

37. 世界自然遺産「屋久島」 —水・土・植生環境—

YAKUSHIMA OF WORLD NATURAL HERITAGE
-WATER·SOIL·VEGETATION ENVIRONMENT-

山口 晴幸*・西尾 伸也**・黒島 一郎***・小林 弘樹*

Hareyuki YAMAGUCHI, Shinya NISHIO, Ichirou KUROSHIMA, Hiroki KOBAYASHI

ABSTRACT: In this paper, the results of natural environmental investigation in Yakushima, a small island 130 Kilometers south of Kagoshima prefecture, where was entered as a world National Heritage Site by UNESCO in 9th, December, 1993, were described. Mainly, natural waters and chemical microanalyses were carried out. It is supposed that the natural environment of Yakushima Island, in which Jyomon-japanese cedar, age of 7200 years old, grows thick, will be build up by the water environment of ultra-soft water.

KEYWORD: Natural environment/World natural heritage/Natural water/Subsurface soil

1. はじめに

「自然との共存共栄」、「持続可能な開発」と言う地球規模的に広がる自然環境の保護・保全を考えた開発・発展と言う命題において、自然と最先に対峙する土木工学分野は、どの分野よりも強く、社会的にこの命題が突き付けられている。

ゴルフ・スキー場等の土地造成・開発による大規模な森林破壊、またその維持管理に投入される大量の農薬による広域地盤汚染、山間部・山岳地域に延びる大規模な宅地造成や観光・高速道路網による森林生態系の破壊、我が国のほとんどの河川に張り目ぐらされた数えきれないほどのダム・堰堤による土砂のせき止めやコンクリート構造物に利用される河川床からの大量な土砂採取によって発生する日本列島に見られる急激な海岸浸食、残土・廃棄物埋立地盤による砂浜の劇的な消滅・破壊や海浜・海水汚染、コンクリート三面張り型の河川護岸などによる生物多様性・動植物生態系の破壊、都市・都市近郊での圧倒的なコンクリート・アスファルト被覆や地下構造物による自然水（湧水、地下水など）の消滅・枯渇や緑地の激減など、土木工学分野が深く関わって来た開発・建設での社会的役割において、多方面に亘る自然環境破壊問題が指摘されてきている。環境時代に向けて、土木工学分野には、ビオトープ的概念を導入した自然環境の復元・回復構想の確立、これからの開発・建設のあり方に関する携わる技術者・研究者の環境倫理観の確立などが、社会的に激しく問われている。動物園、植物園、水族館的発想で単に人工的な飾り物を並べるような「自然化」や視覚的な「緑化」ではなく、森林生態系・食物連鎖・生物多様性などに配慮した本来の自然（ビオトープ）を重視した開発・建設のあり方が要求されている。そのためには、「持続可能な開発」での自然の保護・保全すべきものは何か？、何をどのように保護・保全することが自然との共存共栄なのか？を考え、探る意味

* 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

からも、まず多くの自然と深く接し、自然の何が素晴らしいのかを何よりも知る必要があると思われる。

このような背景から、本調査研究では、世界自然遺産に認定登録された太古からの生命の島と言われる「屋久島」の自然環境を学び、探り、考えることによって、土木工学分野における自然環境問題と開発・建設のあり方などについて考えていくための一助に位置づけている。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、その謎に少しでも迫ることを目的としている。屋久杉が繁茂・群生する標高500～1500mの針広混交樹林帯地域を重点に、島内一円で調査測定した自然水（湧水、地下水、河川水、瀑布など）の水質結果や、表層土を対象とした土層・土質からの溶出するイオン分析結果などに基づいて考察し、屋久島が育む独特の水・土・植生環境を介して、自然環境について記述している。

2. 調査・計測

1993年12月9日、我が国で初めて、ブナ原生林の白神山地（秋田・青森県境）と共に、世界自然遺産に認定登録された屋久島は、地球的に極めて貴重な原自然の宝庫として、自然環境保護・保全の面でも、多くの分野から世界的に注目されている。

著者らは、1994年3月から屋久島での調査を開始し、断続的に継続してきている。ここでは、1994年3月と7、8月に実施した島内での流水・降水（酸性雨）調査と土質・植生調査での結果を取りまとめている。1994年3月の水環境調査では、図-1に示す46箇所の地点（図中の●印）で自然水（河川水、瀑布、湧水、地下水）を採取してイオン分析を、さらに7月の調査では、46箇所（後述する図-3参照）で自然水の水素イオン濃度(pH)、電気伝導度(EC)、水温(T)について現地測定を実施した。屋久島は、図-1に明示するように、島の山岳地帯は、中新世の花こう岩類で、それを取り巻くように、粘板岩からなる

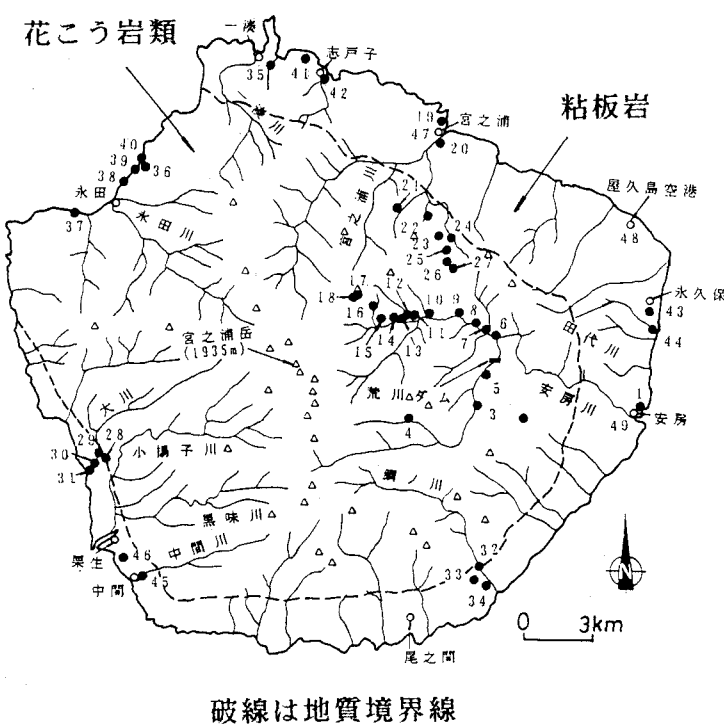


図-1 流況と自然水採取地点

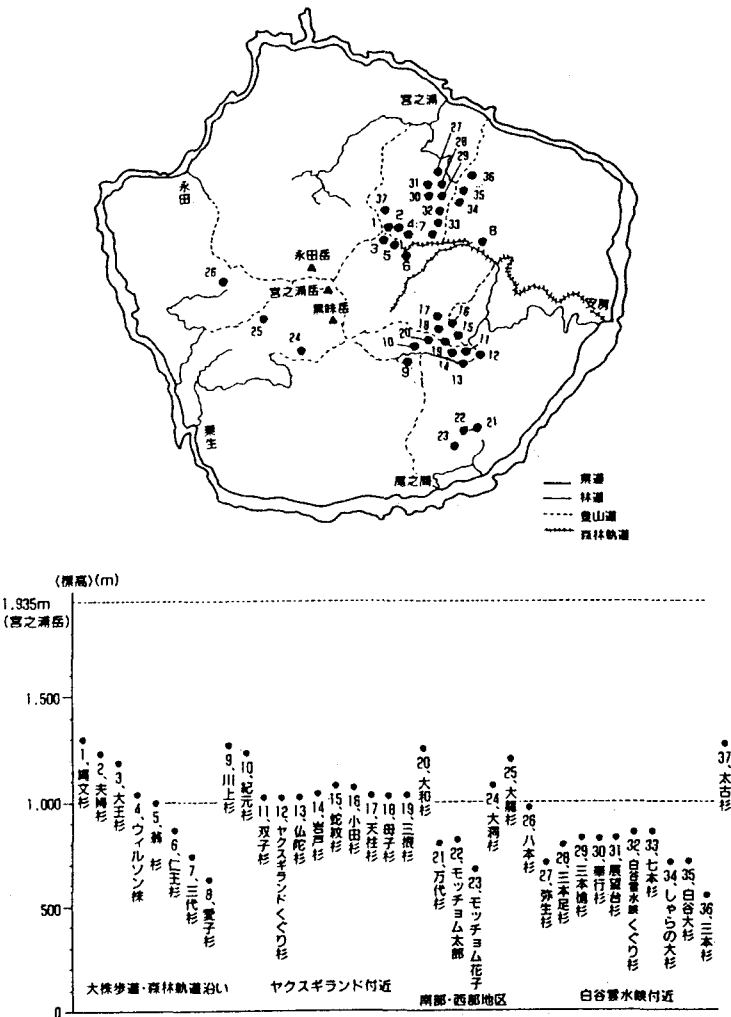


図-2 代表的屋久杉著名木の分布

(文献2)での原図を一部修正・加筆)

段丘堆積岩が形成されている。樹齢1000年以上の屋久杉の原生巨樹林は、図-2に示すように、標高1000m付近の花こう岩類層に、ほとんど繁茂している。山岳地帯での表層土は非常に薄層であるが、土からの溶出イオン特性を自然水の水質との関係を調べる目的で、表層土から溶出するミネラルイオン濃度の測定も、各地点で採取した土質について実施した（後述する図-13参照）。なお、屋久島の概要と地理、地形、地質、降水（酸性雨など）、植生等に関する特徴的な自然環境の現状については、文献1)に詳述している。

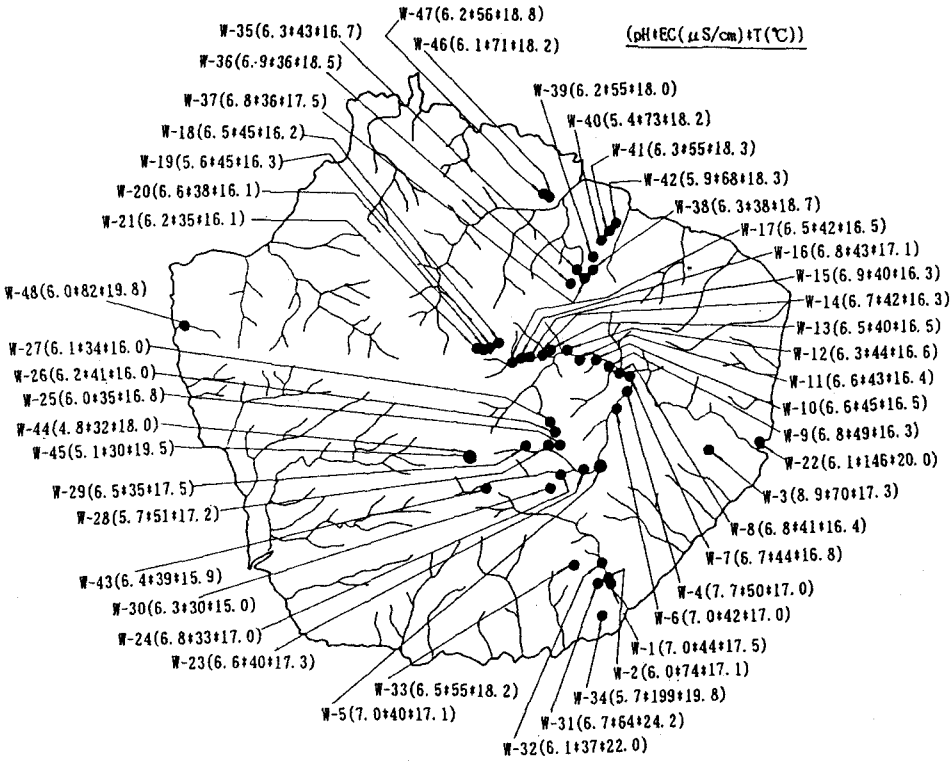


図-3 自然水のpH、電気伝導度、水温の現地測定結果（1994年7月）

3. 超軟水が育む独特な水環境

屋久島では、樹齢1000年以上の杉が屋久杉、1000年以下の杉は小杉と呼ばれ、子供の杉として区別されている。自然水の水質調査は、樹齢1000年以上の屋久杉が群生する地域を主体に実施している。安房漁港から樹齢7200年の縄文杉に至る大株歩道・森林軌道沿い、ヤクスギランド付近、南部・西部地区、白谷雲水峡付近（図-2下参照）を中心に調査した、自然水についての水素イオン濃度(pH)、電気伝導度(EC)、水温(T)の現地計測結果を図-3に示している。測定地域の湧水、沢水（河川水）などの自然水は、ほとんど花こう岩地層を流下している。図-3に示す自然水のECとpH値を標高との関係で再整理した図-4によれば、標高500m程度の照葉樹林帯での自然水のECは約50～70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ で、縄文杉、大王杉、紀元杉等の著名巨樹林が群生している標高500～1500mの針

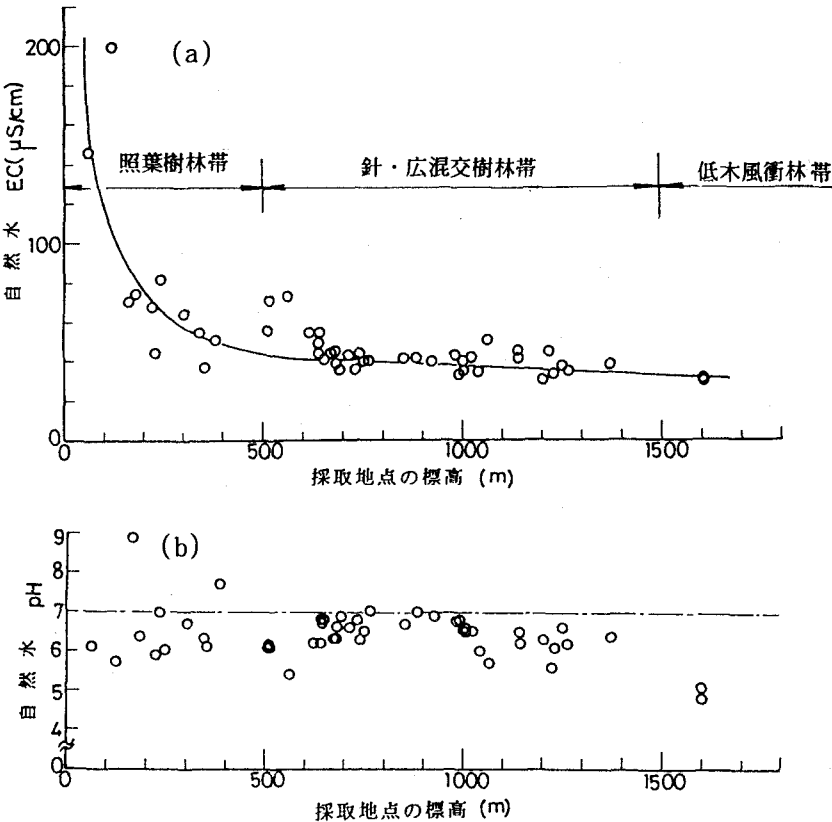


図-4 低い電気伝導度と高い酸性度を示す自然水

広混交樹林帯では、最小値で30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、ほとんど30～50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ の非常に低い値を示しており、標高と共に自然水のECが低下していることがうかがわれる。またpH値はほとんど7以下6前後で、5付近の値を示す場合もあ

表-1 屋久島での自然水の水質分析結果

番号	水の形態	採取地点	採取日	補足事項	pH	陰イオン濃度 (ppm)			陽イオン濃度 (ppm)				硬度 (ppm)
						Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
1	湧水	安房漁港付近		安房川河口付近	6.2	11.45	2.58	2.54	8.27	1.05	4.40	3.27	24.1
2		安房林道途中		安房林道、荒川林道、	6.3	7.16	-	1.23	4.37	0.36	1.13	0.56	5.1
3		荒川別れ付近(荒川林道入口)		トロ道に沿い、上流に向	6.2	4.86	-	0.91	2.78	0.30	0.69	-	1.7
4		花之江河歩道途中		けて安房川への流水を採	6.1	4.75	-	0.91	3.19	0.35	0.77	0.36	3.4
5		荒川林道途中(荒川ダム付近)		取	5.8	5.53	-	1.22	2.91	-	0.55	0.42	3.1
6		荒川林道終点			5.6	7.95	-	1.29	4.01	0.29	0.95	0.61	4.8
7	沢水	トロ道途中			6.9	6.62	0.12	1.25	3.59	0.22	0.70	0.53	3.9
8		トロ道途中			6.2	6.49	0.14	1.19	3.76	0.26	1.08	0.52	4.8
9		小杉谷入口付近	H6.3.24		6.2	5.91	-	1.33	3.62	0.35	0.83	0.49	4.0
10		楠川歩道入口脇(水飲場)			5.1	6.38	-	1.47	3.56	-	-	0.51	2.0
11		三代杉脇			6.2	5.47	-	1.04	3.52	0.49	0.81	0.41	3.7
12		トロ道途中			6.1	5.91	-	1.15	3.25	-	0.86	0.47	4.0
13	河川水	大株歩道入口脇		安房川上流	6.3	6.04	-	1.22	3.24	0.19	0.88	0.46	4.0
14		森杉脇		大株歩道に沿い、巨大	6.3	6.22	-	1.27	3.51	0.21	0.99	0.47	4.4
15		ウィルソン株内(水飲場)		樹木脇の流水を採取	6.4	5.63	-	1.19	3.40	0.24	1.05	0.41	4.3
16	沢水	大株歩道途中			6.3	6.23	0.12	1.20	3.33	0.20	0.99	0.49	4.4
17		縄文杉脇(水飲場)			6.1	5.18	0.26	1.04	2.78	-	0.68	0.42	3.4
18		縄文杉脇(樹齢7200年)			6.2	5.20	-	1.08	2.91	-	0.86	0.41	3.8
19	湧水	益教神社内(宮之浦)	H6.3.23	宮之浦川河口付近	6.5	6.35	0.27	2.01	3.90	0.32	1.34	0.64	5.9
20		宮之浦橋付近		町の中心街付近	6.5	10.48	0.94	2.69	7.04	0.98	3.48	1.23	13.6
21	沢水	白谷杉道途中(標高400m)		白谷林道に沿い、	5.8	7.65	-	2.29	4.64	0.35	1.05	0.67	5.3
22		白谷杉道途中(標高545m)		宮之浦川への流水採取	6.1	7.60	-	2.01	4.68	0.40	1.19	0.62	5.5
23	湧水	益教神社内(不老長寿の水飲場)			5.9	6.82	-	1.21	4.47	0.35	1.23	0.64	5.6
24	沢水	弥生杉脇(樹齢3000年)	H6.3.25		6.0	6.05	-	1.33	4.17	0.35	1.29	0.57	5.5
25					6.4	6.39	-	1.57	3.92	0.32	1.18	0.51	5.0
26	瀑布・河川水	白谷雲水峡区域			6.2	6.28	-	1.38	4.08	0.63	0.98	0.53	4.6
27					6.1	6.25	-	1.46	3.99	0.51	0.95	0.53	4.5
28	湧水	大川の滝手前(水飲場)		大川の滝は名瀑100選の	7.2	21.33	-	5.52	14.26	1.03	3.45	2.84	20.0
29	瀑布・河川水	大川の滝直下	H6.3.26	1つ、高さ88m、幅22mで	6.7	8.18	0.16	1.94	5.31	0.43	1.41	0.73	6.4
30		大川の滝下流		頁岩の崖を流下	6.5	8.05	0.20	1.93	5.27	0.41	1.42	0.73	6.5
31	河川水	大川の河口付近			6.5	8.14	0.18	1.92	5.36	0.42	1.45	0.74	6.6
32		千尋滝展望台付近		名水百選指定水、千尋滝	6.3	10.27	0.16	1.55	5.95	0.29	1.10	0.88	6.3
33	湧水	千尋滝下流	H6.3.26	は高さ60mの二段滝、花	6.1	9.82	0.38	1.84	5.93	0.28	1.00	0.83	5.8
34				こう岩の岩板	6.3	5.09	-	0.95	3.25	0.29	0.77	0.44	3.7
35	瀑布・河川水	一滝	H6.3.25	永田浜、いなか浜、	6.6	12.94	0.13	3.69	8.44	0.58	1.67	1.49	10.1
36		永田浜陸側(永田)	H6.3.23	中間浜、栗生浜は花こう	6.7	11.99	0.12	2.94	8.73	0.60	2.94	1.34	12.7
37		永田浜(永田)	H6.3.25	岩質の砂浜で、海亀の	6.8	19.23	2.58	6.46	13.46	1.15	6.27	2.95	27.5
38				産卵地。永久保の海岸で	6.8	38.69	1.17	11.23	24.51	1.60	6.13	4.68	34.0
39	沢水	いなか浜(永田)	H6.3.23	は枕状溶岩が観察でき	6.7	22.31	0.37	4.76	14.26	0.86	3.70	2.53	19.4
40				る。	6.7	25.32	1.61	4.36	14.95	1.04	4.68	2.95	23.5
41		一滝～志戸子間			6.4	14.67	0.15	3.90	10.06	0.51	2.34	1.88	13.4
42	河川水	志戸子川河口(志戸子)	H6.3.25		6.4	8.68	0.48	2.88	5.88	0.51	1.72	1.04	8.5
43	湧水	永久保バス道路脇			5.5	7.39	-	2.25	5.13	0.37	3.77	0.97	13.3
44		田代川河口(永久保)	H6.3.23		6.5	8.81	0.24	1.66	5.66	0.45	1.57	1.07	8.2
45	河水	中間川河口(仲間)			6.3	11.79	-	2.77	8.42	0.68	2.66	1.24	11.6
46	沢水	仲間～栗生間	H6.3.26		6.5	27.04	0.11	4.62	18.14	0.80	4.06	3.61	24.6
47		宮之浦フェリー乗場内	H6.3.27	自然水との水質の比較	6.6	10.42	0.24	2.98	6.15	0.83	2.03	1.04	9.2
48	水道水	屋久島空港内	H6.3.23	のため	6.9	10.95	-	2.43	9.09	0.73	5.49	1.42	19.4
49		安房公共施設内	H6.3.27		6.6	7.07	-	1.47	4.62	0.46	1.21	0.58	5.3
*	降水	小杉谷入口付近	H6.3.24	雨水採取	6.9	1.98	-	0.87	1.21	0.23	2.98	-	7.5

り、自然水の酸性度が比較的高いのが特徴である。ECは水に溶存しているイオン量を表す尺度で、純水に近いほどその値は零に近づく。水道水で概ね150～300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であることからすれば針広混交樹林帯での自然水のECが30～50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であることから、樹齢1000年以上の屋久杉が群生する地域での自然水には、溶存しているイオン量は非常に少なく、雨や雪などの降水の水質に近いことが予想できる。ちなみに、8月に島内10箇所採取した降水のECは17～97 $\mu\text{S}/\text{cm}$ で、20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 台の測定値が多く、ほとんどのpH値は4.3～5.6を呈して

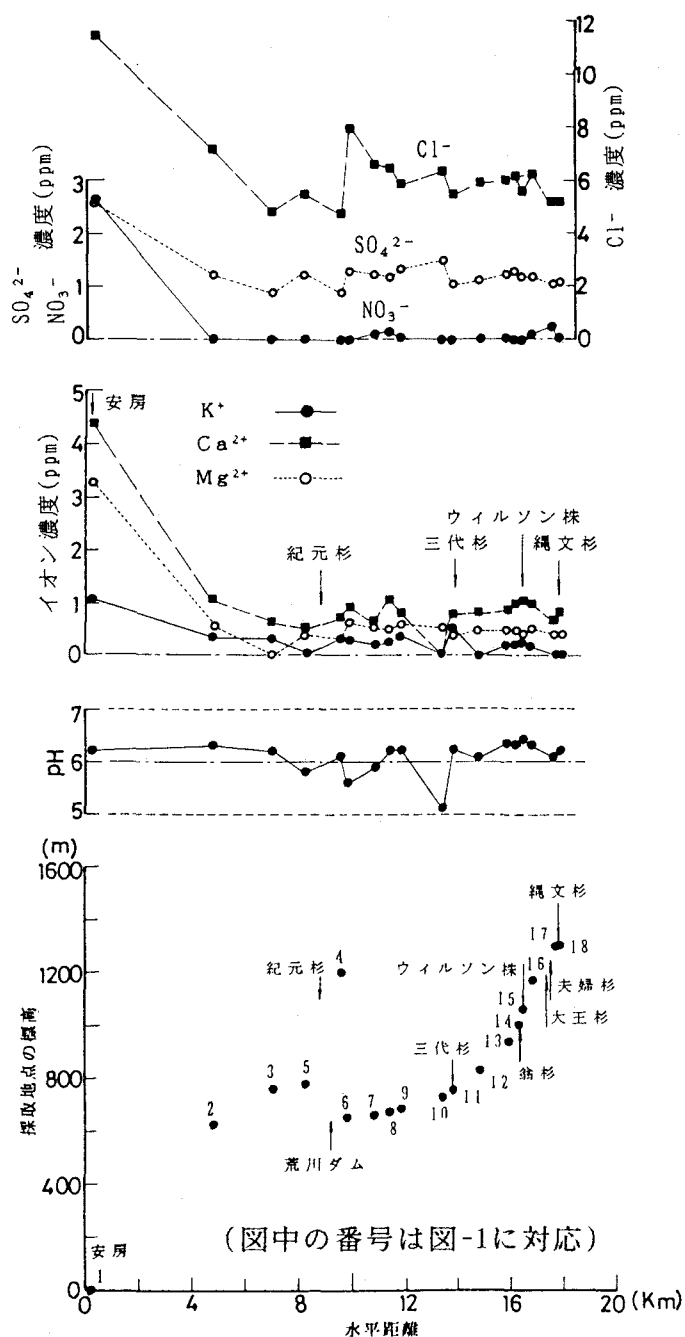


図-5 安房から縄文杉間の自然水の水質状況

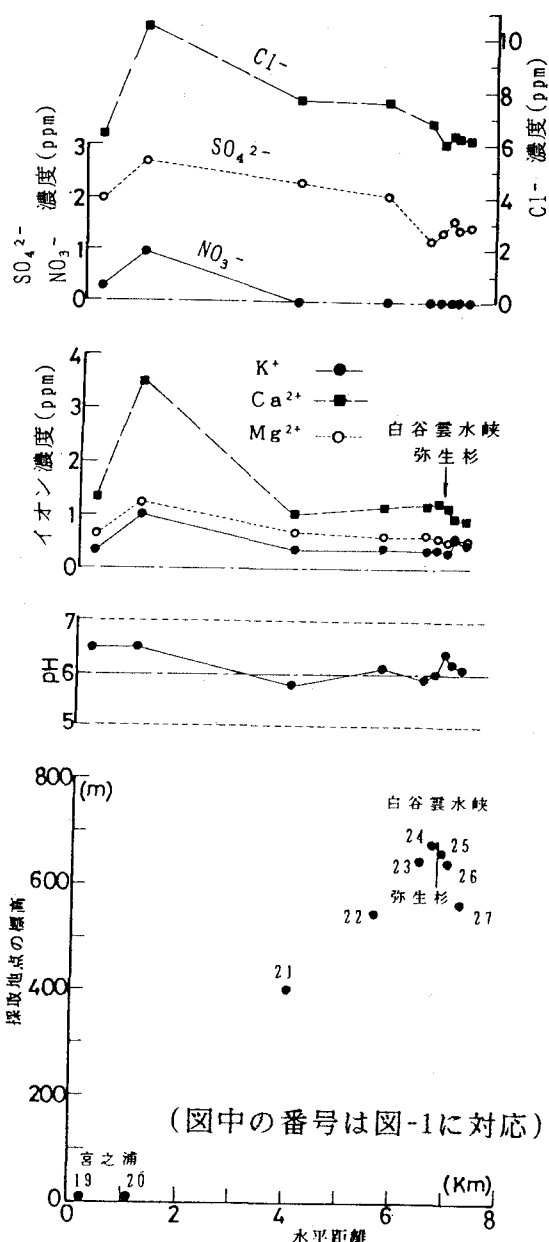


図-6 宮之浦から白谷雲水峽間の自然水の水質状況

いた¹⁾。このようなことから、屋久島の自然水は、降水の水質によって敏感に左右される可能性があり、降水の酸性雨(pH<5.6)化が、自然水の酸性化に直接寄与することが懸念される。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³⁾。

上述したように、自然水のEC値から推測できるように、屋久島の自然水には、溶存しているイオン量がかなり少ないことを裏付けるために、図-1に示した各地点(●印)で採取した自然水について実施したイオン分析結果を表-1(表中の番号は図-1中の番号に対応している)に示す。この結果に基づき、最高峰の宮之浦岳が丸い島のほぼ中心部に位置していることから、宮之浦岳山頂(1935m)から採取地点までの水平距離との関係で、各陰・陽イオン濃度の推移を示したのが図-5~7である。図-5は安房から縄文杉間の大株道・森林軌道沿いでの結果で、標高1300mに位置する縄文杉に至る間にて、三代杉、翁杉、ウィルソン株、大王杉、夫婦杉など屋久島を代表する屋久杉が林立している。図-6は宮之浦から弥生杉が繁茂する標高710m付近までの白

谷雲水峡間での結果である。また図-7は町や村が点在する屋久島の海岸線に沿って、永田から大川の滝間で、標高300m以下で採取した自然水の結果である。まず図-5と6に示す海岸部から山岳方向における自然水のミネラルイオン（陽イオン）濃度に着目すると、屋久杉近傍で採取した自然水のミネラル分は驚くほど低いことがわかる。安房や宮之浦から5km程度（標高約400～500m）入った山岳での自然水のカリウム（ K^+ ）、カルシウム（ Ca^{2+} ）、マグネシウムイオン（ Mg^{2+} ）濃度は、ほとんど1ppm以下である。このような傾向は、図-7に示すように、海岸部でも急峻な地形を形成している所に位置する千尋滝や大川の滝付近などの自然水にも見られる。

このように、ミネラ

ル濃度の低い自然水の地点では、その上流域に人的行為の影響がほとんど及んでいない天然水の水質を呈していると言える。一方、山岳部から海岸部の平地に至るに従い、特に、町や村等の人的活動の活発な地域を流下した自然水のミネラル濃度は、山岳部に比較してかなり高くなっている。各陰イオン濃度もこれに呼応した推移傾向を示していると言える。図-8には、宮之浦岳山頂から採取地点までの水平距離との関係で、塩素イオン（ Cl^- ）濃度を示している。周囲が海で囲まれているため海塩粒子の供給によって、山岳から平地の海岸部に近くなるほど Cl^- 濃度が高くなる傾向にある。約20～30ppm範囲にある自然水は砂浜から海へ流出する海浜部のものである。これは、砂粒子に付着した海塩粒子の効果が大きいと思われるが、流下中に混入する雑排水等の人的行為の影響も懸念される。この Cl^- 濃度は、図-9に示すように、ナトリウムイオン（ Na^+ ）濃度とほとんど一定の比率関係にあることがわかる。

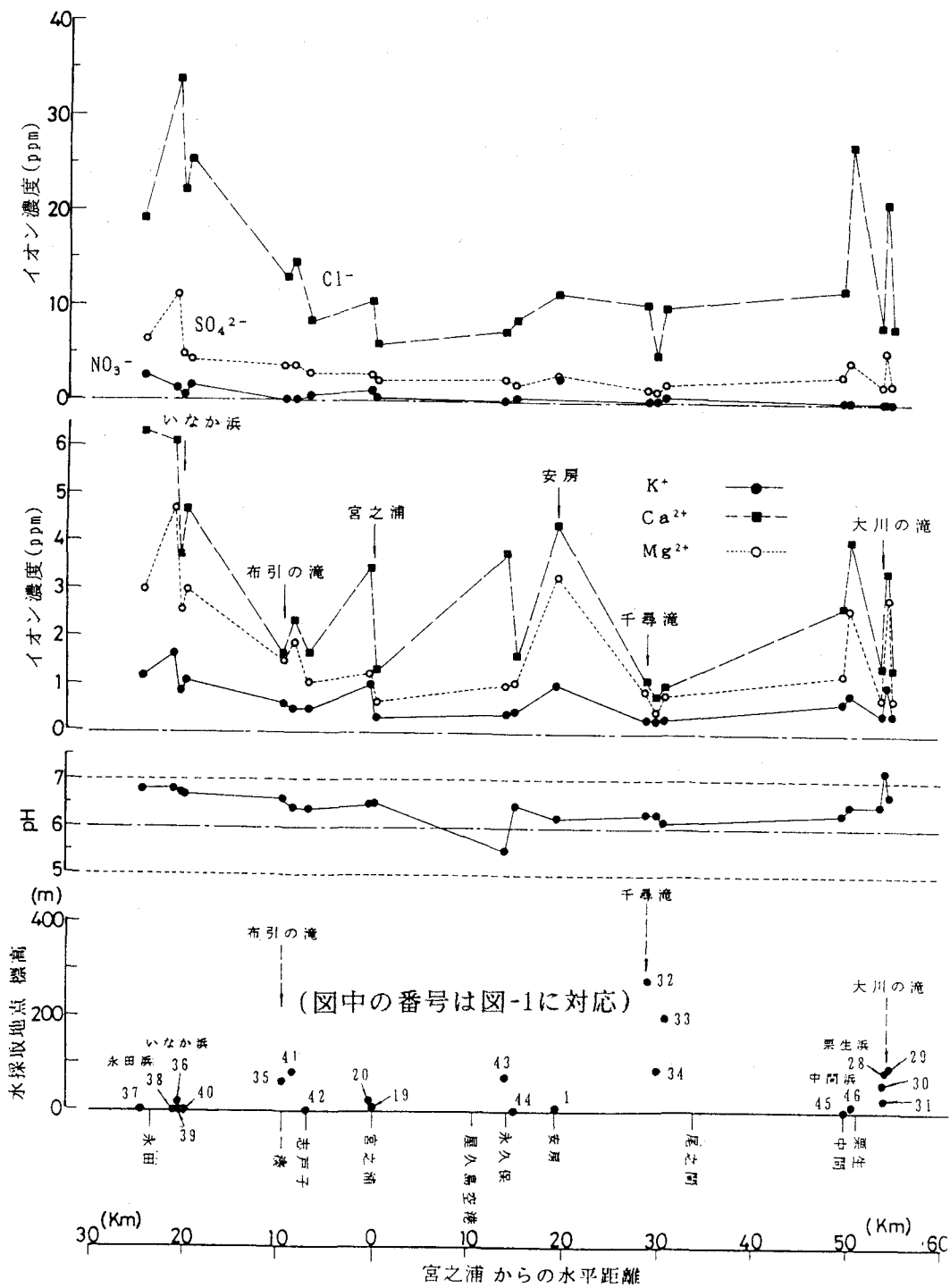


図-7 永田から大川の滝間の海岸沿での水質状況

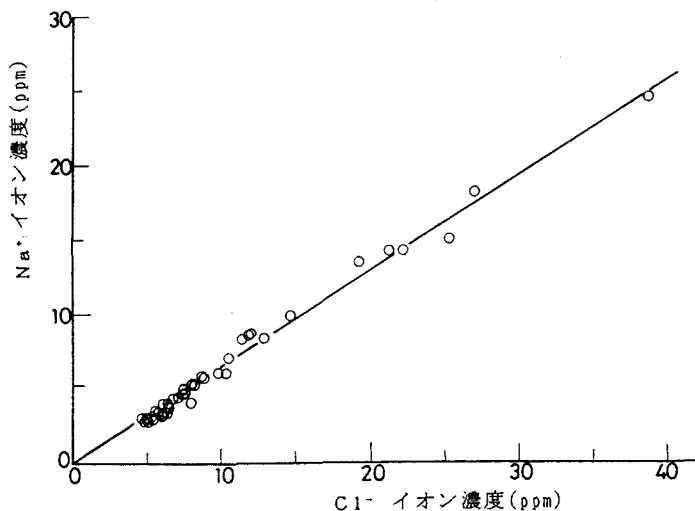


図-9 自然水の塩素イオンとナトリウムイオン濃度との定比率関係

ところで、上述した46地点で採取した自然水のミネラル濃度の状況を、ミネラル分の溶存指標、全硬度（ $\approx 2.5\text{Ca}^{2+} + 4\text{Mg}^{2+}$ ）で、表示したのが図-10である。宮之浦岳山頂から水平距離で約9km以内の山岳部での自然水の硬度はほぼ6ppm以下である。硬度が100ppm以下が軟水、200ppm以上が硬水と言われて、一般に日本の自然水は軟水であるが、屋久杉の巨樹林が群生する区域での6ppm以下の自然水は超軟水と言える。この硬度がいかに低い値であることを示したのが図-11である。著者らが日本各地で調査した（図-12と表-2参照）名水百選指定水や屋久島と同様に花こう岩や風化花こう岩の亀裂などから流出する自然水（六甲山系、金華山）の硬度と比較している。このことから屋久杉が群生する区域での自然水はいかに硬度が低く、超軟水であるか伺える。

4. 表層土の溶出ミネラルイオン特性

屋久島の山岳部では、年間降水量が10000mmにも達すると言われるほど、我が国でも類例を見ない降水が大量に激しく長年に亘り降り続けてきた。そのため、急峻な地形と相まって、表層土は薄層で、

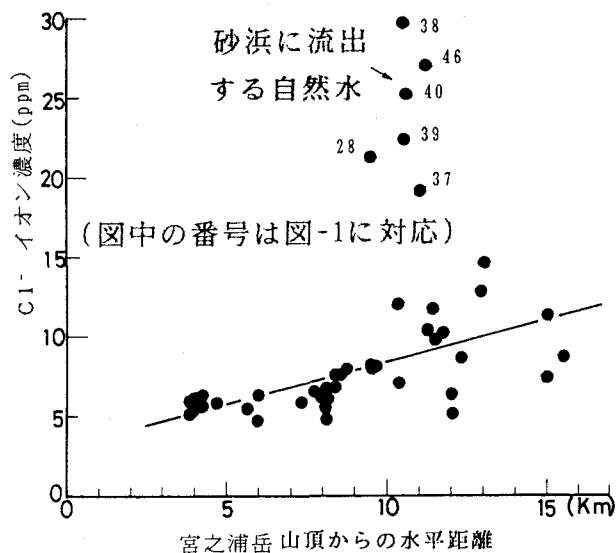


図-8 自然水の塩素イオン濃度

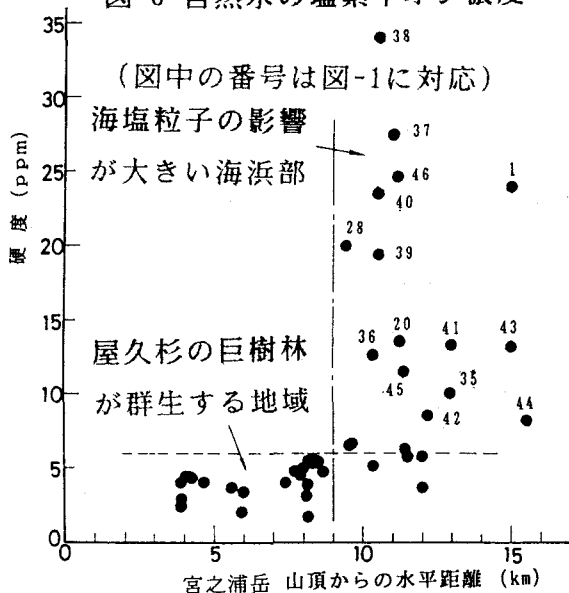
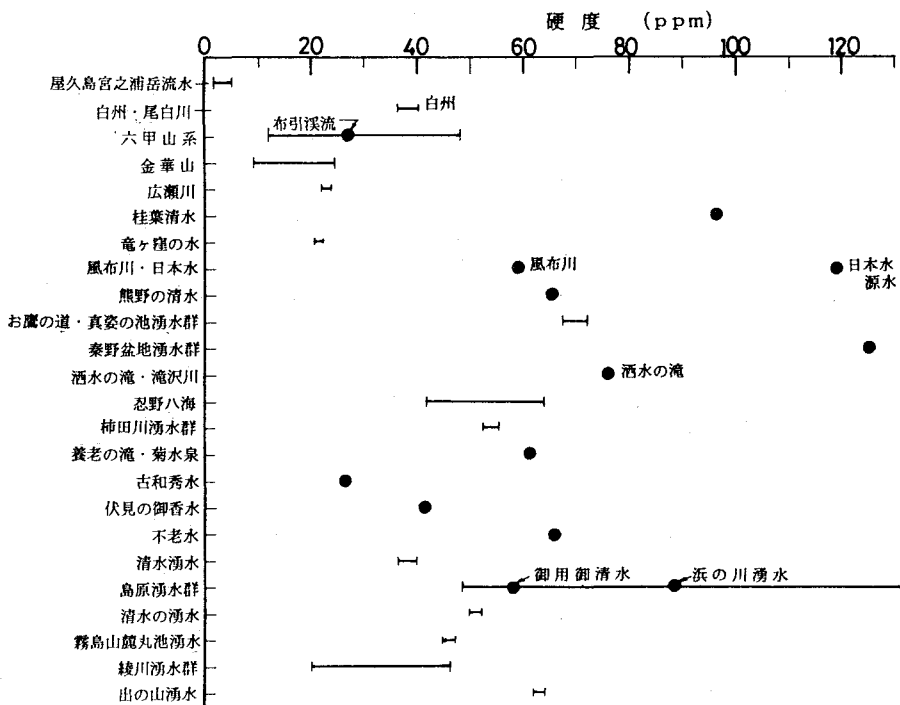


図-10 屋久杉が飲む生命の水は超軟水



屋久杉の根網は花こう岩の表面や 図-11 屋久島の山岳地帯での自然水は我が国で類例を見ない超軟水

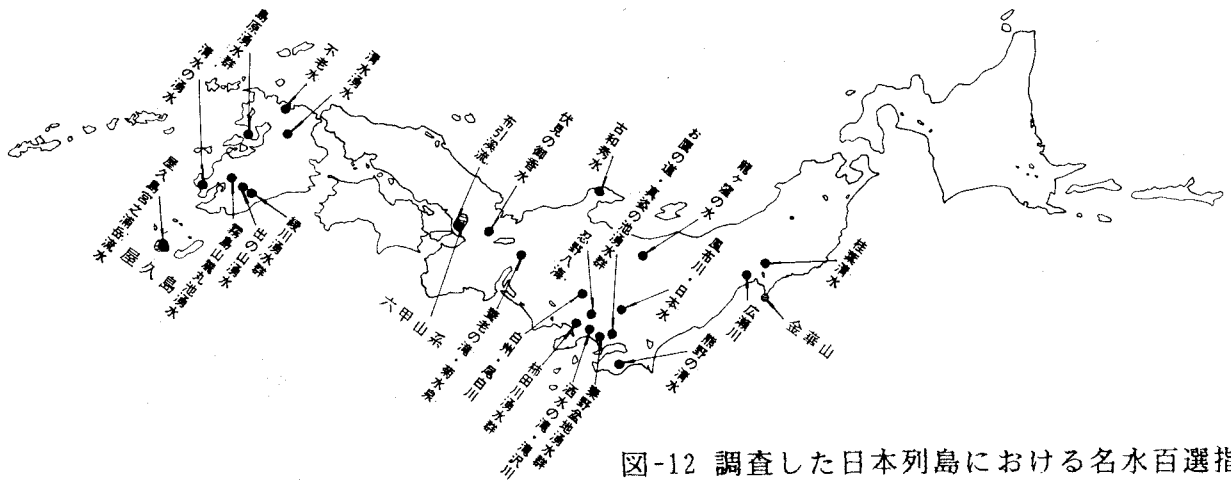


図-12 調査した日本列島における名水百選指定水等

表-2 名水百選指定水等の概要

水名等	水の形態	所在地	採取日	採取数	pH	流水地域の土層・土質及び備考
屋久島宮之浦浜流水	河川水	鹿児島県屋久島	H6.3.23~27	24	5.1~6.4	花こう岩層、樹齢千年以上の屋久杉が圧倒、飲料可
白州・尾白川	湧水	山梨県白州町	H5.2.26	2	6.9~7.1	花こう岩層、飲料水、生活水として利用
六甲山系	湧水・河川水	兵庫県神戸市	H5.6.27~28	7	6.7~7.6	風化花こう岩層、一部飲料水として利用
金華山	湧水・河川水	宮城県牡鹿町	H4.7.24	3	6.0~6.5	花こう岩層、金華山中腹に源泉がある、水道源として利用
広瀬川	河川水	宮城県仙台市	H5.8.22	2	6.4~6.6	火山灰性凝灰岩層の峡谷を流下、青葉城下付近で採取
桂葉清水	湧水	宮城県高清水	H5.8.20	1	6.7	砂岩層、飲料水として利用
竜ヶ窪の水	湧水	新潟県津南町	H6.3.11	3	7.2~7.3	標準約450mに形成された湧水池、水道源として利用
風布川・日本水	河川水・湧水	埼玉県寄居町	H5.3.23	2	7.7~8.3	緑泥層の巨岩の亀裂から源泉、水道、生活、農業用水として利用
熊野清水	湧水	千葉県長南町	H5.8.31	1	6.8	砂礫層、殺菌すると飲料可
お鷹の道・真姿の池湧水群	湧水	東京都国分寺市	H5.4.27	4	6.4~7.0	砂礫層、飲料不可
秦野盆地湧水群	湧水	神奈川県秦野市	H5.3.6	1	7.7	砂礫層、弘法の清水を採取、直接は飲料不可
洒水の滝・流沢川	瀑布	神奈川県山北町	H5.3.22	1	7.9	第3紀足柄層、飲料、生活用水として利用
忍野八海	湧水	山梨県忍野村	H5.5.21	8	6.9~7.4	溶岩層、8箇所の湧水行けから採取、一部飲料可
柿田川湧水群	湧水	静岡県清水町	H5.5.23	3	7.1~7.3	砂礫、溶岩層湧水の枯渇や飲料不可の湧水が目立つ
養老の滝・菊水泉	瀑布・湧水	岐阜県養老町	H5.8.20	1	8.7	飲料水、生活用水として利用
古和湧水	湧水	石川県門前町	H4.11.22	1	6.5	能登グリーンタフ地域、飲料水として利用
伏見の御香水	地下水	京都府京都市	H6.2.21	1	7.0	伏見七名水の1つ、飲料水として利用
不老水	地下水	福岡県福岡市	H5.9.8	1	7.0	井戸、飲料水として利用
清水湧水	湧水	福岡県浮羽町	H5.9.6	3	6.9~7.1	標高約600mにある湧水池、飲料、農業用水として利用
島原湧水群	湧水	長崎県島原市	H5.9.7	9	6.3~6.7	60数箇所の湧水池が存在、生活用水として利用
清水の湧水	湧水	鹿児島県川辺	H6.3.29	3	6.5~6.6	しらす層、生活用水、灌漑用水として利用
霧島山麓丸池湧水	湧水	鹿児島県栗野町	H6.3.31	5	7.1~7.2	しらす層、上水道、生活用水、灌漑用水として利用
綾川湧水群	湧水・河川水	宮崎県綾町	H6.3.30	4	6.3~7.5	砂岩・頁岩層、水道水源として利用
出の山湧水	湧水	宮崎県小林市	H6.3.30	3	6.7~6.8	しらす層、水道水源、水産養殖水等として利用

* 異なる湧水口や上流から下流に向かって異なる地点で採取している。

亀裂にしがみ付くように発達しており、地表面に露呈している場合がほとんどである¹⁾。このようなことから、ここでは、薄層の表層土を対象に、特に、自然水へのミネラル分の供給源としての関連で、表土層から溶出するイオン特性について検討している。自然水の水質は、主源である降水が、風化によって生成された土層を浸透あるいは流下する過程で、土層から供給されるミネラル分の吸

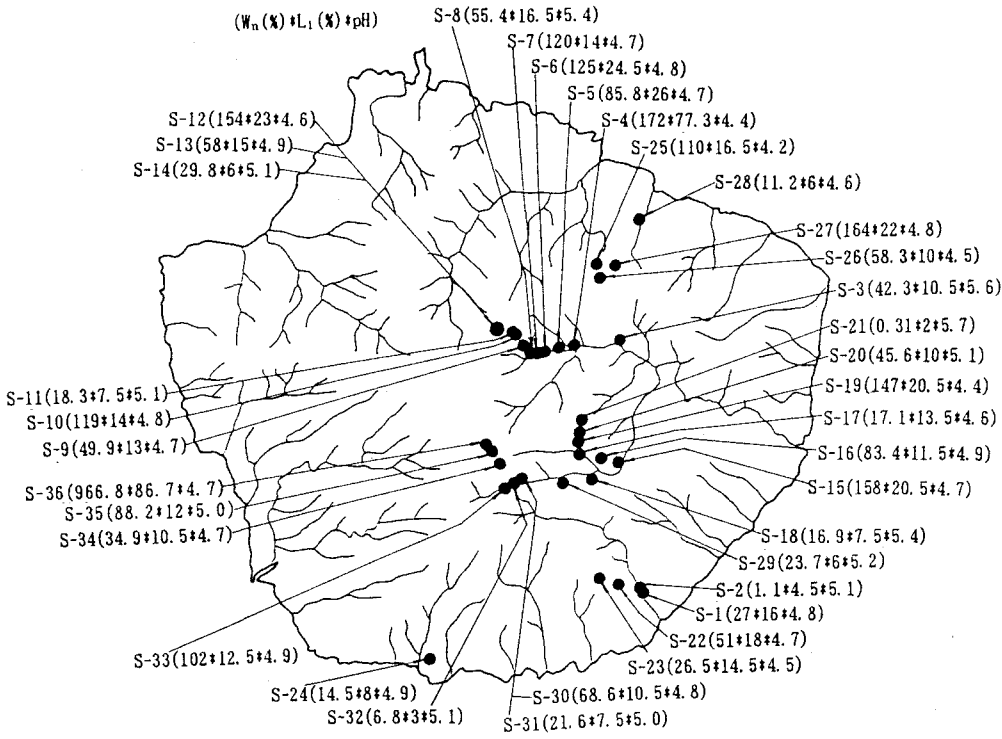


図-13 表層土の自然含水比、強熱減量、pHの分布

収や溶解によって、主に左右される。
 そのため、超軟水を育む自然水の水環境を究明するためにも、土層から溶出し、供給されるミネラル成分の状況を把握することが重要と思われる。

上述したように、山岳部では表層土は薄層で、花こう岩類の岩面が直接露呈している場合が多いが、薄層の表土層では、主に、腐植土、黒ぼく土、風化花こう岩、粘性土化したまき土（花こう岩に起源）、火山性土（6300年前の鬼界カルデラが形成された際の噴火に起源）などが堆積している。地表面下60cm程度、までに堆積していた土質を対象に、その代表的な物理化学的性質を示したのが図-13で、その結果を標高との関係で整理したのが図-14である。各調査地点での土の自然含有比(W_n)は概ね、150%範囲内にある。土に含まれている有機物量や層間水・結晶水量の指標となる強熱減量値(L_1)は、20%範囲内にあるものがほとんどである。 W_n や L_1 が特に高い値を示している土は、腐植土（標高約600m）と泥炭（標高約1600m）

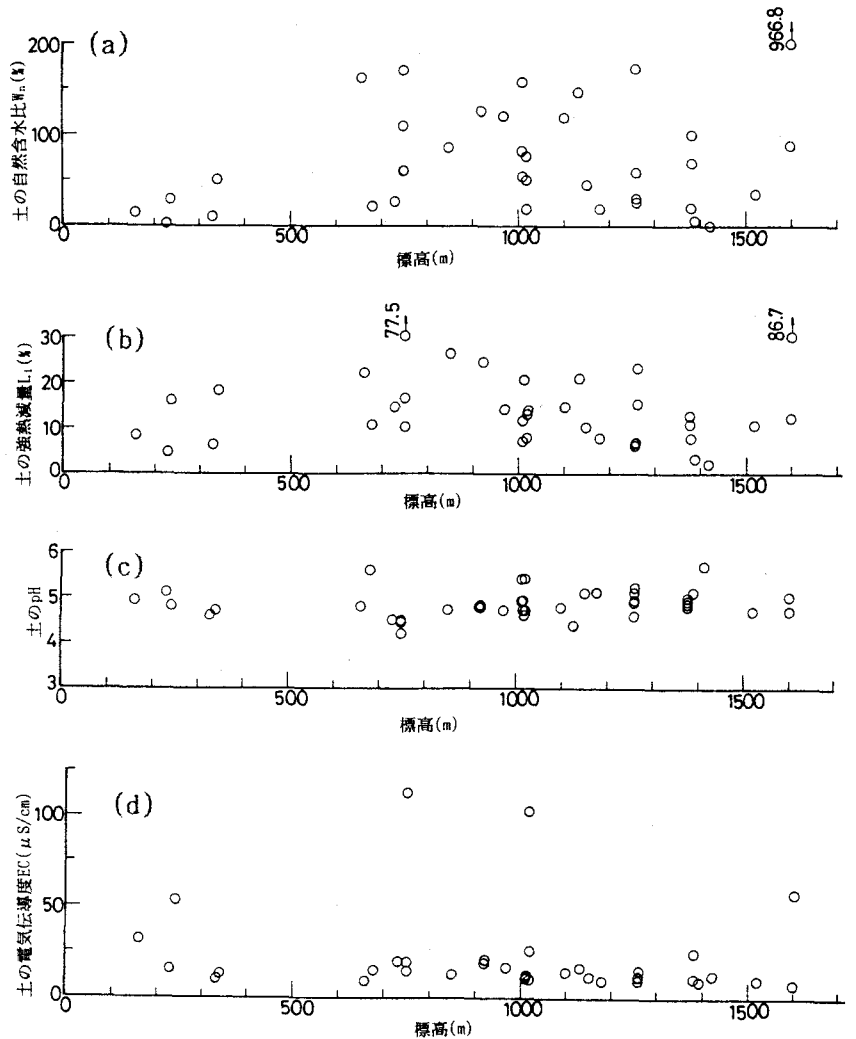


図-14 表層土の W_n , L_1 pHと標高との関係

である。
 また土の水素イオン濃度 (pH)は4～5範囲、土を溶解させた水溶液の電気伝導度 (EC)は25 $\mu S/cm$ 以下のものがほとんどであることから、屋久

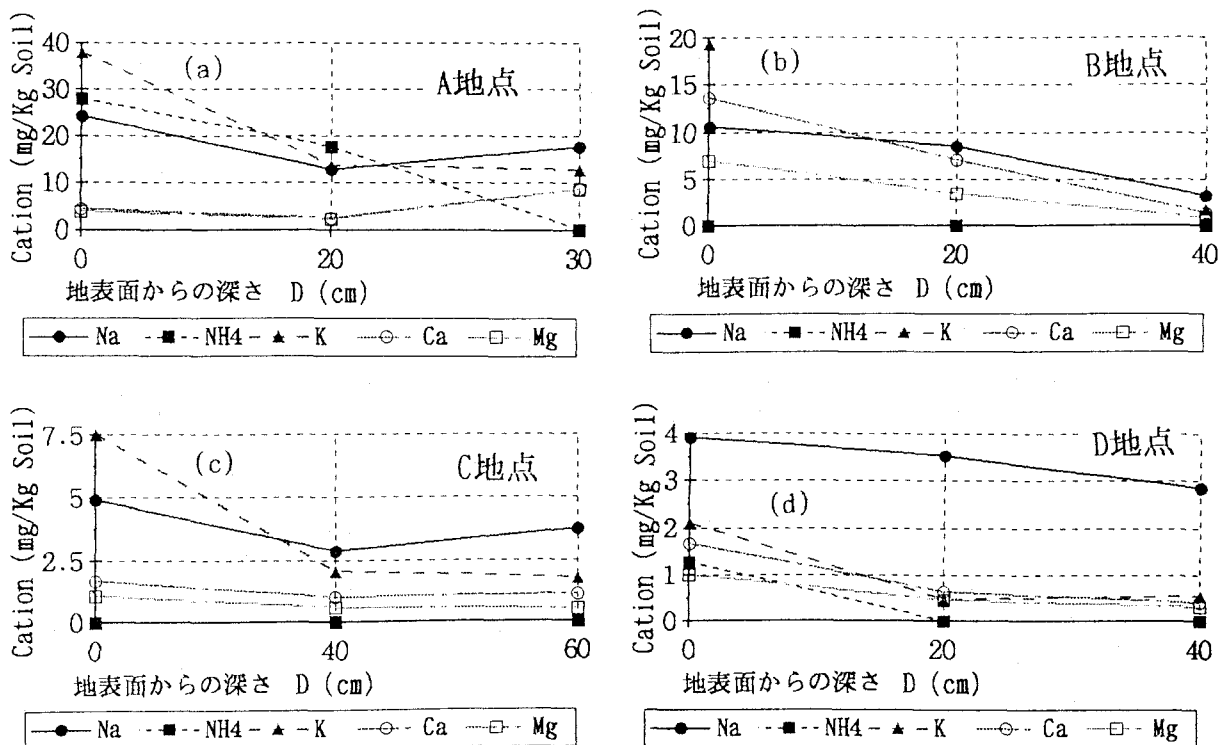
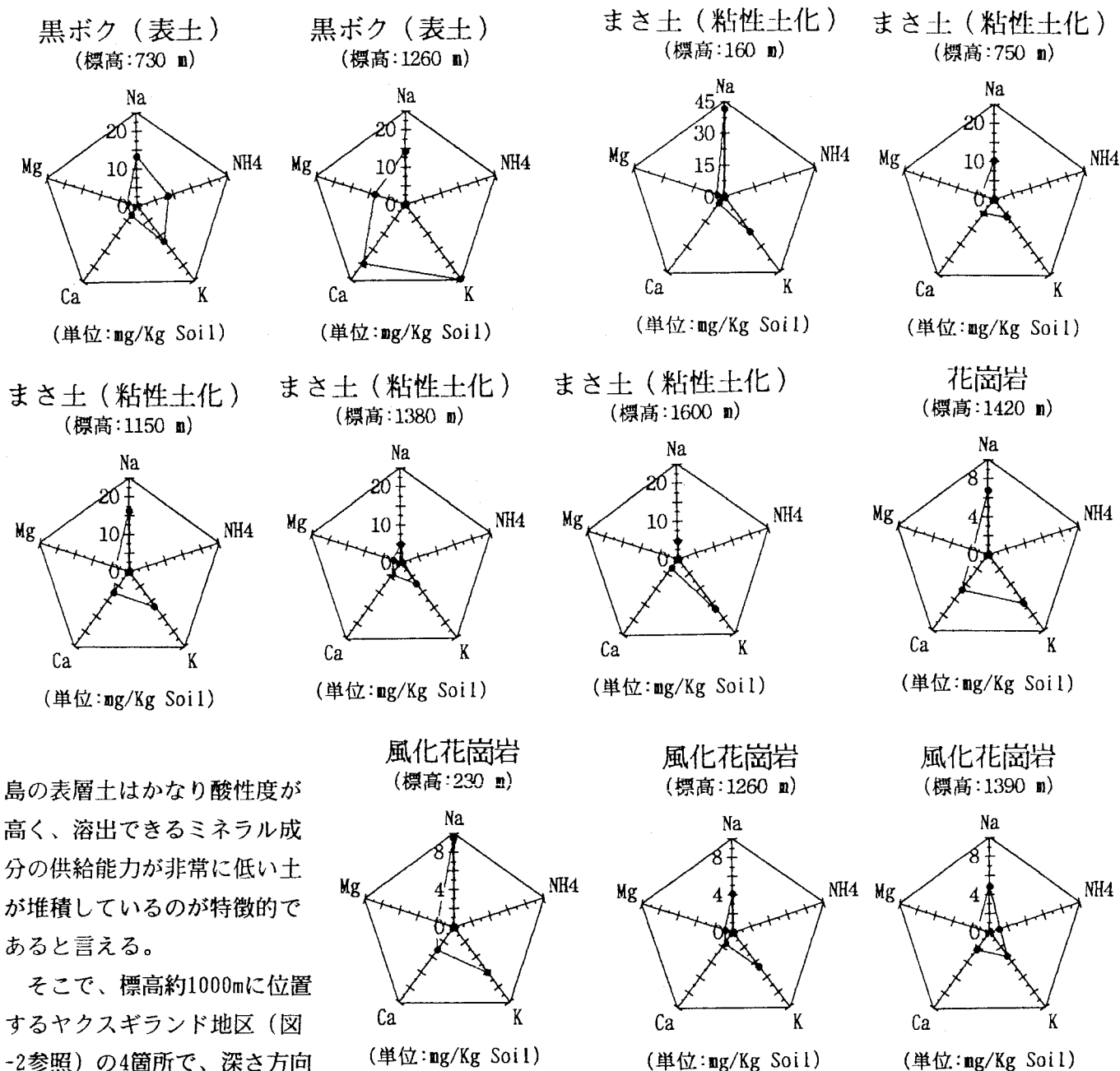


図-15 表土層での深さ方向における土の溶出イオン特性（ヤクスギランド地区）



島の表層土はかなり酸性度が
高く、溶出できるミネラル成
分の供給能力が非常に低い土
が堆積しているのが特徴的で
あると言える。

そこで、標高約1000mに位置
するヤクスギランド地区（図
-2参照）の4箇所で、深さ方向
における土からの溶出イオン
量（ミネラル成分量）を示し

たのが図-15で、また山岳部での種々の標高にお
けるが、代表的な土のミネラル成分の供給能力を示し
たのが図-16である。図-15に示す深さ方向における
土のミネラル供給能力を見ると、いずれの地点にお
いても、土のミネラル供給能力は、地表面に近いほ
ど高いことがわかる。しかし、各地点での土層構成
も異なるため、ミネラル供給能力の深さ方向にお
ける定量的な傾向はかなり異なっている。表層部の土
で、ミネラル供給能力が高いのは、微性動物の遺体
や分解途上の植物性腐植有機物の混在及び風化度合
の高い無機質土粒子鉱物の堆積などに起因している
ものと思われる。また図-16に示す珪酸を主成分と

図-16 表土層での代表的な土・岩石の溶出イオン特性

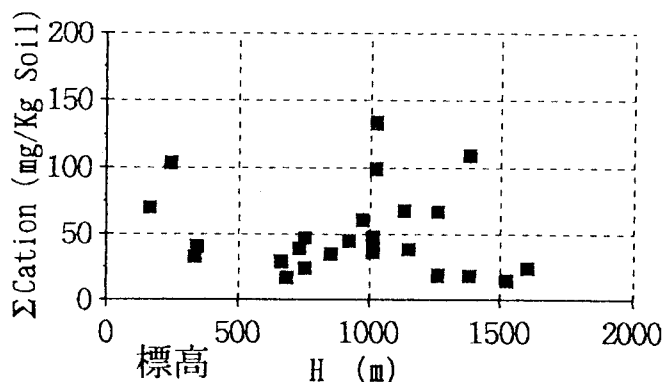


図-7 土、岩石からの溶出ミネラルイオン総量
と標高との関係

する石英鉱物を主体とした、まさ土、風化花こう岩、花こう岩のミネラル供給能力は非常に低いと言える。著者らが日本各地で採取した種々の土粒子鉱物から構成される各種の土や岩石などについてのミネラルイオンの溶出試験結果と比較すると、図-15と16に示す屋久島での土や岩石のミネラル供給能力は非常に低いことがわかった⁴⁾。同じ岩種の花こう岩や風化花こう岩においても、六甲山系や金華山でのものに比較するとミネラル供給能力は1/30～1/40であった⁴⁾。図-17には、屋久島で調査した各地点での土について、陽イオン量の総量を用いて、標高との関係で、ミネラル量を表示している。ばらつきはあるが、屋久島の表層部の土層は、土の単位乾燥kg当り、概ね100mg範囲のミネラル供給能力を持っているものと推測される。この図-17の傾向は、図-14に示した、土の電気伝導度と標高との間の傾向にも類似していると言える。このようなことから、前節で記述したように、超軟水の自然水を育む屋久島の水環境は、ミネラル供給能力に貧しい土環境にも大いに起因していることが推察される。

5. 生命の神秘・長寿の秘訣

植物が成長するには、三大栄養素の他に、土から溶出する Ca^{2+} や Mg^{2+} などのミネラルを吸収する必要がある。このミネラルは、主に岩石が土に変質する際の風化過程で生成され、土中水に溶存したり、土粒子表面に吸着・付着している。植物は土中水を通して、根から体内にミネラルを吸収することになる。そのためミネラル分の多い土中水ほど、植物にとっては栄養分の高い水と言える。ミネラル分の高い水を吸い上げるには、基岩の上に、ミネラル供給源となる土の層が適度に堆積し、植物はそこに広く深く根網を張る必要がある。

前節で記述したように、屋久杉の巨樹林が繁茂する近傍での自然水は超軟水で、ミネラル分が驚くほど低い。即ち巨樹林の吸う水には、 Ca^{2+} や Mg^{2+} のミネラル分がいかにわずかし溶存していないかが伺える。樹齢7200年の縄文杉を始めとする屋久杉は、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。

それでは、何故、このような水環境が生まれるのであろうか。どんぶり鉢を伏せた様に、海岸部から一気に迫上がる急峻な地形と網目の様に発達した流況、巨樹林が群生する山岳での10000mm以上にも達すると言われるほどの年降水量、しかも全ての物質を押し流すかのように激しく降り続けて来た「乳色の太い雨」⁵⁾。そのためであろう。ミネラルの貯蔵庫と供給源となる土の層は堆積形成しずらく薄層で、基岩の花こう岩が露呈するほどほとんど流出してしまう。そのため、屋久杉は土の層深く根網を張りずらく、根網は露頭した花こう岩の亀裂や岩面をのた打ち回る様に、這いずり回っている¹⁾。また屋久杉の礎石とも言える花こう岩は、石英鉱物の含有量が多く、鉱物学的にもミネラルの供給に乏しい。この様な気象・地形・土環境があいまって、ミネラル養分の極めて少ない超軟水の水環境が形成されたものと推察される。

この様に屋久島独特の自然環境が、太古からの途方も無い長い時空間の中で、粗食に耐え、腹八分目の生活環境に耐え、逆にそれを活力とする生命の神秘を育む一端を形作ったのであろう。本州のブナ、モミ、杉、松等の針広葉樹林の巨木は、せいぜい樹齢300～500年で老木と言われ、樹齢1000年を超える巨木に遭遇したという話はほとんど耳にしない^{6), 7)}。屋久島では樹齢1000年以下は小杉と言われ、屋久杉の仲間に入れてもらえない。多くの要因はあるだろうが、その要因の一端には、本州の木々はミネラルの貯蔵庫と供給源となる土の層に深くしっかりと根を張り、屋久島の木々が10～100年掛けて少しずつ、僅かずつ吸い上げるミネラル分をほんの1年程度で吸水するかのように、ミネラル濃度の高い水を存分に吸って成長するところにあるとも考えられる。

6. おわりに

現在、屋久島でも通年に亘って酸性の雨が降り続けているということが報告されており、著者らの観測結果でも酸性雨(pH<5.6)が確認されている¹⁾。標高1000～1300m以上の高地では、深緑の屋久杉が繁茂する一方、

「白骨樹林」と呼ばれる立枯れた杉の巨木が林立している。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」への前段とも考えられる。豪雨、強風、冷害被害など独特の厳しい自然環境が白骨樹を作り上げたと言われているが良くわかっていないようである。著者らの調査結果でも明らかなように、河川水、沢水、湧水などの自然水は、pHが5～6付近にあり、本来の酸性度が比較的高く、容易に酸性化される可能性がある。既に微酸性の河川や多雨の時に酸性側に变化する河川など、河川の酸性化が徐々に進行していることも指摘されている³⁾。また降水が自然水となる過程で酸性を中和する能力を持っている土層は、非常に薄層で、しかもその表層土はpHが4～5と酸性度がかかなり高いのが特徴である。鉱物学的にも、屋久島の土層は自然水へのミネラル供給能力が貧しく、降水の酸性化に対する土の緩衝作用が低いと考えられる。このようなことから、屋久島の自然環境は大気汚染などの人為的効果によって敏感に影響を受ける可能性が懸念される。世界的に貴重な屋久島に育まれてきた太古からの原自然は、屋久島のみならず地球規模的に悪化する自然環境の保護・保全という面において、地球的な環境バロメータとしても重要な役割を果たすものと考えられる。

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」－自然環境調査研究へのアクセス－、第3回地球環境シンポジウム発表講演集、投稿中。
- 2) 吉田茂二郎(1993) : 屋久杉巨樹・著名木、屋久町屋久杉自然館編。
- 3) 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号, pp. 6～9.
- 4) 小林弘樹(1995. 3) : 自然環境問題に関する環境地盤工学的立場からの調査及び基礎的研究、防衛大学校理工学研究科修士論文。
- 5) 林芙美子(1953) : 浮雲、新潮文庫、新潮社。
- 6) 山口晴幸・西尾伸也(1995. 4) : 樹齢7200年縄文杉に見た生命の神秘－長寿の秘訣は腹八分目か－、土木学会誌、「話の広場」投稿中。
- 7) 山口晴幸・西尾伸也・黒島一郎・小林弘樹(1995) : 世界自然遺産「屋久島」からの自然環境レポート、土質工学会誌、「土と基礎」投稿中。