

## 일본 후지산의 감쇠구조

정 태 웅<sup>1)</sup>, 조나단 리스<sup>2)</sup>, 요시모토 카즈오<sup>3)</sup>,  
후지타 에이스케<sup>4)</sup>, 우카와 모토오<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>세종대학교 지구환경과학과, chungtw@sejong.ac.kr

<sup>2)</sup>노스캐롤라이나대학 지구과학과

<sup>3)</sup>요코하마시립대 국제융합과학과

<sup>4)</sup>일본 국립방재연구소(NIED)

## Attenuation Structure of the Mt. Fuji Region, Japan

Tae Woong Chung<sup>1)</sup>, Jonathan M. Lees<sup>2)</sup>, Kazuo Yoshimoto<sup>3)</sup>,  
Eisuke Fujita<sup>4)</sup>, Motoo Ukawa<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> Sejong University, Seoul 143-747, Korea

<sup>2)</sup>University of North Carolina at Chapel Hill, NC 27599, USA

<sup>3)</sup>Yokohama City University, Yokohama 236-0027, Japan

<sup>4)</sup>National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention,  
Ibaraki 305-0006, Japan

**요약 :** 일본 후지산은 역사적, 지질학적, 그리고 최근의 지진학적 징후로부터 화산활동의 재개에 의한 재해가능성이 있어 화산감시연구가 집중되고 있다. 후지산 감시활동의 일환으로 축적된 방대한 주변지역 지진자료를 바탕으로 단일산란모델에 의한 코다감쇠상수( $Q_C^{-1}$ )와 다중시간창분석에 의한 고유 및 산란감쇠상수 ( $Q_i^{-1}$ ,  $Q_s^{-1}$ )를 측정하였다. 본 연구는 후지산 아래에 존재하는 것으로 여겨지고 있는 용암체의 감쇠구조에 초점을 맞추기 위해 정상에서 반경 5km 이내의 지대를 지진파가 통과하는 ‘후지산 근방’, 지진파 통과지역이 모두 반경 20 km 바깥인 ‘먼 후지산’으로 자료를 분류하였다. 본 연구는 자료가 풍부하여 비교적 작은 오차범위를 나타내고 있는데, ‘후지산 근방’의 모든 감쇠상수  $Q^{-1}$ 는 ‘먼 후지산’에 비해 컸으며, 두 지대 공히 고주파 영역에서의  $Q_i^{-1}$  값은  $Q_s^{-1}$  값에 비해 높은 값이었다. 그러나, ‘후지산 근방’의  $Q_i^{-1}$  값은 다른 화산지역에 비해 낮았는데, 이는 하와이화산과 같은 활동적인 화산에 비해 용융도의 비율이 낮거나 마그마활동이 덜한 것으로 해석된다.

**주요어 :** 코다감쇠상수, 고유 및 산란감쇠상수, 다중시간창분석, 후지산근방, 먼 후지산, 화산  
**Abstract :** Mount Fuji is the focus of intense study because of its potential hazard

signaled by seismic, geologic and historical activity. Based on extensive seismic data recorded in the vicinity of Mt. Fuji, coda quality factor ( $Q_C^{-1}$ ) using a single scattering model hypothesis, and intrinsic and scattering quality factor ( $Q_i^{-1}$  and  $Q_s^{-1}$ ) using the Multiple Lapse Time Window Analysis (MLTW) method was measured. To focus the study on the magmatic structure below Mt. Fuji, to the data were separated into two groups: a near-Fuji region of rays traversing an area with radius 5 km around the summit ( $R < 5$  km), and a far-Fuji region of rays beyond a radius of 20 km around the summit ( $R > 20$  km). The results of the study have a small error range due to the large data sample, showing that all  $Q^{-1}$  values in near-Fuji area are greater than those of far-Fuji area, and  $Q_i^{-1}$  for both the near and far-Fuji area is higher than  $Q_s^{-1}$  at high frequencies. The  $Q_i^{-1}$  values of the near-Fuji area are lower than those of the other volcanic areas considered, while values of  $Q_s^{-1}$  are not. The low  $Q_i^{-1}$  for the volcanic region of near-Fuji suggests that the magmatic activity, or percent of partial melt, at Mt. Fuji is not as active as hot spot volcanoes such as Kilauea, Hawaii.

Key Words; coda quality factor, intrinsic and scattering quality factor, the multiple lapse time window analysis method, far-Fuji, near-Fuji, volcano

## 1. 서론

높이 3,776m인 일본 후지산은 전형적인 성층화산으로 일본의 국가 상징으로 여겨지고 있는데, 8세기 이래 10여 차례 분출기록이 있고, 1980년 초부터 2001년에 걸쳐 화산활동과 관련이 있는 것으로 알려진 깊은 저주파 지진활동이 산 정상 반경 5km 이내에서 관측되어 (e.g. Ukawa, 2005) 화산분출이 염려되고 있다. 후지산은 세계에서 유수의 인구밀집지역인 동경 근교에 위치하고 있는데, 1707년 분출이 일어났을 때 동경 전역이 4cm의 화산재로 덮였다고 한다 (Miyagi, 2002). 1980년 초부터 후지산 주변지역에 관측망을 설치하기 시작한 일본국립방재연구소 (NIED)는 1995년 4월부터 후지산 감시를 위한 지진관측과 산주변에서 일어나는 규모 0.5이상의 지진 진원지결정 작업을 시작하였다. 본 연구는 1995년부터 2006년에 이르는 NIED의 10개 시추형 지진계를 포함한 55개 관측점 자료를 이용하여 후지산 지역의 감쇠구조를 분석하였다.

## 2. $Q_C^{-1}$

단일산란모델 (Aki, 1969; Aki and Choet, 1975)에 의한 식(1)로  $Q_C^{-1}$  를 측정하였다.

$$Y(f,t) \propto t^{-1} \exp(-\pi f t Q_C^{-1}(f)) \quad (1)$$

여기서  $t^{-1}$ 는 실체파의 기하계수이다. 각 주파수  $f$ 의 코다파 포락선  $Y$ 에 대하여  $S$ 파

주시시간 2배에서 초점반경  $A_2$  의 타원체의 산란시간 (Zelt et al., 1999) 사이에서 최소자승 fitting한 직선의 기울기에서  $Q_c^{-1}$  를 도출하였다.  $A_2$  값이 80km 일때 ‘후지산

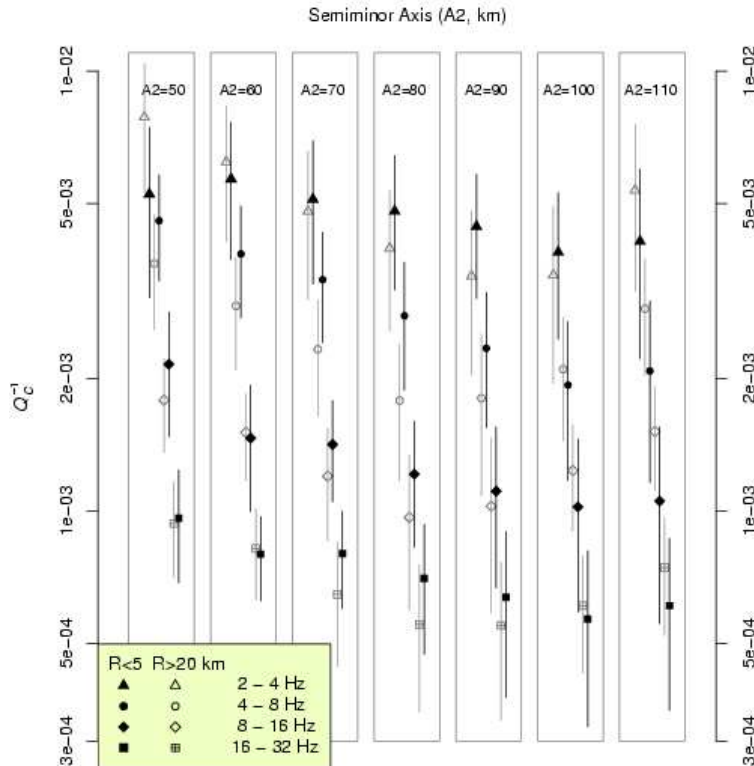


Fig. 1.  $Q_c^{-1}$  values for varying frequencies of near-Fuji (black symbol), and far-Fuji (white symbol) data at  $A_2$  ranging from 50 to 110 km.

근방’ 과 ‘먼 후지산’ 값이 차이가 큰 것으로 나타났다 (Fig. 1).

### 3. 다중시간창 분석 및 $Q_i^{-1}$ 값

후지산 지역의 S파 고주파 영역 감쇠상수에 대하여 고유치 분리를 Fehler et al (1992)이 고안한 다중시간창법 (MLTW)을 각 주파수별로 적용하여 수행하였다. 각 주파수별 고유감쇄 및 산란감쇠값은 다중산란 이론곡선을 최소자승으로 역산하는 과정에서 도출된다 (Fig. 2). 본 연구는 자료가 풍부하여 비교적 작은 오차범위를 나타내고 있는데 (Fig. 2), ‘후지산 근방’의 모든 감쇠상수  $Q_i^{-1}$ 는 ‘먼 후지산’에 비해 컸으며, 두 지대 공히 고주파 영역에서의  $Q_i^{-1}$  값은  $Q_s^{-1}$  값에 비해 높은 값이었다. 그러나, ‘후지산 근방’의  $Q_i^{-1}$  값은 다른 화산지역에 비해 낮았는데, 이는 하와이화산과 같은 활동적인 화산에 비해 용융도의 비율이 낮거나 마그마 활동이 덜한 것으로 해석된다.

### 감사의 글

본연구에 CATER 2006-5104의 지원이 있었음을 밝힙니다.

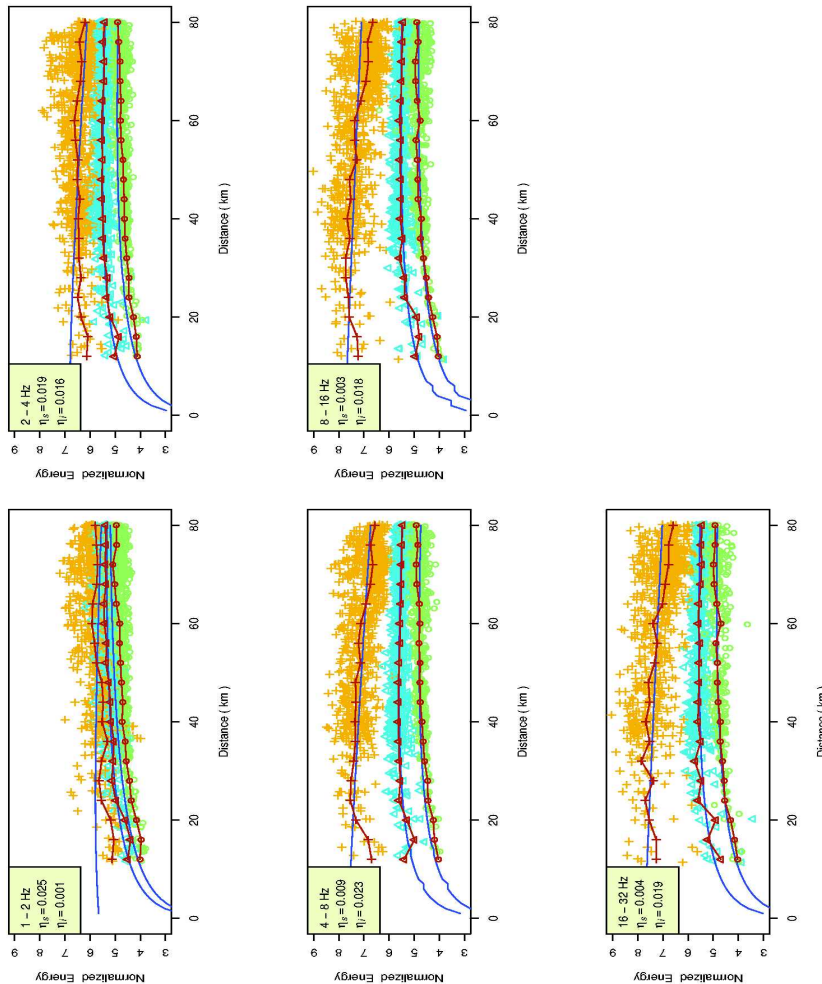


Fig.2. Normalized energy corrected for geometrical spreading versus hypocentral distance for 'near-Fuji' data ( $R < 5\text{km}$ ) for five frequency bands. The crosses (orange), triangles (cyan), circles (green) represent measurements for the first (0–15 sec), second (15–30 sec), and third time windows (30–45 sec). Averaged (4 km width) values for each of the scatter plots are shown as same corresponding symbols in red. The best-fit energy values computed from the theoretical equations are shown as blue lines. Best-fit model parameters are provided at the upper left-hand corner of each plot.

## 참고문헌

- Aki, K., 1969. Analysis of the seismic coda of local earthquakes as scattered waves, *J. Geophys. Res.*, 74, 615–631.
- Aki, K. & Chouet, B., 1975. Origin of coda waves: source, attenuation, and scattering effects, *J. Geophys. Res.*, 80, 3322–3342.
- Fehler, M., Hoshihara, M., Sato, H., and Obara, K., 1992 : Separation of scattering and intrinsic attenuation for the Kanto–Tokai region, Japan, *Geophys. J. Int.* 108, 787–800.
- Miyaji, N., 2002. The 1707 eruption of Fuji volcano and its tephra, *Glob. Environ. Res.*, 6, 37–39.
- Ukawa, M., 2005. Deep low-frequency earthquake swarm in the mid crust beneath Mount Fuji (Japan) in 2000 and 2001, *Bull. Volcanol.*, 67, 47–56.
- Zelt, B.C., Dotzev, N.T., Ellis, R.M. & Rogers, G.C., 1999. Coda Q in southwestern British Columbia, Canada, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 89, 1083–1093.