

Online ISSN : 2186-490X
Print ISSN : 1346-4272
CODEN : CCKHA7

地質調査研究報告

BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Vol. 65 No. 11/12 2014



独立行政法人
産業技術総合研究所
地質調査総合センター



平成26年

論文

1946年南海地震前に四国太平洋沿岸部で目撃された井戸水及び海水位の変化 梅田康弘・板場智史	129
GSJにおけるエアロゾル中放射性核種の2013年観測と再飛散に関する検討 金井 豊	145

表紙の写真

エアロゾルのサンプリングに活躍するサンプラー

地質調査総合センターのある第7事業所の7-8棟屋上に設置されているエアロゾルサンプラーである。2000年から2004年にかけて実施された日中共同研究において、黄砂などのダストイベントを観測するために設置された（詳細は、本誌第54巻 p.251-267, p.303-322 や第56巻 p.259-272, p.273-301などを参照）。向かって左側がハイボリュームエアサンプラーで、右側がアンダーセン型ローボリュームエアサンプラーである。風雨にさらされて老朽化が進んでいるが、2011年の福島第1原子力発電所の事故以来、再びエアロゾルの観測に使用されている。後ろに見えるのは、筑波山である。

(写真・文：金井 豊)

Cover photograph

Samplers used for aerosol samples

These equipment are the aerosol samplers settled on the rooftop of the 7-8 building of the Geological Survey of Japan. They were installed to observe the dust events such as Asian Dust during the Japan-China joint research project conducted from 2000 to 2004. Details of the project are reported in this Bulletin (vol. 54, p.251-267, p.303-322; vol.56, p.259-272, p.273-301). The machine on the left side is a high volume air sampler and the one on the right side is an Andersen-type low volume air sampler. Although they were exposed to the weather and became old and decrepit, they are used again for the observation of aerosol after the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident in 2011. The mountain behind them is Mt. Tsukuba.

(Photograph and Caption by Yutaka Kanai)

1946 年南海地震前に四国太平洋沿岸部で目撃された井戸水及び海水位の変化

梅田康弘^{1,*}・板場智史²

Yasuhiro Umeda and Satoshi Itaba (2014) On well water and sea level changes witnessed before the 1946 Nankai earthquake on the Pacific coast of Shikoku, Japan, *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol.65(11/12), p.129-144, 6 figs, 2 tables.

Abstract: This study investigates the vertical crustal movement in the period approaching the 1946 Nankai earthquake. To obtain data for just before the main shock, we examined witness testimonies on well water and sea level change that might relate to vertical crustal changes. The testimonies were taken into consideration along with existing documents and local knowledge of the inhabitants of the Pacific coast of Shikoku. The water in a few wells decreased or dried up about 1 week before the main shock. Abnormal changes in sea level were witnessed several days before the main shock. From several hours before the main shock, fishing boats returning to port could not dock at the port because the sea level was too low. On the contrary, there were also testimonies of those who noticed no lowering of sea level. The generation of a tsunami is proposed as the explanation of the abnormal changes of sea level and conflicting testimonies.

Keywords: 1946 Nankai earthquake, witness testimony, well water, sea level change, Shikoku

要 旨

1946年南海地震直前の地殻の上下変動を知るため、それに関連すると思われる井戸の水位と海水位の変化に関する目撃証言を調べた。証言の収集は、四国太平洋沿岸部において、文献調査と聞き取り調査によって行った。ごく一部の井戸ではあるが、本震の1週間ほど前から井戸の水位が低下、ないしは涸れていた。海水位の変化も数日前から潮が狂うなど海水位の異常が目撃されていた。本震の数時間前には、帰港した漁船が接岸できないほど潮位が低下したという証言もある。逆に、そのような海水位低下はなかったという、相反する証言もある。異常な海水位の変化や、相反する証言を説明するため、本震前に津波が発生していた可能性を指摘した。

1. はじめに

次の南海地震の予測に資するため、ひとつ前の地震である1946年南海地震(以下では本震と呼ぶ)前の地殻の変動を可能な限り詳しく調べることが重要である。1898年から1953年までの地殻の上下変動は、四国太平洋沿岸部の13か所で求められている(梅田・板場2011a)。本

震直前の変動に関しては測定値がないため、本震前に井戸水が低下したという証言を基に、水位低下量を地面の上下変動量に換算する方式が提案され(梅田・板場, 2011b)、本震直前までの上下変動曲線が求められた(梅田・板場, 2013)。井戸の水位に関する目撃証言を収集する過程で、本震直前の変化に関する目撃証言は井戸水のみならず、海水位の変化などについての証言も数多く存在する事が分かった。本論では既に報告されている主にふたつの文献から、地殻の上下変動に関係すると思われる井戸水と海水位の変化に関する証言をまとめると共に、水位変化の程度や、変化した時間についての聞き取り調査を行ったので、その結果も報告する。

主要な文献のひとつは「水路要報(増刊号)、昭和21年南海大地震調査報告」(水路局, 1948)であり、当時の水路局、現在の海上保安庁海洋情報部による調査報告である。同要報は、津波編・地変及び被害編・海底地形編の3編から成っているが、本論では前2編の「津波編(松崎ほか, 1948)」と「地変及び被害編(小向, 1948)」を参照する。この2編(以下では文献1と呼ぶ)では、伊豆半島から九州に至る太平洋沿岸部の港湾や漁港における津波、被害及び地震に伴う諸現象の調査結果が報告されている。調査は本震発生の翌年の1月10日から約1か月間に行わ

¹元活断層・地震研究センター (Former affiliation: AIST, Geological Survey of Japan, Active Fault and Earthquake Research Center)

²活断層・火山研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Institute of Earthquake and Volcano Geology)

*Corresponding author: Yasuhiro Umeda, Daigo Nishioji-cyo 128-10, Fushimi-ku, Kyoto, Japan. Email: umedaya@nike.conet.ne.jp

第1-a表 本震前後の井戸水に関する目撃証言. 小向(1948)から抜粋.

Table 1-a List of witness testimonies on well water before and after the main shock. Extracted from Komukai (1948).

番号	地名	本震前	本震後	文献1のページ
	徳島県(Tokushima P.)			
	海陽町(Kaiyou T.)			
HW-1	浅川(Asakawa)	直前, 井戸と池の水位低下	井戸水は辛味を帯びたが, 1ヶ月以内に復旧	37
HW-2	鞆浦(Tomoura)	5日前頃から, 井戸水位著しく低下. 1日前から濁った所あり	水位は復旧, 濁りは数日間続く	38
HW-3	穴喰(Shishikui)	震前, 井戸水位低下	水位増加, 混濁, 辛味あり. これらは3日~1週間で復旧した	38
	高知県(Kochi P.)			
HW-4	高知市 浦戸(Kochi C. Urado)	2日前頃から, 井戸水濁れた	水位は復旧, 混濁は1週間続く	41
HW-5	四万十町 小室(Shimanto T. Omuro)	1週間前, 井戸水濁れる	水位は直後に復旧. 白濁は2日間ほど続く	43
HW-6	黒潮町 佐賀(Kuroshio T. Saga)	震前, ごく一部の井戸水位低下	1週間ほど混濁, 辛味は10日間続く	44
HW-7	四万十市 下田(Shimanto C. Shimoda)	青砂島で, 1週間前井戸水濁れる	水位の大部分は地震直後に復元. 混濁は1ヶ月続く	44
HW-8	土佐清水市 布(Tosashimizu C. Nuno)	1週間前, 一部の井戸水濁れる	水位は15日ほどで復旧. 混濁と辛味は半月ほど続く	45

れている。

もうひとつの文献は、「南海地震は予知できる(中村, 2009)」(以下では文献2と呼ぶ)であり, 高知県土佐市の中村不二夫氏が四国太平洋沿岸部において, 2002年から2008年まで, 本震前の異常現象を聞き取り調査し, 各証言をまとめたものである。

これらふたつの刊行物には, 本震前の井戸水の変化や異常な光, 音, 漁獲の多寡など多岐にわたる証言が記載されているが, 本報告では, 地殻の上下変動に関連すると思われる, 且つ変化の大きさがある程度評価できるものとして, 陸における地下水(井戸水)と海における海水位の変化を取り上げる。中村の調査は近年に行われたので, 文献2の証言者には直接会うこともできた。筆者らは水位変化の大きさや変化した時刻などを知るために, 2009年から2012年にかけて, 文献2に記載された証言者に直接会って聞き取り調査を行った。

2. 井戸の水位に関する証言と調査

2.1 文献調査

井戸水の調査に関する文献1の資料は「地変及び被害編」(小向, 1948)にあり, 各調査地における地盤の隆起・沈降や地震動の状況に加えて, 井泉または井水の変化という項目がある。調査の方法について, (小向, 1948)には「井泉の変化は…中略…ほとんど大部分は地元の報告によった」とある。本節では四国太平洋沿岸部として徳島県から高知県を経て愛媛県の佐田岬までを取り上げるが, この間で井戸水に関する記述があるのは37箇所である。そのうち本震前に井戸の水位に変化があったと記載されているのは8か所ある。8か所の地名と, 本震前の水位変化及び本震後の井戸水の状況を抜粋し, 第1-a

表に記した。本震前の変化は8か所とも水位の低下であり, 水位が上昇したという記述はない。第1図には, 井戸水に関する記述がある37か所のうち, 水位変化のあった8か所を2重丸で, その他29か所を黒丸印で示した。

水位が低下した8か所同様, その他の井戸29カ所についても, 本震後の水位変化や濁り, 復旧した日にちなどが記載されている。このことからその他の井戸についても, 本震前の水位に関する聞き取り, あるいは調査があったものと思われるが, 水位低下の記述がないのは, 水位低下がなかったか, 気付かなかった程度だったと推定される。小向(1948)は, 本震前の井戸水の異変について「大地震の発現前に疑いもなく前兆があったことを示すものであって単に偶然の変化ではない」と記しており, 前兆現象との認識を示している。

文献2では本震前の異常現象と津波の第1波の到達時刻などを中心に, 聞き取り調査の結果が書かれている。調査範囲は, 徳島県美波町から高知県宿毛市までで, 主に漁港などにおいて漁師を対象に聞き取りが行われている。その中から本震前の井戸水に関する証言12件を第1-b表にまとめた。中村の調査が行われたのは, 本震発生から半世紀あまり後であり「何々を聞いた」という伝聞も多い。第1-b表のNW-3は伝聞の証言だが, 2.2節で述べる我々の新たな調査で, 体験した本人から井戸の水位が低下していく様子を直接聞くことができた場合もあった。同表のうち, NW-2とNW-3は同じ地点であり, NW-4は井戸水の減少がなかったらしいので, 前者2件は1か所とし, 後者を除く計10か所を, 第1図には白抜き四角で示した。中村の調査においても井戸の水位が増加したという報告はない。

ふたつの調査表でHW-2とNW-2, NW-3(共に鞆浦), およびHW-7とNW-12(共に下田)は, 同じ井戸かどうか

昭和南海地震直前の井戸水及び海水位の変化（梅田・板場）

第1-b表 本震前の井戸水に関する目撃証言. 中村(2009)から抜粋.

Table 1-b List of witness testimonies on well water before the main shock. Extracted from Nakamura (2009).

番号	地名	本震前の井戸水の状況	文献2の証言番号
	徳島県(Tokushima P.)		
NW-1	美波町 由岐 (Minami T. Yuki)	恵比須浜で「4, 5日前から井戸水の変動があった」と聞いた	145
	海陽町(Kaiyo T.)		
NW-2	鞆浦(Tomoura)	「何軒かの井戸は前日に涸れていた」と聞いた	136
NW-3		「前日, 南旅館の井戸水が涸れた話」を聞いた	137
	高知県(Kochi P.)		
NW-4	安芸市 清和町(Aki C. Seiwayo)	井戸水が涸れたと言う話は聞いていない	38
NW-5	高知市 種崎(kochi C. Tanezaki)	地震の2, 3日前からつるべで汲めないくらい涸れた	55
	土佐市(Tosa C.)		
NW-6	新居(Nii)	20日夕方, 防火用水が空になる. 水深3mの自宅の井戸も空になっていた. 「八幡神社周辺の井戸も涸れていた」と聞いた	60
NW-7	宇佐(Usa)	「21日02時頃, 井戸水は空だった」と父に聞いた	71
NW-8		「東町で, 20日22時か23時に井戸水ほとんどなかった」と聞いた	75
	須崎市(Susaki C.)		
NW-9	浦ノ内(Uranouchi)	21日02時頃, 井戸水がない	78
NW-10	浜町(Hamamachi)	「20日の夜, 井戸水が減った」と近所の年寄から聞いた	85
NW-11	中土佐町 上の加江(Nakatosa T. Kaminokae)	1週間前くらいから井戸水は底をつき, 2, 3時間したら復活したりという状態だった	94
NW-12	四万十市 下田(Shimanto C. Shimoda)	井戸は地震前に引いたり濁ったりしていた	110

は分からないが集落としては重複している. 文献2では土佐市における井戸涸れは3か所報告されているが, 文献1では同地区の本震後の井戸水の記述はあるものの, 本震前のそれはない. このような例からも両文献とも調査は網羅的になされたのではなさそうである. つまり調査されなかった井戸も多くあると思われる.

2.2 聞き取り調査

梅田ほか(2010)は, 小さな三角州などにある井戸の水位は, 僅かな土地の隆起によっても大幅に低下する場合があることを示した. それに基づいて梅田・板場(2011b)は, 地下水構造の分かっている所で, 土地の隆起量と井戸水の低下量との関係を求めた. 地下水構造がある程度推定でき, 証言によって井戸水の低下量が分かれば, 土地の隆起量の推定が可能であることから, 聞き取り調査は水位の低下量を中心に行った. そのうち高知県土佐市新居と徳島県海陽町奥浦の2か所では, 水位のおよその低下量と併せて低下に要した時間についても情報を得ることができたので, この2件を以下に紹介する.

証言者: 松岡繁喜氏

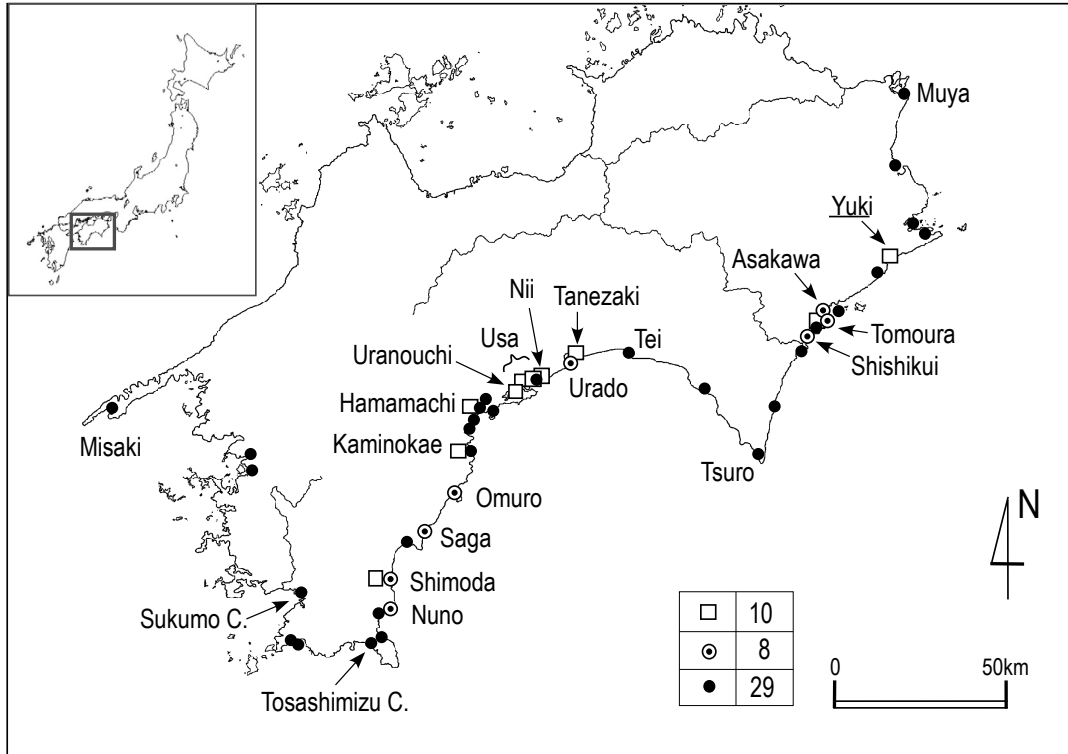
聞き取り日と場所: 2010年2月4日, 土佐市新居(自宅)

その他: 同氏は第1-b表のNW-6の証言者であり, 文献2の著者中村不二夫氏の案内で訪問. 伺った証言の概

要は以下のとおり.

松岡氏は, 太平洋戦争中は兵隊として中国にいたが, 昭和21年8月に復員したのち, 自家製塩と地曳網漁を営んでいた. 消防団長をしていたので防火用の井戸を月1回見回っていた. 本震の前日(12月20日)も他の消防団員2人と見回った. まだ明るい夕方(16時から17時頃), いちばん深い井戸(第2図のNW-6 (1))の水がなかった. ロープの先に錘を付けて落とすと, 普段はチャプンと音がするが, このときは全くしなかった. 常の水深は1.5 m ~ 2 mはある. 急いで家に帰り, 自宅の井戸(第2図のNW-6 (2))も見たら, やはり水はなくなっていた. 自宅の井戸の水深は3 mで, 20日の朝(7時頃)には水は汲めていた. 八幡様(第2図のNW-6 (3))の井戸水も, 19日はカラカラではなかった(水はあった)が, 地震の前には涸れていたと聞いた. 高いところ(山に近いところだそうだが場所は不明)の井戸水も地震の前になかったようだ. 当時は, 自宅の前は松林で, その向こうは海まで200 mほどの砂浜だった. 新居は地震の(揺れによる)被害はほとんどなかった. 津波(による家屋の)被害もなかったが, 塩を作る道具や桶が流された. 船も流された. 地震後の調査で新居地区は1.5 ~ 1.6 mの地盤沈下と聞いた.

海陽町鞆浦(第1-b表のNW-3)の南旅館の井戸涸れについては, 文献2では伝聞の証言だが, 著者のひとりとは



第1図 調査井戸の分布図. (□)は中村(2009), (⊙)は小向(1948)によって、井戸水の低下が確認された地点. (●)は小向(1948)による調査で、井戸水の低下が報告されなかった地点.

Fig. 1 Map showing the distribution of surveyed wells. (□) and (⊙) are wells where decreased water was reported by Nakamura (2009) and Komukai (1948), respectively. (●) indicates wells with no reports of decreased water as per Komukai (1948).

験した本人から直接話を聞いていたので、以下にその概要を記す。

証言者：南達二氏

聞き取り日と場所：2002年12月9日、徳島県海部郡海部町(現：海陽町)奥浦(自宅)

「当時自宅の井戸はポンプで汲み上げていた。20日昼までは異常なかったが、夕方から汲み上げにくくなったので迎え水をして汲んでいた。20時頃には汲みあげられなくなった。21日午前0時頃、食器などの洗い物をするため、兄と2人で道を挟んだ斜め向かいにある釣瓶式の共同井戸に行った。水を汲もうとしたが(水位が下がっていたため)ロープが足りず、2mほど継ぎ足して汲んだ。汲んだ水は濁っていた」

第1-b表のNW-3は(NW-2も)鞆浦の漁港で得られた証言であるが、南旅館の井戸も近くの共同井戸も奥浦にある。奥浦の二つの井戸は鞆浦漁港より400mほど西の山手である。なお、南旅館の井戸と共同井戸との距離は100mほどである。2002年に聞き取り調査した時には、奥浦では他の井戸水も地震の前に濁れたと聞いたが、第

1-b表のNW-2にある「何軒かの井戸は前日に濁っていた」というのも奥浦の可能性もある。奥浦では本震前に複数の井戸の水位が低下していたものと思われる。

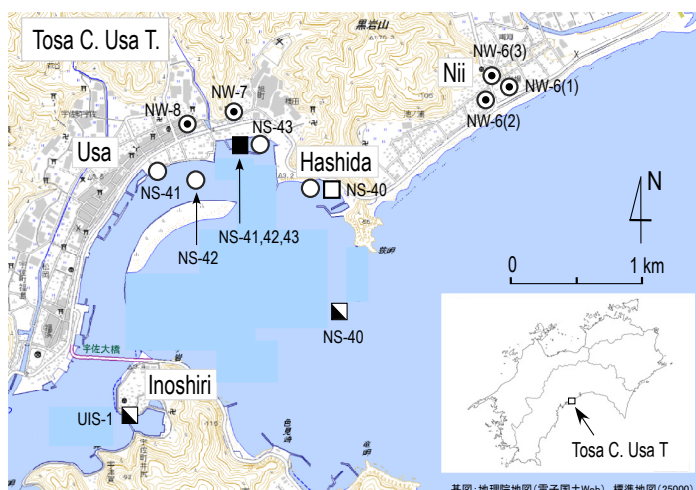
証言から推定される井戸の水位低下は、新居では本震前日の朝(本震の約22時間前)から夕方(約12時間前)までに最大で3mだったことになる。ただ3mは満水状態の水深であり、本震前日の朝の時点ですでに水位が低下していた場合はそれ以下である。海陽町奥浦の場合、南旅館の井戸の水位と共同井戸のそれとが同様の低下をしていたとすると、本震の前日の昼(約16時間前)から本震当日午前0時(4時間ほど前)までに2mの水位低下があったと推定される。

次に、井戸の水位に周期的な増減があったという証言を紹介しておく。

証言者：沖義昭氏と奥様

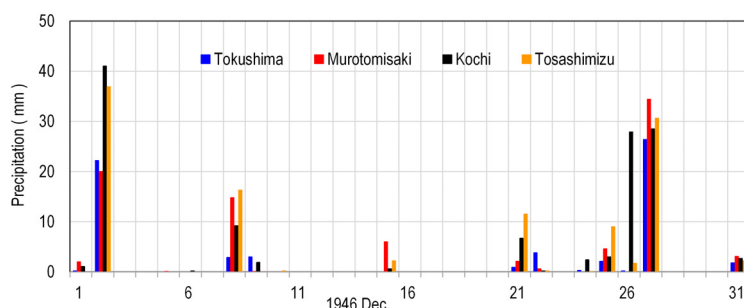
聞き取り日と場所：2010年1月24日、高知県中土佐町上ノ加江(自宅)

その他：第1-b表のNW-11の証言者、文献2の著者中村不二夫氏が同行。証言者が直接目撃したのではなく、両親から何度も聞かされた話として証言。以下に概要



第2図 新居と宇佐港において井戸水の低下や海水位の変化が目撃された地点。シンボル(□, ○, ◼, ◻)は第2表を参照。(⊙)は第1図と同じ。番号付文字は第1表, 第2表の番号に対応する。UIS-1は本論文による聞き取り調査地点(本文3.2.1節参照)。基図は地理院地図。

Fig. 2 Map showing the points where well water has decreased and abnormal sea levels were witnessed at Nii and Usa harbors. For the symbols □, ○, ◼, ◻, see the captions for Tables 2-a and 2-b. (⊙) is same as in Fig. 1. Letters with numbers correspond to entries in Tables 1-a, 1-b, 2-a, and 2-b. UIS-1 is the hearing survey point from Umeda and Itaba (see text § 3.2.1). The map is based on GSI maps.



第3図 徳島, 室戸岬, 高知, 土佐清水の1946年12月の降水量

Fig. 3 Precipitation at Tokushima, Murotomisaki, Kochi and Tosashimizu in December 1946.

を記す。

証言者の自宅の井戸は海岸から100 mほどのところに現存し、深さは5~6 m、水深は1.5 mほどである。当時は竹の先にバケツをくくりつけて水汲みをしていた。井戸水は本震の1週間ほど前からなくなったが、しばらくすると水があったので、水がたまった時に桶に水を貯めておいた。潮の干満には関係なく、2, 3時間すると水位が戻っていたので、この作業を繰り返していたようだ。地震の後、井戸水は使えたようだ。ほかの家の井戸については「近所に井戸はなく、共同井戸はあったが、その井戸がどうだったかは知らない」とのことだった。本震の前日、沖義昭氏は船に乗っていたが、本震前日の潮の変化は知らないということだった。

2.3 井戸水変化の特徴とまとめ

すでに指摘されているように、本震前に水位が減少したのは、大きな河川のない、小さな三角州か砂州にある井戸である(梅田ほか, 2010)。また本震前の隆起域(例えば, Miyabe(1955)のFig.3)にある井戸である。井戸水の減少が目撃された時期は、早いところでは本震の1週間前からであり、小室(HW-5)、下田(HW-7)、布(HW-

8)など高知県西部に多い。高知県中央部の浦戸(HW-4)、種崎(NW-5)では2, 3日前から、土佐市宇佐(NW-7, NW-8)や須崎市(NW-9, NW-10)では数時間前に涸れている。四国東部の鞆浦(HW-2)では5日前から井戸水の異常減少が目撃されている。

上ノ加江のように水位が周期的に変化していたという報告はあるが、水位が上昇したという報告はない。生活用水として使っていた浅い井戸の水位は、降雨の影響を大きく受ける(例えば, 尾上ほか, 2005)。気象庁による徳島, 室戸岬, 高知, 土佐清水における1946年12月の降雨量(気象庁, 2014)を第3図に示した。12月2日に高知で41 mmの降雨があるが、その後、本震前までは少なく、渇水の時期である。渇水期であり、わずかな地殻変動でも井戸水が涸れやすい環境だったと思われる。

聞き取り調査において「地震の前だけでなく井戸水が涸れたことはないか」も尋ねたが、我々の調査範囲内では記憶していた人はいなかった。また本震前に水位低下が目撃され、我々が聞き取り調査した現存の井戸は、現在はすべて蓋がされ、日常的に水位を見ることはできなくなっていた。

本論では昭和南海地震前の井戸水の減少に関する証言

第2-a表 本震前の海水位に関する目撃証言。松崎ほか(1948)から抜粋。本震発生の前日までの昼間(12月20日17時まで)を四角印で、それ以降本震直前までを丸印で示す。白抜の四角と丸印(□, ○)は海水位の低下, 半黒四角(■)と半黒丸(●)は海水位の変化があったことを示す。

Table 2-a List of witness testimonies related to the sea level before the main shock. Extracted from Matsuzaki, *et al.* (1948). Squares and circles denote daytime (before 17:00 December 20) and nighttime (from 17:00 December 20 to just before the main shock) observations, respectively. Open squares and circles (□, ○) and half black squares and circles (■, ●) denote witness reports of sea level lowering and abnormal sea levels, respectively.

番号	地名	本震前の海水位及び海面の状況	文献1のページ	本震発生の前日まで	本震発生当夜
徳島県(Tokushima P.)					
HS-1	牟岐町 出羽島(Mugi T. Tebajima)	海が何日も前から潮の干満のような動揺を感じていた	21	■	
海陽町(Kaiyou T.)					
HS-2	鞆浦(Tomoura)	4, 5日前から夜の潮が川の水が無くなる程引いた	21	□	
HS-3	宍喰(Shishikui)	20日の21時から22時頃潮の干満が今までにない変わり方であった	21		●
高知県(Kochi P.)					
HS-4	東洋町 甲浦(Toyo T. Kannoura)	12月11日より15日まで物すごく速い南流があって大謀網を流し去った	21	■	
HS-6	須崎市 安和(Susaki C. Awa)	津波前0時頃, 潮が引いた為か鳴いた	32		○
HS-7	黒潮町 上川口(Kuroshio T. Kamikawaguchi)	20日朝頃から夜までうねりのような大きな波が1日中寄せては返していた。かつてこのような不思議な波は見たことがない	34	■	
HS-8	土佐清水市 布(Tosashimizu C. Nuno)	20日の夜半(24時頃)通常の低潮では引かない所まで潮が引いた	19		○

を述べているが、重富ほか(2005)は1854年の安政南海地震の前にも、土佐清水や和歌山県湯浅町で井戸水が涸れたという古文書を確認し、この現象の再現性を指摘している。

3. 海水位変化に関する証言と調査

3.1 文献調査

文献1の津波編(松崎ほか, 1948)には、現地調査の一部として津波に関する記載のほかに、海面の状況、海震、発光現象、生物と漁獲、その他の現象についても書かれている。それらの中から、本震前の海水位変化に関する記載を拾い出して第2-a表にまとめた。同様の記載を文献2からも抜粋し第2-b表にした。前者では文献1の記載ページを、後者では文献2の証言番号を記し、各文献の元の文を参照できるようにした。

海面の変化に関しては、明るい昼間と夜間とでは目撃証言の表現が異なる。本震発生の数日前から前日(20日)の夕方17時頃までの明るい時間では、海面は比較的連続して見られているが、前日夕方以降の証言の多くは、漁から帰港した時点、すなわち限られた時間帯における海水位に関する証言が多い。このため証言をふたつのグループに分けることとした。なお12月20日と21日の月齢はそれぞれ26.4と27.4であり、文献1の津波編には「21日00時から04時雲極く少量快晴、暗夜で月はなかった」と清水測候所の報告が引用されている。

20日夕方17時頃までの昼間の証言と、それ以降の夜間のそれとを区別するため、第2-a表、第2-b表の右2列

において前者は四角印を、後者には丸印を付けた。ひとつの証言で昼夜両方の証言がある場合は両方に印が付けられている。海水位が低下していたとする証言は白抜き、同水位に変化を認めなかったとするものは黒塗りで示した。例えば、第2-b表のNS-1の場合は、夜のみの証言があり、海水位の変化を認めなかったケースである。同表のNS-4からNS-8は同じ港で、夜間(帰港時)の海水位低下を示すもので、印はまとめてひとつの白丸で示してある。また「潮の狂いがあった」「潮の流れが変化した」など、海水位の時間変化を示す証言については、昼間は半黒四角、夜間は半黒丸とした。

第2-a表、第2-b表で区別した昼間と夜間の証言を、ふたつの地図上にプロットしたのが、第4-a図、第4-b図である。図中の地名に下線のあるのは文献1、ないものは文献2による。点線の下線は両方の文献に記載がある地点である。

証言の中で出てくる「潮の狂い(NS-18, 29, 31, 45等)」とは、一般には通常の潮位と異なることを言うようだが、NS-18の「潮の狂いは・・・干潮時には大きく引いていた」とあるように、干潮または満潮時の潮位の高低異常の表現もそのひとつと思われる。干潮・満潮時の時刻のずれも「狂い」の中に含まれているのかもしれない。「潮の流れの変化」は、漁中に船や漁具が流されるなどしたために気付いたものである。甲浦沖(HS-4, NS-13, NS-14)、高知沖(NS-39)、足摺岬沖(NS-61)の3か所で5つの証言があるが、いずれも沖合で地点が不明のため、第4-a図、第4-b図にはプロットしていない。

海水位の変化はなかったか、気付かなかったという証

昭和南海地震直前の井戸水及び海水位の変化 (梅田・板場)

第2-b表 本震前の海水位に関する目撃証言. 中村(2009)から抜粋. シンボル(□, ○, ◼, ●)は第2-a表と同じ. 黒四角(■)と黒丸(●)は海水位の変化がなかったか, 変化に気付かなかった場合.

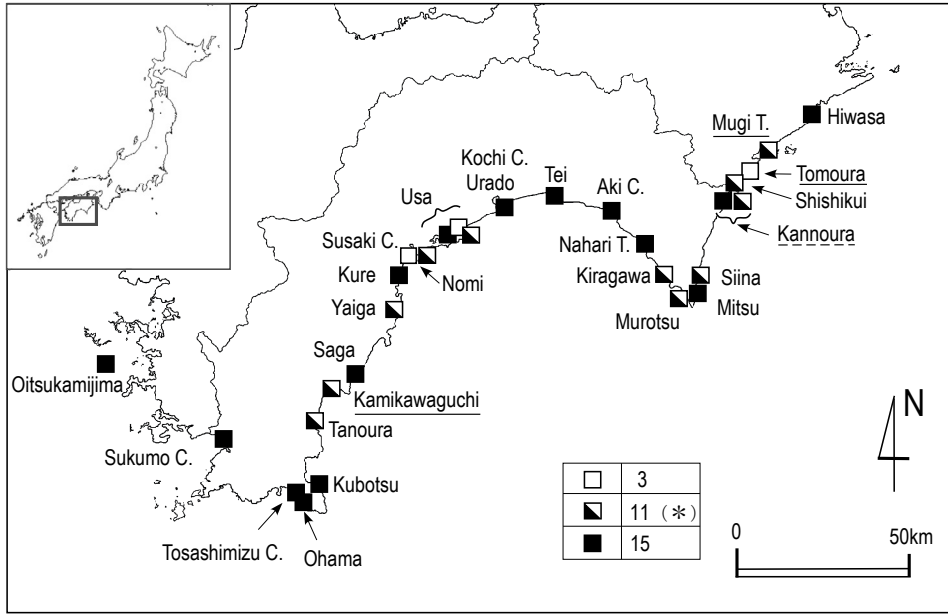
Table 2-b List of witness testimonies related to the sea level before the main shock. Extracted from Nakamura (2009). The symbols (□, ○, ◼, ●) are the same as in Table 2-a. Black squares (■) and circles (●) denote no changes and no notice of the sea level, respectively.

番号	地名	本震前の海水位及び海面の状況	文献2 の証言 番号	本震発 生の前 日まで	本震発 生当日
	徳島県(Tokushima P.)				
	美波町(Minami T.)				
NS-1	由岐(Yuki)	潮位は出港時も帰港時(21日04時)も普段と変わらずあった	147		●
NS-2	日和佐(Hiwasa)	恵比須浜を16時に出港, 潮位は普段と変わりなし	144	■	
NS-3		恵比須浜を18時に出港, 夜半帰港, いずれも潮位は普段と変わらず	145		●
	海陽町(Kaiyou T.)				
NS-4	鞆浦(Tomoura)	「地震前, 鞆浦港は潮が引いてカラカラで船は入港できず, 港の外に船を繋いだ」と聞いた	132		○
NS-5		「20日21時頃, 帰港した船は潮が引いてカラカラで入港できず, 港の外に船を繋いで帰った」と聞いた	133		
NS-6		「21日03時頃, 鞆浦港は異常に潮が引いていて帰港した船は港に入れず外に繋いで帰った」と聞いた	135		
NS-7		20日21時過ぎ鞆浦港に帰港, 港は異常に潮が引き船をよつとの思いで港に入れた	136		
NS-8		20日24時頃鞆浦港に帰港, 港はものすごく潮が引き船をよつと和船を押して港に入れ, いつもと違う所に繋いだ	137		
NS-9	穴喰(Shishikui)	21日1時頃帰港, 潮が引いて小舟が入れず, 港神社前に入れ, 浅瀬に繋いだ	p 218		○
NS-10		21日0時頃帰港, 潮は驚くほど引き, 小舟は港神社に繋留し, 川を渡った. 大平の浜は驚くほど潮が引き, 砂浜が遠くまで見渡せた.	p 218		
NS-11		20日17時頃, 1キロ沖でイカ漁, 潮の流れが一定でなく異常だった	p 218	◼	
	高知県(Kochi P.)				
	東洋町(Toyo T.)				
NS-12	甲浦(Kannoura)	潮位の異常は無かった(当時の甲浦港は浅く…中略…異常に潮が引けばわかるはず)	1		●
NS-13		20日17時出港時には潮の狂いなし, 甲浦沖では下り潮(西向き)の海流がえらい速い, 21時か22時頃帰港, 潮の異常はなかったようだ	3	■	●
NS-14		20日夕方出港時には潮の異常なし, 甲浦沖で漁, 異常に潮が速く漁具が安定せず, 速い潮は沖難(南)方向に流れ, 2時間くらいして陸のほうに流れ出した. 21日2時半頃帰港, 潮の異常は感じなかった(当時の港の石垣は低く, 潮が引けばすぐ分かるはず)	5		●
NS-15		20日22時頃帰港, 潮の異常感じなかった	7		
NS-16		前夜の潮位には異常は感じなかった	8		●
NS-17		21日午前2時頃出港時, 潮位には気付かなかった	9		
		室戸市(Muroto C.)			
NS-18	椎名(Shiina)	20日23時頃帰港, 帰港時には港の潮は大きく引き異常だった. 潮の狂いは2, 3日前からあり, 干潮時には大きく引いていた	11	◼	○
NS-19		20日20時か21時に帰港, 港の潮が引いて船を(岸に)寄せられず下船して船を押した. 「数日前から潮の変動が大きかった」と聞いた	12		
NS-20	三津(Mitsu)	20日17時出港, 22時頃帰港, 普段通りの潮の高さはあった. (異常があれば)岸壁を上り下りする時に分かる	13	■	●
NS-21		20日17時出港, 24時頃帰港, いずれも潮位は普段と変わらなかったと思う	32		
NS-22		21日0時頃帰港, 港の潮位に変わった事はなかったと思う	14		
NS-23	高岡(takaoka)	20日23時頃帰港, 港には潮は普段と変わらないくらい潮があった	15		●
NS-24		浜辺に船を引っ張り上げていたので, 潮の狂いがあれば気が付かず, 他の人からも聞いていない	17		
NS-25	津呂(Tsuro)	20日21時頃帰港, 子供も女性も抵抗なく下船したので潮の変化はなかったのではないかと思う	19		●
NS-26		「20日の夜港がカラカラになるくらい潮が引いていた」と多くの人に聞いた	57		○
NS-27	室津(Murotsu)	20日21時頃帰港, 港内は大きく潮が引いていた	23		○
NS-28		「地震前夜(20日の夜中)の港は潮が相当引いていた」と船の機関長達の話	28		
NS-29		20日15時頃, 船に水を運んでいた. 潮が30cmほど下がったため, 船と岸の間の歩み板を踏み外した. 潮の狂いは30分ほどの周期で繰り返していた. 4, 5日前から潮の異常があったと年寄達は話していた.	26	◼	
NS-30	行当(Gyodo)	20日20時か21時に帰港, 港の潮が引いて2トンの船は港に入れず外に置いた. 他の船も入れず外に置いた. この時の港内の水深は10cmくらいだった	29		○
NS-31	吉良川(Kiragawa)	数日前から潮の狂いがあった. 普段は浸からない(浜にある)ジンジロバエまで潮が入り, ハエを潮が巻きこんでいた. 「20日夜, (海中にある)夫婦バエまで潮が引いていた」と塩炊きの人から聞いた	30	◼	○
NS-32	奈半利町(Nahari T.)	20日17時頃, 港の潮は普段通りあった	31	■	
NS-33	安芸市(Aki C.)	地震前の潮の狂いは他の者にも聞いていない	38	■	●
NS-34		20日夜塩炊きをしたが潮の異常は感じず	40		

第2-b表 つづき
Table 2-b Continued.

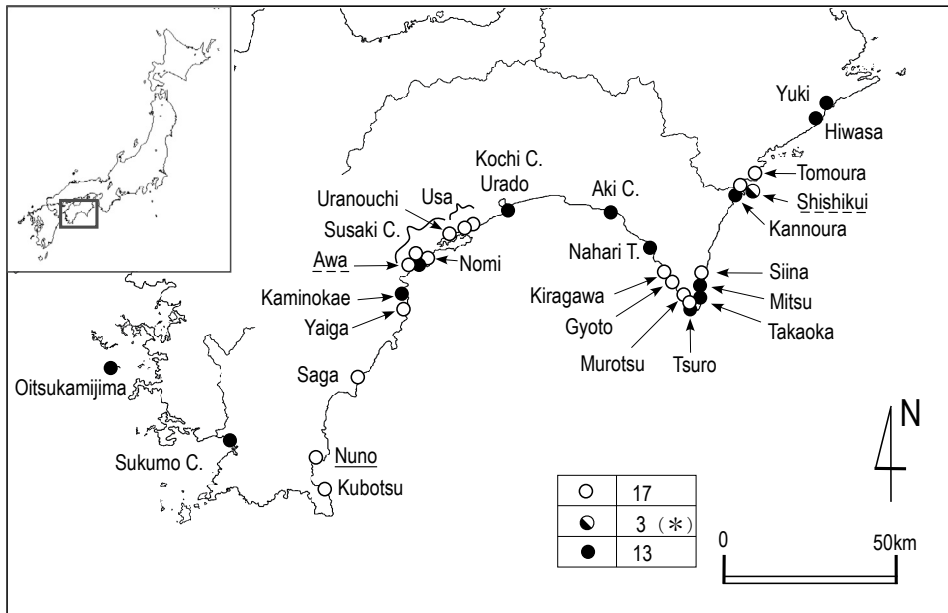
番号	地名	本震前の海水位及び海面の状況	文献2 の証言 番号	本震発 生の前 日まで	本震発 生当日
	香南市 (Kounan C.)				
NS-35	手結 (Tei)	20日夕刻、港 (手結港) の潮位は普段と変わらなかったと思う	42	■	
NS-36		20日の潮位の狂いには気付かず、他の者にも聞いていない	44		
	高知市 (Kochi C.)				
NS-37	浦戸湾 (Urado Bay)	20日の潮位の変化には気付かず (四六時中港に入入りしているのが異常があれば気付くはず)	48	■	●
NS-38		潮の狂いはなかった、四六時中人が港にいたので異常干潮があれば誰か気付くはず	53		
NS-39		「20日 (沖で漁中) 潮の流れが落ち着かなかった、普段はこんなことはない」と父が言っていた	52	■	
	土佐市 (Tosa C.)				
NS-40	宇佐 (Usa)	20日17時頃橋田浜出港時に潮は普段より相当引いていた。出港すると凄く速い引き潮に乗った。20時頃帰港、潮は異常に引いていた	58, 59	□	○
NS-41		20日16時頃出港時には異常は感じず、24時頃宇佐港帰港時に座礁、船は7、8トン、水深は1.5mくらいしかなかった	61		
NS-42		20日16時前出港時には潮の狂い感じず、21日01時頃帰港7トンの船の船底がガツガツ海底に当たった	63	■	○
NS-43		20日16時宇佐港出港、潮位の変化には気づかず、22時頃帰港時には可なり潮は引いていた	64		
	須崎市 (Susaki C.)				
NS-44	浦ノ内 (Uranouchi)	21日02時、海が干上がつて潮がなかった	78		○
NS-45	野見 (Nomi)	20日17時頃大谷小浦浜の潮は大きく引いていた。地震の1時間半ほど前、海底の岩が干し上がっていた。21日03時頃帰港時に接岸できず、2、3日前から潮は狂っていた	84	□	○
NS-46	浜町 (Hamamachi)	「20日の夜、潮が引き出した」「井戸水が減った」と年寄りから聞いた	85		○
NS-47		「地震の起きる2、3時間前、潮はものすごく引いており、魚をつかまえられるくらいだった」と聞いた	86		
NS-48	安和 (Awa)	「20日の夜ものすごく潮が引き、夜磯に行っていた人は恐ろしくなって帰った」と聞いた	87		○
NS-49		夜磯に行っていた人から、ものすごく潮が引いたという話は聞いていない	88		●
NS-50		地震前夜、潮がものすごく引いて夜磯から帰って来たという話しは聞いていない	89		
	中土佐町 (Nakatosa T.)				
NS-51	久礼 (Kure)	20日の潮の狂いは感じなかった (船方15、6人が朝5時から午後4時まで仕事をしていたが)	93	■	
NS-52	上の加江 (Kaminokae)	21日03時頃、港の潮の変化には気付かず	94		●
NS-53	矢井賀 (Yaika)	21日01時頃帰港、港の潮は経験したことがないほど引き、船は繋げず錨を打って、ぞぶくって (海水の中を歩いて) 陸上がった	96		○
NS-54		「20日夕方、浜の岩の上で菓を洗っていた。ザーッと潮が引き、少しすると潮が込んできた。このような今までにない状態が続いた」と聞いた	97	■	
	黒潮町 (Kuroshio T.)				
NS-55	佐賀 (Saga)	地震前の潮の狂いは聞いていない (当時の港は浅く・・・狂いがあれば誰か気付くはず)	101	■	
NS-56		20日16時頃帰港、特に潮位の変化にはなかった	102		
NS-57		「地震の2時間くらい前、塩屋の浜はカラカラになるほど潮が引いていた」と塩炊きさんが言っていた	103		○
NS-58	田野浦 (Tanoura)	20日16時頃から浜辺で塩炊きの海水を汲んでいた。潮がザーッと3~4m引き、こんどは潮が込んできて膝まで来た。何度も続いた。初めての経験だった	109	■	
	土佐清水市 (Tosasimizu C.)				
NS-59	窪津 (Kubotsu)	20日昼間の潮位変化は気づかず、20日23時頃、窪津港は歩いて渡れるくらい潮が引いていた	112	■	○
NS-60	大浜 (Ohama)	20日潮の狂いはなかったと思う	116	■	
NS-61	汐見 (Shiomi)	20日16時頃、越の港から出港時には潮の狂いは感じず、3時間ほど後、足摺岬沖で錨を打った和船が沖に流された	120	■	●
NS-62	緑が丘 (Midorigaoka)	20日の潮の狂いは他にも聞いていない	123		
	宿毛市 (Sukumo C.)				
NS-63	小筑紫 (Kozukusi)	20日夜の潮の狂いには気付かず (海運業だったので昼夜潮の干満には気を配っていた)	128	■	●
NS-64	片島 (Katashima)	20日の潮の変化はなかったようだ (海運業だったので港の潮位はよく見ていたが)	131		
	愛媛県宇和島市 (Ehime P. Uwajima C.)				
NS-65	御五神島 (Oitsukamijima)	地震前の潮位 (の異常) については気付かず	125	■	●

昭和南海地震直前の井戸水及び海水位の変化 (梅田・板場)



第4-a図 昼間(12月20日17時以前)における、海水位に関する目撃地点の分布図。シンボル(□, ◐, ◑)は第2表を参照。下線は文献1(小向, 1948; 松崎ほか, 1948)に、点線は文献1と文献2(中村, 2009)の両方に、その他は文献2のみに記載されている地点。(*) : NS-39は沖合のため場所の特定できずプロットされていない。

Fig. 4-a Distribution map of daytime sea level witness points (before 17:00 December 20). For the symbols □, ◐, ◑, see the captions for Tables 2-a and 2-b. Points with solid and dotted underlines were from reference 1 (Komukai, 1948; Matsuzaki *et al.*, 1948) and in both references 1 and 2 (Nakamura, 2009), respectively. Other points were from reference 2. * (NS-39) is not plotted because its offshore location is not specific.



第4-b図 夜間(12月20日17時から本震直前まで)における、海水位に関する目撃地点の分布図。シンボル(○, ◐, ◑)は第2表を参照。下線は文献1に、点線は文献1と文献2の両方に、その他は文献2のみに記載されている地点。(*) : 甲浦沖(HS-4,NS-13,NS-14)と土足摺岬沖(NS-61)のふたつの地点は、場所の特定ができずプロットされていない。

Fig. 4-b Distribution of points where the sea level was witnessed at night (from 17:00 December 20 to just before the main shock). For the symbols ○, ◐, ◑, see the captions for Tables 2-a and 2-b. Points with solid and dotted underlines are from reference 1 and from both references 1 and 2, respectively. Other points are from reference 2. Reports of two points(*), offshore from Kannoura (HS-4, NS-13, NS-14) and from Ashizuri-misaki (NS-61), are not plotted because their locations were not specific.

言の中でも、浦戸湾でのNS-37, NS-38のように「当時港では四六時中人が出入りしており、異常があれば気づくはず」と、積極的に潮位の変化に気付かなかった理由が述べられた証言もある。同様の証言は宿毛市(NS-64)でもあり、「海運業で昼夜船が出入りしていたので潮位には常に気を配っていたが、潮位の狂いには気付かなかった」とある。

第4-a図を概観すると、海水位の変化を示唆する証言は、上記の高知沖も含めると11件、海水位の変化はなかったか、気付かなかったという証言は15件ある。前者は徳島県南部の牟岐から室戸市吉良川までと、土佐市宇佐から黒潮町田野浦までに分布し、後者は高知市浦戸と奈半利との間および足摺岬より西側に分布している。甲浦、三津、久礼、佐賀のように、後者が前者に挟まれているところもある。海水位の変化は数日前からあったようだが、大きくはなかったため、気付いた人と気付かなかった人がいたのかもしれない。足摺岬より西側では目視出来るほどの変化がなかったらしい。

第4-a図は前日までの昼間の証言であり、同第4-b図は21日夕方から本震直前までの夜間のそれであるが、両図を概観すると、海水位の変化があったという証言と、変化はなかった、あるいは気付かなかったという証言の分布はだいたい似ている。すなわち、徳島県海陽町鞆浦から吉良川までと、土佐市宇佐から足摺岬の東の土佐清水市窪津までに、海水位が変化したという証言が分布している。高知市浦戸と奈半利との間と、足摺岬より西では両者共変化は認められていない。

3.2 聞き取り調査

3.2.1 前日までの海水位変化

本震の数日前から前日の夕方(20日17時頃)までに、潮位の変化があったことを示す証言は11件得られている。「20日朝から大きなうねりのような波が1日中寄せては返していた(HS-7)」, 「潮の狂い」などの表現があるが、変化を具体的に示す証言として、以下に4件紹介する。

証言者：川上四郎氏

聞き取り日と場所：2010年1月16日、室戸市吉良川

その他：第2-b表(NS-31)の証言者

「2, 3日前から潮の引きぐあいも、込みぐあいもえらかったで、皆“えらい引いちゃうなあ”とか“込んだうなあ”と言うとった。地震の後で“あれが前触れじゃったんじゃろうか”と皆で話した」。

表の中にあるジンジロバエは現在も浜にあり、そこから80mほど沖の海中に夫婦バエがある。普段は来ない浜の岩場まで潮位が上昇したり、逆に20日夜には沖にある岩場まで低下したりしたことが目撃されている。

証言者：西村百合子氏

聞き取り日と場所：2013年1月24日、土佐市宇佐町宇佐(自宅)

その他：証言者の当時の自宅は宇佐町井尻にあり、以下の目撃は第2図のUIS-1でのことである。

「南海地震の時は小学校6年だった。その当時は菜っ葉(しゃくし菜)を日干して、夕方になったら海水で揉み洗いして漬物にしていた。夕方(16時頃か)、船着き場で洗っていたら潮がざーっと上の方へ来て、あらっと思って菜っぱと籠を上の方へ持ってきて揉んでいたら、また今度は潮が引いて行ってざーっと。また菜っぱと籠を(船着き場の先のほうへ)持って行って洗っていた。そんなことが2, 3回あった。その時はなんとも感じなかったけど、津波が終わって、そう言えばゆうべ夕方そんなことがあったと、親とか何人かに話した」。

西村さんが菜っ葉を洗っていた船着場は現在はないが、それと同様の船着場は現在もすぐ近くにある。船着場は石組みで沖に向かって低くなるよう傾斜が付いている。なめらかな傾斜ではないが平均すると5度～10度と思われる。西村さんが船着場を移動した距離は2m位だそうで、海水位の変化にすれば0.2-0.3m(傾斜角5.7度～8.5度)と思われる。どのくらいの時間間隔だったかは記憶にないとのことだった。

菜っ葉を洗っていて海水位の変化に気付いたという証言は、中土佐町矢井賀(NS-54)にもある。「漬物にするため大根の抜き葉を浜辺の岩に運んで、洗い揉みをしていたところ潮が引いて、しばらくすると込んできたという話を聞いた」という証言である。その話を聞いていた近所の複数の人達から、2010年1月24日に話を聞くことができた。体験者はすでに亡く、その時は気にしなかったそうだが、地震の後で近所の人に話したそうで、海水位変化の程度や間隔は分からなかった。次に、砂浜で海水を汲んで塩作りをしていた人の証言を記す。

証言者：野村国恵氏

聞き取り日と場所：2010年1月24日、黒潮町田野浦(自宅)

その他：第2-b表(NS-58)の証言者

「前日(20日)の午後3時半頃から、西の浜七本松の浜で塩炊きをしていた。私は潮を汲む役で、天秤棒で担いだ桶に潮を汲んで、運ぶ人に渡していた。(海水を汲む人、運ぶ人、それを砂にかける人がそれぞれリレー方式で作業をしていたそう)。ふだんは波が寄せるときに桶で海水をすくい取る。潮がこんできて汲もうと思ったら、サーッと引いてしまった。しばらくすると潮に段差ができてきてきた(膝くらいまで満ちてきた)。そんなことが何度も繰り返した。潮はゆっくり膨れてきた、引くのは早かった。こんなことは初めてだった」。

証言者は、潮の「満ち引き」のことを「さしひき」と表現された。この証言でも潮位変化の大きさや繰り返し間隔については不明だった。海水位変化の程度（振幅）と繰り返し間隔（周期）に関する証言は、次の証言で聞くことができた。

証言者：徳永格一氏

聞き取り日と場所：2010年1月10日と11日，自宅前の室津港

その他：第2-b表(NS-29)の証言者

「地震の前の日の午後3時頃，生ボート（生魚の運搬船，約20トン）の水槽に水を入れる仕事をしていた。井戸で兄が水を汲み，わしは運ぶほうじゃった。岸に船をつけた時，潮が引いておって，渡し板（長さ2間（約1.8 m），幅1尺（約0.3 m）の2寸板（厚さ約0.06 m））がいつもよりだいぶ傾いておった。いつもより1尺（約0.3 m）ばかり船のほうが下がっていたと思う。そのために，4回目かのとき足を踏み外して，船の縁に当たって海に落ちた。それで潮が引いていたことをよく覚えている。右足を強く打って水運びができないので，^{かりようこう}加領郷の実家に戻った」。

文献2には「（海から上がって）歩いたときには（渡し板は）通常の角度に戻っていたようで，潮の狂いは30分くらいの周期で繰り返していた」とある。渡し板の勾配が逆に（船のほうが高く）なったことはないかと聞いたが，それはないとのことだった。潮位が高くなったかどうか尋ねたが，「込んだ（潮位が高くなる）ほうは分からない，なかったじゃろう」とのことだった。要約すると，20日15時頃，潮位は0.3 mほど低下してはまた元に戻っていた。繰り返しは30分くらいだったが，潮位が普段より高くなることはなかった，ということになる。

3.2.2 本震前日の夜から本震まで

本震前日（20日）の夜は晴れてはいたが闇夜で，海水位の異常に気付くのも，漁から戻った時点というのが多い。従って海水位の変化というより，ある時刻における海水位についての証言である。その中でも海水位が2 m以上も低下したという証言を2件紹介する。

証言者：横川進氏

聞き取り日と場所：2010年2月5日，土佐市宇佐（自宅）

その他：第2-b表(NS-41)の証言者

「20日は午後4時頃，7-8トンの船（25馬力）に12人乗り，普段通りサバ漁に出掛けた。出港時には潮位の異常は感じなかった。3時間走ったところで，サバ漁を始めた。漁具に泥が付いてサバは釣れず，ほかにも10隻ほど出ていたがほかの船も釣れず，その日は魚がいなかった。21日午前零時頃，（宇佐港の）製氷会社の所（第2図のNS-41）まで帰ってきたが，船が底を擦って岸壁に付け

られなかった。懐中電灯をつけ，竹の棒で水深を測ったら1.5 mくらいだった。エンジンを全開にして，ゴーヘイ・ゴースト（前進・後退）を繰り返し，ごりごり海底を擦って，ようやく岸壁に（平行に）接岸した。ほかの船は向こう（岸壁より沖の方）に停泊した。ものすごく潮が引いていて，皆でそう言いながら帰った」。

宇佐港の製氷会社あたりの岸壁は当時と今も変わらず，水深は大潮の干潮時で3～4 mあったそうだ。

もう1件は，須崎市大谷漁港における12月20日の夕方から本震直前までの海水位の様子で，当夜キビナゴ漁をしていた人達の聞いた話として，森光（1995）が「海からの警告」の中に記述している。我々の聞き取り結果も，海水位低下に関してはほぼ記述のとおりであった。

証言者：森光次男氏

聞き取り日と場所：2004年11月8日と2008年10月7日，いずれも大谷漁港

その他：第2-b表(NS-45)の証言者。

「12月20日夕刻，10数名が漁船5隻に分乗し，大谷漁港を出た。外海に出る岩場の間は，行くときは問題なく通ることができたが，帰りの午前2時過ぎには，通れそうもないほど潮位が下がっていた。波の膨らみに乗ってようやく内海に入ることができ，大谷漁港には3時頃帰着した。しかし潮が引いて，大きい網船が波止場につけられず，しばらく船引場で焚火をして暖をとった。しばらくして（潮位が上がってきて）なんとか網船が接岸できたので，網干し台に網を引き延べた。漁師の一人は帰宅し，自宅で地震に襲われた。その他は波止場に残っていた人，機械船にいて地震に遭った人などである」。

文献2にも，森光氏の聞き取り結果の記述があるが，上記の「潮位が上がってきて網を干した」というくだりは，文献2では「込み潮は来ず（潮位は上昇せず）網を干さずに，漁師はそれぞれ帰宅した」となっており，異なっている。

森光（1995）は，21日3時頃に，波止場近くの海底岩が露出していたという伝聞と，同時刻の推定潮位（天文潮位）とから，潮位の低下量は3.5 m強と割り出している。森光（1995）には，海底岩の位置を記した当時の波止場の図面と推定潮位の時間変化を示した図も掲載されている。当時の船着場や海底岩のあった付近一帯は埋め立てられ，現在は30 mほど沖に新しい岸壁が構築されている。

大谷漁港からは20日の夜，もう一組のグループがキビナゴ漁に出ていた。当時の乗組員はすでに亡くなっていたが，船主の子息から父親に聞いたことを話してもらった。

証言者：西村貞夫氏

聞き取り日と場所:2010年10月7日, 須崎市大谷(自宅)
 「20日の宵, 出港時には何ともなかった. 帰ってきた時は港の水が引いて船が着けられず, そのまま船を沖に置いたまま帰宅した. 皆が“こりゃあ変じゃ, おかしい”と話していたそうだ. 帰宅して寝ていたら地震に遭った」.

文献2には地震の前に井戸水がなくなったり, 海水が引いたりしたことを知って避難した1家族の証言が記されている. 我々の聞き取り結果を以下に記す.

証言者: 竹村峯子氏

聞き取り日と場所: 2010年2月4日, 須崎市浦の内(自宅)

その他: 第1-b表のNW-9と第2-b表のNS-44の証言者. 現在の自宅も当時の自宅も同じ

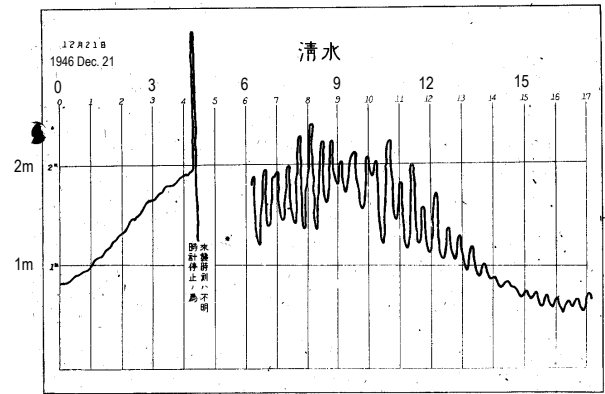
「父はウルメ漁にいくため21日の2時頃起きて浜へ船の様子を見に行った. 母はお茶を沸かすため井戸へ水を汲みに行った. ところが(水を汲む)桶が井戸の底に当たってカラカラ音がした. “おかしい, 水がない”と母が大きな声で言った. このこと(地震の前に井戸水がなくなっていたこと)は地震の後にも何度も聞かされた. 浜から戻ってきた父は“おかしい, 海の水が干上がっている”と言った. 私も何かザワザワしたものを感じて父に伝えた. 父は“おかしい, 地震が来るぞ, 津波が来るぞ”と言って, 私たち親子3人は, 米と衣類を上の方の福本さんの所まで運んで預けた. 荷物は何回も運んだ. 地震は家に戻っていた時にきた. 揺れで立っていられなかった. その時も家の電気はついてた」「井戸水や海の水に異変があると地震が来るということは, おじいちゃんからの言い伝えで, おじいちゃんが私たちを救ってくれたと感謝している. このことは子供や孫にも伝えてある」.

安政の南海地震の前に, 海水位の異常があったことは文献2の証言85にもあり, その証言者の須崎市浜町の小野輝雄氏には2010年2月5日に直接お聞きした. 祖父に聞いた話として, 「地震の前に, 海(須崎湾の)水が引いて, 泥の中のハモや貝を籠に一杯取った. こりゃあなんぞおこるがやないかと異変に気付いて陸に上がった, それから地震が起きた」という話であった.

3.3 海水位変化の特徴

3.3.1 海水位変化の分布について

本震発生の前日の17時より前の昼間の証言分布を示した第4-a図を見ると, 海水位低下(3件)と変化あり(11件)を合わせても, 変化なしあるいは変化に気付かずという証言数(15件)のほうが多い. 一方, 第4-b図は夜にも関わらず, 海水位低下と変化ありは20件で, 変化なしあるいは変化に気付かずという証言数13件を上回る. 第4-a図の海水位低下を示す3件のうち, 2件は20日の17



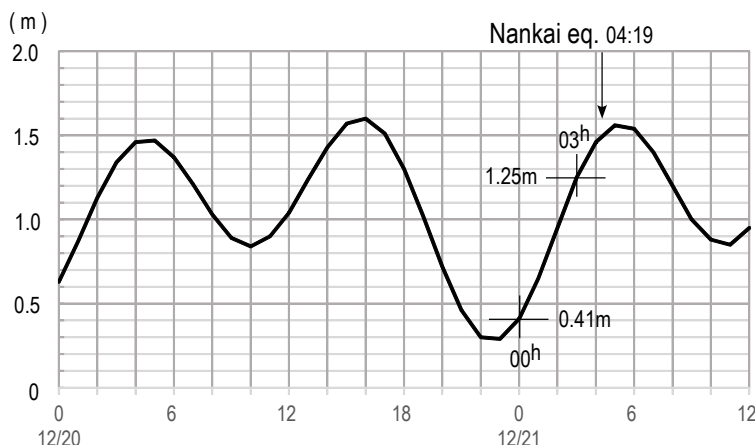
第5図 土佐清水における潮位記録の手書きによる写し. 松崎ほか(1948)の付図第20から引用加筆. 縦軸1目盛りは1 m, 横軸1目盛りは1時間, 左端の縦線は12月21日0時. 挿入文は「時計停止ノ為 来襲時ハ不明」とある. 基の図は第5管区海上保安本部海洋情報部の許可を得て引用.

Fig. 5 Handwriting trace diagram of tide records from Tosashimizu (from fig 20 in Matsuzaki et al. (1948)). The vertical and horizontal axes represent meters and hours, respectively. The left-most vertical line indicates 00:00 December 21. The inserted statement reads “Arrival time of the tsunami was unknown because the clock stopped”. The original figure is quoted with the permission of the 5th Regional Coast Guard Head Quarters Hydrographic and Oceanographic Department.

時頃を目撃であることも考慮すると, 本震発生に近いほうが海水位変化に関する目撃件数が増えている.

両図の空間分布を見ると, 高知市の浦戸湾から奈半利までと, 足摺岬より西の豊後水道では, 海水位変化があったという証言はない. 足摺岬の西側の土佐清水の驗潮記録は, 松崎(1948)に手書きの写しがあり, 第5図にそれを引用した. この記録を見る限り, 本震の4時間余り前に間に特段の変化は認められない. 足摺岬より西の豊後水道では目視できるような海水位の変化はなかったのではないと思われる.

その他の地域では, 海水位変化ありとなしが近接しているところも少なからずある. 徳島県海陽町では, 20日の夜から本震直前までに海水位が低下したという証言が鞆浦と穴喰を合わせて7件ある(第2-b表, NS-4 ~ NS-11). しかし, 穴喰からわずか2 km弱離れた甲浦では6件(第2-b表, NS-12 ~ NS-17)の証言すべて潮位の異常はなかった, あるいは気付かなかったとある. 各々の証言の数から見て信憑性は高いと思われるが, 2 km 足らずしか離れていないふたつの漁港で相反する証言が存在する. ただ甲浦も穴喰も沖合では潮の流れが異常だったり(NS-11, NS-13), 変化したりしたこと(NS-14)は目撃さ



第6図 須崎における1946年12月20日0時から同月21日12時までの天文潮位(推算潮位). 数値データは海上保安庁海洋情報部(2014)から引用.

Fig. 6 Astronomical tide predictions at Susaki, from 00:00 Dec. 20 to 12:00 Dec. 21 (from Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard (2014)).

れている.

隣接する港で異なる証言は椎名(NS-18, NS-19)と三津(NS-20～NS-22)でもある. また, 同じ港で相反する証言もある. 例えば宇佐の前日までの変化で, 3件(NS-41～NS-43)は潮の変化には気付かず, 1件(NS-40)は相当引いていたとなっている. ただこの場合はいずれも出港時の目撃で, 前者は16時頃, 後者は17時頃である. このように目撃する時間が短く, かつ異なっている場合は異なる状況を見ている可能性もある. 上述の椎名と三津も目撃時刻の違いから異なる証言になったのかもしれない. 津呂(NS-25, NS-26)や安和(NS-48～NS-50)の証言には, 伝聞も入っているため時刻は不明であるが, この場合も異なった時刻での海面を目撃したのかもしれない.

3.3.2 海水位変化の大きさについて

港の水深(大潮の干潮時の水深, h_1)と目撃した時の水深(h_2)が分かれば, その時点での天文潮位(h_3)から海水位の低下量(h)が算出できる. 土佐市宇佐港での聞き取りと文献2のNS-41によれば「大潮の干潮時でも3～4 mある岸壁の水深が, 21日0時に帰港した時には1.5 mしかなかった」そうだから, $h_1=3\sim 4\text{ m}$, $h_2=1.5\text{ m}$ で, $(h_1-h_2)=1.5\sim 2.5\text{ m}$ が大潮の干潮時からの低下分となる. 須崎港における天文潮位を海上保安庁海洋情報部の潮汐推算(海上保安庁 海洋情報部, 2014)を用いて計算し, 1946年12月20日0時から21日12時までを第6図に示した. 宇佐港と須崎港は15 km余り離れているが, 本論での議論では, 両地点での天文潮位の違いは無視しようとする. 宇佐港での目撃時刻は21日0時で, その時の天文潮位は $h_3=0.41\text{ m}$ (第6図)である. 天文潮位の基準面は大潮の平均的な干潮面とされているので, 証言の大潮の干潮時のそれと同じとすると, 上記の低下分(h_1-h_2)= $1.5\sim 2.5\text{ m}$ に $h_3=0.41\text{ m}$ を加えた分が, 目撃時点での海水位の低下量(h)であり, $h=h_1-h_2+h_3=1.91\sim 2.91\text{ m}$ となる.

須崎市大谷漁港では「干潮時でも1.5～2 mの水深にある海底岩が, 21日3時に露出していた」とある(森光,

1995). 21日3時の天文潮位 $h_3=1.25\text{ m}$ (第6図)に, 上記の干潮時の海底岩の水深を加えると, $h=2.75\sim 3.25\text{ m}$ となる. この場合は目撃時の水深をゼロ($h_2=0\text{ m}$)としたが, マイナスだった可能性もある. 森光(1995)も同様の推定をしており, 最大で3.5 m強の海水位低下を見積もっている.

港の水深と目撃時のそれとが分かり, 海水位の低下量を推定できたのは, この2か所だけであるが, いずれも相当な海水位の低下があったようである. 海水位の低下は他の港でも目撃されているが, 目撃時の水深などが分からないため水位の低下量は不明である.

3.3.3 海水位の変化なしについて

海水位の変化はなかった, 又は気付かなかったという証言を, 第4図では一律に黒四角と黒丸で示したが, 目撃証言であるので変化が全くなかったとは言い切れない. 「気付かない程度の変化」はあった可能性はある. 浦戸湾の海水位変化について文献2のふたつの証言NS-37, NS-38によれば, 「四六時中船の出入りもあり, 潮位に変化があれば誰かが気付くはずだが, 変化には気付かず, 潮の狂いはなかった.」となっている. 一方, 関(2014)は「浦戸湾の河口付近で川魚を捕っていたところ, 本震の3時間ほど前に海水がなくなった」ことを日記に記している.

この違いは目撃したところの水深や水際の形状などの違いに関係しているのではないと思われる. 関が川魚を捕っていたのは, 浦戸湾の奥の河口付近の浅瀬であった. 現在は陸地化され高知市弘化台となっている. 当時の地図は文献1の分図36と37に載っているが, 浅瀬の外側の深いところでの水深は0.8 mと読み取れる. 浅瀬の中心部はもっと浅かったと思われるが, 浅瀬にわずかな傾斜があれば, 海水位がわずかに変化しても水際は大きく移動するので, 目撃されやすいと思われる.

証言NS-37とNS-38は, 浦戸湾の河口付近であり, 文献1の分図37では浦戸の岸近くでの水深は3.4 mと読み

取れる。船着場の詳細は分からないが、証言NS-37の文献2の中での記載では「当時は堤防もなく、岸や土手に浅く杭を打って(トロール船を)繋いでいた」とあることから、人工的な岸ないしは土手が構築されており、海水と接する面の傾斜角は垂直ではないにしろ急角度だったと推定される。緩い傾斜を持つ浅瀬の水際に比べて、急な角度を持つ岸では、同じ大きさの海水位の変化があっても気付きにくかった可能性がある。

前節で述べた、鞆浦・宍喰と甲浦での証言の違いも、船着場の構造の違いによる可能性がある。当時の海岸付近の地図は文献1の分図No.30とNo.31にある。甲浦は岸壁らしい図が描かれており、文献2の証言54では「20トンの漁船が岸壁に接岸されていた」という記述がある。鞆浦・宍喰の分図No.30には岸壁らしいところは見当たらない。文献2の証言133(NS-5)には鞆浦港の様子として「当時は海部川が港のすぐ前を流れており、河原に網を積んだ船を係留していた」とあり、岸壁はなかったようである。第2-b表のNS-7～NS-10にあるように鞆浦・宍喰港では櫓で漕ぐ小舟が出入りしていたらしい。このように、港の岸の傾斜によって変化が目撃されたり、気付かなかつたりすることはありうる。どのくらいの変化以下だったら気付かないのかは分からないが、第2-b表と第4図で黒四角と黒丸を付けた他のところでも、目視では気付かない程度の変化があった可能性はある。

3.3.4 海水位変化の振動性と津波の可能性について

海水位の変化に関する証言のうち、振動性を示唆する証言が4件ある。船着場や岩場での洗いのもの(NS-54ほか)、浜辺での潮汲み(NS-58)、船への運搬(NS-29)などの作業中に、潮位が繰り返し変化したことを目撃している。いずれも傾斜のある場所で、変化が目撃しやすかったと思われる。変化の大きさについては、室津港での証言で0.3 m、宇佐井ノ尻では推定で0.2～0.3 m程度である。繰り返し間隔は、室津港での証言では30分くらいとなっている。甲浦沖では2時間くらいして潮流の方向が変わった(NS-14)とある。

室戸市吉良川における証言(NS-31)や、船上で潮の流れの変化に気付いたという証言(NS-11, NS-14, NS-39)も海水位の振動性を示唆している。文献2には牟岐沖の船上で感じた本震時の津波の様子が記載されているが、それによると「早い上がり潮、下り潮の上をあがったり下がったりという感じであった」とある。上記の証言のうちNS-14には、上下変化の記述はないものの、津波のような印象を持たせる。数日前からの潮の狂い、前日の振動性を持った海水位の変化から見て、小規模な津波が発生していたのではないかと思わせる。

3.3.1節で、隣接する港での異なる証言や同じ港での相反する証言は、目撃する時間が異なっていたため、異なる状況を見ていた可能性があることを指摘したが、津

波が発生していたとすれば異なる証言があってもおかしくはない。

3.3.2節において、土佐市宇佐港では21日午前0時頃、1.9～2.9 mの海水位低下が推定された。そのおよそ1時間後の浦戸湾では海水位低下はあったものの、ほとんど気付かない程度だったようである。もし津波があったとすると、津波の波源がどこであったかにもよるが、港湾の形状による波高の違いが考えられる。

例えば本震時の津波波高(松崎ほか, 1948)は、浦戸湾の湾奥(高知)で0.6 m、同湾口の浦戸で1.79 m、宇佐3.9 mとなっている。浦戸湾は湾口が狭いが、宇佐港は湾口が広く奥は狭いことから津波波高の違いが出ている。同様に、湾口が広く湾奥の狭い大谷漁港では、本震の津波波高は5.2 mとなっている。浦戸湾の湾奥でとの比では、宇佐は6.5倍、大谷漁港は8.7倍も大きい。海水位の変化あり、なしの分布も津波によると考えた方が説明しやすそうである。

聞き取り調査において「地震の前だけでなく、それより過去に潮の狂いなどの変化はなかったか」も尋ねたが、我々の調査範囲内では記憶していた人はいなかった。しかし記憶の新しい近年においては海面の変化は時々目撃されている。近年の顕著な変化としては2002年12月27日に高知県沿岸での潮位の上昇がある。高知新聞(2002)によれば、須崎湾では27日の午前11時から12時の間に0.5～1 mほど潮位が上昇したとある。地震は起こっておらず、原因は潮流の変化の可能性が指摘されている。

4. 議論とまとめ

1946年南海地震直前の地殻の上下変動を調べる過程で、上下変動に関連すると思われる地下水(井戸水)と海水位の変化に関する目撃証言を、文献と聞き取りによって収集した。調査の対象地域は四国の太平洋沿岸部である。同地域における井戸水の減少については先行研究があり、減少するメカニズムや水位の低下量を地面の上下変動量に換算する方式もすでに提案されている。その元になった水位の低下量と、低下に要した時間などの目撃証言については、先行研究では要約の記載のみであるので、本論ではやや詳しく述べた。

海陽町奥浦では、本震の約16時間前から4時間ほど前までに2 mの水位低下、土佐市新居では本震前日の朝(本震の約22時間前)から夕方(約12時間前)までに最大で3 mの水位低下が推定された。水位が一方向的に低下するのではなく、低下と元の水位に戻るといった繰り返しが2、3時間間隔で起きていたという証言もある。本震前に水位が上昇したという証言は1件もない。なお本震前の井戸水涸れは安政の南海地震前にも目撃されている。

海水位については、明るい昼間は比較的連続して目撃されているのに対し、夜間は漁から帰港した時点での目

撃が大半であることから、本震前日(12月20日)の17時以前とそれ以降本震までの二つに分けて、証言分布を示した。前者のほうが、海面が見られている時間は長いにも関わらず、海水位変化があったという証言は相対的に少なく、本震発生時に近い後者のほうが海水位変化の目撃件数が多い。本震発生に近いほうが、海水位変化が顕著になったものと思われる。

本震の4、5日前から「潮の狂い」などの表現で海水位変化が目撃されている。前日には、潮汲みなどの作業中に海水位の変化が目撃され、変化の大きさは、証言で0.3 m、証言からの推定でも0.2～0.3 mであった。繰り返し間隔は作業中の目視で30分、漁中の潮の流れの変化で2時間という証言があった。本震発生前夜からは、漁に出ている漁船が帰港し、その時点で港における海水位の情報が得られている。土佐市宇佐港では本震の4時間ほど前に2～3 m、須崎市大谷港では1時間ほど前に3 m余の水位低下が推定された。

その一方、海水位の変化はなかったか、気付かなかったという証言も多い。足摺岬より西側では海水位変化の証言はない。土佐清水の験潮記録にも本震前4時間ほどの間には海水位の変化は認められないことから、豊後水道では直前の海水位変化はなかったらしい。高知市浦戸から奈半利までのまとまった地域でも海水位変化の証言はなく、目視できるほど顕著な変化はなかったらしい。海水位の低下があったとする港と、なかったか気付かなかったという港が隣接しているところがある。また同じ港でもふたつの相反する目撃証言のあるところもある。港での船着場の形状、特に岸の傾斜角によっては変化に気付きにくい点も指摘した。

数日前からの潮の狂い、前日の振動性を持った海水位の変化から見て、小規模な津波が発生していた可能性を示した。すぐ近くの港、あるいは同じ港で目撃証言が異なっているもう一つの理由は、津波があったとすれば、海面を見た時刻の違いによるものとして説明が可能になる。

しかし、津波だとすると、元の(通常の)水位以上に海水位が上昇するときもあるはずだが、そのような証言は地震直前ではない吉良川(NS-31)1件のみで、他にはない。2～3 mも海水位が低下した宇佐港や大谷漁港でも、水位低下と同等の上昇があったという証言はない。四国の太平洋沿岸で本震時に沈降した地域は、地震の前は隆起していたことが知られている(例えば、Miyabe, 1955, 梅田・板場, 2011a)。梅田・板場(2013)によれば、須崎では本震発生前の1か月前から前日までに、0.3 mの隆起があったと推定されている。この隆起分だけ海水位は相対的に低下したように目視されたはずだから、水位上昇という逆の目撃証言がなかった可能性はある。

宇佐港や大谷漁港は複雑な海岸線を有する港であり、沖合では小規模な津波でも、他の港湾に比べて波高が大

きくなった可能性はある。しかし両港で推定された2～3 mもの海水位の低下が、波高の増幅効果だけで説明できるかどうかは、海底地形も含めた津波シミュレーションや、稠密な潮位観測等によって確かめる必要がある。

海水位の変化は時々発生する。大半は気象や海流の変化が原因だが、今後は気象、潮位、GPSなどによる地殻変動も合わせて原因を検証すべきである。本震前に起きたであろうと、本論で推定された小規模津波については、その発生源並びに発生した津波の振幅や周期についても検証する必要がある。さらに、本震直前の地殻の隆起・沈降も考慮した定量的な海水位変化の解析を進めるべきである。

謝辞: 目撃証言の収集に同行し、支援していただいた土佐市宇佐町の中村不二夫氏、貴重な証言をいただいた各証言者にお礼申しあげます。本研究を支援していただいた産総研活断層・火山研究部門の小泉尚嗣総括研究主幹、同部門地震・地下水研究グループの松本則夫グループ長はじめグループの皆様、丁寧に査読をしていただいた気象研究所の小林昭夫氏、論文改善のため適切なご指摘をいただいた藤原 治編集委員に感謝します。

文 献

- 海上保安庁 海洋情報部(2014) 潮汐推算, http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/TIDE/tide_pred/index.htm (2014年6月2日参照)
- 気象庁(2014) 過去の気象データ検索, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (2014年6月2日参照)
- 高知新聞(2002) 本県沿岸で潮位上昇. 高知新聞, 2002年12月28日記事.
- 小向良七(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201号, 1-117.
- 関 勉(2014) 2003年5月の日記, <http://comet-seki.net/Diary200305.html> (2014年9月12日参照)
- 松崎卓一・久保田照身・山田初太郎(1948) 昭和21年南海大地震調査報告 津波編. 水路要報増刊号201号, 1-39.
- Miyabe N., (1955) Vertical earth movement in Nankai district, *Bull. Geogr. Surv. Inst.*, Vol.5, 1-14.
- 森光次男(1995) 我が住家海の底. 海からの警告, 高知県須崎市, 23-42.
- 中村不二夫(2009) 南海地震は予知できる. 高知新聞企業, 301p.
- 尾上謙介・梅田康弘・重富國宏・浅田照行・細 善信・近藤和男(2005), 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. 京都大学防災研究所年報, **48-B**, 185-190.
- 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) 資料・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, **48-B**, 191-195.
- 水路局(1948) 昭和21年南海大地震調査報告, 水路要報増刊号**201**号. <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN5/>(第五管区, 防災・環境保全情報) (2014年6月2日参照)
- 梅田康弘・板場智史(2011a) 1946年南海地震前の四国太平洋沿岸の上下変動. 地質調査研究報告, **62**, 243-257.
- 梅田康弘・板場智史(2011b) 1946年南海地震前の井戸水の減少から推定される土地の隆起量—高知県黒潮町佐賀地区を例に一. 地質調査研究報告, **62**, 455-459.
- 梅田康弘・板場智史(2013) 1946年南海地震前の四国太平洋沿岸の上下変動曲線. 地質調査研究報告, **64**, 201-211.
- 梅田康弘・重富國宏・尾上謙介・浅田照行・細義信・近藤和男・橋本学・木村昌三・川谷和夫・大村誠(2010) 南海地震前の井戸水の低下について一次の南海地震の予知に向けて一. 地震2, **63**, 1-10.
- (受 付 : 2014年8月6日 ; 受 理 : 2014年12月19日)

GSJ におけるエアロゾル中放射性核種の 2013 年観測と再飛散に関する検討

金井 豊

Yutaka Kanai (2014) Observation of radionuclides transported with aerosols at the GSJ in 2013 and investigation of their re-suspension, *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol.65(11/12), p.145-155, 10 figs, 2 tables.

Abstract: In order to obtain the geochemical knowledge of material cycle as a tracer and to contribute the concern of inhabitant about safety after the accident of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant (FDNPP), the aerosol observation at the Geological Survey of Japan, AIST (GSJ) was continued and the new data in 2013 are reported in this paper. The Cs radioisotopes in aerosols increased a little in March 2013, then decreased from April. Those in 2012 also decreased in April, when the southerly wind often blew instead of northerly wind and rainy day increased. These facts suggest the change of weather conditions is one of controlling factors. The re-suspension of deposited particles by strong wind was thought to be more important mechanism after 2012 than the transport from the FDNPP. The Cs-137 concentration and Cs-137/Pb-210 ratio were thought to be useful parameters suggesting the re-suspension.

Keywords: Aerosol, Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant, Cs-134, Cs-137, Pb-210, Be-7, Geological Survey of Japan, Observation in 2013, Weather condition, Re-suspension

要 旨

物質循環のトレーサーとしての地球科学的知見を得ると同時に、福島第一原子力発電所事故後の地域住民の不安感の払拭にも貢献するため、産業技術総合研究所地質調査総合センター (GSJ) においてエアロゾル中の放射性核種の観測を 2013 年も継続して行った。前報告(本誌, vol.63(3/4) p.107-118, 及び vol.64(5/6), p.139-150) に引き続き 2013 年 1 月から 2013 年 12 月までの観測データを報告する。放射性 Cs 同位体のエアロゾル濃度は、2013 年は 3 月頃に幾分高まったが、4 月以降は幾分低下傾向を示した。2012 年も同様に 4 月頃より低下しており、北よりの風から南よりの風になり降雨の日が多くなった気象条件の変化が変動因子の一つと考えられた。2012 年以降は原発からの影響よりも観測点周辺に沈積した粒子の再飛散と移動による影響因子が相対的に重要と考えられ、Cs-137 濃度と Cs-137/Pb-210 比との関係が再飛散を示唆する有効なパラメータの一つとなる可能性があると考えられた。

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震 (2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分, M 9.0) とその後の大津波によって起きた東京電力株式会社

福島第一原子力発電所 (FDNPP) の事故は、これまでにない環境放射能汚染をもたらし、ヨウ素-131 (I-131) やセシウム-137 (Cs-137) などの大量の人工放射性核種が環境中に放出された (例えば、内閣官房内閣広報室, 2011; 経済産業省, 2011)。GSJ では、事故後の放射性核種のモニタリングとして、また環境中の放射性核種の動態を解明する研究の一環として、事故後 20 日経過した 3 月末から大気中エアロゾル中の放射性核種の観測を継続し、これまで 2011 年、2012 年の観測結果をそれぞれ報告してきた (Kanai, 2012; 金井, 2012a; 2012b; 2013; 金井ほか, 2013)。

前報においては、エアロゾル中の人工放射性核種濃度は発生源での放出量変化やサンプリング期間中の雨量・風向などの気象条件によって変動すると考えて検討してその影響を明らかにし (金井, 2012a)、さらに、濃度の変動要因をより明らかにするため、後方流跡線解析の適用を試みた (金井, 2013; 金井ほか, 2013)。

本報告では、金井ほか (2013) 以降も継続して行ったエアロゾル中放射性核種の観測について、2013 年の結果を報告すると共に、事故後の大放出がある程度取まってからの観測結果に対して、一度堆積したダストが再浮遊して飛散する可能性とその解明に関する検討結果を報告する。

第1表 GSJにおける2013年のエアロゾル採取日とエアロゾル中の放射性核種の濃度。核種濃度の誤差は放射線の計数誤差による。

Table 1 Aerosol sampling dates and radioactive nuclide concentrations in aerosols collected at the GSJ in 2013. Errors of concentration are calculated from statistic counting errors.

No.*	Start		Stop		Volume (m ³)	Activity (Bq / m ³)			
	Y / M / D	H : M	Y / M / D	H : M		Cs-134	Cs-137	Be-7	Pb-210
						605 keV	662 keV	478 keV	46.5 keV
98	2012/12/26	10:45	2013/1/10	11:01	21616	1.6E-05 ± 1E-06	2.7E-05 ± 2E-06	3.2E-03 ± 3E-05	5.4E-04 ± 4E-05
99	2013/1/10	11:03	2013/1/23	15:28	18985	2.6E-05 ± 1E-06	4.7E-05 ± 2E-06	3.6E-03 ± 4E-05	6.4E-04 ± 3E-05
100	2013/1/23	15:30	2013/2/7	10:12	21282	2.1E-05 ± 1E-06	3.8E-05 ± 2E-06	3.7E-03 ± 4E-05	6.5E-04 ± 4E-05
101	2013/2/7	10:14	2013/2/20	14:57	19003	2.6E-05 ± 1E-06	4.4E-05 ± 1E-06	4.1E-03 ± 3E-05	8.2E-04 ± 3E-05
102	2013/2/20	14:58	2013/3/6	12:03	19985	2.0E-05 ± 1E-06	3.9E-05 ± 2E-06	5.2E-03 ± 5E-05	7.1E-04 ± 4E-05
103	2013/3/6	12:05	2013/3/11	11:50	7185	5.0E-05 ± 2E-06	9.2E-05 ± 2E-06	8.1E-03 ± 4E-05	1.1E-03 ± 3E-05
104	2013/3/11	11:52	2013/3/18	10:15	9983	5.4E-05 ± 3E-06	8.8E-05 ± 4E-06	9.0E-03 ± 8E-05	1.1E-03 ± 9E-05
105	2013/3/18	10:18	2013/3/26	10:17	11519	2.9E-05 ± 1E-06	5.6E-05 ± 2E-06	8.2E-03 ± 5E-05	1.1E-03 ± 4E-05
106	2013/3/26	10:19	2013/4/8	10:20	18721	8.2E-06 ± 9E-07	1.7E-05 ± 1E-06	2.9E-03 ± 3E-05	5.6E-04 ± 2E-05
107	2013/4/8	10:23	2013/4/19	15:09	16126	2.0E-05 ± 1E-06	3.7E-05 ± 1E-06	7.3E-03 ± 4E-05	7.9E-04 ± 3E-05
108	2013/4/19	15:13	2013/5/1	11:05	17032	1.3E-05 ± 1E-06	2.1E-05 ± 2E-06	5.7E-03 ± 6E-05	6.7E-04 ± 4E-05
109	2013/5/1	11:07	2013/5/15	16:25	20478	1.4E-05 ± 1E-06	2.6E-05 ± 1E-06	3.0E-03 ± 3E-05	3.7E-04 ± 3E-05
110	2013/5/15	16:28	2013/5/29	9:58	19770	1.6E-05 ± 1E-06	3.3E-05 ± 1E-06	3.6E-03 ± 3E-05	4.6E-04 ± 2E-05
111	2013/5/29	10:00	2013/6/12	11:52	20272	1.3E-05 ± 9E-07	2.3E-05 ± 1E-06	5.8E-03 ± 3E-05	6.9E-04 ± 3E-05
112	2013/6/12	11:53	2013/6/26	9:45	20032	8.3E-06 ± 8E-07	1.7E-05 ± 1E-06	3.1E-03 ± 3E-05	4.5E-04 ± 2E-05
113	2013/6/26	10:00	2013/7/10	14:42	20442	1.1E-05 ± 1E-06	1.7E-05 ± 2E-06	3.2E-03 ± 3E-05	4.4E-04 ± 3E-05
114	2013/7/10	14:44	2013/7/19	11:26	12762	1.5E-05 ± 1E-06	3.1E-05 ± 3E-06	3.3E-03 ± 4E-05	6.4E-04 ± 5E-05
115	2013/7/19	11:28	2013/8/1	17:08	19060	1.2E-05 ± 8E-07	2.2E-05 ± 1E-06	2.4E-03 ± 3E-05	4.8E-04 ± 2E-05
116	2013/8/1	17:10	2013/8/14	10:27	18317	1.2E-05 ± 1E-06	2.4E-05 ± 2E-06	2.6E-03 ± 3E-05	1.0E-03 ± 4E-05
117a	2013/8/14	10:29	2013/8/28	11:53	20244 1)	1.1E-05 ± 9E-07	2.0E-05 ± 1E-06	3.7E-03 ± 3E-05	9.6E-04 ± 3E-05
117b	2013/8/14	11:56	2013/8/28	11:57	20161 1)	1.2E-05 ± 7E-07	2.4E-05 ± 1E-06	4.5E-03 ± 3E-05	1.2E-03 ± 2E-05
118a	2013/8/28	11:55	2013/9/11	14:05	20290 1)	8.2E-06 ± 9E-07	1.6E-05 ± 1E-06	2.8E-03 ± 3E-05	5.6E-04 ± 3E-05
118b	2013/8/28	12:14	2013/9/11	14:08	20274 1)	9.9E-06 ± 6E-07	2.1E-05 ± 9E-07	3.4E-03 ± 2E-05	5.7E-04 ± 2E-05
119	2013/9/11	14:07	2013/9/25	10:42	19955	6.5E-06 ± 1E-06	1.6E-05 ± 1E-06	5.0E-03 ± 4E-05	6.2E-04 ± 3E-05
120	2013/9/25	10:44	2013/10/10	14:43	21325 2)	1.1E-05 ± 9E-07	2.6E-05 ± 1E-06	4.3E-03 ± 4E-05	4.6E-04 ± 2E-05
121	2013/10/10	14:44	2013/10/22	13:21	16528 3)	8.6E-06 ± 8E-07	1.4E-05 ± 1E-06	2.6E-03 ± 2E-05	4.5E-04 ± 2E-05
122	2013/10/22	13:23	2013/11/6	13:51	21628	7.1E-06 ± 6E-07	1.5E-05 ± 1E-06	4.7E-03 ± 3E-05	8.1E-04 ± 2E-05
123	2013/11/6	13:52	2013/11/20	10:17	19945	8.6E-06 ± 8E-07	1.4E-05 ± 1E-06	4.3E-03 ± 3E-05	7.3E-04 ± 2E-05
124	2013/11/20	10:20	2013/12/4	13:20	20340	9.7E-06 ± 8E-07	2.1E-05 ± 1E-06	3.7E-03 ± 3E-05	6.0E-04 ± 2E-05
125	2013/12/4	13:21	2013/12/16	11:45	17184	1.3E-05 ± 7E-07	3.1E-05 ± 1E-06	3.4E-03 ± 2E-05	5.3E-04 ± 2E-05
126	2013/12/16	11:47	2013/12/26	10:38	14331	8.9E-06 ± 8E-07	1.9E-05 ± 1E-06	2.5E-03 ± 2E-05	3.4E-04 ± 2E-05

* "No." continues from Tables in the previous reports (Kanai, 2012a; Kanai et al., 2013)

- 1) Two samples were taken nearly at the same time using two HV samplers
- 2) HV sampler stopped during electric power failure on 6 October
- 3) HV sampler stopped during electric power failure on 20 October

2. 試料と実験装置

試料採取や測定に用いた手法・装置等は、前報(Kanai, 2012; 金井, 2012a; 2012b; 2013; 金井ほか, 2013)と同様であるため、簡単な記述にとどめる。ポリフロンフィルター (ADVANTEC製PF040; 約25 cm × 20 cm × 0.95 mm厚) を、GSJ第7事業所7-8棟の屋上(地上14 m)に設置されたハイボリュームエアサンプラー (HV-1000F, Shibata Scientific Co., Ltd.) にセットし、試料採取時間を2週間前後に設定して採取した。各試料の採取開始時間、

終了時間、採取空気量などを第1表の左欄に示した。なお、8月から9月にかけて2回のサンプリング時に、予備のサンプラーもほぼ同時間稼働させてエアロゾルを採取し、採取・測定における再現性のチェックを行った(試料No.117a,bとNo.118a,b)。

エアロゾルを採取したフィルターは、1/16のサイズに折りたたんでポリエチレン袋に封入し、更にポリエチレン容器に入れて放射能測定に供した。放射能測定は、井戸型Ge半導体検出器を備えたMCA7600システム(金井, 2012a)を使用し、概ね1日から4日間測定した。2013

No.		Cs-134	Cs-137	Be-7	Pb-210	Average of deviation
117	Average (Bq/m ³)	1.1E-05	2.2E-05	4.1E-03	1.1E-03	11.3%
	Deviation	8.2%	10.7%	13.1%	13.3%	
118	Average (Bq/m ³)	9.1E-06	1.9E-05	3.1E-03	5.7E-04	11.4%
	Deviation	13.0%	18.7%	12.4%	1.6%	
Average of deviation		10.6%	14.7%	12.8%	7.5%	
±		3.4%	5.6%	0.5%	8.2%	
Overall average			11.4%			
±			4.9%			

第2表 観測における再現性チェック
Table 2 Reproducibility of observations of radioactive nuclides in aerosols.

年に観測された主な放射性核種は、半減期の長いセシウム-134 (Cs-134; 半減期: 2.06年)とセシウム-137 (Cs-137; 30.2年), 天然放射性核種のベリリウム-7 (Be-7; 53.3日)とウラン系列・トリウム系列の娘核種に過ぎない。これらのうち、地球化学的に有用なCs-134, Cs-137, Be-7, 鉛-210 (Pb-210; 22.3年)について、それぞれ605 keV, 662 keV, 478 keV, 46.5 keVのピークを崩壊補正して、サンプリングの開始時間における空気中核種濃度 (Bq/m³)として定量した。

3. 結果と考察

3.1 2013年におけるエアロゾル中の人工放射性核種の観測結果

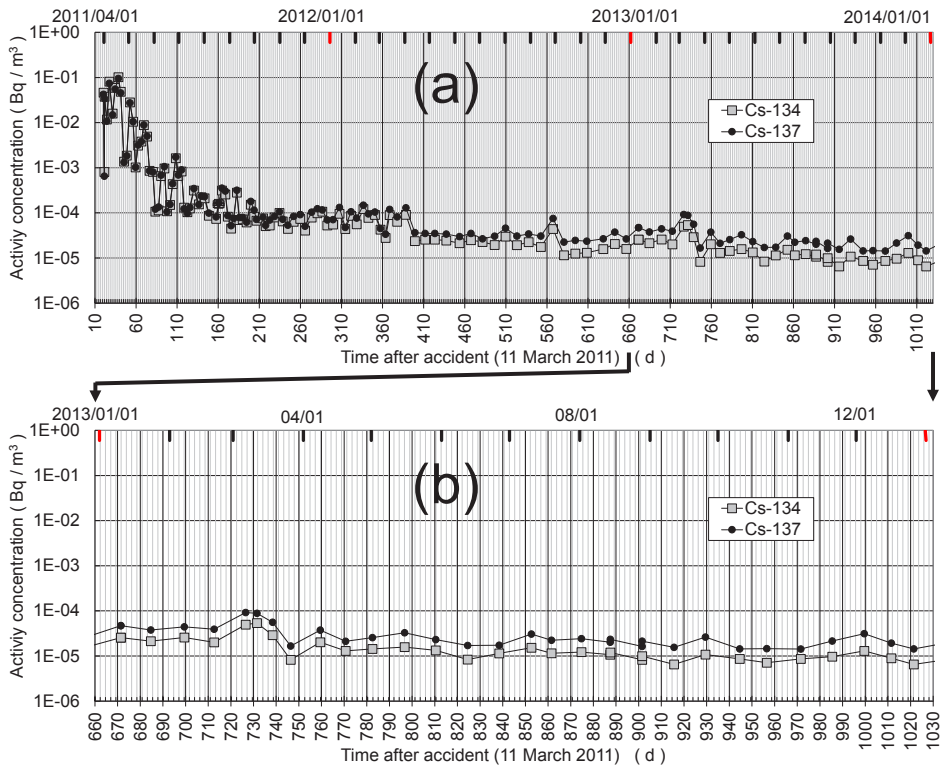
はじめに、観測データの再現性について述べる。2013年8月-9月のバックグラウンドに近い低濃度時における、ほぼ同時期に採取した2試料(2台の装置を使用して、1回目は試料No.117aとNo.117b, 2回目はNo.118aとNo.118b)の観測結果は、核種によって、また回によってばらつきの度合いが異なっており、4核種の2観測期間における各装置間の相対偏差は、1.6%から19%までの広がりを見せた(第2表参照)。また、全体の8回の対比では、平均で(11±5)%の再現性であり、標準線源における不確かさでも±3~6%程度(k=2)が一般的であることから(山田・中村, 2005), バックグラウンド濃度レベルのサンプリングから計測までを含めた実試料での結果としては、この再現性はほぼ妥当な数値と考えられる。

2013年1月から12月末までのGSJにおける放射性セシウム同位体の観測結果を、第1表中欄および第1図に示す。2011年と2012年の観測結果は金井(2012a)と金井ほか(2013)でそれぞれ報告済みであり、第1図(a)では、2011年からの観測結果をまとめて表示している。放射性セシウム同位体の濃度は、2011年の4月頃から比べると10月頃には3桁ほど低下して10⁴ Bq/m³前後の濃度レベルを保ちながらその後は変化してきたが、2012年の4月中旬あたりから約半分のレベルに低下した。2013年は3

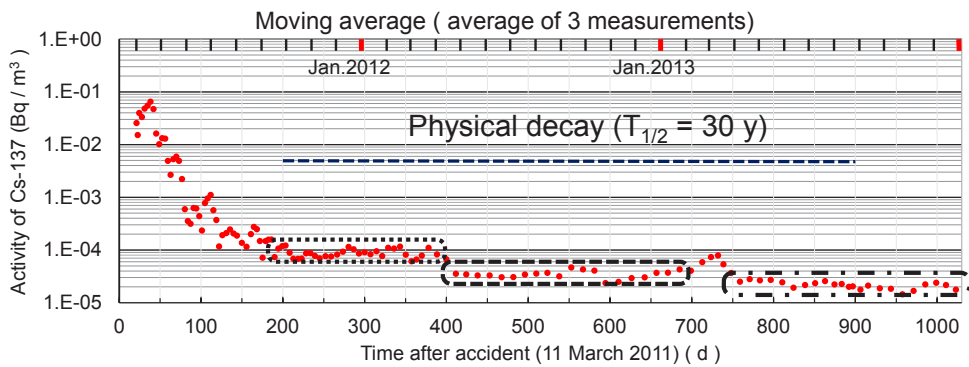
月頃に高まったが、その後は変動を有するものの、4月以降は幾分低下傾向が認められている。

この様子をもう少し明らかにするために、Cs-137についての3回の観測値を平均して移動平均をとった変化図を第2図に示した。この図から、時間に伴う連続的な減少ではなく、2011年の秋頃からと2012年、2013年の春頃から、それぞれ段階的に低下している様子が明らかである。これは、半減期が30年というCs-137の放射壊変による減少では説明できない(第2図の直線は物理的半減期による減衰の速度を示す)。FDNPPでの放出量は、2011年12月に6×10⁷ Bq/hであったが、2012年の9月には1×10⁷ Bq/hと下がり、その後も安定状態であることから2013年12月の評価でも1×10⁷ Bq/hの放射性物質の放出としている(経済産業省, 2011; 東京電力株式会社, 2012; 原子力規制委員会, 2013)。しかし、放出量が減少したとはいえFDNPPから継続して放出されている状況下では、増加することはあってもこのように大きく減少することは説明できない。

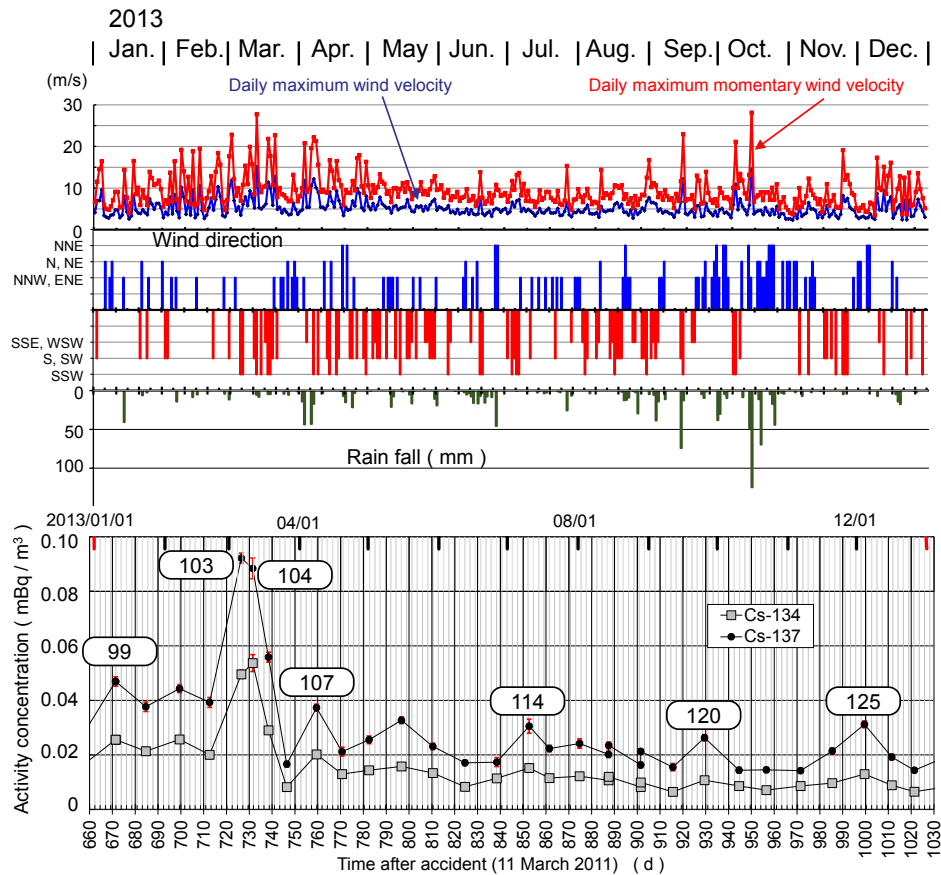
前報告(金井ほか, 2013)では、2012年春頃の段階的な減少は、4月以降の北よりの風から南よりの風が変わって多雨となった気候条件の変化により、FDNPPを經由した高濃度の空気塊の到来が少なく、また降雨の影響で空気中濃度が低濃度となったためと説明された。第3図には、2013年の放射性セシウム同位体の濃度変化と日々の気象条件(つくば(館野)における降雨量, 最大風向, 最大風速, 最大瞬間風速など)の変化(気象庁, 2014a)を示した。「最大瞬間風速」は瞬間風速(3秒間平均)の最大値で、「最大風速」は平均風速(10分間)の最大値である。第3図から示されるように、2013年春頃の減少もそのような南よりの風の日の増加という気象条件の変化と同期しており、観測された濃度変化に影響を与えた因子の一つと考えられる。また、濃度の高まりが観測されたNo.114やNo.120は、北よりの風が優位な時期の試料であるが、2013年は2011年に比べるとFDNPPからの放出濃度はかなり減少しており、風向による影響は以前よりも少なくなっていると考えられる。



第1図 GSJにおけるエアロゾル中の人工放射性核種(Cs-134, Cs-137)の濃度変化。(a)2011年4月～2013年12月
 (b)2013年1月～2013年12月
 Fig. 1 Temporal concentration of artificial radionuclides (Cs-134, Cs-137) collected at the GSJ. (a)From April 2011 to December 2013, (b) From January 2013 to December 2013



第2図 Cs-137における3回観測値を用いた移動平均の時間変化。
 Fig. 2 Moving average concentration of Cs-137 using 3 measurement data.



第3図 GSJにおける2013年に観測された放射性Cs同位体の濃度変化とつくば(館野)における気象変化。

Fig. 3 Variations of radioactive Cs isotopes in aerosols collected at the GSJ in 2013 and weather condition in Tsukuba (Tateno).

一方、その間の8月には、FDNPPから北西方向の相馬市、南相馬市などで当時の観測値の6倍から数10倍以上の高濃度のエアロゾルが報告されており(朝日新聞, 2014; 河北新報, 2014), これはFDNPPにおける8月12日および8月19日における作業員の身体汚染をもたらした3号機原子炉建屋の上部がれき撤去作業に伴うがれきの飛散(東京電力株式会社, 2013; 原子力規制委員会, 2014)によるものと考えられている。しかし、本研究の観測地点であるGSJは地理的に北西ではなく南南西方向にあり、また、サンプリングは2週間平均であるためにわずかな数時間の事象変動は検出困難ということもあり、第3図では大きな変動は見られておらず、GSJでの観測結果に影響はほとんど無かったものと考えられる。

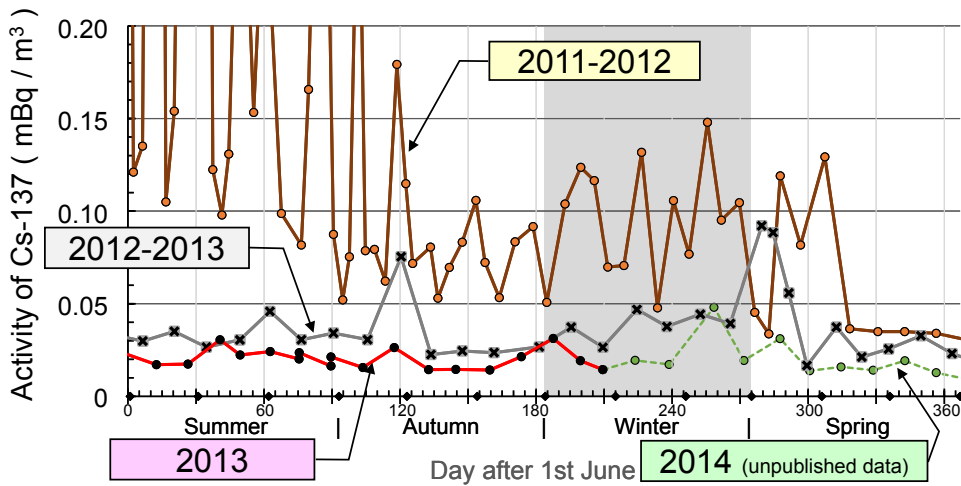
第4図は、6-8月を夏季、9-11月を秋季、12-2月を冬季、3-5月を春季として季節ごとの変動を示したものである(一部に未公表データを使用)。これを見ると、Cs-137は北よりの季節風が卓越する冬季にかけて増加し、北よりの季節風の影響を受けている傾向が2011年、2012年とあったことを伺わせている。しかし、前述したようにその影響は次第に小さくなっており、2013年～2014年は

更に小さく、それほど顕著ではない。

2013年の観測結果の特徴の一つとして、3月に高濃度の観測日(試料No.103-105)があったことが上げられる。No.103の観測期間の3月10日は、最大瞬間風速が20 m/s(風向はW; 以下同様)の強風が吹き荒れて視界が遮られるような気象状況で、気象上は「煙霧」とされている。煙霧の定義は「乾いた微粒子により視程が10km未満となっている状態」とされ(気象庁, 2014b), 微粒子が舞い上げられて空气中に漂っていることになる。また、No.104とNo.105の観測期間に当たる13日には最大瞬間風速が28 m/s(SSW)にもなり、18日(22 m/s, SSW), 21日(23 m/s, NW)も強風であった。このような強風は、西よりや南よりの風であることから、FDNPPからの放出物を運んできたというよりは、観測地点周辺の微細な粉塵を巻き上げて高濃度となったと考えられる。このような再飛散に関することは、章を改めて検討する。

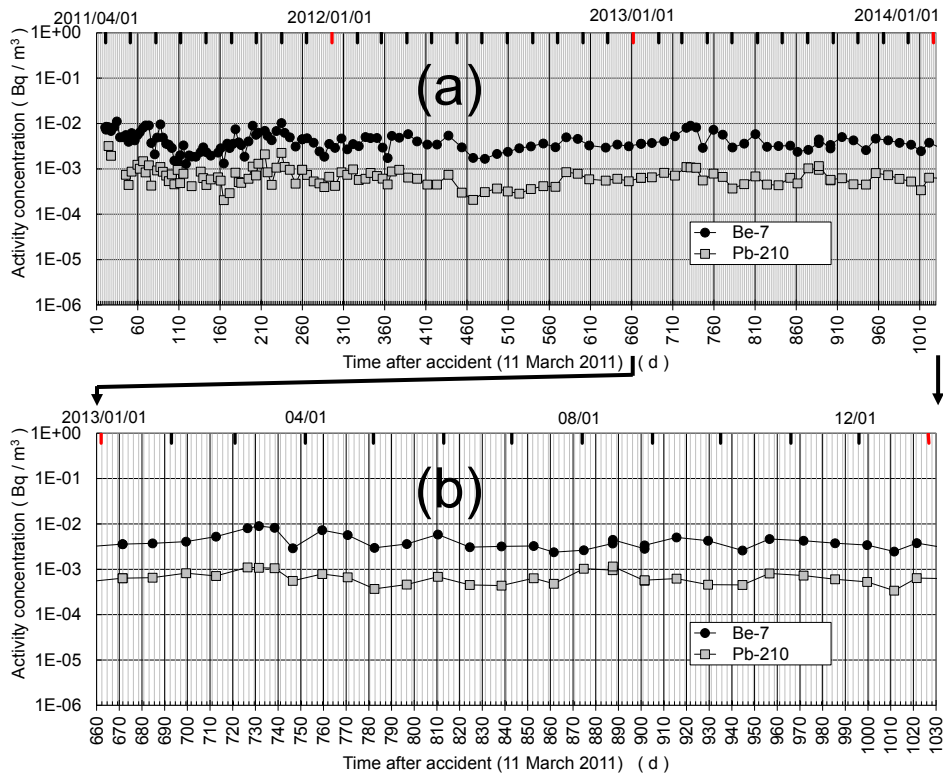
3.2 エアロゾル中の天然放射性核種の2013年変動

エアロゾル中の天然放射性核種であるPb-210とBe-7の観測結果を、第1表右欄および第5図に示す。Pb-210は0.3

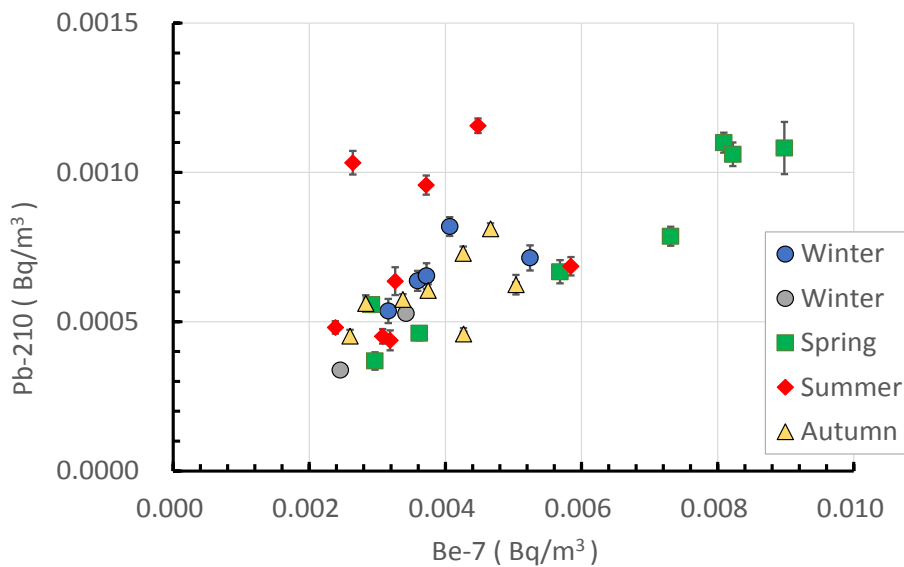


第4図 季節ごとのエアロゾル中Cs-137濃度の変動. 夏：6-8月，秋：9-11月，冬：12-2月，春：3-5月.

Fig. 4 Seasonal variations of Cs-137 concentrations. Summer: from June to August, Autumn: from September to November, Winter: from December to February, Spring: from March to May.



第5図 GSJにおけるエアロゾル中のBe-7, Pb-210の濃度変化. (a)2011年4月～2013年12月 (b)2013年1月～2013年12月
 Fig. 5 Temporal concentration of Be-7 and Pb-210 collected at the GSJ. (a)From April 2011 to December 2013, (b) From January 2013 to December 2013



第6図 2013年における季節ごとのBe-7とPb-210濃度の関係.

Fig.6 Seasonal correlation between Be-7 and Pb-210 in aerosols collected at the GSJ in 2013.

—1.2 mBq/m³ (平均0.7 mBq/m³), Be-7は2.4—9.0 mBq/m³ (平均4.3 mBq/m³)の範囲にあり, 昨年よりも幾分高めに変動したが(2012年の平均は, Pb-210:0.6 mBq/m³, Be-7:3.6 mBq/m³), 2011年ほどではなかった(2011年の平均は, Pb-210:0.9 mBq/m³, Be-7:4.8 mBq/m³). また, 年内変動については, 2011年は短時間で時間分解能の高い観測結果であったのに対し, 2012年と2013年は約2週間 にわたる観測結果であったことから日々の変動が平均化され, 相対変動も2011年は53%~62%であったのに対し, 2012年と2013年は32%~41%と低下した.

両者は, 起源が異なるにもかかわらず高い相関係数(R=0.66: n=31)を示し, 3月から5月までを春季, 6月から8月までを夏季, 9月から11月までを秋季, 12月から2月を冬季として2013年の測定結果を分類して図示すると, 第6図に示したように, 春季に高く冬季に低下した試料が多いという季節変動パターンが示された. しかし, 2011年のように春季・秋季に高く夏季・冬季に低下するという明確なパターンは確認できなかった.

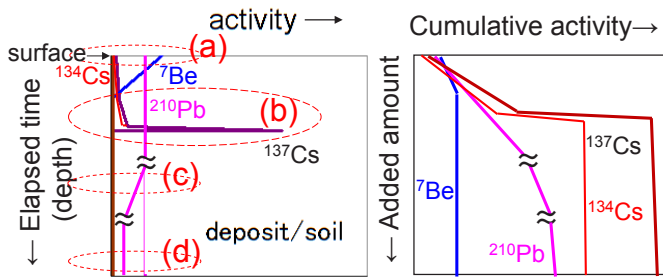
なお, 金井ほか(2013)の論文中144ページの「3.3 2012年におけるエアロゾル中の天然放射性核種」の章で, 「しかし, 平均値で見ると, Pb-210は春季0.64 mBq/m³ > 冬季0.58 mBq/m³ ≒ 秋季0.57 mBq/m³ > 夏季0.30 mBq/m³, Be-7は春季4.1 mBq/m³ > 冬季3.8 mBq/m³ ≒ 秋季3.8 mBq/m³ > 夏季2.3 mBq/m³となっており, 平均として春季に高濃度であったことが確認できる。」とあるべきところ, Pb-210とBe-7が入れ替わって記述されていたため, ここに訂正する.

3.3 再飛散によるエアロゾルの濃度変化

GSJにおいて観測されるエアロゾル中の放射性セシウム濃度の変動要因としては,

- ① 冷温停止状態になったとはいえ未だ続くFDNPPから外部への放出量の変化
- ② FDNPPからの拡散・移流などの輸送経路・プロセスを支配する気象条件
- ③ 観測点周辺などに既に沈積した粒子の再飛散と移動などが考えられる. 多量の放射性核種が放出された2011年は, ①や②の要因が大きく寄与していたと考えられるが, 2011年末には事故直後の1/1300万に減少したことから, 2012年以降はその影響の程度は減少し, 代わりに③の因子が相対的に重要となってきているものと考えられる. 特に, 前の章で述べた「煙霧」発生や強風時期の濃度増加時, 相馬市, 南相馬市などでの濃度増加の報告例などでは③の因子によるものであろうし, 2012年における試料No.79, No.85, No.92での濃度変化も強風による再飛散の可能性を指摘した(金井ほか, 2013).

大気に放出された核種を含む空気中のエアロゾルは, 一定速度で拡散と降下を繰り返してその濃度を低下させる. Cs-137についていうと, 過去における大気圏内核実験により増加したが, 1963年の部分的核実験停止条約(PTBT)の発効とともに減少し, その後は中国の核実験やソ連のチェルノブイリ原発事故などで一時的な増大はあったものの, 対流圏, 成層圏における放射性物質はそれぞれ, 30~50日, 1.0~1.2年の停留時間で減少しているとされる(地球化学研究部, 1996; Igarashi *et al.*, 2001; 五十嵐, 2002). すなわち, 成層圏まで到達しない空气中



- (a) Recent deposit
 ^{210}Pb : 8 Bq/g
 ^7Be : 45 Bq/g
 ^{137}Cs : (Low) Bq/g
- (b) Deposit after the accident
 ^{210}Pb : 8 Bq/g
 ^7Be : ~ 0 Bq/g
 ^{137}Cs : (High) Bq/g
- (c) Deposit before the accident
 ^{210}Pb : < 8 Bq/g
 ^7Be : ~ 0 Bq/g
 ^{137}Cs : ~ 0 Bq/g
- (d) Old deposit or soil
 ^{210}Pb : 0.06 Bq/g (= 5ppm U)
 ^7Be : ~ 0 Bq/g
 ^{137}Cs : ~ 0 Bq/g

第7図 降下堆積物における核種濃度変化と積算濃度変化.

Fig.7 Variations of nuclides activities in fallout deposits and cumulative activities.

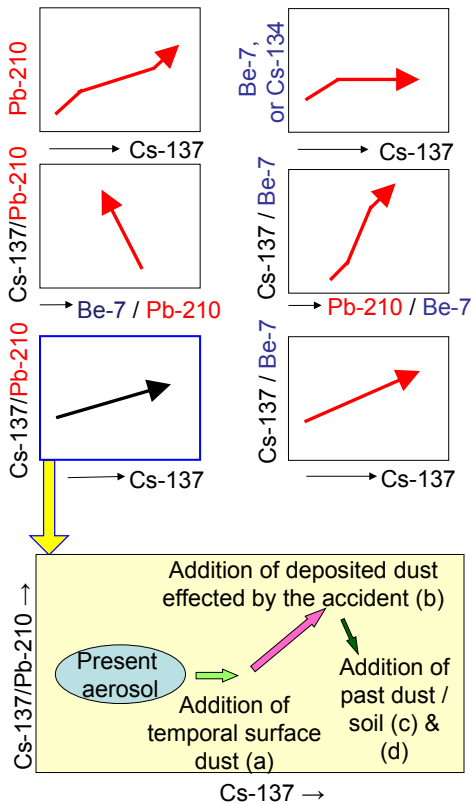
のエアロゾルの場合には30～50日で半減することになる。そうすると、第1図～第3図などで示したCs-137の濃度は1年の間に少なくとも $(1/2)^7 (=1/128)$ と2桁は低下するはずであるが、実際にはそのようにはなっていない。これは、一部には成層圏にまで到達してそこからのゆっくりとした供給があることと、地表面からの再飛散があるためと考えられる。

ここで、沈積した粒子の再飛散であるかどうかを裏付けるパラメータを検討する。飛散している粒子と一度沈積した後に再飛散した粒子との違いは何であろうか。放射性Cs同位体は、原子炉での核反応が止まってからはほぼ同一挙動をすることを考えられるので、半減期($T_{1/2}=2.7$ y)の短いCs-134を含むような最近の粉塵が再浮遊しても、付加された量が増えるだけである。一方、Cs-134が消滅した古い土壌からのCs-137の付加があれば、わずかであろうが過去に降下・堆積したCs-137のみの増加となる。それ以外の核種では、同時測定されるBe-7とPb-210があるが、それぞれの起源ならびに半減期の関係から、想定される粉塵の履歴から第7図のような特徴が抽出される。すなわち、表層の降下・堆積したばかりのダストでは現在飛散しているダストと同様でBe-7(半減期: 53.3日しかないことに注意)が高濃度であるが(第7図の(a)に相当; Be-7は約45 Bq/g, Pb-210は約8 Bq/gと推定される(Kanai, 2013b)), 事故後に降下して時間が経過したダストではBe-7はほとんど観測されず、Pb-210と事故の影響

を受けた高濃度のCs-137が観測されるであろう(第7図の(b)に相当)。事故前に堆積したダストでは、Cs-137濃度も低くPb-210が定常的に観測されるであろう(第7図の(c)に相当)。

このようなことから、降下・堆積したダストが再飛散してエアロゾルに付加した場合の特徴としては、新しいダストは現在飛散しているダストとはほとんど見分けがつかずに増量となり、事故後のダストまで付加すると、セシウムが特徴的に高濃度となる。事故前のダストではかなり古い土壌だといずれの核種濃度も低く(第7図の(d)に相当)、重量の増加効果の方が大きいかも知れない。従って、高濃度セシウムが一つの再飛散の指標になるだろうが、この他にBe-7、Pb-210の変化も示唆する可能性があり、さらにBe-7/Pb-210比も古いダストの指標となる。Be-7/Pb-210比は、河口域での懸濁物質が底質の再浮遊によることを明らかにするために利用された研究例(Olsen *et al.*, 1989)もある。特に、単独核種のみでは輸送・運搬に関わる気象条件等の影響が直接に出やすいことから、核種間の比をとることでその影響を排除できる可能性がある。

従って、一度降下したダストが地表面から巻き上がってエアロゾルに付加されると仮定すると、Be-7が微増後にほぼ一定となるのを除き、様々なパラメータは概ね付加量の増加とともに第8図に示した矢印の方向に増大する傾向があると推定される。



第8図 再飛散に伴うエアロゾル組成の変化傾向。
Fig. 8 Trends of nuclide compositions in aerosol with re-suspended dust particles.

しかし、Be-7もPb-210もお互いに相関しながらいずれも季節変動を有しており(全体の相関係数 $R=0.69$, $n=113$)、全体的にエアロゾル中でのBe-7/Pb-210比の相対変動は、2011年は40%、2012年は26%、2013年は26%と大きな変動を有する(第9図)ため、仮にPb-210が10%変動してもそれは季節変動の中に隠れてしまい、察知することは困難となる。このため、Be-7/Pb-210比をやめ、半減期の長いPb-210を使用し、Cs-137とCs-137/Pb-210との関係を見ることとした。

3.4 エアロゾルにおけるCs-137濃度とCs-137/Pb-210比との関係

これまでに観測したデータについて、Cs-137とCs-137/Pb-210との関係を見ることで、第8図に示したような傾向が読み取れると考えられる。すなわち、Cs-137—Cs-137/Pb-210図において、現在のダスト・極表層ダストが付加しただけならば右方向に変化し、事故時の高濃度ダストも付加すると右上方向に移動するが、古い土壤などが混じると下方向に変化していく。

これまでのデータを第10図に示した。過去の2011年からのデータも示しているの、全体的には濃度範囲は

広いが、2011年の後半からの低濃度部分での拡大図を第10図(B)に示した。2012年と2013年には低濃度で安定した観測点の集合領域があるが、その集合から幾分右側に位置する観測点もある。2012年の観測したデータでは、4月初めの試料No.79や6月末のNo.85、9月末のNo.92等で観測された高濃度は、強風による近傍からの巻き上げが原因ではないかと推定されたが(金井ほか, 2013)、この図でもグループから上方に外れていることが判る。また、2013年では、試料No.99からNo.105あたりまでは低濃度の観測グループから外れており、No.120やNo.125も幾分はずれている。これらの試料採取時には、最大瞬間風速の大きな日を含んでいることから、周辺域からのダストの巻き上げによる増加の可能性が示唆される。

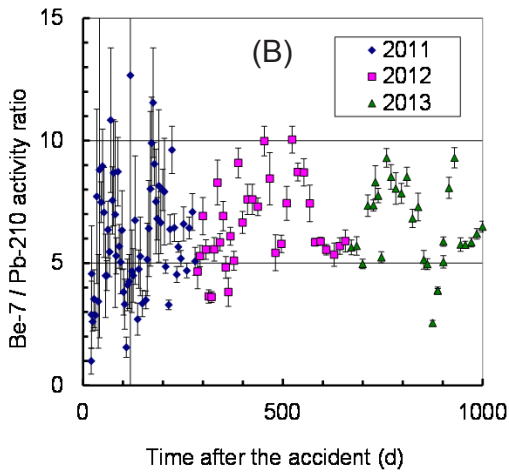
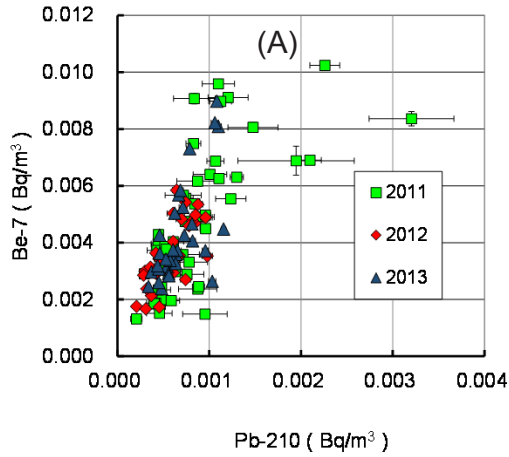
以上のように、第10図のようなCs-137—Cs-137/Pb-210図において、再飛散による高濃度ダストを見分けられる可能性があるが、それは必要条件に過ぎず十分条件とまではならない。様々な因子が組み合わさって複雑であるため、他の様々な情報を加味しながら判断すべきであろう。今後も再飛散が続くことから、より良いパラメータを見出していくことが重要と考えている。

4. まとめ

大気中エアロゾルの放射性核種のモニタリングは、物質循環や環境変動評価のためのトレーサーとして地球科学的に有用であると同時に、FDNPP事故による地域住民の放射能被曝に対する不安感の払拭、万が一の場合の線量評価にも貢献する。このため、2011年以降2013年も大気中のエアロゾルの放射性核種の観測を継続した。

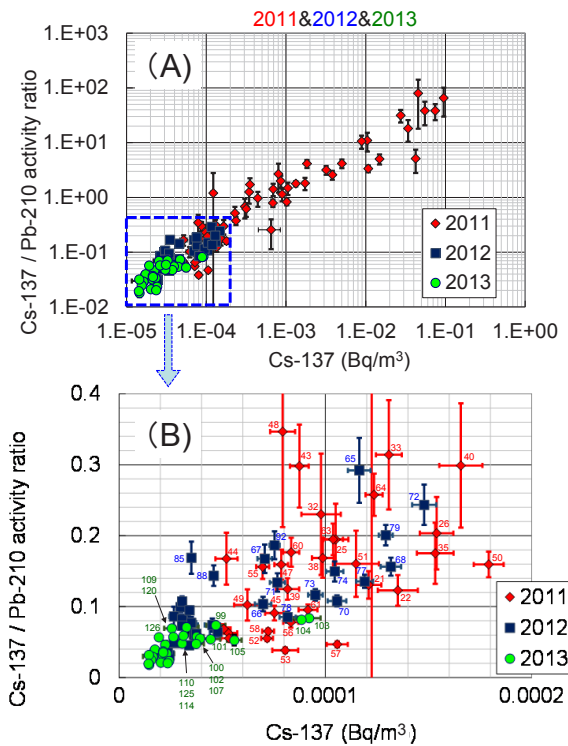
環境中に放出された人工放射性核種のCs-137は、2011年10月あたりから3桁ほど低下して 10^4 Bq/m³前後を推移してきたが、2012年の4月中旬あたりから約半分のレベルに低下し、2013年は3月頃に幾分高まったが、4月以降は幾分低下傾向を示した。春期における濃度低下は、2012年と同様に南よりの風のような気象条件の変化が変動因子の一つと考えられる。また、天然放射性核種であるPb-210とBe-7は、2011年よりも変動幅が幾分小さく春季に高濃度試料が多くなる傾向が見られた。

2012年以降はFDNPPからの影響の程度は減少し、代わりに観測点周辺に沈積した粒子の再飛散と移動による影響因子が相対的に重要と考えられた。同時に観測されるPb-210とBe-7等との関係を検討したところ、Cs-137とCs-137/Pb-210比との関係図において、再飛散を含むエアロゾル試料の組成が平常時の観測点グループから外れていくことから、これらが再飛散を示唆する有効なパラメータとなる可能性があると考えられた。



第9図 2011年から2013年までのエアロゾル試料中の(A) Pb-210とBe-7の変化と(B) その放射能比. 誤差は放射線の計数誤差を示す.

Fig. 9 Variations of (A) Pb-210 and Be-7 concentrations at the GSJ in 2011-2013 and (B) Be-7/Pb-210 activity ratios. Error bars indicate statistic counting errors.



第10図 Cs-137濃度とCs-137/Pb-210比の関係図. 誤差は放射線の計数誤差を示す.

Fig. 10 Diagram of Cs-137 concentrations and Cs-137/Pb-210 activity ratios in aerosols. Error bars indicate statistic counting errors.

文 献

- 朝日新聞(2014) 50キロ先, 住宅地にも粉じん 福島第一原発がれき撤去. (青木美希2014年7月16日07時33分), <http://www.asahi.com/articles/ASG7H5SVWG7HUUPI00C.html> (2014/10/10)
- 福島第一原発のがれき粉じん, 7回宮城へ 東大など調査. (青木美希 2014年7月31日08時00分), <http://www.asahi.com/articles/ASG7Z01KRG7YUUPI005.html> (2014/10/10)
- 地球化学研究部(1996) 降水・落下塵中の人工放射性核種の分析法及びその地球化学的研究. 気象研究所技術報告, 第36号, 1-34.
- 原子力規制委員会(2013) 被規制者等との面談(沸騰水型軽水炉), 平成25年12月24日, 件名 東京電力福島第一原子力発電所における環境線量低減対策に係る定例会, http://www.nsr.go.jp/disclosure/meeting_operator/BWR/ (2014/10/10)
- 2013年12月24日 環境線量低減対策 原子炉建屋からの追加的放出量の評価結果(平成25年12月), http://www.nsr.go.jp/disclosure/meeting_operator/BWR/data/20131224_07_shiry03.pdf (2014/10/10)
- 原子力規制委員会(2014) 2014年4月 福島第一事故対策に関するもの, 2014年4月30日, 件名 東京電力福島第一原子力発電所における原子炉建屋からのダスト飛散防止対策に係る面談, <http://www.nsr.go.jp/disclosure/meeting/FAM/201404.html> (2014/10/10)
- 免震重要棟前ダスト濃度上昇及び身体汚染者発生に関する原因と対策について 平成25年9月12日 東京電力株式会社, http://www.nsr.go.jp/disclosure/meeting/FAM/data/20140430_06_shiry0.pdf (2014/10/10)
- 五十嵐康人(2002) ^{90}Sr と ^{137}Cs を用いたダスト輸送過程と再飛散. エアロゾル研究, **17**, 252-258.
- Igarashi, Y., Aoyama, M., Hirose, K., Miyao, T. and Yabuki, S. (2001) Is it Possible to use ^{90}Sr and ^{137}Cs as tracers for the aeolian transport? *Water, Air, and Soil Pollution*, **130**, 349-354.
- 河北新報(2014) 福島のニュース, 福島 社会 特集. 福島第1がれき撤去で相馬にも粉じん 昨夏, セシウム6倍 京大調査. (2014年07月17日木曜日), http://www.kahoku.co.jp/tohokunews/201407/20140717_63008.html (2014/10/10)
- Kanai, Y. (2012) Monitoring of aerosols in Tsukuba after Fukushima Nuclear Power Plant incident in 2011. *J. Environ. Radioact.*, **111**, 33-37.
- 金井 豊(2012a) エアロゾルにより輸送された放射性核種の観測(2011)ー福島第一原子力発電所事故に関連してー. 地質調査研究報告, **63**, 107-118.
- 金井 豊(2012b) エアロゾル中の人工放射性核種に関する観測・測定を試み. *Proceedings of the 13th Workshop on Environmental Radioactivity*, **KEK Proceedings 2012-6**, 108-116.
- 金井 豊(2013) 地質調査総合センターにおけるエアロゾル中放射性核種の継続観測. *Proceedings of the 14th Workshop on Environmental Radioactivity*, **KEK Proceedings 2013-7**, 57-62.
- 金井 豊・土井妙子・榎本和義(2013) GSJにおけるエアロゾル中放射性核種の2012年観測と環境要因の再検討. 地質調査研究報告, **64**, 139-150.
- 経済産業省(2011) 添付2 福島第一原子力発電所における現状の放射性物質の放出量評価及び敷地境界における被ばく線量評価について, <http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/111216e.pdf> (2013/4/25)
- 気象庁(2014a) 気象統計情報, 過去の気象データ検索, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (2014/10/10)
- 気象庁(2014b) 氷、霜、霧、雷、日照時間, http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/kori.html (2014/10/10)
- 内閣官房内閣広報室(2011) VI. 放射性物質の環境への放出. 内閣官房内閣広報室, <http://www.kantei.go.jp/jp/topics/2011/pdf/06-kankyo.pdf> (2013/4/25)
- Olsen, C.R., Thein, M., Ingvar L. Larsen, I.L., Lowry, P.D., Mulholland, P.J., Cutshall, N.H., Byrd, J.T. and Windom, H.L. (1989) Plutonium, lead-210, and carbon isotopes in the Savannah estuary: riverborne versus marine sources. *Environmental Science and Technology*, **23**, 1475-1481.
- 東京電力株式会社(2012) 東京電力(株)福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ進捗状況(概要版), http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/roadmap/images/m120924_06-j.pdf (2013/4/25)
- 東京電力株式会社(2013) 免震重要棟前ダスト濃度上昇及び身体汚染者発生に関する調査状況について 平成25年8月29日 東京電力株式会社, http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/roadmap/images/d130829_06-j.pdf, p.113-133 (2014/10/10)
- 山田崇裕・中村吉秀(2005) 放射能標準体積線源に用いるポリプロピレン製U8容器の検討. *Radioisotopes*, **54**, 105-110.

(受付 : 2014年10月28日 ; 受理 : 2014年12月19日)

地質調査研究報告 第 65 卷 (第 1 号—第 12 号)

第 1/2 号

[論文]

富山県南砺市法林寺地区のボーリングコアにおける火山ガラスを含む大山倉吉テフラ (DKP) の認定とその北陸地域の活断層の活動性評価における意義

丸山 正・齋藤 勝…………… 1-9

[概報]

日本列島における年代未詳岩石の K-Ar 年代測定 — 地質図幅作成地域の火成岩 (平成 24 年度版) —

松本 哲一・高橋 浩・星住 英夫…………… 11-16

[短報]

Zircon U-Pb age of the Triassic granitoids at Nui Phao, northern Viet Nam

Shunso Ishihara and Yuji Orihashi…………… 17-22

第 3/4 号

[論文]

Variation of mineralogical compositions in sequential extraction procedure adapted to geochemical reference materials (sediment series)

Atsuyuki Ohta and Ran Kubota and Takashi Okai…………… 23-36

[概報]

筑波花崗岩と旧筑波町に残る石造物の帯磁率

長 秋雄…………… 37-43

[概報]

沖積層の基底にみられる起伏地形：その成因の予察的解釈

田辺 晋・石原 武志・小松原 琢…………… 45-55

[概報]

フランス地質・鉱山研究所と地質調査総合センターのオープンデータ政策への対応の比較

岩男 弘毅・吉川 敏之…………… 57-65

第 5/6 号

[概報]

三重県中部, 長島地域における土石流堆積物の AMS ¹⁴C 年代

植木 岳雪…………… 67-70

[概報]

根室・釧路地域の重磁力異常から推定される中規模地質構造

森尻 理恵・中川 充…………… 71-84

第 7/8 号

[論文]

荒川低地の沖積層基盤地形

小松原 純子…………… 85-95

[概報]

XRF major element analyses of silicate rocks using 1:10 dilution ratio glass bead and a synthetically extended calibration curve method

Toru Yamasaki…………… 97-103

第 9/10 号

[概報]

三重県中部, 片上川の高位段丘堆積物

植木 岳雪 105-111

[概報]

新たに認定された第四紀火山の放射年代: 奈良俣カルデラ

山元 孝広 113-116

[概報]

御嶽火山 2014 年 9 月 27 日噴火で発生した火砕流

山元 孝広 117-127

第 11/12 号

[論文]

1946 年南海地震前に四国太平洋沿岸部で目撃された井戸水及び海水位の変化

梅田 康弘・板場智史 129-144

[論文]

GSJ におけるエアロゾル中放射性核種の 2013 年観測と再飛散に関する検討

金井 豊 145-155

CONTENTS OF VOLUME 65

No. 1/2

- Identification of volcanic glass bearing Daisen-Kurayoshi tephra (DKP) from borehole core at Horinji, Nanto City, Toyama Prefecture, and its implications for estimating long-term slip rate on active faults in the Hokuriku region
Tadashi Maruyama and Masaru Saito..... 1-9
- K-Ar age determinations of ageunknown rocks in the Japanese Islands
-igneous rocks in the areas associated with Geological Map Project (fiscal 2012 version)-
Akikazu Matsumoto, Yutaka Takahashi and Hideo Hoshizumi..... 11-16
- Zircon U-Pb age of the Triassic granitoids at Nui Phao, northern Viet Nam
Shunso Ishihara and Yuji Orihashi..... 17-22

No. 3/4

- Variation of mineralogical compositions in sequential extraction procedure adapted to geochemical reference materials (sediment series)
Atsuyuki Ohta and Ran Kubota and Takashi Okai..... 23-36
- Magnetic susceptibility of Tsukuba granite and stone sculptures in old Tsukuba town
Akio Cho..... 37-43
- Undulating topography at the base of the Alluvium: Preliminary interpretation on the formation
Susumu Tanabe, Takeshi Ishihara and Taku Komatsubara..... 45-55
- Comparison of the correspondence to the open data policy between BRGM and GSJ
Koki Iwao and Toshiyuki Yoshikawa..... 57-65

No. 5/6

- The AMS ¹⁴C age of the debris flow deposits in the Nagashima area, central Mie Prefecture, southwest Japan
Takeyuki Ueki..... 67-70
- Mesoscale crustal structure based on magnetic and gravity anomalies in the eastern part of Hokkaido, Japan.
Rie Morijiri and Mitsuru Nakagawa..... 71-84

No. 7/8

- Basal topography of the latest Pleistocene to Holocene incised valley fills beneath the Arakawa Lowland, Kanto Plain, Japan
Junko Komatsubara..... 85-95
- XRF major element analyses of silicate rocks using 1:10 dilution ratio glass bead and a synthetically extended calibration curve method
Toru Yamasaki..... 97-103

No. 9/10

Higher terrace deposits along the Katakami River, central Mie Prefecture, southwest Japan
Takeyuki Ueki..... 105-111

Radiometric age of a newly recognized Quaternary volcano: Naramata caldera, NE Japan
Takahiro Yamamoto..... 113-116

The pyroclastic density currents generated by the September 27, 2014 phreatic eruption of Ontake Volcano, Japan
Takahiro Yamamoto..... 117-127

No. 11/12

On well water and sea level changes witnessed before the 1946 Nankai earthquake on the Pacific coast of Shikoku, Japan
Yasuhiro Umeda and Satoshi Itaba..... 129-144

Observation of radionuclides transported with aerosols at the GSJ in 2013 and investigation of their re-suspension
Yutaka Kanai..... 145-155

本年掲載論文の査読を下記の方々にお願いたしました。記して厚くお礼申し上げます。

水野清秀・渡辺 寧・御子柴真澄・内藤一樹・尾崎正紀・小松原 琢・藤原 治・石塚吉浩・中塚 正・
小林昭夫 (気象研究所)・星住英夫・上岡 晃・吉岡敏和

地質調査総合センター研究資料集

- | | | |
|-----|--|---|
| 598 | 南海トラフ巨大地震予測のための地下水等総合観測点の孔井における物理
検層資料 | 木口 努・桑原保人・小泉尚嗣・
塚本 斉・板場智史・佐藤 努・
佐藤隆司・関 陽児・梅田康弘・
北川有一・重松紀生・高橋 誠 |
| 599 | 南海トラフ巨大地震予測のための地下水等総合観測点整備における地下構
造調査（反射法地震探査）資料 | 山口和雄・伊藤 忍・加野直巳・
小泉尚嗣 |
| 600 | つくばエキスポセンター館内の石材と化石 | 井川敏恵・中澤 努・利光誠一・
兼子尚知・住田達哉・徂徠裕子・
神田久生 |
| 601 | 富士火山東山麓におけるテフラ層序記載 | 山元孝広 |
| 602 | 第 22 回「GSJ シンポジウムアカデミックから身近な地質情報へ」 | 地質調査総合センター |
| 603 | 地質標本館所蔵鉱物標本写真集 | 地質標本館 |
| 604 | 化学式の元素組成と式量を求めるプログラム formulaweight | 竹野直人 |
| 605 | 地質標本館 2014 年夏の特別展「地質アナログ模型の世界」 | 高橋雅紀・芝原暁彦 |
| 606 | 富士火山南西部の地質 | 山元孝広 |
| 607 | 地熱開発促進調査の地化学情報整備 | 佐々木宗建・阪口圭一・佐々木
進 |
| 608 | 西之島火山：岩石学的変数のコンターマップ | 宮城磯治・下司信夫 |
| 609 | 第 49 回 CCOP 年次総会技術セッション論文集 | 内田利弘 他 3 名 |
| 610 | 第 23 回地質調査総合センターシンポジウム「日本列島の長期的地質変動
の予測に向けた取り組みと今後の課題 - 数十万年の過去を解明し、将来を
予測する技術・知見・モデル -」 | 地質調査総合センター |
| 611 | 地質標本館所蔵鉱物の高波長分解能反射スペクトルデータ | 坂野靖行・古宇田亮一 |

地質調査総合センターの最新出版物

5 万分の 1 地質図幅	今庄及び竹波・早池峰山・南部・八王子・北川・鴻巣
20 万分の 1 地質図幅	伊勢・静岡及び御前崎（第2版）・与論島及び那覇・八代及び野母崎の一部・新潟（第2版）
200 万分の 1 地質編集図	No. 4 日本地質図（第5版） No. 11 日本の火山（第3版）
海陸シームレス地質図	S-4 海陸シームレス地質情報集「石狩低地帯南部沿岸域」
特殊地質図	No. 40 関東平野中央部の地下地質情報とその応用
海洋地質図	No. 83 襟裳岬沖海底地質図（1:20 万） No. 84 種子島付近表層堆積図（1:20 万）
鉱物資源図	No. 7 南西諸島（1:50 万）
構造図	No. 14 全国主要活断層活動確率地図
火山地質図	No. 1 桜島火山地質図（第2版）（1:2.5 万） No. 17 諏訪之瀬島火山地質図（1:2 万）
水文環境図	No. 7 熊本地域
空中磁気図	No. 44 岩手火山地域高分解能空中磁気異常図 No. 45 福井平野地域高分解能空中磁気異常図 No. 46 養老断層地域高分解能空中磁気異常図
重力図	No. 30 徳島地域重力図（ブーゲー異常） No. 31 京都地域 S3 甲府地域重力構造図（ブーゲー異常）
海外地球科学図	アジア地質図（1:500 万） 中央アジア鉱物資源図（1:300 万） アジア鉱物資源図（1:500 万）
数値地質図	G-16 20 万分の 1 日本シームレス地質図 DVD 版 G-17 九州地質ガイド FR-2 燃料資源地質図「東部南海トラフ」 GT-4 全国地熱ポテンシャルマップ S-2 海陸シームレス地質情報集「新潟沿岸域」 S-3 海陸シームレス地質情報集「福岡沿岸域」 V-3 口永良部島火山地質データベース P-2 日本重力データベース DVD 版 G20-1 20 万分の 1 数値地質図幅集「北海道北部」第2版 G20-2 20 万分の 1 数値地質図幅集「北海道南部」第2版 E-5 表層土壌評価基本図 ～富山県地域～
その他	日本の熱水系アトラス 海と陸の地球化学図

地質調査研究報告編集委員会

委員長 佐脇 貴 幸
副委員長 鈴木 淳
委員 大谷 竜
長 森 英 明
藤原 治
柳澤 教 雄
川邊 禎 久
神宮司元 治
内野 隆 之
森尻 理 恵
高橋 浩
工藤 崇
田中 明 子
板木 拓 也

事務局

独立行政法人 産業技術総合研究所
地質調査情報センター
地質・衛星情報サービス室
<https://www.gsj.jp/inquiries.html>

Bulletin of the Geological Survey of Japan Editorial Board

Chief Editor: Takayuki Sawaki
Deputy Chief Editor: Atsushi Suzuki
Editors: Ryu Ohtani
Hideaki Nagamori
Osamu Fujiwara
Norio Yanagisawa
Yoshihisa Kawanabe
Motoharu Jinguuji
Takayuki Uchino
Rie Morijiri
Yutaka Takahashi
Takashi Kudo
Akiko Tanaka
Takuya Itaki

Secretariat

National Institute of Advanced Industrial
Science and Technology
Geological Survey of Japan
Geo-information Center Geoinformation Service Office
<https://www.gsj.jp/en/>

地質調査研究報告 第65巻 第11/12号
平成26年12月26日 発行

独立行政法人 産業技術総合研究所
地質調査総合センター
〒305-8567
茨城県つくば市東1-1-1 中央第7

Bulletin of the Geological Survey of Japan
Vol.65 No.11/12 Issue December 26, 2014

National Institute of Advanced Industrial
Science and Technology
Geological Survey of Japan
AIST Tsukuba Central 7, 1-1-1, Higashi,
Tsukuba, Ibaraki 305-8567 Japan

BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Vol. 65 No. 11/12 2014

CONTENTS

- On well water and sea level changes witnessed before the 1946 Nankai earthquake on the Pacific coast of Shikoku, Japan
Yasuhiro Umeda and Satoshi Itaba 129
- Observation of radionuclides transported with aerosols at the GSJ in 2013 and investigation of their re-suspension
Yutaka Kanai 145