

関東南部の地震活動について*

関 谷 溥**

550. 340

On the Seismic Activity in the Southern Part of Kanto

H. Sekiya

(The Seismological Section, J. M. A.)

In this paper, the author treats the seismic activity in the southern part of Kanto. The magnitude of earthquake, and longitude and latitude of epicenter are obtained from "Catalogue of Major Earthquakes which Occurred in and near Japan, 1926-1967," and "the Magnitude Catalogue of Major Earthquakes which Occurred in the Vicinity of Japan, 1885-1950,". The data which were not found in these catalogues are supplemented from "Kishoyoran," and "the Seismological Bulletin of JMA.,".

The results of this study are as follows.

The distribution of epicenters of earthquakes accompanied by damages in the southern part of Kanto in the past is located in area of 139° - 141° E of longitude and 34° - 36° N of latitude (region A).

The energy released by the earthquakes in region A is rather active before the Kanto earthquake of 1923. After few years from 1923, however, the earthquakes in this region have decreased gradually from year to year, and especially, in epicentral area of the great Kanto earthquake of 1923 (region B) is in a quite low level for the past 44 years.

It suggests very interesting problems that the ratio between the annual sum of the energy released from the earthquakes of region A and region B, in 1922, is larger than those of other periods, and moreover the earthquake activities near Kashimanada began in May 1923 have become vigorous in June 1923 before the occurrence time of the main shock of the great Kanto earthquake, September 1, 1923.

1. まえがき

1923年の関東地震の震源域は神奈川県南部から相模湾北部を中心としたものであり、最近国土地理院の測量結果から房総半島、三浦半島周辺の地殻変動についての報告もあるので^{1),2),3)}、筆者は気象庁に保存されている1885年から現在までの80余年間の資料^{4),5)}を解析して、1923年の関東地震の前に関東南部に発生した地震活動や、その後現在までの変遷などについて調査した結果を述べることにする。

2. 資料

関東南部の地震活動を調べるには、まず第一に調査の

対象とすべき地域をどの範囲にしなければならないかということが問題であるが、ここでは一応、東京、神奈川、千葉などの都県の過去の被害地震を対象にして、この地域で震度V以上を観測した地震の震央の分布を求めた。第1~2表、第1~2図は気象庁と、横浜地方気象台で観測した震度V以上の地震の震源の表、および震央分布図である。これらについては有史以来の古文書などの資料を使った河角⁶⁾や宇佐美・久本⁷⁾などの調査もあるが、ここでは観測者が実際に観測した資料を基本にして、東京では東京気象台が創設された1875年(明治8年)6月1日以降、横浜では横浜測候所が創設された1896年(明治

* Received January 29, 1971

** 気象庁地震課

29年) 8月1日以降のものについて調べた。しかし、元禄16年11月23日(1703年12月31日)の大地震や、安政2年10月2日(1855年11月11日)の大地震は多数の記録も残っているし、関東南部の地震を論ずる場合に重要なものであるので特別に付加した。

これらの資料から、本論では第1~2図で示したように東経139度~141度、北緯34度~36度で囲まれた範囲を調査の対象にすることにした。また、地震の資料は気象庁の地震原簿、調査原簿のほか、日本付近における地震の規模表、地震月報別刷1~3、最近地震課調査係によ

Table 1 Catalogue of earthquakes the seismic intensity 5 or more obtained at Tokyo (1876-1969).

Year	Time (J. M. T.)				Epicenter		depth <i>h</i>	<i>M</i>	<i>I</i>
					λ (E)	ϕ (N)			
	mon.	d.	h.	m.			km		
1880(明治13)	2	22	00	50				5.9	V
1884(明治17)	10	15	04	22					V
1889(明治22)	2	18	06	10	139°40'	35°25'		6.2	V
1892(明治25)	6	3	07	10	140°30'	35°55'		6.7	V
1894(明治27)	6	20	14	04	139.9	35.7		7.5	VI
1894(明治27)	10	7	20	30	139	36		7.5	V
1895(明治28)	1	18	22	48	140.4	35.9		7.8	V
1906(明治39)	2	24	09	14	139°50'	35°30'		7.7	V
1922(大正11)	4	26	10	11	139.9	35.4		6.9	V
1923(大正12)	9	1	11	58	139.3	35.3		7.9	VI
		2	11	46	140.4	35.1		7.4	V
		2	18	27	140.4	35.5		6.8	V
		2	22	09	139.1	35.3		6.8	V
1924(大正13)	1	15	05	50	139.2	35.5		6.9	V
1926(大正15)	8	3	18	26	140°00'	35°15'	20	6.3	V
1928(昭和 3)	5	21	01	29	140°02'	35°50'	0	6.1	V
1929(昭和 4)	7	27	07	48	139°04'	35°31'	0	6.3	V

Table 2 Catalogue of earthquakes the seismic intensity 5 or more obtained at Yokohama (1897-1969).

Year	Time (J. M. T.)				Epicenter		depth <i>h</i>	<i>M</i>	<i>I</i>
					λ (E)	ϕ (N)			
	mon.	d.	h.	m.			km		
1909(明治42)	3	13	23	30	140.9	35.3		7.7	V
1922(大正11)	4	26	10	11	139.9	35.4		6.9	V
1923(大正12)	9	1	11	58	139.3	35.3		7.9	VI
		2	11	46	140.4	35.1		7.4	V
		2	18	27	140.4	35.5		6.8	V
		2	22	09	139.1	35.3		6.8	V
1924(大正13)	1	15	05	50	139.2	35.5		6.9	V
1928(昭和 3)	5	21	01	29	140°02'	35°50'	0	6.1	V
1929(昭和 4)	7	27	07	48	139°04'	35°31'	0	6.3	V
1930(昭和 5)	11	26	04	03	139°01'	34°53'	0	7.1	V
1931(昭和 6)	6	17	21	09	139°25'	35°42'	50	6.4	V

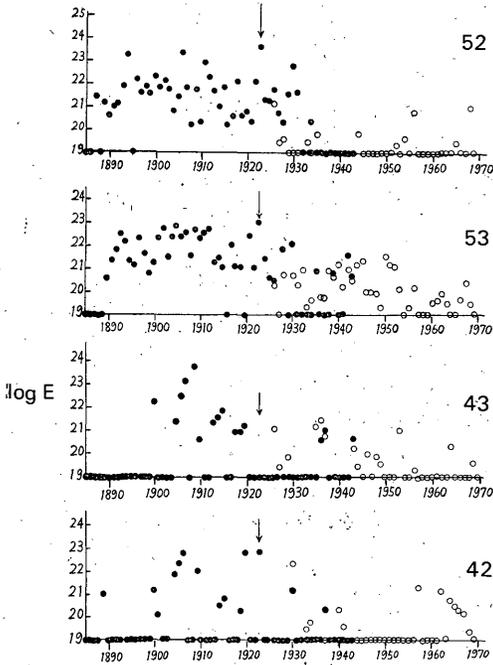


Fig. 4 Variation of annual sum of the energy released by the earthquakes in regions 52, 53, 42 and 43.

つのマグニチュードを個々の地震について比較すると第5図となり、傾向的にはマグニチュードの小さい所では差が大きく、大きくなると小さくなる。

その上、JMA方式ではマグニチュードは深さ0~60kmの地震のみについて求めてあり、河角式マグニチュードは有感距離から求めているので、対象としている地震も質的にかなり違ったものを含んでいる。しかし、古い資料は地震計の精度などの関係上、JMA方式に置き換えることは不可能なので、1926年から1943年までを併記して比較した。

このようにして計算した各区域の84年間の放出エネルギーの変動を調べてみると、各々の区域については、52区は1923年の関東地震の前から1931年頃までは活動的であったが、その後急速に静かになっている。53区はこの地域の中でもっともサイズシティの高い地域であるが、矢印の関東地震を中心として、震後は震前に比べて階段状に減少傾向をたどっている。43区は1909年の大地震の前震や、本震に伴う余震が多数発生したが、その後は多少の変動を伴いながら現在に至っている。42区は関東地震の余震も発生したが、主として伊豆諸島の火山性地震の発生する地域で群発性があり、1962年から1968年にかけてはやや活発な地震活動があった。

4. 関東南部の地震活動の局地的性

1926年以後気象庁が震源を決定したすべての地震について、この地域に発生している震源の分布を緯度・経度共0.1度ごとの網目に区切って、その網目の中に発生した地震数をプロットすると、深さ0~39kmの浅い地震については第6図(a)となっている。これは主として地殻内に発生している地震であって、図から明らかなことは1926年以後現在までの44年間に、最近地殻変動の報告されている神奈川県南部から相模湾・房総南部からその南方海上にかけては地震がほとんどなく、それに反して、その周辺の千葉県中部から北部にかけての東岸、東京・神奈川県境の東京湾沿岸、神奈川県北西部から山梨県東部、伊豆大島から伊豆半島東岸、三宅島・新島・式根島近海には地震がまとまって多数発生している。しかし、第6図(b)~(e)のように、10年ごとに分けて震源分布の変化をこまかに調べてみると、地域的にも時間的にも不規則に変化している。地域的な変化が明りょうに認められるのは伊豆東岸から大島・新島・式根島・三宅島近海の地震で、図からわかるように40年の間に少しずつ不規則に移動し、起こらなかった所に順次地震が発生した結果として、第6図(a)のようになったことを示している。そして、神奈川県北西部から山梨県東部、東京・神奈川県境

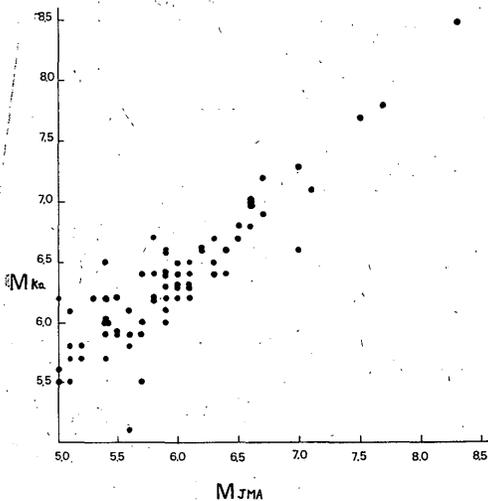


Fig. 5 Relationship between Kawasumi's magnitude (M_{Ka}) and JMA's magnitude (M_{JMA}).

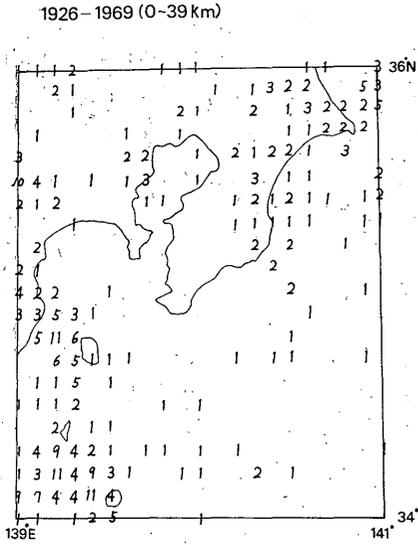


Fig. 6(a). Distribution of epicenters whose depths are shallower than 39 km determined by JMA (1926-1969). Numeral shows the number of events occurred in an area of (6' of longitude)×(6' of latitude).

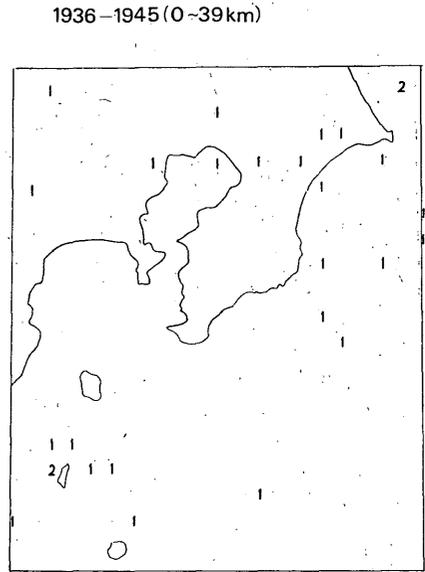


Fig. 6(c). The same distribution of events as Fig. 6(a) (1936-1945).

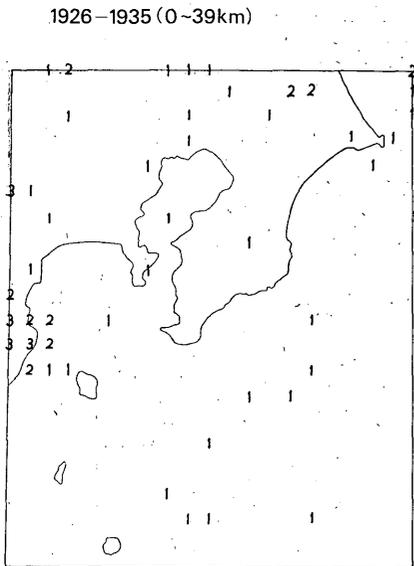


Fig. 6(b). The same distribution of events as Fig. 6(a) (1926-1935).

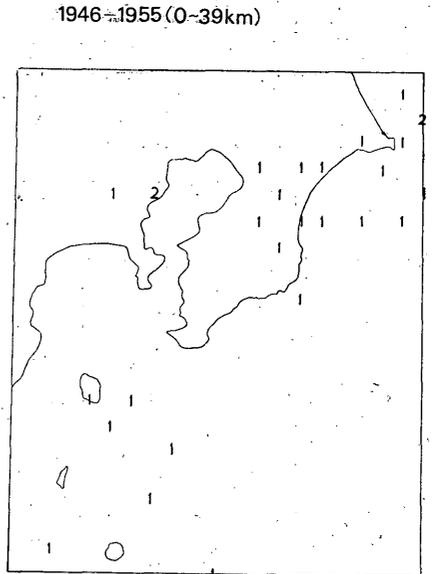


Fig. 6(d). The same distribution of events as Fig. 6(a) (1946-1955).

1956-1965 (0-39km)

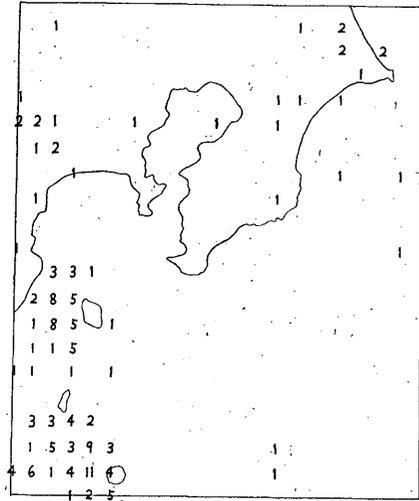


Fig. 6(e). The same distribution of events as Fig. 6(a) (1956-1965).

1926-1969 (40-80 Km)

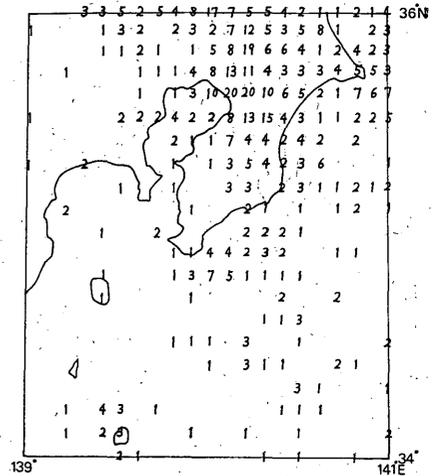


Fig. 7(a). Distribution of epicenters whose depths are 40-80 km determined by JMA (1926-1969). Numeral shows number of events occurred in an area of (6' of longitude) × (6' of latitude).

などの地震の発生はほとんど同一地域で起こり、時間的な変化が認められる。

また、深さ40~80kmのマントル上部の地震は、第7図(a)のように千葉県中部から茨城県にかけて常時発生する地域があり、東京湾沿岸に沿って南北に多発する地帯がある。そして、10年ごとに分けて震源分布の変化を調べてみると、第7図(b)-(e)のようになり、房総半島南方の地震には地域的な変化が認められるが、千葉県中部から茨城県にかけては、このような深さの範囲では同一地域にほとんど定期的に地震が発生している。

5. 房総・三浦半島南部の地震活動と周囲の地震活動¹⁰⁾

このように地震の発生は、細かにみるとかなり複雑なものであり、将来は資料の集積を待って、小さい地震発生域の相互の関連を調べなければならないが、第8図(右)のように東経139~141度、北緯34~36度で囲まれた地域をA、また現在地震の発生していない地域は、1923年の関東地震の余震域であり、また陸地測量部¹¹⁾やその後の水路部の観測¹²⁾で大きな地殻変動の観測された地域とも一致するのでB域と名づけ、過去の地震活動において、A域とB域の間にどのような関連があったかを調べることにする。

第8図(左)は第4図の52, 53, 42, 43区の毎年の地震エネルギーを総計してA域全体のエネルギーの変動を求

1926-1935 (40-80km)

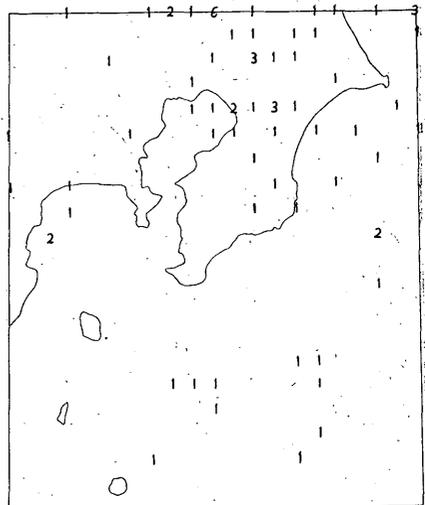


Fig. 7(b). The same distribution of events as Fig. 7(a) (1926-1935).

関東地震までの有感地震回数の変動を示したもので、この図から大地震の3か月前の1923年6月に水戸の有感地震回数が73回、銚子が64回で、1か月当たりの値としては両地方気象台とも観測開始以来の記録的な地震が発生した。そして、この有感地震回数は立方根正規化による

Thompson の棄却検定 (危険率5%) から異常的な発生数であることが証明された。図中の横線は棄却限界の上限であり、この横線以上の値は統計的に異常に多いことを示すものである。そこで、このような有感地震回数の地域的分布の変化を調べたものが第13図(a)~(c)で

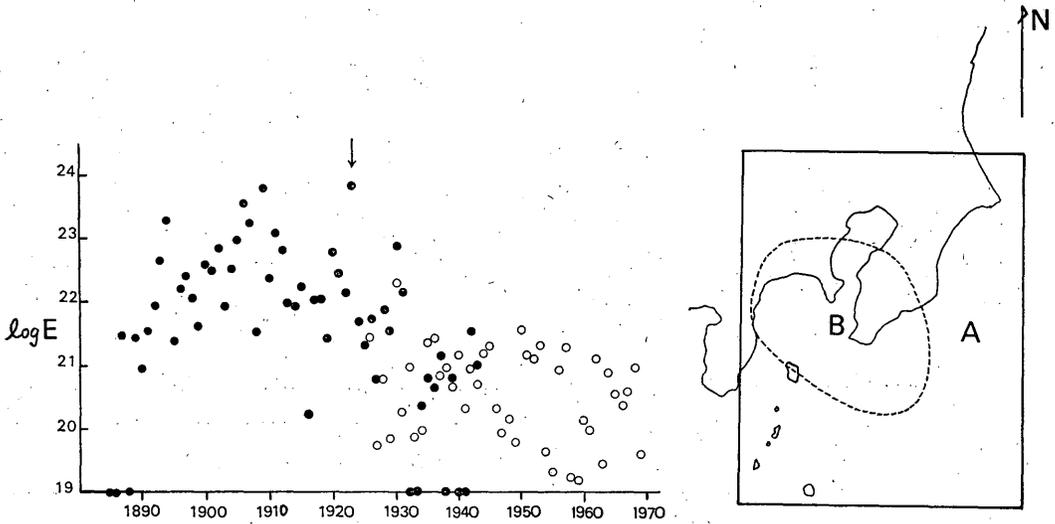


Fig. 8 Variation of annual sum of the energy released by the earthquakes in total area, region A. Boundary of regions A and B is an area observed the crustal movement in the great Kanto earthquake of 1923.

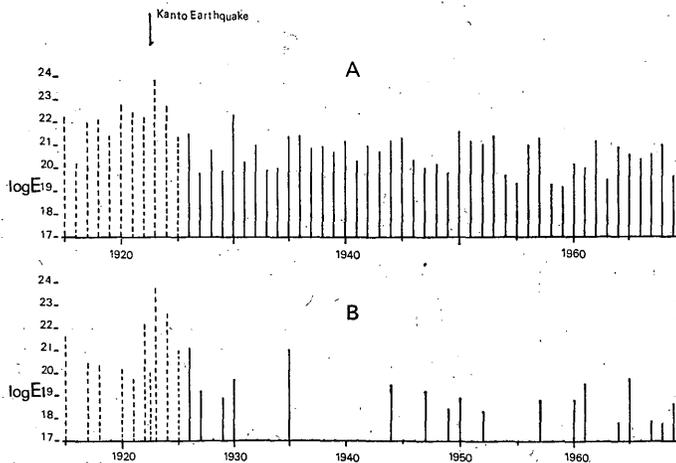


Fig. 9 Annual sum of the energy released by the earthquakes in regions A and B from 1915 through 1969.

ある。

すなわち、この図から大地震のあった前年の1922年4月26日には木更津付近に $M=6.9$ の地震などがあり、地震の放出エネルギーとしては第9、第10図で示したように、1922年にB域にA域全体の地震エネルギーが集中したが、これはB域に規模の大きい地震が発生したためであって、有感地震回数としてはB域に異常が認められるほどのものではなかった。しかし、1923年になって、5月

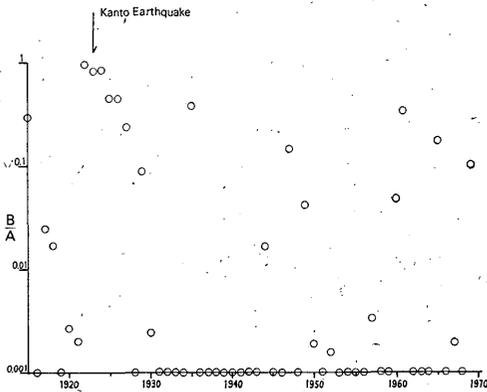


Fig. 10 Ratio between the annual sum of the energy released by the earthquakes in regions A and B.

から6月にかけて茨城県東方から千葉県北部にかけて有感地震回数が多くなった。5月から6月の間に震源の決定された $M>5$ の地震は第14図で、震央は大部分が鹿島灘で、水戸や銚子で観測した有感地震回数は震源決定されたこれらの地震数の6~7倍となっている。従って、この場合水戸や銚子の有感地震の大部分は $M<5$ の小地震で、しかも、第13図でわかるように有感地震回数が地域的にみて急に減少していることから、震源の浅い性質のものであることが推定される。その後7月・8月とこの地域の有感地震がほとんどおさまった所で9月1日に神奈川県南部で大地震が発生した。大地震発生後の有感地震回数の分布は第15図となっており、同図に示した震央分布とほとんど一致している。これは、余震の大部分が震源の浅い性質のものであるからで、深い場合は一致しないことが多い。

1922年にB地域にA地域全体の地震エネルギーが集中したことと、翌1923年の5月から6月にかけて小地震がやや離れた距離にある鹿島灘に群発し、3か月後に関東地震が発生したことは、いずれも統計的には滅多に起こらない異常な現象が、短期間に続いて起こったことに間違いないが、当時の資料からは物理的な解析が困難で、いまのところ、これらの関係を結びつける確定的な結論

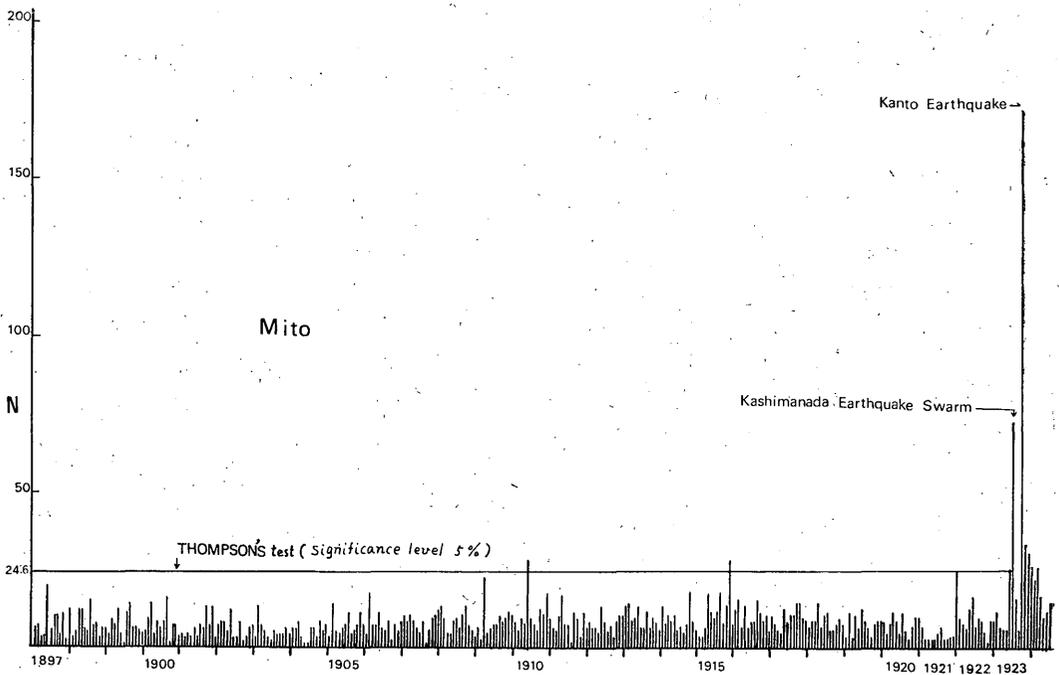


Fig. 11 Monthly frequency of felt earthquake observed at Mito.

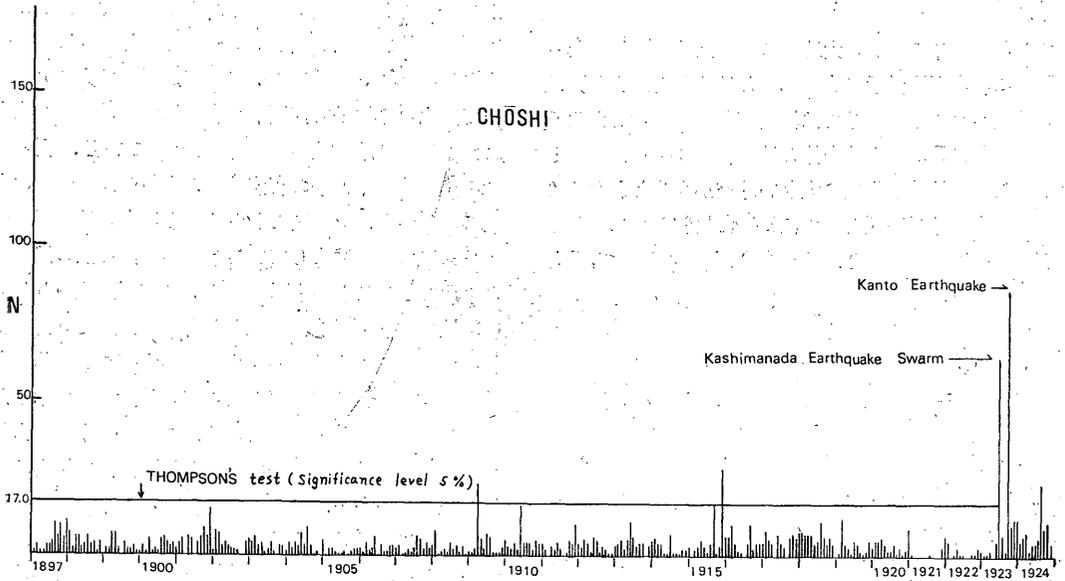


Fig. 12 Monthly frequency of felt earthquakes observed at Choshi.

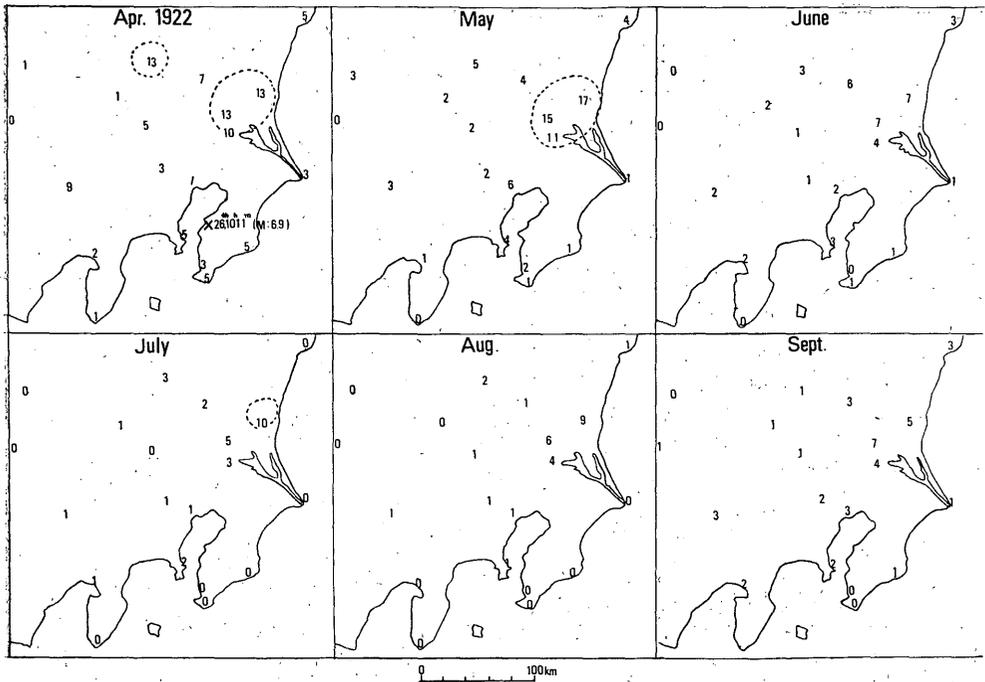


Fig. 13(a) Distribution of monthly number of felt earthquakes in Kanto district (April-September, 1922)

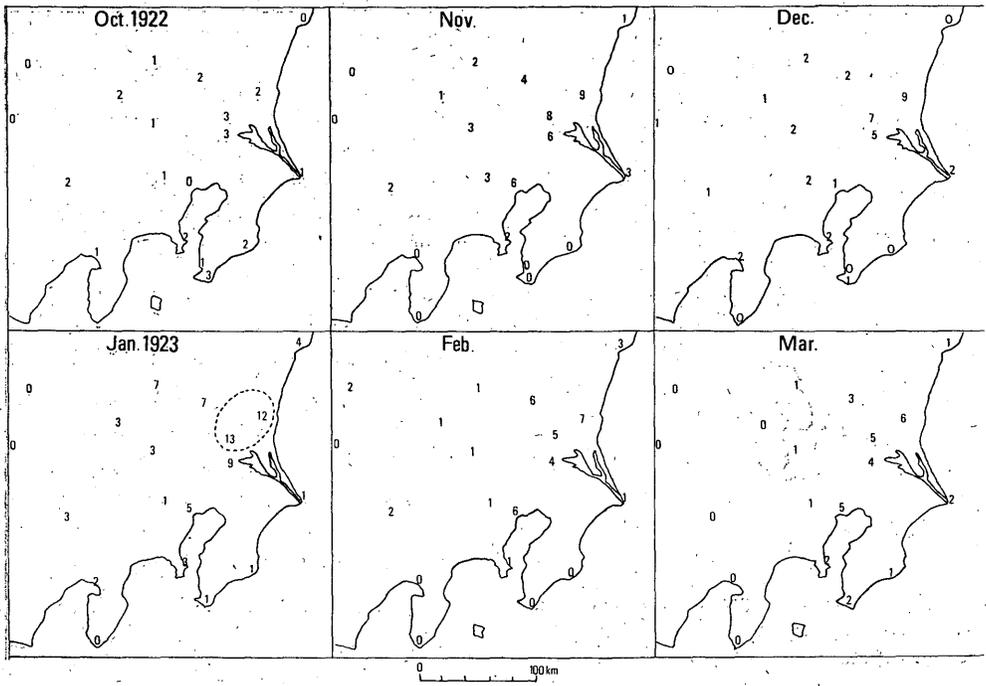


Fig. 13(b) The same distribution as Fig. 13(a) (October, 1922-March, 1923).

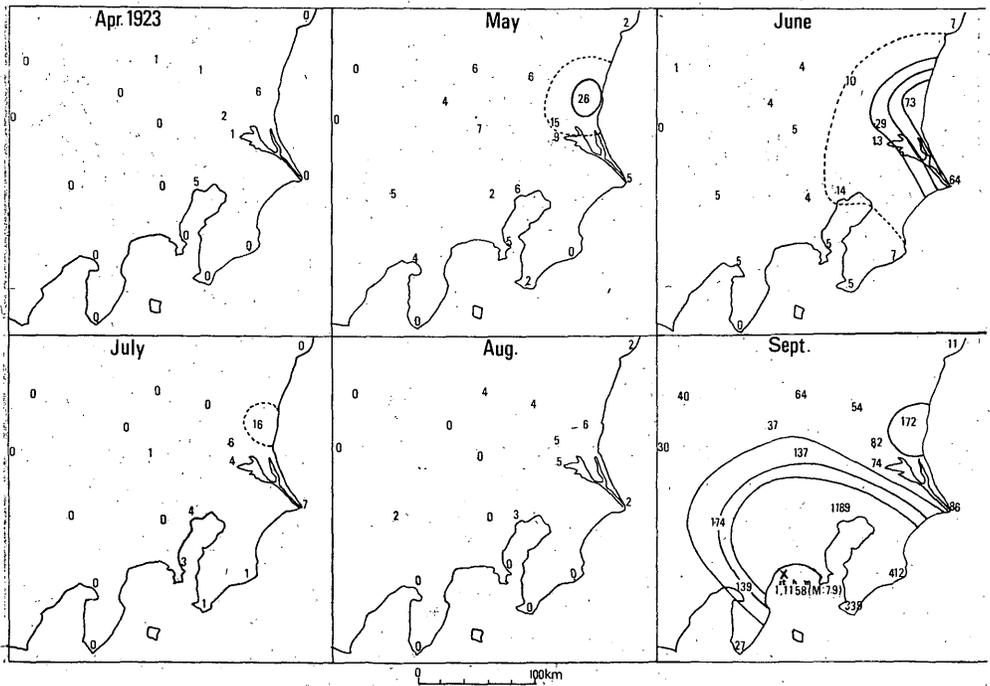


Fig. 13(c) The same distribution as Fig. 13(a) (April-September, 1923).

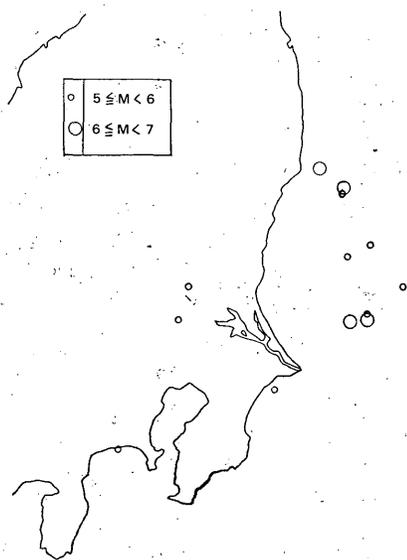


Fig. 14 Distribution of epicenters observed in Kanto district during the period from the period of May-June, 1923.

が得られないのは残念である。しかし、関東南部の大地震で、しかも不十分なながらも観測値から量的に扱うことのできるただ一つの資料であるので、この資料は5項の結果と共に、今後の関東南部の地震活動を論ずる上にきわめて重要なものであると確信している。

7. 立体的に見た関東南部の地震活動

第16図(a)~(b)、第17図(a)~(b)は1926年から1963年の間に、相模湾から房総に至る関東南部に発生した地震の東西ならびに南北の断面図であって、東西断面では、千葉県東方の海底に発生している浅い地震は、房総半島に近づくに従って約30度の傾斜でもぐり込むような断面に分布している。一方、伊豆半島から大島近海に発生している地震の深さは0~30kmと浅く、前述の千葉県東方から陸地の下に傾斜して発生している地震との間には地震の発生しない所がある。この空間は第17図(a)~(b)のような南北断面図では、かなりはっきりと表わすことができ、その上、関東南部では東西に比べて南北に地震が群をなして発生している状況がよくわかる。そして、さらにこの図から、相模湾東方から三浦・房総南方にかけての地震の起こっていない所では、浅い所ばかり

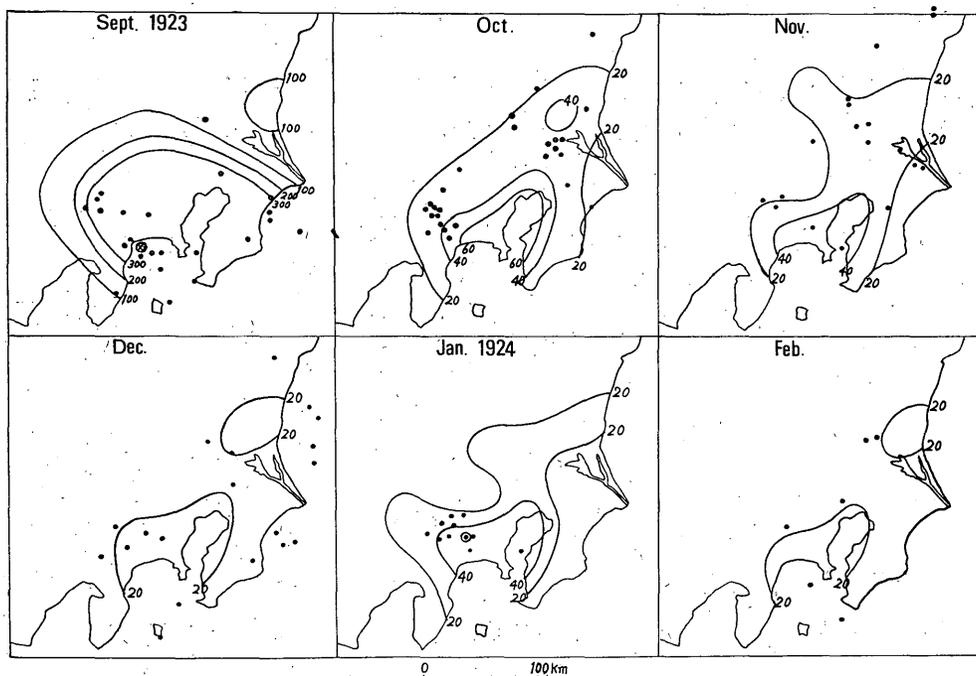


Fig. 15 Distribution of number of felt earthquakes (curves in figure) and epicenter of aftershocks (full circles in figure) for Kanto earthquake during the period of September, 1923-February, 1924.

でなく深さ 90km まで地震がほとんど発生していないが、東京湾中部から北部にかけては急傾斜で浅い地震が発生し始めているのは興味がある。

なお、地震が、ある地域のある深さの所で群をなして発生する一例としては第16図(c)がある。第16図(a)と第16図(c)とは同じ地域の東西断面であるが、前者は1926~1963年の間の地震の発生分布であり、後者は1964~1969年の間に起こった地震の分布である。これによると房総南部から南方海上にかけて1926年から1963年までは地震が起こらなかったが、1964年以後にその空白の地帯を埋めるように地震が発生している。これはいずれも小地震であり、その発生状況は第18図のように、主として1968年から1969年にかけて深さ70kmを中心として比較的狭い地域に起こったものである。なお、この地域は最近地殻変動が観測され、長期間地震の起こっていない所で起こった地震でもあるので、今後の変化については一応注目する必要があるかも知れない。

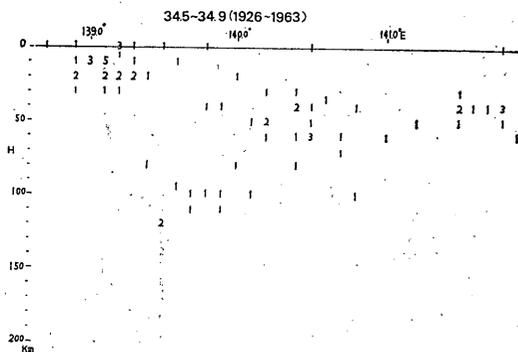


Fig. 16(a) Distribution of epicenters projected on the E-W vertical plane in the southern part of Kanto (34.5-34.9N), during the period of 1926-1963.

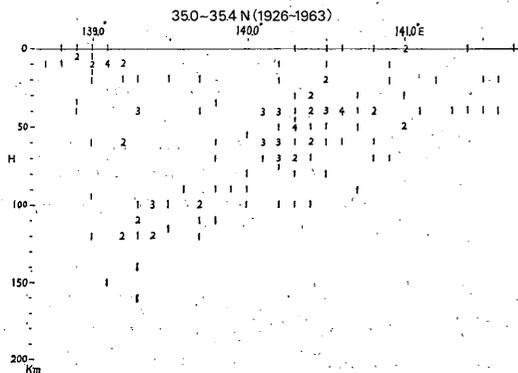


Fig. 16(b) The same distribution as Fig. 16(a) (35.0-35.4N).

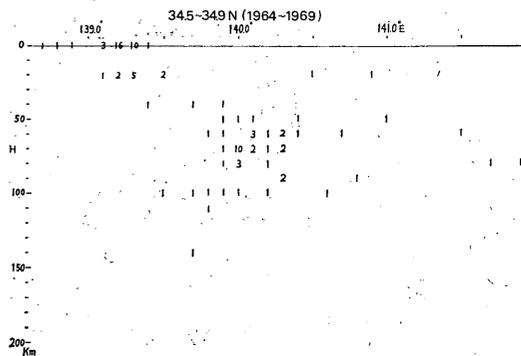


Fig. 16(c) The same distribution as Fig. 16(a) during the period of 1964-1969.

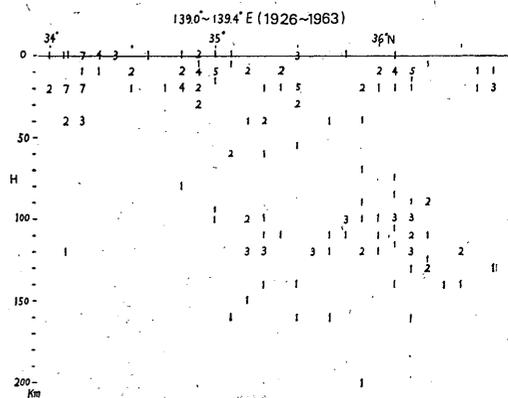


Fig. 17(a) Distribution of epicenters projected on the N-S vertical plane in the southern part of Kanto (34.0-36.9N), during the period of 1926-1963.

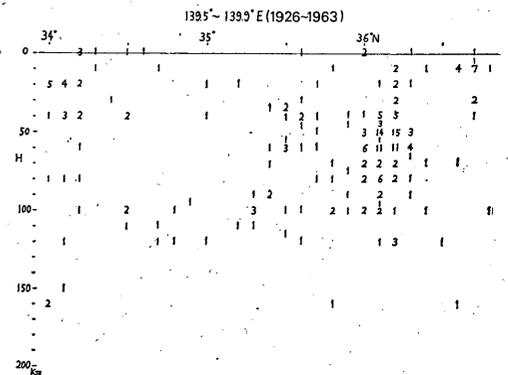


Fig. 17(b) The same distribution as Fig. 17(a) (139.5-139.9E).

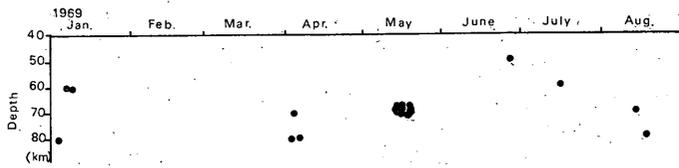


Fig. 18 Variation of epicenters whose depths are 40-80km observed in the southern part of Kanto during the period of January-August, 1969.

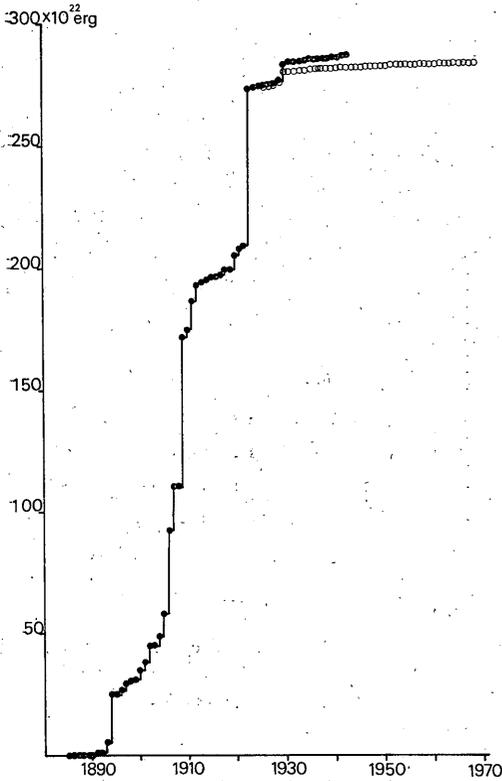


Fig. 19 Cumulative sum of energy released by the earthquakes in region A.

8. 地震エネルギーの消長

第19図は第8図で求めたA地域の地震の放出エネルギーを計算して、1885年以後の地震エネルギーの消長を求めたものであり、黒丸は河角式マグニチュードから計算したもの、白丸はJMA方式のマグニチュードから求めたものである。また第20図の実線は歴史的に残されている同じA地域の被害地震のカタログから放出エネルギーを計算したもの、点線は第19図の値そのままである。この2つの図からわかることは、前述のように1923年の関東地震の前は地震活動はかなり活発であったが、その後急激におだやかになり、その状態は現在も続いている。

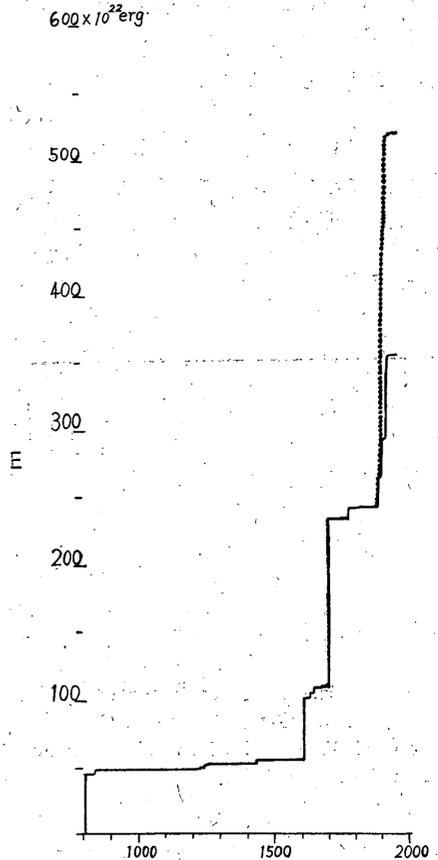


Fig. 20 Cumulative sum of energy released by the earthquakes in region A.

Solid line denotes cumulative sum of the earthquakes accompanied damage and dotted line denotes one of all earthquakes obtained by JMA.

第二は被害地震から求めたものと、全地震のエネルギーがかなり違っており、関東南部のようなサイスミシティの高い地域では、何百年という歴史時代を含めた長期間の地震エネルギーの消長を量的に求めるのはかなりむずかしいことを示している。

9. むすび

以上は関東南部の地震の発生について、放出エネルギー、震源分布、有感地震回数の変化など、いろいろな資料から検討を加えたわけであるが、次のことが確かめられた。

i) 関東南部の東京・横浜などで震度V以上を観測した震源の分布を調べると、東経139—141度、緯度34—36度の範囲内で発生している。

ii) 上記の地域について、1885年以後1969年までの84年間の地震の放出エネルギーの変動を求めると、1923年の関東地震の前は地震活動は活発であったが、その後急速に静かになって、その状態が現在も続いている。

iii) 1926年以後気象庁で震源決定された地震の資料から震源分布を求めると、関東南部の地殻内の浅い地震は、千葉中部から北部にかけての東岸、東京・神奈川県境の東京湾沿岸、神奈川県北西部から山梨県東部、伊豆東岸から伊豆諸島に沿うものなどがあり、マントル上部では千葉県中部から茨城にかけて地域的に地震活動の活発な所があるが、細かくみると定常的なものではなく空間的な変化や時間的な変化が認められる。そして、1923年の関東地震の際大きな地殻変動が観測された地域には、深さ0~90kmまで地震がほとんどなく、現在地震活動はきわめて平穏である。

iv) A地域と現在地震活動の平穏なB地域の地震のエネルギーの比B/Aを求めると、1923年の関東地震の前年の1922年に0.95と大きくなって翌年大地震が発生し、余震が広がると共に小さくなった。しかし、その後現在まで多少の変動はあるが、このような大きな値は得られていない。また、関東地域の有感地震回数の分布から、1923年の関東地震の3か月前に鹿島灘に小地震が群発したが、この値は月別の有感地震回数としては、水戸・銚

子とも統計的にも異常値であり、創立以来の最大値でもあった。

v) 房総南部から南方海上にかけて、1926年以後1967年まで深さ40~80kmの地震の起こらない所があったが、1968年から1969年にかけて深さ70kmを中心とした地震が、今までの空白地帯を埋めるようにして発生した。この地震は一応おさまったが、この地域は最近地殻変動が観測された地域でもあるので、今後の変化は一応注目する必要があるかも知れない。

参 考 文 献

- 1) 田島 稔 (1970): 最近の関東南部における地殻活動, 地学雑誌, 79, 139~150.
- 2) 国土地理院 (1969): 房総三浦半島地域における地殻活動状況, 地震予知連絡会報, 2, 25~33.
- 3) 国土地理院 (1970): 最近の関東地方の地殻上下変動, 地震予知連絡会報, 3, 12~14.
- 4) 気象庁 (1958—1968): 日本付近の主要地震の表, 地震月報別冊, 1~3.
- 5) 気象庁 (1952): 日本付近におけるおもな地震の規模表, 地震観測法 (1952), 付録.
- 6) 河角 広 (1970): 関東南部地震69年周期の証明とその発生の際の緊迫度ならびに対策の緊急性と問題点, 地学雑誌, 79, 115~138.
- 7) 宇佐美竜夫, 久本壮一 (1970): 東京が震度V以上の地震に襲われる確率, 震研彙報, 48, 331~340.
- 8) 市川 政治 (1970): 関東地方南部の地震活動, 地学雑誌, 79, 151~166.
- 9) Gutenberg, B. (1956): The Energy of Earthquakes, Quarterly Journ. Geol. Soc. London, 112, 1~14.
- 10) 関谷 溥 (1970): 関東南部の地震活動とその変遷, 地震予知連絡会報, 4, 6~12.
- 11) 陸地測量部 (1930): 関東震災復旧測量記事.
- 12) 茂木 昭夫 (1959): 関東大地震における相模湾の海底変動について, 水路要報, 60, 52~60.
- 13) 関谷 溥 (1970): 1923年関東震災の前震と余震について, 地学雑誌, 79, 175~180.