



96

土木研究所資料

第 7 4 5 号

東京湾周辺の地震活動調査報告書

昭和 4 7 年 3 月

建設省土木研究所
構造橋梁部振動研究室

ま え が き

この報告書は、気象庁所有の既往資料をもとに、東京湾付近に発生した主要地震を調査し、その結果の基礎資料を提示するものである。この調査から、将来同地域に建設する構造物の耐震設計の基本資料を得ようとした。

本調査の基本方針に関しては、気象庁勝又護氏に御指導していただき、解析作業の主要部分は、当所からの委託により日本気象協会が実施したものである。

昭和47年3月

振動研究室

室長 栗 林 栄 一

主任研究員 岩 崎 敏 男

目 次

まえがき

§ 1. 設計上考慮すべき既往の地震	1
1. 1 我国における地震活動	1
1. 2 地震活動調査のための基礎的資料	4
§ 2. 東京湾地域で考慮すべき地震の規模と頻度の推定	5
2. 1 過去の地震活動	5
2. 2 震度に関する資料	16
2. 3 最近の資料からみた地震活動	17
付録 地震の規模(M), 震央距離(Δ)を与えて, 地震動の 振幅(A), 震度(I), 加速度(α)を推定する資料	23
A. 1 M- Δ -Aの関係	25
A. 2 強震観測結果	31
A. 3 I- α の関係	33
A. 4 M- Δ - α の関係	34
A. 5 結論および問題点	42

§ 1 設計上考慮すべき既往の地震

1. 1 我国における地震活動

図 1. 1 は有史以来の破壊的地震の分布図を示している。

図 1. 2 は 1931～70 年に発生した震源の浅い地震のうち、主要な地震の分布図また図 1. 3 は震源の深さ別にみた地震の分布である。

つぎに図 1. 4 は地震動最大加速度の期待値および地震動最大速度の期待値を示したもので、各種の研究成果を並記している。

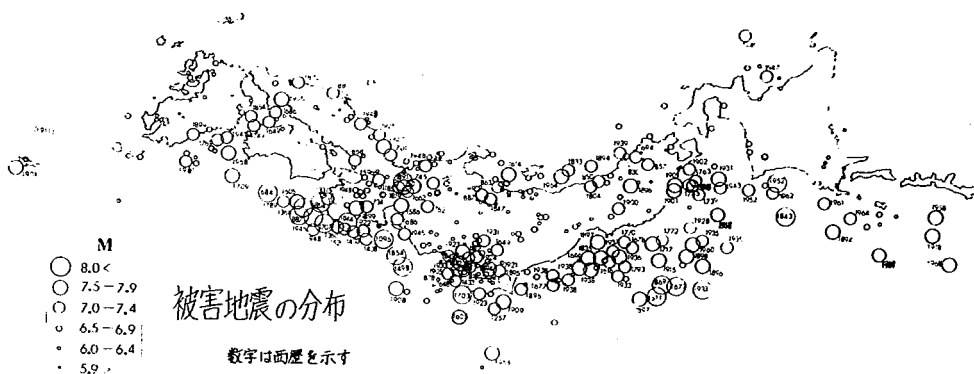


図 - 1.1

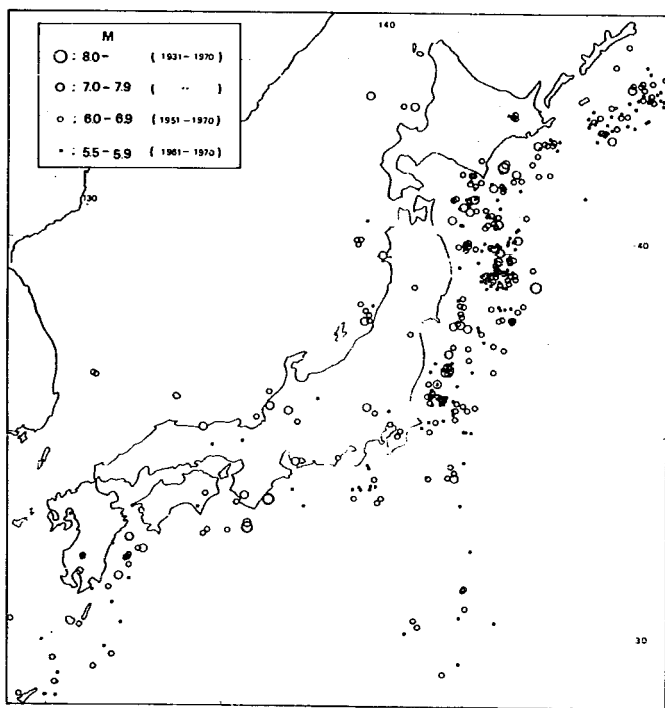


図 - 1.2

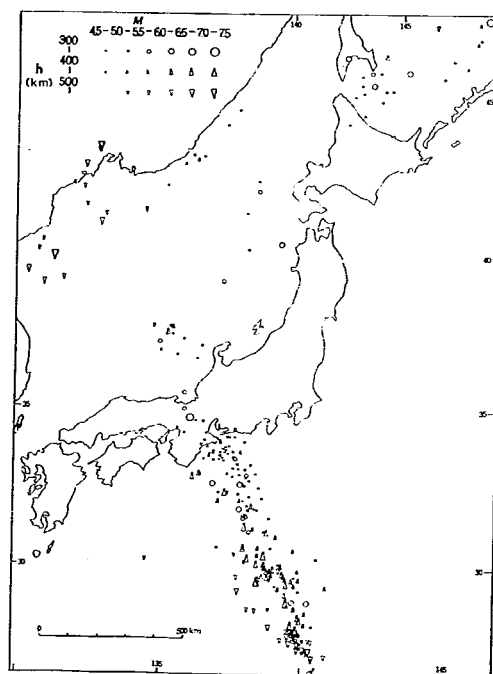
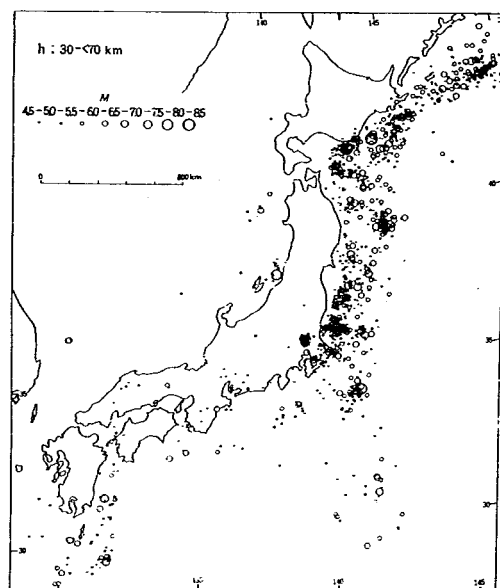
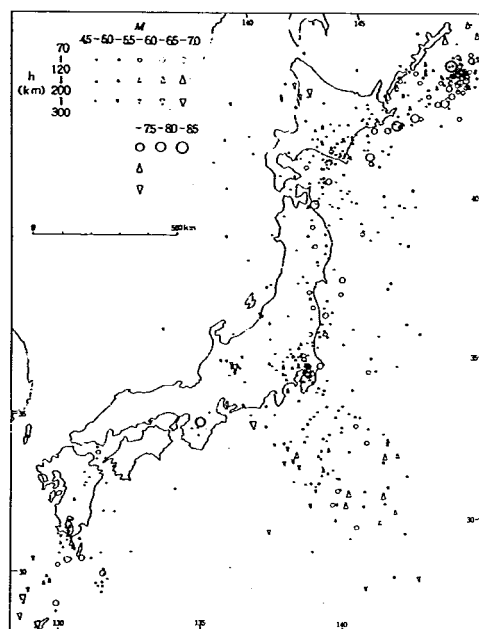
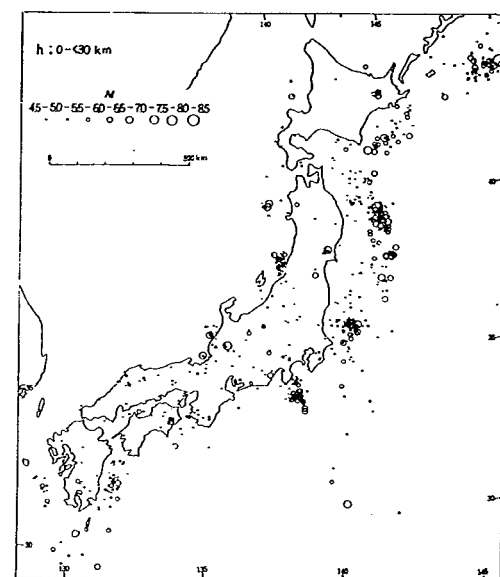
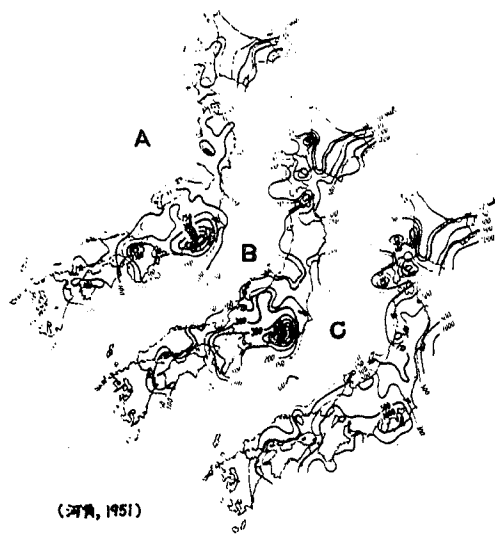


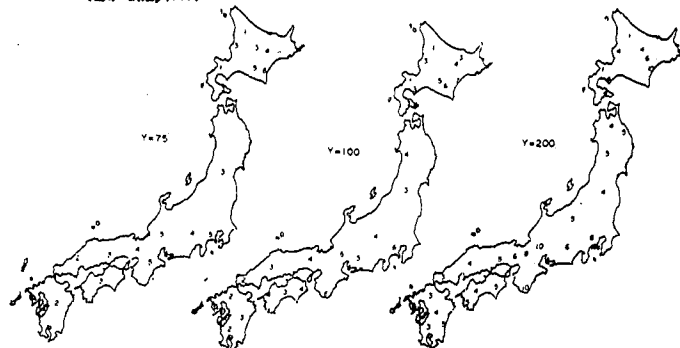
図 - 1.3



Expectancy of maximum acceleration of earthquakes in 75 (A), 100 (B) and 200 (C) years.

Expectancy of the maximum velocity amplitude of earthquake motions at bed rock

(金井・鈴木, 1948)



75 年間に於ける最大地震加速度の期待値

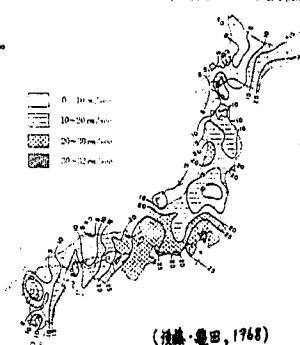
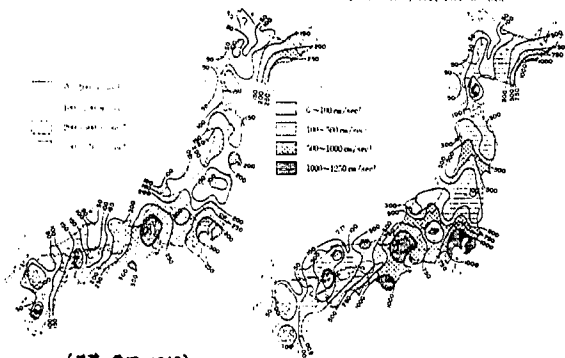
($T_s=0.5$ sec, σ_y 式 (49)~(49') より決定)

75 年間に於ける最大地震加速度の期待値

($T_s=0.5$ sec, σ_y 式 (47) と (48') より決定)

75 年間に於ける最大地震加速度の期待値

($T_s=0.5$ sec, σ_y 式 (49)~(49') より決定)



地震速度最大値で表わされた予想震度 (Kine), $\tau=50$ 年, $T=1856-1954$ (村松, 1956).

1.2 地震活動調査のための基礎的資料

地震活動調査のための基礎的資料としては下記のものがある。

1) 大地震史料

田山実, 大日本地震史料 (震災予防調査会報告第46号甲・乙)

大森房吉, 本邦大地震概説 (震災予防調査会報告第68号乙)

“ “ (“ “ 第88号乙)

武者金吉, 大日本地震史料 第1～第3巻 (文部省震災予防評議会)

武者金吉, 日本地震史料 (毎日新聞社)

東京天文台, 理科年表 (丸 善)

宇佐美龍夫, 日本付近のおもな被害地震の表 (地震研究所彙報44, 1571～1622)

竹花峰夫, 本邦大地震概表 (験震時報8, 179～194)

(1919～1934)

勝又護, 最近の顕著な地震の表 (験震時報16, №2, 83～97)

(1935～1950)

勝又護, “ “ (“ “ 26, 129～133)

(1951～1960)

徳永・勝又, 最近の顕著な地震の表 (験震時報36, 97～107)

(1961～1970)

2) 大地震の文献

宇佐美・津野, 大地震調査報告文献集 (地震研究所彙報47, 271～394)

3) 地震観測資料

1885～1903 中央気象台地震報告

1904～1910 中央気象台年報 地震の部

この間は主として { 気象要覧 (1900～
地震年報 (1924～1950)

1951～ 地震月報

気象庁地震課, 日本における震度観測の記録 (気象庁技術報告第76号)

4) 地震のカタログ

日本付近におけるおもな地震の表 (地震年報1950年附録)
(1885～1950) (地震観測法追録)

日本付近の主要地震の表

{ 1926～1956 (地震月報別冊1)
{ 1957～1962 (“ “ 2)
{ 1963～1967 (“ “ 3)

これ以降は毎年の地震月報12月号の巻末にあり。

§ 2. 東京湾地域で考慮すべき地震の規模と頻度の推定

2.1 過去の地震活動

1) 東京湾地域で被害のあった有史以来の地震

東京湾沿岸地域で被害のあった有史以来の地震につき、その発生年、震央位置、規模（マグニチュードM）、最大震度(I)および被害地域と被害概況を表2.1および2.2に示す。表2.1は明治以前について、また表2.2は明治以降について、便宜上分類している。

表2.1 東京湾沿岸地域で被害を生じた地震（明治以前）

No.	発 震 年		震 央		M	I	被害地域と被害概況
	西 暦	日本暦	北緯	東 経			
1	818	弘仁 9	35.2	139.3	7.9	A	関東諸国：山くずれ、谷埋まること数里、百姓圧死多数、津波があった。
	841	承和 8	35.1	138.9	7.0		伊豆：里落完からず、死傷があった。
2	878	元慶 2	35.5	139.3	7.4	A	関東諸国：相模・武蔵でひどく、地陥り、家屋破壊し、死者多数。
	1096	永長 1	34.2	137.3	8.4		畿内、東海道：広範囲にわたり被害あり。
3	1213	建保 1			6.4	B	鎌倉：山くずれ、地裂け、倉屋破壊した。（河角：M=6.8）
	1227	安貞 1			6.2		鎌倉：地裂け、所々の門扉、築垣転倒。
4	1240	仁治 1			6.4	B	鎌倉：鶴岡神宮寺倒れ、北山くずれる。（河角：M=6.9）
5	1241	仁治 2	35.1	139.4	7.0	B	鎌倉：津波を伴い、由比ガ浜大鳥居内拝殿が流失した。（河角：震央不詳）
6	1257	正嘉 1	35.2	140.9	7.0	A	関東南部：鎌倉の社寺完きもなく、山くずれ、家屋転倒し、地割れを生じた。（河角：M=7.2，震央不詳）
7	1293	永仁 1			7.1	B	鎌倉：鎌倉強震、諸寺つぶれ、死者数千人といい、2万3千人余ともいう。震央不詳
8	1433	永享 5	34.9	139.5	7.1	C	相模：鎌倉で社寺の被害多し。

No.	発震年		震央		M	I	被害地域と被害概況
	西暦	日本暦	北緯	東経			
9	1498	明応 7	34.1	138.2	8.6	C	東海道全般：紀伊から房総に至る海岸と甲斐で振動強く、津波が、紀伊から房総に至る海岸を襲う。
10	1525	大永 5				C	鎌倉：由比ヶ浜の川、入江、沼埋まって平地となる。 (河角：M=6.6)
11	1590	天正 18				B	(理科年表に記載なし、河角：川越城破壊、M=7.2)
12	1592	文禄 1			6.7	C	下総：江戸に多少の被害があった模様。
13	1605	慶長 9	34.3	140.4	7.9	C	東海・南海・西海諸道：二つの地震(他の一つは、 33.0°N 、 134.9°E)が生じたものと考える。
14	1615	元和 1	35.7	139.7	6.4	B	江戸：家屋破倒、死傷多く、地割れを生じた。(河角採用せず)
15	1628	寛永 5			6.1	C	江戸：江戸城石垣所々くずれた。 (河角：M=6.4)
16	1630	寛永 7			6.7	C	江戸：江戸城石垣、塀などくずれる。
17	1633	寛永 10	35.2	139.2	7.1	C	相模、駿河、伊豆：小田原城矢倉、門塀などことごとく破壊、民家倒壊多く、圧死150人、箱根で山くずれ、熱海に津波襲来した。
18	1635	寛永 12			6.1	C	江戸：長屋の塀など損じ、増上寺の石燈籠がほとんど倒れる。 (河角：M=6.4)
19	1643	寛永 20			6.2	C	江戸：屋根落ち、壁くずれる。 (河角：M=6.4)
20	1647	正保 4			6.4	B	武蔵、相模：江戸城破損、大名屋敷民家破損、死少なからず、上野東叡山大仏の頭落つ、馬入川渡船場破壊。(河角： 35°N 、 139°E 、M=6.8)
21	1648	慶安 1	35.2	139.3	7.1	B	相模：小田原城破損、小田原領内壊家多く、箱根の坂崩れ、江戸にて武家屋敷、町家の屋根瓦落ち、土蔵、練塀半ば碎け倒る。
22	1649	慶安 2	36.1	139.7	7.1	B	武蔵、下野：江戸城二の丸石垣、塀破損、侍屋敷、町家破損し圧死多く、上野東照宮大仏の頭落ち、日光東照宮の石垣破損し相輪塔傾く。
23	1649	慶安 2	35.5	139.6	6.4	C	江戸、川崎：川崎駅の民屋140~150軒、寺7宇崩壊、その近くの4~5村で民屋破倒し人畜の死傷多し。江戸では雑司ヶ谷薬園の御茶屋、江戸城平川口腰掛及び御春屋破損。

No.	発 震 年		震 央		M	I	被害地域と被害概況
	西 暦	日本暦	北緯	東 経			
24	1670	寛文 10	35.4	139.2	6.4		相模：大住（現中）郡で民家つぶれること100余，植田200余町無田となる。
	1683	天和 3	36.8	139.7	7.3		日光：石垣，燈籠くずれ，坊舎大小破れる。江戸でも強く城内築屋少し崩る。（河角採用せず）
	1697	元禄 10	35.3	139.5	6.9	A	相模，武蔵：鶴岡八幡宮の鳥居が倒れ，壊家あり。江戸平川口梅林坂御多門の石垣くずれる。（河角：35.3°N，139.7°E，M=7.2）
	1703	元禄 16	34.7	139.8	8.2	A	江戸，関東諸国： 註1 参照
	1706	宝永 3			6.6	C	江戸：江戸城の石垣，塀多少破損。
	1707	宝永 4	33.2	135.9	8.4		五畿七道：全体で潰家29,000，死4,900人，家屋倒壊範囲は，東海道から中国，九州に及ぶ。遠州灘沖および紀伊半島沖の2つの地震とも考えられる。
	1746	延享 3			6.9		江戸，日光：江戸で家屋少々破損，東照宮石矢来17本倒れた。（河角：36.1°N，139.7°E）
27	1782	天明 2	35.2	139.2	7.3	B	相模，武蔵：小田原城の櫓，石垣破損，民家倒壊1,000戸，津波あり。箱根で山くずれ，江戸で壊家死者があった。
28	1784	天明 4			6.1	C	江戸：傾いた家，瓦の落ちた家が多かった。（河角：M=6.4）
29	1801	享和 1	35.3	140.0	6.5		上総：久留里城内櫓，塀多く破損し，民家倒壊が多かった。史料は少なく真偽詳細は不明。
	1812	文化 9	35.4	139.6	6.6	B	武蔵，神奈川：神奈川，保土ヶ谷，品川で激しく，家がつぶれ死者が多かった。江戸でも土蔵その他崩る。
	1843	天保 14			6.3		小田原：城破損。江戸で天水桶の水がこぼれる。
	1853	嘉永 6	35.3	139.1	6.5		相模，小田原付近：天守の瓦，壁が落ちる。壊家3,300，死24人，山くずれ341。
	1854	安政 1	34.1	137.8	8.4	C	東海，東山，南海諸道：家屋倒壊範囲は伊豆から伊勢に至る沿岸と，甲斐，信濃，近江，越前，加賀に及ぶ。津波は，房総から土佐に至る沿岸を襲う。

No.	発 震 年		震 央		M	I	被害地域と被害概況
	西 暦	日本暦	北緯	東 経			
31	1855	安政 2	35.8	139.8	6.9	A	江戸：[註2]参照（河角：M=7.5）
32	1856	安政 3			6.6	G	江戸：壁の剝落，その他の被害があった。
	1859	安政 6	35.9	139.6	5.9		武蔵，岩槻：岩槻城本丸櫓，多門，その他22大破。（河角：M=6.7，震央不詳）

1) 震央 M等は主として理科年表（1972）によった。それらと河角（1970）のものとの間に相違がある場合には，同氏によるものを括弧内に記した。

2) Iは東京湾沿岸地域（横浜－東京－千葉）における最大震度を示す。

A：同地域内での最大震度がⅦ程度と推定された地震

B： " " M " "

C： " " V " "

震度の推定値は主として河角（1970）によった。

東京天文編纂（丸善出版）“理科年表（昭和47年）”

河角広（1970）：関東南部地震69年周期の証明とその発生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

表 2.2 東京湾沿岸地域で被害を生じた地震（明治以降）

No	発震年月日	震 源			M	I	東京 震度	被害地域と被害概況
		北緯	東 経	深さ				
	1880, 2. 22 (明治 13)	東 京 湾		Km	5.9	C	5	京浜地方で軽微な被害。 (河角: M = 6.4)
	1884, 10. 15 (明治 17)	東 京 湾					5	東京で軽微な被害。
	1887, 1. 5 (明治 20)	神 奈 川 県					4	東京, 神奈川県境に軽微な被害。
	1889, 2. 18 (明治 22)	東 京 湾			6.2 (5.7)		5	京浜地方で軽微な被害。
	1892, 6. 3 (明治 25)	千 葉 県			6.7 (6.2)		5	東京湾周辺で軽微な被害。
33	1894, 6. 20 (明治 27)	東 京 湾	35. 9 140.5		7.5 (7.0)	B	6	〔註 3〕参照 (河角: M = 6.8)
	1894, 10. 7 (明治 27)	関 東 南 部			7.5 (7.0)		5	東京, 神奈川, 千葉, 茨城県で軽微な被害。
34	1895, 1. 18 (明治 28)	茨 城 県	35. 9 140.4		7.3 (6.8)	C	5	関東地方東部の各地で被害。死者 9, 全壊家屋 47, 半壊家屋 67 東京で死者 1, 全壊家屋 4, 半壊家屋 5, 一部破損 615。横浜で死者 4, 家屋一部破損 93。
	1906, 2. 24 (明治 39)	関 東 南 部			7.7 (7.2)		5	京浜地方で軽微な被害。
	1909, 3. 13 (明治 42)	千 葉 県 沖	35.6 140.9 35.3 140.9		7.2 (6.7) 7.7 (7.2)		4	8時20分, 23時30分の2回地震あり, 後者やや大。東京湾沿岸で軽微な被害。
35	1922, 4. 26 (大正 11)	浦 賀 水 道	35.4 139.9		6.9 (6.4)	C	5	〔註 4〕参照 (理科年表: 35.2, 139.7)
36	1923, 9. 1 (大正 12)	相 模 湾	35.2 139.3		7.9	A	6	〔註 5〕参照。同日中に震度 5 (東京) の余震 4 回あり。
37	1924, 1. 15 (大正 13)	丹 沢 山 付 近	35.5 139.2		7.2 (6.7)	B	5	〔註 6〕参照
	1926, 8. 3 (大正 15)	千 葉 県	35.4 139.8	35	6.2		5	京浜地方で軽微な被害。
	1928, 5. 21 (昭和 3)	東 京 湾 北 部	35.6 140.0	70	5.8		5	東京都, 神奈川県で軽微な被害。
	1929, 7. 27 (昭和 4)	神 奈 川 県 西 部	35.5 139.1	20	6.1		5	東京都, 神奈川県で軽微な被害。

No	発震年月日	震 源			M	I	東京震度	被害地域と被害概況
		北緯	東	深さ				
	1930, 11. 26 (昭和5)	静岡県西部 35.1	139.0	Ka 0~5	7.0		4	北伊豆地震, 死者272, 家屋全壊2,165。神奈川県西部でも被害あり, 横浜で震度5。
	1931, 6. 17 (昭和6)	東京都西部 35.6	139.0	50	6.4		4	横浜で震度4。
	1931, 9. 21 (昭和6)	埼玉県中部 36.1	139.2	10~ 20	7.0		4	西埼玉地震, 死者16, 全壊家屋206。東京都でも軽微な被害あり。
	1951, 1. 9 (昭和26)	千葉県中部 35.4	140.1	40	6.2		4	千葉県, 神奈川県でごく軽微な被害。
	1956, 2. 14 (昭和31)	千葉県西部 35.7	139.9	50	6.0		4	東京都で軽微な被害。
	1956, 9. 30 (昭和31)	千葉県中部 35.5	140.2	70	6.2		4	〔註7〕参照。東京都で軽微な被害。
	1968, 7. 1 (昭和43)	埼玉県中部 36.0	139.0	50	6.1		4	東京都で負傷者6, 家屋一部破損15。

- 1) 震央, M, I等は主として気象庁の資料によった。

気象庁(1950): 日本附近におけるおもな地震の規模表(1885~1950年)。

地震月報 別冊1~3

- 2) 河角のマグニチュード(Mk)を現行のMに換算するとやや大きすぎるといわれている。それを補正した場合のMを括弧中に示した(理科年表による)。

- 3) 東京の震度は下記によった。

気象庁(1972予定): 東京有感地震資料。

図2.1は, 震央不詳なもの以外について, 被害を生じた地震の震央分布図を示したものである。

図 - 2.1

東京湾沿岸で被害を生じた地震
(震央不詳なものを除く)

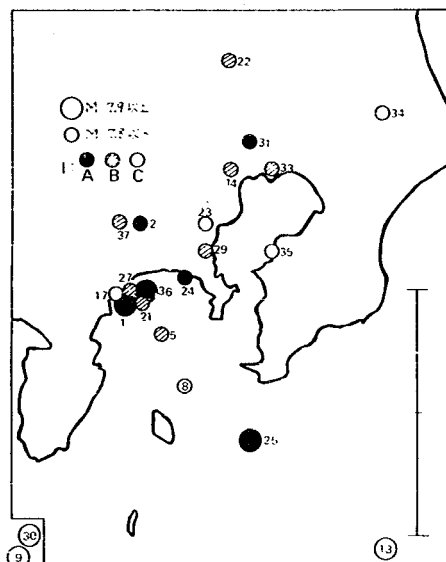


表 2.1 および 2.2 に示された地震のうち、重要と思われる 7 地震については、以下に註を示している。

註 1

1703 年 12 月 31 日 (元禄 16) の関東大地震

江戸・小田原・鎌倉・片瀬・品川・川崎・神奈川・厚木・新宿・藤沢・平塚・大磯・箱根・上総・安房などで震動強し。特に小田原では地震と出火のため被害著し。江戸本所付近の被害も大。津波により、伊東東海岸から、九十九里浜に至る沿岸に被害あり。特に房総半島の太平洋沿岸で被害大。死者約 5,200，倒壊家屋約 20,000。

震域は大正の関東大地震と似ているが、規模は大きかったものと思われる。震源地は房総半島南西沖と推定される。房総半島の南端部最大約 5.5 m，三浦半島 1.6 m 降起。

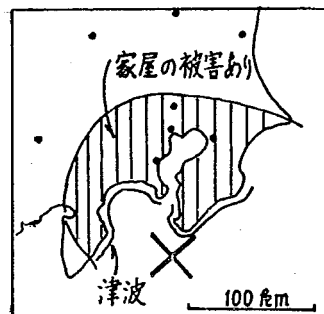


図 - 2.2

註 2

1855 年 11 月 11 日 (安政 2) の江戸の大地震

江戸がほとんど全滅した。江戸町奉行の配下の死者 約 3,900，倒壊家屋約 14,000，武

家に関するものを合わせ江戸の死者約 7,000, 全壊家屋約 17,000, 30 余箇所から出火して 2~3 km² を焼失した。特に深川・本所・下谷・浅草などで被害著し。市中では一般に山の手の震動は軽かったが、開府以後の埋立地での震害が大きかった。(たとえば、旧小川町付近で死者 1,000 以上。)

烈震区域は江戸およびその東隣りの地域で、直径約 20 Km の範囲に限られており、地震の規模はあまり大きくなかったと推定されている。(この範囲を震度Ⅵ以上の地域とすると $M \approx 6.7$ 程度となる。有感半径は 500 Km 以上におよんでいるが、これにより M を推定すると $M \approx 6.3$ となる)。亀有では田畑の中に地盤変動を生じたという。

註 3

1894 年 6 月 20 日 (明治 27) の東京地震

東京湾北西部沿岸で被害大。全体で死者 31, 負傷者 197。東京で死者 24, 負傷者 34, 軽傷者 123, 全壊家屋 90, 破損家屋 4,832。

神田・本所・深川で被害大。煉瓦造の被害が大きく約 10% に及んだ (木造は 0.5%) 横浜およびその付近で死者, 負傷者 24。このほか埼玉県南部でも家屋に小被害あり。

震央, M 等の詳細は不明。



図 - 2.3

註 4

1922 年 4 月 26 日 (大正 11) の木更津付近の地震

東京・千葉・神奈川県、東京湾沿岸一帯に小被害あり。東京付近では屋根瓦, 土蔵壁, 飾窓硝子の破損, 煉瓦壁の倒壊, 石垣の崩壊等多数あり。死者 1, 負傷者数名。大建築の壁に亀裂を生じたものあり。千葉県でも同様な被害あり。館山北條では壁に亀裂, 木更津では土蔵の破損多数, 佐貫および湊町付近では鉄道線路破損, 布良では崖崩れのため住家倒壊 3。横浜では煉瓦造家屋の破損, 屋根瓦の被害多し (南京街特に著し)。横須賀でも土蔵の破損, 壁の亀裂等あり。そのほか浦賀・三崎・葉山・逗子, 栃木県安蘇郡界村等で多少の被害あり。

震度Ⅳ; 東京, 横浜, 横須賀, 慇谷, 飯田。

註 5

1923年9月1日(大正12)の関東大地震

東京・神奈川・千葉・埼玉・静岡・山梨の6府県にわたって下記のような大被害を生じた。

表 2.3

種別 府県別	死 者	傷 者	行方不明	家 屋				
				全 潰	半 潰	焼 失	流 失	合計(半潰を除く)
神 奈 川 (含横浜 横須賀)	29,065	56,269	4,002	62,887	52,863	68,569	136	131,592
横 浜 市	23,440	42,053	3,183	11,615	7,992	58,981	—	70,596
横 須 賀 市	540	982	125	8300	2,500	3,500	—	11,800
東 京 府 (含 東京市)	68,215	42,135	39,304	20,179	34,632	377,907	—	398,086
東 京 市	59,065	15,674	1,055	3,886	4230	366,262	—	370,148
千 葉	1,335	3,426	7	31,186	14,919	647	71	31,904
埼 玉	316	497	95	9268	7,577	—	—	9268
山 梨	20	116	—	1,763	4994	—	—	1,763
静 岡	375	1,243	68	2,298	10,219	5	661	2964
茨 城	5	40	—	517	681	—	—	517
長 野	—	—	—	45	176	—	—	45
栃 木	—	3	—	16	2	—	—	16
群 馬	—	4	—	107	170	—	—	107
合 計	99,331	103,733	43,476	128,266	126,233	447,128	868	576,262

小田原・国府津・鎌倉・館山等で震動最もはげしく400～500gal 程度、東京の下町で150～250gal, 山手では100gal 程度の加速度と推定されている。

津波あり、三崎・鎌倉・熱海・伊東・布良等で流失家屋を生ず(三崎で約6m, 洲の崎で8.1m)。広範囲にわたって大規模な地型変動あり、房総—神奈川県南部は隆起(大磯付近182cm), 東京以西—神奈川県北部等は沈下した。

余震は東京で震度Ⅳ以上のものが9月中に11回あり。

震源、マグニチュード等については諸説があるがGutenberg・Richter(1954)は $35^{\circ}\frac{1}{4}$ N, $139^{\circ}\frac{1}{2}$ E, $M=8.2$ 。

Kanamori・Miyamura(1970)は 35.4° N, 139.2° E, 深さ0~10Km, $M \approx 8.2$ と推定している。

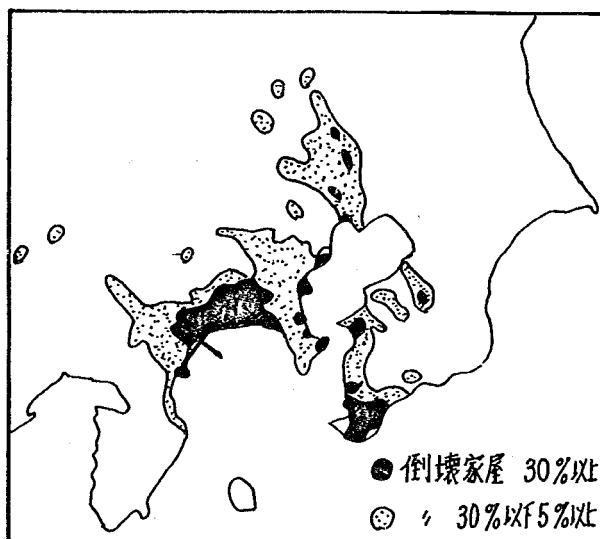


図 - 2.4

註 6

1924年1月15日(大正13)の相模地震

東京府で死者6, 負傷者116, 家屋の全壊25, 半壊78, 橋梁破損24, 神奈川県で死者13, 負傷者466, 家屋の全壊1,261, 半壊5,069, 道路破損94, 橋梁破損21, 崖くずれ279。山梨県で負傷者30, 家屋全壊4, 半壊54。静岡県で負傷者26, 家屋の全壊10, 半壊243。

神奈川県中南部で被害大。関東大地震の一つと考えられている。

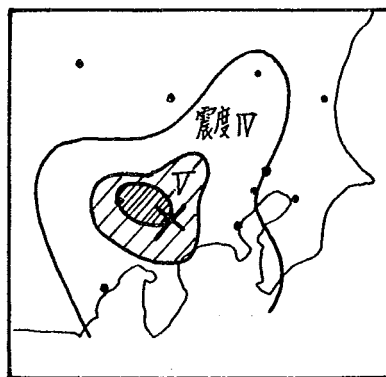
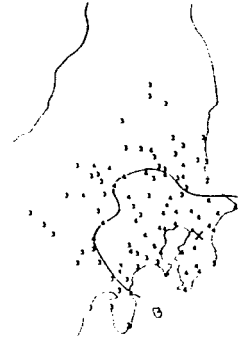


図 - 2.5

註 7

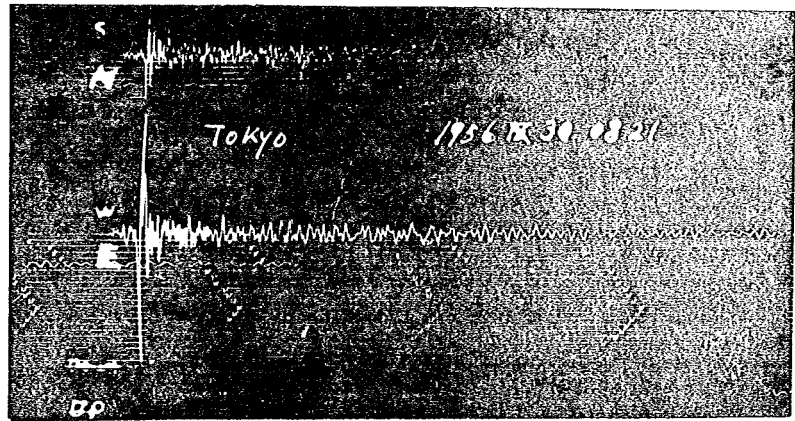
1956年9月30日(昭和31)の

千葉県中部の地震について
震度の分布と、東京および横浜
における1倍強震計(受位計)
の記録を図-2.6に示す。



気象庁型1倍強震計の記録

↓
1cm
↑



分のマ-7

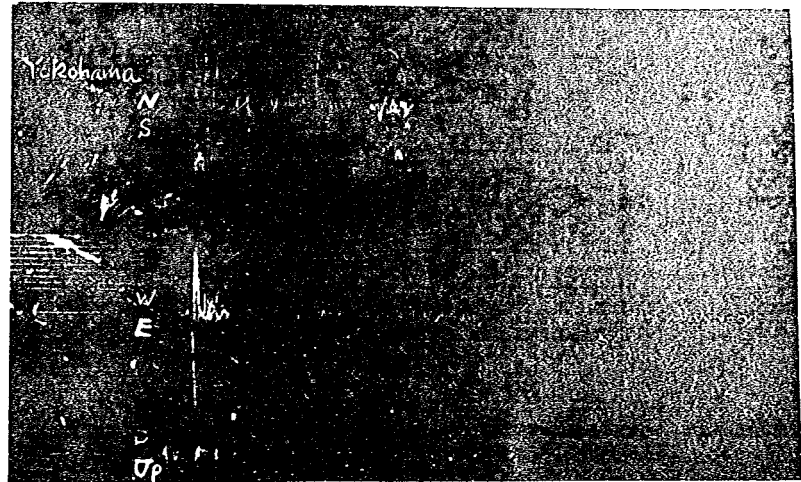


図 - 2.6

2) 特に考慮すべき地震

特に考慮すべき地震としては、次の2つが考えられる。

- 1923年の関東大地震に代表されるような比較的遠距離（80Km前後）に発生し、広範囲にわたり影響をおよぼす大規模（ $M: 8 \pm$ ）な地震（818年，1703年の地震等）。
- 1855年の江戸の地震に代表されるような、近距離に発生し、局地的に強烈な、中規模（ $M: 7 \pm$ ）の地震（1812年，1894年の地震等）。

2.2 震度に関する資料

- 1) 東京（江戸）で震度Ⅴ以上と推定される有史以来の地震の回数を表2.4に示す。

表 2.4

	V	VI	VII	計
河 角（1970）	26（22）	12（7）	5（2）	43（31）
宇佐美・久本（1970）	38（30）	7（6）	2（1）	47（37）
第 1 表	C: $\begin{smallmatrix} 18 \\ 14 \end{smallmatrix}$	B: $\begin{smallmatrix} 13 \\ 8 \end{smallmatrix}$	A: $\begin{smallmatrix} 7 \\ 4 \end{smallmatrix}$	38（26）

括弧内は資料が比較的完全となった江戸開府（1603年）以降のものを示す。

- 2) 東京での震度観測の資料は表2.5のとおりである。

表 2.5

震 度	1880 ～ 1897*	1898 ～ 1970
I		3, 6 5 2
II		8 0 0
III		2 4 9
IV	1 1	3 7
V	6	1 0
VI	1	1

* この期間はやや不正確，Ⅲ以下は不明。

この資料をもとに震度別地震回数の分布を描いたのが，図2.7である。

$\log N(I) \sim I$ の直線性を仮定すれば、図 2.7 から東京で震度Ⅵ以上の地震は 100 年間に 2 回程度となる。

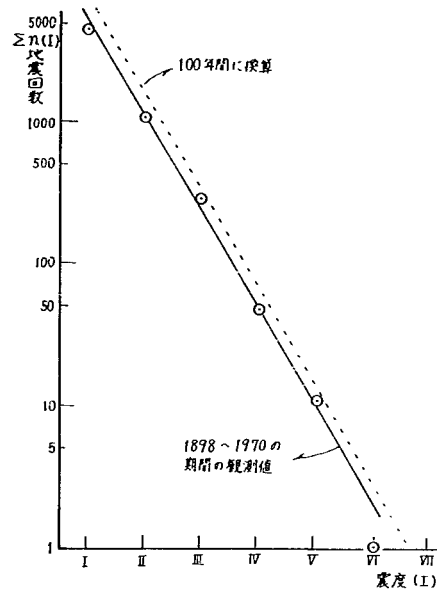


図 - 2.7 東京の震度別地震回数

3) 大地震発生の周期性について

河角 (1961, 67, 70) によると、関東南部で 69 年周期となる。また、宇佐美・久本 (1970) によると東京で震度Ⅴ以上の地震について 36 年周期が得られている。

周期性については、資料の選択、統計処理方法、周期の有意性の検定等について議論もある。

2.3 最近の資料からみた地震活動

図 2.8 は 1931 年～1970 年の期間の M_6 以上の地震の分布を示したものである。また図 2.9 は 1961 年～1970 年の期間の地震活動 (小地震をふくむ) を、東京湾を中心とする半径 150 km の円内について描いたものである。

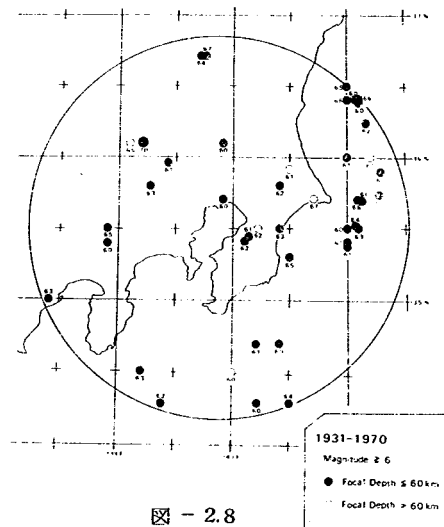
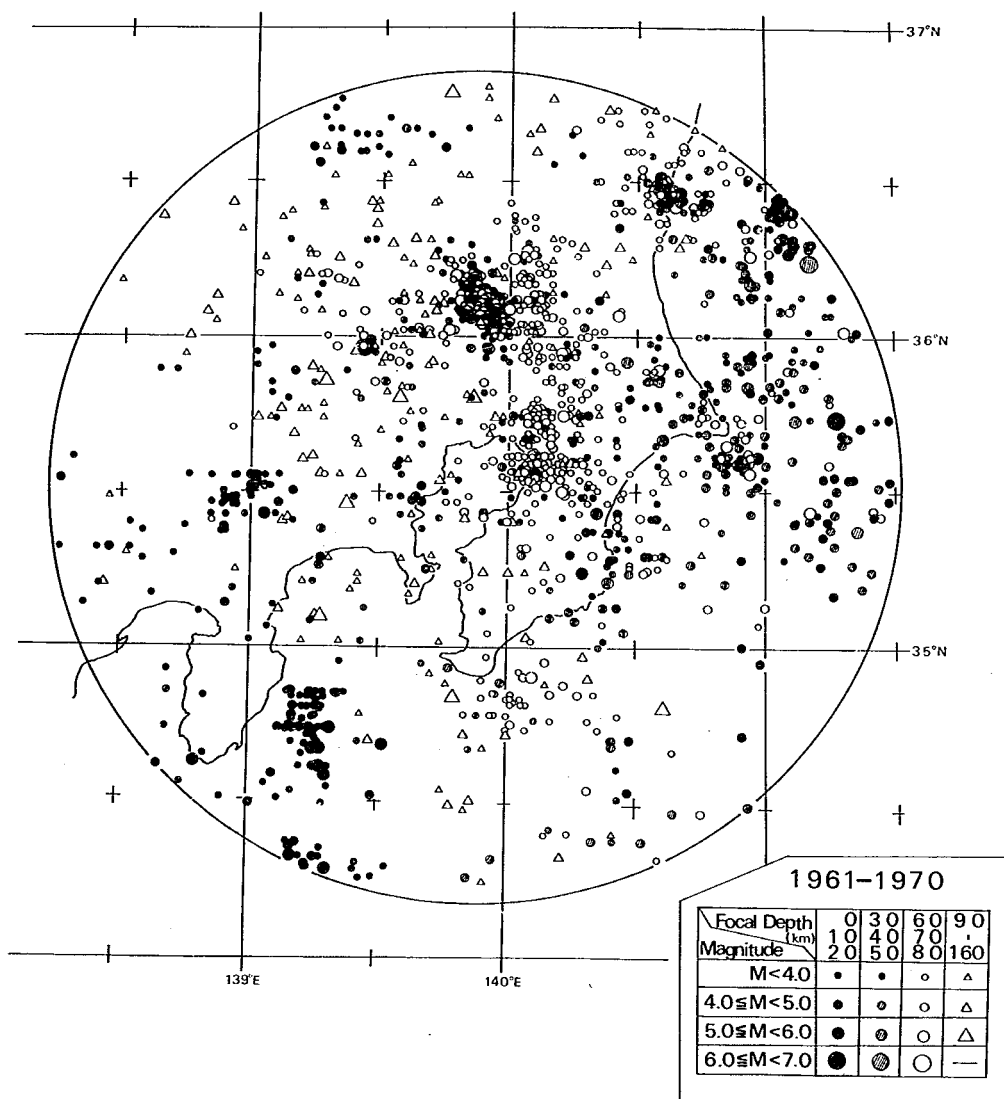


図 - 2.8



注) 円の半径は 150 Kmである。

図 - 2.9

表2.6 は東京湾周辺地域の地震の規模別度数を示したもので、図 2.9 と同種の資料である。表2.6 では東京湾の中心付近 (35.5°N , 139.85°E) を中心として半径 50 km, 100 km および 150 km の同心円の内部を対象としている。

表 2.6 東京湾周辺の地震の規模別度数
(35.5°N , 139.85°E を中心とする)

												観測期間 (t)											
												M ≧ 6						1931~1970 (40年間)					
												6 > M ≧ 5						1951~1970 (20年間)					
												5 > M						1961~1970 (10年間)					
Mag	半 径 150Km						半 径 100Km						半 径 50Km										
	全地震 深さ100Km以浅						全地震 深さ100Km以浅						全地震 深さ100Km以浅										
	n	n× 100 /t	累計 値	n	n× 100 /t	累計 値	n	n× 100 /t	累計 値	n	n× 100 /t	累計 値	n	n× 100 /t	累計 値	n	n× 100 /t	累計 値					
7.0	1	25	25	1	25	25	1	25	25	1	25	25											
6.9	-	-	25	-	-	25	-	-	25	-	-	25											
6.8	-	-	25	-	-	25	-	-	25	-	-	25											
6.7	1	25	5	1	25	5	-	-	25	-	-	25											
6.6	4	10	15	4	10	15	-	-	25	-	-	25											
6.5	3	75	223	3	75	225	2	5	75	2	5	75											
6.4	3	75	30	3	75	30	-	-	75	-	-	75											
6.3	6	15	45	6	15	45	2	5	125	2	5	125	1	25	25	1	25	25					
6.2	6	15	60	5	125	57.5	4	10	22.5	3	7.5	20	2	5	7.5	2	5	7.5					
6.1	10	25	85	10	25	82.5	6	15	37.5	6	15	35	1	25	10	1	25	10					
6.0	10	25	110	10	25	108	4	10	47.5	4	10	45	1	25	12.5	1	25	12.5					
5.9	2	10	120	1	5	113	2	10	57.5	1	5	50		-	125	-	-	125					
5.8	5	25	145	5	25	138	2	10	67.5	2	10	60	1	5	17.5	1	5	17.5					
5.7	4	20	165	3	15	153	2	10	77.5	2	10	70	1	5	22.5	1	5	22.5					
5.6	4	20	185	4	20	173	2	10	87.5	2	10	80	-	-	225	-	-	225					
5.5	11	55	240	9	45	218	6	30	118	4	20	100	1	5	27.5	-	-	22.5					
5.4	11	55	295	8	40	258	6	30	148	4	20	120	2	10	37.5	-	-	22.5					
5.3	16	80	375	16	80	338	10	50	198	10	50	170	3	15	52.5	3	15	37.5					
5.2	13	65	440	10	50	388	8	40	238	7	35	205	-	-	52.5	-	-	37.5					
5.1	28	140	580	25	125	513	16	80	318	15	75	280	7	35	87.5	6	30	67.5					
5.0	24	120	700	23	115	628	14	70	388	14	70	350	3	15	103	3	15	82.5					
4.9	20	200	900	20	200	828	14	140	528	14	140	490	3	30	133	3	30	113					
4.8	20	200	1100	15	150	978	14	140	668	11	110	600	7	70	203	5	50	163					
4.7	17	170	1270	15	150	1128	10	100	768	9	90	690	2	20	223	2	20	183					
4.6	33	330	1600	30	300	1428	16	160	928	14	140	830	3	30	253	2	20	203					
4.5	28	280	1880	23	230	1658	16	160	1088	13	130	960	4	40	293	4	40	243					
4.4	44	440	2320	41	410	2068	27	270	1358	24	240	1200	9	90	383	8	80	323					
4.3	47	470	2790	43	430	2498	30	300	1658	27	270	1470	9	90	473	9	90	413					
4.2	56	560	3350	48	480	2978	41	410	2068	34	340	1810	15	150	623	13	130	543					
4.1	83	830	4180	73	730	3708	50	500	2568	46	460	2270	13	130	753	12	120	663					
4.0	93	930	5110	74	740	4448	62	620	3188	48	480	2750	18	180	933	13	130	793					

つぎに図 2.10 は以上の資料から求めたもので，地震の規模別度数の分布を示している。

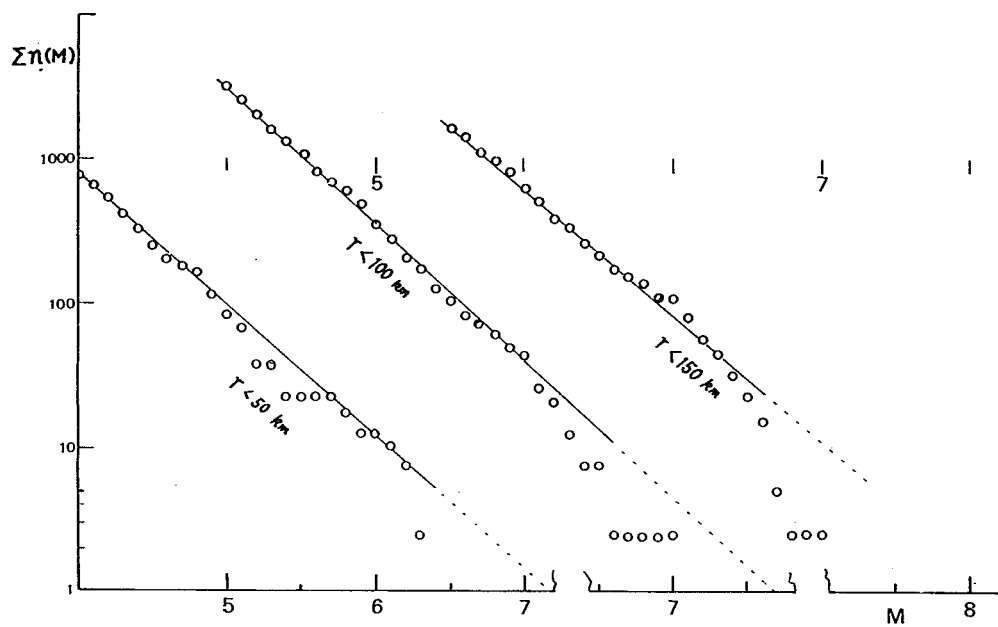


図 - 2.10

図2.10をもとにし、 $\log N(M) \sim M$ の直線性を仮定すれば、100年間に1回、東京湾周辺半径50 Kmの範囲で $M=7$ ±の地震が、半径100 Kmの範囲で $M=7\frac{1}{2} \sim 8$ の地震の発生が期待される。

しかし、上記の仮定をおくには多くの問題点がある。たとえば、 M の分布について何らかの制限を加えるべきだとする(たとえば $\log N(M) = a - bM + \log(C - M)$ 、のような曲線をあてはめる)意見もある。

付録 地震の規模 (M) , 震央距離 (Δ) を与えて , 地震動の振幅 (A) , 震度 (I) ,
加速度 (α) を推定する資料

A.1 M-△-Aの関係

地震の規模（マグニチュードM），震央距離（△：Km）および地震動の最大振幅（A：
μ-水平2成分を合成したもの）の間には，日本付近の地震に対して，次の坪井の式が
ある。

$$M = \log A + 1.73 \log \Delta - 0.83$$

図A.1～A.5は，実測資料をもとに，坪井の式の適合範囲と限界を知ろうとしたもの
である。

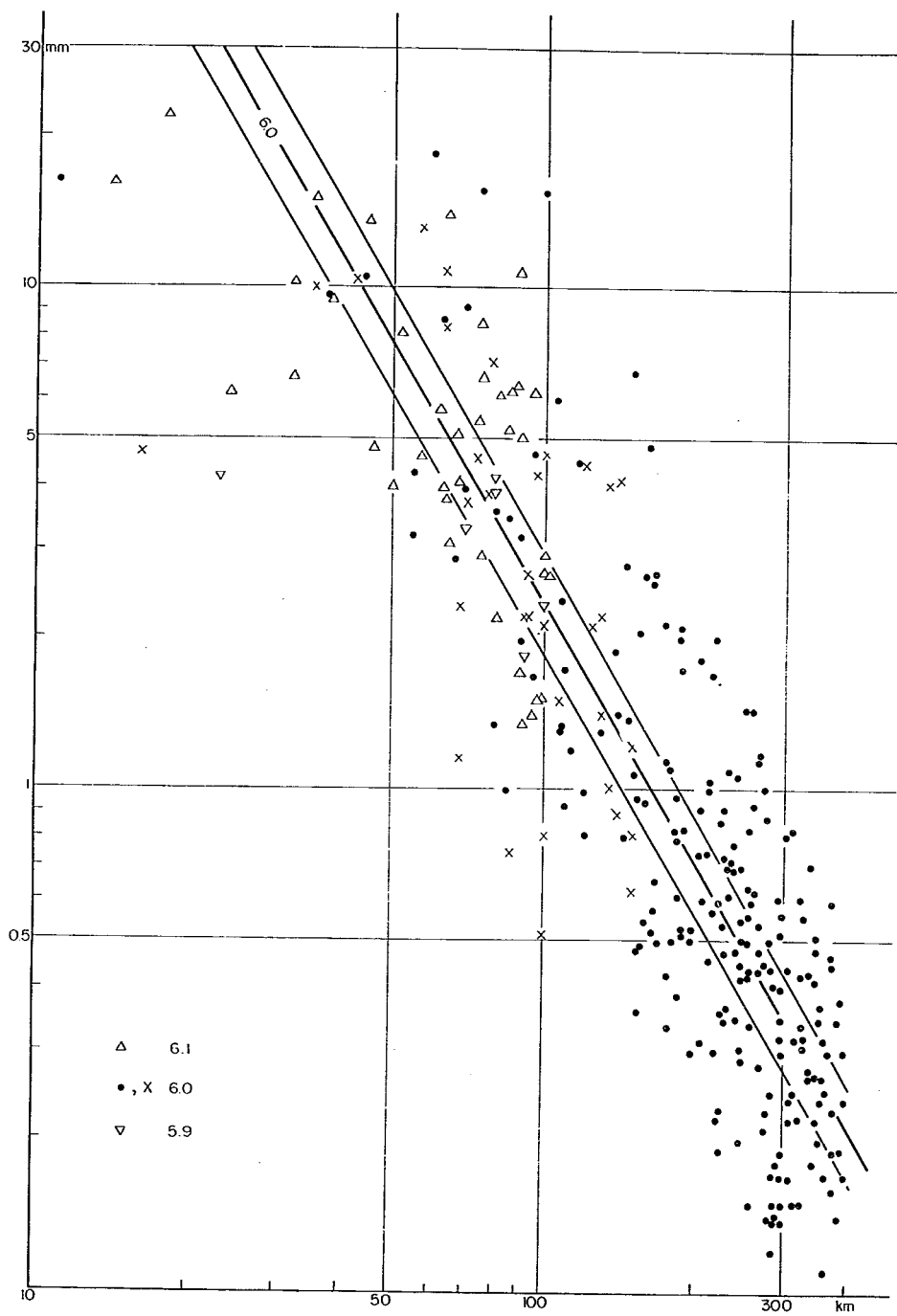


图 - A.1

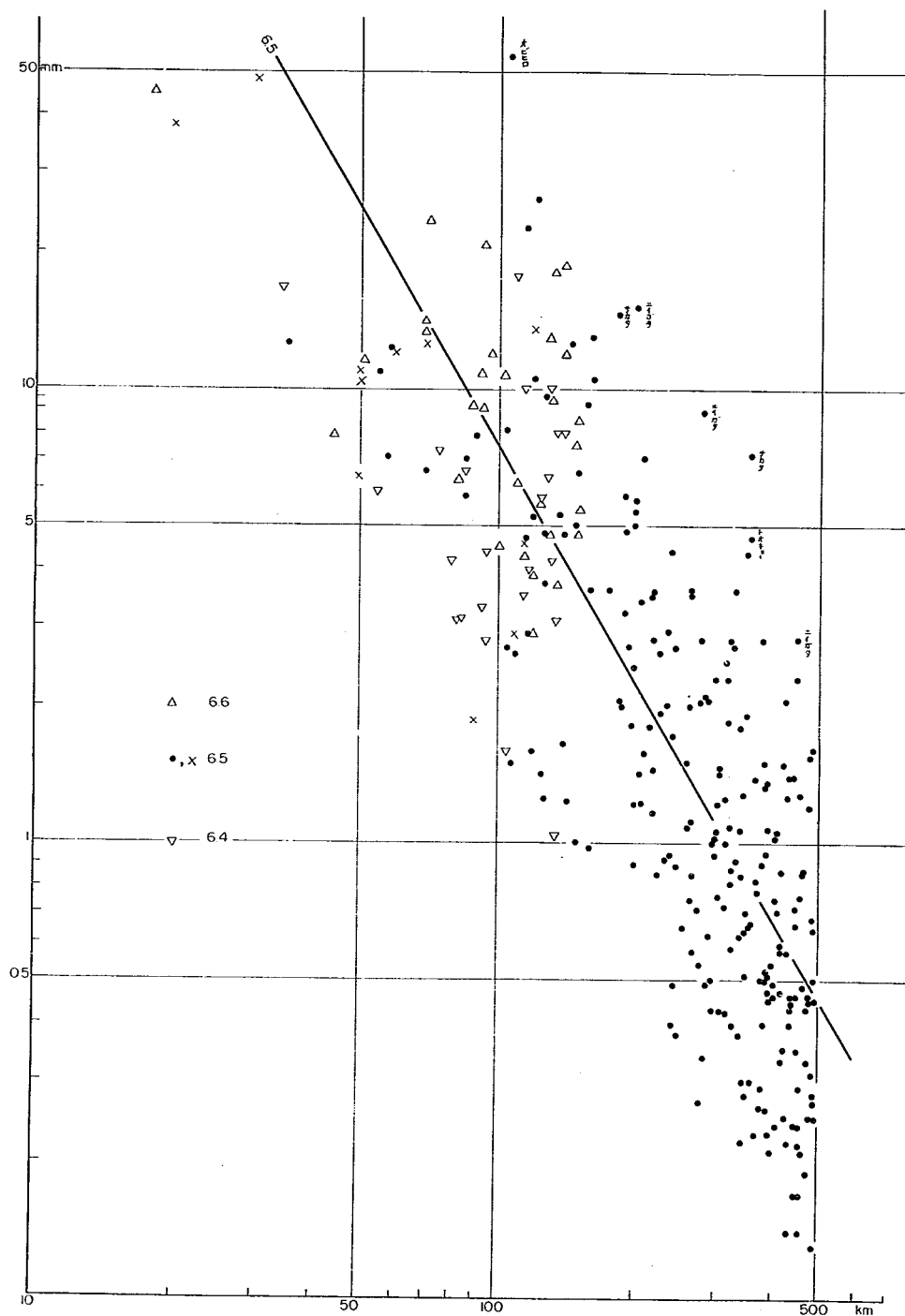


图 -A.2

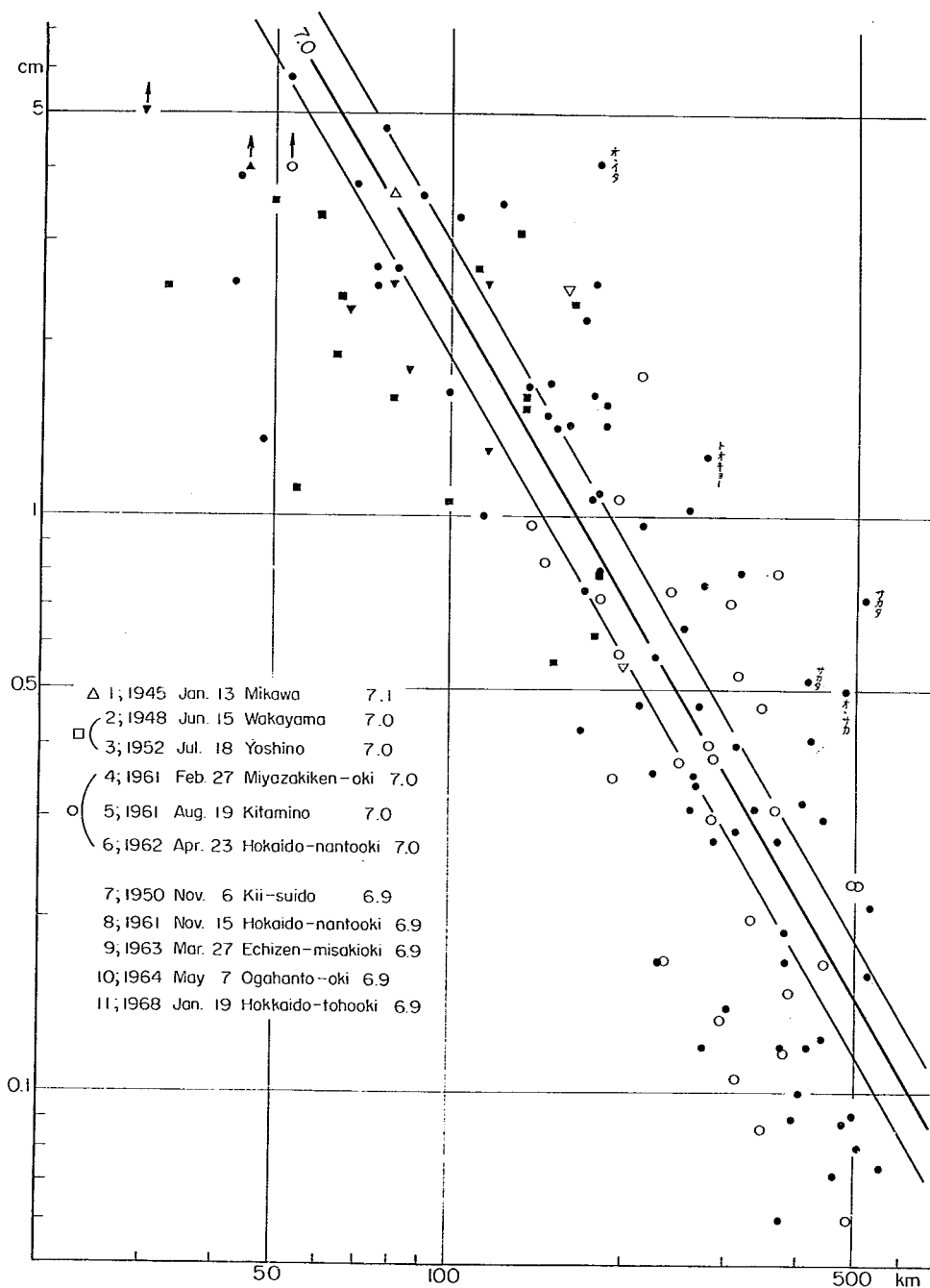
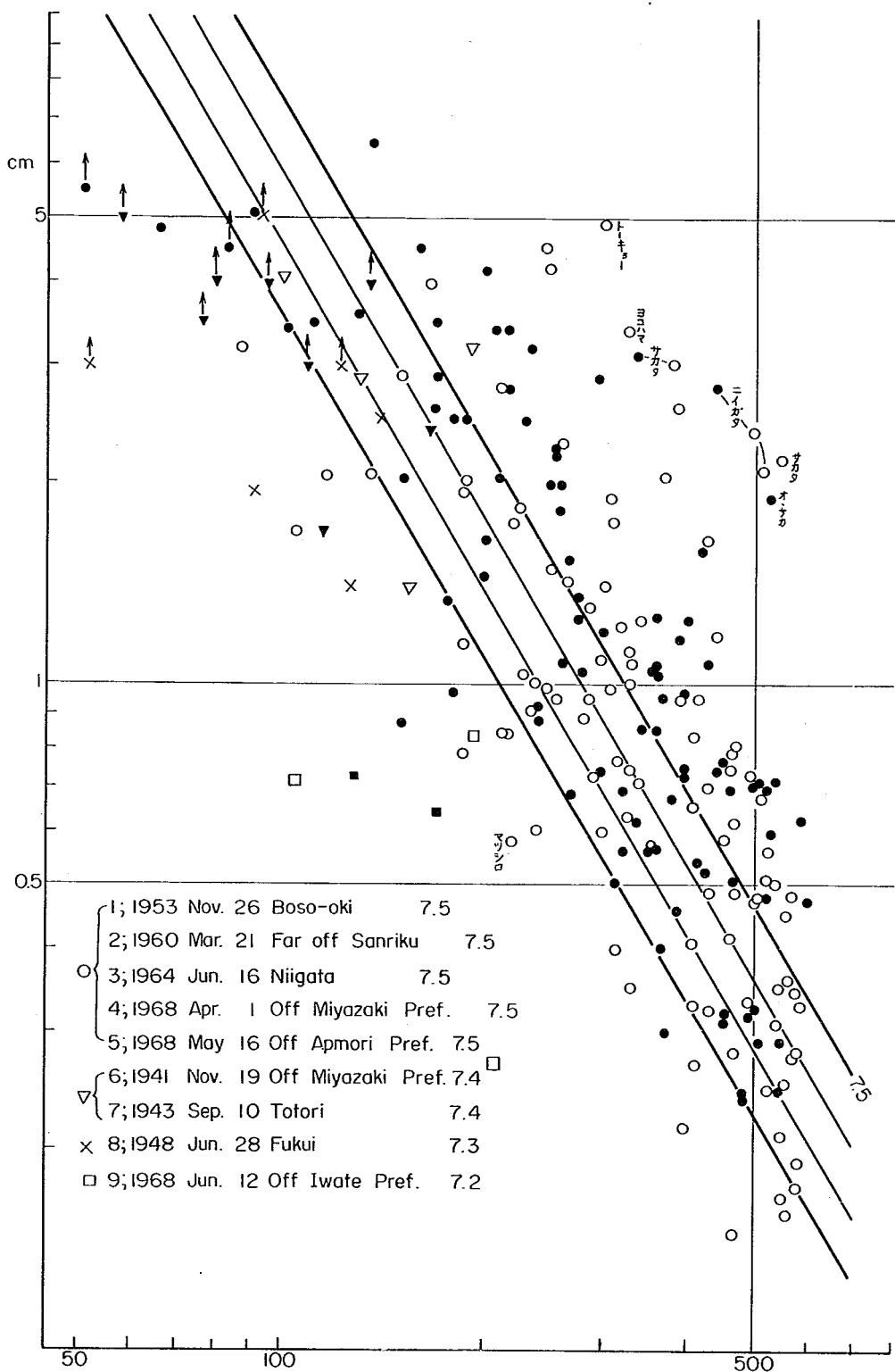


図 -A.3



☒ -A.4

A.2 強震観測結果

表A.1は、強震計による加速度記録が得られている地震について、地震の概要ならびに各地における3方向の最大加速度値を、集約したものである。この表は、以下のA.3およびA.4の基本資料となるものである。

表A. 1

504	1965年Ⅳ月20日08時42分					34° 53'	138° 18'	20 Km	6.1
26	清水工場-S	Ⅳ	22 Km			N 86.3 gal	E 102.5 gal	Z 43.8 gal	
27	清水石炭-S	Ⅳ	22			96.3	122.5	30.0	
706	1967 Ⅺ 19 21 07					36 26	141	13	50 6.0
12	広島-S	Ⅳ	74			53.1	80.9	16.9	
806	1968 Ⅳ 1 09 42					32 17	132	32	30 7.5
49	細島-S	Ⅳ	88			180.0	246.3	68.8	
10308	板島橋	Ⅳ	104			186.3	169.9	43.0	
47	高知-S		168			66.3	90.0	30.0	
37	和歌山事-S	Ⅲ	324			53.8	81.3	13.1	
808	1968 Ⅳ 4 19 54					36 34	138	11	0 5.1
10905	落合橋	Ⅳ	7			93.0	53.0	15.0	
809	1968 Ⅴ 16 09 49					40 44	143	35	0 7.9
5	青森-S	Ⅴ	234			213.	180.	131.	
11303	千代田橋	Ⅳ	243			83.5	90.8	25.0	
6	八戸-S	Ⅴ	178			235.	188.	80.	
7	宮古-S	Ⅳ	184			118.	95.	31.	
9	大船渡防-S	Ⅳ	250			89.	148.	36.	
3	室蘭-S	Ⅴ	280			209.	140.	70.	
11303	新石狩大橋	Ⅳ	322			181.3	174.9	40.0	

810	1968年V月16日19時39分				41° 25' 142° 51'	50 Km	7.5
5	青森-S	N	184		563 gal	863 gal	250 gal
3	室蘭-S	N	186		95.0	61.9	30.0
7	宮古-S	N	210		91.3	75.0	16.6
11303	新石狩大橋	III	223		96.9	170.9	20.0
811	1968 VI	12 22 42			39 25 143 08	00	7.2
7	宮古-S	N	102		111.9	85.6	26.9
9	大船渡防-S	N	130		41.3	89.4	19.7
812	1968 VII	1 19 45			35 59 139 26	50	6.1
10902	西新井橋	N	41		48.0	80.0	15.0
14	品川-S	N	48		62.5	88.1	21.6
814	1968 VII	6 01 17			33 18 132 23	40	6.6
10308	板島橋	V	19		360.9	437.5	140.0
818	1968 X	8 09 50			35 31 140 09	70	(5.3)
20	京浜山下第6-S III		46		99.4	27.5	11.9
902	1969 IV	21 16 19			32 09 132 07	10	6.5
49	細島-S	N	54		62.6	95.6	25.6
905	1969 IX	9 14 15			35 47 137 04	00	6.6
20114	大塚	III	112		62.5	96.3	28.8
1002	1970 I	21 03 33			42 23 143 08	50	6.7
11305	幌浦橋	V	36		106.3	101.3	43.8
11303	千代田橋	V	63		85.0	81.3	26.3
1004	1970 IV	1 23 23			39 45 142 03	80	(5.7)
7	宮古-S	N	14		110.6	86.3	41.3

A.3 I-a の関係

図A.6は、各地における震度と実測された最大加速度値の関係を示したものである。図中、kaおよびIsはそれぞれ、河角の式、および石本の式による、I-aの関係（いずれも巾がある）を示している。

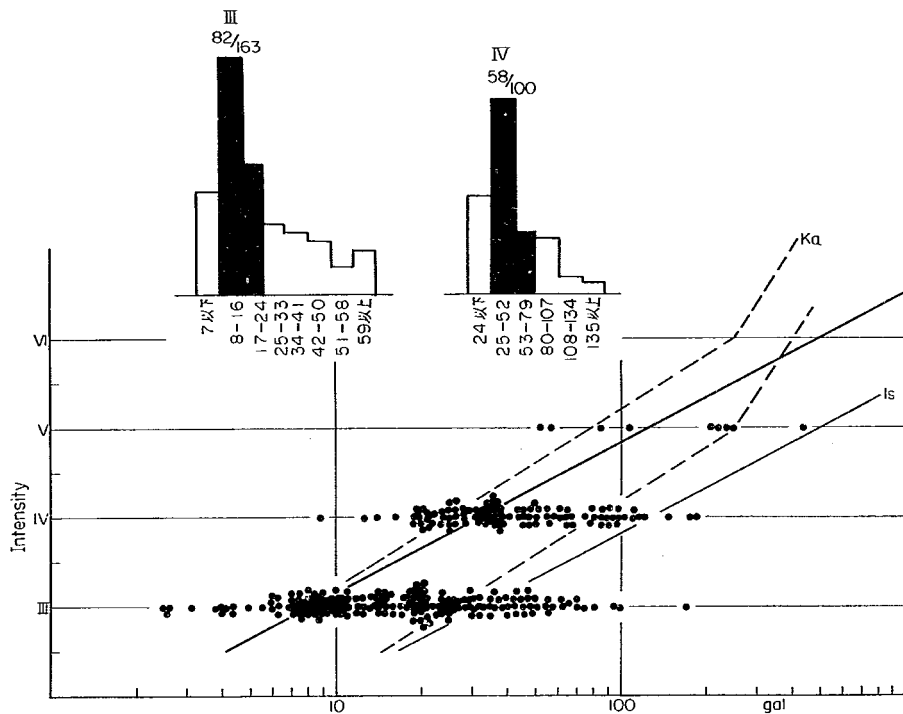


図 - A.6

A.4 M- Δ - α の関係

図A.7～A.19は、地震の規模（マグニチュードM）、震央距離（ Δ : Km）および最大加速度（ α : gal）の関係を示したものである。図A.10～A.19は、個々の地震について、分離して上記の関係を調べたものである。図A.7～A.9は、全体の地震の資料を総覧し、ある程度大胆ではあるが、M- Δ - α の関係を集約したものである。

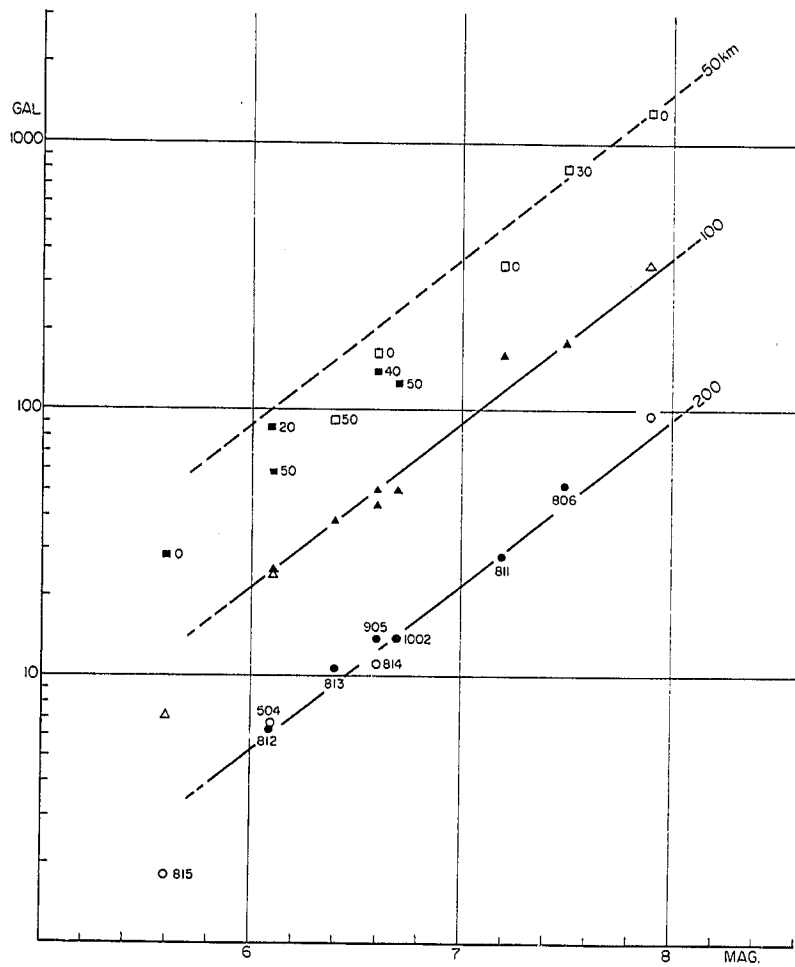


图 - A.7

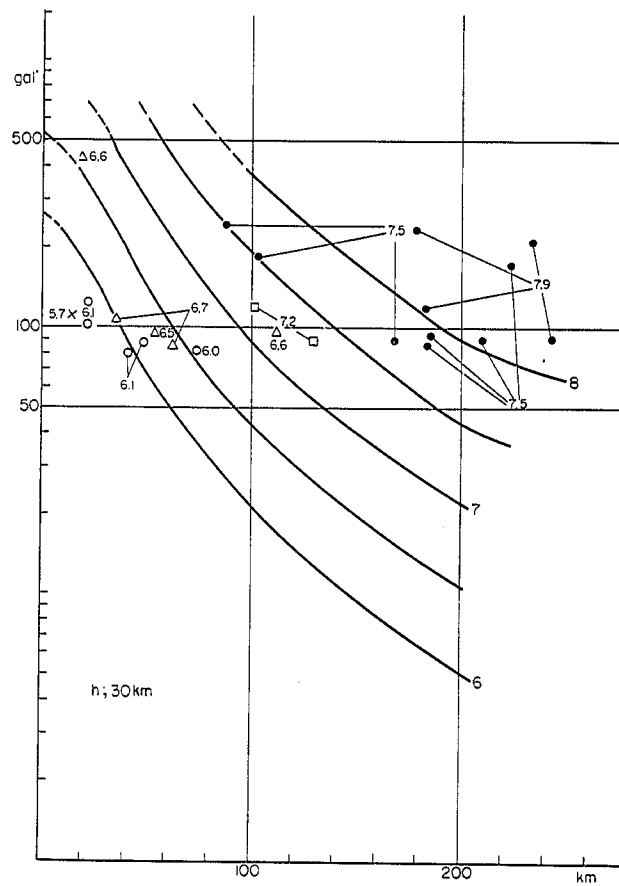


图 - A.8

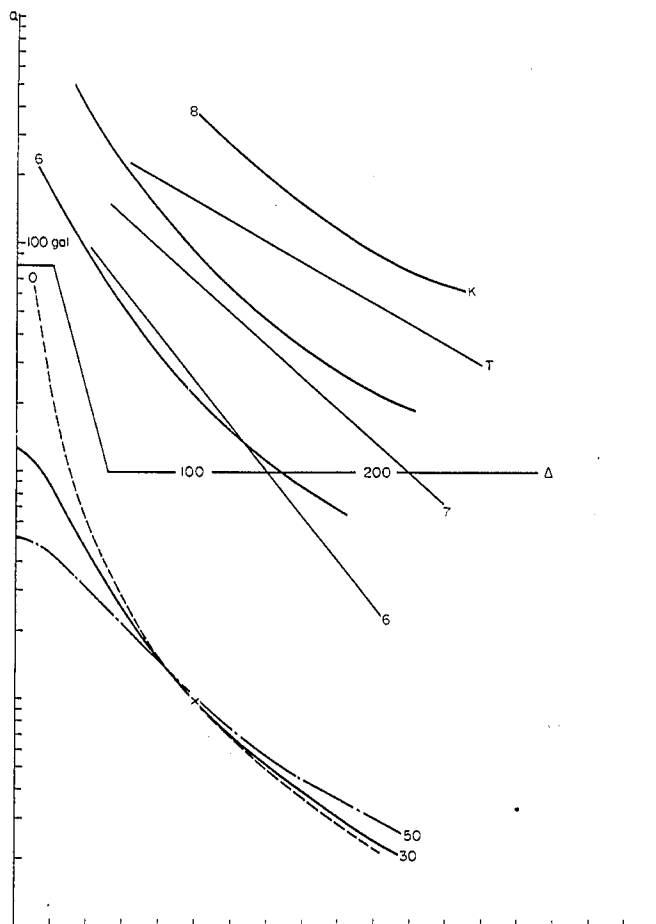


图 - A.9

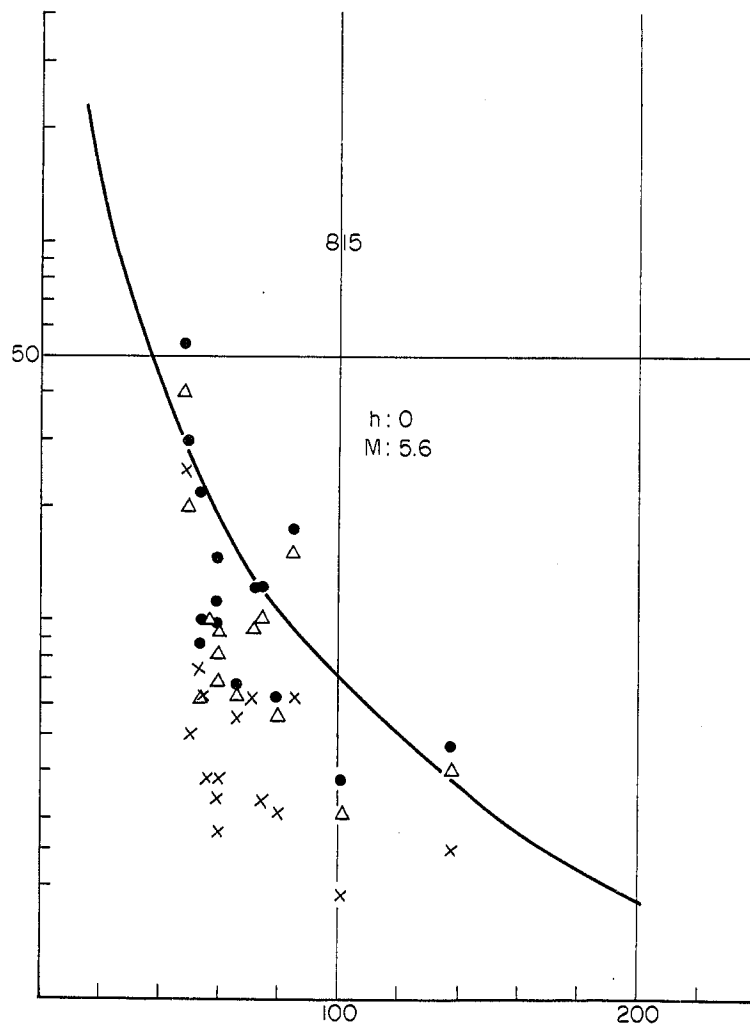
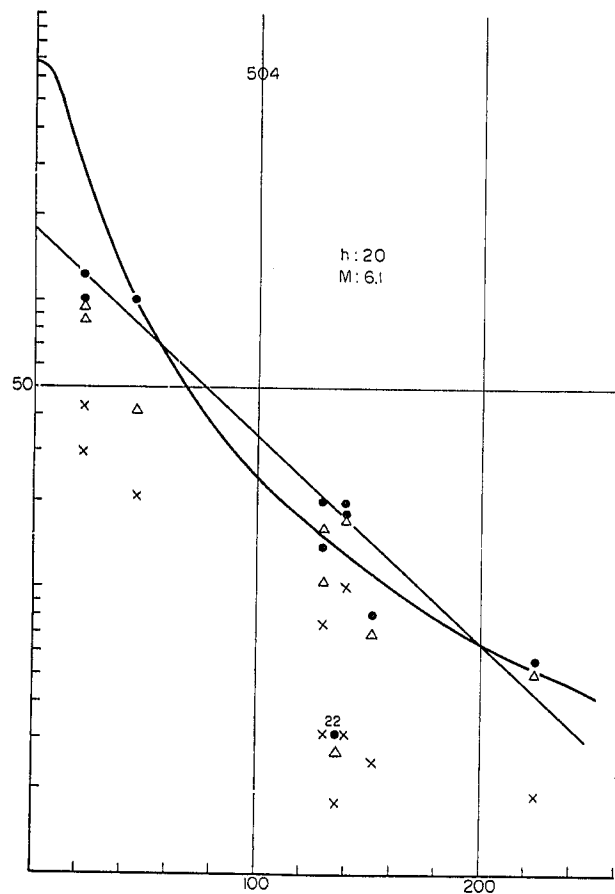
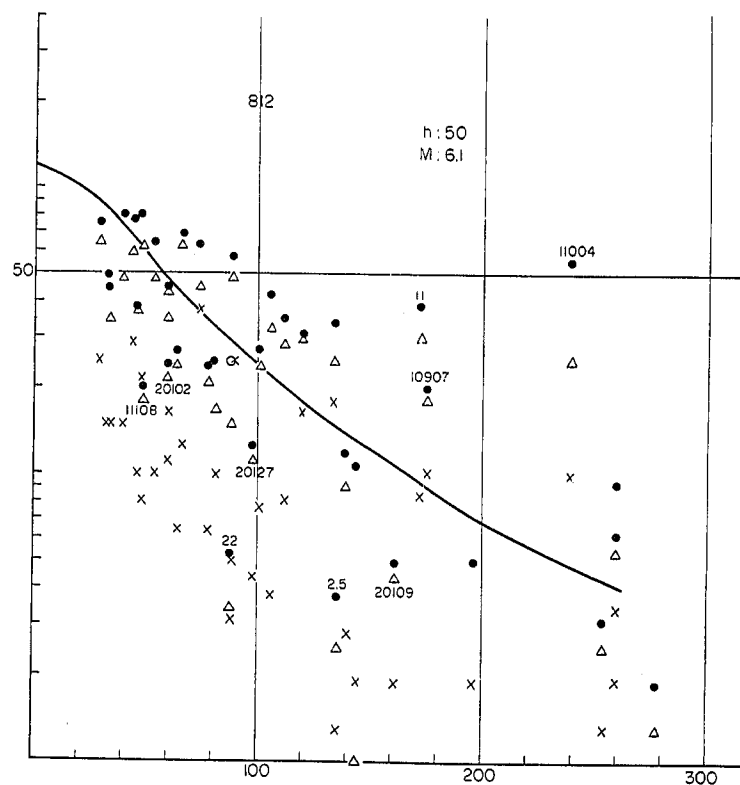


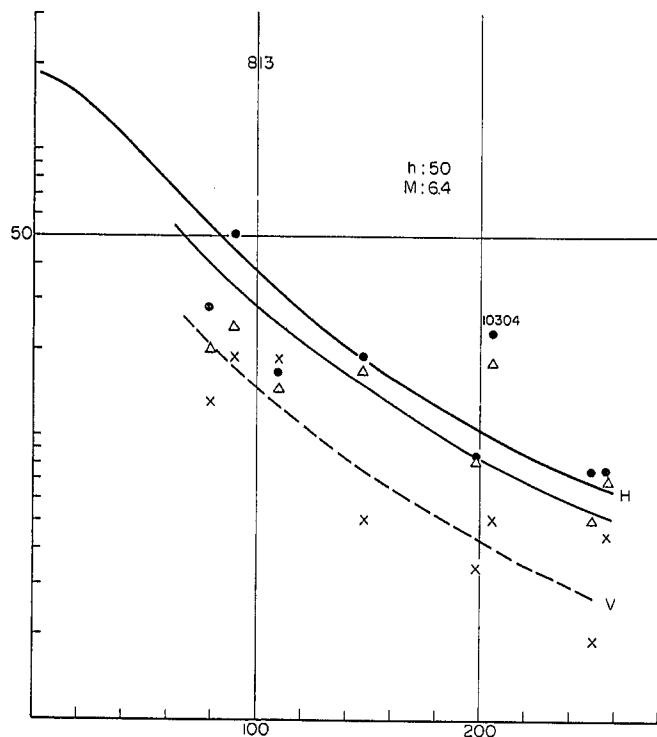
图 - A.10



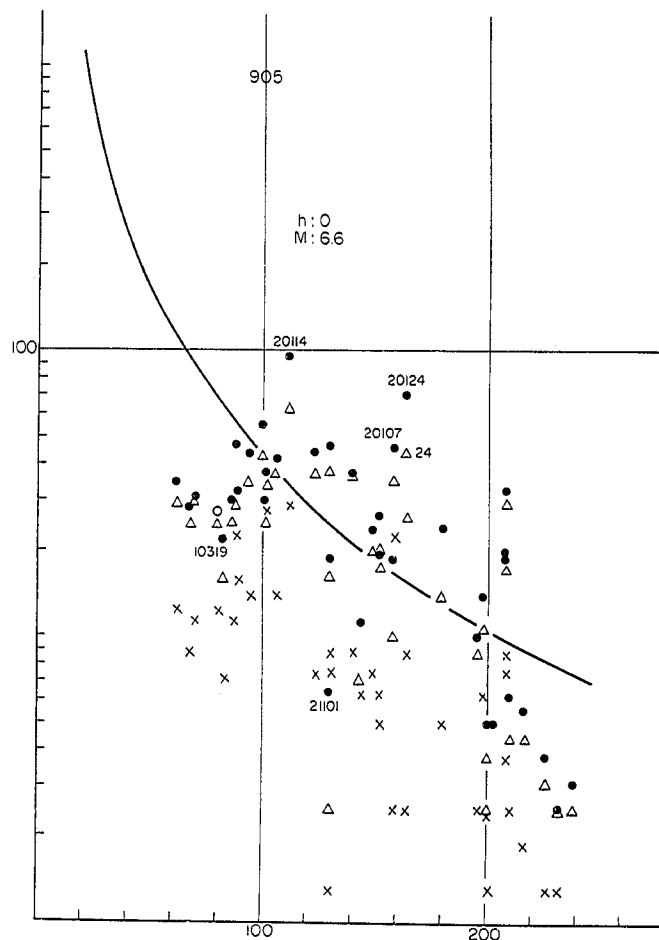
☒ - A.1.1



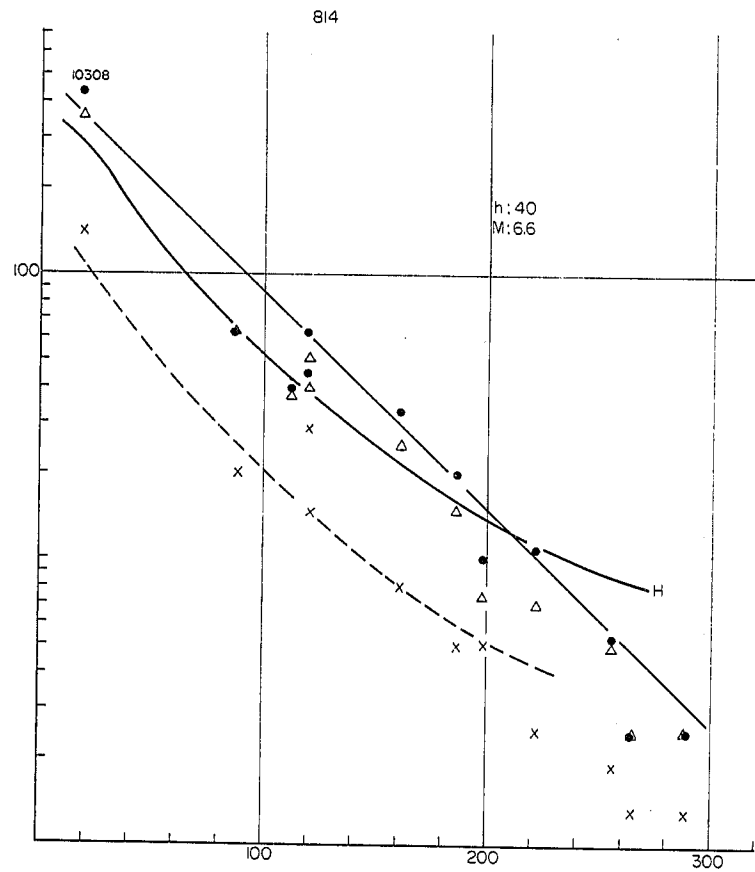
☒ - A.1.2



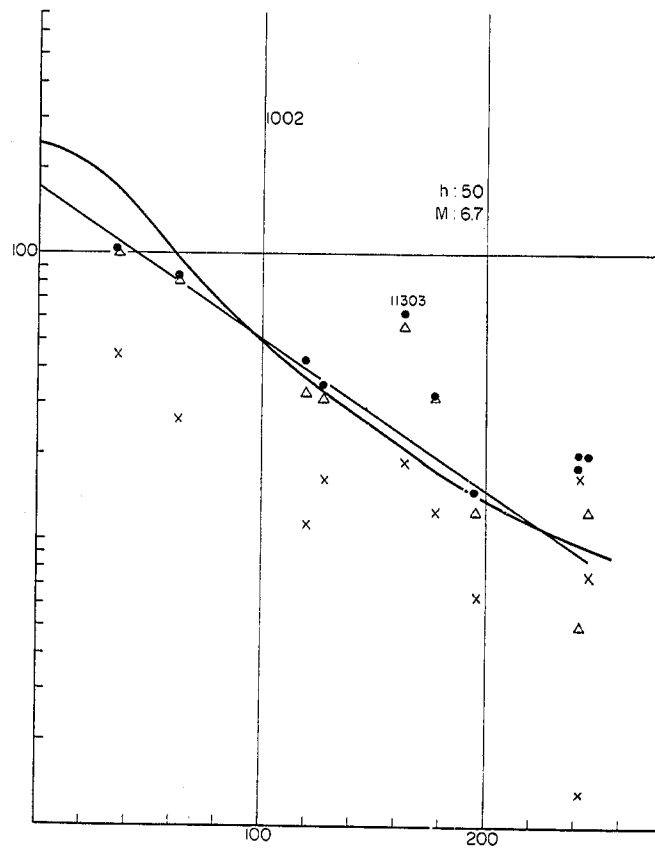
☒ - A.1 3



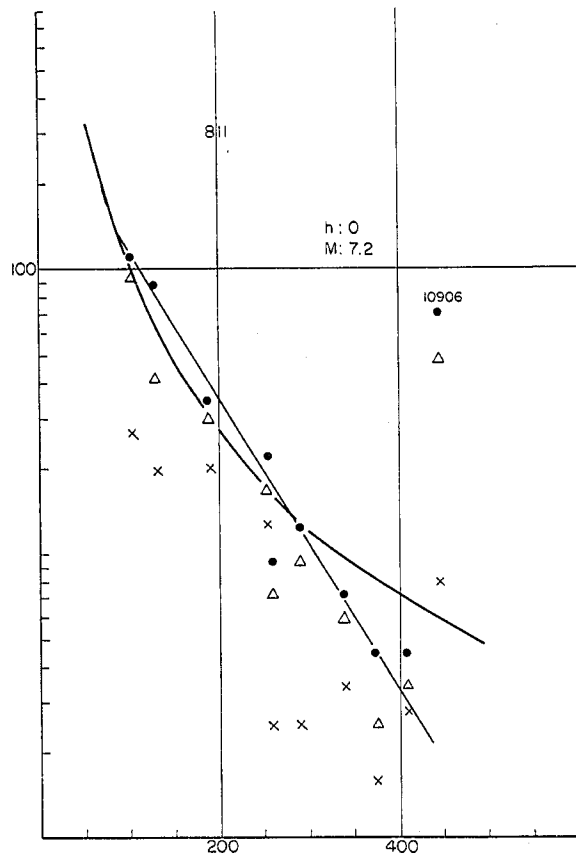
☒ - A.1 4



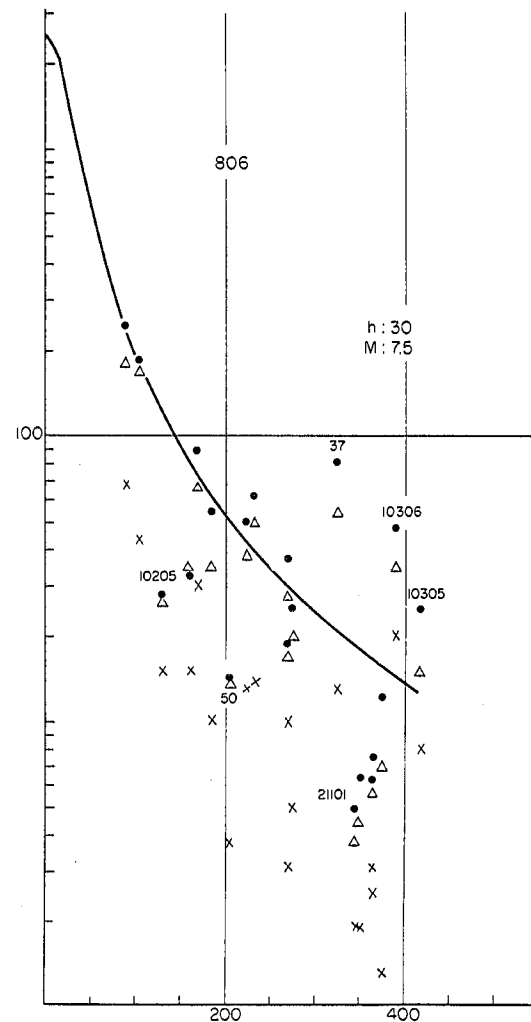
☒ - A.1 5



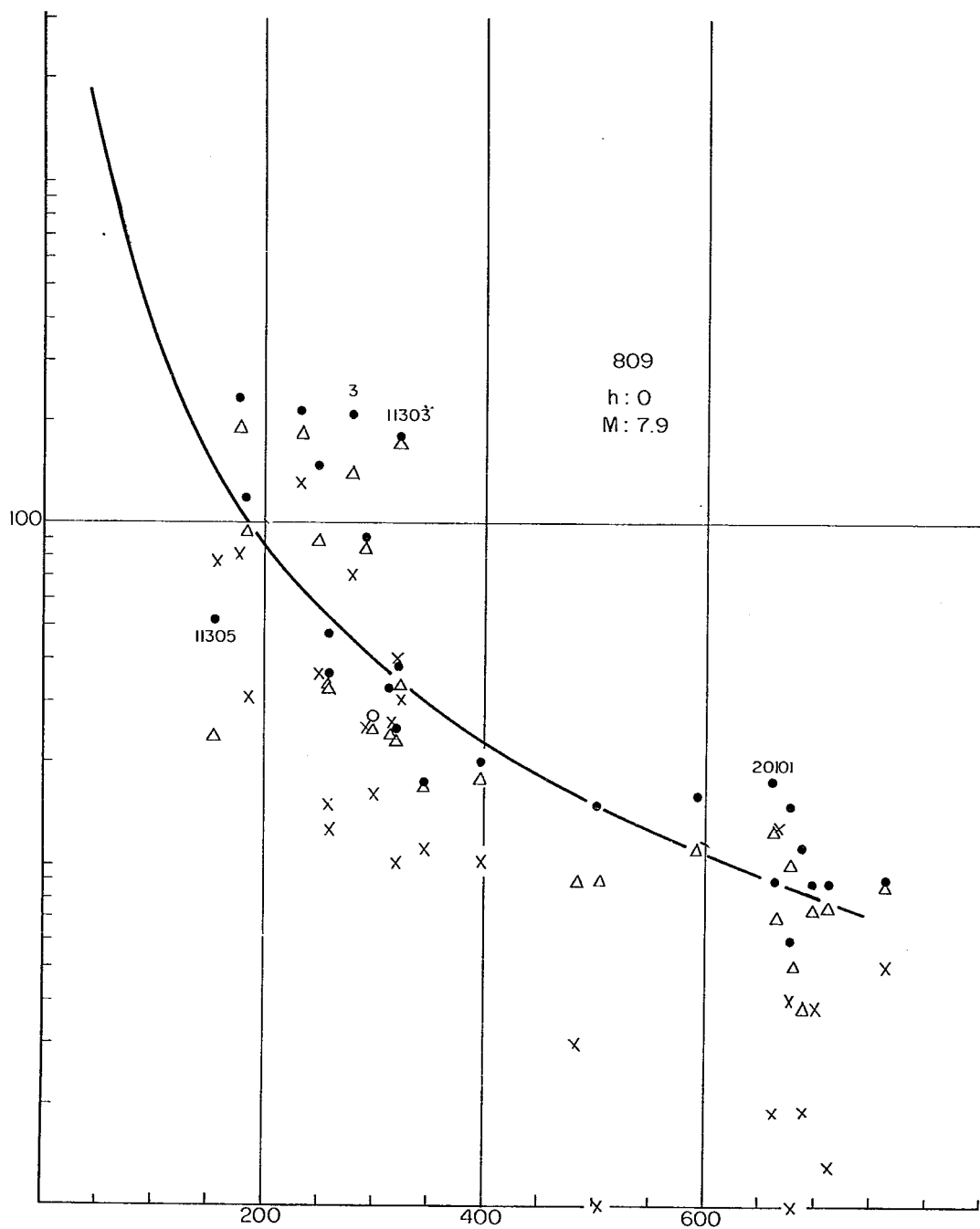
☒ - A.1 6



☒ - A.17



☒ - A.18



A.5 結論および問題点

- 1) 以上の調査から、震源深さ $h = 30 \text{ Km}$ の地震に対して、 $M-\Delta-\alpha$ の関係は、次のごとく結論される。

$M = 8$ で $\Delta = 125 \text{ Km}$ の場合： $\alpha = 250 \text{ gal}$

$M = 7$ で $\Delta = 50 \text{ Km}$ の場合： $\alpha = 300 \text{ gal}$

- 2) 地震の規模、震央距離を与えて、加速度を推定するさいの問題点として、下記のものが考えられる。

- (i) 震央距離が短い ($< 50 \text{ Km}$) 場合に対する加速度値の推定法
- (ii) 震源の深さの影響
- (iii) 観測点の深さ、地盤条件の影響

東京湾周辺の地震活動調査報告書

土研資料第745号
昭47.3(1972)

キーワード

地震活動, 東京湾, 震度期待値, 耐震

栗林栄一
岩崎敏男

要 旨 本報告は気象庁所有の資料から過去に東京湾付近に発生した主要地震を調査し整理解析を行なったものであり, 将来同地域に建設する構造物の耐震設計の基本資料のひとつである。



郵便はがき

七円切手
は
って
下
さ

2 8 0 - □ □

建設省土木研究所
振動研究室
御中

千葉県千葉市穴川
四丁目十二番五二号

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所





土木研究所資料第 7 4 5 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印

