

## 研究成果報告書 (1)

研究課題名	吸着剤を利用したノロウイルス低減化に関する研究
担 当	保健科学部 上席専門研究員 高橋知子、主査専門研究員 高橋雅輝、 衛生科学部 上席専門研究員 佐々木陽、保健科学部部長 齋藤幸一
1 目的	<p>これまで我々はノロウイルス (以下、NV) の低減化を目標に、表面電荷を「正」に変えた炭化物を作り、蒸留水を溶媒とした NV の吸着実験で、高い吸着特性を確認した。本研究では感染性胃腸炎患者が増加する 10～2 月の下水処理施設放流水 (以下、放流水) を用いて、同様の吸着実験を行い、溶媒の違いによる NV の吸着特性の変化について検討した。</p>
2 方法	<p>2-1 材料</p> <p>2-1-1 放流水</p> <p>予め、NV コピー数を確認した放流水 (10～2 月採水) と、これを 0.45 <math>\mu\text{m}</math> メンブランフィルターでろ過したもの各々に、NV コピー数既知の NV 患者糞便乳剤を加えて、約 <math>10^6</math> コピー/ml に調整した。(以下、NV 放流水)</p> <p>2-1-2 炭化物</p> <p>炭化物材料は、中国大連産のコーンコブ (CC; トウモロコシ芯)、コーンストーク (CS; トウモロコシ茎) と、比較として岩手県産ナラ (N) および市販活性炭 (S) を使用した。これらの炭化物材料をマッフル炉内において、窒素気流下、昇温速度 6.7 <math>^{\circ}\text{C}/\text{min}</math> で 800、1000<math>^{\circ}\text{C}</math> の温度条件で炭化を行い、所定温度に達してから 30 min 温度を維持し、その後炉内で自然放冷した。</p> <p>2-2 鉄前処理</p> <p>炭化物表面の電荷を「正」にするために炭化物の原料を 0.05M <math>\text{FeSO}_4</math> 水溶液 50 mL に入れ前処理をし、その後、上法で炭化を行なった。</p> <p>2-3 炭化物の分析</p> <p>得られた炭化物について、比表面積、細孔分布およびゼータ電位を測定した。</p> <p>2-4 吸着実験</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) NV 放流水 10ml を入れた 15ml 遠沈管に、各炭化物 50mg を添加し、水平振とう (70 回/min) することで炭化物への吸着実験を行なった。</li><li>2) 120 分の振とう後、12,000rpm、20 分間遠心分離し、上清について QIAamp Viral RNA Mini キット (QIAGEN) を用いて RNA 抽出を行なった。</li><li>3) RNA 抽出後、PrimeScript RT-Reagent Kit (TAKARA) を用いて cDNA を作成し、リアルタイム PCR 法で溶液中のコピー数を決定し、コピー数の変化を LRV (Log Reduction Value) で評価した。</li></ol>
3 結果および考察(表 1)	<p>鉄処理を行った炭化物の比表面積は、炭化温度が高い方が大きく、特にコーンストークの 1000<math>^{\circ}\text{C}</math>においてその傾向は顕著にみられた。炭化物の表面電荷は、鉄で処理していない炭化物では負の値を示していたが、鉄で前処理した炭化物では正の電荷を有していることを確認した。また、ナラ材と比較して、コーンストーク表面のゼータ電位はさらに大きな正の値を示した。</p> <p>蒸留水を用いた場合に比較して、放流水を用いた場合の吸着効果は減少したが、表面電荷を正にした炭化物には NV を吸着する特性があることが分かった。また、放流水をフィルターろ過することによる吸着効果の変化は認められなかった。このことから、炭化物による NV の吸着特性は、放流水中の SS や微生物による影響を</p>

あまり受けないと考えられる。10月放流水を用いた吸着実験では、炭化温度800℃、1000℃のコーンコブおよび炭化温度1000℃のコーンストークの正電荷炭化物でNVに対する吸着効果を認めた。また、炭化温度1000℃の負電荷炭化物のコーンストークでも吸着効果を認めた。11月以降の放流水では、炭化温度1000℃の正電荷のCS、CCおよび負電荷のCSで吸着効果が高かったが10月放流水に比較して吸着効果は減少した。これは、11月以降の放流水の水質悪化や、NV以外の下痢症ウイルスの存在等の要因が影響した可能性が考えられる。炭化物の種類による吸着効果の違いについては、たとえば、炭化温度1000℃の正電荷のコーンストークの比表面積が、他の正電荷炭化物と比較して大きいことや、正電荷のナラより正電荷のコーンストークのゼータ電位が高いことなどから説明ができる。また、炭化温度1000℃の負電荷のコーンストークの吸着特性は、物理吸着によるものと考えられる。

#### 4 今後の研究方向等

放流水中のNVを正電荷炭化物で処理した結果、吸着量は、蒸留水使用の場合より低くなった。また、放流水による吸着特性の違いも見られた。このことから、放流水中に含まれる物質やNV以外の下痢症ウイルス等の影響を考慮したNVの浄化機構をさらに検討する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 特願 2011-201592「吸着剤及びウイルスの吸着方法」
- 2) 高橋知子他：高機能性炭化物を用いたノロウイルスの吸着特性第45回水環境学会年会講演集, 436, 2011

表1 各炭化物におけるノロウイルスコピー数の変化 (LRV<sup>\*\*\*</sup>)

※炭化物種類	蒸留水	下水放流水(振とう時間:120分後)									
		10月		11月		12月		1月		2月	
		Filter処理	処理なし	Filter処理	処理なし	Filter処理	処理なし	Filter処理	処理なし	Filter処理	処理なし
CS(O)800	+++	-	+++	-	+	-	-	-	-	-	-
CC(O)800	+++	+++	+++	-	-	-	-	+	+	+	+
N(O)800	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CS(O)1000	+++	+++	+++	+	+	+++	+++	++	++	++	++
CC(O)1000	+++	+++	+++	+++	++	-	+	++	+	++	++
N(O)1000	+++	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
CS(▼)800	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CC(▼)800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N(▼)800	-	+++	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CS(▼)1000	+++	+++	+++	+++	++	-	-	-	-	-	-
CC(▼)1000	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+
N(▼)1000	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-

※炭化物種類:原料/(○:正電荷, ▼:負電荷)/炭化温度

※※LRV=Log<sub>10</sub>(C<sub>0</sub>/C) C<sub>0</sub>:初期コピー数, C:振とう後コピー数

LRVが、2未満:-, 2以上3未満:+, 3以上4未満:++, 4以上5未満:+++

研究成果報告書 (2)

研究課題名	腸管出血性大腸菌による健康被害発生時における疫学的解析手法の検討に関する研究
担 当	保健科学部 主査専門研究員 高橋雅輝

1 目的

- (1) ヒトおよびウシから分離された腸管出血性大腸菌 (EHEC) O26 を用いた MLVA システムの構築
- (2) EHEC O157 及び O26 MLVA システムによる遺伝子型別のルーチン化 (広域散在発生早期探知の試み)
- (3) 食中毒・感染症発生時の疫学調査における MLVA の利用

2 方法

- (1) O26 MLVA システム構築には O26 270 株を用いた。Izumiya らのプライマーセットから 7 セットを選択し、従来法である PFGE と型別能を比較検討した。プライマーセットの評価には、多型度指標 (Polymorphism Index または Diversity =  $1 - \sum (\text{アリル出現頻度})^2$ ) を用いた。MLVA と PFGE の型別能については、2011 年に分離された 72 株についてそれぞれの樹形図を比較することにより評価した。
- (2) MLVA 遺伝子型別のルーチン化の検討には O157 182 株及び O26 271 株を用いた。このうち 2011 年度の菌株については分離または入手から速やかに検査に供し、MLVA プロファイルのデータベースを随時更新しながら広域散在発生の早期探知を試みた。
- (3) 保健所からの依頼により、管轄の異なる 2 家族が同時期に発症し、それぞれ食品 (食肉) の入手先が同一系列の店舗であったことから広域散在発生が疑われた EHEC O26 食中毒疑いの 2 事例 (5 株及び 3 株の計 8 株) について解析した。

3 結果

- (1) Izumiya らの 7 プライマーセットは、これまでに報告されているものに比較し最も優れており、それぞれのプライマーセットにおける多型度指標は、EHC-1 : 0.8060、EHC-2 : 0.9225、EHC-5 : 0.4455、O157-9 : 0.7911、EHC-6 : 0.4773、O157-37 : 0.3081 及び EH26-7 : 0.4644 であった (図 1)。樹形図比較において MLVA 及び PFGE のクラスターはほぼ一致したことから型別能は同等であると考えられた (図 2、MLVA による樹形図のみ)。

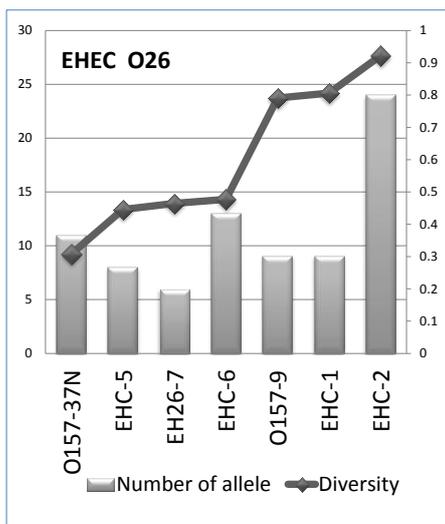


図 1. アリル数(Allèle)と多型度指標(Diversity)

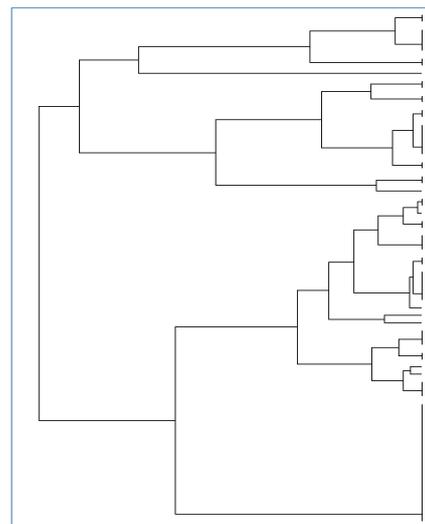


図 2. 2011 年に分離された EHEC O26 72 株の MLVA 樹形図

- (2) 2010年以前に分離された株の解析を進め、EHEC O26 MLVA システムの構築に成功した。2011年に分離された株の即時検査及び解析を行ったところ、明らかな広域散在発生を示唆する事例は認められなかった。
- (3) 2つの事例の MLVA プロファイルは異なっており、同一菌株による発生は否定された。PFGE 解析でも同様の結果であった (図 3)。なお、MLVA システムによる解析所要時間は 8 時間であり、保健所へのフィードバックを迅速に行うことが可能であった。

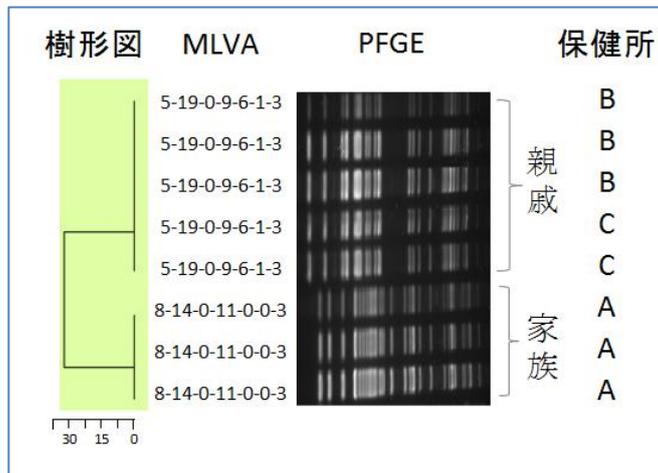


図 3. 広域散在発生が疑われた事例における MLVA および PFGE 解析結果

- (4) 本研究では EHEC O26 MLVA システムを構築し、広域散在発生の早期探知ならびに食中毒・感染症発生時の疫学調査に利用することが目的であった。今回得られた結果から、MLVA システムは迅速スクリーニングとして最適であると思われた。

#### 4 今後の研究方向等

- EHEC O157 及び O26 について MLVA システムによるルーチン解析を継続する。
- 広域散在発生の早期探知や感染症・食中毒発生時の疫学調査に利用し、保健所へのフィードバックを推進する。
- 他の血清群 (O103、O111 など) の MLVA システムを検討する。

### 研究成果報告書 (3)

研究課題名	病原微生物の分子疫学指標のデータベース化に関する研究
担 当	保健科学部 上席専門研究員 岩淵香織
<p><b>1 目的</b></p> <p>実態が不明な散発のサルモネラ症患者から分離されるサルモネラと、発生件数も少なく臨床での分離培養検査がほとんど行われていないレジオネラの二つの病原体について、県内の臨床検査機関と連携し菌株を収集し、その結果をデータベース化するため性状解析を実施した。また、サルモネラについては、食肉衛生検査所で食鳥処理施設のふき取りから分離された菌株と、食品等を検査している検査施設で分離した菌株について散発事例との比較のため解析を行った。</p> <p><b>2 方法</b></p> <p>(1) 平成 23 年に県内の 4 ヶ所の臨床検査機関から提供されたサルモネラ 45 株 (人由来株) および食鳥処理施設および 1 ヶ所の検査施設から分離されたサルモネラ 10 株 (食品由来株) のサルモネラの菌株について血清型別試験、KB 法による薬剤感受性試験 (11 薬剤) および PFGE による遺伝子検査を実施した。</p> <p>(2) レジオネラは 1 ヶ所の臨床検査機関から提供された 5 株と、当センターで臨床検体から分離した 3 株について血清型別試験を実施した。さらに、遺伝子型別 SBT (Sequence-based typing) 検査は国立感染症研究所に依頼し実施した。</p> <p><b>3 結果</b></p> <p>(1) ・人由来株 45 株は、42 株は 17 の血清型に分類され、3 株は型別不能であった (表 1)。血清型は多い順に、<i>Salmonella</i> Enteritidis が 8 株、<i>S. Typhimurium</i> が 7 株、<i>S. Infantis</i>、<i>S. Saintpaul</i> および <i>S. Rissen</i> が各 3 株であった。なお、<i>S. Schwarzengrund</i> は 6 株分離されたが、ひとりの患者から分離されたものであった。また、昨年度、平成 18 年以来初めて検出された <i>S. Rissen</i> は分離数は少いが平成 23 年も検出された。薬剤感受性試験は、全ての薬剤に感受性または中間であったのが 31 株、1 剤に耐性が 2 株、2 剤に耐性が 7 株、3 剤に耐性が 5 株であった。<i>S. Typhimurium</i> については追加の 4 剤の薬剤感受性試験とファージタイプ DT104 を標的とした PCR を実施し、2 株が DT104 と推定された。</p> <p>・食品由来株 10 株は、<i>S. Infantis</i> が 5 株、<i>S. Typhimurium</i> が 3 株、<i>S. Tompson</i>、<i>S. Abony</i> が各 1 株であった。薬剤感受性試験は、供試した全ての薬剤に感受性または中間であったのが 4 株、1 剤に耐性が 3 株、2 剤に耐性が 2 株、3 剤に耐性が 1 株であった。</p> <p>・PFGE では、<i>S. Infantis</i> で人由来の 1 株と食品由来の 1 株が同じパターンであった。</p> <p>(2) レジオネラ 8 株のうち、東日本大震災で被災し溺水した患者 1 例から分離された 4 株は全て異なり、<i>Legionella pneumophila</i> 血清群 1、<i>L. pneumophila</i> 血清群 6、<i>L. pneumophila</i> 血清群 9 および <i>L. pneumophila</i> 血清群不明に分類された。残りの 4 株はすべて <i>L. pneumophila</i> 血清群 1 であった。</p> <p>また、SBT 法による遺伝子型は 7 つに型別された。(表 2)</p> <p><b>4 今後の研究方向等</b></p> <p>(1) 県内での分離されたサルモネラは、多彩な血清型が分離されているが、これまで多くの食中毒事例の原因となっている <i>S. Enteritidis</i>、<i>S. Typhimurium</i> は多く検出されている。また、<i>S. Rissen</i> は、国内での分離例はまれであるにもかかわらず 2 年連続して検出され、県内に潜在的に広がっていると推定された。さらに、人由来株と食品由来株の PFGE のパターンが一致する株があり、食品が原因とする散発的広域事例が発生している可能性が推定されることから、引き続きサルモネラの動向を監視する必要があると考えられる。</p> <p>(2) サルモネラおよびレジオネラの菌株を提供する機関を増やす等、臨床検査機関との連携を図る。</p> <p>(3) 結核菌について、VNTR のデータベース化を図る。</p>	

表1 県内で分離されたサルモネラの血清型

	分離株数						合計
	平成18年	平成19年	平成20年	平成21年	平成22年	平成23年	
S. Enteritidis	7	13	5	7	8	8	48
S. Typhimurium	14	9	9	12	15	7	66
S. Infantis	2	6	3	3	11	3	28
S. Agona	4	2	6	1	5		18
S. Saintpaul	1	5	6	1		3	16
S. Rissen					12	3	15
S. Thompson	3	3	1	3	5		15
S. Virchow	2	3	1		1		7
S. Paratyphi B				2	1	2	5
S. Newport	1		2		2	2	7
S. Brandenburg	1					2	3
S. Litchfield	2				3	1	6
S. Narashino		1			1	1	3
S. Nagoya	1			1		1	3
S. Bovismorbificans	1					1	2
S. Schleissheim						1	1
S. Schwarzengrund						6	6
S. Singapore					5		5
S. Hadar	2	1	1	1			5
S. Montevideo		1		1	2		4
S. Mbandaka		2			2		4
S. Derby	2				1		3
S. Stanley	2			1			3
S. Braenderup	1	2					3
S. Bareilly	1			1	1		3
S. Mikawasim					2		2
S. Muenchen				1	1		2
S. Weltevreden		1	1				2
S. Bardo	1	1					2
S. Livingstone					1		1
S. Chailey					1		1
S. Reading				1			1
S. Cerro				1			1
S. Haifa		1					1
S. Istanbul	1						1
S. Othmarschen	1						1
S. Javiana	1						1
S. Anatum	1						1
S. IIIa					1	1	2
型別不能(O4:i:-)	5	1	1	1		2	10
型別不能(その他)	2	1	2	0	1	1	7
合計	59	53	38	38	82	45	315

表2 臨床検体から分離されたレジオネラ一覧(岩手県 平成18~23年)

検出年月	菌株No.	種名	血清型	ST	届出保健所	感染源・感染経路	
1	2006.11	<i>L.pneumophila</i>	SG1		県央	浴槽水	
2	2008.7	20080001	<i>L.pneumophila</i>	SG2	354	盛岡市	入浴施設
3	2008.8	20080002	<i>L.pneumophila</i>	SG1	224	二戸	不明
4	2008.8	20080003	<i>L.pneumophila</i>	SG1	132	盛岡市	内装面の埃
5	2008.9	20080004	<i>L.pneumophila</i>	SG1	138	盛岡市	温泉
6	2009.7	1005	<i>L.pneumophila</i>	SG1	129	盛岡市	温泉
7	2009.8	1006	<i>L.pneumophila</i>	SG1	288	盛岡市	不明
8	2010.1	1001	<i>L.pneumophila</i>	SG1	850	盛岡市	温泉
9	2010.1	1001-II	<i>L.pneumophila</i>	SG1	850		
10	2010.2	1003	<i>L.pneumophila</i>	SG1	120	盛岡市	温泉(岐阜県)
11	2010.2	1002	<i>L.pneumophila</i>	SG15	392	盛岡市	温泉入浴施設
12	2010.3	1004	<i>L.pneumophila</i>	SG2	39	奥州	温泉
13	2011.1	551101	<i>L.pneumophila</i>	SG1	23	盛岡市	銭湯
14	2011.3	551102	<i>L.pneumophila</i>	SG1	1135	盛岡市	不明
15		551103	<i>L.pneumophila</i>	SG9	1136		
16		551104	<i>L.pneumophila</i>	SGUT	1136		
17	2011.3	551105	<i>L.pneumophila</i>	SG6	68	盛岡市	東日本大震災時の津波による溺水
18		551106	<i>L.pneumophila</i>	SG1	1139		
19	2011.5	551107	<i>L.pneumophila</i>	SG1	138	宮古	浴槽水:旅館に宿泊し仮設住宅建設に従事
20	2011.11	551108	<i>L.pneumophila</i>	SG1	62	中部	浴槽水

研究成果報告書 (4)

研究課題名	食品中の有害化学物質等に関する研究
担 当	衛生科学部 上席専門研究員 高橋悟

1 目的

農薬などの種々の化学物質による食品の汚染、さらに人に対する暴露や、それに伴う健康影響に関する県民の不安が高まっているため、食品中に含まれる有害化学物質の迅速分析法を確立しておく必要がある。H23年度は食中毒事例が多い植物やキノコの毒成分である 17 化合物の分析に取り組み、LC/MS/MS による迅速簡易分析法について検討した。また、EU等で実施されている下痢性貝毒の LC/MS/MS 分析についても検討した。

2 方法

(1) 検討項目：植物毒 13 化合物（アコニチン、ジェサコニチン、ヒパコニチン、メサコニチン、ガラタミン、ガラタミノン、アトロピン、スコポラミン、コルヒチン、デメコルシン、リコリン、 $\alpha$ -ソラニン、 $\alpha$ -チャコニン）、キノコ毒 4 化合物（イルジジン S、 $\alpha$ -アマニチン、 $\beta$ -アマニチン、ファロイジン）、下痢性貝毒 7 化合物（オカダ酸、ジノフィシストキシン 1、ジノフィシストキシン 3、ペクテノトキシン-1、ペクテノトキシン-2、ペクテノトキシン-6、エツトキシシン）

(2) LC/MS/MS 条件

植物毒および下痢性貝毒の測定条件を表 1 に示した。

表 1 LC/MS/MS の測定条件

測定対象	カラム	移動相	mode	Q1	Q3	(化合物)
植物毒 きのこ毒	Scherzo SM-C18 2.0*150mm(3 $\mu$ m)	A: 10mM-HCOONH <sub>4</sub> B: CH <sub>3</sub> OH  (グラジエント条件) <u>time</u> <u>B%</u> 0-2 min.      30% 2-22 min.    30%→70% 22-27 min.   70%→95%	Posi.	264.9	247.0	(イルジジン S)
				919.1	901.3	( $\alpha$ -アマニチン)
				920.1	902.2	( $\beta$ -アマニチン)
				789.1	753.1	(ファロイジン)
				868.3	398.3	( $\alpha$ -ソラニン)
				852.2	706.3	( $\alpha$ -ソラニン)
				646.1	586.3	(アコニチン)
				676.1	616.3	(ジイサコニチン)
				616.1	556.3	(ヒパコニチン)
				632.0	572.3	(メサコニチン)
				400.0	341	(コルヒチン)
				372.0	341.1	(デメコルシン)
				288.0	147.0	(リコリン)
				290.1	124.0	(アトロピン)
下痢性貝毒	Atlantis dC18 2.1*100mm(3 $\mu$ m)	A: 0.05% -HCOOH in 10mM-CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> B: CH <sub>3</sub> CN  (グラジエント条件) <u>time</u> <u>B%</u> 0-12 min.    30%→80% 12-14 min.   80% 14-26 min.   100%	Posi.	892.4	839.4	( $\Delta^{\circ}$ クティノキシン 1)
				876.4	823.5	( $\Delta^{\circ}$ クティノキシン 2)
				906.4	853.3	( $\Delta^{\circ}$ クティノキシン 6)
			Nega.	803.3	255.1	(オカダ酸)
				817.3	255.1	(ジノフィシストキシン 1)
				1055.6	255.2	(ジノフィシストキシン 3)
				1141.3	1061.4	(エツトキシシン)

### (3) 前処理法

今年度の検討項目は食中毒の原因物質であり、原因究明のため迅速に分析できる方法の構築を目指し、植物毒、キノコ毒については次のとおりとした。細切したサンプル5gにメタノール20m lを加え、2分間ホモジナイズした後、遠心分離またはガラスフィルターでろ過する。残渣にメタノール20m lを加え同様の操作を行い、上澄液又はろ液を合わせ50m lに定容。これを適宜メタノールで希釈しLC/MS/MS試験溶液とした。

### (4) 添加回収試験

植物毒、キノコ毒については誤認による食中毒であることから、シイタケ（イルジンS、 $\alpha$ -アマニチン、 $\beta$ -アマニチン、ファロイジン）、ごぼう（アトロピン、スコポラミン）、さつまいも（ $\alpha$ -ソラニン、 $\alpha$ -チャコニン）、にら（アコニチン、ジェサコニチン、ヒパコニチン、メサコニチン、ガランタミン、ガランタミノン、コルヒチン、デメコルシン、リコリン）を用いて、1~2ppm相当量添加し回収試験を行った。

## 3 結果

植物毒、キノコ毒、下痢性貝毒のLC/MS/MS条件について検討した結果、キノコ毒の4化合物は検出下限が10ppb~50ppbとやや感度が低いものの、他は0.01ppb~0.5ppbまで検出可能であった。植物毒、キノコ毒成分は元々含量が多いため、数百倍から数千倍希釈でも十分な感度が得られることから、メタノール抽出液を精製せずに希釈して直接測定するという簡易な方法でも、デメコルシン、コルヒチンを除く他の15化合物は60%~120%の良好な回収率を示した。デメコルシン、コルヒチンの回収率は27.1%、43.4%と低かったが、食中毒原因物質の同定には全く問題なかった。

表2 植物毒・キノコ毒の添加回収率

化合物	回収率(%)
イルジンS	62.0
$\alpha$ -アマニチン	111.5
$\beta$ -アマニチン	92.0
ファロイジン	90.6
$\alpha$ -チャコニン	91.2
$\alpha$ -ソラニン	89.5
アコニチン	64.7
ジェサコニチン	71.8
ヒパコニチン	66.9
メサコニチン	67.6
コルヒチン	43.4
デメコルシン	27.1
リコリン	63.8
アトロピン	79.0
スコポラミン	91.4
ガランタミン	98.3
ガランタミノン	80.5

## 4 今後の研究方向等

これまで、食品中の有害物質（農薬、カビ毒、自然毒など）の迅速分析に取り組んできたが、LC/MS/MSは機器の特性から選択性に優れ妨害物質の影響を受けにくいこと、高感度分析が可能なこと等により濃縮操作や妨害物質の除去といった操作を省くことが可能で、結果として迅速な分析が可能となった。今後、さらに分析対象物質を増やすことにより、緊急を要する事件事故等に迅速に対応できるものと考えられる。

## 研究成果報告書 (5)

研究課題名	ウイルス媒介性節足動物の生息に関する研究
担 当	地球科学部 上席専門研究員 千崎 則正
<h3>1 目的</h3> <p>ヒトスジシマカは、デング熱等のウイルス疾患を媒介する感染症対策上重要な節足動物である。近年、その生息北限が北上しており、気温の上昇が影響しているといわれている。岩手県内における同蚊の生息分布状況を明らかにするとともに、年平均気温等の生息条件を検討することにより地球温暖化防止対策に資することを目的とする。</p> <h3>2 方法</h3> <p>生息北限における蚊類の生息状況調査は平成 23 年 9～10 月、岩手県盛岡市内の以下の地域の計 34 地点で行った。すなわち平成 21 年調査で生息北限であった仙北町 (39° 41' 15" N, 141° 9' 11" E)、平成 22 年調査で生息北限であった玉山区 (39° 51' 28" N, 141° 10' 33" E) 及び平成 22 年の調査により確認された仙北町より北に位置する名須川町 (39° 42' 39" N, 141° 9' 17" E) 及びその近隣の住宅地である。</p> <p>調査対象は主に寺院の花生けや手水鉢、屋外に放置された古タイヤなどの人工容器の貯留水に生息する主にヤブカの幼虫及び蛹で、太口ピペットで採取した。1 調査地点につき 1～6 人工容器を調査した。採取した蚊の幼虫を室温で飼育し、羽化させた成虫を、実体顕微鏡下で形態学的に同定した。</p> <h3>3 結果</h3> <p>成虫の羽化が確認された 34 地点 104 人工容器について、計 528 頭を同定した。今回採集された蚊の種類はヤマトヤブカ、ヒトスジシマカ、オオクロヤブカ及びイエカ類であった。このうちヤブカ類では、ヤマトヤブカは全採集地点 34 か所のうち 31 か所で確認され、捕集数も最も多く、この地域の優先種で在来種であった。次いで多く採取されたのはヒトスジシマカで、仙北町、大慈寺町、下ノ橋付近 10 地点でのみ採集された。オオクロヤブカは仙北町、名須川町の 3 地点で発見された。</p> <p>また、同一地点で 2 種類以上の蚊が採集された地点は 21 か所であった。イエカ類を除きヤマトヤブカのみ採集された地点は 21 か所、ヤマトヤブカとヒトスジシマカが同時に確認された地点は 9 か所であった。</p> <p>この結果今回の調査でヒトスジシマカの生息が確認された北限地域は、下ノ橋付近 (39° 41' 55" N, 141° 8' 59" E) であった。平成 22 年にヒトスジシマカの北限として確認された玉山区及び仙北町の北に位置する名須川町においては、平成 23 年には同蚊の生息は確認できなかった。ヒトスジシマカはヤマトヤブカと共存するほかイエカ類との共存も確認された。</p> <p>東北地方の主要幹線道路が貫通し県庁所在地でもある盛岡市では、生息地からのヒトスジシマカの移入も頻繁で、気温の温暖化や、ヒトスジシマカの生態的適応や社会・経済的環境の変化に伴い分布の北上・南下を繰り返しつつ、徐々に北上を続けていると考えられる。ヒトスジシマカの分布は気温の上昇に併せ、岩手県内を北上と南下を繰り返しながら北上しつつある。このように、今後とも生息状況を確認することは、地球温暖化の観点からも重要である。</p> <h3>4 今後の研究方向等</h3> <p>今回の調査ではヒトスジシマカの生息北限は盛岡市下ノ橋地点であったが、同蚊がすでに定着しているかどうか判断するには次年度に同地点で再度生息を確認する必要がある。さらに、同蚊の県内の生息分布を明らかにするため、より多くの地点で調査を行うことが必要である。今後、地球温暖化などによる気温の上昇に伴い、同蚊の分布域がさらに拡大することが予想され、継続して監視していくことが必要である。</p>	

## 研究成果報告書 (6)

研究課題名	磁性炭化物の開発および環境浄化技術に関する研究
担 当	衛生科学部 上席専門研究員 佐々木陽、主任専門研究員 吉田敏裕

### 1 目的

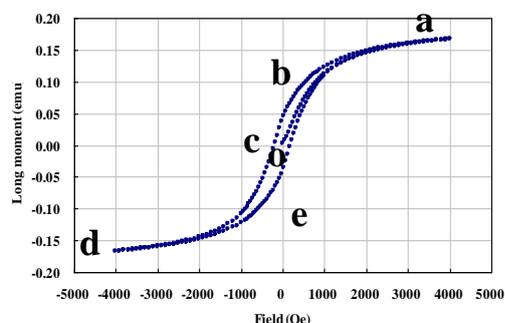
これまでわれわれは、農業副生成物として大量に排出されているコーンコブ(トウモロコシの実の芯: CC) やコーンストーク(トウモロコシの茎: CS) を炭化し、得られる炭化物による環境浄化の可能性について検討してきた。その結果、それらが従来の炭化物よりも高い吸着性能を有すること。その理由として、素材中に含まれる鉄イオン、アルミニウムイオンによる金属触媒作用が寄与していることを見出してきている。しかしながら吸着物質の多くは炭化物の負の表面電荷によるカチオン性金属イオンの吸着能であり、アニオン性金属イオンには吸着しにくい。そこで、本研究では炭化表面の電荷をカチオン性にするために、鉄を担持させた炭化物を調製し、表面のゼータ電位の変化と金属イオンの吸着特性の関係について、ヒ素を吸着物質にして実験を行っている。また、炭化時に、磁性をもつマグネタイトの生成が可能であることから、その特性を生かした炭化物による環境浄化技術についても検討している。

### 2 方法

炭化材料は CC、CS を用いた。ブロック状の材料に  $\text{FeSO}_4$  水溶液を加え、超音波処理したのち、乾燥し、マッフル炉内において  $\text{N}_2$  雰囲気下(流量  $1.5 \text{ dm}^3/\text{min}$ )、昇温速度  $6.7^\circ\text{C}/\text{min}$ 、炭化温度  $600\sim 1000^\circ\text{C}$ 、保持時間  $30 \text{ min}$  の条件で炭化した。担持された鉄イオン量は、 $\text{FeSO}_4$  処理した CC,CS をマイクロウェーブ分解装置で灰化し、硝酸溶液に溶解後、ICP で測定した。また、それらの炭化物は、ICP、XRD、比表面積、細孔分布、SEM、EDS およびゼータ電位測定により物理的な評価を行った。各炭化物の磁化力は、 $\text{FeSO}_4$  処理炭化物  $10 \text{ mg}$  を温度  $298 \text{ K}$  (一定)、磁場  $-4000\sim 4000 \text{ Oe}$  の条件範囲で SQUID (Superconducting Quantum Interference Device、超電導量子干渉素子) 磁束計 (日立製) を用いて測定した。

### 3 結果

$0.05\text{M-FeSO}_4$  処理 CSMix 炭化物のヒステリシス曲線を図に示す (炭化温度  $1000^\circ\text{C}$ )。外部から磁場をかけると磁気のない状態 (点 o) から磁化を帯びて磁化力は増加する。そのまま、強磁性体に磁場を加えて磁化していくと磁化力の限界が存在し、これを飽和磁化力 (点 a、点 d) という。また、磁化力が飽和した後、外部磁場を無くしても磁性体に残る磁化力を残留磁化力 (点 b、点 e)、磁性体の磁化力をゼロにするために必要な外部磁場 (点 c) を抗磁力という。以上のことから、飽和磁化力、残留磁化力および磁力抗が高いほど強力な磁性体となる。 $\text{FeSO}_4$  処理炭化物の磁化力パラメーターの結果から、飽和磁化力、残留磁化力について考察する。炭化温度  $800^\circ\text{C}$  についてみると、未処理はすべてゼロであり磁性を持たないことがわかる。



処理炭化物を比較してみると、CC、CS は Nara よりも磁性が強いことがわかる。また、処理濃度を下げた  $0.025\text{M-FeSO}_4$  処理炭化物は、 $0.05\text{M-FeSO}_4$  処理炭化物よりは低いものの Nara よりは大きい値となった。次に、 $\text{FeSO}_4$  処理 CSMix 炭化物を炭化温度別にみると、炭化温度が上がるにつれてパラメーターが大きくなった。

以上のように  $\text{FeSO}_4$  処理炭化物は磁化力を持つことから、これらの磁力を用いての固液分離が可能となることが分かった。

また、この機能は環境浄化のみならず枯渇が危惧されているレアメタルなどの回収などにも有効であると考えられる。

## 研究成果報告書 (7)

研究課題名	大気中有害物質の環境分布・環境リスクの可視化と環境情報発信システムの構築に関する調査研究
担 当	地球科学部 専門研究員 松本文雄

**1 目的**

現在の大気環境に係る様々な課題には、大気中有害物質の多物質・多地点での継続的な調査の必要性、「PM2.5」等の新たな大気中有害物質への対応、発がん性が指摘されている多環芳香族炭化水素類 (PAHs) を初めとする大気中有害物質の環境リスク評価が挙げられる。更に、大気環境の状況や人体への影響を知る術が少ないことや、地理空間情報化社会が急速に発展していること等の情報化社会へ向けた課題なども持ち上がっている。そこで本研究では、地域規模と生活環境双方において、大気中有害物質の環境分布や環境リスクの把握、結果の可視化、情報発信システムの構築を目的に研究を行った。

**2 方法、結果**

まず、岩手県内の沿道、住宅地域に加えて発生源である工場周辺の数地点で、揮発性有機化合物 (VOCs)、PAHs 等計 83 種の大気中有害物質の濃度を測定し、大気拡散モデルによる濃度分布の推定、可視化を行った。その結果、主に自動車から排出される物質は沿道測定点で、特定の物質は排出量の多い工場周辺の測定点で高濃度が観測された。また、大気拡散モデルによる可視化結果においても同様の結果となり、モデルによる大気環境可視化結果は全体としてよく再現された。

次に、大気中粒子の粒径や各粒径帯の PAHs の特徴、大気粒子状物質の簡易モニタリング法であるマイクロ繊維シート (MFS) に捕集される粒子の粒径、MFS が大気中 PAHs 等のモニタリングに適用可能か検討した。その結果、MFS を用いた大気モニタリングは、大気粒子状物質の指標となることや、微小粒子も採取していることが明らかとなった。また、MFS による捕集は PM2.5 中の PAHs の環境指標となり得ることが示唆された。

更に、生活環境において大気中有害物質濃度を可視化する方法として GIS を用いた補間法での可視化を試みた。続いて、粒子状物質とガス状物質について沿道や住宅地等を含む多点で、簡易測定法による実測調査を行い、検討したパラメータを用いて濃度測定結果の可視化を試みた。この結果から、主要道路沿道で濃度が高く、住宅地で低い濃度が出力される面的な評価がなされた。以上から、住居レベルでの汚染状況の把握や季節変動を容易にとらえられる可能性が示唆され、地方都市部の大気中有害物質濃度情報についての GIS 活用可能性が示唆された。

更に、大気中有害物質濃度の実測結果を基に、環境リスクの算出、評価について検討した。地域規模のリスク評価において、排出量が多く、毒性の高い物質を排出している工場の周辺や沿道でリスクが高くなっていることや、ベンゾ[a]ピレン、オゾン等で  $1 \times 10^{-5}$  リスクレベルを超えていること等が見出された。更に、MFS を用いた生活環境における多点モニタリングを実施し、得られた結果から「 $\Sigma$ PAHs risk」を算出したところ、幹線道路沿道において最大で  $4 \times 10^{-5}$  以上の大気中 PAHs による環境リスクが存在し、住宅地域を含め、ほとんどの箇所  $1 \times 10^{-5}$  リスクレベルを超えており、地方都市の生活環境においても看過できないレベルにあることが明らかとなった。以上の結果から、MFS による大気モニタリングは、住民に身近な生活環境での人体への影響を推定でき、大気中 PAHs リスクの指標となることが示唆された。

最後に、これまで測定してきた大気中有害物質の濃度情報やリスク情報、それらを可視化した結果を一般住民に伝えるための内容、手法の検討を行った。大気中有害物質に係る情報の必要性や提供方法について不特定多数の意見を収集する目的で Web を用いたアンケートを試行し、それを SNS によって参加者を募る方法を試みた。その結果、幅広い年齢層、職業からの回答が得られ、特に人体影響に関する情報の必要性が見出された。また、情報提供手段としてはインターネット媒体を用いた情報発信手法が有効であることも確認された。

**3 今後の研究方向等**

本研究の成果を活用し、県内各所、特に平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災の沿岸被災地における  $PM_{2.5}$  をはじめとした大気中粒子状物質の、特に粒径別の濃度とその成分の特定を行うことや、放射性物質の濃度を測定し、地域規模、生活環境において県民に与える影響 (健康リスク) を可視化し、情報発信すること等に取り組んでまいりたい。

## 研究成果報告書 (8)

<b>研究課題名</b>	千厩川環境調査		
<b>担 当</b>	環境科学部	主任専門研究員 奈良裕佳子	主任専門研究員 伊藤朋子
	検査部	主査専門研究員 田老真帆	主任専門研究員 八重樫香

### 1 目的

岩手県一関市内を流れる千厩川では、平成16年頃より製紙工場排水が流入する地点から約2.5 km にわたり、鮮赤色をした藻のようなもの（赤藻状生体）が河床に大発生する状況が続いている。地域住民は、この赤藻状生体が景観を悪化させていること、また河床から剥離して下流の農業用水ポンプを詰まらせることから、岩手県及び一関市に対して苦情を寄せていた。本調査では、赤藻状生体の発生原因を究明し、発生抑制対策に資することを目的として、赤藻状生体の同定と河川の水質調査を行った。

### 2 方法

赤藻状生体について、標本を作製後、グラム染色を行い、顕微鏡観察を実施した。さらに赤藻状生体から糸状性細菌を下水試験方法に準じて単離した。糸状性細菌の純粋培養物をメンブランフィルターで滅菌した千厩川河川水に植菌して25℃、5日間振とう培養を行い、生育状況を観察した。また、赤藻状生体の繁茂と水質汚濁状況との因果関係を明らかにするため、千厩川の水質調査を平成23年5、7、11、12月に実施した。水質調査地点は、製紙工場排水、千厩川上流（宮田橋から久伝橋）及び下流（梅田橋から松形橋）である（図1）。水質調査項目は、水温、pH、DO、BOD、TOC、全窒素、全磷及び重金属類とした。また、各採水地点において流量を測定し、赤藻状生体が特に繁茂している梅田橋付近における汚濁負荷量を求めた。

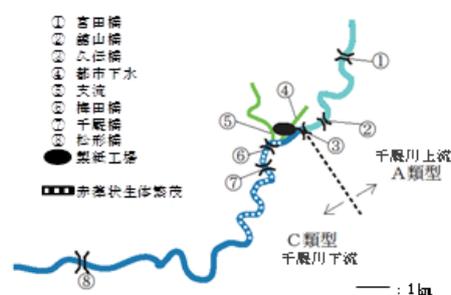


図1. 千厩川水質調査地点

### 3 結果

標本観察及び顕微鏡観察の結果から、赤藻状生体は *Sphaerotilus natans* (*S. natans*) と判断した。*S. natans* は有機汚濁の進んだ水域に増殖し、ミズワを形成して景観を損ねること、糸状体が剥離して取水ポンプを閉塞させる利水障害を引き起こすことが知られている。赤藻状生体から単離した *S. natans* の純粋培養を試みたところ、得られた純粋培養物は白色であった。一般的に *S. natans* は、河川で白灰色の集落を形成することからも、千厩川で増殖した *S. natans* は、河川の環境要因により赤色化したものと推察された。赤藻状生体から単離した *S. natans* の純粋培養物を製紙排水流入前の館山橋で採取した河川水で培養した場合は、糸状体が形成し難いに対し、排水流入直下である梅田橋右岸の河川水で培養した場合は、糸状体が形成された。このことから、赤藻状生体の繁茂には、製紙工場排水が影響していることが示唆された。

水質調査の結果から、赤藻状生体が大発生している梅田橋右岸のBODは、最大値16、最小値9.5 mg/Lであった。今回の調査結果では、赤藻状生体が、BODが10 mg/L程度の地点で特に繁茂しており、*S. natans* が、有機物を比較的多く含む環境（概ねBOD 10 mg/L以上）で大発生すると述べている文献とほぼ合致していた。梅田橋付近におけるBOD汚濁負荷量を算出した結果、製紙工場排水が全BOD汚濁負荷量の80%を占めていた。このことから、赤藻状生体の大量発生を抑制するためには、製紙工場排水の有機汚濁量を削減することが有効な手段であると考えられる。

### 4 今後の研究方向等

製紙工場排水の汚濁特性調査と河川の有機汚濁調査を詳細に実施し、汚濁負荷低減案について提示するとともに、*S. natans* の赤色化について原因究明を図ることとしている。



## 研究成果報告書 (9)

<b>研究課題名</b>	<b>酸性雨による環境影響の総合的評価 (広域連携事業)</b>
<b>担 当</b>	<b>地球科学部 主査専門研究員 西井 和弘</b>

### 1 目的

酸性雨に影響をおよぼす乾性沈着物調査(ガス状酸性化成分)を行い、既存の酸性雨や酸性雪データと併せて解析を行うことにより、本県の降水の酸性化現象による環境影響の総合的評価に資することを目的とする。また、全国環境研協議会によって実施する第5次酸性雨全国調査及び全国環境研北海道・東北支部酸性雨専門部会による調査・研究に参加することにより、本県のみならず、北海道・東北ブロックさらに全国的観点からも酸性雨を取り巻く評価を行うことを目的とする。

### 2 方法

国設八幡平酸性雨測定所及び環境保健研究センターの2ヶ所でパッシブ法(O法)により毎月1回5成分(NO<sub>2</sub>,NO<sub>x</sub>,NH<sub>3</sub>,O<sub>3</sub>,SO<sub>2</sub>)の分析を行った。

### 3 結果

単位: ppbv

項目	測定場所	最小値	最大値	平均値
NO <sub>2</sub>	盛岡	3.4	11.4	6.7
	八幡平	0.3	0.8	0.5
NO	盛岡	0.3	6.4	2.3
	八幡平	0.1	0.6	0.3
NO <sub>x</sub>	盛岡	3.7	16.4	8.7
	八幡平	0.3	1.3	0.6
O <sub>3</sub>	盛岡	17.0	48.1	29.1
	八幡平	26.0	67.9	43.9
NH <sub>3</sub>	盛岡	0.6	1.8	1.3
	八幡平	0.1	0.4	0.2

### 4 今後の研究方向等

大気汚染状況の長期的な推移をみるため、乾式沈着成分のモニターは今後とも継続する必要がある、全国環境研協議会が主催する本調査に引き続き参加する。

## 研究成果報告書 (10)

<b>研究課題名</b>	食品中に残留する動物用医薬品一斉分析に関する研究
<b>担 当</b>	衛生科学部 専門研究員 青木晴美、 主任専門研究員 葉澤やよい

### 1 目的

平成 18 年 5 月から食品衛生法の一部改正によりポジティブリスト制が導入され、残留基準等が設定される動物用医薬品は 230 品目以上に大幅に増え、迅速な多成分分析法の確立が求められている。これまでにろ過膜を用いた精製法による LC/MS/MS 一斉分析法 (91 成分)、アミノグリコシド系抗生物質 (9 成分)、マクロライド系駆虫剤の同時分析法を確立している。平成 22 年度は一斉分析法の前処理にメタノール・ヘキサン分配による脱脂操作を加え、感度を上げることにより、基準値の厳しい項目について一斉分析法への適用拡大を図った。平成 23 年度はヘキサン分配による脱脂操作で回収率が低下した疎水性の成分を対象に固相を用いた脱脂方法の検討、また新たに追加した成分 (5 項目) やマクロライド系駆虫剤などの一斉分析法への適用について検討した。

### 2 方法

#### (1) 検討項目

新規助成分としてナラシン、サリノマイシン、プロカイン、ベタメタゾン、スルファニトラン、その他助成分として駆虫剤 (マクロライド系、ベンズイミダゾール系)、抗生物質 (ポリエーテル系)、合成抗菌剤 (サルファ剤系、キノロン系) など計 89 薬剤

#### (2) 試料調製法および LC/MS/MS 測定条件

試料 5g に塩化ナトリウム、硫酸ナトリウムを添加してアセトニトリル抽出を行った後、Inert Sep C18(100mg) ミニカラムにより精製後、LC/MS/MS で測定した。試料調整法を図 1、測定条件を表 1 に示した。

<p>試料 (5g)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>MeCN 20mL</li> <li>硫酸 Na 10g、NaCl 1g</li> </ul> <p>ホモジナイズ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>MeCN 5mL で洗浄</li> </ul> <p>遠心分離 (10000rpm、5min)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>MeCN 層 定容 (25ml)</li> </ul> <p>C18 ミニカラム (100mg)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>MeCN 層 1ml 負荷</li> </ul> <p>溶出液</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>N<sub>2</sub> パージ (40°C)</li> <li>40% MeCN 1mL に溶解</li> </ul> <p>LC/MS/MS</p>	<p>表 1 測定条件</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">LC</td> <td>カラム: L-column 2 ODS (2.1*150mm, 5μ m)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>カラム温度: 40°C</td> </tr> <tr> <td></td> <td>移動相: A; 0.05% 酢酸 + 10mM 酢酸アンモニウム, B; MeCN</td> </tr> <tr> <td></td> <td>流量: 200μ L</td> </tr> <tr> <td></td> <td>注入量: 5μ L</td> </tr> <tr> <td></td> <td>グラジエント条件: 0-2min (A/B: 95/5)</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">⇒ 10-20min (A/B: 10/90) ⇒ 25-30min (A/B: 95/5)</td> </tr> <tr> <td>MS</td> <td>イオン化モード: ESI (±)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>イオンスプレー電圧: (+) 4.5KV, (-) 4.5KV</td> </tr> <tr> <td></td> <td>イオンソース温度: +400°C, -600°C</td> </tr> <tr> <td></td> <td>測定モード: MRM</td> </tr> </table>	LC	カラム: L-column 2 ODS (2.1*150mm, 5μ m)		カラム温度: 40°C		移動相: A; 0.05% 酢酸 + 10mM 酢酸アンモニウム, B; MeCN		流量: 200μ L		注入量: 5μ L		グラジエント条件: 0-2min (A/B: 95/5)		⇒ 10-20min (A/B: 10/90) ⇒ 25-30min (A/B: 95/5)	MS	イオン化モード: ESI (±)		イオンスプレー電圧: (+) 4.5KV, (-) 4.5KV		イオンソース温度: +400°C, -600°C		測定モード: MRM
LC	カラム: L-column 2 ODS (2.1*150mm, 5μ m)																						
	カラム温度: 40°C																						
	移動相: A; 0.05% 酢酸 + 10mM 酢酸アンモニウム, B; MeCN																						
	流量: 200μ L																						
	注入量: 5μ L																						
	グラジエント条件: 0-2min (A/B: 95/5)																						
	⇒ 10-20min (A/B: 10/90) ⇒ 25-30min (A/B: 95/5)																						
MS	イオン化モード: ESI (±)																						
	イオンスプレー電圧: (+) 4.5KV, (-) 4.5KV																						
	イオンソース温度: +400°C, -600°C																						
	測定モード: MRM																						

図 1 試料調整法

### 3 結果

固相は C18 ミニカラムによる精製方法を検討し、各成分の溶出試験はメタノール、アセトニトリル、ギ酸アンモニウム含有メタノールを用いた。キノロン剤やポリエーテル剤などの成分はギ酸アンモニウム含有メタノールによる溶出で良好な回収率が得られたが、卵や鱈等に含まれるカロチノイド系色素の一部がカラムから溶出すること、測定溶液中のギ酸アンモニウム濃度により MS への影響が懸念されること、アセトニトリルで溶出した場合コレステロールの除去効果が高いことなどからアセトニトリルで溶出する条件を採用した。C18 ミニカラムは 2 社 (BondElute C18 及び Intersep C18) を比較した結果、多成分で回収率が良好であった Inert Sep C18 ミニカラムを選択した。

本条件を用い、豚・鶏・牛の筋肉、卵を対象に回収試験を行った結果、回収率が 50~150% の範囲の成分は鶏で 81、豚で 79、牛で 76、卵で 69 成分であった。これらの成分は本法によりスクリーニング検査が可能と判断された。本法により、ヘキサン分配により回収率の低かったテメホスやアレスリンなど疎水性の成分の回収率は 80% 程度と大幅に改善することができた。また、本法はヘキサン分配による脱脂操作に比べて簡便であり、脂溶性色素やコレステロールなども除去できることから、畜産物中の動物用医薬品一斉分析において有用な前処理法と考えられた。

### 4 今後の研究方向等

これまで確立した分析法の妥当性評価を実施し、収去検査に導入する等監視体制の強化を図る。

県内で流通している畜水産食品について、動物用医薬品残留実態調査を実施する。



## 研究成果報告書 (11)

研究課題名	有機フッ素系化合物に関する研究
担 当	環境科学部 部長 佐々木和明、 国際研究推進専門員 齋藤憲光 環境研究指導専門員 津田修治

### 1. はじめに

難分解性の有機フッ素化合物 (PFCs) のうち PFOS 及び PFOA は工業用製品や様々な日用品として広く使用されてきており、最近その汚染が危惧されより炭素数の少ない (C6) perfluorohexanonate (PFHxA) などへの切り替えが行われてきている。PFOS や PFOA の我が国における全国的汚染状況については Saito らによる報告<sup>1)</sup>があるが、PFCs 全体の全国的汚染状況についてはまだ報告がない。

そこで我々は全国の河川水と水道水の炭素数が異なる PFCs につて、10 種の perfluorocarboxylate と 4 種の perfluorosulfonate について一斉分析法により網羅的に測定し、わが国の汚染状況を把握するとともに、水道水として使用される原水および浄水についても同時測定して浄水場における除去効率についても検討した。本研究の一部は、国立環境研究所委託「日韓共同研究」として実施したものである。

### 2. 材料と方法

採水：メタノールで洗浄した 2 L のペットボトルに、各県から 3 ヶ所の水道水 (全国で 142 ヶ所、2007/6-8 採取) と全国で 98 箇所の河川(2010/7-8 採取)をサンプリングした。また、岩手県 22 箇所の浄水場の原水と浄水を同様に採取した(2009/10 採取)。

#### 試薬

Perfluorocarboxylate (C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12, C13, C14) と perfluorosulfonate (C4, C6, C8, C10) の標準品及び internal standard として用いた perfluoro-n-[1,2-<sup>13</sup>C<sub>2</sub>]-octanoic acid と perfluoro-1-[1,2,3,4-<sup>13</sup>C<sub>4</sub>]-octanesulfonate は Wellington 社から購入した。

#### PFCs 測定

Presep-PFC 固相カートリッジ (WAX) をコンセントレーター (Waters Sep-Pak Concentrator Plus) にセットし、毎分 10 mL の流量で通過させて濃縮し、LCMSMS を用い、前回報告した方法<sup>2)</sup>により測定した。

### 3. 結果及び考察

河川水中には測定したすべての PFCs が検出され、水道水中には C13, 14 以外の PFCs が検出された。河川水に於いて全国平均 1 ppt 以上の汚染を示したものは PFOS、PFOA、perfluorononanoate (PFNA) および PFHxA だった。PFCs 汚染を地域別に見ると、PFCs 全体としての汚染はほぼ全国的に認められたが、濃度は近畿地方が最も高く関東がそれに続き、東北・北海道は最も低かった。PFNA は PFOS や PFOA と同様な汚染分布パターンを示し、全国的に広く分布していたが、近畿地方において最も高く関東地方がそれに続き、東北・北海道は最も低かった。これら 3 物質の水道水中全国平均濃度は河川中濃度の 20%程度であり、その全国的汚染分布パターンは河川のパターンと類似していた。

河川水中の PFHxA は、近畿地方において最大値 46,600ng/L が検出され、同地方の PFHxA 幾何平均値も全国平均の 10 倍以上であった。しかしながら、全国平均の水道水中濃度は河川中濃度の約 3%と大きくかけ離れており、特に濃度の高い地域は認められなかった。岩手県内 22 箇所の浄水所の原水と浄水を比較すると、平均浄水/原水比は PFOS、PFOA、PFNA および PFHxA がそれぞれ 0.75, 0.69, 0.76 および 0.87 であって、PFHxA の除去効率は他の 3 者と比較するとむしろ低めであった。

### 4. 考察

PFNA の汚染状況が全国的汚染分布パターンおよび河川水と水道水の関係において PFOS や PFOA と類似していたことから、PFNA が前二者と同様に以前から製造・使用されてきたことが示唆された。PFHxA が近畿地方の河川にのみ異常な高濃度で検出されたが、水道水には反映されていなかった。PFHxA の除去効率は他の 3 者と比較するとむしろ低めであったことから、PFHxA の河川汚染はまだ極めて局地的であり、水道水の原水までは汚染されていない可能性が示唆された。しかしながら、河川水汚染は急速に拡散し、PFOS や PFOA と同様に、近い将来に水道水汚染を介して人体暴露を引き起こすことが予想され、これらの物質の毒性評価とともに十分な汚染監視・管理の必要性が示唆された。

#### 文献

- Saito N, Harada K, Inoue K, Sasaki K, Yoshinaga T, and Koizumi A: J Occup Health 2004, 46, 49-59.
- 佐々木和明, 八重樫香, 齋藤憲光, 田中周平, 藤井滋穂, 津田修治 (2010) 水道水中の有機フッ素化合物濃度, 第 12 回日本水環境学会シンポジウム講演集, 25-26

研究成果報告書 (12)

研究課題名	PPCPs (Pharmaceutical and Personal Care Products) 等化学物質実態調査 (岩手県大船渡湾、釜石湾の底泥のモニタリング調査)
担 当	環境科学部 上席専門研究員 菅原隆志、嶋 弘一、主任専門研究員 奈良裕佳子、 環境科学部長 佐々木和明

1 目的

PPCPs について、新規に導入された ICP-MS や GC/MS/MS、LC/MS/MS などの分析機器を活用し、その超微量分析手順を確立するとともに、本県の河川等における濃度を測定し、その汚染状況を把握しようとするものである。今年度は、東日本大震災の津波があったことから、特に、その影響及び実態を把握することを主目的とした。今回、混乱の中、検体を入手できたものの中からまとまったものの概要を報告する。

2 方法

- 1) 重金属及び水銀：底質調査法
- 2) PCB：JIS
- 3) ベンゾ[a]ピレン：アセトン抽出-ジクロロメタン液液抽出-シリカゲルカラムクリーンアップ-GC/MS分析

3 結果

- 1) 震災後の大船渡湾底質の重金属、PCB及びベンゾ[a]ピレンの結果を表1に示した。重金属は過去の測定結果と比較して同レベルであった。PCBは検出下限値以上に検出されているが、暫定除去基準を下回る結果であった。ベンゾ[a]ピレンは平均 1.6mg/kg 検出した。環境基準は設定されていないものの注意が必要である。
- 2) 震災後の釜石湾底質の重金属及びPCBの結果を表2に示した。重金属は過去の測定結果と比較すると減少傾向がみられた。PCBは検出下限値以上に検出された検体があったが、暫定除去基準(10mg/kg-dry)を下回る結果であった。

表1 大船渡湾の分析結果

項目	今回の測定結果 (n=5)			過去 <sup>1)</sup> の測定結果		
	最小値	最大値	平均	最小値	最大値	平均
カドミウム (mg/kg-dry)	0.36	0.74	0.50	0.20	0.79	0.57
鉛 (mg/kg-dry)	16	33	25	13	50	28
銅 (mg/kg-dry)	22	51	40	10	63	44
亜鉛 (mg/kg-dry)	130	180	150	59	200	150
砒素 (mg/kg-dry)	8.0	16	12	5.7	22	15
クロム (mg/kg-dry)	15	40	32	34	60	46
総水銀 (mg/kg-dry)	0.04	0.18	0.09	0.06	0.27	0.16
PCB (mg/kg-dry)	0.01	0.02	0.01	-	-	-
ベンゾ[a]ピレン (mg/kg-dry)	0.22	4.5	1.6	-	-	-

1) データは昭和51, 52, 55年の大船渡湾調査平均 (n=7)

表2 釜石湾の分析結果

項目	今回の測定結果 (n=3)			過去 <sup>1)</sup> の測定結果		
	最小値	最大値	平均	最小値	最大値	平均
カドミウム (mg/kg-dry)	0.15	0.33	0.23	ND	1.1	0.36
鉛 (mg/kg-dry)	15	43	27	17	260	69
銅 (mg/kg-dry)	23	120	65	39	580	270
亜鉛 (mg/kg-dry)	13	27	19	59	480	230
砒素 (mg/kg-dry)	6.1	12	8.4	11	69	35
クロム (mg/kg-dry)	14	62	37	21	180	96
総水銀 (mg/kg-dry)	0.06	0.14	0.09	0.01	0.47	0.14
PCB (mg/kg-dry)	<0.01	0.01	<0.01	-	-	-

1) データは昭和54～平成16年度の釜石湾調査平均 (n=24)

## 研究成果報告書 (13)

研究課題名	希少植物の保護と増殖に関する研究
担 当	地球科学部 主査専門研究員 小山田智彰
<p><b>1 目的</b></p> <p>岩手県に生息する希少植物を中心にその生息実態（環境・生態）を解明し、保全策を明らかにすることで、農林業などの生産活動の中で多様な生物資源を維持・活用する方策を研究することを目的とする。</p> <p><b>2 方法</b></p> <p>希少植物の実態把握を実施し、周辺環境の保全を進めるための情報収集を行い、同時に種の維持を進める手法について検討する。保護の必要性が高い植物から、①現存数が極めて少ないもの、②採取や開発等によって減少し、生息地が極地に限定されるものについて現状を明らかにする。特に本県と歴史や文化・産業にかかわりを持ち、絶滅の危険度が極めて高い植物の保護については増殖法の開発と利用を検討する。</p> <p><b>3 結果</b></p> <p>①大震災後の沿岸部の希少植物調査を実施した。調査では、各機関、有識者と連携しながら進めた。調査後は、野生絶滅の危険性があったエゾオグルマ（岩手県の自生地1箇所、いわてRDBのAランク）の自生地保全措置を進めた。</p> <p>②「東日本大震災に津波が岩手県沿岸部の希少植物に及ぼした影響」について、自然環境復元学会全国大会で発表した。発表内容は岩手県環境保健研究センターのホームページ上に公開された。</p> <p>③「東日本大震災に津波が岩手県沿岸部の希少植物に及ぼした影響」の取りまとめを行い、薬用植物研究への原著論文投稿（5月）を進めている。また、東日本大震災で野生絶滅したハマナデシコの組織培養に着手、ウイルスフリー苗作出方法について検討を開始した（2012年3月19日付、毎日小学生新聞に掲載）。</p> <p>④園芸学研究に投稿した原著論文（ロールペーパーとバーミキュライトを培地支持材料に用いた絶滅危惧植物アツモリソウの苗生産に関する研究）が学会誌に掲載された。</p> <p>⑤薬用植物研究に投稿した原著論文（絶滅危惧植物ハヤチネウスユキソウの組織培養による大量増殖法）が学会誌に掲載された。</p> <p>⑥「岩手県におけるアツモリソウ自生地の現状」と「アツモリソウ培養苗の順化法」について趣味の山草に投稿した（2012年5月掲載予定）。</p> <p>⑦青森県教育委員会より派遣された内地留学者（農業高校教員）に植物バイオテックの技術指導を3か月間実施した。その中で取り組んだ絶滅危惧植物サルメンエビネの無菌播種による苗生産法を趣味の山草に投稿した（2012年5月掲載予定）。</p> <p>⑧平成23年度岐阜県農業教育研究会研究大会において「農業高校におけるプロジェクト学習の指導」について講演を行った。</p> <p>⑨「ムラサキ (<i>Lithospermum erythrorhizon</i>) 苗生産法の開発」を薬用植物研究に投稿。</p> <p><b>4 今後の研究方向等</b></p> <p>①アツモリソウやハヤチネウスユキソウの増殖法は本種の保存を進める上で有効な技術となる。</p> <p>②ムラサキの苗生産法は地域資源の保存および産業界の発展に貢献する成果となる。</p> <p>③東日本大震災後に行った植物調査は、海岸性植物の保全を行うための重要な情報となり、種の保存を進める研究に取り入れることができる。</p> <p>④研究成果を示すことは岩手県の自然環境の価値を国内外に発信することにつながる。</p>	

研究成果報告書（14）

研究課題名	イヌワシ個体群の生態的特性および遺伝的構造に関する研究
担 当	地球科学部 主任専門研究員 前田 琢
<p><b>1 目的</b></p> <p>本研究ではイヌワシの絶滅可能性の推定に不可欠な個体群としての特性の把握を主目的とし、個体の移動追跡調査や、羽根、卵殻、ペレット等のサンプルによる遺伝子解析を通して、移動分散や遺伝的多様性に関する知見を収集する。また、森林の横方向（等高線方向）列状間伐地におけるイヌワシの利用状況を明らかにし、希少種保全のための森林管理手法への寄与を目指す。さらに、県全域における繁殖状況の把握や、繁殖支援事業の効果測定についても継続し、保全に貢献するデータの拡充を図る。</p> <p>23年度に調査研究を行った主な内容は次の通りである：①県内各営巣地における2011年の繁殖状況調査、②羽根等を利用した遺伝子解析、③営巣場所の改良と効果のモニタリング、④繁殖支援のための給餌と効果の検証、⑤列状間伐地の利用状況、⑥送信機による個体の移動追跡調査。</p> <p><b>2 方法</b></p> <p>①県内の全営巣地で、繁殖期全般にわたってつがいの行動、巣の状態、ひなの生育状態等を観察する。また、県内各地の観察者からイヌワシの観察情報をネットワークを通じて収集し、生息・繁殖状況の詳細をまとめる。</p> <p>②野外で採取した羽根、ペレット、卵殻、糞、ならびに飼育個体、標本等から得た試料を用いて遺伝子を抽出し、マイクロサテライト11マーカーおよびミトコンドリアD-loopとCOIについて解析を行う。</p> <p>③土台とともに巣が崩落した営巣地に、アルミフレームを用いた人工巣を設置する。また、樹木の繁茂により巣の出入りに支障が生じていた営巣地1か所で、許可を得て樹木の伐採を行う。過去に同様の改良作業を実施した営巣地とともに、その後の利用状況をモニタリングする。</p> <p>④繁殖率の向上を目的として、2か所の繁殖地で給餌を行い、効果の検討を行う。</p> <p>⑤横方向（等高線方向）の列状間伐地を行った場所3箇所にて、イヌワシの飛来頻度や採餌行動を記録する。</p> <p>⑥巣立ち日齢まで育った雛を巣内で捕獲し、送信機を装着して移動を明らかにする。</p> <p><b>3 結果</b></p> <p>①2011年にひなの巣立ちを確認した営巣地は3か所、繁殖成功率は9.4%となり、2007年に次ぐ低い記録となった。繁殖が不成功となった時期は、育雛期6か所、抱卵期3か所、造巣期7か所、造巣前13か所（推定含む）であり、産卵まで至った営巣地は例年とほぼ同じ12か所であった。一方、新たな繁殖つがいと営巣地を確認した。</p> <p>②収集した103試料のうち79試料で遺伝子の抽出に成功した。また、新たに26試料を営巣地の周辺や死亡した雛などから採集した。</p> <p>③人工巣は設置後約2か月でイヌワシに利用され、多くの巣材が巣内に搬入された。また、これまでに防雪屋根を設置した5営巣地のうち、2か所で繁殖利用が確認され、うち1か所では巣立ちが確認された。出入り支障木の除去を行った営巣地では、イヌワシの利用は見られなかった。</p> <p>④給餌対象とした2つがいとともに餌の利用が見られ、利用率は28%および41%であった。給餌つがいの繁殖活動の進展も確認され、1つがいは抱卵期まで進み、もう1つがいは巣立ちに成功した。</p> <p>⑤3か所の列状間伐地で、のべ56日間、399時間の観察を行ない、合計3回の採餌行動を確認した。</p> <p>⑥2011年は繁殖成績が極めて悪かったため、捕獲に適した雛を得られなかった。</p> <p><b>4 今後の研究方向等</b></p> <p>(1) 各営巣地の繁殖状況の把握を進めるとともに、未確認のつがいがいる可能性の高い地域についても探索調査を行う。</p> <p>(2) より広い地域を対象に遺伝子解析試料を増やすとともに、新たなマーカーの導入について検討する。</p> <p>(3) 効率的かつ安全な捕獲方法を検討する。</p>	

## 研究成果報告書 (15)

研究課題名	遺伝子解析法を用いたツキノワグマのモニタリング調査手法の開発
担 当	地球科学部 主任専門研究員 山内 貴義
<b>1 目的</b> <p>クマ類の新たな個体数推定法として、ヘア・トラップを用いた手法が欧米を中心として取り入れられており、我が国においても多くの地域で実施されている。岩手県に生息するツキノワグマの個体数推定法を確立するため、今年度は岩手県北上高地南部を広域に調査する予定であったが、東日本大震災の影響によって大規模調査が中止になった。そのため次年度以降実施する予定である「ヘア・トラップ法によるツキノワグマの生息動向と個体数推定法の開発」を実施した。これはモデル地域を設定し、個体群のトレンドを把握することを目的としている。そして継続したヘア・トラップ調査の結果を組み入れる統計シミュレーションモデルを試行し、岩手版の生息動向と個体数推定法を確立する。</p>	
<b>2 方法</b> <p>北奥羽地域(岩手大学御明神演習林)・北上高地北部地域(盛岡市外山周辺)・南部地域(遠野)にモデル地域を設定し、2011年5月下旬にそれぞれ12基、16基、16基のヘア・トラップを設置した。トラップは有刺鉄線を2本張る構造にした(図)。そしてトラップ設置後2~3週間ごとに4回の体毛回収を行った。体毛は野外で茶封筒に回収した。研究室で直ぐに30℃の恒温機で乾燥させ、分析まで-20℃で保存した。体毛は実態顕微鏡を用いて毛根の有無を確認し、毛根部分のみを1サンプルあたり30本までマイクロチューブに回収した。1トラップのサンプルで30本に満たない場合は、直ぐそばの有刺鉄線の棘から採取されたサンプルを混合して1サンプルとした。抽出はDNA Extractor FM kitを用いた。抽出したDNAは分光光度計で濃度を測定した後、マイクロサテライト部位を増幅するMultiplex PCRと、アメロゲニン部位を増幅するPCRをそれぞれ行った。北奥羽地域はG10C・G10L・G10Bと、G10P・G10X・G10Mのマーカセットを用いた。北上高地北部と南部地域は、G10C・UarMU05・UarMU23と、UamD118・UamD103・UamD2のマーカセットを用い、それぞれMultiplex PCRを実践した。フラグメント解析はABI社製Genetic Analyzer 3130xlを用い、対立遺伝子の判定はGeneScan 600 LIZ Size Standardに基づいてGeneMapper v4.0によって行った。ミスマッチの照合や再分析の方法は環境省環境研究総合推進費で開発した方法に準じた。また追加実験として上記の6座位に3座位追加して個体識別能をチェックした。つまり、北奥羽地域ではMU23・MU05・MSUT2を追加し、北上高地北部と南部地域は、UT35・G10B・G10Mを追加してそれぞれMultiplex PCRを実践した。</p>	
<b>3 結果・考察</b> <p>各地域のサンプル数、および分析成功率、個体数を表に示した。個体数は6座位と9座位とで変わらなかった。プライマーを追加しても個体数が変わらなかったことから、6座位のみでも問題なく個体識別が可能であることが明らかとなった。分析成功率は8月である第4セッションに下がったが、これは過去の研究結果から明らかとなっている。北奥羽地域の御明神演習林では、確認頭数が13頭であった。演習林では過去5年間のヘア・トラップ調査が実施されており、その結果と比較して若干少なかった。少なかった原因は今のところ不明である。また盛岡は昨年と同様に多くの個体が確認出来た。また遠野も多くの個体が確認出来た。</p>	
<b>4 今後の研究方向等</b> <p>今後は年度を跨いだ個体数推定法などの検討を行い、調査年ごとの変動をモニタリング出来るか調査する必要がある。また他のパラメータも個体群トレンドのシミュレーションモデルに組み込めるか検討していく予定である。</p>	

表 各セッションのサンプル数と遺伝子解析による個体識別後の確認頭数

北上高地南部地域(遠野)	1セッション	2セッション	3セッション	4セッション	Total
サンプル数	70	43	9	96	218
有効サンプル数	70	43	9	96	218
無効サンプル数(毛根無し)	0	0	0	0	0
分析成功サンプル数	63	29	8	68	168
個体数	6	6	3	15	23
単独個体	0	1	0	3	4
分析成功率(%)	90.00	67.44	88.89	70.83	77.06

北上高地北部地域(盛岡外山)	1セッション	2セッション	3セッション	4セッション	Total
サンプル数	8	27	62	61	158
有効サンプル数	8	27	62	61	158
無効サンプル数(毛根無し)	0	0	0	0	0
分析成功サンプル数	8	25	58	49	140
個体数(9座位でも同一)	2	6	12	13	20
単独個体(9座位でも同一)			3	1	4
分析成功率(%)	100.00	92.59	93.55	80.33	88.61

北奥羽地域(岩手大学演習林)	1セッション	2セッション	3セッション	4セッション	Total
サンプル数	23	21	10	21	75
有効サンプル数	23	21	10	21	75
無効サンプル数(毛根無し)	0	0	0	0	0
分析成功サンプル数	22	20	10	15	67
個体数(9座位でも同一)	4	6	6	8	13
単独個体(9座位でも同一)	0	0	1	2	3
分析成功率(%)	95.65	95.24	100.00	71.43	89.33

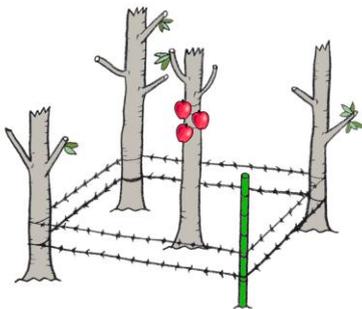


図1 ヘア・トラップ装置の模式

## 研究成果報告書 (16)

研究課題名	里山における半自然草原の生物多様性保全に関する研究
担 当	地球科学部 専門研究員 新井隆介
<h3>1 目的</h3> <p>里地里山の茅場や採草地など半自然草原における植物群落の環境や特性、成立機構を明らかにするとともに、市民活動・研究活動を通じた行政機関への提案や、民間団体・地域住民が保全活動を展開できるよう、研究成果の情報提供など保全活動の支援を行うことにより、その生物多様性の保全を図る。</p>	
<h3>2 方法</h3> <p>(1) 里地里山調査</p> <p>花巻市大迫町の火入れが行われているススキ草原と胆沢郡金ケ崎町千貫石の茅場において、2011年9月に植生調査と立地環境調査を行った。</p> <p>(2) ゴマシジミ生息地調査</p> <p>盛岡市のゴマシジミ生息地およびその周辺において、生息地保全に有効な刈取り時期を検討するため、6月下旬に刈取り実験を行った。調査は2011年6月上旬および8月下旬から9月上旬の年2回、植生調査と立地環境調査を行うとともに、花穂をつけたナガボノシロワレモコウについては、プロットごとにシュート数を計測し、全シュートの花穂数と植物高も計測した。</p>	
<h3>3 結果および考察</h3> <p>(1) 里地里山調査</p> <p>大迫町と千貫石で共通して出現したススキクラス・群団の標徴種は、ススキとミツバツチグリのみであり、その他に大迫町ではヤマハギ、オオアブラススキなど多くの種類が出現したが、千貫石ではノコンギクなど出現する種類は少なかった。</p> <p>大迫町では、約100年以上火入れが行われている場所(大迫町A)は、約40年以上火入れが行われている場所(大迫町B)に比べて、多様度指数が低く(表1、t検定：<math>p&lt;0.05</math>)、主に出現する生活型が微小地上植物(N)および半地中植物(H)、地中植物(G)のみと単純な群落構造となっていた(図1)。これは長期間継続された火入れによって、植生が単一化したためであると考えられた。</p> <p>また、千貫石では、茅場(千貫石A)は刈取りされていないススキ草原(千貫石B)に比べて、多様度指数が低く(表1、t検定：<math>p&lt;0.05</math>)、生活型では地上植物(大形地上植物(MM)、小形地上植物(M)、微小地上植物(N))の割合が低かった(図2)。これは刈取りによって木本類の生長が抑制されるとともに、ススキが密生したことにより、他の植物が侵入・定着しにくい環境となったためであると考えられた。</p> <p>(2) ゴマシジミ生息地調査</p> <p>刈取り実験を行った実験区と刈取りをしない対照区では、食草のナガボノシロワレモコウとその競合種ヨシが出現したプロットにおいて、ナガボノシロワレモコウの積算優占度の平均値が、実験前の51.47に比べて減少したが、実験区は35.19、対照区は34.49と実験区の方が少し高い傾向にあり(図2、t検定：<math>p&gt;0.05</math>)、ヨシの積算優占度の平均値は、実験区は61.30、対照区は84.12となり、実験区の方が低い傾向にあった(図2、t検定：<math>p&gt;0.05</math>)。また、花穂をつけたナガボノシロワレモコウの1シュート当たりの花穂数の平均値は各々、実験区が7.25個、対照区が14.25個であり、実験区の方が少なかった(表2、t検定：<math>p&lt;0.05</math>)。</p> <p>これらのことから、6月下旬の刈取りは、食草の競合種であるヨシの優占度が低くなった一方、ナガボノシロワレモコウの花穂数が少なくなったため、食草へのダメージが大きかったものと考えられた。</p>	

#### 4 今後の研究方向等

里地里山調査は、平成 24 年度以降も引き続き、同様の調査を他の半自然草原において行う予定としている。ゴマシジミ生息地調査は、平成 23 年度の刈取り実験は、全ての草木について刈取りを行ったことから、平成 24 年度は食草を残して刈取り実験を行い、その効果を検証したい。

表1. 里地里山調査に係る調査地の出現種数と多様度指数

	大迫町A		大迫町B		千貫石A		千貫石B	
	n=5		n=5		n=5		n=5	
	平均	標準誤差	平均	標準誤差	平均	標準誤差	平均	標準誤差
出現種数	10.40	0.24	17.00	1.48 *	14.80	0.66	18.80	0.97 *
Shannon's H <sup>ˆ</sup>	3.04	0.04	3.60	0.16 *	3.05	0.06	3.41	0.05 *

大迫町Aと大迫町B間、千貫石Aと千貫石B間における t 検定 \* $p < 0.05$

※ Shannon's H<sup>ˆ</sup> : Shannon指数 (Shannon & Weaver 1949)

表2. ゴマシジミ生息地調査に係る花穂をつけたナガボノシロワレモコウのシュート数および花穂数、植物高

調査区	花穂をつけたシュート数				花穂数		植物高	
	合計		平均 (/25 m <sup>2</sup> )		平均 (/花穂をつけた全シュート)		平均 (/花穂をつけた全シュート)	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
対照区 (n=3)	113	16	18.83	5.33	13.55	14.25 *	115.40	138.88 *
実験区 (n=3)		16		5.33		7.25		97.19

t.test \*  $p < 0.05$

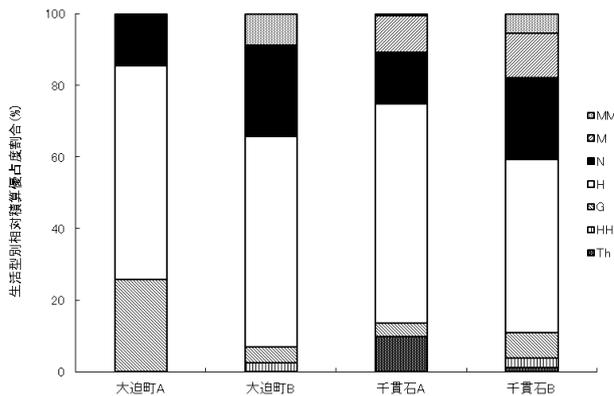


図 1. 里地里山調査に係る調査地の生活型組成

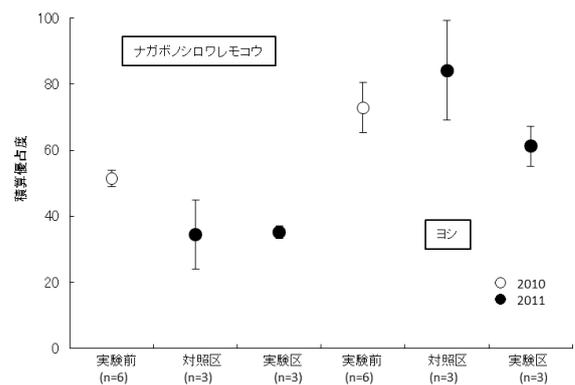


図 2. ゴマシジミ生息地調査に係るナガボノシロワレモコウとヨシの積算優占度