

武蔵村山市伊奈平の比留間運送廃棄物処理 場周辺における微量元素分布に関する報告

東京農工大学 環境毒性学研究室

1. 無機試料に関する概略

武蔵村山市伊奈平の比留間運送産廃処理工場周辺の側溝汚泥と土壌中の微量元素濃度を Table 1 に示し、その元素濃度を基にした EF 値を Table 2 に示す。

EF 値の観点から、比留間側溝土壌試料(Sample 12)は他の試料と比較して、Zn と Se を除き、EF 値が軽度の汚染から汚染無しとみなされる数値であった。土壌中に普遍的に存在する元素種である Al と Fe 濃度に着目した場合、Sample 12 の Al 濃度は 13 試料のなかで最も濃度が高く、Fe 濃度は Sample 4 に次いで、高濃度であった(Table 2)。また、Sample 12 の Fe の EF 値は 13 試料のなかで最も低い値であった。本結果から、Sample 12 の比留間側溝土壌は概して、一般的な土壌と同程度のレベルであることが考えられた。一方で、この Sample 12 において、Zn の EF 値は強い汚染、Se の EF 値は汚染は明らかな汚染に分類される値であった。Sample 12 は汚染のレベルが他試料よりも低いことが示されたものの、Zn と Se については人為的な汚染が生じていることが示唆された。Se については、検出限界値未満となった Sample 9 から 11 および Sample 13 を除く試料においては、すべて明らかな汚染がみとめられる EF 値を超過しており、Sample 1 においては強い汚染、Sample 8 においては非常に強い汚染が認められた。くわえて、Zn については Sample 12 以外の試料ではすべて、非常に強い汚染に分類される EF 値であった。本 2 種の元素については採取した比留間運送周辺の無機試料に人為的な汚染をもたらしている代表的な元素種であることが示唆され、Zn については特に重篤な人為的な汚染が生じていることが示唆された。

強毒性元素のうち、Pb は検出限界値未満となった Sample 12 を除き、Sample 1, 8, 9 および 10 で強い汚染、Sample 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11 と 13 では非常に強い汚染に分類される EF 値であった。また、同じく強毒性元素である Cd についても、Sample 12 では検出限界値未満となったものの、Sample 9 で明らかな汚染、Sample 1, 8 と 10 で強い汚染、Sample 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11 と 13 では非常に強い汚染に分類される EF 値であった。Cu についても検出限界値を上回ったすべての試料(Sample 3, 4, 5, 6, 7, 11 と 13)で非常に強い汚染に分類される EF 値がみとめられた。類似した傾向は Sn についてもみとめられ、検出限界値を上回った試料では強い汚染(Sample 3, 6 と 13)または非常に強い汚染(Sample 4, 5, 7 と 11)に分類される汚染がみとめられた。これらの元素についても比留間運送周辺の無機試料に対して、人為的な強い汚染が生じていることが EF 値の観点から示唆された。

分析に用いた試料のうち、半数以上の試料で明らかな汚染または強い汚染に分類される EF 値がみとめられた元素としては、Ca, Cr, Co, Sr, Y, La と Gd が該当した(Table 2)。これ

らの元素についても、採取地周辺での人為的な汚染が生じている可能性が支持された。

これらの分析された濃度をもとに、標準化した後にヒートマップ解析を行った(Fig. 1)。ヒートマップ解析からは、濃度の高低が色の濃淡で可視化され、濃い赤色のものが高濃度、薄い色ほど低濃度となり、白色が最も低濃度の分類となる。また、縦軸に元素濃度を基にしたクラスタリング、横軸に地点ごとの元素分布状況をもとにしたクラスタリングがなされ、分岐点間の距離が近いほど、類似した分布挙動を示すことを意味している。

Fig. 1 より、地点間のクラスターは 2 つに大別され、全体的に分析された元素の濃度が高いグループ(Sample 1, 3, 4, 5, 6, 7, 12 と 13)と低いグループ(Sample 2, 8, 9, 10 と 11)で表された。高濃度グループに分類された Sample 1, 3, 4, 5, 6, 7, 12 と 13 では EF 値の観点において、Sample 12 を除く試料で明らかな汚染から非常に強い汚染に分類される数値を示した Cu, Zn, Cd, Sn や Pb 濃度が Sample 12 を除き、Sample 2, 8, 9 や 10 と比較して高いことが支持されていた(Fig. 1)。以上のヒートマップ解析と EF 値の結果から、Sample 1, 3, 4, 5, 6 や 7 といった、分析された元素の濃度が高かった試料群は、概して、他試料よりも人為的な元素流入が強いことが支持され、同一地点内においても人為的汚染の程度に差がみられることが示唆された。

EF 値の観点から、人為的汚染が危惧された元素のうち、Ca, Sr, Cd, Ba と Pb については類似した分布挙動がみとめられ、とくに、共に強毒性元素である Cd と Pb については同一のクラスター内に分類された。Cd と Pb については同一の由来源を有することが統計解析から支持された。

また、Zn と Sn についても互いに同一のクラスターを形成しており、さらに Cu が Zn と Sn のクラスターに隣接する位置にプロットされていた。これら 3 種の元素についても、類似した起源を有することが統計解析から支持された。Zn と Sn については共にめっきに用いられることが知られている元素種であり、類似した用途が元素分布にも影響を与えたと考えられる。また、Cu, Zn と Sn のクラスターは Ca, Sr, Cd, Ba と Pb のクラスターと隣接しており、これらの発生源が類似していることがヒートマップ解析から、支持された。また、Ca, Sr, Cd, Ba と Pb および Cu, Zn と Sn については、Sample 1, 3, 4, 5, 6, 7 と 13 以外に、試料ごとでのクラスターとしては汚染の懸念が低いグループに分類された Sample 11 においても Sample 1, 3, 4, 5 と 13 と同程度の濃度であることが示された。以上の結果より、Ca, Sr, Cd, Ba と Pb および Cu, Zn と Sn については類似した由来源のもと、分析された試料の半数以上に分布していたことが示唆された。

分析された元素の濃度が高かった試料群のなかで、Sample 12 は唯一、Ca, Cu, Zn, Sr, Sn, Ba, Cd と Pb といった元素群の濃度が低濃度であったものの、Ga, Al, V, Se, Fe や Mn 濃度が高い傾向にあった。これは Sample 12 において、Se の EF 値が明らかな汚染に分類されていたことと一致した。しかし、Sample 12 は Sample 1, 3, 4, 5, 6, 7 と 13 と比較して、Al, V, Mn, Fe, Ga と Se 以外の元素濃度は低い傾向にあり、他の高濃度試料群とは異なる特徴が示唆された。ヒートマップ解析の試料群のクラスタリングの結果から、Sample 12 も人

為的な元素流入が生じていることが示唆されたものの、Sample 12 に影響をおよぼした要因、すなわち Al, V, Mn, Fe, Ga と Se の流入源は他の元素とは異なることが示唆された。

2. 植物中の元素濃度に関する概略

2023 年 2 月に比留間運送産業廃棄物処理場周辺で採取された針葉樹(T1 および T3)と広葉樹(T2)の葉における微量元素濃度を Table 3 から Table 5 に示す。概して、T2 および T3 と比較して、T1 における元素濃度は低い傾向にあった。同一地点内においても、樹木の生える位置といった要因によって、汚染の影響度が異なり、とくに、T1 と比較して、T2 や T3 における汚染の影響度が高いことが示唆された。

無機試料において、汚染が懸念された元素について、Ca, Zn, Sr, Se と Ba については T2 で T1 や T3 よりも高濃度で蓄積していた。一方で、Cu, Cd, Sn と Pb については T3 で T2 よりも高濃度で蓄積していた。とくに、Ca, Zn, Sr と Ba については、T2 において、T1 より、有意に高濃度であった($p < 0.05$, Dunn-test)。また、Cd については、T1 で T2 よりも有意に高濃度であった($p < 0.05$, Dunn-test)。これらの元素については、針葉樹と広葉樹での蓄積特性の違いが反映されたことが考えられる。一方で、Cu, Sn と Pb については、T3 で T1 よりも有意に高濃度であり、同種間で有意差が確認された($p < 0.05$, Dunn-test)。Cu, Sn と Pb については、本研究地の汚染負荷が高い樹木において、元素濃度が全体的に高濃度であった樹木で高かったことから、樹種特有の蓄積特徴以外の影響を受けていたことが考えられる。また、Se については、木本被子植物中の濃度参考値(Se: $0.029 \mu\text{g/g d.w.}$; Bowen, 1979)をすべての試料において、超過していた。本種間での Se 濃度には有意差がみられず、樹種の違いや試料間での分布差がないことが考えられ、本調査地を全体的に汚染している元素種であることが考えられた。

2023 年 2 月に採取された樹木の葉中に含まれる元素濃度をもとにしたヒートマップ解析の結果を Fig. 2 に示す。同一個体の葉はそれぞれクラスターを形成しており、各個体間で異なる元素分布特徴を有することが示唆された。T1 と T3 では Mg, Al, K, Mn, Co, Rb, Y, Cd と Cs が共通して T2 よりも高濃度で蓄積している特徴が示唆された。これらの元素のうち、Al, K と Co を除く元素は T1 において、T2 よりも有意に高濃度であった($p < 0.05$, Dunn-test)。ゆえに、これらの元素は概して、針葉樹で蓄積しやすい元素であることが示唆された。一方で、Na, Ca, Zn, Se, Sr, Ba, ^{155}Gd と Bi については、広葉樹の T2 で針葉樹の T1 と T3 よりも高濃度で蓄積している特徴が示唆された。これらの元素のうち、Se と Bi を除く元素は、T2 において T1 よりも有意に高濃度であった($p < 0.05$, Dunn-test)。これらの元素は、概して、広葉樹において蓄積および分布しやすい元素であることが示唆された。しかし、広葉樹で蓄積しやすいことが示唆された元素には、Zn や Se といった無機試料において、汚染が懸念されていた元素種が含まれていた。Zn や Se については、本調査地の広葉樹の植樹位置をはじめとした別の要因も関与していた可能性も考えられる。

試料番号 T3 のみで高濃度であった元素種は、Li, V, Cr, Fe, Ni, Cu, Ga, As, Mo, Sn, Sb,

La, Ce, ^{157}Gd と Pb となった. これらの元素のうち, Ni と Mo については, 広葉樹の T2 と比較して, 針葉樹の T3 で有意に高濃度であり($p < 0.05$, Dunn-test), これらの元素については, 汚染の影響以外に, 種間差による影響を受けていた可能性も考慮される. 一方で, Li, V, Cr, Fe, Cu, Ga, As, Sn, Sb, Ce, ^{157}Gd と Pb については T3 において T1 よりも有意に高濃度であり($p < 0.05$, Dunn-test), 同種間で蓄積性に違いがみとめられた. 種間差の影響がないことを考慮すると, これらの元素については, 植林地ごとの影響が反映されていることが考えられ, これらの元素について, 植物に対する汚染が生じていることが懸念される. とくに, Cu, Sn と Pb については無機試料においても, 汚染が懸念されていた元素であり, 本結果から, 生物と無機試料の双方が影響を受けている元素であることが示唆された.

3. 参考文献

Bowen, H.J.M. 1979. 環境無機化学 元素の循環と生化学. 博友社, 東京都, pp. 369.

Table 1 2024 年 2 月に東京都武蔵村山市伊奈平で採取された比留間運送産廃処理工場周辺の側溝汚泥と土壌中の 34 元素濃度(μg/g d.w.)

ID	⁷ Li	²³ Na	²⁴ Mg	²⁷ Al	³⁹ K	⁴³ Ca	⁵¹ V	⁵² Cr	⁵⁵ Mn	⁵⁷ Fe	⁵⁹ Co	⁶⁰ Ni	⁶³ Cu	⁶⁶ Zn	⁷¹ Ga	⁷⁵ As	⁸² Se	⁸⁵ Rb
sample1(柵側溝泥)	11.8	341	4990	19500	1290	5230	46.2	71.9	493	33700	17.9	<0.0004	<0.005	2190	6.20	4.35	2.77	14.4
sample2(柵側溝泥)	3.03	116	2010	10300	329	3480	23.8	26.0	356	17000	9.16	<0.0004	<0.005	2140	2.82	2.32	0.649	4.48
sample3(柵側溝泥)	6.97	199	4690	19500	602	5860	49.1	51.3	655	27300	21.7	<0.0004	745	1980	5.71	6.7	1.30	7.50
sample4(柵側溝泥)	7.96	294	3690	18800	689	7060	45	78.3	656	46600	19.6	<0.0004	971	3380	5.43	7.49	0.755	7.96
sample5(柵側溝泥)	8.28	256	4160	15000	553	7940	32.8	55.5	469	34400	13.6	<0.0004	774	3350	4.3	4.6	1.08	6.46
sample6(柵側溝泥)	14.9	436	5460	27000	1460	8510	58.6	96.9	678	36400	37.2	<0.0004	926	4290	7.81	8.76	1.90	19.7
sample7(柵側溝泥)	6.89	349	4330	15400	851	24000	29.1	50.2	418	22000	28.7	<0.0004	800	4800	4.47	7.77	1.22	10.8
sample8(柵側溝泥)	5.19	98.8	2730	6990	376	4860	15.3	18.7	232	22200	8.31	<0.0004	<0.005	395	2.06	2.68	1.82	4.04
sample9(柵側溝泥)	6.16	155	3850	9050	500	6170	19.3	40.1	287	21300	4.91	<0.0004	<0.005	416	2.56	2.24	<0.00001	5.13
sample10(柵側溝泥)	16.0	181	5520	12900	751	11000	25.6	24.2	450	20700	7.01	<0.0004	<0.005	626	3.05	2.56	<0.00001	6.37
sample11(比留間側溝泥)	<0.00006	172	2550	9720	416	8930	19.1	26.7	254	17100	6.40	<0.0004	615	2460	2.19	2.49	<0.00001	3.19
sample12(比留間側溝土壌)	5.97	<0.003	4180	38800	376	1740	117	35.1	698	41900	16.3	<0.0004	<0.005	593	10.8	3.15	2.32	8.63
sample13(2・3ゲート側溝)	6.82	283	3700	13900	568	6790	27.4	45.9	729	39500	11.3	<0.0004	668	2050	3.87	4.71	<0.00001	5.51

ID	⁸⁸ Sr	⁸⁹ Y	⁹⁵ Mo	¹¹¹ Cd	¹¹⁵ In	¹¹⁸ Sn	¹²¹ Sb	¹³³ Cs	¹³⁷ Ba	¹³⁹ La	¹⁴⁰ Ce	¹⁵⁵ Gd	¹⁵⁷ Gd	¹⁹⁵ Pt	²⁰⁵ Tl	Pb	²⁰⁹ Bi
sample1(柵側溝泥)	71.6	18.3	<0.0007	2.06	<0.003	<0.0007	<0.0007	1.47	182	20.2	25.8	6.47	5.55	<0.001	<0.005	125	<0.004
sample2(柵側溝泥)	50.6	25.2	<0.0007	3.62	<0.003	<0.0007	<0.0007	0.71	147	11.7	11.0	4.12	3.49	<0.001	<0.005	205	<0.004
sample3(柵側溝泥)	96.6	37.9	<0.0007	7.58	<0.003	10.3	<0.0007	1.14	214	24.1	18.9	7.93	6.50	<0.001	<0.005	361	<0.004
sample4(柵側溝泥)	106	24.7	<0.0007	7.83	<0.003	17.3	<0.0007	0.871	245	22.7	18.1	5.06	3.62	<0.001	<0.005	339	<0.004
sample5(柵側溝泥)	108	19.1	<0.0007	5.96	<0.003	22.6	<0.0007	0.722	225	29.2	13.6	9.82	8.53	<0.001	<0.005	266	<0.004
sample6(柵側溝泥)	157	36.7	<0.0007	25.7	<0.003	15.3	<0.0007	3.17	292	29.3	28.0	8.19	6.55	<0.001	<0.005	569	<0.004
sample7(柵側溝泥)	303	20.5	<0.0007	53.9	<0.003	30.5	<0.0007	1.76	437	11.7	13.7	3.66	2.39	<0.001	<0.005	1070	<0.004
sample8(柵側溝泥)	49.8	4.31	<0.0007	0.533	<0.003	<0.0007	<0.0007	0.402	246	<0.004	7.91	<0.0009	<0.0009	<0.001	<0.005	43.6	<0.004
sample9(柵側溝泥)	64.6	6.32	<0.0007	0.477	<0.003	<0.0007	<0.0007	0.450	98.1	8.57	9.59	4.41	4.09	<0.001	<0.005	40.9	<0.004
sample10(柵側溝泥)	96.6	7.75	<0.0007	1.10	<0.003	<0.0007	<0.0007	0.440	123	<0.004	10.1	<0.0009	<0.0009	<0.001	<0.005	70.3	<0.004
sample11(比留間側溝泥)	110	7.71	<0.0007	14.3	<0.003	9.56	<0.0007	<0.002	189	21.2	8.38	16.1	15.6	<0.001	<0.005	320	<0.004
sample12(比留間側溝土壌)	33.5	15.4	<0.0007	<0.00008	<0.003	<0.0007	<0.0007	1.19	111	8.88	19.8	3.06	2.72	<0.001	<0.005	<0.005	<0.004
sample13(2・3ゲート側溝)	160	20.3	<0.0007	2.12	<0.003	7.93	<0.0007	0.507	202	25.9	12.3	13.1	12.2	<0.001	<0.005	116	<0.004

Table 2 2024 年 2 月に東京都武蔵村山市伊奈平で採取された比留間運送産廃処理工場周辺の側溝汚泥と土壌中の 34 元素濃度を基に算出した EF 値(5 < EF < 20: 緑色; 20 < EF < 40: 黄色; 40 < EF: 赤色)

ID	⁷ Li	²³ Na	²⁴ Mg	²⁷ Al	³⁹ K	⁴³ Ca	⁵¹ V	⁵² Cr	⁵⁵ Mn	⁵⁷ Fe	⁵⁹ Co	⁶⁰ Ni	⁶³ Cu	⁶⁶ Zn	⁷¹ Ga	⁷⁵ As	⁸² Se	⁸⁵ Rb
sample1(柵側溝泥)	2.35	0.242	3.59	1.00	0.734	4.23	1.41	6.65	2.75	3.29	6.18	N.C.	N.C.	189	1.53	3.30	30.5	1.22
sample2(柵側溝泥)	1.14	0.156	2.74	1.00	0.355	5.33	1.37	4.55	3.75	3.15	5.99	N.C.	N.C.	350	1.32	3.34	13.5	0.720
sample3(柵側溝泥)	1.39	0.141	3.37	1.00	0.343	4.74	1.50	4.74	3.65	2.67	7.49	N.C.	203	171	1.41	5.09	14.3	0.637
sample4(柵側溝泥)	1.64	0.216	2.75	1.00	0.407	5.93	1.42	7.51	3.79	4.72	7.02	N.C.	275	303	1.39	5.90	8.63	0.701
sample5(柵側溝泥)	2.14	0.236	3.89	1.00	0.409	8.35	1.30	6.67	3.40	4.37	6.10	N.C.	274	377	1.38	4.54	15.5	0.713
sample6(柵側溝泥)	2.14	0.223	2.84	1.00	0.600	4.97	1.29	6.47	2.73	2.57	9.28	N.C.	182	268	1.39	4.80	15.1	1.21
sample7(柵側溝泥)	1.74	0.314	3.94	1.00	0.613	24.6	1.12	5.88	2.95	2.72	12.5	N.C.	276	526	1.40	7.47	17.0	1.16
sample8(柵側溝泥)	2.88	0.196	5.48	1.00	0.597	11.0	1.30	4.83	3.60	6.05	8.00	N.C.	N.C.	95.3	1.42	5.68	56.0	0.957
sample9(柵側溝泥)	2.64	0.237	5.97	1.00	0.613	10.8	1.27	7.99	3.44	4.49	3.65	N.C.	N.C.	77.5	1.36	3.67	N.C.	0.939
sample10(柵側溝泥)	4.82	0.194	6.00	1.00	0.646	13.5	1.18	3.38	3.79	3.06	3.66	N.C.	N.C.	81.8	1.14	2.94	N.C.	0.818
sample11(比留間側溝泥)	N.C.	0.245	3.68	1.00	0.475	14.5	1.17	4.95	2.84	3.35	4.43	N.C.	336	427	1.08	3.79	N.C.	0.543
sample12(比留間側溝土壌)	0.598	N.C.	1.51	1.00	0.108	0.708	1.79	1.63	1.95	2.06	2.83	N.C.	N.C.	25.8	1.34	1.20	12.8	0.368
sample13(2・3ゲート側溝)	1.91	0.282	3.73	1.00	0.454	7.71	1.17	5.96	5.70	5.42	5.47	N.C.	255	249	1.34	5.02	N.C.	0.656

ID	⁸⁸ Sr	⁸⁹ Y	⁹⁵ Mo	¹¹¹ Cd	¹¹⁵ In	¹¹⁸ Sn	¹²¹ Sb	¹³³ Cs	¹³⁷ Ba	¹³⁹ La	¹⁴⁰ Ce	¹⁵⁵ Gd	¹⁵⁷ Gd	¹⁹⁵ Pt	²⁰⁵ Tl	Pb	²⁰⁹ Bi
sample1(柵側溝泥)	3.78	4.51	N.C.	36.2	N.C.	N.C.	N.C.	1.55	3.04	4.98	2.84	7.98	6.84	N.C.	N.C.	37.6	N.C.
sample2(柵側溝泥)	5.06	11.8	N.C.	120	N.C.	N.C.	N.C.	1.42	4.65	5.46	2.29	9.62	8.15	N.C.	N.C.	117	N.C.
sample3(柵側溝泥)	5.11	9.35	N.C.	133	N.C.	23.2	N.C.	1.21	3.58	5.94	2.08	9.78	8.02	N.C.	N.C.	109	N.C.
sample4(柵側溝泥)	5.81	6.32	N.C.	143	N.C.	40.4	N.C.	0.955	4.25	5.81	2.07	6.47	4.63	N.C.	N.C.	106	N.C.
sample5(柵側溝泥)	7.42	6.12	N.C.	136	N.C.	66.2	N.C.	0.992	4.89	9.36	1.95	15.7	13.7	N.C.	N.C.	104	N.C.
sample6(柵側溝泥)	5.99	6.54	N.C.	326	N.C.	24.9	N.C.	2.42	3.52	5.22	2.23	7.29	5.83	N.C.	N.C.	124	N.C.
sample7(柵側溝泥)	20.3	6.40	N.C.	1200	N.C.	87.0	N.C.	2.36	9.25	3.65	1.91	5.72	3.73	N.C.	N.C.	408	N.C.
sample8(柵側溝泥)	7.34	2.97	N.C.	26.1	N.C.	N.C.	N.C.	1.19	11.5	N.C.	2.43	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	36.6	N.C.
sample9(柵側溝泥)	7.36	3.36	N.C.	18.0	N.C.	N.C.	N.C.	1.02	3.53	4.55	2.28	11.7	10.9	N.C.	N.C.	26.5	N.C.
sample10(柵側溝泥)	7.72	2.89	N.C.	29.2	N.C.	N.C.	N.C.	0.703	3.11	N.C.	1.68	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	32.0	N.C.
sample11(比留間側溝泥)	11.7	3.81	N.C.	504	N.C.	43.2	N.C.	N.C.	6.34	10.5	1.85	39.8	38.6	N.C.	N.C.	193	N.C.
sample12(比留間側溝土壌)	0.890	1.91	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	0.632	0.932	1.10	1.10	1.90	1.69	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
sample13(2・3ゲート側溝)	11.9	7.02	N.C.	52.2	N.C.	25.1	N.C.	0.752	4.73	8.96	1.90	22.7	21.1	N.C.	N.C.	49.0	N.C.

EF<2: 汚染無し
2<EF<5: 軽度の汚染
5<EF<20: 明らかな汚染
20<EF<40: 強い汚染
40<EF: 非常に強い汚染

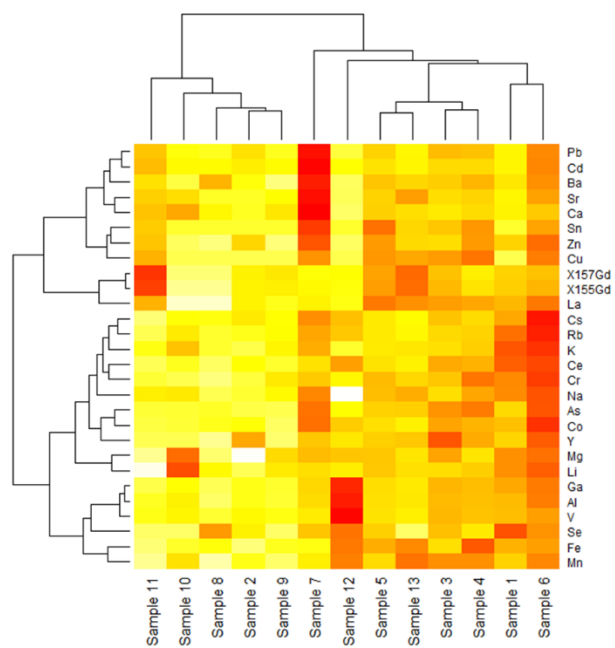


Fig. 1 2024 年 2 月に東京都武蔵村山市伊奈平で採取された比留間運送産廃処理工場周辺の側溝汚泥と土壌中の 34 元素濃度を基にしたヒートマップ

Table 3 2024 年 2 月に比留間運送産業廃棄物処理場の周辺で採取された針葉樹林(試料番号 T1)の葉における 34 元素濃度(μg/g d.w.)

SampleID	Li	Na	Mg	Al	K	Ca	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Se	Rb	Sr	Y	Mo	Cd	In	Sn	Sb	Cs	Ba	La	Ce	¹⁵² Gd	¹⁵⁷ Gd	Pt	Ti	Pb	Bi	
T1A	<0.0007	<0.0972	1,240	522	2,980	958	0.133	<0.00419	194	90.1	0.166	0.298	4.49	<0.130	<0.00456	<0.000254	0.283	8.52	6.63	0.850	0.562	0.188	<0.00251	<0.00266	0.108	0.0499	4.78	0.105	0.0559	<0.000709	<0.000693	<0.00497	<0.0415	0.358	<0.00425	
T1B	<0.0007	<0.0972	1,090	490	2,800	916	0.154	<0.00419	178	102	0.167	0.298	4.60	<0.130	<0.00456	<0.000254	0.292	7.59	6.25	1.14	0.556	0.187	<0.00251	<0.00266	0.124	0.0499	4.79	0.0827	0.0721	<0.000709	<0.000693	<0.00497	<0.0415	0.353	<0.00425	
T1C	<0.0007	5.89	1,400	558	3,520	1,040	0.171	0.132	199	110	0.219	0.612	4.76	<0.130	<0.00456	<0.000254	0.163	10.2	7.00	1.38	0.840	0.187	<0.00251	<0.00266	0.144	0.0637	5.19	0.266	0.151	0.0409	<0.000693	<0.00497	<0.0415	0.427	<0.00425	
Average concentration (μg/g d.w.)	-	5.89	1,250	523	3,100	971	0.153	0.132	190	101	0.184	0.403	4.62	-	-	-	0.246	8.77	6.63	1.12	0.653	0.201	-	-	0.125	0.0545	4.92	0.131	0.093	0.0409	-	-	-	0.459	-	-
SD	0	0	131	27.8	303	51.5	0.0155	0	8.96	8.18	0.0248	0.148	0.111	-	-	-	0.0588	1.08	0.366	0.217	0.132	0.0186	-	-	0.0147	0.0651	0.191	0.0536	0.0415	0	-	-	-	0.0720	-	-
RSD(%)	0	0	10.5	5.31	9.75	5.30	10.2	0	4.71	8.12	13.5	36.8	2.40	-	-	-	23.9	12.3	4.62	19.3	20.3	9.28	-	-	11.8	11.9	3.88	40.9	44.7	0	-	-	-	16.4	-	-
MAX	<0.0007	5.89	1,400	558	3,520	1,040	0.171	0.132	199	110	0.219	0.612	4.76	<0.130	<0.00456	<0.000254	0.292	10.2	7.00	1.38	0.840	0.227	<0.00251	<0.00266	0.144	0.0637	5.19	0.266	0.151	0.0409	<0.000693	<0.00497	<0.0415	0.353	<0.00425	
MIN	<0.0007	<0.0972	1,090	490	2,800	916	0.133	<0.00419	178	90.1	0.166	0.298	4.49	<0.130	<0.00456	<0.000254	0.163	7.59	6.25	0.85	0.556	0.187	<0.00251	<0.00266	0.108	0.0499	4.78	0.0827	0.0659	0.0409	<0.000693	<0.00497	<0.0415	0.358	<0.00425	
n	0	1	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	0	0	0	3	3	3	3	3	3	0	0	3	3	3	3	3	3	1	0	0	0	3	0

Table 4 2024 年 2 月に比留間運送産業廃棄物処理場の周辺で採取された広葉樹林(試料番号 T2)の葉における 34 元素濃度(μg/g d.w.)

Sample ID	Li	Na	Mg	Al	K	Ca	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Se	Rb	Sr	Y	Mo	Cd	In	Sn	Sb	Cs	Ba	La	Ce	¹⁵² Gd	¹⁵⁷ Gd	Pt	Ti	Pb	Bi	
T2A	0.0898	66.4	664	81.4	2,400	4,520	0.229	0.197	21.5	176	0.145	0.146	5.81	91.8	<0.00456	<0.000254	0.251	2.79	43.6	0.246	<0.00424	0.124	<0.00251	0.183	0.294	<0.00207	38.9	0.0961	0.858	0.188	<0.00693	<0.00497	<0.0415	2.64	0.281	
T2B	<0.0007	27.2	695	74.8	1,920	5,190	0.167	0.184	24.2	143	0.150	<0.00091	5.62	66.4	<0.00456	<0.000254	0.395	1.95	46.6	0.324	<0.00424	0.105	<0.00251	<0.00266	0.302	<0.00207	39.5	0.0829	0.0887	0.178	<0.00693	<0.00497	<0.0415	2.57	<0.00425	
T2C	0.101	47.3	695	94.2	2,800	4,020	0.214	0.271	20.5	179	0.176	0.164	6.02	81.8	0.0261	0.102	0.383	2.99	42.3	0.481	0.227	0.123	<0.00251	<0.00266	0.349	<0.00207	34.3	0.0958	0.0991	0.172	0.0245	<0.00497	<0.0415	2.34	0.0427	
Average concentration (μg/g d.w.)	0.0954	47.0	684	83.5	2,370	4,580	0.208	0.217	22.1	166	0.157	0.155	5.82	80.0	0.0261	0.102	0.316	2.58	44.2	0.35	0.227	0.117	-	0.183	0.315	-	57.6	0.0916	0.0912	0.179	0.0245	-	-	2.52	0.162	
SD	0	16.0	14.2	8.05	360	479	0.0264	0.0883	1.56	16.3	0.0136	0	0.163	10.4	0	0	0.0595	0.451	1.80	0.0977	0	0.00873	-	0	0.0243	-	2.32	0.0615	0.0571	0.00660	0	-	-	0.128	0	
RSD(%)	0	34.1	2.07	9.65	15.2	10.5	13.0	17.6	7.08	9.85	8.66	0	2.81	13.1	0	0	18.8	17.5	4.08	27.9	0	7.44	-	0	7.70	-	4.04	6.72	6.26	3.68	0	-	-	-	5.09	0
MAX	0.101	66.4	695	94.2	2,800	5,190	0.229	0.271	24.2	179	0.176	0.164	6.02	91.8	0.0261	0.102	0.395	2.99	46.6	0.481	0.227	0.124	<0.00251	0.183	0.349	<0.00207	39.5	0.0961	0.0991	0.188	0.0245	<0.00497	<0.0415	2.64	0.281	
MIN	<0.0007	27.2	664	74.8	1,920	4,020	0.167	0.184	20.5	143	0.145	<0.00091	5.62	66.4	<0.00456	<0.000254	0.251	1.95	42.3	0.246	<0.00424	0.105	<0.00251	<0.00266	0.294	<0.00207	34.3	0.0829	0.0858	0.172	<0.00693	<0.00497	<0.0415	2.34	<0.00425	
n	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	1	1	3	3	3	3	1	3	0	1	3	0	3	3	3	3	3	1	0	0	3	2

Table 5 2024 年 2 月に比留間運送産業廃棄物処理場の周辺で採取された針葉樹林(試料番号 T3)の葉における 34 元素濃度(μg/g d.w.)

Sample ID	Li	Na	Mg	Al	K	Ca	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Se	Rb	Sr	Y	Mo	Cd	In	Sn	Sb	Cs	Ba	La	Ce	¹⁵² Gd	¹⁵⁷ Gd	Pt	Ti	Pb	Bi
T3A	0.281	17.8	683	470	2,300	1,490	0.453	0.448	70.2	283	0.167	0.622	10.3	41.1	0.0571	0.134	0.202	3.03	10.6	0.998	1.52	0.185	<0.00251	0.523	0.782	<0.00207	6.04	0.200	0.236	0.0782	0.0613	<0.00497	<0.0415	5.11	<0.00425
T3B	0.327	33.9	942	554	2,990	1,560	0.421	0.490	73.9	258	0.178	1.09	8.61	37.9	0.0563	0.151	0.154	4.29	10.5	0.817	2.61	0.187	<0.00251	0.476	0.641	0.0351	5.65	0.184	0.212	0.0721	0.0559	<0.00497	<0.0415	3.87	0.0357
T3C	0.402	45.1	942	595	3,360	2,160	0.694	0.710	75.4	417	0.271	1.12	16.2	52.1	0.0776	0.200	0.166	3.96	15.5	1.37	2.27	0.324	<0.00251	0.698	1.02	<0.00207	8.92	0.326	0.359	0.113	0.0832	<0.00497	<0.0415	7.14	0.0737
Average concentration (μg/g d.w.)	0.337	32.3	856	540	2,910	1,740	0.523	0.549	73.2	319	0.205	0.944	11.7	43.7	0.0637	0.162	0.174	3.76	12.2	1.06	2.13	0.232	-	0.566	0.814	0.0351	6.87	0.237	0.249	0.0878	0.0668	-	-	5.37	0.0637
SD	0.0499	11.2	122	52.0	400	301	0.122	0.115	2.19	69.8	0.0466	0.228	3.25	6.08	0.00986	0.0280	0.0204	0.533	2.33	0.230	0.455	0.0651	-	0.0955	0.156	0	1.46	0.0635	0.0644	0.0180	0.0118	-	-	1.35	0
RSD(%)	14.8	34.7	14.3	9.64	13.7	17.3	23.3	20.9	2.99	21.9	22.7	24.2	27.8	13.9	15.5	17.3	11.7	14.2	19.1	21.7	21.3	28.0	-	16.9	19.2	0	21.2	26.8	23.9	20.5	17.7	-	-	25.1	0
MAX	0.402	45.1	942	595	3,360	2,160	0.694	0.710	75.4	417	0.271	1.12	16.2	52.1	0.0776	0.200	0.202	4.29	15.5	1.37	2.61	0.324	<0.00251	0.698	1.02	<0.00207	8.92	0.326	0.359	0.113	0.0832	<0.00497	<0.0415	7.14	0.0737
MIN	0.281	17.8	683	470	2,300	1,490	0.421	0.448	70.2	258	0.167	0.622	8.61	37.9	0.0563	0.134	0.154	3.03	10.5	0.817	1.52	0.185	<0.00251	0.476	0.641	<0.00207	5.65	0.184	0.212	0.0721	0.0559	<0.00497	<0.0415	3.87	<0.00425
n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2

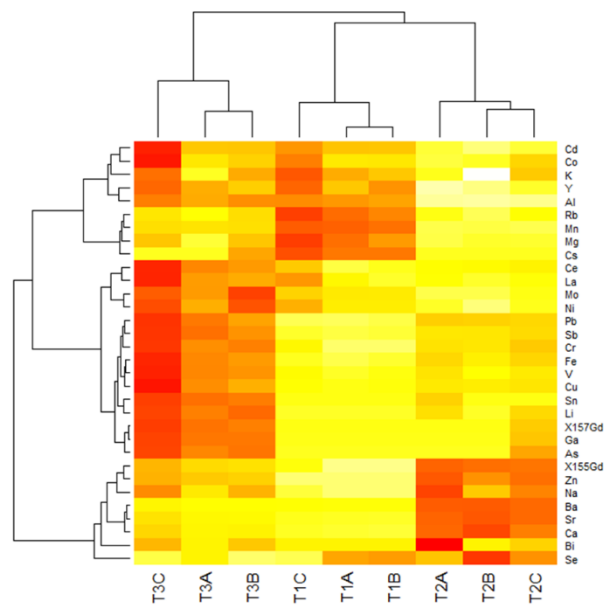


Fig. 2 2024年2月に東京都武蔵村山市伊奈平で採取された比留間運送産廃処理工場周辺の針葉樹(T1とT3)と広葉樹(T2)の葉中の34元素濃度を基にしたヒートマップ