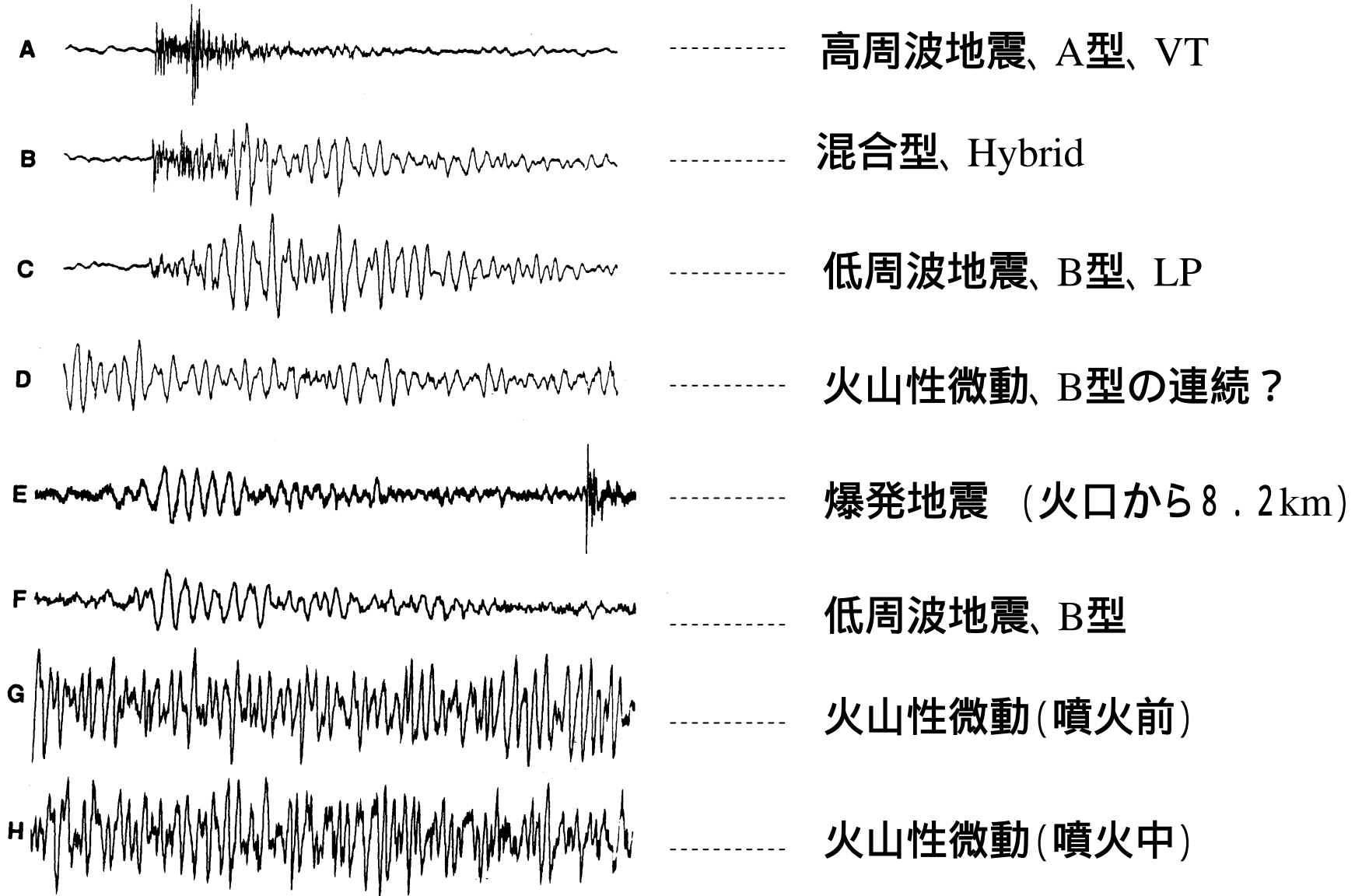


McNuttによる分類の例



10 SEC

Table 1. Selected volcano seismology terminology

This paper	Minakami ^a	Latter ^b	AVO ^c	Other names	Example (Fig. 1)
High-frequency HF	A-type	Tectonic, Volcano- tectonic	Volcano- tectonic VT	Short-period earthquake	A
Low-frequency LF	B-type	Volcanic	Long-period LP	Long-coda event, tornillo ^d	C,F, I,J
Mixed- frequency	–	Medium- frequency	Hybrid	Medium- frequency	B
Explosion quake	Explosion quake	Volcanic explosion	Explosion	–	E
Volcanic tremor	Volcanic tremor	Volcanic tremor	Volcanic tremor	Harmonic tremor, Spas- modic tremor	D,G,H,K

^aMinakami (1960, 1974).

^bLatter (1979); only a portion of Latter's full classification scheme is shown.

^cAlaska Volcano Observatory (1993); also Power et al. (1994).

^dTornillo is the Spanish word for "screw." The codas of these events resemble a wood screw in profile.

LPイベントの発見 (Mt.St.Helens, Fehler and Chouet 1982)

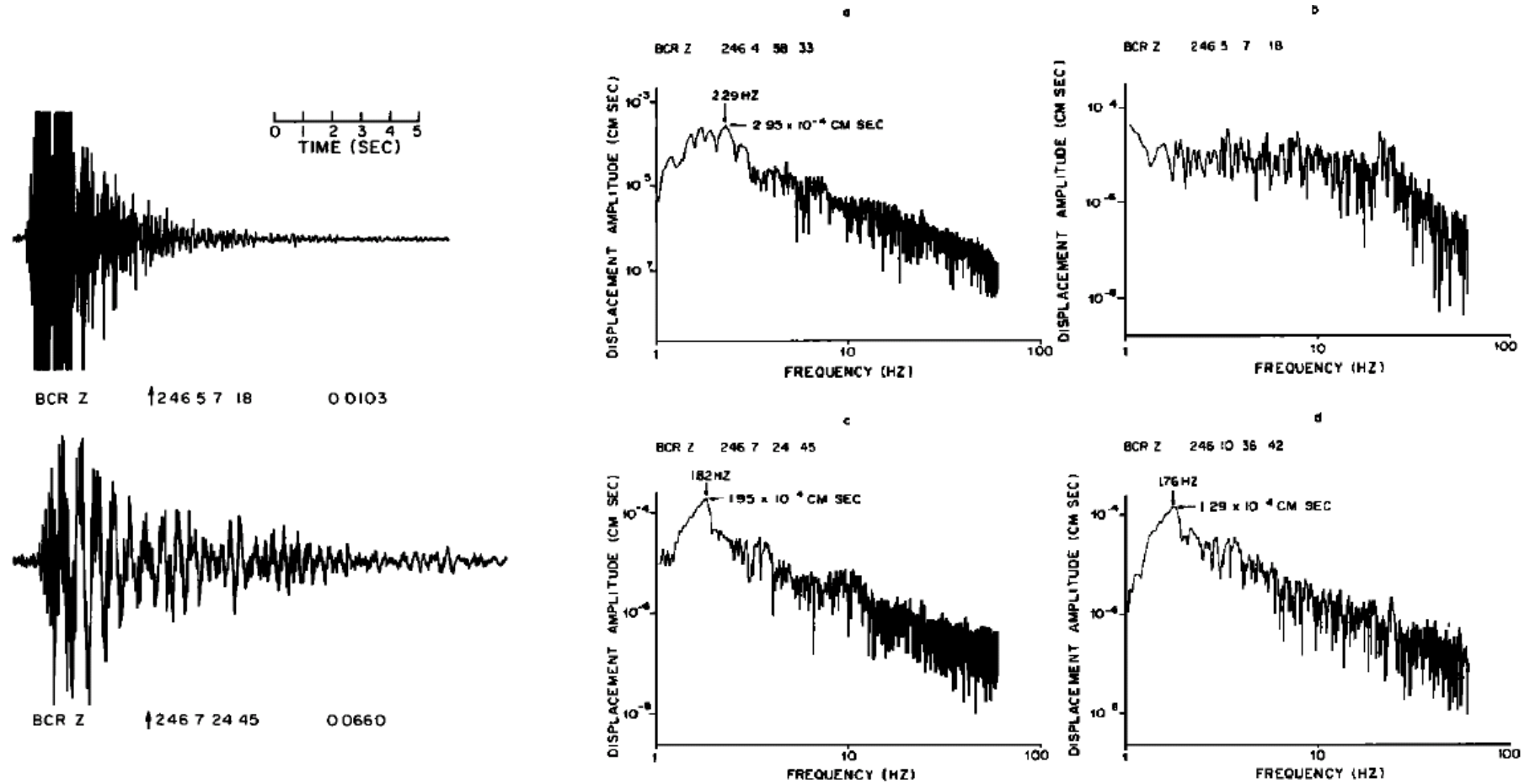
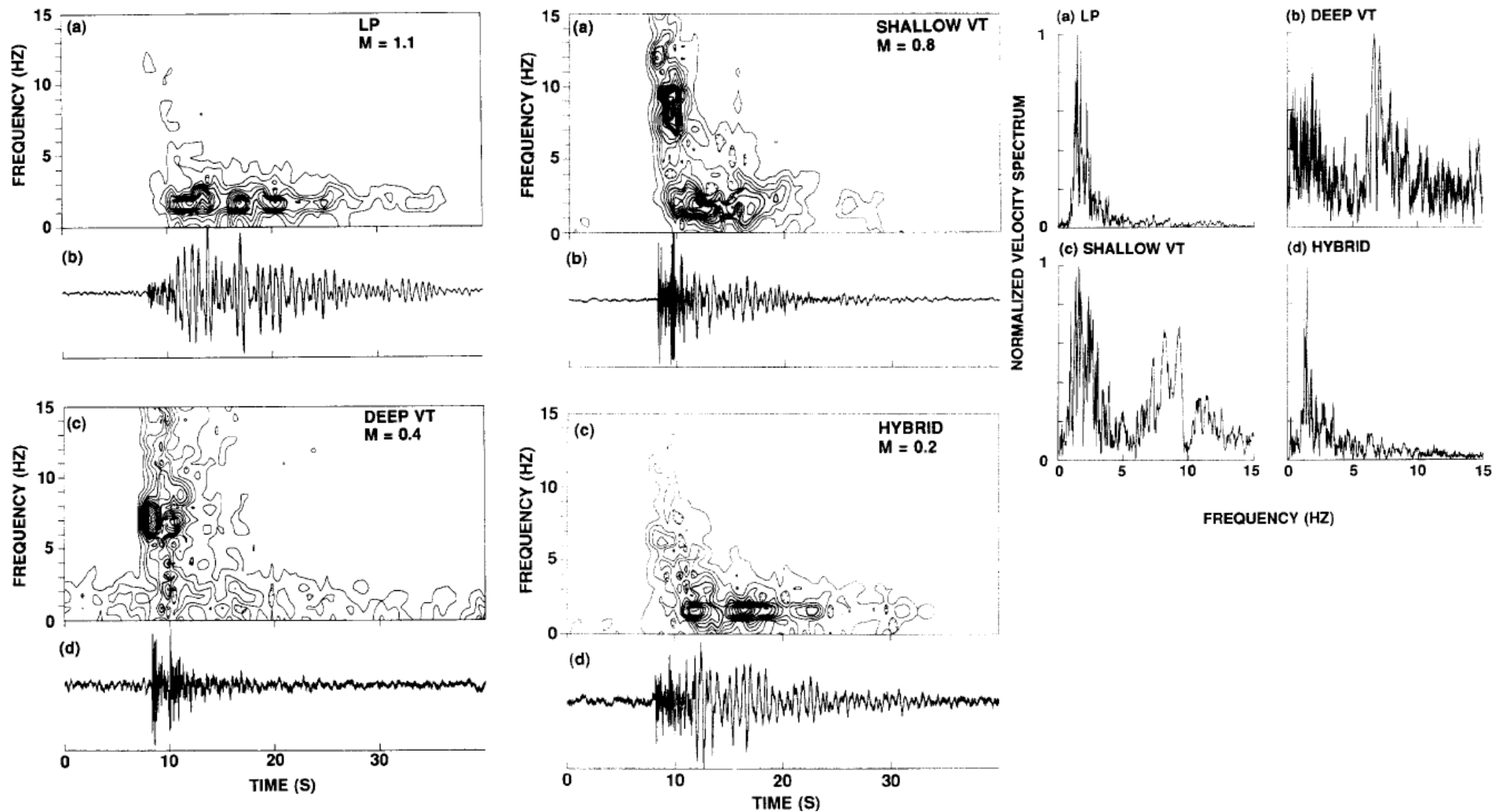


Fig. 4. Spectra, corrected for instrument response, of ground displacement measured at station BCR for three long period events (a, c, d) and one shallow earthquake (b).



Redoubtの例 (Lahr et al. 1994)

VT 7-15 Hz

LP 1-3 Hz

Redoubtの例 (Chouet et al.1994)

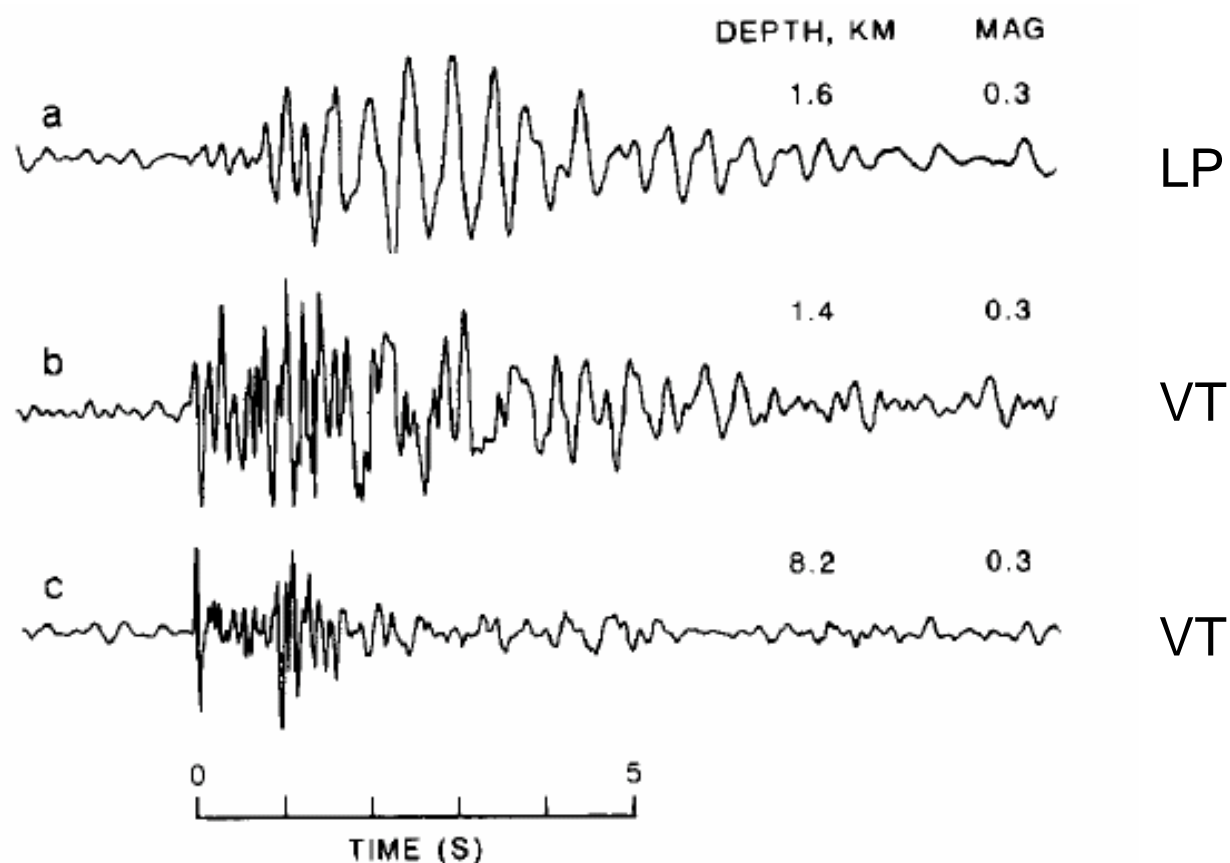


Fig. 3. Typical vertical-component waveforms of a long-period event and volcano-tectonic earthquakes recorded at RDN during December. (a) Long-period event located 1.6 km beneath crater. (b) Volcano-tectonic earthquake located 1.4 km below crater. (c) Volcano-tectonic earthquake located 8.2 km below crater. All events have estimated magnitudes M 0.3.

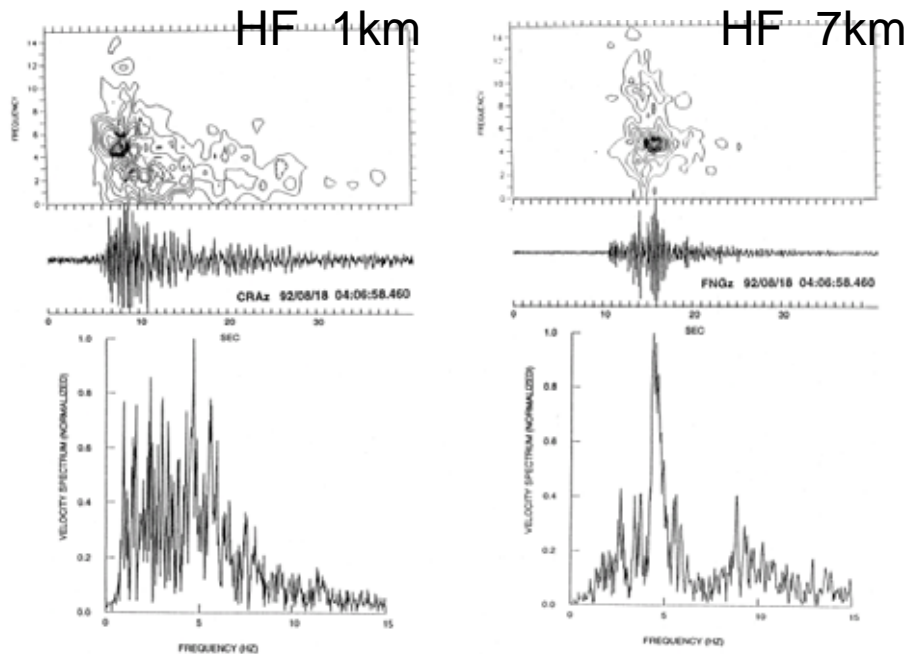


Fig. 3. HF earthquake (04:06:58, 18 August 1992) 10 s moving window spectrogram (top), seismogram (middle), and whole signal spectrum (bottom) recorded at CRAz, 1 km N, and FNGz, 7 km ESE of the crater.

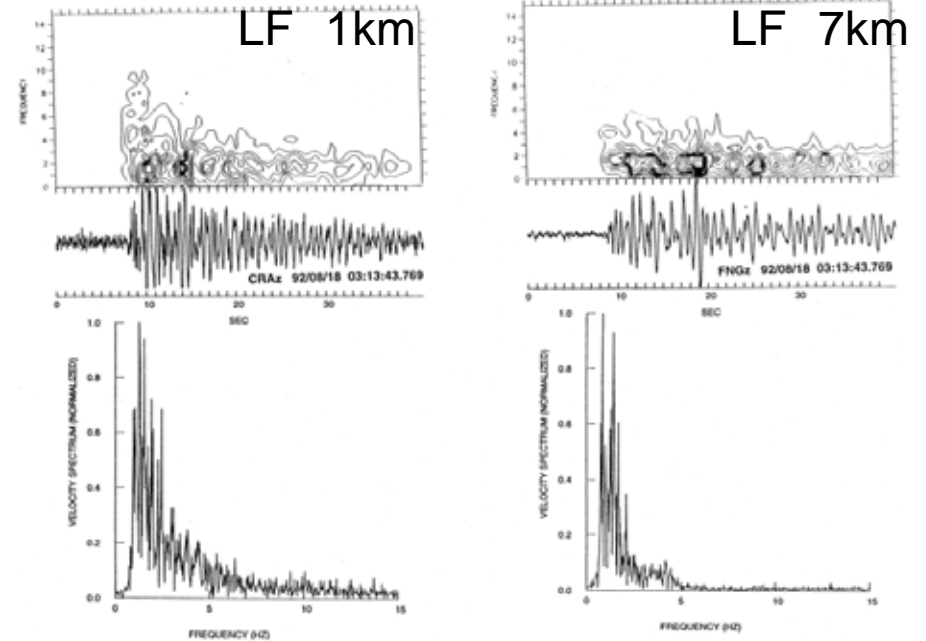


Fig. 4. LF earthquake (03:13:43, 18 August 1992) 10 s moving window spectrogram (top), seismogram (middle), and whole signal spectrum (bottom) recorded at CRAz, 1 km N, and FNGz, 7 km ESE of the crater.

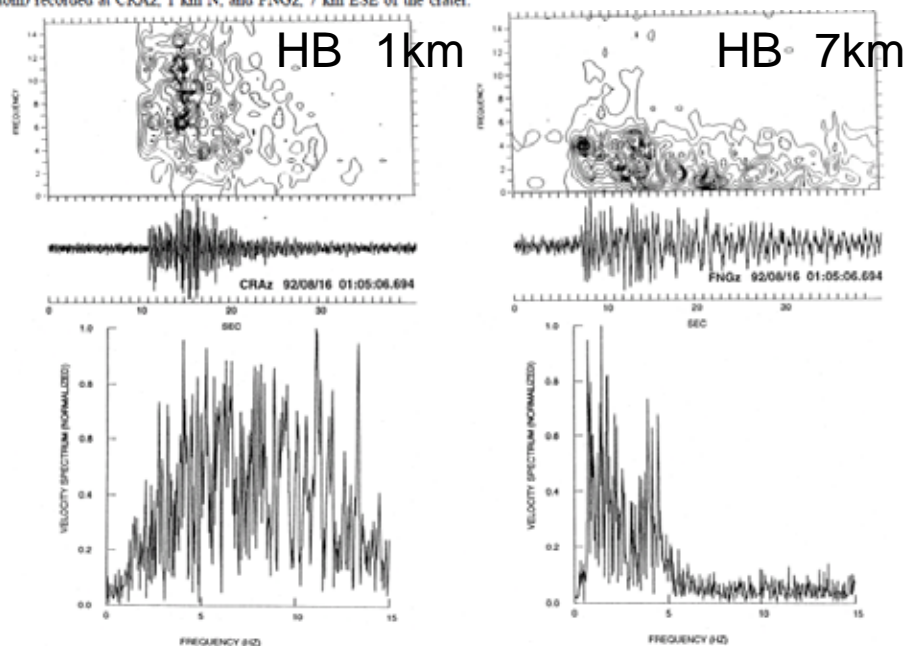


Fig. 5. Hybrid (combined HF and LF) earthquake (01:05:06, 16 August 1992) 10 s moving window spectrogram (top), seismogram (middle), and whole signal spectrum (bottom) recorded at CRAz, 1 km N, and FNGz, 7 km ESE of the crater.

Pinatuboの例 (Ramos et al. 1999)

HF 2-7 Hz

LF 1-3 Hz

HFとLFは発生様式や深度が明らかに違う

LFの発生機構

”semi-ductile fracturing and intrusion”

桜島のB型地震(井口 1989)

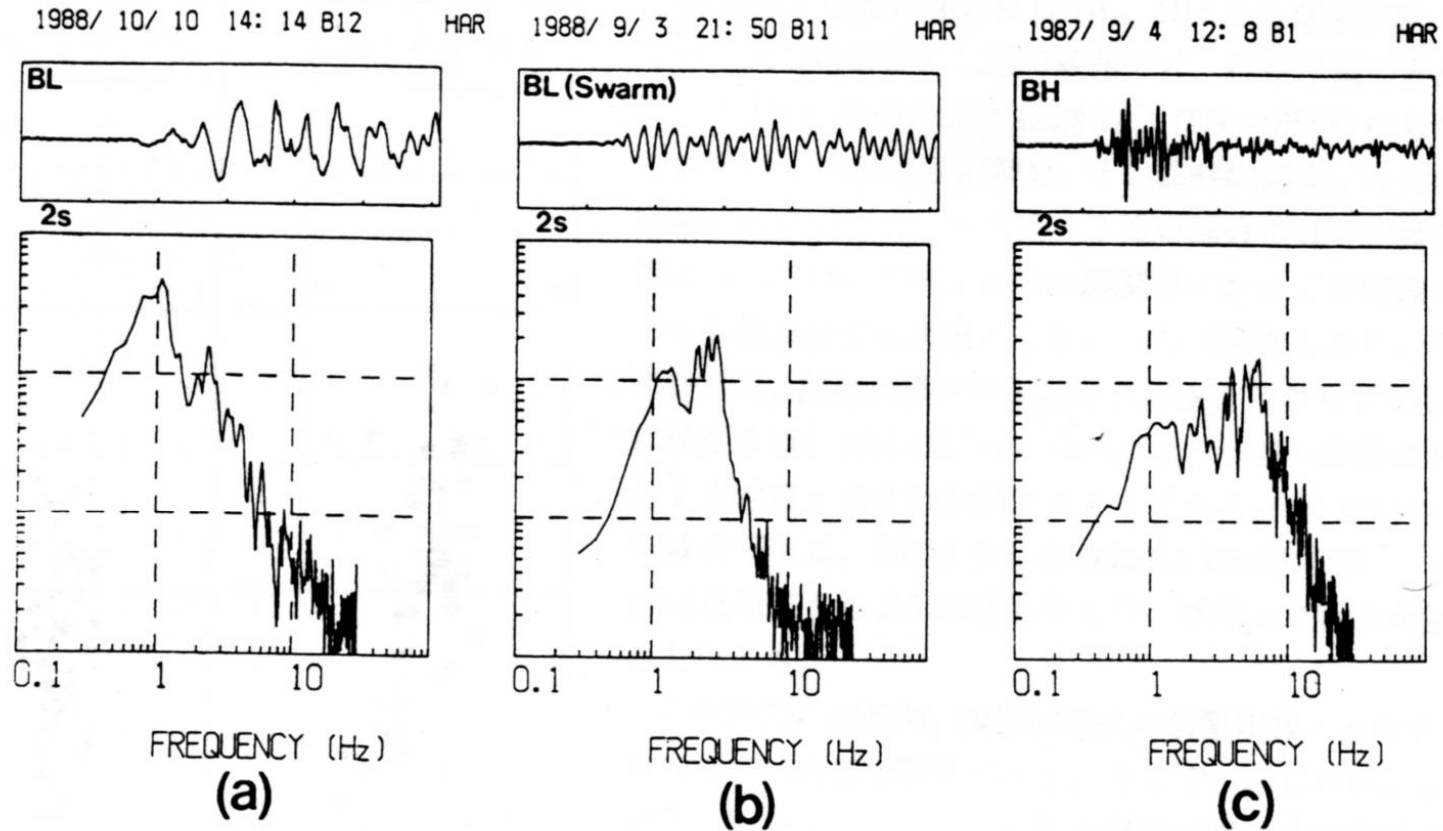


Fig. 2. Waveforms and spectra. (a) Isolated BL-type earthquake. (b) BL-type earthquake which occurred in swarm. (c) BH-type earthquake which occurred in swarm.

B型に分類する根拠はS波が明瞭でないこと、卓越周波数やP波は基準にならない。上記の3つのイベントはPが読めて押し引き分布も決まる。

火山性地震の分類はローカルなもの 世界共通の定義はない

「見た目」による分類

桜島や浅間山での4分類(水上)

A型 やや深部, PとSが明瞭

B型 ごく浅部, Sが不明瞭

爆発 ブルカノ式噴火に伴うもの
微動

「発生機構」による分類

AVO(Alaska)

VT (7-10Hz)

LP (1-3Hz)

Hybrid

Tremor

「発生機構」が不明だと分類できない
実際は「見た目」や「卓越周波数」に
依存せざるをえない。

卓越周波数に着目した分類

十勝岳 LF 1-5Hz HF 5-15Hz

Pinatubo LF 1-3Hz HF 2-7Hz

(Redoubt LP 1-3Hz VT 7-10Hz)

「見た目」+ 卓越周波数

桜島(井口)

BL B型で低周波(1-3Hz)が卓越

BH B型で高周波(4-7Hz)が卓越

周波数も火山ごとに基準が違う

「なにに着目して分類するか」

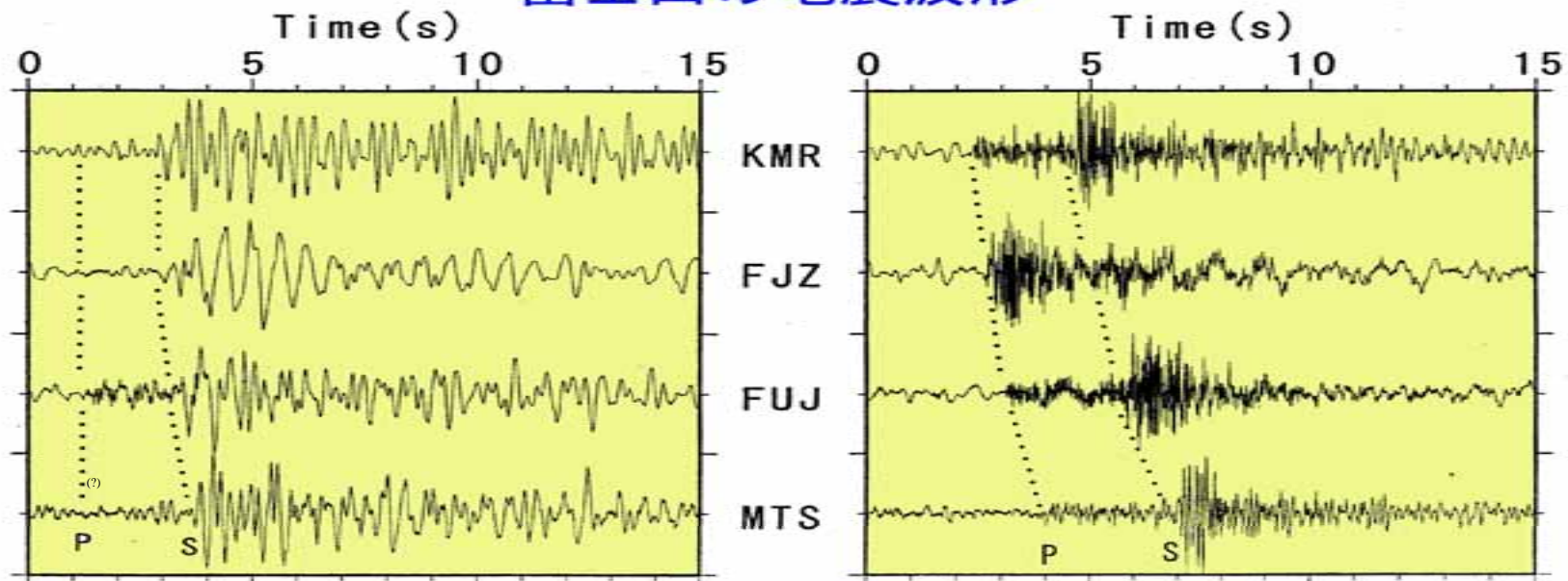
周波数成分? (HF, LF, LP, SP)

波形の特徴? (A型, B型)

発生機構? (VT, LP)

発生場所? (?)

富士山の地震波形



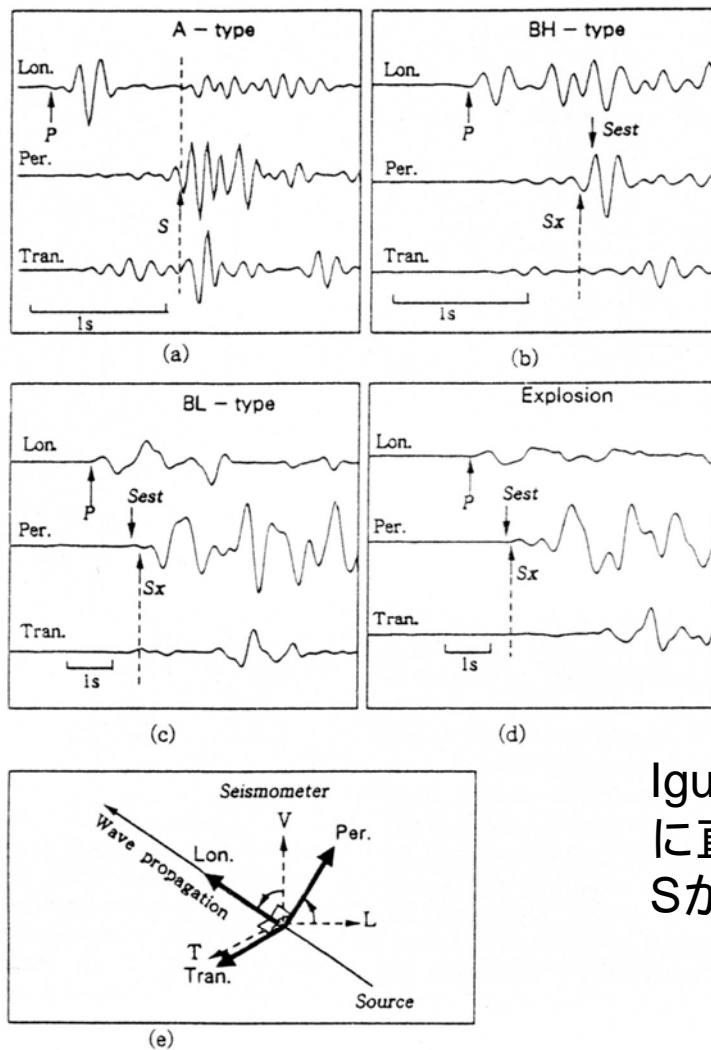
低周波地震

普通の地震

Sを強く励起するイベントの例 . Pは不明瞭だがSは読める

これは B型 ? LP ? LF ?

Sが見える, 見えないは, S/Nの問題が大きい



Iguchi (1994)によると, B型でも, 伝播方向に直交する成分を抜き出すとSが見える. Sが無いのではなく, Sが弱い.

Fig. 7. Seismograms processed by applying a polarization filter. After the rotation of the vertical and longitudinal components as shown in (e), the traces of "Lon.", "Per." and "Tran." correspond to the motions of P-wave, SV-wave and SH-wave, respectively. The symbols "Sest" and "Sx" represent arrival times of S-waves estimated from focal distances and from the beginning times of the SV-wave component, respectively. (a) A-type earthquake at 12:29, May 19, 1988, (b) BH-type earthquake at 12:08, September 4, 1987, (c) BL-type earthquake at 00:17, July 2, 1988, (d) explosion earthquake at 23:59, June 4, 1988.

A型(見た目) = HF(周波数) = VT(発生機構)とは限らない
HFでもP,Sが明瞭でないものもある(桜島のBH)
VTでも,減衰が強ければP,Sが不明瞭

B型(見た目) = LF(周波数) = LP(発生機構)とは限らない
P初動が読めるものが少なくない.
LFでもSが読めるものがある(富士山の低周波地震).
LP(流体が寄与するイベント)でも低周波が卓越するとは限らない.

「見た目」と「発生機構」,「卓越周波数」は必ずしも対応しない
P,Sが明瞭か不明瞭かは,減衰などに強く依存

「発生機構」と「卓越周波数」にはある程度関係があるが,「卓越周波数」は構造にも強く依存.

「見た目」の定義がいつのまにか,発生機構も含む定義に変化することがある.
A型 = 押し引きが「4象限型」これは, A型 = VTと定義し直したこと.

「発生機構」による定義は実際の分類に使えないので,実際は過去の解析結果に基づいて「見た目」で分類.

Tuffenのterminologyが不明瞭

「fracturing」という言葉を使っているので、発生機構に着目したterminologyのように見える。

一方、Fig.1bでは「・・・sharp onset and high frequency content that are characteristic of brittle failure.」と、「見た目」の特徴で「発生機構」がわかるかのような主張もしている。「sharp」とか「high」は定性的過ぎる。

「見た目」では、発生機構はわからない。また、microなAEとmacroな破壊が同じ発生機構かどうかもわからない。

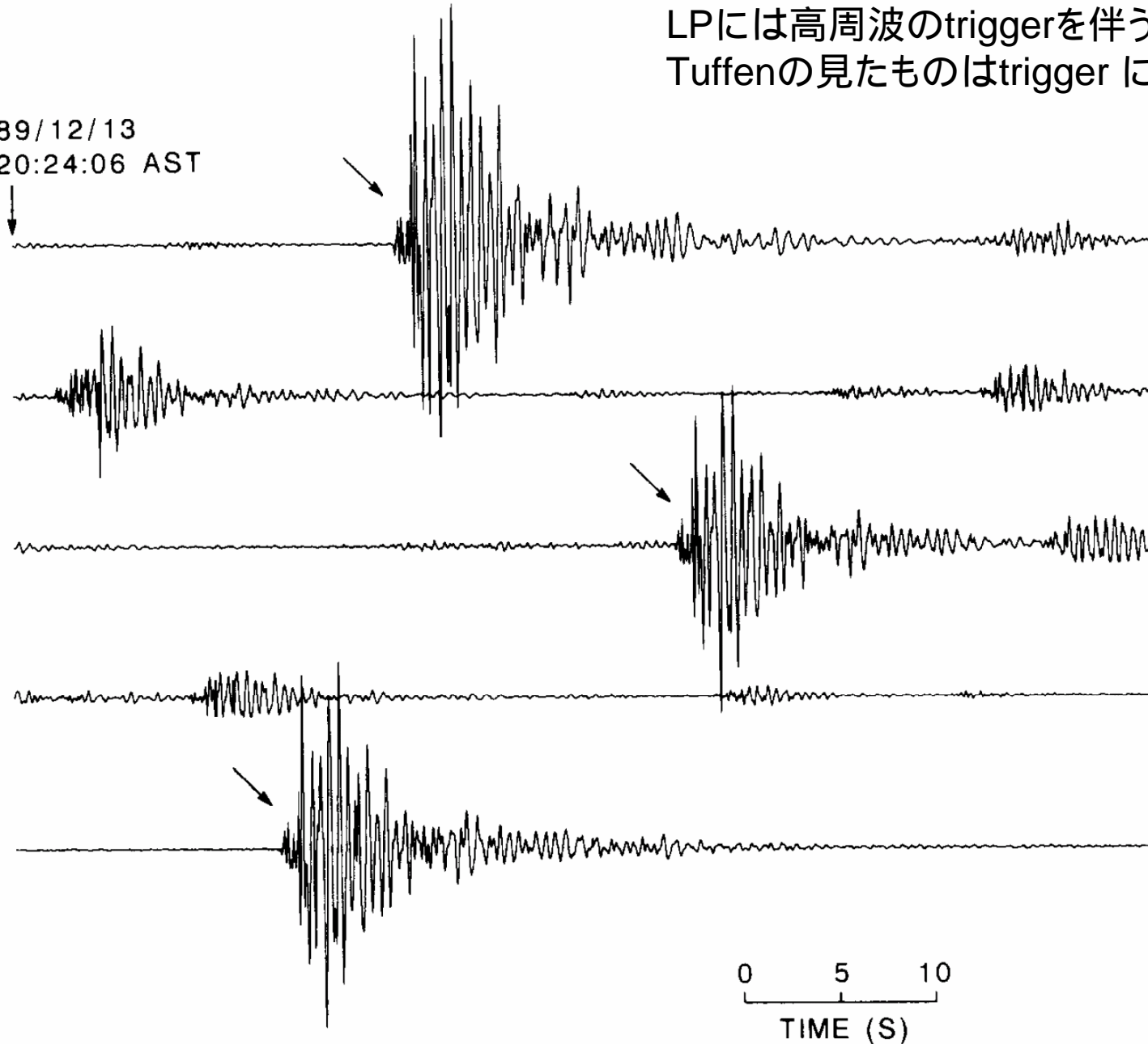
自然の地震と比較する前に、
何らかの方法で「発生機構」を決めるべきでは？

高周波、低周波 は相対的なものなので、100 - 300KHzが
何と比べて「高周波」なのかを明示すべきでは？

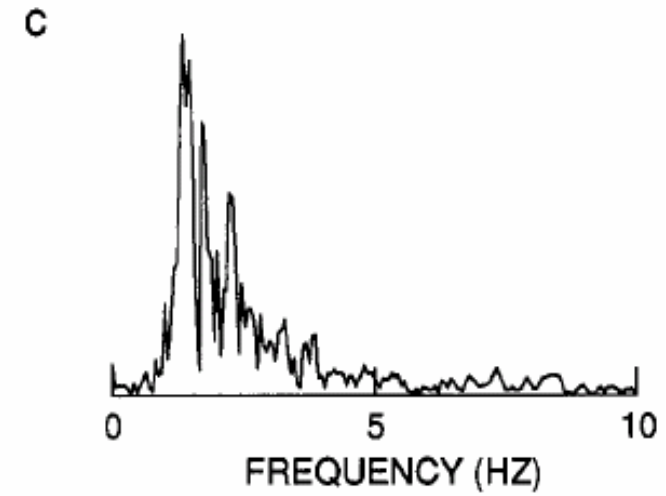
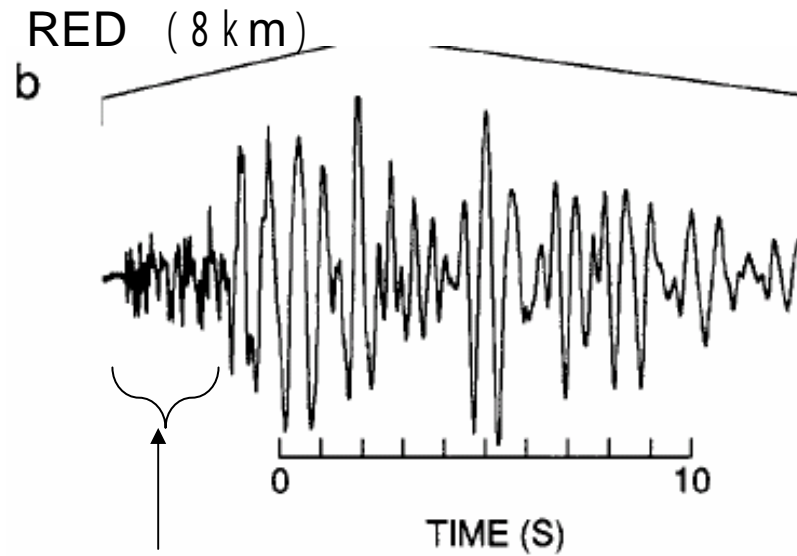
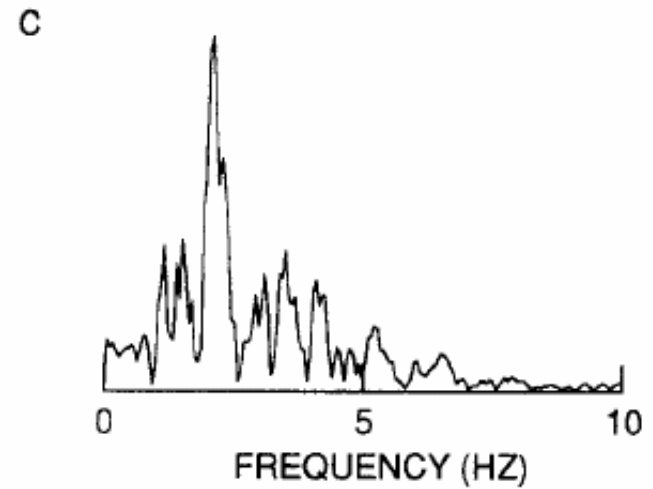
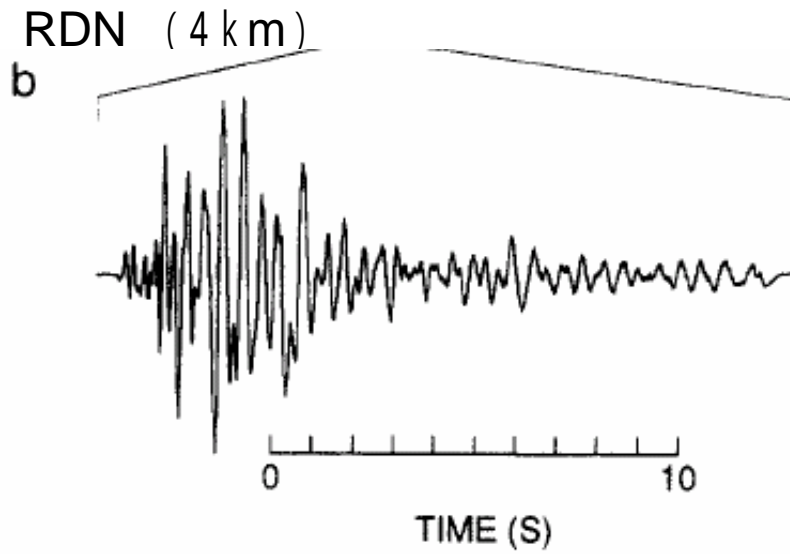
Redoubtの例

LPには高周波のtriggerを伴うことが多い
Tuffenの見たものはtriggerに対応している？

89/12/13
20:24:06 AST



LPとそのスペクトル (同じイベントを異なる距離, 方向で見た)



S-Pには長すぎる

波の経路によって波形は大きく変わる

Redoubt Volcano: April 1, 1992, 10:02:36 UT

