

第2次酸性雨観測第1期（平成16年10月～平成17年9月） 観測報告

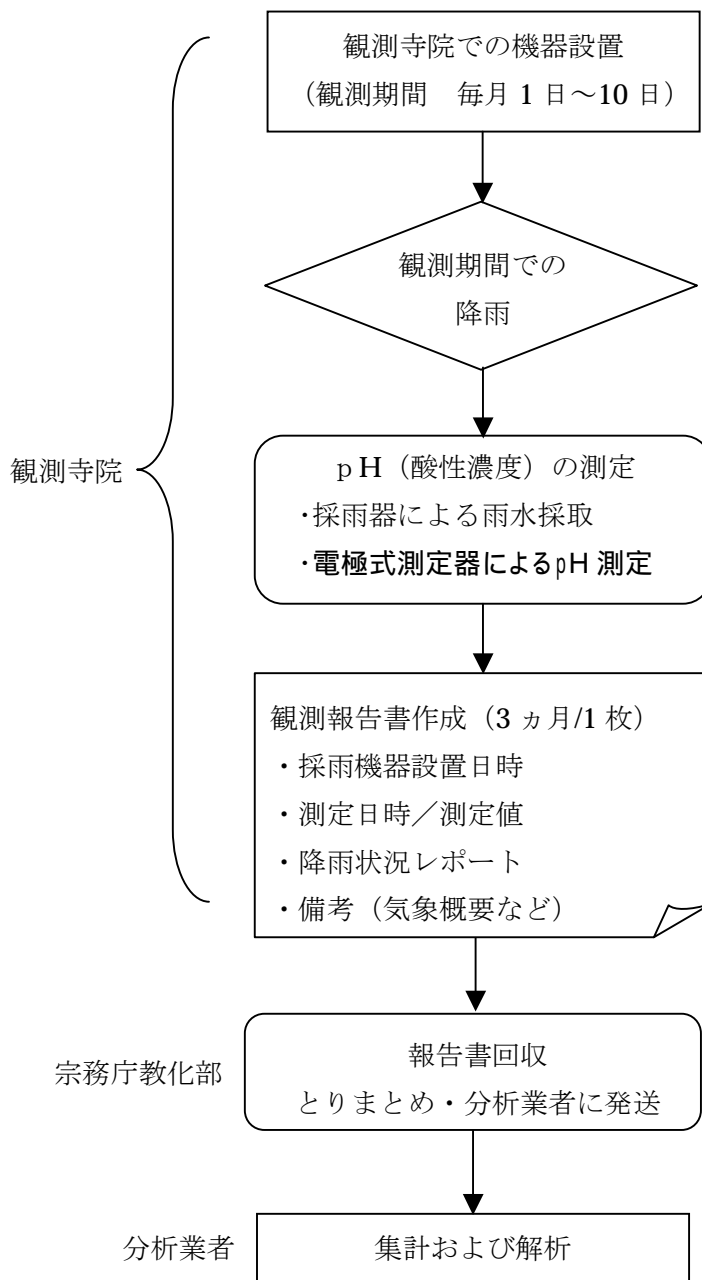
凡例

観測対象寺院：全国 257 カ所（平成 17 年 9 月現在）

観測期間：平成 16 年 10 月から平成 17 年 9 月まで

観測方法：月に一度（1 日～10 日までの間の降雨）観測

【観測および調査解析の流れ】

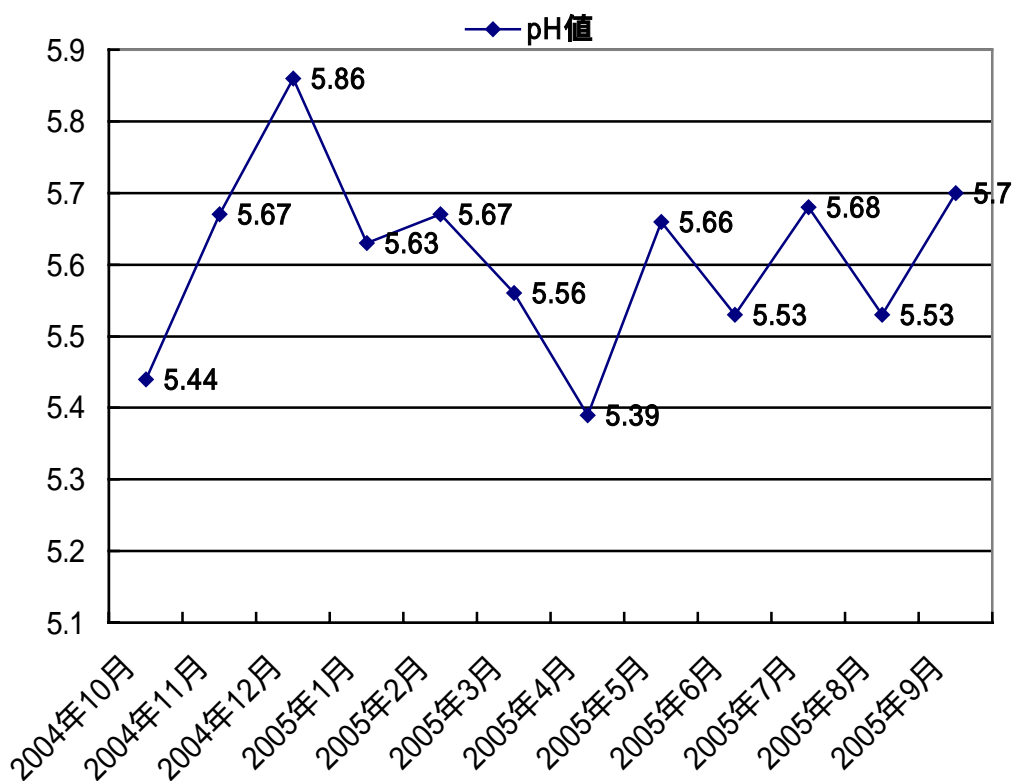


1、第2次酸性雨観測第1期観測の傾向

【1-I 月別全国平均】

月別全国平均 pH 値の推移をみますと、多少の揺らぎはあるもののほぼ pH 5.6 前後を横ばいで推移しています。pH 5.6 を上回った月は5ヵ月あり、2004年12月はpH 5.86 となり最も酸性の度合いが弱まっています。一方、2005年4月はpH 5.39 となり最も酸性の度合いが強まっています。なお、2004年12月から2005年4月にかけて徐々に酸性の度合いを強めています、これは偏西風の影響によるものと考えられます。

図 I 月別全国平均 pH の推移



【1-Ⅱ月別地域平均】*沖縄地方を除く

地域別に月別の平均をみていきますと、pH5.6以下の酸性雨と認められるのは、46データ（全体の48%）ありました。図Ⅱに青く表示しました酸性雨の分布状況および地域別酸性濃度の状況図をみますと、1月から5月頃までは日本列島の南側に多く酸性雨が出現し、6月から9月頃までは北側に多くみられます。これは偏西風の蛇行の結果によるものと推察されます。この内、月別で最も酸性の度合いが強かったのは四国地方の2005年7月で平均pH4.73となっています。

一方、地域別の平均pH値をみると、最も酸性の度合いが大きかったのは中国地方のpH5.42で、逆に最も度合いが小さかったのは北海道地方のpH5.88でした。これは、近年の酸性雨の東南アジア原因説にも通じ、本観測において南西に位置する地域が酸性雨を多く観測していることから上記の推察に通じる結果が得られたと考えます。

図Ⅱ 月別地域別平均pHの推移

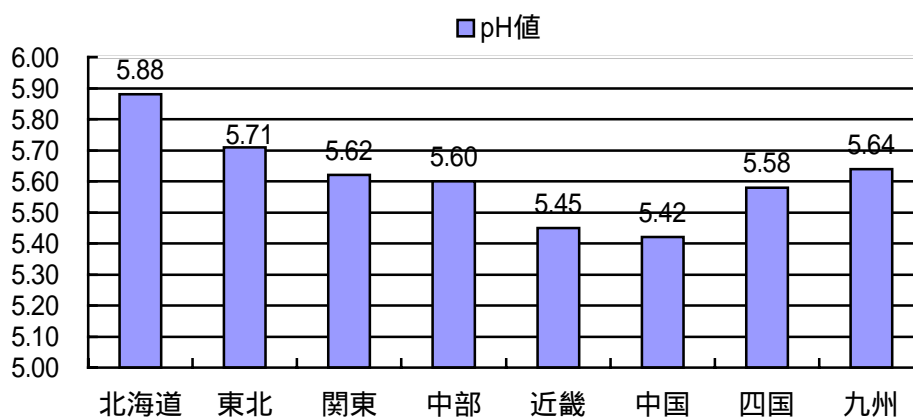
地域名	pH値 平均	2004年 10月	11月	12月	2005年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
北海道	5.88	5.57	6.11	5.89	5.81	6.12	6.15	5.66	6.06	5.78	5.72	5.74	5.80
東北	5.71	5.55	5.74	5.91	5.84	5.81	5.78	5.16	5.80	5.54	5.81	5.59	5.73
関東	5.62	5.35	5.42	5.85	6.03	5.88	5.75	5.58	5.55	5.62	5.70	5.54	5.49
中部	5.60	5.53	5.62	6.08	5.67	5.59	5.50	5.33	5.66	5.54	5.64	5.46	5.53
近畿	5.45	5.13	5.68	5.87	5.32	5.55	5.17	5.23	5.54	5.35	5.68	5.28	5.71
中国	5.42	5.15	5.47	5.39	5.36	5.47	5.34	5.45	5.42	5.25	5.69	5.42	5.61
四国	5.58	6.10		5.67	5.35	5.44	5.17	5.34	6.23	5.84	4.73	5.70	6.10
九州	5.64	5.62	5.77	5.73	5.40	5.37	5.22	5.55	5.48	5.60	5.65	5.83	6.57

□ はpH値5.6（酸性雨）以下の数値

黒太文字はpH平均の年別/月別最大値

青太文字はpH平均の年別/月別最小値

図Ⅲ 月別地域別平均pHの推移（グラフ）



【1-Ⅲ都道府県別観測結果】*高知県・熊本県・沖縄を除く

都道府県別の観測結果をみてみますと、酸性雨は特定の地域に限らず全国的に分散していることがわかります。特に岩手、千葉、東京の1都2県では平均pH値がpH5.6を下回ることがなく、石川、広島の2県では毎月pH5.6を下回り、酸性雨率は100%となっています。

図IV 都道府県別月別pH値の推移

都道府県	pH値 平均	2004年 10月	11月	12月	2005年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
北海道	5.88	5.57	6.11	5.89	5.81	6.12	6.15	5.66	6.06	5.78	5.72	5.74	5.80
青森県	6.57	5.10	6.00		6.45	7.70	6.65			6.20	7.30		7.45
岩手県	6.78	7.05	7.00	7.00	6.80	6.45	6.40						
宮城県	5.79	5.77	5.69	5.47	6.00	6.07	6.35	4.87	5.84	5.46	5.61	5.73	6.01
秋田県	5.27	4.66	5.29	5.98	5.58	5.63	5.14	4.58	5.54	5.17	5.21	5.15	5.23
山形県	5.55	5.30	5.45	5.78	5.53	5.35	5.51	4.97	5.91	5.20	6.06	5.80	5.64
福島県	5.90	6.10	6.18	6.10	5.82	5.76	5.65	6.50	5.88	5.96	5.93	5.57	5.47
茨城県	5.19	3.90		4.90		4.70	5.20	5.30	5.70	5.40	5.70	5.65	5.45
栃木県	4.49	6.00		4.90			4.30	3.90	4.30	4.30	4.40	4.20	4.10
群馬県	5.49	5.08	5.41	5.94	5.70	5.55	5.57	5.46	5.71	5.64	5.23	5.37	5.44
埼玉県	5.30	5.55	5.02	5.64	6.00	7.10	5.62	4.93	4.91	5.24	5.43	5.16	5.06
千葉県	6.18	6.25	5.85	7.20	6.10	6.15	5.95	6.40	6.25	6.00	6.60	6.10	5.75
東京都	6.61	6.12	6.17	6.17	7.00	6.80	7.04	7.17	6.32	6.22	6.80	7.30	6.55
神奈川県	5.28	4.86	4.80	6.55		5.53	4.75	5.10	5.20	5.80	5.50	4.70	5.23
新潟県	5.53	5.90	5.59	5.95	5.74	5.67	5.50	5.13	5.59	5.38	5.60	5.17	4.94
富山県	5.26	3.80	6.10	6.20	4.50	5.00	5.40	5.60	4.90		6.00	5.90	4.50
石川県	4.74	4.30	4.40	4.80	4.40	4.60	4.70	4.40	5.00	4.80	5.00	5.20	5.30
福井県	5.09	4.80	5.30	5.80	4.60	3.90	3.80		4.60	4.70	5.65	5.10	5.95
山梨県	5.98	6.57	7.30	6.65	7.20	5.85	6.04	5.52	5.54	5.56	6.20	5.53	5.73
長野県	5.46	5.30	5.65	5.76	5.74	5.35	5.43	5.39	5.89	5.30	5.60	4.80	5.57
岐阜県	5.35	5.95	5.75	6.50	5.13	5.30	5.03	4.98	5.07	4.75	5.13	6.15	4.73
静岡県	6.08	5.60	5.90	6.44	6.30	6.05	5.90	5.84	6.23	6.40	5.52	6.48	6.42
愛知県	5.62	5.33	5.42	5.99	5.53	5.74	5.47	5.32	5.75	5.76	5.76	5.60	5.65
三重県	5.40	6.10	5.27	5.47	4.78	4.92	4.70	5.19	5.76	5.50	5.52	5.53	5.82
滋賀県	5.83	4.10	7.70	6.47	6.17	6.20	4.97	4.95	5.85	4.60	6.10	6.07	6.27
京都府	5.27	4.71	4.63	5.80	5.14	5.93	5.37	5.30	5.26	5.24	5.80	4.50	4.64

都道府県	pH値 平均	2004年 10月	11月	12月	2005年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
大阪府	5.71	4.80		6.53	5.75	5.23	5.73	5.30	6.23	5.57	5.97	5.43	6.23
兵庫県	5.28	5.35	5.65	5.25	4.75	6.05	5.05	4.90	5.15	5.25	5.30	5.15	5.50
奈良県	5.43	4.50			5.40	4.60	5.20	4.40	6.40	5.80	6.30	5.70	6.00
和歌山県	5.46	5.58	6.15	5.68	5.57	5.25	5.25	5.63	4.90	5.35	4.70	4.20	6.30
鳥取県	5.61	4.73	5.83	5.22	6.07	5.82	5.35	5.38	5.95	5.48	5.78	5.95	5.80
島根県	5.60	5.40	5.68	5.90	5.20	5.44	5.22	5.86	5.58	5.28	6.06	5.90	5.64
岡山県	5.37	5.38	5.00	5.42	5.40	5.60	5.57	5.60	4.75		5.90	4.70	
広島県	5.18	4.80	5.53	5.07	4.40	5.17	5.10	5.27	5.47	5.00	5.40	5.07	5.30
山口県	4.88	4.85	4.70	5.00	5.20	4.80	5.60	4.65	4.60	5.10	4.00		5.60
徳島県	5.67	7.50			5.40	5.10	5.10	5.30	5.50	6.30	4.20		6.60
香川県	4.67				4.50	4.80	4.70						
愛媛県	5.65	5.63		5.67	5.75	5.77	5.35	5.35	6.60	5.68	5.00	5.70	5.85
高知県													
福岡県	5.16	5.38	5.48	5.14	4.57	4.93	4.50	4.80	5.33	4.83	5.17	5.60	6.40
佐賀県	5.43	5.60	5.73	5.97	4.85	5.30	4.90	5.58	5.37	5.37	5.00	5.65	6.13
長崎県	6.42	6.28	6.90	6.58	6.37	5.10	5.67	6.40	5.90	6.83	7.15	6.15	7.23
熊本県													
大分県	6.10	5.60		5.55	6.05	5.75		6.00	5.60	6.50	6.85	6.40	7.00
宮崎県	5.35	5.20	4.85	4.80	5.10	5.80	6.00	6.10	5.80	4.75	5.30	5.20	5.40
鹿児島県	5.59	5.10	5.80	6.80	6.20	5.90	5.50	5.10	4.90	5.10	4.60		6.50
沖縄県													

■ は観測データなし

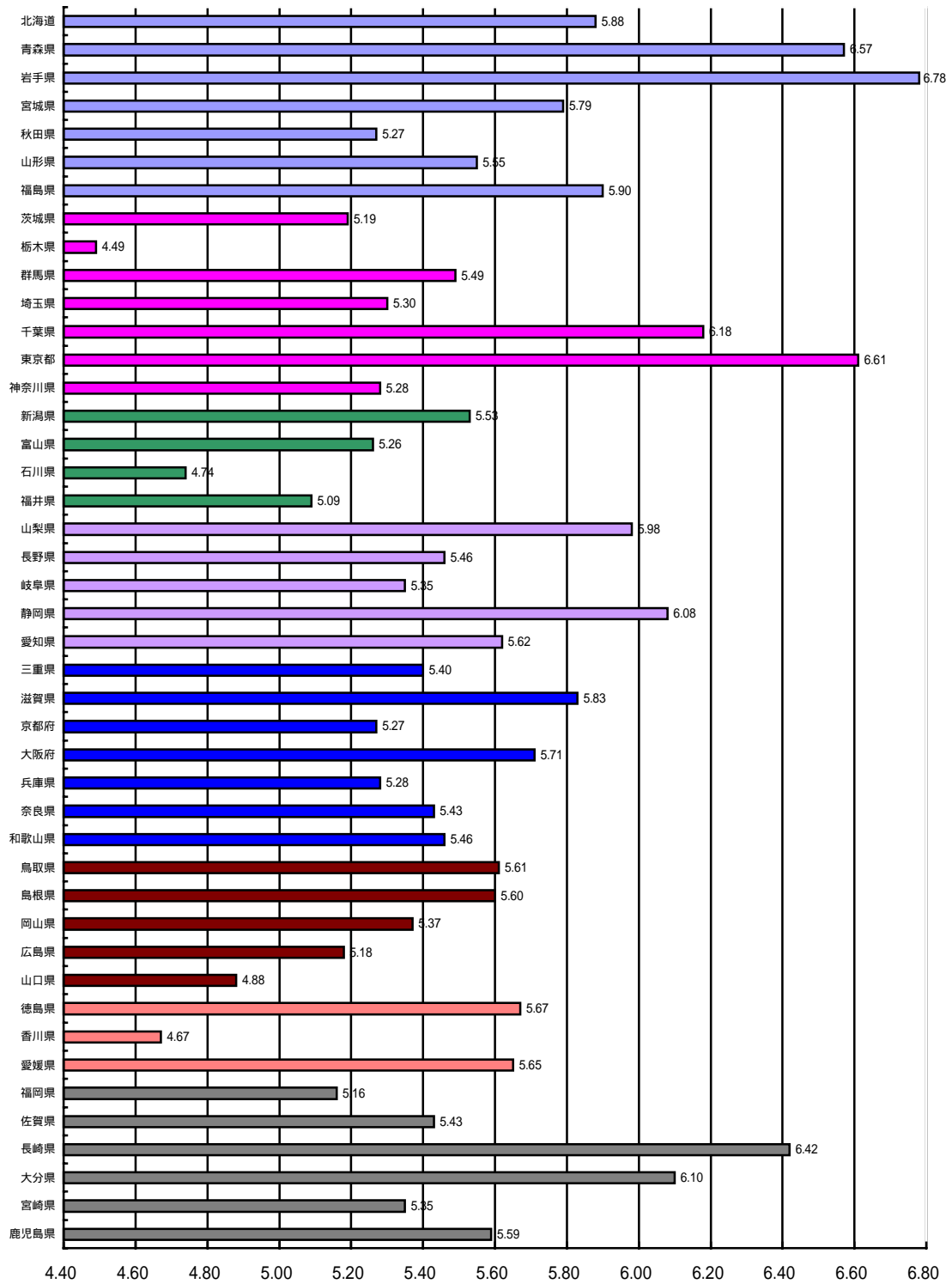
■ はpH値 5.6（酸性雨）以下の数値

黒太文字はpH平均の年別/月別最大値

青太文字はpH平均の年別/月別最小値

この一年間の調査で最も酸性の度合いが強かったのは2004年10月の富山県と2005年3月の福井県で、ともに月平均pH値は3.80でした。ついで香川、石川、山口、福井となっており、中国・四国地方や北陸地方の酸性度が強いことがわかります。一方、最も酸性の度合いが低かったのは岩手県のpH6.78でした。ついで、東京、青森、長崎、千葉と酸性の度合いが弱くなっています。

図V 都道府県別年平均 pH 値の推移 (グラフ)



2、第2次酸性雨観測高感度分析第1期観測の傾向

次に第2次酸性雨観測では、第1次酸性雨観測の手法を踏襲していますが、この観測方法は、pH値観測のみで、雨水の成分内容を知ることができませんでした。pH値のみの観測は、酸性雨の状況を観測することはできますが、成分を測定することはできませんでした。

そこで雨水の成分内容を分析（高感度分析）することによって、成分ごとに分類し、それを数値としてあらわすことが可能となります。これによって頭上を降る雨の正体を知ることができるのです。

凡例

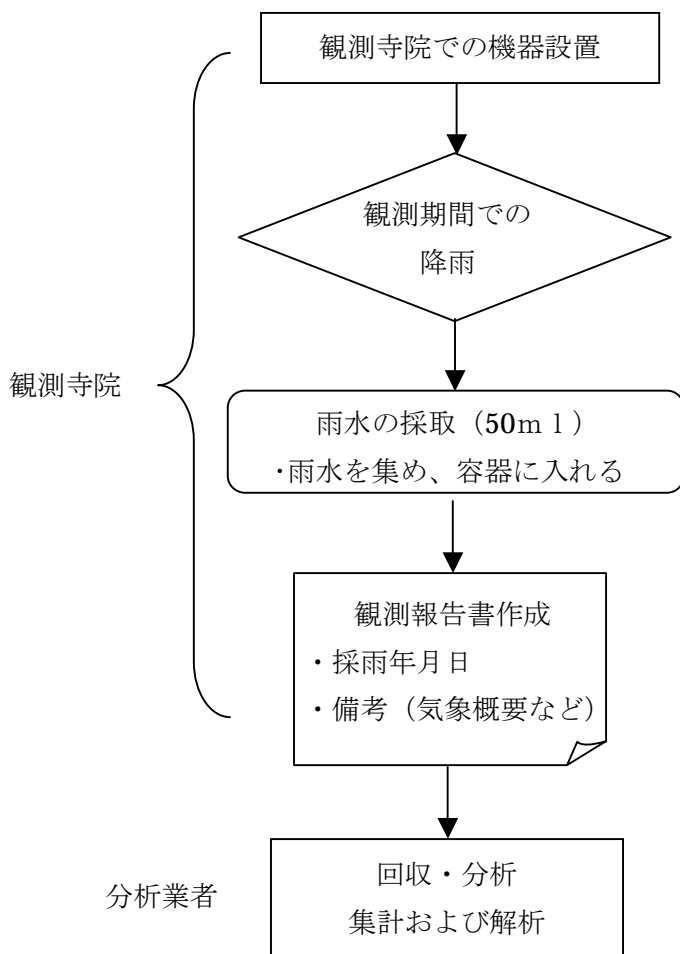
観測対象寺院：全国 192 ヲ所（観測寺院を4グループに分けて観測）

観測期間：平成17年6月から平成18年2月まで

夏季（7～8月） 秋季（10～11月） 冬季（1～2月）の3時期に区分

観測方法：2ヶ月の間に降った雨水を1回採取し、その状況を報告書に記入し送付

【観測および調査解析の流れ】



高感度分析の内容

高感度分析は、下記に記した①から④までの4種類10項目に分けられます。

イオンクロマト中アニオン（陰イオン）

イオンクロマト分析は、液体に含まれている陰イオン・陽イオン・有機酸を測定する分析法で、アニオンは陰イオンの成分を抽出します。この分析で抽出できる成分は3種類あります。

、Cl⁻（塩化物イオン）

日本の場合、ほとんどは海水に由来しますが、塩素を含むプラスチックの焼却、工場などで塩素やその化合物を使っている場合など、人工的に発生することがあります。

、NO₃⁻（硝酸イオン）

自動車の排気ガス・工場・発電所・ごみ処理場などから発生します。

、SO₄²⁻（硫酸イオン）

石炭や石油から発生し、火山など自然から発生するものがあります。

イオンクロマト中カチオン（陽イオン）

陽イオンの成分を抽出します。この分析で抽出できる成分は5種類あります。

、Na⁺（ナトリウムイオン）

海塩に由来し、この値を元に塩化物イオンや硫酸イオンの海塩の由来分を算出することができます。

、NH₄⁺（アンモニウムイオン）

肥料を含む表土の舞い上がりや牧畜や家畜の排泄物から放出されるものがあります。

、K⁺（カリウムイオン）

草木を燃やしたときに発生します。

IV、Ca²⁺（カルシウムイオン）

アスファルトやコンクリートの粉塵などで発生し、北国では凍結防止剤として使用されていますが、酸を中和する働きがあります。

、Mg²⁺（マグネシウムイオン）

海塩に由来します。

誘電率

電気を通す水ほど汚れた水となります。

pH値

雨水の酸性濃度を測ります。

分析グループ（沖縄県を除く）

北海道 Gr

北海道

東北 1 Gr

青森県・秋田県・山形県

東北 2 Gr

岩手県・宮城県・福島県

関東 1 Gr

栃木県・群馬県・茨城県

関東 2 Gr

埼玉県・千葉県・東京都・神奈川県

中部 1 Gr

新潟県・富山県・石川県・福井県

中部 2 Gr

長野県・山梨県・岐阜県

中部 3 Gr

静岡県・愛知県

近畿 1 Gr

滋賀県・京都府・兵庫県

近畿 2 Gr

大阪府・三重県・奈良県・和歌山県

中国 Gr

鳥取県・島根県・岡山県・広島県

四国 Gr

香川県・徳島県・愛媛県・高知県

九州 Gr

福岡県・大分県・佐賀県・長崎県

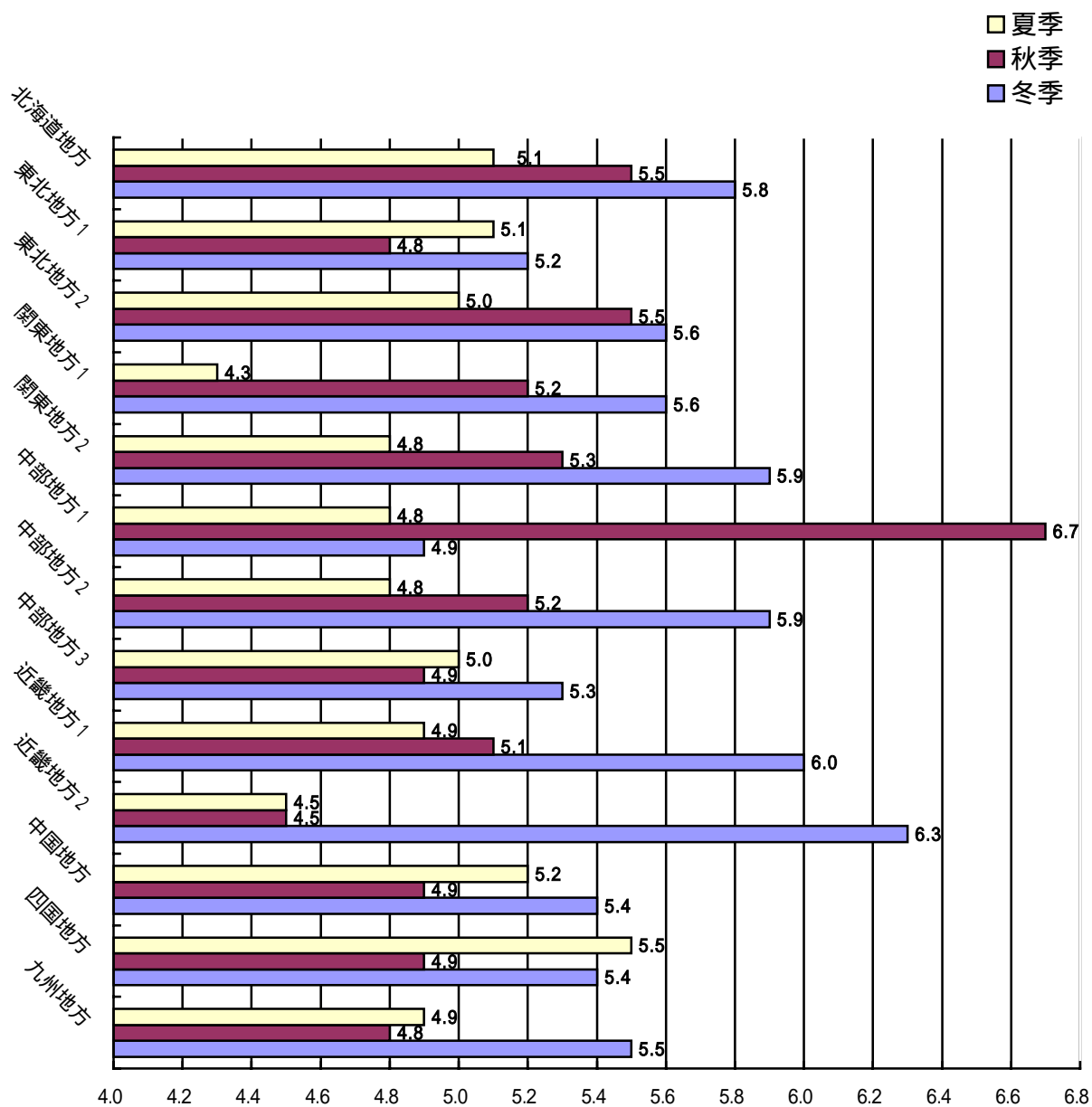
熊本県・宮崎県・鹿児島県

【2-I 観測結果】

① pH値

高感度分析で得られた結果、全平均はpH5.2 でした。季節別で見ると、夏季の平均は4.9、秋季の平均はpH5.2、冬季の平均はpH5.6 となりました。

図 I 地域別季節別平均 pH 値グラフ (数次は pH 値)

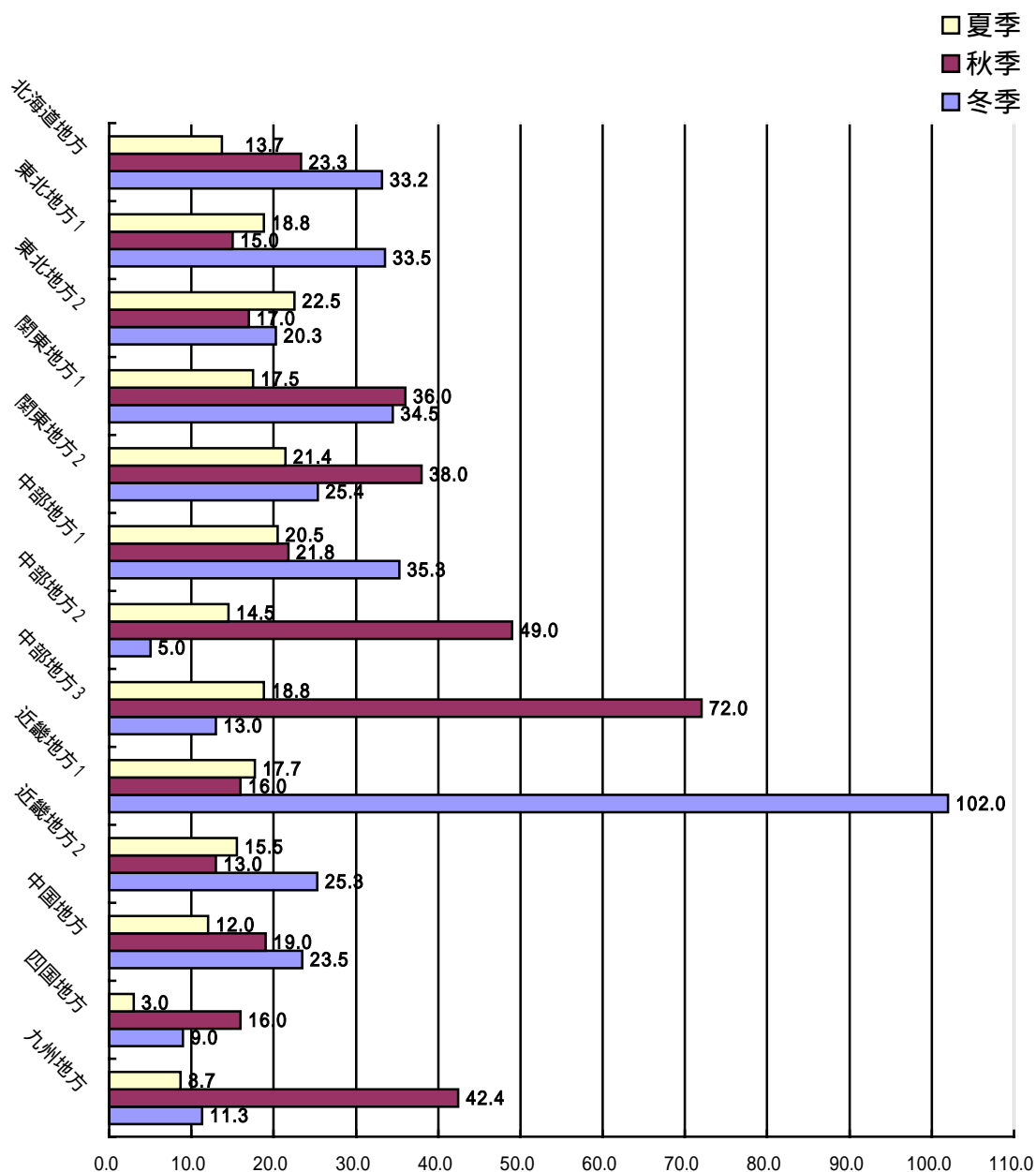


②導電率（EC値）

純水は、電気を通さない性質をもち、導電率が高いほど不純物が多く汚濁が進んでいると考えられており、高い数字がでればその水は不純物が多いと考えます。

導電率はEC値といわれ、 $\mu\text{s}/\text{cm}$ *という単位であらわします。目安として一般的な雨水では10~30 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 、清流河川では50~100 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 、一般河川では100~400 $\mu\text{s}/\text{cm}$ といわれています。なお全平均は24.3 $\mu\text{s}/\text{cm}$ でした。

図Ⅱ 地域別季別平均EC値グラフ（目盛は $\mu\text{s}/\text{cm}$ ）



* $\mu\text{s}/\text{cm}$ （マイクロジーメンスパークセンチメートル）…伝導率を表す単位。

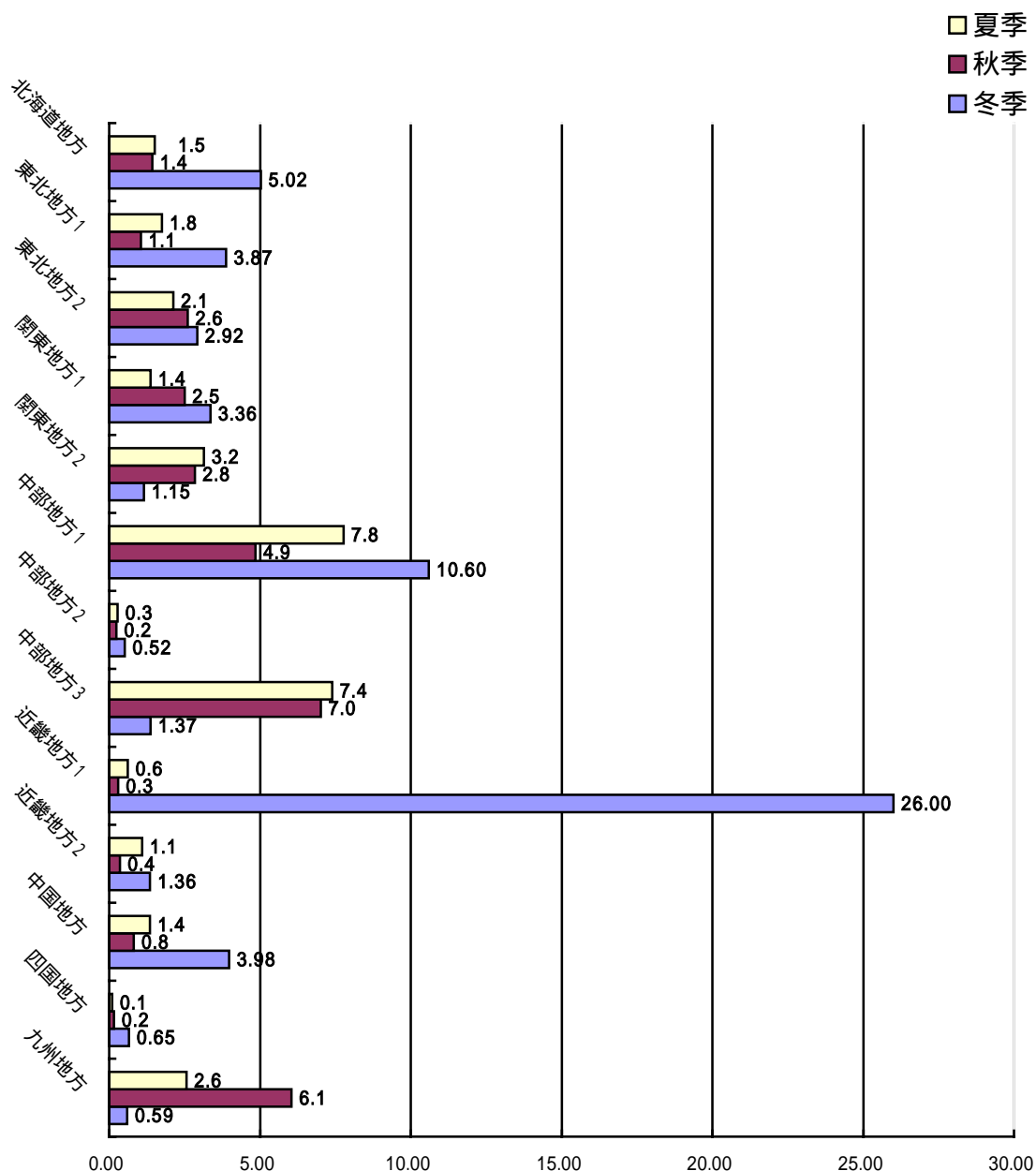
③イオンクロマト中アニオン（陰イオン）

Cl⁻（塩化物イオン）

塩化物イオンは日本の場合、ほとんどは海水に由来しますが、塩素を含むプラスチックの焼却、工場などで塩素やその化合物を使っている場合など、人工的に発生することが稀にあります。

今年度の分析で得られた塩化物イオンは0.04~26.0 μg/ml*の範囲で、全平均は3.01 μg/ml でした。

図Ⅲ 地域別季別平均塩化物イオングラフ（目盛は μg/ml*）



* μg/ml（マイクログラムパーミリリットル）…1ml あたり 100 万分の 1 グラム（0.000001）。

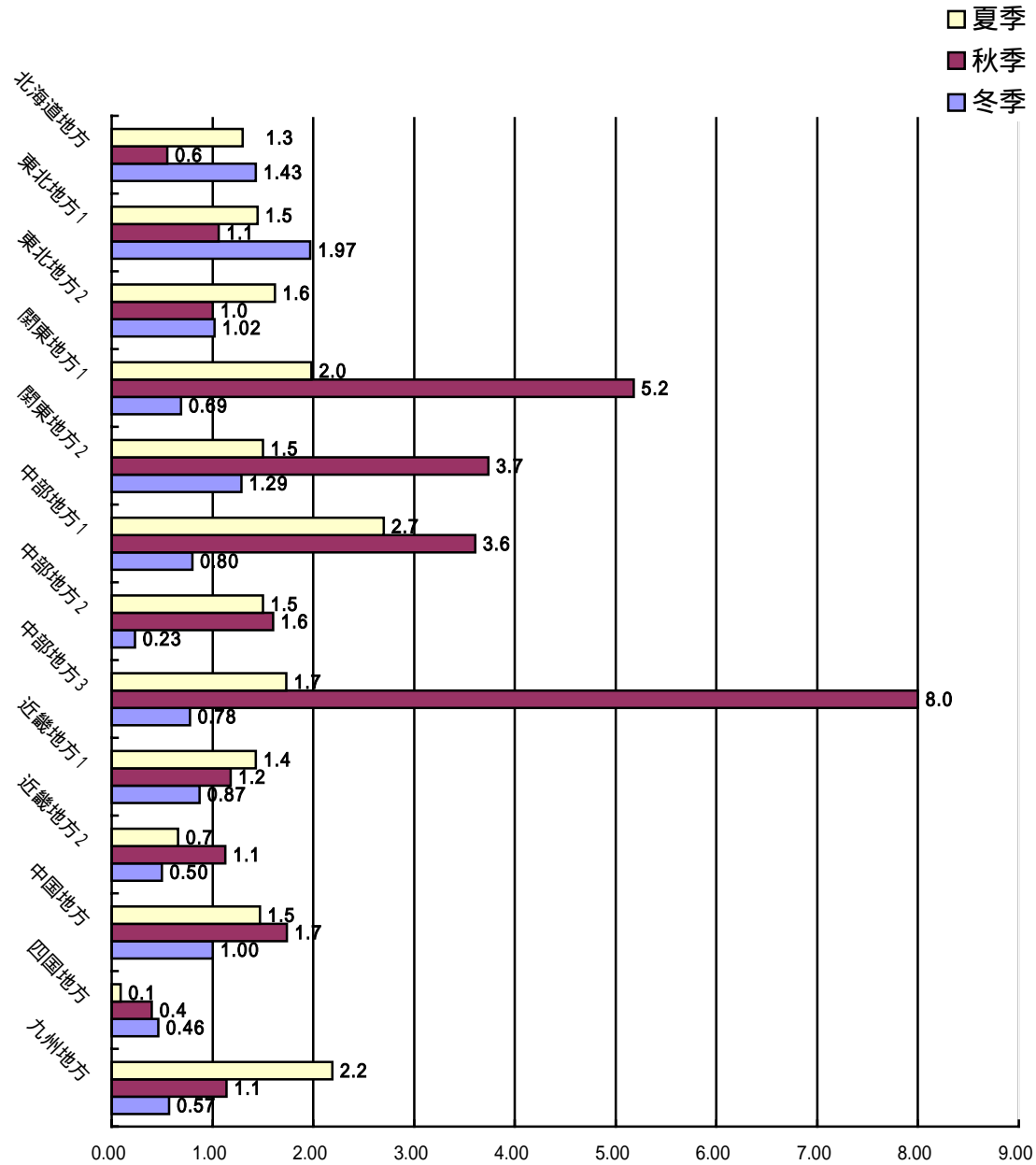
10 μg/ml だと雨水 1ml 中、0.00001 g の不純物が含まれていると考えます。

NO₃⁻ (硝酸イオン)

硝酸イオンは自動車の排気ガス・工場・発電所・ごみ処理場などから発生し、都市部に多くみられます。

今年度の分析で得られた硝酸イオンは 0.05~24.0 μg/ml の範囲で、全平均は 1.78 μg/ml でした。

図Ⅳ 地域別季別平均硝酸イオングラフ (目盛は μg/ml)

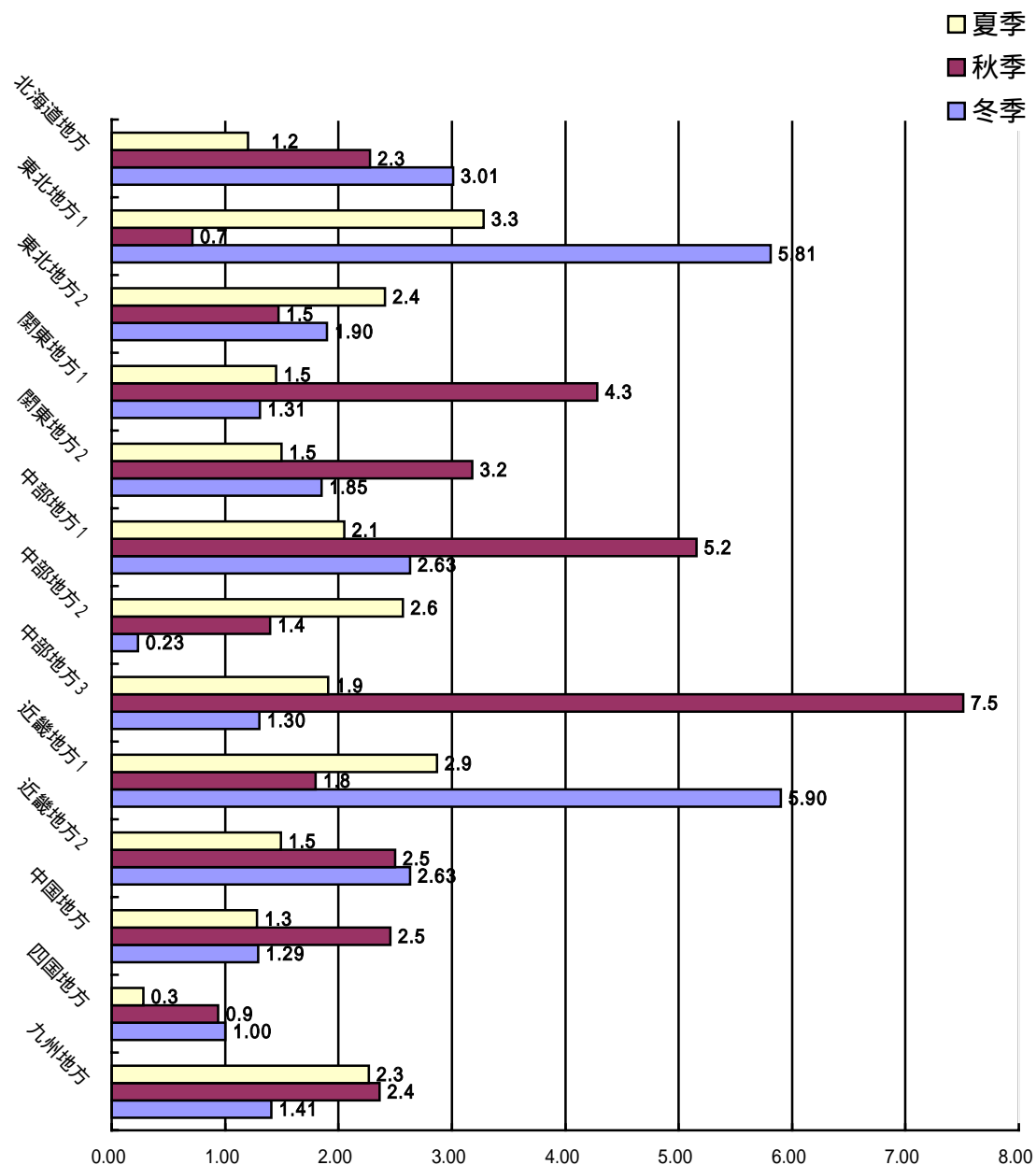


SO₄²⁻ (硫酸イオン)

硫酸イオンは、海水や石炭や石油から発生し、火山など自然から発生するものがあります。

今年度の分析で得られた硫酸イオンは0.15～19.0 μg/ml の範囲で、全平均は2.47 μg/ml でした。

図V 地域別季別平均硫酸イオングラフ (目盛は μg/ml)



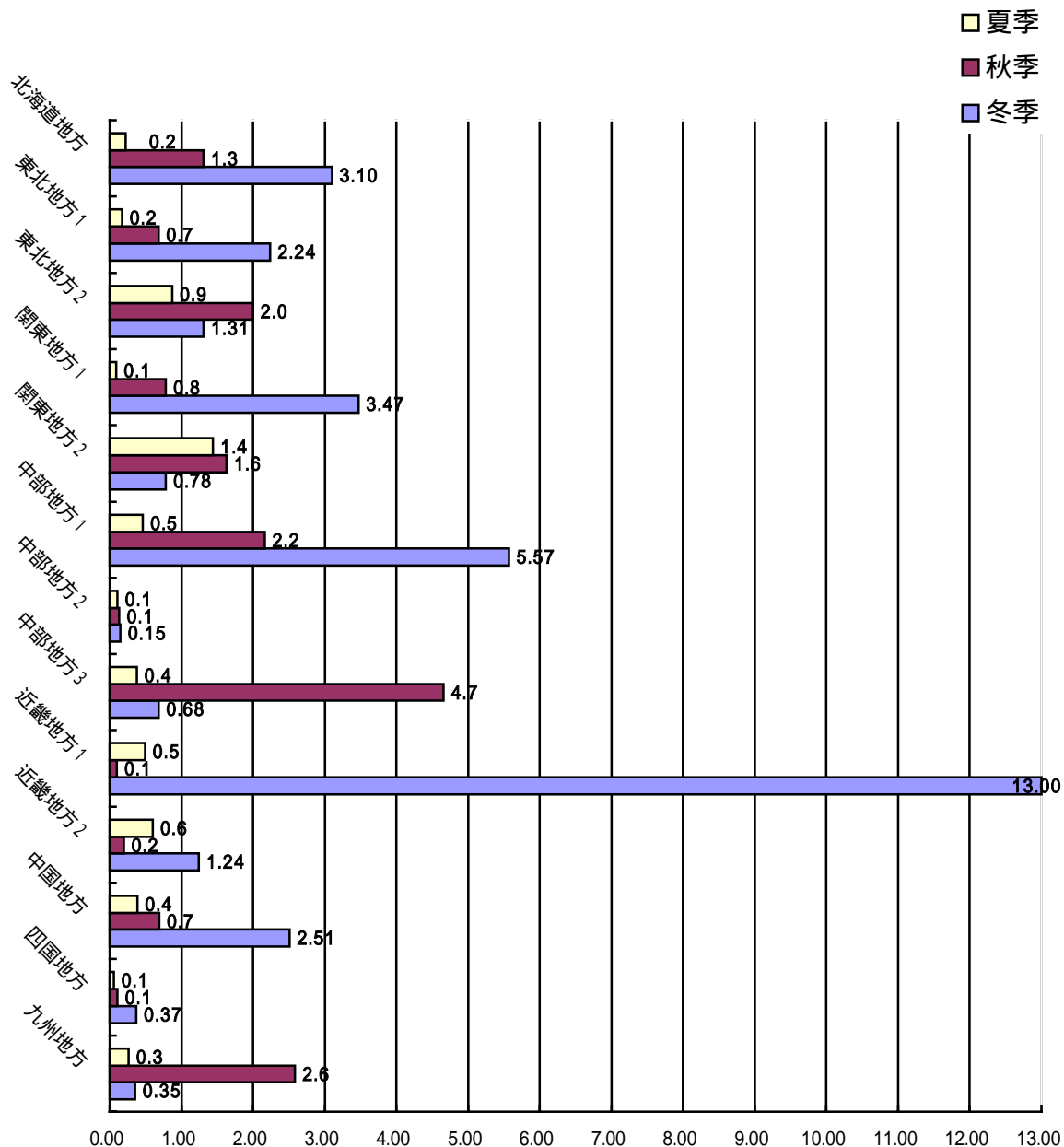
④イオンクロマト中カチオン（陽イオン）

陽イオンの成分を抽出します。この分析で抽出できる成分は5種類あります。

Na⁺（ナトリウムイオン）

海塩に由来し、この値を元に塩化物イオンや硫酸イオンの海塩の由来分を算出することができます。今年度の分析で得られたナトリウムイオンは0.02~13.0 μg/ml の範囲で全平均は1.33 μg/ml でした。

図VI 地域別季別平均ナトリウムイオングラフ（目盛は μg/ml）

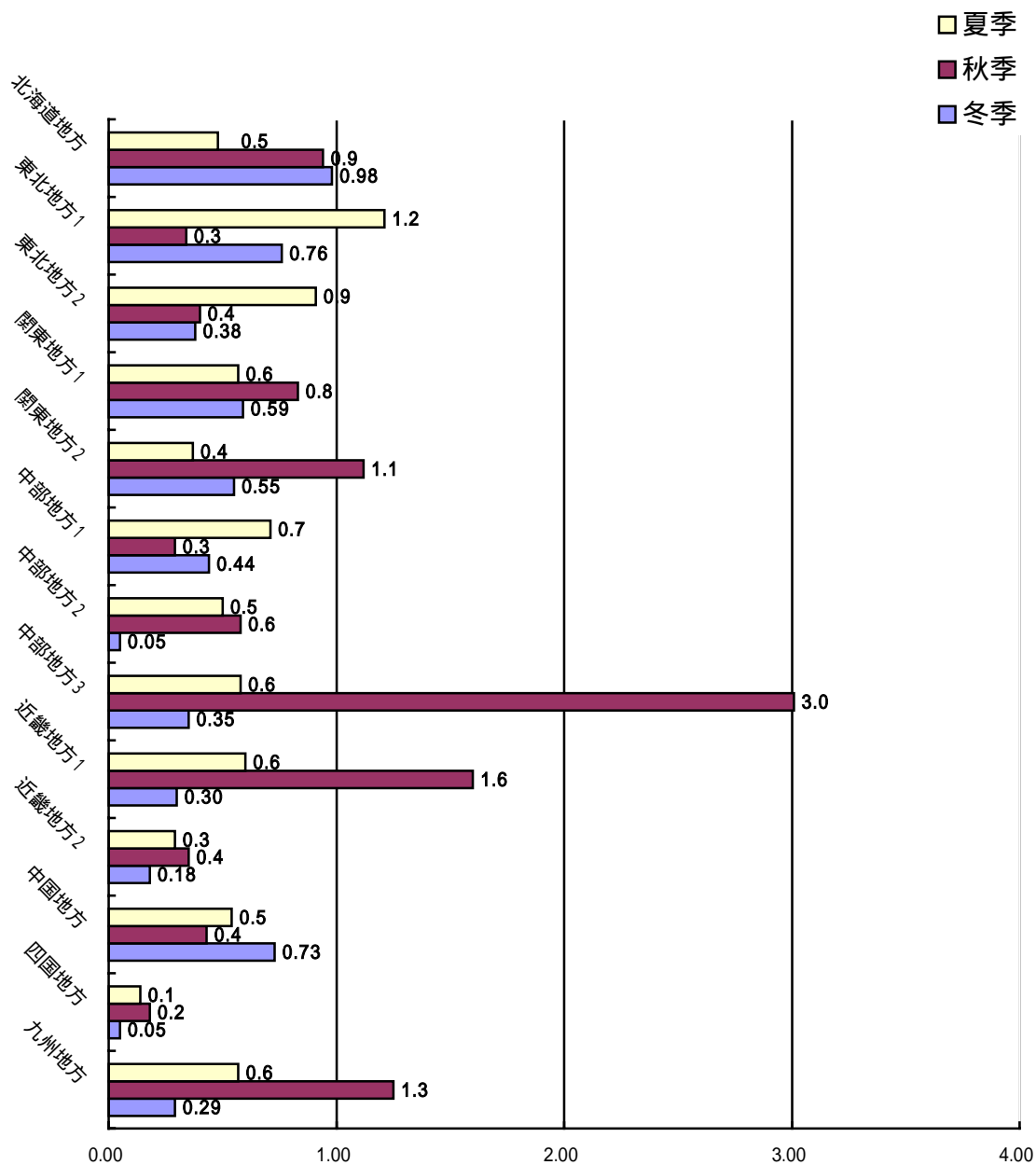


NH₄⁺ (アンモニウムイオン)

肥料を含む表土の舞い上がりや牧畜や家畜の排泄物から放出されるものがあります。

今年度の分析で得られたアンモニウムイオンは 0.01~8.8 μg/ml の範囲で全平均は 0.70 μg/ml でした。

図Ⅶ 地域別季別平均アンモニウムイオングラフ (目盛は μg/ml)

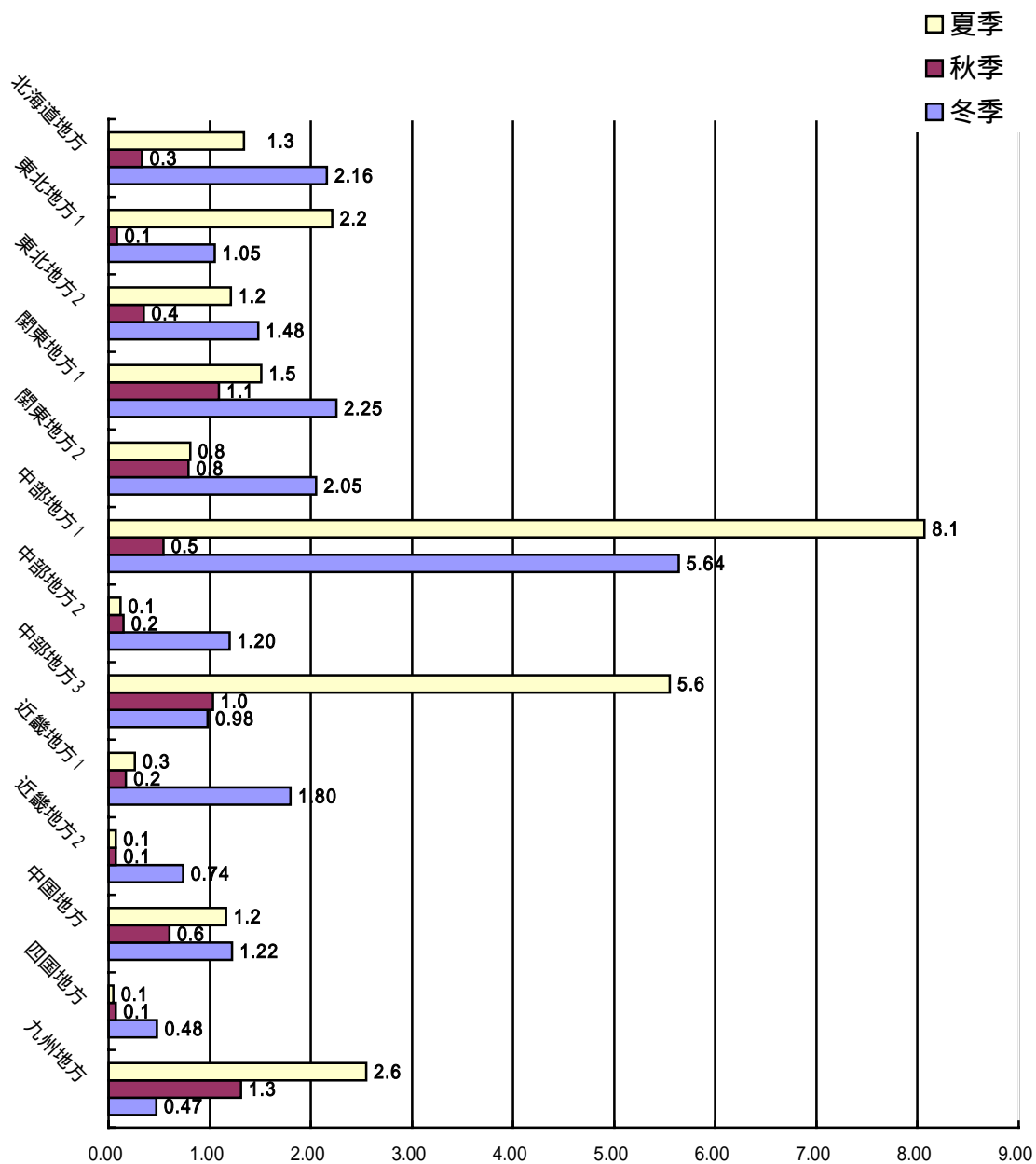


K⁺ (カリウムイオン)

草木を燃やしたときに発生します。

今年度の分析で得られたカリウムイオンは0.02~16.0 $\mu\text{g/ml}$ の範囲で全平均は1.47 $\mu\text{g/ml}$ でした。

図Ⅷ 地域別季別平均カリウムイオングラフ (目盛は $\mu\text{g/ml}$)

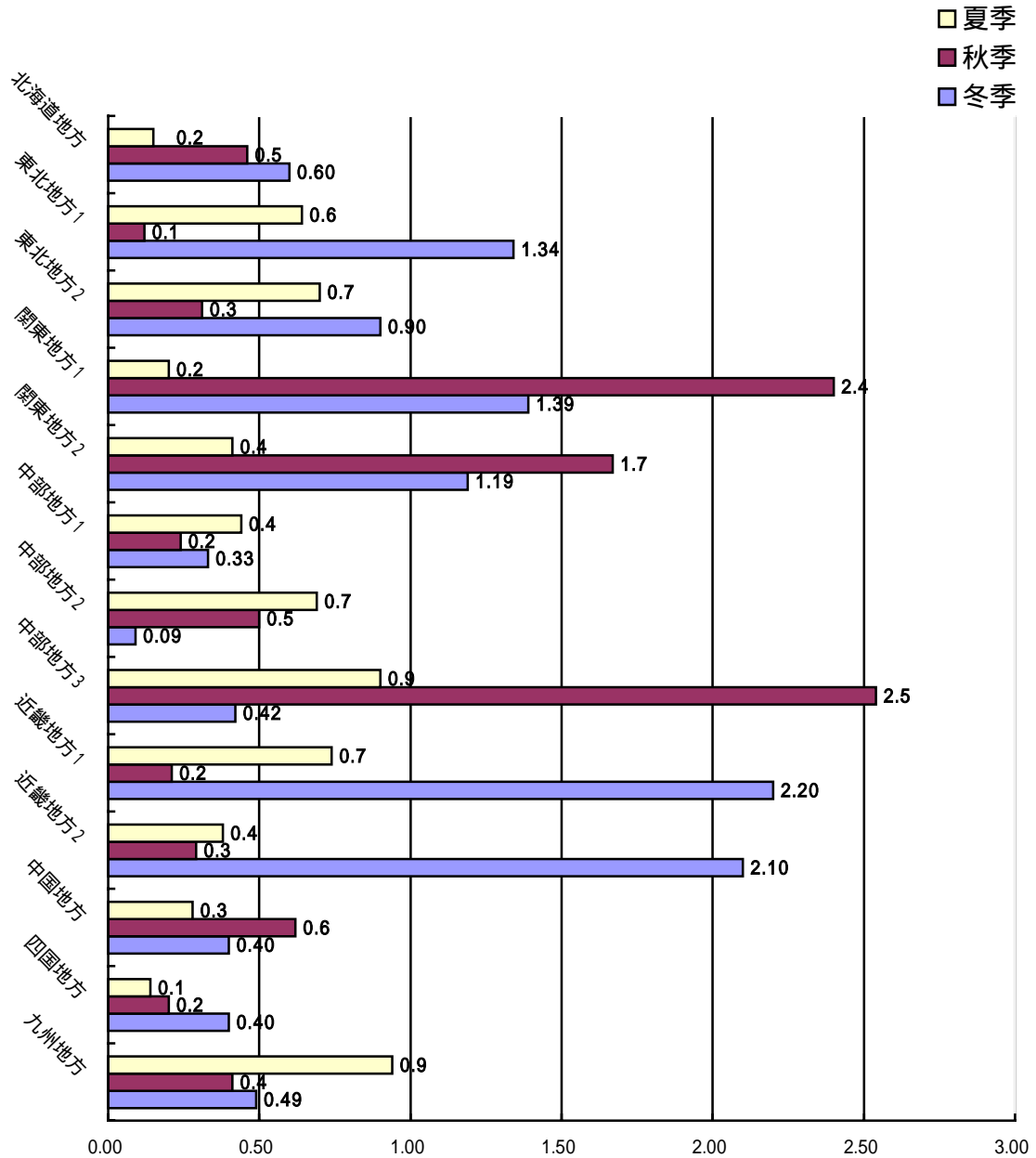


Ca²⁺ (カルシウムイオン)

アスファルトやコンクリートの粉塵などで発生し、北国では凍結防止剤として使用されており、酸を中和する働きがあります。

今年度の分析で得られたカルシウムイオンは 0.02~8.6 μg/ml の範囲で全平均は 0.78 μg/ml でした。

図IX 地域別季別平カルシウムイオングラフ (目盛は μg/ml)

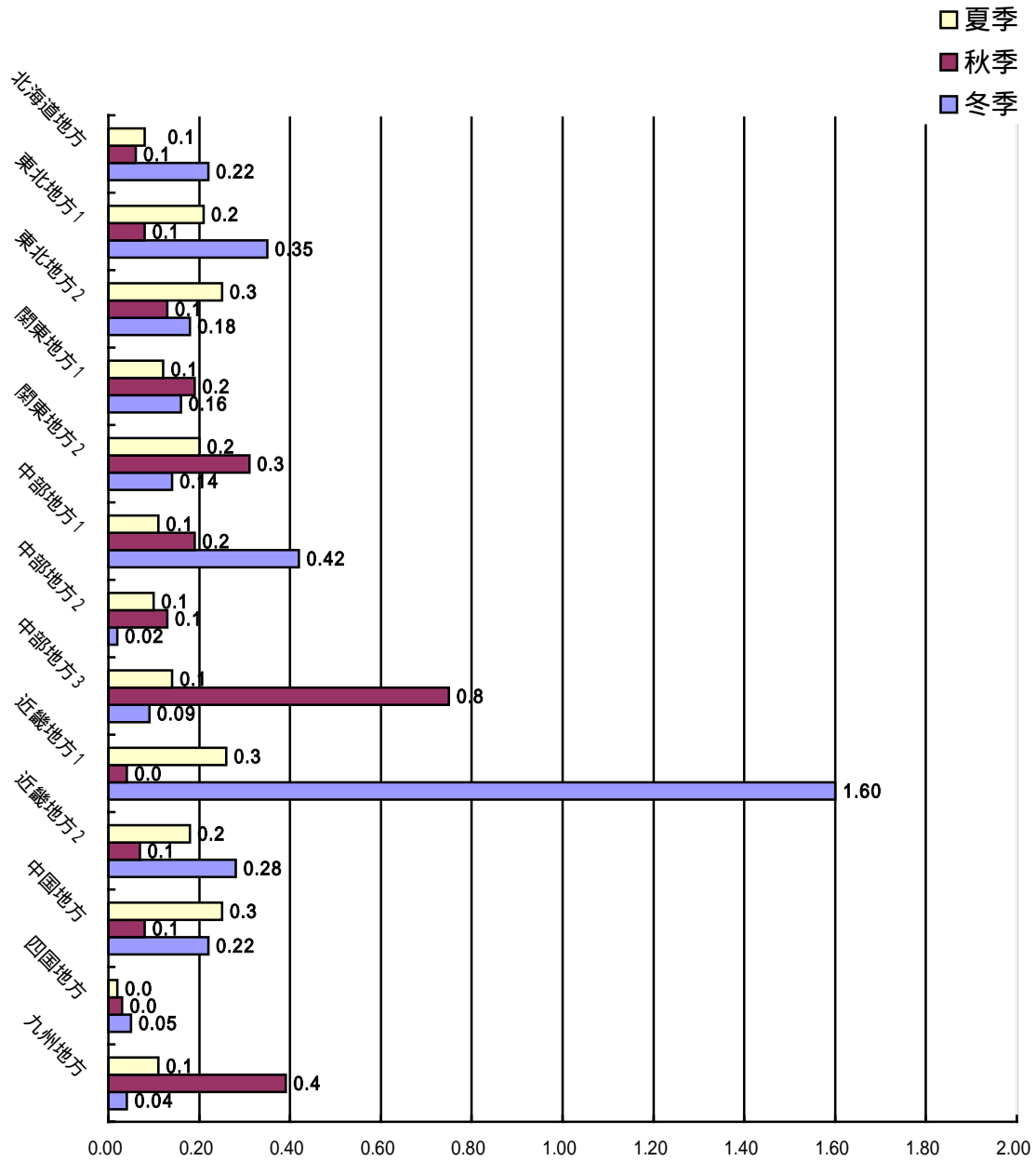


Mg²⁺ (マグネシウムイオン)

海塩に由来します。

今年度の分析で得られたマグネシウムイオンは0.01~1.6 μg/ml の範囲で全平均は0.21 μg/ml でした。

図X 地域別季別平マグネシウムイオングラフ (目盛は μg/ml)

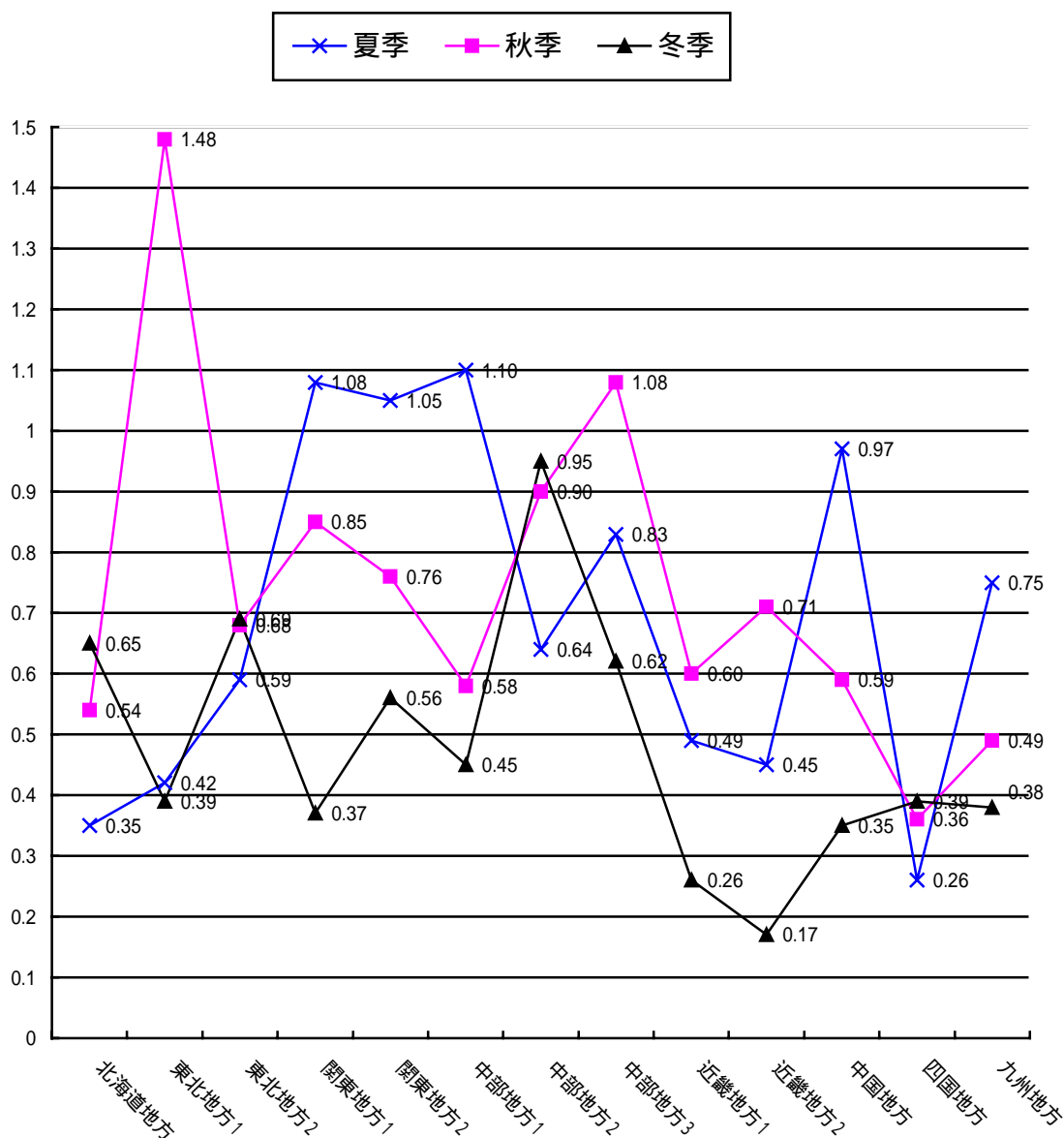


⑤N/S比

$\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 当量比 (N/S比) は、酸性雨の原因を考える時に重要な指標となります。ここでは酸性雨の主な原因物質である硝酸イオン濃度 (NO_3^-) と海水のような非人工的な物質を差し引いた非海塩硫酸イオン濃度 (nss-SO_4^{2-}) とを比較し、発生源の種類と酸性化の寄与度をみてみました。今年度の分析によって得られた $\text{NO}_3^-/\text{nss-SO}_4^{2-}$ 比は 0.0995~2.6483 の範囲で、全平均は 0.6662 でした。

下記の図表をみてわかるように、時期に関わらず全国的に 1.00 を下回っていることから、硫酸イオンの寄与度が高い (人工的な物質のほうが高い) ことがわかります。

図XI 地域別季別 N/S 比グラフ (目盛は N/S 比)



また、N/S比と酸性濃度（pH）との関係は、全体的にN/S比の数値が下がり硫酸イオンの寄与度が高まるとpH値は酸性の度合いを弱め、N/S比の数値が上がり硝酸イオンの寄与度が高まるとpH値は増えて、酸性の度合いを強めるという相反の関係性がみとめられました。つまり、人工的な物質の寄与度が高いとpH値は低くなり、逆に海水など自然物質の寄与度が高いとpH値は高くなることがわかります。

図XII 地域別平均N/S比と平均pH値との関係グラフ

