いわき明星大学

科学技術学部

平成 25 年度　卒業研究要旨集

(除染及び放射性物質測定に関するテーマ抜粋)

研　究　課　題	指導教員	頁
アルカリ金属元素の植物への移行について　－トマト－	佐藤 健二	1
アルカリ金属元素の植物への移行について　－イネ－	佐藤 健二	2
原発事故によって放出された ^{134}Cs/ ^{137}Cs の放射能比と健康へのリスク	佐藤 健二	3
陸水域に生息する魚類における放射性セシウム蓄積の現状（1）	佐々木秀明	4
陸水域に生息する魚類における放射性セシウム蓄積の現状（2）	佐々木秀明	5
陸水域に生息する魚類における放射性セシウム蓄積の現状（3）	佐々木秀明	6
陸生ラン藻イシクラゲによる放射性セシウム汚染土壌の浄化	佐々木 秀明	7
海藻類における放射性セシウム蓄積の現状	佐々木 秀明	8
野生植物における放射性セシウムの蓄積と汚染土壌の関係	佐々木 秀明	9
カテキン誘導体を用いた放射性セシウム除去技術の検討	梅村 一之	10
学内の土壌における放射能汚染状況の経年変化	坂本 直道	11

アルカリ金属元素の植物への移行について　―トマト―

G10008　五十嵐梨絵　G10136　松本崇史（指導教員　佐藤健二　教授）

【緒言】2011年3月に起こった福島第1原子力発電所の事故以降、放射性セシウムなどの放射性物質の植物への移行が懸念されている。そのような中で、田や畑にゼオライトやカリウム肥料を撒くことで放射性セシウムの移行を防ぐ効果があるとの報告や報道がある。しかし、カリウム肥料を具体的にどれほどの量を撒けば良いかなど不明な点もある。また、カリウム肥料中の0.01%は放射性カリウムであるため、多量に撒くということは避けるべきだと考えられる。これらのことを踏まえて本研究では、化学的性質の似たアルカリ金属元素、リチウム(Li)、ナトリウム(Na)、カリウム(K)、ルビジウム(Rb)、セシウム(Cs)を用いて、各元素の吸収の度合やセシウムに対するカリウムの阻害効果について検討した。

【実験】本研究では、2.25×10^{-2}mol/Lアルカリ金属元素(Li,Na,K,Rb,Cs)溶液1L用い、これにトマトの苗を浸し11日間枯れるまで水耕栽培を行った。枯れた検体をそれぞれ葉、茎、根に分け4日間70℃で乾燥器を用いて乾燥させた。次に葉、茎は約0.2g、根は約0.1gで量り取り、精密分析用硝酸（60～62%）を用い硝酸溶液（1+1）を添加し、マイクロウェーブ分解装置（MILESTONE（株）ETHOS900）を用いて加熱分解した。その後、ろ過し蒸留水で全量を50mlにしたものを測定試料とした。アルカリ金属元素の分析には誘導結合プラズマ発光分光分析装置（ICR-AES）を用いた。

【結果】ICP-AESで分析して得られた各アルカリ金属元素(Li,Na,K,Rb,Cs)の強度から、1g中に含まれている量を求め、mol数を算出した。茎、葉については各元素の含有量を図1、図2にそれぞれ示した。根については、不検出であったため図としては示していない。図中では示していないが、Kはもともと多く含まれており高い値が得られたため、図中への表示はしなかった。図1、図2を比べると、アルカリ金属元素を含む水溶液で水耕栽培を行ったものでNa,Rb,Csに関しては、茎の中の含有量より葉の中の含有量が高いという結果になった。これは、茎より葉に吸い上げられているのではないだろうか。また、実験当初、アルカリ金属元素を含む水溶液を用いて水耕栽培を行った場合のアルカリ金属元素の吸収の度合は水和半径に関係しており、水和半径が大きくなるにつれて吸収しにくくなるのではないかと考えて行っていたが、Na,Kが予想以上に値が高くなってしまったため関係しているとは言えず、現在も検討中である。また、KによるCsの吸収阻害効果についてだが、阻害しているとは言えずCsは吸収しているということになる。本実験では試料数が少ないため今後は試料数を増やし、根の中の各元素の含有量についても検討していく必要がある。

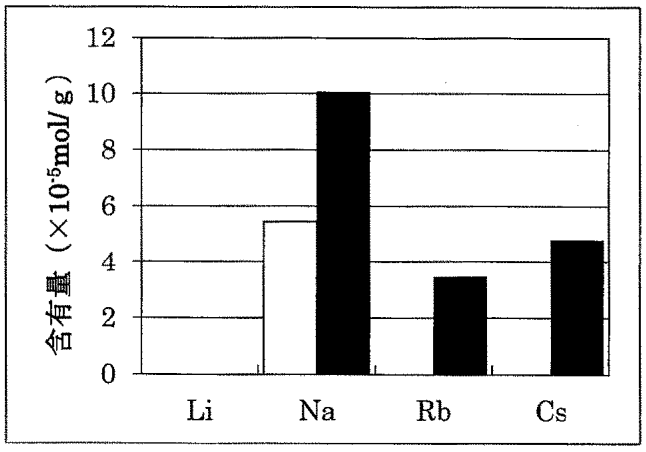


図1　茎の中の各元素の含有量

□:蒸留水のみで水耕栽培

■:アルカリ金属元素を含む水溶液で水耕栽培

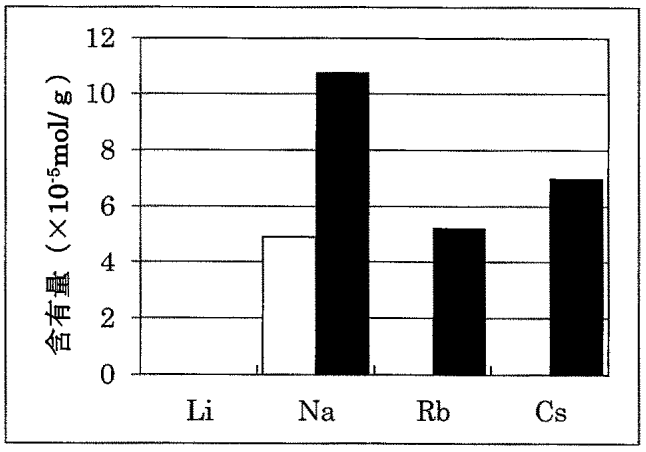


図2　葉の中の各元素の含有量

□:蒸留水のみで水耕栽培

■:アルカリ金属元素を含む水溶液で水耕栽培

アルカリ金属元素の植物への移行について　ーイネー

G10136　松本崇史　G10008　五十嵐梨絵　（指導教員　佐藤健二　教授）

【緒言】2011 年 3 月 11 日に東日本大震災によって起きた福島第 1 原子力発電所の事故以降、放射線についての研究が多く行われてきている。本研究室でも 2012 年度より土壌中の放射性セシウムの食品への移行について検討してきた。その結果、土壌中からの放射性セシウムの移行は特に野菜が比較的少ないことがわかった。そのような中で、田や畑にゼオライトやカリウム肥料を添加することで放射性セシウムの移行を防ごうとする活動もなされ、一定の効果も見出されているとの報告や報道もある。そこで本研究では、カリウムがセシウムの吸収を阻害することができるのか、また似たような性質をもっているアルカリ金属元素(Li、Na、K、Rb、Cs)でも阻害できるのではないかということについて、アルカリ金属元素を含む水溶液でイネの苗を水耕栽培し検討した。

【実験】本実験では、各 2.25×10^{-2}mol/l に調製したアルカリ金属元素(Li、Na、K、Rb、Cs)溶液 1 L を用い、これにイネの苗を浸し 11 日間水耕栽培を行った。同時に、蒸留水のみで水耕栽培を同様に行ったイネの苗を比較対象試料とした。ICP-AES 測定のための試料溶液の作成については、以下のとおりである。育成したイネをそれぞれ葉、茎、根の部位にわけ、乾燥器を用いて 70℃で 4 日間乾燥させた。その後、0.1～0.60 g の間でそれぞれ精確に量りとり試料分解用テフロン製容器に入れた。これに硝酸溶液(1+1)を 6ml 加えマイクロウェーブ分解装置(MILESTONE(株)製, ETHOS 900)で分解後、ろ過し蒸留水で全量を 50ml としたものを測定試料とした。アルカリ金属元素種類の分析には誘導結合プラズマ発光分析法(ICP-AES)を用いて測定した。

【結果】先ず、蒸留水のみを用い水耕栽培したイネの苗を分析した結果、少なくとも葉と茎において Li、Rb、Cs は不検出であった。しかし、2.25×10^{-2}mol/l 溶液を用い水耕栽培を行ったイネの苗では、葉と茎、共に検出された（図 1 および図 2)。図 1 および図 2 の結果より、少なくとも Na, K を含むアルカリ金属元素の共存下でも Li、Rb、Cs はイネの苗中に吸収されることを示している。以上の結果からは、K が Cs のイネの苗への吸収を阻害してはいないことを断定することはできないが、今後、詳細に検討する必要がある。また、図 1 および図 2 の結果から茎（図 2）に比べ葉（図 1）の方により多くの元素が含有していることが分かった。これらのことから、根から吸収したアルカリ金属元素は茎を通過し葉の部分に蓄積されるためと考えることが出来る。さらに、図 1 および図 2 の結果の中で吸収度合いは、Li<Rb, Cs となっている。この要因として、水和半径が関係しているのではないかと考えた。水和半径は、原子番号は小さいほど半径が大きくなっている傾向があり、水和半径が大きいため根からの吸収がしづらくなっているためにこのような結果になったのではないかと考えられる。今後の研究では、回数を増やすとともに、Na と K の検討と根での比較を検討していくことが必要である。

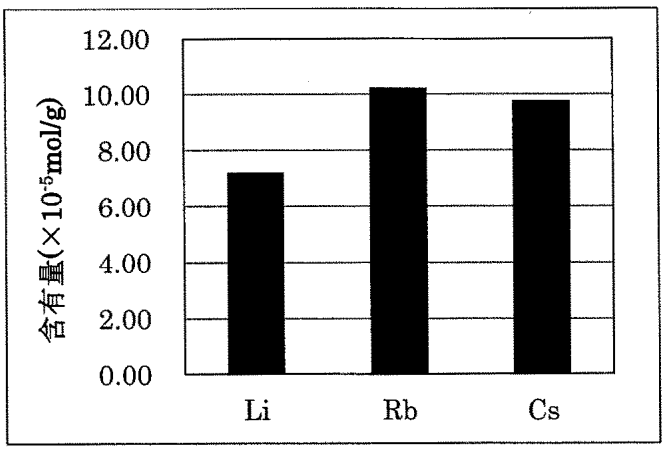


図 1　サンプル葉の元素ごとによる比較

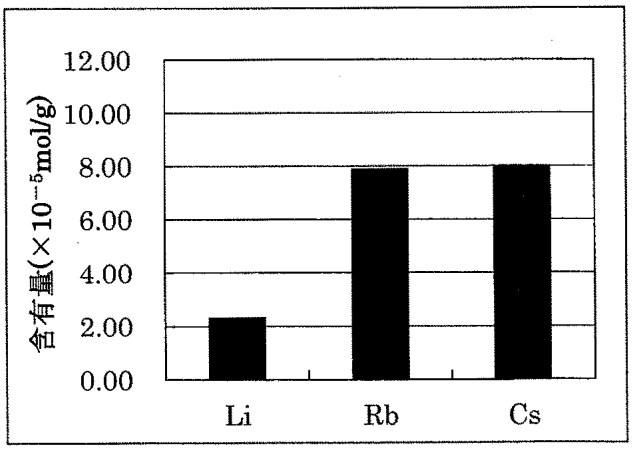


図 2　サンプル茎の元素ごとによる比較

原発事故によって放出された $^{134}Cs/^{137}Cs$ の放射能比と健康へのリスク

G10137　渡辺亜久里　(指導教員　佐藤健二　教授)

【緒言】 2011 年 3 月 11 日に起こった東日本大震災に伴う福島第 1 原子力発電所事故によって様々な放射性物質が放出した。これより約 3 年が経過した現在においては、放射性 Cs(セシウム)である ^{134}Cs と ^{137}Cs が我々の健康と生活に大きな影響をもたらしている。当研究室では、これまで様々な食品や土壌の中の放射性セシウムを測定し、且つ、放射線・放射能濃度の低減に関する研究も行って来た。しかし、放出した ^{134}Cs と ^{137}Cs の放射能比が当初、1:1 と言われている中で、半減期 30.1 年の ^{137}Cs の放射能濃度は約 3 年を経過した現在において約 5%に満たない減少率であるが、半減期 2.06 年の ^{134}Cs では 50%以上減少しているはずである。しかし、このことをこれまでの測定値から検証し健康へのリスクについて検討した報告は未だない。そこで本研究では原発事故から約 3 年経過している現在において、$^{134}Cs/^{137}Cs$ 放射能比がどのように変化しているのか、そして、そのことが健康へのリスク度合いがどのように変化しているかについて検討した。

【実験】 本研究では、食品放射能測定システム(日立アロカメディカル(株)製，CAN-OSP-NAI 型)を使用し、2011 年 8 月～2013 年 11 月迄の期間に放射性セシウム濃度を測定した各種試料の中で ^{134}Cs と ^{137}Cs の放射能濃度が検出された試料について利用した。また測定試料の種類と試料数は、土壌・砂類、汚染水など水類、植物・藻類、そして食品類など合計 764 検体である。また、$^{134}Cs/^{137}Cs$ 放射能比は次式により算出した。

$$放射能比 = \frac{単位質量[kg]当たり1秒間に壊変する^{134}Cs放射能[Bq]}{単位質量[kg]当たり1秒間に壊変する^{137}Cs放射能[Bq]}$$

【結果】 各種試料で検出された ^{134}Cs と ^{137}Cs の放射能濃度(Bg/kg)を用い $^{134}Cs/^{137}Cs$ 放射能比を算出した。そして 2011 年 3 月 12 日に原発 1 号機が水素爆発した時点を 0 日として $^{134}Cs/^{137}Cs$ 放射能比の変化を図 1 に示した。図 1 には、^{137}Cs の放射能も 1.0 として示している。その結果、半減期が ^{137}Cs に比べ短い ^{134}Cs の放射能比は減少傾向にあり、半減期 2.06 年と同じ 2 年後での放射能比は 0.5～0.6 になっている。半減期 30.1 年の ^{137}Cs の放射能濃度が 2 年後に約 5%減少していることを考え合わせれば、放射能比は約 0.5 に近い数値となる。このことは半減期から算出された理論的な減少傾向が実測値とほぼ同様であることを示すものであり、例えば 8 年後の $^{134}Cs/^{137}Cs$ 放射能比が 0.1 以下になることを示唆している。しかし、図 1 において大きくばらついたデータ(放射能比)があり、中には約 0.7 年目(260 日目付近)の放射能比が 1.0～1.5 になっている。他にも、放射能比 1.0 近くや逆に低い放射能比も見て取れる。これについては測定誤差によるものと考えられるが、他に、河田ら[1)]は、^{134}Cs と ^{137}Cs の原子炉内で生成過程の違いにより $^{134}Cs/^{137}Cs$ 放射能比が 1.5 や逆に 0.5～0.6 になる場合もあると指摘していることから、そのことが今回の原発事故でも示されているのではないかと考える。一方、^{134}Cs と ^{137}Cs による内部被ばく度合いは、各々の実効線量係数(^{134}Cs と ^{137}Cs)により算出できる。因に、成人の経口摂取による ^{134}Cs と ^{137}Cs の実効線量係数は、それぞれ 1.9×10^{-5} mSv/Bq と 1.3×10^{-5} mSv/Bq である。そこで本研究では、放射能比を考えながら、預託実効線量(内部被ばく)についても検討した。

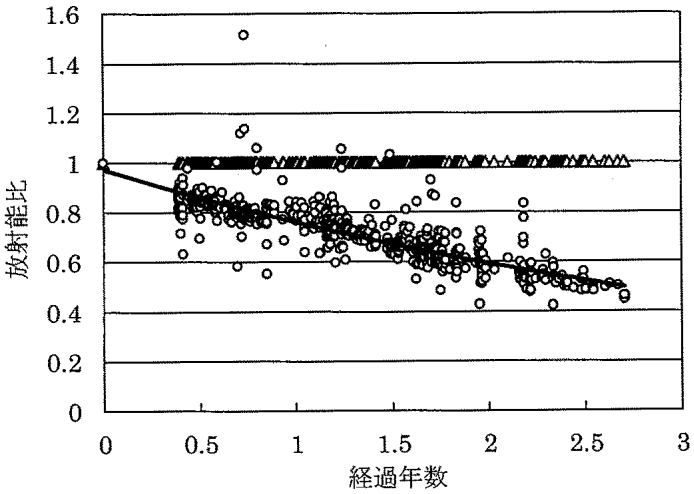


図 1　$^{134}Cs/^{137}Cs$ 放射能比の経年変化

○ ^{134}Cs　△ ^{137}Cs

1)河田燕，山田崇裕，原子力事故により放出された放射性セシウムの $^{134}Cs/^{137}Cs$ 放射能比について，*Isotope News*, No.697, 16-20 (2012) .

陸水域に生息する魚類における放射性セシウム蓄積の現状(1)

G10066 佐藤　貴之（指導教員　佐々木　秀明　准教授）

【目的】

2011 年 3 月 11 日に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故により、環境中に大量の放射性物質が流失し、福島県を中心に甚大な汚染をもたらした。放射性物質は環境中の生物に蓄積、影響をあたえることが予想されているが、その詳細は全く解っていない。本研究では、陸水域に生息する生物への放射性物質の影響を明らかにするために、ブルーギルを対象として、放射性セシウムおよび放射性ヨウ素の体内蓄積量を把握することを目的として行なった。

【調査方法】

2011 年 5 月から 2013 年 12 月まで、いわき市の草木調節池、沢堤、笑堂において一ヵ月ごとにブルーギルを採集した。ブルーギルは白身、内蔵、背びれに分離後、フードプロセッサーで細かく粉砕し、V-11 容器に封入後、食品放射能測定システム（日立アロカメディカル）を用いて、放射性セシウム（Cs-134、Cs-137）の放射能濃度を測定した。

【結果】

草木台調節池に生息するブルーギルの各組織における放射線濃度は、2011 年 8 月においては白身が Cs-137:541Bq/kg、内蔵が Cs-137:536Bq/kg、背びれが Cs-137:251Bq/kg と高い値を示した。2012 年 7 月においては白身が Cs-137:115Bq/kg、内蔵が Cs-137:95Bq/kg、背びれは検出限界値となり、2013 年 7 月では白身が Cs-137:58Bq/kg、内蔵で Cs-137:31Bq/kg、背びれが Cs-137:29Bq/kg が検出され、すべての組織で大幅な濃度の減少が観察された。

白身を対象として放射能濃度の経時変化を観察した結果、調査した 3 池いずれにおいても減少傾向を示した（図 1）。2011 年 6 月に Cs-134 が 355～705Bq/kg、Cs-137 が 391～797Bq/kg であったが、2013 年 4 月には Cs-134 が 16～54Bq/kg、Cs-137 が 36～85Bq/kg まで減少した。しかし、それ以降は減少は止まり Cs-134 が 20 Bq/kg、Cs-137 は 40 Bq/kg 程度で安定した。

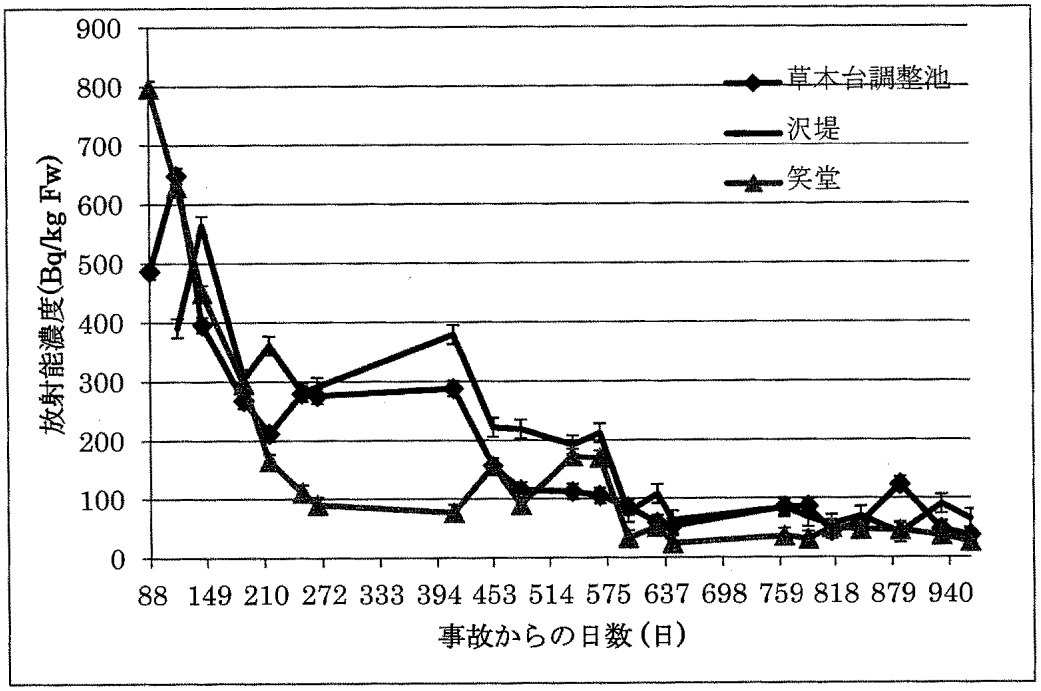


図.1 いわき市 3 池に生息するブルーギルの Cs-137 濃度の経時変化

陸水域に生息する魚類における放射性セシウム蓄積の現状（2）

G10091　田中 智章　（指導教員　佐々木　秀明　准教授）

【目的】

2011 年 3 月 11 日に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故により、環境中に大量の放射性物質が流失し、福島県を中心に甚大な汚染をもたらした。放射性物質は環境中の生物に蓄積、影響をあたえることが予想されているが、その詳細は全く解っていない。本研究では、陸水域に生息する生物への放射性物質の影響を明らかにするために、ブラックバス、ブルーギルを対象として、放射性セシウムおよび放射性ヨウ素の体内蓄積量を把握することを目的として行なった。

【調査方法】

2011 年 5 月から 2013 年 12 月まで、いわき市の草木調節池、沢堤、笑堂において一ヵ月ごとにブルーギルおよびブラックバスを採集した。ブルーギルは白身、内蔵、背びれに分離後、フードプロセッサーで細かく粉砕し、V-11 容器に封入後、食品放射能測定システム（日立アロカメディカル）を用いて、放射性セシウム（Cs-134、Cs-137）及び放射性ヨウ素(I-131)の放射能濃度を測定した。

【結果】

ブラックバスの放射性セシウム濃度は、調査した三池いずれにおいても減少傾向を示した。沢堤では、2012年4月にCs-134が334Bq/kg,Cs-137が470Bq/kgであったが2013年10月にはCs-134が52Bq/kg、Cs-137 が 110Bq/kg となった（図１）。採集されたブラックバスの平均体長と放射性セシウム濃度との関係を見ると体長の大きいものほど放射性セシウム濃度が高い傾向があった。

草木台で採集されたブラックバスとブルーギルの放射線セシウム濃度を比較すると、ブラックバスの放射能濃度が高いことが分かった（図２）。2013 年 4 月においてブラックバスの放射能濃度は、Cs-134 が 178Bq/kg,Cs-137 が 307Bq/kg であるのに対し、ブルーギルとは、Cs-134 が 54Bq/kg、Cs-137 が 85Bq/kg であった。

陸水域の生態系において、ブラックバスはブルーギルより食物連鎖の上位に位置することから放射性セシウムは生物濃縮により、より上位の生物に蓄積する傾向があると推測された。

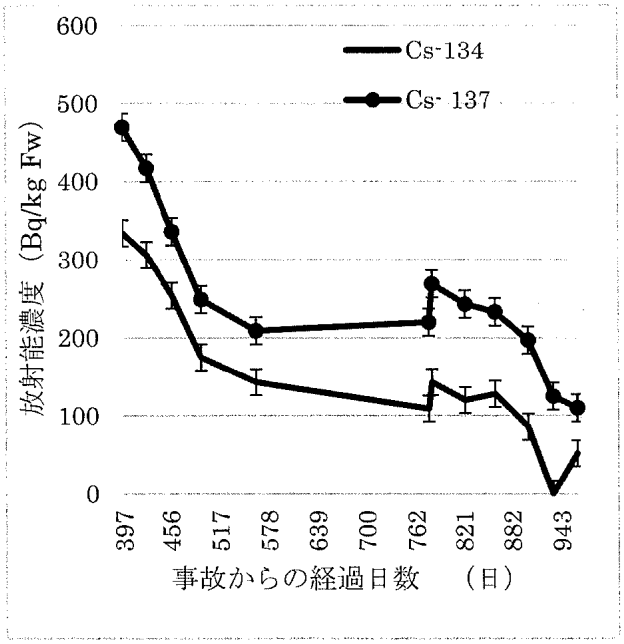


図１沢堤のブラックバスにおける放射性セシウム濃度の変化

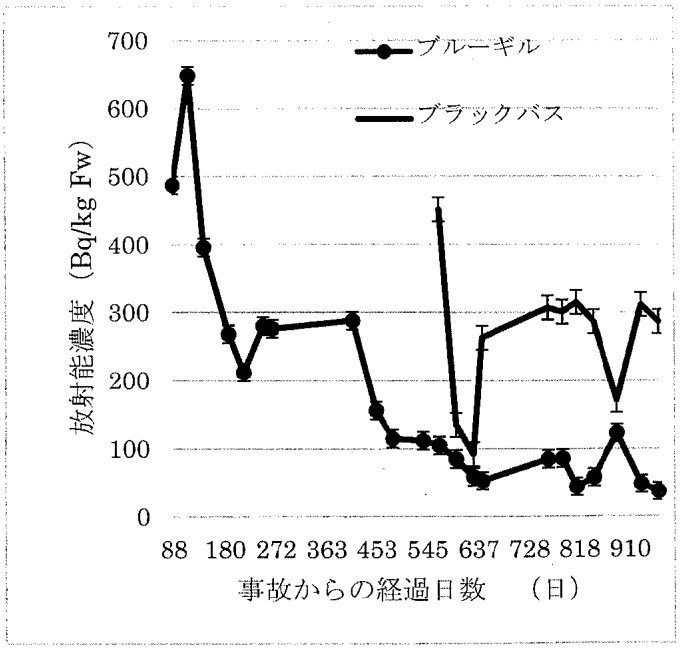


図２草木調整池に生息するブルーギルとブラックバスの放射性セシウム 137 濃度

陸水域に生息する魚類における放射性セシウム蓄積の現状（３）

G10067　佐藤　博俊　（指導教員　佐々木　秀明　准教授）

【目的】

2011 年 3 月 11 日に発生した東京電力福島第一原子力発電所事故により、環境中に大量の放射性物質が流失し、福島県を中心に甚大な汚染をもたらした。放射性物質は環境中の生物に蓄積、影響をあたえることが予想されているが、その詳細は全く解っていない。本研究では、汚染度合の異なる 2 地域（郡山市及びいわき市）の陸水域を対象として、そこに生息するブルーギル及びブラックバスにおける放射性物質の蓄積状況を比較した。

【調査方法】

2013 年 9 月から 2013 年 12 月に、いわき市草木調整池、沢堤、笑堂、丹後沢、郡山市待池、片平においてブルーギルとブラックバスを採集した。ブルーギルとブラックバスから白身を分離、フードプロセッサーで細かく粉砕し、V-11 容器に封入後、食品放射能測定システム（日立アロカメディカル）を用いて、放射性セシウム（Cs-134、Cs-137）及び放射性ヨウ素(I-131)の放射能濃度を測定した。湖底土壌は表層から 5cm までを採取、風乾、60℃で乾燥後、放射能濃度の測定を行った。

【結果】

2013 年 9 月のいわき市 3 池で採集されたブルーギルの放射能濃度は、草木台が Cs-134:20Bq/kgFw、Cs-137:48Bq/kgFw
、沢堤が Cs-134:36Bq/kgFw、Cs-137:90Bq/kgFw、笑堂が Cs-134:21Bq/kgFw、Cs-137:37Bq/kgFw であった。一方、郡山市では待池が Cs-134:146Bq/kgFw、Cs-137:323Bq/kgFw、片平が Cs-134:61Bq/kgFw、Cs-137:115Bq/kgFw であり、いわき市の個体群と比べて高い値が観察された。

いわき市のブラックバスの放射能濃度は、草木台が Cs-134:148Bq/kgFw、Cs-137:312Bq/kgFw、沢堤が Cs-134:N.D、Cs-137:125Bq/kgFw、笑堂が Cs-134:N.D、Cs-137:40Bq/kgFw であった。一方、郡山市では待池が Cs-134:161Bq/kgFw、Cs-137:351Bq/kgFw、片平が Cs-134:97Bq/kgFw、Cs-137:195Bq/kgFw であり、ブルーギル同様にいわき市の個体群と比べて放射能濃度が高かった。

湖底土壌の放射能濃度は、いわき市において、草木台が Cs-134:75Bq/kgFw、Cs-137:140Bq/kgFw、沢堤が Cs-134:86Bq/kgFw、Cs-137:173Bq/kgFw、笑堂が Cs-134:37Bq/kgFw、Cs-137:69Bq/kgFw であったのに対して、郡山市では、待池が Cs-134:148Bq/kgFw、Cs-137:73Bq/kgFw、片平が Cs-134:42Bq/kgFw、Cs-137:109Bq/kgFw と高い値を示した。以上の結果から、汚染度合の高い湖沼環境に生息する魚類は放射性物質の蓄積量が高い傾向にあることが示唆された。

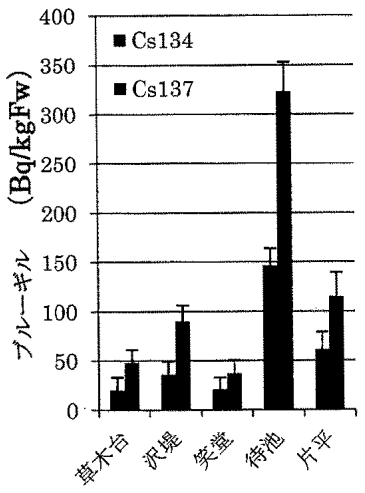


図１　2013年9月に採集されたブルーギルの放射性セシウム濃度

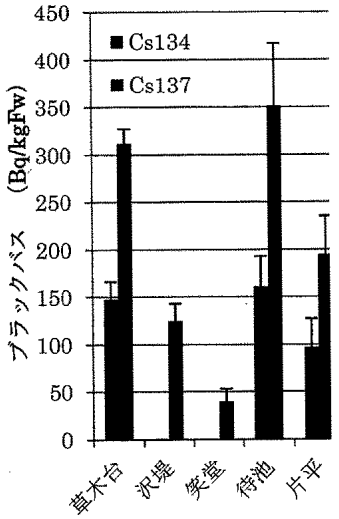


図２　2013 年 9 月に採集されたブラックバスの放射性セシウム濃度

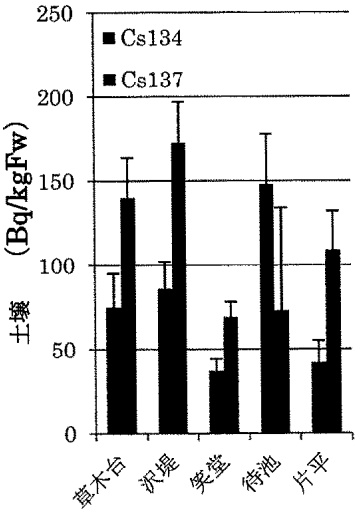


図３　2013年9月に採集された湖底土壌のの放射性セシウム濃度

陸生ラン藻イシクラゲによる放射性セシウム汚染土壌の浄化

G10031　尾形剛宜（指導教員　佐々木秀明 准教授）

【目的】

東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所事故により環境中に流出した放射性物質の除去は喫緊の課題である。昨年度の研究において、陸生ラン藻イシクラゲが汚染砂での栽培において高濃度の放射性セシウムを蓄積することを明らかにした。イシクラゲによる放射性セシウムの除去を実施する場合、土壌の性質はその効果に大きな影響を与えることが考えられる。本研究では、福島県で一般的なローム層土におけるイシクラゲの放射性セシウム蓄積を観察するとともに、南相馬市においてイシクラゲによる除染の実証試験を実施した。

【研究方法】

宮古島産および中国産イシクラゲ乾燥体 30 g を Davis 化学合成培地に浸した後、大学内で採取したローム層土 1kg（Cs-134 : 405Bq/kg　Cs-137 : 719Bq/kg）の入ったバットに散布し、10～40 日間の栽培を実施した。栽培は屋外(5 月、6 月、10 月)および人工環境装置（10℃、20℃、30℃）で行った。また南相馬市の 6 地点(A～F)において、2013 年 4 月より 10 月までオンサイトにおける除染実験を行なった。ネットに入れたイシクラゲを土壌表面に設置、30 日間の栽培後、回収した。その後、同一箇所に新たなイシクラゲ入りネットを設置し、30 日間栽培、これを計 6 回行った。イシクラゲは栽培後、水洗、風乾、65℃による乾燥後、粉砕し、U8 容器に封入後、Ge 半導体検出器で放射性セシウム（Cs-134、Cs-137）の放射能濃度を測定した。

【結果と考察】

人工環境下で 30 日間の栽培実験を行った結果、イシクラゲが蓄積した Cs-137 の放射能濃度は 10℃の環境下で 228.0Bq/kg、20℃において 281.0Bq/kg、30℃において 286.0Bq/kg であった（Fig 1)。移行係数は 10℃で 0.33、20℃で 0.40、30℃で 0.44 であり、砂質土壌での移行係数(1.32～1.56)と比べて低い値であった。また、実際に南相馬市で行った実証試験では、1 カ所を除く全ての地点で実施後の土壌での放射性物質濃度の減少が認められた。効果があった E 地点では、Cs-137 が 21700Bq/kgD.W.であった土壌が 6 回のイシクラゲ設置後、3940 Bq/kgD.W.まで減少した（Fig 2)。設置したイシクラゲは Cs-137 が 684～1760 Bq/kgD.W.と設置の度に放射性セシウムを吸収していた。

以上の結果より、陸生ラン藻イシクラゲは放射性物質汚染土壌の浄化に有効であると考えられる。

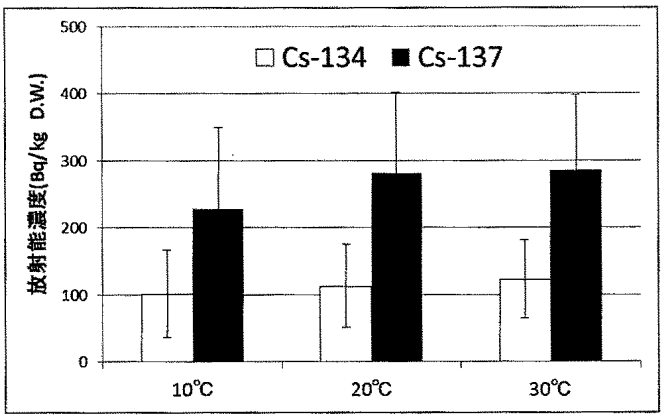


Fig1.人工環境下における放射性セシウムの吸収

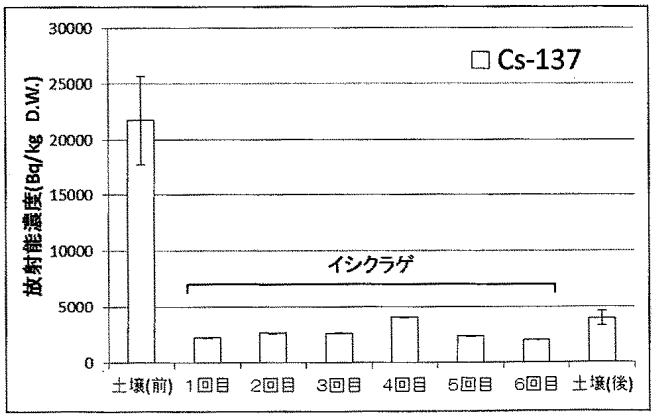


Fig 2.南相馬市 E 地点における実証試験結果

海藻類における放射性セシウム蓄積の現状

F09060　皆川靖成　(指導教員　佐々木秀明　准教授)

【目的】

2011年3月11日の東日本大震災に伴って発生した福島県第一原子力発電所の事故により、多量の放射性物質が環境中に放出された。海洋生物への放射性物質の影響が懸念されているが、その詳細は分かっていない。本研究では、福島県及び茨城県沿岸においてさまざまな種を採集、放射性物質蓄積の状況を調査する。

【研究方法】

2013年3月及び4月に、広野町浅野川、いわき市塩屋崎、永崎、小浜、北茨城市平潟、日立市川尻、会瀬において海藻類の採集を行った。海藻類は水洗後、風乾、60℃で二日間乾燥し、小型強力粉砕機で粉砕した。その後、U-8容器に充填し、ゲルマニウム半導体検出器で放射性セシウム(Cs-134、Cs-137)の放射能濃度を測定した。

【結果・考察】

2011年5月の永崎海岸で採集した海藻類における放射能濃度は、Cs-134が356~3910 Bq /kg DW、Cs-137が625~6020 Bq/kg DWであった。2013年3月に採集した海藻類の放射能濃度はCs-134がND~104 Bq/kg DW、Cs-137がND~105 Bq/kg DWであり、海藻類全体の放射能濃度は経時的に減少傾向を示した(図1)。

また、2013年3月及び4月において、汚染源からの距離と海藻類の放射能濃度との関係を調査したところ、広野町浅野川ではCs-134がND~105 Bq/kg DW、Cs-137がND~147 Bq/kg DW、いわき市小浜ではCs-134がND~32 Bq/kg DW、Cs-137がND~ 66 Bq/kg DW、日立市会瀬ではCs-134がND~8 Bq/kg DW、Cs-137がND~28 Bq/kg DWであり、福島第一原子力発電所に近い地域において高い放射能濃度を示すことが示唆された(図2)。

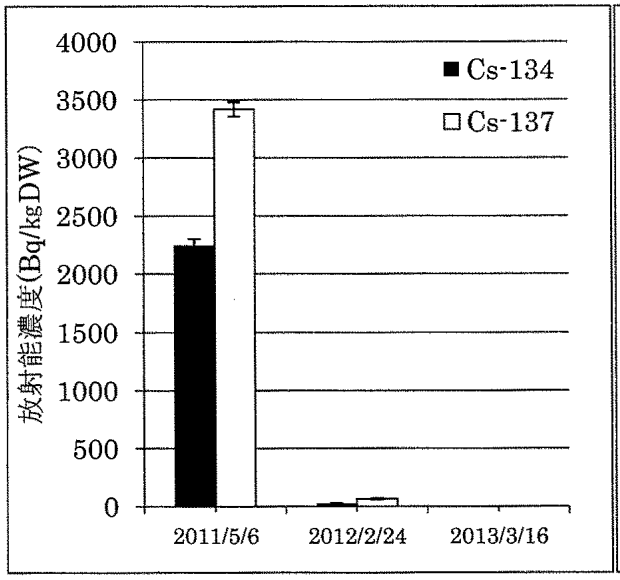


図1.永崎のアナアオサのCs濃度の経時変化

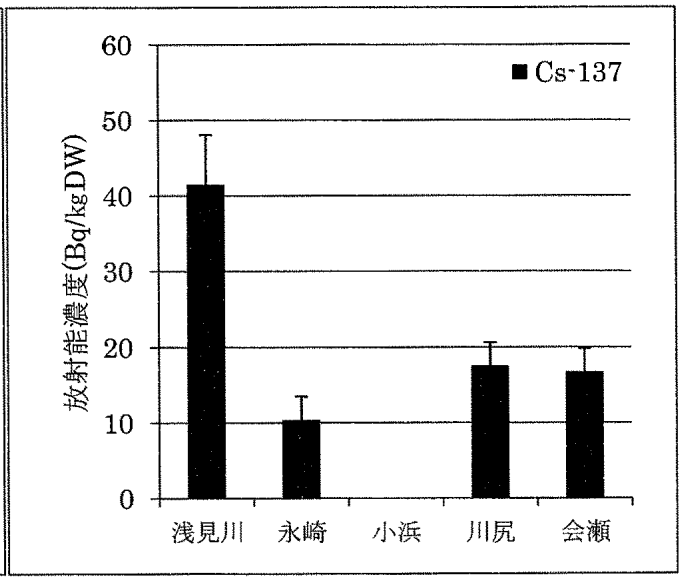


図2.2013年に採集されたフクロフノリの放射性Cs-137濃度の地理的変化

野生植物における放射性セシウムの蓄積と汚染土壌との関係

G10049　菊田香菜　（指導教員　佐々木秀明　准教授）

【目的】

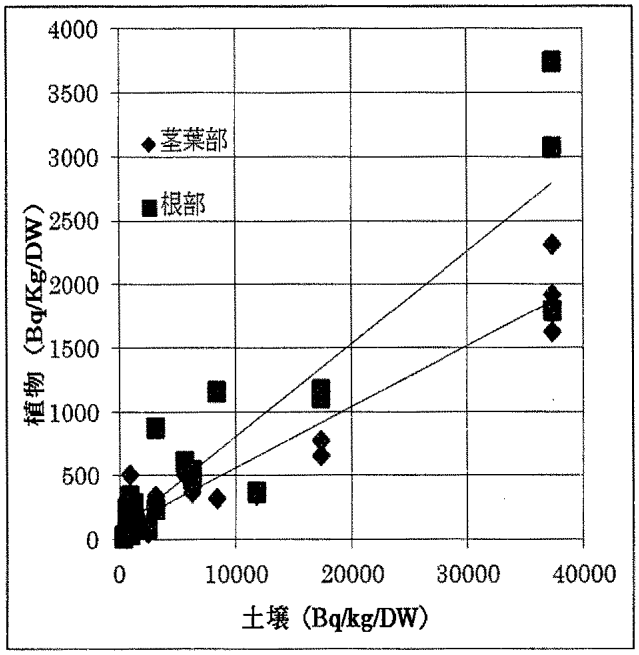
福島第一原子力発電所の事故により環境中に流出した放射性物質による植物への影響が懸念されている。植物は放射性物質を吸収、蓄積することが報告されているが、その詳細は解っていない。本研究室では放射性セシウムを高濃度に蓄積する植物の探索を試みており、これまでにタンポポ類やヒメオドリコソウなどが高い蓄積を示すことを明らかにしている。本研究では、これらの種を様々な環境から採集し、土壌の汚染と植物の放射性セシウム蓄積との関係を明らかにすることを目的に実施した。

【方法】

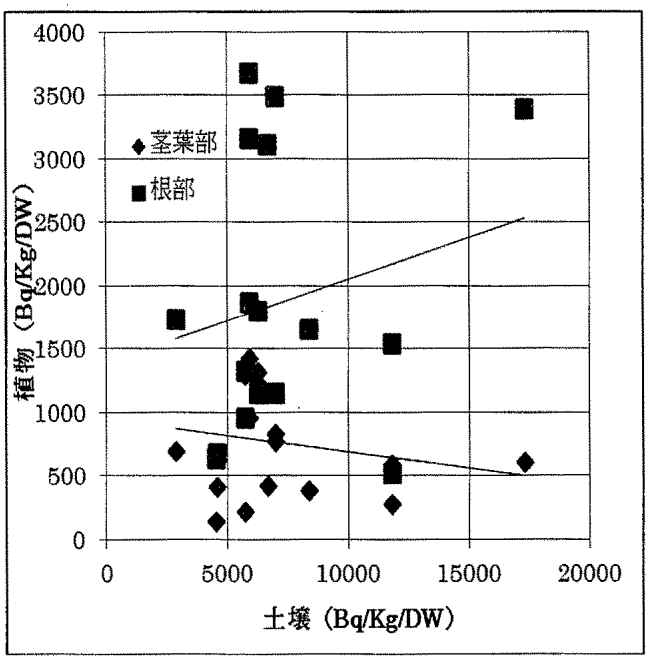
2013 年 4 月～9 月に福島県福島市、いわき市及び茨城県水戸市においてセイヨウタンポポ・ヒメオドリコソウ・カラスノエンドウ・クズの採集を行なった。植物は水洗後、茎葉部と根部に分離、60℃で 48 時間乾燥した。植物は細かく粉砕、U8 容器に充填後、ゲルマニウム半導体検出器で放射性セシウム（Cs-134、Cs-137）および放射性ヨウ素（I-131）の放射能濃度を測定した。土壌は深度 5cm まで採取、60℃乾燥後、NaI シンチレーションカウンターで測定を行った。

【結果と考察】

セイヨウタンポポ(28 産地)における放射性セシウム濃度は、茎葉部において Cs-134 が 16.9～1040Bq/kg、Cs-137 が 27.5～2310Bq/kg、根部において Cs-134 が 25.3～1670Bq/kg、Cs-137 が 44.7～3740Bq/kg であった。ヒメオドリコソウ(17 産地)では、茎葉部において Cs-134 が 82.9～636Bq/kg、Cs-137 が 140～1420Bq/kg、根部において Cs-134 が 237～1630Bq/kg、Cs-137 が 513～3670Bq/kg の範囲で検出された。カラスノエンドウ(14 産地)では、茎葉部において Cs-134 が N.D～84Bq/kg、Cs-137 が N.D～162Bq/kg、根部において Cs-134 が N.D～166Bq/kg、Cs-137 が N.D～326Bq/kg の範囲で検出された。植物と生育土壌との関係をみると、セイヨウタンポポでは、植物と土壌の放射性セシウム濃度に正の相関関係が見られたが、ヒメオドリコソウでは相関性は見られなかった(図)。セイヨウタンポポ及びヒメオドリコソウは、いずれの汚染環境においても植物体内への高濃度の放射性セシウム蓄積が観察され、ファイトレメディエーションに利用可能であることが示唆された。



セイヨウタンポポ



ヒメオドリコソウ

図　植物の Cs-137 濃度と生育土壌の Cs-137 濃度との関係

カテキン誘導体を用いた放射性セシウム除去技術の検討

G10056 黒 井 美 佳 （指導教員 梅村一之 教授）

【目的】 東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故により、福島県をはじめ東日本各地に広く放射性物質が飛散し、その影響が懸念され健康被害と共に、汚染瓦礫や焼却場等から排出され増え続けている高濃度の放射性物質を含む焼却灰の処理などが、大きな社会問題となっている。

本卒業研究では、環境中の放射性セシウム（^{134}Cs,^{137}Cs）の簡便な除去方法を探る目的で、昨年度に引き続き、ソックスレー抽出法による焼却灰中の放射性セシウム除去検討を進めると共に、カテキン由来吸着剤を用いた放射性セシウム除去技術について検討したので報告する。

【実験及び結果】

［1］焼却灰中の放射性セシウムの除去検討

焼却灰はいわき市内の焼却場およびいわき市南部清掃センターから提供頂き、水処理と同時に各種アルコールによる処理を検討した。実験は焼却灰 23.0g (2780Bq/kg) に対して蒸留水あるいはアルコール溶剤 150ml を用いてソックスレー抽出処理(Reflux-24 時間)を行い比較した。検討の結果、メタノールの様なアルコール溶剤でも一定量の除去効果が確認できた。(Table 1)

Table 1

Entry	溶剤	処理前 (Bq/kg) 134-Cs＋137-Cs	処理後 (Bq/kg) 134-Cs＋137-Cs	除去率 (%)
1	MeOH	2448	1385	43%
2	EtOH	2448	2054	16%
3	*i*-PrOH	2448	2045	17%
4	H_2O	2780	286	90%[a)]

a) H_2O 処理(Reflux-24 時間)では 94%除去；特許「焼却灰中の放射性セシウムの削減方法」特願 2012－248814 梅村一之ほか

［2］カテキン吸着剤の合成および放射性セシウムの除去検討

お茶等に含まれるカテキン(Fig. 1)から誘導される吸着剤がアルカリ金属イオンの中でも特にセシウムイオンのみを選択的に吸着することが佐賀大学・井上等により報告されている。そこで佐賀大学の報告に基づき緑茶抽出カテキン(カテキン含量：約 30%ほか、カフェイン、有機酸、植物繊維などを含有：いわき加水株式会社提供)を熱濃硫酸処理し、カテキン吸着剤を合成した後、水中の放射性セシウム除去検討を試みた。

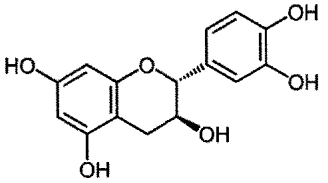


Fig. 1

実験は試料水(焼却灰から調製した放射性セシウム含有水)50ml に対して 5 g のカテキン吸着剤を加え、先ずはバッチ法(室温-攪拌)にて除去効果(いわき復興センター環境放射能測定室にて測定)を確認した。

検討の結果、有意な除去効果が確認されなかったことから、吸着剤の合成法、さらに吸着剤の使用条件を含めて検討中である。(Table 2)

Table 2

Entry	Time	処理前 (Bq/kg) 134-Cs＋137-Cs	処理後 (Bq/kg) 134-Cs＋137-Cs	除去率 (%)
1	24	1390	1261	3%
2	48	1390	1233	6%

学内の土壌における放射能汚染状況の経年変化

G10082 鈴木拓斗, G10118 増子貴亮 (指導教員 坂本直道 助教)

1. 序論

2011 年 3 月に起きた福島第一原子力発電所の事故による放射能物質の拡散が、現在も様々な問題を引き起こしている。その一つに土壌の放射能汚染がある。現在は、表土除去後の客土、天地返しや反転耕などによる空間放射線量の低減や、吸着剤による放射能物質の除去などの取り組みがされている。

本研究室では、原子力発電の事故以降、学内の土壌における放射能汚染状況を調査してきた。本研究では、汚染状況の経年変化の調査と、土壌の構造的特性と汚染状況の関係を明らかにすることを目的とする。

2. 実験内容

土壌の放射能汚染状況の経年変化を調査するために、昨年までと同様に、ビオトープ南側、地域交流館西側、体育館南側の土壌を採取し、それぞれの場所の空間放射線量を測定した。採取した土壌は、オーブンを使用して、70～80℃の温度で二日間乾燥させた。その後、乾燥させた土壌をふるいにかけ石礫や根茎を除去した。土壌の放射能濃度を測定には、食品放射能測定システム(AROKA CAN-OSP-NAI)を用いた。土壌は V11 容器に入れ、^{137}Cs と ^{134}Cs を 2000s の計測時間で測定した。

土壌の構造的特性を調べるために走査型電子顕微鏡(SEM)に備えられているエネルギー分散型 X 線分析(EDS)装置を用いて土壌の組成を調査した。また、ルーペを通して撮影した各土壌の写真を、画像処理ソフトウェア ImageJ を用いて画像解析を行い、土の粒径分布を計測した。

3. 結果および考察

2011 年から 2013 年における、土壌採取場所の空間放射線量と土壌放射能度の関係を図 1 に示す。図 1 より、空間放射線量および土壌の放射能濃度が、年を経るごとに、概して低下していることが読み取れる。また、年を経ても空間放射線量とともに土壌放射能濃度が増加する傾向に変化がないことが確認できた。

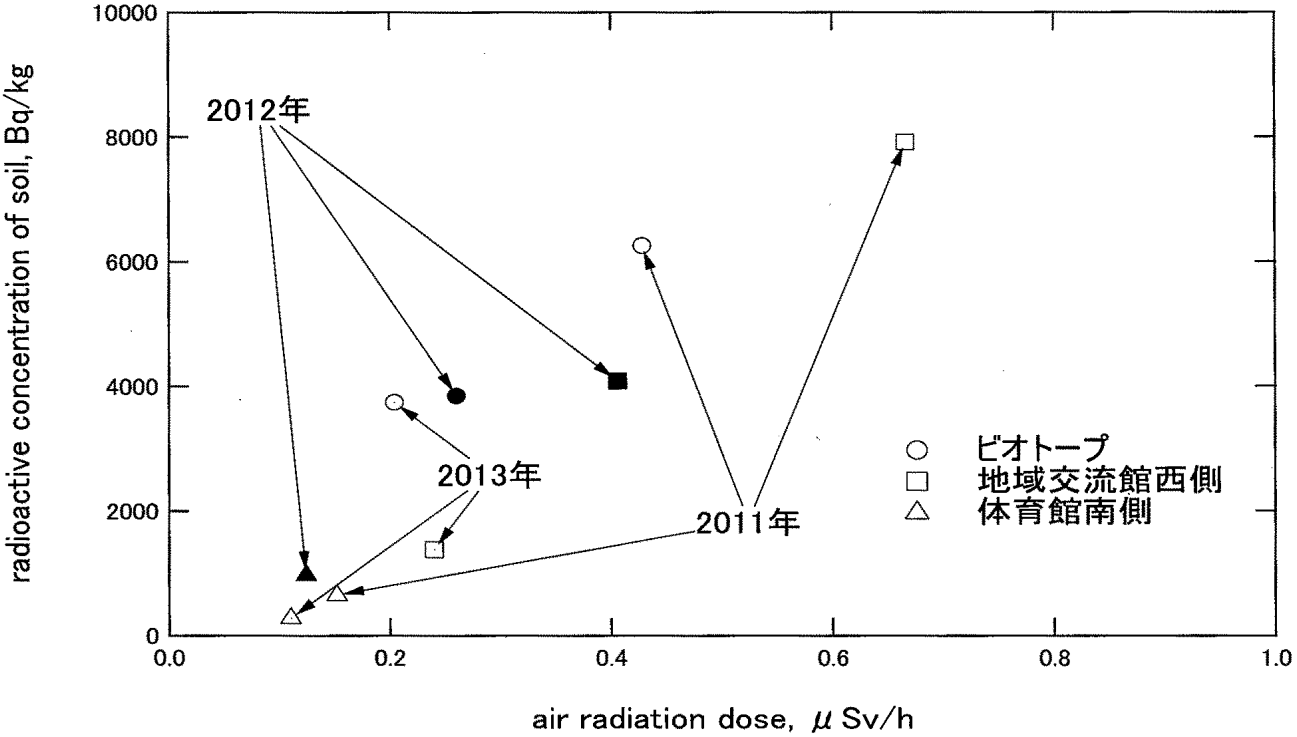


図 1. 空間放射線量と土壌放射能度の相関関係

次に、土壌の粒度分布と放射能濃度の関係を調査した。画像解析によって得られたビオトープにおける土壌の粒径分布の例を図 2 に示す。また、各土壌の平均粒径と土壌の放射能濃度を表 1 にまとめる。表 1 より、土壌の平均粒径と放射能濃度の間には、因果関係が見いだせなかった。

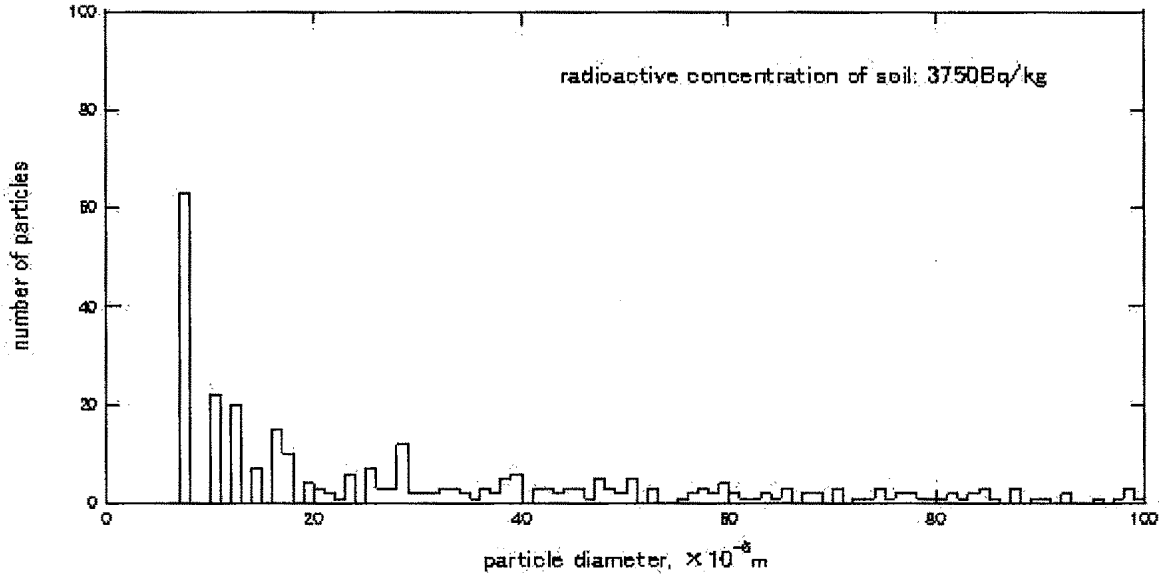


図 2. ビオトープ南側から採取した土壌の流刑分布

表 1. 平均粒径と土壌の放射能濃度

	ビオトープ	地域交流館西側	体育館南側
平均粒径, m	7.9×10^{-5}	2.3×10^{-5}	2.4×10^{-5}
土壌放射能濃度, Bq/kg	3750	1380	278

次に土壌の組成分析を行った。SEM-EDS の測定結果を表 2 にまとめる。表 2 より、放射能濃度が高く検出されたビオトープの土壌には、他の箇所に比べ SiO_2 が少なく、CaO が多く含まれていることが分かった。さらに、結晶構造を解析することで、詳細な土壌の構成要素を調査する必要がある。

表 2. 各土壌の化学組成

化学式	各土壌の化学組成, wt%		
	ビオトープ	地域交流館西側	体育館南側
C	16.80	23.34	9.31
Al_2O_3	8.01	9.20	14.19
SiO_2	26.68	43.34	50.02
CaO	27.53	4.88	5.45
FeO	16.38	10.41	10.00

4, まとめ

学内の土壌における放射能濃度は、経年にともない減少することが確認できた。本実験の範囲内では、土壌の平均粒径と放射能濃度の間に、因果関係がないことが明らかになった。土壌の化学組成によって放射能濃度が変化する可能性が示唆された。