

日本大学演習林における野生きのこ類および土壤の放射性物質の濃度について

Concentration of the radioactive materials in wild mushrooms and soil in the experimental forests of Nihon University

眞々田かのん^{*1}・阿部恭久^{*2}

Kanon MAMADA^{*1} and Yasuhisa ABE^{*2}

*1 (株)野沢園

Nozawaen Co. Ltd., Setagaya 154-0003

*2 日本大学生物資源科学部

Coll. Bioresource Sci., Nihon Univ., Fujisawa 252-0880

要旨：群馬県みなかみ町の日本大学水上演習林には、福島第一原子力発電所の事故により多量の放射性物質が飛散・降下した。そこで、演習林内で2012年と2013年に野生きのこ類と土壤を採取し、放射性物質の濃度を測定した。また、比較のため藤沢演習林（神奈川県藤沢市）で野生きのこ類と土壤を採取し測定した。測定にはNaIシンチレーション検出装置（2012, 2013年）とゲルマニウム半導体波高検出装置（2013年）を用いた。水上演習林のきのこ類や土壤中の放射性物質の濃度は藤沢演習林の約5～10倍であった。放射性物質は菌根性きのこ類と、落葉層および土壤表層に多く蓄積されていた。2013年に採取したきのこ類や土壤の大半は放射性セシウムの濃度が1,000 Bq/kg（生重）以下で、2012年に比べかなり低下していた。このことは放射性セシウムの半減期による減少だけでは説明できないため、森林における放射性物質の移動を今後調査する必要がある。

キーワード：放射性セシウム、福島第一原発事故、きのこ、土壤、みなかみ町

Abstract: High-level radioactive materials released from Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant fell on the Minakami Experimental Forest (Exp. For.) of Nihon University located in Minakami, Gunma Prefecture. Then, wild mushrooms and soils were collected from the Minakami Exp. For. and concentration of radioactive materials was measured. In addition, samples were collected from the Fujisawa Exp. For. located in Fujisawa, Kanagawa Prefecture. Radioactive materials were detected using a NaI scintillation-type automatic gamma counter in 2012 and 2013 and using a high-purity germanium semiconductor detector in 2013. The concentration of radioactive materials in mushrooms and soil in the Minakami Exp. For. was five to ten times higher than that in the Fujisawa Exp. For. Radioactive materials were densely accumulated in the fruit-bodies of mycorrhizal fungi and in the leaf litter and surface layer of soil. The amount of radioactive materials in mushrooms and soil collected in 2013 was mostly less than 1,000 Bq/kg (fresh weight), and it greatly decreased compared with that in 2012. As the phenomenon cannot be entirely explained by half-lives of radiocaesium, it is needed to study the movement of radioactive materials in forests.

Keywords: radioactive caesium, Fukushima Daiichi nuclear disaster, mushroom, soil, Minakami

I はじめに

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所の事故により大量の放射性物質が放出された。放射性物質は内陸部へ向かう風によって北西方向に運ばれた後、南西方に向に運ばれ（3），群馬県みなかみ町付近には多くの放射性物質が降下した。みなかみ町は総面積の78%が森林であり、放射性物質の多くは森林に降下したと考えられる。

日本大学水上演習林は、みなかみ町中央部の藤原湖畔に位置し、面積は158 haで温帯混交落葉樹林に区分され、ブナ、コナラ、ミズナラ等からなる落葉広葉樹林と、スギやカラマツ人工林が存在する。

原発事故が発生した3月は積雪期で水上演習林内の大部分の樹木は落葉していたため、放射性物質の大部分は地表面に沈着したと考えられる。沈着した放射性物質は土

壤の表層に滞留し、一部は植物や動物に移行するが、特にきのこ類によって吸収・濃縮されることが知られている(1, 2, 4, 5, 6, 7)。水上演習林には多種の落葉分解菌類、菌根菌類、木材腐朽菌類が分布する。これら菌類の菌糸は、落葉層、土壤、腐朽材中で成長する過程で放射性物質を吸収し、夏～秋季に大形の子実体を形成し放射性物質を集積すると考えられる。森林における放射性物質の分布を解明するためには、土壤とともにきのこに含まれる放射性物質を調査することが必要である。そこで今回、水上演習林内の土壤ときのこ類を採集し、森林における放射性物質の分布や挙動を調査した。

II 試料と方法

1. 調査地と試料 群馬県利根郡みなかみ町の日本大学水上演習林のブナ林、コナラ・ミズナラ林、スギ人工林(標高約800m)、および神奈川県藤沢市亀井野の日本大学藤沢演習林(標高約30m、コナラ等広葉樹とスギの林)において、土壤と野生きのこ類を採取した。各林内の約10m離れた斜面の上部、中部、下部で一辺約50cmの範囲から落葉と表層土壤(地表から2cm)を採取した。また、深さ約30cmの穴を掘り、深さ10cm(±2cm)と20cm(±2cm)の断面から土壤を採取した。水上演習林では2012年8月と2013年8月に、藤沢演習林では2012年2月と7月に土壤を採取した。野生きのこ類は、水上演習林では2012年8月と10月、2013年の8月と9月に、藤沢演習林では2012年10月に採取した。

2. 測定法 採取したきのこと落葉は粉碎して測定用容器に入れ、測定時までは冷凍保存(-20°C)した。土壤は測定用容器に入れて室温で保存した。放射性物質の測定にはNaIシンチレーション検出装置(アロカオートウェルガンマシステムARC-7001、以下NaI検出器)と、ゲルマニウム半導体波高分析装置(キャンベラジャパンGC-2520、以下Ge検出器)を用いた。2012年に採取した試料はNaI検出器で、2013年に採取した試料はGe検出器とNaI検出器で測定した。NaI検出器の測定には20mLバイアルを用い、放射能の測定範囲は¹³⁴Csと¹³⁷Csのγ線の大半のピークが含まれる550-880keVに設定し、10分間3回反復測定し、生重1kg当たりの濃度を求めた。Ge検出器の測定にはU-8容器(100mL)を用い、測定核種は¹³⁴Csと¹³⁷Csとし、20,000秒間(約5時間半)測定し、生重1kg当たりの放射性セシウム濃度を求めた。¹³⁴Csは6ピークの荷重平均値、¹³⁷Csは662keVの値とした。

III 結果と考察

1. 土壤の放射性物質の濃度 原発事故1年半後の

2012年8月に水上演習林で採取し、NaI検出器で測定した土壤の放射性物質の濃度を表-1に示した。いずれの林分でも落葉層と表層土で放射性物質の濃度が高く、特に落葉層は約2,300～12,000Bq/kgと極めて高い値であった。NaI検出器のγ線の測定範囲(550-880keV)には¹³¹Iのピークが含まれるが、¹³¹Iの半減期は8日と短いため、ほとんどは放射性セシウム¹³⁴Csと¹³⁷Csと考えられる。また、地下10cmと20cmの土壤の放射性物質の濃度は100Bq/kg程度と低かった。2013年2月に調査した藤沢演習林では、落葉層や表層土の放射性物質の濃度は約200～700Bq/kgで(表-2)、藤沢市にも放射性物質がかなり降下したことが分かる。2013年に水上演習林で

表-1. 水上演習林内の土壤の放射性物質の濃度(2012年8月採取)

Table 1. Concentrations of radioactive materials in soils at the Minakami Exp. For. (Aug., 2012)

採取場所	採取試料	放射性物質の濃度(Bq/kg)*				
		斜面上部		斜面中部		斜面下部
		A	B	C	D	E
コナラ林	落葉層	9136	11819	11751	8887	5668
	表層土	846	1056	583	594	3795
	10cm深土	172	126	109	159	123
	20cm深土	148	118	127	115	166
ブナ林	落葉層	3326	2297	9501	1152	16364
	表層土	173	468	188	370	1312
	10cm深土	128	158	174	108	170
	20cm深土	127	148	151	108	132
スギ林	落葉層	2756	—**	—	—	2431
	表層土	1948	—	—	—	2623
	10cm深土	167	—	—	—	97
	20cm深土	94	—	—	—	97

* NaIシンチレーション検出器により測定、** 試料無し

表-2. 藤沢演習林内の土壤の放射性物質の濃度(2013年2月)

Table 2. Concentrations of radioactive materials of soils at the Fujisawa Exp. For. (Feb., 2013)

採取試料	放射性物質の濃度(Bq/kg)*		
	斜面上部	斜面中部	斜面下部
落葉層	396	466	425
表層土	577	693	207
10cm深土	152	141	114
20cm深土	196	172	82

* NaIシンチレーション検出器により測定

表-3. 水上演習林の土壤中の放射性セシウム濃度(2013年8月)

Table 3. Concentrations of radioactive caesium in soils at the Minakami Exp. For. (Aug., 2013)

採取場所	採取試料	放射性セシウム濃度(Bq/kg)*	
		Cs-134	Cs-137
コナラ林斜面上部	落葉層	315	703
	表層土	447	125
	10cm深土	3	13
コナラ林 斜面中部	落葉層	195	448
	表層土	175	437
	20cm深土	10	29
コナラ林斜面下部	落葉層	428	655
	表層土	206	516
	10cm深土	5	14
	20cm深土	0	6
	ブナ林斜面上部A	221	501
ブナ林斜面上部B	落葉層	203	457
ブナ林斜面中部C	落葉層	143	327
ブナ林斜面中部D	落葉層	198	453
ブナ林斜面下部E	落葉層	236	548

* ゲルマニウム半導体波高分析装置により測定

表-4. 藤沢演習林の土壤の放射性セシウム濃度(2013年7月)
Tabel 4. Concentrations of radioactive caesium in soils at the
Minakami Exp. For. (July, 2013)

採取場所	採取試料	放射性セシウム濃度(Bq/kg)*	
		Cs-134	Cs-137
斜面上部	落葉層	40	99
	表層土	68	161
	10cm深土	4	17
	20cm深土	ND**	12
斜面中部	落葉層	25	64
	表層土	95	225
	10cm深土	ND	14
	20cm深土	ND	7
斜面下部	落葉層	12	25
	表層土	91	226
	10cm深土	2	6
	20cm深土	ND	2

* ゲルマニウム半導体波高分析装置により測定, ** 検出限界

採取し Ge 検出器で測定した土壤の放射性セシウム濃度を表-3に示した。地下 10 cm と 20 cm の土壤試料の測定数が少なかったが、事故 2 年半後でも落葉層と土壤表層に数百 Bq/kg 程度の放射性セシウムが滞留し、土壤深部にはほとんど移行していないことが示唆された。2013 年 7 月に藤沢演習林で採取し Ge 検出器で測定した土壤の放射性セシウム濃度は、落葉層より表層土の値が高く、土壤深部にはほとんど移行していなかった(表-4)。

2013 年に水上演習林で採取した落葉の放射性物質の濃度を NaI 検出器と Ge 検出器で測定した結果を表-5 に示した。8 試料のうち 1 試料で NaI 検出器の値が Ge 検出器の値の半分程度とかなり低かったが、他の 7 試料では両者の値に大きな差は認められなかった。NaI 検出器では放射性物質の核種を特定できないものの、放射性セシウムのおおよその濃度を把握できると考えられる。

表-5. NaI検出器とGe検出器の放射能濃度の測定値の比較
(水上演習林の落葉層, 2013年)
Table 5. Comparison between values obtained by a NaI detector and a HPGe
detector (Fallen leaves at the Minakami Exp. For., 2013)

採取場所・試料	NaI検出器 放射能濃度	Ge検出器		
		Cs合計値	Cs-134	Cs-137
コナラ林斜面上部A・落葉層	861	1018	315	703
コナラ林斜面中部B・落葉層	675	643	195	448
コナラ林斜面下部C・落葉層	698	1419	428	991
ブナ林斜面上部A・落葉層	744	722	221	501
ブナ林斜面上部B・落葉層	744	660	203	457
ブナ林斜面中部C・落葉層	537	470	143	327
ブナ林斜面中部D・落葉層	712	651	198	453
ブナ林斜面下部E・落葉層	824	784	236	548

2. きのこ類の放射性物質の濃度 2012 年に水上演習林で採取し、NaI 検出器で測定したきのこ類の放射性物質の濃度を表-6 に示した。調査したきのこ類 32 種 36 試料のうち放射性物質の濃度が最も高かったのはカワリハツの約 8,500 Bq/kg で、約 4,800 Bq/kg のチチタケ属菌、約 3,600 Bq/kg のドクベニタケなど 1,000 Bq/kg 以上のきのこ類が 8 試料存在した。同じ種でもツチカブリでは試料により放射性物質の濃度に大きな差がみられた。

表-6. 水上演習林に発生した野生きのこ類の放射性物質の濃度(2012年)
Table 6. Concentrations of radioactive materials in wild mushrooms at the
Minakami Exp. For. (2012)

科名	種名(和名)	放射能濃度		
		(Bq/kg)*	生態**	採集月
Agaricaceae	<i>Amanita pantherina</i> (テングダケ)	193	M	10
	<i>Lycoperdon perlatum</i> (ホコリタケ) 1	1337	L	10
	<i>L. perlatum</i> (ホコリタケ) 2	609	L	10
Cortinariaceae	<i>Cortinarius tenuipes</i> (ニセアブラシメジ)	102	M	10
	<i>C. purpurascens</i> (カワムラフセンタケ)	198	M	10
Entolomataceae	<i>Entoloma sarcopum</i> (ウラベニホテイシメジ)	3375	M	10
Mycenaceae	<i>Panellus stipticus</i> (ワビタケ)	951	D	10
Physalacriaceae	<i>Hymenopellis orientalis</i> (ツエタケ)	193	D	8
Pterulaceae	<i>Radulomyces copelandii</i> (サガリハリタケ)	1536	D	10
Strophariaceae	<i>Hypholoma fasciculare</i> (ニガクリタケ)	293	M	10
	<i>Naematoloma subtetriterium</i> (クリタケ)	450	D	8
Tricholomataceae	<i>Armillaria gallica</i> (ヤワナラタケ)	75	D	10
	<i>Oudemansiella platyphylla</i> (ヒロヒダタケ)	1049	D	8
Boletaceae	<i>Tylopilus felleus</i> (ニガイグチ)	136	M	8
Gomphaceae	<i>Ramaria botrytis</i> (ホウキタケ)	399	M	8
	<i>R. botrytis</i> (ホウキタケ)	315	M	10
Albatrellaceae	<i>Albatrellus confluens</i> (コウモリタケ)	22	M	8
Russulaceae	<i>Lactarius</i> sp.	4768	M	8
	<i>L. piperatus</i> (ツチカブリ) 1	1121	M	8
	<i>L. piperatus</i> (ツチカブリ) 2	201	M	8
	<i>Russula cyanoxantha</i> (カワリハツ)	8478	M	8
	<i>R. delica</i> (シロハツ)	689	M	8
	<i>R. emetica</i> (ドクベニタケ)	3635	M	8
Fomitopsidaceae	<i>Piptoporus soloniensis</i> (シロカイメンタケ)	1016	D	10
	<i>Poria caesia</i> (オソメタケ)	126	D	10
Polyporaceae	<i>Abundisporus pubertatis</i> (ホウネンタケ)	946	D	10
	<i>Daedaleopsis tricolor</i> (チャカイガラタケ)	855	D	10
	<i>Lenzites betulinus</i> (カイガラダケ)	645	D	8
	<i>Microporus vernicipes</i> (ヅヤウチワタケ) 1	852	D	10
	<i>M. vernicipes</i> (ヅヤウチワタケ) 2	861	D	8
	<i>Panus</i> sp.	935	D	8
	<i>Trametes gibbosa</i> (オオチリメンタケ)	141	D	8
	<i>T. versicolor</i> (カワラタケ) 1	969	D	8
	<i>T. versicolor</i> (カワラタケ) 2	318	D	10
Pezizaceae	<i>Peziza badia</i> (クリロチャフワタケ)	1654	L	10
Xylariaceae	<i>Annulohypoxylon truncatum</i> (クロコブタケ)	2017	D	10

* NaIシンチレーション検出器により測定, ** L: 落葉分解性, D: 木材腐朽性
M: 菌根性

これは菌糸が落葉層と土壤中のいずれに生育しているかなど、菌糸の分布が影響していると考えられる。

水上演習林で採集された 14 種 15 試料のきのこを傘と柄に分けて NaI 検出器で測定したところ、7 種 7 試料で両者の間に倍以上の違いがあり、傘の濃度が柄よりも高かったのは 5 試料であった(表-7)。また、2012 年に藤沢演習林のきのこ類を NaI 検出器で測定した結果、放射性物質の濃度は約 100~1,300 Bq/kg であった(表-8)。

2013 年に水上演習林で採取したきのこ類の放射性セシウム濃度を Ge 検出器で測定した結果を表-9 に示した。¹³⁴Cs の濃度は 3 Bq/kg ~308 Bq/kg, ¹³⁷Cs の濃度は 4~786 Bq/kg で、放射性セシウムの合計値は菌根菌のウラベニホテイシメジ 1 試料が約 1,000 Bq/kg と最も高かった。ウラベニホテイシメジ 6 試料の測定結果を比較すると、¹³⁴Cs は 13~308 Bq/kg, ¹³⁷Cs は 30~786 Bq/kg と試料毎にかなりの差がみられた。

チェルノブイリ事故後に欧米で放射能汚染が報告されたきのこ類は、ほとんどが菌根性きのこである(2)。放射性物質の濃度は木材腐朽性きのこよりも菌根性きのが高いことが知られているが(1, 4, 5, 7), 今回も同様の傾向がみられた。2012 年と 2013 年では放射能の測定方法が異なるため単純には比較できないが、水上演

習林内のきのこ類の放射性セシウム濃度は1年間でかなり低下したと考えられる。

表-7. 水上演習林に発生した野生きのこ類の部位別の放射性物質の濃度(2012年)
Table 7. Concentrations of radioactive materials in pileus and stem of wild mushrooms at the Minakami Exp. For. (2012)

科名	種名(和名)	放射能濃度(Bq/kg)*		
		傘	柄	生態**
Amanitaceae	<i>Amanita pantherina</i> (テンガタケ)	292	130	M
Cortinariaceae	<i>Cortinarius purpurascens</i> (カワムラフウセンタケ)	187	210	M
	<i>C. tenuipes</i> (セビアブランジメジ)	90	115	M
Entolomataceae	<i>Entoloma sarcopum</i> (ウラベニホテイシメジ)	5207	1355	M
Physalacriaceae	<i>Hymenopellis orientalis</i> (ユニタケ)	124	307	L
Strophariaceae	<i>Hypholoma fasciculare</i> (ニガクリタケ)	319	252	D
	<i>Naematoloma subterraneum</i> (グリタケ)	279	1188	D
Tricholomataceae	<i>Armillaria gallica</i> (ヤワナラタケ)	52	120	D
	<i>Oudemansiella platyphylla</i> (ヒロダタケ)	1345	564	D
Boletaceae	<i>Tylopilus ricens</i> (オクヤマニガイグチ)	135	140	M
Russulaceae	<i>Lactarius</i> sp.	4576	3085	M
	<i>L. piperatus</i> (ツチカブリ) 1	1257	801	M
	<i>L. piperatus</i> (ツチカブリ) 2	220	183	M
	<i>Russula cyanoxantha</i> (カワリハツ)	10299	4882	M
	<i>R. delica</i> (シロハツ)	963	476	M

* NaIシンチレーション検出器により測定, ** L: 落葉分解性, D: 木材腐朽性
M: 菌根性

表-8. 藤沢演習林に発生したきのこ類の放射性物質の濃度(2012年)
Table 8. Concentrations of radioactive materials in wild mushrooms at the Fujisawa Exp. For. (2012)

科名	種名(和名)	放射能濃度		生態**
		(Bq/kg)*	生息**	
Amanitaceae	<i>Amanita javanica</i> (キタマゴタケ) 1	197	M	
	<i>Amanita javanica</i> (キタマゴタケ) 2	266	M	
Hydnangiaceae	<i>Laccaria vinaccoavellanea</i> (カレバキソネタケ) 1	202	M	
	<i>L. vinaceoavellanea</i> (カレバキソネタケ) 2	749	M	
Pluteaceae	<i>Pluteus cervinus</i> (ウラベニガサ) 1	680	D	
	<i>P. cervinus</i> (ウラベニガサ) 2	611	D	
Boletaceae	<i>Boletus pseudocalopus</i> (ニセアシベニイグチ)	258	M	
Russulaceae	<i>Russula alboareolata</i> (ヒラフレスコハツ)	116	M	
	<i>R. cyanoxantha</i> (カワリハツ)	789	M	
	<i>R. delica</i> (シロハツ) 1	302	M	
	<i>R. delica</i> (シロハツ) 2	98	M	
	<i>R. violeipes</i> (ケショウハツ)	206	M	
Polyporaceae	<i>Polyporus badius</i> (キアシグロタケ)	504	D	
	<i>Trichaptum abietinum</i> (シハイタケ)	168	D	
Stereaceae	<i>Stereum hirsutum</i> (キウロコタケ)	1316	D	

* NaIシンチレーション検出器により測定, ** L: 落葉分解性, D: 木材腐朽性
M: 菌根性

表-9. 水上演習林内に発生したきのこ類の放射性セシウム濃度(2013年8, 9月)
Table 9. Concentrations of radioactive caesium in wild mushrooms at the Minakami Exp. For. (Aug. and Sep., 2013)

科名	種名(和名)	放射性セシウム濃度(Bq/kg)*		生態**
		Cs-134	Cs-137	
Amanitaceae	<i>Amanita punctata</i> (オオツルタケ)	3	4	M
	<i>A. hemibapha</i> (タマゴタケ)	55	137	M
Cortinariaceae	<i>Cortinarius praestans</i> (フタイロフウセンタケ)	28	81	M
Entolomataceae	<i>Entoloma sarcopum</i> (ウラベニホテイシメジ)	136	330	M
	<i>E. sarcopum</i> (ウラベニホテイシメジ) 2	20	57	M
	<i>E. sarcopum</i> (ウラベニホテイシメジ) 3	308	786	M
	<i>E. sarcopum</i> (ウラベニホテイシメジ) 4	95	231	M
	<i>E. sarcopum</i> (ウラベニホテイシメジ) 5	13	33	M
	<i>E. sarcopum</i> (ウラベニホテイシメジ) 6	13	30	M
	<i>Entoloma</i> sp.	75	182	M
Omphalotaceae	<i>Gymnopus dryophilus</i> (モリノカレバタケ)	42	98	L
Boletaceae	<i>Boletus brunneissimus</i> (コゲチャイロガワリ)	8	20	M
	<i>Xanthoconium affine</i> (ウツロイイグチ)	31	70	M
Gomphaceae	<i>Ramaria botrytis</i> (ホウキタケ)	28	107	M
Russulaceae	<i>Lactarius piperatus</i> (ツチカブリ) 1	27	84	M
	<i>L. piperatus</i> (ツチカブリ) 2	29	80	M
Polyporaceae	<i>Lenzites betulinus</i> (カイガラタケ) 1	35	85	D
	<i>L. betulinus</i> (カイガラタケ) 2	10	23	D
Bankeraceae	<i>Phellodon niger</i> (クロハリタケ)	33	79	M

* ゲルマニウム半導体波高分析装置で測定, ** L: 落葉分解性, D: 木材腐朽性
M: 菌根性

IVまとめ

水上演習林の落葉層と土壤、および林内に発生するきのこ類の放射性物質の濃度を調査した結果、放射性物質は落葉層、表層土壤と菌根性きのこに多く蓄積されていた。

事故後1年半の時点では、落葉層、表層土壤ときのこの放射性物質の濃度は数百～数千 Bq/kg 程度の値が多かったが、事故後2年半経過した時点ではほとんどが 1,000 Bq/kg 以下であった。 ^{134}Cs の半減期は約2年であるが、土壤やきのこ類の放射性物質の量は半減期による減少では説明できないほど低下していた。放射性物質は地表から 10 cm 以下の土壤にはほとんど浸透していないため、放射性物質が何処に移動したのか今後継続して調査する必要がある。

謝辞

本研究の一部は、日本大学生物資源科学部学術助成金の補助を受けて実施した。調査にご協力いただいた日本大学水上演習林の垂水秀樹氏、放射能測定に際してご指導とご助言をいただいた日本大学放射線利用施設の田邊恵美子氏に厚く御礼申し上げる。

引用文献

- (1) 稲垣昌代・山西弘城・若林源一郎・吉原新也・伊藤哲夫・白坂憲章・種坂英次・奥村博司・古川道郎(2012)福島県川俣町における環境放射線調査 (2) 野生きのこに含まれる放射性セシウム濃度. 近畿大学原子力研究年報 **49**: 7-17
- (2) KALAČ, C. (2001) A review of edible mushroom radioactivity. Food Chemistry **75**: 29-35
- (3) 文部科学省(2011)文部科学省による第4次航空機モニタリングの測定結果について. 報道発表資料 34pp.<http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/list/362/list-1.html>
- (4) MURAMATSU, Y., YOSHIDA, S. and SUMIYA, M. (1991) Concentrations of radiocesium and potassium in basidiomycetes collected in Japan. The Science of the Total Environment **105**: 29-39
- (5) 杉山英夫・岩島清・柴田尚(1990)きのこ類およびその生息基質中における放射性セシウムの分布. Radioisotopes **39**: 499-502
- (6) 山田利博・村川巧雄・齋藤俊浩・大村和也・高徳佳絵・才木道雄・井口和信・井上淳・齋藤暖生・辻和明・田野井慶太朗・中西友子(2013)福島第一原子力発電所事故に起因する放射性物質低汚染地域におけるキノコ類への放射線セシウムの蓄積－東京大学演習林における事例. Radioisotopes **62**: 141-147
- (7) YOSHIDA, S., MURAMATSU, Y. and OGAWA, M. (1994) Radiocesium concentrations in mushrooms collected in Japan. J. Environ. Radioactivity **22**: 141-154