

下流に伴う水質変化からみた本州中央部の太平洋側を 流れる天竜川と大井川について

西山 勉*

River Tenryukawa and River Ooikawa Flowing on the Pacific Ocean Side in the Central Region of the Main Land Japan from the Viewpoint of Water Quality Changes along the Course of a River

Tsutomu Nishiyama

Abstract

River Tenryukawa has a waterhead at Lake Suwako as a basin lake with active volcanos. Human activities are vigorous around Lake Suwako, and the water qualities of the lake are characterized by high anion and cation concentrations due to the volcanos and human activities. At Point Tatsuno of River Tenryukawa near the exit of Lake Suwako, anion and cation concentrations are high. However, the concentrations become gradually lower as the stream goes down to Points Ina, Tenryukyo and Chubutenryu due to dilution with inflow water from tributaries with abundant fresh nature. The water qualities of River Tenryukawa are blocked off with Dam Sakuma, and those are replaced at Point Chubutenryu by the water qualities of River Oochisekawa as a tributary.

The upper stream of River Ooikawa is located in mountain and forest areas, and its water qualities are characterized by low ion contents, especially low in Cl concentration. The Na/Cl ratio in the upper stream is the highest in main rivers in the mainland, probably due to the landform to weaken the effects of seawater as well as the geology to dissolve out much Na ions. Since the river's watershed areas are small compared with the flow channel length, the phenomena of the watershed are easily reflected on the water qualities. Hot spring Kawane at Point Ieyama, tea cultivation at Points Ieyama and Shimada, as well as increase in

*) 東洋大学経済学部社会経済システム学科 〒112-8606 東京都文京区白山5-28-20
Department of Social Economic Systems, Faculty of Economics, Toyo University 5-28-20, Hakusan,
Bunkyo-ku, Tokyo 112-8606, Japan
(東洋大学自然科学研究室 Natural Science Laboratory, Toyo University)

population and industrial activities seem to have affected the water qualities. River Ooikawa is the river where the concentrations of components increase as the stream goes down from the upper to lower.

1. はじめに

天竜川は流路 213km で本邦 9 位であり、流域は 7040km² と本邦 12 位である。その水源は本州中央部の諏訪湖であり、その諏訪湖の西端の釜口水門から出た天竜川は西側の木曾山脈と東側の赤石山脈（南アルプス）間の幅 30–40km ほどの伊那山地を流域とし南北に伸びた伊那盆地を 1 km ほどの蛇行帯幅となって 160km ほど南下して、浜松市近くで太平洋の遠州灘に流れ出る。長野県南東部、愛知県の東部、そして静岡県西部を流れる本州中部太平洋側を代表する河川のひとつである。

大井川は天竜川の東に隣接する河川で、静岡県東部をほぼ北から南に流路長 168km を流れて太平洋の駿河湾石花海に流れ下る河川である。赤石山脈（南アルプス）の間の岳（3189m）を最上流域とし、塩見岳（3047m）、荒川岳（3083m）、赤石岳（3120m）、聖岳（3010m）、光岳（2591m）の東谷筋を流域とし、中流域の中井ダムより 2km ほどの蛇行帯幅となって弧を描くように流れ、千頭上流で西側から支流寸又川の流れを入れる。河口の 15km ほど手前の金谷で台地より駿河湾の三角州に流れ出る。大井川の流域面積 1280km² は流路長に対し狭く、その比 7.6 km²/km は理科年表に示された日本の主な 52 河川の中で那珂川（7.0km²/km）に次いで 2 番目に小さい。

このように赤石山脈を分水嶺にして接する天竜川と大井川、それぞれに下流に伴ない陰陽イオン濃度の変化する様子と流域の自然と環境について考察した。

2. 河川水の採水地点および採水と実験方法

天竜川で河川水を採水した地点は上流より下流に向って上諏訪・諏訪湖・船乗り場（図 1 中の地点番号 1）、辰野・清水橋（2）、伊那・中央橋（3）、天竜峡・姑射橋（4）、中部天竜・中部大橋（5）、西鹿島・鹿島橋（6）の 6 地点である。各採水地点は天竜川と大井川の流域と流路を示した図 1 中に番号を付けて示した。

大井川での採水は上流から下流に、畑薙第二ダム・ダムサイト（11）、井川ダム・船着場（12）、接阻峡・接阻峡大橋（13）、千頭・川根大橋（14）、家山・駿遠橋（15）、島田・大井川大橋（16）の 6 地点である。各採水地点は図 1 中に番号で示した。

採水時期は天竜川では 1998 年 5 月 23–24 日、2003 年 8 月 24–26 日、2003 年 11 月 14–15 日の 3 回であり、大井川では 1997 年 11 月 13–14 日、1999 年 5 月 18–19 日、2003 年 2 月 17–19 日、および 2003 年 8 月 18–19 日の 4 回である。

採水は各地点の橋上から流水のほぼ中央あるいは最流速部で行った。各採水地点で試料を 2 回採水し混合し平均化した。水温と pH の測定はその場にて行った。

採水試料は実験室に持ち帰り、濾紙とメンブランフィルター（0.2 μm）で濾過後、陽・陰イオンはイオンクロマトグラフを用いて分析した。分析した陽イオンは Li⁺、Na⁺、NH₄⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、陰イオンは F⁻、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻ である。なお、採水と化学分析に関する詳細は西山（1992）に記した。また以降のイオン種の表記はイオン電荷を省略した。

3. 結果と考察

3.1 天竜川

天竜川で採水した河川水中の陰陽イオン濃度、pH、水温などを表1(A)に示した。

図2は横軸に天竜川の採水地点を左から右に上流側から下流に配し、縦軸に各地点での各成分イオン濃度を3時期の平均値をppm(=mg/ℓ)単位で取って、天竜川の下流に伴う水質変化をグラフ化して示した。図2から諏訪湖の湖水(上諏訪)と、諏訪湖から10kmほど流れ出た天竜川の辰野でNa, K, Cl, SO₄はいずれも濃度が高く、下流するにつれそれら濃度は減少している。MgとCaは上諏訪から天竜川峡まで濃度変化は小さい。NO₃は伊那で濃度が最も高くなる。NH₄は表1から5月採水試料で濃度が高い。

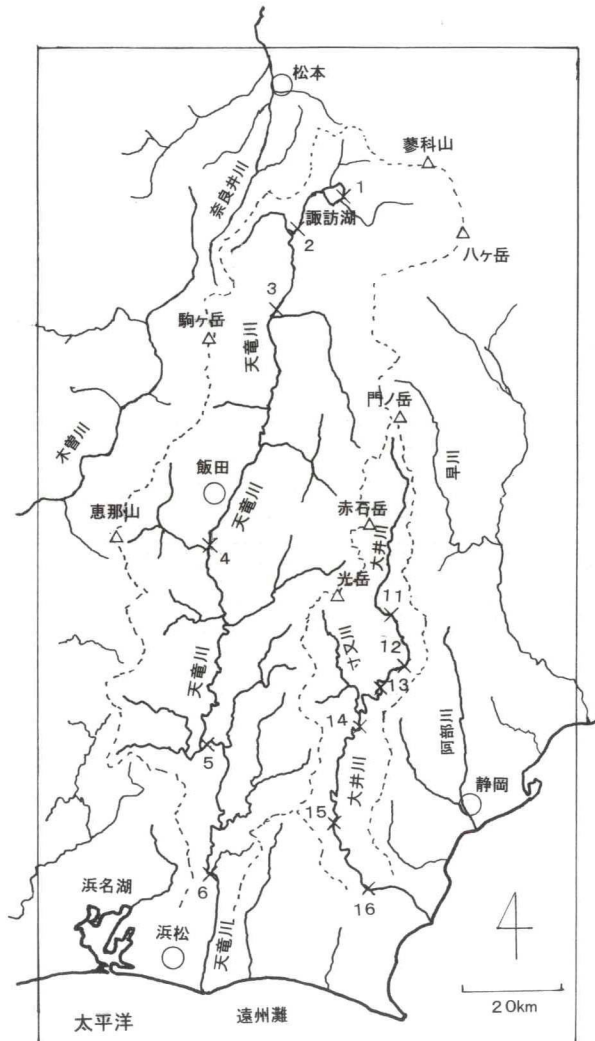


図1 天竜川と大井川の流域と流路および採水地点。採水地点は×印で示し、番号は表1の地点番号に一致する。

表1 天竜川と大井川の河川水中の陰陽イオン濃度, pH, 水温など。(A) 天竜川, (B) 大井川
 表中の地点番号, は, 図1中の番号と一致する。また試料番号は採水年月日と採水番順を示す。たとえば
 98052501は1998年5月25日採水順番1番を意味する。

(A) 天竜川

地点番号	試料番号	採水地点	採水場所	化学組成 (ppm)											pH	水温(°C)	採水時刻	Na/Cl	
				Li	Na	NH ₄	K	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄					Total
1	98052501	上諏訪	船乗り場	0.007	7.82	0.22	2.14	2.36	11.80	0.05	9.31	0.00	1.20	15.47	50.39	9.06	19.2	6:40	0.84
2	98052408	鹿野	清水橋	0.006	10.63	0.26	2.71	2.29	11.48	0.07	11.67	0.13	2.76	18.57	60.58	9.02	19.2	17:19	0.91
3	98052407	伊那	中央橋	0.003	8.64	0.20	1.89	2.20	13.41	0.06	9.57	0.00	6.45	14.01	36.45	7.41	16.9	15:40	0.96
4	98052405	天竜峡	放射橋	0.000	4.73	0.26	1.34	2.10	12.98	0.04	4.93	0.00	4.30	8.20	38.90	7.51	15.6	12:18	0.90
5	98052404	中部天竜	中部大橋	0.000	3.48	0.21	0.65	1.52	8.14	0.00	2.32	0.00	1.19	6.21	24.01	7.53	16.7	8:10	1.50
6	98052301	西鹿島	鹿島橋	0.000	3.44	0.20	1.50	1.63	10.01	0.04	2.89	0.00	2.62	7.38	29.62	7.30	17.2	9:45	1.19
1	03082501	上諏訪	間欠泉前	0.011	10.75	0.05	2.52	2.64	14.59	0.07	12.15	0.42	3.08	19.91	66.19	9.15	25.7	9:45	0.88
2	03082502	鹿野	清水橋	0.008	13.01	0.04	2.91	2.75	14.38	0.02	13.66	0.00	6.50	22.16	75.44	7.74	22.5	9:58	0.95
3	03082403	伊那	中央橋	0.002	9.16	0.10	2.19	2.97	13.17	0.03	10.15	0.00	7.32	15.02	60.11	7.44	23.3	18:05	0.90
4	03082402	天竜峡	放射橋	0.000	5.02	0.10	1.66	2.20	13.01	0.00	5.04	0.00	4.78	8.35	40.16	7.81	22.8	15:10	1.00
5	03082401	中部天竜	中部大橋	0.000	3.55	0.13	0.95	1.76	7.88	0.00	2.36	0.00	1.12	6.83	24.58	7.69	23.5	12:50	1.50
6	03082601	西鹿島	鹿島橋	0.002	3.60	0.13	1.48	1.65	10.61	0.00	2.53	0.00	2.29	7.87	30.16	7.34	20.2	17:42	1.42
1	03111503	上諏訪	間欠泉前	0.009	8.87	0.13	2.85	2.96	13.36	0.05	10.25	0.25	2.43	19.50	62.31	7.64	9.0	11:05	0.88
2	03111502	鹿野	清水橋	0.008	12.88	0.08	2.87	2.72	14.00	0.07	13.82	0.30	4.17	24.10	74.94	7.87	11.0	9:07	0.93
3	03111501	伊那	中央橋	0.005	11.18	0.00	2.39	3.12	13.30	0.05	11.80	0.00	6.41	20.22	68.47	7.48	9.7	7:50	0.95
4	03111403	天竜峡	放射橋	0.002	5.50	0.00	1.57	4.57	13.37	0.00	5.64	0.00	4.09	10.02	44.77	7.82	10.9	14:10	0.88
5	03111402	中部天竜	中部大橋	0.000	4.16	0.09	0.65	2.38	8.15	0.00	2.29	0.00	1.58	7.01	26.31	7.89	12.9	11:53	1.82
6	03111401	西鹿島	鹿島橋	0.002	5.66	0.10	1.52	2.03	12.28	0.04	4.30	0.00	3.34	9.91	39.18	7.42	13.9	10:23	1.32

(B) 大井川

地点番号	試料番号	採水地点	採水場所	化学組成 (ppm)											pH	水温(°C)	採水時刻	Na/Cl	
				Li	Na	NH ₄	K	Mg	Ca	F	Cl	NO ₂	NO ₃	SO ₄					Total
1	97111403	畑原二ダム	ダムサイト	0.000	1.72	0.14	0.48	1.08	20.77	0.00	0.52	—	0.00	14.36	39.07	7.69	12.7	12:00	3.28
2	平均	井川ダム	船着場	0.002	2.54	0.18	0.77	1.36	18.14	0.00	0.64	0.00	0.60	16.24	40.48	7.73	14.2	16:20	3.96
3	97111304	接組峡	接組峡大橋	0.008	5.32	0.17	0.81	1.84	22.98	0.00	0.84	0.00	0.26	37.33	69.56	7.82	12.0	13:28	6.35
4	97111303	千頭	川相大橋	0.000	3.25	0.17	0.84	1.43	18.49	0.00	0.84	—	0.69	20.47	46.16	7.89	14.5	11:45	3.88
5	97111302	雲山	駿遠橋	0.021	8.87	0.15	1.23	2.19	19.79	0.00	8.41	—	3.99	27.56	72.21	8.26	16.8	10:33	1.05
6	97111301	島田	大井川大橋	0.007	7.50	0.15	1.19	2.45	20.08	0.00	6.89	—	4.82	28.28	71.38	7.87	16.4	9:35	1.09
1	99051903	畑原二ダム	ダムサイト	0.002	2.15	0.05	0.48	1.00	17.35	0.09	0.56	0.00	0.67	12.03	34.38	6.87	11.0	12:15	3.83
2	平均	井川ダム	船着場	0.003	2.70	0.05	0.57	1.67	18.02	0.11	0.74	0.00	0.68	19.85	44.41	7.33	15.7	17:10	3.65
3	99051804	接組峡	接組峡大橋	0.007	3.69	0.02	0.77	1.34	16.18	0.11	0.76	0.00	0.87	31.22	54.98	7.55	15.9	15:07	4.86
4	99051803	千頭	川相大橋	0.002	3.59	0.07	0.88	1.58	18.87	0.11	0.93	0.00	1.03	27.00	54.06	7.52	17.3	13:00	3.84
5	99051802	雲山	駿遠橋	0.011	8.82	0.05	1.21	2.20	18.66	0.11	8.23	0.00	4.48	34.70	78.49	7.43	19.3	11:23	1.07
6	99051801	島田	大井川大橋	0.003	5.67	0.08	0.99	2.06	18.15	0.11	3.79	0.00	3.45	31.03	65.33	7.00	16.9	9:42	1.50
2	03021902	井川ダム	ダムサイト	0.000	3.87	0.09	0.85	1.97	24.37	0.00	0.71	0.00	0.20	28.15	60.22	7.12	5.5	10:20	5.47
3	03021801	井川	船着場	0.002	3.17	0.12	0.63	2.19	23.43	0.00	0.71	0.00	0.21	27.81	58.29	7.31	5.3	13:10	4.45
4	03021704	接組峡	接組峡大橋	0.003	3.84	0.12	0.64	1.47	18.24	0.00	0.74	0.00	0.41	28.26	53.71	7.43	6.4	14:40	5.19
5	03021703	千頭	川相大橋	0.002	3.11	0.12	0.61	1.16	15.96	0.00	0.63	0.00	0.34	18.83	40.75	7.69	6.9	11:50	4.94
6	03021702	雲山	駿遠橋	0.028	15.47	0.10	1.13	2.10	18.26	0.00	18.44	0.00	1.64	27.06	84.28	7.66	9.7	10:35	0.84
5	03021701	島田	大井川橋	0.000	5.01	0.12	0.72	1.98	19.18	0.00	2.81	0.00	0.85	25.99	56.65	7.59	6.9	9:07	1.78
1	03081903	畑原二ダム	ダムサイト	0.001	1.48	0.10	0.64	0.72	12.66	0.00	0.32	0.00	0.52	7.78	24.42	7.54	14.0	13:55	4.63
2	03081902	井川ダム	船着場	0.004	1.98	0.12	0.87	1.42	10.15	0.00	0.68	0.00	0.76	16.29	32.27	7.25	21.6	11:50	2.91
3	03081901	接組峡温泉	接組峡大橋	0.003	1.90	0.09	0.81	0.91	10.91	0.00	0.45	0.00	0.62	11.05	26.74	7.60	17.8	10:30	4.22
4	03081803	千頭	川相大橋	0.002	1.96	0.09	0.99	1.11	9.75	0.00	0.48	0.00	0.69	10.08	25.15	7.62	18.0	14:00	4.08
5	03081802	雲山	駿遠橋	0.002	2.86	0.12	1.13	1.10	9.05	0.03	1.24	0.00	1.95	12.07	29.55	7.56	19.8	12:15	2.31
6	03081801	島田	大井川大橋	0.003	3.14	0.11	1.10	2.64	10.33	0.00	1.39	0.00	2.24	11.69	32.64	7.46	19.1	10:00	2.26

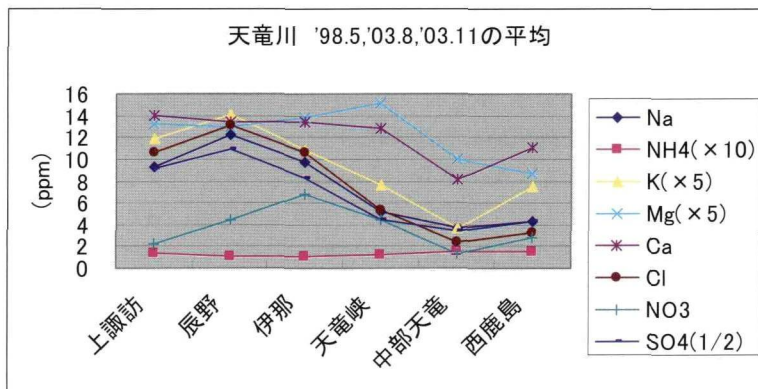


図2 天竜川の下流に伴う陰陽イオン濃度の変化。

上諏訪, 辰野で Na, K, Cl, SO₄ の濃度が高いのは次のことによる。

天竜川の水源となる諏訪湖は東山 (1430m), 鉢伏山 (1928m), 三峰山 (1887m), 車山 (1925m), 蓼科山 (2530m), ハヶ岳 (赤岳, 2899m), 入笠山 (1955m), 守屋山 (1650m) の山々で取り囲まれた諏訪盆地の中にあり, 海拔 759m, 面積 13.30km², 最大水深 6.3m の湖である。ハヶ岳, 蓼科山は活火山であり, 火山活動に伴う熱水は温泉水として, また火山噴出物は風化作用を受けやすく, その無機成分を地表水に移して諏訪湖に入る。諏訪湖周辺の人口は岡谷市 5.6 万人, 諏訪市 5.4 万人, 下諏訪市 2.4 万人であり, また諏訪市には温泉, 諏訪湖観光などに訪れる人も多い。それらの人々の生活廃水も諏訪湖に入る。工業活動も工業製品の出荷額が茅野市で年間 2 千 6 百億円, 岡谷市で 2 千 4 百億円と盛んであり, 地下水の利用, 生産活動に伴い排出される水も諏訪湖に入る。このように諏訪湖は盆地湖でありかつ火山と関係する無機成分を, また人々の生活と産業活動にかかわって排出される諸成分が湖中に入り滞留し湖水の成分濃度を高くする。

測定した 8 成分の濃度変化を総イオン順位数に表現し直して, 天竜川の上流から下流に向かい水質が変化の様子をグラフ化して図 3 に示した。採水時期による違いは認められなかった。平均順位数はイオン種毎に全採水地点間での濃度順位を付け, 各地点毎にその

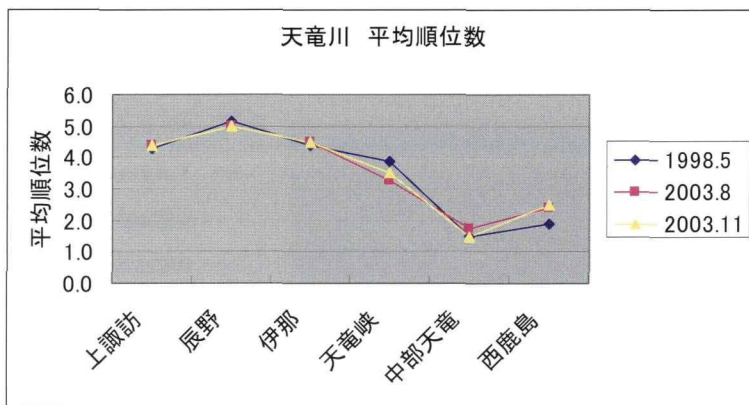


図3 天竜川の下流に伴う平均順位数の変化。

順位的全イオン種についての和を求め、イオン種数で除して得る値である(西山, 2004)。平均順位数を用いることで原子量を異にする異種イオン間の量的関係を順位という同質な数的関係に置き換えることができ、多元的な水質を1元の関係に移して見ることができる。

天竜川流域の各採水地点上流流域の自然環境の1つの目安として総土地面積に対する森野面積の割合を林野面積率として%で取り、人々の生活活動の目安として流域の総土地面積に対する人口を人口密度として、農業活動として総土地面積に対する耕作地面積の割合を%で、そして経済活動として工業製品の出荷額を流域面積にて除して製造品出荷額の程度をそれぞれ求め表2に示した。

表2に示した天竜川の自然と環境と図3に示した河川水の水質を平均順位数に数値化したものを合わせまとめて図4に示した。

図から人口密度は辰野で最も高く、耕作率と工業製品の出荷額の程度は伊那で最も高い。伊那から下流で人口密度と工業製品の出荷額の程度は減少する程度が大きい。林野面積の割合は諏訪湖から天竜峡にかけて72% - 73%だが西鹿島では76%へと増加している。平

表2 天竜川の各採水地点より上流流域における自然と環境。

採水地点	平均順位数(3回平均)	人口密度(人/ha)	総土地面積(1000ha)	耕地面積(%)	林野面積(%)	製造品出荷額(100万円/ha)	流域の市町村(*は旧市町村名などでデータを欠く)
上諏訪	4.33	3.32	48.5	7.28	71.95	11.00	茅野市, 諏訪市, 下諏訪町, 岡谷市
辰野	5.04	3.58	52.8	6.95	71.49	12.38	
伊那	4.46	3.04	82.43	8.72	72.71	13.82	茅野市, 諏訪市, 下諏訪町, 岡谷市, 辰野町, 箕輪町, 南箕輪村
天竜峡	3.54	1.66	322.2	7.37	72.82	5.82	茅野市, 諏訪市, 下諏訪町, 岡谷市, 辰野町, 箕輪町, 南箕輪村, 伊那市, 飯田市, 宮田村, 駒ヶ根市, 中川村, 大鹿村, 松川町, 豊丘村, 飯島町, 高森町, 喬木村
中部天竜	1.58	1.46	381.5	6.73	75.12	4.96	茅野市, 諏訪市, 下諏訪町, 岡谷市, 辰野町, 箕輪町, 南箕輪村, 伊那市, 飯田市, 宮田村, 駒ヶ根市, 中川村, 大鹿村, 松川町, 豊丘村, 飯島町, 高森町, 喬木村, 上村*, 泰阜村, 清内路村, 阿智村, 下条村, 阿南町, 南信濃村*, 天龍村, 売木村, 富山村*
西鹿島	2.25	1.38	409.4	6.40	76.28	4.62	茅野市, 諏訪市, 下諏訪町, 岡谷市, 辰野町, 箕輪町, 南箕輪村, 伊那市, 飯田市, 宮田村, 駒ヶ根市, 中川村, 大鹿村, 松川町, 豊丘村, 飯島町, 高森町, 喬木村, 上村*, 泰阜村, 清内路村, 阿智村, 下条村, 阿南町, 南信濃村*, 天龍村, 売木村, 富山村*, 水窪町*, 佐久間町*, 津具村*, 豊根村, 東東町, 龍山村*, 春野町*, 天竜市*

インターネット、「わがマチ・わがムラ市町村の姿」(www.toukei.maff.go.jp/shityoson/map/map1.html)を加工 (2006.9.2 検索)

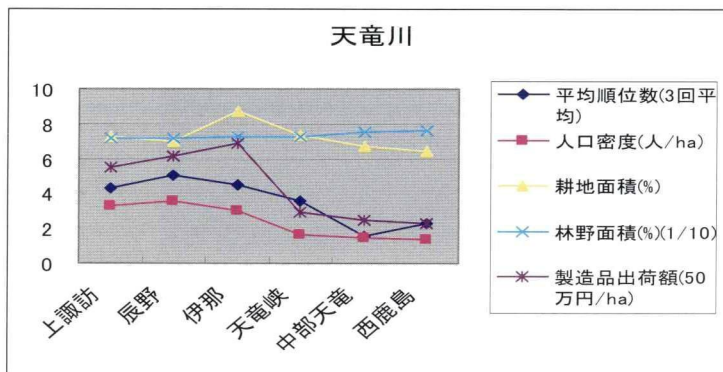


図4 天竜川の下流に伴う水質(平均順位数)変化と流域の環境変化

均順位数の変化は人口密度の変化と類似している。工業活動と農業活動が伊那で最も高いことが伊那での平均順位数を高くし、それは図2でNO₃値が最高値となることとに関係しよう。

天竜川の伊那を過ぎての平均順位数の低下は、支流の合流によって上流部の水質が希釈されたと推測でき、特に中部天竜では次に述べるように佐久間ダムによって天竜川の流れは遮断され、ダム下流の天竜川の水質は支流の大千瀬川の水質に支配されていた。

1998年5月24日の中部天竜で天竜川に架かる原田橋から見た天竜川の流量は下流側で合流してくる支流大千瀬川の流れより劣っていた。大千瀬川が合流した後の天竜川は中部大橋で採水した。原田橋の上流には佐久間ダムがある。ダムで発電に利用された河川水は中部大橋より下流側で再び大井川に放流される。そこで中部大橋での天竜川の流水は支流大千瀬川からの河川水に大きく依存するだろう。

大千瀬川の水質を天竜川と合流する3.5km手前の浦川にて調べた。浦川では大千瀬川に南西からは相川が、さらに南東から和山間沢川が合流している。相川合流前の大千瀬川、相川、そして和山間沢川の水質を以下に示す。

河川	採水場所	化学組成 (ppm)								pH	水温(°C)
		Na	NH ₄	K	Mg	Ca	Cl	NO ₃	SO ₄		
大千瀬川	錦橋	4.06	0.25	0.78	1.74	6.91	2.57	1.45	6.72	6.75	16.6
相川	裏鹿橋	3.11	0.18	0.47	2.40	8.36	2.29	1.42	5.60	6.74	15.1
和山間沢川	河内橋	2.29	0.17	0.33	1.35	9.80	1.76	0.91	5.04	7.45	14.5

この3河川の単純平均値を大千瀬川の水質と扱い、大千瀬川の合流前の天竜川（天竜峡）と合流後の天竜川（中部天竜、中部大橋）との化学組成を以下に示す。明らかに中部天竜での天竜川の水質は大千瀬川の水質に類似することが分かる。

河川	採水場所	化学組成 (ppm)							
		Na	NH ₄	K	Mg	Ca	Cl	NO ₃	SO ₄
天竜川	天竜峡	4.73	0.26	1.34	2.10	12.98	4.93	4.30	8.20
大千瀬川	平均	3.16	0.20	0.52	1.83	8.36	2.21	1.26	5.79
天竜川	中部天竜	3.48	0.21	0.65	1.82	8.14	2.32	1.19	6.21

この結果は天竜峡を流下した天竜川の河川水は佐久間ダムで堰き止められ、佐久間ダム下流の中部天竜では天竜川の河川水は途中で合流する大千瀬川の河川水そのものに等しいのであり、中部天竜の原田橋上から観察した河川の状況を裏付けている。

佐久間ダムは電源開発（株）により1956年に竣工した重力式コンクリートダムで、ダム堤高155m、総貯水容量327百万m³はいずれもが本邦6位となる。このダムが天竜川の流れと水質にとって1つの特異点となっていることを改めて確認した。

西鹿島まで下ると天竜川の水質はほとんどの成分で中部天竜の陰陽イオン濃度を上回っている。このことは佐久間ダムで堰き止められた水は発電所で発電に利用されてトンネルを通して中部天竜より下流の天竜川に放水されているからだろう。鹿島まで下流する間に

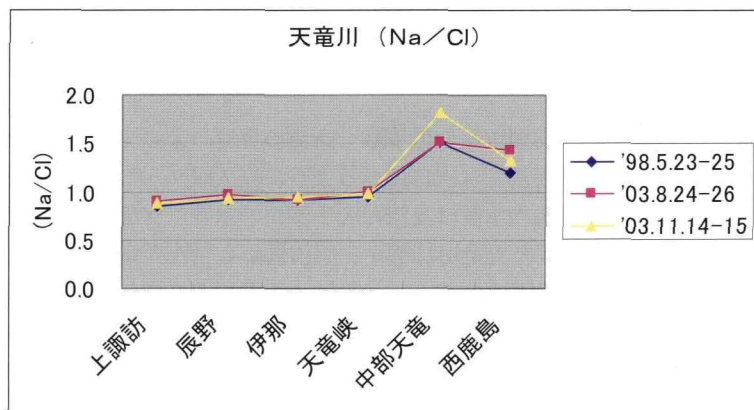


図5 天竜川の下流に伴う河川水中の Na/Cl 値の変化

水窪川、気田川、阿多川などの支流が河川水を流入し、天竜川の水質を変える。図2および表1見るように西鹿島での天竜川の水質は天竜峡での組成より低くなり、大千瀬川と同じように下流の支流は天竜川の水質を薄めるように働いたとして理解できる。

NaのClに対する比Na/Cl値が下流に伴いどのように変化するかを図5に示した。

Na/Cl値は上諏訪から天竜峡までほとんど変わらず0.84–1.00間にあるが、中部天竜では1.50–1.82と高くなる。中部天竜では支流大千瀬川の水質が大きく影響することから、このNa/Cl変化も1つは大千瀬川の水質が天竜川よりNa/Clの高いことによる。また天竜川の東に隣接する次の3.2項で述べる大井川は上流側でNa/Cl値が極めて高い。大井川のNa/Cl値の高い流域に分布する犬居層群などの四万十層帯の地層は天竜川西岸の静岡県流域近くまで続き、中部天竜の流域もそこにかかっている。遠山川の上流部、水窪川、気田川流域がそれに当たり、中部天竜でのNa/Cl値が高めたとも考えられる。西鹿島でNa/Cl値が減少するのは佐久間ダムの水が発電後に再び天竜川に戻されることと関係しよう。

3.2 大井川

大井川で採水した河川水中の陰陽イオン濃度、pH、水温などの測定値を表1(B)に示した。

大井川の河川水が上流から下流に流れる間に陰陽イオン濃度がどのように変化したかを図6に示した。横軸は左から右に上流から下流に向けて採水地点を配し、縦軸は各陰陽イオンの濃度をppm(=mg/l)単位で取っている。

今回採水した大井川の最上流に位置する畑薙第二ダムでのCl濃度は0.56,0.32,0.52ppmと極めて低く、日本の主要河川の内でも最も低い値となるようだ。畑薙第二ダムは駿河湾の清水市の海岸から直線距離で北西43km程であり海岸から極めて遠く離れた地点とは決していけない。しかしその間に高根山(871m)、無双連山(1083m)、七ッ峰(1350m)、勘行峰(1450m)、笹山(1763m)の山並みが連なり、その東側に阿部川が流れ、その阿部川と海岸の間にさらに文殊岳(1041m)、真富士山(1343m)、十枚山(1732m)、阿部峠(1647m)の山々が連なっている。すなわち畑薙第二ダムは山並みによって2重に海から隔てられることになる。大井川の河口は高さ150m-300mの台地を侵食し堆積してきた

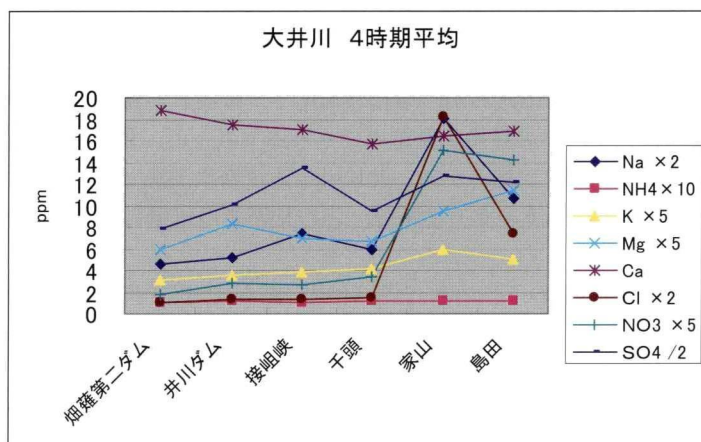


図6 大井川の下流に伴う陰陽イオンの濃度変化（4時期平均）

三角州の南端にある。三角州の海岸線は北端を焼津市とする15kmほどで、台地側の頂点の島田市・金谷町からは15kmほどとなる。大井川は金谷から上流に向け高度500~600mの山間部を蛇行しながら峡谷内を北側に向き変え海岸線と平行となるように進む。やがて高根山、無双連山、七ツ峰の山並みが連なり、その東側が阿部川、さらに東側が文殊岳、真富士山となる。このような地形が直接海からの海水の飛翔による影響を弱め、海水からの影響の少ない降水を降らそう。すなわち大井川は太平洋に面した河川であり、海水からの影響が考えられるが、実際は赤石山脈東部の谷筋となる山岳地帯にあって、地形的な条件が海水の影響を受けにくくしている。その上赤石山脈に活火山はなく火山起源のClは低く、さらにまた井川ダムより上流部には集落も無く人の活動は極端に少なく人為的なCl排出による影響も極めて少ないようだ。

大井川の春野山以南となる家山で河川水中のNaとClの濃度が増す。この要因として採水地点上流約2kmにある川根温泉が考えられる。川根温泉は泉質をナトリウム塩化物泉とし、Na⁺とCl⁻の濃度が4170と6548mg/kgと高く、かつ泉温は48.6℃（調査時気温10.6℃）、湧出量は自噴864ℓ/分（日量1240t）である。川根温泉は大井川に近く、その温泉水が大井川に流入してNaとClの濃度を家山で高くしたと考えられる。川根温泉の温泉水が全て大井川に流入しかつ完全に混合すると仮定すると、流入前の千頭と混合後の家山でのNaとCl濃度の関係から混合前の大井川の流量は2003年2月17日、1999年5月18日、2003年8月18日、1997年11月30日でそれぞれ11、26、187、25万t/日と計算できる。中部地方整備局の河川概要によると大井川の神座における平水流量は304万t/day（35.3m³/s）とある（（社）日本河川協会のHP参考）。2003年2月17日では神座での平水流量の3.5%、2003年8月18日では61%となる。2月の冬季に水量が少ないことは静岡での降水量が少ないこととは矛盾しない。極端に%が小さいことは2月の採水時の水温は6.4℃と低く、密度も粘性も高い河川水の上に水温の高い温泉水が表層部に混合せずにあったとすると説明できる。家山での水温が6.9℃と若干高くなりpHも7.43から7.69になることも温泉水が影響したのだろう。

島田ではNaとClの濃度が家山より低くなる。この間に大井川に合流する家山川、伊

久美川などの支流による希釈が推測できる。ただし2003年8月では家山でNa,Clの濃度増はほとんど認められない。この年の8月8-9日に掛けて台風10号が訪れ、それ以降降水が多く、8月16日には家山と島田の中程の神尾で土砂崩れが発生し、大井川に沿って走る大井川鉄道は8月19日の採水調査時点でも不通であった。井川ダム、奥泉ダム(19日放水していた)でも放水したようで、大井川全体が増水濁流となっていた。2003年8月の水質はこのような状況下の水質であり、先の神座での水量は平常時の61%という値は低過ぎるようだ。

井川の船着場近くの茶畑の下に湧水(共同水場)があり、その水質を調べ以下に示した。

試料番号	採水地点	採水場所	化学成分 (ppm)							
			Na	NH ₄	K	Mg	Ca	Cl	NO ₃	SO ₄
97111402	井川	湧水	4.12	0.16	0.90	1.43	4.07	1.99	7.57	7.03
99051806	井川	湧水	3.58	0.02	1.00	1.18	3.72	1.24	5.55	7.64
99051902	井川	湧水	3.62	0.04	0.91	1.23	3.78	1.25	5.58	8.04
03021802	井川	湧水	3.91	0.10	0.80	1.32	3.80	1.64	2.85	8.50
03021901	井川	湧水	3.46	0.08	0.64	1.33	3.76	1.73	3.31	8.78

NO₃濃度をみると1997年11月では井川ダム0.60ppmに対し7.57ppm, 1999年5月では0.74に対し5.57といずれも湧水で井川ダムの12.6倍, 7.5倍と極めて高い。お茶畑はお茶に旨みを出すために窒素肥料を多く施肥するようでその現われとみえる。

家山, 島田でNO₃は1997年で3.99, 4.82ppm, また1999年では4.48, 3.45と高い値となる。大井川流域は茶の生産地としてよく知られている。大井川の上流域と安部川の全流域がほぼ静岡市となるが、静岡市の平成16年度的全耕地面積6.5千haの内お茶と温州みかんがそれぞれ2.9千ha, 2.4千haであり、実に茶栽が45%, 温州みかんが37%と両者で全耕地の82%を占めている。大井川流域となる川根地域, 金谷を含む牧之原地域はお茶の生産地として知られており、平成17年度は川根本町で611ha, 川根町で403ha, そして島田市で2020haお茶が栽培されている。図6に見る家山から金谷で急激にNO₃濃度が増加するのはお茶栽培が一因となるようだ。

図6に示した大井川中の陰陽イオン濃度が下流に伴い変化する様子を平均順位数に置き換えて図7に示した。平均順位数については、天竜川の項ですでに述べた。接阻峡と千頭間に長島ダムが2002年に竣工し接阻湖が誕生している。1999年時に採水したとき接阻峡大橋下の大井川は角礫の礫床の清流であったが2003年2月時には接阻湖の一部となり青緑色を呈していた。2003年2月の平均順位数が千頭にて最も小さく、表1に見るようにほとんどのイオンで濃度が最低を示した。このことは長島ダムで大井川の水量が堰き止められ、千頭での大井川の流水はダムの下流で合流する寸又川の水量に依存し、その水質は寸又川の水質に近くなった結果と思われる。天竜川で確認した佐久間ダムによる堰き止め効果がここにおいて同様に確認できた。千頭の川根大橋でみた大井川の流れば白濁していた。2003年8月の採水時は、先に記したように大井川全体が濁流で増水状態であって、千頭で平均順位数が極端に低下する長島ダムの堰き止め効果は現われなかったと推測できる。

各採水地点より上流流域における自然と環境に関する情報として林野面積を流域の総面積で除して%で示した林野面積率，人々の生活活動として人口を流域総面積で除した人口密度，農業活動として耕地面積を流域総土地面積で除して%で示した耕地面積率，そして工業生産活動として製造品出荷額等を流域の総土地面積で除した製造品出荷額の程度に数値化して表3に示した。

図7の大井川の下流に伴う水質変化（平均順位数）に，表3で示した各採水地点の上流域における自然と環境を人口密度，耕地面積と林野面積の総土地面積に対する割合，そして工業活動として製造出荷の程度を合わせ図8に示し，大井川の水質と流域の自然と環境との関係を次に概観してみる。

大井川は井川ダムより上流は人口密度がほぼ0人/haの林野地帯である。この環境は

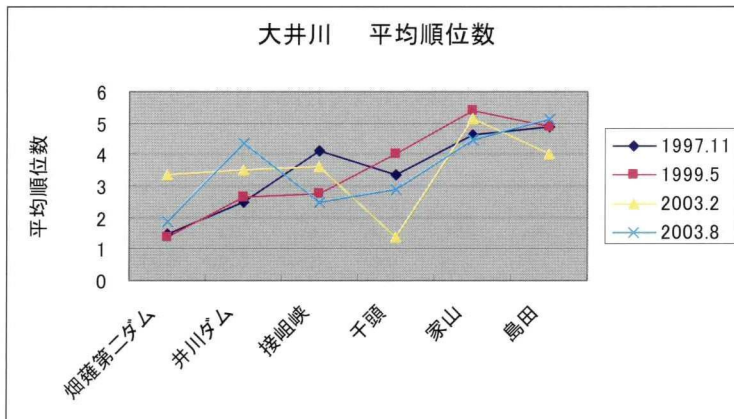


図7 大井川の下流に伴う平均順位数の変化。

表3 大井川の各採水地点より上流流域における自然と環境。

	平均順位数(4回平均)	人口密度(人/ha)	総土地面積(1000ha)	耕地面積(%)	林野面積(%)	製造品出荷額等の程度(百万円/ha)	流域の市町村など
畑薙第二ダム	2.0	0.000	32.9	0.00	100.00	0.00	HP「d@m encyclopedia」から引用
井川ダム	3.3	0.006	45.9	0.00	100.00	0.00	HP「d@m encyclopedia」から引用
接咀峡	3.3	0.013	57.9	0.00	100.00	0.00	(静岡市の面積—清水区の面積—安倍川の流域面積)
千頭	2.9	0.110	95.6	0.76	95.01	0.10	井川ダム集水域,川根本町
家山	4.9	0.159	107.7	1.10	94.25	0.19	井川ダム集水域,川根本町,川根町
島田	4.7	0.890	127.2	3.38	87.95	3.08	井川ダム集水域,川根本町,川根町,島田市

インターネット。「わがマチ・わがムラ—市町村の姿—」(www.toukei.maff.go.jp/shityoson/map/map1.html)を加工 (2006.9.2 検索)

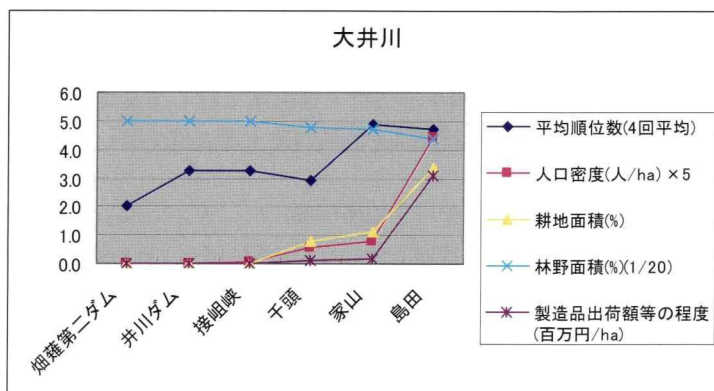


図8 大井川の下流に伴う水質変化（平均順位数）と流域の環境変化

井川ダムから接阻峡まで続く。

大井川の最大支流である寸又川は千頭の上流で合流する。その寸又川の大間ダムに流入する大間川・夢の吊り橋での化学組成を次に示す。

大間川		化学組成 (ppm)									
試料番号	採水地点	Li	Na	NH ₄	K	Mg	Ca	F	Cl	NO ₃	SO ₄
03021705	夢の吊り橋	0.006	3.71	0.14	0.47	0.67	11.45	0.043	0.61	0.16	13.09

大間川の組成は畑薙第二ダムの水に比べ陰陽イオン濃度は低い。寸又川はこのような支流を集めた自然味豊かな河川であり、寸又川が大井川の接阻峡と千頭との間で合流したことで千頭の水質が接阻峡より陰陽イオン濃度を下げたと思われる。

千頭、家山と人口密度と耕地面積率、そして製造品出荷額の程度はいずれも若干増すがその程度は弱く、島田に至って目に見えて増加する。それと連動して林野面積率はわずかなが減少する。

平均順位数として数値化した水質は畑薙第二ダムより井川ダムで増し接阻峡では変わらず、千頭で若干減少する。千頭から家山で急に増加し、島田で若干だが減少している。接阻峡から千頭での若干の減少はその間での支流寸又峡川の合流による希釈効果による減少と考えられる。

千頭から家山での水質変化は、人為的な影響に加えて先に説明した川根温泉からの影響が強く関係しているようだ。

島田で人口密度と耕地面積率、および製造品出荷額の程度は増しているが、平均順位数を変えるまでには至っていない。自然味豊かな河川が金谷に至るまでであるようだ。

さて、大井川のNaに対するClの比を図9に示した。

図から畑薙第二ダムから千頭までのNa/Cl値は2.91-6.35であるのに対して家山—島田では0.84-2.31とその値は低くなる。

畑薙第二ダムでは3.83、3.28となり、海水の0.56より極めて高い。このことは海水から効率よく蒸留された降水が大井川上流域の地勢となる土壌・岩石・植生・微生物などと接してNa成分を受けていることを示している。大井川のNa/Cl値は日本の主要な河川で

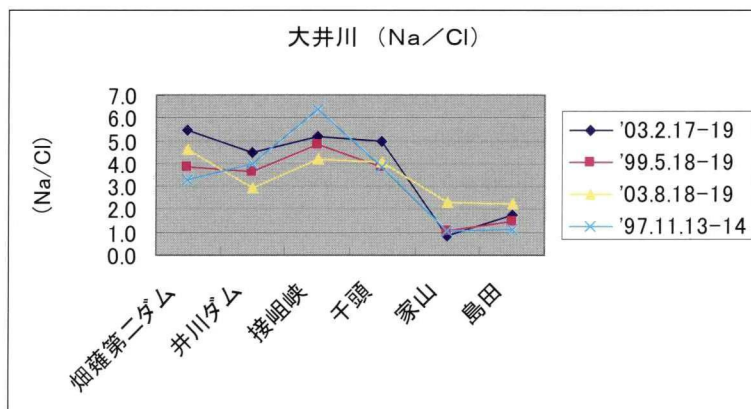


図9 大井川の下流に伴う河川水の Na/Cl 値の変化

の最大値となるようだ。畑薙第二ダムサイトの近くに赤石温泉がある。アルカリ性の温泉でぬるぬる感のある。成分表によると Na 186.3mg/kg, Cl 64.7mg/kg とあり Na/Cl 値は 2.88 となる。

接阻峡の 1997 年 11 月で得られた Na/Cl 値 6.35 は大井川での最大値であり、接阻峡にてその値は高くなる。接阻峡温泉は「全国温泉データベース」(インターネット, 監修丸屋佳子)によるとナトリウム-炭酸水素塩冷鉱泉でナトリウムイオン 626.3mg/kg, 塩素イオン 90.3mg/kg であり, Na/Cl 値は 6.94 と極めて高い。採水地点の上流約 1 km に接阻峡温泉があり、接阻峡で Na/Cl 値が高いのは接阻峡温泉と関係があるかも知れない。なおこの地域の地質は四万十帯の白亜紀末から古第三紀の犬居層群の砂岩, 泥岩, 砂岩泥岩互層である(静岡県地質図, 土 隆一編集, 内外地図株式会社)。

大井川の支流寸又川の寸又峡温泉はぬるぬる感のあるアルカリ性の単純硫黄温泉で Na 198.1mg/kg, Cl 13.0mg/kg であり, Na/Cl 値は実に 15.2 となる。地質的には先の犬居層群の下位にあたる後期白亜紀の寸又層群となる。大間川での採水地点は寸又峡温泉近くであり前表から Na/Cl 値は 6.08 と高く, このことと関係するかもしれない。

4. まとめ

天竜川

天竜川は盆地湖の諏訪湖を水源とする河川である。諏訪湖は活火山八ヶ岳から火山性成分を受け取り, またその周囲は人々の活動も盛んであり, その多くの陰陽イオン濃度は諏訪湖からの出口に近い天竜川の辰野とともに高い。下流の伊那, 天竜峡, 中部天竜では順次自然味豊かな支流からの流入水による希釈効果が働きその濃度は低くなり平均順位数は減じる。すなわち西山(西山, 2004)が分類整理した下流に伴う水質変化に基づくと天竜川は 3M パターンの河川に分類される。中部天竜での天竜川の水質は佐久間ダムによって遮断され, 支流の大千瀬川の水質が天竜川の水質に換わって現れることが分かった。

大井川

上流部は山岳地帯であり, 林野地帯でもあり, 河川中の陰陽イオン濃度は低い。特に Cl 濃度が低いという特徴がある。大井川上流で Na/Cl 値は日本の主要な河川での最大値

となり、その要因は海水の影響を弱める地形的なことと、Na成分を多く溶出する地質的なことが重なるようだ。流路長に対し流域面積が小さいことで、流域内の現象が水質に反映されやすい河川である。家山での平均順位数が高いのは川根温泉と、また家山、島田で高いのはお茶の栽培、人口密度の増加、工業活動が関係付けられる。すなわち大井川は西山(2004)の分類に基づくと上流より下流にて成分濃度が増加する1Mパターンの河川である。

5. 参考文献

- 西山 勉(1992) 河川水の化学組成についてのクラスター分析と因子分析. 東洋大学紀要 教養課程篇(自然科学) 36, 39-51.
- 西山 勉(2004) 日本の本州を流れる河川の下流に伴う河川水中の陰陽イオン濃度の変化とその整理分類について. 東洋大学紀要 自然科学篇 48, 151-186.