淡路島における兵庫県南部地震後の湧水・地下水の挙動

高村弘毅*・河野 忠**

Trend of Spring Water and Groundwater in the Awaji Island After the 1995 Hyogo-Nanbu Earthquake

Hiroki TAKAMURA*, Tadashi KONO**

要 約

1995年1月17日に生じた兵庫県南部地震は、淡路島に大きな被害を及ぼした。同時に、淡路島には多くの湧水が存在するが、ある地域ではほとんどの井戸が涸渇するという現象が発生した。また地震後、地下水・湧水の異常増水によって地氾りや土地の冠水などの現象も発生した。地震による地下水への様々な影響は、噴砂現象をはじめとして水量、水質両面で、多様かつ広域に及んでいるものと思われる。そこで、兵庫県南部地震が淡路島の湧水、地下水にいかなる影響を与え、またそれらにどのような変化が生じたかを明らかにし、その原因を究明するために、湧水・地下水の水量、および水質調査を実施した。

淡路島における湧水・地下水で、それぞれ湧出量の増加や減少、地下水位の上昇、低下が観察された。これらは、断層の動きと地震動による地下水ポテンシャルの増加による地下水位の一時的な上昇の結果によるものと考えられる。帯水層の亀裂が生じたような場合には、水位が低下し枯渇する湧水もあった。断層付近の地震動の激しかった地域にある湧水や地下水において無機溶存成分濃度の増加傾向が認められた。これは主に、高濃度の溶存成分濃度を有する深層地下水の混入が原因であると考えられるが、地震動による各成分の溶出量増加や地震動による熱の影響なども考えられる。

Summary

The 1995 Hyogo-Nanbu Earthquake, which attacked Japan on January 17, 1995, has brought severe damage to the Awaji Island. Indeed, most wells have dried up in a certain area of the island where there are many springs. The unusual swell of groundwater and

* 立正大学文学部地理学科
Department of Geography, Rissho University

** 日本文理大学
Nihonbunri University

spring water has caused such phenomena as landslide and submergence of land after the earthquake. Apparently the earthquake has exerted various kinds of influence on both quantity and quality of the groundwater over a vast area including dust action. Quantitative and qualitative analyses of the spring water and groundwater were given in the Awaji Island to clarify the influence of the earthquake on both forms of water in the island and how the water has changed, and to seek the factors of the change.

Increase or decrease of spring water yield and upcoming or drawdown of groundwater-level are observed in the Awaji Island. These phenomena may have been caused by the change of groundwater potential in accordance with the action of fault and the earthquake shock. Some springs have dried up after experiencing drawdown probably because the aquifer has suffered fractures. Spring water and groundwater show a tendency to have increased their dissolved inorganic matter density around the faults where the earthquake shock was severe. It is suggested that this tendency turned up mainly because deep groundwater, which shows high density of the dissolved matters, has infiltrated into the spring water and groundwater and partly because the action of the earthquake shock enriched the dissolved matters and/or the heat produced by the shock has been influential.

1 はじめに

1995年1月17日に生じた兵庫県南部地震は、各方面に多大なる影響を与え、また、ライフラインの断絶で改めて水の重要性が認識された。淡路島には多くの湧水が存在し、島の人々はその生活用水を地下水に頼っている。その淡路島北部の山間地域ではほとんどの井戸が涸渇するという現象が発生したが、場所によっては地震後、地下水・湧水の異常増水によって地沁りや土地の冠水などの現象も発生した。その他、今回の調査では確認されていない地域においても様々な湧水、地下水への影響が生じていることが現地において報告されていることから、地震による地下水への影響は、噴砂現象をはじめとして水量、水質両面で、多様かつ広域に及んでいるものと思われる。このことから、防災用、非常用として全国的に設置されている水井戸の安全性についても再検討しておく必要がある。そこで、兵庫県南部地震が淡路島の湧水、地下水にいかなる影響を与え、またそれらにどのような変化が生じたかを明らかにし、その原因を究明するために、湧水・地下水の水量、および水質調査を実施した。

被災地の状況に対する配慮から現地の調査に限界があり、資料不足の点もあるが、緊急のニュース性と今後の危機予見の重要性に鑑み報告するこ

ととした。

2 研究地域の概要

(1) 地質と地形

淡路島は南西方向に細長い形をし、断層によって区切られた直線的な海岸を持つ島である。淡路島北端から南西方向に海拔200~300mほどの脊梁山脈がのびている。中央部には海拔448mの先山があり、その周辺部には扇状地が発達しており、古くから多くの湧水が分布する地域でもある。最南部には海拔608mの^{ユヅルハ}諭鶴羽山を中心とした諭鶴羽山地が東西方向にのびている。市原ほか(1991)や兵庫県(1995)から作成した淡路島の地質の概要を図1に示す。淡路島の北部では主に花崗岩類、第三紀層が卓越しており、その上をマサ土が覆っている。また南部は和泉層群、沖積層によって占められている。

(2) 地震により生じた断層

淡路島には、野島断層をはじめとして楠本断層、浅野断層などの多くの断層が存在する。これらは北東から南西に向けてのびており、直交するように育波断層や志筑断層がのびている。

太田・堀野(1995)によると、兵庫県南部地震によって活動したと考えられる野島断層は、淡路島

図-1 淡路島の地質概要

北端にある江崎灯台から北淡町中心部の富島まで、9 km にわたって出現した。ほぼ一直線に並んでいるが、ところによっては雁行割れ目を呈するところもある。断層は、すべて右横ずれで、最大の横ずれ変位量が170cmに達し、縦ずれは一般に南東上がりで、最大縦ずれ変位量は130cmになる。

3 研究方法

調査は、1995年3月18日～23日の期間実施した。調査対象は、湧水と井戸に絞った。調査方法は、湧水・地下水についての聞き取り調査、湧水の湧水量、地下水位、および水質調査である。聞き取り調査は、地震前後で湧水と井戸水の水量や水質の変化をなるべく詳しく、聞き取るように努め、量的な推定ができるように心がけた。調査地点の選定には、波毛(1986)を参考にした。

現地での観測項目は、湧水量、地下水位、水温、電気伝導度(以下EC)、pH、RpHである。湧水量の測定は、三協精密製微流速計SV-101型を用い、その流速と断面積から湧水量を求めた。また、パ

イプ等から湧出している場合はビニール袋を用いた。水温とECは、TOA電波製CM-11Pを使用し、水銀温度計を用いて水温を補正した。なお、ECは25℃の値に補正してある。pH、RpHは、比色法を用いた。RpHは、サンプルを試験管にとり5分間攪拌した後、測定した。

水質分析は、検水は湧出地点で250ccのポリビンに採水、氷冷、実験室に持ち帰り実施した。水質分析項目は、主要無機成分の Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+ 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 HCO_3^- 、 NO_3^- 、 NO_2^- 、 SiO_2 である。分析には、日本文理大学環境科学研究所のダイオネクス社製イオンクロマトグラフDXAQ-1211を用いた。サンプル水は、富士フィルム製0.2 μm のディスクカプセルにより濾過を行い、イオンクロマトグラフに供した。また HCO_3^- は、JIS-K0101に基づき、pH4.8アルカリ度として定量した。 SiO_2 は、分光光度計を用いて、モリブデン黄法により分析した。

4 結果と考察

(1) 湧水の湧水量と地下水位の変化

図2に地震後における湧水量と地下水位の変化を示す。この図によると北淡町仁井地区を除き、断層の西側に位置する湧水、井戸の湧水量・地下水位が上昇する傾向が認められる。多くの湧水で、地震後の湧水量増加が観察され、3月の時点では多少の減少傾向は見られるものの、普段の2～5倍程度の湧水量を示していた。逆に、断層の東側や山間部、淡路島南部の一部で湧水量の減少や地下水位の低下がみられた。また、湧水量、水位変化の不明な観測地点でも、何らかの変化が生じていると考えられる。佐藤・高橋(1995)の地震直後の湧水調査によると、野島、楠本断層に沿って多数の湧水が生じたことが報告されている。また、同じく地震直後(1月20日～23日)に湧水、河川の湧水量、流量調査を実施した田中ほか(1995)の報告によると、淡路島全域にわたり、ほとんどの湧水、河川で水量が増加したことが確認された。

淡路島北部北淡町仁井地区のほとんどの井戸は涸渇状態であった。この地域は、野島断層と楠本断層に挟まれた山間の丘陵地に位置する地域である。仁井地区では、地震前後に急激な水位上昇が見られ、その後2日～10日前後で水位が低下して

図－２ 兵庫県南部地震後の湧水・地下水の変化

涸渇した。ほとんどの井戸が枯渇した中で、なきりのぶつ井戸と呼ばれる井戸付近の水田で、地割れと噴砂現象が多数みられる。井戸自体も地震によりねじ切られた状態になっており、水位上昇により、付近から地下水が噴出していた。

淡路島南部の井戸は、地下水位の異常現象はあまりみられなかったが、玉章井のある三原町小榎列地区の井戸では、地震直後に水位の上昇と白い濁りが観察され、その後水位は平年より低下した。また、この地区には枯渇した井戸が多少みられた。

地下水位が上昇したまま低下しない井戸水は、淡路島北部の断層付近から新たな湧水が出現した付近の井戸と、淡路島南部の沼島にある井戸でみられた。

今回の地震における断層は、右横ずれであり、かつ東側が上昇していることから、この現象のモデルは図３のように考えられる。特にこの現象が典型的にみられたところが阿弥陀さんの井戸である。地震により地送りを生じ、帯水層を切る形で新たな湧水が生じ、その下流に当たる井戸の水位

図－３ 野島断層付近の地下水の挙動

が地表面と同じ高さになっていた。

淡路島の名水の一つ、鍾馗の水は調査時点で涸渇していたが、地震直後は湧出量の増加が見られ、周辺の湧水でも湧出量の増加現象が観察された。しかし、鍾馗の水は、花崗岩の割れ目から湧出する裂か水と考えられ、地震動による花崗岩の亀裂が原因で枯渇したものと考えられる。

山間の狭隘な帯水層の地下水は、岩盤や難透水層中に亀裂が生じた場合、地震動による一時的なポテンシャルの増加により水位は上昇するが、その後、断層や亀裂へ地下水が落ち込むとともに水位が低下し、涸渇すると考えられる。

それに対して、海岸部や扇状地などの広域な帯水層中を流動する地下水はごく一部において水位低下がみられたものの、多くの井戸において、一時的なポテンシャルの増加に伴う水位の上昇が生じた。また、海岸付近にあり、感潮域の地下水帯にある井戸(淡路島南部に位置する沼島の井戸群など)は、地震動による一時的な水位の上昇後も、調査時点では水位低下が生じなかった。

聞き取り調査から地震後の変化を考慮に入れ、湧出量・水位の変化を示すと図４のようになる。大略５つのパターンに分類される。調査時点で地下水位が上昇したまま下がらないパターンＡに属する湧水・井戸は、いずれパターンＢになるものと考えられる。また、パターンＢ・Ｃの湧出量・水位上昇のピークに達する時間は、場所によって異なり、０～１０日位であった。震源に近い北淡町付近のピーク時間は比較的短く０～３日程度であった。

図－４ 地震後の湧出量・地下水位の変化パターン

図－５ 湧水・地下水の水質のトリリニアダイアグラム

(2) 淡路島の湧水・地下水の水文化学的特徴
 今回の水質分析結果と、地震前の水質データとして波毛・西村(1994)が1994年8月の水質データを発表しているので、これをあわせて表1に示す。
 淡路島の水質の概要を知るために、トリリニアダイアグラム(図5)を作成した。これによると淡路島の湧水、地下水は、花崗岩の卓越する地域では典型的なCa-HCO₃型の水質を示している。ところが海岸付近に位置する地下水は海水の影響を受けるために、Na-Cl型の水質を示している。また、淡路島南部地域で扇状地の沖積層や和泉層群に位置する湧水・地下水のなかには神仙寺の水のような特殊な水質を示すものや、NO₃⁻濃度が高く人為汚染の進んでいる湧水、地下水も認められる。淡路島の湧水、地下水の基本的な性質は、その地質によって支配されていると考えてよいであろう。

(3) 地震前後の水質変化

表1の地震前後の水質データは分析者の異なる水質データで、地震前後各1回のみのデータであることから、このデータから結論的なことを述べることは無理であるが、ある程度の推定、傾向の把握は可能であろう。さらに、1994年夏季は記録的な渇水で、水量、水質に多大なる影響を与えた

ものと考えられる。以後、これらを考慮して述べることにする。

表1から明らかなように、地震後の淡路島北部から中部にかけての湧水・地下水の水質は、ほとんどの成分で濃度の増加傾向を示している。北部の湧水・地下水ではNa⁺、Ca²⁺、SO₄²⁻、HCO₃⁻濃度が増加し、他の成分は減少した。一方南部の湧水・地下水は、濃度が一定もしくは、低下する傾向がみられた。南部の水質は、HCO₃⁻とNO₃⁻で濃度の増加がみられた。北部・中部と南部で水質変化に一定の傾向がみられることから、地震前後のデータの信憑性は、かなり高いものと考えてよいであろう。

基本的に地震の震源地に近く、地殻変動の激しい花崗岩と第三紀層の卓越する地域での溶存成分濃度の増加が顕著であり、比較的震源地から離れた地域や和泉層群や沖積地にある観測地点での水質変化が少ないことがわかる。佐藤・高橋(1995)も淡路島北部において同様の結果を得ており、この原因について、淡路島の湧水は、NO₃⁻濃度が低く、F⁻の濃度が高い(最大3mg/l)ことから、花崗岩と第三紀層の浅い地下水が流出した可能性が高いことを指摘している。またHCO₃⁻濃度が地震前よりも高くなっていることから、深層地下水の混入がその原因ではないか、と述べている。

表－1 淡路島湧水・地下水観測結果

No	地点名	観測日	種類	湧出量	Tw	E.C.	pH	RpH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	F ⁻	SiO ₂	
				l/sec t/day	℃	μ S/cm			mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
1	阿弥陀さん湧水	95/03/21	S	2.00	172.8	14.8	412	7.5	8.0	24.8	2.7	43.6	12.1	0.0	23.4	30.5	163.8	0.0	0.0	0.0	1.1	55.4
2	阿弥陀さんの井戸	95/03/21	W			13.8	291	5.6	7.6	22.7	1.3	25.6	5.3	0.0	44.9	32.8	43.7	3.0	0.0	0.0	0.3	41.2
3	真泉寺井戸	95/03/21	W			14.4	569	7.1	7.9	59.7	2.7	32.2	4.6	0.0	73.0	77.3	57.8	15.2	0.0	0.0	0.5	37.0
4	猪坂剛正宅井戸	95/03/19	W			14.7	575	6.6	8.1	43.8	7.0	51.9	17.6	0.1	29.5	42.6	241.2	1.5	0.2	0.0	0.5	37.8
5	鍾埴の水②	95/03/19	W			16.2	268	7.3	7.9	16.2	1.7	31.6	5.9	0.0	8.0	19.7	117.4	0.0	0.0	0.0	0.5	36.6
6	鍾埴の水③	95/03/19	S	9.44	815.4	15.4	277	7.2	7.8	20.3	1.8	29.2	5.7	0.0	16.7	23.7	102.0	1.3	0.0	0.0	0.4	28.4
7	御井の清水	95/03/19	S	0.14	12.1	14.1	262	7.5	7.8	18.3	1.6	26.3	5.3	0.0	25.2	19.7	78.1	4.0	0.0	0.0	0.2	17.7
★	御井の清水	94/08/19	S			15.7	264	7.1	17.5	2.8	23.2	5.3			22.4	21.9	67.0	5.0				18.9
8	柳の清水	95/03/18	W			11.7	370	7.1	7.8	28.8	3.6	26.0	7.6	2.7	30.5	33.3	110.3	0.8	0.2	0.4	0.5	20.6
9	大師の水	95/03/18	S	0.72	62.6	17.4	343	7.5	8.0	23.0	1.5	42.2	6.0	0.1	12.5	21.9	154.7	0.0	0.0	0.0	0.4	27.3
★	大師の水	94/08/19	S			18.2	344	7.5	21.7	2.6	39.2	5.1			6.5	23.4	128.0	0.2				27.8
10	高山町道湧水	95/03/21	S	1.00	86.4	17.1	394	7.4	8.0	27.7	1.4	46.7	6.4	0.1	18.2	25.7	166.0	0.0	0.0	0.0	0.7	37.6
11	智禅寺裏井戸	95/03/20	W			11.1	592	6.3	7.8	61.5	1.3	26.7	10.4	0.0	71.7	75.7	96.9	1.8	0.0	0.0	0.5	45.8
12	智禅寺横井戸	95/03/20	W			14.0	458	6.3	7.9	48.0	1.4	29.7	10.4	0.0	25.0	56.6	136.2	0.5	0.0	0.0	0.3	41.6
13	命かえの水	95/03/20	W			10.5	189	6.7	7.5	25.3	0.4	8.9	1.5	0.0	22.4	13.8	38.6	11.7	0.0	0.0	0.2	35.8
14	菊水井	95/03/20	W			11.0	608	7.1	7.6	57.5	10.2	32.3	8.4	0.0	28.2	87.1	92.8	16.1	0.0	5.6	0.2	23.5
★	船瀬の湧加水	95/03/20	W			13.1	341	5.9	7.7	28.5	1.3	13.4	12.3	0.0	37.6	40.7	53.0	7.6	0.0	0.0	0.1	26.3
★	船瀬の湧加水	94/08/19	W			23.9	360	6.0	31.0	1.8	14.4	12.3			40.0	51.4	49.0	8.3				29.2
16	下司の岩神さん	95/03/22	S	0.10	8.6	13.6	243	7.5	8.0	20.8	1.3	25.3	4.3	0.0	5.6	12.9	110.3	1.0	0.0	0.0	1.4	23.1
★	大師の清水	95/03/21	S	0.71	61.3	15.7	361	7.3	8.0	20.4	1.0	43.9	8.6	0.0	23.0	16.8	152.3	2.3	0.0	0.0	0.5	17.7
★	大師の清水	94/08/19	S			16.5	328	7.4	18.8	1.6	39.6	9.7			21.4	19.1	132.0	2.5				19.2
18	湯谷薬師の清水	95/03/21	S	5.05	436.7	15.3	196	7.8	8.0	12.3	1.0	21.8	3.5	0.0	16.9	11.1	65.9	4.2	0.0	0.0	0.3	16.6
★	湯谷薬師の清水	94/08/19	S			15.8	189	7.8	10.6	1.6	19.2	3.4			10.6	13.4	55.0	6.1				16.9
19	水の大師	95/03/20	W			12.4	328	7.1	7.8	26.3	1.0	28.6	6.2	0.0	26.9	33.7	90.8	2.3	0.0	0.0	0.3	20.5
★	水の大師	94/08/19	W			19.5	315	7.7	23.2	2.3	29.2	5.8			15.9	28.0	92.0	1.0				18.7
20	牛王水	95/03/21	S	3.77	325.7	15.4	249	7.4	7.9	13.1	1.0	30.7	5.2	0.0	20.4	11.4	96.2	1.7	0.0	0.0	0.3	13.9
★	牛王水	94/08/19	S			15.0	246	7.0	12.2	1.6	27.6	5.5			15.2	14.1	82.0	3.2				15.4
21	松月の清水	95/03/20	W			13.6	324	6.2	7.6	28.3	0.7	21.2	5.7	0.0	59.2	22.2	41.5	33.3	0.0	0.0	0.2	37.4
★	玉章井	95/03/22	W			11.9	455	6.3	7.5	23.3	3.8	41.2	11.3	0.0	58.4	40.6	35.9	56.1	0.0	0.0	0.0	19.3
★	玉章井	94/08/19	W			22.7	575	5.8	26.0	7.6	50.0	16.0			87.8	49.6	41.0	17.4				24.8
23	長月の清水	95/03/22	S	0.00	0.0	10.4	525	6.0	7.3	19.4	5.7	52.2	12.5	0.0	56.6	35.4	22.7	156.1	0.0	0.0	0.0	12.2
24	長月庵の井戸	95/03/22	W			11.6	530	6.2	7.6	20.3	6.6	54.8	12.4	0.0	67.0	41.2	41.7	114.7	0.0	0.0	0.5	12.3
★	筒井の清水	95/03/21	S	0.25	21.3	13.7	495	5.9	7.9	21.0	4.0	50.0	12.2	0.0	61.0	36.3	44.2	104.6	0.0	0.0	0.0	17.6
★	筒井の清水	94/08/19	S			20.3	568	5.7	23.6	6.8	53.6	14.8			82.0	46.4	37.0	17.2				19.9
26	桜井の清水	95/03/22	W			14.9	395	6.3	7.7	31.0	9.6	28.3	7.8	0.0	36.8	33.4	83.5	31.7	0.0	1.1	0.3	25.2
27	弘法大師の祈水	95/03/22	S	0.10	8.6	6.5	79	6.1	6.3	8.1	0.7	2.3	1.6	0.0	7.7	10.5	2.7	7.4	0.0	0.0	0.0	11.8
★	神仙寺の水	95/03/22	S	0.05	4.3	13.6	419	7.9	8.1	19.1	0.8	59.9	6.1	0.0	77.6	15.7	122.8	5.4	0.0	0.0	0.4	15.3
★	神仙寺の水	94/08/19	S			16.9	543	7.8	19.5	1.7	62.8	7.2			83.9	19.5	121.0	5.1				16.3
★	沼島の大川	95/03/22	W			14.6	252	6.0	7.5	27.8	1.0	5.6	5.9	0.0	12.6	42.9	26.4	1.1	0.0	0.0	0.1	20.3
★	沼島の大川	94/08/19	W			18.4	237	5.4	28.7	1.4	4.0	5.1			6.0	53.5	18.0	1.4				22.2
30	沼島八幡井戸	95/03/22	W			14.5	549	6.2	7.3	61.2	3.5	11.3	7.1	0.0	39.8	95.6	17.1	5.7	0.0	1.4	0.0	17.4
31	堂の壺	95/03/22	W			15.5	770	7.5	8.3	62.9	15.4	76.7	10.6	0.0	49.1	67.7	249.0	26.4	0.0	6.6	0.0	38.7
32	泉の川	95/03/22	W			16.8	692	6.6	7.9	74.6	12.1	31.3	14.8	0.0	44.9	103.0	101.3	51.2	0.0	5.6	0.6	32.5
33	長崎井戸	95/03/22	W			13.2	366	7.3	8.0	24.9	1.2	42.8	4.5	0.0	60.7	17.9	104.7	2.2	0.0	1.7	0.2	12.2
34	浜井戸	95/03/22	W			13.2	384	7.5	8.0	26.2	0.8	48.0	4.2	0.0	62.1	17.3	117.6	1.3	0.0	0.0	0.3	12.4
35	小半川	95/03/22	W			13.5	449	7.3	8.0	35.3	1.7	43.3	8.7	0.0	23.4	51.8	139.6	2.0	0.0	0.0	0.3	25.2

注) ★印は波毛・西村(1994)のデータ、種類S:湧水、W:井戸、太字イタリックは波毛・西村(1994)より高濃度の値を示したデータ

今回の調査データでは、F⁻濃度の高い湧水はほとんど認められないが、HCO₃⁻濃度については、地震後佐藤らと同様に高い値を示している。また、角皆・脇田(1995)が行った神戸でのミネラルウォーターを利用した地震前後の水質変化の研究によると、深層地下水の上昇が原因と考えられるCl⁻、SO₄²⁻濃度の増加が報告されている。以上のことを考慮すると、今回筆者ら得た水質変化についても深層地下水の上昇がその一因として考えるべきであろう。

ところで、吉岡(1988)は、地層の風化による水質の変化を指摘し、それが地滑りと非常にいい関係であることを見いだした。特に、地滑り地において、HCO₃⁻濃度が上昇する傾向にあるという指摘から、淡路島における水質の変化も断層の動

きを地滑り面と同様に考えると、地震動により地下水が帯水層中でもまれた結果、無機成分の溶脱が一気に進み、無機溶存成分濃度が上昇したとも考えられる。トリリニアダイアグラム上で地震前後の水質変化をプロットすると(図6)、淡路島東部の海岸沿いにある水の大師と玉章井を除き、総てHCO₃⁻の割合が増加する方向に変化していることがわかる。このことから、地震が地下水の水質変化を生じさせたといえるであろう。

他にも、石井ほか(1995)は神戸市での深層地下水の全炭酸濃度の増加原因として、断層に沿って深部の高温水が上昇し、浅層地下水に混入したと考えている。深層地下水の混入かどうかは別にしても、直接的、間接的に断層熱が浅層地下水の水温を一時的に上昇させたとなれば、無機成分の溶

図-6 地震前後の水質の変化

脱促進も一因であると考えなければならない。特に、今回の水質の変化データでは、淡路島北部の断層付近の湧水が顕著であることから、野島断層などの変異の激しい断層がその水質変化を生じさせたことが原因していると推定される。この仮定が成立するならば、断層によって生じた亀裂からの深層地下水の上昇、混入、及び断層熱による化学的変化が水質の変化の原因であると考えた方が妥当となる。

古武家ほか(1995)は地震後の兵庫県東部を流れる猪名川水系の河川水、湧水中の重金属濃度が上昇したことを報告している。その増加原因として損壊家屋・ビルの解体による粉塵の飛散などとともに、湧水や自噴井からの溢水を考えている。いずれにせよ、深層の地下水が浅層地下水へ混入し、水質に何らかの影響を与えたことは間違いないであろう。

5 おわりに

淡路島における湧水・地下水で、それぞれ湧出量の増加や減少、地下水位の上昇、低下が観察された。これらは、断層の動きと地震動による地下水ポテンシャルの上昇による地下水位の一時的な上昇の結果によるものと考えられる。同時に、帯水層に亀裂が生じた場合などに水位が低下し、枯渇する場合もあった。

水質面からも地下水に変化が生じており、断層

付近の地震動の激しい地域にある湧水や地下水の無機溶存成分濃度の増加傾向が認められた。これは主に、高濃度の溶存成分濃度を有する深層地下水からの混入が原因であると考えられるが、地震動そのものや地震動による熱の影響なども考えられる。

本論文は、1995年日本地理学会秋季大会(岡山大学)で発表したものを加筆修正したものである。

謝 辭

本研究は、日本文理大学環境科学研究所研究費の一部、ならびに立正大学の研究費の一部を使用し、実施した。水質分析にあたっては、日本文理大学環境科学研究所村谷俊雄先生に実験室およびイオンクロマトグラフを快く使用させていただいた。ここに記して深く感謝の意を表する次第である。

最後に、今回の地震で、お亡くなりになられた多くの方々のご冥福をお祈りする次第である。

参考文献

- 石井武政・風早康平・安原正也・佐藤 努(1995):神戸市周辺の地下水と兵庫県南部地震、日本水文科学会学術大会講演予稿集、42~45.
- 市原 実・駿河 進・佐藤光男(1991):大阪・奈良地域の地質断面図、アーバンクボタ、No.30.
- 太田陽子・堀野正勝(1995):1995年兵庫県南部地震の際に出現した野島地震断層と被害状況、地学雑誌、Vol.104、No. 1、143~153.
- 角皆 潤・脇田 宏(1995):1995年兵庫県南部地震前の地下水の化学組成の変化、月刊地球、号外No.13、190~193.
- 古武家善成・山本 淳・駒井幸雄・梅木 諭(1995):兵庫県南部地震に伴う陸水、雨水中重金属濃度の変化、日本陸水学会講演要旨集(名古屋)、p.113.
- 佐藤 努・高橋 誠(1995):淡路島で生じた湧水—1995年兵庫県南部地震に伴う地下水変化—、日本水文科学会学術大会講演予稿集、46~47.
- 田中和広・千木良雅弘・宮川公雄・馬原保典・長谷川琢磨・波毛康宏(1995):兵庫県南部地震における地下水挙動調査結果、日本地下水学会1995年春季講演会講演要旨、8~11.
- 波毛康宏(1986):「淡路島の清水」, (株)教育出版セン

ター、147p.

波毛康宏・西村良司(1994)：名水を尋ねて(27)淡路島
の名水、地下水学会誌、Vol.36、No. 4、487～492.

兵庫県(1995)：1：50,000表層地質図「須磨・明石・
洲本」、日本地図センター.

吉岡龍馬(1988)：水質からみた風化現象、奥田節夫教
授退官記念事業会：「災害地形学最前線」京都大学防
災研究所、11～13.

(受付：1996年8月4日、受理：1996年8月30日)