






(1) エクセラン高等学校(長野県)

REHSE「高校生による環境安全とリスクに関する自主研究活動支援事業」

平成 28 年度 研究活動報告書 (概要)

研究課題名	「長野県の自然界に放射性 Cs はどのように存在するのかその環境リスクについて」 ～コケ・キノコ・植物を通して～			
研究分野	■化学物質(放射性 Cs) ■生物・バイオ ■環境 □その他			
研究チーム名	環境科学コース 2 年 (5 名)・3 年 (5 名) (エクセラン高等学校)			
研究メンバー	阿南智也 (3 年)	中村充孝 (3 年)	小松勇輝 (3 年)	
	濱光希 (2 年)	有賀葵理 (2 年)	中村優作 (2 年)	
指導教員名	竹内久代 (理科・環境)			
【活動概要】				
1) 出前講義	①日時：平成 28 年 9 月 16 日 (金) 9 時 40 分～12 時 10 分 場所：エクセラン高校 理科室 講義題目：「植物はなぜ毒を貯めるのか ～コシアブラの場合～」 講師：玉置雅紀先生 (国立環境研究所福島支部) ・コシアブラは Mn を好んで吸収蓄積するハイパーアキュムレーターである。 ・コシアブラの Cs 吸収蓄積量は高い。しかし Cs と Mn の吸収蓄積に関する挙動は異なる。(相関関係がない) *9 月 25 日に行う JST ポスター発表を玉置先生や JCF スタッフの方に聞いていただき、助言をいただいた。			 
	②日時：平成 28 年 9 月 26 日 (月) 13 時～15 時 場所：エクセラン高校 理科室 講義題目：「植物はなぜ毒を貯めるのか～コケの場合～」 講師：井藤賀操先生 (理化学研究所) ・コケは Au を細胞内まで 吸収 するが、その後細胞は死滅する。 ・コケは Pb を細胞壁成分に 吸着 させるが、細胞内までは吸収しない。 ・コケは Cs を吸収も吸着もしない。表面に 付着 させているのではないか。			 team めとばの創設者三輪先生 (信大名誉教授) 同席
2) 見学・調査等	①日時：平成 27 年 5 月 9 日 9 月 11 日 10 月 15 日 放課後 場所：日本チェルノブイリ連帯基金事務局 (team めとば) 見学の目的：長野県各地のコケ、土などの放射線量を測定してもらうために検体を届け結果を説明していただく目的 * team めとばでの Cs 測定法 NaI シンチレーション検出器			
	②日時：平成 28 年 4 月～5 月の 3 日間 場所：長野県軽井沢、佐久穂町、山ノ内町、伊那 内容：植物採集 (コシアブラと同じ場所に生えている植物の採取) 右写真・次 P 写真は軽井沢町と山ノ内町でのコシアブラなどの採取林 ○はコシアブラの木			

	<p>③日時：平成 28 年 10 月～11 月の 2 日間 場所：長野県軽井沢町 内容：コケ採取、春の採取と同じコシアブラと隣に生えている樹木の葉茎採取・季節での Cs 蓄積の比較</p>	
<p>3) 研究成果発表</p>	<p>④日時：平成 28 年 11 月の 3 日間 場所：松本市里山辺薄川 内容：コケを流水で洗う→測定比較</p>	
<p>4) その他の活動</p>	<p>①日時：平成 28 年 9 月 25 日（日） 11 時～12 時 13 時～14 時 発表の場：J S T 研究発表会 発表題目：「長野県での山菜・キノコに見える放射性物質の影響」 発表形態：□口頭発表 ■ポスター発表 発表者名：阿南智也（3 年）、中村充孝（3 年）</p>	
<p>4) その他の活動</p>	<p>②日時：平成 28 年 11 月 5 日（日） 11 時～12 時 13 時～15 時 発表の場：愛知工業大学サイエンス大賞報告会 発表題目：「長野県で山菜キノコから放射性 Cs が検出される理由」 発表形態：■口頭 ■ポスター □その他（ ） 発表者名：阿南智也（3 年）、中村充孝（3 年）</p>	
<p>4) その他の活動</p>	<p>③日時：平成 28 年 12 月 10 日（土） 発表の場：長野県生徒研究発表会 発表題目：「長野県の里山で生じている問題 Part2（の 1 部）」 発表形態：■口頭 □ポスター □その他（ ） 発表者名：小松勇輝（3 年）、中村充孝（3 年）</p>	
	<p>④日時：平成 28 年 12 月 23 日（金） 10:30～12:00 発表の場：長野県サイエンスキャンプ 発表題目：「長野県で山菜キノコから放射性 Cs が検出される理由 2」 発表形態：■口頭 □ポスター □その他（ ） 発表者名：阿南智也（3 年）、中村充孝（3 年）</p>	
	<p>①公開講座開催：「放射線を科学する」放射線を題材に交流 日時：平成 28 年 6 月 18 日（土）場所：エクセラン高校 理科室 公開講座開催：「放射線を科学する」 内容：松本大学大学生（杉山教授）と team めとば（信州大学院生）とエクセラン高校生が一同に介して研究報告を行い、放射性 Cs の動きについて議論し合う</p>	
	<p>②トンゲリプロジェクトへの参加 （薄川のクズ蔓を福島県三春町中妻小学校に秋の素材を送付） 福島県の小学生の中に秋の野山で自由に遊べない子どもがいるとの情報から 4 年前からクズのツルや松ぼっくりを送付している。 1 1 月送付したところ、1 月に中妻小学校 1・2 年生から「素敵なクリスマスのリースを作った」というお礼の手紙が届いた。出られる野外範囲が広がったが児童数が激減しているという情報もいただいた</p>	
	<p>③講演会への参加（予定） 日時：平成 29 年 2 月 11 日 場所：松本市 M ウイング 講師：河田昌東さん 内容：菜種やエゴマへの Cs 蓄積</p>	

5)	「長野県で山菜・キノコから放射性セシウムが検出される理由」(愛知工業大学) A I Tサイエンス大賞自然科学研究部門奨励賞(平成28年11月5日)																																																																																								
6) 他 の 助 成	① J S T 研究助成 「長野県の里山で生じている問題」の第3部として「山菜キノコからCsが検出されるわけ」3万 ② 長野県科学教育研究助成 「長野県内での放射線の影響について ～植物(コケや山菜)やキノコに検出される放射性Csについて～」 6万																																																																																								
7) 研 究 課 題 を 選 ん だ 理 由	【本研究課題を選んだ理由や、その背景】 2011年3月11日の福島第一原発事故以降、エクセラン高校環境科学コースでは新聞記事やアンケート調査を通して事故の影響(特に放射性物質の影響)を継続して整理してきた。5年半経過した現在人々の意識は低下してきているが長野県でもまだ山菜やキノコ、野生肉そして焼却灰から放射性Csが検出されている。 昨年土壌中のCs蓄積層や放射線を可視化することや食物連鎖を考えたときに山菜やキノコや野生動物の肉にCsが検出されやすいこと、そして検出されるCs(Cs137とCs134)の半減期に注目することで福島原発事故以前からの放射性物質がある可能性を考察することができた。 今年度は特に長野県内でCsが検出されるデータが多い「コシアブラ」とH27年の本校調査で高いCs値が検出された「コケ」に注目し、それぞれが他の植物よりCsを吸収蓄積しやすいのか、またその特性理由について研究を進めることにした。																																																																																								
8) 成 果 概 要	【本研究活動で得られた成果】 1 コシアブラ(山菜)は他の植物より放射性Csを吸収・蓄積しやすいのか <検証①>現地調査①から 同じ場所に生えているコシアブラと他の植物を同時に採取して、放射性Csを測定し比較する。 →検体(コシアブラとその隣の樹木および草本、シダ植物、コケ)の採取 測定結果: コケ > コシアブラ > 隣の樹木(リョウブ、山桜) > その下の草本、シダ植物 コシアブラと同じ場所の植物(コケを除く)の3倍以上のCsが検出される。 表1 5月軽井沢・山ノ内町のコシアブラと他の植物のCs検出値比較(単位 Bq/kg) <table border="1" data-bbox="228 1332 1433 1563"> <thead> <tr> <th></th> <th></th> <th>Cs137</th> <th>Cs134</th> <th>合計</th> <th></th> <th></th> <th>Cs137</th> <th>Cs134</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">軽井沢</td> <td>コシアブラ</td> <td>181</td> <td>36.9</td> <td>217</td> <td rowspan="5">下高井 山之内</td> <td>コシアブラ</td> <td>15</td> <td>N.D.</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>リョウブ</td> <td>52.6</td> <td>12.3</td> <td>64.9</td> <td>山桜</td> <td>N.D.</td> <td>N.D.</td> <td>N.D.</td> </tr> <tr> <td>フキ</td> <td>26.8</td> <td>4.9</td> <td>31.7</td> <td>フキ</td> <td>N.D.</td> <td>N.D.</td> <td>N.D.</td> </tr> <tr> <td>ワラビ</td> <td>24.4</td> <td>N.D.</td> <td>24.4</td> <td>ワラビ</td> <td>4.9</td> <td>N.D.</td> <td>4.9</td> </tr> <tr> <td>コケ</td> <td>1560</td> <td>331</td> <td>1890</td> <td>コケ</td> <td>1590</td> <td>323</td> <td>1910</td> </tr> </tbody> </table> <検証②> コケはCs減少なぜ? コシアブラはCs増加=蓄積 秋10月に、春5月に採取測定した同じコシアブラと、他の植物を同時に採取して、春と秋の放射性Csを測定し比較する。季節を経るとCs値が増加→蓄積している。(研究者の研究からも) →検体(コシアブラ:春採取した検体と同じとその隣の樹木:春に採取した検体と同じ)の採取 測定結果: ①春の測定結果と同様 コシアブラ > 隣の樹木(リョウブ、山桜) ②春のコシアブラCs < 秋のコシアブラCs ③春のリョウブCs < 秋のリョウブCs ③コケに関しては、春と秋ではCs値が減少した。 表2 10月軽井沢・山ノ内町のコシアブラと他の植物のCs検出値比較(単位 Bq/kg) <table border="1" data-bbox="228 1955 1433 2107"> <thead> <tr> <th></th> <th></th> <th>Cs137</th> <th>Cs134</th> <th>合計</th> <th></th> <th></th> <th>Cs137</th> <th>Cs134</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">軽井沢</td> <td>コシアブラ</td> <td>373</td> <td>66.6</td> <td>439</td> <td rowspan="3">下高井 山之内</td> <td>コシアブラ</td> <td>55</td> <td>12.6</td> <td>67.6</td> </tr> <tr> <td>リョウブ</td> <td>125</td> <td>21.6</td> <td>147</td> <td>ヤマザクラ</td> <td>15.3</td> <td>N.D.</td> <td>15.3</td> </tr> <tr> <td>コケ</td> <td>821</td> <td>150</td> <td>971</td> <td>コケ</td> <td>1243</td> <td>298</td> <td>1243</td> </tr> </tbody> </table>			Cs137	Cs134	合計			Cs137	Cs134	合計	軽井沢	コシアブラ	181	36.9	217	下高井 山之内	コシアブラ	15	N.D.	15	リョウブ	52.6	12.3	64.9	山桜	N.D.	N.D.	N.D.	フキ	26.8	4.9	31.7	フキ	N.D.	N.D.	N.D.	ワラビ	24.4	N.D.	24.4	ワラビ	4.9	N.D.	4.9	コケ	1560	331	1890	コケ	1590	323	1910			Cs137	Cs134	合計			Cs137	Cs134	合計	軽井沢	コシアブラ	373	66.6	439	下高井 山之内	コシアブラ	55	12.6	67.6	リョウブ	125	21.6	147	ヤマザクラ	15.3	N.D.	15.3	コケ	821	150	971	コケ	1243	298	1243
		Cs137	Cs134	合計			Cs137	Cs134	合計																																																																																
軽井沢	コシアブラ	181	36.9	217	下高井 山之内	コシアブラ	15	N.D.	15																																																																																
	リョウブ	52.6	12.3	64.9		山桜	N.D.	N.D.	N.D.																																																																																
	フキ	26.8	4.9	31.7		フキ	N.D.	N.D.	N.D.																																																																																
	ワラビ	24.4	N.D.	24.4		ワラビ	4.9	N.D.	4.9																																																																																
	コケ	1560	331	1890		コケ	1590	323	1910																																																																																
		Cs137	Cs134	合計			Cs137	Cs134	合計																																																																																
軽井沢	コシアブラ	373	66.6	439	下高井 山之内	コシアブラ	55	12.6	67.6																																																																																
	リョウブ	125	21.6	147		ヤマザクラ	15.3	N.D.	15.3																																																																																
	コケ	821	150	971		コケ	1243	298	1243																																																																																

<検証③>講座から

コシアブラは重金属を蓄積しやすいハイパーアキュミレーターの1種であることから、Csも重金属と同じ仕組みで吸収蓄積しやすいのではないかという仮説を立てて、講義をお聞きした。

→「コシアブラがMnなどの重金属を吸収しやすいことは事実であるが、CsはK吸収蓄積と同じ挙動であるが、Mnなどとはインポーターが異なる」という実験結果をお聞きした。しかしコシアブラが他の木本や草本より高いCs値を示すことは分かっており、ポプラでその吸収経路の研究が進んでいるとの事をお聞きした。

2 コケは他の植物より放射性Csを吸収蓄積しやすいのか。

<検証①>現地調査から

詳細は様式5に記載。

<検証②>講座から

コケがCdやPbを吸収する性質を利用して、汚染物質の除去の研究をされている先生に講師をお願いして話をお聞きした。

→CdやPbはコケの細胞壁と細胞膜の間に吸着される。(これは吸収ではないということ)

Auは細胞内に吸収される(細胞は死滅していく)

Csはこれらの金属とは異なり、吸着や吸収はされない。

しかし高い数値が検出される。表面に付着しているのではないか。(物理的にくっついている)

<検証③>現地調査及び実験から

同じ場所で採取したコケを水で洗い流して測定結果を比較する。

→①表1表2から、5月10月のCs値比較からコケは減少している。すなわち蓄積していない。

②洗わない場合>1日洗った場合>3日洗った場合 表面についていた可能性が大きい。

表3 コケを洗った場合と洗わない場合のCs値比較(単位Bq/kg)

	ヤマゴケA			ヤマゴケB		
	Cs137	Cs134	合計	Cs137	Cs134	合計
洗わず	821	15.0	971	556	97.6	654
1日浸水	303	54.4	358	385	70.5	456
3日浸水	270	48.6	318	324	56.6	381

【今後の展開、課題】

① コシアブラの樹木部分へのCs蓄積量についての調査

② コシアブラの落葉とその部分の土壌のCs量について

→生態系内でのCs循環を考える

③ コケの下の土壌のCs測定とコケの表面のどの部分にCsが付着するのかそしてどのようにして離れていくのか(ラジアルトープで観察が可能かどうかなども含めて)

→生態系内でのコケの役割について考える

【本活動を通じて活動に参加したメンバーが学んだこと】

昨年は概念的な生態系内のCsの動きを把握したが、今年は具体的な数値(①軽井沢と山ノ内町と同じ林内からの植物採種とその比較、②春と秋の季節変化)をもとに、結果を出し考察することができた。コシアブラがハイパーアキュミレーターであるという研究(玉置先生)やコケを利用して有害物質の除去活動をされている研究(井藤賀先生)を知り、H27年の研究と結びつけながら仮説を立てることができたが、科学研究は簡単なものではなく、トランスポーターの存在や吸収と付着の違いなど大きな壁にぶつかった。しかしその中で「付着しているなら洗ったらCsは減少するのではないか」という新しい仮説を立てて実験を実施できた。結論を出すにはまだまだ情報が少なく生物や化学など基礎的知識が不足しているが、多くの研究者の先生やJCFスタッフの方々から助言をいただき、仮説を立てて自分たちの数値や研究者の先生の今までの研究結果から楽しく研究を進められた。

*本来「放射性Cs」と記述すべきところ、今回は「Cs」と省略記述いたしました。