

地震による臨海平野部井戸の水位変動

小 鯛 桂 一

地震による地下水位の変動については かなり以前からそれぞれの立場で報告されているが 原因の複雑さから原理の解明にはまだほど遠い感がある。

一般に地震時に起こる地下水変化の現象としてこれまでに解っていることは 一時的な噴出や増減または混濁その他 地域的に地震に相前後した特異な変化などが挙げられていて これらは 地震形態(震源の位置 深度 方向 強度 影響規模) 地形や地質の条件 帯水層の形態(裂か水と地層水 自由面と被圧面の地下水)などの相違による結果であると概念的にはみられているが 各条件下における一定の法則性はまだあまり見出されていないで わずかに統計的事実として沖積地は増水井が多く 第三紀以前の古い地層地域では 減水井が多い傾向があるということが判明している程度である。

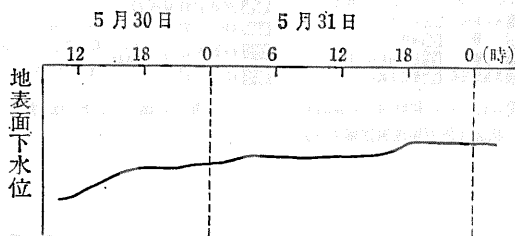
地質調査所では これまで全国26地区の臨海平野部において 深度100~200mの被圧面地下水の水位観測井(自記録)を合計45地点にもうけて 各々2年間の水位記録データを得ているが この報文はこの範囲内において地下水位の変動と地震との関係を載せており これによって原理解明のために多少とも前進することができれば幸いであると思っている。水位観測に用いた測定器はすべて中浅測器(株)製のものであったが 地震時における水位記録曲線の信頼性は 測定器設置基礎が頑強である限り 地層と測定器は同時に振動するために 相対的にみて測定器自体の固有振動による誤差は小さい

ものとみてよいと考える。

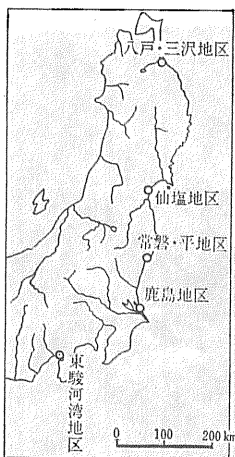
記事 1 銚子沖を震央地とする昭和39年5月30日23時30分の地震は これに近い鹿島地区で震度4を記録したが 第2図から水位の変動は振幅1cm位の一時的な上下振動が認められたにすぎない。

記事 2 昭和39年6月16日13時2分に発生した有名な新潟地震は 鹿島地方でも震度2を記録している。第3図のように水位グラフ上では最大震度時で振幅16cm位で上下に一時的な振動をしており その前後数時間にわたり多少の水位変動を示している。前回の5月30日の地震に比べて震度は小さかったにもかかわらず 水位の変動は逆に大きかった。

記事 3 昭和39年6月16日13時2分に発生した上記の新潟地震は仙台地方でも新潟地方におとらない震度5の強震を記録したが 仙塩地区中野小学校地点井戸の水位グラフから 地震発生時6.5cmの急激な上昇とその後の数日間にわたるかん慢な定常的な戻りが認められ 第



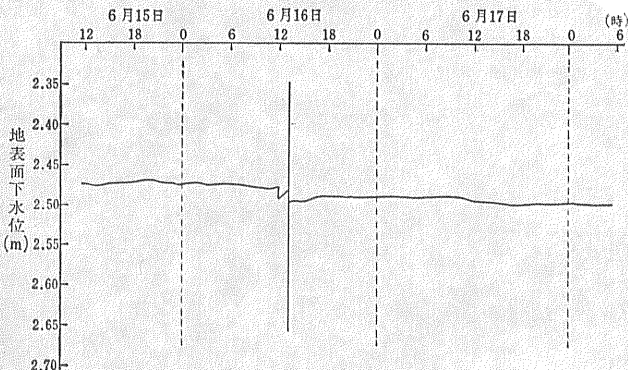
第2図 鹿島地区光地点井戸の水位①



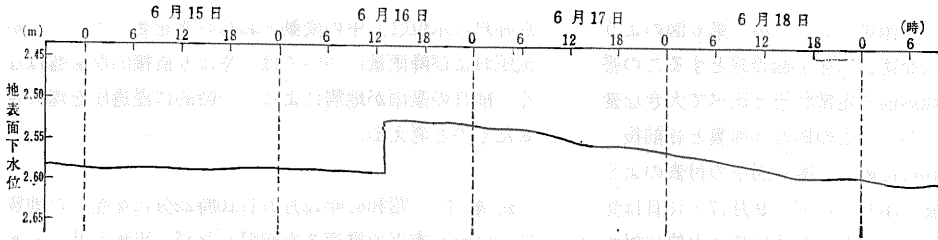
第1図 地下構造調査水位観測井位置図

第3図

	6-15	6-16	6-17
気 圧 0.1mb	58	73	98
降雨量 0.1mm	61	2	—

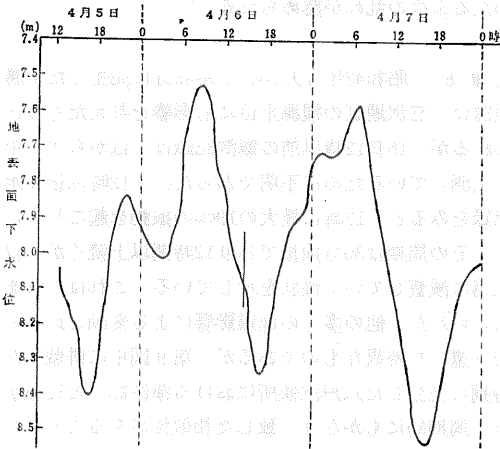


第3図 鹿島地区光地点井戸の水位②



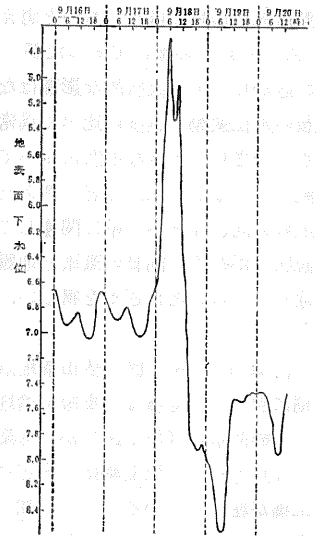
第4図
仙塩地区中野小学校地点の水位

	6-15	6-16	6-17	6-18
気圧 0.1mb	60	71	101	100
降雨量 0.1mm	0	50	—	0



第5図
東駿河湾地区依田橋
地点井戸の水位①

	4-5	4-6	4-7
気圧 0.1mb	156	182	228
降雨量 0.1mm	0	—	—



第6図 東駿河湾地区依
田橋地点井戸の水位②

	9-16	9-17	9-18	9-19	9-20
気圧 0.1mb	77	9974	9998	155	185
降雨量 0.1mm	309	1083	1	—	—

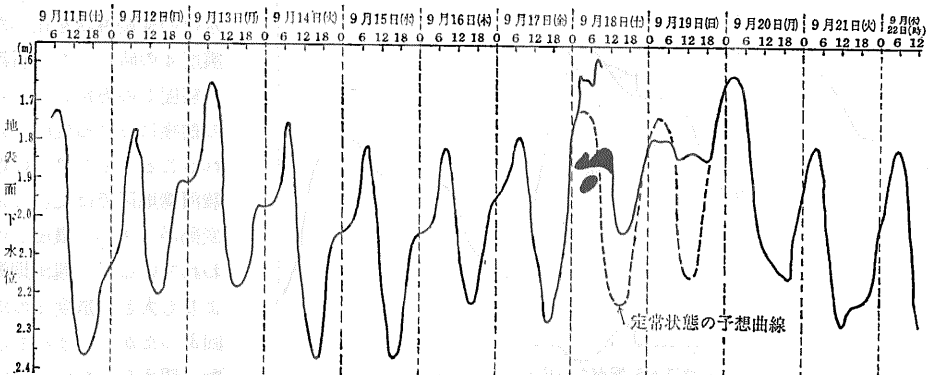
4 図中の付表の気圧値・降雨量を照合してみると 6 月16日にこの地域で5 mmの降雨があったが 地震時にこれが浸透圧を増大させたとも考えられる。

記事 4 宇都宮方面が震央地であった昭和40年4月6日14時31分の地震は 三島で震度1の微震であったが東駿河湾地区依田橋地点井戸の水位グラフ上で 18cm前後の一時的な昇降(おもに上昇)を記録している。しかし経時的な水位変化にまで影響を与えていないようだ。

↓ 第7図 東駿河湾地区明電舎地点井戸の水位

	9-16	9-17	9-18	9-19	9-20
気圧 0.1mb	77	9974	9998	155	185
降雨量 0.1mm	309	1083	1	—	—

記事 5 昭和40年9月18日1時21分に発生した地震



は この地方で震度1の微震であったが 第6図のように この地震後 広大な富士山麓を涵養源とするこの帯水層の水位変動は 地震前の定常状態と比べて大きな変動を示している。しかし この地方は地震と相前後して台風24号にみまわれたために 第6図中の付表のような気圧値および降雨量を示していて 9月17・18日は気圧が低かったが 水位グラフから9月17日は水位に対する気圧影響は認められないことからみて 以後の水位変動も気圧影響ではないものと考え。また9月17日は100mm以上の豪雨であったが これも9月17日の水位状態からみて 直接的な影響はないことが判るが 地震後の水位変動が震度に比べて異常に大きく また 他時点でのさらに大きな地震においても 必ずしも 水位変動を示さなかった点などを考えた場合に 地震形態や地震の方向性などが 単に関連して生じたものだけでは説明しがたく 前日の豪雨と地震が何らかのかたちで関連したものと考えざるを得ない。

記事6 第6図(依田橋地点井戸の水位②)と同時期に起こった地震は 東駿河湾地区明電舎地点井戸における観測水位(第7図)からも変動が認められる。この井戸の短期水位変動は 周辺に大量の揚水をしている工場が密集しているために日間・週間ともに人工的変動を示している。すなわち日間の水位は おもに朝の6時前後に最大値をとり 日中から夕方にかけて下降する変動であり 週間を通じての平均水位は月曜日から土曜日にかけて順次下降を示すが 日曜日の午後から月曜日の午前中にかけて回復するといった変動形態を示している。このような傾向を考えに入れて水位グラフ(第7図)中の地震時の水位変動を検討した場合に 地震後の水位は約2日間乱されており 平均して普段よりも上昇きみであることがわかる。この点 第6図(依田橋地

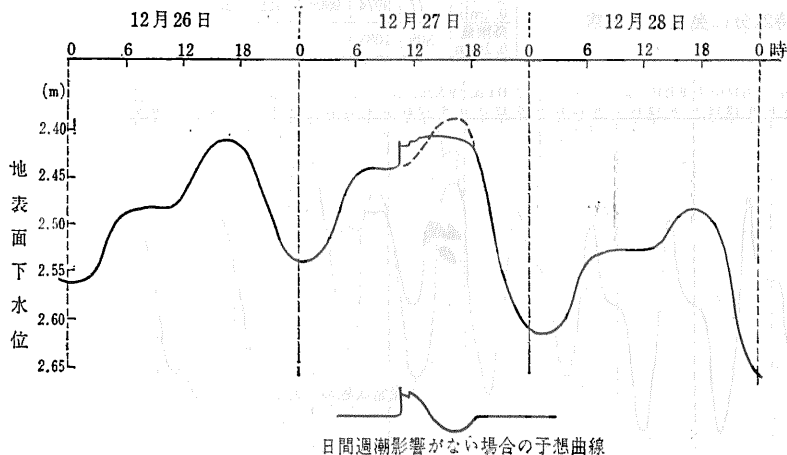
点井戸の水位②) 中の変動とおもむきを若干異にするが 気圧および降雨量については やはり直接的な影響はなく 前日の豪雨が地震によって一時的に浸透圧を増大させたものとする。

記事7 昭和41年12月27日10時22分に発生した地震は いわき市平で震度3を記録したが 平地点井戸の水位グラフは この時3cmの急激な上昇とその後約2時間にわたる多少の乱れが認められる。

記事8 昭和43年5月16日9時48分に発生した十勝沖地震は 三沢地区の観測水位にも影響を与えたものと思われるが 16日12時以前の観測記録は はからずも中断・欠測しているために不明であった。12時以後の水位記録をみると 12時に最大の19cmの振動を起こしている。その周期は30分前後であり12時間以上続くが 以後次第に減衰していく性状を示している これはこれまでにみられた 他の多くの地震影響による変動と比べてかなり違った特異なものであるが 第9図中に併載した同時期に発生した八戸測候所における津波記録と比較すると 周期的にもかなり一致した相似性があることからみて そして津波発生期間に起きていく数多くの余震との時間的な相関性に乏しいことから考えて 水位変動の原因が直接の地震影響によるものではなくて 明らかに津波の影響によるものということがいえる。

考 察

昭和39年6月16日に起こった新潟地震は全国的に影響を与え 仙塩地区でも 震度5を記録し 中野小学地点井戸の水位にもその影響による変動が認められるが 震度2であった遠方の鹿島地区光地点の井戸の水位の方が逆に数倍も大きな変動を示していて 地質構造の相違によるものと思われる。また鹿島地区光地点井戸で2度にわたって観測記録された地震による水位の変動性状を比べた場合に 震度4の時よりも 新潟地震時の震度2の方が大で しかもその前後における変動さえ認められること そしてこの他にも東駿河湾地区では地震による水位変動が すべて震度1の時に現われているが 観測期間中これよりも大きい震度2の地震が3回あったが いずれも水位の変動は認められないし いわき地

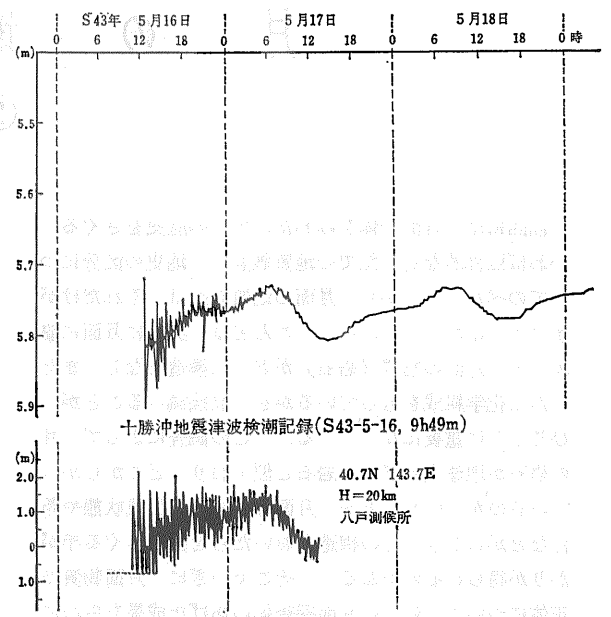


第8図 いわき地区平地点井戸の水位

区平地点でも震度4の時に水位変動がなくて 震度3の時に認められるといったことから これらは地形および地質条件だけの違いによるものではないことを証明している。このような一時的な水位変動にとどまらないで地震の前後(おもに地震後)で数時間もしくは数日間の変動を示す井戸水位も認められるが これらは地震形態とこれに関連する諸影響因子が原因するものと考えられるが 結果的には 地下水系への影響・不影響の相違によるものといえる。今回のデータ中で減水を示す観測井は経時的にはみあたらない。先にも述べたように過去の統計的事実として沖積地は増水井 第三紀以前の地域は減水井が多いという一般的傾向を有するが このような現象は地層そのものの違いというよりは 水理学的にみて地下水系がほぼ連続性のある範囲内で考えた場合に 第三紀以前の古い地層中に介在している地下水はおもに裂か水であり 涵養源をたどれば普通 沖積地の地下水より高い位置エネルギーをもつために 地震の振動エネルギーが加わることによって 一時的な透水性の増大をまねく結果であるといえるのではなからうか。しかしながら沖積低地の観測井戸水位の場合は経日および経月的な水系の地下水全体の流下促進にまで影響をおよぼす場合は少なく 水圧伝播速度による地下水の単なる一時的な移動として影響を与えるに過ぎないものといえる。

従来から 地殻中の地震発生源上部の上載荷重が何らかのかたちで減少することによって地震発生のひきがねの作用として敏感に反映するらしいということがいわれていて 気圧の配置状況や 潮の干満の具合が地震発生時期に多少の関係をもっているということが認められているが 第6図(依田橋地点井戸の水位②)と第7図(明電舎地点井戸の水位)は 台風時の気圧低下時に地震が発生しており また 第5図(依田橋地点井戸の水位①)や 十勝沖地震の際の第9図(三沢地点井戸の水位)ではいずれも干潮時に地震が発生している状況にあり 上記の事がらを裏付けるものとみてよい。

地震時において最も大きいエネルギーを発生するところの主要動は 加速度的にも最大値を示すが その時間は普通1分間程度である。地震が観測井戸の水位に与える変動影響から その型を分類するとおよ次のようになるものと考えられる。すなわち [1] 地震の主要動のみに影響されて 地下水の一時的な自由振動として作用させ 記録水位を見た場合に 外観上 垂直的な上下振動として現われる型で これにはT字型 逆T字型(L) プラス型(+)の3種が含まれる。 [2] は地震エネルギーが帯水層に変動を与える場合であり 水位変動



第9図 八戸・三沢地区三沢地点井戸の水位

曲線として地震時に水位は急激な上昇または下降を示すが すぐに平常な状態に戻らないで 数時間ないし数10時間の間 継続して水位の異常を示し その後時間とともに漸次元の水位までもどるといった型のものである。 [3]としては[1]・[2]を複合した場合が挙げられる。

その他 特殊なケースとして [4]が挙げられる。すなわちこれは八戸・三沢地区三沢地点井戸のように 過潮影響を受けている水位観測井が地震で起こった津波に影響される場合である。東駿河湾地区依田橋地点井戸では 異時的に [1]と [2]を共有していることからみて [1]から [3]までの型は 任意の水位観測井の場合でも 地震の発生形態やその方向の相違などと水位観測井戸地点を含む水系の帯水層構造とが関連性をもつ場合と そうでない場合とによって別れるものであって その時の地震の種類によって属する型が変わる可能性があり 地質条件などの違いによる地域的な特徴によって分かれるものではない。

(筆者は応用地質部)

文 献

笠原 廣一 (1959) : 地震の科学 恒星社
 小鯛 桂一 (1968) : 水位観測結果に基づく本邦臨海部被圧面地下水の水理学的考察 地質調査所月報 vol. 19 no. 7
 宮部 直己 (1933) : 地震に伴える地下水の異常 地震 vol. 5 no. 10