

## 第2章 水文調査

### 2-1 目的

第1年次においては、乾季及び雨季に水文調査を実施し、そのうち乾季調査の結果については第1年次報告書に既に纏めたが、雨季調査の結果については、検討期間の制約のため纏めていなかった。

第2年次においては、雨季調査の結果をまとめるとともに、10地点で補足調査を実施し、乾季調査、雨季調査の結果を纏めることとする。

### 2-2 雨季調査結果

#### 2-2-1 調査方法

- (1)調査期間(測定及び試料採取)；雨季調査 2003年1月20日～2月1日 1回
- (2)調査地点；乾季調査と同様の地点で行った。(Fig.II-2-1に調査地点位置図を示す。)
- (3)現地測定及び試料採取方法；乾季調査と同様の方法で行った。

#### 2-2-2 複製試料

乾季・雨季調査において、それぞれ80地点の調査地点の中から、ランダムに8地点において複製試料を採取し、本試料と同様の分析を行った。本試料と複製試料の相関図をAppendix3に示す。

pH、電気伝導度及び主要溶存成分については良い相関が見られる。しかし微量成分の中には、Cu、Asのように検出限界に近い濃度でばらつきを示す元素や、Cr、Znのようにあまり良い相関を示さない元素も見られる。

#### 2-2-3 河川水質の特徴

乾季調査と同様に、各調査地点では河川流量、気温、pH、水温、電気伝導率(EC: Electric Conductivity)、溶存酸素(DO:Dissolved Oxygen)及び濁度(Turbidity)を現地にて測定し、水質についてはADWG(Australia Drinking Water Guidelines)に沿った分析項目をオーストラリアのALS Environments社にて分析した。河川水現地測定データ及び溶存化学成分分析値をAppendix4に、水系毎のデータ統計値をAppendix5に示した。

##### (1) 河川水の物理的性質の特徴

###### [河川流量]

河川流量は最低0m<sup>3</sup>/sec、最高255m<sup>3</sup>/secを示し調査地点全体の平均は25.5m<sup>3</sup>/secであった。

###### [水温]

河川水温は最低22.2、最高30.5を示し調査地点全体の平均は25.7であった。平均水温は平均気温28.9に対し約3低いことになる。

###### [濁度]

濁度の最低値は0mg/l、最高値は333mg/l(58W シンガトカ川下流)であり、濁度の範囲は幅を持

っている。

#### [電気伝導度]

河川水の電気伝導度は最低値 3.4mS/m(4W レワ上流), 最高値 22.4mS/m(56W シンガトカ 中流), 平均値 9.18mS/m であった。水系によって電気伝導度が異なる傾向があり, シンガトカ水系の平均値は 15.44mS/m であるのに対しシンガトカを除く河川は 7.14mS/m ~ 8.65mS/m であった。

### (2) 河川水の溶存成分及び成分比の特徴

#### [pH]

河川 pH は最低 6.10(42W レワ湧水), 最高 8.12(59W シンガトカ 中流)を示し調査地点全体の平均は 7.38 であり, 弱酸性~中性~弱アルカリ性の液性を示している。水系によって pH が異なる傾向があり, シンガトカ水系の平均値は 7.73 であるのに対しシンガトカを除く河川は 7.11 ~ 7.75 であった。

#### [溶存酸素 ( DO:Dissolved Oxygen ) ]

河川の DO は最低 4.40mg/l(51W レワ上流), 最高 14.1mg/l(52W レワ上流)を示し調査地点全体の平均は 7.53mg/l であった。水系間の差異は見られない。

#### [化学的酸素要求量(COD:Chemical Oxygen Demand)]

河川の COD は最低<1.0mg/l(5W,50W レワ), 最高 62.0mg/l(63W シンガトカ上流)を示し調査地点全体の平均は 18mg/l であった。数値のばらつきは大きい, シンガトカ水系は 39mg/l と他の水系に比べ高い値を示した。

#### [硬度(Hardness)]

河川の硬度は最低 12mg/l(4,レワ中流), 最高 115mg/l(56W, シンガトカ下流)と幅広い値を示している。水系別にはレワ水系の平均値は 25mg/l, シンガトカ水系は 69mg/l, ナブア水系は 35mg/l であり, シンガトカ水系が最も硬度が高い。

#### [主要溶存成分]

Fig.II-2-2 に河川水組成のスティフダイアグラムを示す。

陰イオンについては, レワ川, ナブア川, シンガトカ川及び海岸河川の 4 河川水系とも槍型であり  $\text{HCO}_3^-$  が卓越していることを示している。陽イオンについては, シンガトカ川は槍型であり Ca が卓越していることを示している。他の河川では陽イオンの差はあまり見られない。このダイアグラムの大きさから主要成分の総濃度を読み取ると, シンガトカ川が他の 3 河川に比べ高濃度であることが判る。

Fig.II-2-3 に河川水組成のパイパープロットを示す。本地域の河川水は, 陰イオンについては,  $(\text{Cl}+\text{SO}_4)$  に対し  $(\text{HCO}_3^-)$  の割合が多く, 陽イオンに関しては,  $(\text{Na}+\text{K})$  に対し  $(\text{Ca}+\text{Mg})$  の割合が多い傾向を示している。4 水系とも II のアルカリ土類炭酸塩領域に属し,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  からなり不圧地下水の循環性の供給型地表水であると考えられる。このタイプの地表水は, 一般に言われている河川水の性状を示している。

### (3) 河川水中の微量成分について

Fig.II-2-4 に本調査で分析・測定した全項目について累積頻度分布曲線を示す。Fig.II-2-5 には、累積頻度分布曲線の屈曲点から求めたしきい値を参考とし、Al, As, Cr, Cu, F, Pb 及び Zn について濃度分布図を作成した。

以下に、各微量成分濃度について述べる。

#### 1) すべての地点で検出されなかった微量元素

Hg, N(NO<sub>2</sub>), Sb, Sulphide

#### 2) 一部の地点だけで検出された元素

##### [Ag]

レウ川 4 地点(1W, 11W, 41W, 45W), ナブア川 2 点(21W, 31W), シンガトカ川 1 点(61W) で検出下限値 0.001mg/l 以上であった。

##### [B]

レウ川 3 点(6W, 33W, 48W), ナブア川 6 点(27W, 28W, 29W, 30W, 31W, 32W), シンガトカ川 2 点(53W, 64W) で検出下限値 0.1mg/l 以上であった。

##### [CN]

レウ川 1 地点(46W), シンガトカ川 1 点(69W), 海岸河川 1 地点(75W) で検出限界値 0.001mg/l 以上であった

##### [F]

レウ川 2 地点(51W, 52W), ナブア川 1 点(20W), シンガトカ川 19 地点(53W ~ 71W), 海岸河川 2 点(72W, 73W) で検出下限値 0.1mg/l 以上であった。シンガトカ川の多くの地点で検出された。

##### [Mo]

レウ川 1 地点(9W), シンガトカ川 3 点(59W, 64W, 68W) で検出下限値 0.001mg/l 以上であった。

##### [Pb]

レウ川 10 地点(4W, 59W, 10W, 12W, 13W, 15W, 17W, 34W, 51W, 52W), ナブア川 3 点(25W, 26W, 27W), シンガトカ川 1 点(58W), 海岸河川 1 点(73W) で検出下限値 0.001mg/l 以上であった。

##### [Se]

レウ川 1 点(50W), シンガトカ川 5 点(53W, 56W, 57W, 62W, 68W), 海岸河川 2 点(76W, 80W) で検出下限値 0.01mg/l 以上であった。

### 3) ほぼ地域全体に亘って検出された元素

#### [Al]

Al 濃度は最低 0.01mg/l 以下 ,最高 2.93mg/l(34W レワ)を示し調査地点全体の平均は 0.188mg/l であった。しきい値を 0.2mg/l とすると ,その値以上を示す地点がレワ川(4W ,15W ,34W ,36W) , ナブア川(24W , 26W , 27W) , シンガトカ川(58W) で認められた。

#### [As]

As 濃度は最低 0.001mg/l 以下 ,最高 0.006mg/l(27W ナブア , 36W レワ)を示し調査地点全体の平均は 0.0017mg/l であった。しきい値を 0.004mg/l とすると ,その値以上を示す地点がレワ川 (15W , 34W , 36W , 37W , 38W , 48W) , ナブア川(21W , 27W) , シンガトカ川(58W , 64W) で認められた。

#### [Ba]

Ba 濃度は最低 0.001mg/l 以下 ,最高 0.02mg/l(15W レワ)を示し調査地点全体の平均は 0.0037mg/l であった。しきい値を 0.008mg/l とすると ,その値以上を示す地点がレワ川(5W ,10W , 15W , 17W , 37W , 42W) , ナブア川(20W , 26W)で認められた。

#### [Cr]

Cr 濃度は最低 0.001mg/l 以下 ,最高 0.261mg/l(36W レワ)を示し調査地点全体の平均は 0.0165mg/l であった。しきい値を 0.006mg/l とすると ,その値以上を示す地点がレワ川(4W ,17W , 34W , 36W , 44W , 47W , 48W , 49W) , ナブア川(24W , 27W) , シンガトカ川(56W , 57W)で認められた。

#### [Cu]

Cu 濃度は最低 0.001mg/l 以下 ,最高 0.037mg/l(15W レワ)を示し , 調査地点全体の平均は 0.0022mg/l であった。しきい値を 0.005mg/l とすると ,その値以上を示す地点はレワ川(9W ,12W , 15W , 34W , 42W) , シンガトカ川(55W , 56W , 57W)で認められた。

#### [Fe]

Fe 濃度は最低 0.01mg/l 以下 ,最高 3.37mg/l(15W レワ)を示し調査地点全体の平均は 0.154mg/l であった。しきい値を 0.2mg/l とすると ,異常値を示す地点はレワ川(10W ,15W ,26W , 34W , 36W) , シンガトカ川(58W , 69W)で認められた。

#### [Mn]

Mn 濃度は最低 0.001mg/l 以下 ,最高 0.098mg/l(15W レワ)を示し調査地点全体の平均は 0.0134mg/l であった。しきい値を 0.03mg/l とすると ,その値以上を示す地点はレワ川(3W ,15W) , ナブア川(26W) , シンガトカ川(53W , 56W , 57W) , 海岸河川(72W , 73W , 80W)で認められた。

#### [Ni]

Ni 濃度は最低 0.001mg/l 以下 ,最高 0.02mg/l(56W シンガトカ)を示し調査地点全体の平均は 0.0023mg/l であった。しきい値を 0.008mg/l とすると ,その値以上を示す地点はレワ川(34W ,36W , 47W) , ナブア川(24W , 27W) , シンガトカ川(55W , 56W , 70W , 71W)で認められた。

[N(NH3)]

N(NH3)濃度は最低 0.01mg/l 以下，最高 0.100mg/l(12W レワ)を示し調査地点全体の平均は 0.029mg/l であった。しきい値を 0.05mg/l とすると，その値以上を示す地点はレワ川(1W ,12W , 46W)，シンガトカ川(71W)，海岸河川(77W , 79W , 80W)で認められた。

[N(NO3)]

N(NO3)濃度は最低 0.01mg/l 以下，最高 0.26mg/l(58W シンガトカ)を示し調査地点全体の平均は 0.034mg/l であった。しきい値を 0.12mg/l とすると，その値以上を示す地点はレワ川(37W)，シンガトカ川(55W , 58W , 60W , 62W , 63W , 65W , 66W)，海岸河川(73W)で認められた。

[P]

P 濃度は最低 0.01mg/l 以下，最高 1.06mg/l(38W レワ)を示し調査地点全体の平均は 0.043mg/l であった。しきい値を 0.06mg/l とすると，その値以上を示す地点はレワ川(3W ,7W ,15W ,34W , 38W , 40W , 50W)，ナブア川(26W)，シンガトカ川(58W , 60W)で認められた。

[Zn]

Zn 濃度は最低 0.001mg/l 以下，最高 0.492mg/l(55W シンガトカ)を示し調査地点全体の平均は 0.0502mg/l であった。しきい値を 0.15mg/l とすると，その値以上を示す地点はレワ川(3W ,15W , 16W , 41W)，シンガトカ川(55W , 56W , 58W)で認められた。

## 2-2-4 雨季調査結果の考察

### (1) 河川水質の特徴

水系によって電気伝導度や pH が異なる傾向があり、レウ水系の平均値はそれぞれ 7.14mS/m、7.16、シンガトカ水系の平均値はそれぞれ 15.44mS/m、7.73 であった。

また、主要溶存成分である Na、K、Ca、Mg、 $\text{HCO}_3$ 、 $\text{CO}_3$ 、 $\text{SO}_4$ 、Cl の濃度や成分比によっても、水系によって僅かに性質が異なっていることが判った。つまり、レウ川、ナブア川、シンガトカ川及び海岸河川の 4 河川水系とも陰イオンは  $\text{HCO}_3$  が卓越しているが、陽イオンについては、シンガトカ川は Ca が卓越していることを示している。他の河川では陽イオンの差はあまり見られない。また主要成分の総濃度はシンガトカ川が他の 3 河川に比べ高濃度であり、これらが電気伝導度や pH を高めている要因であると思われる。一般に、河川水の溶存成分濃度は降水量、気温、地下浸透率、地質等によって決定されると考えられるが、シンガトカ川において Ca 濃度及び  $\text{HCO}_3$  濃度が高い原因は石灰岩などの堆積岩の影響を反映していると考えられる。

本調査地域の河川水の性質は、本調査地域内で多少の成分濃度及び成分比が異なるものの、一般の河川に見られるように、pH は中性で、陽イオンは主に Ca が、陰イオンは  $\text{HCO}_3$  に富む組成を示している。この様なアルカリ土類炭酸塩の水質を持つ水は不圧地下水循環性の地表水として考えられている。

### (2) 水質基準との比較

本調査地域の水質をオーストラリアの飲料水の基準である ADWG(Australian Drinking Water Guidelines)の値と比較すると、以下の元素に関しては ADWG の値以上を示す点が認められた。

- Al : 8 地点 (4W, 15W, 24W, 26W, 27W, 34W, 36W, 58W)
- As : 1 地点 (64W) (温泉)
- Cr : 8 地点 (4W, 24W, 27W, 34W, 36W, 44W, 47W, 48W, 56W)
- Fe : 4 地点 (10W, 15W, 26W, 69W)
- Ni : 1 地点 (56W)
- Pb : 3 地点 (27W, 52W, 58W)
- Se : 8 地点 (50W, 53W, 56W, 57W, 62W, 68W, 76W, 80W)

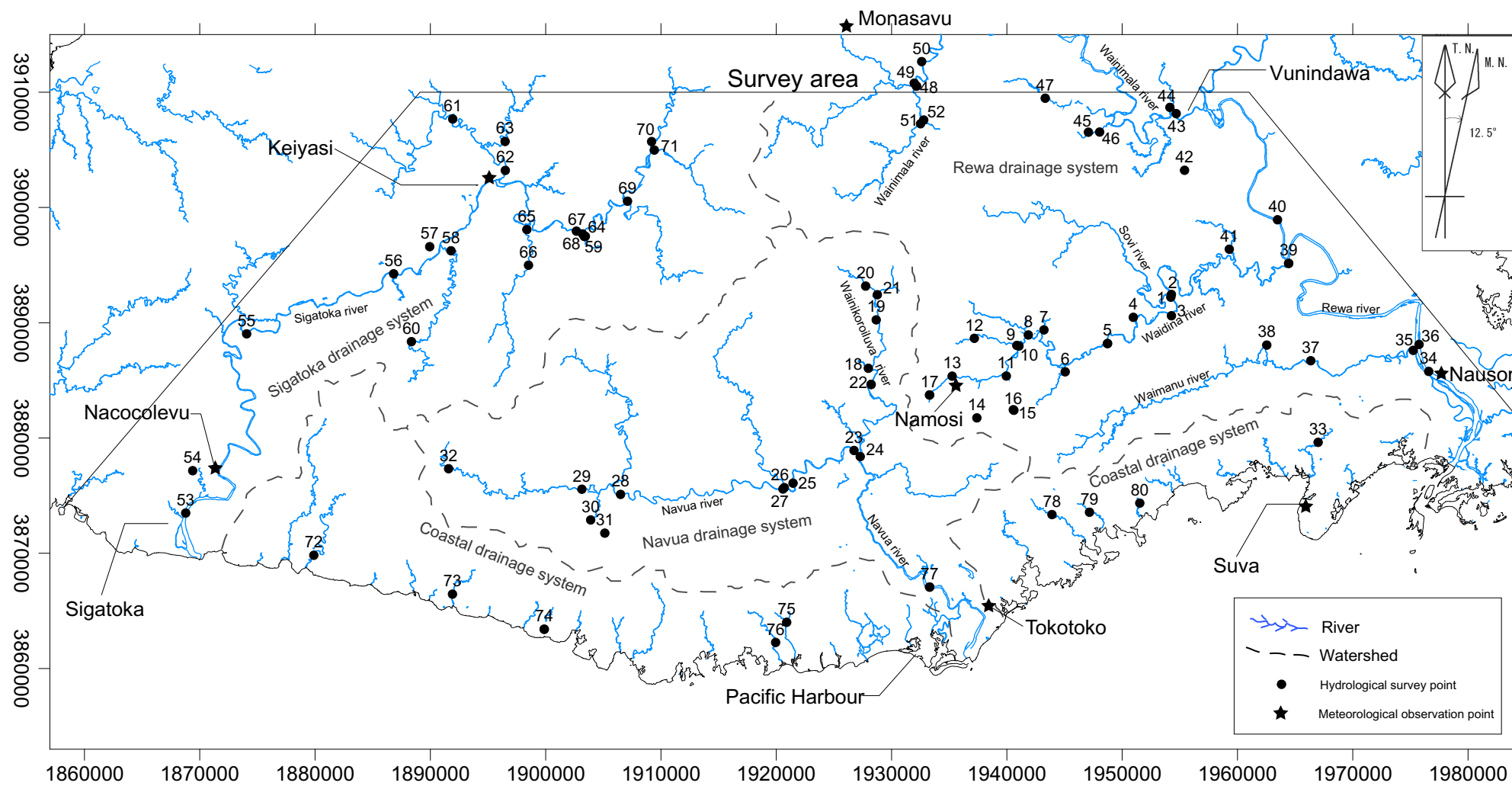


Fig.II-2-1 Sampling location of the surface water samples (1:500,000)

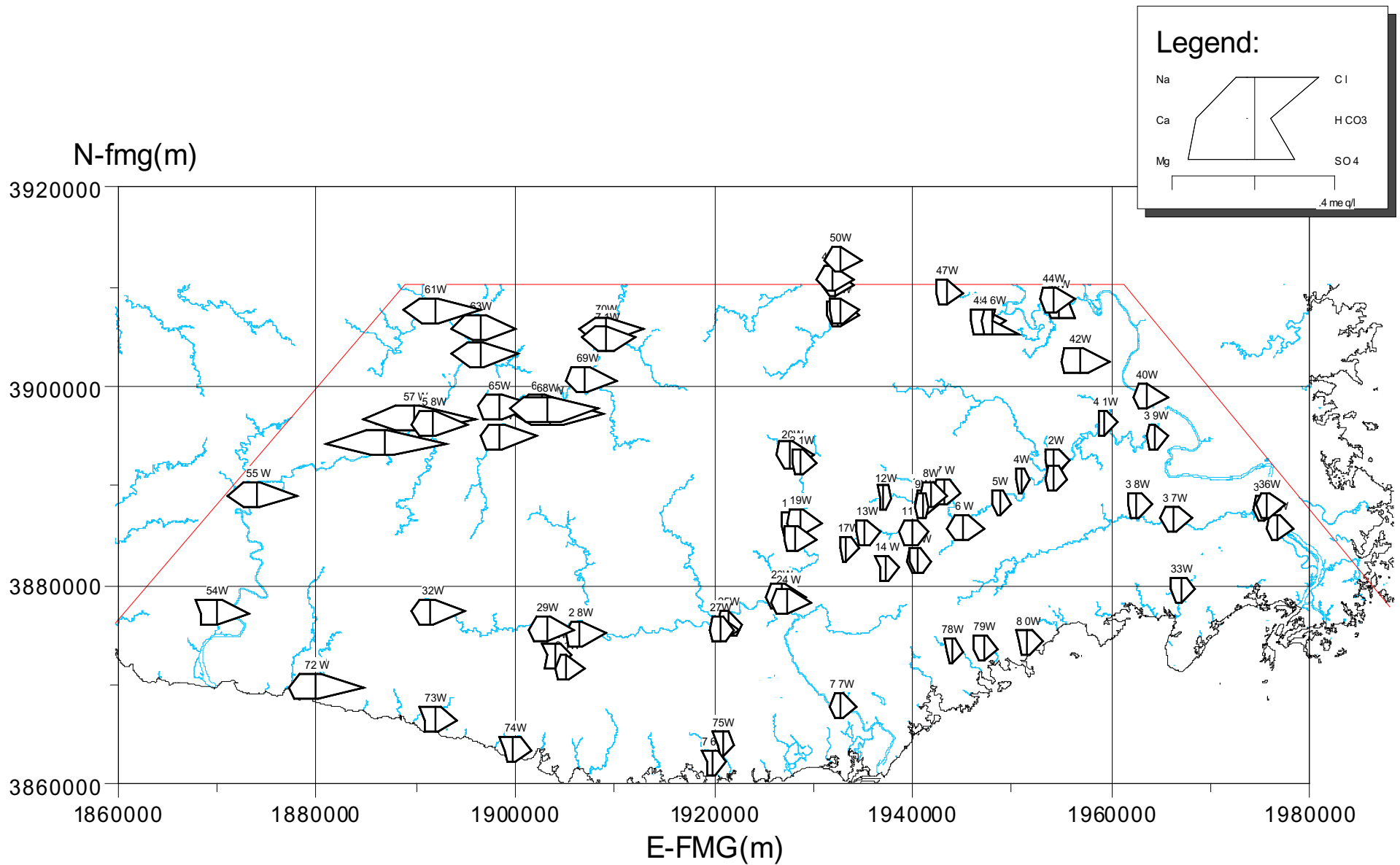
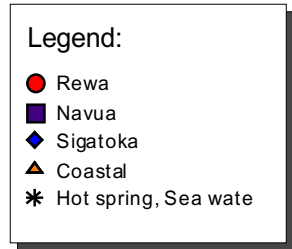
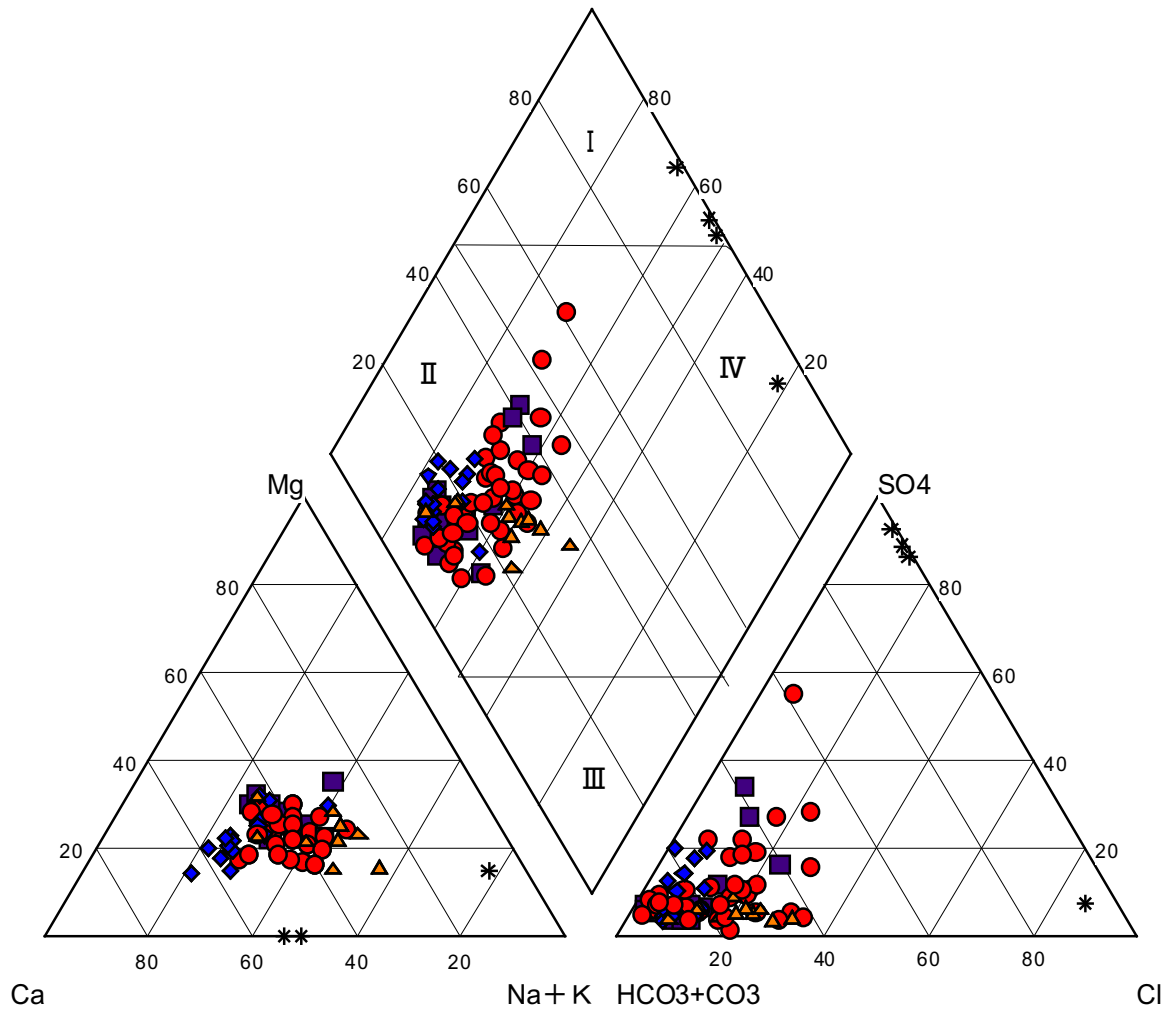
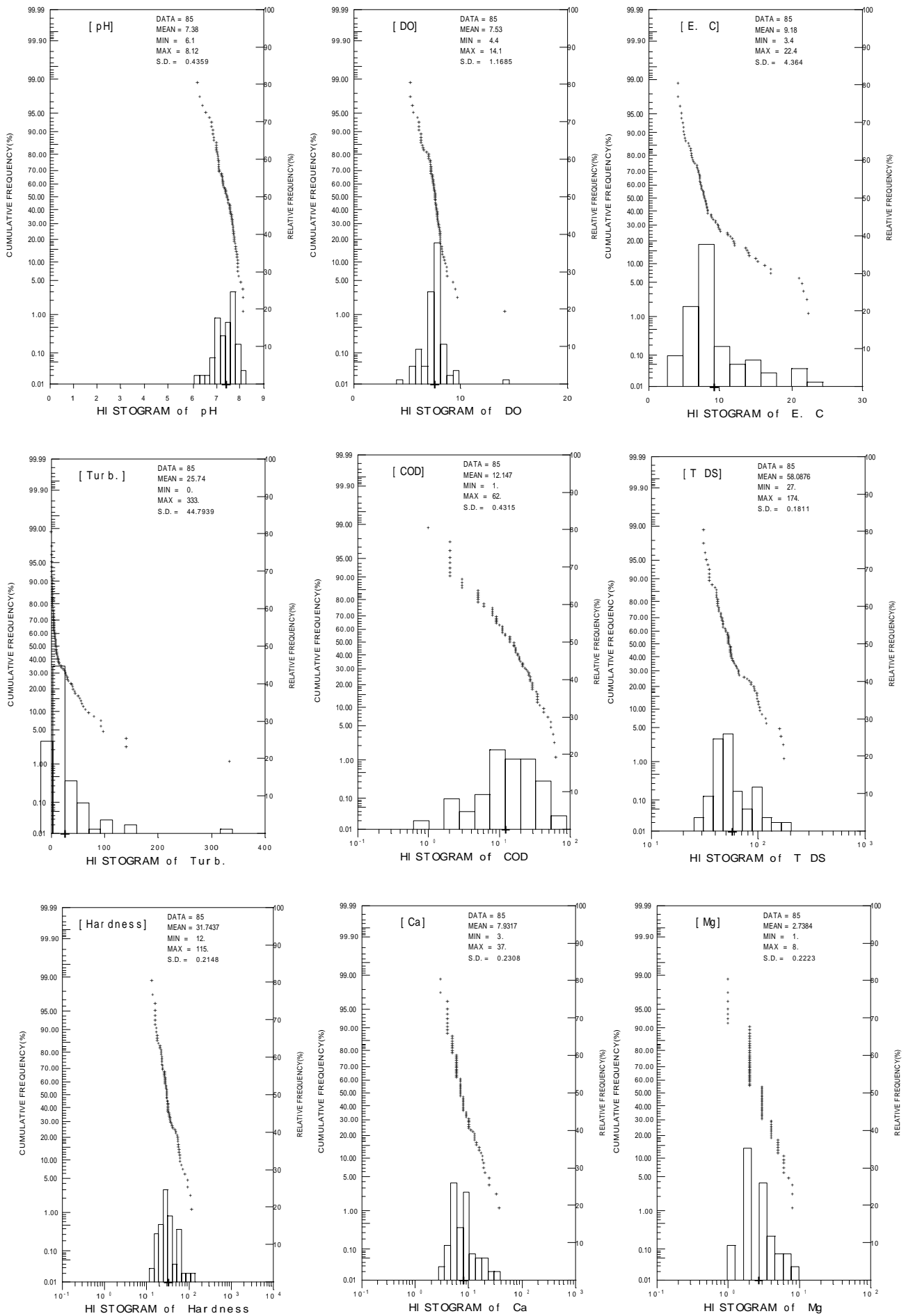


Fig11-2-2 Stiff diagrams of the surface water chemical compositions (Rainy Season)

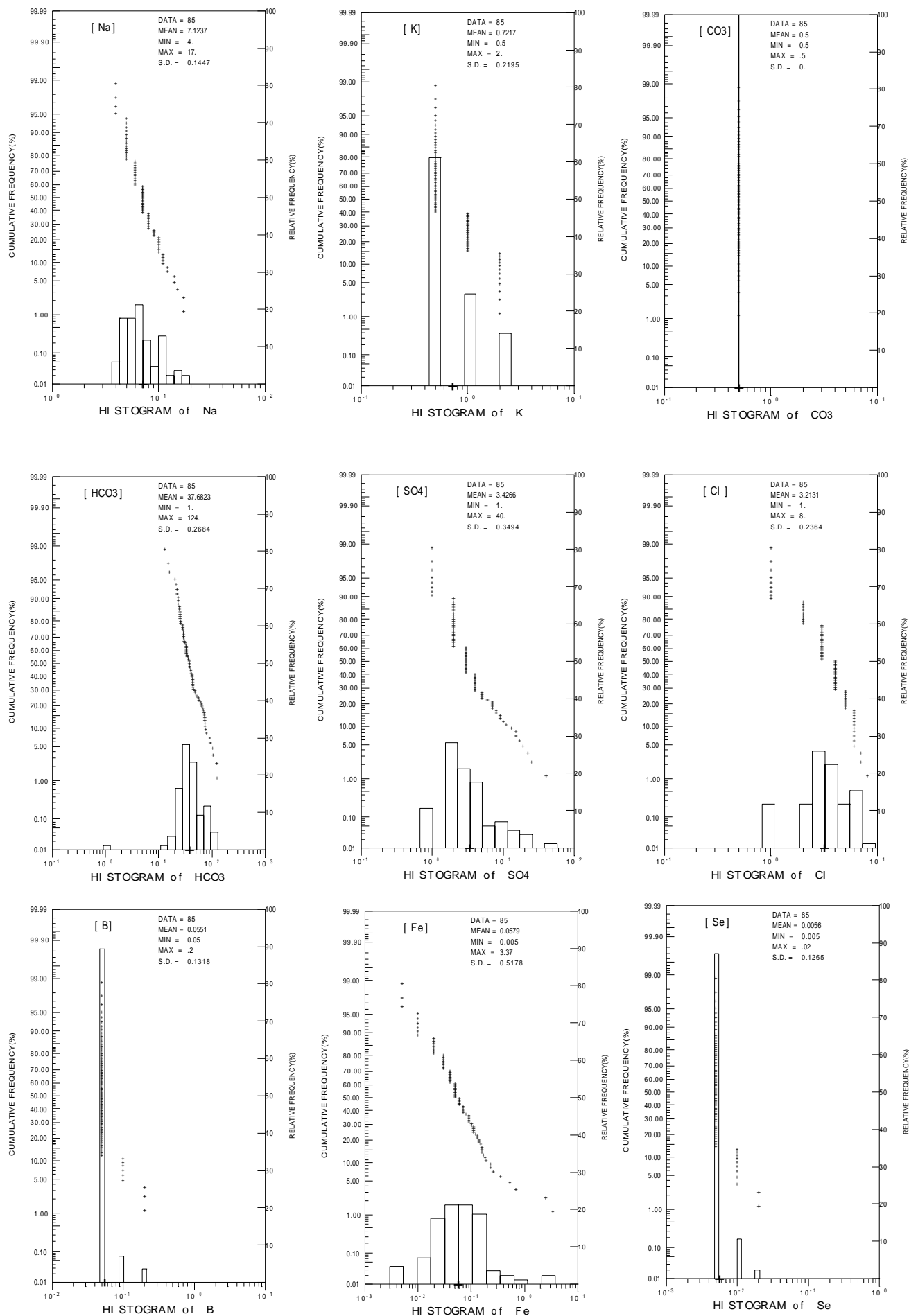




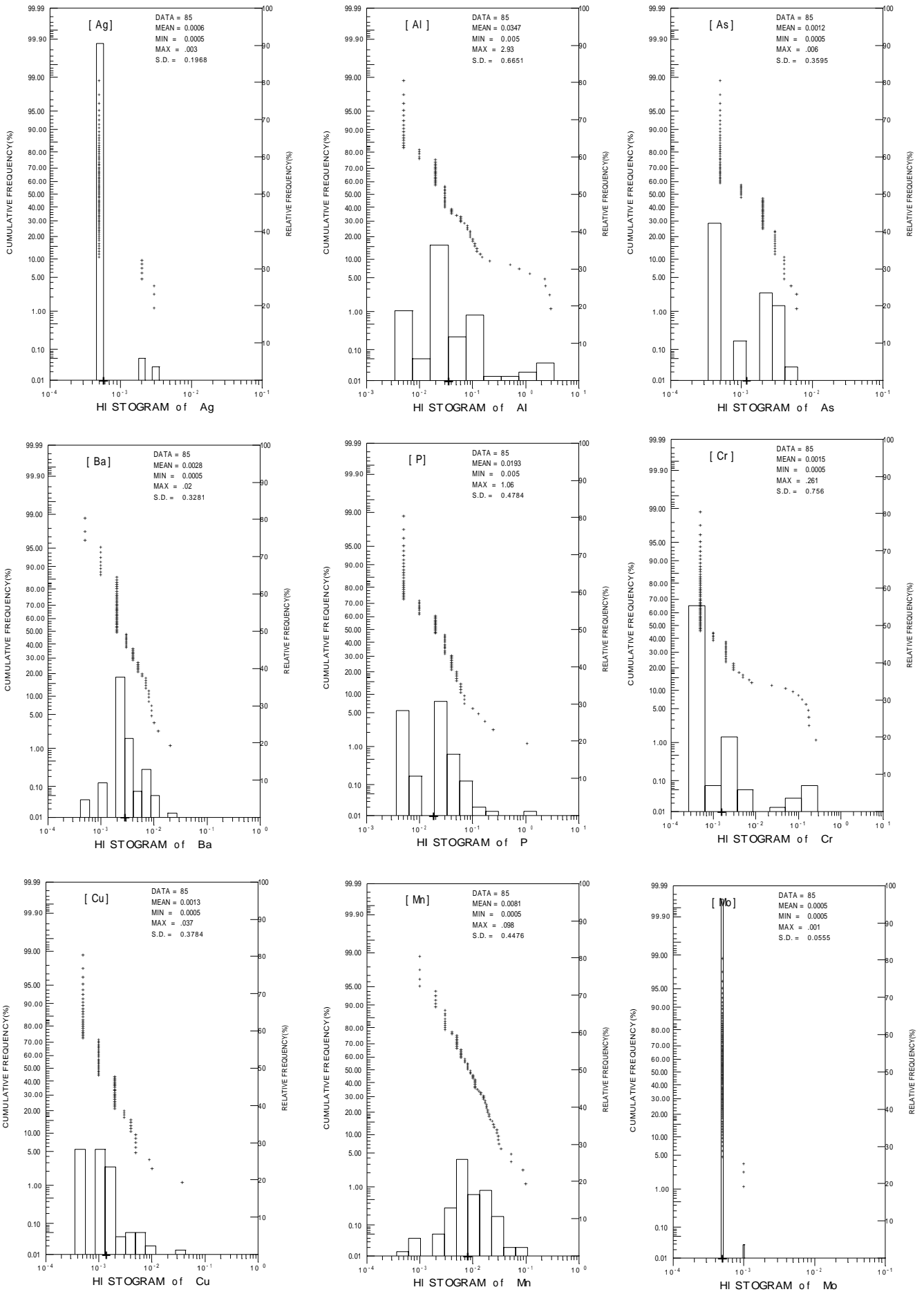
**Fig.II-2-3 Piper plot of the surface water chemical composition(Rainy Season)**



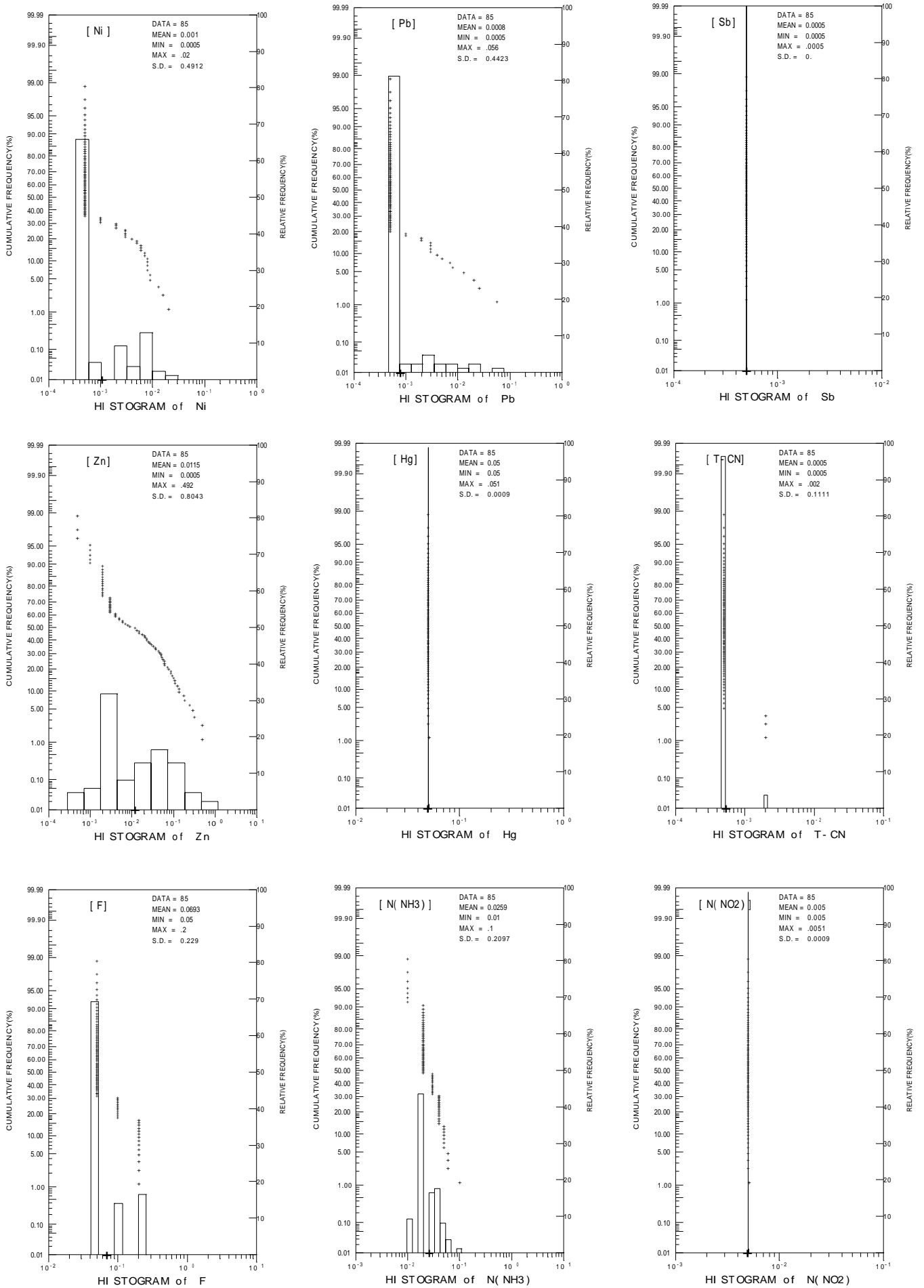
**Fig.II-2-4 Probability plot of the surface water samples (Rainy season) (1)**



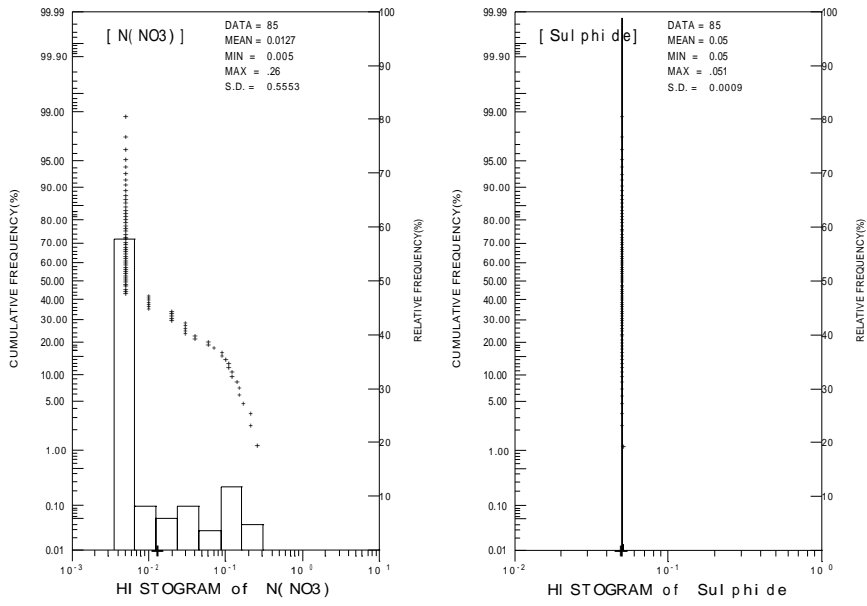
**Fig.II-2-4 Probability plot of the surface water samples (Rainy season) (2)**



**Fig.II-2-4 Probability plot of the surface water samples (Rainy season) (3)**



**Fig.II-2-4 Probability plot of the surface water samples (Rainy season) (4)**



**Fig.II-2-4 Probability plot of the surface water samples (Rainy season) (5)**