HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | 5. 西日本の異常震域 |
| Author(s) | 宇津, 徳治 |
| Citation | 北海道大学地球物理学研究報告, 21, 45-52 |
| Issue Date | 1969-02-15 |
| DOI | 10.14943/gbhu.21.45 |
| Doc URL | http://hdl.handle.net/2115/13953 |
| Type | bulletin (article) |
| File Information | 21_p45-52.pdf |

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

# 5. 西日本の異常震域

宇津徳治
(北海道大学理学部地球物理学教室)

— 昭和43年10月受理 —

## I. まえがき

異常震域現象，すなわち震度分布が震央を中心とする同心円状でなく，ある特定の地域で震央距離の割に震度が異常に高く，ときには震央付近で無感である地震が数百 km も離れた地域で大きく感じられたりする現象は，50年も前から注目され，多くの調査結果が発表されている[1)]。

筆者[2)]は1926年から1965年までの40年間に日本付近に発生した $M$ 7 以上のすべての地震，および $M$ 7 以下の多くの地震の震度分布を調査し次の結論を得た。

---

1) 長谷川謙；日本海の地震，気象集誌，**37** (1918), 203–207.
石川高見；異常震域を表はせる地震記象に就て，験震時報，**2** (1926), 7–15.
石川高見；異常震域に就て，気象集誌 (ii), **4** (1926), 137–146.
国富信一；大正十五年二月四日津軽海峡東方沖合に発せる地震の考察，験震時報 **2** (1926), 49–60.
石川高見；日本海の地震に就て；異常震域に就て (其の二), 気象集誌 (ii), **6** (1928), 124–148.
国富信一・吉成邦雄；リレイ地震の存在と異常震域に就いて，気象集誌 (ii), **6** (1928), 153–171.
K. WADATI; Shallow and Deep Earthquakes, Geophys. Mag., **1** (1928), 162–202.
鷺坂清信；昭和四年六月三日深層地震の調査，験震時報，**3** (1929), 313–338.
T. ISHIKAWA; Über die Anormale Ershüterungsgebiete der Erdbeben, Geophys. Mag., **3**, (1930), 95–100.
K. WADATI; Shallow and Deep Earthquakes (3rd Paper), Geophys. Mag., **4** (1931), 231–286.
石川高見；日本海北部の地震，気象集誌 (ii), **10** (1932), 252–267.
H. HONDA; On the Types of Seismograms and the Mechanism of Deep Earthquakes, Geophys. Mag., **5** (1932), 301–326.
石川高見；異常震域 (第2報), 験震時報，**7** (1933), 37–70.
本多弘吉・竹花峰夫；深発地震の発震機構と地殻内部に於ける歪力，験震時報，**8** (1934), 47–52.
和田英夫；表面層の固有振動及び異常震域について，気象集誌 (ii), **15** (1937), 380–385.
森田　稔；昭和6年6月30日熊野灘深発地震に現はれたる東西日本の特異性，験震時報，**9** (1937), 231–251.
門脇閧郎；昭和14年12月16日北海道色丹島南東沖の地震，験震時報，**11** (1940), 512–517.
正務　章；異常震域現象に関する統計的調査 (I), 有感回数に就て，験震時報，**13** (1944), 30–42.
K. WADATI and T. HIRONO; Abnormal Distribution of Seismic Intensity Observed in Japan, Trav. Sci., Pub. BCIS, **20** (1959), 223–238.
大倉達雄；異常震域，験震時報，**24** (1959), 19–24.
勝又　護；地震の分布と地震波伝播，験震時報，**25** (1960), 89–95.

2) 宇津徳治；異常震域現象とマントル上部の地震波吸収の地域性，地震 (ii), **19** (1966), 226–227.
T. UTSU; Regional Differences in Absorption of Seismic Waves in the Upper Mantle as Inferred from Abnormal Distributions of Seismic Intensities, J. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. VII, **2** (1966), 359–374.

1) 異常震域は北海道，東北，関東の諸地方の太平洋側に生ずる。この地域は深発地震発生層の 100～150 km の等深線より太平洋側の部分にほぼ相当する。

2) 深い地震 ($M \geq 7$) にはすべて異常震域が現われる。

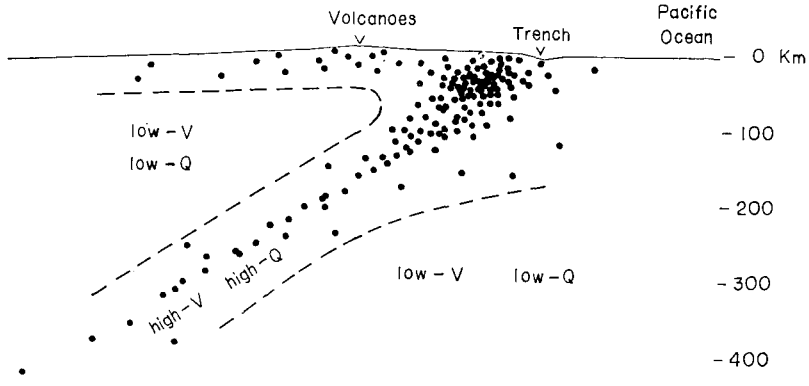
3) 浅い地震 ($M \geq 7$) で異常震域現象を呈するものは，前記の異常震域となる北海道，東北，関東の諸地方の太平洋側とその沖合に発生したものに限られる。$M$ が 7 よりも小さくなると異常震域現象は現われにくくなる。

4) 地表付近の構造（いわゆる地盤の状態）は震度に大きく影響するが，異常震域現象のような広域現象の主な原因とは考えられない。

5) 地殻の厚さの地域差，地殻中の地震波減衰の地域差も異常震域現象の主な原因とは考えられない。

6) 上部マントル中の地震波の減衰の場所的な差異が主な原因である。日本列島付近の深発地震層の上方の上部マントルは地殻や深発地震層部に比べて減衰が著るしく大きいと考えられる。

地震が多発する部分を通過する地震波は減衰が小さく，これが異常震域の原因をなすという考えは大倉[3]，勝又[4]によって述べられるが，筆者および岡田[5]は深い地震および浅い地震の震度分布，日本付近および遠地の深発地震の P 波 S 波の走時異常，およびこれら P 波 S 波の波形およびスペクトルなどから，東日本島弧下の上部マントルについて，島弧と直角の方向に切った鉛直断面について第 1 図のようなモデルを提出した。このモデルで High $Q$, High $V$ と




**第 1 図** 東日本島弧の鉛直断面の概要図，黒点は震源

**Fig. 1.** Vertical cross-section perpendicular to the eastern Japanese arc. Dots represent earthquake foci.

3) 大倉達雄；前出 1).

4) 勝又 護；前出 1).

5) T. UTSU; Anomalies in Seismic Wave Velocity and Attenuation Associated with a Deep Earthquake Zone (I), J. Fac. Sci., Hokkaido Univ. Ser. VII, **3** (1967) 1–25.

T. UTSU and H. OKADA; Anomalies in Seismic Wave Velocity and Attenuation Associated with a Deep Earthquake Zone (II), J. Fac. Sci., Hokkaido Univ. Ser. VII, **3** (1968), (in press).

記した部分は low $Q$, low $V$ と記した部分よりも（同じ深さの部分について比較する限り）P 波 S 波に対する $Q$ 値および速度が小さい。

上部マントル中の地震波の速度あるいは減衰の地域差は近年世界的に注目されているが，弧状列島における深発地震層に関連したものとしては，OLIVER と ISACKS[6] が最近 Tonga-Kermadec 島弧について第 1 図とほぼ同様な結果を出しており，またその南方の New Zealand 付近についても類似の結果が報告されている[7]。

異常震域現象は東日本島弧においてとくに顕著であるが，九州方面から琉球列島に延びる西日本島弧にも明らかに存在する。西日本では $M$ 7 を越える大きな深発地震は稀であり，異常震域現象を示す適当な例が少ないので，従来あまり問題にされていなかったが，この現象が島弧に伴う普遍的なものであることを示すものとして，西日本島弧についての観測例を以下に掲げることする。

これに関して，地震波速度の異常についても述べるべきであるが，西日本の多くの観測所に電磁地震計が導入され，観測の精度と感度が東日本なみに向上してから 2 年ほどしかたっておらず，未だ適当なデータが得られないためここでは扱えなかった。

## II. 九州地方の深い地震の分布

九州地方の深い地震については，すでにいくつかの震源分布図が発表されているが[8]，第 2 図は 1926 年より 1968 年 5 月までの間に発生し気象庁によって震源が決められた深さ 100 km 以深のすべての地震の震央を深さ別の記号により示してある。図中に引いた等深線からもわかるように，深発地震層の傾斜は約 50° でかなり急である。深さ 200 km を越える地震は九州南部とその南西沖に限られており，九州北部には深さ 120 km 程度のものしか存在しない。図には第 4 紀の火山の位置も示してあるが，その大部分は 150 km の等深線付近，あるいはその延長上に集中している。

深さ 100 km 未満の浅い地震は図の混雑を防ぐため記入してないが，よく知られているように日向灘など太平洋側に多く，九州内陸部あるいはその西方沖にも若干あり，地震の鉛直分

6) J. OLIVER and B. ISACKS; Deep Earthquake Zones, Anomalous Structures in the Upper Mantle, and the Lithosphere, J. Geophys. Res., **72** (1967), 4259–4275.

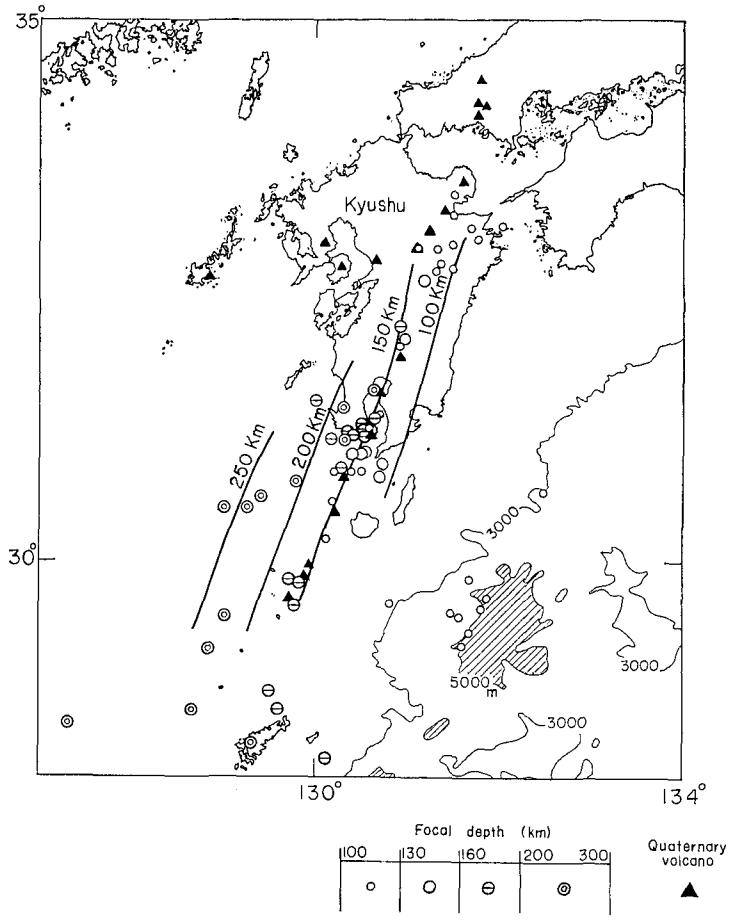
7) H. M. MOONEY; Upper Mantle Inhomogeneity beneath New Zealand: Seismic Evidence, (in preparation.).

T. HATHERTON; Upper Mantle Inhomogeneity beneath New Zealand: Surface Manifestations, (in preparation).

8) K. WADATI; On the Activity of Deep-focus Earthquakes in the Japan Island and Neighbourhood, Geophys. Mag., **8** (1935), 305–326.

K. WADATI and Y. IWAI; The Minute Investigation of Seismicity in Japan, Geophys. Mag., **25** (1953), 167–173; **27** (1956), 11–15.

勝又 護; 日本附近の地震の分布と活動, 地震 (ii), **19** (1966), 237–245; **20** (1967), 1–11; **20** (1967), 75–84.




**第2図** 九州周辺の深い地震の分布

**Fig. 2.** Distribution of intermidiate and deep earthquakes in and near Kyûshû.

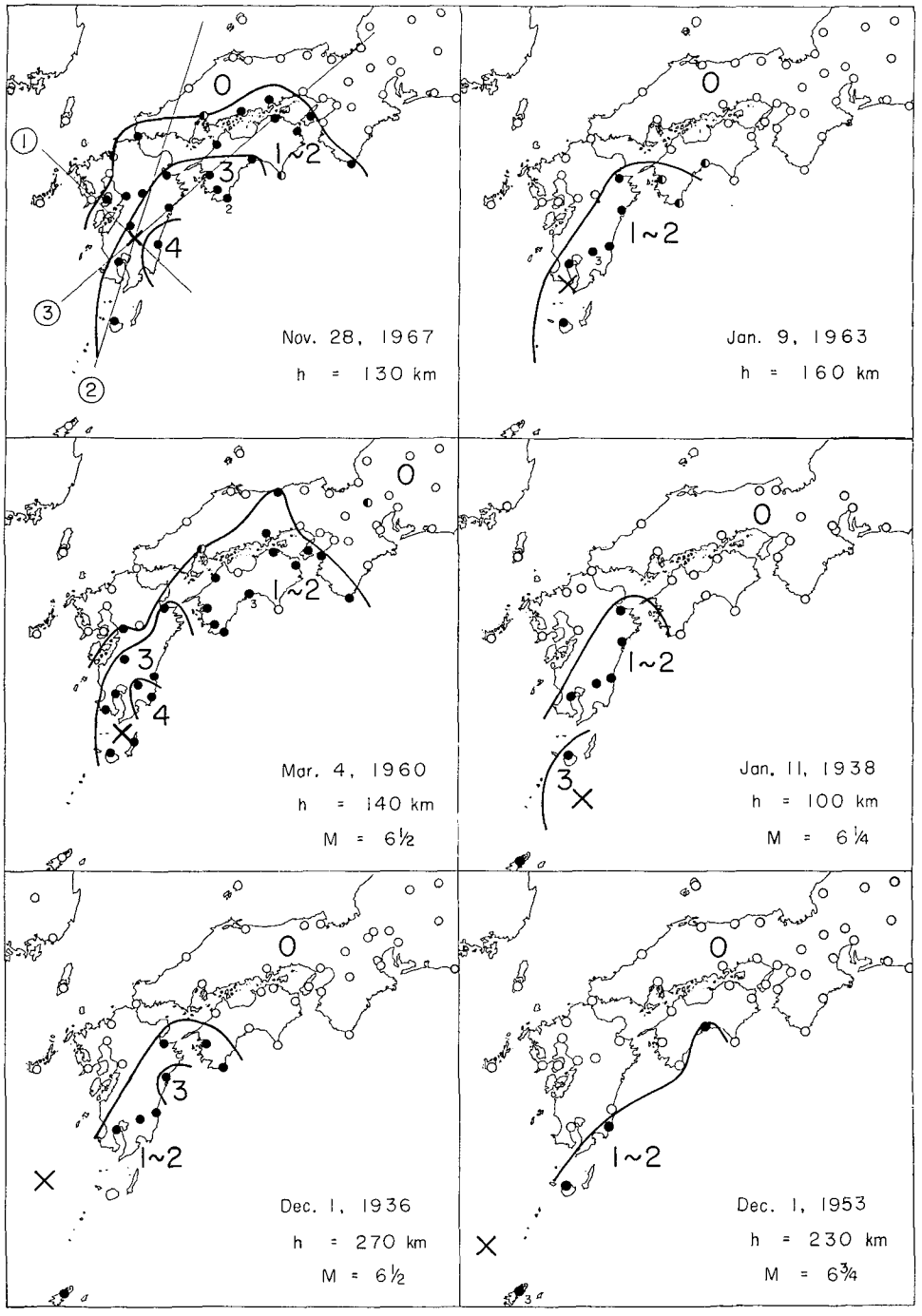
布はほぼ第1図に示すようになっている。ただし深さ 300 km を越えるものは知られていない。従って九州地方の上部マントルの構造も第1図に近いものと考えれば，深い地震に対する震度分布も異常震域が九州の太平洋側から四国にかけて現われることが予想される。

## III. 異常震域とその解釈

九州付近の深い地震の活動度は東日本に比べてかなり低いので，広範囲にわたって有感であるような大きな深発地震の数は多くない。第3図に示すものは 1926 年以降のおもな深発地震6個の震度分布図である。この震度分布図は筆者ら[9] の以前の同種の図と同じく次の方針に従って描かれている。

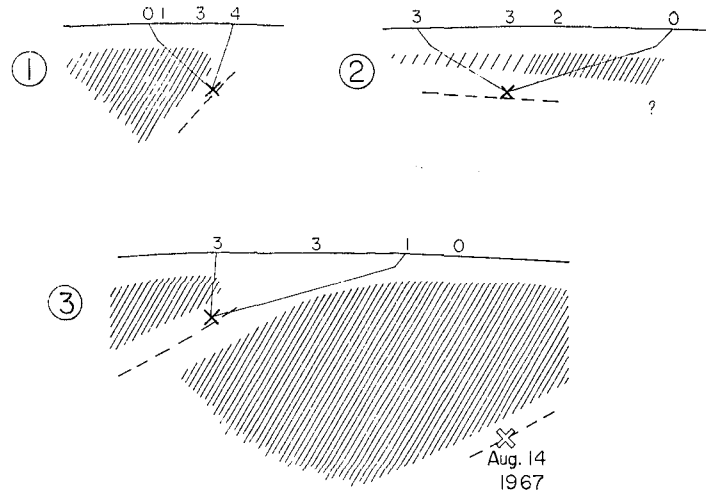
1) 気象台および測候所（地震計が設置されていない測候所——たとえば油津，都城，人吉，

9) 宇津徳治；前出 2), T. UTSU；前出 2) および 5), T. UTSU and H. OKADA；前出 5).




**第3図** 深い地震の震度分布図。異常震域が現われている。(×印は震央)。

**Fig. 3.** Distributions of seismic intensities for some intermidiate and deep earthquakes.




**第4図** 1967年11月28日の地震（第3図左上参照）の震源（×印）を含む鉛直断面，斜線は減衰の大きい領域。

**Fig. 4.** Vertical cross-sections passing the hypocenter of the earthquake of November 28, 1967. Hatchings are highly absorptive regions.

枕崎，牛深その他多数——を含む）で観測された震度のみを用い，区内観測所の観測は採用しない。

2) 無感の官署の位置も白丸で示した。有感地点のリストの中に含まれていないからといってその官署で無感であったとは限らないが，この点は留意してある。

3) とびはなれて1カ所だけ有感であったり，1カ所だけ周囲の地点と違う震度の地点は等震度線を引くときは無視した。ただしそのような地点には震度を示す小数字を付記してある。

4) 震度1と2の地点は大規模な地震では入りまじることが多いので，1と2の境界は引かなかった。

5) 付近有感の官署は半白半黒丸で示した。

第3図をみると東日本に現われる異常震域とよく似て，150 km の等深線のあたりから太平洋側にかけて異常震域になり易いことがわかる。四国，中国地方にかけては 150 km の等深線も消え島弧の特徴は失われているが，震域は四国方面に延びる現象が見られる。

東日本の場合[10]と同様に，地表下約 50 km から等深線で決められる深発地震面の上方約 60 km までの間のくさび状の部分で $Q$ 値が著るしく小さく短周期の地震波の減衰が大きいと仮定すれば，第3図の震度分布はほぼ説明される。たとえば，第4図は第3図の左上の地震（1967年11月28日霧島山付近）の震源を通る三つの鉛直断面を示したもので，斜線部分が減衰の大きい領域である。地表の数字は各断面付近の観測点における震度である。減衰の大きい領域の位置はだいたいのものであるし，その境界で減衰の度合が不連続的に変る必要もないであ

10) T. UTSU and H. OKADA；前出 5).

ろうが，減衰の大きい領域を長く通過すれば震度は小さくなり，この領域を通過しない波線については，遠方まで震度が割に衰えないことがわかる。この地震では長崎（震央距離 120 km）で無感であったのに，太平洋側では潮岬（480 km）まで有感であった。

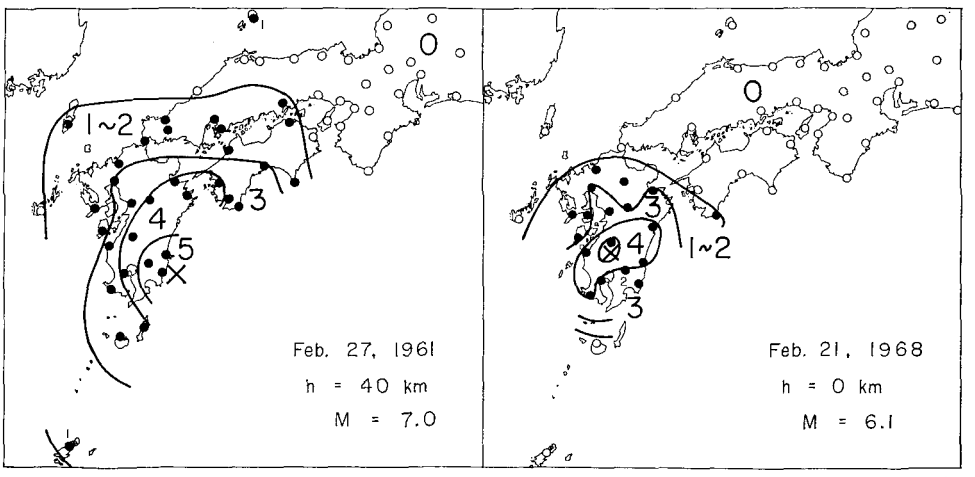
深発地震層の下方から太平洋側にかけての領域は東日本の深発地震層の上方の減衰の大きい領域につながっている。第 4 図の断面②にはちようどこの断面上に起った 1967 年 8 月 14 日の若狭湾付近の地震（深さ 360 km）の震源を示してある。この地震は関東地方から東北地方太平洋岸および釧路で有感であったが，中国，四国，九州ではほとんど無感であった。

第 4 図のような断面図は他の地震についてても描かれたが第 4 図と似たようなものであるのでここには掲げない。

浅い地震については異常震域現象はほとんど現われない。第 5 図に 2 例を示す。九州地方では $M$ 7 を越える地震は少なく，昭和元年（1926）以来 3 回，いずれも日向灘に起っているにすぎない。内陸部には $M$ 6 を越えた地震は第 5 図（右）の「えびの地震」1 回だけである。従って第 5 図程度の震度分布図を他に多数描くというわけにはゆかない。

浅い地震で異常震域が現われないのは，地殻中では地震波の減衰に上部マントルに見られるほどの大きな地域差がないためであろう。前にも述べたように，東北日本の大きな浅発地震のなかには異常震域現象を呈するものがあるのは，上部マントルで減衰の地域差が現われる程度の深さ（だいたい 50 km 程度）までもぐった地震波が到着した地点（震央距離数百 km）でなお有感となり得る程度に地震が大きく，かつ震央が地域差が現われ易いような適当な所に位置しているためであろう。

第 3 図をみると，東日本でみられたように等しい震央距離の二地点で震度が 4 違うというような顕著は差はみられない。従って上部マントルの減衰の大きい部分と小さい部分の $Q$ 値




**第 5 図**　浅い地震の震度分布図。震度はほぼ震央距離に応じて減っている。

**Fig. 5.**　Distributions of seismic intensities for shallow earthquakes are normal.

の比は東日本ほど大きくはないのではないかと思われる。西日本の島弧は東日本の島弧に比べて古く，島弧の特徴を示す諸現象が弱いことに対応しているのであろう。

神月ら[11]によって発見された九州におけるポアソン比の異常といま考えている上部マントルのモデルとの関係は明らかでない。上部マントルのポアソン比の地域性の有無については別に報告する予定である[12]。

## IV. むすび

西日本の島弧・深発地震層に関連して，東日本におけるほど顕著ではないが，同じ原因によるものと思われる異常震域現象が存在することを報告した。

## 5. Anomalous Seismic Intensity Distributions in Western Japan

By Tokuji UTSU
(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

Large intermidiate and deep earthquakes originating under the eastern Japanese arc system are felt strongly on the Pacific coast side of Kwantô, Tôhoku, and Hokkaidô districts. Thus the seismic intensity distributions for these earthquakes are very anomalous. In some cases, a shock is not felt at the epicenter, while the same shock is felt at places several hundred kilometers from the epicenter. This phenomenon has been believed to be caused by regional differences in attenuation of seismic waves in the upper mantle associated with the island arc system.

There is another island arc in Japan, which extends from Kyûshû to the Ryûkyû Islands. This arc is older and less active than the eastern arc, and the features typical of the island arcs are not very predominant. However the similar effect of the upper mantle inhomogeneity to seismic intensity distributions is also found in and around Kyûshû. A map showing the location of intermidiate and deep earthquakes and Quaternary volcanoes and several typical seismic intensity maps for earthquakes with various focal depths are presented. The anomalous intensity distributions can be explanied by the existence of an absorptive portion in the upper mantle overlying a less absorptive deep seismic layer dipping from the Pacific Ocean side to the East China Sea side.

---

11) A. KAMITSUKI; On Local Character of Poisson's Ratio in the Earth's Crust, Mem. Col. Sci. Kyoto Univ., Ser. A, **29** (1959), 163–185.
E. NISHIMURA, A. KAMITSUKI and Y. KISHIMOTO; Some Problems on Poisson's Ratio in the Earth's Crust, Tellus, **12** (1960), 236–241.

12) 宇津徳治：日本列島下の上部マントルにおける $V_P/V_S$ について，地震 (ii), **21** (1969), (印刷中).