

■原 著■ 2018 年度神奈川大学総合理学研究所共同研究助成論文

## 相模湾河口域における長期環境変動モニタリング 6 流入河川水及び底質の元素分析

岩崎俊志<sup>2</sup> 岡崎太一<sup>2</sup> 武井尊也<sup>1,2</sup> 鈴木祥弘<sup>1,3</sup> 金澤謙一<sup>1,3</sup> 西本右子<sup>1,2,4</sup>

Long Term Environmental Change Monitoring in Sagami Bay Estuary 6  
— Element Concentration of Influent River Water and Bottom Sediment —

Shunji Iwasaki<sup>2</sup>, Taichi Okazaki<sup>2</sup>, Takaya Takei<sup>1,2</sup>, Yoshihiro Suzuki<sup>1,3</sup>,  
Ken'ichi Kanazawa<sup>1,3</sup> and Yuko Nishimoto<sup>1,2,4</sup>

<sup>1</sup> Research Institute for Integrated Science, Kanagawa University, Hiratsuka City, Kanagawa 259-1293, Japan

<sup>2</sup> Department of Chemistry, Faculty of Science, Kanagawa University, Hiratsuka City, Kanagawa 259-1293, Japan

<sup>3</sup> Department of Biology, Faculty of Science, Kanagawa University, Hiratsuka City, Kanagawa 259-1293, Japan

<sup>4</sup> To whom correspondence should be addressed. E-mail: y24moto@kanagawa-u.ac.jp

**Abstract:** The element concentrations of two rivers flowing into Sagami Bay were compared. In Hayakawa, which is a river flowing in a hot spring area, certain element concentrations in the river water were high in the upstream and middle basins. It was considered to be the effect of the hot spring. The sediments of the river upstream of the Kaname river were found to contain a large amount of organic components. As in the previous year, in the Kaname river, the concentration of all detected elements in the river water tended to increase as it went downstream.

**Keywords:** river water, elemental analysis, bottom sediment

### 序論

著者らが継続して測定を行っている相模湾の平塚市周辺の海域で採取した海水及び相模湾への流入河川である金目川の河川水を使用した結果を報告した<sup>1)</sup>。相模湾河口域の海水では、冬期に流入した河川水の影響で、表層に塩濃度の低下が観測されている<sup>2,3)</sup>。またこれまで継続して測定してきた相模湾流入河川である相模川及び金目川（花水川）の河川水を同日にサンプリングし、両河川水の分析結果の差異を検討した。その結果上流から下流にいくに従って各元素濃度が増加する傾向は共通するが全体的に金目川の方が元素濃度が高いことがわかった<sup>4)</sup>。今年度は相模湾流入河川である早川を測定対象に加え、金目川と同時期にサンプリングし、結果を比較した。同時にサンプリングした底質の結果についても報告する。

### 材料と方法

#### 河川水及び底質試料の採取

河川水の試料は、金目川（上流：秦野市内、国道246号線との交差点付近、中流：平塚市内土屋橋付近、下流：平塚市内花水橋付近）及び早川（上流：箱根町強羅、宮城野駐在所近く、中流（須雲川）：箱根町湯本、箱根湯本駅近く、下流：小田原市早川、早川橋下）で採取した。

#### 河川水の分析

採水した試料を、No.5A (ADVANTEC) と No.5C (ADVANTEC) のろ紙でろ過後、孔径 0.45 µm のシリンジフィルター (Minisart RC15, Sartorius) でろ過した。

測定には ICP-AES (日立ハイテクサイエンス SPS3500) を使用し、キャリアーガス : 0.35 L/min、

プラズマガス:14.0 L/min、補助ガス:0.40 L/min (いずれも Ar)、吸い込み量:1.70~1.90 mL/min の条件で測定した。

### 底質の分析

採取した試料を、風乾、ふるい分けし粒径 150~250  $\mu\text{m}$  を測定試料とした。110°Cまでの乾燥減量、及び 610°Cまでの強熱減量を測定した。試料 1.00 mg を純水、1 mol/L 硝酸、1 mol/L 塩酸で溶出試験を行い、溶液をろ紙 (5A, 5C)、シリンジフィルター (0.45  $\mu\text{m}$ ) の順にろ過を行った。ろ過後の残渣を蛍光 X 線分析装置 (Rigaku, ZSX Priums II) で定性分析を行い、ろ液を ICP-AES で定量分析を行った。

### 結果と討論

#### 採取した河川水及び底質の基本特性

表 1 に河川水の水温、pH、導電率、底質の乾燥減量、強熱減量を示した。10月の金目川中流の河川水の pH が低いが、5日連続して測定している全てで 5.7

~ 6.1 であった。これまでの測定値の中で pH7 以下の値は初めてであった。また金目川上流の底質の強熱減量が最大であり、有機物が多く含まれることがわかった。

#### 底質の測定結果

底質試料を乾燥後蛍光 X 線分析による定性分析を行った。両河川共に検出された元素は、Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti, Mn, P, Sr, Zn, Cu であった。天候の安定した 10月15日から19日に5日間連続、金目川中流でサンプリングした底質の純水、1 mol/L HCl 及び 1 mol/L HNO<sub>3</sub> への溶出試験を実施した。測定結果を表 2 に示した。連続して純水抽出では 0.4% 程度の Na, K が 0.1% 程度の Si, Ca の溶出が、さらに 0.05% 程度の Fe, P の溶出が観測された。HCl 及び HNO<sub>3</sub> では 3~4% の Al, Si, Ca, Fe, 1.5~2.5% の Mg, P, 0.5% 程度の Na, K の溶出が観測された。

表 1. 河川の水質と底質の基本物性

Date	River	Sampling point	Bottom segment		River water		
			Loss on drying (%)	Loss on ignition (%)	Temperature (°C)	pH	Conductivity ( $\mu\text{ S/cm}$ )
2018 8/27	Hayakawa	upper	1.09	3.26	21.9	8.11	278
		middle	1.44	2.33	25.2	8.23	301
		lower	2.38	2.30	24.9	8.60	333
	Kaname	upper	4.60	6.06	22.0	8.00	240
		middle	1.08	2.48	26.0	8.10	300
		lower	0.85	2.07	26.1	7.55	342
2018 10/17	Hayakawa	upper	1.11	2.25	15.1	8.19	273
		middle	1.14	1.12	14.0	8.00	290
		lower	1.76	1.66	15.0	8.31	328
	Kaname	upper	4.15	5.09	15.0	8.28	281
		middle	1.11	1.84	18.0	5.75	240
		lower	1.98	2.62	13.1	8.21	322
2018 12/3	Hayakawa	upper	0.98	2.24	14.1	8.30	326
		middle	1.05	1.86	14.9	8.05	293
		lower	1.32	2.16	14.1	8.21	276
	Kaname	upper	3.73	8.06	13.5	9.33	236
		middle	1.78	4.33	15.0	8.28	281
		lower	1.50	2.93	13.1	8.21	322

表 2. 金目川中流の底質の水及び 1 mol/L HCl, HNO<sub>3</sub> への溶出量の 5 日間連続サンプリング試料の平均値と% RSD

(n=5)

	Elution test mg/L (%RSD)		
	Pure water	1M HCl	1 M HNO <sub>3</sub>
Na	0.43 (30%)	0.48 (18%)	0.46 (7%)
Mg	-	1.7 (8%)	1.41 (22%)
Al	-	3.47 (15%)	3.55 (16%)
Si	0.09 (15%)	3.44(12%)	3.24 (14%)
P	0.06 (188%)	2.46 (11%)	1.83 (24%)
K	0.39 (3%)	0.43 (2%)	0.44 (4%)
Ca	0.12 (57%)	3.10 (11%)	3.45 (15%)
Fe	0.04 (4%)	3.98 (15%)	2.96 (19%)

- Not detected

表 3. 相模湾流入河川である早川及び金目川採取試料の定量結果

(mg/L)

Date	River	Sampling point	Ca	Na	Si	Mg	K	Sr	B	Fe	Mn
2018 8/27	Hayakawa	upper	28.56	27.79	44.61	17.89	5.30	0.11	0.12	-	-
		middle	18.28	42.18	43.37	9.05	5.15	0.22	0.22	-	-
		lower	18.19	34.29	41.31	9.47	4.89	0.18	0.18	-	-
	Kaname	upper	21.07	18.11	26.44	13.99	2.58	0.06	0.02	-	-
		middle	23.91	29.85	25.13	13.62	6.15	0.08	0.02	-	-
		lower	24.37	31.67	24.57	15.54	7.13	0.09	0.03	-	-
2018 10/17	Hayakawa	upper	37.60	50.12	41.21	6.52	7.06	0.08	0.10	0.05	-
		middle	32.52	54.58	39.01	5.72	7.26	0.05	0.23	0.08	-
		lower	54.19	36.41	43.54	9.01	6.91	0.06	0.21	0.07	-
	Kaname	upper	37.75	20.46	24.21	7.46	3.31	0.04	0.07	-	-
		middle	47.06	38.10	26.39	8.20	9.73	0.06	0.02	-	-
		lower	53.07	44.11	27.99	8.94	4.59	0.07	0.02	-	-
2018 12/3	Hayakawa	upper	42.14	16.82	23.50	10.77	4.19	0.07	0.12	0.05	-
		middle	26.21	29.65	20.82	5.39	4.99	0.06	0.34	0.05	-
		lower	26.99	34.69	21.44	7.05	5.63	0.08	0.27	0.10	-
	Kaname	upper	29.12	9.58	13.57	7.67	2.77	0.04	0.02	-	-
		middle	33.00	17.23	13.79	8.09	8.09	0.05	0.03	-	-
		lower	39.17	24.03	14.28	9.52	9.52	0.06	0.03	-	-

- : 定量下限以下

### 河川水の測定結果

表 3 に早川及び金目川で同日に採水した測定結果を示した。金目川では上流から下流にいくに従って各元素濃度が増加する傾向は例年と同様であった。一

方早川では上流の Ca, Mg 濃度が高く、中流の B, Na 濃度が高い傾向であった。2016 年、2017 年も同様の傾向であったことから、強羅温泉（上流）、箱根湯本温泉（中流）の影響と考えられた。

表 4-1. 底質溶出試験結果 (8/27 サンプルング試料)

(mg/L)											
Date	River	point	Eluent	Si	Al	Fe	Ca	Na	K	Mg	P
2018 8/27	Haya kawa	upper	H <sub>2</sub> O	0.07	-	0.04	0.82	0.37	0.39	0.03	-
			1M HCl	0.92	1.56	1.58	1.26	0.36	0.39	0.23	0.94
			1M HNO <sub>3</sub>	1.06	1.63	2.13	0.84	0.35	0.39	0.37	1.08
		middle	H <sub>2</sub> O	0.08	-	0.04	0.26	0.35	0.38	0.03	-
			1M HCl	1.42	2.37	1.92	2.04	0.43	0.43	0.44	1.02
			1M HNO <sub>3</sub>	1.65	2.54	2.60	3.20	0.41	0.43	0.63	1.57
		lower	H <sub>2</sub> O	0.08	-	0.04	0.72	0.34	0.38	0.05	0.22
			1M HCl	1.64	2.83	2.21	1.98	0.40	0.41	0.48	1.45
			1M HNO <sub>3</sub>	1.64	2.83	2.21	1.98	0.40	0.41	0.48	1.45
	Kana me	upper	H <sub>2</sub> O	0.13	0.01	0.05	0.02	0.37	0.40	0.01	0.03
			1M HCl	9.47	11.6	11.9	6.59	0.52	0.51	5.05	0.30
			1M HNO <sub>3</sub>	8.57	10.6	8.13	7.00	0.52	0.50	4.03	0.24
		middle	H <sub>2</sub> O	0.07	0.01	0.05	0.01	0.38	0.40	0.00	0.03
			1M HCl	4.32	4.25	5.79	2.66	0.46	0.46	3.25	0.32
			1M HNO <sub>3</sub>	3.39	3.69	3.46	3.21	0.49	0.45	1.66	0.27
		lower	H <sub>2</sub> O	0.05	0.00	0.05	0.00	0.36	0.40	-	0.03
			1M HCl	3.20	2.97	4.82	2.30	0.42	0.45	1.88	0.30
			1M HNO <sub>3</sub>	3.36	3.29	4.60	2.36	0.47	0.47	1.99	0.29

表 4-2. 底質溶出試験結果 (10/17 サンプルング試料)

(mg/L)											
Date	River	point	Eluent	Si	Al	Fe	Ca	Na	K	Mg	P
2018 10/ 17	Haya kawa	upper	H <sub>2</sub> O	0.03	-	0.02	0.62	0.39	0.40	0.00	0.03
			1M HCl	1.33	1.95	2.32	1.73	0.42	0.42	0.41	0.15
			1M HNO <sub>3</sub>	1.28	2.01	1.81	2.22	0.47	0.43	0.33	0.13
		middle	H <sub>2</sub> O	0.04	-	0.03	0.62	0.40	0.41	-	0.03
			1M HCl	1.44	2.02	2.26	2.00	0.51	0.46	0.57	0.18
			1M HNO <sub>3</sub>	1.44	2.07	1.99	2.83	0.44	0.42	0.50	0.18
		lower	H <sub>2</sub> O	0.06	-	0.03	0.86	0.41	0.41	-	0.03
			1M HCl	1.77	2.87	2.38	2.02	0.50	0.44	0.45	0.22
			1M HNO <sub>3</sub>	1.62	2.66	1.74	2.54	0.46	0.43	0.32	0.19
	Kana me	upper	H <sub>2</sub> O	0.14	0.01	0.04	0.42	0.48	0.41	-	0.05
			1M HCl	7.75	9.56	9.41	6.32	0.55	0.48	3.89	0.30
			1M HNO <sub>3</sub>	7.27	8.32	5.77	7.11	0.53	0.48	2.49	0.25
		middle	H <sub>2</sub> O	0.08	-	0.05	-	0.34	0.38	-	0.26
			1M HCl	3.22	3.12	3.54	2.88	0.45	0.43	1.51	2.16
			1M HNO <sub>3</sub>	3.00	3.07	2.37	3.08	0.41	0.42	1.01	1.23
		lower	H <sub>2</sub> O	0.08	-	0.04	0.82	0.48	0.41	-	0.05
			1M HCl	4.78	5.37	7.42	4.06	0.55	0.50	2.52	0.36
			1M HNO <sub>3</sub>	4.51	4.67	5.11	5.15	0.53	0.48	1.65	0.35

表 4-3. 底質溶出試験結果 (12/3 サンプルング試料)

Date	River	point	Eluent	(mg/L)							
				Si	Al	Fe	Ca	Na	K	Mg	P
2018 12/3	Haya kawa	upper	H <sub>2</sub> O	0.06	-	0.02	0.20	0.41	0.42	-	0.04
			1M HCl	1.77	2.47	2.60	1.57	0.43	0.44	0.53	0.19
			1M HNO <sub>3</sub>	1.75	2.40	2.26	1.92	0.41	0.42	0.51	0.16
		middle	H <sub>2</sub> O	0.06	-	0.02	0.38	0.39	0.41	-	0.05
			1M HCl	1.67	2.51	2.53	2.42	0.44	0.45	0.52	0.20
			1M HNO <sub>3</sub>	1.52	2.43	1.91	1.97	0.44	0.43	0.39	0.19
		lower	H <sub>2</sub> O	0.08	0.01	0.03	0.42	0.39	0.41	-	0.05
			1M HCl	2.32	3.35	2.92	2.00	0.47	0.46	0.55	0.24
			1M HNO <sub>3</sub>	2.01	2.99	2.06	2.20	0.44	0.45	0.37	0.23
	Kana me	upper	H <sub>2</sub> O	0.12	0.00	0.03	0.34	0.39	0.41	-	0.05
			1M HCl	7.86	8.89	8.89	6.56	0.51	0.49	3.57	0.35
			1M HNO <sub>3</sub>	7.00	8.07	5.59	6.35	0.52	0.50	2.38	0.29
		middle	H <sub>2</sub> O	0.08	0.01	0.03	-	0.39	0.41	-	0.07
			1M HCl	4.61	4.89	5.46	5.20	0.53	0.49	2.27	0.44
			1M HNO <sub>3</sub>	4.08	4.53	3.51	4.30	0.50	0.48	1.48	0.38
		lower	H <sub>2</sub> O	0.07	0.01	0.03	0.32	0.41	0.41	-	0.06
			1M HCl	4.19	4.00	5.57	3.69	0.51	0.49	1.75	0.42
			1M HNO <sub>3</sub>	4.12	4.10	4.67	3.66	0.56	0.49	1.61	0.39

### 底質溶出試験と河川水測定結果の関係

表 4-1 ~ 表 4-3 に早川及び金目川の河川底質の溶出試験の結果を示した。早川の酸溶出量は上流から下流に行くに従って増加する傾向がみられ、河川水で観測された上流の Ca, Mg が高濃度である傾向とは一致しない。いずれも B の溶出は確認されなかった。金目川では上流の酸溶出量は多く、やはり河川水中の元素濃度とは相関がみられない。例年の測定結果と比較すると、10 月サンプルングの金目川の河川水濃度が高い傾向にあったが、原因究明には至らなかった。結果は示さなかったが、例年同様相模川の測定も実施しており、相模川の河川水濃度に例年との大きな違いはみられない<sup>4)</sup>ことを確認した。

### 謝辞

本研究は、平成 30 年度神奈川大学総合理学研究所共

同研究助成 (RIIS201805) を受けて行った。ここに謝意を表します。

### 文献

- 1) 平賀義路, 児玉壮史, 鈴木祥弘 (2011) 相模川河口域の植物プランクトンの分布への淡水流入の影響. *Sci. J. Kanagawa Univ.* **23**: 59-66.
- 2) 野木大輔, 平賀義路, 金澤謙一, 西本右子, 武井尊也, 鈴木祥弘 (2015) 相模川河口域プランクトン生物量の周年変化. *Sci. J. Kanagawa Univ.* **26**: 91-96.
- 3) 武井尊也, 鈴木祥弘, 金澤謙一, 西本右子 (2016) 相模川河口域海水及び流入河川水の元素濃度. *Sci. J. Kanagawa Univ.* **27**: 81-84.
- 4) 荒井 健, 島川涼太, 武井尊也, 鈴木祥弘, 金澤謙一, 西本右子 (2017) 相模川河口域における長期環境モニタリング 4 - 流入河川水の元素濃縮. *Sci. J. Kanagawa Univ.* **28**: 109-112.