

昭和南海地震前に井水異常が報告された地点での地下水観測

- データセットの構築 -

尾上謙介・梅田康弘・重富國宏・浅田照行・細 善信・近藤和男

要 旨

昭和南海地震発生の数日前から直前にかけて紀伊半島から四国の太平洋沿岸部において井戸の水位低下および水涸れが報告されている。これらの井戸の水位低下についてのメカニズムを解明することが次の南海地震の予知の手掛かりになると考えられる。このことを目的に、井戸水位低下が報告された地点を中心に多くの井戸で水位観測を行った。同時に水準測量をおこなって海水準からの井戸の水位標高を得た。ここでは水位標高と海水の潮位変化、さらには降水量を含むデータセットの構築について報告する。データセット構築は今後の地下水変化のモニタリングのために重要であると考えられる。

キーワード：井戸，水位標高，潮位，データセット

1．はじめに

南海地震は南海トラフに沿って100年から150年間隔で繰り返し発生するマグニチュード8クラスの高溝型巨大地震である。1946年12月21日の昭和南海地震(M8.0)発生からほぼ60年が経過し、今後30年以内に次の南海地震の発生する確率は約50%と評価されている(地震調査委員会, 2005)。被害軽減のためにも予知に向けた研究が急がれる。

南海トラフ沿いの巨大地震については、1944年に静岡県掛川付近で水準測量が行われていた際、東南海地震が発生し、その2日前の測量結果に異常な傾斜変動が見られたことが報告されている(茂木, 1982)。1946年の南海地震では、高知県須崎市野見湾で地震発生の前日に海底隆起の可能性を示唆する異常潮位変化があったという漁師の証言がある(重富他, 2005)。さらに昭和南海地震発生の数日前から直前にかけて紀伊半島から四国の太平洋沿岸部において当時使用されていた井戸の水位低下や水涸れがあったことが報告されている(水路局, 1948)。このように高溝型巨大地震発生に先立つ地殻変動を示唆する数多くの異常変化が報告されている。これらの現象を調べ、そのメカニズムを解明することによ

りプレスリップについての情報を得ることができ、さらには巨大地震の予知が可能になると考えられる。

我々は上記の前駆現象のうち、昭和南海地震発生前に見られた紀伊半島及び四国の太平洋沿岸部における井戸の水位変化に注目した。これらの地震発生に先立つ井戸水位低下の原因を調べるために、現存する井戸の水位変化を観測し、その特徴を調べた。ここでは主に各地域の井戸水位観測のデータセットの構築について報告する。

2．井水変化について

水路要報(水路局, 1948)には昭和南海地震に伴う紀伊半島および四国の太平洋沿岸部の地変と被害についての詳細な調査結果が報告されている。そのなかに南海地震発生の数日前から直前にかけて紀伊半島から四国の太平洋沿岸部の広い範囲で井戸の水位が低下した、あるいは涸れたという報告がある。この井戸水位の低下は南海地震の前駆的变化として注目された(宮本, 1965; Sato, 1977; 川辺, 1991)が、水位低下の物理的なメカニズムについては詳し

くは説明されなかった。

水路要報で報告された井水および温泉異常は Fig. 1 に示すように全部で 16 カ所あり、井戸水位低下が 11 ケ所、濁りが 3 カ所となっており、この他 1 ケ所の温泉の湧出量減少が記載されている。

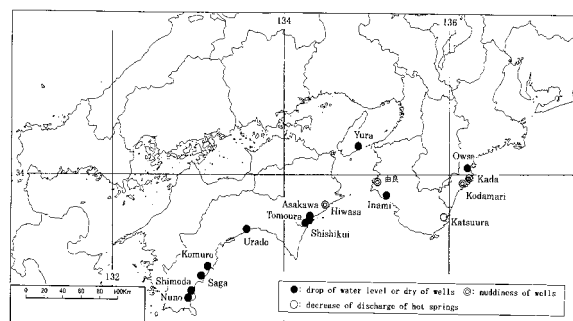


Fig.1 Places showed anomalous changes of water level of wells and hot springs prior to Showa Nankai Earthquake

水路要報に記載されている井水異常のうち、井戸の場所が特定されているのは印南町の役場のみで他は地域の名前となっている。さらに調査された地域は 165 ケ所以上におよんでいるが、そのうち井水異常は 15 ケ所のみである。またほとんどの太平洋沿岸部では津波による大きな被害があり、混乱したことが予想され地震前の状況の調査についての信憑性にも少なからず疑問が残る。

しかし、井水異常の分布は太平洋沿岸部に分布している。そしてすべての井水は減少したか、濁れており、岩盤の隆起ないしは伸張を示唆するという共通性が見られる。また、我々の聞き取り調査でも徳島県海部町において地震前に井水が減少したという証言があった(細他, 2004)。一方、南海地震の震源領域の深部でプレスリップが発生すれば太平洋沿岸部で伸張を示す領域が推定できることが示されている(橋本, 2003)。このことは太平洋沿岸部で井戸の水位が低下したということと整合する。しかし、たとえプレスリップが発生したとしてもそのひずみの大きさはせいぜい $1 \text{ E} - 7$ で、この程度のひずみでは当時使用されていた井戸で識別できたと考えられる数十 cm ないしは数百 cm という水位低下を生じさせるには不十分である。これらについては、井水異常が太平洋沿岸部の山に囲まれた小さな三角州という共通の地形をもつ地域で生じていることから梅田(2003)はガイベン・ヘルツベルグの法則に基づく水位変化の増幅メカニズムのモデルを提唱した。このモデルにより微小な地殻変動でも地下水(淡水)に大きな変動をもたらす可能性があることが示された。

我々はこのモデルを検証し、また地下水変化を監視するために多くの井戸水位観測を行い、データを収集・保存する必要があると考えた。

3. 井戸水位観測

3.1 紀伊半島

水路要報(1948)による和歌山県印南町の旧役場の井戸に水濁れがあったという記述により、2001 年に現地調査を行ったが、この井戸はすでに埋設されており、現存しなかった(Photo 1)。しかし、印南町には寺院をはじめ民家にも古井戸が多く存在していた(Photo 2)ので、地下水の特徴を調べるために井戸水位の観測を開始した。



Photo 1 Position of already buried well in Inami town Office This well showed an anomalous change.



Photo 2 One of the wells used in daily life. This well isn't used at present.

水位観測には In Situ 社製 miniTROLL 投げ込み式水位計を用いた。これは直径が 18.3mm、長さが 295.9mm で、水圧力センサー(エアータイト、測定

水深 21m 精度 $\pm 0.1\%$)と温度センサー(- 5 ~ 50 , 精度 $\pm 0.2\%$),そして 1 MB メモリーのロガーからなる。10 分サンプリングで約 1 年間の記録が可能である。



Fig. 2 The position of observing wells at Inami town

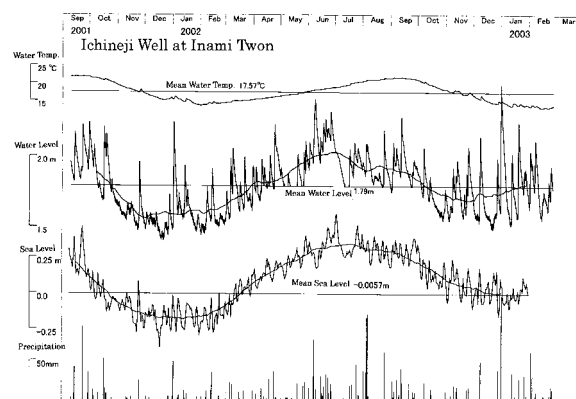


Fig. 3 Examples of water level change of Ichinenji well. Changes of water level and sea level show correlation clearly.

印南町周辺と井戸水位観測点を Fig. 2 に示す。観測井戸は印定寺、一念寺、楠本、宮岡、本郷の 5 ヶ所である。印定寺と一念寺の井戸については水準測量を行い、水位標高を求めた。これは海水準からの水位の高さを求めることで梅田モデルの検証を行う

とともに、たとえ将来井戸が埋設されても水位の復元を確認するためでもある。記録例を Fig. 3 に示す。潮位データは国土地理院の海南験潮所の時間値を、降雨データは和歌山気象台の川辺の日値を使用させていただいた。潮位と井戸水位の季節変化には非常に良い相関が見られ、海水と淡水の相互作用があることを示している。井戸の断面と海岸からの距離、さらに水位標高を Fig. 4 に示す。すべての井戸の平

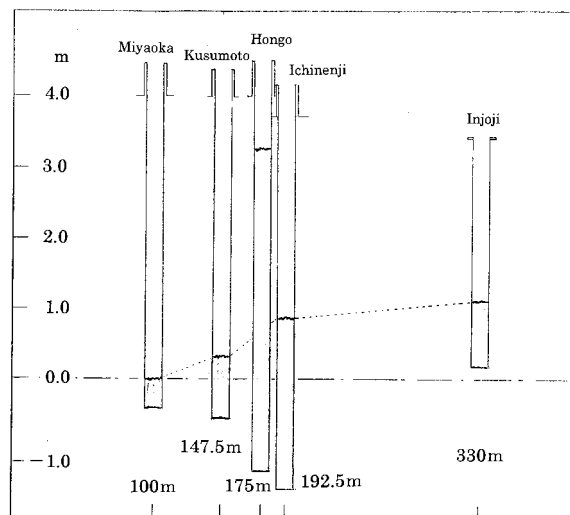


Fig. 4 Distance from seashore to each well and altitude of water level of wells at Inami town. Water level show higher position than the sea level.

均水位が平均海面より高く、ガイベン・ヘルツベルグの法則に沿う構造となっており、梅田モデルの第一義的な条件を満たしている。

印南町における観測井戸の水位標高、海岸からの距離などを Table 1 に示す。

Table 1 Characteristics of wells at Inami town

	Altitude (m)	Altitude of well bottom(m)	Altitude of W.L.(m)	W.Temp. (°C)	Concent. of salt(%)	Distance from Sea(m)
Injoji	3.47	+0.19	+1.15	15.55	0	330
Ichinenji	4.17	-1.37	+0.946	17.81	0	192.5
Kusumoto	4.39 *	-0.56	+0.317	18.00	0	147.5
Miyaoka	4.50 *	-0.35	—	17.38	0.2	100
Hongo	4.50 *	-1.12	+3.279	18.00	0	175

3.2 四国

四国東部では徳島県の浅川、鞆浦、穴喰で昭和南海地震前に井戸水位の減少が報告されている。ここでの井戸水位観測点を Fig. 5 に示す。鞆浦近くの海部町奥浦の南旅館所有の井戸(海岸から約 60m)では

昭和南海地震発生の約半日前から井水が減少し、やがて涸れたという当主の証言があった(細他, 2004)。

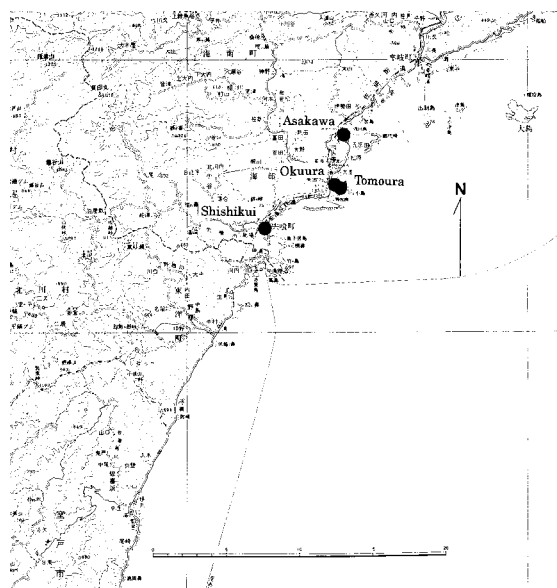


Fig. 5 Places of observation wells in eastern Shikoku

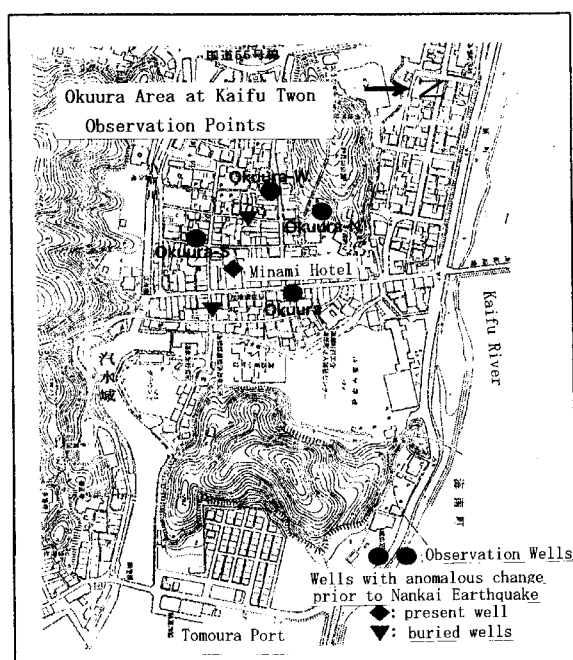


Fig. 6 Positions of observation wells around the Minami Hotel

この井戸は現存するが、上部に家屋が建設されており、水位観測はできない。南旅館周辺での水位観測井戸の位置を Fig. 6 に示す。

四国西部は高知県の浦戸、小室、佐賀、下田、布で昭和南海地震での井戸水位減少が報告されている。

高知県における井戸水位観測地域を Fig. 7 に示す。各地域には多くの古井戸が残されていたのでいくつかの井戸で水位観測を開始した。詳細についてはすでに浅田他(2004)により報告されているので省略す

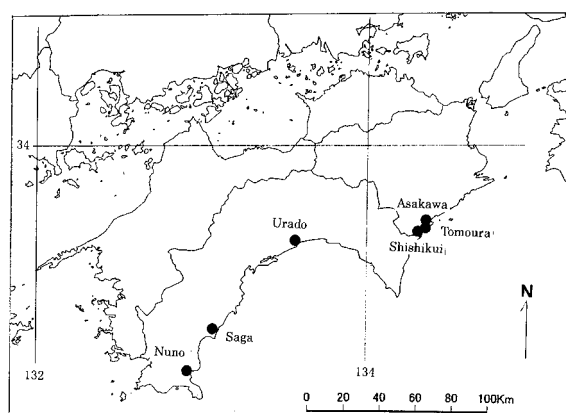


Fig. 7 Places of observation wells in Shikoku

Table 2 Names and Observation periods of all wells

Observation Points		Start	Stop
Wakayama Pref.			
Inami town	Injoji	2001/9	~
	Ichinenji	2001/9	~
	Kusumoto	2003/2	~ 2005/1
	Miyaoka	2003/2	~
	Hongo	2004/7	~
Ryujin village	Ryujin	2002/2	~ 2005/1
	Fukui	2005/1	~
Hongu town	Tokoin	2002/9	~ 2004/6
Tokushima Pref.			
Kainan town	Asakawa	2003/7	~
Kaifu town	Shishikui	2003/7	~ 2004/1
	Tomoura 1	2003/7	~
	Tomoura 2	2003/7	~
	Okuura	2003/7	~
	OkuuraW	2004/1	~
	OkuuraN	2004/1	~
	OkuuraS	2004/1	~
Kochi Pref.			
Kochi city	Yoshimatu	2002/10	~
Tosasimizu city	Kawamura	2002/10	~ 2004/7
	Yamamoto	2004/7	~
	Ymagiwa	2003/9	~
	Kishisita	2003/9	~
Shaga town	Yamamoto	2002/4	~
	No.1	2003/4	~
	No.2	2003/4	~
	No.3	2003/4	~
	No.4	2003/4	~

る。佐賀町では梅田モデルを検証するために海岸

付近に観測井を掘削してアレー観測行っている(浅田他 2004)が、佐賀町での井戸水位は平均海面より高く、ここでも梅田モデルの条件を満たしている。

4. 水位のデータセット

これまで水位観測が行われた井戸と観測開始および一部停止の時期をまとめて Table 2 に示す。ここには和歌山県田辺市龍神や本宮町の井戸も含まれている。これらの井戸水位観測のデータについて、水位、水温の一次データおよび、水位標高と水温、さらには潮位の一時間値、日降雨値をデータセットとして適当な記憶媒体に保存し、データの共有を図る。データセットのフォーマット例を Table 3 に示す。

Table 3 Examples of data set format

Hourly Interval Value Data				
Location: Ichinenji at Inami town, Wakayama Prefecture				
Period: 2001/09/26 16:00-2003/12/18 14:00				
Data Type: Text type				
Data Interval: 1 hour				
Data:				
1. Date & Time				
2. Water Level - Altitude of Water Level, Meter (m)				
Standard Altitude Point 4.17m, Correction Value 0.284m				
3. Temperature - Water Temperature, Celsius degree (°C)				
4. Ocean Tide - Kainan of GIS, Centimeter (cm)				
01/09/26 16:00:00	1.090	23.620	0600	
01/09/26 17:00:00	1.089	23.610	0595	
01/09/26 18:00:00	1.088	23.610	0569	
01/09/26 19:00:00	1.087	23.610	0494	
01/09/26 20:00:00	1.086	23.610	0365	
01/09/26 21:00:00	1.085	23.608	0349	
01/09/26 22:00:00	1.085	23.603	0342	
01/09/26 23:00:00	1.085	23.600	0351	
01/09/27 00:00:00	1.084	23.600	0354	
01/09/27 01:00:00	1.084	23.600	0320	
01/09/27 02:00:00	1.084	23.600	0338	
01/09/27 03:00:00	1.084	23.593	0345	
01/09/27 04:00:00	1.083	23.593	0275	
01/09/27 05:00:00	1.082	23.590	0134	
01/09/27 06:00:00	1.082	23.600	-0009	
01/09/27 07:00:00	1.081	23.580	-0127	
01/09/27 08:00:00	1.080	23.583	-0166	
01/09/27 09:00:00	1.080	23.580	-0228	
01/09/27 10:00:00	1.079	23.580	-0222	
01/09/27 11:00:00	1.079	23.580	-0125	

5. 結語

南海地震の数日前からの井水異常についてはプレスリップが発生すると考えられるなら梅田が提唱したモデルにより、地震発生前の井戸水位の減少を基本的には説明できると考えられる。しかし、実際の地下水構造はさらに複雑になっていることが予想される。このことは、井戸水位の減少が報告されてい

る地域でも付近には変化が見られない井戸も存在したという水路要報(1948)の記述からも窺がえる。浅田等(2004)は海岸付近で掘削された観測井において塩分濃度の変動を調べて、海水と淡水の境界面の挙動について研究を行っている。

また南海地震発生の前夜に井戸水位の減少があったという海部町奥浦の井戸の周辺においても数ヶ所で井戸水位の観測が続けられている。

これらの地下水調査研究を行うとともに、次の南海地震発生の予知に向けて井戸水位変化を監視するために、現在行っている井戸水位観測のデータセットを構築し、保存しておくことは重要であると考えられる。

謝 辞

井戸水位観測は現地の方々の協力無くしては不可能である。井戸を所有しておられる方々、現地の役場、地区長さんには多大な御協力をいただいた。厚くお礼申し上げます。また井戸に関して多くの方から貴重な情報をいただいた。合わせてお礼申し上げます。水準測量は中村佳重郎氏の助力によります。お礼申し上げます。

潮位は国土地理院の験潮所データを、降雨は気象庁アメダスデータを使用させていただいた。

参考文献

- 浅田照行・重富國宏・梅田康弘・辰巳賢一・木村昌三・川谷和夫・木村誠(2004): 高知県佐賀町における地下水のアレー観測, 京都大学防災研究所年報, 第 47 号 B, pp.721 - 724.
- 川辺岩夫(1991): 地震に伴う地下水・地球化学現象, 地震, 第 2 輯, 第 44 巻特集号, pp.341 - 364.
- 京都大学防災研究所(梅田康弘)(2003): 南海地震前の井戸水の減少について - 増幅のメカニズム -, 地震予知連絡会会報, vol.70, pp.423 - 427.
- 京都大学防災研究所(橋本学)(2003): 地下水変化に対する前駆的すべりの断層モデル, 地震予知連絡会会報, vol.70, pp.402 - 403, 口絵 7.
- 重富國宏・梅田康弘・尾上謙介・浅田照行・細 義信・近藤和男・辰巳賢一(2005): 史料・証言にみる南海地震前の井水涸れ及び異常潮位, 京都大学防災研究所研年報, 第 48 号 B, in press.
- 地震調査研究推進本部 地震調査委員会(2005): 「活断層で発生する地震と海溝型地震の長期評価」, SEISMO 5月号 特別付録
- 水路局(1948): 昭和 21 年南海大地震調査報告 - 地変及

び被害編 - , 水路要報増刊号 , pp.1 - 117
細 義信・近藤和男・尾上謙介・重富國宏・梅田康弘
(2004) : 昭和南海地震前に涸れた徳島県海部町にお
ける水位観測 , 平成 15 年度京都大学防災研究所研究
発表講演会 , 抄録.
宮本貞夫(1965) : 南海道大地震の前の井戸水の異常 ,
地震 , 第 2 輯 , 第 18 巻 , pp.170 - 171.
茂木清夫(1982) : 1944 年東南海地震前の前兆的地殻変

動の時間的变化 , 地震 , 第 35 巻 , pp.145 - 148
Sato ,H.(1977): Some precursors prior to recent great
earthquakes along the Nankai trough, J. Phys.
Earth, 25, Suppl., S115-S121.

Observations of groundwater in areas reported with the anomalous changes of water levels of wells prior to Showa Nankai Earthquake

— Construction of data set —

Kensuke ONOUE, Yasuhiro UMEDA, Kunihiro SHIGETOMI, Teruyuki ASADA,
Yoshinobu HOSO and Kazuo KONDO

In Kii peninsula and Shikoku island along the Pacific seaboard, water of some wells decreased or dried up prior to Showa Nankai earthquake. If the mechanism of these phenomena are to be made clear, preseismic slip on the fault prior to Nankai earthquake will be explained and we will be able to get useful method for predicting Nankai earthquake. In order to research ground water in areas reported with an anomalous phenomena prior to the Showa Nankai earthquake, we started observations of water level of some wells in these areas from 2001. We knew to correlate water level of wells with sea level and water level of wells are higher than sea level. Umeda(2003) from research of ground water proposed model for explaining the mechanism of decrease of well's water.

In this paper, we report construction of data set based on observations of water levels and water temperature of wells, sea level and precipitation for monitoring changes of the ground water.

Keywords: Well, Altitude of water level of well, Sea level, Data set