

ICP-MSによるマンゴーの産地判別について

崎原 卓*, 隅野 隆永**, 榎本 康敬**, 山崎 幸彦**

Identification of Mangos by ICP-MS

Takashi SAKIHARA*, Takanaga SUMINO**, Yasuyuki ENOMOTO** and Yukihiro YAMAZAKI**

*Okinawa Regional Customs

4-17, Tondo-cho, Naha, Okinawa 900-0035 Japan

**Central Customs Laboratory, Ministry of Finance

6-3-5, Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-0882 Japan

The customs duty on mangos differs between conventional and preferential tariffs, so we must identify the origin of mangos. We analyzed the origin by ICP-MS and principal component analysis, and showed that mangos produced in Kyushu can be distinguished from others.

1. 緒 言

2. 実 験

一昨年沖縄県で、正規に輸入された台湾産マンゴーに、県内の宮古島産と表記されたシールを貼り、それを同産地名が表記された箱に詰め替えて販売するといった偽装事件が発生した。マンゴーは沖縄県の特産品の一つであることから、生産者はじめ県民にとって大きな問題となった。また、マンゴーの関税率は、WTO協定に基づく協定税率が3%、関税暫定措置法第8条の2第1項に基づく特惠税率が無税となっており、原産地によって税率が異なることから適正な関税徴収のために原産地判別を行う必要がある。

原産地を判別するための研究は、DNA分析による北朝鮮産及びその周辺国のまっただけの遺伝的多型に関する調査^{1)~3)}、誘導結合プラズマ質量分析装置（以下、ICP-MS）を用いたあさり⁴⁾や中国産無煙炭⁵⁾の微量元素の分析及びICP-MS及び誘導結合プラズマ発光分光分析装置（ICP-AES）を用いたカボチャの原産地判別⁶⁾などが報告されているが、マンゴーの産地判別についての研究はまだ報告されていない。

そこで今回、ICP-MSを用いてマンゴーに含まれる微量元素含有量を測定し、その結果を主成分分析することによって産地判別が可能か否かを検討した。なお、本研究におけるマンゴーの分析対象部位は、カボチャの原産地識別⁶⁾において、微量無機元素の定量値の変動が少なかった種子を分析対象部位として使用していることから、本研究においてもマンゴーの種子を分析対象部位とした。

2.1 試料及び試薬

2.1.1 試 料

マンゴーの種子：アーウィン種（台湾産 20 検体、九州産 2 地域（計 16 検体）、沖縄県産 5 地域（計 38 検体））、トミートキンス種（ブラジル産 10 検体）、ヘイデン種（沖縄県産 6 検体）、センセーション種（沖縄県産 1 検体）

種子はテフロン製の包丁で細切れにし、真空凍結乾燥機で乾燥させ、これを試料とした。

2.1.2 試 薬

硝酸（超微量分析用）：和光純薬

過酸化水素水（原子吸光分析用）：和光純薬

2.2 装置及び分析条件

誘導結合プラズマ質量分析装置（ICP-MS）：7500CE

（アジレント・テクノロジー）

真空凍結乾燥機：FD-1000（東京理科学器械（株））

マイクロウェーブ分解装置：ETHOSPRO（MILESTONE）

（分解条件：室温→15分昇温→150℃（30分）→15分昇温→220℃（30分））

多変量解析ソフト：STATISTICA Pro 06J

（stattsoftジャパン（株））

* 沖縄地区税関業務部門 〒900-0035 沖縄県那覇市通堂町 4-17

** 財務省関税中央分析所 〒277-0882 千葉県柏市柏の葉 6-3-5

2.3 実験方法

試料をマイクロウェーブ用試料分解管に0.2 g採取し、これに硝酸10 ml及び過酸化水素水5 mlを加えてマイクロウェーブ分解装置により分解した後、超純水で分解管を共洗いしながら試料をデジチューブに移し、超純水で50 mlにメスアップしたものを検液とした。この検液中の微量無機元素をICP-MSにより分析し、その定量結果を多変量解析ソフトにより主成分分析を行い、産地毎に判別可能か否かを検討する。なお、各マンゴーの種子における微量無機元素の定量値は、3回測定した値の平均値とした。

3. 結果及び考察

3.1 ICP-MSによるマンゴーの種子中の微量無機元素含有量の比較

ICP-MSによって得られた微量無機元素の定量結果をTable 1に

示す。表中の各無機元素は、2.3により分析したもののうち、標準添加法による回収率が86%以上であった元素を採用した。この表から、九州1地域産(Sample No.9-1~9-7)の ^{55}Mn 含有量は他の産地よりも高い傾向がみられた。次に、 ^{60}Ni については沖縄県の1地域産(Sample No.2-1~2-12)及びブラジル産のものが他の産地よりも高い傾向がみられ、また、 ^{133}Cs については九州2地域産のものが他の産地よりも高い傾向がみられた。

3.2 微量無機元素含有量の主成分分析による産地判別結果

ICP-MSによる定量結果を主成分分析により統計処理した結果、九州2地域産とその他の産地とを判別できる可能性があった(Fig.1)。

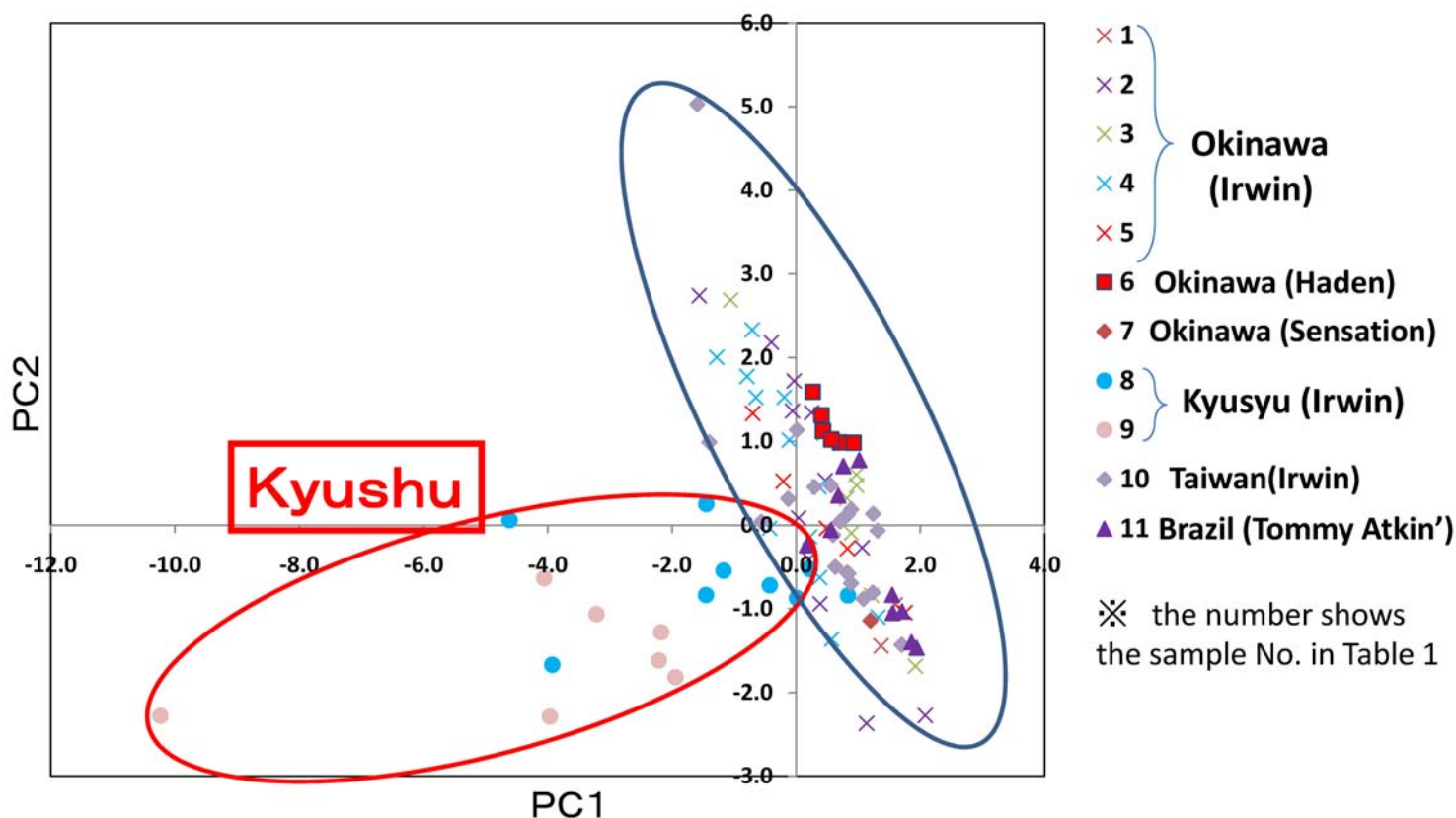


Fig.1 Result of principal component analysis using 9 elements between all samples (Mg24, Mn55, Fe57, Ni60, Cu63, Rb85, Sr88, Cs133, Ba138)

次に、九州2地域産を除く、沖縄県5地域産、台湾産及びブラジル産についてのみ主成分分析を行った結果、両産地を区別することは困難であった(Fig.2)。最後に、沖縄県(5地域)産、台湾産及びブラジル産のうち、分析対象を2地域に絞り込み主成分分

析した結果、台湾産とブラジル産を判別できる可能性が示唆された(Fig.3-1)が、ブラジル産と沖縄県産(Fig.3-2)及び台湾産と沖縄県産(Fig.3-3)の主成分分析では産地を判別することは困難であった。

Table 1 Analytical results of the inorganic elements in mango seeds

												(μg/g)																													
sample No.												Mg24	Mn55	Fe57	Ni60	Cu63	Rb85	Sr88	Cs133	Ba138	sample No.												Mg24	Mn55	Fe57	Ni60	Cu63	Rb85	Sr88	Cs133	Ba138
Okinawa (Irwin)	1-1	1521.835	6.864	20.157	0.314	3.793	7.020	0.485	0.086	0.123		8-1	1611.100	5.757	19.490	0.953	6.787	15.527	0.823	0.056	0.360																				
	1-2	1403.274	8.352	21.309	0.340	5.302	4.444	0.713	0.048	0.081		8-2	1881.067	6.793	19.767	0.450	5.940	13.433	1.313	0.150	0.963																				
	2-1	981.948	18.754	14.487	0.115	4.328	5.895	0.350	0.027	0.074		8-3	1512.533	14.400	24.743	0.610	6.847	28.277	3.627	0.497	2.063																				
	2-2	1135.071	29.043	15.217	0.334	4.809	12.616	0.366	0.077	0.088		8-4	2373.167	4.840	25.217	-0.027	8.060	33.130	3.380	0.152	5.823																				
	2-3	1615.573	14.750	25.017	1.284	8.930	8.357	2.193	0.040	0.247		8-5	1650.497	11.297	28.583	0.187	4.963	18.287	1.787	0.110	2.120																				
	2-4	1489.717	5.563	25.503	0.163	5.697	8.700	1.610	0.020	0.127		8-6	2361.643	8.583	26.187	-0.293	9.640	23.093	0.983	0.117	1.300																				
	2-5	1293.413	46.743	23.363	1.443	7.447	13.760	1.030	0.033	0.140		8-7	1666.403	4.720	23.213	0.220	7.117	17.907	1.337	0.080	0.233																				
	2-6	1376.790	14.513	21.123	1.423	7.400	17.053	0.947	0.123	0.053		8-8	1661.430	4.800	22.043	0.243	7.170	21.347	1.497	0.090	1.143																				
	2-7	2241.677	7.497	27.827	1.067	11.340	12.617	1.150	0.060	0.153		8-9	1648.513	7.163	22.340	0.383	8.173	31.447	2.287	0.170	0.713																				
	2-8	2175.590	9.383	20.640	1.653	10.133	15.913	0.380	0.133	0.027		9-1	2526.420	49.990	21.107	-0.950	8.603	39.730	2.450	0.170	0.327																				
	2-9	2067.927	11.230	41.550	0.780	11.630	14.873	3.223	0.080	0.647		9-2	1750.760	74.443	19.993	0.287	9.880	25.370	1.987	0.157	0.327																				
	2-10	1336.237	13.703	32.497	0.670	10.860	8.770	2.427	0.023	0.300		9-3	1834.850	100.740	19.417	0.410	8.663	24.240	1.570	0.100	0.357																				
2-11	1533.263	16.713	39.513	2.637	9.837	9.603	2.567	0.060	0.397		9-4	2522.127	81.850	19.387	0.273	6.697	29.327	1.487	0.387	0.493																					
2-12	2065.960	12.937	31.833	3.317	10.760	9.530	0.830	0.110	0.073		9-5	1708.467	68.670	17.693	0.297	8.283	26.310	1.887	0.173	0.320																					
Okinawa (Irwin)	3-1	678.482	3.344	14.218	0.140	5.918	7.692	1.656	0.021	0.297		9-6	1910.050	141.570	32.043	0.637	10.223	58.193	4.977	0.830	3.247																				
	3-2	1160.777	8.991	17.604	0.153	6.901	5.236	2.434	0.021	0.686		9-7	2307.083	50.653	25.330	0.543	9.817	42.717	2.090	0.213	1.553																				
	3-3	1923.653	6.447	18.960	0.417	10.793	3.037	4.137	0.003	0.487		10-1	1437.328	11.382	19.623	1.208	0.631	9.189	1.748	0.020	0.883																				
	3-4	2535.987	13.127	30.723	0.703	11.107	7.663	4.880	0.010	0.517		10-2	973.535	3.363	17.324	0.396	5.480	8.613	1.481	0.025	0.371																				
	3-5	2008.770	6.747	18.500	-0.527	9.133	3.677	2.620	0.003	0.380		10-3	1510.223	6.537	17.023	0.210	6.697	9.150	1.857	0.040	0.280																				
	3-6	1535.693	8.217	12.993	-0.247	10.283	3.733	3.700	0.000	0.670		10-4	1925.773	7.100	20.877	0.280	8.550	10.277	3.275	0.060	0.693																				
	3-7	2180.073	6.797	17.840	-0.490	9.933	2.637	2.147	0.000	0.153		10-5	1371.077	9.467	20.410	3.967	11.697	10.553	3.200	0.030	1.587																				
	3-8	2035.053	10.757	21.203	0.567	9.313	3.690	1.680	0.000	0.197		10-6	1199.923	8.420	22.037	0.250	8.570	11.597	1.443	0.070	0.220																				
	4-1	1039.789	13.542	24.473	0.099	3.666	7.234	1.758	0.020	0.244		10-7	1595.367	7.547	19.343	0.620	7.980	9.237	1.197	0.047	0.620																				
	4-2	1386.767	13.860	17.444	0.761	4.592	15.325	1.955	0.022	0.881		10-8	1518.233	5.817	24.073	0.240	8.853	7.777	1.610	0.030	0.360																				
	4-3	1640.067	15.427	32.550	-0.453	12.140	16.340	3.073	0.020	0.247		10-9	1597.353	6.850	21.280	0.527	7.313	2.807	1.783	0.020	0.263																				
	4-4	1487.647	18.293	27.393	0.743	9.260	11.957	1.727	0.020	0.230		10-10	1712.367	7.587	20.257	0.120	8.563	8.823	2.040	0.050	0.380																				
4-5	1929.140	7.090	19.877	0.297	8.013	12.277	2.217	0.033	0.123		10-11	1455.317	7.540	22.297	0.337	8.244	2.640	2.090	0.013	0.357																					
4-6	1938.093	11.593	26.927	0.400	13.317	17.133	3.807	0.020	0.300		10-12	1795.690	9.960	18.790	0.473	7.920	3.583	2.813	0.020	0.487																					
4-7	2436.583	9.940	18.810	0.407	7.410	21.253	2.347	0.027	0.297		10-13	1769.013	9.777	24.197	0.323	8.763	8.377	2.277	0.030	0.653																					
4-8	2599.723	12.600	32.470	0.350	13.367	15.497	1.393	0.020	0.107		10-14	1557.407	7.020	27.297	0.220	8.980	18.147	1.990	0.130	0.547																					
4-9	3279.437	21.537	26.457	0.600	12.610	17.877	1.283	0.030	0.303		10-15	1402.343	6.720	17.933	0.517	6.987	6.313	1.250	0.030	0.800																					
4-10	1725.033	6.810	17.643	0.143	8.537	16.140	1.743	0.067	0.170		10-16	1717.317	20.483	23.450	1.310	10.358	7.750	3.537	0.020	1.853																					
4-11	2515.487	12.220	25.337	0.120	40.393	8.077	2.783	0.010	0.250		10-17	1512.927	38.163	29.853	2.827	10.493	17.633	2.403	0.050	1.773																					
4-12	2366.773	7.557	26.720	0.043	8.787	11.763	2.133	0.030	0.193		10-18	1588.487	6.627	21.143	0.357	7.967	12.513	1.310	0.080	0.150																					
Okinawa (haden)	5-1	1164.105	4.079	15.056	0.057	7.542	4.008	1.671	0.022	0.399		10-19	1835.137	9.770	24.067	0.733	8.273	5.500	1.757	0.020	0.820																				
	5-2	1717.397	17.793	27.113	0.487	10.793	13.677	4.450	0.020	0.450		10-20	1402.630	7.037	26.340	0.630	8.213	8.723	1.180	0.060	0.510																				
	5-3	1230.737	7.200	19.470	0.110	7.967	10.637	3.510	0.010	0.133		11-1	1059.587	10.028	17.409	1.840	5.418	7.418	1.877	0.008	0.669																				
	5-4	1508.117	9.537	21.823	0.317	9.320	14.820	4.767	0.020	0.310		11-2	1067.616	20.704	25.332	1.199	6.366	8.566	2.627	0.010	1.697																				
	5-5	1327.903	10.140	23.000	0.190	8.513	12.587	2.727	0.020	0.333		11-3	1570.168	19.281	23.582	2.420	8.702	10.781	1.334	0.010	0.435																				
	6-1	1692.587	14.633	28.817	0.290	12.180	7.243	0.063	0.023	0.357		11-4	1516.257	14.796	27.043	2.200	8.143	7.958	1.659	0.009	0.383																				
Okinawa (haden)	6-2	1939.243	14.100	30.083	0.263	12.223	7.743	0.200	0.020	0.433		11-5	1326.231	19.213	24.197	1.577	6.448	6.904	2.320	0.010	1.041																				
	6-3	1939.013	13.460	31.360	0.280	13.140	8.633	0.250	0.020	0.433		11-6	1251.342	10.721	16.572	1.962	6.063	8.130	0.754	0.003	0.525																				
	6-4	1433.637	13.947	26.150	0.233	13.433	6.313	0.903	0.010	0.170		11-7	1321.459	9.571	15.794	1.603	6.866	7.505	1.327	0.002	0.553																				
	6-5	1579.977	15.517	28.207	0.320	12.213	7.230	1.450	0.020	0.400		11-8	998.738	11.927	15.613	1.376	8.383	6.957	1.063	0.003	0.379																				
	6-6	1818.480	12.813	26.873	0.250	11.183	6.307	1.227	0.010	0.417		11-9	1248.071	9.768	13.869	1.737	5.917	9.017	1.013	0.005	0.249																				
	okinawa (sensation)	7-1	1614.400	9.793	15.200	-0.953	6.260	8.557	2.130	0.010	0.063		11-10	1581.560	14.017	20.930	2.573	11.813	8.347	1.160	0.007	0.260																			

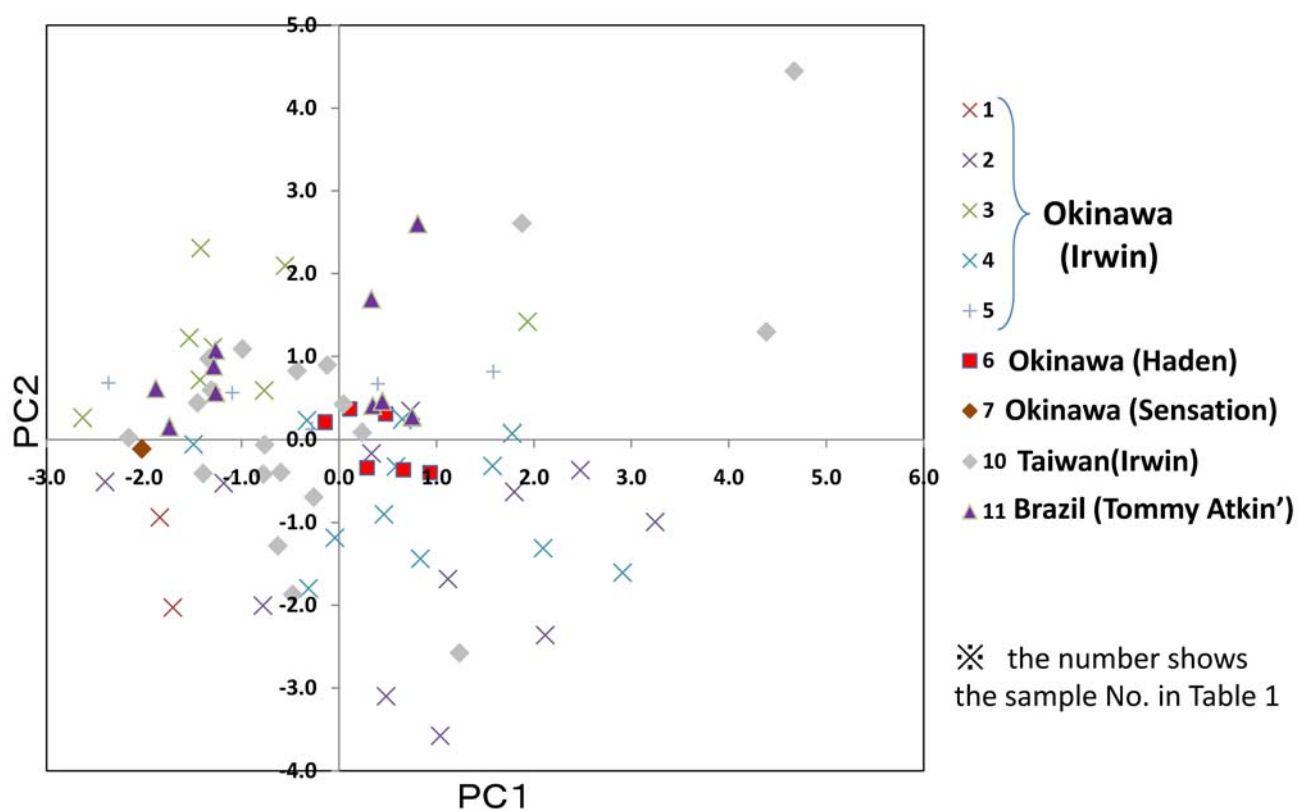


Fig.2 Result of principal component analysis using 9 elements between Okinawa, Taiwan and Brazil (Mg24, Mn55, Fe57, Ni60, Cu63, Rb85, Sr88, Cs133, Ba138)

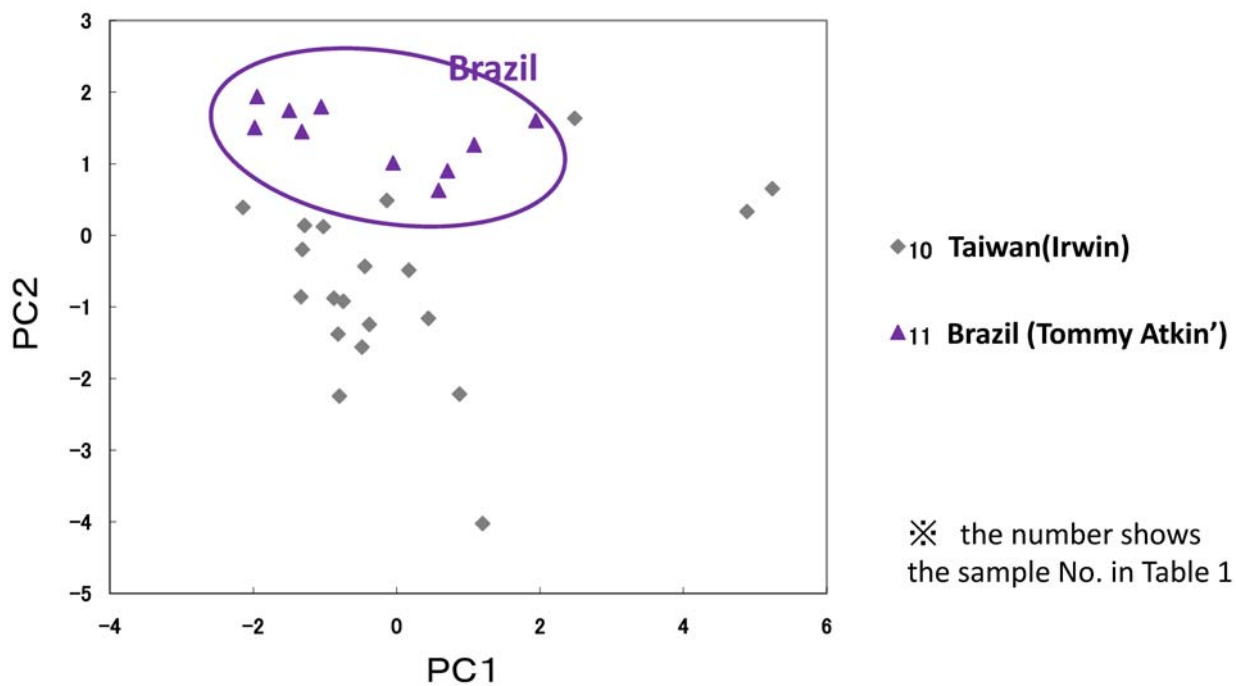


Fig. 3-1 Result of principal component analysis using 9 elements between Taiwan and Brazil (Mg24, Mn55, Fe57, Ni60, Cu63, Rb85, Sr88, Cs133, Ba138)

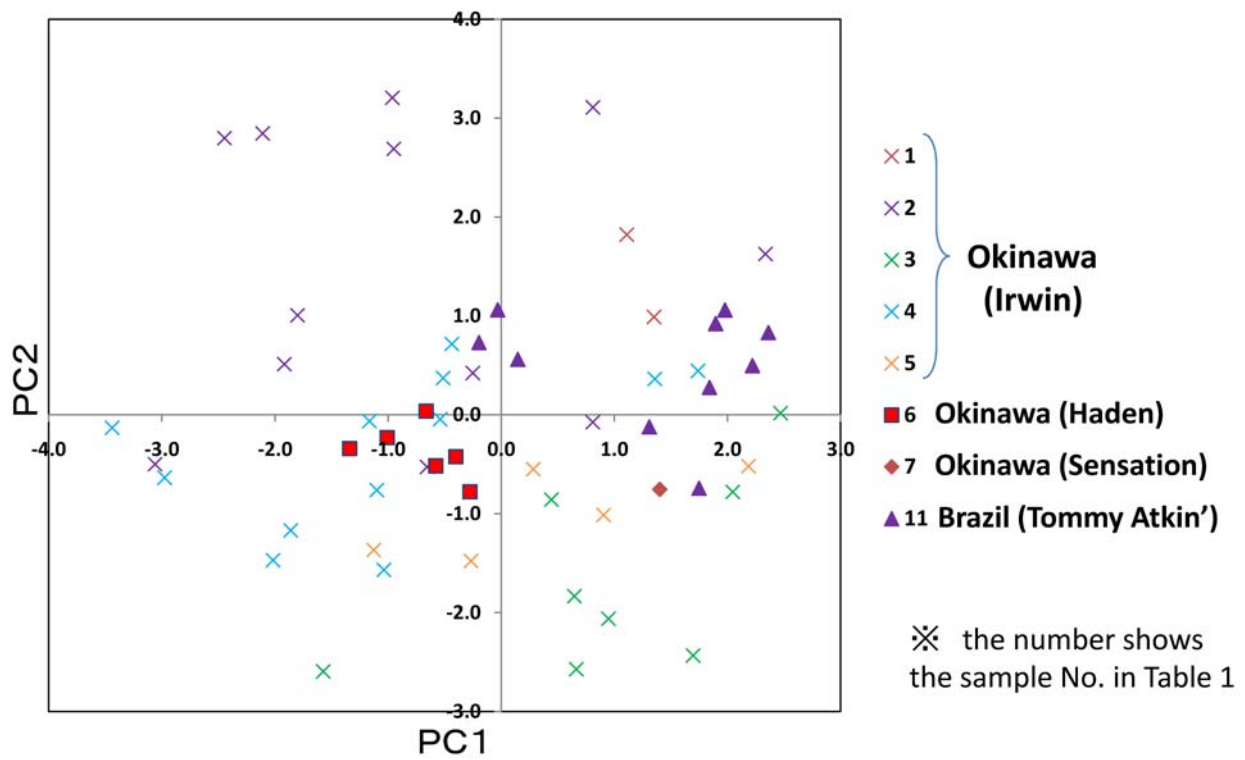


Fig. 3-2 Result of principal component analysis using 9 elements between Okinawa and Brazil (Mg24, Mn55, Fe57, Ni60, Cu63, Rb85, Sr88, Cs133, Ba138)

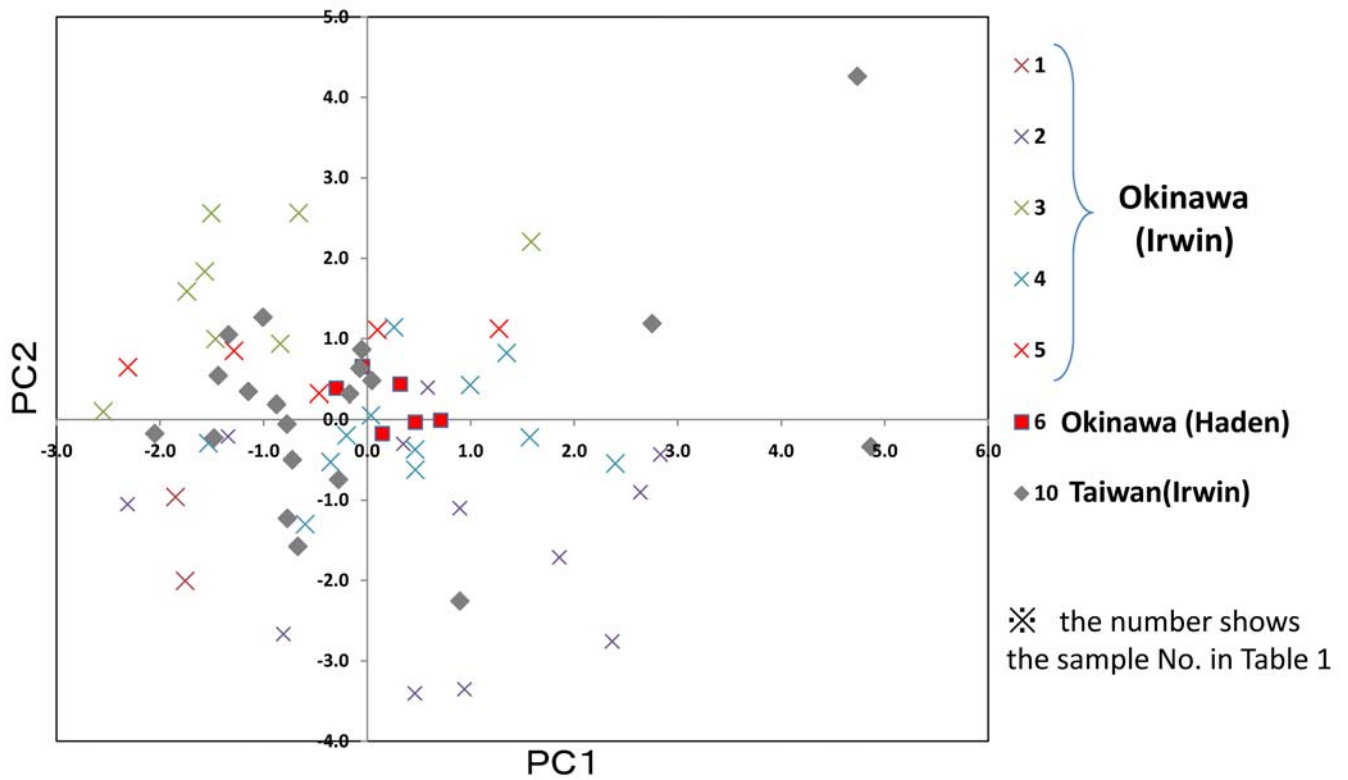


Fig. 3-3 Result of principal component analysis using 9 elements between Okinawa and Taiwan (Mg24, Mn55, Fe57, Ni60, Cu63, Rb85, Sr88, Cs133, Ba138)

3.3 考 察

マンゴーの種子中の微量無機元素を定量し、得られた定量結果を主成分分析により統計処理した結果、全試料を産地ごとに全て区別することは困難であるが、ブラジル産と台湾産を分析対象とした主成分分析結果のように、比較検討する産地を絞り込むことにより判別が可能になる場合があると思われる。ICP-MS による微量無機元素含有量から産地を判別するための今後の課題として、各地域の同一品種の種子による比較及び各品種の同一環境での比較を検討する必要がある。さらに今回は主成分分析により産地判別の検討を行ったが、判別分析やクラスター分析等、他の多変量解析による産地判別の可能性を探る必要がある。

4. 要 約

ICP-MS によるマンゴーの種子中の微量無機元素含有量から主成分分析を行った結果、九州 2 地域産とそれ以外の産地とを区別することができる可能性が有る。今回分析対象とした試料を主成分分析で各々明確に区別することは困難であるが、主成分分析で比較検討する産地を絞り込むことにより、判別も可能になる場合があると思われる。

文 献

- 1) 竹元賢治, 渡邊裕之, 三枝朋樹: 関税中央分析所報, **47**, 5 (2007).
- 2) 上野勝, 三浦誠, 三浦徹, 渡邊裕之, 三枝朋樹: 関税中央分析所報, **48**, 5 (2008).
- 3) 三浦徹, 片山貴之, 三枝朋樹: 関税中央分析所報, **49**, 29 (2009).
- 4) 隅野隆永, 山崎幸彦: 関税中央分析所報, **49**, 65 (2009).
- 5) 山崎幸彦, 緋田敬士, 隅野隆永: 関税中央分析所報, **48**, 61 (2008).
- 6) 渡邊裕之, 法邑雄司, 堀田博: 関税中央分析所報, **47**, 15 (2007).