

手賀沼・印旛沼流域における水質・底質の放射性物質モニタリング調査結果（平成24年5月～7月）の考察について

平成25年2月27日
千葉県環境研究センター
0436-21-6371

1 はじめに

県では手賀沼・印旛沼流域における放射性物質の実態や移動などの状況をより詳細に把握するため、環境省の調査とは別に、測定地点等を充実させ、水質・底質のモニタリング調査を実施している。昨年5月から7月に実施した結果の概要については速報値として既に公表したが、底質の強熱減量（底質に含まれる有機物量の指標）と粒度分布の測定結果を加え、考察を行いとりまとめたので、その結果について報告する。

2 調査対象及び調査方法

2012年5月24日から6月6日まで手賀沼及びその流入河川、7月2日から7月17日まで印旛沼及びその流入河川について調査を実施した。手賀沼流域では19地点、印旛沼流域では23地点の水質、底質調査を行った（図1、図2）。

水質調査は各地点1箇所（河川では流心）において表層水を採取した。測定項目は色相、透視度等現場調査項目及び放射性よう素、放射性セシウム（Cs-134, Cs-137）、SSである。

底質は湖沼内は各地点1箇所、河川では、流心、左岸及び右岸付近の原則3箇所から検体を採取した。採泥は主にエクマンバージ採泥器を使用し、底質表面から約3cm程度を試料とした。測定項目は色相、性状等現場調査項目及び放射性よう素、放射性セシウム（Cs-134, Cs-137）、強熱減量、粒度分布等である。なお、放射性物質の測定値の算出は乾泥換算値とした。

3 調査結果の概要

3.1 水質調査結果

全ての水質試料において、放射性よう素及び放射性セシウム（Cs-134, Cs-137）は不検出であった。

3.2 底質調査結果

3.2.1 底質の放射性よう素

放射性よう素は全ての底質試料において不検出であった。

3.2.2 底質の放射性セシウム

（1）算定方法

河川における底質の放射性セシウム（Cs-134及びCs-137）の算定は、1地点原則3箇所採取した試料それぞれについて乾泥換算した後1地点ごとに平均値を算出した。Cs-134とCs-137の値を合計し、放射性セシウムの合計値とした。

（2）底質放射性セシウム合計量の概要

Cs-134とCs-137の合計量は印旛沼の流入河川では176～4,600Bq/kgの範囲であり、沼内では570～1,050Bq/kgの範囲となった。手賀沼の流入河川では1,290～11,900Bq/kgの範囲であり、沼内では540～12,200Bq/kgの範囲となった（表1～4）。

印旛沼の流入河川のうち高い値となったのは、印旛沼放水路上流のゆらゆら橋で4,600Bq/kg、同じく八千代橋で4,400Bq/kgであった。低い値となったのは鹿島川鹿島橋で176Bq/kg、同じく

岩富橋で 189 Bq/kg であった。印旛沼内では上水道取水口下が一番高く 1,050 Bq/kg, 阿宗橋が一番低く 570 Bq/kg であった。

手賀沼の流入河川のうち高い値となったのは、大堀川の新駒木橋で 11,900Bq/kg, 同じく地金堀・大堀川合流前で 7,400Bq/kg であった。低い値となったのは金山落名内橋と大津川下橋でそれぞれ 1,290 Bq/kg, 1,340 Bq/kg であった。手賀沼内では大津川河口付近と大堀川河口付近が高く, それぞれ 12,200 Bq/kg, 11,000 Bq/kg, 布佐下が一番低く 540 Bq/kg であった。

これらの結果から放射性セシウム合計は手賀沼流入河川の方が印旛沼流入河川よりも高い地点が多かったといえる。また, いずれの流入河川も沼の西に位置する河川で他よりも高い濃度の地点が見られた。手賀沼内では放射性セシウム合計の高かった大堀川と大津川の河口域付近の値が高く, これらの河川の流入による影響が考えられた。印旛沼では放射性セシウム合計の高かった印旛放水路(上流)の河口部となる阿宗橋の数値は特に高くなく, 現状では流入河川の影響は顕著には見られなかった。

これらは文部科学省による航空機モニタリングの調査結果(地表面への放射性セシウムの沈着量・図3)と整合していた。

なお, Cs-134の半減期は約2年, Cs-137の半減期は約30年であり, 福島第一原発事故時はCs-134, Cs-137の排出率は1:1といわれている。平成23年10月~11月の環境省による底質調査結果ではこの比率は0.78:1であったが, さらに約半年後の本調査の底質調査結果では0.57:1とCs-134の比率が下がっている。今後, 半減期の短いCs-134の減少による放射性物質濃度の低減が予想される。

4 放射性物質と底質の強熱減量及び粒度分布との関係

印旛沼・手賀沼流域の底質の重金属含有量は強熱減量及び微細泥率(粒径 $53\mu\text{m}$ 以下の成分比率)と相関関係があると言われている¹⁾。また, 文部科学省の報告書の「5. 河川中(河川水・河底土及び浮遊砂)及び井戸水における放射性物質の放射能濃度の変化傾向の確認」²⁾においては, 土壌試料の比表面積が放射能濃度に関係があるというHe and Walling(1996)の報告に基づき, 河川底質の放射性セシウムの値を底質試料の比表面積で補正している。

これらのことから, 比表面積に関係する底質粒径と放射性セシウムの間には何らかの関係が見られるということが一般に言われている。

本調査結果における強熱減量と放射性セシウム合計(Cs-134+Cs-137)の関係を印旛沼, 手賀沼流域別に図4,5に示す。また, 底質の粒径(算術平均粒径)と放射性セシウムの合計の関係を求め図6,7に示した。さらに, 放射性セシウムは河川浮遊物の粘土成分($5\mu\text{m}$ 以下)に良く吸着されると言われていることから, 底質粒径の $5\mu\text{m}$ 以下の比率を粘土比率としそれと放射性セシウム合計との関係を図8,9に示した。また, 底質粒径の $53\mu\text{m}$ 以下(シルト+粘土)の比率を微細泥率とし, それと放射性セシウム合計との関係を図10,11に示した。

これらの図において, 強熱減量と放射性セシウムの関係は, 特に印旛沼流域において相関関係が見られるが, 平均粒径と放射性セシウムの関係は強熱減量との関係ほど明瞭には見られない。また, 粘土比率と放射性セシウムの関係ではむしろ粘土比率が高い方が放射性セシウムの値が下がる傾向が見える。微細泥率と放射性セシウムの関係は見られるが, これは強熱減量と微細泥率との間に正の相関があることによるものと推測される。

これらのことから本調査においては, 放射性セシウムは底質試料の粒径よりも強熱減量で表わされる有機物に強く関係していることが示唆される。文献2)の「6. 放射性物質の包括的移行状況調査」では, 森林の落ち葉に放射性物質が高濃度に含まれることが示されている。また, 林³⁾

は森林域における放射性物質の動態において、河川水中のSS中の粒径別に強熱減量と放射性セシウム(Cs-137)の関係を求め、粒径が63 μ m以上の場合は強熱減量と放射性セシウムの間に関係があることを示した。

本調査結果から、流域で発生して河川に流れ込んだ有機性の浮遊物質により、河川底質の放射性物質が高濃度となっていることが推定された。今後これらの放射性物質が、流域の中で有機物分解などの過程後にどのように移動していくかを把握していく必要があると考えられる。

5 まとめ

これまで得られた結果のまとめとしては、以下のとおりである。

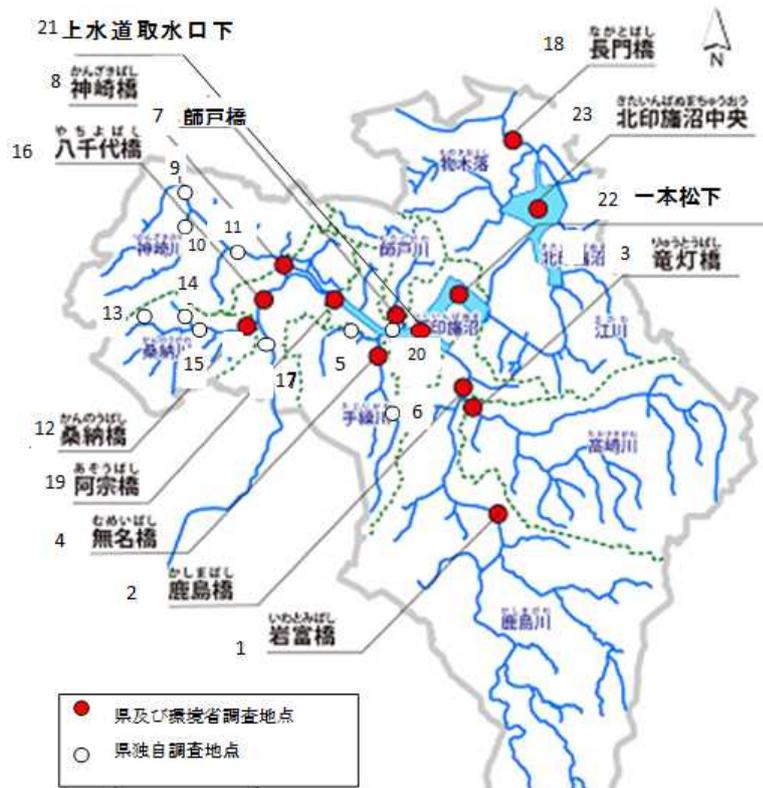
- 1) 印旛沼・手賀沼流入河川及び沼内の水質において、放射性ヨウ素131及び放射性セシウム134と137は不検出であった。
- 2) 底質における放射性ヨウ素はいずれも不検出であった。
- 3) 流入河川底質の放射性セシウム(Cs-134+Cs-137)は、手賀沼流入河川の方が印旛沼流入河川よりも高い地点が多かった。また、いずれの流入河川も沼の西に位置する河川底質で、他よりも高い濃度の地点が見られた。
- 4) 手賀沼底質の放射性セシウムは、流入河川の影響により、西側で高い傾向が見られた。印旛沼底質では、現状では流入河川による放射性物質の流入による影響は顕著には見られなかった。
- 5) これらの放射性セシウムの分布は文部科学省による航空機モニタリングの調査結果(地表面への放射性セシウムの沈着量)と整合していた。なお、平成23年10月～11月の環境省の底質調査結果と比較して、Cs-134の存在比率が低下していることから、今後、Cs-134の減少による放射性物質濃度の低減が予想される。
- 6) 底質の放射性セシウムは底質の粒径よりも強熱減量との相関が強く、現状においては、流域で発生して河川に流れ込んだ有機性の浮遊物質の影響が大きいと考えられた。
- 7) 今後流域に存在する放射性物質が有機物の分解などにより、流域内でどのように移動していくかを把握して行く必要がある。

6 今後の取り組み

- 1) 県が引き続き行う、同一地点の水質及び底質の放射性物質濃度の定期的なモニタリングにおいて、底質の強熱減量・粒度分布データを用いた解析を続けることにより、河川・湖沼の放射性物質の堆積状況等の考察を行う。
- 2) 新たな取り組みとして、手賀沼内の底質を深さ方向に層別に採取し、放射性物質濃度の測定等を行うことにより、今後の放射性物質の移動・移行について考察していく。

参考文献

- 1) 千葉県水質保全研究所：公共用水域底質調査結果-印旛沼・手賀沼・流入河川・東京湾-，水保研資料 No. 47(1987)
- 2) 文部科学省：東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に伴い放出された放射性物質の分布状況等に関する調査研究結果，放射線量等分布マップ関連研究に関する報告書 第2編(2012)
- 3) 林誠二：森林域における放射性物質の動態，第58回日本水環境学会セミナー「東日本大震災の水環境における放射性物質の挙動」講演資料集(2013)



NO.	水域名	地点名	市町村
1	鹿島川	岩富橋	佐倉市
2	鹿島川	鹿島橋	佐倉市
3	高崎川	竜灯橋	佐倉市
4	手繰川	無名橋	佐倉市
5	手繰川	小竹川・小竹付近	佐倉市
6	手繰川	下志津橋	佐倉市
7	師戸川	師戸橋	印西市
8	神崎川	神崎橋	八千代市
9	神崎川	白井橋	白井市
10	神崎川	二重川・こぶく橋付近	白井市
11	神崎川	小池橋	八千代市
12	桑納川	桑納橋	八千代市
13	桑納川	三咲川・大穴付近	船橋市
14	桑納川	金堀川・金堀付近	船橋市
15	桑納川	睦橋	八千代市
16	印旛沼放水路(上流)	八千代橋	八千代市
17	印旛沼放水路(上流)	ゆらゆら橋	八千代市
18	長門川	長門橋	栄町
19		阿宗橋	
20		船戸大橋下流	
21		上水道取水口下	
22		一本松下	
23		北印旛沼中央	

図1 印旛沼流域調査地点



NO.	水域名	地点名	市町村
1	亀成川	亀成橋	印西市
2	金山落	名内橋	白井市
3	染井入落	若白毛付近	柏市
4		染井新橋	柏市
5	大津川	下橋	柏市
6		上沼橋	柏市
7		新駒木橋	流山市
8		新橋	柏市
9	大堀川	昭和橋	柏市
10		地金堀・大堀川合流前	柏市
11		北柏橋	柏市
12		大堀川河口付近	
13		大津川河口付近	
14		根戸下	
15	手賀沼	手賀大橋下流	
16		染井入落河口付近	
17		手賀沼中央	
18		下手賀沼中央	
19		布佐下	

図2 手賀沼流域調査地点

表1 印旛沼流入河川底質調査結果

採取地点				採取日	天候	気温 ℃	水深 (流心) m	採取位置 (河川内底質)	一般項目			放射性物質濃度 Bq/kg(乾泥)			
									泥温 ℃	含泥率 %	主な性状	放射性ヨウ素 ^{※1} I-131	放射性セシウム		
NO.	水域名	地点名	市町村									Cs-134 (平均値)	Cs-137 (平均値)	合計	
1	鹿島川	岩富橋	佐倉市	7月2日	小雨	21.2	0.8	左岸・流心・右岸	19.6-20.3	76.9-81.7	砂	ND	69	120	189
2		鹿島橋	佐倉市	7月2日	うすくもり	22.5	2.2	左岸・流心・右岸	20.9-24.2	63.1-78.5	砂	ND	66	110	176
3	高崎川	竜灯橋	佐倉市	7月2日	くもり	21.3	0.6	左岸・流心・右岸	20.4-20.7	74.3-77.5	砂	ND	86	130	216
4		無名橋	佐倉市	7月4日	晴	25.6	0.7	左岸・流心	26.5-30.9	76.8-77.1	砂	ND	870	1,400	2,270
5	手線川	小竹川・小竹付近	佐倉市	7月4日	晴	27.1	0.4	左岸・流心・右岸	27.2-27.6	65.8-67.9	砂	ND	660	1,100	1,760
6		下志津橋	佐倉市	7月4日	晴	25.0	0.3	左岸・流心・右岸	23.6-28.5	60.8-65.3	砂	ND	580	930	1,510
7	師戸川	師戸橋	印西市	7月17日	晴	31.2	1.1	左岸・流心・右岸	25.3-26.4	32.4-58.3	砂・シルト	ND	670	1,100	1,770
8		神崎橋	八千代市	7月17日	晴	31.0	1.9	左岸・流心・右岸	26.7-27.4	40.4-63.9	砂	ND	530	890	1,420
9	神崎川	白井橋	白井市	7月11日	晴	28.2	0.3	左岸・流心・右岸	23.0-23.8	65.7-76.3	シルト	ND	410	650	1,060
10		二重川・こぶく橋付近	白井市	7月11日	晴	28.3	0.3	左岸・流心・右岸	24.7-25.4	70.4-76.1	砂	ND	1,100	1,900	3,000
11	桑納川	小池橋	八千代市	7月11日	晴	28.5	1.0	左岸・流心・右岸	24.7-27.5	59.0-73.2	砂・シルト	ND	390	650	1,040
12		桑納橋	八千代市	7月9日	晴	26.3	1.1	左岸・流心・右岸	22.2-25.3	71.6-73.5	砂	ND	610	980	1,590
13		三峯川・大穴付近	船橋市	7月5日	晴	26.9	0.3	左岸・流心・右岸	20.9-22.8	56.8-60.7	砂	ND	990	1,600	2,590
14		金堀川・金堀付近	船橋市	7月5日	晴	27.8	0.3	左岸・流心・右岸	25.2-27.0	37.7-66.3	砂・シルト	ND	1,200	2,000	3,200
15		陸橋	八千代市	7月5日	うすくもり	28.2	0.3	左岸・流心・右岸	22.9-25.6	72.0-76.9	砂	ND	520	830	1,350
16	印旛沼 放水路 (上流)	八千代橋	八千代市	7月9日	晴	26.5	3.6	左岸・流心・右岸	21.9-22.7	32.8-39.7	シルト	ND	1,700	2,700	4,400
17		ゆらゆら橋	八千代市	7月9日	晴	24.0	3.1	左岸・流心・右岸	19.4-24.3	30.2-45.3	砂・シルト	ND	1,700	2,900	4,600
18	長門川	長門橋	栄町	7月17日	晴	29.6	1.9	左岸・流心・右岸	27.3-30.2	75.0-79.3	砂	ND	99	160	259

・採泥は底質表面から約3cmまでとした。

※1 ND : 100Bq/kg(乾泥)未満

表2 印旛沼底質調査結果

採取地点		採取日	天候	気温 ℃	水深 m	一般項目			放射性物質濃度 Bq/kg(乾泥)			
						泥温 ℃	含泥率 %	性状	放射性ヨウ素 ^{※1} I-131	放射性セシウム		
NO.	地点名									Cs-134	Cs-137	合計
19	阿宗橋	7月10日	晴	29.6	2.05	25.4	54.0	砂シルト	ND	210	360	570
20	船戸大橋下流	7月10日	晴	28.8	2.24	28	47.3	砂シルト	ND	230	420	650
21	上水道取水口下	7月10日	晴	29.3	1.62	24.9	26.8	シルト	ND	370	680	1,050
22	一本松下	7月10日	晴	29.5	1.60	24.5	20.5	シルト	ND	300	600	900
23	北印旛沼中央	7月10日	晴	29.4	1.62	25.3	17.9	シルト	ND	270	500	770

・採泥は底質表面から約3cmまでとした。

※1 ND : 100Bq/kg(乾泥)未満

表3 手賀沼流入河川底質調査結果

採取地点				採取日	天候	気温 ℃	水深 (流心) m	採取位置 (河川内底質)	一般項目			放射性物質濃度 Bq/kg(乾泥)			
									泥温 ℃	含泥率 %	性状	放射性ヨウ素 ^{※1} I-131	放射性セシウム		
NO.	水域名	地点名	市町村									Cs-134 (平均値)	Cs-137 (平均値)	合計	
1	亀成川	亀成橋	印西市	5月31日	晴	23.7	0.90	左岸・流心・右岸	20.5-21.5	18.6-45.8	シルト	ND	1,300	2,100	3,400
2	金山落	名内橋	白井市	5月31日	曇	23.9	0.26	流心	22.4	73.5	砂	ND	530	760	1,290
3		若白毛付近	柏市	5月30日	晴	23.9	0.45	左岸・流心・右岸	23.4-24.8	68.2-70.0	砂	ND	1,500	2,200	3,700
4	染井入落	染井新橋	柏市	5月30日	曇	21.6	0.82	左岸・流心・右岸	22.7-23.8	43.5-53.2	シルト	ND	1,300	2,000	3,300
5		下橋	柏市	6月6日	雨/曇	19.9	0.58	左岸・流心・右岸	18.3-18.4	74.4-78.8	砂	ND	540	800	1,340
6	大津川	上沼橋	柏市	6月6日	雨時々曇	18.9	1.30	左岸・流心・右岸	18.4-19.0	57.6-71.1	シルト混砂	ND	1,700	2,700	4,400
7		新駒木橋	流山市	5月24日	晴	26.6	0.47	流心・右岸	23.5-23.9	43.1-46.4	シルト	ND	4,700	7,200	11,900
8	大堀川	新橋	柏市	5月28日	晴	23.8	0.43	左岸・流心・右岸	23.4-24.0	71.3-72.3	砂	ND	1,300	2,100	3,400
9		昭和橋	柏市	5月28日	晴	25.1	0.30	左岸・流心・右岸	22.7-24.4	73.0-76.0	砂	ND	980	1,500	2,480
10		地金堀・大堀川合流前	柏市	5月28日	曇	23.5	0.25	左岸・流心・右岸	22.5-23.0	74.7-75.0	砂	ND	2,900	4,500	7,400
11		北柏橋	柏市	5月24日	晴	25.5	1.30	左岸・流心・右岸	18.8-21.9	32.7-76.3	砂/砂混シルト	ND	1,800	2,700	4,500

・採泥は底質表面から約3cmまでとした。

※1 ND : 600Bq/kg(乾泥)未満

表4 手賀沼底質調査結果

採取地点		採取日	天候	気温 ℃	水深 m	一般項目			放射性物質濃度 Bq/kg(乾泥)				
						泥温 ℃	含泥率 %	性状	放射性ヨウ素 ^{※1} I-131	放射性セシウム			
NO.	地点名									Cs-134	Cs-137	合計	
12	手賀沼	大堀川河口付近	5月29日	晴	—	1.10	22.3	59.5	砂混シルト	ND	4,300	6,700	11,000
13		大津川河口付近	5月29日	晴	25.7	1.10	21.7	38.2	砂混シルト	ND	4,800	7,400	12,200
14		根戸下	5月29日	晴	23.4	2.20	21.2	27.7	シルト	ND	2,500	3,500	6,000
15		手賀大橋下流	5月29日	晴	23.5	1.30	23.3	67.8	砂混シルト	ND	500	760	1,260
16		染井入落河口付近	5月29日	晴	23.5	0.80	23.4	63.5	砂	ND	660	1,000	1,660
17		手賀沼中央	5月29日	晴	23.4	1.70	22.9	23.4	シルト	ND	420	580	1,000
18		下手賀沼中央	5月29日	晴	23.2	1.80	22.4	40.7	シルト	ND	280	370	650
19		布佐下	5月29日	晴	23.8	2.50	22.2	41.7	シルト	ND	220	320	540

・採泥は底質表面から約3cmまでとした。

※1 ND : 360Bq/kg(乾泥)未満



図3 文部科学省による航空機モニタリング（地表面への放射性セシウムの沈着量）

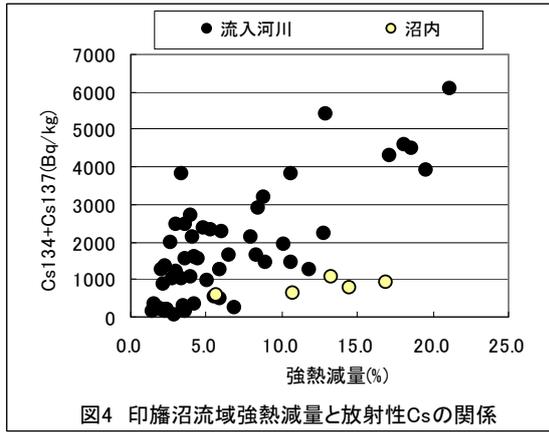


図4 印旛沼流域強熱減量と放射性Csの関係

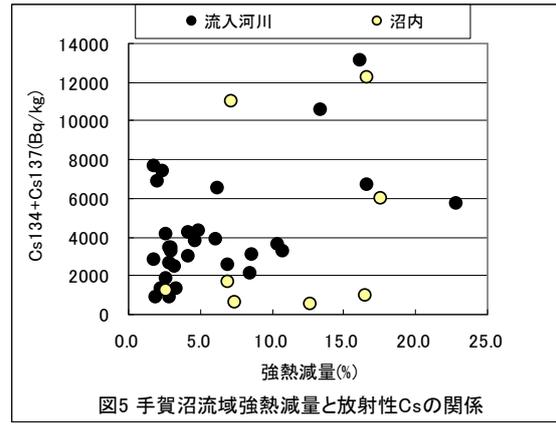


図5 手賀沼流域強熱減量と放射性Csの関係

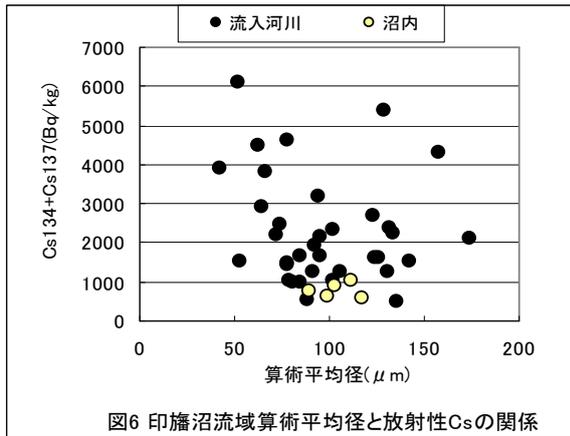


図6 印旛沼流域算術平均径と放射性Csの関係

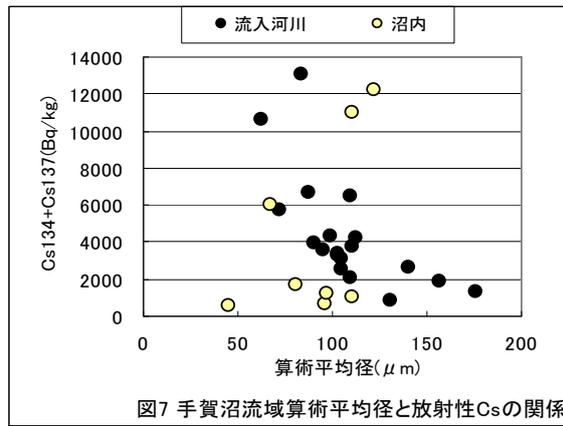


図7 手賀沼流域算術平均径と放射性Csの関係

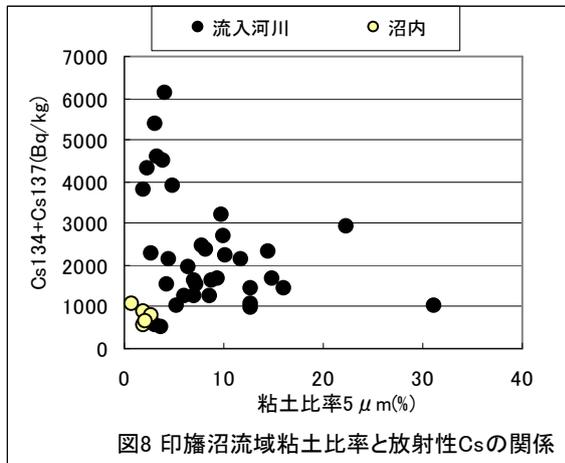


図8 印旛沼流域粘土比率と放射性Csの関係

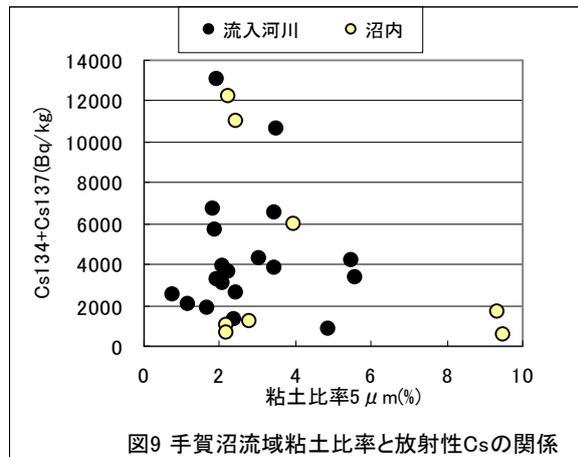


図9 手賀沼流域粘土比率と放射性Csの関係

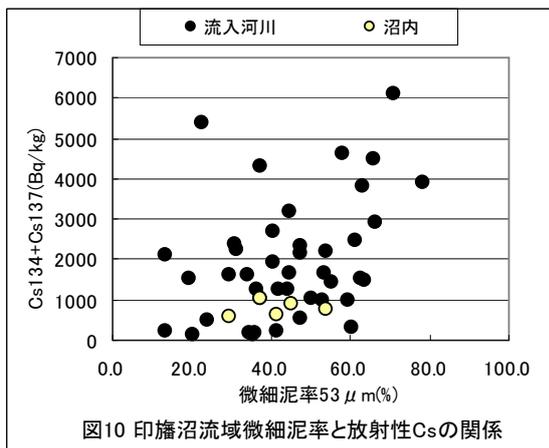


図10 印旛沼流域微細泥率と放射性Csの関係

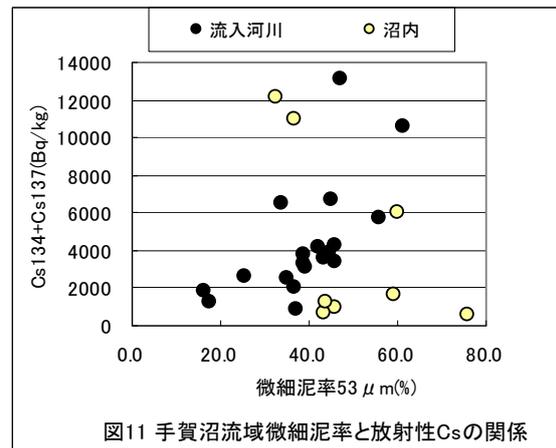
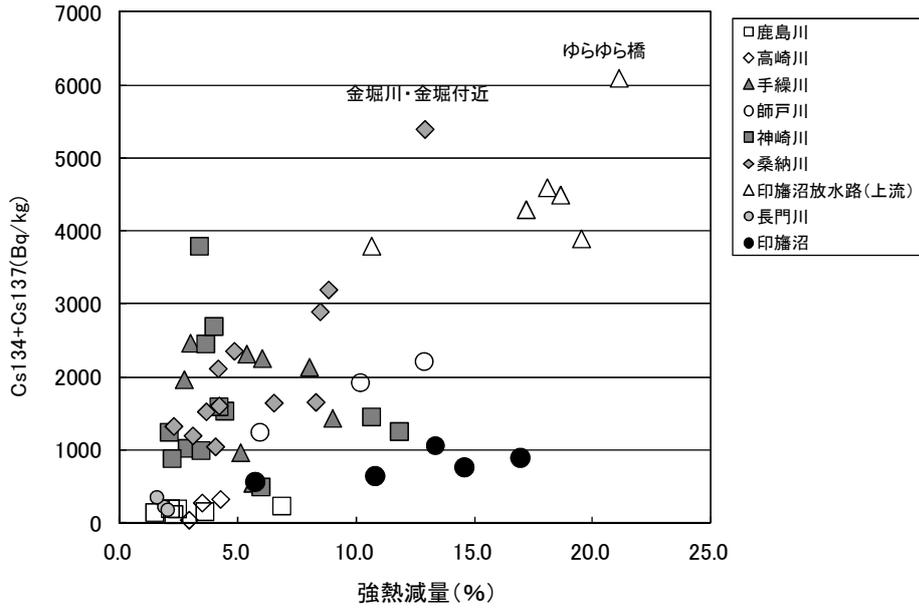
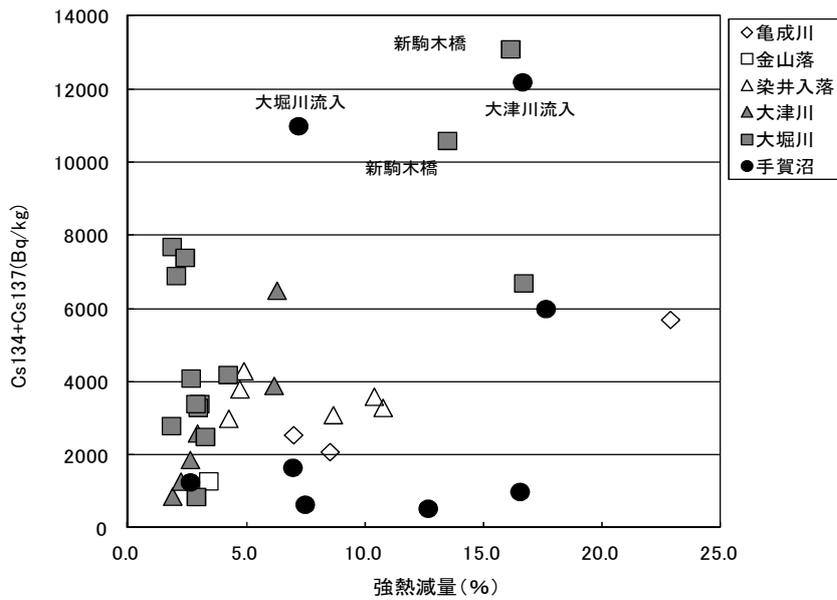


図11 手賀沼流域微細泥率と放射性Csの関係

参考図



参考図 1 印旛沼流域強熱減量と放射性セシウムの関係



参考図 2 手賀沼流域強熱減量と放射性セシウムの関係

- * 強熱減量と放射性セシウムの関係は河川別に見ると同一河川の複数地点では相関がみられる。
- * 傾きが高いところは放射能汚染の可能性が高い。