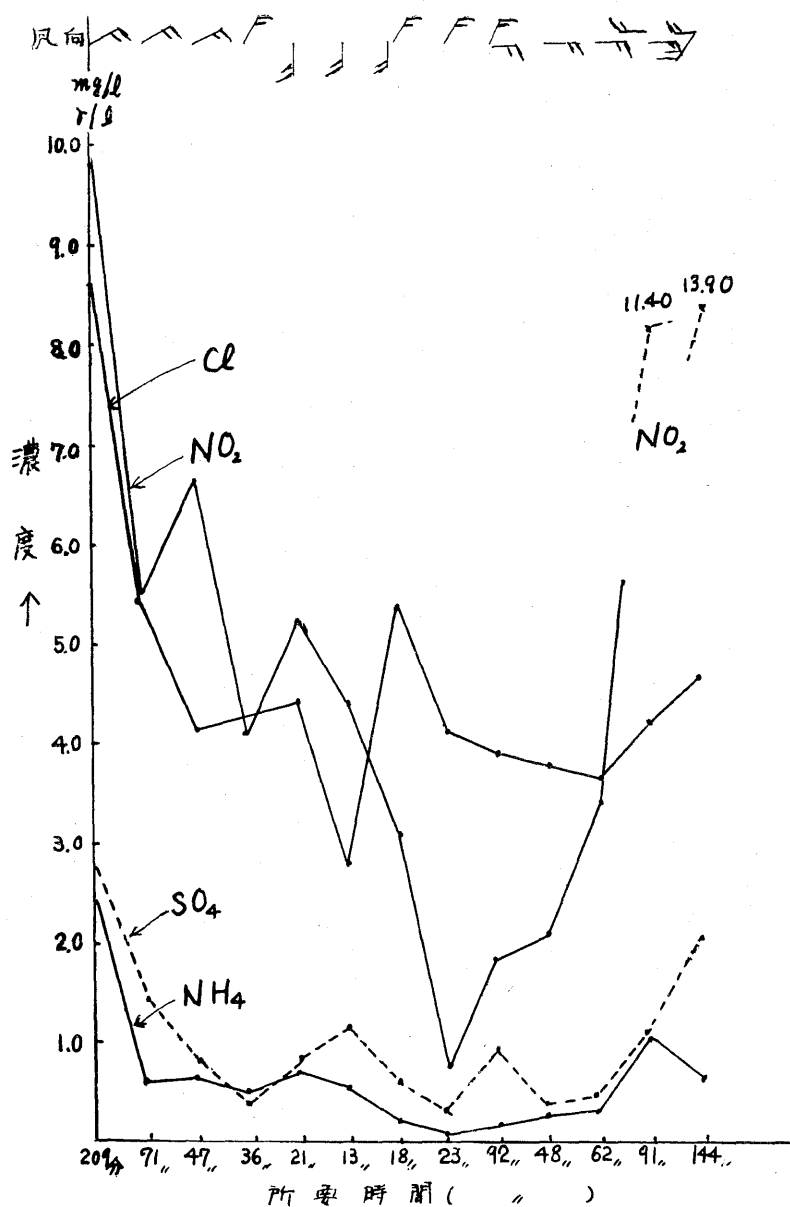


Fig. 5-2 1948年2月21日の雨

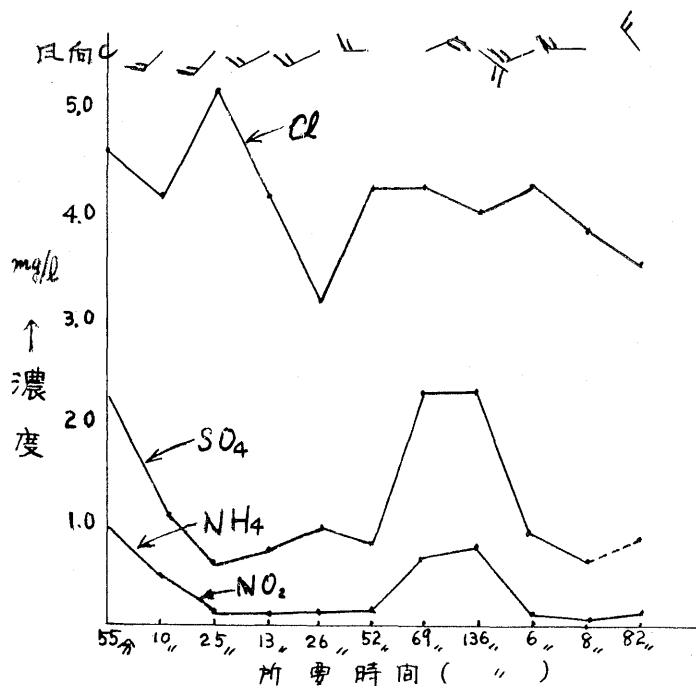


Fig. 5-3 1948年3月13日の雨

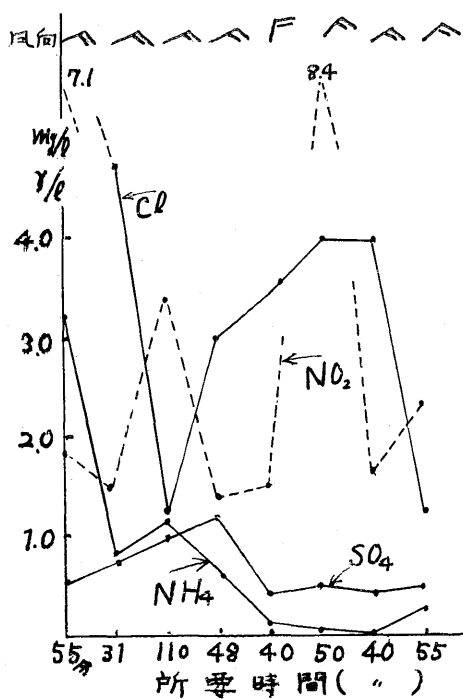


Fig. 5-4 1948年3月22日の雨

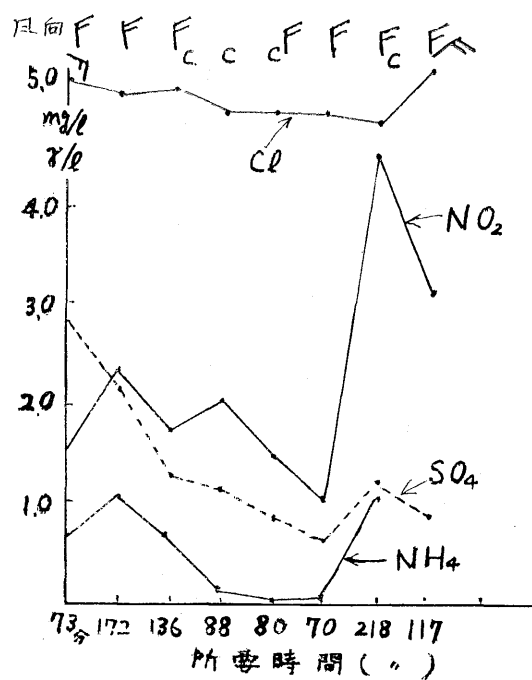


Fig. 5-5 1948年4月2日の雨

に付いては他成分より此の様な場合が多い事である。

此等の現象を検討して見ると (3) ~ (5) に述べた現象と併せ考えて降り初めに於ては接地大気が汚れている時 降雨によりそれらの汚染物が洗い落される。そして、洗い清められた後の降水中には余り各成分は含まれないが降雨の降り止む時は新しい気団の浸入が考えられるので再び降水中の成分は増加すると考えられる。一降雨中に前線が通過した場合降り始め、降り終りの現象と同じ様に気団の入替りが行われると考えられるので此の場合、一般に各降水中の成分は多くなる現象が起るのであろう。

此の分割採水の観測は 1948年 2月13日の雨から始め1949年 9月22日~23日の雨まで11回行ったその間四季別に 1, 2回の観測が行われた事になるが必ずしも最適の状件のみに限っていないので結論を出すには多少疑問も残るが以上の事は一般的通有の現象と思われる。亦 Cl 量と他成分とを比較して見ると冬期は Cl 量を示す曲線と他成分量を示す曲線とは接近しているが、 SO_3 、 NO_2 等は比較的全体に多く夏期は特に、亦春の降水に於ても Cl 量は多く、逆に SO_3 、 NO_2 量は少い事が目立つ事、風向の変化即ち不連線の通過時と思われる前後には Cl 以外の成分は増加しているが Cl 量は増加する場合も減少する場合もあり風が南寄りの時は Cl 量は多い事も一つの特徴である。

亦 100cc を採水するに要する時間即ち雨量強度とその時に相当する各成分濃度との関係は必ずし

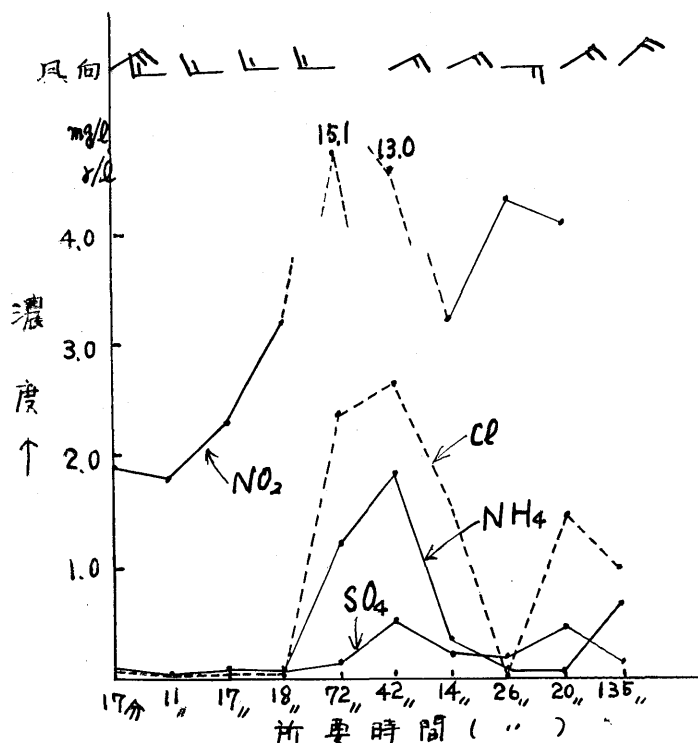


Fig. 5-6 1948年 5月13日の雨

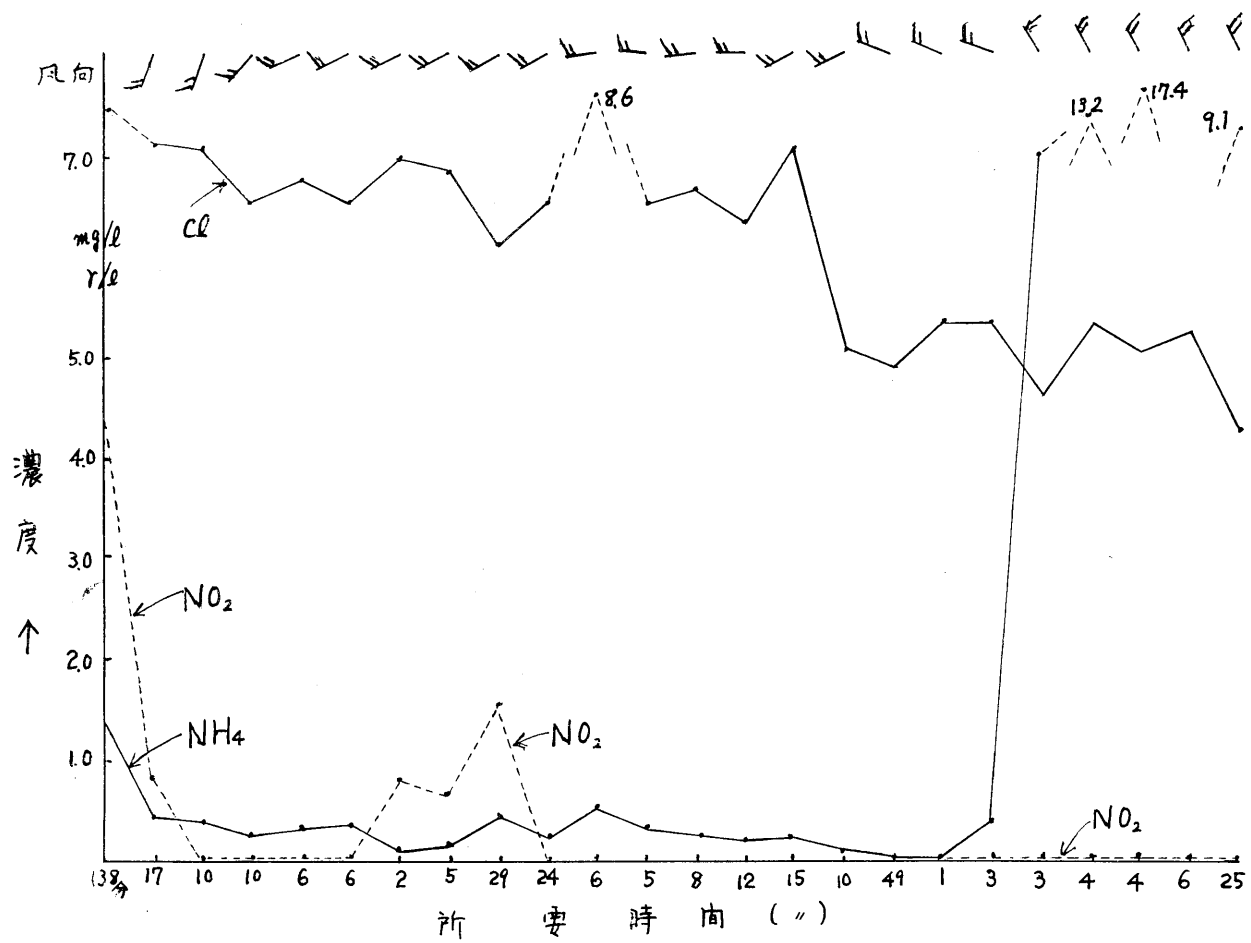


Fig. 5-7 1948年9月26日の雨

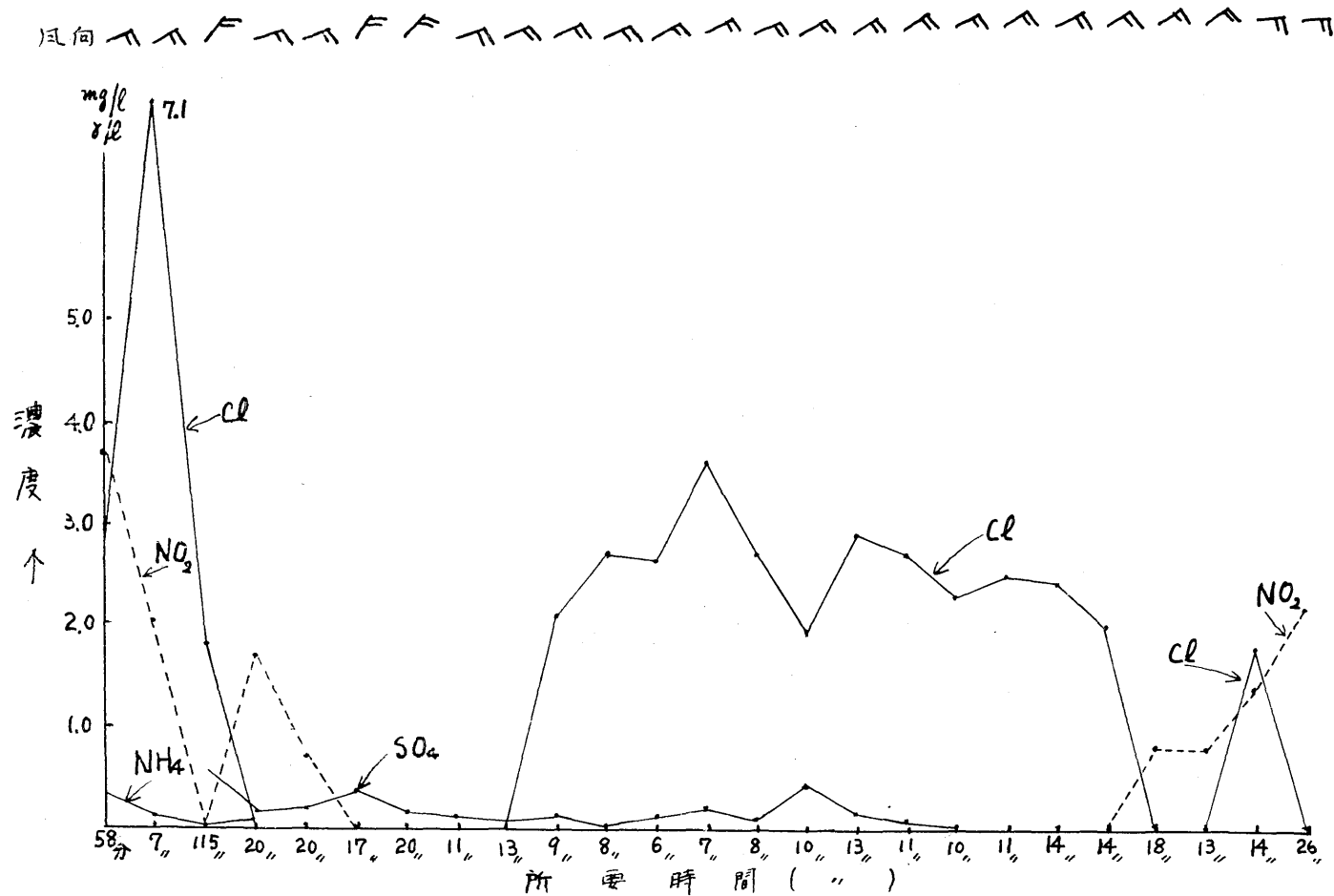


Fig. 5-8 1948年11月5日～6日の雨

も常に有意義な関係を示さない。即ち前述の 5 mm 以下の降雨に付いて降雨量と成分濃度 (Cl 量) とは正双曲線をなす事は一般に成立しない事を示す。

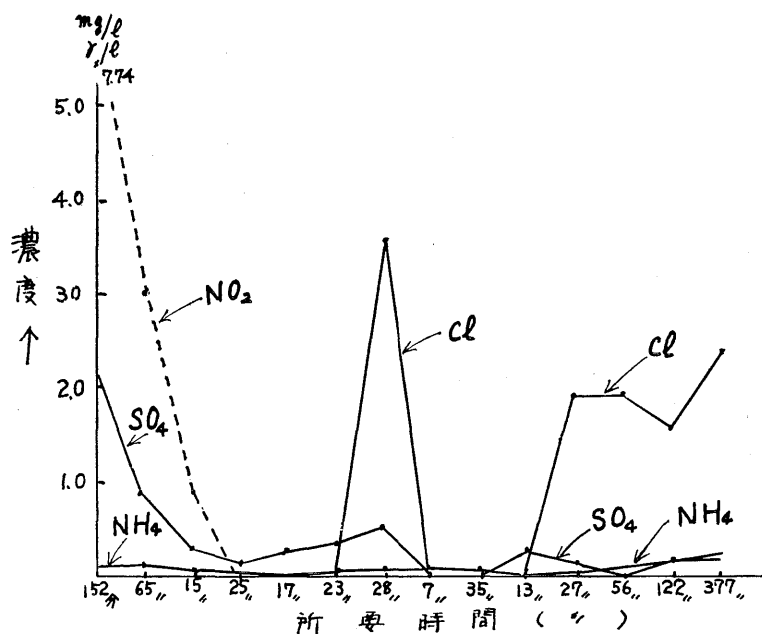


Fig. 5-9 1948年11月18日～19日の雨

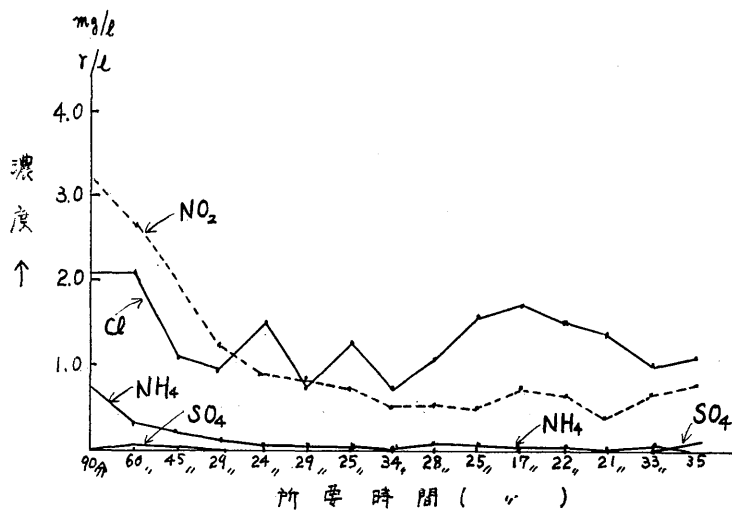


Fig. 10 1949年3月17日～18日の雨

Fig 5-11 1949年9月22日~23日の雨

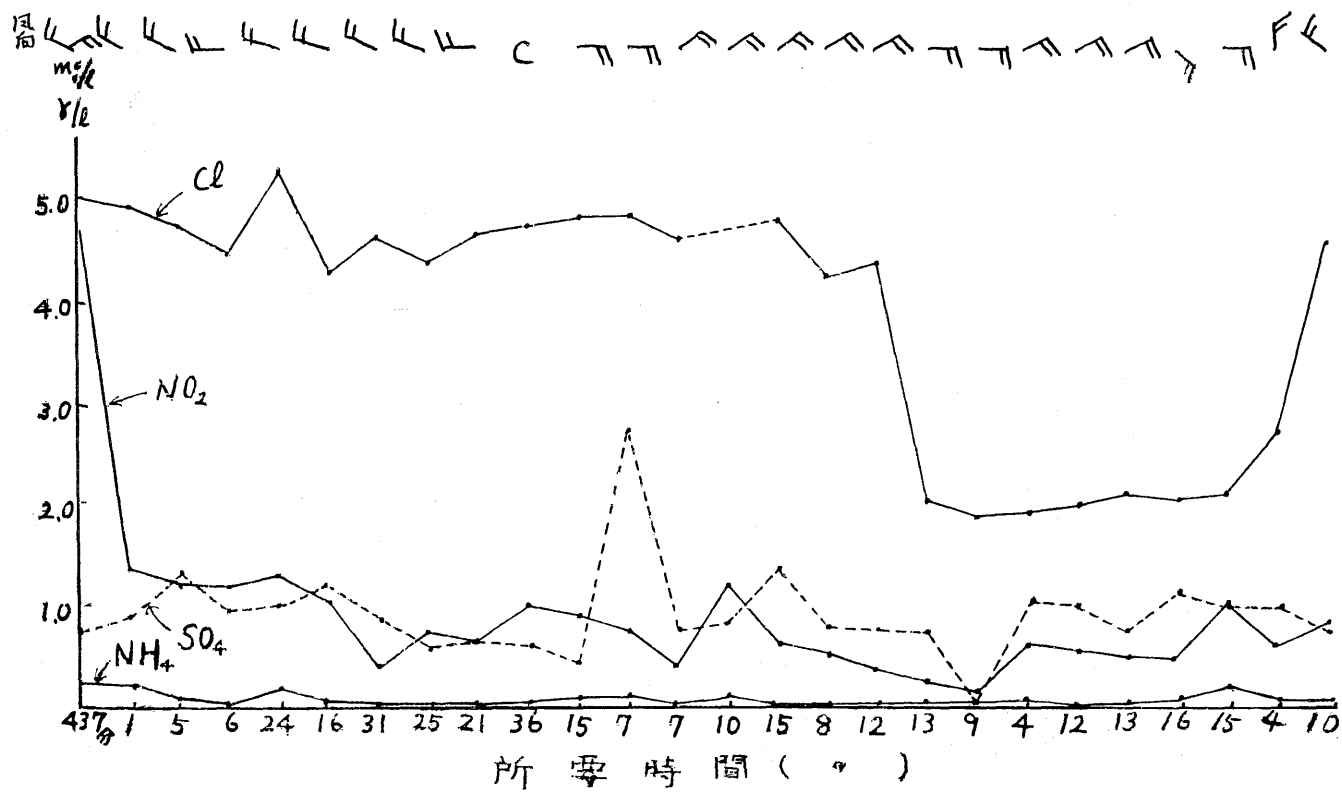


Fig. 5-11 1949年9月22日~23日の雨 (A)

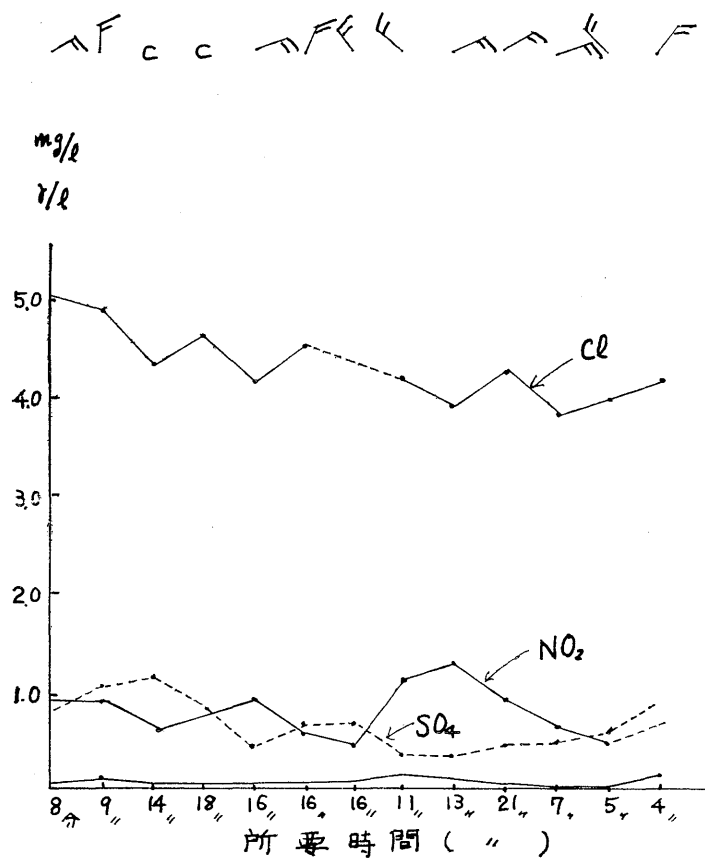


Fig. 5-11 (B)

7) 結 論

以上の観測資料より降水中の SO_3 , NO_2 , NH_4 は接地大気汚染物即ち工場その他の燃焼生成物に多くの源因があり, Cl は主として海洋塩が風により送られた物に源因がある事を示す. 但し, 大気汚染物の大気中の浮遊する SO_3 , NO_2 等の絶対量の何%が降水により洗い流されるかの量的な計算其の他に付いては次の報告に於て検討する事にする.

第1表 1948(昭和24年) 2月13日~14日

時 間	温 位	所 要 時 間	pH	NH ₄ -N mg/ℓ	NO ₂ -N γ/ℓ	Cl mg/ℓ	SO ₄ -S mg/ℓ	風 向	湿 度 %	気 圧 mb	気 温 C
23 ^h 50 ^m ~ 0 ^h 49 ^m	18.8	0 ^h 59 ^m	6.2	1.81	2.73	3.11	3.68	EHE・WN・E	85	63.1	6.5
0 ^h 49 ^m ~ 1 ^h 55 ^m	16.3	1 ^h 06 ^m	6.1	0.73	1.74	2.75	2.56	EHE	90	62.7	5.8
1 ^h 55 ^m ~ 2 ^h 37 ^m	16.2	0 ^h 42 ^m	6.2	0.38	1.08	2.57	1.91	EHE	90	62.2	5.2
2 ^h 37 ^m ~ 3 ^h 12 ^m	14.8	0 ^h 35 ^m	6.2	0.42	1.05	1.91	1.41	EHE	91	61.7	4.9
3 ^h 12 ^m ~ 3 ^h 48 ^m	14.6	0 ^h 36 ^m	6.1	0.46	1.35	2.75	1.39	EHE	92	61.5	4.7
3 ^h 48 ^m ~ 4 ^h 08 ^m	14.5	0 ^h 20 ^m	6.2	0.30	0.93	2.31	1.31	EHE	92	61.5	4.5
4 ^h 08 ^m ~ 5 ^h 40 ^m	16.0	1 ^h 32 ^m	6.2	0.731	1.17	3.06	1.49	EHE	92	60.9	4.8
5 ^h 40 ^m ~ 6 ^h 30 ^m	19.6	0 ^h 50 ^m	6.0	0.61	1.23	3.20	—	EHE・W	93	60.1	6.2
6 ^h 30 ^m ~ 7 ^h 44 ^m	19.2	1 ^h 14 ^m	6.3	0.88	4.32	2.44	1.59	SW	93	59.9	6.5
7 ^h 44 ^m ~ 8 ^h 48 ^m	19.2	1 ^h 04 ^m	6.2	0.86	5.10	4.04	1.03	SW・WSW	93	60.2	6.7
8 ^h 48 ^m ~ 11 ^h 08 ^m	20.2	2 ^h 20 ^m	6.2	3.31	12.84	3.77	—	WSW	93	60.7	7.1

所要時間: 100cc 採水するに要した時間を示す(以下同じ)

第2表 1948(昭和24年) 2月21日の雨

時 間	温 位	所 要 時 間	pH	NH ₄ -N mg/ℓ	NO ₂ -N γ/ℓ	Cl mg/ℓ	SO ₄ -S mg/ℓ	風 向	湿 度 %	気 圧 mb	気 温 C
6 ^h 05 ^m ~ 9 ^h 34 ^m	13	3 ^h 29 ^m	6.1	2.29	10.50	8.87	2.89	EHE	68	61.1	8.2
9 ^h 35 ^m ~ 10 ^h 45 ^m	24	1 ^h 11 ^m	6.2	0.56	5.52	5.46	1.47	EHE	84	60.8	8.8
10 ^h 45 ^m ~ 11 ^h 32 ^m	24	0 ^h 47 ^m	6.2	0.62	6.75	4.19	0.89	EHE	92	60.0	8.9
11 ^h 32 ^m ~ 12 ^h 08 ^m	24	0 ^h 36 ^m	6.2	0.49	4.05	4.26	0.44	NNE	93	59.4	8.9
12 ^h 08 ^m ~ 12 ^h 29 ^m	25	0 ^h 21 ^m	6.2	0.68	5.28	4.40	0.77	S	94	58.8	9.0
12 ^h 29 ^m ~ 12 ^h 42 ^m	24	0 ^h 13 ^m	6.0	0.52	4.44	2.77	1.11	S	94	58.7	8.8
12 ^h 42 ^m ~ 13 ^h 00 ^m	23	0 ^h 18 ^m	6.1	0.22	3.12	5.39	0.63	S・NNE	93	58.4	8.5
13 ^h 00 ^m ~ 13 ^h 23 ^m	23	0 ^h 23 ^m	6.2	0.02	0.72	4.12	0.38	NNE	93	57.9	8.7
13 ^h 23 ^m ~ 14 ^h 55 ^m	22.5	1 ^h 32 ^m	6.2	0.13	1.83	3.90	0.93	NNE・E	86	57.6	8.8
14 ^h 55 ^m ~ 15 ^h 43 ^m	23	0 ^h 48 ^m	6.2	0.24	2.04	3.76	0.36	E	88	57.6	8.5
15 ^h 43 ^m ~ 16 ^h 45 ^m	22	1 ^h 02 ^m	6.2	0.27	3.42	3.62	0.45	E	89	57.4	8.1
16 ^h 45 ^m ~ 18 ^h 16 ^m	22	1 ^h 31 ^m	6.2	1.04	11.40	4.18	1.07	E・W	92	56.8	7.7
18 ^h 16 ^m ~ 20 ^h 40 ^m	21	2 ^h 24 ^m	6.2	0.67	13.90	4.62	2.00	W・WSW	92	57.0	7.2

第3表 1948(昭和24年) 3月13日

時 間	温 位	所 要 時 間	pH	NH ₄ -N mg/ℓ	NO ₂ -N γ/ℓ	Cl mg/ℓ	SO ₄ -S mg/ℓ	風 向	湿 度 %	気 圧 mb	気 温 C
14 ^h 55 ^m ~ 15 ^h 50 ^m	42	0 ^h 55 ^m	5.4	0.95	7.60	4.61	2.32	C・SW	93	56.8	15.9
15 ^h 50 ^m ~ 16 ^h 00 ^m	42	0 ^h 10 ^m	5.4	0.49	10.20	4.19	1.23	SW	93	56.8	15.9
16 ^h 00 ^m ~ 16 ^h 25 ^m	43	0 ^h 25 ^m	5.4	0.22	6.30	5.30	0.59	SW	94	56.8	15.9
16 ^h 25 ^m ~ 16 ^h 38 ^m	43	0 ^h 13 ^m	5.7	0.23	7.65	4.12	0.73	SW・WSW	94	56.8	15.8
16 ^h 38 ^m ~ 17 ^h 04 ^m	43	0 ^h 26 ^m	5.6	0.29	6.30	3.19	0.91	WSW・W	95	56.9	15.9
17 ^h 04 ^m ~ 17 ^h 56 ^m	40	0 ^h 52 ^m	5.7	0.29	11.40	4.40	0.79	W・ENE	95	56.9	16.0
17 ^h 56 ^m ~ 19 ^h 05 ^m	42	1 ^h 09 ^m	5.7	1.37	20.10	4.40	2.20	ENE・SE	95	56.9	15.8
19 ^h 05 ^m ~ 21 ^h 14 ^m	38	2 ^h 16 ^m	5.9	1.53	14.40	3.97	2.22	SE・WSW	95	56.7	14.3
21 ^h 14 ^m ~ 21 ^h 20 ^m	35	0 ^h 06 ^m	5.7	0.29	1.56	4.47	0.87	WSW・W	95	56.6	13.0
21 ^h 20 ^m ~ 21 ^h 28 ^m	35	0 ^h 08 ^m	5.7	0.19	0.63	3.83	0.61	W・ENE	95	56.5	13.1
21 ^h 28 ^m ~ 22 ^h 50 ^m	33	1 ^h 22 ^m	5.7	0.30	0.99	3.55	—	ENE・NNW	96	56.4	12.3

第4表 1948 (昭和24年) 3月22日

時 間	温 位	所 要 時 間	pH	NH ₄ -N mg/ℓ	NO ₂ -N γ/ℓ	Cl mg/ℓ	SO ₄ -S mg/ℓ	風 向	湿 度 %	気 圧 mb	気 温 C
13 ^h 40 ^m ~ 14 ^h 53 ^m	22	1 ^h 13 ^m	5.5	0.63	1.47	5.25	2.85	SE・N	82	63.3	9.0
14 ^h 53 ^m ~ 17 ^h 45 ^m	21	2 ^h 52 ^m	5.7	1.07	2.34	5.11	2.16	N	85	63.5	8.3
17 ^h 45 ^m ~ 20 ^h 01 ^m	19.6	2 ^h 16 ^m	5.9	0.66	1.74	5.18	1.29	N・C	89	63.9	7.3
20 ^h 01 ^m ~ 21 ^h 29 ^m	20.2	1 ^h 28 ^m	5.9	0.14	2.07	4.97	1.17	C	94	64.3	7.1
21 ^h 29 ^m ~ 22 ^h 49 ^m	20.1	1 ^h 20 ^m	5.9	0.05	1.50	4.97	0.89	C・N	93	64.2	6.9
22 ^h 49 ^m ~ 23 ^h 59 ^m	19.2	1 ^h 10 ^m	5.9	0.09	1.05	4.97	0.63	N	92	63.8	6.7
23 ^h 59 ^m ~ 3 ^h 37 ^m	19.2	3 ^h 38 ^m	5.9	1.11	4.50	4.83	1.23	N・C	94	63.5	6.7
3 ^h 37 ^m ~ 5 ^h 34 ^m	22.2	1 ^h 57 ^m	5.9	—	3.15	5.39	0.97	N・NNE	94	63.4	6.9

第5表 1948 (昭和24年) 4月2日

時 間	温 位	所 要 時 間	pH	NH ₄ -N mg/ℓ	NO ₂ -N γ/ℓ	Cl mg/ℓ	SO ₄ -S mg/ℓ	風 向	湿 度 %	気 圧 mb	気 温 C
10 ^h 24 ^m ~ 11 ^h 19 ^m	32	0 ^h 55 ^m	5.9	3.16	1.86	7.10	0.49	E・ENE	75	63.2	14.6
11 ^h 19 ^m ~ 11 ^h 50 ^m	32	0 ^h 31 ^m	5.9	0.79	1.50	4.76	—	ENE	78	62.9	14.0
11 ^h 50 ^m ~ 13 ^h 40 ^m	32	1 ^h 50 ^m	5.7	1.14	3.42	1.21	0.99	ENE	82	62.5	13.8
13 ^h 40 ^m ~ 14 ^h 25 ^m	32	0 ^h 45 ^m	5.8	0.70	1.38	2.98	1.17	ENE	85	62.1	13.6
14 ^h 25 ^m ~ 15 ^h 05 ^m	33	0 ^h 40 ^m	5.8	0.18	1.50	3.41	0.41	ENE・NE	89	61.6	13.5
15 ^h 05 ^m ~ 15 ^h 55 ^m	33	0 ^h 50 ^m	5.9	0.08	8.40	3.98	0.51	NE・ENE	91	61.8	13.4
15 ^h 55 ^m ~ 16 ^h 85 ^m	33	0 ^h 40 ^m	5.8	0.00	1.62	3.98	0.45	ENE	92	60.7	13.0
16 ^h 35 ^m ~ 17 ^h 30 ^m	33	0 ^h 55 ^m	5.7	0.27	2.34	1.20	0.51	ENE	93	60.2	12.7

第6表 1948年5月13日

時 間	温 位	所 要 時 間	pH	NH ₄ -N mg/ℓ	NO ₂ -N γ/ℓ	Cl mg/ℓ	SO ₄ -S mg/ℓ	風 向	湿 度 %	気 圧 mb	気 温 C
5 ^h 13 ^m ~ 5 ^h 30 ^m	38	17	6.2	0.04	1.90	0.00	0.00	ENE	95	57.9	14.3
5 ^h 30 ^m ~ 5 ^h 41 ^m	38	11	6.2	0.00	1.80	0.00	0.00	W	95	58.3	14.3
5 ^h 41 ^m ~ 5 ^h 58 ^m	38	17	6.2	0.03	2.30	0.00	0.00	W	96	58.1	14.3
5 ^h 58 ^m ~ 6 ^h 16 ^m	38	18	6.2	0.04	3.20	0.00	0.02	W	96	57.8	14.3
6 ^h 16 ^m ~ 7 ^h 38 ^m	38	72	6.2	1.19	15.10	2.34	0.08	W	96	57.7	14.3
7 ^h 38 ^m ~ 8 ^h 20 ^m	37.5	42	6.2	1.80	13.0	2.63	0.50	ENE	96	58.6	14.2
8 ^h 20 ^m ~ 8 ^h 34 ^m	37.5	14	5.8	0.27	3.2	1.56	0.23	ENE	96	58.6	14.0
8 ^h 34 ^m ~ 9 ^h 00 ^m	38	26	5.8	0.03	4.3	0.00	0.15	E	96	57.9	13.9
9 ^h 00 ^m ~ 9 ^h 20 ^m	38	20	5.9	0.03	4.1	1.49	0.44	ENE	96	57.8	13.8
9 ^h 20 ^m ~ 11 ^h 35 ^m	33	135	5.9	0.67	21.6	0.99	0.12	NE	73	56.6	13.9

第7表 1948(昭和24年) 9月26日

時 間	温 位	所 要 時 間	pH	NH ₄ -N mg/ℓ	NO ₂ -N r/ℓ	Cl mg/ℓ	SO ₃ -S mg/ℓ	風 向	湿 度 %	気 圧 mb	気 温 C
15 ^h 32m ~ 16 ^h 50m	63	138	5.7	1.52	4.68	7.95	—	NW・SSW	88	50.5	22.9
16 ^h 50m ~ 17 ^h 07m	66	17	5.7	0.48	0.90	7.10		SW・S	93	50.0	22.8
17 ^h 07m ~ 17 ^h 17m	66	10	5.6	0.42	0.00	7.03		S・SSW	93	50.1	22.6
17 ^h 17m ~ 17 ^h 27m	65	10	5.6	0.26	0.00	6.53		SW・WSW	95	50.1	21.4
17 ^h 27m ~ 17 ^h 32m	65	6	5.5	0.33	0.00	6.74		WSW	96	50.0	22.5
17 ^h 33m ~ 17 ^h 39m	65	6	6.3	0.37	0.00	6.53		WSW	96	50.0	22.5
17 ^h 39m ~ 17 ^h 41m	65	2	6.2	0.14	0.78	6.96		WSW	96	50.1	22.5
17 ^h 41m ~ 17 ^h 46m	65	5	6.2	0.16	0.66	6.82		WSW	96	50.1	22.5
17 ^h 46m ~ 18 ^h 15m	67	29	5.7	0.44	1.50	6.10		WSW・W	95	50.0	22.5
18 ^h 15m ~ 18 ^h 39m	65	24	5.8	0.25	0.00	6.53		W・WSW	94	49.4	22.5
18 ^h 39m ~ 18 ^h 45m	65	6	5.7	0.51	0.00	8.59		WSW・W	95	49.5	22.5
18 ^h 45m ~ 18 ^h 50m	65	5	5.7	0.33	0.00	6.53		W	95	49.5	22.7
18 ^h 50m ~ 18 ^h 58m	65	8	5.7	0.28	0.00	6.67		W	95	49.5	22.6
18 ^h 58m ~ 18 ^h 10m	65	12	5.7	0.22	0.00	6.39		W・WSW	95	49.4	22.4
19 ^h 10m ~ 19 ^h 25m	67	15	5.7	0.26	0.00	7.10		WSW	94	49.3	22.5
19 ^h 25m ~ 19 ^h 35m	63	10	5.7	0.15	0.00	5.04		WSW・WNW	91	49.4	22.7
19 ^h 35m ~ 20 ^h 24m	63	49	6.0	0.06	0.00	4.89		WNW・NNW	88	49.6	22.8
20 ^h 24m ~ 20 ^h 25m	58	1	5.7	0.06	0.00	5.32		WNW	86	49.7	22.6
20 ^h 25m ~ 20 ^h 28m	54	3	5.8	0.90	0.00	5.32		WNW	87	49.8	21.2
20 ^h 28m ~ 20 ^h 31m	56.5	3	5.7	7.10	0.00	4.62		NNW	88	50.1	20.8
20 ^h 31m ~ 20 ^h 35m	53	4	5.8	31.8	0.00	5.32		NNW	88	50.2	19.8
20 ^h 35m ~ 20 ^h 39m	48	4	5.8	17.4	0.00	5.04		NNW	88	50.4	18.3
20 ^h 39m ~ 20 ^h 45m	45	6	5.7	19.0	0.00	5.25		NNW	87	50.5	17.6
20 ^h 45m ~ 21 ^h 00m	47	25	5.9	9.10	0.00	4.26		NNW	86	49.4	18.3
21 ^h 00m ~ 21 ^h 10m	48	10	6.1								

第8表 1948(昭和24年) 11月5日の(1)

時 間	温 位	所 要 時 間	pH	NH ₄ -N mg/ℓ	NO ₂ -N r/ℓ	Cl mg/ℓ	SO ₃ -S mg/ℓ	風 向	湿 度 %	気 圧 mb	気 温 C
20 ^h 05m ~ 21 ^h 03m	43	58	6.3	0.34	3.7	2.70	—	ENE	87	61.1	16.1
21 ^h 03m ~ 22 ^h 10m	35	7	6.2	0.12	2.00	7.10		ENE	69	60.7	16.4
22 ^h 10m ~ 0 ^h 05m	37	115	6.2	0.00	0.00	1.78	0.31	NEE	76	60.6	16.3
0 ^h 05m ~ 0 ^h 25m	38	20	6.2	0.08	1.70	0.00	0.12	NEE	86	60.4	15.9
0 ^h 25m ~ 0 ^h 45m	38	20	6.2	0.00	0.70	0.00	0.20	NE	86	60.1	15.6
1 ^h 00m ~ 1 ^h 17m	37	17	6.1	0.00	0.00	0.00	0.36	NE	86	59.5	15.4
1 ^h 17m ~ 1 ^h 37m	37	20	6.2	0.00	0.00	0.00	0.18	ENE	86	59.4	15.4
1 ^h 37m ~ 1 ^h 48m	38	11	5.9	0.00	0.00	0.00	0.12	ENE	88	59.4	15.4
1 ^h 48m ~ 2 ^h 01m	38	13	6.3	0.00	0.00	0.00	0.06	ENE	89	59.5	15.1
2 ^h 01m ~ 2 ^h 10m	37	9	6.3	0.00	0.00	2.06	0.12	ENE	89	59.4	14.9
2 ^h 10m ~ 2 ^h 18m	37	8	6.3	0.00	0.00	2.70	0.00	ENE	90	59.2	14.7
2 ^h 18m ~ 2 ^h 24m	37	6	6.4	0.00	0.00	2.63	0.10	ENE	91	59.1	14.6
2 ^h 24m ~ 2 ^h 31m	37	7	6.2	0.00	0.00	3.62	0.20	ENE	91	58.8	14.6
2 ^h 31m ~ 2 ^h 39m	37	8	6.3	0.00	0.00	2.69	0.08	ENE	91	58.6	14.7
2 ^h 39m ~ 2 ^h 49m	38	10	6.3	0.00	0.00	1.92	0.41	ENE	90	58.4	14.8
2 ^h 49m ~ 3 ^h 02m	38	13	6.4	0.00	0.00	2.91	0.15	ENE	91	58.2	14.8
3 ^h 02m ~ 3 ^h 13m	38	11	6.4	0.00	0.00	2.70	0.02	ENE	92	58.2	14.7
3 ^h 13m ~ 3 ^h 23m	38	10	6.1	0.00	0.00	2.27	0.00	ENE	92	58.2	14.6
3 ^h 23m ~ 3 ^h 34m	38	11	5.8	0.00	0.00	2.49	0.00	ENE	91	59.0	14.5
3 ^h 34m ~ 3 ^h 48m	38	14	6.2	0.00	0.00	2.41	0.00	ENE	91	58.1	14.4
3 ^h 48m ~ 4 ^h 02m	38	14	6.0	0.00	0.00	1.99	0.00	ENE	92	58.0	14.4
4 ^h 02m ~ 4 ^h 20m	37	18	6.2	0.00	0.80	0.00	0.00	ENE	93	60.1	14.3
4 ^h 20m ~ 4 ^h 33m	37	13	6.2	0.00	0.80	0.00	0.00	ENE	94	58.6	14.3
4 ^h 33m ~ 4 ^h 47m	38	14	6.2	0.00	1.40	1.77	0.00	E	96	58.6	14.3
4 ^h 47m ~ 5 ^h 13m	38	26	6.2	0.03	2.20	0.00	0.00	E	96	58.0	14.3

第9表 1948 (昭和24年) 11月18日~19日

時 間	所要時間	pH	NH ₄ -N mg/ℓ	NO ₂ -N r/ℓ	Cl mg/ℓ	SO ₄ -S mg/ℓ
16 ^h 20 ^m ~ 18 ^h 52 ^m	152	6.1	0.09	7.74	0.00	2.22
18 ^h 52 ^m ~ 19 ^h 57 ^m	65	6.3	0.11	3.16	0.00	0.92
20 ^h 25 ^m ~ 20 ^h 40 ^m	15	6.0	0.04	0.96	0.00	0.33
20 ^h 40 ^m ~ 21 ^h 05 ^m	25	6.2	0.04	0.00	0.00	0.18
21 ^h 05 ^m ~ 21 ^h 22 ^m	17	6.2	0.02	0.00	0.00	0.26
22 ^h 22 ^m ~ 22 ^h 45 ^m	23	6.2	0.03	0.00	0.00	0.35
22 ^h 45 ^m ~ 22 ^h 13 ^m	28	6.2	0.03	0.00	3.62	0.51
22 ^h 13 ^m ~ 23 ^h 20 ^m	7	6.2	0.05	0.00	0.00	0.00
23 ^h 20 ^m ~ 23 ^h 55 ^m	35	6.4	0.06	0.00	0.00	0.00
23 ^h 55 ^m ~ 0 ^h 08 ^m	13	6.3	0.01	0.00	0.00	0.24
0 ^h 08 ^m ~ 0 ^h 35 ^m	27	6.3	0.02	0.00	1.92	0.14
0 ^h 35 ^m ~ 1 ^h 31 ^m	56	6.3	0.06	0.00	1.92	0.02
1 ^h 31 ^m ~ 3 ^h 33 ^m	122	6.4	0.14	0.00	1.56	0.14
3 ^h 33 ^m ~ 9 ^h 50 ^m	377	6.4	0.16	0.00	2.34	0.18

第10表 1949 (昭和25年) 3月17日~18日

時 間	所要時間	pH	NH ₄ -N mg/ℓ	NO ₂ -N r/ℓ	Cl mg/ℓ	SO ₃ -S mg/ℓ
17 ^h 30 ^m ~ 19 ^h 00 ^m	90	6.2	0.74	3.18	2.05	0.00
19 ^h 00 ^m ~ 20 ^h 00 ^m	60	6.2	0.33	2.70	2.07	0.07
20 ^h 00 ^m ~ 20 ^h 45 ^m	45	6.2	0.21	1.98	1.14	0.07
20 ^h 45 ^m ~ 21 ^h 14 ^m	29	6.2	0.13	1.20	0.99	0.00
22 ^h 14 ^m ~ 21 ^h 38 ^m	24	6.2	0.07	0.90	1.49	0.00
21 ^h 38 ^m ~ 22 ^h 07 ^m	29	6.2	0.06	0.84	0.78	0.00
22 ^h 07 ^m ~ 22 ^h 32 ^m	25	6.3	0.04	0.72	1.28	0.00
22 ^h 32 ^m ~ 23 ^h 06 ^m	34	6.4	0.02	0.54	0.71	0.03
23 ^h 06 ^m ~ 23 ^h 34 ^m	28	6.3	0.06	0.54	1.06	0.00
23 ^h 34 ^m ~ 23 ^h 59 ^m	25	6.3	0.06	0.54	1.56	0.00
0 ^h 30 ^m ~ 0 ^h 47 ^m	17	6.3	0.05	0.72	1.70	0.03
0 ^h 47 ^m ~ 1 ^h 09 ^m	22	6.4	0.03	0.66	1.49	0.03
1 ^h 09 ^m ~ 1 ^h 30 ^m	21	6.3	0.00	0.42	1.35	0.00
1 ^h 30 ^m ~ 2 ^h 03 ^m	33	6.3	0.02	0.66	0.99	0.00
2 ^h 03 ^m ~ 2 ^h 38 ^m	35	6.3	0.00	0.78	1.06	0.11

第11表 1949 (昭和25年) 9月22日~23日

時 間	所要時間	pH	NH ₄ -N mg/ℓ	NO ₂ -N r/ℓ	Cl mg/ℓ	SO ₃ -S mg/ℓ	風 向	温 位	湿度 %	気 圧 mb	気 温 C
12 ^h 00 ^m ~ 19 ^h 17 ^m	437		0.24	5.07	5.04	0.74	ENE・WNW	5.9	9.3	749.9	20.08
19 ^h 17 ^m ~ 19 ^h 18 ^m	1		0.24	1.32	4.07	0.86	WNW	5.9	9.3	749.9	20.08
19 ^h 18 ^m ~ 19 ^h 23 ^m	5		0.09	1.20	4.76	1.26	WNW	5.9	9.3	749.8	20.08
19 ^h 23 ^m ~ 19 ^h 29 ^m	6		0.00	1.17	4.47	0.96	W	5.9	9.3	749.8	20.8
19 ^h 29 ^m ~ 19 ^h 53 ^m	24		0.20	1.21	5.25	1.00	WNW	3.6	9.3	749.7	20.8
19 ^h 53 ^m ~ 20 ^h 09 ^m	16		0.01	1.02	4.26	1.20	WNW	3.6	92.5	749.9	20.8
20 ^h 09 ^m ~ 20 ^h 40 ^m	31		0.00	0.36	4.62	0.84	WNW	2.6	91.0	750.0	20.8
20 ^h 40 ^m ~ 21 ^h 05 ^m	25		0.00	0.72	4.40	0.59	WNW	2.6	90.5	750.0	20.6
21 ^h 05 ^m ~ 21 ^h 36 ^m	21		0.00	0.63	4.69	0.62	W	0.2	92.0	750.2	20.5
21 ^h 36 ^m ~ 22 ^h 12 ^m	36		0.02	0.99	4.75	0.59	C	0.2	91.0	750.3	20.7
22 ^h 12 ^m ~ 22 ^h 27 ^m	15		0.05	0.90	4.83	0.41	E	2.0	92.0	750.3	20.7
22 ^h 27 ^m ~ 22 ^h 34 ^m	7		0.070	0.75	4.83	2.70	E	2.0	91.0	750.3	20.7
22 ^h 34 ^m ~ 22 ^h 41 ^m	7		0.00	0.39	4.19	0.74	ENE	2.0	91.5	750.0	20.6
22 ^h 41 ^m ~ 22 ^h 51 ^m	10		0.03	1.20	—	0.82	ENE	2.0	92.0	750.2	20.6
22 ^h 51 ^m ~ 23 ^h 06 ^m	15		0.00	0.63	4.83	1.34	ENE	2.0	92.0	750.3	20.6
23 ^h 06 ^m ~ 23 ^h 14 ^m	8		0.00	0.51	4.26	0.76	ENE	2.0	92.0	750.3	20.6
23 ^h 14 ^m ~ 23 ^h 26 ^m	12		0.00	0.33	4.40	—	ENE	2.0	92.0	750.2	20.5
23 ^h 26 ^m ~ 23 ^h 39 ^m	13		0.00	0.21	2.03	0.71	E	2.0	92.0	750.2	20.5
23 ^h 39 ^m ~ 23 ^h 48 ^m	9		0.03	0.15	1.88	0.02	E	2.6	92.0	750.3	20.5
23 ^h 48 ^m ~ 23 ^h 52 ^m	4		0.03	0.60	1.80	0.97	ENE	2.6	92.0	750.4	20.4
23 ^h 52 ^m ~ 0 ^h 04 ^m	12		0.00	0.51	1.96	0.94	ENE	2.6	92.0	750.4	20.4
0 ^h 04 ^m ~ 0 ^h 17 ^m	13		0.01	0.48	2.07	0.71	ENE	2.6	92.0	749.7	20.4
0 ^h 17 ^m ~ 0 ^h 33 ^m	16		0.02	0.45	2.02	1.09	E・ESE	2.6	92.0	750.1	20.3
0 ^h 33 ^m ~ 0 ^h 48 ^m	15		0.17	0.96	2.08	0.98	E	1.3	92.0	750.1	20.4
0 ^h 48 ^m ~ 0 ^h 55 ^m	7		0.06	0.57	2.66	0.95	N・NW	1.3	92.0	749.9	20.4
0 ^h 55 ^m ~ 1 ^h 05 ^m	10		0.04	0.78	4.54	0.72	NW	1.3	92.0	750.0	20.4
1 ^h 05 ^m ~ 1 ^h 14 ^m	9		0.02	0.36	4.26	0.79	NNE	1.3	92.0	750.1	20.5
1 ^h 21 ^m ~ 1 ^h 29 ^m	8		0.00	0.87	5.04	0.85	NE	1.3	92.0	749.8	20.5
1 ^h 40 ^m ~ 1 ^h 49 ^m	9		0.08	0.87	4.90	1.01	N・W	0.2	92.0	749.9	20.5
1 ^h 49 ^m ~ 2 ^h 03 ^m	14		0.02	0.60	4.33	1.12	C	0.2	92.0	749.6	20.3
2 ^h 03 ^m ~ 2 ^h 21 ^m	18		0.02	0.75	4.65	0.83	C・ENE	0.2	92.0	749.7	20.4
2 ^h 21 ^m ~ 2 ^h 37 ^m	16		0.03	0.90	4.19	0.41	ENE	0.2	92.0	749.8	20.4
2 ^h 37 ^m ~ 2 ^h 53 ^m	16		0.02	0.57	4.54	0.59	NNE	0.9	92.0	749.8	20.4
2 ^h 53 ^m ~ 3 ^h 04 ^m	11		0.02	0.45	—	0.67	NW	0.9	92.0	749.9	20.4
3 ^h 04 ^m ~ 3 ^h 17 ^m	13		0.11	1.11	4.19	0.39	NW	0.9	92.0	749.6	20.3
3 ^h 17 ^m ~ 3 ^h 38 ^m	21		0.10	1.26	3.90	0.35	ENE	4.2	92.0	749.5	20.2
3 ^h 38 ^m ~ 3 ^h 45 ^m	7		0.00	0.90	4.26	0.45	NE	4.2	92.0	750.1	20.1
3 ^h 45 ^m ~ 3 ^h 50 ^m	5		0.00	0.63	3.83	0.49	ENE・NW	4.2	92.0	750.0	20.1
3 ^h 50 ^m ~ 3 ^h 54 ^m	4		0.00	0.48	3.97	0.59	NW	4.2	92.0	749.3	19.4
3 ^h 54 ^m ~ 5 ^h 25 ^m	91		0.12	—	4.12	—	NNE	0.7	92.0	749.3	19.4

昭和40年2月15日 受付