

福島県二本松市東部の水田生態系における 放射性セシウム分布 ～2013年の調査～

渡邊 泉*、青山 光、渡井 千絵、尾崎 宏和、
林谷 秀樹、五味 高志、吉田 誠、横山 正

東京農工大学大学院 農学研究院 (〒183-8509 東京都府中市幸町 3-5-8)

Radioactive Cs Distribution of Paddy Field Ecosystems in Eastern Part of Nihonmatsu, Fukushima, Japan

Izumi WATANABE*, Hikaru AOYAMA, Chie WATAI, Hirokazu OZAKI,
Hideki HAYASHIDANI, Takashi GOMI, Makoto YOSHIDA, and Tadashi YOKOYAMA

The Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology
(3-5-8 Saiwai-cho, Fuchu, Tokyo 183-8509 Japan)

Summary

Radioactive elements including ^{137}Cs were analyzed in various animals such as aquatic invertebrates, insects, amphibian and reptilian collected from paddy ecosystems of eastern part of Nihonmatsu-City and from nearby towns, Fukushima, Japan in 2013. In addition, two frog species from Fuchu-City, Tokyo were also analyzed as control animals.

In the analyzed wild animals inhabiting paddy ecosystems, highest concentrations were observed in whole body of tadpoles that is a larva of frog depending on their habitat's levels. After metamorphosis of frogs, radiocesium concentrations decreased in subadult frogs due to non-eating and excretion during metamorphosis. Inter-species differences were suggested between species living in paddy throughout the year and forest species that accumulates radiocesium with high levels.

Sexual difference of radiocesium concentrations in bodies of freshwater gastropod *Cipangopaludina chinensis laeta* and crustacean *Procambarus clarkia* were observed. In case of both invertebrates, radiocesium concentrations in the male were higher than those in female.

The concentrations of radiocesium in the bodies of amphibians (frogs and newts) might be affected by habitat's levels directly. This finding suggests that bioaccumulation of radiocesium depends on limited narrow environments. Therefore, evaluations of bioconcentration and biomagnification are required to consider the species-specific ecological characteristics depending on geographical features such as local predator-prey relationships and mobility capability (range of migration) of each population of animal.

Key Words: Ecosystems of paddy field, Species-specific accumulation, Tissue distribution, Bioaccumulation

1. はじめに

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震は、東京電力福島第一原子力発電所の事故を引き起こし、つづく爆発やベント操作などにより多量の放射性物質を環境中へもたらす事態を発生させた¹⁾。放出された放射性元素は、当時の風向や降雨(降雪)により、福島県を中心に大規模な汚染を引き起こした。とくに大気を介した放射能汚染では、比較的半減期が長

い放射性セシウム(なかでも半減期が約30年の質量数137の同位体)が多く放出されたと推定され、陸上環境とその生態系に長期の影響を及ぼすことが懸念される²⁾。

福島県はキュウリやモモ、コメなどの農作物が、我が国でも上位の収穫量を誇り、事故前の2008年には産出額が2,505億円と(全国で11位)、京浜地方を中心とした農産物供給県として重要な役割を担っていた。とくにコメは、県全体の農業生

*Corresponding author: TEL(FAX): 042-367-5736, E-mail: wataizumi@cc.tuat.ac.jp

産額の4割を占め、主要な作物であり続けている。コメの生産現場である水田は、我が国において主食を供給する重要な農業環境であることに加え、我が国を含めた東アジア地域に特徴的な環境ともいえる。つまり、1986年のチェルノブイリ原発事故が引き起こした畑と森林中心の陸上汚染と、福島第一原子力発電所由来の汚染との相違点になることが予想され、水田を中心とした生態系もまた、チェルノブイリ事故とは異なる影響が懸念される。そのため、水田生態系を構成する野生生物における放射性元素の分布や挙動を把握することは、汚染の全体像を把握する上でも重要である。とくに2011年の3月に発生した放射性プルームが高レベル汚染をもたらした地域は、広大な稲作の盛んな地域を含み、水田生態系における実態把握は、最終的には作物における放射性セシウム濃度の将来予測とも関連し重要となろう。

本報は福島第一原子力発電所から約45 kmに位置し、県内でも比較的セシウム沈着量が高かった二本松市周辺の水田環境およびその生態系に着目し、とくに ^{137}Cs の分布および生物蓄積に関して把握することを目的とした。

2. 材料および方法

2013年の6月から11月に福島県二本松市東部の5地点の水田周辺から水生無脊椎動物（腹足類のマルタニシ *Cipangopaludina chinensis*、甲殻類のアメリカザリガニ *Procambarus clarkii*）、昆虫類（ハラビロトンボ *Lyriothemis pachygastra*）、両生類（ニホンアマガエル *Hyla japonica*、ニホンアカガエル *Rana japonica*、トウキョウダルマガエル *Pelophylax porosa porosa*、アズマヒキガエル *Bufo japonicus formosus*、シュレーゲルアオガエル *Rhacophorus schlegelii*、アカハライモリ *Cynops pyrrhogaster*）と爬虫類（アオダイショウ *Elaphe climacophora*、ジムグリ *E. conspicillata*、シマヘビ *E. quadrivirgata*、ヤマカガシ *Rhabdophis tigrinus*、ニホンマムシ *Gloydius blomhoffii*）を採取した。生息環境の参考として、各水田および隣接した山林から表層土壌および底質も採取した。また、川俣町および飯館村で昆虫類（トンボ類、ヒメギス *Eobiana engelhardti subtropica*、トノサマバッタ *Locusta migratoria*、ツマグロバッタ *Stethophyma magister*、タカネヒナバッタ *Chorthippus intermedius*）と両生類（アカハライモリ）、爬虫類（ニホンカナヘビ *Takydromus tachydromoides*、アオダイショウ、ジムグリ）も採取され、さらに比較のため、東京都府中市の水田からニホンアマガエルおよびトウキョウダルマガエルも供試した。動物試料は、消化管内容物を排泄させるため約24～72時間程度、飼育した。ヘビ類の一部は約1～2週間、絶食させた。

生物試料は比較的体サイズの大きな個体からは筋肉を摘出し分析に供した。無脊椎動物やオタマジャクシ（以後、カエル類の幼生）、ニホンアマガエルなど体サイズの小さな試料は

Whole Bodyで供試し（マルタニシのみ殻と軟組織を分けた）、カエル類は表皮や内臓、胃内容物なども一部分析に供した。表皮試料や内臓、内容物、さらに筋肉でも充分な量が得られない場合は、複数個体をpoolし分析した。

ほとんどの試料が得られた二本松市東部は、福島第一原子力発電所から約45 kmと、発生源から比較的近い位置にあるが、地理的な特徴として、市境でもある東と北に聳える山々が当時の放射性プルームを遮ったことがあげられる。そのため、一部の無脊椎動物とヘビ類が採取された、隣接の川俣町や飯館村の方が、調査期間中、空間線量などの放射能レベルは高かった。

生体試料は二次汚染を避けるためフッ素樹脂製のシートの上で細断後、90℃12時間で乾燥し、さらに粉化し均質化した。土壌は風乾後、2 mmで篩別し調整した。

試料は100 ml容U-8容器に適量を分取し、パラフィルムで密封後、高純度ゲルマニウム半導体検出器（SEIKO-EG&G SEG-EMS GEM20-70, ORTEC）で γ 線核種を測定した。本報では陸上汚染における負荷の比率が高く半減期も比較的長い ^{137}Cs に注目して考察を行った。なお半減期が2.1年の ^{134}Cs レベルについて経時変化を検討した結果、理論的な半減期と一致した減少傾向が認められている³⁾。ここで、分析値は、たとえばザリガニ類やヘビ類など1試料の値が1個体から得られているケースから、小型のカエル類のように1試料が数十から場合によっては百個体以上をpoolして得られている場合がある。

3. 結果と考察

(1) カエル類における放射性セシウムの組織・器官分布

分析された動物の放射性セシウム濃度と生態情報をTable 1に示す。同一の水田（水田ID: site D）から採取されたトウキョウダルマガエルをみると、雌雄ともに胃内容物（雌雄のものを1つにまとめたpool試料）で、他組織に比べ高濃度がみられ、922 Bq/kg 乾重あたり（以降DWと表記）であった。ついで筋肉、表皮の順で高く、この順位は雌雄間で差がみられなかった。消化管内容物において最も高い濃度がみられたことは、本種が餌生物由来で放射性セシウムを蓄積していることを示唆しており、今後は生物濃縮の観点からの詳細な検討が望まれる。一方、水田Eで捕獲されたアズマヒキガエルも内臓（腸管および肝臓が多くを占め、消化管内容物は除去している）で700 Bq/kg DWを超過した高濃度がみられ、筋肉、表皮とつづいた。

放射性セシウムは、野生動物において、安定同位体と同じく筋肉に蓄積することが知られ^{4,5)}、必須元素であるカリウムと挙動が類似すると考えられている。多量元素であるカリウムは細胞内液に多く存在し、とくに骨格筋の細胞中に局在している。そのため、両種において表皮よりも筋肉で高濃度を示したと考えられた。ここで、鳥類および哺乳類の研究では³⁾、高濃度

Table 1 Biological information and radiocesium concentrations (on Bq/kg) in wild animals from paddy environments of Nihonmatsu (and Fuchu, Tokyo as referent site) in 2013

Paddy ID	Species	Note	Group	Organs and Tissues	Month	Body length (mm)	Number*	¹³⁷ Cs conc. on dry wt.	¹³⁷ Cs conc. on wet wt.
Site A	Red swamp crawfish	Male	Crustacean	Whole body	Jun	90.7	1	266	79
		Female			Jun	83.9	1	154	20
		Large			July	72.5	2	211	148
		Small			Jun	66.3	5	264	61
		Small			July	50.3	4	172	121
	Japanese fire belly newt	Adult	Amphibian	Whole body	Jun	85.4	5	569	399
		Larva			NM	NM	4,850	736	
	Japanese tree frog	Juvenile	Amphibian	Whole body	July	16.6	91	89	21
		Adult			Jun	31.2	4	183	43
	Daruma pond frog	Adult	Amphibian	Muscle	Jun	40.9	10	139	36
Rearing 3 months		Whole body		July	NM	1	11	8	
Tiger keelback	Adult	Reptilian	Muscle	Jun	835	1	752	78	
Site B	<i>Lyriothemis pachygastra</i>	Adult	Insect	Whole body	July	36.5	31	8	6
	Japanese fire belly newt	Adult	Amphibian	Whole body	Jun	99.4	1	112	78
	Japanese tree frog	Juvenile	Amphibian	Whole body	July	17.1	45	73	11
		Adult			Jun	31.0	6	1,550	192
	Schlegel's green tree frog	Adult	Amphibian	Whole body	Jun	38.3	2	404	90
	Japanese brown frog	Adult	Amphibian	Whole body	Jun	40.7	1	453	101
		Adult			57.7	1	146	103	
Juvenile	51.6	1	179	125					
Site C	Chinese mystery snail	Male	Gastropod	Shell	Jun	31.4	17	226	158
				Soft tissue			17	381	267
		Female		Shell	Jun	33.0	14	45	31
				Soft tissue	14	263	184		
	Japanese fire belly newt	Adult	Amphibian	Whole body	Jun	97.7	2	259	182
	Japanese tree frog	Larva	Amphibian	Whole body	Jun	NM	NM	1,770	154
		B.L. <15.9mm			14.7	107	47	12	
		16.0-17.9mm			16.8	87	52	12	
	>18.0mm	19.5	22	49	10				
	Daruma pond frog		Amphibian	Muscle	Jun	41.8	7	518	363
Site D	Japanese tree frog	Larva	Amphibian	Whole body	Jun	NM	NM	1,310	413
		Juvenile		Whole body	July	16.4	129	42	7
		Adult		Skin	Jun	29.7	33	453	86
				Carcass	33	1,010	245		
	Daruma pond frog	Adult	Amphibian	Muscle	Jun	37.6	11	37	26
		Male		Muscle	July	54.1	17	38	28
				Skin	17	25	4		
		Female		Muscle	July	56.4	16	52	37
				Skin	16	22	3		
	Stomach cont.	16	922	645					
	Japanese copperhead	Adult	Reptilian	Muscle	Aug.	448	1	462	104
					463	1	526	117	
					548	1	1,090	212	
					578	1	1,440	294	
					603	1	263	54	
Tiger keelback	Adult	Reptilian	Muscle	Jun	712	1	1,540	1,080	
Japanese striped snake	Adult	Reptilian	Muscle	Aug.	938	1	4,710	867	
Site E	Eastern-Japanese	Adult	Amphibian	Skin	Oct.	93.8	1	103	16
				Muscle	1	173	38		
				Viscera	1	729	140		
Fuchu-City, Tokyo	Japanese tree frog	Juvenile	Amphibian	Whole body	July	NM	14	8	1
	Daruma pond frog	Juvenile	Amphibian	Whole body	July	NM	12	ND	ND
		Adult		Muscle	3	18	4		

NM: not measured, ND: under detection limit

*Number means number of used individuals as a pooled sample.

になるにつれ、他の組織器官より筋肉において濃度が高くなる傾向が報告されている。しかし、本研究で供試されたカエル類では、アズマヒキガエルの方が、トウキョウダルマガエルより筋肉中の濃度が高かったが、前者の内臓からは明らかに高濃度の放射性セシウムが検出されており、哺乳類や鳥類の傾向と異なった。この傾向が両生類の特徴かどうかは、さらに種数や例数を増やすなどして、検討が必要であろう。

消化管内容物で比較的高い濃度がみられたことは、トウキョウダルマガエルの餌生物に放射性セシウムを高蓄積している種が含まれることを示唆しており、今後は餌生物に着目した生物増幅（食物網を介した濃度上昇で、高次生物で濃縮される現象）の調査が望まれよう。

(2) 水田に生息する生物における

放射性セシウムの雌雄差と成長に伴う変動

本研究で分析された生物の中で、水生無脊椎動物のマルタニシ、アメリカザリガニ、両生類のトウキョウダルマガエルについて雌雄が判別できた (Table 1)。そこで、オスとメスの放射性セシウム濃度を比較した結果、腹足類のマルタニシで軟組織、硬組織（殻）ともにオスを pool した試料の方が高濃度であった。甲殻類のアメリカザリガニ（whole body の濃度）でも、供試数は各 1 個体であるが、オスの方がメスより高濃度であった。一方で、両生類のトウキョウダルマガエルでは表皮では僅かにオスの方が高濃度だったが、放射性セシウムの蓄積組織である筋肉ではメスの方が高かった。雌雄の放射性セシウム濃度の差は、繁殖に伴った雌雄による採餌量の差異や、産卵に伴うメスからの放射性セシウムの排泄が考えられる。つまり、哺乳類などでは繁殖に伴いメスの方がオスより摂餌量が多くなることが知られており、このような雌雄による取り込み量の差が生じ、放射性セシウムの蓄積に影響を及ぼした可能性が考えられる。

成長に伴う放射性セシウムの濃度変動は、水田 C で採取されたニホンアマガエルで、幼生からカエル成体の姿になった直後の幼体 (図表中 juvenile) において詳細な解析を行ったところ、体長が約 16 mm の個体から 17.9 mm の個体までで明らかな変化はみられなかった (Fig.1)。しかし、生活史を通してみると、カエル類は幼生で顕著な高濃縮がみられ、湿重あたりの濃度でも平均で 700 Bq/kg を超過する高濃度がみられた (ここで、幼生は種の同定が困難であったが、採取時期と体サイズからニホンアマガエルと考えられた)。さらに、ニホンアマガエルでは、水田 C および D の幼体はともに両水田の幼生における濃度の約 0.03 倍へと劇的な減少が起き、成体になると再び濃度が上昇する傾向がみられた (Table 1 と Fig.2)。カエル類は、幼生の時期は底泥表面に発生する植物プランクトン、なかでも主に珪藻類を採餌し、変態の期間は一時的に採餌を中止する⁶⁾。変態の最中は、吸収される尾からのエネルギーを消費しており、餌から放射性セシウムを吸収せず排出のみが

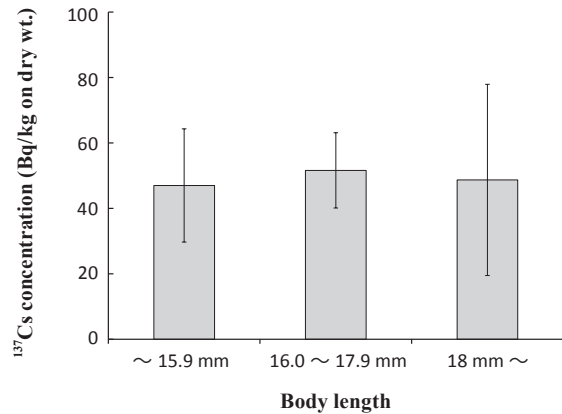


Fig. 1 Size trend of radiocesium concentrations (bars shows SD) in whole body of adult Japanese tree frogs collected from a paddy (site C) of Nihonmatsu, Fukushima in 2013.

行われると考えられる。ここで、カエル類の成体における放射性セシウムの半減期は 30 日と報告され⁷⁾、この比較的短い半減期も、変態期の濃度減少に寄与した可能性が考えられる。幼生でみられた高い放射性セシウム濃度は環境レベルと餌生物に起因すると考えられるが、採取された各水田の水路内の土壌と幼生の濃度分布は類似していた (Table 2 および Fig. 3)。幼生の体内濃度は生息環境の影響を強く受けることが推察されるが、餌である珪藻類など植物プランクトンが、高濃度で放射性セシウムを蓄積している可能性も考えられる。

(3) 水田に生息する動物と周辺環境の

放射性セシウムレベル

a) 水田生態系における放射性セシウムの分布と環境レベル

水生無脊椎動物から両生類、爬虫類まで各栄養段階の動物が採取された 2 地点の水田において、分析された放射性セシウムの濃度は site A で、カエル類幼生 (Whole) が最も高く、ついでヤマカガシ (筋肉)、アカハライモリ (Whole)、アメリカザリガニ (Whole)、ニホンアマガエル (Whole)、トウキョウダルマガエル (筋肉) の順であった。Site D ではシマヘビ (筋肉) が最も高濃度で、ついでヤマカガシ (筋肉)、カエル類幼生 (Whole)、ニホンマムシ (筋肉)、ニホンアマガエル、トウキョウダルマガエルという濃度順位がみられ、ヘビ類およびカエル類幼生で 1,000 Bq/kg DW を越す高濃度が共通して検出された (Table 1)。

水田における各生物の生息環境を細かくみると、おもに水路でみられるマルタニシ、アメリカザリガニ、アカハライモリでは、両生類のアカハライモリで高濃度がみられ、ついで腹足類のマルタニシ、アメリカザリガニの順であった。ここで、アカハライモリの体内に蓄積した放射性セシウム濃度は、本研究のカエル類幼生と同様に、生息環境である水路の土壌におけ

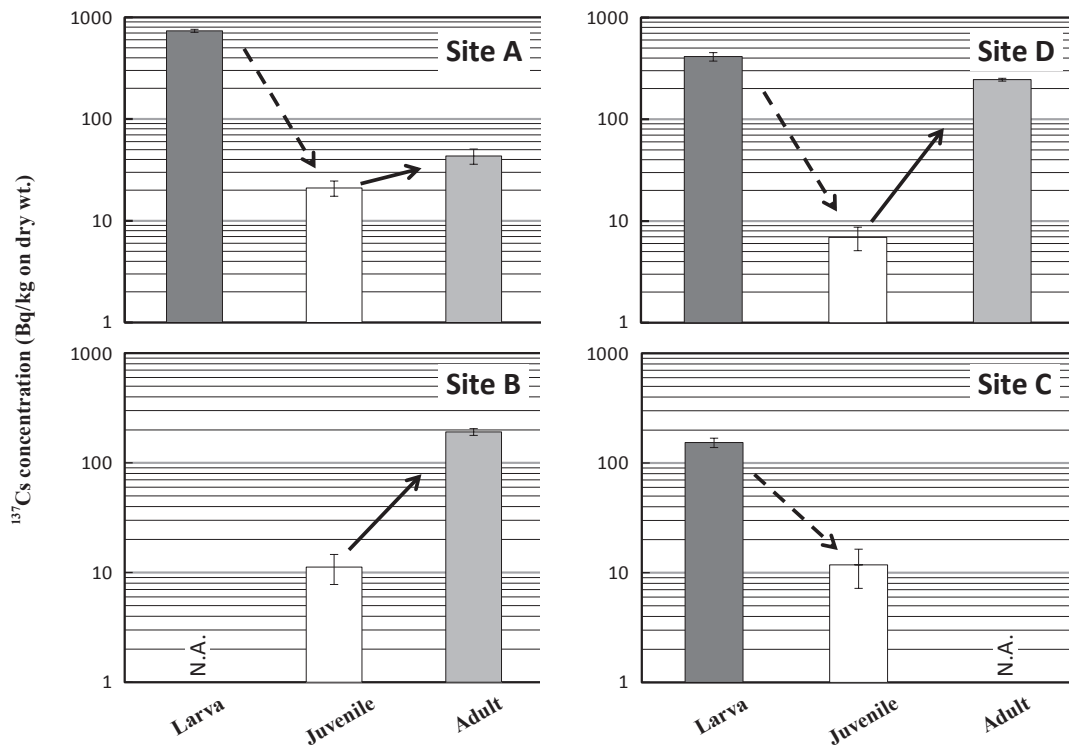


Fig. 2 Growth trends of radiocesium concentrations in whole body of Japanese tree frogs collected from paddies of Nihonmatsu, Fukushima in 2013 (bars shows SD).

Table 2 Radiocesium concentrations in paddy soils and adjoining forest soil from eastern part of Nihonmatsu in 2013.

Paddy ID	Air dose rate (μSv/h)	Site	¹³⁷ Cs conc. (Bq/kg dry wt.) Avg. ± S.D., Min. - Max.
Site A	1.17	Paddy	5,340 ± 3,000 1,600 - 8,950 (n=4)
		Forest	442 (n=1)
		Ditch	5,180 3,330 - 7,020 (n=2)
Site B	0.53	Paddy	1,030 ± 980 140 - 2,120 (n=4)
		Forest	6,190 (n=1)
		Ditch	1,420 (n=1)
Site C	1.08	Paddy	3,110 ± 388 2,520 - 3,580 (n=5)
		Forest	2,390 (n=1)
		Ditch	4,430 353 - 8,500 (n=2)
Site D	0.45	Paddy	2,380 ± 1,130 1,740 - 4,070 (n=4)
		Forest	3,130 (n=1)
		Ditch	1,610 235 - 2,980 (n=2)

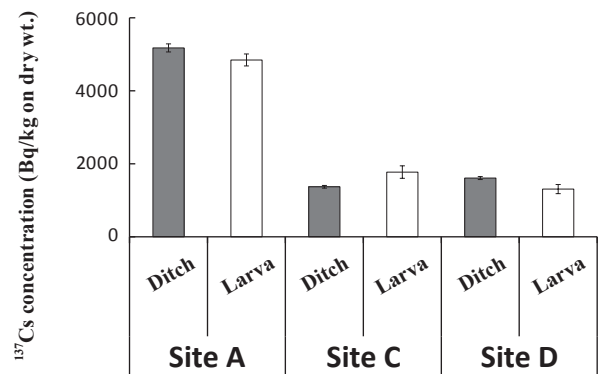


Fig. 3 Radiocesium concentrations in whole body of larva of Japanese tree frogs and their habitat's soils (from ditches) collected from paddy of Nihonmatsu, Fukushima in 2013 (bars shows SD).

る濃度分布に相関すると仮定した場合、大きく逸脱する値ではなかった (Fig. 4)。

なお、比較として分析された東京都府中市のニホンアマガエルおよびトウキョウダルマガエルの放射性セシウム濃度は明らかに低かった (Table 1)。くわえて、数匹のトウキョウダルマガエルを3か月間飼育し (餌は市販のミルワームを毎日適当量)、死亡後、Whole bodyで分析に試したが、非常に低い放射性セシウムが検出され、比較として分析された両種と類似のレベルであった (Table 1、水田 site A)。このことは、カエル

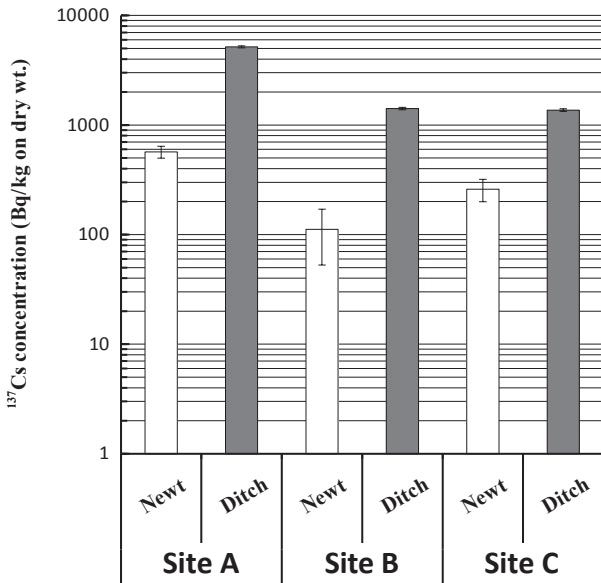


Fig. 4 Radiocesium concentrations in whole body of Japanese fire belly newts and their habitat's soils (from ditches) collected from paddy of Nihonmatsu, Fukushima in 2013 (bars shows SD).

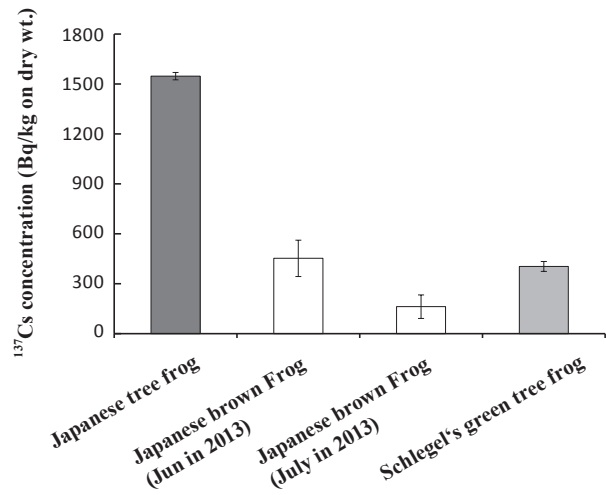


Fig. 5 Radiocesium concentrations in whole body of various frogs collected from a paddy (site B) of Nihonmatsu, Fukushima in 2013 (bars shows SD).

類の体内における半減期が短いことを裏付けると考えられる。

b) カエル類およびヘビ類における種間差

同一の水田 (site B) で捕獲された 3 種のカエル類を比較した結果、ニホンアマガエルにおいて、ニホンアカガエルおよびシュレーゲルアオガエルより明らかな高濃度がみられた (Fig. 5)。また、分析されたカエル類のなかでもニホンアマガエルの高濃度はトウキョウダルマガエルも含めた他のカエル類より高かった (Table 1)。このニホンアマガエルの高い濃度は、本種が繁殖期以外は水田ではなく近隣の森林に生息することが関与しているかもしれない。つまり、供試された成体個体が、繁殖のため水田へと移動する前に森林で暴露を受けたとすれば、森林で高レベルが報告されている放射性 Cs をより多く摂取していたことが影響していた可能性も考えられる。ただしニホンアカガエルやシュレーゲルアオガエルも繁殖期以外は水田付近の林内や草地に移動して生活する種であり、本研究では、その他の要因について考察するデータが得られていないため、別途詳細な検討が必要であろう。ここで予想される生息環境に依存する野生動物の蓄積傾向の差は、本研究と同地区で捕獲された野生鳥類においても認められている³⁾。

また、5 種の筋肉を供試できたヘビ類では、ジムグリで最も低い放射性 Cs が検出されたが、脊椎動物食が強い (栄養段階が高いと考えられた) アオダイショウや、より低次の爬虫類・両生類を好むシマヘビ、ニホンマムシ、ヤマカガシに食性と関係した濃度順位は確認されなかった (Table 3)。本研究におけるヘビ類は、水田に生息する生物の多くを採取した二本松市東部の他に、放射性セシウムの濃度が高い隣接する川俣町

からも試料が採取されている。つまり、同レベルの放射性セシウムを示す地域で行うべき、種間差の検討に適した試料とはいえない。本研究では、栄養段階が低次の動物であるカエル類の幼生やアカハライモリが、数 km 離れた水田間といった、比較的スケールの小さな環境中で異なった濃度を示し、周辺環境の影響を強く受ける可能性を示唆した。高次動物であるヘビ類においても、放射性セシウムが同レベルの環境から複数の種を採取し、行動範囲も考慮して比較するなど、生態情報をふまえた細かな解析が必要であろう。

c) 生物増幅の可能性

本研究の中で捕食-被食関係があると想定された昆虫類、カエル類、ヘビ類で生物増幅 (食物網にそって高次生物の濃度が高くなる濃縮傾向) の可能性を検討した。その結果、同一の水田 (site B) で採取されたハラビロトンボとカエル類では 9 ~ 193 倍 (いずれもニホンアマガエルの乾重あたり Whole body 濃度で、最低値が幼体への濃縮、最高値は成体への濃縮) であった (Table 1)。また、川俣町で採取されたバツタ類から同町の両生類および爬虫類への濃縮を検討した結果、乾重あたりの濃度で 2 ~ 29 倍の濃縮がみられた (最低はニホンカナヘビの Whole body での濃縮、最高はヤマカガシの筋肉での濃縮。Table 3)。しかし、川俣町の場合、採取された地域が離れており、両比較とも、現実に行っている捕食-被食関係を網羅できていない。種間差の検討でも結論されたように、特定の生態系における放射性セシウムの生物増幅の評価は、ある程度限定された地域、とくに捕食-被食関係が明確な地域で行うことが必要と考えられる。つまり、各

Table 3 Radiocesium concentrations in reptilian, newt and insects from Kawamata-machi and Iitate-mura, Fukushima, Japan in 2013.

Species	Scientific name	Group and note	Month	Location	B. length (mm)	Organs & tissues	¹³⁷ Cs conc. on dry wt.	¹³⁷ Cs conc. on wet wt.
Japanese rat snake	<i>Elaphe climacophora</i>	Reptilian	Jun	Kawamata	1,296	Muscle	2,610	1,830
					1,025		2,140	290
Tiger keelback	<i>Rhabdophis tigrinus tigrinus</i>	Reptilian	Jun	Kawamata	1,300	Muscle	578	404
					567		2,700	726
					636		1,450	367
					955		2,340	348
Japanese forest ratsnake	<i>Elaphe conspicillata</i>	Reptilian	July	Kawamata	850	Muscle	964	252
					855		2,060	206
Japanese striped snake	<i>Elaphe quadrivirgata</i>	Reptilian	Jun	Kawamata	855	Muscle	2,060	206
Japanese grass lizard	<i>Takydromus tachydromoides</i>	Reptilian	Jun	Kawamata	185	Whole body	226	64
Japanese fire belly newt	<i>Cynops pyrrhogaster</i>	Amphibian,	Jun	Kawamata		Whole body		
		Male <89mm					335	80
		Male >90mm			102		264	64
		Female					349	78
Locusts*		Insect	July	Kawamata	31.3	Whole body	94	66
Dragonfly	<i>Sympetrum eroticum eroticum</i>	Insect	July	Iitate	41.6	Whole body	502	352

*including species *Stethophyma magister*, *Locusta migratoria*, *Chorthippus intermedius* and *Eobiana engelhardti subtropica*.

動物がどの程度移動するかといった行動範囲にくわえ、実際の捕食-被食関係(少なくとも同一地点で採取された検体を用いるなど)も考慮する必要があり、当然、サンプル数を増やすことも不可欠となる。今後の詳細な研究が待たれよう。

4. 結論

水田環境は、我が国において主食を生産する、いわば特別な農地といえる。その地理的な条件も、周辺の水を集めることが求められ、これまで人類が経験したチェルノブイリやスリーマイル、セラフィールドでの汚染といった欧米型のものとは異なると予想される。つまり、水田生態系における放射性セシウムの動態把握は、福島第一原発事故後に見落としてはならない課題である。本研究では、水田環境における生態系の構成動物を分析することで、放射性セシウムの分布を把握し、動態解析の検討を行った。その結果、水田生態系では、カエル類の幼生に高濃度で蓄積すること、両生類と爬虫類は餌生物由来で放射性セシウムを蓄積すること、カエル類ではニホンアマガエルが高蓄積すること、無尾目は幼生期に高濃度に蓄積するが、変態期に採餌を中止することで濃縮が止まり、幼体期には低濃度を示すが、成長とともに再度濃縮が再開される可能性、また限定された地域の環境を反映することなどが明らか

となった。とくに、生物の種が有する特有の生態情報を考慮した詳細な解析を行う上で、行動する範囲を把握することや捕食-被食関係の考慮が重要であると結論された。“水田生態系の構成種”といっても生態が様々なので個別に掘り下げた検討が必要であり、これが課題として残された。

今後は、カエル類の幼生を捕食する可能性のある生物への濃縮や、幼生自体への影響把握などを行う必要があり、水田に負荷された放射性セシウムが、イネのみならず、野生生物にどのように分配され、変化していくか、継続してモニターする重要性も示された。

謝 辞

研究の遂行に際しまして、NPO 法人ゆうきの里東和ふるさとづくり協議会の皆様には多大なご協力を賜りました。心より感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) M. Chino, H. Nakayama, H. Nagai, H. Terada, G. Katata, H. Yamazawa: Preliminary estimation of release amount of ¹³¹I and ¹³⁷Cs accidentally discharged from the Fukushima Daiichi nuclear power plant into

- the atmosphere. *J. Nucl. Sci. Technol.*, **48**, 1129-1134 (2011).
- 2) J. Koarashi, M. Atarashi-Andoh, T. Matsunaga, T. Sato, S. Nagao, H. Nagai: Factors affecting vertical distribution of Fukushima accident-derived radiocesium in soil under different land-use conditions. *Sci. Total Environ.*, **431**, 392-401 (2012).
- 3) 渡邊 泉, 野村 あづみ, 増川 武志, 尾崎 宏和, 渡井 千絵, 林谷 秀樹, 五味 高志, 吉田 誠, 横山 正: 福島県二本松市東部で採取された野生動物(数種の鳥類および哺乳類)の放射性セシウム蓄積. 環境放射能除染学会誌, **2**, 241-250 (2014).
- 4) 渡邊 泉, 寶来 佐和子, 新井 雄介, 久野 勝治, 林 光武, 谷地森 秀二, 國頭 恭, 田辺 信介: 2000年に栃木県で大量死したムクドリ *Sturnus cineraceus* の微量元素蓄積. 環境科学会誌, **16**, 317-328 (2003).
- 5) K. Sasaki, M. Hayashi, T. Narita, M. Motoyama, M. Oe, K. Ojima, I. Nakajima, S. Muroya, K. Chikuni, K. Aikawa, Y. Ide, N. Nakanishi, N. Suzuki, S. Shioya, A. Takenaka: Radiocesium distribution in the tissues of Japanese black beef heifers fed fallout-contaminated roughage due to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **76**, 1596-1599 (2012).
- 6) 福山 欣二, 前田 憲男: 「田んぼのいきものたちカエル」, pp.8-33, 農山漁村文化協会, 東京 (2011).
- 7) R. W. Dapson, L. Kaplan: Biological half-life and distribution of radiocesium in a contaminated population of green tree frogs, *Hyla cinerea*. *Oikos*, **26**, 39-42 (1975).

2015年7月22日受付

2015年9月9日受理

和文要約

2013年に福島県二本松市東部およびその近隣地域より、水田生態系の構成動物(水生無脊椎動物、昆虫類、両生類および爬虫類)を採取し、放射性セシウム濃度を分析した。また、対照として一部、東京都府中市においてもカエル類を採取し分析した。水田生態系ではカエル類の幼生であるオタマジャクシに放射性セシウムの高濃度蓄積がみられ、カエル類は、その後、変態時に濃度が激減することが示唆された。また、カエル類の種間では、1年を通じて水田に依存する種よりも森林にも生息する種で高濃度蓄積がみられた。また、腹足類であるマルタニシと甲殻類であるアメリカザリガニには雌雄差が認められ、オスで高濃度であった。カエル類幼生やアカハライモリで、生息環境の濃度に依存した蓄積がみられ、水田環境において放射性セシウムの蓄積は、ある程度限定されたスケールで起きる可能性が示唆された。そのため、生態情報を用いた、種に特異な蓄積把握も、生物増幅(食物網を通じて高次生物に濃縮される現象)の検討も、動物の行動範囲などを含む、地理条件の考慮が不可欠であると結論された。

