

8.5 自然的原因による重金属汚染の対策技術の開発(1)

研究予算：運営費交付金(道路勘定)

研究期間：平 19～平 22

担当チーム：材料地盤研究グループ(地質)

研究担当者：佐々木靖人、浅井健一、品川俊介

【要旨】

重金属の溶出可能性の高い地質体の調査手法に関して、堆積岩地域における重金属の溶出に関して情報を収集した結果、様々な年代の海成層のみならず陸成層においても溶出事例が見られ、堆積岩・堆積物からの重金属の溶出については、現時点においては幅広く注意を払う必要があることがわかった。また、地質試料の重金属溶出試験法の検討においては、重金属溶出における pH の影響を把握するために、pH 緩衝溶液を用いた溶出試験を実施した結果、緩衝能のない試験液を用いた場合に比べて著しく大きな溶出量が得られた。さらに、重金属含有岩石への対策方法として、盛土処理法を取り上げ、屋外実験方法案を示した。

キーワード：重金属、堆積岩、溶出、pH 緩衝溶液、盛土処理

1. はじめに

トンネル工事等において自然的原因による重金属を含む岩石や堆積物(以下、岩石等という)に遭遇すると、掘削ズリの処理に多大な費用が発生することがある。土壌汚染対策法では自然的原因の重金属を対象としておらず、また自然由来の重金属は酸化反応により溶出することがあるため、掘削ズリの処理の要否の判定および処理方法の選定は通常の土壌汚染の手法をそのまま適用できない。このため、自然的原因による重金属を含む岩石等の対策を合理的に行える技術の開発が求められている。

そこで本研究では、自然的原因の重金属への対策として、現場において処理の要否の判定と処理手法の選択を合理的に行えるよう、汚染リスクの試験方法の検討を行うとともに、重金属の溶出抑制と除去の技術について検討を行い、自然由来の重金属の汚染リスクに応じた処理手法を提案することとしている。

重金属の溶出可能性の高い箇所の調査手法に関しては、堆積岩地域における重金属の溶出に関して情報を収集し、調査における留意点をまとめた。また、地質試料の重金属溶出試験法の検討においては、各種岩石からの重金属の溶出特性に関して pH 依存性を明らかにする実験を行った。さらに、重金属含有岩石への対策方法については、対策の前提となる自然環境下での溶出過程の解明および対策方法の現場適用性の検証のため自然環境下での検討が必要であることから、屋外実験を行うこととし、建設現場における一般的な処理法と考えられる盛土処理法を取り上げ、屋外実験方法についての検討を行った。

2. 堆積岩地域における重金属の調査手法に関する検討

2.1 堆積岩・堆積物からの重金属の溶出事例

変質を伴わない堆積岩等からの重金属の溶出事例について、文献等により情報を収集し、その地質体が形成された地質時代、地層名、堆積環境および溶出量基準を超過した元素を整理した(表-1)

表-1 重金属の溶出事例

地質時代	地域	地層名	堆積環境・岩相	溶出量基準超過元素	文献
完新世	関東平野	沖積層	海成	Cd,Pb,As	1)
	大阪府	沖積層	海成、シルト	Pb,As,F,B	2)
更新世・ 鮮新世	宮城県	仙台層群	海成、シルト岩・ 砂岩・凝灰岩?	Cd,Pb,As	3)
			陸成、砂岩・ シルト岩・凝灰岩?	Cd,Pb,As	1),3)
	福島県	和泉層	陸成、砂岩・泥岩	Cd,Pb,As	4)
	千葉県	上総層群・ 下総層群	海成、泥層・砂層	Pb,As	5),6)、本報告
	愛知県	段丘堆積物	陸成	Pb	1)
中新世	大阪平野	大阪層群	海成、泥層	Cd,Pb,As	2)
		秋保層群	海成、砂岩?	Pb,As	3)
		志田層群	陸成、凝灰岩?	Pb,As	3)
		名取層群	海成、シルト岩	Cd,Pb,As	3)
			陸成、凝灰岩	Pb	3)
中生代・ 古生代	北海道	日高帯	砂岩・泥岩	As	7)、本報告
	三重県	秩父帯	泥質片岩	Cd,Se	本報告

2.2 堆積岩地域における重金属の溶出の特徴

岩石等からの重金属の溶出メカニズムに関しては、これまでの多くの研究から、黄鉄鉱などの硫化鉱物の酸化に伴って、これらに含まれる重金属が溶出することが明らかになっている。

大阪層群の海成粘土層中に黄鉄鉱が多く含まれ、淡水成の粘土層には少ない⁸⁾ことや、硫酸酸性土が海水の影響を受けた堆積物中に含まれる黄鉄鉱の酸化に起因する⁹⁾ことから、従来、重金属の溶出に関しては、海成の地層について注意を払うべきと考えられてきた¹⁰⁾。

しかしながら前節で把握した事例から、堆積岩・堆積

物について、海成層のみならず、陸成層についても重金属の溶出があることが明らかになった。

また、重金属の溶出が認められる地質体の年代に関しては、ほとんどすべての年代のものを含んでいることがわかった。さらに堆積物の粒径に関しても、砂質から泥質まで幅広く含んでいる。

陸成層から重金属が溶出する原因については知見が充分ではないが、いくつかの可能性が考えられる。

1) 黄鉄鉱等の存在

黄鉄鉱等の硫化鉱物が多く含まれている場合、硫化鉱物中の不純物として含まれる重金属が溶出する可能性があることが知られているが、陸成層中に黄鉄鉱等が存在すれば、重金属の溶出の可能性があると考えられる。

陸成層中に黄鉄鉱が多量に含まれていることが明らかになった事例として、阿蘇カルデラ内の湖沼堆積物中に多量の黄鉄鉱が認められた例⁹⁾がある。この事例では、阿蘇火山から供給される硫黄が、湖沼底の還元的环境によって還元され、黄鉄鉱として堆積したと考えられる。

このように陸成層においても硫黄の供給がある還元環境の堆積物では、黄鉄鉱が生成するため、これを掘削等の酸化的な環境に置くことで、酸性水の発生と、これに伴う重金属の溶出が起こる可能性がある。

2) 上流地域からの重金属の供給と濃縮、再移動

重金属を含む地質体(鉱山、変質帯)の分布域下流の河川底質を分析した土屋ほか¹³⁾は、分布域の直下流ではなく、さらに下流の地点で重金属含有量が大きくなる例を示し、その原因として、岩体から溶存体またはコロイド粒子に取り込まれた形で排出された重金属が、異なる成分の河川水の合流により、沈殿が起こった可能性を指摘している。つまり、陸水中において重金属の濃縮プロセスが存在する可能性を示している。

一度濃縮を受けた重金属が、再移動するプロセスも知られている。仙台地域の地下水の砒素汚染に関する研究¹¹⁾によると、環境中の砒素を吸着した水酸化第二鉄が、還元環境あるいは塩基性環境に置かれることで砒素を脱着するという。そして仙台地域では地下水水質が塩基性のものほど、地下水中の砒素濃度が高く、砒素の溶出は塩基性地下水に起因すると考えられている。

また、福岡県南部地域の地下水中の砒素に関する研究¹²⁾では、砒素含有地下水の帯水層を形成している中原層、川副層は、酸化鉄を伴う赤褐色砂礫層(河成堆積物)であり、地層堆積時に河川水中の砒素を酸化鉄鉱物が選択的に吸着した可能性があるという。そして、酸化鉄鉱物が還元的な地下水によって還元され、砒素が脱着したと考えられている。

今後は陸成層からの重金属の溶出について、地質体の特徴、溶出機構に基づく分類を進めていく必要がある。

2.3 堆積岩地域における重金属調査の留意点

前節に述べたことから、堆積岩地域における重金属調査の留意点について、次のような点が指摘できる。

1) 堆積岩・堆積物については、海成、陸成を問わず、重金属を溶出させるものが存在する。重金属を溶出させる堆積岩・堆積物の年代に関しては、すべての年代のものが含まれる。さらにその粒径についても様々なものからの溶出が確認されている。すなわち、堆積岩・堆積物については、陸成層においても重金属の溶出の可能性のあるものとして最低限の溶出試験を実施する必要がある。

2) 堆積岩・堆積物からの重金属の溶出原因に関しては現在のところいくつかの可能性が考えられる。

地質体に含まれる黄鉄鉱等の硫化鉱物の酸化
上流の地質や水の成分に起因する堆積物中での重金属の濃縮

堆積物中に濃縮した重金属の再移動

以上のことから、黄鉄鉱等の硫化鉱物を含む地層が存在する場合や、堆積物の供給源に鉱床、変質帯や温泉が分布する地域、あるいは工事の施工によって酸化的環境にある地質体が再還元を受ける可能性がある場合などでは、注意深く調査を行う必要がある。

3. 重金属溶出試験法の検討

岩石等からの重金属の溶出特性を把握するために、一般に、岩石を粒径2mm以下に粉碎し、土壤汚染対策法で定める溶出試験(環告18号試験)を準用して試験を行うことが多い。

岩石等からの重金属の溶出には、温度、pH、酸化還元電位、溶液中の溶存種の濃度などが複雑に関わっているが、各種試験液を用いた溶出試験(液種以外は環告18号に準拠)を実施した結果から、試験開始前と終了後の試験液のpHは大きく変化し、重金属の溶出量がpHに大きく依存していることがわかった¹⁴⁾。

そこで本年度は岩石等からの重金属の溶出に関するpH依存性を明らかにするため、過年度に実施した3種類の試験液のほか、pH緩衝液を用いた溶出試験を実施した。

3.1 各種試験液を用いた溶出試験

3.1.1 実験に用いた試料

実験に用いた試料を表-2に示す。その内訳は鉱石が5種類、火山岩質の変質岩が6種類、および非変質の堆積

表-2 実験に用いた試料

分類	略号	岩種	採取地
鉍石	TR	黒鉍	岩手県
	MG	スカルン	福島県
	GF2	ホルンフェルス	岐阜県
	SK2	石英質鉍脈	山梨県
	CH2	キースラーガー	愛媛県
変質岩	MT	火山礫凝灰岩	北海道
	SS	安山岩	北海道
	HK	火山礫凝灰岩	北海道
	YN	安山岩	福島県
	DM	火山礫凝灰岩	福島県
	SE	凝灰岩	静岡県
非変質岩	NK	泥岩	北海道
	SP	砂岩	北海道
	YB2	泥岩	北海道
	KS-1	砂質泥岩(風乾)	千葉県
	KS-2	砂質泥岩(湿潤)	千葉県
	TK	泥質片岩	三重県

表-3 各種試験液の成分

試験名称	試験液の成分
環告18号	pH6塩酸水溶液
H ₂ SO ₄	pH2硫酸水溶液
Ca(OH) ₂	pH12.4飽和水酸化Ca水溶液
pH3緩衝液	0.1Mクエン酸 - 0.1M硝酸
pH5緩衝液	0.1Mクエン酸 - 0.1Mクエン酸Na
pH7緩衝液	0.1M酢酸 - 0.1M酢酸アンモニウム
pH8.5緩衝液	0.1M炭酸Na - 0.1M炭酸水素Na
pH10緩衝液	0.1M炭酸水素Na - 0.1M水酸化Na

岩および変成岩が5種類である。なお、試料KSについては還元状態の半固結堆積物であった。そこで採取後脱気封入を行い、開封後風乾させたもの(KS-1)と、開封後湿潤状態のままのもの(KS-2)を供試した。

3.1.2 試験方法

各種試験液(表-3)を用い、環告18号試験に準拠して溶出試験を行い、検液の各種成分の定量を行った。検液の作成方法は次のようである。

- 1) 粒径2mm以下の試料と試験液を重量体積比10%の割合で混合し、その総量を500ml以上とした。
- 2) 混合液を常温常圧(おおよそ20、1気圧)で振とう機(振とう回数約200回/分、振とう幅4~5cm)を用いて6時間連続振とうした。
- 3) 混合液を10~30分静置し、遠心分離(約3,000回転/分、20分)後の上澄み液をメンブランフィルター(孔径0.45μm)でろ過したものを検液とした。

3.1.3 試験結果

1) 環告18号試験(表-4)

土壌汚染対策法でいう第二種特定有害物質(表-4のカドミウムからほう素まで)の溶出量を見ると、硫砒鉄鉍を含む鉍石である、MGおよびSK2については特異に砒素の溶出量が多い。それ以外の元素については土壌環境基準の10倍以内であった。

pHについて見ると、多くの試料では7~10程度であり、やや塩基性を示す。これは溶出初期に起きるアルカリイオンと水溶液中の水素イオンのイオン交換反応によるもの考えられる。

例外はMTおよびTKで、非常に低い値を示した。

半固結堆積物のKSについてみると、風乾試料の方が有害物質(特に砒素、ふっ素)の溶出量が多い。このことから、還元的な環境の試料については試料の保管状態によって溶出量が異なることを示している。

2) 緩衝能のない溶液を用いた溶出試験(図-1)

緩衝能のない、pHの異なる3種類の溶液を用いた溶

表-4 環告18号試験結果

試料名	pH		濃度														
	試験前	試験後	Cd	Pb	Cr ⁶⁺	As	T-Hg	Se	F		B	Cu	Zn	T-Fe	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	EC
	-	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
TR	6.0	7.7	<0.001	0.14	<0.005	<0.005	<0.0005	0.006	<0.1	<0.1	<0.005	2.8	<0.01	100	230	53.3	
MG	6.0	7.7	<0.001	0.005	<0.005	1.3	<0.0005	<0.005	3.8	<0.1	<0.005	0.025	0.02	16	33	13.5	
GF2	6.0	9.4	<0.001	<0.005	<0.02	0.008	<0.0005				<0.01	<0.01		6.6	2.2	4.7	
SK2	6.0	7.1	<0.001	0.012	<0.02	2.1	<0.0005				<0.01	0.02		30.3	63.2	17	
CH2	6.0	8.0	0.002	<0.005	<0.005	<0.005	<0.0005	0.014	<0.1	<0.1	0.007	0.27	0.08	290	620	120	
MT	6.0	2.7	0.002	0.015	<0.005	<0.001	<0.0005	0.049	0.3	<0.1	0.7	<0.1	158	444	2074	300	
SS	6.0	9.0	<0.001	<0.005	<0.005	0.017	<0.0005	<0.005	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	12.1	55	20.2	
HK	6.0	9.3	<0.001	<0.005	<0.005	0.016	<0.0005	<0.005	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2.2	<0.1	3	4.2	
YN	6.0	9.8	<0.001	0.005	<0.005	0.005	<0.0005	<0.005	<0.1	<0.1	<0.01	<0.01	0.02	118	335	65	
DM	6.0	8.7	<0.001	0.002	<0.005	0.005	<0.0005	<0.005	<0.1	<0.1	<0.01	<0.01	0.02	112	361	67	
SE	6.0	7.7	<0.001	<0.005	<0.005	0.017	<0.0005	<0.005	0.1	<0.1	<0.01	<0.01	0.02	4.5	<6.3	5.7	
NK	6.0	9.8	<0.001	0.003	<0.005	0.009	<0.0005	<0.005	<0.1	<0.1	<0.01	<0.01	0.04	18.8	58	19	
SP	6.0	10.1	<0.001	0.008	<0.005	0.084	<0.0005	<0.005	<0.1	<0.1	<0.01	<0.01	1.5	1.7	1.5	9	
YB2	6.0	9.6	<0.001	<0.005	<0.005	0.046	<0.0005	0.008	0.2	0.2	<0.003	<0.1	8.1	12.6	11	8.7	
KS-1	6.0	6.9	<0.001	<0.005	<0.005	0.024	<0.0005	0.005	0.4	<0.1	0.01	<0.01	0.1	23	83	27	
KS-2	6.0	6.5	<0.001	<0.005	<0.005	0.011	<0.0005	<0.005	0.1	<0.1	0.01	<0.01	0.21	11	39	22	
TK	6.0	3.4	0.004	<0.005	<0.005	<0.005	<0.0005	<0.005	<0.1	<0.1	0.11	0.05	1.4	1.6	20	36	

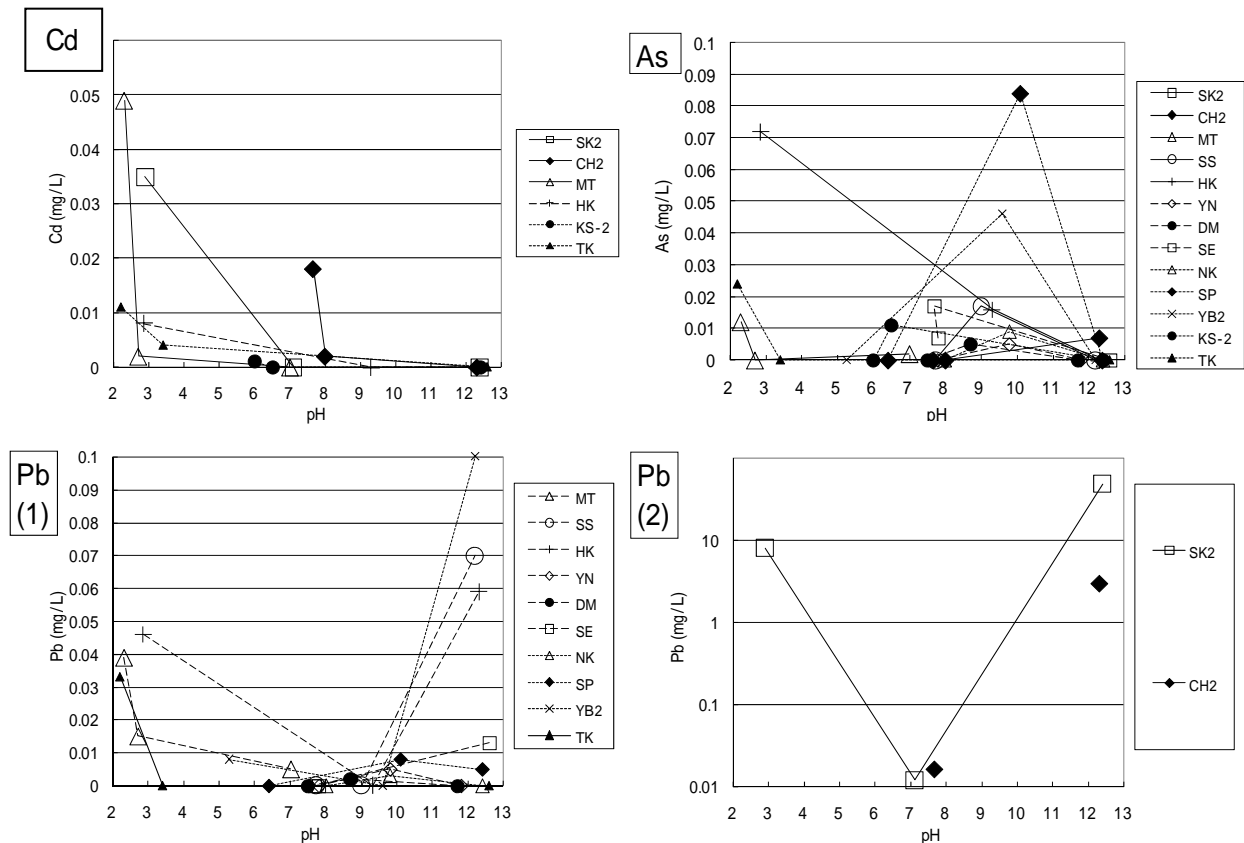


図-1 H₂SO₄、18号、Ca(OH)₂試験の結果
試験液のpH(横軸)は、試験終了時の値。

出試験(H₂SO₄、環告18号、Ca(OH)₂試験)の結果を並べて見ると、いずれの元素もおおむね中性領域で溶出が小さくなる傾向がある。

カドミウムについては酸性領域での溶出が大きく、塩基性領域ではほとんど溶出しない。鉛については酸性領域、塩基性領域ともに溶出量が大きくなる。

砒素については、鉛と似た傾向を持つが、強塩基性領域では溶出が小さくなる。

3) 緩衝溶液を用いた溶出試験(図-2)

いずれの元素も図-1と同様の傾向が見られるが、図-1に比べて酸性領域、塩基性領域ともに溶出量が著しく大きい結果となった。特に酸性領域においてはpH5の溶出量が大きく、ものによってはpH3より大きな溶出量が見られる。

3.2 考察

緩衝溶液を用いた溶出試験で溶出量が大きくなった原因の一つに、緩衝能のない溶液を用いた場合、鉱物の溶解によって中和が起こり、時間とともに溶出が起こりにくくなっているものが、緩衝溶液によって酸性が維持されるために溶出が継続的に起こっている可能性がある。

しかしながら、塩基性領域ではCa(OH)₂溶液を用いた

場合、試験終了時において多くの試料が高pHを維持していたにもかかわらず、pH10緩衝溶液の溶出量の方が大きいものも見られ、溶出量は単純にpHに依存して売るわけではないようである。

酸性領域においてはpH3とpH5でほぼ同じか、むしろpH5の緩衝溶液の方が大きな溶出量を示しているものがある。pH5の緩衝溶液としてクエン酸-クエン酸Na緩衝液を用いたが、クエン酸は金属イオンと錯体を形成することが知られており¹⁵⁾、化学平衡論的に金属イオンが溶出しやすくなっている可能性がある。

また、熔融飛灰からの重金属溶出実験の結果から、クエン酸が塩酸に比べて著しく重金属を溶出する原因として、錯体形成よりもむしろ、クエン酸が触媒的に重金属の溶出を促進している可能性も指摘されている¹⁶⁾。

さらに、正長石、石英および水酸化アルミニウムの溶出実験からは、クエン酸とアルミニウムの間に何らかの強い相互作用があるために、クエン酸がシュウ酸や酢酸に比べて正長石をよりよく溶解させることが指摘されており¹⁷⁾、珪酸塩鉱物を多く含む試料を用いた本研究の試験結果においても、同様の解釈が成り立つ可能性がある。

以上のことから、重金属の溶出量を評価する場合、緩

2.3 自然的原因による重金属汚染の対策技術の開発(1)

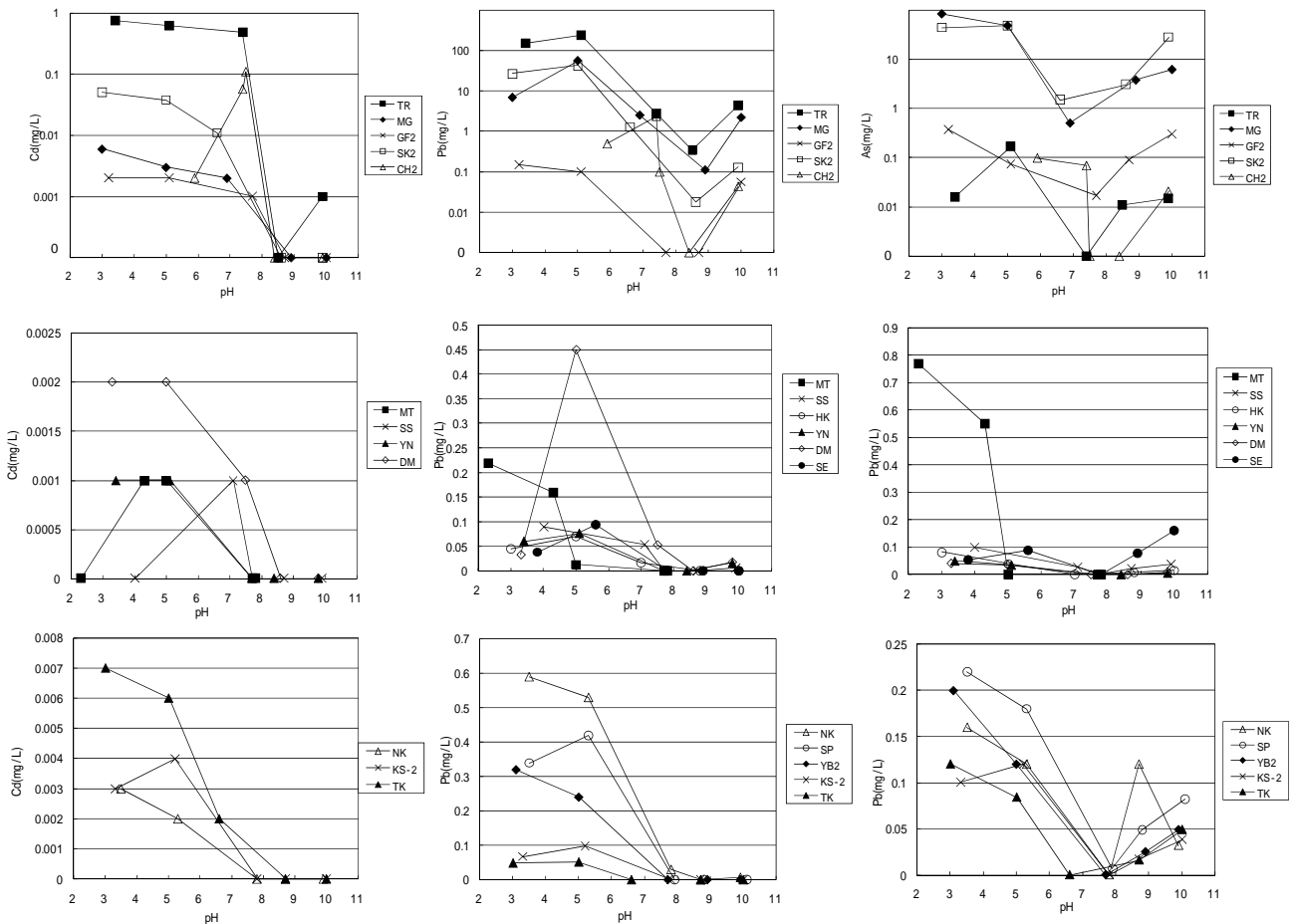


図-2 緩衝溶液を用いた溶出試験結果

(左列：Cd、中列：Pb、右列：As、上段：鉍石、中段：変質岩、下段：非変質岩。上段の溶出量は対数表示。)

表-5 重金属含有掘削ずりに対する対策工法の整理

		物理的方法		化学的方法				生物的方法 ファイトレメディエーション		
		遮水工・遮断工 遮水シート	コンクリート工	覆土	固化・不溶化処理	現地での中和処理	現地での吸着		浸出水の中和処理	浸出水からの吸着
溶出を抑える方法	周辺環境から隔離(遮断)する方法	管理型処分場や盛土内封じ込め等で実用的に用いられている。	最終処分場等で実用的に使われている。							
	(周辺環境から完全に隔離するのではないが)溶出の原因となる水等の浸入を抑える方法	管理型処分場や盛土内封じ込め等で実用的に用いられている。		覆土が水等の浸入を抑える効果についての説明は進んでいない。						
	溶出しないよう掘削ずりを処理する方法				各種材料・工法が研究開発されているが、信頼性の程度が材料・工法によって大きく異なる。	酸性土壌の中和の事例は多いが掘削ずりへの適用はされていない。	各種材料・工法が研究開発されているが、信頼性の程度が材料・工法によって大きく異なる。			
	溶出しない環境(例えば還元環境)を保つ方法			覆土が掘削ずり中の環境を保つ効果についての説明は進んでいない。						
	溶出してきたものを処理する方法						プラントによる処理が実用的に行われている。	各種材料・工法が研究開発されているが、信頼性の程度が材料・工法によって大きく異なる。	研究事例はあるが実用化には至っていない。	

衝溶液を用いると、緩衝能のない溶液を用いた場合に比べて著しく大きな溶出量を示す場合があることがわかった。緩衝溶液を使った溶出試験と緩衝能のない溶出試験は、pHによって単純に対比可能なものではなく、溶出反応の機構がかなり異なる可能性がある。

4. 対策方法に関する検討

建設工事において発生する重金属含有掘削ずりの特徴として、通常の土壌汚染に比べて一般的に要対策土量が多いことが挙げられる。トンネル掘削の検討事例では100万 m³近い土量を見込んでいるものもあり、対策工法の選定にあたっては、大量に安価に処理が可能であることが求められる。そこで本研究においては、建設現場における一般的な処理方法と考えられる、盛土処理に関

する対策方法の検討を行っている。

盛土処理方法の技術的検討にあたっては、対策の前提となる自然環境下での溶出過程の解明および対策方法の現場適用性の検証、さらには溶出試験条件の設定および掘削の溶出特性評価のためには、自然環境下での検討が必要であることから、屋外実験を行う必要がある。

本年度は、盛土処理法における具体的な対策工法を整理した上で、屋外実験方法についての検討を行った。

4.1 対策工法の整理

表-5は、重金属含有掘削ずりに対する対策方法について簡単な整理を行ったものである。表の行は、対策工法の役割として、大きく「溶出を抑える方法」と「溶出してきたものを処理する方法」の2つに分け、「溶出を抑える方法」についてさらに「周辺環境から隔離(遮断)する方法」「(周辺環境から完全に隔離するのではないが)溶出の原因となる水等の浸入を抑える方法」「溶出しないよう掘削ずりを処理する方法」「溶出しない環境を保つ方法」に分けたものである。ここで、「溶出しない環境」とは、例えば酸化環境で溶出し還元環境では溶出しない元素に対しては「還元環境」である(元素により異なる)。

表の列は、実際の対策方法を示したもので、大きく「物理的方法」「化学的方法」「生物学的方法」の3つに分け、それぞれについて具体的な方法を示したものである。これらで分けたマトリックス内には、主に該当する役割の欄に現状を簡単に記した。なお、1つの対策方法が1つの役割しか持たないとは限らず、複数の役割をもちうる場合もあると考えられる。

物理的方法として代表的なのは、遮水シートやコンクリート工による遮水工・遮断工である。これらは確実性が高く、実用的に使われており、特に遮水シートは盛土内封じ込めを行う現場での実績が多い。しかしながら、対策費用が高いという欠点があり、コスト縮減が望まれる。

これらに対し、遮水シート等によらない覆土(粘性土による被覆)は、水等の浸入を抑えたり、掘削ずり中の環境を保つ効果がありうると考えられ、対策費用の縮減に役立つと考えられる。しかしながら、現状では覆土が水等の浸入を抑えたり掘削ずり中の環境を保つ効果については解明が進んでいない。

化学的方法のうち、溶出しないよう掘削ずりを処理する方法としては、固化・不溶化処理、現地での中和処理、現地での吸着が挙げられる。これらのうち固化・不溶化処理および吸着については近年になって各種工法・材料が開発されている。しかしながら、信頼性の程度が材料・工法によって大きく異なると考えられ、各工法・材料の

信頼性を評価する方法の確立が望まれる。

化学的方法のうち溶出してきたものを処理する方法としては、浸出水に対する中和処理と浸出水からの吸着が挙げられる。浸出水に対する中和処理はプラントによる処理が実用的に行われているが、中和剤の費用がかさむことが欠点である。また、浸出水からの吸着は現地での吸着と同じく、各工法・材料の信頼性を評価する方法の確立が望まれる。

生物学的方法としてはファイトレメディエーションが挙げられる。田本¹⁸⁾などの研究事例があるが、現状では実用化には至っていない。

4.2 盛土処理を想定した屋外実験方法の検討

4.1で述べた整理をもとに、コスト縮減に役立つと考えられる覆土工法について、水等の浸入を抑えたり掘削ずり中の環境を保つ効果の解明および対策効果の検討、さらには溶出試験条件の設定等の目的で、実験用盛土による屋外実験方法について検討を行った。

実験では、まず基礎データとして覆土を行っていない通常の盛土内の環境を測定し、その上で、覆土を行った盛土内の環境を測定し、覆土を行っていない場合と比較することにより、覆土が水等の浸入を抑える効果、盛土内の環境を保つ効果を解明することが必要である。次いで、重金属含有掘削ずりによる盛土を構築し、覆土を行っていない場合と行った場合について、それぞれ盛土内の環境測定および重金属溶出量の測定を行い、覆土を行っていない場合と行った場合の比較および重金属非含有土の盛土(覆土を行っていない場合および行った場合)との比較により、覆土によって水等の浸入を抑える効果、盛土内の環境を保つことによる重金属溶出抑制効果を解明する必要がある。さらに、固化・不溶化、吸着などの各種工法、あるいはこれらの工法と覆土を併用した場合について、同様に盛土を構築し測定を行い、適用性を検討するケースが考えられる。

測定項目については、盛土内の環境に係る項目として酸化還元電位、pH、温度、土壌水分、地下水位等が必要であるとともに、重金属溶出に係る項目として溶出水の水質および重金属溶出量の測定を行う必要がある。また、実験地の雨量データを併せて取得する必要がある。

これらの実験ケースのイメージを図-3に示す。なお、これらは覆土厚、掘削ずりの岩種および含有する重金属などによりさらにいくつかのケースを設定する必要がある一方、通常の盛土内の環境測定については既存の盛土を利用する等、実験費用・実験場面積等も勘案しながら実験ケースおよび測定機器配置等の詳細を今後決定していく予定である。

術的課題を整理するとともに、屋外盛土実験の実験ケースを次のように整理した。まず、基礎データとして覆土を行っていない通常の盛土内の環境を測定し、その上で、覆土を行った盛土内の環境を測定し、覆土を行っていない場合と比較することにより、覆土が水等の浸入を抑える効果、盛土内の環境を保つ効果を解明する。次いで、重金属含有掘削ずりによる盛土を構築し、覆土を行っていない場合と行った場合について、それぞれ盛土内の環境測定および重金属溶出量の測定を行い、覆土を行っていない場合と行った場合の比較および重金属非含有土の盛土(覆土を行っていない場合および行った場合)との比較により、覆土によって水等の浸入を抑える効果、盛土内の環境を保つことによる重金属溶出抑制効果を解明する。測定項目としては、盛土内の環境に係る項目として酸化還元電位、pH、温度、土壌水分、地下水位等、重金属溶出に係る項目として溶出水の水质および重金属溶出量、また、実験地の雨量が考えられる。

参考文献

- 1) 丸茂克美、氏家亨、江橋俊臣：日本各地の土壤中の重金属含有量と鉛同位体組成、資源地質、第53巻、第2号、pp.125-146、2003年
- 2) 国土交通省都市・地域整備局大都市圏整備課大深度地下利用企画室：平成18年度大深度地下利用における地層の化学反応に関する検討調査報告書、国土交通省都市・地域整備局大都市圏整備課大深度地下利用企画室、2007年3月
- 3) 丸茂克美、根本尚大、氏家亨、江橋俊臣、小野木有佳、山田亮一、吉田武義：土壌・地質汚染評価基本図～5万分の1仙台地域～、数値地質図 E-2、産業技術総合研究所地質調査総合センター、CD-ROM、2006年
- 4) 阿賀川河川事務所、郡山国道事務所：第1回阿賀川掘削土対策検討委員会 配付資料2、阿賀川掘削土対策検討委員会、2006年8月
- 5) 鈴木喜計、かずさ砒素研究会：自然地質からの砒素の溶出 房総丘陵における上総層群・下総層群を例として、砒素をめぐる環境問題 自然地質・人工地質の有害性と無害性、古今書院、pp.47-62、1998年2月
- 6) 丸茂克美、竹内美緒、江橋俊臣、楡井久：土壌・地質汚染評価基本図～5万分の1姉崎～、数値地質図 E-1、産業技術

- 総合研究所地質調査総合センター、CD-ROM、2003年
- 7) 藤井研介、石田道彦、掛田浩司、山田信行：自然的原因による有害物質を含むトンネル掘削ずりの土捨場管理について、ジオシンセティックス技術情報、2005年10月
 - 8) 市原優子：大阪層群の泥質堆積物中の有機物と硫黄、大阪層群、pp.273-282、1993年6月
 - 9) 久馬一剛、村上英行、加村崇雄、川崎弘：酸性硫酸塩土壌をめぐる、アーバンポタ、第25号、pp.42-56、1986年3月
 - 10) 独立行政法人土木研究所、応用地質(株)、大成建設(株)、三信建設工業、住鉱コンサルタント(株)、日本工営(株)：岩石に由来する環境汚染に関する共同研究報告書 建設工事における自然由来の重金属汚染対応マニュアル、独立行政法人土木研究所、91p、2007年3月
 - 11) 金子恵美子：仙台市における地下水中のヒ素濃度、地球化学、第13巻 pp.1-6、1979年
 - 12) 島田允亮：砒素含有地下水の地質環境 福岡県南地域を例にして、砒素をめぐる環境問題 自然地質・人工地質の有害性と無害性、古今書院、pp.95-116、1998年2月
 - 13) 土屋範芳、狩野真吾、小川泰正、山田亮一：地圏における重金属類の分布と岩石からの移行プロセスにおける化学形態に関する基礎的な研究、地学雑誌、第116巻、第6号、pp.864-876、2007年
 - 14) 品川俊介、田本修一、佐々木靖人、伊東佳彦、岩石由来の環境汚染対策研究グループ：重金属含有岩石の各種溶出試験の相互比較、平成19年度研究発表会講演論文集、日本応用地質学会、pp.241、2007年10月
 - 15) 久保亮五、長倉三郎、井口洋夫、江沢洋(編)：岩波理化学事典 第4版、岩波書店、pp.335-336、1987年10月
 - 16) 齋藤千愛、岡田浩樹、Monica Joy Titus、吉岡敏明、溝口忠昭：有機酸を用いた都市ごみガス化溶融飛灰からの重金属溶出、廃棄物学会論文誌、第18巻、第3号、pp.157-166、2007年
 - 17) Blake, R.E. and Walter, L.M : Effects of organic acids on the dissolution of orthoclase at 80 °C and pH 6, Chemical Geology, 第132巻、pp.91-102、1996年
 - 18) 田本修一：ファイトレメディエーション(植物を用いた地盤の浄化法)について、寒地土木研究所月報、第646号、pp.42-44、2007年3月

DEVELOPMENT OF COUNTERMEASURES FOR HEAVY METAL POLLUTION BY NATURAL CAUSES (1)

Abstract : In order to develop the methods to investigate the geologic bodies which has high concentration exudation of heavy metals, we corrected information of heavy metal exudation from distribution area of sedimentary rocks. According to the findings of survey, we recognized exudation of heavy metals from sediments which has variable formative period and not only marine sediments but also terrestrial sediments. In order to understand the pH dependency on exudation of heavy metals, we carried out exudation tests using buffer solution. According to the experiments, extra high concentrated exudation occurs against another exudation tests using solution which has no buffer ability. In addition, we picked up the embankment management method and designed outdoor experiment plan suitable to this method.

Key words : heavy metals, sedimentary rocks, exudation, buffer solution, embankment management