

宮城県中部七北田川河口域の植物に含まれる重金属元素濃度と 土壌中の重金属元素濃度

大谷真司¹、藤巻宏和¹、世良耕一郎²

¹東北大学大学院理学研究科
980-8578 宮城県仙台市青葉区青葉 6-3

²岩手医科大学サイクロトロンセンター
020-0173 岩手県岩手郡滝沢留が森 348-58

1 はじめに

科学技術の発達の一方向で環境汚染、例えば土壌や地下水汚染等が拡大している。そのため、工業地帯に限らず農地をはじめとする土壌汚染の防止と、その浄化が重要な問題になっている。本調査では宮城県中部の七北田川の河口域を利用し、自然由来の重金属元素が薄く広く蓄積した地域一体の土壌について、ファイトレメディエーションに関する調査を行った。

特定の有害元素が広く薄く分布しているような、汚染の程度が低く広範囲にわたる地域の浄化には、ファイトレメディエーションが適していると考えられる¹⁾。ファイトレメディエーションは、1)経済的であり 2)周囲の環境に対して負荷が少ない、3)長期間・広範囲な汚染浄化に対応ができる、4)浄化に必要なエネルギーは光合成によって自給できるなどのメリットがある。しかし、他方で、植物が汚染物質を吸収する速度はゆっくりで、吸収できる量はそれほど多くはないため、ファイトレメディエーションには即効性がないといった欠点もある。

2 ファイトレメディエーションと土壌中の元素

ファイトレメディエーションが本格的に調べられ始めたのはここ最近であるため、メカニズムはまだ詳細には理解されていない²⁾。植物が元素を吸収する能力は植物の種類により異なり^{3,4)}、高吸収蓄積能力を持つ植物を発見しようとするれば、非効率的ではあるが、植物と対応する元素を一つ一つ調べなくてはならない。現在、本格的な実用化のために、特定の有害元素をより多く吸収・蓄積する植物を発見する試みが盛んに行われている一方で、有害元素をより効率的に吸収することができる遺伝子組み換え植物を作ろうとする試みも盛んに行われている^{2,4)}。

土壌中の特定元素の含有量が吸収に影響を与えていることは広く知られている²⁾。しかし、土壌中の

特定元素の化学形態と植物の吸収能力との関係に焦点を当てた研究はあまり行われていない。そこで本調査では重金属に着目し、その堆積物中の化学形態が比較的良く調べられている宮城県中部の七北田川河口域で、自生している植物を利用し、植物の吸収能力と重金属の化学形態についての関係について調査し、ファイトレメディエーションによる汚染浄化の効率性を向上させることに貢献することを目指す。

3 調査地域と実験方針

本研究で調査の対象とした地域を図1に示す。そこに群生する植物中に含まれる重金属量が土壌の重金属濃度とどのような関係があるか、また植物の重金属吸収が土壌中の元素の化学形態と関係があるかを調査する。本研究では、検出された幾つかの重金属元素中を中心に、その他特徴のみられた元素について報告する。

本調査でほぼ普遍的に収集することのできたのは、シロツメグサとヨシであり、副次的にはあるが、両者の重金属元素吸収能力を評価するとともに、植物の「根」「茎」「葉」の元素集中の相違についても考察する。

4 実験方法

4.1 サンプルング

試料採集は、宮城県の七北田川河口域である高砂大橋から蒲生海岸にかけての川沿い約3kmの範囲で行った(図1)。調査地点は、川の上流から下流側にかけて地点A、B、C、D、E、F、Gの7箇所、隣り合う調査地点がほぼ同じ間隔になるようにし、2種類の植物14を採取した。土壌中の重金属元素の化学形態と植物との関係を調べることが本研究の目的であるため、植物の採取場所は辻によって調査が行われた土壌の採取場所とほぼ一致させた⁵⁾。採取した植物は「シロツメグサ」及び「ヨシ(葦)」であり、これらは七北田川河口付近において最も多くほぼ普遍的に見られた植物である。植物の生育年数などの条件も同じくしておくことが望ましいが、この条件をそろえることは非常に困難で、それぞれサイズが同じ程度のシロツメグサ、ヨシを採取した。

4.2 試料調製と分析

各地点で採取したシロツメグサおよびヨシの「根」「茎」「葉」に付着している土壌を蒸留水と超音波洗浄器で洗浄した。その後3日間それらを天日干しにした後に、「根」「茎」および「葉」に切り分け、60℃に設定したオーブンに1時間入れて乾燥させた。さらに、試料の重量をおおよそ40mg~65mgになるよう調整した。試料は硝酸と内標準物質としてInを10μg加え低温湿式灰化した。前処理をした試料に超純水を加えて、液状になるように容器を長時間かき混ぜた。その溶液をホルダーに接着したマイラー膜の上に載せ、50℃に温めておいたオーブンに入れて乾燥させ、PIXE分析に用いた。PIXE分析は従来の方法に従った^{6,7)}。

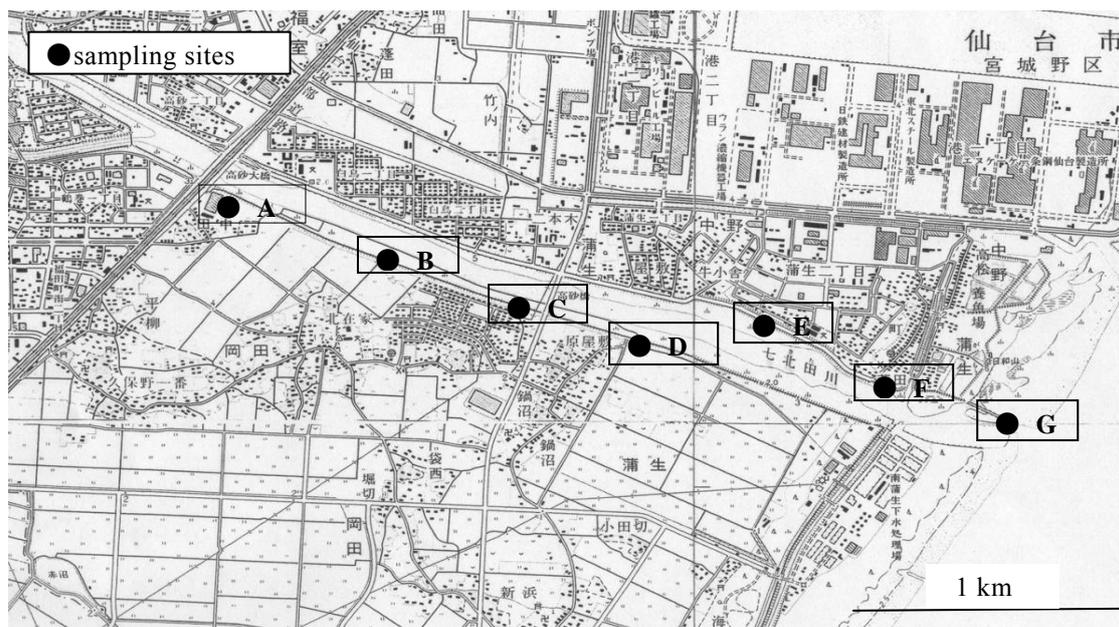


図1 調査地域（七北田川河口付近）、及び試料採取地点
 国土地理院発行 1:25,000 地形図 「仙台北北部」「仙台東南部」「塩釜」を利用

5 実験結果

5.1 植物の重金属元素含有量

土壤中に重金属元素が濃集しているのと同じくシロツメグサおよびヨシも、同じ重金属元素を含有していた。Fe、Mn、Cu、Zn、Mo、Pb および Cr、Co、As の 9 元素が認められた。ただし、Cr、Co、As は極微量であった。重金属元素は Fe、Mn、Cu、Zn、Mo、Pb の順に濃度が高く、それを表 1-6 に示した。結果を元素ごとに分かりやすくするため Fe、Mn、Cu、Zn、Mo、Pb について濃度変化を示す図を示した（表 2-7）。各図は「根」「茎」「葉」の重金属元素濃度下から順に積み重ねる形式で棒グラフを用いて表示した。特に有害な可能性の高い Pb から図について説明する。シロツメグサ中の全 Pb の濃度は地点 D と地点 F に群生していたものが最も高かった。また、地点 A や地点 C のシロツメグサもやや Pb 濃度が高かった。一方で、地点 G のシロツメグサの Pb 濃度の値が最も低かった。ヨシ中の全 Pb の濃度を地点ごとに比較すると、地点 D に群生していたヨシが最も高濃度の Pb を含有し、それに次いで地点 F および地点 A のヨシの Pb が濃度高く G での濃度が最も低かった。地点 G に生育していたヨシ中の Pb 量の値が最も低いというシロツメグサと同様の傾向が認められた。シロツメグサ中の Zn の全濃度を地点ごとに比較すると、地点 D で最も高い濃集が見られ、それ以外の地点ではほぼ同程度の値を示している。Pb と同じく地点 G のシロツメグサ中の Zn 濃度は最も低い。ヨシ中の Zn の濃度を地点ごとに比較すると、シロツメグサの傾向とはやや違いが見られ、地点 E のヨシが最も多く、地点 F のヨシがそれに続いた。地点 C のヨシが最も Zn 含有量が低く、地点 B や G に生育していたヨシの Zn 濃度の値も比較的 low かった。シロツメグサ中に含まれる Cu 含有量を地点ごとに比較すると、地点 D で最も高い値が見られた。他方で、地点 A や G のシロツメグサ中の Cu 濃度の値は比較的 low かった。また、ヨシ中の Cu の濃度を地点ごとに比較すると、地点 F および地点 D で Cu の濃集が見られた。一方地点 G や地点 C では低濃度であった。シロツメグサの Fe 濃度は、地点 D および地点 E で高く、Fe の濃集が見られ、次いで地点 A、地点 C および地点 F で同程度の値を示していた。他方で、地点 G や地点 B のシロツメグサ中に存在している Fe 濃度の値はともに低かった。また、ヨシの Fe の濃度の地点ごとの変化を比較すると、シロツメグサの傾向とは違いが見られ、地点 A のヨシがとりわけ高い値の Fe 濃度を示した。ただし、地点 D でもヨシは比較的高濃度の Fe を含有しており、これはシロツメグサと同じ傾向である。しかし

地点 B、C および地点 G において低濃度であった。シロツメグサ中の Mn 濃度は地点では極端に低い値であったが、それ以外の地点はすべて比較的高い値を示しており、大きな違いは見られなかった。ヨシの Mn の濃度は地点 E および地点 D、地点 A で高濃度である一方で、地点 G と地点 C のヨシに含まれる Mn の濃度がともに低い傾向が認められた。シロツメグサ中の Mo 濃度は地点 D で最も高い値が見られた。一方地点 C、E および地点 G のシロツメグサの Mo 濃度の値は低かった。また、ヨシの Mo 濃度はシロツメグサと同様地点 D で高濃度であった。C 地点では非常に Mo 濃度の低いヨシが認められたが、Mo 濃度の変化はシロツメグサとは違った傾向を示していた。

シロツメグサもヨシも地点 D に群生している植物中に高濃度の重金属元素が濃集しているという共通の傾向が認められた。ヨシについては地点 E や地点 F でも地点 D と同様に全体的な濃集が見られた。また、シロツメグサもヨシも元素毎に濃集の傾向に違いが見られた。

表 1 シロツメグサ及びヨシ中の Fe 濃度 (ppm)

Fe(シロツメグサ)	A	B	C	D	E	F	G
根	3504.6	1113.7	2669.0	5628.8	7869.2	3154.8	95.3
茎	121.0	316.1	612.5	750.4	871.5	442.5	32.8
葉	344.0	422.3	519.1	1868.2	950.6	358.9	42.9
合計	3969.6	1852.1	3800.6	8247.5	9691.3	3956.2	171.0
Fe(ヨシ)	A	B	C	D	E	F	G
根	8636.1	1057.8	611.9	5705.1	2613.2	4947.8	89.8
茎	38.9	41.1	25.2	128.3	47.3	251.4	30.4
葉	221.9	25.7	24.3	44.5	55.3	19.7	3.0
合計	8896.9	1124.6	661.3	5877.8	2715.8	5218.9	123.1

表 2 シロツメグサ及びヨシ中の Mn 濃度 (ppm)

Mn(シロツメグサ)	A	B	C	D	E	F	G
根	316.081	211.777	120.437	294.102	234.931	151.867	6.799
茎	26.600	33.208	67.995	35.408	42.903	34.803	4.918
葉	42.997	38.617	78.451	88.588	139.920	110.009	6.528
合計	385.678	283.602	266.884	418.099	417.754	296.678	18.245
Mn(ヨシ)	A	B	C	D	E	F	G
根	156.924	37.979	10.577	108.766	110.849	29.925	4.550
茎	3.066	16.262	3.475	44.218	28.388	25.185	4.652
葉	8.954	21.102	8.099	36.901	83.711	18.792	8.595
合計	168.943	75.344	22.151	189.885	222.947	73.902	17.797

表 3 シロツメグサ及びヨシ中の Cu 濃度 (ppm)

Cu(シロツメグサ)	A	B	C	D	E	F	G
根	18.048	48.895	40.520	108.927	50.634	101.832	8.089
茎	4.345	10.575	7.417	9.507	7.296	5.884	3.884
葉	6.652	5.122	6.628	12.952	7.400	7.855	3.041
合計	29.045	64.592	54.565	131.387	65.329	115.572	15.014
Cu(ヨシ)	A	B	C	D	E	F	G
根	10.597	9.479	4.800	22.761	6.183	28.025	2.478
茎	3.310	2.120	0.537	5.455	1.846	6.562	1.551
葉	5.329	2.580	1.314	3.424	8.692	3.045	2.075
合計	19.236	14.179	6.651	31.640	16.721	37.632	6.104

表 4 シロツメグサ及びヨシ中の Zn 濃度 (ppm)

Zn(シロツメグサ)	A	B	C	D	E	F	G
根	69.510	73.928	115.430	205.652	92.917	67.837	14.692
茎	27.321	25.163	33.699	41.576	25.302	25.186	10.912
葉	32.156	26.895	13.870	46.687	44.534	69.876	17.661
合計	128.987	125.986	162.999	293.915	162.753	162.900	43.264
Zn(ヨシ)	A	B	C	D	E	F	G
根	49.618	21.661	8.182	37.257	83.187	40.278	11.302
茎	9.304	4.210	4.917	9.062	6.024	33.591	9.407
葉	11.165	8.777	8.346	15.686	35.864	11.660	18.108
合計	70.087	34.649	21.445	62.005	125.075	85.530	38.817

表 5 シロツメグサ及びアシ中の Mo 濃度 (ppm)

Mo(シロツメグサ)	A	B	C	D	E	F	G
根	16.595	5.357	3.056	47.145	0.000	8.431	0.317
茎	8.580	38.613	1.803	34.121	2.659	7.110	0.000
葉	13.628	1.319	0.000	13.600	1.144	2.298	1.319
合計	38.804	45.290	4.858	94.866	3.803	17.840	1.637
Mo(ヨシ)	A	B	C	D	E	F	G
根	0.000	0.291	0.000	1.688	0.441	0.604	0.040
茎	0.000	0.000	0.035	0.166	0.000	1.154	0.000
葉	1.032	1.249	0.049	0.240	0.334	0.384	0.472
合計	1.032	1.540	0.084	2.093	0.775	2.143	0.512

表 6 シロツメグサ及びヨシの鉛濃度 (ppm)

Pb(シロツメグサ)	A	B	C	D	E	F	G
根	14.028	4.933	11.479	18.930	1.137	15.172	3.838
茎	0.885	1.925	0.991	2.203	2.356	5.793	0.000
葉	1.742	2.522	3.804	6.713	6.052	6.437	0.904
合計	16.655	9.380	16.273	27.846	9.544	27.402	4.742
Pb(ヨシ)	A	B	C	D	E	F	G
根	11.593	1.970	6.195	28.727	6.153	15.100	2.876
茎	3.415	1.358	2.581	3.408	0.674	1.227	0.000
葉	2.418	2.540	1.378	2.170	1.338	2.097	0.959
合計	17.426	5.868	10.153	34.305	8.165	18.424	3.835

5.2 重金属元素ごとの「根」「茎」「葉」における集中の違い

植物中に含まれていた重金属元素全体として、シロツメグサもおよびヨシも重金属元素は「根」の部位に最も多く含まれており、「茎」と「葉」ではその濃集の量に大きな違いは見られなかった(図 2-7)。ただし、ヨシについては Fe のほとんどが「根」に集中しており、「茎」および「葉」にはほとんど存在していなかった。また、Mo には、「根」よりも「茎」や「葉」の部位により多く集中しているという傾向が見られた。

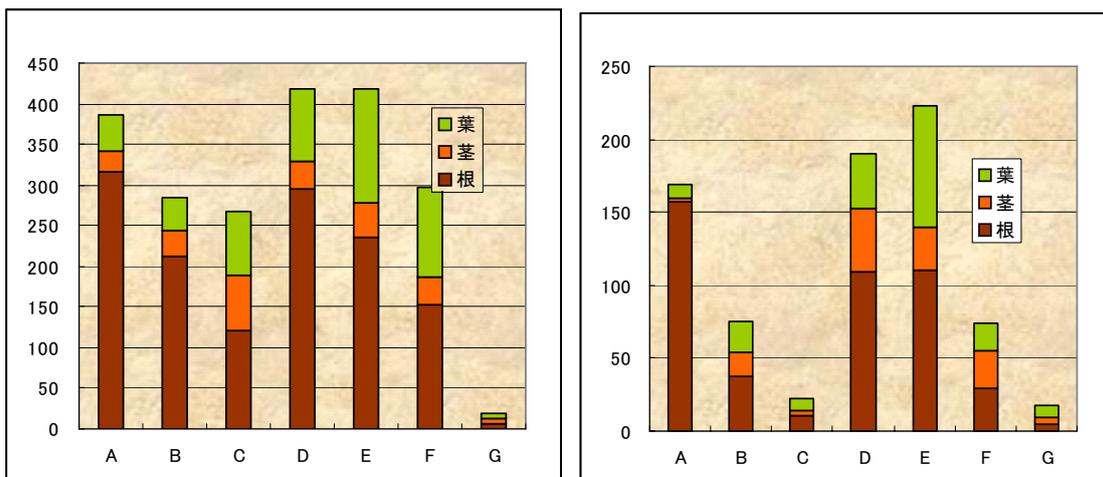


図2 A-G地点のシロツメグサ（左）とヨシ（右）の各部位のMn濃度（ppm）

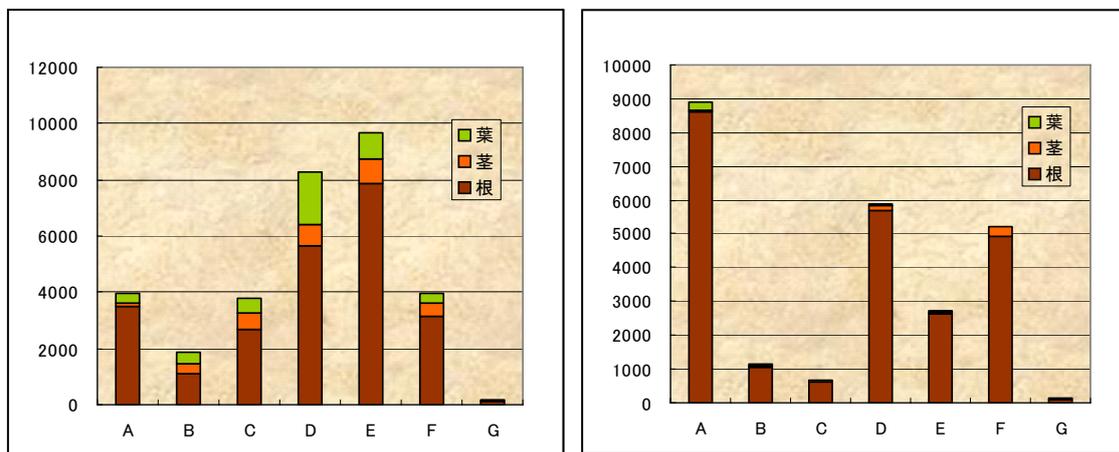


図3 A-G地点のシロツメグサ（左）とヨシ（右）の各部位のFe濃度（ppm）

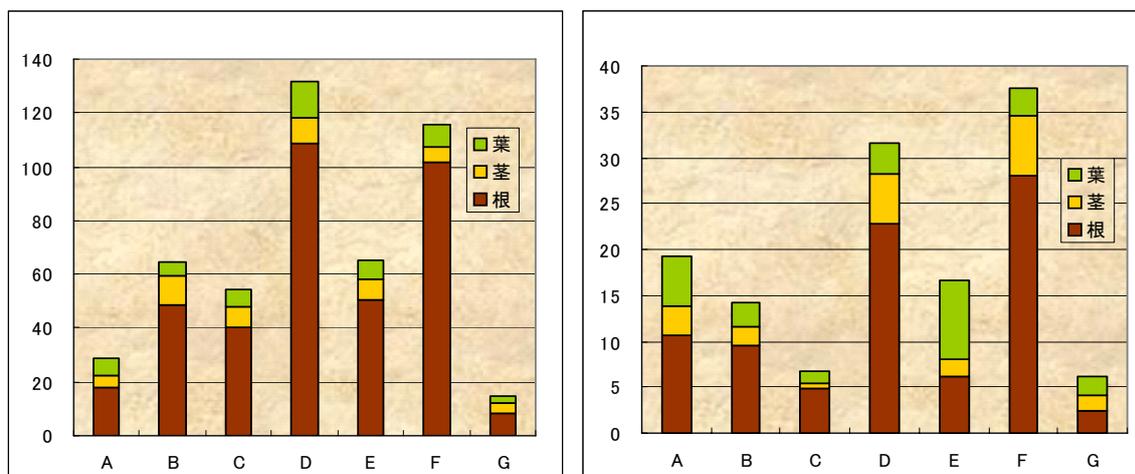


図4 A-G地点のシロツメグサ（左）とヨシ（右）の各部位のCu濃度（ppm）

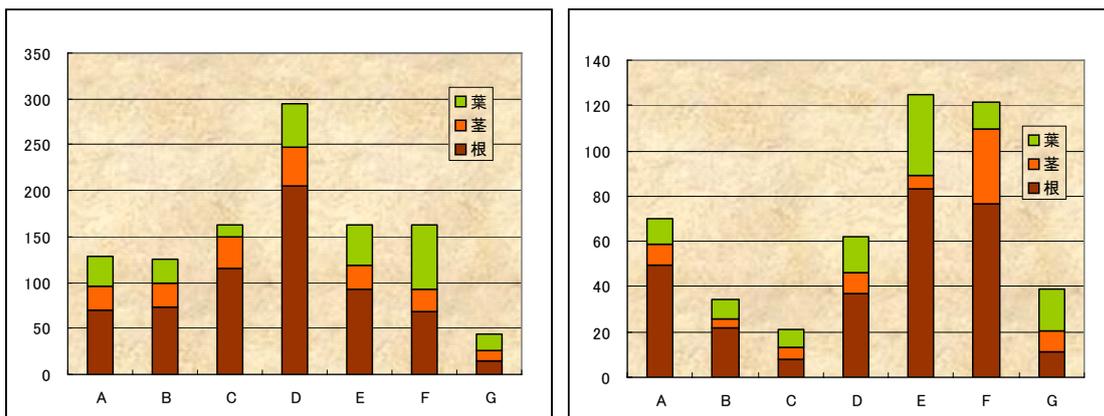


図5 A-G地点のシロツメグサ(左)とヨシ(右)の各部位のZn濃度(ppm)

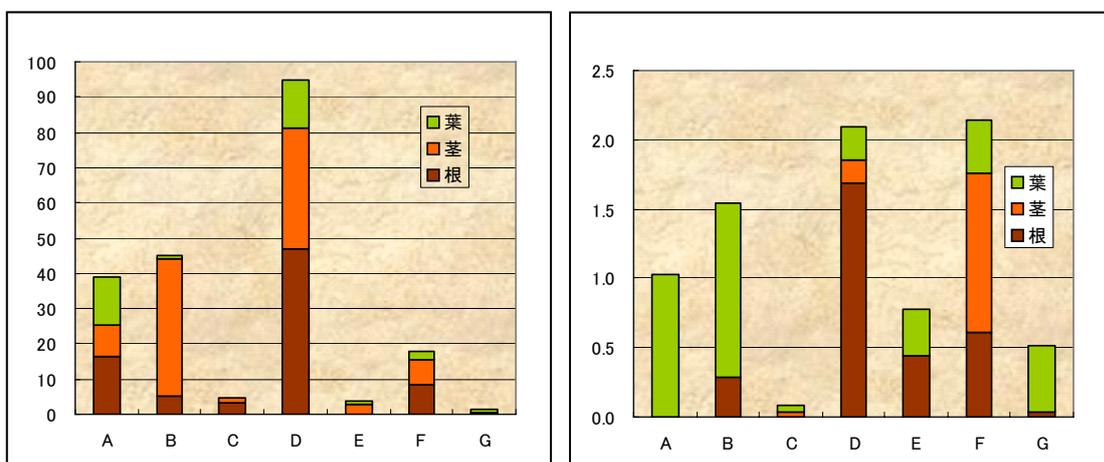


図6 A-G地点のシロツメグサ(左)とヨシ(右)の各部位のMo濃度(ppm)

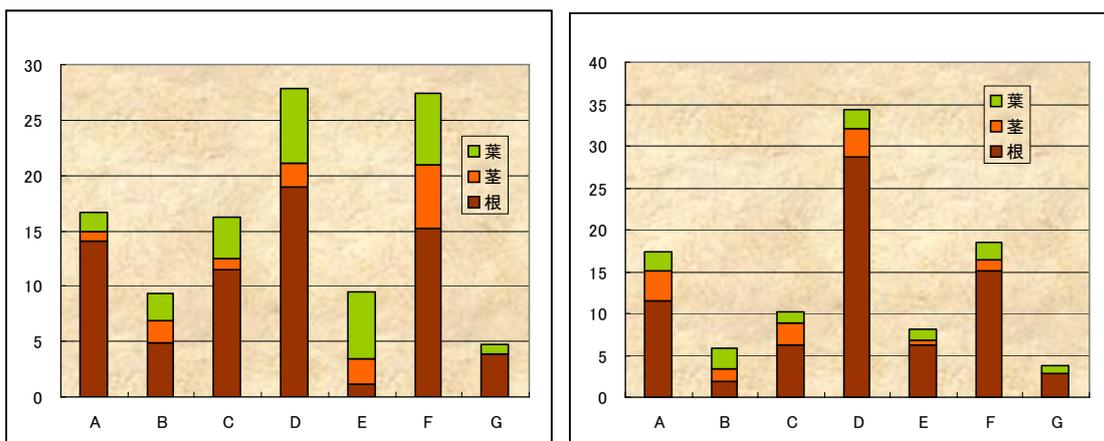


図7 A-G地点のシロツメグサ(左)とヨシ(右)の各部位のPb濃度(ppm)

6 議論

6.1 植物の重金属元素吸収能力の一般的な評価方法

植物の吸収能力を検証する際に一般的に行われているのは、ある植物が「heavy metal hyperaccumulators」(重金属蓄積植物)という植物であるかどうかという検討である。しかし現在までに「Cd」「Pb」「Ni」「Zn」等についてのみ具体的な重金属元素の吸収量および蓄積量が述べられているに過ぎない^{2,4,8)}。ここではシロツメグサもヨシも成長した時の条件等が判断できないので、両者が heavy metal hyperaccumulator であるかどうかを判断するだけのデータが無いのでこの問題については触れられない。

植物が吸収した元素は「根」「茎」「葉」のどの部分に集中して蓄積されるかも問題であるが、一般的には「根」に蓄積される量が多いと言われている⁹⁾。本研究でも検出された重金属元素の大部分が根に存在していた。ただし、Mo については、吸収された Mo は「根」よりも「茎」や「葉」により多く集中しているという異なった傾向が見られた。Mo は植物のたんぱく質合成に深く関与しており、また、たんぱく質は主に光合成により葉緑体により合成される。したがって、「根」よりも葉緑体組織が多く存在する「葉」および「茎」に Mo が集中していたと考えられるが、正確な原因についてはさらに考察を要する。

6.2 Zn, Cu, Mn の吸収

シロツメグサとヨシ中の各元素濃度を、過去に研究されている7種類の植物について、土壌中の Zn、Cu、Mn 含有量と植物中の Zn、Cu、Mn 総含有量との比をそれぞれ比較した⁹⁾。条件が異なるので比較の意義は無いであろうが見かけ上、江島によるススキやオオバコ、セイタカアワダチソウなどがどれも土壌中の Mn、Cu、Zn 濃度の5倍から1倍以下程度しか濃集していないのに対して、シロツメグサもヨシもそれらの値を上回る濃度比であった⁹⁾。

シロツメグサおよびヨシ以外の植物の間では、「ススキ」が土壌に対して比較的高濃度で Zn を吸収・蓄積しており、植物中の濃度は土壌中の2.4倍程度であった。しかし、シロツメグサおよびヨシの Zn 濃度は、それぞれ土壌の濃度の7.1倍、2.6倍程度であることから、特にシロツメグサが土壌に対して非常に高濃度で Zn 金属を吸収・蓄積していた。今回の調査場所である七北川河口付近では、塩水楔の発達による重金属元素の濃集が確認されており⁵⁾、土壌に含まれる重金属元素に対応して特定の植物が群生すること⁹⁾から、シロツメグサおよびヨシが高い Zn 金属の吸収能力を備えているとも考えられる。ただし、シロツメグサとヨシの Zn 吸収・蓄積能力に大きな相違が見られるが、これは、重金属元素の吸収および蓄積される量は植物の種類ごとに異なることが要因となっているためであると予想される³⁾⁴⁾。

同様に Cu および Mn についても、他の植物と比べてシロツメグサおよびヨシが、土壌に対して非常に高濃度で Cu や Mn を吸収していた。この現象についても Zn と同様、土壌そのものに元素の濃集があったためであろう。

6.3 土壌中の元素の形態と植物による吸収

土壌中に存在している重金属元素の絶対量が、植物の重金属元素の吸収・蓄積量に影響を与えている要因の一つである²⁾。しかし、それだけでは本調査で認められたことを説明できないため、他にも植物の重金属元素の吸収・蓄積能力に重要な影響を及ぼしている要因があると考えられる。七北田川河口部の土壌中の重金属元素は分別溶解法で、weakly-bound (exchangeable) phase (吸着態) や carbonatic phase (炭酸塩態)、oxidizable phase (酸化物態、硫化物態)、residue (残差) などの様々な形態で存在しており⁵⁾、重金属元素の絶対量以外にも、重金属元素の存在形態が植物の重金属元素の吸収・蓄積に大きく影響を及ぼしていると予想される。以下では、土壌中での Pb 金属の存在形態がシロツメグサおよびヨシの吸収・蓄積能力にどのような影響を与えているのかを検討する。

辻に従って各地点の土壌中の Pb 全量と粘土鉱物への吸着態 (図 8)、と「炭酸塩態」と「酸化物態」(図 9) として存在している Pb の量をそれぞれ示す⁵⁾。同様に、「硫化物態」および「残渣 (強い結合)」(図 10) として存在する Pb 量を示す。土壌中の Pb の絶対量と図 7 に示した植物の Pb 吸収量との間に

良い相関を認めることはできなかったが、粘土鉱物への吸着態として存在している土壤中の Pb の量とシロツメグサ及びヨシによる Pb の吸収量との間にはある程度の正の相関を示す傾向が認められた。土壤中に存在していた Pb の絶対量は、他の地点と比べて相対的に微小であったことから、土壤中の全 Pb 含有量よりも、吸着態である Pb の形態がシロツメグサ及びヨシの Pb 吸収量により影響を与えていると考えられる。各地点に群生しているシロツメグサ及びヨシによる Pb の吸収量と、土壤中の吸着態として含まれている Pb 濃度との相関性を図 11 に示した。これらの図から、粘土鉱物への「吸着態」量が増加するに伴い、シロツメグサもヨシもともに Pb 含有量が増加するという正の相関が見られる。それぞれ相関係数は 0.78、0.85 である。同様の表示を炭酸塩態および酸化物態、硫化物態、残差として存在している Pb の量とシロツメグサ及びヨシによる Pb の吸収量についておこなっても何の相関性も認められない。他方で、吸着態としての Pb 量は、シロツメグサ及びヨシによる Pb の吸収量に強く影響していることが予想される。このことからシロツメグサに吸収され、蓄積される Pb 量は、土壤中で Pb が粘土鉱物に吸着されている状態で存在している量にある程度影響を受けていると考えられる。植物が体内に元素を取り込む際、元素は水に溶けた状態で吸収されるということと関係があると思われる。ヨシの Pb 吸収にもシロツメグサと同様の傾向があると。

比較のため、土壤中の Cu の存在量および存在形態が、Cu の吸収に与える影響を検討する。前述した結果から、地点 D や地点 F に群生しているシロツメグサ中に Cu は多量に吸収されており、逆に地点に群生している植物中にはあまり見られない。一方で、地点 D の土壤中 Cu 濃度は非常に低い。しかし、図 12 に示したようにシロツメグサによる Cu の吸収量と土壤中で吸着態として存在している Cu の量との間にある程度の相関がある。Cu についても Pb と同様、土壤中における Cu の存在量よりも存在形態が、シロツメグサおよびヨシによる Cu の吸収量に影響している可能性があると考えられる。

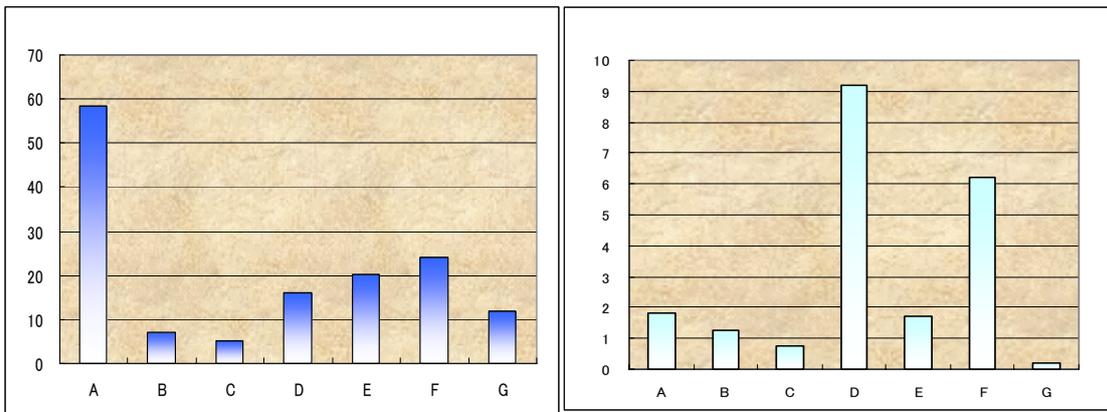


図 8 A-G 地点の全 Pb 量 (左) と吸着態 (右) の Pb 濃度 (ppm) ⁵⁾

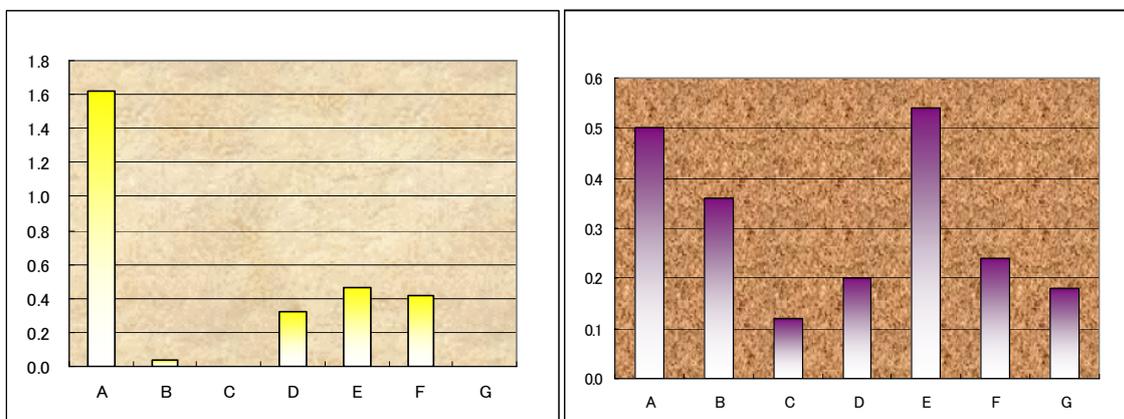


図 9 A-G 地点の炭酸塩態 (左) と酸化物態 (右) の Pb 濃度 (ppm) ⁵⁾

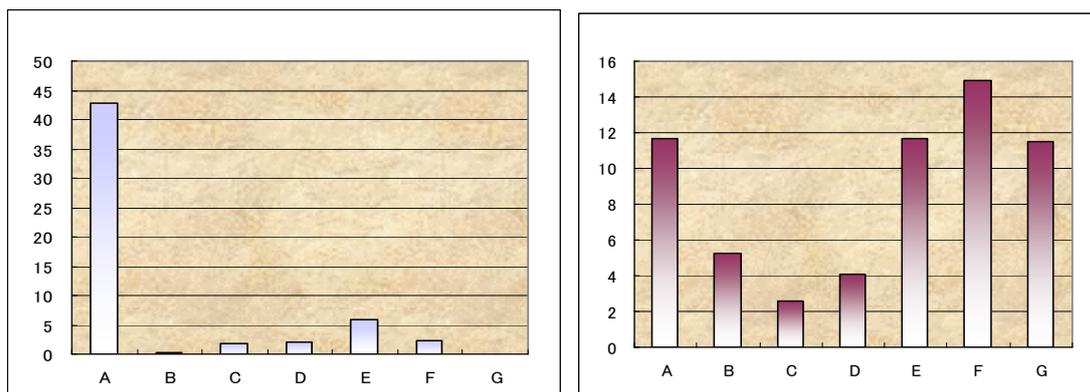


図10 A-G地点の硫化塩態（左）と残差中の（右）のPb濃度（ppm）⁵⁾

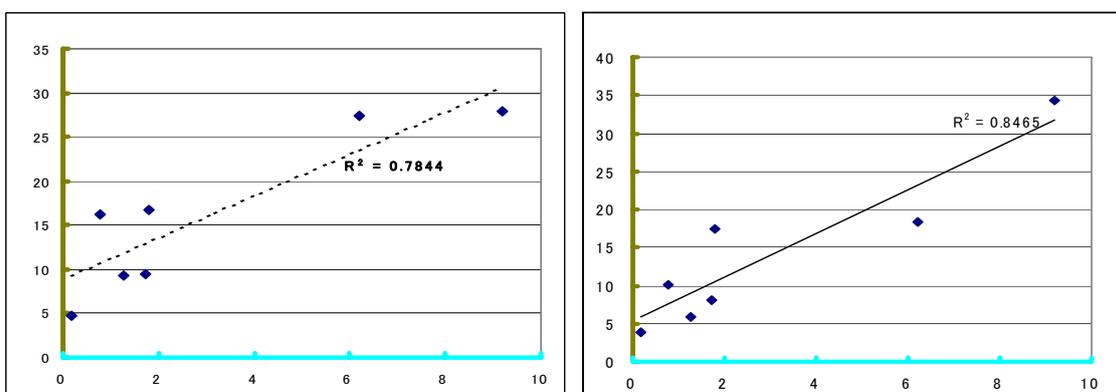


図11 吸着態としてのPb量(縦軸)とシロツメグサ(左)とヨシ(右)のPb含有量

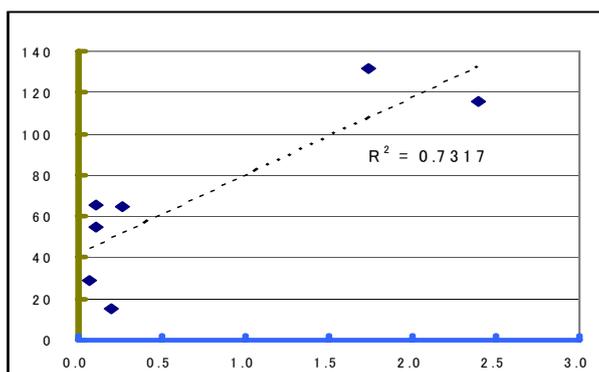


図12 土壌中の吸着態としてのCu量(縦軸)とシロツメグサのCu含有量

7 結論

七北田川河口域では土壌中に重金属元素が広く薄く含まれているが⁵⁾、その地域に群生するシロツメグサ及びヨシは重金属元素をやや多く吸収している。シロツメグサ及びヨシのZn、Mn、Cu含有量は土壌中の含有量に対し大きな値であった。しかしPbの量比は小さく、Pbは吸収されにくいと思われる。植物に吸収された重金属元素は例外はあるものの「根」「茎」「葉」のうち根の部位に最も集中しやすい

ように思える。植物に吸収された各重金属の絶対濃度と、土壌中に存在する重金属の絶対濃度の間には明瞭な相関関係は認められないが、粘土鉱物への吸着態として存在している重金属濃度と植物中に吸収される重金属濃度はわずかな正の相関関係を示していた。したがって、植物が吸収する重金属量は、土壌中に存在する重金属の絶対量よりも、吸着態として存在している重金属濃度を反映している可能性が大きいと予想され、ファイトレメディエーションの研究には重金属元素の化学形態に注目する必要があると考えられる。

謝辞

本調査を進めるにあたり、PIXE 分析について岩手医科大学サイクロトロンセンターにお世話になりました。記して謝意を表します。

引用文献

1. I.D.Pulford and C.Watson: Phytoremediation of heavy metal contaminated land by trees—a review, *Environment International*, Volume 29, Issue 4, 529–540, (2003).
2. F. J. Ager, M.D.Ynsaa, J.R.Domínguez-Solisb, C.Gotorb, M.A. Respaldizaa and L.C.Romerob: Cadmium localization and quantification in the plant *Arabidopsis thaliana* using micro-PIXE”, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 189, 1-4, 494–498, (2002).
3. Singh O.V, Labana S, Pandey G, Budhiraja R, Jain R.K: Phytoremediation: an overview of metallic ion decontamination from soil, *Appl. Microbiol. Biotechnol*, 61, 405–412, (2003)
4. Zuzana Fischerová, Pavel Tlustoš, Jiřina Száková and Kornelie Šichorová: A comparison of phytoremediation capability of selected plant species for given trace elements, *Environmental Pollution*, 144, 93–100 (2005)
5. 辻 律人:七北田川河口域の堆積物に関する環境化学的研究, MS, 東北大卒論 (2005)
6. Sera, K. and S. Futatsugawa,: A few approaches to remove ambiguous factors in X-ray spectrum analysis, *Int. J. PIXE*, 3, 283-294 (1993).
7. Sera, K. and S. Futatsugawa,: Personal computer aided data handling and analysis for PIXE, *Nuel. Instrum. Meth. Phys. Res.*, B.109-110, 99-104, (1996).
8. Baker A.J.M, McGrath S.P, Reeves R.D, Smith J.A.C: Metal hyperaccumulator plants : a review of the ecology and physiology of a biological resource for phytoremediation of metal –polluted soils, In Terry N and Banuelos, G. (Eds): *Phytoremediation of Contaminated Soils and Water*. Lewis Publishers CRC, Boca Raton, 85–107. (2000)
9. 江島 穰: 平成 16 年度 理科教育に関する研究Ⅲ : 土壌中の金属と植生 —土壌中の金属と植物の関係を調べる—, 琵琶湖博物館研究紀要, 第 47 集, 163-174 (2005)

Heavy metal concentrations of clover and reed collected from Nanakita river mouth area, central Miyagi prefecture, Japan and their relationships to heavy metal abundances in the soil

M. Ohtani¹, H. Fujimaki¹ and K. Sera²

¹Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Sciences, Tohoku University
6-3 Aoba, Aoba-ku, Sendai, Miyagi 980-8578, Japan

²Cyclotron Research Center, Iwate Medical University
348-58 Tomegamori, Takizawa, Iwate 020-0173, Japan

Abstract

Heavy metal concentrations (Zn, Cu, Fe, Mn, Mo, Pb) of clover and reed collected from Nanakita river mouth area, central Miyagi prefecture, were measured by PIXE. The heavy metal abundances and their chemical characteristics of the investigated area were previously reported. The purpose of this study is to reveal how much those plants accumulate heavy metals in their bodies and how the chemical characteristics of the heavy metals in the soil have influence on the heavy metal accumulation of the plants. We are also targeting to contribute to phytoremediation that will be dominant method to clean up contaminated soil in near future.

The heavy metals mostly accumulated in the roots of the plants and both stems and leaves have much less heavy metals than their roots. Although total abundances of heavy metals of respective plant depend on the abundances of the heavy metals in the soil, this tendency cannot be recognized in all the samples and elements. Chemical characteristics seem important. According to the previous research, each heavy metal consists of four fractions as follows: absorbed heavy metal to clay mineral (exchangeable phase), easily decomposed heavy metal by weak acid (carbonatic phase), oxidizable heavy metal by oxidizing reagent (oxidizable phase) and heavy metal phase decomposed by strong-acid (residue). The heavy metal abundances of the plant seem to be correlated with the amount of exchangeable phase. In order to precede the study of phytoremediation, the chemical characteristics of the heavy metals could be of vital importance.

Keywords: phytoremediation, heavy metal, PIXE, acid digestion method, adsorption form, clay minerals