

屋久島産茶葉中の微量元素の変動

安藤達彦¹⁾, 疋野真美¹⁾, 野地美樹¹⁾,
内田治²⁾, 吉田宗弘³⁾

(¹⁾東京農業大学短期大学部醸造学科*, (²⁾東京情報大学**,

(³⁾関西大学化学生命工学部生命・生物工学科***)

Trace Element Variations in Tea Leaves from Yaku-Shima

Tatsuhiko ANDO¹⁾, Mami HIKINO¹⁾, Miki NOJI¹⁾, Osamu UCHIDA²⁾ and Munehiro YOSHIDA³⁾

¹⁾*Department of Brewing and Fermentation, Junior College of Tokyo University of Agriculture*

²⁾*Department of Environmental Information, Faculty of Informatics, Tokyo University of Information Sciences*

³⁾*Department of Life Science and Biotechnology, Faculty of Chemistry,*

Materials and Bioengineering, Kansai University

Summary

To analyze soil and plant diversification in Yaku-shima, we measured magnesium (Mg), aluminium (Al), calcium (Ca), manganese (Mn), sodium (Na), iron (Fe), nickel (Ni), and zinc (Zn) contents in tea leaves collected from nine different tea plants by ICP-Atomic Emission Spectrometry (ICPS1000 IV). Water, nitrogen, positive ion and phosphoric acid contents and electric conductivity, pH and cation exchange capacity of soils picked up from corresponding tea plants were also evaluated. Multiple classification analysis of tea leaves and soils showed significant difference in seasonality of tea leaves, even though there was no difference in nine soils.

屋久島は九州の南南西約60 kmにある広さ約503,000 m²のほぼ円形に近い島である。亜熱帯から亜高山帯に近い気候が狭い地域に存在し、九州の最高峰の宮之浦岳(1935 m)をはじめとする高峰がそびえる山岳島である。全島が火山灰に覆われているが、火山灰を母材にした土壌であっても、標高が異なることにより様々な土壌が分布していることが報告されている¹⁾。年間降雨量が多く、降水量は島の東側に多いが、南部・北部では少ない特徴がある。島の9割が山岳地で耕地はせまく、海岸沿いに点在している。温暖な気候を活かした茶栽培が島の北部から南東部にかけて行われている²⁾。

本研究では、狭い地域内に多様な気候、土壌がある屋久島において、島内9地点の茶園から茶葉を採取し、高周波発光プラズマ分析装置(ICPS1000 IV)を用いて、茶葉中のMg, Al, Ca, Mn, Na, Fe, Ni, Znについて定量した。また土壌中の水分、電気伝導率、pH、無機態窒素、陽イオン交換容量および交換性陽イオン、可給態リン酸、水溶性リン酸についても分析を行った。そして分析結果をもとに、屋久島における茶葉中の微量元素の濃度と含有率および土壌成分について多変量解析を行った。その結果、9地点の地域性および土壌の成分の差違はみとめられなかったが、茶葉の季節間について顕著な違いがみられた。

*所在地：東京都世田谷区桜丘1-1-1 (〒156-8502)

**所在地：千葉県千葉市若葉区谷当町1200-2 (〒265-8501)

***所在地：大阪府吹田市山手町3-3-35 (〒564-8680)

実験方法

1. 茶葉中の微量元素の定量

屋久島の島内9地点の茶園 (Fig. 1) から採取した生茶葉 (やぶきた種) を自然乾燥させたもの (n = 7) を試料とした。茶葉採取は、冬季の親葉 (2006年2月末~3月), 夏季の親葉 (2006年9月), 夏季の新芽 (2006年9月) について行った。なお, 夏季の親葉は前年夏季の新芽採取後, 越冬した部位を採取した⁴⁾。乾燥茶葉を破碎し, 0.5 g を硝酸 (関東化学・東京) にて高压分解後, 定容し, ICPS1000 IV (島津製作所・京都) を用いて含有される Mg, Al, Ca, Mn, Na, Fe, Ni, Zn を定量した。データは, Stat Works (日本科学技術研修所・東京) を用いて解析した。

2. 土壌分析

夏季の茶葉摘取時に各地点にて土壌サンプルを採取した。採取した土壌サンプルについて, 水分, 電気伝導率 (EC: Electric Conductivity), pH (H₂O), 無機性窒素 (アンモニアおよび硝酸性窒素), 陽イオン交換容量および交換性陽イオン, 可給態リン酸, 水溶性リン酸について分析した。

土壌は乾燥させ, ふるいにかけて石などを取り除き, 乳鉢で細かくしたものを使用した。

3. 多変量解析

主成分分析は, 多くの変量の値をできるだけ情報を損失させずに1個または少数個の総合的指標 (主成分) で代表させる方法である。相関関係の強い変量同士を, また, 総合的指標の数値が似たサンプル同士を近くに配置するマッピングの手法を用い散布図で表現した。なお, 主成分分析では微量元素の含有量間の相関関係にもとづいて解析を行った。

コレスポンデンス分析は, 行側の構成比および列側の構成比が類似した項目どうしを近くに配置するマッピングの手法を用い散布図で表現し, プロットされた点と点の相対的な距離によって関係の強さを示した。互いに近くにある点同士ほど, その関係が相対的に強いことを意味する。なお, コレスポンデンス分析では微量元素の含有率 (構成比) で解析を行った。

2つ以上のグループ (本研究では冬季の親葉, 夏季の親葉, 新芽の3つのグループ) に関するデータがあるときに, グループ間にどのような違いがあるのかをデータにもとづいて明らかにする方法として判別分析の手法がある。今回測定したデータをもとに判別分析を行ない, コレスポンデンス分析で得られた結果と比較検討を行った。

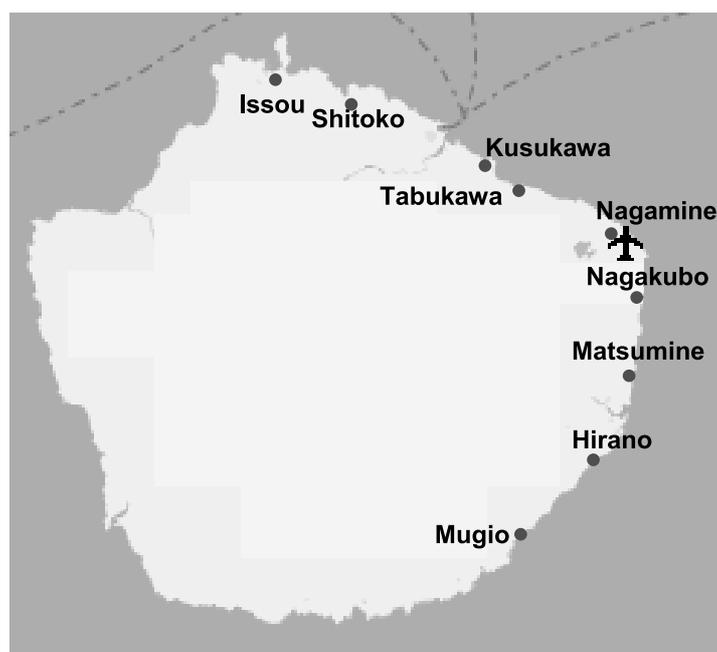


Fig. 1 Yakushima.

結果と考察

冬季の親葉，夏季の親葉，夏季の新芽に含まれる微量元素の平均値と標準偏差を示した (Table 1)。これらのデータをもとに，主成分分析 (Fig. 2) およびコレスポンデンス分析による解析を行った (Fig. 3)。いずれの方法でも冬季の親葉，夏季の親葉，夏季の新芽の違いが認められた。とくにコレスポンデンス分析において季節内の違いが顕著にみられた。しかし，9地点の茶園による違いはこれらの解析において顕著な差違が認められなかった。

Table 1 Trace element contents in tea leaves extracted from nine different tea plants

Sample			Na	Fe	Ni	Zn	Mg	Al	Ca	Mn	
Mugio	Summer	third crops	AV	7.31	2.58	0.27	1.12	104.1	27.9	263.7	59.6
			SD	0.70	0.41	0.03	0.11	4.04	1.65	10.9	0.57
		parent	AV	6.09	4.37	0.19	0.70	106.3	347.0	564.7	223.9
	Winter	parent	AV	5.23	5.41	0.19	1.08	146.2	292.3	485.6	123.4
			SD	0.63	0.32	0.02	0.17	6.09	13.4	13.4	6.82
			AV	7.61	2.60	0.20	1.28	181.0	30.6	330.5	38.3
Hirano	Summer	third crops	SD	0.43	0.28	0.02	0.10	4.38	2.65	4.01	1.71
			AV	5.74	6.95	0.51	1.86	224.5	210.4	650.2	145.2
		parent	SD	0.31	4.16	0.66	3.34	14.6	15.0	57.9	9.21
	Winter	parent	AV	5.63	6.63	0.01	1.18	111.0	301.5	499.3	88.3
			SD	0.64	0.71	0.00	0.71	10.3	33.9	35.0	8.95
			AV	8.76	2.46	0.39	1.78	211.4	24.5	296.5	26.8
Matsumine	Summer	third crops	SD	0.19	0.10	0.02	0.07	4.63	0.88	6.95	0.55
			AV	6.89	3.32	0.42	0.72	322.8	201.0	686.2	91.5
		parent	SD	0.50	0.41	0.17	0.08	13.8	12.2	30.0	6.47
	Winter	parent	AV	9.08	5.31	0.28	1.03	206.5	290.8	587.8	60.5
			SD	1.00	0.51	0.02	0.13	3.36	7.23	12.6	1.58
			AV	9.40	1.86	0.40	0.89	189.0	59.3	370.2	104.0
Nagakubo	Summer	third crops	SD	0.40	0.11	0.03	0.06	3.53	4.35	12.6	3.21
			AV	5.66	3.93	0.21	0.53	218.4	469.1	748.7	203.5
		parent	SD	0.29	0.22	0.01	0.04	7.48	14.9	40.5	6.91
	Winter	parent	AV	7.71	5.65	0.11	0.00	124.0	234.6	498.8	108.8
			SD	0.67	0.38	0.02	0.00	1.35	5.39	8.43	1.77
			AV	11.8	3.02	0.26	1.53	229.1	31.1	271.4	48.6
Nagamine	Summer	third crops	SD	0.73	0.66	0.15	0.17	9.33	1.63	7.24	2.08
			AV	5.00	3.65	0.10	0.53	234.0	312.5	743.4	131.6
		parent	SD	0.37	0.37	0.01	0.06	7.90	13.4	38.1	5.88
	Winter	parent	AV	8.96	5.98	0.07	0.00	121.4	352.6	527.8	113.6
			SD	0.76	0.40	0.01	0.00	2.11	8.92	4.83	2.17
			AV	14.1	2.43	0.20	1.08	199.5	33.6	355.3	74.3
Tabukawa	Summer	third crops	SD	0.74	0.15	0.01	0.03	3.48	1.48	6.90	1.88
			AV	5.38	3.91	0.17	0.46	226.6	272.3	698.0	143.7
		parent	SD	0.43	0.16	0.02	0.06	14.4	8.31	51.0	5.29
	Winter	parent	AV	6.18	4.32	0.06	0.45	139.0	275.1	542.7	126.3
			SD	2.25	1.05	0.01	0.11	9.35	21.2	44.6	7.43
			AV	8.92	2.85	0.24	1.30	160.9	28.6	270.4	34.9
Kusukawa	Summer	third crops	SD	0.42	0.15	0.01	0.15	4.59	0.97	14.8	1.60
			AV	5.48	5.67	0.21	0.55	218.4	254.7	623.8	93.4
		parent	SD	0.37	0.76	0.02	0.07	5.47	13.8	35.1	3.37
	Winter	parent	AV	6.58	3.62	0.03	0.52	133.4	288.4	484.3	123.7
			SD	0.82	0.13	0.00	0.03	2.26	10.6	7.55	3.30
			AV	14.3	2.77	0.24	1.54	214.7	66.6	401.8	82.7
Shitoko	Summer	third crops	SD	0.40	0.08	0.02	0.08	7.63	2.01	33.3	3.05
			AV	5.47	4.13	0.08	0.49	197.5	313.2	648.6	131.7
		parent	SD	0.26	0.25	0.02	0.12	4.66	15.5	33.2	6.51
	Winter	parent	AV	9.57	4.76	0.01	0.91	145.0	193.8	426.2	49.7
			SD	3.58	1.13	0.01	0.26	9.13	12.1	33.2	2.96
			AV	15.4	3.73	0.27	2.23	192.2	25.3	405.1	49.9
Issou	Summer	third crops	SD	0.52	0.07	0.02	0.16	44.7	1.63	31.0	11.2
			AV	10.4	2.83	0.04	0.82	144.6	160.5	508.0	74.6
		parent	SD	0.60	0.18	0.01	0.08	4.83	9.60	26.7	3.40
	Winter	parent	AV	5.67	3.54	0.07	0.36	155.1	296.7	522.2	73.9
			SD	0.30	0.44	0.06	0.04	2.65	13.4	17.5	3.20

mg/100 g

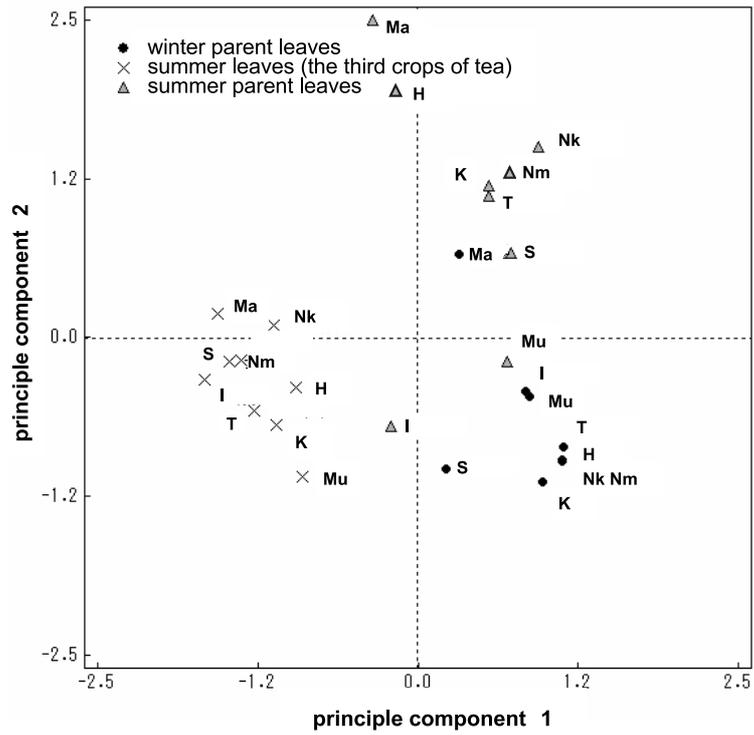


Fig. 2 Distribution of winter parent leaves, summer leaves (the third crops of tea), and summer parent leaves by principal component analysis. Mu; Mugio, H; Hirano, Ma; Matsumine, Nk; Nagakubo, Nm; Nagamine, T; Tabukawa, K; Kusakawa, S; Shitoko, I; Issou

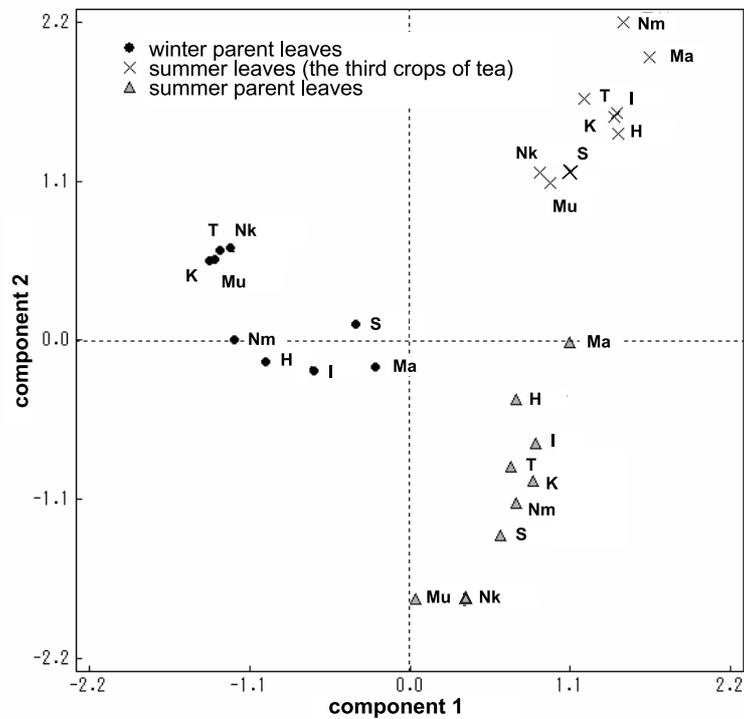


Fig. 3 Distribution of winter parent leaves, summer leaves (the third crops of tea), and summer parent leaves by correspondence analysis. Mu; Mugio, H; Hirano, Ma; Matsumine, Nk; Nagakubo, Nm; Nagamine, T; Tabukawa, K; Kusakawa, S; Shitoko, I; Issou

コレスポンデンス分析によって得られた冬季の親葉，夏季の親葉および新芽の場所と，微量元素の同時布置図を重ね合わせると，夏季の新芽にMg, Ni, NaやZnが多く，夏季の親葉にAlが多いという傾向が見られた (Fig. 4)。

各地点におけるデータ (n = 7) の平均値を使わずに全測定データに対して判別分析を適用したところ，96.13%の的中率で冬季の親葉，夏季の親葉，夏季の新芽を特定することができた (Fig. 5, Table 2)。判別係数を Table 3に示した。判別分析の結果，Fig. 5および Table 3において夏季の新芽では正準変量1のMg, Na, Ni, Znがマイナスを示した。これは，Fig. 4の同時分布と同様の結果であり，主成分分析，コレスポンデンス分析の結果と判別分析の結果が一致したことを示している。

これらの結果から，茶葉中の微量元素は季節の移り変わりとともに変動することが示唆された。茶葉中の微量元素による分析においては，含有金属量よりも含有金属の構成比で解析する方がより違いが明確に表されることが考えられる。

土壌分析の結果をもとに，各データの主成分分析を行った (Fig. 6)。9地点におけるデータと地図上の地点間の距離に相関関係はみられなかった。

このことは，屋久島が狭い地域であることと，耕作地が海沿いのほぼ同じ標高の地域に限られているため，各地点間の土壌成分および茶葉中の微量元素に大きな相違がなかったためと推察される。

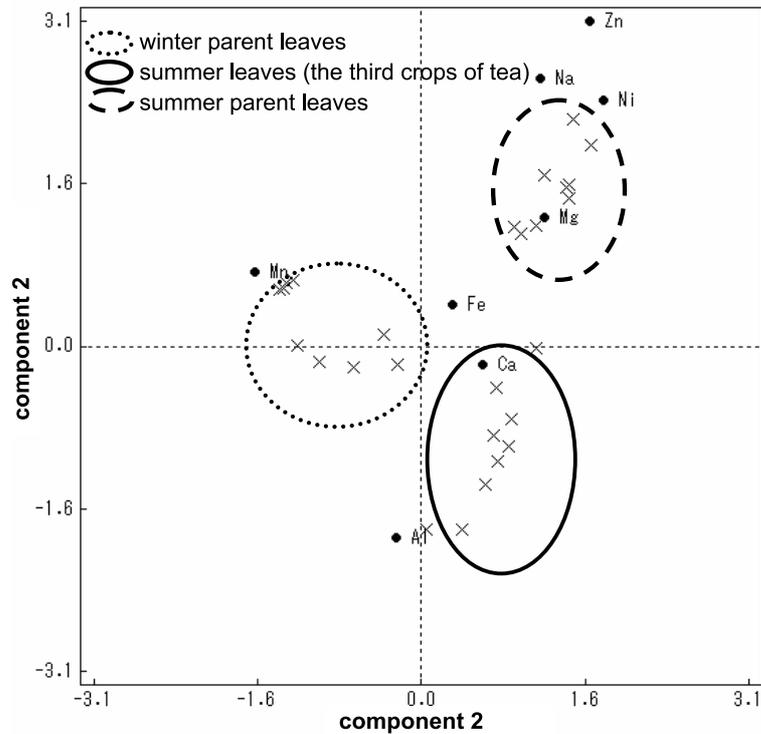


Fig. 4 Cross distribution map of leaves (by correspondence analysis) and soils.

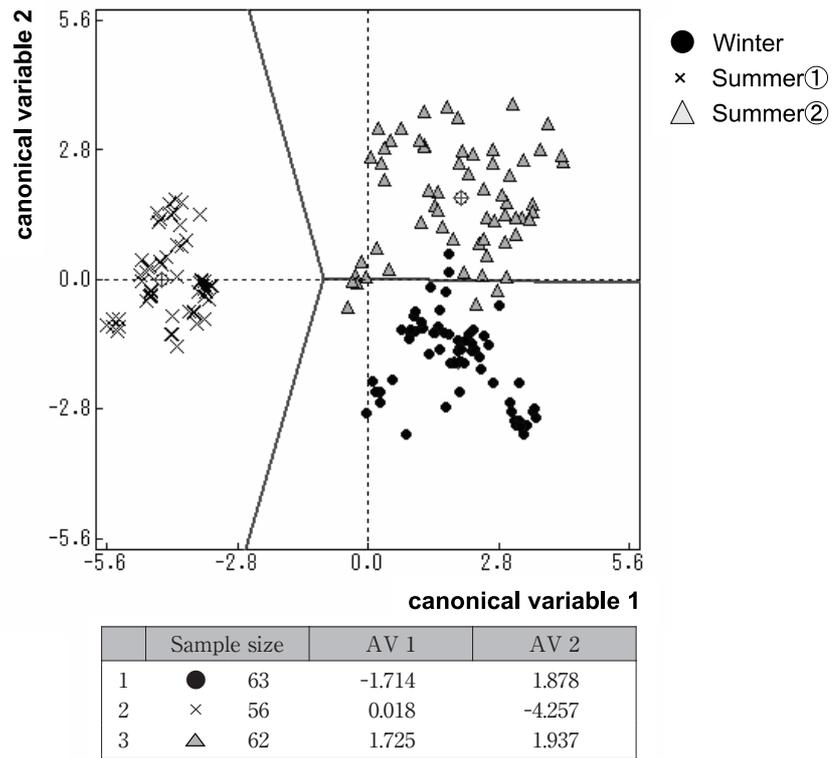


Fig. 5 Score distribution of winter parent leaves, summer leaves (the third crops of tea), and summer parent leaves.
 Summer ①; summer leaves (the third crops of tea)
 Summer ②; summer parent leaves

Table 2 Discriminant Analysis

	Sample size	rate
true	174	96.13 %
error	7	3.87 %

observation/prediction	summer ①	summer ②	winter	total
summer ①	56	0	0	56
summer ②	0	57	5	62
winter	0	2	61	63
total	56	59	66	181

summer ①; summer leaves (the third crops of tea)
 summer ②; summer parent leaves

Table 3 Coefficient of canonical variable

canonical variable	1	2
constant	-4.63	-4.237
Mg	-0.118	0.025
Al	0.085	-0.149
Ca	0.127	0.124
Mn	-0.157	0.226
Na	-1.18	-1.049
Fe	4.077	-3.572
Ni	-6.101	10.059
Zn	-4.802	4.837

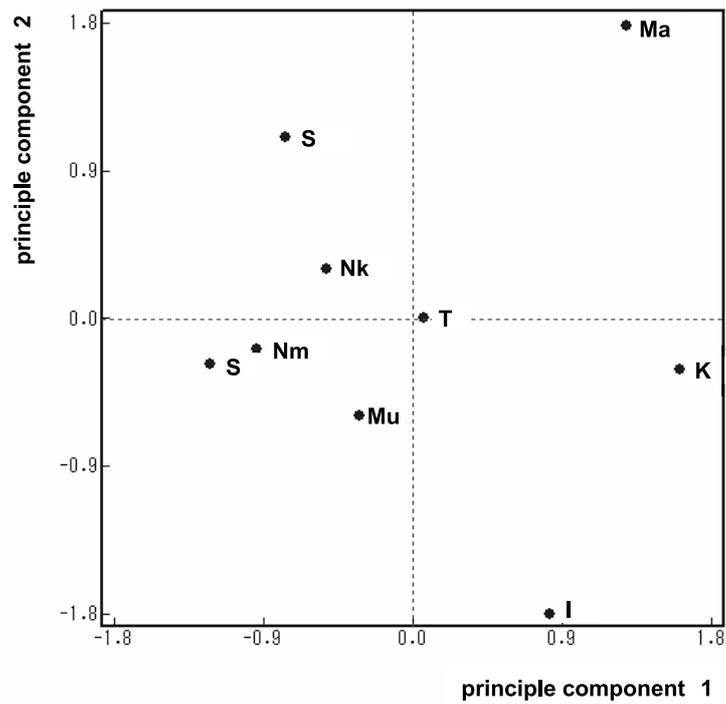


Fig. 6 Score distribution map of soil analysis.
 Mu; Mugio, H; Hirano, Ma; Matsumine, Nk; Nagakubo, Nm; Nagamine,
 T; Tabukawa, K; Kusakawa, S; Shitoko, I; Issou

謝 辞

本研究にご協力頂きました屋久島の藤原秀一氏に深く感謝致します。

参考文献

- 1) 田村憲司, 関口智徳, 東 照雄 (2001) 屋久島に分布する火山灰土壌の垂直成帯性と分類学的考察, 日本土壤肥科学会講演要旨集 47 : 120.
- 2) 東京農業大学短期大学部生活科学研究所編 (2007) 屋久島100の素顔.
- 3) 土壤標準分析・測定法委員会編 (1986) 土壤標準分析・測定法.
- 4) 木村政美 (2006) 茶園管理12ヶ月.