関東平野の基盤地質構造と地震分布

著者	田中 耕平
雑誌名	国立防災科学技術センター 研究報告
巻	19
ページ	17-26
発行年	1978-03
URL	http://doi.org/10.24732/nied.00000759

550.348.098.5(521.2)

関東平野の基盤地質構造と地震分布

田　中　耕　平*

国立防災科学技術センター

Geological Structure of the Base Rocks and Distribution of Earthquakes in the Kanto Plain

By

Kohei Tanaka

National Reserth Center for Disaster Prevention, Japan

Abstract

Earthquake prediction in the Kanto district, especially the Metropolitan region, has come to be studied from various aspects of earth sciences. This short paper deals with the relationship between the earthquake and the geological structure of the base rocks, which are covered by thick younger sediments.

The location of the Median Tectonic Line is corrected by geological considerations based on the latest observation of deep boreholes, which reached the base rock, and new exposures, comparing with the epicenters of major earthquakes in the Kanto district. From this, it is considered that the epicentral locations in the area do not coincide with the Median Tectonic Line but with other faults developed near it.

1.　まえがき

首都圏の地震予知の研究は，多くの研究者達によって多方面から行われている．その学問分野は単に地球物理学だけにとどまらず，地形学，地質学，地球化学，測地学のような分野から，生物学，さらには古文書の利用等々の広い領域に及んでいる．ここでは“関東平野の基盤”を中心として，比較的深い部分の地質構造の今までの知識を整理し，関東平野下の中央構造線の位置を明確化させた．それと過去に発生した大地震の震央位置とを比較し，首都圏の直下型地震発生の場について考えた．

2.　首都圏における地震

津村（1974）は，過去の東京直下の被害地震を震源の深度から二つにタイプ分けした．一つは安政２年（1855年）の江戸地震（M＝6.9）のような浅い地震であり，他は明治27年の

* 第３研究部地表変動防災研究室

東京地震（M＝7.0）のような深い地震である．彼はこれと現在起こっている微小地震（1971年7月から1972年6月までのうち1972年1月と4月を除く10カ月間の微小地震の震源を北緯36°線の北と南各50 km幅についてプロットした垂直分布図，図1）とを比較した．その結果，過去の被害地震に比べて，現在の微小地震では，深い震源をもつ地震が圧倒的に多いと述べている．しかしその後の石田の研究によれば，必ずしも深さで二つに分ける必要はないようである（垣見ほか，1976）．

図2は石田（垣見ほか，1976）の図で，1975年1月～8月に関東で起こった地震のうち，北緯36°線の南北50 km以内に起こったものを東西断面図上に投影した震源分布図である．この図も津村（1974）の図も全体としてはyの字型の震源分布を示すことは似ているが，石田の図では関東平野中央部の無地震域が小さくなり，浅い震源のものがふえている．

3. 関東造盆地構造

津村（1974）は前節で述べたyの字型の震源分布のうち，西さがりの部分は太平洋プレー

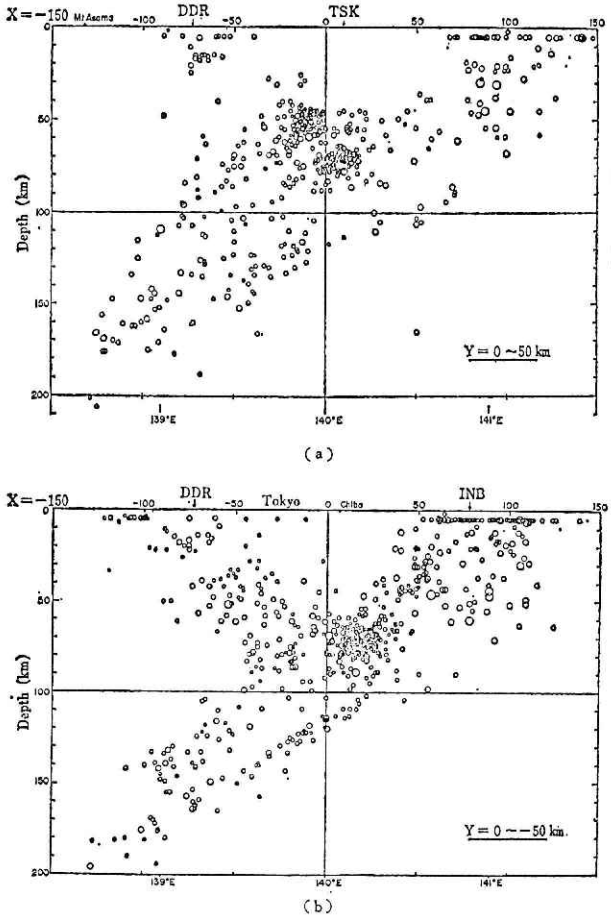


図 1　北緯36°線の北側（a）と南側（b），各50km幅の震源の垂直分布図（東西断面図　津村，1973）

Fig. 1　Vertical distribution of earthquakes which occurred within a distance of 50km from the 36°N vertical plane in the Kanto district. (July 71–June 72; Tsumura 1973)

トの沈み込みに起因し，東さがりの部分は相模トラフとの相関を考えているが，後者に関しては詳しいことはわからないと述べている．しかし筆者は，東さがりの地震域を逆に地表に伸ばしたとき，関東平野と関東山地を境する“幻の構造線”と呼ばれている“八王子構造線（南北性）”の位置にくることは興味あることと考える．

図3に今まで提出された種々の地層の等深線から，筆者が北緯35°30′で東西に切った地質構造の断面図を作り，それを編図したものを示した．図3により関東平野形成の地史を考えたとき，基礎となった部分は古生代の秩父地向斜の堆積物と中生代の四万十地向斜の堆積物である．これらの堆積物は関東平野の基盤として，関東平野の下に広く分布するといわれているが，詳しいことはわかっていない．さらにその上には第三紀層が重なるが，古第三紀の地層は存在せず，図3に示すように新第三紀中新世の地層が関東平野西部地下に分布する．ただし嶋ほか（1977）や田中（1977）の地震探査の結果から判断すると，この地層は図3で垣見ほか（1973）が考えるほど厚くない可能性もある．さらにその上には下から順に鮮新世から洪積世の砂・シルト互層から成る上総層群，洪積世の成田層群同じく洪積世のローム層から成る立川累層，沖積世の有楽町層群の順にたがいに不整合で重なっている．これら新しい時代の地層の厚さは2～3kmで，深く見積っても4km弱である．図3に示すごとく，研究者に

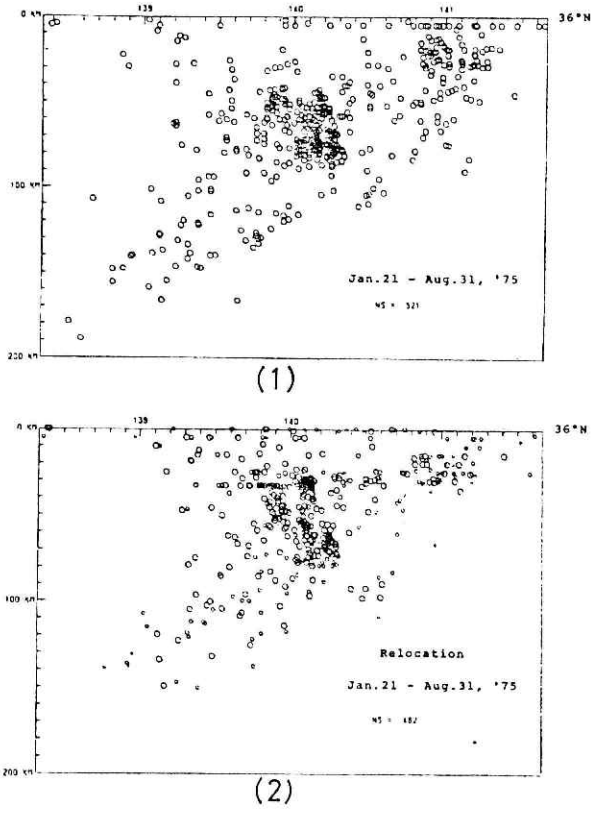


図 2　北緯36°線の両側50km幅の震源の垂直分布図（石田，1976）
（1）従来の方法で求めた震源分布
（2）再決定した震源分布

Fig. 2　Vertical distribution of earthquakes which occurred within a distance of 50 km from the 36°N vertical plane in the Kanto district. (Jan. 75–Aug. 75; Ishida, 1976)

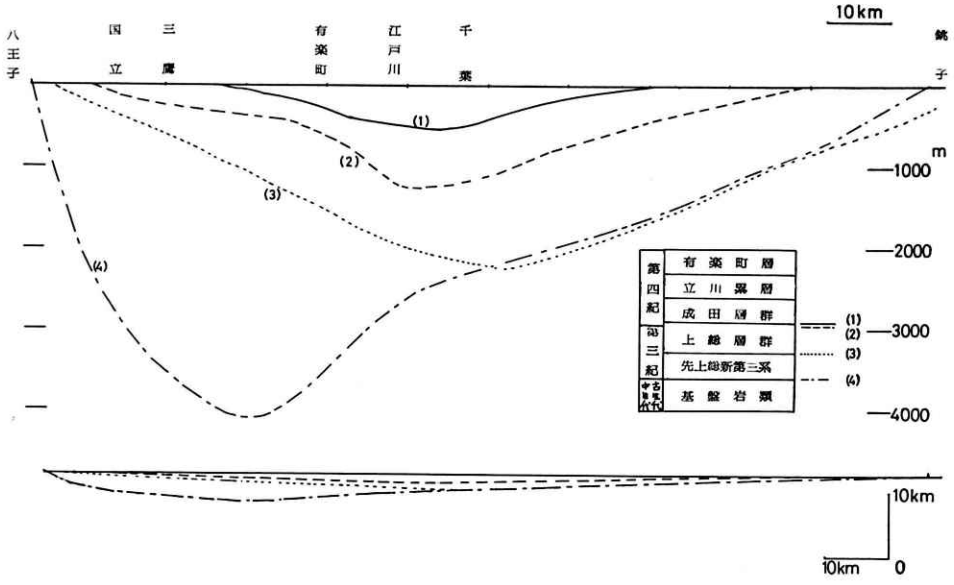


図 3　関東平野の地質断面図

Fig. 3　Geological section of the Kanto plain.

(1) The boundary between the Narita formation and the Kazusa formation after Kakimi et al. (1973)

(2) The boundary between the Quaternary and Tertiary sediments after Kakimi et al. (1973)

(3) The boundary between the Kazusa formation and the Pre-Kazusa Neogene system after Kawai (1965)

(4) The boundary between the Pre-Kazusa Neogene system and the basement after Kakimi et al. (1973)

より，また時代によって沈降の中心が多少異なるが，全体として見れば，中心部付近がもっとも深く沈みこんでおり，古くから言われた構造盆地（あるいは地向斜性沈降盆）が示されている（矢部・青木，1923；辻村，1923；Otsuka，1936；ほか多数）．

地下200 km 付近まで続く y の字型の震源分布と，地下数kmの新しい沈降域の地質構造を比較した場合，y の字型の上部に沈降域が存在し，マントル上部のかなり深い地震の分布までが，関東地方の造構運動と明瞭に対応していて，関東平野の成因は地殻内の現象にとどまらないと考えられている（鈴木，1968；津村，1974）．

4.　関東平野西部の中央構造線

笠原（1974）によれば，関東平野地下の震源の分布は，前述した y の字型の分布以外にも，いくつかの線脈を示しており，西暦1600年以降の内陸部の被害地震は，埼玉県中央部から，東京湾北部に続く荒川線に沿うものが多く，なかでも安政２年の江戸地震は，崩壊ならびに焼失家屋 14,346戸，町人の死亡 4,293 人（又は 3,895 人）（東京都，1973）という大きな被害

を出した（図4　笠原，1974）．また阿部（1974）により，西埼玉地震（1931, 9, 21）と関東平野下の中央構造線（ないしは中央構造線に伴う断層帯）との相関が論議され，「この中央構造線に沿って，1959年岩槻付近（M 5.9），1855年江戸（M 6.9），1894年東京（M 7.0）などのいわゆる都市直下型の地震がおきているように見える.」と述べている．

首都圏を襲う直下型地震の予知を考えた場合，過去のデータから考え，荒川線ないしは中央構造線は一つの重要な場所であり，その監視体制を確立するためにも，荒川線ないしは中央構造線の分布や性質を知る必要がある．

一般に地震学の立場から引かれた荒川線と，地質学の立場から引かれた中央構造線は同一視されることが多いが，ここでは日本列島の地質構造区の立場から，これについて考えてみる．

中央構造線は西南日本の内帯と外帯を境する構造線であるが，この線から大陸側（内帯）では，花崗岩の分布が特徴的であり，大洋側（外帯）では三波川結晶片岩から非変成古生層，さらには中生層，第三紀層の順に，帯状に，中央構造線に平行して分布するのが特徴である．

このように中央構造線は西南日本において重要な位置を占めている構造線であるが，松田（1973）は地形の変位から，中央構造線は活断層であると述べている．この中央構造線に沿って，マグニチュードが7クラスの地震が報告されている．たとえば紀伊－大和地区の1854年の地震や，伊予灘地区における数回の報告がある．しかし，全般的には中央構造線沿いに地震は少ない．

次に中央構造線の東方延長について考える．一般にフォッサ・マグナが西南日本区と東北日本区の境界と考えられるが，実際には，フォッサ・マグナの東側に両地質区の性質を合せもつ信越房豆帯（山下，1970）とよばれる遷移領域が存在する．関東地方はそのほとんどがこの遷移領域内に入るが，今ここで問題にする関東平野南部の地下では西南日本区の特徴が卓越している．すなわちフォッサ・マグナで一度たち切られた三波川結晶片岩は方向を転じて，関東山地に露出し，関東平野の地下に連続している．さらにその南には西南日本外帯の特徴である古生層や中生層の帯状配列が続いている．ま

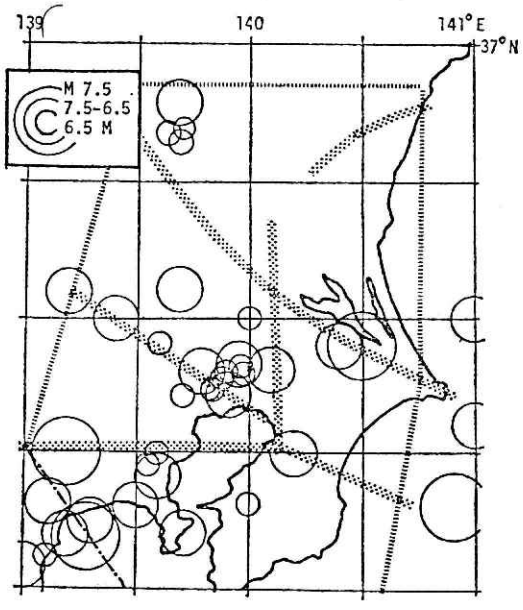


図 4　関東地域における過去の大地震（笠原，1974）
Fig. 4　Distribution of major earthquakes in the Kanto district during the period from 1600 to 1969. (Kasahara, 1974)

た関東平野中部の地下では，西南日本内帯の特徴である花崗岩質の岩石の存在（福田，1976）が知られている．

このような事実から関東平野下に中央構造線の延長があることは確かであるが，正確な場所については充分に論議されていない．

今までに関東平野下の中央構造線の位置を示した図としては，石井（1962）と垣見ほか（1973）の図があるが，両者は関東平野の西部において違いが大きい．最近，筆者（田中，1975）によって，吉見丘陵の高変成度の変成岩の分布域の北側から三波川結晶片岩の露頭が報告されているので，中央構造線は垣見ほか（1973）が引いた位置よりも北側を通ると思われる．さらに東側では国立防災科学技術センターによって掘削された深層地震観測井「岩槻」（高橋ほか，1971；国立防災科学技術センター，1973）の坑底（3510 m）から，三波川結晶片岩帯に属する岩石（斜長石角閃岩）が採取されている．この井戸では 2764～3509 m の間で，石英斑岩のコアが採取され，坑井下部では内帯的要素をもち，坑底部では外帯的要素をもつという柱状がえられた．この点については現在検討中であり，別に報告する予定である．いずれにしても「岩槻」は中央構造線の近傍ないしは直上を掘削したと思われる．この井戸よりわずか北に掘られた地質調査所の春日部 GS-1（福田，1962；福田，1963；福田・石和田，1964；福田ほか，1964；城戸，1972；河井・福田，1973）の観測井では，内帯的な南蛇井層に相当する岩石が採取されている．

その結果，筆者は関東平野西部の中央構造線は関東山地の三波川帯分布域の北限を東に直線的に延長させた線とほぼ一致していると考える（図6）．

地形学の立場では，堀口（1974）により，地表ないしは地表に近い部分のデータから，関東平野西部の地盤のブロック区分の境界線が求められている（図5）．これによれば，本庄の北から深谷を通り，熊谷の南に至る境界線〔松田ほか（1975）の深谷断層とほぼ一致〕や，川越の北を通り，浦和，川口の南を通る境界線〔貝塚（1974）の荒川断層とほぼ一致〕が認められるが，今ここで想定した中央構造線とは明らかに位置が異なっている．

中央構造線との関連において筆者が深谷断層を解釈するならば，これは岡田（1970）の考えるように中央構造線に沿って新たに派生した中央線活断層系のような考え方をしなければならないであろう．また荒川断層は中央構造線よりもむしろ“御荷鉾(みかぶ)線”の位置に近いように思われる．

またここで想定した中央構造線と笠原（1974）や阿部（1974）により震源位置から想定された荒川線（笠原，1974に従い荒川線と呼ぶ）との比較は，震源の決定精度が悪いため，かなり困難であるが，荒川線は中央構造線とは明らかに異なり，深谷断層と荒川断層を一緒にして考えているようである．

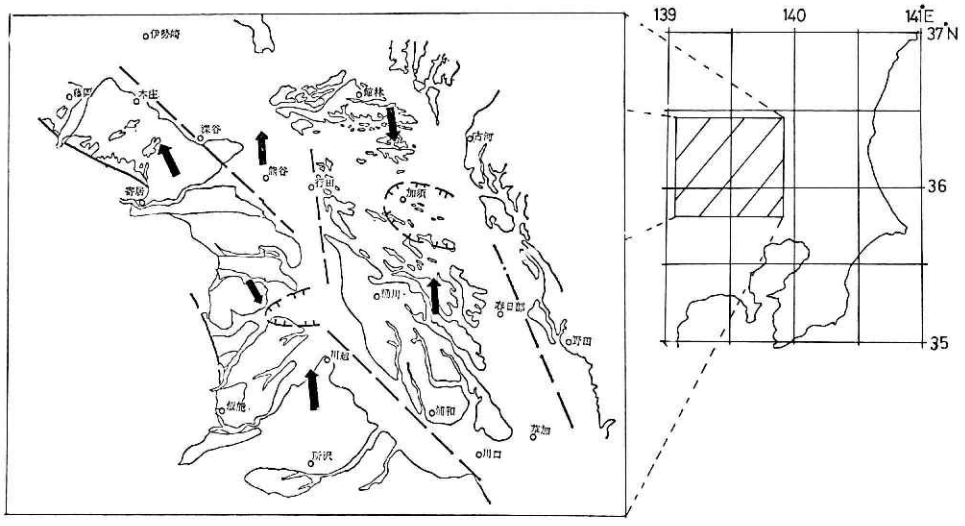


図 5　関東平野西部のブロック区分と変動（堀口，1974），破線：ブロックの境界，矢印：傾動方向
Fig. 5　Division and movement of blocks in the western Kanto plain. (Horiguchi, 1974)
Broken line: Boundary of blocks　　Arrow: Direction of inclination

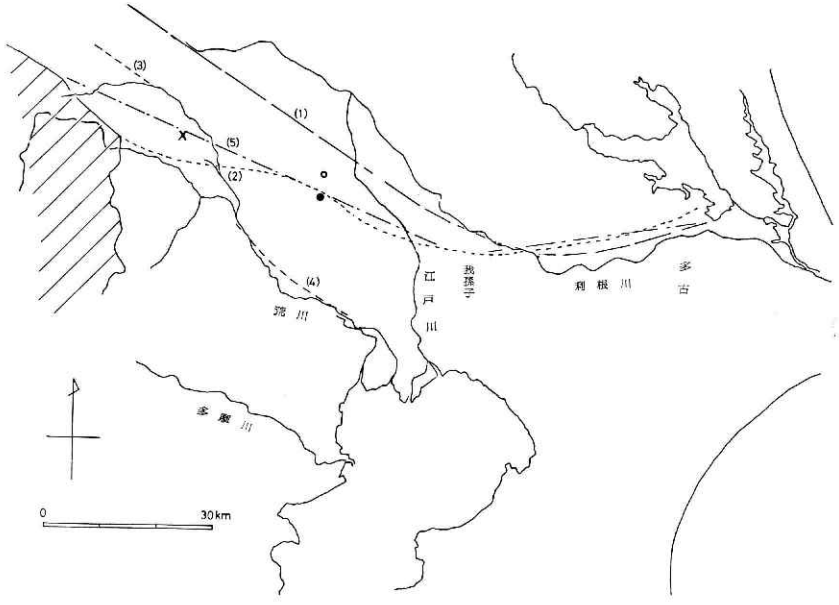


図 6　関東平野の構造線の位置図
Fig. 6　Distribution of some tectonic lines in the Kanto plain.

(1) Median Tectonic Line after Ishii (1962)
(2) Median Tectonic Line after Kakimi et al. (1973)
(3) Fukaya Fault after Matsuda (1975)
(4) Arakawa Fault after Kaizuka (1974)
(5) Median Tectonic Line presumed in this paper
● the position of the Iwatsuki borehole
○ the position of the Kasukabe borehole
× the exposure of the Sanbagawa crystalline schist at Yoshimi

5. 関東平野東部の中央構造線

関東平野で現在までに基盤に達した坑井の一覧表を表1（福田，1974）に，その位置を図7に示す．この図には国立防災科学技術センターによって掘削された下総地殻活動観測井をNo. 20，計画中の2号井をNo.21として示した．「岩槻」より東側での中央構造線の位置は，西側に比して基盤にまで達する井戸が多いため，把握しやすいはずであるが関東山地のような露頭が近くにないため，実体はつかみにくい．ここでは，三波川帯の分布の北限を中央構造線と考えて，三波川帯を追跡する．我孫子付近を境にして，その東側では三波川帯の分布は西側と異なり，東北東方向に伸びているようである（石井，1962）．我孫子付近での湾曲は福田（1973）も注目しているように，かなり急激に屈曲する可能性があり，石井（1962）のようにゆるやかに湾曲して続けてよいか検討の余地があると思われる．

もしここに断層が存在し，それによって三波川帯が屈曲するならば，この断層は石井（1962）により，地震探鉱で求められた鳥山—菅生沼断層や堀口（1974）によって地表面の変動から求められた春日部の東を通り，野田の西を通るブロック区分の境界線や津村（1974）の微小地震の線状配列と関係があるであろう．

我孫子付近より東側では三波川帯は東北東方向に多古まで追跡されるが，それより東側から，三波川帯の岩石は報告されていない．その理由は柏崎～銚子線（山下，1970）によって，

表1　関東平野において基盤に達した坑井一覧（福田ほか，1974）

Table 1　The table of deep boreholes which reached the base. (Fukuda et al. 1974)

番号	坑井名	所在地	標高 (m)	堀止深度 (m)	基盤深度 (m)	基盤岩	対比	帯	完成年
1	春日部GS-1	埼玉県春日部市増富	5.41	3,103.00	3,072	圧砕された黒色の石灰質粘板岩	南蛇井層	内帯	1962
2	松伏ST-1	埼玉県北葛飾郡松伏町上赤岩	4.55	2,005.50	1,600	片麻岩質花崗閃緑岩	"領家帯"	内帯	1957
3	深層地震観測井「岩槻」	埼玉県岩槻市太田	8.486	3,510.50	2,897	石英斑岩および緑色岩類	"領家帯"	内帯	1971
4	鹿島KT-1	茨城県鹿島町平井	5	910	887	堅硬な泥岩	白亜系		1958
5	新利根R-1	茨城県稲敷郡河内村羽子崎	3	838.6	813	破砕された黒色千枚岩	長瀞系	外帯	1957
6	野田R-1	千葉県野田市三ツ堀	7.46	1,131	1,037	片麻岩質花崗岩あるいは花崗閃緑岩	領家帯	内帯	1958
7	小見川R-1	千葉県香取郡小見川町八丁面	0.44	662.5	659	グレイワッケ	秩父系?	外帯	1959
8	成田R-1	千葉県成田市土屋	7.00	1,053**	1,018	滑石を伴う緑色片岩	長瀞系	外帯	1957
9	菱田R-1*	千葉県香取郡多古町鍬田	41.06	949.8	948	砂岩	白亜系?		1960
10	多古R-1	千葉県香取郡多古町谷三倉	6.95	826.4	825.5	緑色片岩	長瀞系	外帯	1960
11	八街R-2	千葉県印幡郡八街町八街	45.96	1,994.80	1,989	礫岩と砂岩の互層	白亜系		1961
12	佐倉R-1*	千葉県佐倉市佐倉	3.33	1,521.90	1,510	不明	不明		1961
13	船橋FR-18	千葉県船橋市夏見	7.20	2,107	2,071	絹雲母緑泥片岩および石英石墨片岩	長瀞系	外帯	1963
14	通産省船橋地盤沈下観測井	千葉県船橋市市場町	3	2,146.29	2,139	黒色千枚岩	長瀞系	外帯	1972
15	飯岡R-1	千葉県海上郡飯岡町三川	5	401	400	堅硬なアルコーズ質細粒砂岩	秩父系	外帯	1954
16	旭R-1	千葉県旭市椎名内	5.50	565.4	551	砂岩	白亜系		1960
17	旭R-2	千葉県旭市井戸野	3.54	739.5	737	砂岩	秩父系	外帯	1960
18	蓮沼TR-1*	千葉県山武郡蓮沼村屋形	1	1,445.00	1,430	グレイワッケ?	秩父系	外帯	1960
19	成東R-2	千葉県山武郡成東町姫島	7.46	2,006.00	2,000	砂岩	秩父系	外帯	1961

*　基盤に掘り込んだかどうか疑わしいもの．

**　文献（金原ほか2名　1958；石井　1961）では1,048mとされているが　電気検層の記録はこの深度までである．
（福田ほか　1974）

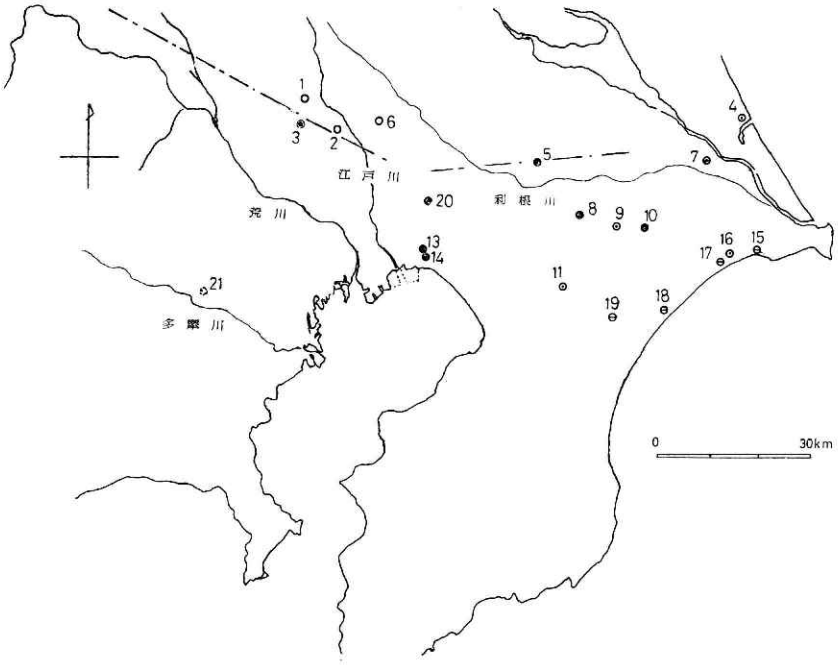


図 7　関東平野において基盤に達した坑井位置図
Fig. 7　Distribution of deep boreholes which reached the base.
●: Sanbagawa crystalline schist
○: Rocks of the inner zone
⊙: Cretaceous
⊖: Palaeozoic
———: Median Tectonic Line presumed in this paper

三波川帯の延長部が切られるためか，深井戸の数が少いためであろう．その結果多古より東においては，中央構造線の位置はまったく不明である．

6.　あとがき

ここに関東平野下の基盤について，いくつかの問題点を考えた．これらが直接すぐに地震予知について役立つとは考えられないが，地震発生の「場所」をおさえることに少しでも役立てば，「時期」や「規模」に先がけて，首都圏地震予知に対する一つの橋頭堡を得ることができる．この意味からも，今後多くの深井戸のデータが集積されると共に各種の測定結果との比較が必要であろう．

参　考　文　献

1)　阿部勝征（1974）：地震断層の運動，科学　44，**3**，p. 139–145.
2)　福田　理（1962）：春日部層序試錐（予報）—坑井地質を中心として—，地質ニュース，**100**，p. 1–16.
3)　————（1963）：春日部層序試錐の坑井地質層序　地質調査所月報　**14**，p. 379–380.
4)　————・石和田靖章（1964）：関東地方の地質と天然ガス鉱床の探鉱と開発への序章，石油技術協

会誌 **29**, p. 3–21.
5) 福田　理・小林才智・民部田喜代四（1964）：関東平野における層序試錐，石油技術協会誌 **29**, p. 112–129.
6) ――――（1973）：足もとを見よ―首都圏地震論争への提言，地質ニュース，**230**，p. 28–31.
7) ――――（1974）：坑井地質に見る関東平野の基盤　地質ニュース，**234**，p. 8–17
8) 堀口万吉（1974）：関東平野西部の地形区分と段丘面の変動，「関東地方の地震と地殻変動」ラテイスp. 119–127.
9) 石井基裕（1962）：関東平野の基盤，石油技術協会誌　27，**6**，p. 615–640.
10) 貝塚爽平（1974）：直下型（内陸型）地震との関連から見た関東平野の第四紀地殻変動の予察的考察．東京直下型地震に関する調査（その1），東京都防災会議
11) ――――・ほか7名（1977）：首都圏の活構造と地形区分，東京直下型地震に関する調査（その4），東京都防災会議
12) 垣見俊弘・衣笠善博・木村政昭（1973）：後期新生代地質構造図「東京」　地質調査所
13) ――――・佐藤裕・津村建四朗・石田瑞穂（1976）：関東における地震・地殻活動と地震予知，地震予知研究シンポジウム予稿集　p. 21–45.
14) 笠原慶一（1974）：南関東の地殻変動とその問題点，「関東地方の地震と地殻変動」ラテイス，p. 269–279.
15) Kawai, K. (1965): Natural gas geology of the southern Kanto region, Japan. ESCAFE 3rd Petroleum Symposium, Agenda Item 6, p. 18.
16) 河井興三・福田理（1973）1. 総論　1. 関東地方地質概略，日本地方鉱床誌，関東地方，朝倉書店
17) 城戸秀夫（1972）：関東地域の基盤構造について，日本地質学会第76年学術大会講演要旨 p. 72.
18) 国立防災科学技術センター（1973）：岩槻地殻活動観測施設，科学技術庁国立防災科学技術センター発行，8p
19) 松田時彦（1973）：活断層としての中央構造線，「中央構造線」東海大学出版会　p. 239–252.
20) ――――・山崎晴雄・金子史朗（1975）：東京直下型地震に関する調査（その2）西関東の活断層，東京都防災会議
21) 松田博幸・羽田野誠一・星埜由尚（1977）：関東平野とその周辺の活断層と主要な構造性線状地形について．地学雑誌　86，**2**，p. 20–37.
22) Otsuka, Y. (1936): Marine lower Pleistocene of the central Kanto plain, (An evidence of basin forming farce of the Kanto plain) *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **14**, p. 75–82.
23) 鳩　悦三（1977）：東京の基盤構造（その3）第4回第5回夢の島爆破実験による地下深部探査　東京都
24) 鈴木尉元（1968）：関東および中部地方の最近の造構運動と発震機構との関係について．地質調査所月報　**19**，p. 519–528.
25) 高橋　博ほか5名（1971）：東京深層地震観測井の坑井地質，地学関係5学会連合学術大会講演要旨 p. 424.
26) 田中啓二（1977）：関東平野の地震基盤，早稲田大学卒業論文（手記）
27) 田中耕平（1975）：関東山地古見丘陵の岩石，島弧基盤　**2**，p. 17–18.
28) 辻村太郎（1923）：地形学，古今書院，610 p.
29) 辻浦　賢（1973）：微小地震スペクトルの地域性（1）関東地方，地震　**26**，p. 370–375.
30) 津村建四朗（1974）：関東地方の地震活動，「関東地方の地震と地殻変動」ラテイス，p. 227–249
31) 東京都（1973）：安政江戸地震災害誌，東京都
32) 岡田篤正（1970）：吉野川流域の中央構造線の断層変位地形と断層運動速度，地理学評論　**43**，p. 1–21.
33) 矢部長克・青木廉二郎（1923）：関東構造盆地周縁山地に沿える段丘の地質時代，地理学評論，**3**. p. 79–87.
34) 山下　昇（1979）：柏崎～銚子線の提唱，「島弧と海洋」東海大学出版会　p. 179–191.

（1977年12月19日原稿受理）