

# 世界遺産白神山地におけるブナの実生根の元素組成

齊藤勝美 世良耕一郎<sup>\*1</sup>

秋田県環境センター

010-8572 秋田県秋田市山王三丁目1-1

<sup>\*1</sup> 岩手医科大学サイクロトロンセンター

020-0173 岩手県岩手郡滝沢村字留が森348-58

## 1 はじめに

秋田県北西部から青森県西南部にかけて連なる標高 1000 ~ 1200 m の山々からなる白神山地は、屋久島とともに 1993 年 12 月に世界遺産条約に基づく世界遺産に登録されたことにより、日本国内はもとより世界的にも知られるようになった。白神山地の世界遺産登録は、山腹から山頂付近まで日本海型の典型的なブナ林を主体とする原生的な天然林が大面積に分布し、この原生的なブナ天然林の分布規模が世界最大級で、しかも純林状態で維持され、極めて貴重な森林生態系を有していることによるものである。これによりブナ天然林が分布している 17,000 ha は、世界遺産登録の森林生態系保護地域として半永久的に保護され、人手が加わることのない原生的な自然環境を保つこととなった。

白神山地の自然は日本が世界に誇れる遺産で、これをこのままの状態を保全し、後世に残すためには森林生態系に影響を及ぼす一つの因子である大気環境の状態を注意深く見守ることが必要であると考えられる。森林生態系に影響を及ぼす大気環境要素としては、代表的なものの一つとして酸性および酸性化の汚染物質が植物の元素吸収・代謝機構に影響を与え、その影響は植物の含有元素濃度にも反映されることが知られてはいる<sup>1-6)</sup>が、白神山地においてはこの種の調査はなされたことはない。そこで、長期的な時間タームでの森林生態系に及ぼす大気環境を検討するためのベースデータ取得の一環として、ブナの葉と実生根を対象に、これらの元素組成を把握する調査を開始した。ブナの葉に関しては、葉の成長に伴う葉中元素組成の変化とともに、葉中と土壌との元素組成の関係をすでに報告<sup>7)</sup>しており、ここでは実生根の先端、中間および根元の元素組成を荷電粒子励起 X 線分析法 (PIXE 法) により多元素分析した結果と根の先端、中間および根元による元素組成の違いについて検討した結果を述べる。なお、本研究は、農林水産省と環境省の共同研究として、平成 10 年度から 5 ケ年の計画で着手された「白神山地世界遺産地域の森林生態系保全のためのモニタリング手法の確立と外縁部の森林利用との調和を図るための森林管理法に関する研究」の一環として実施されたものである。

## 2 材料および方法

ブナの実生は、白神山地の世界遺産登録地域内である櫛石山南斜面中腹部モニタリングサイトおよび二ツ森と遺産登録地域近傍の津軽峠で、2001 年 10 月に各地点から 30 本採取した。Fig.1 にブナの実生の採取地点を示した。また、ブナの実生を Fig.2 に示した。採取したブナの実生はスチロールケースに

入れ、これを保冷剤入りのクーラーボックスに入れて持ち帰った。ブナの実生は水洗いにより付着土壌を除去した後、蒸留水により洗浄して根の部分のみを、分析の前処理を行う直前まで-30℃以下で冷凍保存した。

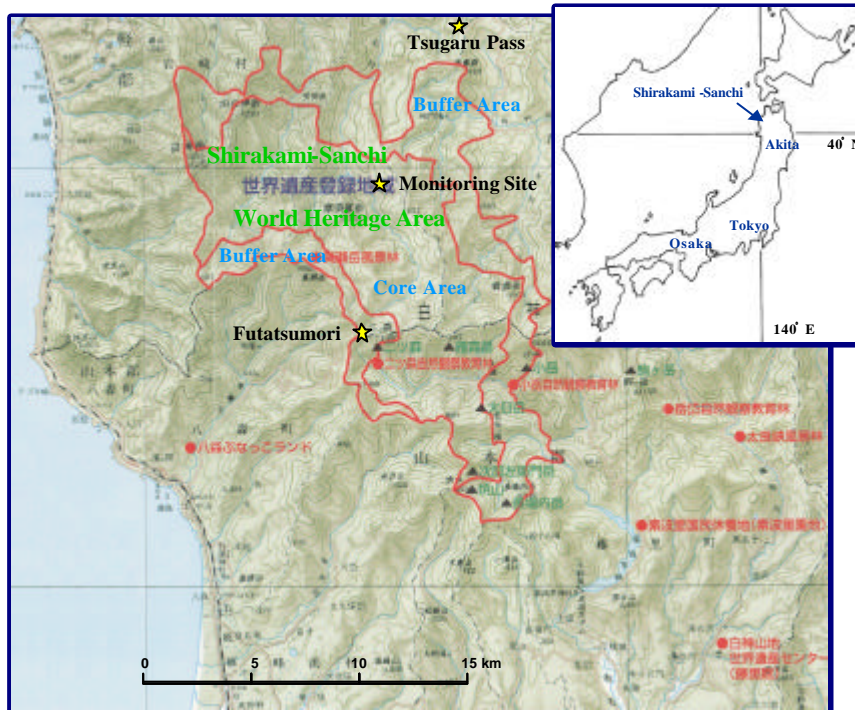


Fig. 1. Map of Shirakami-Sanchi, with the locations of the three sampling sites.

冷凍保存のブナの実生根は、まずセラミック製のハサミを用いて根の先端（根の先端から2cm）、根元（根元から2cm）および根の中間に切断し、これらをポリエチレン製袋内に入れて1日間凍結乾燥した。凍結乾燥後の根は、さらに長さ0.5 cm以下に切断した。次に、これらの約50 mgを Futatsugawa et al.<sup>8)</sup>のマイクロオーブンをを用いての硝酸加熱灰化法に準じて分解した。すなわち、テフロン製容器に試料約50 mgを精秤して入れ、これに濃硝酸（有害金属測定用、和光純薬工業製）1 mLと内部標準元素としてIn標準溶液（1000 mg/L原子吸光分析用標準液、和光純薬工業製）を試料重量に対して1000 µg/gになるように添加して、テフロン製容器の蓋をしたのちポリプロピレン製外装容器に封入し、マイクロオーブン（200W）にて2分加熱、10分間放置、2分再加熱した。PIXE分析の照射用試料は、クリンベンチ内であらかじめMylar film（500 µmポリエステル製）に貼り付けた4 µmのポリプロピレン製フィルム上に、硝酸分解した試料をマイクロピペットにより5 µL滴下して自然乾燥させたものとした。

実生根中のPIXEによる元素分析は、日本アイソトープ協会仁科記念サイクロトロンセンター（NMCC）で行った。スモールサイズ

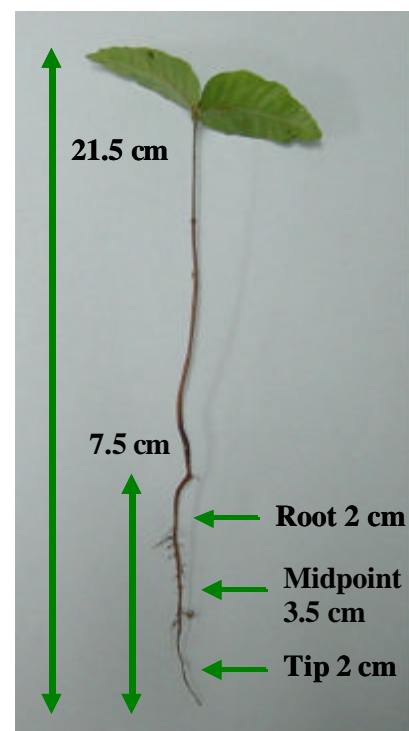


Fig. 2. Siebold's beech seedling.

のサイクロトロンからの2.9 MeVのプロトンビーム(6 mmφ)を真空チャンバー内で照射試料に照射し、これにより発生した特性X線を低エネルギー用と高エネルギー用の2台のシリコンリチウム半導体検出器で同時に測定してスペクトルを得た。これらのスペクトルを取得した際のビーム電流値は20-40 nA、電荷量は14-35 μC、また照射は概ね20分程度であった。スペクトルから検出元素のピーク面積を解析するには、Sera et al.<sup>9)</sup>が開発した解析プログラムSAPIXを用いた。ピーク面積から定量値を求めるには、In(1000 μg/g)を内部標準とする方法<sup>8)</sup>で行った。

### 3 結果と考察

3 地点で採取したブナの実生根中元素の分析結果をTable 1に示した。NMCCのPIXE分析ではNa~Uまでの82元素を検出することは可能であるが、根中から検出され定量された元素は25元素で、3地点全てから定量された元素はAsを除く24元素であった。主要元素はいずれの地点ともNa, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Mn, Feの12元素であったが、地点別に定量された元素をみると、世界遺産登録地域内の核心地域である櫛石山南斜面中腹部モニタリングサイトと他の地点では主要元素とZn, Pbに違いがみられた。根の先端、中間、根元の元素濃度を比較すると、いずれの地点でも顕著に違いのみられた元素は、Al, Si, Ti, Fe, ZnおよびPbで、Zn以外は根の先端が高く、Znは先端若しくは中間が高かった。

ブナの実生根中元素の分析結果を葉中元素濃度(Table 2)<sup>7)</sup>と比較すると、Al, Si, Ti, Mn, Fe, ZnおよびPbは葉より根、特に根の先端が高かった。KとCaは根より葉の方が高かった。

### 参考文献

- 1) S.B. McLaughlin “Effects of air pollution on forests: A critical review” J. Air Pollut. Control Assoc., Vol. 35 (1985) 512-534.
- 2) 野内 勇 “酸性雨の農作物および森林木への影響” 大気環境学会誌 Vol. 25 (1990) 295-312.
- 3) 高田実弥, 高松武次郎, 佐竹研一, 佐瀬裕之編著 “陸上植物の元素濃度—中性子放射化分析データ集( )—” 環境庁国立環境研究所資料 F-58- '93/NIES, 環境庁国立環境研究所 (1994).
- 4) 河野吉久, 梨本 真, 小林卓也 “都市周辺域におけるスギ衰退樹の葉中元素含有量” 大気環境学会誌 Vol. 30 (1995) 208-214.
- 5) P.J. Ryan, S.P. Gassel and R.J. Zasoski “Acid tolerance of Pacific Northwest conifers in solution culture I. Effect of high aluminium concentration and solution acidity” Plant and Soil, Vol. 96 (1986a) 239-257.
- 6) P.J. Ryan, S.P. Gassel and R.J. Zasoski “Acid tolerance of Pacific Northwest conifers in solution culture II. Effect of varying aluminium concentration at constant pH” Plant and Soil, Vol. 96 (1986b) 259-272
- 7) 斉藤勝美, 世良耕一郎, 三浦金徳, 山田直文, 鈴木政吉, 斉藤宗勝, 松井 淳, 神林友広 “白神山地世界遺産登録地域内におけるブナの開葉から落葉までの葉内元素組成の変化” NMCC 共同利用研究成果報文集7, Vol. 7 (1999) 196-203.
- 8) S. Futatsugawa, S. Hatakeyama, S. Saitou and K. Sera “Present Status of NMCC and Sample Preparation Method for Bio-samples” International Journal of PIXE, Vol. 3 (1993) 319-328.
- 9) K. Sera, T. Yanagisawa, H. Tsunoda, S. Hutatukawa, Y. Saitoh, S. Suzuki and H. Orihara “Bio-PIXE at Takizawa Facility (Bio-PIXE with a Baby Cyclotron)” International Journal of PIXE, Vol. 2 (1992) 325-330.

Table 1. Elements concentration ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) in the beech seedling roots. Sampling was in October 2001.

Element	Monitoring site* <sup>1</sup>			Futatsumori			Tsugaru pass		
	Tip	Midpoint	Root	Tip	Midpoint	Root	Tip	Midpoint	Root
Na	370	120	100	160	110	40	70	70	50
Mg	1740	990	780	840	800	470	450	590	550
Al	1100	220	130	570	230	ND	1050	470	300
Si	5640	940	310	3380	770	80	1190	470	440
P	3650	3790	1720	1750	1810	470	250	310	420
S	1730	1580	690	1160	1080	400	420	510	470
Cl	600	100	89	430	290	110	56	75	31
K	8580	7160	3900	5760	5750	5820	4200	5750	6160
Ca	1830	1510	1180	1350	1400	1720	990	960	1190
Ti	75	23	5	26	10	2	23	10	11
V	1.9	2.3	2.5	ND	0.9	ND	1.0	ND	0.8
Mn	380	610	230	48	67	35	340	560	140
Fe	620	190	94	410	140	44	280	130	120
Co	5.4	2.4	1.0	4.5	1.9	1.4	5.4	2.3	2.3
Ni	7.8	4.8	4.1	4.4	4.0	1.5	8.5	6.0	4.3
Cu	17.0	13.2	8.6	13.4	12.0	4.4	8.5	4.6	6.0
Zn	76.6	42.0	35.6	45.4	47.6	13.7	31.4	16.6	17.2
Ga	ND* <sup>2</sup>	1.1	ND	ND	ND	0.2	0.4	2.2	0.4
As	ND	0.4	ND	ND	ND	ND	1.1	ND	ND
Br	3.8	1.6	1.6	3.8	2.5	1.3	3.2	0.6	0.6
Rb	16.0	9.2	9.5	27.6	22.7	38.6	10.2	16.1	10.1
Sr	18.2	10.7	10.3	15.3	14.6	17.2	7.6	9.6	5.9
Ba	53.4	82.6	143	39.8	63.6	60.8	4.1	38.7	1.7
Hg	4.6	1.0	ND	3.0	ND	0.5	2.7	2.5	ND
Pb	14.9	9.2	5.1	19.8	9.2	1.5	4.1	1.6	2.8

\*<sup>1</sup> Monitoring site is at the south side of Mt. Kushiishiyama.

\*<sup>2</sup> Not detected.

Table 2. Elements concentration ( $\mu\text{g/g}$  dry weight) in the beech leaves <sup>7)</sup>. Sampling was during the period from May to October, 1999.

Elements	Monitoring site* <sup>1</sup>		Futatsumori		Tsugaru pass	
	Mean* <sup>2</sup>	Range	Mean	Range	Mean	Range
Na	210	90 - 330	160	90 - 290	190	70 - 420
Mg	1320	1160 - 1500	1260	980 - 1630	1320	920 - 1850
Al	40	ND* <sup>3</sup> - 70	50	ND - 130	20	ND - 80
Si	1250	750 - 2170	1130	100 - 2110	3680	330 - 8380
P	1140	850 - 1560	2370	1210 - 6330	1090	520 - 3290
S	1550	1310 - 1730	1860	1470 - 2850	1490	1010 - 2300
Cl	260	130 - 440	160	70 - 220	110	ND - 290
K	10800	9530 - 12400	11300	7490 - 23100	9450	7010 - 17400
Ca	7220	5620 - 8280	6000	3210 - 8350	5790	3620 - 7190
Ti	7	5 - 9	5	ND - 10	5	ND - 16
V	1.1	ND - 3.2	0.7	ND - 3.4		ND
Cr		ND	1.1	ND - 2.8	0.4	ND - 2.0
Mn	1400	1200 - 1660	500	310 - 620	1000	620 - 1250
Fe	94	76 - 107	87	74 - 96	87	60 - 109
Co	0.9	ND - 1.9	0.7	ND - 1.2	0.8	ND - 1.6
Ni	3.9	3.0 - 4.9	1.8	1.3 - 2.6	1.4	0.5 - 2.9
Cu	7.2	6.0 - 7.8	11.8	6.1 - 25.5	8.2	5.1 - 18.9
Zn	23.5	19.9 - 26.4	31.2	17.1 - 60.0	18.6	12.8 - 40.2
Ga	0.1	ND - 0.4	0.2	ND - 0.6	0.9	ND - 1.9
Se		ND	0.1	ND - 0.4	0.1	ND - 0.5
Rb	20.1	16.2 - 25.3	23.9	14.8 - 55.2	24.3	12.1 - 67.8
Sr	27.8	20.5 - 33.5	27.1	13.4 - 40.3	22.2	14.0 - 30.2
Zr	2.1	ND - 6.0	1.8	ND - 3.4	2.3	ND - 6.0
Nb	0.2	ND - 1.0		ND	0.1	ND - 0.5
Mo	0.2	ND - 1.2		ND	0.1	ND - 0.9
Ru		ND	0.6	ND - 2.9	0.4	ND - 2.9
Ag	1.3	ND - 6.5	2.1	ND - 6.8	0.4	ND - 2.7
Cd	1.0	ND - 5.1		ND	1.4	ND - 4.9
Ba	79.8	ND - 140	9.8	ND - 48.8	10.7	ND - 62.7
Hg		ND	0.2	ND - 1.2	1.0	ND - 3.2
Pb	1.3	ND - 2.4	1.8	ND - 3.9	1.4	ND - 3.3

\*<sup>1</sup> Monitoring site is at the south side of Mt. Kushiishiyama.

\*<sup>2</sup> Not detected cases were assumed to be zero for calculation of mean.

\*<sup>3</sup> Not detected.