

## 9. 世界自然遺産「白神山地」の自然環境—水・土の化学的評価—

Natural Environment of World Natural Heritage "Shirakami Mountain" -Chemical Evaluation of Water and Soil-

徳田 淳\*・山口 晴幸\*

Jun TOKUDA\*・Hareyuki YAMAGUCH\*

**ABSTRACT**; The third world forum was held in Japan and A G8 Action Plan about Water was made in a main country summit meeting last year. The water problem is considered to be an international problem and becomes the problem that must wrestle with all over the world led by the United Nations. The present authors have reported about the importance of natural water and soil environment through the results of investigations in Yakushima Island of World Natural Heritage, Mikurajima Island of Toukyo where a giant tree grew thick, Iriomote island of Okinawa with original nature and so on. As well as Yakushima Island, Sirakami Mountain of Akita and Aomori prefecture was also listed as a World Natural Heritage Site by UNESCO in December 1993. Sirakami Mountain is known for virgin forest of beech that grows there. The objective of this study is to examine the feature of natural water and soil environment in which the virgin forest of beech tree could grow up, and to look for the way we can do for the preservation of nature in the future. The various chemical microanalyses were mainly carried out on the many samples of natural water, snowfall and soil obtained neighborhood the buffer and core areas of Sirakami Mountain. Based on the results of many chemical measurements, the present authors discuss about the actual situation of natural environment in Sirakami Mountain.

**KEYWORDS** ; Aqueous environment / pH / Electric Conductivity / Hexadiagram / Tri-linear diagram

### 1 はじめに

水は人類及び地球上の生物にとって無くてはならない貴重な存在である。多くの生物が水と共に暮らし、生命の糧としている。人類においても、過去の四大文明はそれぞれ豊富な水の流れる河川を中心に発展した歴史があり、現在の生活でも農業、工業、産業様々な所で水は使用されている。産業革命以降、生活の向上を目指し科学技術が進歩し、人類は大量生産・大量消費の社会システムを構築した。こうした中で、森林の伐採、石油・石炭の燃焼による大気汚染、必要以上のダムの建設などが自然の浄化システムを狂わせ様々な環境問題を引き起こす原因となった。昔は、どこでも飲料可能だった水であるが、環境の悪化に伴い、水環境や土環境などの自然環境も汚染が進み、今や世界中の水で直接飲料できる水は、人為的影響を受けない山岳地域や森林域などの一部に限られるようになった。水・土の汚染は様々な動植物にも影響を及ぼし、熱帯雨林の枯れ木、奇形で生まれてくる動物、絶滅する動物種など様々な報告がされている。このような現状の中で、当研究室では自然の素晴らしさを訴え、環境保護・保全の一助を担いたいという観点から、今までに鹿児島県屋久島、東京都御蔵島、沖縄県西表島などの自然の豊かな地域での水・土環境の実態を継続調査している。これらの調査の一環として、本研究では青森県と秋田県の県境に位置する世界自然遺産登録地域の

---

\* 防衛大学校 建設環境工学科 Department of Civil and Environmental Engineering, National Defense Academy

白神山地一帯での水と土の調査・分析で得られた結果に基づいて、白神山地の自然環境について考察する。

## 2 世界自然遺産「白神山地」

1972年の第17回ユネスコ総会において、地球の生態系全体にとって普遍的な価値を持つ「世界遺産」を国際的な協力の下に保護し、次の世代へと引き継いでいくことを目的に「世界遺産条約」が採択された。世界遺産には、文化遺産と自然遺産があり自然遺産は世界で149の地域が認定されている。世界自然遺産の登録基準は以下になっている。(i)生命進化の記録、地形形成において進行しつつある重要な地質学的過程、あるいは重要な地形学的、自然地理学的特徴を含む、地球の歴史の主要な段階を代表する顕著な例であること。(ii)陸上、淡水域、沿岸・海洋生態系、動植物群集の進化や発展において、進行しつつある重要な生態学的・生物学的過程を代表する顕著な例であること。(iii)ひととき優れた自然美および美的要素をもった自然現象、あるいは地域を含むこと。(iv)学術上、あるいは保全上の観点から見て、顕著で普遍的な価値をもつ、絶滅のおそれのある種を含む、野生状態における生物の多様性の保全にとって、最も重要な自然の生息・生育地を含むこと。

白神山地は、(1)科学的にみても環境保全の面からみても貴重な自然環境である。(2)白神山地の生態系は生物社会のモニタリングに貴重な地域である。(3)イヌワシ、クマゲラなどの希少な鳥類の生息地である。以上の理由から世界自然遺産に登録されている。日本で世界自然遺産に登録されているのは鹿児島県屋久島と白神山地の2箇所のみであり、世界共通の財産として非常に貴重な地域である。白神山地は青森県の南西部から秋田県の北西部におよぶ標高1000m前後の山々が連なり、ブナ原生林に覆われた13万ヘクタールもの広大な山岳地帯の総称であり、世界遺産にはそのうち16,971ヘクタールが登録された。その内訳は青森県側が鱒ヶ沢町、深浦町、岩崎村、西目屋村の12,627ヘクタール、秋田県側が藤里町の4,344ヘクタールとなっている。白神山地には、日本海に注ぐ河川の源流部が集中していて、人間活動の影響をほとんど受けていないブナ原生林が世界最大規模の広さで残されている。このブナ原生林には、多種多様の動植物が共存し育まれており、自然の生態系が保存されている。

白神山地は、世界自然遺産に登録されたことにより多くの登山者が訪れるようになった。登録された当初は、登録地域において入山規制を実施していたが、現在は指定したルートからの入山を許可している形をとっている。もう一つの世界自然遺産地域である屋久島では、当初から入山規制を設けずに現在に至っている。それぞれ世界自然遺産に登録され10年を越える年月を数え、自然環境に与える影響が問題視され始めている。

## 3 白神山地の地質・地形概要

白神山地の位置は北緯40度付近、世界的にはニュ

表-1 河川及び山岳の名称

| 河川 |      | 山岳 |         |
|----|------|----|---------|
| 番号 | 名称   | 番号 | 名称      |
| 1  | 粕毛川  | 1  | 白神岳     |
| 2  | 素波里湖 | 2  | 向白神岳    |
| 3  | 長場内川 | 3  | 天狗岳     |
| 4  | 種梅川  | 4  | 摩須賀岳    |
| 5  | 常盤川  | 5  | 真瀬岳     |
| 6  | 水沢川  | 6  | ニッ森     |
| 7  | 白瀑川  | 7  | 雁森岳     |
| 8  | 泊川   | 8  | 青鹿岳     |
| 9  | 真瀬川  | 9  | 小岳      |
| 10 | 小入川  | 10 | 駒ヶ岳     |
| 11 | 入良川  | 11 | 大白岳     |
| 12 | 津梅川  | 12 | 次郎左右衛門岳 |
| 13 | 白神川  | 13 | 焼山      |
| 14 | 大峰川  | 14 | 長場内岳    |

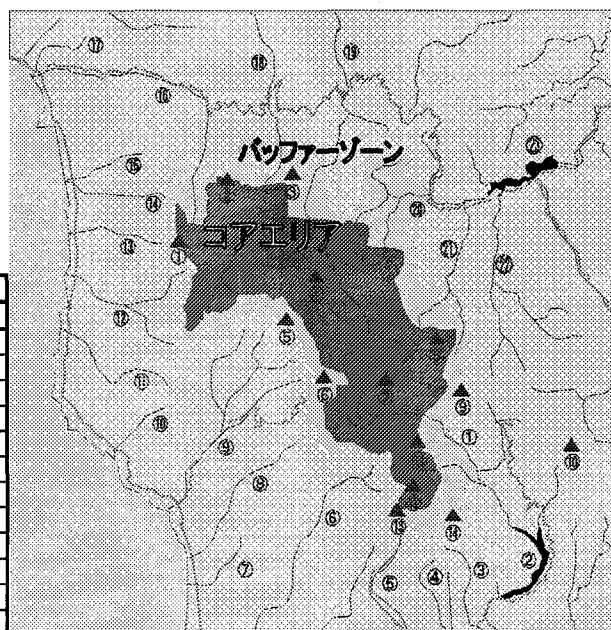


図-1 白神山地周辺の河川と山岳

ーヨーク、マドリード、ナポリなどと同緯度である。白神山地の地質は、およそ9,000万年前頃（白亜紀）に出来た花崗岩を基盤に、2,000万年前～1,200万年前頃（新第三紀中新世）の堆積岩（凝灰岩、泥岩、砂岩）とそれを貫く貫入岩類で構成されている。白神山地を流れる河川には、青森県側に大川、暗門川、赤石川、追良瀬川、笹内川があり、秋田県側に粕毛川がある（表-1と図-1）。各河川の流域を分ける尾根沿いに標高1,000m～1,200m級の山々が連なっている。火山活動の山ではなく、圧力で地層が折れ曲がりできた山々と言われている。主なものとして、大川流域に青鹿岳（標高1,000m）、赤石川流域に魔須賀岳（標高1,012m）、追良瀬川流域に天狗岳（標高958m）がある。そして岩崎村と深浦町を分ける分水嶺に白神岳（1,232m）と白神山地内では最高峰の向白神岳（標高1,243m）があるほか、県境の尾根沿いに二ッ森（1,086m）、真瀬岳（988m）、雁森岳（987m）、小岳（1,042m）が聳える。

#### 4 調査と試験

2000年8月14日～8月20日及び、2001年3月23日～3月28日にかけて白神山地一帯の自然水（湧水、河川水、地下水）、降雨、降水（積雪）及び土試料の調査・採水を実施した（図-2～4）。白神山地の世界自然遺産地域は、厳格な保護を要するコアエリアと研究、教育、保健休養などにのみ利用が認められるバッファゾーンに区分される。図-2～4はそれぞれ、世界自然遺産登録地域における自然水、降水及び土試料の採取位置について示している。コアエリア、バッファゾーンを取り囲むように自然水79サンプル、降水48サンプル及び土23サンプルを採取した。自然水と降水試料については、水温（℃）・水素イオン濃度（pH）・電気伝導度（EC）及びイオン交換クロマトグラフィーを

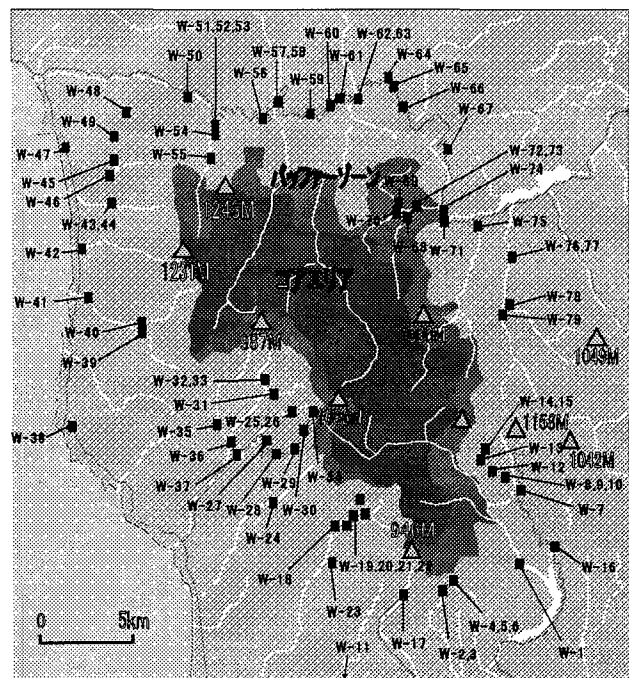


図-2 自然水の採取位置

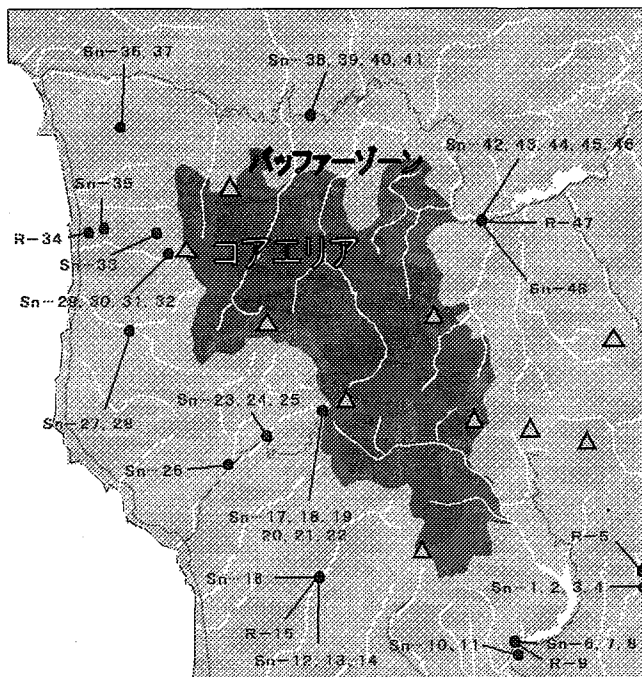


図-3 降水の採取位置

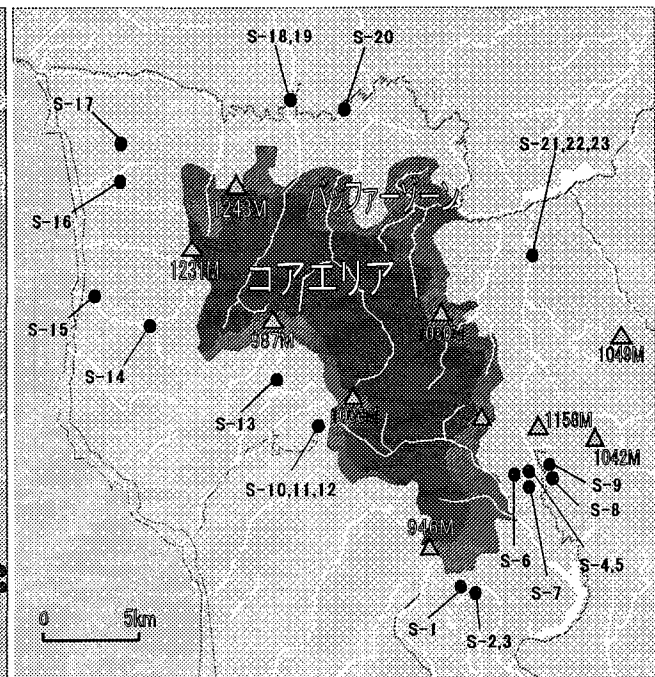


図-4 土の採取位置

用いた主要溶存化学成分（陰・陽イオン濃度）の測定を実施した。土試料については、地盤工学会の「土質試験の方法と解説」における「土の pH 試験方法 (JGS0211)」に基づいて土の水素イオン濃度 (pH)・電気伝導度 (EC) を測定した。さらに「土の水溶性成分試験方法 (JGS0241)」に基づいて土の主要溶出化学成分の分析を実施した。なお、土の pH 試験に使用した土懸濁液を用い、土と水の質量比が 1:10 になるように調製した水溶液を作製した。さらに振とう機を用いて 6 時間連続振とうした後、遠心分離器で分離した上澄み液を吸引ろ過 ( $0.45\mu\text{m}$  フィルター使用) し、抽出したろ過液を土の溶出水とした。この土溶出水を用いてイオン交換クロマトグラフィーにより、土から溶出する主要溶出化学成分の測定を実施している。

## 5 自然水環境

白神山地一帯 79 箇所所で採取した自然水（河川水、渓流水、湧水、地下水）の水質特性について考察する。現地計測した 79 箇所の地点での自然水の pH、EC、全硬度の結果を図-5 に示している。pH については、6.4～7.7 範囲（平均値 7.0）で、サンプル数の 8 割以上が 6.8～7.2 範囲にあり、弱酸性から弱アルカリ性の中性付近の水素イオン濃度となっている。EC 値については、 $42\sim 220\mu\text{S/cm}$ （平均値  $99\mu\text{S/cm}$ ）範囲にあり、大部分は  $100\mu\text{S/cm}$  前後の値を示している。この EC 値は溶存イオン量の目安となる指標で、水質が純水に近いほどその値はゼロに近づく。概ね、白神山地の自然水は、比較的溶存イオン量の低い自然水であると言える。自然水のミネラル成分の溶存指標ともなる全硬度（ $=2.5\text{Ca}^{2+}+4.1\text{Mg}^{2+}$ ）は、 $8.2\sim 85.5\text{mg/l}$  範囲（平均値  $31.75\text{mg/l}$ ）にある。一般に、 $100\text{ppm}$  以下が軟水、 $200\text{ppm}$  以上が硬水と定義されている。日本の自然水はほとんどが軟水であるが、白神山地一帯の自然水も山岳特有の自然水であるように、全硬度の平均値が約  $32\text{mg/l}$  とかなり低い軟水である。図-6 は、主な陰イオン（ $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ ）

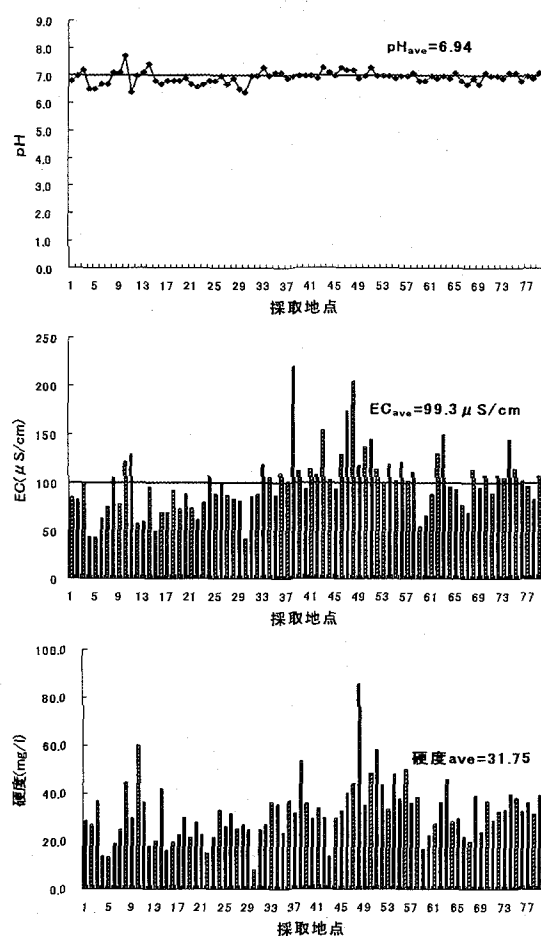


図-5 自然水の pH、EC、全硬度

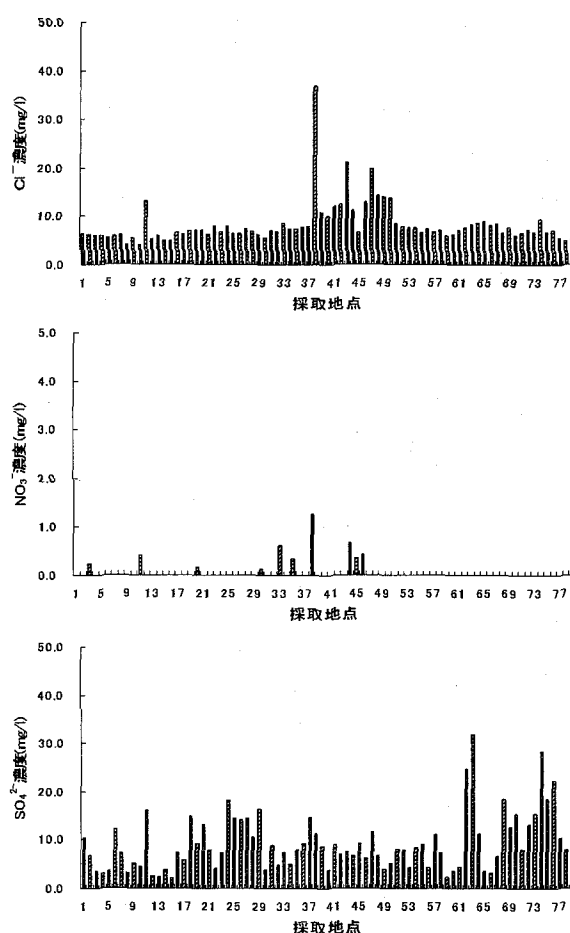


図-6 自然水の主要な陰イオン濃度

の溶存量について示している。塩素イオン濃度 ( $\text{Cl}^-$ ) はほとんどが  $10\text{mg/l}$  以下であり、 $10\text{mg/l}$  以上の値を示す地点は日本海側に集中している。塩素イオンの供給源として海塩起源の影響が考えられるため海側の地点で比較的高い値を示しているものと考えられる。硝酸イオン ( $\text{NO}_3^-$ ) 濃度は、10カ所で検出されたが  $2\text{mg/l}$  以下の低い値であった。硝酸イオン (硝酸性窒素) は自然界からの供給起源のものは少なく、農耕地や市街地などでは、ほとんどが人為的活動に起因しているため水質汚染の指標とされている。検出された10カ所においては、日本海側の道路付近や民家付近が多く、内陸側では検出されていないが、自然起源に由来するものと判断し難く、詳細については検討を要する。今回の測定結果では、自然環境に影響を与えるような高い値は検出されていないが、今後も継続的なモニタリング調査が必要と考えられる。

硫酸イオン ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) 濃度は、 $2.3 \sim 32\text{mg/l}$  範囲で検出され、W62, W63, W74, W76で  $20\text{mg/l}$  以

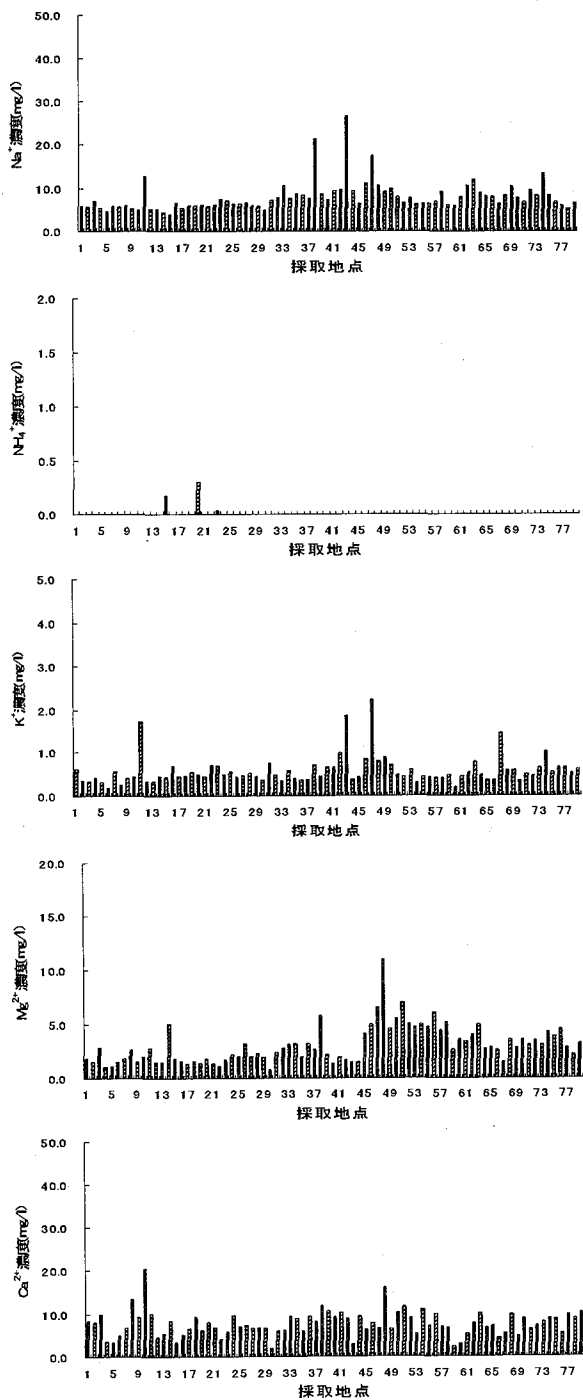


図-7 自然水の主要な陽イオン濃度

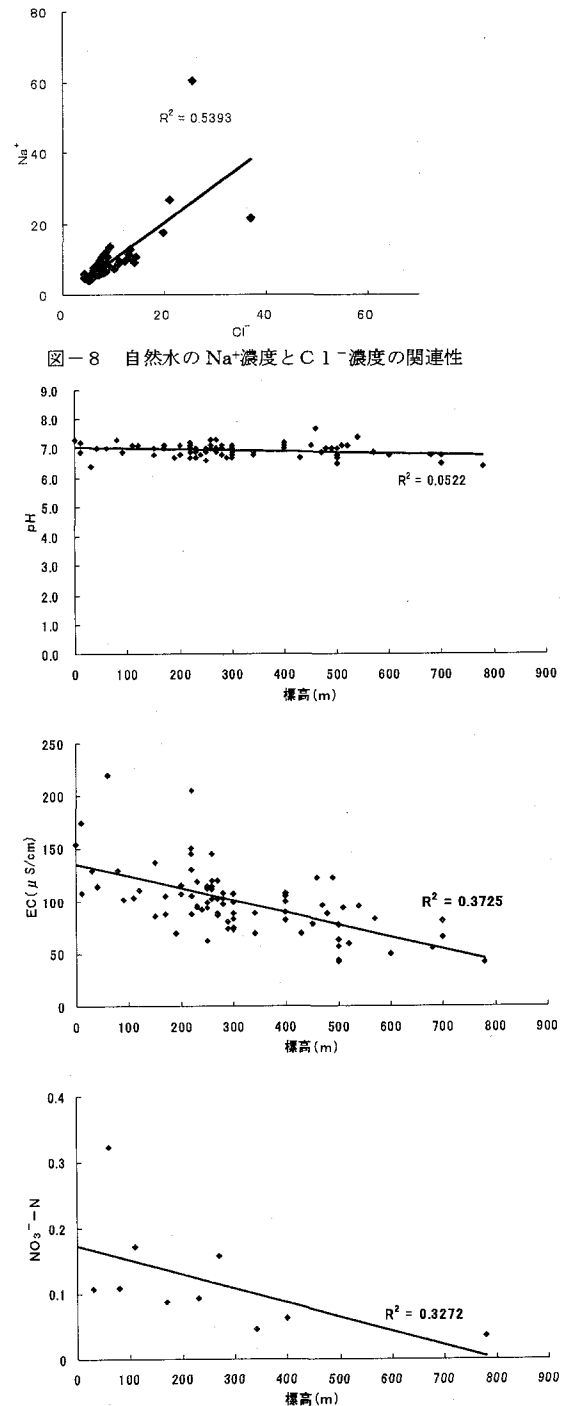


図-9 標高と pH、EC、硝酸性窒素の関係

上のやや高い値を示した。硫酸イオンは硝酸イオン同様に人為的活動に起因する水質汚染の指標ともなる。これらの地点は、交通量も少なく人家等も存在しないことから、地層からの自然的供給源と海塩起源による影響が考えられるが、両者の影響を区別することは難しい。

一方、図-7には、主要な各陽イオン ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ) の溶存イオン量を示している。ナトリウムイオン ( $\text{Na}^+$ ) 濃度は、ほとんどが  $10\text{mg/l}$  以内であり、W38, W43, W47 でやや高い値を示した。W38 と W47 については海岸に近い河口付近であることが影響していると考えられる。W43 は汲み上げ水 (地下水) であり付近に温泉も存在していることからそれらの影響を受けていると考える。また、塩素イオン ( $\text{Cl}^-$ ) 濃度と相関的な傾向にあることがわかる (図-8)。アンモニウムイオン ( $\text{NH}_4^+$ ) 濃度については、W15, W20, W23 の3カ所でのみ検出されたが、 $0.3\text{mg/l}$  未満の極微量であった。 $\text{NH}_4^+$  は  $\text{NH}_3$  がとけ込んだものであり、生活排水などの人為的活動による供給起源と、肥料として撒かれた物の巻き上げや、牧畜など家畜の排泄物からの供給起源や、植物・有機物の腐食分解などに由来するものなどさまざまな起源が考えられる。ここでは民家や畑などが存在しないことから自然的起源に由来するものと考えられる。カリウムイオン ( $\text{K}^+$ ) 濃度は、ほとんどが  $1\text{mg/l}$  以下であったが、W11, W43, W47, W67 でやや高い値が検出された。カリウムイオンは主に岩石、土壌、植物などとの接触によると考えられている。マグネシウムイオン ( $\text{Mg}^{2+}$ ) 濃度は、ほとんどが  $5\text{mg/l}$  以下であるが、W47 で  $10\text{mg/l}$  を超える値が検出された。マグネシウムイオンは、海塩の影響が大きい地域ではこれが主起源となる場合があり、W47 は濁川の河口付近で採水していることから塩素イオン同様に高い値を示したと考えられる。カルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ ) 濃度は、 $10\text{mg/l}$  前後であった。W11 の米代川は、 $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  がやや高く、市街地を流れていることから生活排水による影響も考えられる。図-9

は、それぞれ標高と pH、EC、硝酸性窒素 ( $\text{NO}_3^--\text{N}$ ) 濃度の関係について示している。pH については、標高に関わらずほぼ一定であった。EC について

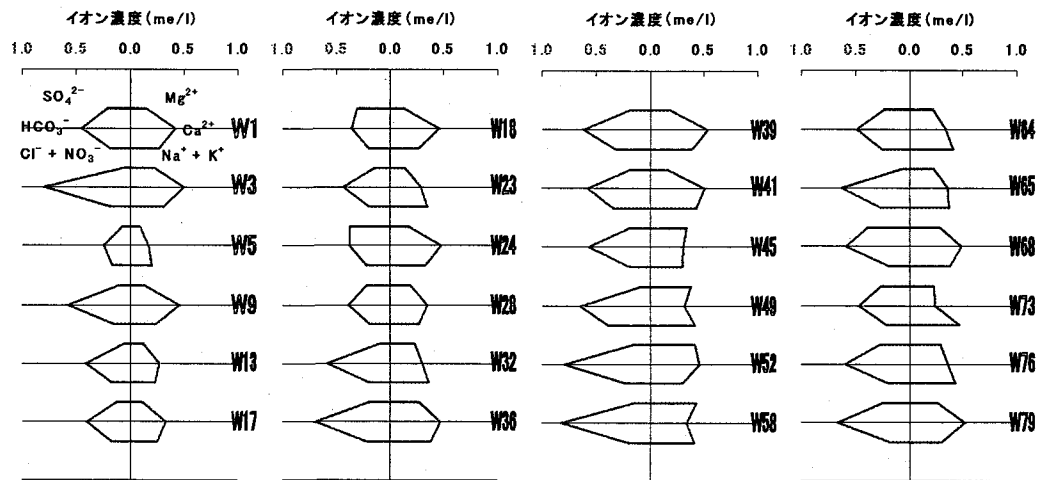


図-10 白神山地一帯の自然水のヘキサダイアグラム

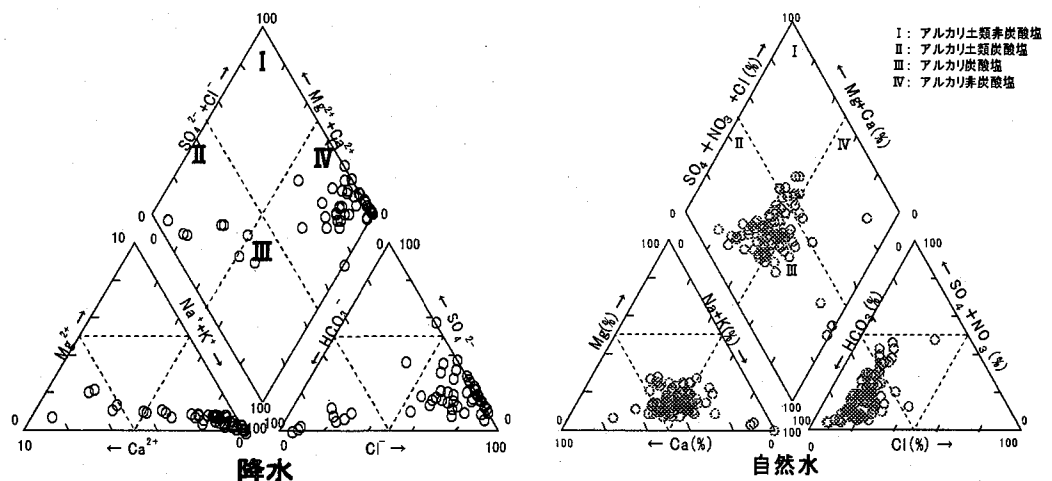


図-11 白神山地一帯の降水と自然水のトリリニアダイアグラム

は、多少のばらつきはあるものの標高が高くなるに従って値が低くなる傾向が認められた。自然水は、降水が地層を流下・浸透したものであり、特に自然水の中でも湧水や地下水などは、標高が高いものほど浸透距離や期間が短く土や岩石から溶出するイオン量も少なくなるため、降水に類似した水質を示す傾向がある。硝酸性窒素濃度と標高の関係についても、標高が高くなるほど低い値を示した。白神山地一帯で検出された硝酸性窒素は、周囲の環境から人為的起源とは考えにくい、降水中（ここでは積雪を分析している）に溶存している硝酸イオンの影響（図-14参照）なども考えられるが詳細は不明である。図-10については、自然水の水質をヘキサダイアグラムで表示している。ヘキサダイアグラムについては、79箇所の採水地点のうちの代表的な24の地点について表示している。これによると、一部において $Mg^{2+}$ 、 $Na^+$ 、 $K^+$ が多く検出される地点があるが、ほとんどの地点において $HCO_3^-$ と $Ca^{2+}$ 濃度の高い菱形の形状のものが多く見られた。大きさはほぼ同じであることから、白神山地を流下する自然水は、ほとんど同じ溶存イオン組成を呈していると言える。図-11には、白神山地の降水と自然水のトリリニアダイアグラムを表示している。これによると、降水は、ほとんどがアルカリ非炭酸塩（Ⅳ型）の水質タイプを示している。一方、自然水の大半は $Ca-HCO_3$ 型のアルカリ土類炭酸塩タイプ（Ⅱ型）に分類され、アルカリ土類非炭酸塩（Ⅰ型）、アルカリ炭酸塩（Ⅲ型）、アルカリ非炭酸塩（Ⅳ型）の水質タイプを呈するものが多少認められる。降水が地層を流下・浸透し、渓流水、湧水、地下水、河川水などの自然水に水形態を変える過程で土・岩石などのイオン交換反応や土・岩石からのイオン成分の溶解などの界面化学的な相互作用により水質タイプが変化するものと考えられる。そのため白神山地一帯では、概ねアルカリ非炭酸塩（Ⅳ型）の水質タイプの降水は、自然水としての水循環の過程で、大半はアルカリ土類炭酸塩（Ⅱ型）の水質タイプに変容するものと推察される。

## 6 降水の化学的性質

図-12は、1995年から1999年における白神山地周辺の地域（深浦町、八森町、藤里町）における平均月間降水量及び平均年間累積降水量を示している。白神山地世界自然遺産地域の北側の青森県深浦町と西側の秋田県八森町では年間降水量が1600mm付近であり、日本全国平均年間降水量とほぼ等しい値となっている。一方、南側の秋田県藤里町では、年間降水量2167mmで全国平均よりやや高い降水量が観測されている。続いて、図

13～図15は白神山地一帯で採取した降水（積雪）48サンプルについての水質分析を試みている。一般的に、pHが5.6以下を示す降水は酸性雨と定義されているが、白神山地一帯の降水については、11箇所ですべて5.6以下の酸性雨を示すpH値が観測された。最近では、交通量や工場などの多い都市ではほとんどの地点で酸性雨を示すpH値が観測されるのに比べて、pHが5.6以下の地点は少なく、pHは4.6～7.4範囲にあり、その平均値は5.

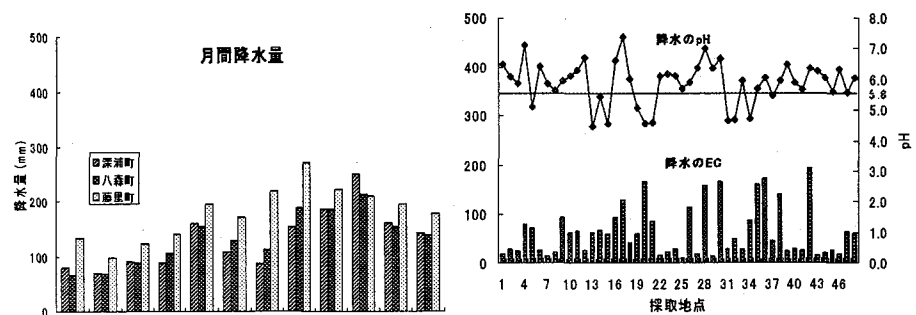


図-13 降水のpHとEC

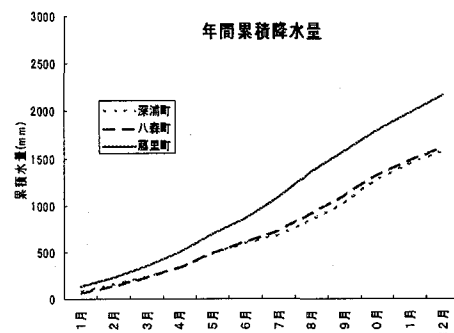


図-12 月別及び年間累積降水量状況

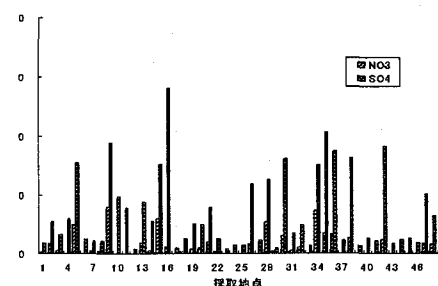


図-14 降水中の $NO_3^-$ と $SO_4^{2-}$ 濃度

89であった。ECについては、10～193  $\mu\text{S}/\text{cm}$  範囲にあり採取地点によりばらつきがみられる。人為的起源の指標である硝酸イオン ( $\text{NO}_3^-$ ) は、48サンプル中29サンプルで検出され0.13～4.00mg/l 範囲であった。硫酸イオン

( $\text{SO}_4^{2-}$ ) についてはナトリウム濃度から試算した海塩起源の硫酸イオン ( $\text{SO}_4^{2-}=0.251\text{Na}^+$ ) に加え、非海塩起源の硫酸イオン ( $\text{nss-}\text{SO}_4^{2-}$ ) の溶存も確認され0.33～12.01mg/l 範囲であった(図-15)。 $\text{NO}_3^-$ 濃度と  $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度の比は、およそ1:3.3で、硫酸イオンが硝酸イオン濃度の約3.3倍となっていた(図-16)。

## 7 土環境

白神山地一帯で採取した一連の土試料(ほとんどは表層土)について、土懸濁液と土溶出水の pH 及び電気伝導度(EC)の状況を図-17と図-18にそれぞれ示している。4章で記述したように、ここでの土懸濁液の pH と EC は上の pH と EC を意味している。また、土溶出水の pH と EC は土から溶出した水溶性成分の pH と EC である。pH については、土懸濁液と土溶出水の間にほとんど差異はなく、その値は一部4～5範囲を示すものもあるが、ほとんどが6～6.5範囲の弱酸性となっている。EC については、ほぼ8割の土試料の土懸濁液で5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ～45  $\mu\text{S}/\text{cm}$  範囲の低い値を示し、土溶出水の値もほとんどかわらない。これに対し、S2、S3、S7、S9、S15、S21、S22の土試料については、土懸濁液の EC 値は52  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ～169  $\mu\text{S}/\text{cm}$  範囲にあり、しかも土溶出水の EC 値も土懸濁液のその2～3倍となっている。これらの土試料は、化学成分溶出能力の高い土であることが推察される。図-19は土溶出水の水質を評価したもので、代表的な土の陰イオンと陽イオンの溶出特性について示している。ここでは土からの溶出イオン量(mg)は乾燥土1g当りの量として mg/g 単位で表示してい

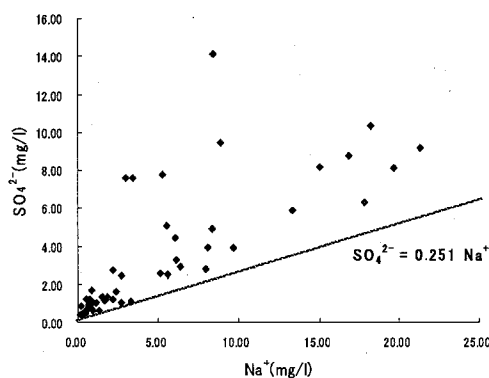


図-15 非海塩粒子起源の  $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度

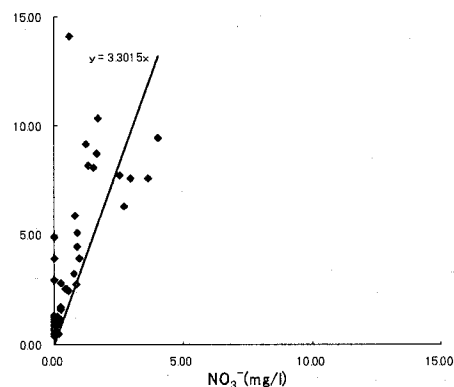


図-16  $\text{NO}_3^-$ 濃度と  $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度の比

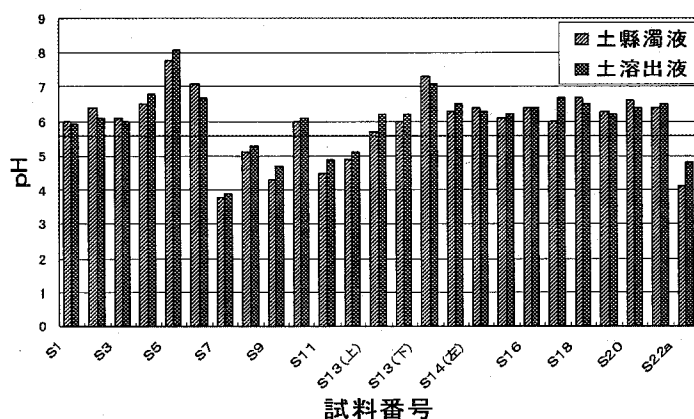


図-17 土懸濁液と土溶出水の pH

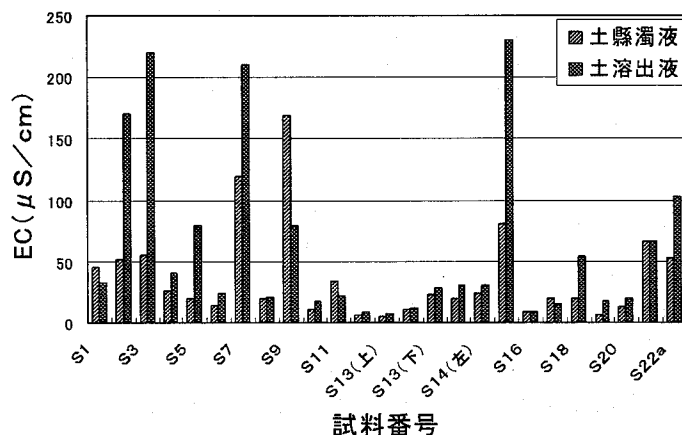


図-18 土懸濁液と土溶出水の EC



る。陰イオン ( $\text{Cl}^-$ 、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ ) の溶出状況をみると、ほとんどの土で重炭酸イオン ( $\text{HCO}_3^-$ ) の溶出量が最も高く、0.06mg/g~0.728mg/g 範囲にある。 $\text{NO}_2^-$ は検出されなかったが、 $\text{NO}_3^-$ は、13箇所検出され、0.003mg/g~0.32mg/g 範囲で溶出している。 $\text{Cl}^-$ と  $\text{SO}_4^{2-}$ についてはほぼ類似した傾向を示しており、ほとんどが0.02mg/g 程度の溶出量であった。一方、陽イオン ( $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ ) の溶出状況をみると、各イオンの溶出量はほとんどが0.05mg/g 以下で、全体的には溶出量は低いと言える。土溶出水のイオン量と電気伝導度との間には、強い正の相関性があり(図-20)、特に土懸濁液や土溶出水の電気伝導度(EC)が高い値を示していた土は、 $\text{Ca}^{2+}$ の溶出量が0.1mg/g~0.2mg/g 範囲と高い溶出性を示していた。 $\text{NH}_4^+$ の溶出量については、S7で0.13mg/g、S22で0.046mg/gを示したが、他の箇所では検出されなかった。以上のことから、白神山地一帯に分布する表層付近の土では、概ね  $\text{HCO}_3^-$ と  $\text{Ca}^{2+}$ の溶出性が比較的高いことが分かった。

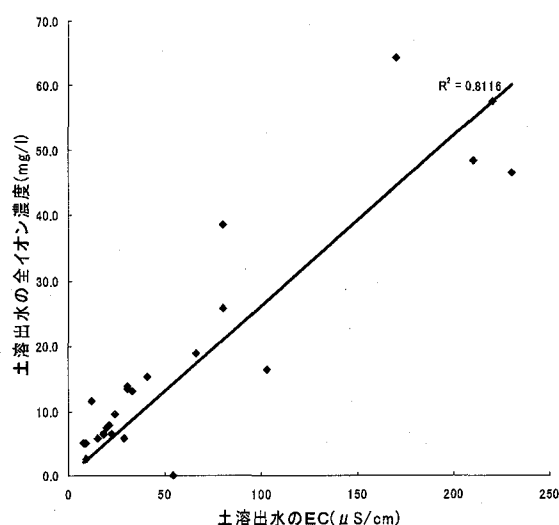


図-20 土溶出水のイオン量と電気伝導度との関係

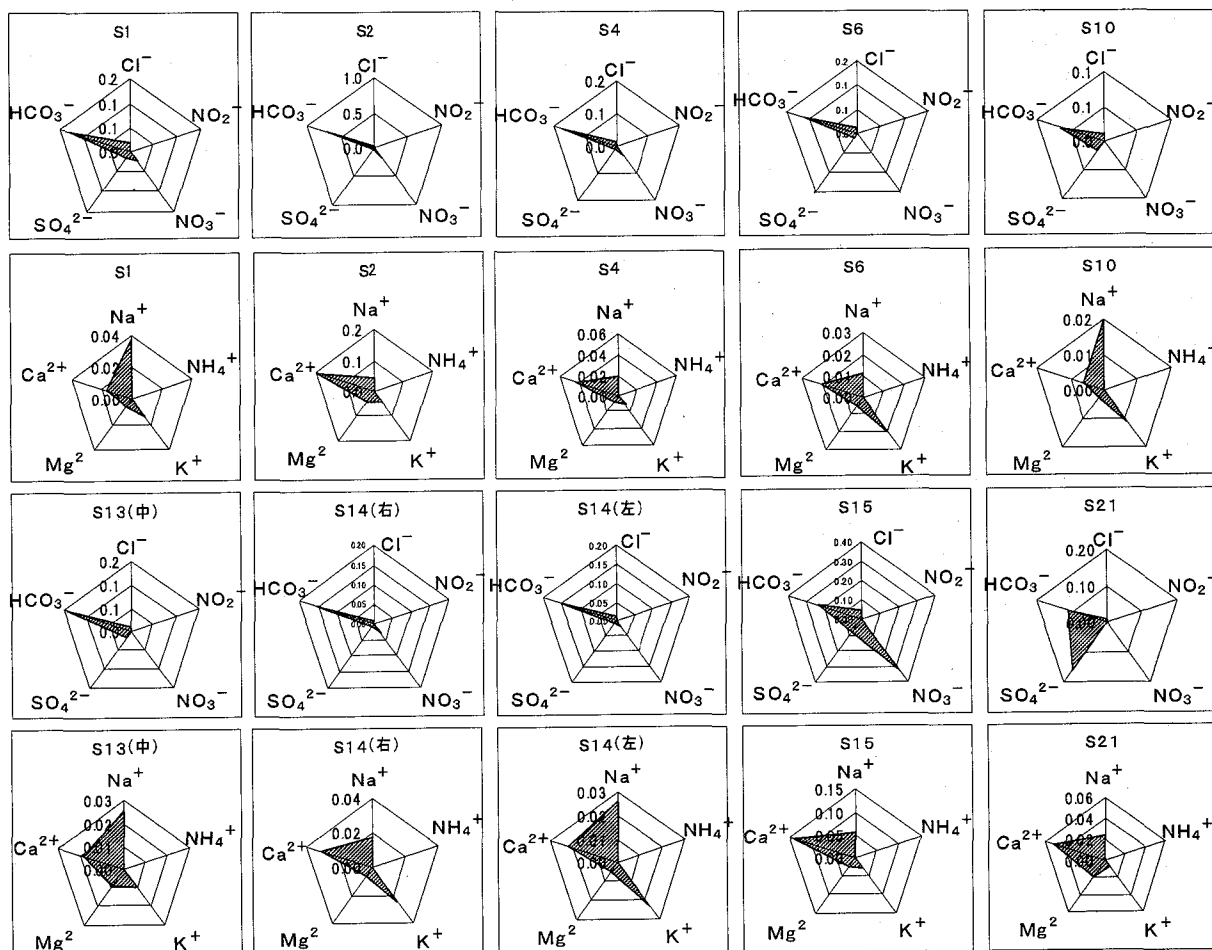


図-19 代表的な土の陰イオンと陽イオンの溶出特性

## 8 まとめ

本研究では、白神山地一帯の自然環境を科学的に評価する調査分析の一環として、降水環境、自然水環境、土環境について考察を実施した。降水については、若干、酸性雨 (pH 5.6 以下の降水) の積雪も認められたが、交通量の低さや山間部の広さなどを鑑みると酸性度は比較的低い値と思われる。酸性雨は、日本のみの問題ではなく国際的な問題でもあるため、継続的なモニタリングを実施して影響評価に取り組む必要があると思われる。白神山地の水環境については悪化している兆候などはみられなかったが、世界自然遺産地域に登録されたことにより多くの入山者が山に入り始めていることを考えると、今後、自然環境に与える影響も無視できなくなると考えられる。最近、高所山岳域の水飲み場などの自然水に硝酸性窒素、アンモニア性窒素、大腸菌などが検出され、自然豊かな地域でも水汚染が進行しつつあることが指摘されている。白神山地では登山ルートの指定やトイレの設置などにより環境悪化を防ぐ手段はとられてはいるが、個人のマナーが重要であると考えられる。もう一つの世界自然遺産鹿児島県屋久島は、入山規制を実施せず多くの観光客が山中に足を踏み入れ、環境破壊や環境汚染などの問題も懸念をされつつある。今後の課題として2つの世界自然遺産地域の自然環境について調査分析を実施し、環境の変化や人為的影響について考察していきたい。

## 参考文献

- 1) 山口晴幸(1999.4):世界自然遺産「屋久島」(I)ー巨樹林を育む水環境ー, (財) 水利科学研究所, 水利科学, 第43巻第1号, pp. 60-84
- 2) 山口晴幸(1999.6):世界自然遺産「屋久島」(II)ー巨樹林を育む水環境ー, (財) 水利科学研究所, 水利科学, 第43巻第2号, pp. 37-64
- 3) 山口晴幸(1999.12):酸性雨の実態と屋外青銅製彫刻の腐食劣化, (財) 水利科学研究所, 水利科学, 第43巻第5号, pp. 74-95
- 4) 山口晴幸(2002.6):御蔵島の巨樹・水・土環境, (財) 水利科学研究所, 水利科学, 第46巻第2号, pp. 78-105
- 5) 山口晴幸・ウィトゥン ジラワッタナパン・須釜隆(2004.2):富士山の水と土(I), (財) 水利科学研究所, 水利科学, 第47巻第6号, pp. 16-37
- 6) 山口晴幸・ウィトゥン ジラワッタナパン・須釜隆(2004.4):富士山の水と土(II), (財) 水利科学研究所, 水利科学, 第48巻第1号, pp. 72-95
- 7) ウィトゥン ジラワッタナパン・山口晴幸・須釜隆(2002.7):富士山の水環境, 土木学会第10回地球環境シンポジウム講演論文集, pp. 19-28
- 8) 徳田淳・山口晴幸・斉藤和伸(2003.3):世界自然遺産白神山地ー水環境についてー, 第31回関東支部技術研究発表会, 第VII部門 水環境 講演概要集
- 9) 地域地質研究報告青森(1983.3):中浜地域の地質, pp. 1-3
- 10) 野添憲治・北川智彦編(1995.4):世界遺産白神山地からの発信, 同友館
- 11) 日本地下水学会編(1994.10):名水を科学する, 抜報堂出版, pp. 8-21