

## 36. 世界自然遺産「屋久島」

### －自然環境調査研究へのアクセス－

#### Yakushima of World Natural Heritage

#### - Access to Natural Environmental Investigation -

山口晴幸\*、西尾伸也\*\*、黒島一郎\*\*\*、小林弘樹\*

Hareyuki YAMAGUCHI, Shin'ya NISHIO, Ichiro KUROSIWA, Hiroki KOBAYASHI

**ABSTRACT;** Yakushima, a small island 130 kilometers south of Kagoshima prefecture, was listed as a World Natural Heritage Site by UNESCO in December, 1993. Yakushima Island is known for giant cedar trees thousands of years old that grow there. The objective of this study is to examine the feature of soil and water environment in which the giant cedar tree could grow up, and to look for the way we can do for the preservation of nature in the future. Rains with a pH value of 5.6 or less (acid rain) were obtained in many sites of the island. Yakushima gets more rain per year than almost any other part of Japan. The impact of acid rain was already evident on the island in the giant cedars known as "skeleton tree" which stand at elevations of more than 1,000 meters. It is pointed out that the biggest threat now facing the unique ecology on the island is the acid rain.

**KEYWORDS;** world natural heritage, Yakushima, natural environmental investigation, vegetation

### 1. はじめに

高度経済成長、列島改造、バブルの拡大・崩壊などと社会的に密接に関わって来た土木工学分野では、一方では地盤汚染、森林破壊、生態系破壊、海浜汚染などの自然環境破壊問題とも深く関わって来たと言える。地球規模的に自然環境問題が重要視される昨今・将来、自然と最も近い距離で直接対峙する土木工学分野では、“自然との共存共栄”、“持続可能な開発”という命題が、どの分野よりも最先に社会的に突き付けられている。著者らが、屋久島での自然環境調査を始めた大きな理由には、屋久島と言う島に樹齢1000年以上の杉の原生巨樹林が何故、どうして群生しているのか。特に、樹齢7200年現地球上の生物での最長寿記録と言われている縄文杉を育む屋久島の自然環境とは如何なるものであるのか。屋久杉を育む水・土環境を通して、自然環境工学的立場から探り、その謎に少しでも迫ることにある。いわゆる開発・

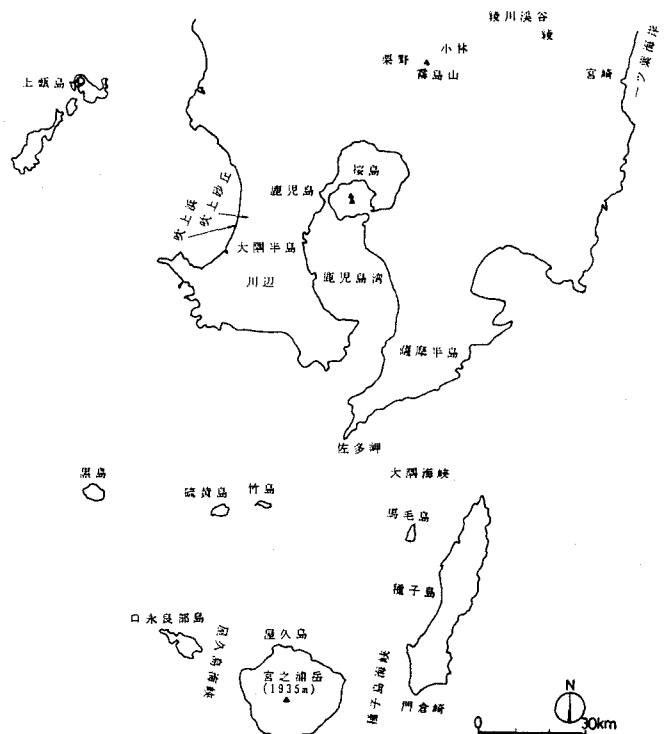


図-1 世界自然遺産「屋久島」へのアクセス

\* 防衛大学校 土木工学教室

\*\* 清水建設株式会社 技術研究所

\*\*\* 三井建設株式会社 技術研究所

建設における真の意味での“自然との共存共栄”、“持続可能な開発”とは如何なるものであるべきか。自然の何をどの様に保護・保全して開発することが、“持続可能な開発”と言えるのか。土木工学分野での自然環境を考慮した開発・建設の有り方、携わる組織や技術者・研究者の環境倫理観の確立や自然環境保護・保全への意識高揚のための糸口を、樹齢7200年の縄文杉が繁茂する太古からの生命の島、屋久島の自然環境に学び考え探ることにある。そのためには長期的な調査が要求される。現在、屋久島の自然環境を支える流水（自然水）・降水（酸性雨）調査と土質・植生調査を継続している。本報告では、主に、1994年3月と7、8月に実施した調査を通して、屋久島の概要と自然環境の現状について記述している。

## 2. 屋久島の概要と自然環境

鹿児島県に屋久島という島がある（図-1参照）。九州本土の最南端佐多岬の南およそ60km、北緯30度20分、東経130度30分に位置している。周囲約105km、総面積約500km<sup>2</sup>の丸い島で、日本で7番目に大きな島である。1993年12月9日屋久島は、ブナ原生林の白神山地（秋田・青森県境）と共に、我が国で初めて世界遺産条約による自然遺産として登録認定

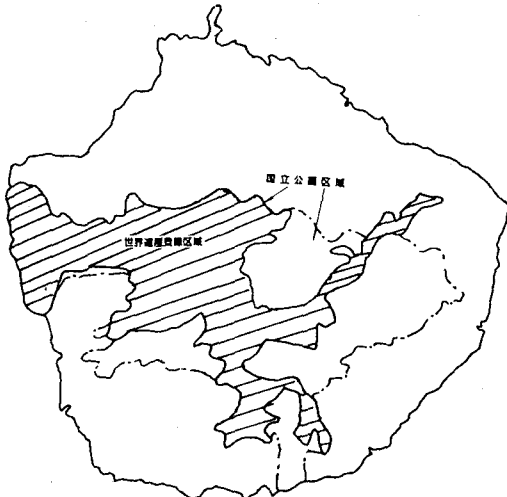
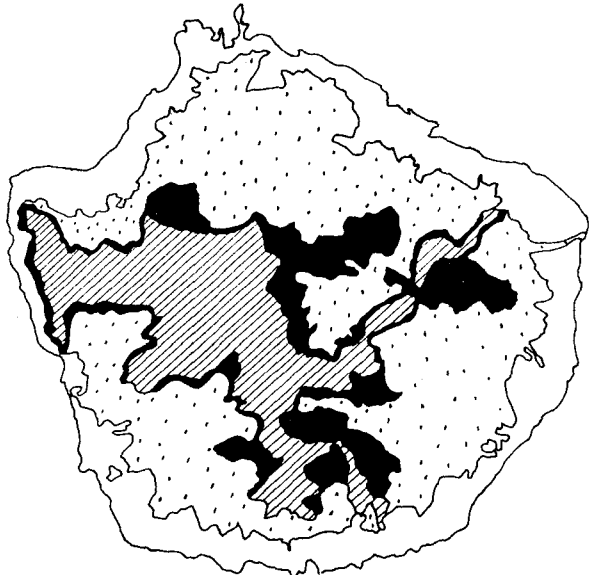


図-2 世界自然遺産指定区域



国有林：▨  
森林生態系保護地域  
保存地区：▩  
保全利用地区：■

図-3 森林生態系保護地域

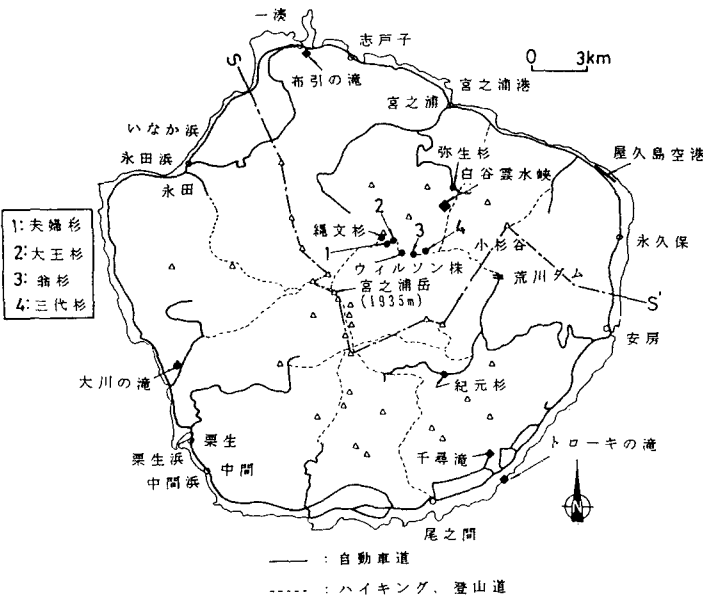


図-4 屋久島の地理概要

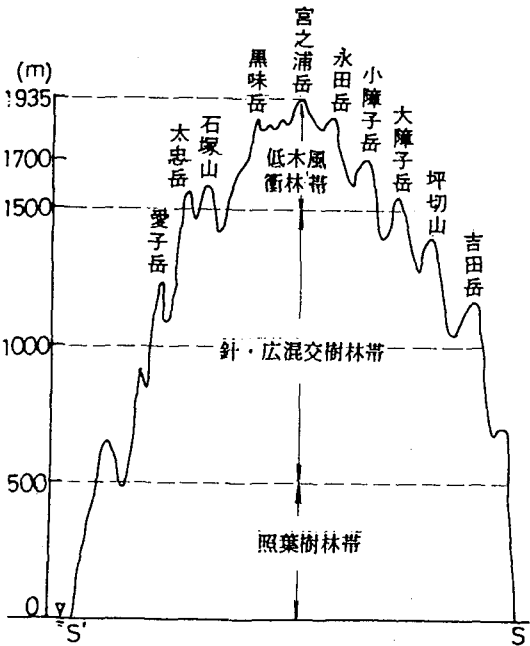
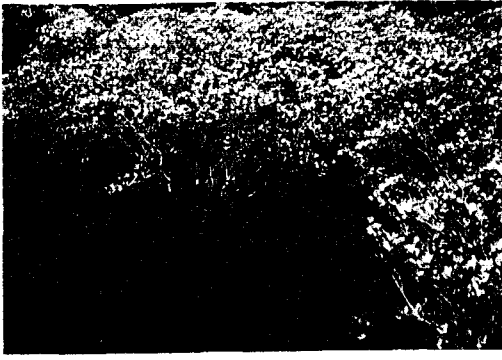


図-5 屋久島の地形概要



(a) 海浜に繁茂するメヒルギ（栗生）



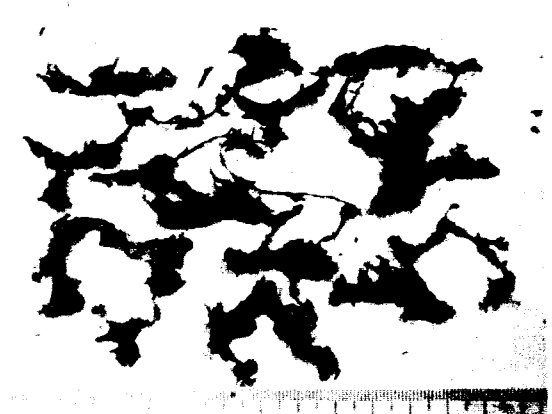
(b) 絞殺し木とも言われるガジュマル（志戸子）



(c) 我が国最南の泥炭湿原：小花乏江河・花乏江河（標高1600m）



(d) 団塊状に群生するミズゴケ類



(e) 分解途上にある枯死したミズゴケ

#### 写真-1 亜熱帯・亜寒帯地域の植生

された。登録認定区域は国立公園区域より狭く（図-2参照）、島の中心部から西域に掛けての照葉樹林区域が中心で、島面積の約21%（約107km<sup>2</sup>）を占めている。また屋久島では、原生的な天然林を保存する目的で、保存地区（約96km<sup>2</sup>）と保全利用地区（約56km<sup>2</sup>）からなる森林生態系保護地域が指定されている（図-3参照）。保存地区は地域内に生息する各種生物及び地形、土壌などによって構成される森林生態系の厳正な維持を、保全利用地区は保存地区の森林に外部の環境変化の影響が直接及ぼさないように、緩衝の役割を果たすことを目的としている。図-4に示すように、屋久島には、九州一高い標高1935mの宮之浦岳を中心に、標高1000m以上の山々が34個連しており（図-4中の△印）、海岸部から山岳部へと一気に急峻な地形を形成している（図-5参照）。そのため、気候的には、亜熱帯気候であるが、標高差による気温の変化が著しく、標高約2000m近い山頂では亜寒帯に近い気温である。このような気象・地形条件から、海岸・海岸部ではサンゴ礁、熱帯魚、メヒルギ（マングローブの一種）、ガジュマル（写真-1(a)と(b)参照）を見ることができる一方、山

岳部では冬季に降雪、積雪を見る。即ち、平地での亜熱帯気候から北海道までの気候が標高約2000mの山頂まで垂直に変化している島でもある。このような気候に呼応して、植物や昆虫などにも垂直的な分布を見ることができる。植物の垂直分布を大きく三つの植生帯に区分すると（図-5参照）、標高500m程では照葉樹林帯、500～1500m間では針広混交樹林帯、1500m以上ではヤクシマダケ草原群の低木風衝林が形成されている。樹齢7200年の縄文杉をはじめ、樹齢1000年以上の屋久杉（樹齢1000年以下の杉は小杉と言われ、屋久杉とは呼ばれない）は、標高1000m付近の針広混交樹林帯に育成している

（次節で詳述する）。宮之浦岳山頂途中での標高1600mの小花之江河と花之江河（後述する図-8参照）では、我が国最南端の高層湿原が広がっており、ミズゴケ、モーセンゴケ、コケスミレ、コオトギリ、ヤクシマホシグサなどの湿原植物が育成している（写真-1(c)～(e)参照）。特にミズゴケやモーヤングケなどのコケ類の植物がじゅうたんを敷きつめたように団塊状に群生しているのが特徴である。ちなみにミズゴケ類からなる未分解の泥炭層の有機物含有量は約85%、自然含水比は約960%で、乾燥すると燃焼するほど植物性有機物に富んでいる。また湿原には至る所で、清冽な沢水や湧水が流れ湧き出し湿原を潤している。湿原一円で測定した流水の水素イオン濃度（pH）と電気伝導度（EC）はそれぞれ4.5～5.2と28～35（ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ）範囲にあった<sup>1)</sup>。

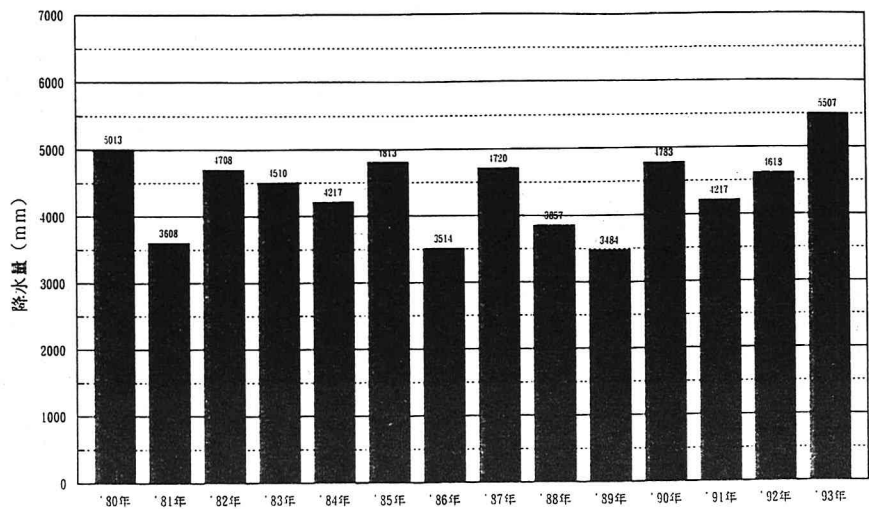


(a) 標高1497m太忠岳の天柱石（高さ約50mの岩塊が天を突く）

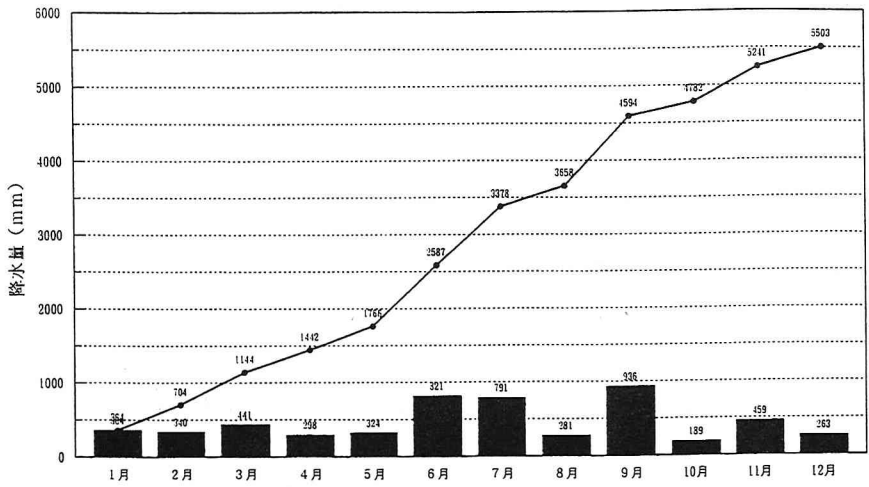


(b) 標高1711m高盤岳のトーフ石（巨大な岩塊が打切状に並ぶ）

写真-2 花こう岩の巨大な岩塊が山頂から屋久島を一望する



(a) 十数年間の年降水量の推移



(b) 月別降水量の例（1993年）

図-6 屋久島海岸郡平地での降雨状況

特に自然水としてはECの値が驚くほど低く、溶存しているイオン量が非常に少ないことが推定でき、降雨や雪融け水に近いイオン量成分であることが推察される。さらに最も下層に堆積した泥炭について実施された放射性炭素 $C^{14}$ による年代測定によると2600～2800年前に小花之江河～花之江河湿原の形成が始まり、このころから屋久島の雨量が増え、寒冷な気候と相まって、繁茂したミズゴケ類などの植物遺体が徐々に堆積したと推定されている。 $C^{14}$ の年代測定によると北海道の泥炭層はおよそ1年に1mmの速度で堆積していると言われている。これを適用すると、屋久島の泥炭層は最も深い所でも、概ね地表面下2.5～3m範囲までに堆積していることが推測される。

屋久島の地質状況は、島の中央部山岳地帯は正長石を多量に含む結晶構造の良く発達した中新世の花こう岩類からなり、それを囲む様に馬蹄形に黒色の粘板岩から成る段丘堆積岩層が形成されている（後述する図-7参照）。地質学的には、海底で堆積形成された粘板岩に花こう岩類のマグマが貫入、隆起して誕生したと言われ、噴火口を持った山は見られない。このようなことから、標高1500m以上の山々の山頂や山頂付近には、どのように運ばれて来たのか不思議に思われる花こう岩類の巨大な岩塊や奇岩が点在している場合が多く（写真-2参照）、島の中央部山岳地帯がマグマ貫入後、隆起して形成された面影を残している。なお屋久島は火山島ではないが、地表部は竹島・硫黄島（図-1参照）付近を火口とする鬼界カルデラの大噴火（約6300年）によると言われている火山噴出物が堆積している。しかし、特に急峻な山岳地帯では、長年の降雨など

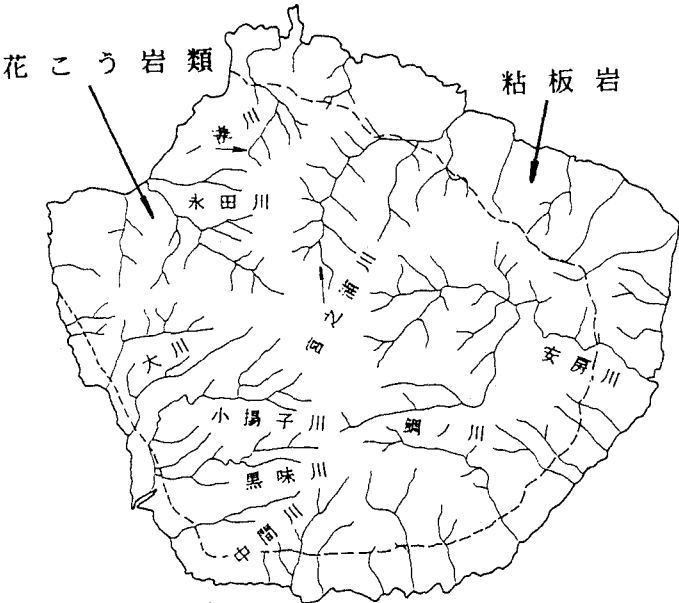


図-7 網目模様が発達する流況と地質区分



(a) 白谷雲水峽                      (b) 千尋滝（段差80m、2段式）                      (c) 大川の滝（滝百選の1つ、高さ88m）

写真-3 至る所から流落する清冽な自然水

で洗い流され、表層土は非常に薄層で、花こう岩類の岩盤が露頭している地帯がほとんどである。

さて屋久島の独特な自然環境を育んでいる重要な因子の一つは雨である。林芙美子の「浮雲」でも、「屋久島は月のうち、三十五日は雨という位でございますからねー」と描写されている様に、我が国では類例を見ない多量の雨が降る。図-6(a)にはこの十数年間の年降水量を示している。海岸部の平地での結果であるが、年降水量は4000～5000mmに達し、ほぼ1600mmと言われる全国平均よりはるかに多い。ましてや標高1000mm付近での樹齢7200年の縄文杉を始めとする屋久杉が繁茂・群生する山岳（後述する図-8参照）では、10000mm以上もの途てつも無い降水量があるとされている。図-6(b)には、1993年の海岸部の平地での月別降水量の推移例を示している。年度によって多少異なるが、梅雨時季の6と7月及び台風時季の9月の降水量が特に顕著で、800～1000mmに達している。このひと月の降水量は全国平均約1600mmと言われる年降水量の約50～60%に相当している。恵まれた降水量によって、島内には網目の様

に河川、沢、滝  
(図-7と写真-3参

照)が発達し、至る所から清冽な自然水が噴き出し、湧き出している。森林地帯に少し踏み込むと、どこでも流水は直接飲料することができ、宮之浦岳流水は環境庁が名水百選に指定した自然水でもある。島内一円で測定・採取した湧水、沢水、河川水、地下水などの

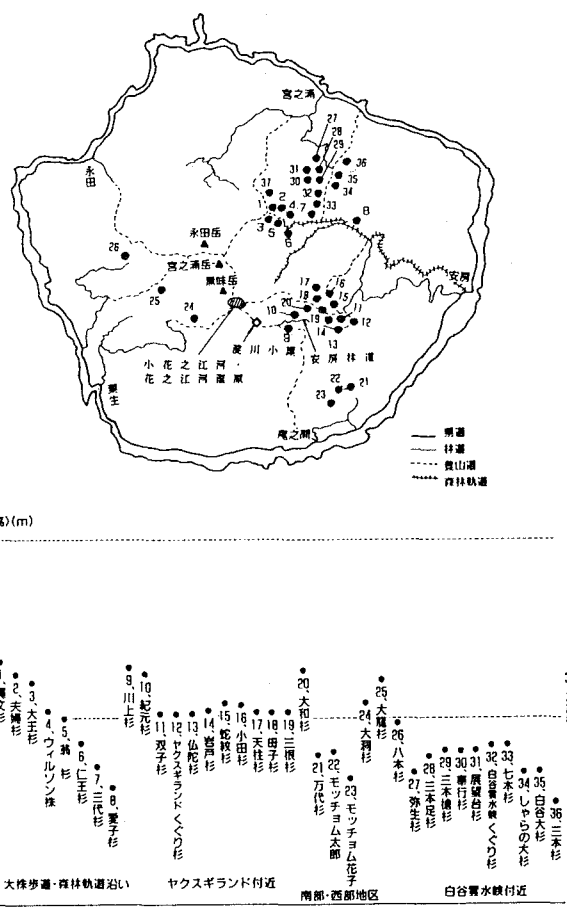


図-8 代表的な屋久杉の著名巨樹木分布

表-1 主要な屋久杉巨樹木の概要

| 杉 名 称  | 樹 齢   | 根 回 り | 胸 高 囲                  | 所 在 地 | 備 考                                                                                                                                                                          |
|--------|-------|-------|------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 縄文杉    | 7200年 | 43m   | 16m<br>(胸高直徑<br>約5.1m) | 大株道   | ・ 標高約1300mの地点。<br>・ 1966年5月28日発見、現在地球上の全生物のうちの最長寿樹。<br>・ 樹皮が石のような紋様をしていることから別名大樹杉とも呼ばれている。<br>・ 当初2200年以上の合体木と考えられていた。                                                       |
| 夫婦杉    |       |       |                        | 大株道   | ・ あまり大きな杉ではないが、二本の屋久杉が10m程度上部で、太い枝で結ばれている。                                                                                                                                   |
| 大王杉    | 3000年 | 25m   | 11m<br>(胸高直徑<br>約4m)   | 大株道   | ・ 標高約1200mの地点。<br>・ 縄文杉が発見されるまでは、生きている杉の王者であった(樹高40m)。<br>・ 幹の内部に大きな空洞がある。                                                                                                   |
| ウィルソン株 | 3000年 | 32m   | 13m                    | 大株道   | ・ 1586年(天正14年)楠川の牧五郎七が以下7人がやぐら組んで斧で切り倒した、巨大な杉の切株(切口の周囲約13m)。<br>・ 株の内部は畳10枚程度敷ける空洞となっており、泉水が湧いている。<br>・ 1921年にアメリカの植物学者ウィルソン・H・アーネスト博士により世に紹介された。<br>・ 切株を栄養分として若杉が成長(切株更新)。 |
| 翁杉     | 3000年 | 19.7m |                        | 大株道   | ・ 樹高約27m                                                                                                                                                                     |
| 三代杉    | 3500年 | 5m    | 2.5m                   | 小杉谷   | ・ 3500年の間に3代に亘って生き続けている。<br>一代目：樹齢2000年と推定され、約1500年前に倒れたと思われ、その間に実が落ち親木(倒木)をまた一代目として成長した。<br>二代目：一代目から樹齢1000年。<br>三代目：二代目の株に芽を出し今日に至る(樹齢500年経過)。<br>初代の杉の切株の下は大きなホラとなっている。   |

自然水の水質分析結果によると<sup>1)</sup>、水素イオン濃度 (pH) はほとんど7以下6前後で、5付近の値を示す場合もあり、自然水の酸性度が比較的高いのが特徴である。また電気伝導度 (EC) は30～200μS/cmで、標高500～1500mの針広混交林帯では、最小値で30μS/cm、ほとんど30～50μS/cmの非常に低い値を示していた。このことを反映し、イオン分析結果でも、屋久島の自然水はミネラルイオン濃度が極めて低い、超軟水であること

が確かめられ、雨や雪などの降水の水質に非常に近いことがわかった。

そこで屋久島の海岸線は、粘板岩や枕状溶岩（永久保）からなる急峻な岩礁や崖地形であるが、栗生浜、中間浜、永田浜、いなか浜（図-4参照は）、花こう岩類を起源とした粗粒砂からなる非常に美しい砂浜が形成されている。これらの砂浜は、山岳地帯からの清冽な自然水が至る所から流れ込み、砂浜を洗浄し、海浜砂の汚れ具合が非常に低い<sup>2)</sup>。特に、これらの砂浜には、毎年5～8月に掛けてアカウミガメが産



(a) 大王杉（樹齢3000年）



(b) 縄文杉（樹齢7200年）

写真-4 大王杉と縄文杉の状況

卵に訪れる貴重な自然環境  
が育まれている。

### 3. 屋久杉の原生巨樹林

樹齢1000年以上の杉は屋久杉と呼ばれている。屋久島の杉に関する資料<sup>3)</sup>によると、古い時代には、何千年にも達する老齢の屋久杉は神木として崇められ、信



(a) ウィルソン株：樹齢3000年の巨大な杉が1586年に倒された切株



(b) 夫婦杉（樹齢1500～2000年）：

二本の屋久杉が10m程度の高さで、太い枝で結ばれている



(c) 杉の切株更新：倒された杉の種子とその切株に着生し、子の種子が親の切株を養分として生成する



(d) 屋久杉の根網：露呈した花こう岩の岩面を静脈流の様に迷走する根網

写真-5 ウィルソン株、夫婦杉、杉の切株更新、杉の根網の状況



(a) 酸性雨の影響が懸念される



(b) 皆伐採・乱伐採地域の人工林地帯に広がる白骨樹林

写真-6 屋久島の山岳部に広がる白骨樹林帯

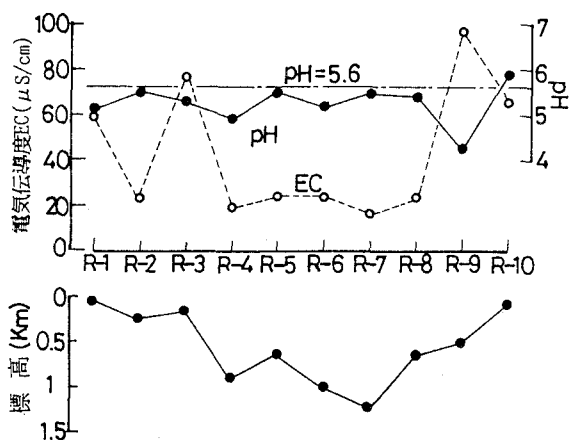


図-10 降雨のpHとECの状況

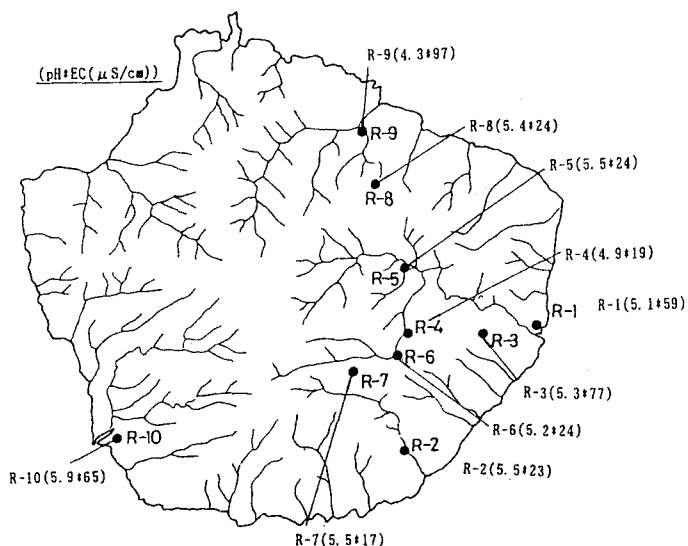


図-9 屋久島にも酸性雨が降る (1994年8月測定)

仰の対象となっていた。1600年以前までは、伐採にされることはなかったが、ただ一度だけ1586年(天正14年)、島津義久の命で大杉を伐採したという記録が残されている。これは豊臣秀吉が京都に方広寺(燃焼し現存せず)を建立するために献上させたもので、その切株が現在のウィルソン株(写真-5(a)参照)と言われている。江戸時代(1642~1867年)、薩摩藩の支配下に置かれると、屋久杉は経済的資源として、大量に伐採が始まり、板木や平木に加工され、藩への年貢として納められるようになった。1885年(明治18年)、屋久島の森林の大部分は国有林となり、1923年(大正10年)には、小杉谷(図-4参照)を拠点として、森林伐採が国家的政策として本格的に開始された。屋久杉の伐採量は、昭和30年代の高度経済成長期に急激に加速された。昭和40年ごろ、伐採の前進基地小

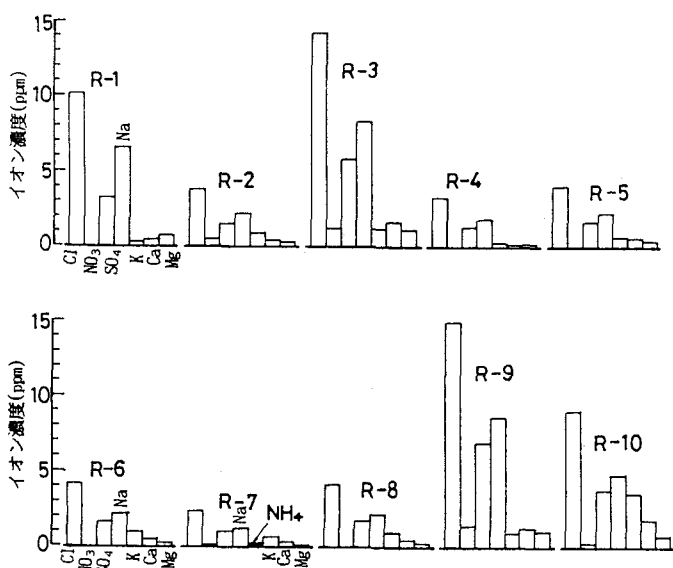


図-11 降雨の化学組成

杉谷周辺では、密集地がほとんど伐り尽くされ、小杉谷も1970年（昭和45年）、廃村に至った。このような皆伐採、乱伐採の反省が、自然環境保護運動と相まって、現在は国立公園や世界自然遺産に指定され、森林生態系保護の立場（図-2と3参照）から、新しい森づくりの方法が試みられている。

図-8には、樹齢1000年以上の主要な屋久杉の著名原生巨樹林を示している。過去の皆伐採、乱伐採を免れた希少な屋久杉は、現在、主に、標高1000m付近に繁茂している（表-1及び写真-4と5参照）。特に、標高1300mの針広混交樹林帯に育成している縄文杉は、樹齢7200年と推定されており、現地球上の生物での最長寿記録と言われている。しかし、2200年以上の数本の若齢杉が合体した合体木であるとか、また屋久島の北西約50kmに位置する硫黄島での大噴火（6300年前）により、鬼界カルデラができた際の火砕流によって島の植生が壊滅的に破壊されたとすれば、樹齢6300年より若いことになるなど、縄文杉の樹齢推定には異説もある<sup>4)</sup>。

ところで、樹齢1000年以上の屋久杉が群生・繁茂する標高500～1500mの山岳地帯では、表層土が非常に薄層で、ほとんど屋久杉の根網は、露呈した花こう岩の亀裂や岩面を静脈流の様にのた打ち、這い回っている（写真-5(d)参照）。また、広範囲に亘って採取した自然水の水質分析結果によると<sup>1)</sup>、カリウム、カルシウム、マグネシウムイオンなどのミネラルイオン濃度が非常に低く、全硬度がほぼ6ppm以下の超軟水であった。このようなことから、樹齢7200年の縄文杉を始めとする屋久杉の原生巨樹林は、花こう岩を礎石として、非常に少ないミネラル養分の水を生命の水として、太古から吸い上げて来たと考えられる。

#### 4. 脅威の白骨樹林帯

着生したヤマグルマ、ヤマツツジなどの異種の植物を鎧甲の様にまとい、緑々した屋久杉が繁茂する山岳では、一方、立ち枯れた木々が天を突く様にそびえ立つ光景に目を奪われる。これは「白骨樹」と呼ばれる杉で、特に標高1000～1300m以上の高地に広がっている（写真-6参照）。白骨樹は「半死半生」の状態であるが、完全に枯死しているものも多く、「完全枯死」への前段とも言える。豪雨、強風、冷温など、独特の厳しい自然環境が白骨樹を作り上げたとも言われているがよくわかっていない。しかし最近屋久島では、酸性の雨や雪や霧、いわゆる酸性雨（pH<5.6）が年間を通じて観測されている<sup>5)</sup>。この酸性雨の原因が桜島や阿蘇山などの噴煙だけでは説明できないとされており、低温や強風被害と大陸越境を考慮した大気汚染被害との複合的影響を検証する調査が必要とされている。また屋久島は島の縁を除き、山岳部は花こう岩地帯である。花こう岩は石英鉱物が主体で、酸を中和する能力に乏しい。しかもこの緩衝能力は交換性陽イオンが生成され易い表層土で高いが、表土層は薄く、ほとんど花こう岩が露呈している。そのため花こう岩地帯を流落する自然水の水質は降水の水質によって左右され易く、酸性雨で容易に酸性化される状態にあるとも考えられる。調査結果からも島内の自然水の酸性度は比較的高く、既に微酸性の河川や多雨の時期に酸性側に変化する河川など、酸性雨による河川の酸性化が徐々に起こっていることも指摘されている<sup>5)</sup>。ちなみに図-9と10は8月の調査で採取した降雨のpHとECを示している。R-10以外は全てpH<5.6の酸性雨で、R-4と9では4台となっている。図-11に示すイオン分析結果によると、酸性雨の主因となる硫酸と硝酸イオン濃度は、それぞれ1.07～6.93ppmと0～1.44ppmの範囲にあった。またECや化学組成は自然水のものとかかなり類似していた<sup>1)</sup>。さらに、薄い表層土や花こう岩の風化土などについての表層部の土はpHが4.2～5.7の範囲で酸性度が比較的高いのがわかった<sup>1)</sup>。現段階では酸性雨による土や自然水の酸性化や、酸性雨と森林の白骨樹林化との間の相関性について詳述することはできないが、太古からの遺産を現世で絶やすことなく、子々孫々に受け継ぐためにも、多方面の角度からの緻密な自然環境に関する調査研究が望まれる。

#### 5. おわりに

最後に屋久島の巨樹林の自然環境調査を続けながら、屋久島の生命の神秘に触れ、まさに、この様な自然環境を育むメカニズムの一端をわずかに垣間見た様な気がする。自然の保護・保全すべきものは何か？かすかににじんで見えて来たようにも思う。“自然と共存共栄”するためには、また“持続可能な開発”をする

ためには、まず自然と深く接し、自然の何が素晴らしいのかを何よりも知らなければならぬと痛感した。

#### 参考文献

- 1) 山口晴幸・西尾伸也・黒島一郎・小林弘樹(1995. 7) : 世界自然遺産「屋久島」－水・土・植生環境－、土木学会、第3回地球環境シンポジウム発表講演集、投稿中。
- 2) 山口晴幸・小林弘樹(1994. 11) : 日本列島海浜汚染状況に関する調査・研究、土質工学会、第39回土質工学シンポジウム発表論文集、pp. 87～94.
- 3) 屋久杉自然館(1994. 7) : 展示資料参考
- 4) 田川日出夫 : 「世界自然遺産屋久島」、NHKブックスNo. 686.
- 5) 佐竹研二(1993) : 自然の宝庫「屋久島」に酸性雨被害のおそれ、科学朝日、11月号、pp. 6～9.
- 6) 吉田茂二郎(1993) : 屋久杉巨樹・著名木、屋久町屋久杉自然館編。