

沿岸域水道水源地下水の東日本大震災の影響と回復

開発一郎(水文・水資源学会、広島大学名誉教授)

2011年3月11日の東日本大地震に伴う巨大津波による三陸沿岸部の市町村地域の水道水源地下水・不圧地下水の汚染(地下水の海水・重金属他による汚染)

研究目的:この地下水汚染状況の把握や復旧・回復過程の科学的解明(本研究は災害時の水資源、特に家庭用水の確保の観点から極めて重要)

→ 日本のみならず東アジア(インドネシア、インド、セイロン他)沿岸域、太平洋東沿岸域(北米西海岸、チリ等)、地中海沿岸地域での地下水被災への対応のためにも本研究は極めて重要(これまで津波災害による地下水資源の保全に関する定量的で時空間的な科学研究がほとんどない!)

*水文・水資源学会東日本大震災対応地下水調査研究グループ代表、グループ共同研究者:小野寺真一(広島大学)、近藤昭彦(千葉大学)、中川 啓(長崎大学)、林 武司(秋田大学)、手針太一(中央大学)、徳永朋祥(東京大学)

本発表のアウトライン

- ✓ 水道水源地下水の津波被災・復旧状況
- ✓ 津波被災汚染による水道水源地下水の水質変化の現場調査と室内実験の結果
- ✓ 長期の水質回復過程の物理モデル解析結果
- ✓ 津波被災に伴う汚染地下水と地下水水源水道システムの復旧・回復支援モデルの構築
- ✓ 本研究成果の公開と社会支援・還元および科学的事実の継承活動の試み(防災・被災のために)

研究方法

▣ 特定試験地と試験井戸(釜石市:小白浜井戸・伊里前井戸、陸前高田市:竹駒井戸、南三陸町:助作井戸)

▣ 調査解析方法

- 長期現地地下水調査(水位、pH、水温、電気伝導度、採水:無機分析)、土壌汚染調査(基本的調査)
- 水質・同位体比分析・土壌物理分析
- 既存資料解析
- 物理モデル解析





南三陸町市街地(左)と助作水源(右)の被災状況
(2011年6月16日)

南三陸町の上水道被災・復旧状況

上水道・水源(地下水)被災状況

- 主要4浄水場と水道水源井戸が浸水、送排水管の破壊: 約100ヶ所で水管橋流出
- 給水管: 全世帯の約6割(約3000戸)が流出・全半壊(原則止水)

復旧

- 浄水場: ドレインの実施、膜濾過浄水の実施、湧水利用
- 送排水管: 露出仮設配管
- 水道水源井戸の強制揚水

応急給水

- 3/18から給水車による応急給水開始(日本水道協会からの支援: 全都道府県行政機関からの給水車派遣: 43団体、自衛隊) 最大16台/日稼働
- 飲用制限解除: 9/1

個人レベルの家庭用水の確保(被災者への198件のアンケート調査結果: 釜石市中心街・鵜住居地区於)

- 水道復旧までの許容期間: 1週間
- 水道復旧までの代替水源(自助的行動): 湧水・井戸水・ペットボトル水(コンビニ購入)

試験井戸の地下水の無機イオン分析結果

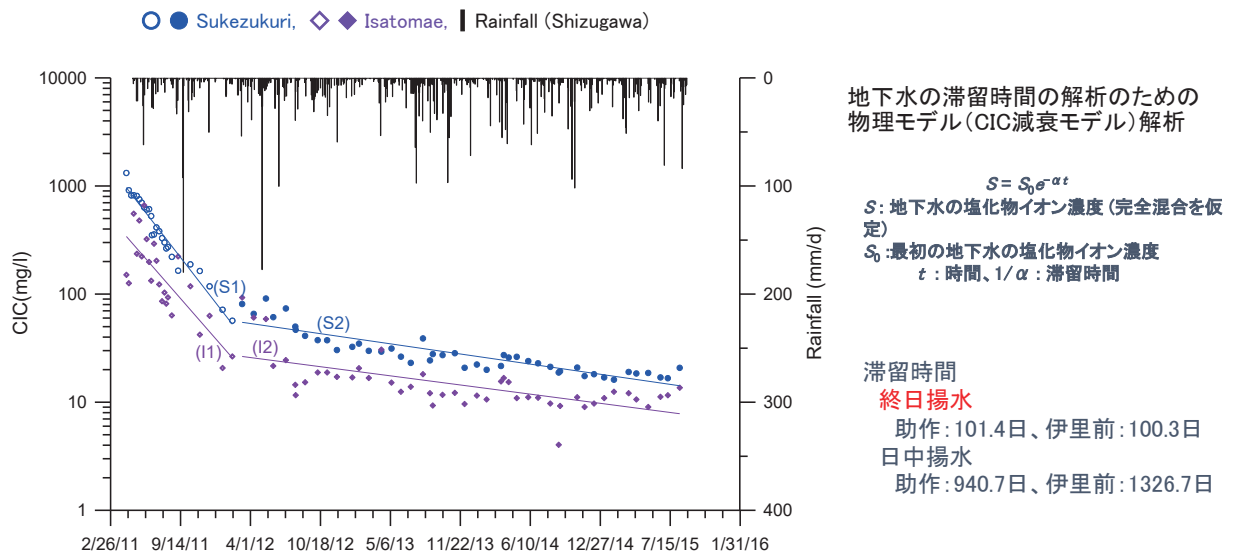
unit:mg/l

Sampling date	Study well	HCO ³⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
20110623	Sukezukuri	11.6	353.74	27.76	0.00	197.36	5.67	31.63	172.03
20110803	Sukezukuri	13.7	266.73	22.98	2.34	159.37	5.34	14.72	78.69
20120807	Sukezukuri	13.0	47.13	8.76	1.72	45.81	2.12	3.65	19.34
20130826	Sukezukuri	14.5	24.54	6.13	1.66	18.31	1.75	3.26	16.67
20140325	Sukezukuri	13.7	27.52	7.00	1.21	24.80	1.66	4.08	21.94
20140829	Sukezukuri	16.2	18.97	5.91	0.92	21.00	1.62	3.99	21.75
20150810	Sukezukuri	15.5	20.95	7.23	2.04	17.84	1.27	3.68	20.90
20110803	Isatomae	10.9	82.21	6.36	1.67	49.92	2.83	6.81	32.76
20120807	Isatomae	12.0	11.72	3.03	0.00	21.60	1.50	2.86	13.87
20130826	Isatomae	7.0	12.20	3.32	0.48	13.13	1.35	2.95	14.48
20140325	Isatomae	8.1	16.89	4.72	0.71	12.64	1.00	3.11	15.28
20140829	Isatomae	13.0	4.07	1.18	0.27	5.22	0.60	1.40	6.96
20150810	Isatomae	14.0	13.71	4.83	1.12	12.96	1.36	3.31	17.31
20110623	Takekoma	12.0	168.26	9.55	1.15	60.76	2.61	6.73	58.39
20120807	Takekoma	15.0	51.57	6.78	1.32	30.53	1.63	3.96	35.55
20130826	Takekoma	17.1	19.72	4.72	1.12	21.05	1.30	3.21	30.05
20140325	Takekoma	14.4	13.99	3.74	0.91	11.69	1.13	2.39	25.81
20140829	Takekoma	17.2	12.66	4.66	1.15	14.16	1.22	2.47	27.31
20150810	Takekoma	15.0	5.03	2.34	1.10	9.09	0.91	1.95	22.70
20110623	Kojirahama	2.1	116.64	5.03	0.55	64.32	4.05	7.28	25.43
20110803	Kojirahama	3.2	43.96	3.93	1.46	29.07	2.11	2.98	10.80
20120805	Kojirahama	4.1	11.58	2.38	0.70	12.25	1.31	1.13	4.32
20130826	Kojirahama	3.5	6.59	1.53	0.49	7.14	0.82	1.02	4.04
20140325	Kojirahama	2.9	6.01	1.44	0.54	5.22	0.81	1.08	4.20
20140829	Kojirahama	4.5	3.93	1.28	0.35	4.86	0.73	0.88	4.14
20150810	Kojirahama	4.5	5.57	1.72	1.06	5.33	1.32	1.01	4.62

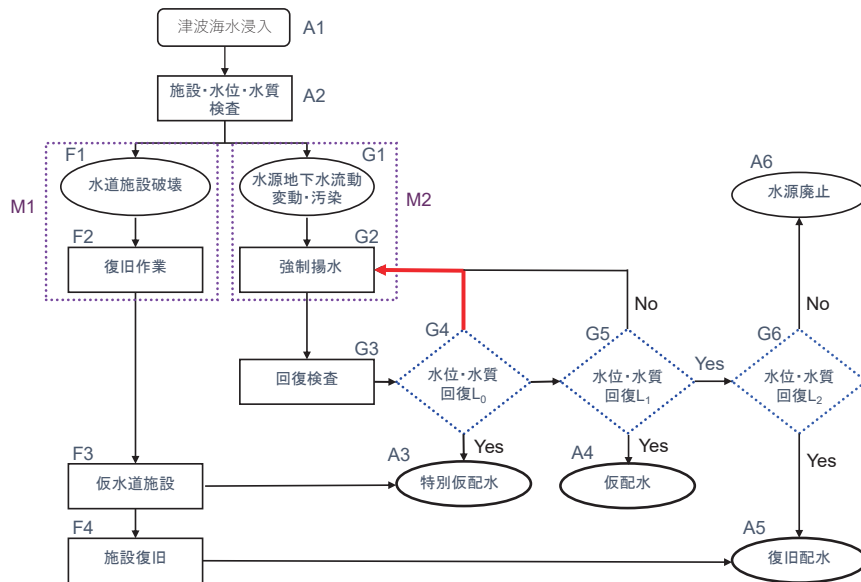
・被災前の試験井戸の地下水のClイオン濃度値は約30 mg/l以下

・一部の井戸から高濃度(0.104 mg/l)の鉛が2011年6月に検出(水道水質基準は0.1mg/l): 海底由来

・特定試験地の地下水が津波海水の影響を大きく受けた(同位体比分析のδD(δ²H)とδ¹⁸Oの時間変化からも確認)



地下水(助作と伊里前の試験井戸)の塩化物イオン濃度の変化(Kaihotsu et al., 2017: Environ. Earth Sci. [DOI: 10.1007/s12665-017-6569-x, 2017])、S1/I1:終日揚水期間、S2/I2:日中揚水期間



復旧・回復支援モデルの試案

おわりに

- ✓ 津波海水の水道水源井戸地下水の明らかな汚染(海水・重金属汚染)の科学的検証
- ✓ 汚染地下水の水質回復を早める強制的な揚水効果(地下水の滞留時間が約100日と短くなり、地下水の回復時間が短くなった)。
- ✓ 津波被災汚染水道水源地下水の復旧・回復支援モデル(南三陸町モデル0.0版)を構築

✓ 研究成果の公開

国内外の関係学会での発表(2012年水文・水資源学会研究発表会、2012年・2014年・2015年日本地下水学会講演会、国際地球物理・測地学会2015(IUGG2015)、アジアオセアニア地球科学会(AOGS2017)、日本地下水学会地下水セミナー発表会・講演会於)、国際交流セミナー(2014年ポロニーヤ大学於)、国内外の学術雑誌(地下水学会誌2013年[DOI: 10.5917/jagh.55.21]、2019年[DOI: 10.5917/jagh.60.263])、国際学術雑誌(Environmental Earth Sci.2017[DOI: 10.1007/s12665-017-6569-x, 2017])他での公開

✓ 市民参加型公開ワークショップ・研修

- ・津波による上水道水源汚染、その保全とシステム復旧に関するワークショップ実施
(H25 2/11:公開型WS(広島大学於:行政機関・市民参加;中国新聞報道)、H27年11/8(岩手大学三陸水産研究センター於:行政機関職員・一般市民参加、本WS資料は釜石市の職員研修資料に採用)
- ・南三陸町での水道関係職員向けの研修を実施