

41. 御蔵島の自然環境－巨木・水・土－

NATURAL ENVIRONMENT IN MIKURA ISLAND－GIANT TREE・WATER・SOIL－

山口晴幸*・今岡利通**

Hareyuki YAMAGUCHI・Toshimichi IMAOKA

ABSTRACT : Mikura Island, a small island 200 Kilometers south of Tokyo city, is known for giant trees thousands of years old that grow there. The objective of this study is to examine the feature of water and soil environment in which the giant trees could grow up, and to look for the way we can do for the preservation of nature. The various chemical microanalyses are mainly carried out on the water, rain and soil. Based on the analytical results, the natural environment in Mikura Island is discussed.

KEYWORDS; national environment, Mikura Island, giant tree, water, soil

1. はじめに

新世紀にはいつて、これからの日本国の在るべき姿を問うた「日本の21世紀像」に対する全国調査の結果が公表された(読売新聞社、2001.1.10)。中でも、「21世紀の日本はどのような国であってほしいと思いますか」の問いには「自然や地球環境を大切にする国」が第1位(60.8%)を占め、これまで最も注目されてきた「経済的な豊かさを追及する国」(第4位、36.5%)に24%もの差をつけた。国民は、開発・技術振興などに力点をおいた「従来型の経済的豊かさの追求」よりむしろ「自然保全型の環境優先」を、国の将来像に見据え始めたことがうかがえる。このことは「今の生活がある程度不便になったり、快適でなくなるとしても、自然

や地球環境の保護に力を入れていくべきだと思いますか」に対し、圧倒的多数が「そう思う」(77.4%)と答えていることから分かる。特に20世紀の経済性・利便性を最優先した大量生産・大量消費・大量廃棄型社会システムに大多数の国民が懐疑的であると言える。国や地方自治団体では自然破壊や森林・生態系

保全など環境保護の

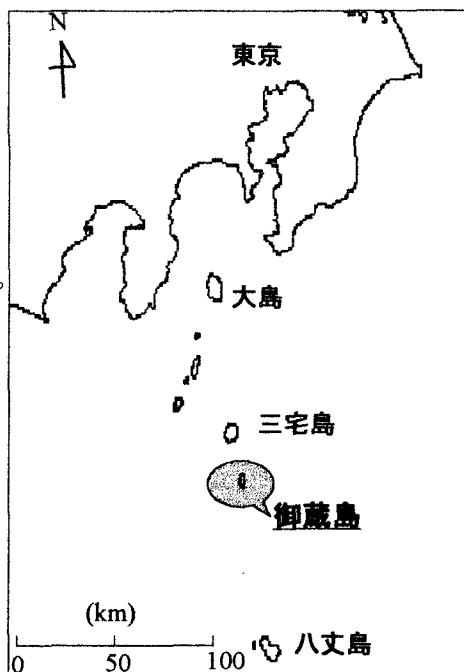


図1 伊豆七島(東京都)を構成する御蔵島

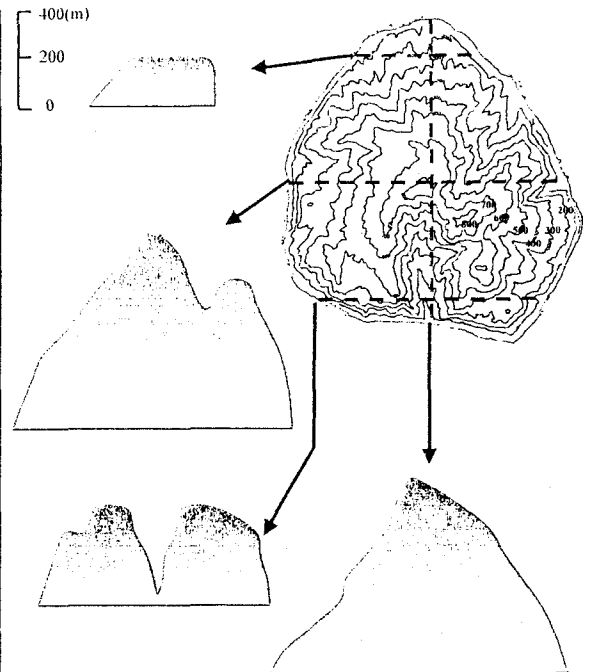


図2 御蔵島の地形概要

*防衛大学校 システム工学群 建設環境工学科

**防衛施設庁 横浜防衛施設局 (元防衛大学校研修生)

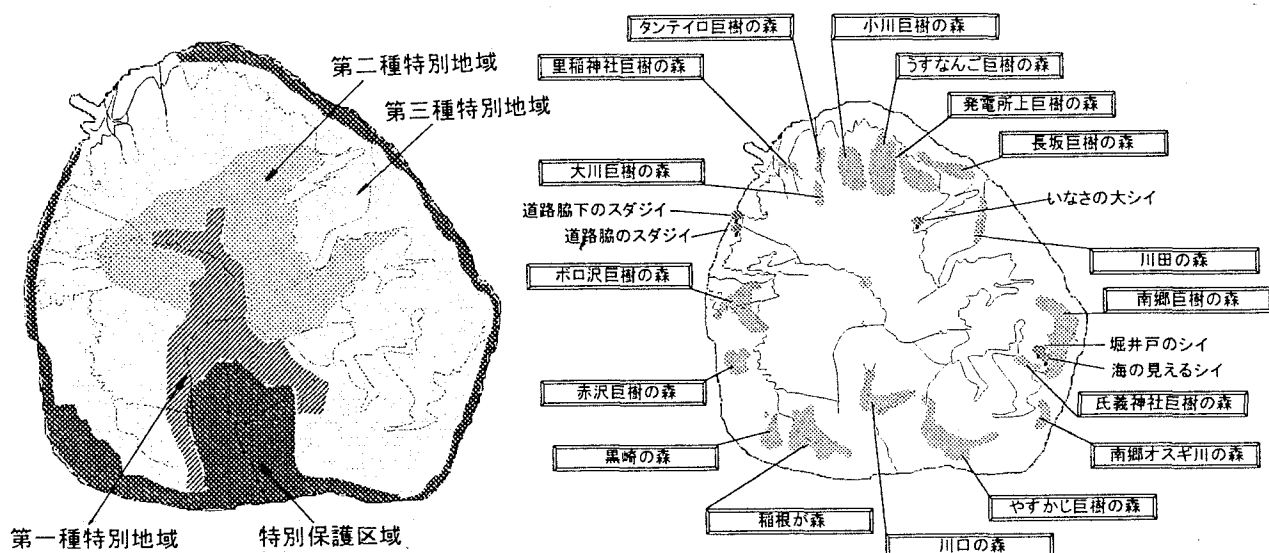


図3 御蔵島の森林生態系保護地域

視点から、従来型の開発思想に基づいたダム、埋め立て、堰など大型公共事業の見直しや縮小、あるいは中止を次々と余儀なくされ、かかる世論調査結果が確実に全国的に現実化、鮮明化しつつある。安易な防災・治水を免罪符とした開発は、自然破壊行為との狭間でこれから益々その評価が厳しく問われることになる。

著者は「自然は地球の宝・財産であり、食いつぶしたり消滅させたりしてはならない」との観点から、自然の魅力や重要性を科学的に探り紹介することが自然環境保全思考の高揚になればと考えている。独特な植生や生態系を育み、「自然の宝庫」と言われる屋久島(鹿児島県)、ブナ原生林の白神山地(秋田・青森県)、マングローブ群生の西表島(沖縄県)などでその自然環境の魅力と実態について、水・土環境を通した自然環境を科学的視点から継続調査している。殊に、屋久島の水環境が長寿齢の巨樹・巨木である屋久杉の原生巨樹林を育む上で非常に重要であることを学び、巨樹・巨木と水環境の関連調査を全国的に展開している。本報告では、「巨樹・巨木に聴く水環境調査」の一環として実施した御蔵島(東京都)の事例について紹介する。

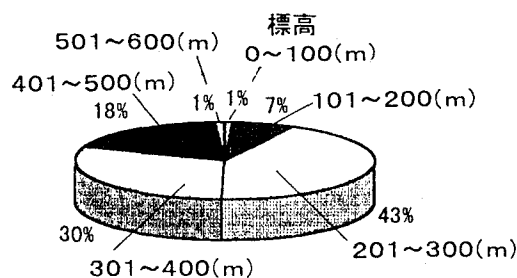


図4 巨木の分布状況

2. 地勢概要

伊豆七島(東京都)の一つである御蔵島は、東京から約200km、三宅島から南方18kmの洋上にある周囲16kmの小さな島である(図1)。お椀を伏せたような形の島の海岸線には砂浜や磯はなく、波の浸食によって形成された断崖絶壁の海蝕崖が島を城壁のように取囲み、人を寄せ付けない迫力を感じさせる(図2)。特に南西部にある黒崎高尾の海蝕崖は480mに達する世界有数の断崖である。中央部には御蔵島最高峰の御山(標高850.9m)が聳え、南東部には御代ヶ池(周囲400m、水深約200m)と呼ばれる唯一の湖がある。これは噴火口に雨水が溜ったカルデラ湖で、ツゲの原生林に囲まれている。御蔵島は火山島であるが、御山は数千年来火山活動を休止しており、有史以来噴火の記録はない。島の基岩は玄武岩や安山岩などの火山岩類がほとんどである。表層部は赤褐色や黄褐色の火山性粘性土層(ローム層)や火山礫層の堆積土が広く分布している。急峻な地形のため深い沢や溪流が発達し、平清水川、ポロ沢川、大島分川、えいガ川など海蝕崖から海に流落する河川が様々な形態で荘厳な瀑布を形成している。中でも、西部の白滝は海蝕崖から海に流落する落差が80mの一際勇壮な瀑布である。こうした瀑布はいずれも清冽な自然水で、流落する沿岸域にはイルカが群生して生息する、貴重で珍しい海洋環境が育まれている。

3. 巨木分布

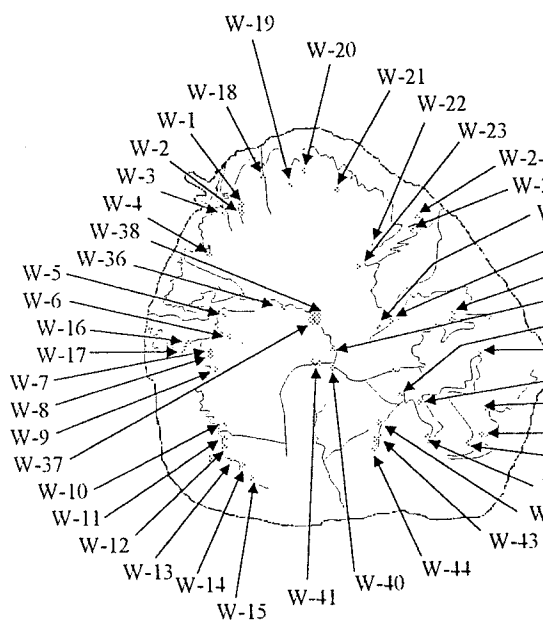


図5(a) 自然水の調査採取地点

御蔵島は全島面積(20.58km²)の約70%が原生林である。森林はスダジイ(シイ)を優先種とする極相林で、これにタブ、ホルト、イヌマキ、ツゲ、クワなどの樹木が混在する。一般にスダジイの森林が形成されるには500年以上の年月を要すると言われており、巨樹島と言える御蔵島の森林形成には数百年から一千年以上の年月が費やされたと推測される。現在、島全体が富士箱根伊豆国立公園に指定されており、その森林生態系保護地域は南部の特別保護区域とそれを囲むように順次第一種から第三種特別地域の指定からなっている(図3)。特別保護区域は自然環境を厳重に保護するために指定された区域で、当然森林伐採などは厳禁である。特別地域は特別保護区域の緩衝地域で、第一種から第三種へと規制が漸次緩和されていく。特別保護区域には、国内最大の100万羽を超えるオオミズナギドリ(カツオドリとも呼ばれる)の集団巣営・繁殖地がある。

「全国巨樹・巨木林の会」(主宰：平岡忠夫氏)が伊豆諸島の巨樹調査(巨樹調査会の巨樹の基準は、幹周り5m以上の樹木とされる)を1991年から始め、1999年までに791本の巨樹を確認した。その内御蔵島の巨樹は491本(62%)である。島一円にスダジイの巨樹が群生繁茂する森が点在している(図4)。伊奈佐の大ジイ、堀井戸のシイ、海の見えるシイ、御蔵島の大ジイなどの巨樹が著名である。殊に、1997年4月14日に発見された「御蔵島の大ジイ」は幹周り13.79mと日本一位のスダジイの巨樹である。巨樹調査会のデータによると、スダジイ等の巨樹の多くは標高200～400mの急峻な斜面に繁茂していることが分かり、御蔵島が正に巨樹島となった所以がうかがえる。また、有史以来噴火がな

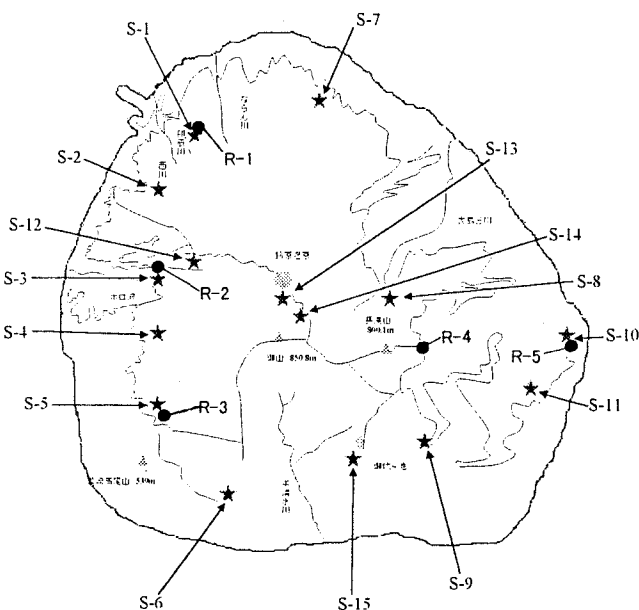


図5(b) 降水と土の調査採取地点

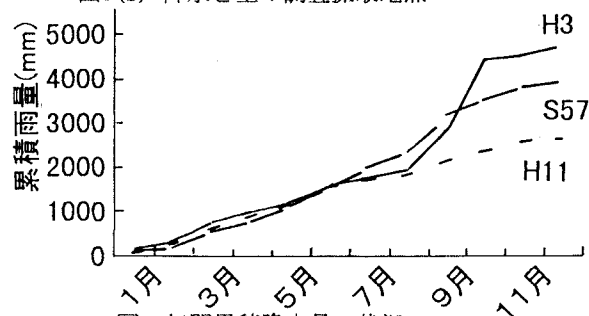


図6 年間累積降水量の状況

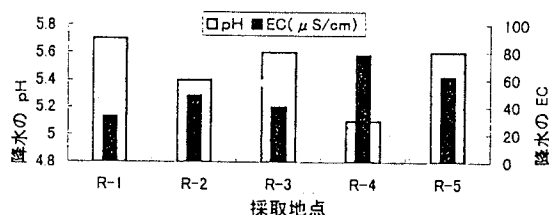


図7(a) 降水のpHとEC状況(2000. 5. 28採取)

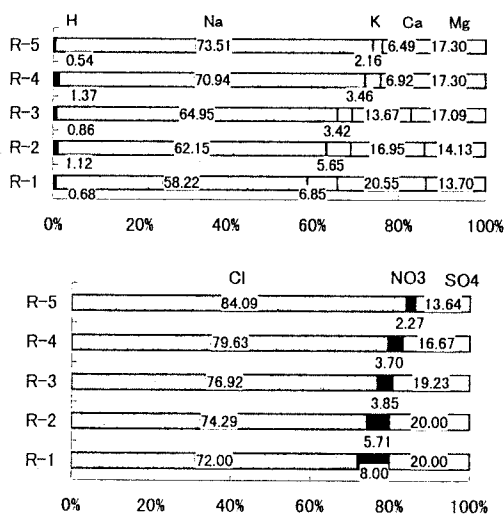


図7(b) 降水の各陽・陰イオン寄与率

いことで形成された原生森林を「山は神が宿る森」と崇め、島民の生活習慣の中で森を「島の宝・財産」として大切に守り続けてきたことも巨樹島となった所以である。更に、屋久島同様、巨樹島に共通して見られる素晴らしい水環境の存在を挙げたい。至る所から湧き出し噴出す自然水は、島全体を浸潤し、巨樹を始め多くの生命体・生態系を育んでいる。特に海蝕断崖に囲まれた御蔵島では霧発生の頻度が高く、「霧を森の樹木が捕えて雨とする樹雨(きさめ)」という現象が巨樹の繁茂に重要な要因と考えられる。

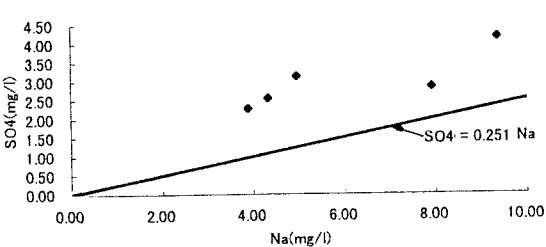


図7(c) 非海塩粒子起源のSO₄濃度

4. 調査・分析

2000年5月、御蔵島で巨樹が群生する自然環境を科学的に考察するため、主に水・土環境に関する現地調査を実施した(図5)。水環境調査では、降水と自然水(瀑布、渓流水、河川水、湧水、地下水)を対象に、水温、水素イオン濃度(pH)、電気伝導率(EC)を現地で測定した。採取水(自然水42サンプル、降水5サンプル)についてはイオンクロマト分析装置、原子吸光分析装置、高周波プラズマ発光分析装置を使用して水質分析をし、溶存化学成分の評価を試みた。土環境調査では、巨樹が根を張っている領域の表層土(15地点、ほとんどがローム)を対象に調査した。含水比、強熱減量値(Li)、pH、ECなど土の基本的な化学物性値の測定に加え、土の主要含有元素・酸化物組成と溶存イオン成分の評価を蛍光X線分析装置と上記器機分析装置を使用して実施した。土の化学分析は「土質試験の方法と解説」の第3編化学試験方法に基づいて行った。

5. 降水の環境科学

御蔵島での降水状況に関する長期・定期的観測が開始されたのは最近である。入手データを年間累積降水量(昭和57年、平成3年、平成11年)として示したのが図6である。年間雨量が1600~1700mmと言われる我が国の平均年間降水量に比較すると、約2500~5000mmで降水量にかなり恵まれた島と言える。先述したように、御蔵島では地形地勢の状況から濃霧の発生頻度が高く、霧を樹木が捕え雨とする樹雨現象によって、標高200~400mの巨樹分布区域の降水量は観測データよりはるかに上回ると言われている。正に御蔵島が「水と緑の島」といわれる所以である。

2000年5月の一回限りの調査ではあるが、島内5箇所(図5(b)のR-1~R-5)で採取した降水について水質分析を試みた(図7(a)~(c))。降水は瀑布、渓流水、河川水など御蔵島の独特な水環境形成の源となる天然水である。御蔵島から18km離れた三宅島の雄山の噴火する約一ヶ月前に採取した降水であるが、pHが5.6以下の酸性雨のものが多く、ECは30~80 μ S/cm範囲にある。海に囲まれており、降水への海塩粒子飛沫の混入度が高くなることから、ナトリウム(Na⁺)と塩素イオン(Cl⁻)の水質への影響度が極めて高いことが分かる。また人為的起源の指標である硝酸イオン(NO₃⁻)も確実に検知された。ナトリウム濃度から試算した非海塩起源の硫酸イオン(SO₄²⁻)の溶存も確認された。御蔵島の降水がこのような化学成分の溶存によって酸性雨化する要因となっている。このような現状から、降水に関する長期的・経年的な水質モニタリングを試み、酸性雨の頻度や強度状況を把握し、貴重な巨樹の原生森林に与える酸性雨負荷の影響について評価することが重要と考えられる。

6. 自然水の環境科学

島一円44箇所(図5(a)のW-1~W-44)で採取した瀑布、渓流水、湧水、河川水、地下水など様々な形態の水を対象に、御蔵島の自然水の水質環境を提示する(図8と9)。ここでの自然水の源は降水であるが、降水が様々な形態で

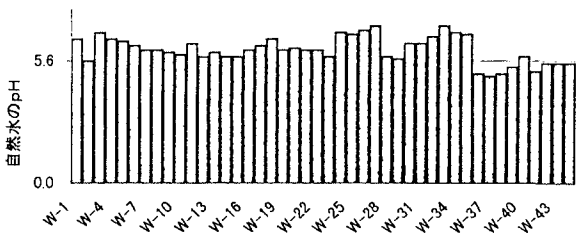


図8(a) 自然水のpH状況

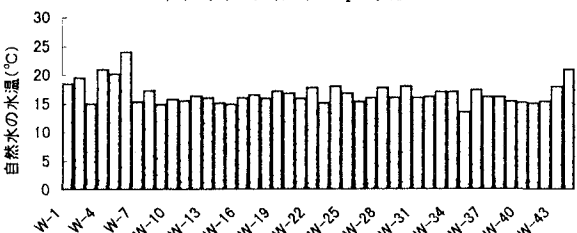


図8(b) 自然水の水温状況

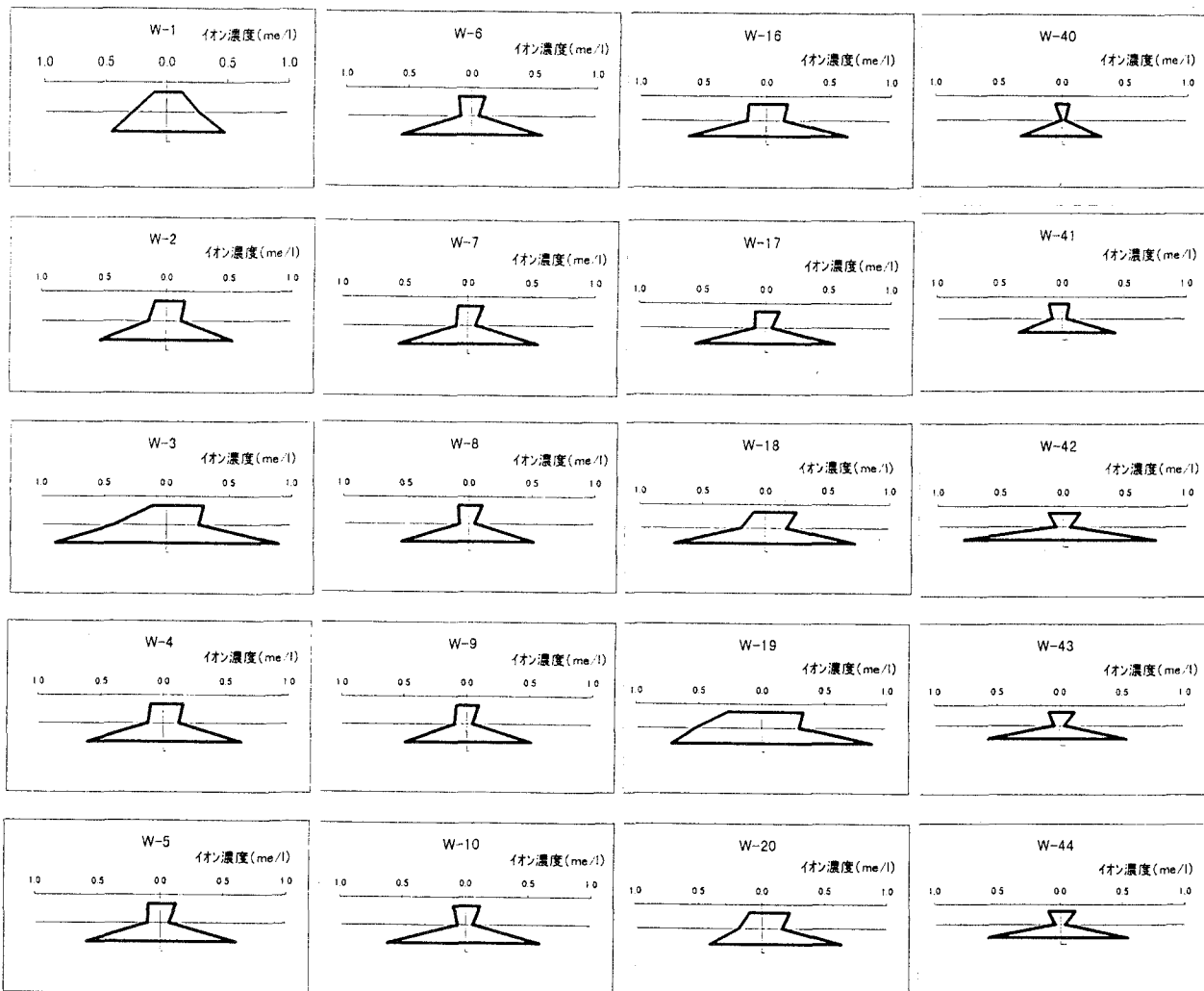


図9(a) 代表的自然水のヘキサダイアグラム

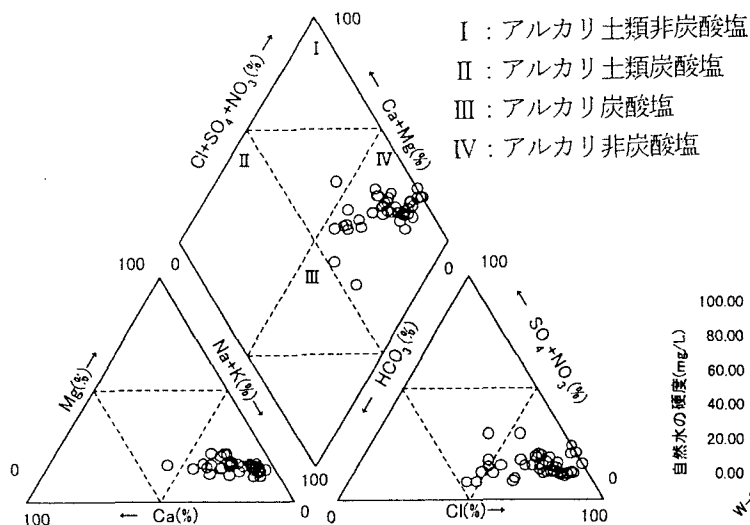


図9(b) 自然水のトリリニヤダイアグラム

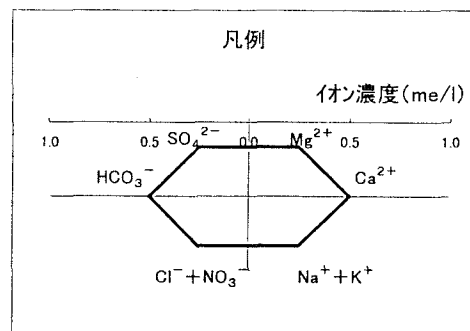
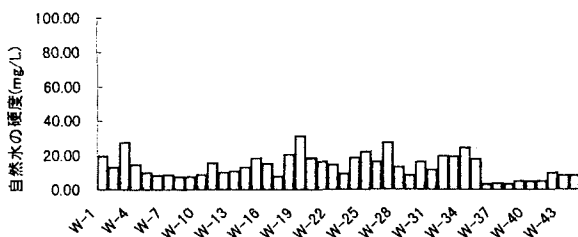


図9(c) 自然水の硬度状況



自然水となる過程で、植物・岩石・土などに様々な仕方で、また様々相違する期間で接触する。その過程で化学成分の溶存・溶脱、イオン交換反応などの化学作用が生じ水質が変容する。図8には自然水のpHと水温を示した。pHは4.9～7.2範囲で、pH7以下5～6台の弱酸性が多い。水温は外気温にも左右されるが測定時は16℃

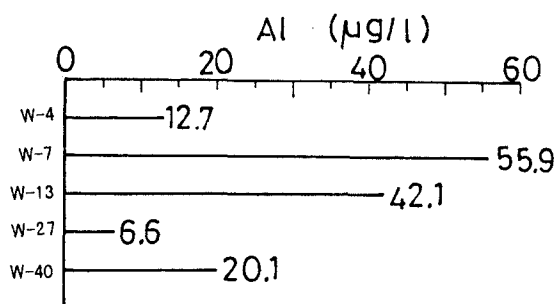


図9(d) 代表的自然水のAl濃度

程度であった。ECは46~168 $\mu\text{S}/\text{cm}$ で溶存イオン量がかなり少なく、降水に近い水質であることが推察される。そこで代表的な地点の自然水の主要な溶存陽・陰イオン濃度($\text{me}/1$: ミリ当量濃度表示)をヘキサダイアグラムで表示する(図9(a))。図7(b)で示した降水の水質同様、島一円の自然水には Na^+ と Cl^- の溶存量が多く、ヘキサダイアグラムの形状はほとんど逆盃形を呈した。これは自然水にも海塩粒子飛沫がかなり混入しているためである。このような影響を反映して、図9(b)に示すトリリニアダイアグラム上での水質タイプはほとんど総ての自然水が、 $\text{Na}-\text{Cl}$ 型のアルカリ非炭酸塩(IVゾーン)として分類される。なお、 Ca^{2+} と Mg^{2+} の溶存量から算定される硬度は30 $\text{mg}/1$ 以下で、10 $\text{mg}/1$ 以下の超軟水に分類される水も多い(図9(c))。ちなみに樹齢1000年以上の屋久杉の巨樹が繁茂する屋久島(鹿児島県)では、硬度が6 $\text{mg}/1$ 以下の超軟水で $\text{Na}-\text{Cl}$ 型のアルカリ非炭酸塩に分類される。この点において、巨樹島・御蔵島も類似的な水質の特徴が見られる。図9(d)にはアルミニウムイオン(Al^{3+})の溶存量を示している。 Al^{3+} は土の酸性化の促進によって自然水への溶出度合が高くなり、生態系や植生にとってはあまり好ましいイオンとは見なされていない。御蔵島の自然水中の Al^{3+} 溶存量は、上述(図9(a))の溶存化学成分濃度の1000分の1程度で、6~60 $\mu\text{g}/1$ 範囲であった。

次に、自然水の水質と地形との特徴的傾向について述べよう(図10~14、図10と図11(a)には自然水のpHとECを標高との関係でプロットしている)。pHとECには標高との相関性が認められ、高所の自然水ほど両値は低下し、降水の水質に類似する傾向が見られる。島のほぼ中央に位置する御山山頂からの水平距離との関係でプロットしたEC結果からも(図11(b))、方向性に依らず、島一円で同水質の自然水が流下していることが分かる。御蔵島の自然水の水質は $\text{Na}-\text{Cl}$ 型のアルカリ非炭酸塩タイプで、海塩粒子の混入で自然水に溶存する Na^+ と Cl^- 量を見ると(図12)、当然、沿岸近傍から高所の山岳区域に向かって両イオン濃度は低下する傾向が認められる。しかも、双方には線

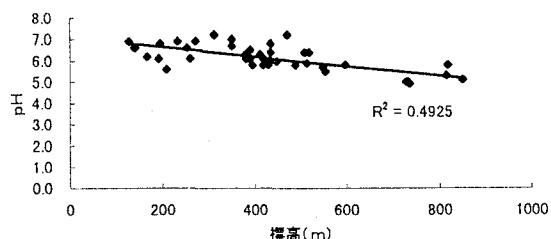


図10 標高とpHとの関連性

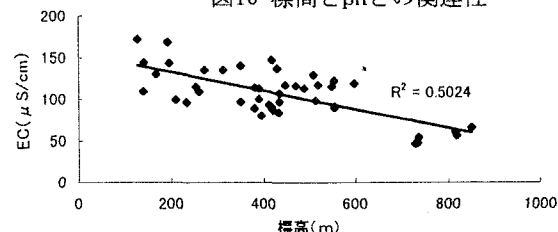


図11(a) 標高とECとの関連性

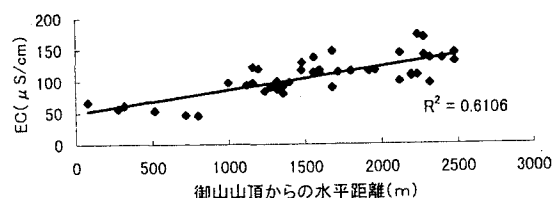


図11(b) 御山山頂からの水平距離とECとの関連性

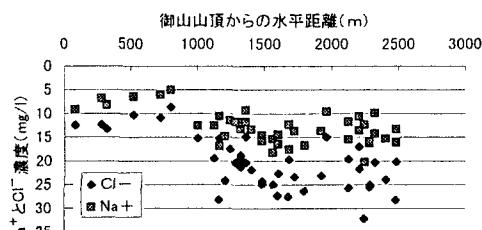


図12(a) NaとCl濃度状況

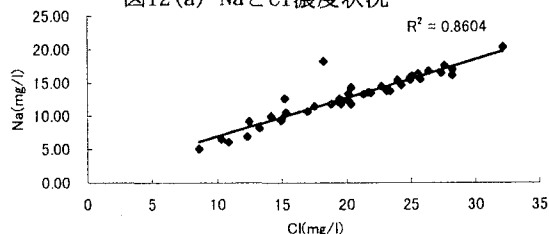


図12(b) NaとClとの定比率濃度関係

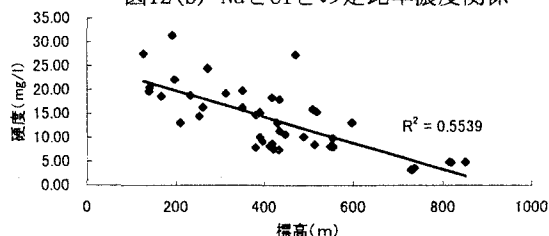


図13 標高と硬度との関連性

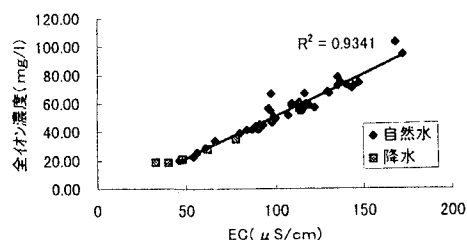


図14 全イオン濃度とECとの関係

形的な強い相関性がある。図9(c)で示した自然水の硬度は標高と逆比例的傾向にあり(図13)、高所からの流下に伴って、漸次、自然水の溶存化学成分は増加する傾向となる。そのため、図14に示すように、降水も含め自然水の全溶存イオン濃度とECとの間には線形的関係が存在する。

7. 土の環境科学

自然水の水質などの化学的環境性状を支配する要因の一つに土壌の種類やタイプが挙げられる。御蔵島は火山島で、島の基岩のほとんどは火山岩類の玄武岩と安山岩である。表層部の大部分は火山性粘性土(ローム)で覆われ、一部に火山礫などの堆積した地層が見られる。スダジイなどの巨樹のほとんどはこのローム層に根を張っている。ここでは、巨樹が分布する地域の表層土であるローム(図5(b)のS-1～S-15)を主対象に、基本的化学物性、含有元素・酸化物組成、イオン溶出特性などについて記述する。図15に試料土のpHとECを、図16に強熱減量値と含水比を採取した標高との関係で示した。土質試験法では土のpHとECは規準調整した土懸濁液で測定することになっている。御蔵島の表層土は概ねpHが5台の酸性土であるが、中には3～4台の強酸性土も観測された。ECはほぼ100 μ s/cm以下で、化学成分の溶出能力はそれほど高くないことが予測される。強熱減量値と含水比は採取地点でかなり異なり、測定範囲に相当の幅が認められる。特に、高い強熱減量値を示した試料土には植物性有機物がかなり含有されていることが確認された。

図17にS-1(上)、S-6、S-10試料土の炭素(C)より重い元素の蛍光X線回析スペクトル強度を代表例として重ね合せ法で表示した。また、同図には14地点総ての試料土の結果に基づき、含有元素とその酸化物組成の平均質量%(1%以上の物質)を併記している。土の構成元素の主体は、一般に、ケイ素(Si)、アルミニウム(Al)、鉄(Fe)である。御蔵島の土は、その酸化物である SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 が質量%で80%以上を占めている。CaやMgの酸化物であるCaOとMgO、酸化チタン(TiO_2)などの含有量は1～2%台であり、K、Na、S、P、Clなどの元素含有量の平均値は1%以下であった。自然水の水質は土を構成する元素組成に支配されるが、土の含有元素も結合や吸着状態によって、自然水への溶出可能な化学成分量は異なってくる。そこで、自然水の水質を評価するには、土の溶出試験から化学成分量の把握が重要となる。

地盤工学会基準(JGS0241-2000)に基づいて全試料土の溶出試験を実施し、土溶出水の化学的性質を図18～22にまとめた。まず土溶出水のpHとECを見ると(図18と19)、pHは5前後の酸性、ECは100 μ s/cm以下がほとんどで、土懸濁液(図15)の傾向と非常に類似している。御蔵島の表層部のロームは化学成分の溶出機能が比較的低い土と考えられ、その結果が前述したように自然水の水質環境にも反映しているものと推察される。次に、土溶出水に溶存する主要な陽・陰イオン成分を見ると(図20(a)と(b))、表層土への海塩粒子の付着・吸着・混入によるのか、ほとんどの試料土においてやはり Na^+ と Cl^- 濃度が高い(乾燥土1g当りのイオン量mgで表示)。このことは、御蔵島の自然水がNa-Cl型のアルカリ非炭酸塩の水質タイプであることを裏付けている。図20は地表面

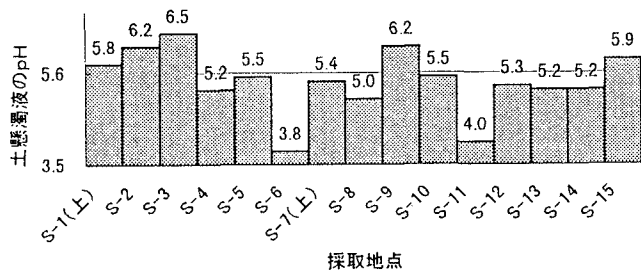


図15(a) 土懸濁液のpH状況

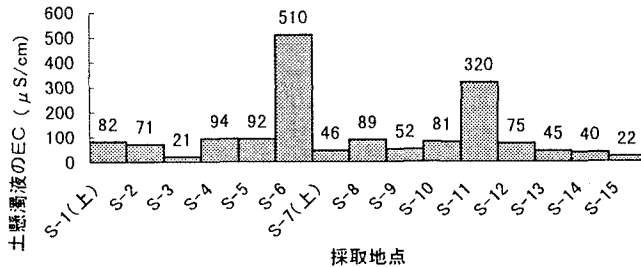


図15(b) 土懸濁液のEC状況

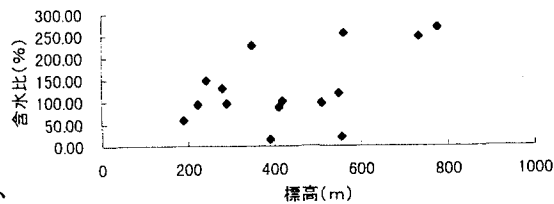


図16(a) 土の含水比状況

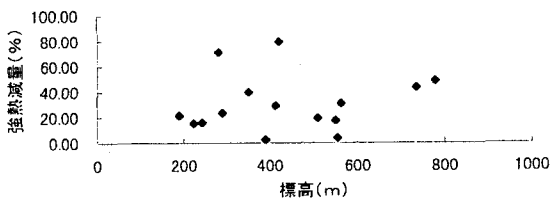


図16(b) 土の強熱減量値状況

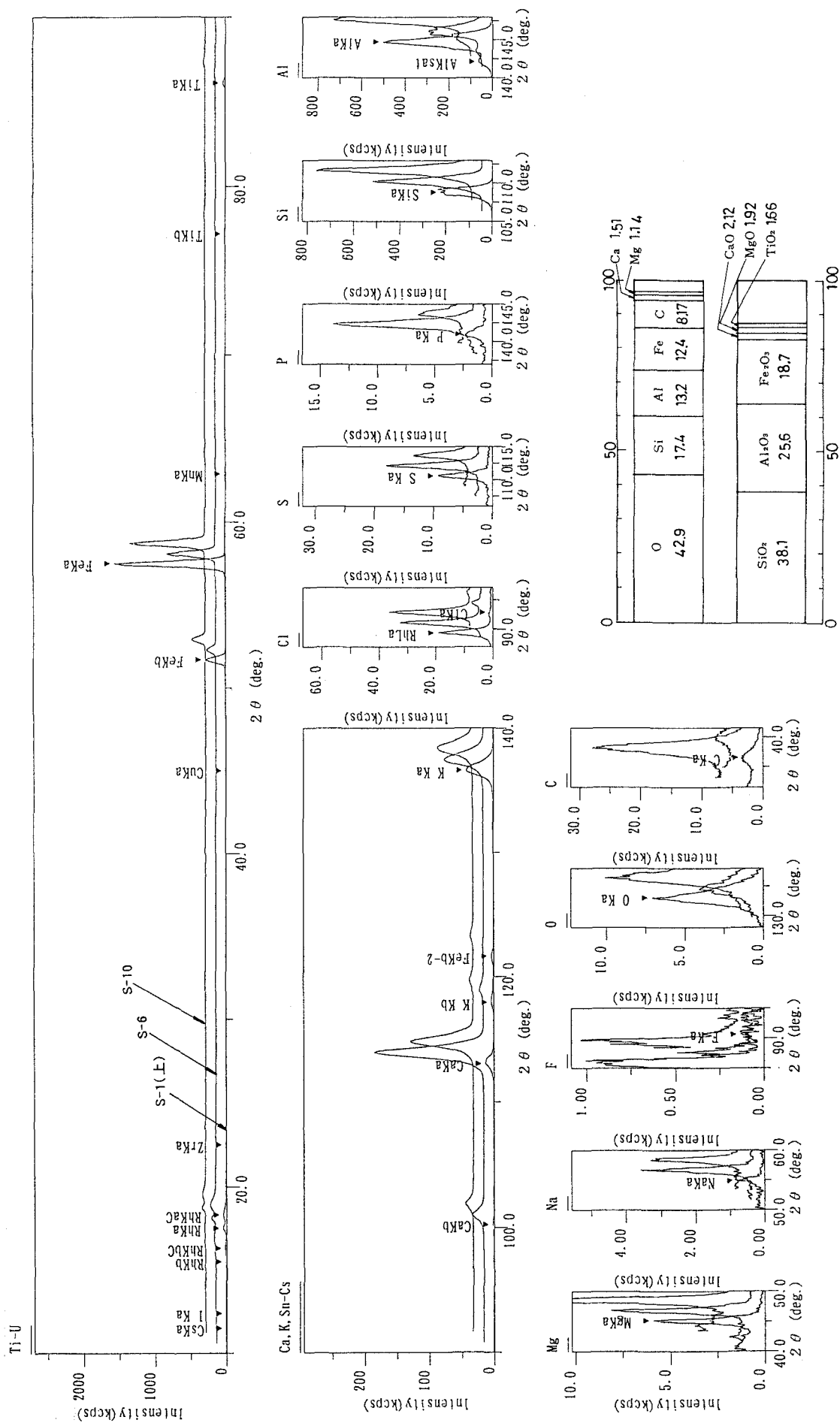


図17 代表的土の主要含有元素・酸化物組成状況

下20～30cm程度の表層土の結果であるが、図21には深さ方向における土の溶出イオン量を示した。陽イオンの代表例の場合、深さ範囲2～3m程度では、土の溶出化学成分量にほとんど差異のないことが分かる。なおCaやMgの溶出量も少なく、土溶出水の硬度は自然水同様100mg/l以下の軟水である(図22)。更に、土溶出水においても全溶存イオン量と強熱減量値及びECとの間には相関的傾向が認められる(図23と24)。

自然水の溶存化学元素組成を考察するには、土の含有元素組成に加え、溶出化学成分の状況を把握することが要求される。そこで全試料土の代表的な溶出元素量を含有元素量との関係で表してみる(単位はいずれも乾燥土1g当りの元素質量mgとして表示、図25)。ここで重要なのは、土から溶出する元素量が含有元素量に比べて極めて少ないことと、元素のタイプによって量的にかなり異なることである。これは元素間の結合力や吸着・付着力など元素結合構造や土粒子表面の界面化学的性質の相違などによるものと思われる。御蔵島の表層土(ローム)の特徴は、Si、Al、Feなどに比べてNaとClの含有量が非常に少ないが(質量%平均値で0.58%と0.0058%)、溶出量は他の元素に比べてかなり高いことである。これは繰り返して述べるが、御蔵島が海に囲まれているため、土粒子表面に吸着・付着している結合力の弱い海塩粒子起源のNaとClの溶出によるものと推察される。

8. おわりに

御蔵島では「山は神の宿る森」として永く樹木を大切に守ってきた。また「人が100人超えたら油断するな」という言い伝えや、「長男以外嫁をとらせない」などの風習があった。「水と緑の島」・巨樹島御蔵島の素晴らしい自然環境が伝承されてきた背景には、何よりも自然を守り共存して生活してきた島の人々の生き方や生きる知恵が、有史以来継

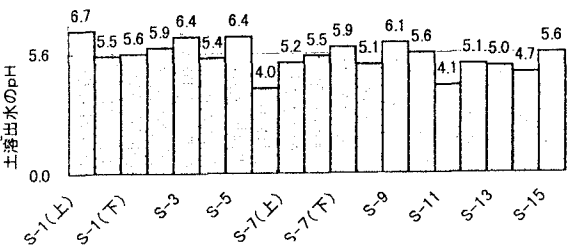


図18(a) 土溶出水のpH状況

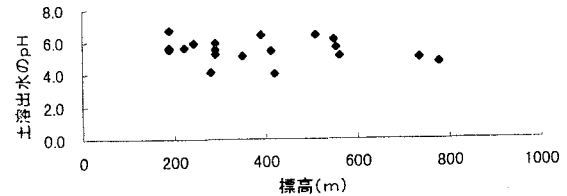


図18(b) 土溶出水のpHと標高関係

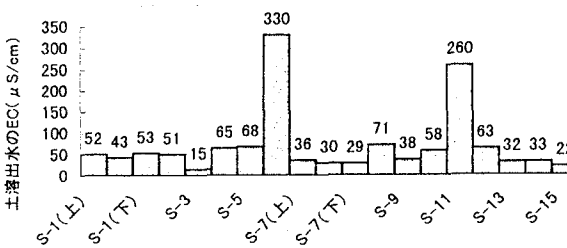


図19(a) 土溶出水のEC状況

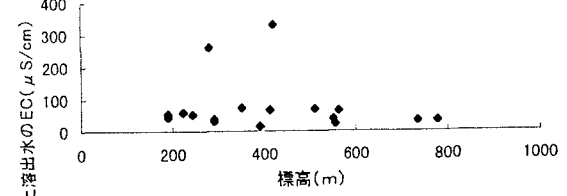
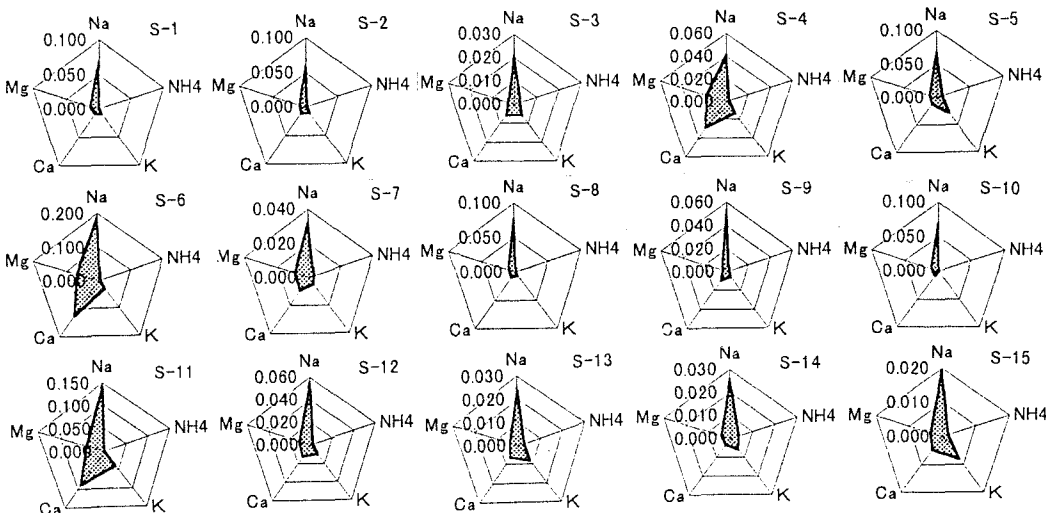


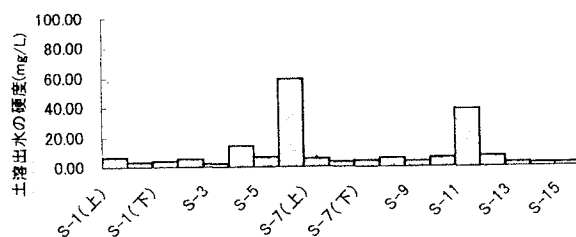
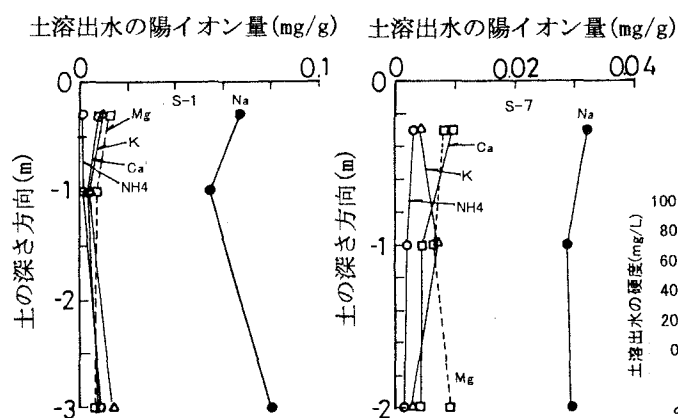
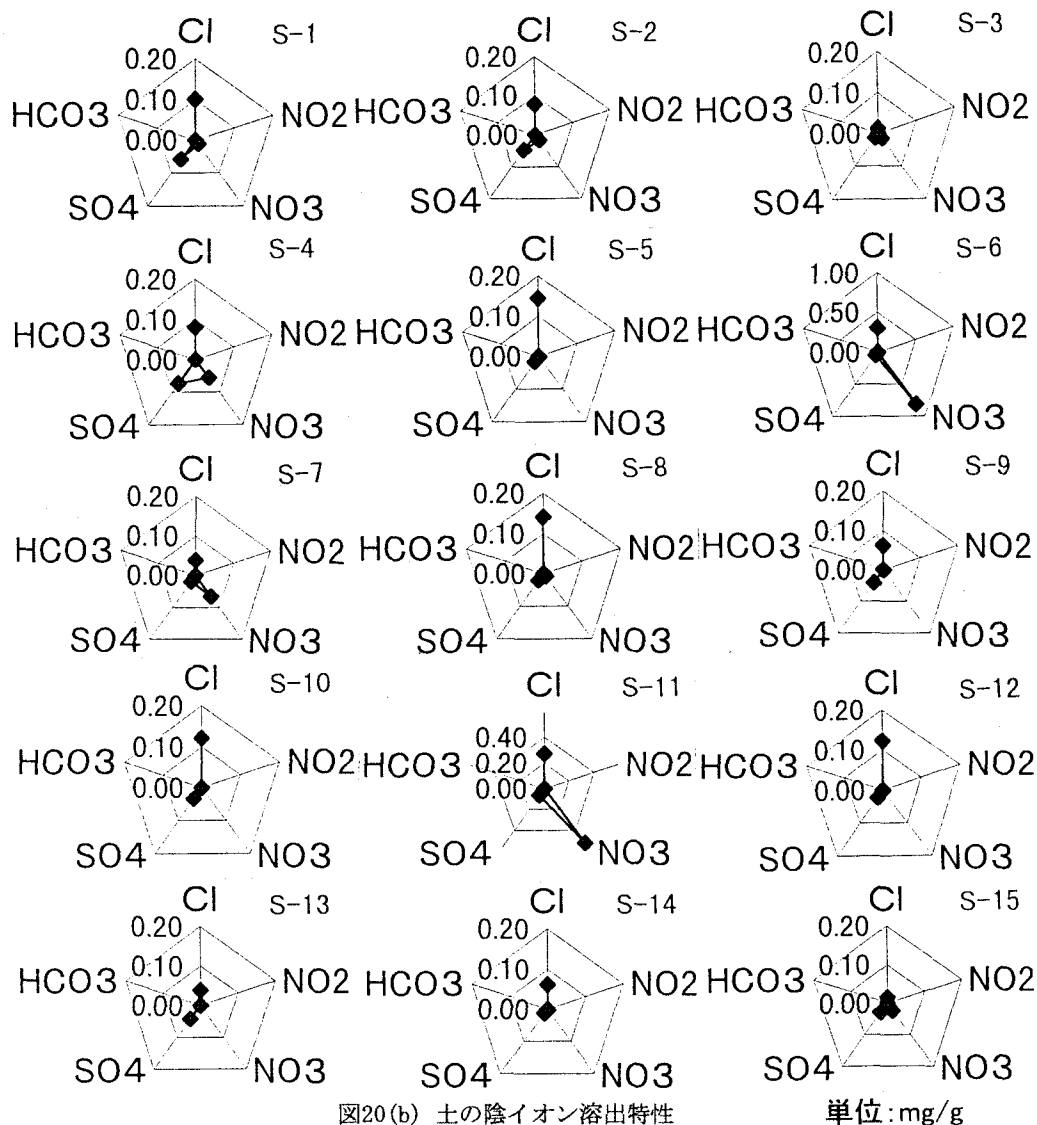
図19(b) 土溶出水のECと標高関係



単位: mg/g

図20(a) 土の陽イオン溶出特性

承されてきたためと推測される。調査・分析を通して、御蔵島は地球的財産の1つとして世界的に注目を集め、



学術的にも極めて貴重な島になることを強く予感させられた。

(参考文献)

- 1) 東京都御蔵島(1999. 7) : みくらの森は生きている、御蔵島村役場。
- 2) 読売新聞社(2001. 1) : 21世紀の日本—全国世論調査—、読売新聞朝刊、2001年1月10日発刊。
- 3) 地盤工学会(2000. 3) : 土質試験の方法と解説 (第一回改訂版)、第3編化学試験、pp. 157~211。

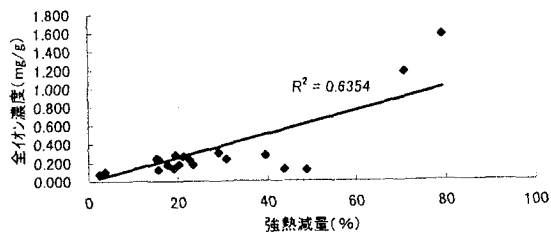


図23 全イオン濃度と強熱減量値との関係

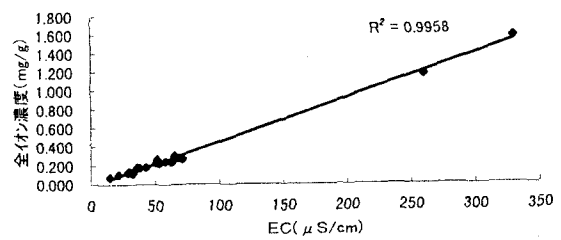


図24 全イオン濃度とECとの関係

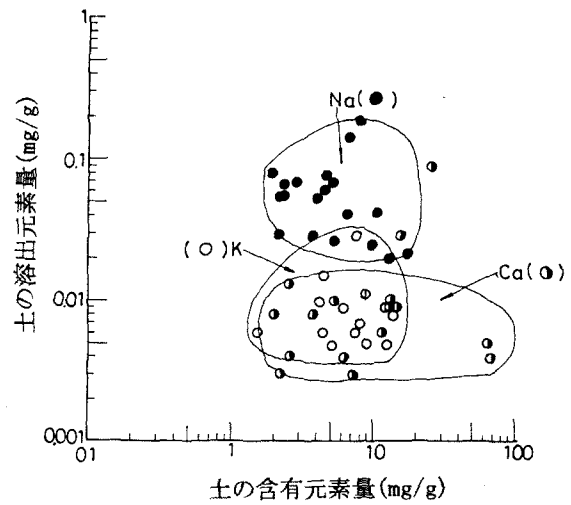
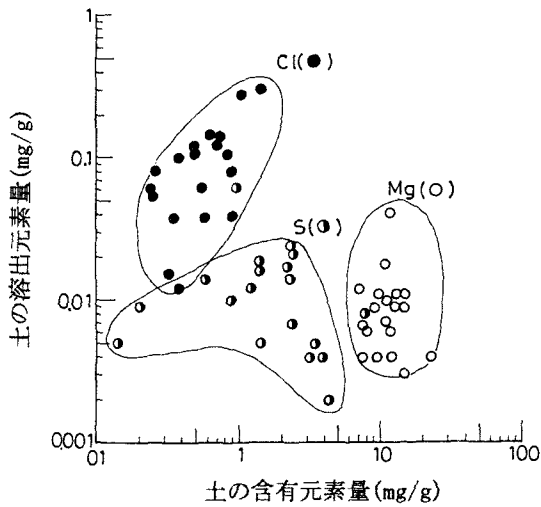


図 25 代表的元素の溶出量と含有量との関係

4) 山口晴幸(1999. 4) : 世界自然遺産「屋久島」(Ⅰ)－巨樹林を育む水環境－、水利科学研究所、水利科学、No.246、pp. 60～84.

5) 山口晴幸(1999. 6) : 世界自然遺産「屋久島」(Ⅱ)－巨樹林を育む水環境－、水利科学研究所、水利科学、No.247、pp. 37～64.