

令和元年6月19日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06932

研究課題名（和文）希少金属類の経済的回収をめざした最終処分場都市鉱山化への方策

研究課題名（英文）Measures for urban mining of final disposal site aiming at economic recovery of rare metals

研究代表者

香村 一夫（Kamura, Kazuo）

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：10434383

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：地球上の資源は有限である。よって、消費・廃棄された資源を回収し再利用することは持続可能な社会をつくるために必須である。わが国は工業が盛んで多様な金属類から家電製品をつくり、製品の多くは、使用後、処分場に廃棄された。しかし、リサイクル法制定以前に埋立てられた処分場の浸出水にはメタル類はほとんど検出されない。本研究では、埋立層に含まれる「レアメタル」に焦点をあて、それらの含有量と化学形態を明らかにした。さらに、濃集ゾーンを特定する非破壊手法を確立するとともに、埋立層に含まれるレアメタルを物理的に濃縮する方法を検討した。資源の少ない日本では、埋立層からのレアメタル回収は国家戦略といえる課題である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究から、埋立年代・含有金属の種類・それらの濃度とその賦存形態、埋立層内の金属濃集ゾーンを3次元的にピンポイントで特定する探査・解析技術、掘削物の物理的選鉱・濃縮技術および有用金属類の抽出技術、等が明らかとなる。これらの研究は従来ほとんどなされていなかった。そして、～を総合して検討することにより、検討対象とする最終処分場埋立層がいわゆる「都市鉱山」として有望か否か？の回答を得ることが可能となる。リサイクル社会が構築される以前に、使用済みで地下に葬られた金属資源は莫大な量である。これらを工学的視点から捉え、的確なリサイクルをめざすことは、わが国にとって、重要な資源戦略となりうる。

研究成果の概要（英文）：The earth has finite natural resources. Therefore, recovering and reusing resources that were consumed and discarded is essential for creating a sustainable society. Japan is an industrial country, making home appliances from various metals, and many of the products were disposed of at landfill sites. However, metals are seldom detected in the leachate of landfills that were reclaimed before the enactment of the recycling law. In this study, we focused on the rare metals contained in the landfills and clarified their contents and chemical forms. Furthermore, we established a nondestructive method to identify the concentrated zone, and examined a method to physically concentrate rare metals contained in the landfills. In Japan, where resources are scarce, recovery of rare metals from landfills is a national strategy.

研究分野：地圏環境学

キーワード：最終処分場 都市鉱山 レアメタル メタル濃集ゾーン 強制分極法 物理的濃縮技術

1.

(1) 1998 72015>, 6b 78e
 KZ> 68c1br>q)(11gZIS>, Gb
 DStgZSg)(bgcb5 8M>KK>b
 (1pe 5 8c1L>2/GbG
 TIKZ24b>5.8c1PEC8g
 BKZ8GKS>

(2) @ c p f & n > m
 b s t n m
 > j

2. 2b

Mb2(cw7H6>WZ>2IS2(GpKMGe)F
 KCSu8r6 >, 2E> q)(11w5KZwbG
 TMG6 >GGa >E 5 (bg76Mb0 >
 b 7HM2 b6 >Gppb 5 8 T
 M2 b6 T I6Z S >, GGa >3708b8>)M0
 b98 T 8 T KS >

3. 2b2

2E >Xdbq)(P1KZ8b 0/WZ 8 T > T eMXb
 q)(16ZS)0 M>, Gb>DQj>a >F1
 F5 b 5 >, b gS bggc OKSdb
 g 6 >b T pb5 T T W6WS >, b
 T 1 gM >
 / 1 F b

block	landfill period	area(m ²)	depth (m)	landfill capacity (x10 ³ m ³)	main disposal materials
F1	1982-1988	3,750	3.5	10	ash, sludge, construction waste material (concrete, etc.)
F2	1988-1990	3,750	6.0	13	ash, sludge, construction waste material (concrete, etc.)
F3	1990-1995	7,800	6.0	32	ash, sludge, plastic
F4	1995-2000	7,800	6.0	32	ash, sludge, plastic
F5	2001-2009	11,790	6.0	53	ash, sludge, construction waste material (gypsum board)

(1) 

(□ □ 0q□ K SQvKS >E >Ez8□
2AWZ(I□ >(HGvKS 0q (□ KS >,0q 1g 74>g4□
(OKS□ >4KS >,pb55 □ >ICP-AES /(8Z KS >,I□ >□
9855 wM0qK >0qpb□ >ICP-MS /(8Z □
KS >,pb 5 □ bge >32>□ Tessier et al., 1979>8ZOKS >,

(2) 

gb□ H□ 85m26MG□ □
6□ >,bSu□ 99KS >,
q 
5r □ >55□ 4:1, 3:2, 2:3, 1:4 □ KS 4 b0qK >9/WS >rS >□
(b0qX8Zv >(□ □ 2mm b(34KS 0q 9jKS >□
9c >0q H□ >4 Xb7S0b7b□ >88g□
KS >,KZ 0.3Hz >g 3Hz b7vMG□ >□ (PFE)K
S >rS 7K KS >M□ >0q8Sc >wKZ>□ >□
IP w5b6b6v0a KS >,

□ 

gIB 7M□ wM□ F2 □ 9KS >,74(c□
K >7KS >□ 6□ 40m b)z □ 4 4(K>□ 10mm
b□ 7□ >5)z45(Pb)08(□ >B□ 7v7>g
7)7□ KS >,767xc□ 1m>77x7Kc□ 1□ 8 KS >, 0MG□
□ >□ 7KS >,

(3) 

5 
EKS g0q□ 8Z >54E544E5(8>5.8b)0□
sS>, 4E5Sb0q4E5b0q 4P04K >pbz0□ □ ICP-MS
(/ 8Z □ KS>,

4. 2bB□

(1) 

□ E□ □ 0q pbzbw5□ 2 gM >,/c >qw
5> 100 mg / kg b□ V3KZ>□ >b0q>Ew5□ >q□
w5>g0q(X□ 0Iz8□ >,
I□ >8Z >g □ 0q p5□ >(5>□ p bw5b□
)>KZ >4w5KZbgb0a0sS >,)□ >1 c4w5□

	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Sr	Ba	La	Ce	Nd	Dy
F1												
Av.	1150	300	2185	1185	H	359	260	1863	H	H	H	H
Max.	1395	958	5199	1509	H	788	276	3548	H	H	H	H
Num. of Sample	4	6	6	6	4	6	4	4	4	4	4	4
F2												
Av.	781	105	105	1477	295	1004	445	2021	H	33	H	H
Max.	1309	465	4065	2810	1610	7710	2140	5443	H	155	H	H
Num. of Sample	21	26	26	26	21	26	21	21	21	21	21	21
F3												
Av.	888	128	300	1315	138	3934	334	435	H	H	104	H
Max.	1334	489	753	2145	267	14924	435	983	H	H	313	H
Num. of Sample	5	12	12	12	5	12	5	5	5	5	5	5
F4												
Av.	881	676	189	1814	93	5479	441	4573	85	60	300	151
Max.	2157	3256	286	3929	168	17008	842	16820	128	123	489	520
Num. of Sample	4	11	11	11	4	11	4	4	4	4	4	4
F5												
Av.	792	H	171	1108	H	5836	269	742	627	1178	262	H
Max.	1411	H	315	1852	H	17987	421	3590	3589	6325	1389	H
Num. of Sample	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
									H	Content <100 (mg/kg)		

K **Zw6GgM** $> / \square 3 \text{ c} > \square \text{b0q} \square \text{E} \square \text{w} \square \text{58S} \square$
gKZ8 $> , \text{F3} \square$ **b Ni** $> \text{F4} \square$ **b V, Ni, Ba, Dy** $> \text{F5} \square$ **b Ni, La, Ce,**
Nd b) \square **1 MgKS** $> , \text{rS} > \text{F5} \square \text{w} \square \text{58Z0IS}$ **Ce b \square**
\square **1 MgKS** $> , \text{F5} \square$ **La, Ce, Nd b \square \text{w} \square \text{58Z0}** $> \text{F4} \square \text{b} \square$
Dy b \square \text{w} \square $> , \text{Dy} \text{ c} \square \square$ $> \text{Nd} \text{ c} \square$ $> \square$
0 \square > \square $> \square \text{Z8} \square$ $> ,$
 $/ \square 3 \square$

	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Sr	Ba	La	Ce	Nd	Dy
F1	<0.01	0.68	0.02	<0.01	H	0.03	H	0.56	H	H	H	H
F2	<0.01	0.33	0.02	0.01	0.70	0.76	0.52	0.88	H	0.15	H	H
F3	<0.01	0.35	<0.01	<0.01	0.12	1.46	0.11	0.16	H	H	0.49	H
F4	<0.01	2.33	<0.01	0.02	0.07	1.67	0.20	2.67	0.20	0.12	0.77	2.18
F5	<0.01	H	<0.01	<0.01	H	1.76	0.10	0.57	5.65	6.15	2.19	H

(2)

F5 $\square \text{E} \square \text{O} \square \square$ $> \square$ $1 > \square .7 > \square .45 \text{m} \text{ G} \square > \square$ **b 5 8** **bgK**
S $> , \text{b} \square \text{c} \square$ **\square** $\square > ,$
Cr, Ba, Nd, Pb $\square > \square \text{b} \square \text{q} \square \text{8Z}$ **g** \square (residual) $\square \square \square$ $> , \text{Cu} \square \square \square$
\square (organic matter) $\square \square \square$ (Residual) $\square \square \square$ $> \square \text{La, Ce} \square \square \square$ $\square \square \square$ **Fe-Mn**
oxide $> \square \square$ $> \square \square$ **g** $\square \square \square \square$ $> , \text{Mn, Co, Ni, Sr, Zn} \square \square$
K $\square \square \square \square$ $> ,$
F5 \square **b 0 \square** **8Z** $> \square \square$ **1m G** \square **K** $> \square \text{b} \square \text{O} \square \square \square$ $> , \square$
b) \square $> \square \text{83} \square \square$ $1 \text{m} > \square$ $-202 \text{ mV} > \square$ $3 \text{m} \square$ $-374 \text{ mV} \square$ $\square > \square \square$
\square \square **G** $\square \square \square$ $> , \text{G} \square$ $> \square \square \square \square \square \square \square$
C $\square \square \square \square$ $> \square \square \square \square \square \square \square \square$ $> , \square$
\square \square \square \square \square $> \square \square \square \square \square$ $> \square \square$ $\square \square \square$
\square **K788** $> , \text{P} \square$ $> \square \square$ $> \square \square$ $> \square \square \square \square \square \square \square$
\square $> \square \square \square \square \square \square$ $> , \text{G} \square \square$ $> \square \square$ \square **Cc** $> \square \square$

(3) H

q

4:1, 3:2, 2:3, 1:4

IP > 5

>2:3 bAqWS >M >

PFE 68c7 5r w 5 b6 6

1uS >

r

F2 E 7 W 1

gKS >GC 587 0 0 D

2.5m E87 0

gKZ8 >, g b d9 87

> 200 mv / V >, Gb

c X = 0 Y = 0 2.5 m

6 >

IP 2c > 5r b5 5HMSu

IZAS >, PFE Fe w 5b6 g PFE

7b6c66 >, 0qb PFE b W 2

i c > PFE >

KZ8W 2>> I > I Cr>Mn>Sr (a) NO.1 (b) NO.2

b w 5e > Fe b w 58 > W 3 > KZ

> > 5r b 7b KEG > I b

b 7vG 8

(4) W

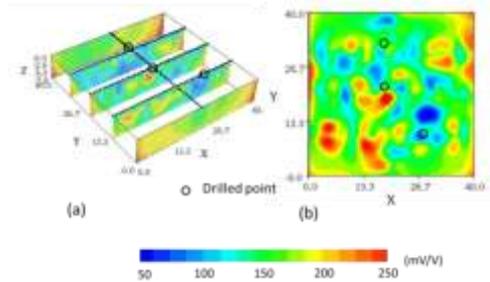
Ti, V, Cr, Zr, Ta 8WSM4b5 8c54E598

) 5b53M5 8k8c4E

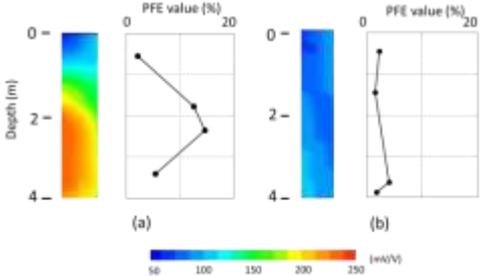
598) gKS >

>: e

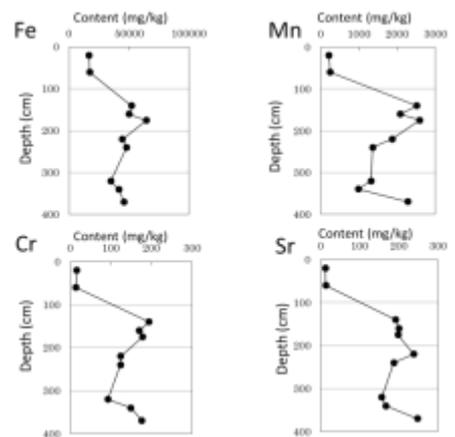
Tessier, A., Campbell, P.G.C., Bisson, M., Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace-metals, Anal. Chem., 51, 1979, 844-851.



W 1 底 (a) 58 (b) 8 2.5m >



W 2 底 PFE >, (a) NO.1 (b) NO.2



W 3 底 NO.1 b z 05

5.

4 頁

q Kamura, K., Omori, M., Kurokawa, M., Tanaka, H., Estimation of the potential of landfill mining and exploration of metal-enriched zones, Waste Manage., 93, 2019, 122-129>DOI>
doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.050

r p >96M >17(15E78PI >b>0> >2(I=e1 >28>2017>114-127>DOI> doi.org/10.3985/jjsmcwm.28.114

sp >96M >17(15E78PI >2(1=e1>28>2017>13-25.>DOI> doi.org/10.3985/jjsmcwm.28.13

t96M >17(>17o >1(2 >17 >p >2(sH2b6b >1H >69>2016>173-183>DOI> doi.org/10.3124/segj.69.173

>YWi >>0 1 頁

96M Ú * * * 2016>1050>

>Y >>0 18 頁

q Kamura, K., Kusuyama, E., Kiyohara, S., Effects of zeolite adsorption layers in model landfills consisting of incinerator ash, CRETE, 2018.

r Hidari, K., Kusuyama, E., Kamura, K., Evaluation of the metal enriched zones in the valley landfills using induced polarization, 13th SEGJ international symposium, 2018.

s > >eMR >96M >1E7b IP BM

OO >1H 139 G/tn >2018>

tW >96M >54E5>64E58Sg6Gp

SZ >2(29 G2/ >2018> @

>Yb >

□

<http://www.kamura.env.waseda.ac.jp/>

6. 2) □

(1) ②

2(□ ⑧ # G & YAMADA, masato> □

d264 □ ⑧

2E8 30280762

2(□ ⑧ ⑧ & OWADA, shuji> □

d264 □ ⑧ ⑧

2E8 60169084