

第四紀後期 韓國의 南九州起源火山灰와 鬱陵島의 Tephra

町田 洋* · 新井房夫** · 李炳高*** · 森脇 廣*

◀ 目	次 ▶
1. 序 論	廣域 tephra
2. 廣域 tephra의 性質 및 同定法	5. 鬱陵島 tephra
3. 南九州起源 廣域 tephra의 特性	6. 結 論
4. 韓半島와 濟州島에서 發見된 南九州起源	

1. 序 論

최근 30여년간에 tephra에 관한 연구는 地史와 관련된 많은 분야, 예를들면 層位學, 地形學, 火山學, 土壤學, 考古學, 古生物學, 海底地質學 등에 있어서 많은 성과를 견우어 왔으며, 엄밀한 時間指示層(time-marker)으로 널리 이용되는 火山灰層에 대한 同定法은 최근에 이르러 더욱 精密해지고 있는 추세이다. 최근 10수년 이래 日本을 비롯한 제국에서는 廣域火山灰에 관한 研究가 地史와 관련된 地 연구분야와 相互補完의인 관련을 가지면서 매우 活發히 進行되고 있다. 즉, 예를들어 tephra噴火의 年代가 埋藏된 人類 遺物의 연구로 부터 決定되던 것이 최근에는 역으로 確實하게 同定된 廣域分布 tephra에 의해 遺物의 型式編年을 재검토하게끔 되기도 하였다. 韓國에 있어서는 tephra와 그의 同定法에 관한 研究가 거의 이루어져 있지 않은 상태이나, 후술될 日本에서 보고 되고 있는 AT(最終氷期 最

盛期初, 21,000~22,000YBP에 분출된 廣域 tephra)¹⁾ K-Ah(後氷期 hypothermal期, 6,300 YBP경 분출)²⁾ 등의 火山灰가 韓半島에서 발견되어 진다면 그것은 最終氷期 아래의 地史나 考古學編年과 tephra의 噴出運搬機構를 고찰하는데 도움이 될 것으로 기대된다. 이것이 본연구 목적의 하나이며 第四紀 後期에 噴出된 鬱陵島, 白頭山 火山灰^{3,4)} 중 鬱陵島火山灰에 관한 噴火時期, 噴火機構, 그의 火山編年學的인 意義 등을 밝히는 것이 本研究의 또하나의 目的이다. 韓半島에 있어서 火山活動이 있었던 地域으로는 白頭山을 비롯한 蓋馬台地와 鬱陵島, 濟州島 등지를 들 수 있으며 그 밖에도 半島部 수계지역에 火山地形이 나타나고 있다. 그러나 이들 火山地域에 대한 지금까지의 研究는 주로 地質學的(岩石·鑛物學的)인 연구가 進行 되었을 뿐 第四紀의 tephra에 관한, 특히 火山灰編年的인(tephrochronology) 연구보고는 皆無한 실정이다.

本研究는 日本文部省科學研究費支援에 의해 韓日共同研究로 1982~1983年 수차에 걸친 鬱陵

* 東京都立大學 理學部 地理學教室(理學博士)

** 群馬大學 教育學部 地學教室(理學博士)

*** 서울大學校 師範大學 副教授(理學博士)

1) 町田洋·新井房夫, 1976, "廣域に分布する火山灰—始良Tn火山灰の發見とその意義," 科學, 46卷 6號, pp. 339-347.
 2) 町田洋·新井房夫, 1978, "南九州鬼界 Calderaから噴出された廣域 Tephra-Akahoya火山灰," 第四紀研究, 17卷 3號, pp.143-163.
 3) 町田洋·新井房夫·森脇廣, 1981, "日本海を渡つてきた Tephra," 科學, 51, pp.562-569.
 4) 町田洋·新井房夫, 1983, "廣域 Tephraと考古學," 第四紀研究, pp.133-148.

島와 濟州島·東海岸南部의 現地調査를 통해 이루어진 것이다. 그 결과 報告^{5,6)} 중 韓國에 관한 부분과 筆者들의 기왕의 火山灰에 관한 諸研究成果 중 火山灰의 野外觀察方法, 記載岩石學의 特性, 廣域 tephra의 同定法, 岩石記載의 特性의 試料取扱 및 實驗方法 등을 筆者들중 李炳高이 整理·紹介하는 것이다.

本研究調査에 있어서 慶北大師大 曹華龍助教授, 釜山大師大 吳建煥 助教授, 全北大師大 張吳助教授, 全南大人社大 朴勝淵 專任講師, 鬱陵島 綜合高 李鍾烈 校長, 濟州西歸浦高校 吳南三 先生 등의 많은 協調가 있었음에 심심한 謝意를 표한다.

2. 廣域 tephra의 性質 및 同定法

(1) 廣域 tephra

火山의 噴出樣式에는 마그마의 性質에 따라 Hawaiian式, Strombolian式과 Plinian(또는 Volcano)式의 세가지가 있다. Hawaiian式은 주로 玄武岩質마그마의 溶岩을 流出하는 型이며 Strombolian式은 비교적 온건하게 溶岩片을 放出하는 噴火인데 대하여 Plinian式은 大暴發로 火碎流과 水蒸氣를 비롯한 캐스體가 이른바 降下火碎物을 大量으로 噴出한다. 따라서 大規模의 火山暴發에 의해 大氣 中에 放出된 降下火碎物, tephra⁷⁾는 그 총량과 噴煙柱의 높이가 클수록, 또한 物質이 細粒일 수록 廣域에 걸쳐 擴散하게 된다. 廣域 tephra라는 것은 대체로 噴出物總量이 10km³를 훨씬 넘는 巨大噴火의 產物으로써 噴出物의 供給源으로 부터 수백~수천km 이상 떨어져 있는 遠隔地에서도 독립된 地層으로 認定되는 것을 가르킨다. 물론 噴出物總量이 1km³정도의 미약한 plinian 噴火에서도 降灰는 상기와

같은 遠隔地에서 보통 관찰되기는 하나 地層으로 인정되는 地域은 供給源火山의 근방에 한정된다. 따라서 廣域 tephra란 대체로 大量의 火山噴出物을 일시에 放出한 大噴火에 의해 수백~수천km의 廣大한 地域에 걸쳐 상당한 두께(수cm~수십cm)의 地層으로 推積되어 있는 火山降下物을 말한다. Rampino et al.⁸⁾은 과거 8.5만 년간에 있었던 28種의 廣域 tephra의 例를 보고하였는데 그중에서 tephra의 총량이 100km³를 넘는것은 Toba tephra 등 8例가 있다. 한편 Machida⁹⁾는 지금까지 報告된 廣域 tephra를 噴出·運搬·推積機構에 따라 크게 3가지 타입으로 差別하고 있다.

(2) tephra의 同定法

Tephra의 一次的인 性質은 magma가 갖는 갖가지 性質이나 爆發時의 物理條件에 規定되기 때문에 개개의 1噴火輪廻(대체로 수년내에 끝나는 噴火活動)의 tephra는 극히 個性的인 性質을 띄우고 있으며 그 위에 堆積후의 風化條件의 多樣性 때문에 실제로 野外에서 觀察되는 tephra는 一枚一枚가 독특한 “모습”을 지니고 있다. 따라서 이러한 독특한 “모습”의 特徵을 記載하는 일이야말로 tephra의 廣域對比에는 裨益을 수 없는 것이다.

① 野外에서의 肉眼的特徵 및 層位記載: 이것은 tephra의 層厚, 色, 粒度, 粒子의 形, 發泡의 程度, 分級이나 級化度, 本質物質과 石質岩片과의 量比, 風化의 程度 등 여러 가지 特徵에 기초한 tephra의 추적으로 다른 tephra나 地形面, 또는 地層과의 層位關係를 明確할 때, 供給源에 가까운 地域(대체로 50km이내)에서는 매우 有效한 것이다. 그러나, 堆積環境이 다른 경우(예를들어 水成과 乾陸性)나 露出이 적고,

5) 町田洋·新井房夫·李炳高·森脇廣·江坂輯弥, 1983, “韓半島와 濟州島에서 見出された九州起源의 廣域 Tephra,” 地學雜誌, 92卷 6號, pp. 39-45.

6) 町田洋·新井房夫·李炳高·森脇廣, 古田俊夫, 1984, “韓國鬱陵島의 테프라,” 地學雜誌投稿中.

7) Tephra는 降下火碎物만이 아닌 火碎流堆積物(scoria, pumice(輕石) 등)도 포함하며 火山灰는 粒徑 2mm이하의 細粒 tephra에 한정하는 것이 보통이다.

8) Rampino, M.R., Self, S., and Fairbridge, R.W., 1979, “Can Rapid Climatic Change Cause Volcanic Eruptions?,” *Sci.* 206, pp. 826-829.

9) Machida, H., 1981, “Tephrochronology and Quaternary Studies in Japan,” in Self, S. and Sparks, R.S.J., eds., *Tephra Studis*, D. Reidel Publ. Co., Holland, pp. 161-191.

Table 1. Various methods of characterization of tephra

Lithostratigraphic method (Field work)	{	Stratigraphic position (including ages determined by various methods)	
		Morphology (thickness, grain-size, color, grading, degree of weathering, etc.)	
Petrographic method (Laboratory work)	{	Rock level	Texture of essential materials
			Mineral assemblage (phenocryst/glass ratio, light mineral/heavy mineral ratio, etc.)
		Mineral level	Bulk chemistry
			Morphology of specific mineral and glass (crystal habit, shape and color of glass)
		Refractive indices of specific minerals and glass	
		Thermomagnetic properties	
		Chemical composition of specific minerals and glass	

地層下層중에 埋沒되어있는 경우에는 이것만으로는 정확한 同定이 곤란하다. 또한 수 10km를 넘는 遠距離地域間的 tephra를 對比하는 경우에도 이 방법만으로는 불충분하다.

② 記載岩石學的特徵의 記載: Table 1에 정리해 놓은 것과 같이 tephra의 同定方法에는 記載岩石學的方法和 實驗室的方法의 둘로 나눌 수 있는데 전자는 火山 glass, 斑晶鑛物, 石質岩片間의 量比나 斑晶鑛物의 組成比 및 鑛物의 光學의 特性등을 말한다. 분명히 重鑛物組成은 火山物質로서의 tephra가 갖는 가장 基本的인 性質의 하나이며, tephra의 同定이나 供給源火山推定의 示標로써 效果的이다. 그러나, 類似한 組成을 갖는 다수의 tephra가 있는 경우에는 어떠한 key가 되는 tephra를 重鑛物組成만으로 구별하는 것은 불가능하다. 따라서 記載岩石學的特徵의 記載만으로 同定이 불가능할 경우 몇가지 鑛物의 屈折率特性 등의 實驗室的 方法이 이용되는 것이다.

③ 化學組成의 分析·記載: tephra중 本質物의 全岩化學組成, 特定鑛物의 化學組成이나 微量元素의 含量 등도 tephra의 同定에 이용된다. 더우기 최근에는 分析技術의 진보에 따라 電子線微量分析, 尖光質量分光分析이나 放射化分析, 原子吸光分析 등의 高精度의 신속한 方法이 행해지게 되었다. 여기서 tephra의 同定에는 상기 ①~③의 각 특성이 개개로 독립적인 것이 아니라 종합적으로 判定에 이용되어야 하는 것임은 물론이다.

상기한 tephra 同定法의 試料와 實驗方法 및 Table 1에 정리한 것에 따라 同定法을 설명하면 다음과 같다.

1) 岩石 level의 tephra의 同定

일반적으로 降下 tephra는 安息角 이상의 급사면을 제외하고는 地表를 마치 눈과 같이 덮으며 堆積된다. 그러나 이것은 堆積後의 단기간내에 별개의 물질에 덮혀 埋沒되지 않는 한, 風化나 土壤化, 또는 다른 기원의 粒子와 混交하여 일차적인 堆積相을 상실해 간다. 그러므로 廣域 tephra의 1차적 層相에 가까운 것을 찾아내려던 累積性 tephra가 발달되어 있는 火山 근방이나 靜水域의 堆積物(泥炭層, 湖成層이나 深海底堆積物 등)이 있는 곳이 가장 좋다. 또한 山地의 崖錐, 沖積錐 등지에도 비교적 高純度의 tephra가 보존되어 있는 수가 있다.

대체로, tephra는 發泡物質 (pumice(輕石), scoria(斑晶鑛物을 함유)나 火山 glass片), 遊離斑晶, 石質岩片 등의 混合物이다. 이들 混合의 비율이나 鑛物과 glass의 組合은 개개의 tephra (또는 그 중의 한 unit)가 固有하기 때문에 同定의 자료로써 중요시 되어 왔다. 그러나 이들은 供給源火口로 부터의 거리가 증가함에 따라 淘汰를 받기 때문에 달라지게 된다. 특히 廣域 tephra는 원래 細粒 火山 glass를 다량(95wt% 이상) 포함하고 斑晶鑛物은 적기 때문에 火口로부터 500km 이상 떨어진 곳에서는 斑晶-glass의 比는 아주 적어진다. 이 때문에 斑晶鑛物(重鑛物)의 組成比는 多量의 試料를 일정한 方法으로 처리하지 않으면 高精度를 얻을 수 없다. 또한 重鑛物組成値는 試料處理나 計測方法에 의해서도 상당히 다를 수 있기 때문에 tephra同定の 第一級示標로서는 문제가 있다.

tephra 同定을 하는데 全岩을 대상으로한 化學

分析도 종종 행해지나 상술한 바와 같이 地域에 따라 斑晶의 比率이 다르기 때문에 廣域的인 對比, 同定에 이용하는데에는 문제가 있다. Keller et al.¹⁰⁾은 地中海海底에 堆積되어있는 Y5 tephra에 대한 全岩化學分析에서 Ischia tephra에 對比하였으나, Thunnell, et al.¹¹⁾은 火山 glass의 化學組成을 바탕으로하면 Grey Campanian Ignimbrite에 對比된다고 하는 것이 그 한 예이다. 또한 Rose, et al.¹²⁾은 斑晶-glass比의 地質的變化가 적은 경우 glass質火山灰나 粗粒 pumice가 풍부한 tephra의 對比에는 全岩化學組成이 有效하다고 말하고 있다.

多數의 tephra중에는 unit(member나 bed의 단위)에 의해 鑛物組成이나 特定鑛物의 岩石記載的性質이 달라지는 수가 있다(예: 箱根起源의 KNP-1, 新井外¹³⁾). 그러므로 供給源부근 地域에서 unit마다 鑛物의 組合, 組成比, 斑晶-glass比, 斑晶이나 glass의 性質에 系統的 差異가 있는가 없는가를 확인해 둘 필요가 있다.

2) 鑛物 level의 tephra의 同定

① 火山 glass의 type: Heiken¹⁴⁾이 말한 바와 같이 pumice(輕石)·scoria를 포함한 火山 glass의 type은 magma의 化學組成과 噴化樣式에 따라 달라진다. 廣域 tephra에 나타나는 火山 glass의 type은 發泡機構에 따라 細粒輕石(micropumice) glass와 bubble型 火山 glass(bubble-walled glass)로 2大別된다. 전자만을 함유하는 tephra는 供給源近傍에서는 대체로 plinian噴火에 의해 粗粒降下輕石으로 移行하며 그 예는 극히 많다(table 2중의 鬱陵-隱岐(Ulreung-Oki 火山灰). 후자를 함유하는 type은 Table 2의 始良(Aira) Tn火山灰(AT),

鬼界(Kikai)-Akahoya火山灰(K-Ah), 阿蘇(Aso)-4 火山灰(Aso-4)등 제일급의 廣域 tephra에 공통으로 나타난다. 이 타입의 glass는 극단적인 遲延發泡의 결과 생긴 것으로 생각되며 coignimbrite ash에 많다. 여기서 bubble型 glass는 일반적으로 氣泡의 壁을 이루고 있던 平板狀 또는 曲面狀 glass를 가르키나 氣泡가 작아져 接合부분(junction)이 高密度가 되면 스폰지狀 내지는 纖維狀이 되어 pumice(輕石)型 glass로 移行한다. 여러개의 氣泡의 接合部에 해당하는 bubble型 glass의 破片은 Y字狀 내지는 X字狀의 稜을 이루며 두께도 두껍다. 따라서 bubble型 glass가 風化되면 얇은 平板부분은 早期에 粘土化하여 비교적 두꺼운 glass인 junction部만이 Y字狀 내지는 tetrapod狀을 이루고 남게된다.

② 火山 glass 斑晶鑛物의 屈折率: 火山 glass나 斑晶鑛物은 고유한 光學的 屈折率을 갖는다. 따라서 屈折率의 測定은 tephra의 同定에 있어서 가장 중요한 파라미터의 하나가 된다. 日本의 주요 tephra에 대해서는 다른 性質과 함께 카다로그가 만들어져 있다(新井·町田).¹⁵⁾

이 方法의 장점의 하나는 溫度나 浸液의 精度 등에 엄밀하게 制御된 實驗條件하에서는 적은 量의 試料라도 신속하게 高精度의 測定值를 얻을 수가 있는 점이다. 지금까지 火山 glass의 屈折率 n 외에 斜方輝石 r , 角閃石 n_2 , 長石 n_1 등이 측정되어 왔다. 歐美에서는 당초 잘 利用되었던 屈折率에 의한 同定이 최근에는 비판을 받아 化學分析에 의한 同定으로 바뀌어지고 있다(Kittleman,¹⁶⁾ Westgate and Gorton¹⁷⁾). 그 이유는 잘 測定된 火山 glass의 屈折率 n 의 變위가 비교

- 10) Keller, J., Ryan, W.B.F., Ninkovich, D. and Altherr, R., 1978, "Explosive Volcanic Activity in the Mediterranean over the Past 200,000yr as Recorded in Deep-sea Sediments," *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 89, pp. 591-604.
- 11) Thunnell, R.G., Federman, A.N., Sparks, R.S.J. and Williams, D.F., 1979, "The Age, Origin, and Volcanological Significance of the Y-5 Ash Layer in the Mediterranean," *Quat. Res.*, 12, pp. 241-253.
- 12) Rose, W.I., Hahn, G.A., Drexler, J.W., Malinconico, M.L., Petergan, P.S. and Wunderman, R.L., 1981, "Quaternary Tephra of Northern Central America," in Self and Sparks, *op. cit.*, pp. 193-211.
- 13) 新井房夫·町田洋·杉原重夫, 1977, "南關東における後期更新世の示標テフラ層—特性記載とそれに關連する諸問題—," 第四紀研究, 16, pp. 19-40.
- 14) Heiken, G., 1972, "Morphology and Ptnography of Volcanic Ashes," *Bull., Geol. Soc. Amer.*, 83, pp. 1961-1988.
- 15) 新井房夫·町田洋, 1980, "日本の Tephra Catalogue I—西日本~東北地方の第四紀後期示標tephraの岩石記載の研究—," 輕石學雜誌, No. 6, pp. 65-76.

Table 2. Representative very widespread tephra during the last 70,000 years in and around Japan

Tephra	(1) Age (kyBP) & Dating method	(2) Mode of emplacement	(3) Associated tephras and their sequence	(4) Bulk* volume (km ³)	(5) Volcanic glass Type Refractive index	(6) Phenocrystal minerals
Baegdusan- Tomakomai (B-Tm)	0.8~0.9 Archeology	plinian and/or coignimbrite	pfa→pfl=afa	40~50	pm>bw 1.506~1.516	af $n_1=1.522\sim1.524$
Kikai- Akahoya (K-Ah)	6.3 C-14	coignimbrite	pfa→pfl→ pfl=afa (Koya)	150	bw>pm 1.508~1.514	pl: opx, cpx opx $\gamma=1.709\sim1.712$
Ulreung-Oki (U-Oki)	9.3 C-14	plinian	pfa→pfl	~10	pm 1.514~1.524	af; bi, ho af $n_1=1.521\sim1.524$ ho $n_2=1.730\sim1.741$
Aira-Tn (AT)	21~22 C-14	coignimbrite	pfa→pfl→ (Osumi) pfl=afa (Ito)	300	bw>pm 1.498~1.501	pl; opx, cpx, (ho, qt) opx $\gamma=1.728\sim1.734$
Aso-4	70 Stratigraphy	coignimbrite	pfl=afa	150~	bw>pm 1.506~1.514	pl; ho, opx opx $\gamma=1.699\sim1.701$ ho $n_2=1.685\sim1.691$

pfa, pumice falls; pfl, pyroclastic flows; afa, ash falls; bw, bubble-walled glass shard; pm, pumiceous glass or micropumice; af, alkali feldspar; pl, plagioclase; qt, quartz; opx, orthopyroxene; cpx, clinopyroxene; ho, hornblende; bi, biotite * including associated tephra

적 층과 다수의 珽晶質 tephra의 그것이 1,500~1,510의 사이에 중복되므로 양자의 구별이 어려움기 때문이다. 또한 EMPA(Electron microprobe analysis)등의 신속한 化學分析이 가능하게 된 것등도 하나의 배경이다. 그러나 屈折率에 의한 tephra의 同定에서는 glass의 n值만에 의존하는 것이 아니고 여러가지 鑛物屈折率을 조합하여 異同을 논할 수가 있으며, 또한 試料精製의 過程¹⁶⁾에서 珽晶/glass比¹⁹⁾, 粒度, 鑛物組成 glass의 타입, 色 등 많은 岩石記載的性質이 관찰·기재된다. 따라서 이와 같은 屈折率을 중심으로 한 記載는 상술의 高精度迅速測定의 이점과 아울러 아주 우수한 同定法의 하나라고 생각한다. 廣域 tephra의 경우에는 아주 거리가 먼 遠隔地에서는 상술한 바와 같이 本質珽晶들

의 含量이 현저히 감소한다. 따라서 그들의 屈折率측정은 불가능하거나 低精度가 되기 쉽다. AT의 경우 이의 특징인 高屈折率($r=1.733$)의 斜方輝石을 검출하기 어렵게 되는 것은 供給源으로부터 1,000km 이상 떨어진 지역이다. K-Ah의 경우는 供給源으로부터 700km 이상의 遠隔地에서는 斜方輝石의 측정이 어려워진다.

③ 火山 glass 珽晶鑛物の 化學組成: 既述한 바와 같이 최근 많이 이용되고 있는 tephra同定法의 하나는 最新機器를 구사한 化學分析이다. 그중에서도 대표적인 것은 EPMA에 의한 주요 元素測定(8~10種)과 XRF(X-ray fluorescence analysis)에 의한 주요 元素및 일부 微量元素의 測定(6~20種), INAA(Instrumental neutron

- 16) Kittleman, L.R., 1979, "Geologic Methods in Studies of Quaternary Tephra," in Sheets, P. and Grayson, D.K., eds., *Volcanic Activity and Human Ecology*, Academic Press, pp.49-82.
 17) Westgate, J.A. and Gorton, M.P., 1981, "Correlation Techniques in Tephra Studies," in Self and Sparks, *op. cit.*, pp.73-94.
 18) 試料精製: 試料(약 50g)를 calgon溶液중에서 약한 超音波에 의해 반복세척하여 傾斜法에 의해 火山 glass가 流失되지 않도록 유념하여 粘土分을 완전히 제거한후 蒸發접시에서 건조시킨다.
 19) 火山 glass와 珽晶의 量比: 異物質의 혼입이나 粘土化가 적은 試料만을 대상으로 선정하여 물에 거르고 重液分離法(比重 2.4±)을 병용하여 양자를 분리, 110°C乾燥後 秤量한다. 이 경우의 誤差를 적게하기 위해 試料는 많이 취한다(精製후 약 10g정도).

activation analysis)에 의한 주로 微量元素測定(12~24種)이다. EPMA는 微小領域의 化學分析法이므로 主要試料의 量은 근소해도 좋으며 또한 신속히 高精度의 測定을 행할수 있다. 다른 두방법에서는 500mg정도의 試料를 完全히 純化시키지 않으면 안될뿐 아니라 測定에 시간과 노력을 요한다. 그러나 다수의 微量元素가 定量될수 있는 利點이 있다. 한편, XRF와 INAA에 의한 定量分析의 대상은 주로 火山 glass(또는 全岩)인데 대하여 EMPA는 斑晶에도 적용된다.

測定된 化學組成을 기초로한 tephra간의 類似性を 檢討하는데는 데이터의 관찰의에 몇가지 成分의 含量比(예를들면 Ca, Mg, Fe成分比)의 集中度, 圖表(예를들면 chondrite로 標準화된 稀土類元素의 패턴, Fig. 5)상에서의 比較, 또는 定量値에 대한 分散分析을 하거나, 類似係數나 變異係數를 算出하여 判定하는²⁰⁾ 등의 諸方法이 이용되고 있다. 日本에서도 최근에 EPMA나 INAA에 의해 glass의 化學組成이 밝혀진 tephra가 급증하고 있다. 그 결과 각 tephra는 각각 固有의 特色있는 組成을 갖는 것이 많다는 사실이 밝혀진 동시에 상이한 層準(stratigraphic horizon)의 tephra이나 아주 類似한 化學組成을 갖는 것도 있음이 밝혀졌다. 이밖에 최근에는 火山 glass의 Sr同位體比도 tephra同定에 기여한다는 報告²¹⁾도 있다.

④ 他鑛物 level의 同定法: 強磁性鑛物은 tephra에 포함되어 있는 보편적인 斑晶의 하나로써 風化에 강하다. 그렇기 때문에 그의 化學組成이나 熱磁氣의 性質을 측정할 수 있어 同定을 위한 파라미터의 하나로 종종 이용되어 왔다.^{22,23)} 廣域 tephra의 경우에는 本質的인 強磁性鑛物의 含量은 원래 적기 때문에 遠隔地에서는 他斑晶과 마찬가지로

가지로 점점 적어진다. 만일 遠隔地에서 상당량의 強磁性鑛物이 확인된다면 그것은 混交된 것일 가능성을 否定할 수 없다. 따라서 火山 glass가 부착했거나 그 중에 포함되어 있어 분명히 本質的斑晶이라고 생각되어 지는 것만을 測定對象으로 선정 할 필요가 있다. 이 밖에 최근에는 鑛物의 格子定數値가 測定되어 tephra의 同定에 이용된다는 報告도 있다.²⁴⁾

3) 土壤화된 tephra의 同定

지금까지 비교적 純度가 높고 野外에서 명확히 tephra로 認定될 수 있는 것을 대상으로 논했으나 여기서는 肉眼에 의해서는 tephra의 認定이 불가능한 風化土層으로 부터 特定 tephra를 여러 險出하는가에 대해 언급한다. 물론 전체 조건은 特定 tephra의 標準試料에 대해 많은 파라미터의 特性 賦與가 이루어져 그 tephra의 供給源, 分布域, 層位 등이 判明되어 있지않으면 않된다. 日本本州中部以西의 考古學遺蹟에 있어서는 舊石器遺物의 包倉層에서는 AT를, 繩文早~前期의 遺物包倉層에서는 K-Ah의 層準을 보통 確認할 수가 있다.

우선 試料를 수직으로 될수 있는 한 좁은 間격(5~10cm)으로 상하의 土壤이 섞이지 않게 注意있게 채취한다. 그리하여 試料를 實驗室內에서 신중히 물로 洗淨하여 粘土分을 제거한다. 이 때 分散濟나 超音波洗淨器를 사용하는 수가 많다. 이 작업을 조심하게 하면 同定에 중요한 火山 glass의 대부분을 流失하게 된다. 이렇게해서 얻은 細砂分에 대해 顯微鏡下에서 特定 tephra의 特征적인 火山 glass나 斑晶鑛物의 含量을 조사한다. 이들이 多量으로 포함되어 있는 경우에는 抽出하여 屈折率 등의 岩石記載의 性質을 조사해 豫想되는 特定 tephra와의 異同을 檢

20) Borchardt, G.A., Harward, M.E. and Schmitt, R.A., 1971, "Correlation of Volcanic Ash Deposits by Activation Analysis of Glass Separates," *Quat. Res.* 1, pp.247-260.

21) 倉澤一·石川秀雄·新井房夫·Leeman, W.P., 1983, "桜島·始良噴出物の Sr同位體比と magma進化の Combined processes(演旨)," 火山, 第2集, 27, pp.244-345.

22) Momose, K., Kobayashi, K., Minakawa, K. and Machida, M., 1968, "Identification of Tephra by means of Ferromagnetic Minerals in Pumice," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 46, pp.1275-1292.

23) 庄子貞雄·小林進介·増井淳一, 1974, "火山灰中の 強磁性鑛物의 化學組成と噴出源との 關係について," 岩鏡, 69, pp.110-120.

24) 岡田清·小坂丈子, 1983, "造岩鑛物의 格子常數値를 利用した 火山灰層의 對比의 試み," 火山, 第2集, 27, pp.261-275.

토한다. 그래서 그들의 含量이 極大가 되는 試料의 層準을 堆積層準으로 判定한다. 일반적으로 土壤化된 tephra를 포함한 地層에서는 tephra粒子的 霜이나 生物에 의한 移動은 下方보다도 上方으로 이루어지기 쉽다. 含量의 極大層準으로부터 下方으로는 含量이 急減하는데 대해 上方으로의 減少는 完만하다.

3. 南九州起源 廣域 tephra의 特性

日本에 있어서 tephra編年이 상세하게 이루어진 地域의 하나는 南關東이다. 이 지역에서는 過去 및 40萬年 간에 100枚가 넘는 key tephra層이 識別되어, 그에 대한 상세한 카다로그가 만들어져 왔다. 그 결과 대부분의 南關東 tephra의 供給源火山은 富士山이나 箱根(Hakone)山 등의 근거리에서 있는 火山임이 밝혀졌지만 記載岩石學의 特性이나 粒度 및 層厚의 變化, 分布 등으로 다루어 보아 遠距離 火山에 유래하는 tephra도 Pm-1(御岳), GoP(八方岳)를 비롯하여 여러 종류가 있음이 確認되었다. 그 중에는 동 지역으로부터 1,000여 km나 떨어져 있는 南九州의 始良(Aira) 칼데라와 鬼界(Kikai) 칼데라 起源의 廣域 tephra에 대해서도 상세한 조사보고가 이루어져 있다. 이들 始良의 鬼界-Akahoya tephra는 금번 鬱陵島와 東海岸南部, 濟州島 등지에서도 發見되었다. 본절에서는 이들 tephra의 特性에 관하여 서술하고 그 밖의 白頭山, 阿蘇(Aso) tephra에 관하여도 간단히 언급하고자 한다.

(1) 始良(Aira) Tn火山灰(AT)

始良 火山灰는 南九州 南端 始良칼데라를 供給源으로 하는 日本 제일의 廣域 tephra로서 始良 Tn 火山灰(Aira Tn Ash, 略稱 AT)로 불리워지며, 현재까지 판명된 AT의 陸上에 있어서의 分布域은 北海道와 東北地方 북부를 제외한 本州, 四國, 九州의 거의 全域에 달한다. AT가 덮는 범위는 海底를 포함하여 거의 500,000km²

이상 降下物의 體積은 40~50km³ 이상에 달하는 것으로 추정되어 世界的으로도 第一級에 속하는 규모이다. AT의 噴出時期는 南九州로 부터 東北地方 남부에 이르는 각지에서 AT로 同定된 tephra와 또는 그에 근접한 層準으로부터 ¹⁴C法에 의해 밝혀진 바에 의하면 약간의 차이는 있으나 대체로 2.1~2.2만년전이 중심이 되고 있다. AT를 특징짓는 火山 glass는 無色透明으로 屈折率 n 은 1.4995, (mode) range는 1.4990~1.5005로 극히 좁으며 수반하는 斑晶鑛物은 斜方輝石, 長石, 小量의 角閃石, silicon, 石英 등으로 그중 斜方輝石의 掘折率 r 은 mode가 1.732로 유레가 드문 高掘折率을 나타낸다.

AT의 降下당시는 海面이 현재보다도 훨씬 낮은 位置에 있었다는 것이 각지에서 명확히 인정되고 있는데 예를들면 南九州 남쪽 大隅(Oosmi)半島의 志布志海岸에서는 大隅降下輕石과 入戶(Ido)火碎流堆積物²⁵⁾이 海底로 이어지는 小谷을 메우고 있다. 또한 각지의 河川에는 AT降下당시에 형성된 段丘面(당시의 河床面)이 下流에서는 沖積層의 밑에 埋沒되어 있어 그 당시의 河口는 現海面下 수십m 깊이에 있었던 것으로 생각된다.

AT가 南關東의 立川(Tachigawa) Roam 累層 중 중요한 key層으로 認定되게 된 하나의 계기는 相模野와 武藏野와의 舊石器文化層의 對比라는 考古學상의 問題가 있었던 때 부터로 舊石器文化包含層으로서도 AT는 중요한 의미를 갖고 있다.²⁶⁾

(2) 鬼界(Kikai)-Akahoya火山灰(K-Ah)

鬼界-Akahoya火山灰는 약 6000년전 南九州 남해안의 大隅諸島의 鬼界칼데라로 부터 噴出된 단일 tephra로서 넓게 西日本~中日本 및 北西太平洋 일대에 분포하는 廣域示標層이다. Akahoya 火山灰는 橙黃色 glass質火山灰로 火山 glass가 풍부하고 pumice는 작은 細粒의 火山灰層이다. 중요한 重鑛物은 紫蘇輝石>普通輝石>強磁性鑛

25) 始良 caldera噴出은 주로 大隅降下 pumice와 入戶火碎流로 대표되며 廣域에 분포하는 tephra는 入戶火碎流의 噴出과 거의 동시에 형성된 것으로 判明되었다.

26) 町田洋·新井房夫, 1976, “廣域に分布する火山灰—始良 Tn火山灰の發見とその意義—,” 科學, 46卷 6號, pp. 339-347.

物の組成과 石英등으로 되어있다.

南九州각지에 있어서의 Akahoya 火山灰와 그에 관련된 tephra의 岩石記載의特性은 첫째 降下火山灰와 火碎流堆積物의 基質을 이루는 물질의 대부분은 火山 glass로써 그 型態는 큰 氣泡의 壁을 이루고 있던 얇은 平板狀의 透明~淡褐色 bubble型이 주체이며 여기에 輕石型火山 glass가 동반되고 있다. 또한 幸屋火碎流堆積物과 降下輕石層중의 輕石에는 氣泡量이 극히 많고 비누 거품狀의 外見을 갖는 pumice가 매우 特徵的이다. 둘째 火山 glass의 屈折率은 降下火山灰, 火碎流堆積物, 降下輕石이 모두 1.509~1.513의 range에 속하며 극히 적은 양은 1.498~1.526의 값을 갖는다. 또한 斜方輝石斑晶의 劈開片의 最大屈折率 r 은 거의 1.709~1.711의 mode를 갖는다. 이 밖에 單斜輝石이나 斜長石斑晶의 屈折率도 좁은 range를 갖어九州 각지의 Akahoya 火山灰에서는 거의 同一値를 나타내고 있다.

Akahoya 火山灰는 日本의 高知, 德島, 廣島 平野 등 각지의 沖積層 중에 개재되어 있음이 알려져 沖積層層序研究에 있어 key層으로 이용되고 있다. 高知平野에서는 現海面下 10~22m의 水準에 下位の 第Ⅱ泥質層과 上位의 第Ⅰ泥質層(모두 海成)과의 사이에 끼어있는 第Ⅰ砂層중에 Akahoya 火山灰가 介在되어 있으며 이 層準의 年代는 5480±130YBP로 推定되었다. 이 時期는 後氷期 海進期末의 海面停滯期에 해당하는 것으로 생각되고 있다.²⁷⁾ 즉, Akahoya 火山灰는 沖積層의 이른바 上部泥層중에 介在하여 海進의 極相에 가까운 時期에 堆積된 것으로 推定된다. 따라서 Akahoya 火山灰와 堆積당시의 舊汀線의 高度와 古地理, 火山灰堆積後에 다시금 海面은 上昇했는가, 그 量과 最高海面의 年代 등 完新世海面變化의 問題에 대해 Akahoya 火山灰는 하나의 중요한 key層이 되는 것으로 생각된다.

(3) 阿蘇火山灰와 白頭山 火山灰

阿蘇山은 九州의 中部 熊本(Kumamoto)縣에 있는 높이 1,592m의 活火山으로써 현재에도 噴煙을 분출하고 있다. 廣域 tephra로 알려진 阿蘇火山灰는 Aso-4로 불리우는 것으로 噴出時期는 AT, K-Ah에 비하여 아주 오랜 7만년전으로 알려져 있다. Table 2와 같이 Aso-4의 體積은 150 km³이상 火山 glass의 屈折率은 1.506~1.514이며 다른 火山灰와 다른 점은 斑晶含量이 많은 것이 특징이다. 供給源으로 부터 1,400km이상 떨어진 地點에서도 glass외에 角閃石, 斜方輝石 斑晶의 屈折率을 測定하여 同定에 이용할 수 있다.²⁸⁾

白頭山 tephra는 東海底와 日本에서는 東北地方 북부로 부터 北海道에 걸친 地域에서 日本의 平安時代 후기의 土師器·須惠器나 擦文土器 등의 遺物 포함층 중에 薄層으로 出現하여 이를 白頭山-苦小牧(Tomakomai) 火山灰(B-Tm)²⁹⁾로 命名하였다.

B-Tm의 噴出時代는 10世紀경으로 부터 13世紀의 사이인 것은 틀림없으나 아직 特定되어 있지 않다. 이 tephra는 韓半島 북부의 高麗時代의 文化編年 및 日本의 그 것과의 關係 등을 밝히는데 중요한 열쇠가 될 것임에 틀림이 없다.

한편 東海의 日本隱岐(Oki)堆부근의 海底堆積物(pistoncore)과 福井縣三方町 島浜(Torihama) 貝塚의 繩文早期押型文土器包含層 중에 알칼리 岩質의 灰白色 火山灰薄層이 발견되었으며 그 후 近畿地方의 大阪南港, 深泥池, 琵琶(Biwa)湖, 余吳(Yogo)湖 등의 海成層·湖成層 중에서도 檢出되었는데 이 tephra의 供給源은 鬱陵島로 ¹⁴C測年에 의하면 噴出時期는 약 9,300년임이 밝혀졌으며^{30,31)} 이를 鬱陵-隱岐 火山灰(U-Oki)로 命名하였다. U-Oki의 發見은 本研究調査의 직접적인 동기가 되었으며 그에 관하여는 제 5 장

27) 甲藤次郎·西和彦, 1972, “高知平野の地形と沖積層,” 地質學論集, No. 7, pp. 137-143.

28) 町田洋·新井房夫·百瀬貢, 1982, “阿蘇火山灰の分布と層位·年代(演旨),” 火山, 第2集, 27, p. 151-152.

29) 町田洋·新井房夫·森脇廣, 1981, “日本海を渡ってきた tephra,” 科學, 51, pp. 562-569.

30) 町田洋外, 1981, 前掲書.

31) 新井房夫·大場忠道·北里洋·堀部純男·町田洋, 1981, “後期 第四紀における日本海の古環境—tephrochronology—, 有孔蟲群集解析, 酸素同位體比法による—,” 第四紀研究, 20, pp. 209-230.

에서 詳述한다.

4. 韓半島와 濟州島에서 發見된 南九州起源 廣域 tephra

전장에서도 언급한 바와 같이 南九州의 巨大 caldera, 鬼界(Kikai)와 始良(Aira)로 부터 噴出된 鬼界-Akahoya(K-Ah)와 始良 Tn火山灰(AT)의 分布의 廣域性은 日本列島の 陸上 뿐만 아니라 日本列島 주변의 海底에서 채취된 pistoncore를 檢索 한 결과 이들 tephra가 海底에도 널리 分布하고 있음이 밝혀졌다.³²⁾ 특히 東海에서는 AT는 거의 全域에 걸쳐 확인되고(두께 20cm 이하, 現海底로 부터 2~5m 깊이), K-Ah는 東海南부에서 薄層이기는 하나 檢出되었다(두께 5cm 이하, 깊이 2.5m 이내). 이러한 情報를 기초로 한다면 양 tephra는 韓半島에도 降下堆積 되었을 것이 豫상된다. AT는 最終氷期最盛初期(21,000~22,000YBP), K-Ah는 後氷期 H-yphithermal期(6,300YBP)에 각각 噴出된 것으로 判明되었으므로 序論에서 이야기 한바와 같이 韓半島에서도 發見된다면 이들은 最終氷期 이래의 地史나 考古學編年 나아가서는 tephra의 噴出運搬機構를 考察하는데에도 도움이 될 것으로 생각된다.

(1) tephra의 同定

tephra同定法의 일반론은 2장에서 서술하였으므로 本研究의 조사 結果만을 略述한다. 韓半島는 이들 tephra의 供給源의 北北西~西北西方向으로 400km 이상 떨어져 있기 때문에 tephra降下後의 被覆조건이 아주 좋은 곳이 아니면 土壤化가 行하지 않기 때문에 野外에서 tephra層을 同定하는 것은 불가능에 가까울 것으로 豫상된다. 本調査에서 野外에서 觀察이 가능했던 것은 鬱陵島에 있어서 새로운 tephra가 피복되어 있는 조건인 곳 뿐이었다(5장에서 詳述).

이와같은 地域에서는 地形·地質의으로 이들 tephra가 降下堆積되어 있을 것으로 생각되는 地點에서 試錐 등에 의해 試料를 垂直的으로 될 수

있는 한 좁은 간격(10cm 정도)으로 상·하의 토양이 섞이지 않도록 주의 깊게 채취하였다. 그 다음 試料를 신중히 물에 걸러서 粘土分을 제거 하였으며 이 때分散劑나 超音波洗淨器를 사용하였다. 이 작업을 조잡하게 하면 同定에 중요한 火山glass의 대부분을 流失하게 된다. 이렇게 하여 얻어진 細砂에 대하여 顯微鏡下에 特定 tephra의 特徵인 火山 glass나 斑晶鑛物의 含量을 조사, 이들이 많이 포함되어 있는 경우에는 추출하여 屈折率 등의 岩石記載의 性質을 조사해 標準이 되는 特定 tephra의 그것과의 異同을 검토하였다. 그리하여 그것들의 含量이 極大가 되는 試料의 層準을 堆積層準으로 최종 判定하였다.

그런데 주대상인 AT와 K-Ah는 본래 火山 glass가 극히 풍부한 tephra이다. 火山 glass는 모두 bubble型(glass球가 破碎되어 板狀, 曲面狀, 泡의 接合部의 Y字狀을 이룸)이며 AT는 無色透明으로 약간 厚味가 있는데 대해 K-Ah의 그것은 淡褐色으로 着色된 얇은 glass片이다. 屈折率은 AT가 1.498~1.501(mode 1,500), K-Ah가 1.508~1.512(mode 1,510)이다. glass片이 附着되었거나, glass로 둘러싸인 本質斑晶이 發見되는 경우에는 그것의 性質도 同定에 중요한 기준이 되나, tephra의 分布主軸으로 부터 먼 韓半島에서는 本質斑晶은 거의 確認되지 않았다.

本調査에서 半島部와 濟州島에서 發見確認된 tephra는 K-Ah가 2地點, AT가 4地點이다. Fig. 1은 그 柱狀圖를 나타낸다. 각 柱狀圖의 番號는 本文중의 地點番號이다. 寫眞 1은 火山 glass片의 顯微鏡寫眞이다.

(2) 鬼界-Akahoya 火山灰(K-Ah)

地點 1: 浦項市 북부 延日郡長面, 海拔 약 5m 의 沖積低地

여기에서 試錐를 한 결과 깊이 3m까지는 泥炭質의 暗灰色粘土로 되어있으며 그 중 깊이 2.5~2.75m의 試料 중에 K-Ah와 類似한 火山 glass片이 發見되었다.

地點 2: 西歸浦市西烘里 Maar底, 海拔 약 55m.

32) 新井房井外, 1981, 前掲書.

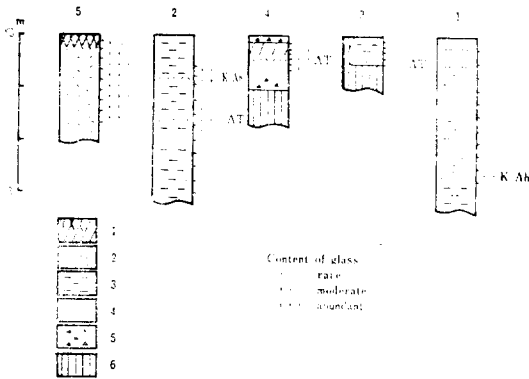


Fig. 1. Columnar section of Southern Kyushu origin tephra

1. humic soil, 2. soil including ash particles
3. silt, 4. sand, 5. debris, 6. basement

西歸浦市 서쪽 三梅峰 북쪽 직경 약 600~700 m의 maar底는 논으로 이용되고 있으며 중앙에는 작은 火口丘가 형성되어 二重火山을 이루고 있다. 이 곳 maar는 약 150년 전까지 연못이었다고 한다. 이곳에서 試錐를 한 결과 깊이 3m

까지의 下部는 灰褐色의 砂가 섞인 粘土, 1.7~1.8m에 固結된 砂層을 層재하고, 그 상부는 暗灰色粘土를 이루고 있다. 그 중 깊이 60~90cm의 土層에 K-Ah와 類似한 火山 glass片(屈折率 n 1.508~1.509)이 發見되었다. 그 下位에서는 AT도 確認되었다(Fig. 1. 柱狀圖 2).

(3) 始良 Tn火山灰(AT)

地點 3: 慶南彦陽面盤谷里的 盤龜臺遺跡

이 곳은 太和江의 支流인 三政川에 만들어진 泗淵 潭의 上流測 右岸에 있는 岩刻遺跡이다. 각아지른 듯한 中生界岩壁에 壁畫가 새겨져 있고 그 하부의 notch狀의 岩陰에 두께 50cm정도의 褐色細砂~silt層이 堆積되어 있다. 그 最下部에 AT와 아주 흡사한 bubble型 火山 glass片이 含有되어 있다. 이 遺跡은 初期金屬時代의 것으로 생각되어 지나 장차 發屈에 의해 AT와 層位關係를 갖는 遺物도 發見 될 가능성이 있다.

地點 4: 慶南 西生面 新岩里的 新岩里遺跡

이 곳은 新岩里 岬락내의 臺地上에 있는 隆起

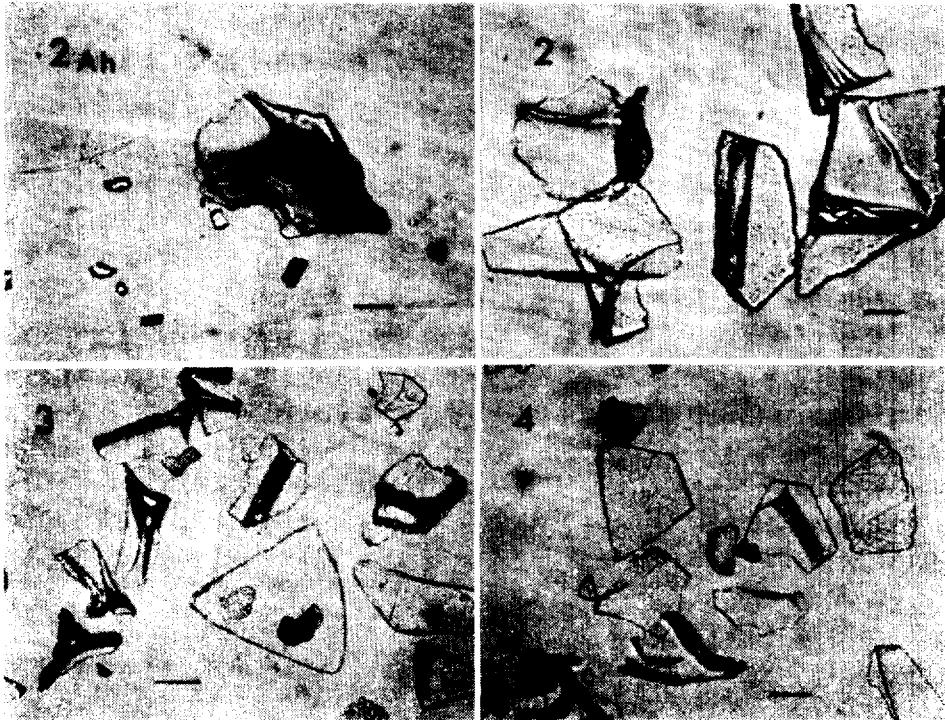


Photo. 1. Microscopic features of K-Ah and AT ash are found in Korea. 2Ah, K-Ah ash; 2, 3 and 4, AT ash Number 2, 3, corresponds to Fig. 1; Scale bars are 0.1mm.

線文土器가 發掘되었던 地點이다. 花崗岩의 위에 그의 風化層(마사土) 및 花崗岩砂를 포함한 褐色土가 얇게 놓여있다. AT의 火山 glass가 다량으로 포함되고 있는 것은 褐色土의 下部이다. 火山 glass의 屈折率은 1.498~1.509(mode 1.498~1.501)이다. AT의 火山 glass가 主體이나 高屈折率의 glass는 K-Ah 由來의 가능성이 있다. 여기서는 土器의 產出層과 tephra와의 관계는 確認되지 않았다. 앞으로 人爲에 의한 土層의 攪亂이 심하지 않은 곳에서의 發掘에 의해 tephra의 意味가 밝혀 질 것을 기대하고 싶다.

地點 2: 西洪里 Marr底의 AT

진술한 maar底의 試錐코어에서는 깊이 1.5~1.7m에서 채취한 試料에 多量의 AT 火山 glass가 포함되어 있다. 屈折率은 1.498~1.501(mode 1.499~1.500)이다. 이것으로 미루어 marr의 形成時代는 2.2만년전 보다 오래 된 것이다.

地點 5: 濟州道畜産開發牧場道路邊

濟州市로부터 西歸浦로 가는 第2橫斷道路(99번도) 邊 海拔 460m의 草地帶의 이 露頭에는 두께 1.5m여의 灰黃褐色 loess狀의 土層이 있다. 이 土層전체에 tephra起源의 火山 glass와 鑛物(角閃石, 單斜輝石, 橄藍石, 鐵鑛物)이 아주 多量으로 포함되어 있다. 그 중 이들 粒子가 비교적 많이 함유되어 있는 그 層準에 대하여 火山 glass의 屈折率을 測定해 본 바 上位(깊이 50~65cm)에서는 1.498~1.508(淡褐色의 것은 1.507~1.508)로 下位(깊이 1m 전후)에서는 1.498~1.501이 었다. 이 사실로 보아 AT의 火山 glass가 포함되어 있는 것은 確實하게 되었으나 含量의 피-크가 되는 層準이 불명확 하기 때문에 그 降下堆積層準의 결정은 보류하고자한다. 앞으로 보다 下位의 地層의 探索이 필요하리라 본다.

한편 전체가 하나의 楯狀火山을 이루고 있는 濟州島에는 奇生火山을 포함하여 火山으로 부터 噴出한 tephra는 아주 적고 그 분포도 火口 주

변 수 km의 좁은 범위에 한정되어 있다.

5. 鬱陵島 tephra

鬱陵島 起源의 tephra가 東海底와 日本列島의 數個地點에서 發見되어 그의 年代가 약 9,300 YBP, 이름을 鬱陵-隱岐火山灰(U-Oki)라고 한 것은 前述하였다.

鬱陵火山에 대해서는 이미 Harumoto^{33,34)}와 金永璉外³⁵⁾에 의해 斜面을 덮고 있는 粗面岩質 降下輕石이 記載되고 있다. 그러나 이 tephra의 性狀이나 層序에 대해서는 불명확한점이 많기때문에 上記 U-Oki와의 관련에 대해서는 자세한 야외조사나 tephra의 分析이 필요하다.

그러므로 금번 鬱陵島調査의 직접적인 目的은 U-Oki 供給源의 確認과 噴出機構의 해명, 그 위에 鬱陵火山의 最近의 活動史를 밝히는데 있다. 噴出物의 層序나 年代의 研究에 있어서는 앞으로 記述하는 바와 같이 年代既知의 南九州 起源의 廣域 tephra인 始良 火山灰와 鬼界-Akahoya火山灰의 檢出 結果를 이용했다.

(1) 鬱陵火山의 地形·地質概要

韓半島의 東海岸으로 부터 140km의 東海上에 있는 鬱陵島는 直徑 30km, 全高 3,000m에 달하는 大型火山의 中度 이상이 海面상에 나타나 있는 火山島이다. 섬의 크기는 12×10km이며 제일 높은 聖人峰은 海拔 983m에 달한다. 섬은 깎아지른 듯한 海食崖로 둘러 쌓이고 深谷이 이 火山을 開析하고 있으나 곳곳에 溶岩流의 堆積面이 mesa狀으로 남아 있다. 또한 섬 중앙의 약간 북쪽에는 羅里盆地라고 하는 直徑 3.5km의 caldera가 있으며 그의 北西部에 新鮮한 地形을 갖고 있는 中央火口丘, 알봉이 형성되어 있다.

Harumoto^{36,37)}에 의하면 火山活動은 5期로 나누어 진다. I期부터 III期까지는 多量의 玄武岩

33) Harumoto, A., 1959, Geologic Map of Utsuryoto Island.

34) Harumoto, A., 1970, Volcanic Rocks and Associated Rocks of Utsuryoto Island, 京都大學理學部 地質鑛物學教室內 春本篤夫 教授退官記念事業會, p. 39.

35) 金永璉·金相旭, 1977, 鬱陵島의 應用地質, 慶尙北道, p. 59.

36) Harumoto, *op. cit.*

37) Harumoto, *op. cit.*

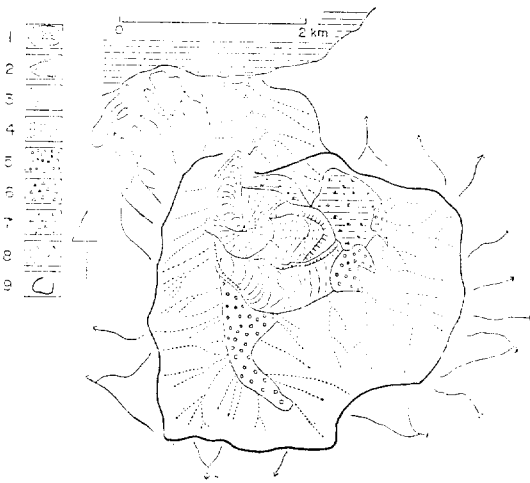


Fig. 2. Geologic sketch map of Nari caldera in Ulreung island

1. cinder cone; 2. younger lava; 3. pyroclastic flow deposit; 4. older lava; 5. alluvial fan; 6. mudflow; 7. lacustrine deposit; 8. valley; 9. caldera rim

質 magma의 噴出에 의해 火山島의 基礎를 굳히는 活動, 爆發的인 活動을 受반하는 粗面岩質 magma의 分출에 의한 大型火山의 形成, 다시 粗面岩과 phonolite質 magma의 噴出들이 2回の 活動休止期를 거치면서 反覆되었고 그 후 caldera가 형성되어 그 가운데에 中央火口丘 알봉이 이루어졌으며(Ⅳ期), Ⅴ期에는 또다시 爆發的인 活動이 일어나 多量의 輕石(pumice)과 火山礫이 全島를 덮고 最後로 北東部의 山腹噴火에 의해 粗面安山岩質溶岩이 流出되었다고 한다.

여기서 새로운 時期(Ⅳ期과 Ⅴ期)의 活動에 대하여 問題가 되는 것은 caldera形成의 체계가 된 사건이 不明하며 또한 輕石噴火의 火口나 그것에 의해 생성된 地形이 明確히 밝혀지지 않은 점이다. caldera와 中央火口丘의 形成이 輕石噴火보다 먼저 일어났다고 한다면 그것은 異例的인 것이 될 것이다.

Fig. 2는 航空寫眞判讀에 의해 그린 羅里 Caldera와 알봉中央火口丘를 중심으로 한 地域의 스케치 地圖이다. caldera壁은 開析이 현저하기 때문에 caldera의 緣邊을 이은 稜線은 多角形을 이

룬다. 그러나 航空寫眞에 의하면 caldera底의 外緣은 거의 圓形(직경 약 2km)을 나타내 新期의 caldera의 대체적인 모양을 示唆해 주고 있다.

알봉中央火口丘는 碎屑丘와 2枚의 溶岩流로 構成되어 있다. 碎屑丘의 西麓으로부터 流出된 溶岩流는 溶岩表面의 주름살 모양이 현저하며 caldera의 南部를 메우고 있다. 이에 의하여 남쪽으로 부터 流下하던 골짜기가 堰止되어 작은 平地가 이루어 지므로 caldera底는 高度가 다른 2개의 盆地로 分斷되었다. 多田³⁸⁾는 이 caldera내에 2段의 火口가 있다고 하였으나 그것은 진짜 火口는 아니다. 한편 알봉의 頂上火口로부터 噴出된 高粘性의 溶岩은 頂上의 突起를 이루면서 북쪽으로 흘러나 火口瀨의 도중에서 斷崖를 이루면서 停止해 버렸다.

Harumoto³⁹⁾의 地質圖에는 알봉頂上部나 溶岩流의 위에 Ⅳ期의 輕石·火山灰가 덮여있다고 지적되어 있다. 그러나 本調査에서는 분명히 caldera壁이나 羅里盆地에는 降下輕石이나 그의 二次의 堆積物이 존재하지만 前記 中央火口丘와 溶岩流를 덮고있지는 않은 것이 밝혀졌다. 또한 Ⅴ期(最新期)의 噴出物이라고 한 北東部의 粗面安山岩質溶岩流는 側火口로부터 噴出하여 谷을 메운 것이 아니라 古溶岩의 일부가 골짜기의 侵食으로 露出된 것으로 보인다. 따라서 알봉中央火口丘는 鬱陵火山에 있어서 最新의 火山活動의 所産임을 알 수 있다. 또한 輕石은 先行된 噴火사이클의 爆發的인 活動에 의해 생성된 것이다.

(2) 鬱陵火山의 tephra

1) 始良 Tn火山灰와 鬼界-Akahoya火山灰에 의한 基本層序의 確立

전술한 Ⅰ期부터 Ⅲ期까지의 火山噴出物은 주로 溶岩이나 火山角礫岩으로 이루어져 있으며 그 사이에 降下輕石(pumice)이나 火碎流堆積物은 거의 관찰되지 않는다. 그러나 이들 溶岩流의 堆積面이나 谷斜面 중 비교적 緩斜面 部分에는 降下輕石層이 나타난다. 섬의 南東部의 道洞이나 芋洞 부근에는 두께 4m여의 降下輕石이 한 層

38) 多田文男, 1936, 朝鮮의 火山, 地理教育(昭和11年 9月號), pp. 1-10.

39) Harumoto, *op. cit.*

밖에 堆積되어 있지 않으나 北東部로 가면 複數의 降下 tephra層이 인정된다. 또한 北岸의 平里 부근에는 적어도 2 unit의 火碎流堆積物이 臺地를 構成하고 있다. 이와 같이 Ⅲ期의 火山活動 이후 休止期를 거쳐 鬱陵火山의 活動은 대단히 爆發的으로 되었다고 생각된다.

Fig. 3은 섬내의 代表的인 tephra 柱狀圖이다. tephra를 保存하고 있는 平坦面은 이 섬에서는 극히 한정되어 있기 때문에 有意義한 露頭는 많지 않다. 그러나 概括的으로는 섬의 東半部地域에서는 다른 方向의 地域 보다도 tephra의 두께, 粒度, 枚數 등이 多大하다. 標準이 되는 tephra 層序는 北東部の 竹島와 石圃洞(中央火口丘로부터 東北東으로 약 5km)에서 얻을 수 있었다 (Fig. 3, 4의 Loc. 82.7~2).

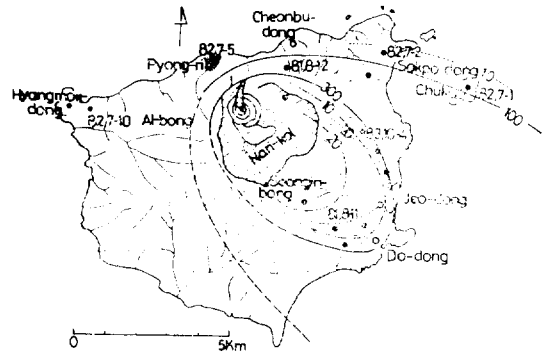


Fig. 4. Thickness (solid and broken line), maximum pumice size (dotted line), maximum lithic size (dash dotted line) for the U-2 pumice deposit and localities of columnar sections shown in Fig. 3 (cm)

石圃洞國民學校校庭에서는 Ⅲ期溶岩流의 위에

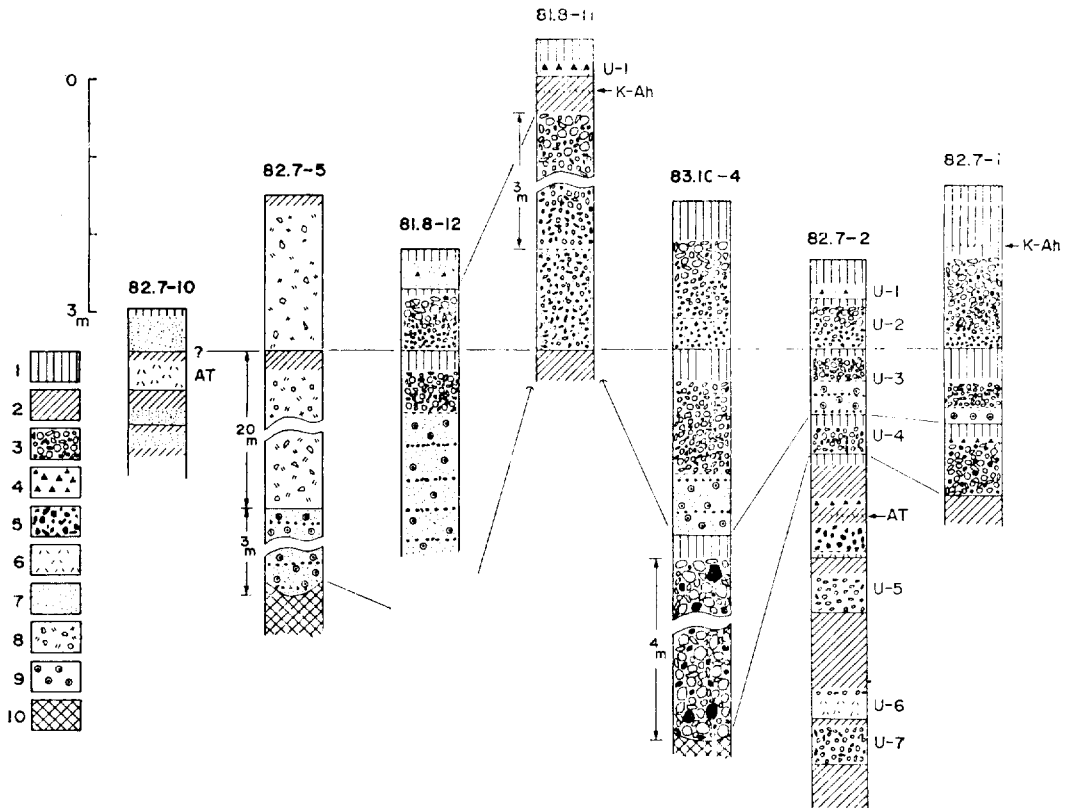


Fig. 3. Lithostratigraphic correlation of tephra in Ulreung island

1. blackish humic soil; 2. brownish soil; 3. pumice; 4. scoria; 5. lithic fragment; 6. vitric ash; 7. lithic and pumiceous ash; 8. pyroclastic flow deposit; 9. accretionary lapilli; 10. basement; Localities are shown in Fig. 4.

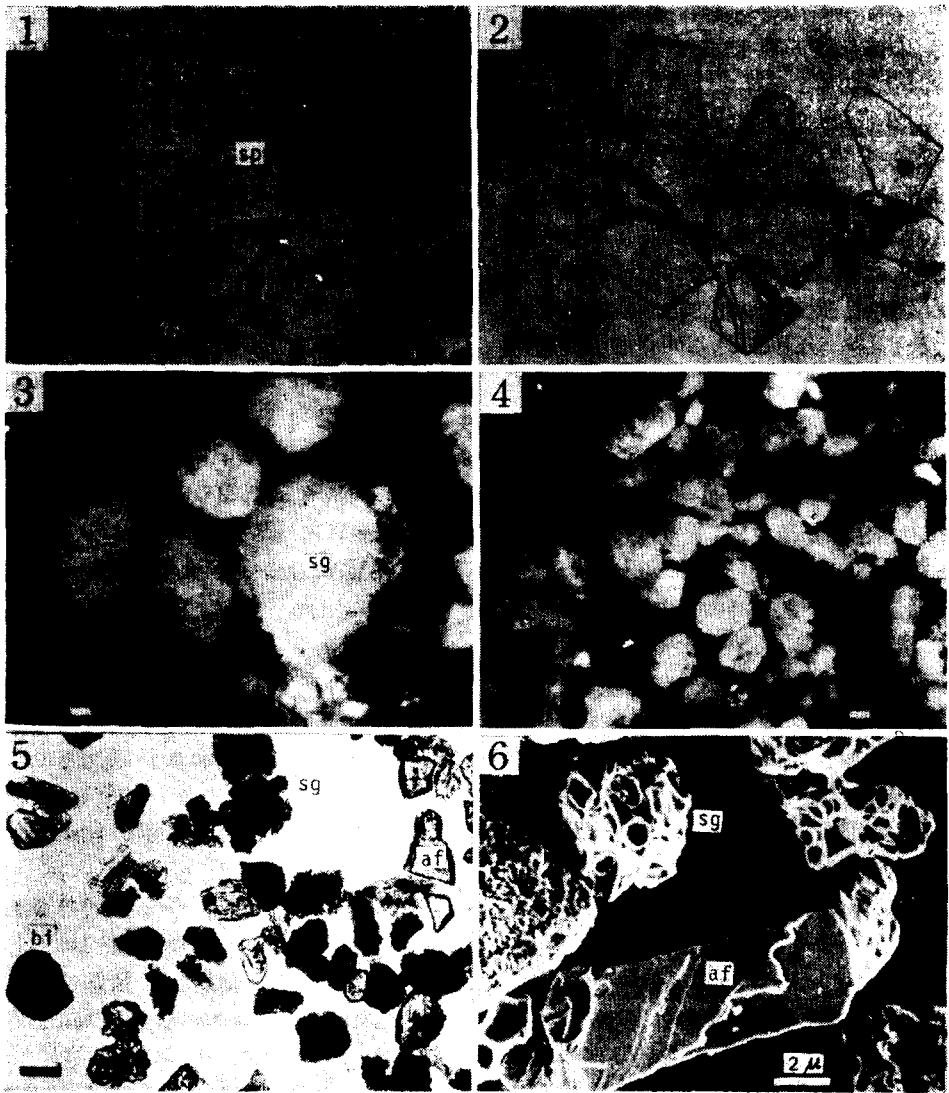


Photo. 2. Microscopic features of the Ulreung tephtras and related ashes

1. volcanic glass of the Aira-Tn ash between U-4 and U-5 at Sokpo-dong(82.7-2); 2. volcanic glass of Kikai-Akahoya ash between U-1 and U-2 at To-dong(81.8-11); 3. micropumice of the U-Oki ash in the piston core KH77-3-M3; 4. micropumice of the U-Oki ash in the piston core KH-77-3-M2; 5. micropumice and phenocrysts of the U-Oki ash at Torihama; 6. SEM image of tephra clasts for U-Oki ash; sp, sponge spicule; sg, spongy pumiceous glass; af, alkali feldspar; bi, biotite; Scale bars for photos 1 from 5 are 0.1mm.

적어도 7枚의 降下輕石層을 주체로 한 tephra群이 놓여 있다. 그 중 上部 4層은 비교적 신선한 輕石과 火山灰 및 scoria로 이루어 졌으나 下位의 3層은 상당히 風化된 輕石으로 되었다. 그들 사이에는 두껍고 보다 粘土化된 火山灰土가 있다. 이들 7枚의 降下輕石層은 모두 鬱陵火山의 噴出物인 것이 분명하므로 上位로부터 U-1, U-

2, ...U-7의 記號로 呼稱한다.

이들 降下輕石層은 어떤 것도 發泡度가 中程度의 輕石으로 黑雲母, 角閃石, 單斜輝石, 알카리長石 등을 含有하나(상세한 것은 後述) 이들의 중간에 있는 腐食이 섞인 火山灰土 中에는 外來의 것으로 생각되는 bubble型 火山 glass片이 포함되어 있다. 石圃洞露頭에서 이 火山 glass가

가장 많이 함유되어 降下堆積의 層準으로 볼 수 있는 것은 U-4와 U-5의 중간에 있는 火山灰土의 最下部(野外에서는 핑크색土壤의 下位에 있는 灰白色의 火山灰土)이다. (Fig. 3 柱狀圖 82.7~2의 AT라고 한 부분). 이것은 좁은 간격으로 채취한 試料를 實驗室에서 물에 걸러서 乾燥, 檢鏡하여 火山 glass의 含量을 상이한 層準의 것과 比較하여 얻은 結果이다. 이 火山 glass는 最大粒徑 0.5mm의 板狀 glass, 曲面 glass내지 泡와 泡의 接合部の 破片으로 보여지는 Y字型的 glass로 되어 있으며(寫眞 2의 1) 屈折率은 1.499~1.501(mode 1,500)이다. 이것은 종래에 알려진 日本列島와 그 주변에 分布하는 tephra 중에서는 始良 Tn火山灰(AT)의 그것과 극히 類似하다. 그 위에 이 層準으로부터는 AT特有의 高屈折率(r 1.7322)을 나타내는 斜方輝石의 微細結晶이나 鬱陵火山의 tephra에는 결핍되어 있는 斜長石도 多量으로 檢出된다. AT는 東海各地의 海底堆積物 중에서 檢出되고 있어 그 分布로 보아 鬱陵島에도 分布하고 있을 것이 當然히 豫想된다.⁴⁰⁾ 이같은 점으로 보아 上記 火山 glass 密集層은 AT로 볼 수가 있다.

또한, 섬의 西端에 있는 香木灯臺 부근에서는 上位로부터 2枚째에 있는 灰白色火山灰가 AT이다. (Fig. 3, 82.7~10).

한편, U-1과 U-2의 중간에 있는 腐食質火山灰土 중에도 淡色の bulle型 火山 glass가 確認되었다(사진 2의 2). 이 火山 glass의 屈折率은 1.508~1.512로 鬼界-Akahoya火山灰(K-Ah)의 그것과 일치된다. 이 火山灰도 本島 주변의 海底堆積物 중에서 薄層이지만 檢出되고 있다.⁴¹⁾

AT는 ¹⁴C法으로 21,000~22,000YBP에 K-Ah는 약 6,300YBP에 각각 噴出된 것이 밝혀져 있으므로 鬱陵火山의 U-2~U-4로 나타내지는 plinian噴火는 그 사이에 반복되어진 것임을 알 수 있다. 단, AT를 포함하는 火山灰土의 土壤化의 程度는 上位의 3輕石層의 사이에 끼어있는 土層이 그것에 비해 현저하기 때문에 AT降下堆積 이후 U-4의 噴火까지의 기간은 상대적으로 長期間이었던 것으로 豫想된다.

또한, 石圍洞에서는 AT를 포함하는 火山灰土로부터 多量の 海綿骨針이 檢出되었다(사진 2의 1). 그 含量은 AT直上に 많고 U-4直下에는 약간 적어진다. 海綿骨針은 岩石海岸보다는 모래海岸 일수록 많이 만들어져 陸上에 吹送되어지는 것으로 생각되어지므로 그 당시는 현재와 같은 海蝕이 격심한 海岸과는 달리 砂礫海岸이 形成되었었던 것으로 생각된다. 이것은 AT와 U-4와의 사이의 時期가 最終氷期の 低海面期에 해당하는 것으로 생각되는 것과 整合的이다.

2) 鬱陵降下 tephra의 層序와 諸特性

먼저 前記한 模式地에 있어서 U-1, U-2 등, 鬱陵火山起源의 降下 tephra의 層序, 岩相, 岩石記載의 特性을 記述한다(Table 3).

全般的으로 鬱陵降下 tephra의 特色은 알카리 岩質의 鑛物組成이나 化學組成을 갖는다. U1~U7의 그것들은 상호 類似하나 subalkali 岩質의 日本列島の tephra의 그것과는 현저하게 다르다. 鑛物組成의 點에서는 알카리 長石, 黑雲母, 角閃石(kaersutite閃石), 濃綠色長柱狀의 單斜輝石이 이들 tephra에 특징적으로 포함되어 있다. 또한 後述하는 바와 같이 輕石 glass의 化學組成으로는 粗面岩質 tephra라고 할 수 있다.

U-1: 鬱陵 tephra群 중에서 가장 新期の 活動에 의한 降下火山灰와 scoria層이다. 섬의 東半部の 黑色土 중에 薄層으로 發見된다. 下半部는 灰黑色의 固結된 cement狀火山灰로 上半部는 發泡度가 낮은 粗粒의 scoria, 石質岩片 등으로 되어 있다. 전체적으로 石質岩片의 비율이 많다. 輕石粒도 약간 포함되었으며 輕石 glass의 屈折率은 range 1.512~1.524로 넓은 편이다. 中央火口丘 알봉을 구성하는 噴石이나 溶岩과 U-1과의 관계는 직접 확인되지는 않았으나 모두 鬼界-Akahoya火山灰의 上位에 있는 層位로 볼 때 U-1은 알봉形成期(의 初期)의 爆發的活動(水蒸氣爆發)의 產物일 가능성이 크다.

U-2: U-1~U-4의 新期降下 tephra群 중 가장 두껍고 넓게 分布하는 降下輕石이다. 多數의 unit로 이루어졌으나 전반적으로 逆級化(reverse gr-

40) 新井房夫外, 1981, 前掲書.

41) 上掲書.

Table 3. Petrographic characteristics for Ulreung tephra and related ashes

Sample	Max. diameter (min)	Mineral composition	Refractive index		
			volcanic glass (n)	alkali feldspar (n_1)	amphibole (n_2)
Loc 82.7-1, 2					
U-1	2	fine lithic clasts. am, bi; af	1.512~1.524	—	—
K-Ah	0.5	—	1.508~1.512	—	—
U-2	130	upper am>bi, cpx>mt; af	1.518~1.523	1.522~1.524	1.728~1.740
		middle am≧bi, cpx, mt; af	1.519~1.524	1.522~1.524	1.726~1.737
		lower am≧bi, cpx, mt; af	1.518~1.523	1.522~1.524	1.725~1.740
U-3	60	upper bi>cpx>am>mt;af	1.520~1.523	1.522~1.524	1.715~1.726
		middle do	1.519~1.523	1.522~1.524	1.722~1.736
		lower do	1.518~1.523	1.521~1.524	1.723~1.736
U-4	130	upper cpx>bi>am≥mt; af	1.519~1.523	1.522~1.524	—
		middle cpx>am≥bi≥mt; af	1.519~1.523	1.522~1.523	1.730~1.738
		lower cpx≧am>bi, mt; af	1.519~1.523	1.520~1.524	1.726~1.735
AT	0.5	—	1.498~1.501	opx γ 1.730~1.734	—
U-5	—	am>mt>cpx, bi; af	—	1.522~1.524	1.728~1.740
U-6	40	am>mt, bi; af	—	1.522~1.524	1.718~1.723
U-7	—	am>mt; af	—	1.521~1.524	1.728~1.740
Loc. 81.8-11					
U-2	100	upper cpx>bi≥am, mt; af	1.522~1.525	1.521~1.524	1.729~1.734
		middle am>bi>cpx, mt; af	1.520~1.522	1.521~1.524	1.730~1.739
		lower am≧cpx, bi, mt; af	1.520~1.522	1.521~1.524	1.728~1.736
U-Oki					
KH 77-3-M3	1.5	bi, am; af	1.514~1.525	1.522~1.524	—
KH 82-4-23	5.0	do	1.518~1.523	1.523	—
KH 82-4-15	0.6	do	1.519~1.524	1.522~1.524	—
KH 82-4-17	0.5	do	1.518~1.523	1.522~1.524	—
KH 82-4-25	0.5	do	1.518~1.523	1.523	—
KH 77-3-M2	0.5	do	1.517~1.524	1.521~1.524	1.730~1.741
KT 79-6-19	0.3	do	1.516~1.524	1.522~1.525	—
P-124	0.2	do	1.518~1.524	1.521~1.524	—
KH 79-3-C3	0.2	do	1.516~1.523	1.522~1.524	—
U-Oki					
Torihama	0.2	bi, am; af	1.520~1.524	1.523	—
Yogo-ko	0.2	do	1.521~1.525	1.522~1.524	—
Mizorogaike	0.1	do	1.522~1.525	1.523	—
Osaka	0.1	do	1.522~1.525	1.522	—

am, amphibole; bi, biotite; cpx, clinopyroxene; opx, orthopyroxene; mt, magnetite; af, alkali feldspar

ading)를 이루며 上部일 수록 粗粒輕石을 이룬다. 石質岩片은 비교적 적다. 輕石 glass의 屈折率은 unit에 따라 변함없이 1.518~1.524이다. 含有 重鑛物로 가장 우세한 것은 角閃石(劈開片의 屈折率 n_2 1.725~1.740)이나 下部로부터 上

部로 갈 수록 含量은 차차 減少된다. 이어서 黑雲母와 單斜輝石이 確認되나 그의 含量은 上部로 갈 수록 증가한다. 本 tephra는 caldera로 부터 東南東 方向으로 두겹고(竹島에서 1m, 葶洞이나 道洞에서는 4m를 넘는다). 葶洞·道洞 附近에

서는 本層만이 基盤의 風化火山岩斜面을 덮고 있다(Fig. 3, 82.7-11). 이 tephra의 等厚線, 等粒 度線은 Fig. 4와 같다. 또한 caldera壁을 덮고 있기 때문에 이 tephra의 噴出前에 caldera壁은 形成되어 있었음을 알 수 있다.

U-3: 下部에 이 tephra를 特色짓는 火山豆石(pisolite, 직경 5~7mm)을 多量 포함한 火山灰(細粒輕石과 互層)가 있다. 上部는 石質岩片이 약간 많은 粗粒輕石이다. 下部層은 5層 이상, 上部層은 3層 이상의 unit로 나누어진다. (輕石 glass의 屈折率은 1.517~1.526). 가장 우세한 重鑛物은 黑雲母로 單斜輝石, 角閃石이 그 다음이다. 角閃石劈開片屈折率은 n_2 1.715~1.736(上部 unit에서 약간 낮다)이다. 下部의 火山豆石層은 caldera 北東方에서 보다 두껍다(Fig. 3, 81.8-12.). 또한 전체적으로도 分布主軸은 東北東 방향으로 생각된다. 이 tephra는 後述하는 바와 같이 火碎流堆積物을 끼고 있다. 岩相과 層序로 보아 水蒸氣 plinian 噴火로 시작되어 火碎流噴火으로 移行했던 特徵的活動의 產物이라고 할 수 있다.

U-4: 아주 粗大한 灰色石質岩片을 多量으로 含有한 灰白色輕石을 主體로 하는 降下輕石으로 그의 最上部에 灰黑色降下 scoria의 薄層을 얻고 있다. 輕石 glass의 屈折率은 1.519~1.523, 重鑛物은 下部에서는 角閃石이 우세하고 單斜輝石, 黑雲母의 順이나 上部로 감에 따라 單斜輝石과 黑雲母가 우세해 진다. 이러한 특징은 U-2의 그것과 유사하다. 角閃石劈開片屈折率 n_2 1.728~1.736. 本 tephra는 caldera中央으로부터 東으로 약 4km 떨어진 地點(Fig. 3의 83.10-4)에서 두께 4m에 달한다. 이와 같이 섬의 東부로부터 北東部に 걸쳐 두껍게 分布하고 南東部에도 分布가 豫想되나 아직 確認되지 않고있다.

또한, 鬱陵 tephra는 U-1~U-4가 모두 斑晶으로 알카리長石을 포함하고 있다. 그 屈折率 n_1 은 1.520~1.524(mode 1.523)으로 tephra에 따른 差異는 보이지 않는다.

U-5~U-7: 모두 風化된 黃내지 橙色의 降下輕石이다. 이들의 岩石記載의 性質은 Table 3에

나타나 있다. 注目되는 것은 U-5가 角閃石 含量이 가장 높은 점 및 U-7이 輕石의 斑晶量이 극히 적은 점등이다.

3) 鬱陵降下 tephra의 化學組成

鬱陵降下 tephra群 중 U-2, U-3, U-4와 U-Oki 및 鬼界-Akahoya火山灰, 始良Tn 火山灰와 白頭山-苦小牧(Tomakomai) 火山灰를 비교하기 위해 그들 火山 glass의 主成分組成을 나타낸 것이 Table 4이다.

또한 Fig. 5에는 이들의 稀土類元素 含量을 chondrite隕石의 값으로 規格化시킨 것을 나타내었다. 전자는 東京大學海洋研究所의 X線 micro-analyser에 의해, 후자는 放射化分析에 의해 구하였다.

全體的으로 U-2, U-4, U-Oki의 火山 glass의 組成은 아주 비슷하다. 主成分組成에서는 SiO₂ 약 60%, Na₂O와 K₂O는 거의 等量이 포함되어 함하여 13~14%로 극히 많다. Al₂O₃도 19~20%로써 다른 3 tephra보다 훨씬 많다. subalkali岩質의 2 tephra와는 전혀 다르나 같은 大陸系의 白頭山 苦小牧火山灰와도 크게 다르다.

稀土類元素의 組成에서도 U-2~U-4, U-Oki는 다른 3 tephra와 크게 다른 것을 알 수 있다. 즉, 輕稀土類元素(La부터 Sm)의 存在度 패턴이 가장 急勾配로 La의 濃度는 白頭山-苦小牧火山灰의 그것에 가깝다. 또한 重稀土類元素(Tb, Yb)는 九州起源의 2 tephra와 같은 정도의 濃度로 패턴은 아주 緩勾配이다. 그 밖에 圖示되어 있지 않으나 K, Rb, Th, U, Ta가 풍부하고 Sr, Sc는 적은 것은 白頭山-苦小牧火山灰에서도 共通되며 이는 大陸火山起源 tephra의 하나의 特色이라 할 수 있다.⁴²⁾

그러나 U-2, U-3, U-4 각각의 化學組成에 의한 識別은 主成分에 있어서도 稀土類元素組成에 있어서도 매우 어렵다. Table 3에서는 TiO₂, MgO, CaO의 3가지 成分含量이 적은 점에서 U-2와 다른 2 tephra와 有意한 差가 있는 것으로 보이며 또한 Fig. 5에서는 Eu나 重稀土類元素含量에 差異가 있는 것같이 보인다. 그러나 測定誤差나 각 tephra의 unit에 의한 相違를 고려한다면 이

42) 福岡孝昭, 1983, "日本海海底 tephra의 微量元素組成," 昭和 57年度 科研費研究報告, 日本列島 周邊의 深海底堆積物の分析を中心とした第四紀火山活動と氣候變動の研究, pp. 39-42.

Table 4. Average glass composition of Ulreung-Oki, Kikai-Akahoya, Aira-Tn and Baegdusan-Tm ashes by the microprobe technique, (weight per cent).

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MgO	CaO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	total	N ₂
Ulreung-2											
upper	60.19	0.38	19.83	3.09	0.22	1.31	0.14	6.48	7.24	98.87	22
middle	60.16	0.36	19.33	3.11	0.20	1.37	0.16	6.18	7.12	98.01	10
lower	61.09	0.28	20.29	2.89	0.11	1.43	0.15	5.17	7.67	99.66	30
Ulreung-3											
middle	60.21	0.60	19.07	2.92	0.35	1.59	0.15	7.01	6.02	97.92	11
lower	60.92	0.49	19.84	2.76	0.26	1.45	0.13	6.83	6.75	99.44	27
Ulreung-4											
middle	60.35	0.42	19.62	2.97	0.24	1.47	0.14	6.49	6.69	98.40	13
lower	59.74	0.10	20.35	3.41	0.01	0.82	0.24	5.21	9.90	99.80	2
Ulreung-Oki ash											
KH77-3-M3	59.87	0.58	19.37	2.88	0.36	1.83	0.11	6.86	6.69	98.37	10
KH82-4-17	60.31	0.49	19.55	2.63	0.26	1.49	0.13	6.65	6.85	98.39	26
Torihamama	59.30	0.47	19.09	2.94	0.36	1.45	0.16	5.90	6.36	96.02	3
Osaka	59.77	0.51	19.69	2.84	0.37	1.56	0.14	6.16	6.31	97.38	14
Kikai-Akahoya ash											
KH82-4-17	73.78	0.51	12.93	2.39	0.49	2.00	0.07	2.76	3.54	98.48	22
KH82-4-14	73.56	0.53	13.11	2.41	0.51	2.09	0.08	2.67	3.29	98.23	19
Aira-Tn ash											
KH82-4-17	74.40	0.12	11.72	1.17	0.13	1.03	0.04	3.23	3.17	95.04	33
KH82-4-14	75.00	0.12	11.76	1.18	0.13	1.06	0.04	3.16	3.36	95.85	27
82.7-10	74.15	0.12	11.40	1.19	0.13	1.03	0.05	3.01	3.07	94.17	29
Baegdusan-Tm ash											
St. 6913	74.07	0.21	10.20	3.97	0.01	0.20	0.06	4.11	4.37	97.20	7
KH79-3-C2	73.62	0.22	10.44	4.17	0.02	0.25	0.06	4.14	4.61	97.53	12

Ulreung-2, 3 and 4 tephros are sampled at Loc. 82.7-1.

것은 有意한 差라고 할수 없을 것같이 생각된다.

4) 火碎流堆積物

Fig. 4에 나타난바와같이 섬의 북쪽 海岸의 일부 平里에는 小規模이나 火碎流臺積物이 分布한다. 火碎流는 caldera緣邊의 北西部로 부터 北方에 있는 錐山의 허리를 돌아서 流下하였으며 그 대부분은 海底에 分布하고 있다. 火碎流堆積物은 腐食質火山灰土에 의해 2層으로 나누어진다. 下位의 것은 두께 25m이상의 灰白色非溶結로 약간의 層理를 갖는다. 그下部에 火山豆石을 主體로 하는 降下火山灰(U-3의 下部)가 있는 것으로 보아 U-3噴火싸이클의 火碎流堆積物로 생각된다. 또한 上部에는 降下 scoria의 薄層을 層재하고 있다. 上位의 火碎流堆積物은 두께 2~3m의

薄層으로 역시 層理를 갖는다. 명료한 降下輕石層은 확인되지 않으나 層序와 岩相으로 보아 U-2 噴火싸이클의 噴出物로 생각된다.

이상과 같이 火碎流堆積物은 아직 극히 좁은 範圍밖에는 觀察되고 있지 않으나 금후의 調査에 의해 다른 地域에서도 發見될 가능성이 있을 것으로 생각된다.

5) 東海南部로 부터 日本近畿地方에 分布하는 鬱陵-隱岐(Oki) 火山灰(U-Oki)

Fig. 6은 지금까지 判明된 U-Oki의 分布地點을 나타낸다. 分布軸은 鬱陵島로 부터 東南東 방향으로 연장되어 있는 것으로 생각된다.

Fig. 7은 이들 分布地點 중 대표적인 것의 柱狀圖이다. 이에 의하면 U-Oki는 K-Ah(鬼界-

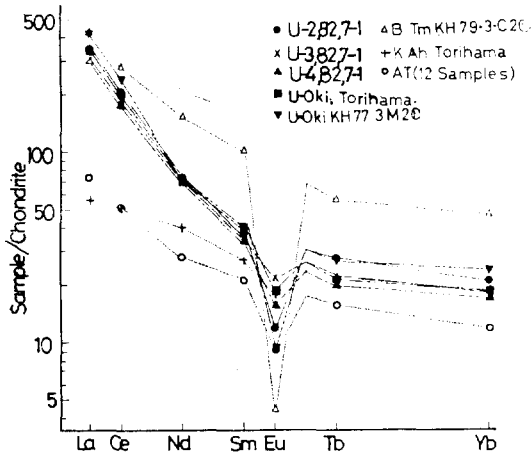


Fig. 5. Chondrite normalised rare earth patterns for selected tephra layers

Akahoya火山灰와 AT(始良 Tn火山灰)의 間層 중 K-Ah에 극히 가까운 層準(stratigraphic horizon)을 접하고 있음을 알 수 있으며 鳥浜(Torihamma)遺跡이나 大阪南港에서 얻은 9,300 YBP라고 하는 이 tephra의 ^{14}C 年^{43,44)}은 이들 層位와 整合的이다.

Tables 3, 4 및 Fig. 5에 나타난 각지의 U-Oki의 岩石記載의 性質과 같이 U-Oki는 알카리長石, 角閃石(Kaersutite 閃石), 黑雲母 등을 本質斑晶으로 含有하고 輕石 glass의 알카리含量이 현저히 높은 값을 보이며 粗面岩質 tephra도 鬱陵 tephra群과 아주 흡사하며 鬱陵火山 起源인 것은 확실하다.

그렇다면 U-Oki는 前述한 U-2, U-3, U-4의 어떤것에 對比되는 것일까? 鬱陵島에서 이들의 類別에 중요한 역할을 하고있는 粒度나 重鑛物 組成의 上下方向의 變化 및 石質岩片含量 등의 特色은 遠隔地의 tephra에서는 示標로서는 어렵다. 그것은 U-Oki가 모두 細粒(5~0.1mm)으로 되었을 뿐 아니라 薄層을 이루기 때문이다. 또한 屈折率特性, 主成分, 稀土類元素含量 등도 상호 유사하기 때문에 特定을 위한 示標로써는 어렵다. 이와 같이 U-Oki와 U-2~U-4와의 對比는 岩質상으로는 結論이 어렵다. 그러나 分布狀況

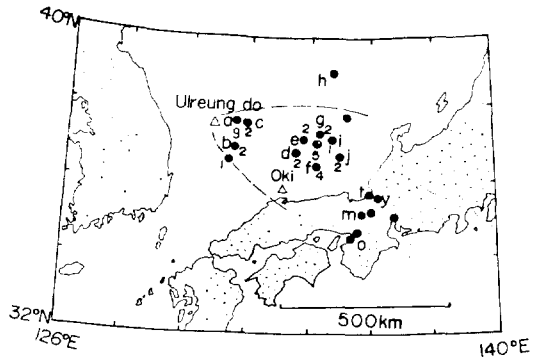


Fig. 6. Localities of the U-Oki ash which has been identified

The numerals shows the thickness in cm. A-J, piston core in Fig. 7; T, Torihama; Y, Yogo lake; M, Mizorogaike; O, south port of Osaka.

(Fig. 4, 6), 大容積 tephra인 점 및 層位의 類似性(K-Ah의 직하)의 觀點에서는 U-2가 U-Oki의 對比候補로써 가장 有力하다고 할 수 있다.

鬱陵島 東方의 海域에 있어서 피스톤코어로부터 AT이상의 層準에서 發見된 鬱陵起源다운 tephra는 모든 경우 1層뿐이다(Fig. 7). 그러나 U-3, U-4도 분명히 주변 海底에 堆積했음을 틀림이 없다. 그렇게 본다면 Fig. 6의 U-Oki로 한 것의 一部(특히 鬱陵島 東方海域의 코어에서 檢出된 것)에는 U-2가 아니고 U-3나 U-4로 이어지는 것도 포함되어 있을지도 모른다. 금후 鬱陵島 동쪽 海底(100km 이내)의 堆積物을 채취하여 상세히 檢討해 볼 필요가 있다.

(3) 鬱陵火山의 第四紀後期の 活動

1) 鬱陵新期 tephra群의 噴出樣式과 火山地形의 變化

약 21,000~22,000회전의 始良Tn火山灰의 降下堆積후 數千年의 間격을 두고 시작되었던 U-4를 形成한 噴火는 降下輕石 탄을 낸 전형적인 plinian噴火였었다. 그러므로 tephra중에 輕石片보다도 大型의 石質岩片이 多量으로 포함되어 있는 점을 보면 이 噴火로 火道나 火口壁은 크

43) 鳥浜貝塚研究 그룹, 1979, "鳥浜貝塚," 福井縣教育, p. 216.

44) Maeda, Y., 1976, "The Sea Level Changes of Osaka Bay from 12,000 B.P. to 6,000 B.P.," *Jour. Geosci., Osaka City Univ*, 20, pp. 43-58.

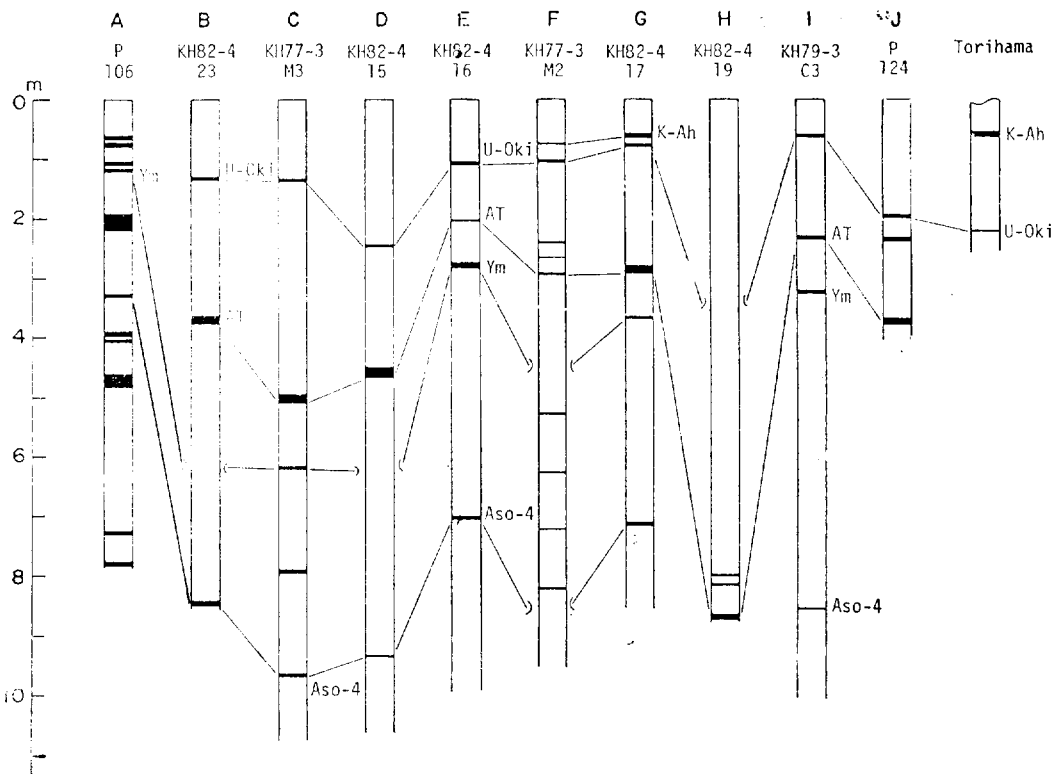


Fig. 7. Columnar sections of piston cores shown in Fig. 6

K-Ah, Kikai-Akahoya ash; U-Oki, Ulreung-Oki ash; AT, Aira-Tn ash; Ym, Yamato ash; Aso-4, Aso-4 ash

게 붕괴되어 小 caldera가 形成되었던 것으로 생각된다. 단 현재의 羅里 caldera전체가 이 噴火로 일시에 생성된 것은 아닐 것 같으며 U-4에 앞서 U-5~U-7등의 降下輕石이 있으므로 多數回の 爆發的 噴火로 여러번 caldera地形이 修飾된 것으로 생각된다.

U-3의 噴火에서는 水蒸氣 plinian噴火가 先行되어 多量の 細粒 tephra를 생산, 火山豆石을 形成시켰다. 이어서 降下輕石과 火碎流를 내는 噴火가 일어났다. 水蒸氣 plinian噴火는 噴火전에 湖水가 形成되어 있었던 것을 示唆한다. U-4의 噴火에 의해 생긴 小 caldera내에는 湖水가 出現한 것이리라. 그리하여 U-3사이클의 噴火로 caldera底는 점점 넓어졌던 것으로 推定된다.

약 9,300년전으로 推定되는 U-2를 가져온 噴火는 小型의 plinian噴火로 부터 점차 大型 plinian噴火에로 移行되었다. 그 사이에(또는 後期) 비교적 소규모의 火碎流도 생겼다. 高空에 上昇

된 噴煙柱는 西北西의 卓越風을 타고 600km의 먼곳까지 현저한 降灰를 가져왔다. 이 堆積物이 U-Oki라고 생각된다.

U-1의 噴火는 약 6,300년 전의 鬼界-Akahoya 火山灰의 降下後 약간의 時間 間격을 두고 發生했다. 噴火는 前3者에 비해 爆發的이 아닌 strombolian噴火였었다고 생각된다. 알봉碎屑丘와 2枚의 溶岩流는 이 噴火사이클에 의해 形成된 것으로 생각된다. 또한 U-1下部層은 미세하게 破碎된 岩片을 主로하는 火山灰로써 水蒸氣爆發이 先行했던 것으로 생각된다. 그러므로 이 噴火 직전에는 水蒸氣爆發을 誘發할 만한 caldera湖가 形成되어 있었을지도 모른다.

이와 같이 鬱陵火山은 1萬數千年前 이래 4회라는 대규모 活動이 일어났다. 最新의 U-1의 上位에 놓여진 黑色土의 두께나 成熟度로 보아 2,000~3,000년전 보다 오래되었을 가능성이 있다. 한편 이들 活動은 모두 羅里 caldera內에서 發生

하였으며 側火口の 活動의 證據는 현재로서는 發見되지 않는다.

2) 鬱陵火山의 古期活動에 관한 問題

新井外⁴⁵⁾는 鬱陵島 東方의 넓은 海域의 피스톤코어로부터 역시 鬱陵火山起源으로 생각되는 大和(Yamato)火山灰(Ym)을 記述하였다. tephra의 名稱은 分布地인 大和海盆에 기인한다. 이것은 始良 Tn火山灰의 下位, 阿蘇-4 火山灰의 上位에 있어 대체로 25,000~35,000년전경에 噴出した 것으로 생각되고 있다.

大和火山灰는 주로 灰白色의 細粒輕石(glass의 屈折率 n_1 1.521~1.524)으로 되어 알카리長石(n_1 1.522)의 微細片 이외에 角閃石(Kaersutite)閃石, n_2 1.729土)과 극히 소량의 黑雲母를 포함하고 있다. 層位나 岩質로 보아 本稿에서 記述한 鬱陵 tephra群 중 U-5, U-6, U-7의 어떤 것인가에 本 tephra가 對比될 可能性이 높다.

始良 Tn火山灰보다 下位에 있는 鬱陵古期 tephra는 本稿에서는 겨우 3枚를 記述한데 불과하다. 그러나 鬱陵島 東方 약 60~90km의 海底에서 채취한 피스톤코어 P106(37°35.7'N, 131°33.4'E)나 KH77-3-M3(37°34.6'N, 131°58.9'E)에는 阿蘇-4火山灰의 上下에 複數의 粗面岩質火山灰가 끼어있다. 특히 P106에는 阿蘇-4火山灰(產出된 깊이: 329~332cm)의 上位에(AT나 K-Ah는 未確認) 大和火山灰로 생각되는 것을 포함하여 4層, 下位에서 깊이 785cm까지의 사이에 역시 4層의 알카리長石을 含有하는 鬱陵火山 또는 獨島火山起源으로 생각되는 粗面岩質 tephra가 識別된다(Fig. 7. 新井·町田⁴⁶⁾의 Table 2).

이와같은 사실을 기초로 할때 鬱陵火山의 爆發的噴火는 本稿에서 주로 對象으로 한 過去 2萬年間に 그치지 않고 그 이전부터 상당히 高頻度로 계속되었다는 것이 확실해 진다.

新井外⁴⁷⁾가 指摘한 것과 같이 U-Oki는 東海의 水溫·鹽分이 對馬暖流의 流入에 의해 크게 變化하기 직전에 噴出した다고 하는 特異한 時期를 알리는 示標層이다. 이와 같은 海洋 古環境의

變遷은 당연히 更新世에는 몇번이고 일어났으리라. 古時代의 堆積物에까지 도달하는 피스톤코어(예를들면 P106등)에는 보다 풍부한 記錄이 保存되어 있을 것임이 틀림없다. 그 時代의 눈금으로서의 역할을 하는 것은 역시 鬱陵 tephra群과 九州 등지에서 飛散되어 온 廣域 tephra일 것이다. 이같은 방대한 記錄의 解析은 앞으로 남은 課題이다.

6. 結 論

tephra가 編年上의 優秀한 時間示標層이라는 側面에서 重視되어 온 것은 주지의 사실이나 韓國에 있어서는 이에 관한 研究報告가 아직 이루어지지 않고 있는 實情에서 本研究의 결과 廣域 tephra로써 좋은 指標가 되고 있는 始良 Tn火山灰(AT)와 鬼界-Akahoya(K-Ah) 火山灰가 韓半島에서 發見되고 아울러 鬱陵島 tephra의 岩石記載의 性質이 밝혀지고 同定된 것은 앞으로 이分野의 研究 뿐만 아니라 第四紀學과 관련된 諸分野의 研究를 위해 매우 큰 意義가 있을 것으로 사료된다.

즉, AT의 發見은 韓國에 있어서 最終氷期の 河成段丘의 決定, loess層序, 植生變遷史, 舊石器編年 등의 地形發達史나 考古學編년에 많은 도움이 될 것으로 기대된다. K-Ah의 發見은 韓國에 있어서 後氷期の 海成層, 植生變遷史, 新石器時代土器 등의 編年問題 해결에 도움이 될 것이며 특히 橢圓土器는 西日本에 있어서 會畑(sobata)式土器(九州에서는 K-Ah의 直上の 文化層에서 出土)의 “뿌리”라고 생각되므로 韓國에서 발견된 K-Ah와의 層位關係는 日本考古學에 있어서도 흥미가 깊다.

本 調査에서 確認된 鬱陵火山 tephra群은 第3期溶岩流上에 降下輕石層을 主體로 하는 7枚의 tephra로 構成되었으며 이를 위로 부터 U_1U_2 ... U_7 이라 할 때 U_4 와 U_5 사이에 AT thepra가 U_1 과 U_2 의 사이에는 K-Ah가 나타난다. 따라서 AT가

45) 新井房夫外, 1981, 前掲書.

46) 新井房夫·町田洋, 1983, “日本列島周邊の 深海底 tephra catalogue,” 昭和 57年 科研費研究報告, 日本列島周邊の 深海底堆積物の分析を中心とした第四紀火山活動と氣候變動の 研究, pp. 7-34.

47) 新井房夫外, 1981, 前掲書.

降下堆積된 21,000~22,000年 이전에 $U_5 \sim U_7$ 이, K-Ah가 降下堆積된 6,300年 이전에 $U_2 \sim U_4$ 가 堆積된 것으로 推定된다.

즉, 大爆發의 plinian噴火는 羅里盆地를 중심으로 여러번 일어 났으며(U_4 이래 4회)이들은 水蒸氣 plinian噴火에 의한 火山豆石을 포함하여 降下輕石(pumice), 火碎流를 噴出し켰다. 한편, 最終 降下 tephra인 U_1 의 噴火는 약 6,300년 전의 鬼界-Akahoya火山灰의 降下 후 약간의 時間間격을 거쳐 strombolian噴火에 의해 생성된 것으로 생각되며 알봉碎屑丘와 2枚의 溶岩流는 이 噴火싸이클에 의해 形成된 것으로 推定된다. 그리고 最新의 $U-1$ 의 上位에 놓여진 黑色土의 두께나 成熟度 등으로 보아 마지막 活動은 적어도 2,000~3,000年 전 보다 오래되었을 가능성이 있다. 이 밖에 鬱陵火山의 古期活動에 의한 것으로 생각되는 tephra가 東海底에 AT下位와

Aso-4 上·下位에 多數枚($U_5 \sim U_7$ 을 포함 그 이전의 것으로 보이는 數枚의 火山灰)堆積되어 있으므로 앞으로 이에 관한 研究가 필요하다.

즉, 鬱陵 tephra群의 記錄은 九州起源의 tephra와 함께 東海의 古環境變遷을 알수 있는 示標層으로서 매우 중요한 課題를 남겨 주고 있는 것이다.

앞으로 韓國에 있어서 AT. K-Ah tephra는 今回の 調査地域 이외의 곳에도 分布 할 가능성이 클 것이므로 이들 tephra의 確認에는 먼저 泥炭層이나 湖成層 등과 같이 tephra가 一次的으로 殘存되어 있기 쉬운 地層부터 注目할 필요가 있다.

本 研究結果의 報告를 마치면서 앞으로 韓日兩國의 地理學이 긴밀한 유대를 맺어 보다 活潑한 共同研究가 계속 이루어 질 수 있기를 全筆者들은 바라는 바이다.

Late Quaternary Volcanic Ashes of Southern Kyushu Origin and Widespread Tephros in Ulreung, Korea

Hiroshi Machida,* Fusao Arai,** Byong-sul Lee*** and Hiroshi Moriwaki*

Summary

This paper mainly gives an overview about the findings of southern Kyushu origin of widespread tephros in the South Korean peninsula, and the late Quaternary eruptive history of Ulreung volcano based on tephra studies in Ulreung island.

The two time-marker tephros of Kyushu origin, the Aira-Tn ash (AT, 22,000–21,000 YBP) and the Kikai-Akahoya ash (K-Ah, 6,300YBP), are found within the soils in the southeastern part of the peninsula and in Cheju island.

Kikai-Akahoya ash is recognized at the two outcrops in the southeastern part of the Korean peninsula and in Cheju island. Its stratigraphic relationship is shown on the columnar section number 1 and 2 in Fig. 1. Aira-Tn ash(AT) is found at four localities in the southeastern part of the Korean peninsula and in Cheju island, and its stratigraphic relationship is shown on the columnar section number 2, 3 and 4 in Fig. 1.

As a result of microprobe technique, the reflective index of K-Ah volcanic glass flakes ranges from 1.508 to 1.509 (mode value). And that of AT ranges from 1.498 to 1.509 (mode). The finding of these two tephros has a great

significance in volcanology as well as Quaternary research on the sealevel change, the vegetation evolution, the loess stratigraphy and the archeological chronology etc. in Korea.

Ulreung island is a large Quaternary strato-volcano situated 130km off the eastern coast of the Korean peninsula. Though the volcano has been considerably dissected, it has a remarkable caldera with a longer diameter of 3.5km and a central cone. The caldera has had a series of silicic tephra eruptions, forming a sequence of airfall and airflow deposits in late Quaternary. At least seven coarse grained airfall units are discriminated and named from upper so lower as U-1, U-2, ... and U-7.

Approximate dating of these tephros is possible because the two timemarker tephros of Kyushu origin are found within the soils between the pumice falls: the Aira-Tn ash between U-4 and U-5 and the Kikai-Akahoya ash between U-1 and U-2.

These Ulreung tephros are trachytic in composition, containing considerable amounts of alkali feldspar, kaersutite, biotite and clinopyroxene as phenocrysts. Chemical composition of pumiceous glass for these tephros is completely different from that of such subalkalic tephros as AT and K-Ah, etc. However, compositional variation from layer to layer is too small to be distinguished.

Geography, Korean Geographical Society, No. 29, pp.48-71, 1984.

* Professor (Doctor in Science), Tokyo Metropolitan University.

** Professor (Doctor in Science), Kunma University.

*** Associate Professor (Doctor in Science), Seoul National University.

In the late Quaternary age before ca. 22,000 YBP, many plinian type eruptions took place producing such pumice falls as U-5, 6 and 7, which are not well preserved in the island due to erosion but in abyssal sediments in the East Sea (Japan Sea). The three pumice falls, U-2, 3 and 4, recognized between the AT and K-Ah ashes were respectively formed by plinian, phreatoplinian and plinian eruptions. The latter two are associated with pyroclastic flow deposits. These multicyclic explosive volcanism should result in the formation of caldera.

Of the younger three tephra, the U-2 seems to represent the largest recent eruption of the

caldera. Distribution and stratigraphic position of this tephra indicates that the U-2 can be correlated with the U-Oki ash. Three radiocarbon dates of ca. 9,300 YBP were obtained at the Torihama site and south port of Osaka for this ash. The U-Oki or U-2 is used as an excellent time-marker in analyzing paleo-sea level and paleo-oceanographic environments in the Japan Sea.

The youngest activity of Ulreung volcano took place several thousand years after 6,300 YBP, forming the U-1 scoria falls, Albong cinder cone in Nari caldera and lava flows.