

霞ヶ浦の放射線汚染

元茨城県内水面水産試験場長 浜田篤信

福島第一原子力発電所の倒壊による放射能汚染は、霞ヶ浦にも深刻な影響を及ぼし始めている。既に環境省による2回のモニタリング調査や市民団体（アサザ基金主催）による調査結果が発表され、汚染の実態がわずかではあるが、明らかになってきたが、汚染の構造についても予測についても全く闇の中である。本来、県が責任をもって詳細な調査を行い汚染の構造を明らかにして予測を行い、対策を実施すべきであるが、その動きさえない。

この報告書は、既往のデータを整理し、十分なものではないが、汚染の構造や予測を行い、今後、何をなすべきかを提案するものである。

1 流入河川の実態

(1) セシウム濃度と流域面積

環境省の2011年9-10月の各河川の底質モニタリング調査結果を高濃度順に並べたものが図1である。この配列をみると河川の流域面積が小さいもの程、高濃度を示す傾向が見てとれる。

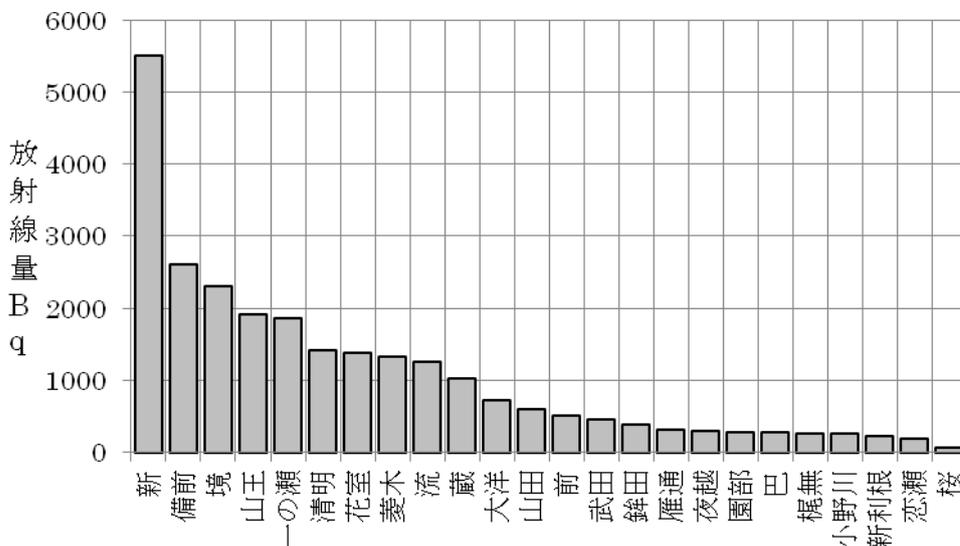


図1 霞ヶ浦北浦流入河川の堆積物中のセシウム濃度 (Cs134,137 合計値)

流域面積が大きくなるにしたがって各河川の下流部の堆積物中セシウムの濃度は高くなるのであるが、これは流域から河川に搬入された結果であるから、この値を流域面積当りに換算した値[単位流域面積当セシウム濃度]と流域面積との関係を図示してみた。

流域面積とセシウム合計値との関係は図2となる。2011年9月の調査結果について見る

と堆積物中のセシウム濃度 Y (合計) と流域面積 A の間には高い相関関係が認められ ($r^2=0.86$)、両者の関係は次式となる。

$$Y = 3690A^{-1.53} \text{ ----- (1)}$$

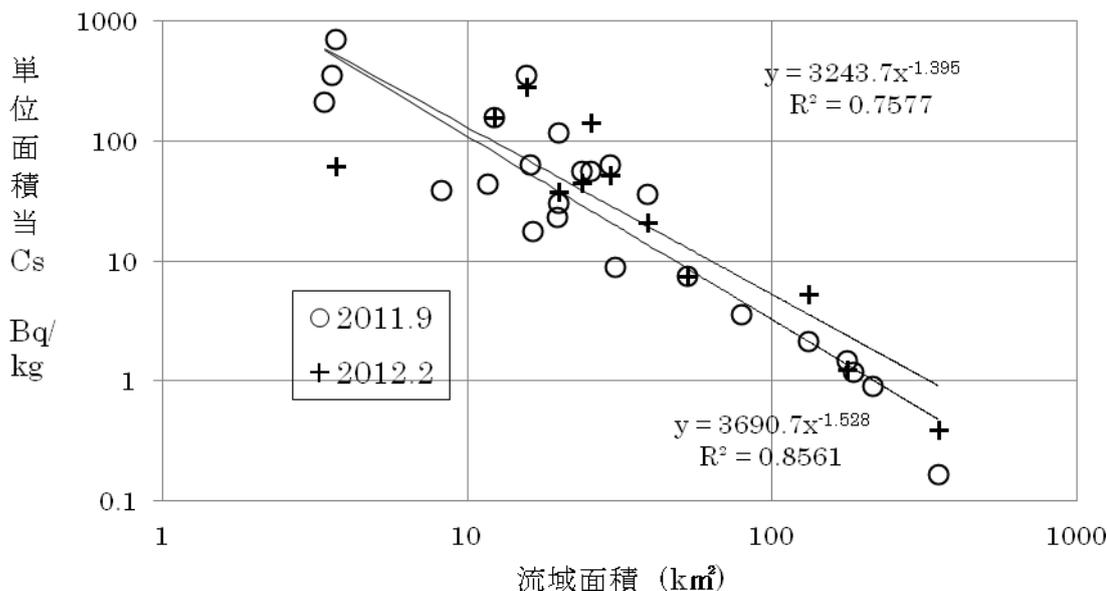


図2 流域面積と単位流域面積当たり放射線濃度

環境省の2012年2月の調査結果では、調査地点数が少なくなっているが、第1回の調査結果同傾向が認められ両者の関係は次式となる。

$$Y_2 = 3244A^{-1.40} \text{ ----- (2)}$$

第1回目の調査と5カ月後に実施された第2回の調査結果を比較すると、両者の間には微妙な差が見られ、相関式の勾配が-1.53 から-1.40 に上昇している。このことは流域面積が大きい河川程、5カ月後の濃度が高まりつつあることを示唆している。

(2) セシウム濃度増加倍率 (第2回モニタリング/第1回モニタリング)

第2回環境省モニタリング調査では、12河川の内、前回よりも濃度の高まった河川は桜川、清明川、巴川の3河川であった。この結果を受けてセシウムの濃度が低減する方向に向かうのではないかと受け取る向きもあるが慎重に検討しなければならない。

表1に環境省のモニタリング調査結果を引用したが、これらの値に基づき、セシウム濃度増加率 (第2回モニタリング値/第1回モニタリング値) を求め、図3に図示した。

増加倍率を見ると流域面積が 50 k m²以下では、清明川一例を除き 1.0 以下である。

表 1 環境省放射線濃度モニタリングからの濃度増加倍率

河川名	流域面積	A 第1回モニタリング			B 第2回モニタリング			増加倍率(B/A)		
		Cs計	Cs134	Cs137	Cs計	Cs134	Cs137	Cs計	Cs134	Cs137
桜川	350.3	58	29	29	136	56	80	2.34	1.93	2.76
恋瀬川	212.6	194	84	110						
新利根川	184	220	100	120						
小野川	175.7	260	100	160	220	90	130	0.85	0.90	0.81
巴川	131.8	280	130	150	690	300	390	2.46	2.31	2.60
園部川	79.3	280	120	160						
銚田川	52.7	390	170	220	390	160	230	1.00	0.94	1.05
花室川	38.8	1390	610	780	820	340	480	0.59	0.56	0.62
梶無川	30.7	270	120	150						
一の瀬川	29.4	1870	870	1000	1540	640	900	0.82	0.74	0.90
清明川	25.5	1420	640	780	3640	240	3400	2.56	0.38	4.36
菱木川	23.7	1320	600	720	1070	460	610	0.81	0.77	0.85
境川	19.9	2300	1100	1200	760	310	450	0.33	0.28	0.38
山田川	19.9	600	270	330						
武田川	19.7	460	200	260						
夜越川	16.4	290	110	180						
蔵川	16.1	1020	460	560						
新川	15.6	5500	2600	2900	4400	1800	2600	0.80	0.69	0.90
山王川	12.3	1920	920	1000	1950	850	1100	1.02	0.92	1.10
前川	11.7	510	230	280						
雁通川	8.2	320	150	170						
備前川	3.7	2600	1200	1400	228	98	130	0.09	0.08	0.09
流川	3.6	1260	580	680						
大洋川	3.4	720	330	390						

流域面積が比較的小さい河川ではセシウム濃度が前回よりも低減しことになる。これに対し流域面積が 125 k m²以上の桜川および巴川では、増加倍率が 2.3~2.5 で今回の調査でセシウム濃度が倍増した。増加倍率全体の傾向から判断して小河川では濃度が減少、大河川では増加したと判断することができる。例外的な小野川および清明川については、それぞれの河川の特異性があると思われる。

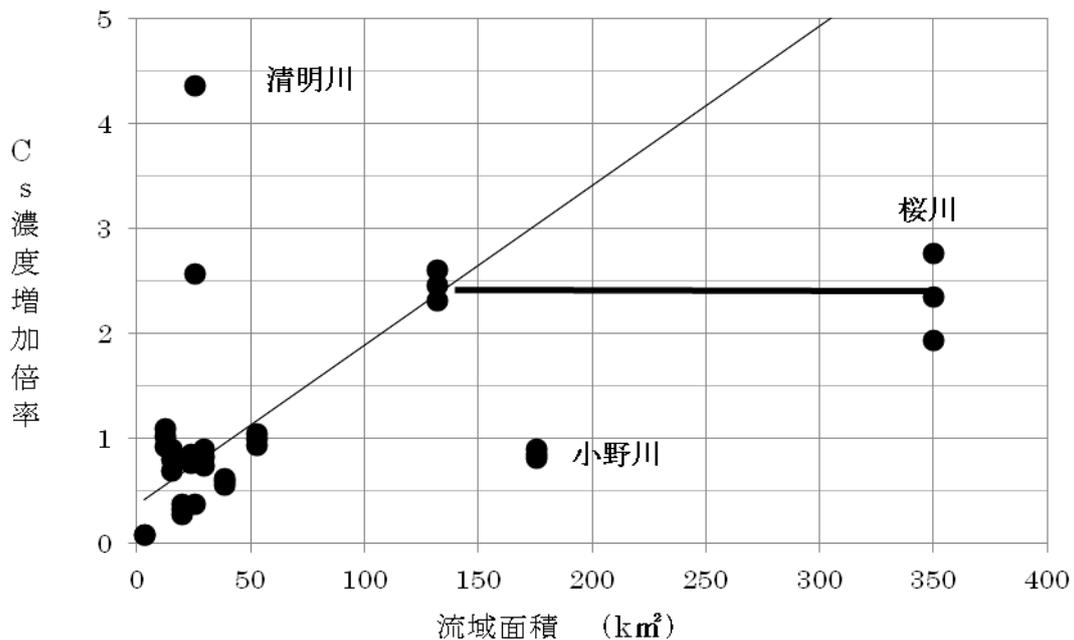


図3 河川堆積物中のセシウム濃度の増加倍率

2 霞ヶ浦北浦の実態

2011年9月の時点では、すべての地点で330Bq/kg以下であったが、2012年2月の今回は、霞ヶ浦湖心、玉造沖、釜谷で一気にセシウム濃度が高まった。河川から流入したセシウムが湖内に流入し、沖側に分散移動していることを示している。湖尻の麻生から外浪逆浦では低減の傾向にある。これらの原因については後述する。

湖心部に近い玉造沖、湖心では5カ月で4倍に、北浦釜谷では8倍に急上昇した。今後の急上昇することものと考えられる。

表2 霞ヶ浦北浦におけるセシウム濃度の分布

地 点	A 第1回モニタリング			B 第2回モニタリング			増加倍率(B/A)		
	Cs計	Cs134	Cs137	合計	Cs134	Cs137	Cs計	Cs134	Cs137
玉造沖	330	130	200	1300	530	770	3.94	4.08	3.85
掛馬	340	160	180	440	180	260	1.29	1.13	1.44
湖心	221	81	140	900	360	540	4.07	4.44	3.86
麻生沖	330	150	180	250	100	150	0.76	0.67	0.83
釜谷	130	40	90	1000	390	610	7.69	9.75	6.78
神宮橋	220	100	120	217	87	130	0.99	0.87	1.08
外浪逆	184	89	95	143	52	91	0.78	0.58	0.96
息栖	290	140	150	205	85	120	0.71	0.61	0.80

3 那珂川水系および利根川

那珂川の堆積物中のセシウム濃度は図4に示したように、2011年10月には栃木県側では低値であるが県境の野口で急上昇し、下流に向かって減少している。

2012年2月の調査では野口から勝田橋のピークが消失している。

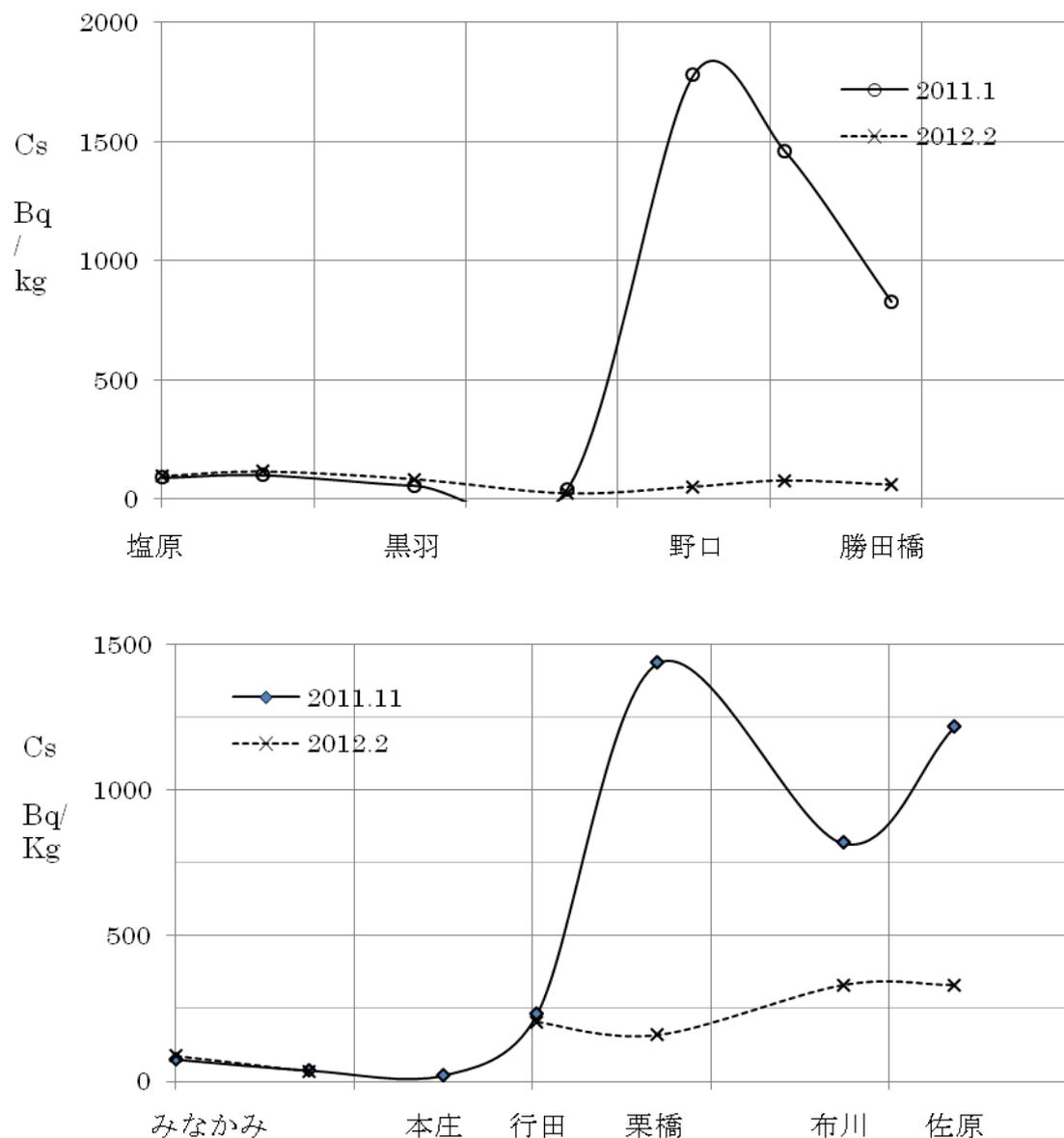


図4 那珂川（上段）および利根川（下段）の堆積物中セシウム濃度の分布

利根川のセシウムの分布も、那珂川と同傾向を示し、2011年11月には群馬県側を流下する区間で低濃度であるが、栗橋付近から急上昇する。2012年2月の調査では、栗橋から下

流でセシウム濃度の低下が見られる。

両者に共通する特徴の一つは河床勾配の大きい栃木および群馬県側では放射能濃度が低い、平野部の茨城県側に入ると高濃度の分布状態が出現する点である。急流である栃木県側では、流下分散によって低濃度の状態が出現するが、流速が低下する茨城県側では集積による高濃度の分布が出現することになる。

もう一つの特徴は、この茨城県側の高濃度分布が 2 月の調査で消失している点である。降雨後の流量増加によって堆積物が下流側に移動し海域に流出したものと考えられる。

表 3 涸沼における堆積物中のセシウム濃度の分布

地 点	A. 第1回			B. 第2回			増加倍率(B/A)		
	合計	Cs134	Cs137	合計	Cs134	Cs137	合計	Cs134	Cs137
親 沢	670	280	390	420	170	250	0.63	0.61	0.64
宮 前	57	20	37	162	63	99	2.84	3.15	2.68
広 浦	320	130	190	260	110	150	0.81	0.85	0.79
涸沼橋	630	270	360	570	240	330	0.90	0.89	0.92

涸沼のセシウム濃度は 2011 年 9 月の調査では、奥部の親沢では 670Bq で、同じ湖沼の霞ヶ浦玉造沖、麻生沖の 2 倍の値を示している。また、下流の涸沼川でも 6300Bq と上下流で高く中間の宮前、広浦で低めである。2012 年 2 月の調査では、上下流の親沢および涸沼橋で低減傾向が見られ、宮前で上昇している。霞ヶ浦で見られた第二回目の調査でのセシウム濃度の上昇は見られない。下流那珂川からの逆流の影響が大きいことが原因である。

4 霞ヶ浦汚染の構造

(1) 流域面積との関係

流域面積との間に高い相関関係が成り立つ原因は、二つが考えられる。

河川の流量は流域面積に比例するから、図 2 の横軸を流量に置き換えることができる。すなわち流量が、大きい程河川内堆積物の濃度が高くなる。流量が小さく河川内に止まるからである。いいかえれば流域面積の大きい河川では、比較的大きい流量によって速やかに湖内に流出し霞ヶ浦北浦内に蓄積されることになる。

このことは那珂川、利根川の分布からも云える。2011 年 9 月には、上流から運ばれた放射性物質は河床勾配が小さくなる県境に集積されていたが、その後、急激に下流に分散した。

図 3 には第 1 回および第 2 回の調査結果の比から 150 日後のセシウム濃度の増加倍率を図示したが小河川では減少しているのに対し流域の大きい河川では倍率が、2.5 倍と短期間の内に増加した。流域面積の大きい河川では、比較的大きい流れによって放射性物質が流下し霞ヶ浦に流入し、河川内に止まる比率が小さくなる。その結果、河川内の濃度が低め

になる。

さらに灌漑期と非灌漑期の流量変化にも注意が必要である。灌漑期終了直後の9月には、河川流量が大きい、非灌漑期の2月には流量が小さいために放射性物質の蓄積が促進されることになる。

アサザ基金主催の市民による調査では、農業排水路の調査も実施され、高濃度の分布が確認された。当然、河床勾配が小さく放射性物質の集積が卓越し分散しにくい。また、灌漑期と非灌漑期の放射性物質の分散、霞ヶ浦へ流入は、これによって大きな影響を受けることになる。

(2) 流域から河川への移動

流域面積が河川堆積物の放射濃度に影響を与える最重要要因であることは以上から明らかであるが、図2の回帰直線からのズレが生じている。このズレは、流域面積以外の要因で引き起こされる。流域面積以外の要因の影響を把握する目的で以下のような整理を行う。

流域面積とセシウム濃度との関係は、24河川の平均値では前述の(1)式となるが、一般的には次式となる。

$$Y=Y_0 \cdot A^{-1.5} \text{ ----- (3)}$$

Y_0 は図2中の回帰直線のY軸との交点に当り、24河川の平均値は3960である。これに相当する Y_0 を各河川について求め図示したものが図5である。

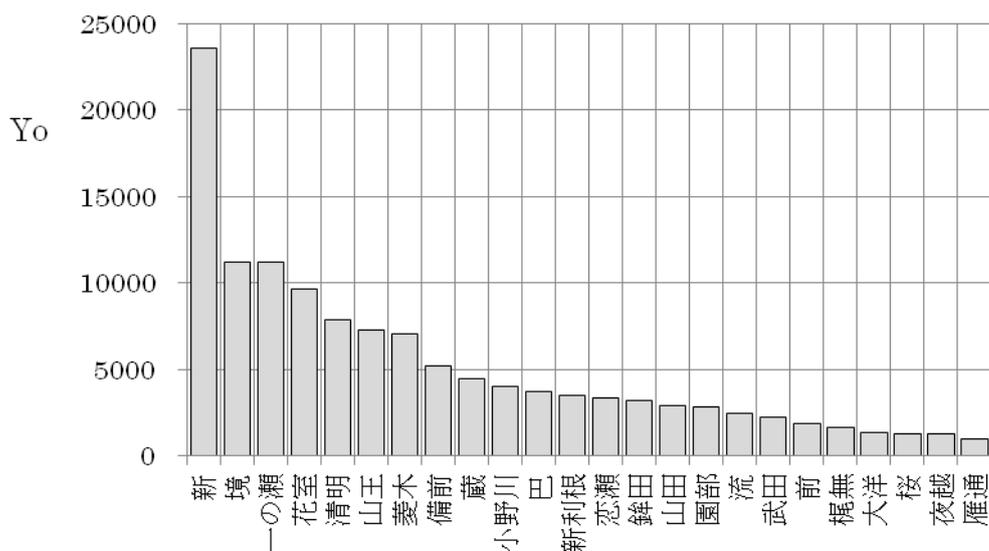


図5 $Y = Y_0 A^{-0.153}$ 式 の Y_0

Y が最も大きいのは新川で突出して高い値を示す。以下、8 位までが土浦周辺の河川が上位を占めている。また、北浦に流入する河川が低めの値を示す傾向も伺える。

流域面積以外の要因として考えられるのは、流域に降下した放射性物質の量と河川への移動速度である。降下量の分布を見ると阿見町、稲敷市、美浦村が高く、東側の行方市、潮来市、鹿嶋市で低めであるが、この分布と河川の放射能濃度が一致しているわけでもない。むしろ流域に降下した放射性物質の河川への供給速度が最大の要因ではないかと考えられる。上位に流域面積の小さい都市河川が集中していることがそのことを示唆している。

流域面積が小さく、都市部にある河川では山林が少なく降下した放射性物質が移動し感染に運ばれやすい。これに対し流域面積が広く山林の多い河川では、降下した放射性物質が山林の抵抗を受けて河川に運ばれる速度が遅くなる傾向にあるからであろう。

したがって都市型小河川では、比較的短期に河川内堆積物中のセシウム濃度が上昇したが、流域面積が大きい河川や山林の多い流域の河川では長期にわたって河川や霞ヶ浦北浦へ放射性物質が流れ込むことになる。

5 霞ヶ浦導水事業

霞ヶ浦導水事業は、那珂川の河川水を霞ヶ浦に導水する。霞ヶ浦への流入河川水と那珂川河川水の放射能濃度は 1Bq/L であるが、セシウムの分布をみると那珂川上流部は福島県側からの高濃度分布域が那珂川上流流域に入ってきている。このことから、今後長期にわたって那珂川上流から放射性物質が流下し続けることになるものと考えられる。那珂川上流流域のセシウム濃度は $60000\sim 100000\text{Bq/m}^3$ で霞ヶ浦流域の 3~5 倍である。霞ヶ浦流域からの流入水量 ($43\text{m}^3/\text{s}$) の約 $1/3$ に相当する導水を行った場合、流域から流入すると等量ないし 2 倍のセシウムが送り込まれることになる。すなわちセシウムの流入速度は 2~4 倍となる。霞ヶ浦の放射能汚染が将来に深刻な事態に達することは前述のとおりであり、対策が急がれるなかで、霞ヶ浦導水事業は、霞ヶ浦の放射能汚染に取り返しのできない悲劇をもたらすことになる。

6 課題

霞ヶ浦の玉造、麻生沖では 150 日後にセシウム濃度は 4 倍に、北浦釜谷では 7 倍に上昇した。同じ湖沼であっても開放系の潤沼においては、現在のところ霞ヶ浦のような上昇は起こっていない。常陸川水門によって水ガメ化の状態にある霞ヶ浦北浦では、前述の流域のセシウム濃度の状態を考えると、この上昇は今後も長期にわたって続くが、霞ヶ浦沿岸の土壌の放射線量は $10000\sim 40000\text{Bq/m}^2$ 、流域面積が湖面積の 10 倍であることを考慮すると今後上昇を続け極めて高濃度に達することになる。その予測とそれに基づく対策を早急に実施しなければならないが、それには地点数と頻度を増やす等詳細な調査が必要であるが、対策として以下の点が重要である。

小河川と大河川、都市型河川と山林型河川、灌漑期を非灌漑期を考慮した対策樹立と実施である。小河川については河川内分布を詳細に実施し、高濃度の下流域を対象に除染を行うことが有効である。大河川については常時、霞ヶ浦に流出していると考えられるので流域の除染、河川への移動抑制等の陸上対策が有効である。湖内対策としては常陸川水門の開放や利根導水路の活用が考えられるが、放射能汚染構造の解明を早急に行いより効果的な対策を急がなければならない。

文部科学省による東京都及び神奈川県内の航空機モニタリングの測定結果について(文部科学省がこれまでに測定してきた範囲及び東京都及び神奈川県内の地表面へのセシウム134、137の沈着量の合計)

