

(41) 建設工事用岩石からの重金属の溶出

Elution of Heavy Metals from rocks used for Civil Construction Works.

竹ヶ原竜大*、大村達夫**、海田輝之**、相沢治郎**、佐々木伸一**

Tatsuhiko TAKEGAHARA*, Tatsuo OMURA**, Teruyuki UMITA**, Jiro AIZAWA**, Shinichi SASAKI**

ABSTRACT ; Experiments on the elution of heavy metals were carried out for three types of rocks (Tuff, Andesite and Shale) under various experimental conditions on pH, rock size, mixture of rocks.

The experimental results showed that Tuff and Andesite increased the alkalinity of water and eluted Mg and Ca. On the other hand, Shale acidified the water and eluted much more heavy metals. Therefore, Tuff and Andesite were defined as an alkali supply rock and Shale as an acid supply rock. It was also found that the smaller size rock eluted much more heavy metals.

In the case that Shale was mixed with Tuff or Andesite, the elution quantity of heavy metals increased, compared with that for an alkali supply rock (Tuff or Andesite). This suggests that the attention should be paid for the use of an acid supply rock in the civil construction works.

KEYWORDS ; Elution of heavy metals, Rocks, Civil construction works, Alkalinity, pH

1. はじめに

現在、土木工事には多種多様な建設材料が用いられている。その中で岩石は主に盛土材やコンクリート用骨材、ロックフィルダムの盛立て材などとして有効に用いられている反面、トンネル工事やダム工事などにおいてはズリとして環境中に放置される場合もある。これらの岩石中に有害物質が含まれる場合には構造物や周囲の環境に影響を与えることが考えられる。特に岩石に含まれる重金属が水環境中に放出された場合には広域的な汚染を引き起こし¹⁾、かつ水環境中における生態系にも多大な影響を与える可能性がある²⁾。

そこで本研究は、貯水池周辺に地滑り地帯が存在するために対策工として岩石を用いた押え盛土が行われるダムを想定し、押え盛土が貯水池内に水没することによる水質の変化の可能性を種々な押え盛土用岩石からの重金属の溶出実験を行うことにより検討をおこなった。

2. 実験材料

本実験に用いた岩石はダム貯水池周辺から採取された押え盛土として実際に使用される凝灰岩(Tf)、安山岩(An)、頁岩(Sh)の3種類である。

* 日揮株式会社, JGC Corporation

** 岩手大学工学部建設環境工学科, Department of Civil and Environmental Engineering, Iwate University

それぞれの岩石の金属含有量(Fe, Mg, Ca, Mn, Zn, Cu, Ni)をTable 1. に示す。Fe, Mn, Mg, Caについては酸分解後にICP(プラズマ発光分析)により、Zn, Cu, Niは酸分解後、溶媒抽出し原子吸光分析により含有量の測定を行った。なお含有量は岩石の風乾重量kg当りに換算して示している。ただし、Hg, Cd, Pbなどの重金属については事前の蛍光X線による定性分析結果から検出されなかったもので、これらの重金属の定量分析は行わなかった。

また、X線回折によりこれらの岩石中の鉱物を分析した。X線回折による分析結果から、しばしば鉱山からの強酸性排水の問題の原因となる黄鉄鉱など^{3) 4) 5) 6)}は含まれておらず、事前の判断ではそれらの岩石に比べて重金属の溶出の可能性が低い岩石組成と考えられた。

また表乾比重は凝灰岩が2.50、安山岩が2.71、頁岩が2.47であった。なお、比重はJIS A 1110に基づいて測定した。

3. 実験方法

押え盛土用岩石は単一または混合して使用されるため、溶出実験は凝灰岩、安山岩、頁岩を単独で用いた場合と、凝灰岩と頁岩および安山岩と頁岩を混合した場合についてそれぞれ行なった。溶出実験はTable 2. に示す条件で行ない、岩石の組合せ以外に岩石の粒径および初期pHをそれぞれ変化させた。

Run1～Run6とRun16～Run19は容量80mlの遠心沈殿管に0.6～1.7mmの粒径に調整した岩石とpHを塩酸と水酸化ナトリウムを用いて2および7に調整した蒸留水とを入れ、25℃の恒温室中に静置することにより行った。なお粒径は産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法⁷⁾より溶出試験の試料は0.5～5.0mmとすることになっており、この点を考慮し、かつ本実験を遠心沈殿管で行っていることから0.6～1.7mmとした。

Run7～Run15とRun20～Run25では、粒径の違いが金属の溶出に及ぼす影響を検討するために実験を行った。実験は高さを50cmとし直径を段階的に変えることにより容積を22、58、92 lと3段階に変化させたアクリル樹脂製の円筒型の容器を用い、粒径を15～25、30～40、40～50mmの3段階に調整した岩石と水道水とをそれぞれ容器に入れ、室温中に静置することにより行った。なお、粒径は実験室レベルでの容器サイズを考慮して設定した。

なお、Run7～Run15とRun20～Run25では水の蒸発を防ぐ目的で容器の上部はふたをし、また、藻類の繁殖などによる影響を防ぐために容器のまわりを暗幕で囲い遮光した。

Table.1 Metal contents of Tf, An, Sh(mg/kg)

	Tf	An	Sh
Fe	3.54×10^4	4.40×10^4	3.04×10^4
Mg	1.66×10^4	1.74×10^4	1.06×10^4
Ca	1.41×10^4	1.80×10^4	8.26×10^3
Mn	7.99×10^2	1.14×10^3	6.42×10^2
Zn	6.10×10^1	8.52×10^1	7.91×10^1
Cu	5.80×10^0	7.70×10^0	7.70×10^1
Ni	5.80×10^0	5.00×10^0	5.00×10^1

Table.2 Experimental condition

Exp. No.	rock	diameter (mm)	initial pH
Run1	Tf	0.6-1.7	2
Run2	Tf	0.6-1.7	7
Run3	An	0.6-1.7	2
Run4	An	0.6-1.7	7
Run5	Sh	0.6-1.7	2
Run6	Sh	0.6-1.7	7
Run7	Tf	15-25	-
Run8	Tf	30-40	-
Run9	Tf	40-50	-
Run10	An	15-25	-
Run11	An	30-40	-
Run12	An	40-50	-
Run13	Sh	15-25	-
Run14	Sh	30-40	-
Run15	Sh	40-50	-
Run16	Tf+Sh	0.6-1.7	2
Run17	Tf+Sh	0.6-1.7	7
Run18	An+Sh	0.6-1.7	2
Run19	An+Sh	0.6-1.7	7
Run20	Tf+Sh	15-25	-
Run21	Tf+Sh	30-40	-
Run22	Tf+Sh	40-50	-
Run23	An+Sh	15-25	-
Run24	An+Sh	30-40	-
Run25	An+Sh	40-50	-

- :not controlled

なお、採水は容器の底部から20mmの高さにある採水口から行った。

また本実験においては、実際に地滑り対策として貯水池内に押え盛土が行われる場合の貯水容量と、水没押え盛土容量の比と同じ容積比を想定して実験を行い、その比を約4:1とした。

測定項目はpH、各金属濃度(Fe, Mg, Ca, Mn, Zn, Cu, Ni)、アルカリ度(pH4.3)とした。pHはTOA製pHメーターF-12、各金属濃度はSIMADZU製AA-680原子吸光光度計、アルカリ度はBCGを指示薬とした硫酸滴定法により測定した。

分析は、pH測定後にWattman GF/C ガラス繊維ろ紙でろ過した試料のアルカリ度と各金属濃度を測定した。なお、金属濃度の測定の際にはろ液100mlに対し12N-HClを0.84ml加え酸性化した。

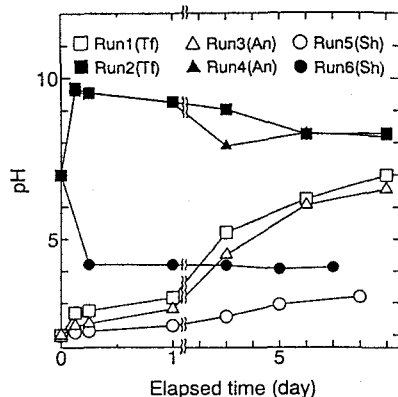


Fig. 1 Variation of pH with time

4. 実験結果および考察

4.1 単一な岩石を用いた場合の溶出実験

(1) 粒径が0.6~1.7mmの岩石を用いた場合のpHの変化(Run1~Run6)

Fig. 1にRun1~Run6におけるpHの経日変化を示す。凝灰岩と安山岩を用い初期pHを2にしたRun1、Run3ではpHは日数の経過とともに上昇しほぼ中性まで回復している。また、同じ岩石を用い初期pHを7にしたRun2、Run4ではpHは実験開始直後に約10まで上昇し、その後は緩やかに低下しpH8付近で安定した。頁岩を用い初期pHを2にしたRun5ではpHは日数の経過とともに上昇しているがその程度は凝灰岩や安山岩に比べかなり小さくなっている。また、初期pHを7にしたRun6においてはpHは実験開始直後に約4.2まで低下し、その後もほとんど変化していない。

すなわち、凝灰岩と安山岩の場合は初期pH2の酸性の水をpH7付近まで回復させ、その後、中性付近で安定させていることからアルカリ供給タイプの岩石と結論づけられる。一方、頁岩は水を酸性化し、酸性側で安定させていることから酸供給タイプの岩石と結論づけられる。

したがって、以下の議論においては凝灰岩と安山岩をそれぞれアルカリ供給タイプの岩石、頁岩を酸供給タイプの岩石として考察していくことにする。

(2) 粒径が0.6~1.7mmの岩石を用いた場合のアルカリ度および金属の溶出(Run1~Run6)

Fig. 2にRun1~Run6におけるアルカリ度の経日変化を示す。アルカリ供給タイプの岩石を用いた場合(Run1~Run4)では日数の経過とともにアルカリ度は増加している。初期pHを2にしたRun1とRun3では約1日のラグタイムの後にアルカリ度は増加している。このラグタイムはpHが2からアルカリ度0のpH4.3まで上昇するのに要した時間に相当すると考えられる。また、初期pHを7にしたRun2とRun4では実験開始直後にアルカリ度

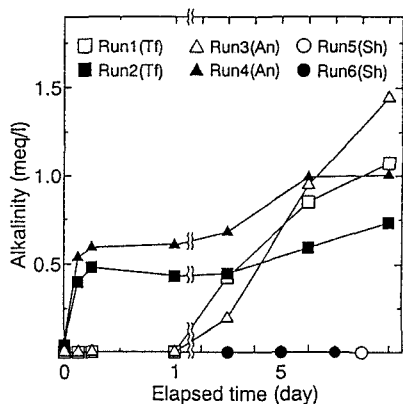


Fig. 2 Variation of alkalinity with time

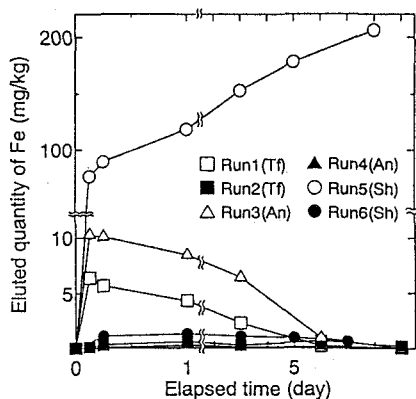


Fig. 3 Variation of Fe with time

は急激に増加し、その後、緩やかに増加している。なお、頁岩を用いた系(Run5、Run6)では実験期間中pHが4.3以下だったためアルカリ度は測定されなかった。

Fig. 3に溶出した金属の例としてFe溶出量の経日変化を示す。アルカリ供給タイプの岩石である凝灰岩と安山岩を用いた実験では、初期pHが2の時のRun1とRun3においてFeの溶出量は3時間後に最大となり、その後減少する傾向を示している。これはpHの上昇にともない溶出したFeが水酸化第二鉄を形成し沈殿したためであると考えられる。同様の変化がCu、Znにもみられた。一般に、Cu、Znは水酸化物を形成して沈殿する。その時のpHは Cu^{2+} が5.3、 Zn^{2+} が6.7といわれている⁸⁾。Run1とRun3では、Cu、ZnはそのpHに達していないにもかかわらず溶出量が減少していること、また、その時のFeの溶出量とCuおよびZnの溶出量の相関係数を求めると、Run1では0.99と0.98、Run2ではどちらも0.98となり非常に高い相関を示していることからCu、Znは水酸化第二鉄と共沈したと考えられる。また、初期pHを7にしたRun2とRun4ではRun1とRun3に比べFeの溶出量は少なくなっている。すなわち、これらの岩石はアルカリ供給タイプの岩石であるため、pHの低下が起こらないことによるものと考えられる。

酸供給タイプの頁岩を用い初期pHを2にしたRun5では、アルカリ供給タイプの岩石に比べFeの溶出量が著しく多くなっている。また、初期pHを7にしたRun6ではpHを2にしたRun5に比べて溶出量は少ないが、アルカリ供給タイプの凝灰岩、安山岩を用いたRun2、Run4に比べ溶出量は大きくなった。

(3) 粒径15~50mmの岩石を用いた場合のpHの変化(Run7~Run15)

アルカリ供給タイプの岩石である凝灰岩と安山岩を用いた場合のpHの経日変化(Run7~Run12)をFig. 4に示す。pHは実験開始直後に、凝灰岩を用いた場合(Run7~Run9)には約8.2まで上昇し、一方、安山岩を用いた場合(Run10~Run12)には約8.4まで上昇した。その後pHはほとんど変化しなかった。したがって粒径の違いによるpHの変化はほとんどみられなかった。

酸供給タイプの頁岩を用いた場合のpHの経日変化(Run13~Run15)をFig. 5に示す。各Runとも実験開始直後にpHは低下しているが、その程度はRun13>Run14>Run15の順、すなわち、粒径の小さい方が初期のpHの低下は大きくなる傾向を示している。このことはアルカリ供給タイプの凝灰岩や安山岩では粒径による効果は表れなかったが、酸供給タイプの頁岩においてはpHの低下が顕著であるため粒径によってpHの低下の程度が異なった。すなわち、酸供給タイプの岩石ではpHの低下は岩石の比表面積に強く影響されることを示している。これは粒径が小さいほど表面積が大きくなることによるものと考えられる。

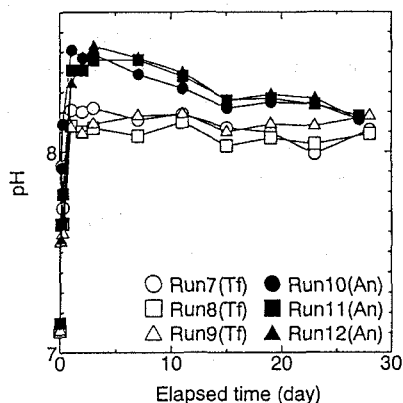


Fig. 4 Variation of pH with time

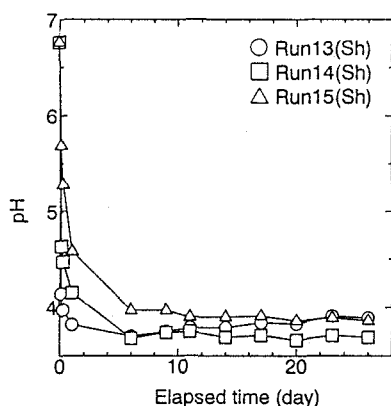


Fig. 5 Variation of pH with time

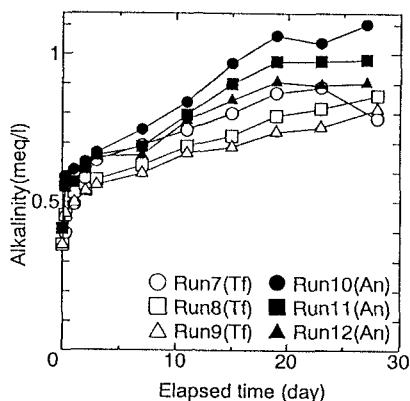


Fig. 6 Variation of alkalinity with time

(4) 粒径が15~50mmの岩石を用いた場合のアルカリ度および金属の溶出(Run7~Run15)

酸供給タイプの頁岩を用いた場合には実験期間中のpHが4.3以下だったためアルカリ度は測定されなかった。したがって、アルカリ度についてはアルカリ供給タイプの岩石についてのみ考察する。Fig. 6にアルカリ度の経日変化(Run7~Run12)を示す。凝灰岩を用いた場合(Run7~Run9)、安山岩を用いた場合(Run10~Run12)のどちらも日数の経過とともにアルカリ度は増加しており、粒径の小さい方がアルカリ度が大きくなる傾向を示している。このことは酸供給タイプの頁岩にみられたpH

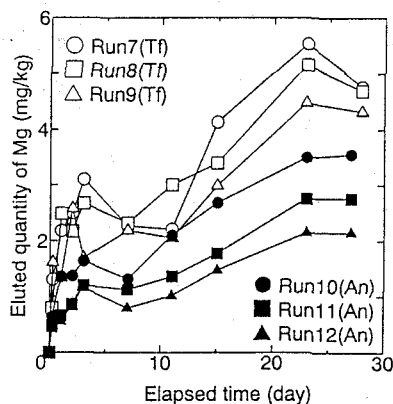


Fig. 7 Variation of Mg with time

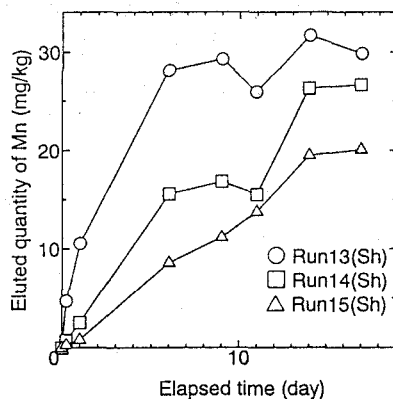


Fig. 8 Variation of Mn with time

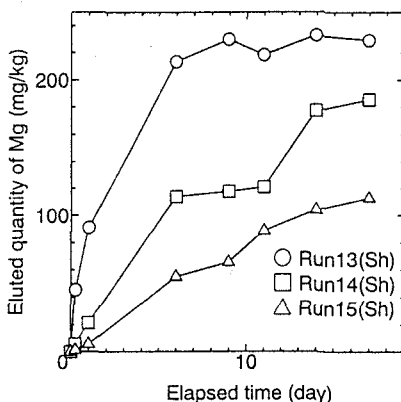


Fig. 9 Variation of Mg with time

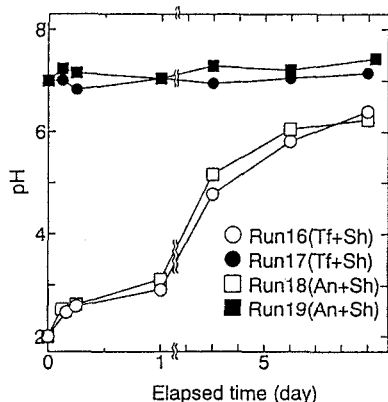


Fig. 10 Variation of pH with time

の効果と同じであると考えられる。また、安山岩を用いた場合のアルカリ度が凝灰岩を用いた場合より大きくなっていることから安山岩は凝灰岩に比べアルカリ供給能力が大きいと考えられる。

Fig. 7に例としてMgの溶出量の経日変化を示す。アルカリ供給タイプの岩石ではFe, Zn, Mn, Cu, Niは溶出せずMgとCaの溶出がみられた。安山岩を用いた場合(Run10~Run12)のMgの溶出量には粒径の違いによる変化がみられた。したがって、安山岩を用いた場合にはアルカリ度は主にMgの溶出にともない供給されたと考えられる。

一方、酸供給タイプの頁岩を用いた場合には各RunともpHが低下したためにFe, Zn, Mn, Cu, Ni, Mg, Caの溶出量はアルカリ供給タイプの岩石を用いた場合に比べかなり多くなった。一例としてMnとMgの溶出量の経日変化をFig. 8およびFig. 9にそれぞれ示した。MnとMgの溶出量は日数の経過とともに増加する傾向を示し、かつ小さい粒径の場合に溶出量が多くなった。また、頁岩における溶出量はFig. 7に示したMgの溶出量からも判断されるように、アルカリ供給タイプの岩石と比べかなり多くなった。

4.2 岩石を混合した場合の溶出実験

(1) 粒径が0.6~1.7mmの岩石を用いた場合のpHの変化(Run16~Run19)

本実験で用いた凝灰岩、安山岩、頁岩の組合せは三通りある。アルカリ供給タイプの凝灰岩と安山岩の混

合ではアルカリ度の溶出や重金属の溶出がほとんど同じであるため、混合の効果はほとんどないと考えられる。そこで、ここではアルカリ供給タイプと酸供給タイプの岩石を混合した二つのケース（凝灰岩+頁岩、安山岩+頁岩）について実験を行った。

Fig. 10にRun16～Run19におけるpHの経日変化を示す。初期pHを2とし、凝灰岩と頁岩、安山岩と頁岩を混合したRun16とRun18では、両ケースとも時間の経過とともにpHは上昇し、5日目以降は6.3で安定する傾向を示した。また、初期pHを7にしたRun17とRun19ではpHは7付近に安定する傾向を示している。Run17とRun19においてpHが7付近に安定するのは頁岩の水を酸性化する作用と、凝灰岩と安山岩の水をアルカリ性にする作用とが打ち消し合ったためであると考えられる。

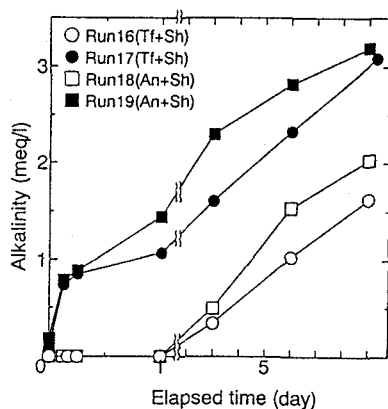


Fig. 11 Variation of alkalinity with time

(2) 粒径が0.6～1.7mmの岩石を用いた場合のアルカリ度および金属の溶出(Run16～Run19)

Fig. 11にRun16～Run19におけるアルカリ度の経日変化を示す。凝灰岩と頁岩、安山岩と頁岩をそれぞれ混合し初期pHを2にしたRun16とRun18では約1日のラグタイムの後にアルカリ度はほぼ直線的に増加し、単一な岩石を用いた場合と同様な結果となった。初期pHを7にしたRun17とRun19ではアルカリ度は日数の経過とともに増加している。この結果からも安山岩の方がアルカリ供給が多いことを示している。

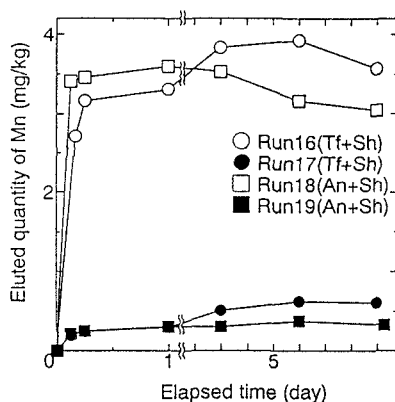


Fig. 12 Variation of Mn with time

Fig. 12に一例としてMnの溶出量の経日変化を示す。この結果は凝灰岩と安山岩を単独に用い、pHを2および7としたときの結果に比べて大きくなった。特に初期pHを7にしたRun17、Run19でのMnの溶出量は凝灰岩と安山岩を単独で用いた場合に比べて非常に大きく、頁岩を混合したことによる影響と考えられ、岩石の混合により極端な水の酸性化が起こらなくても、問題が生じる可能性があることが示唆された。したがって岩石を混合して押え盛土などに使用する場合、酸供給タイプの岩石の使用には十分注意が必要である。

(3) 粒径が15～50mmの岩石を用いた場合のpHの変化(Run20～Run25)

Run20～Run25におけるpHの経日変化をFig. 13に示す。凝灰岩と頁岩を混合した場合(Run20～Run22)は各Runとも実験初期にpHの低下がみられ、特にRun20では1日目に約pH5.5まで低下し、最も急激な水の酸性化が起こった。その後、各RunともpHは日数の経過とともに上昇し一定の値となった。

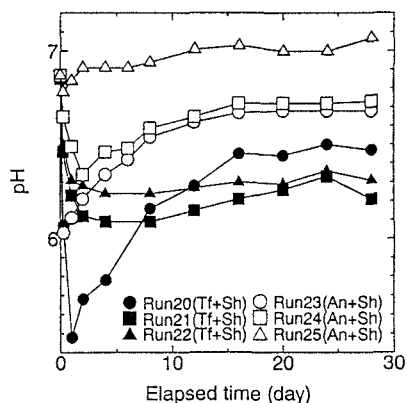


Fig. 13 Variation of pH with time

安山岩と頁岩を混合した場合(Run23～Run25)も同様に実験初期にpHは低下している。その後上昇し一定の値となったが、pH低下の程度は小さくなっていることから安山岩は凝灰岩に比べアルカリ成分を溶出しやすいことを明らかに示している。また、このことは粒径を小さくしたことにより、比表面積を増加し、より多

くの酸成分の供給が起こったことによると考えられる。

ここで最も粒径の小さいRun20のpHの回復が大きく、その後高い値で安定したことは酸成分の溶出したことによりpHが低下し、岩石からのアルカリ成分の溶出が促進された結果によると考えられる。

(4) 粒径が15～50mmの岩石を用いた場合のアルカリ度および金属の溶出(Run20～Run25)

Fig. 14にRun20～Run25におけるアルカリ度の経日変化を示す。Run21とRun22ではアルカリ度はほとんど変化していないのに対し、Run20ではアルカリ度の急激な増加がみられる。これはpHの変化でも述べたように、粒径が小さくなったことによる比表面積の増加に起因するものと考えられる。

安山岩と頁岩を混合した場合(Run23～Run25)は各Runとも日数の経過とともにアルカリ度は増加しており、粒径の小さい岩石を用いたRun23のアルカリ度がRun24、Run25に比べ大きくなっている。

次に重金属の溶出については、例としてFig. 15、Fig. 16にRun20～Run25におけるMg、Mnの溶出量の経日変化を示したが、実験結果から主にMn、Mg、Caが溶出した。Mgを例にとると、Fig. 7と比較して凝灰岩と安山岩をそれぞれ単独で用いた場合に比べ溶出量は多くなった。また、凝灰岩や安山岩などのアルカリ供給タイプの岩石をそれぞれ単独で用いたときにはMnの溶出はみられなかったが、Fig. 16に示されるように安山岩と頁岩を混合したRun23～Run25、凝灰岩と頁岩を混合し粒径の小さいRun20においてMnの溶出が起こり、酸供給タイプの岩石である頁岩を混合することによる影響が表れた結果となった。このことは酸供給タイプの岩石とアルカリ供給タイプの岩石を混合することによりMnが溶出することを示している。さらに、図には示さないが凝灰岩と頁岩を混合したRun20においては実験初期のpHの低下に対応するようにFe、Zn、Cuなどが溶出し、pHの上昇とともにその溶出量は減少した。

5. まとめ

実験結果及び考察においては、酸及びアルカリの供給が重金属の溶出に多大な影響を及ぼすことを簡潔に示すために、重金属については、FeとMnについてのみ図を示したが、すべての重金属の溶出についても実験結果を示す必要がある。そこで、実験終了時における各重金属の溶出量と溶出率をTable-3に示した。

この表より、Feのように岩石中の含有量が最も多い場合においてもその溶出量及び溶出率は他の金属に比較して必ずしも大きくはなく、それぞれの実験条件によって異なることが分かる。また、初期pHを低くした場合と頁岩を用いた場合において、溶出した重金属間には高い相関関係が見られた。

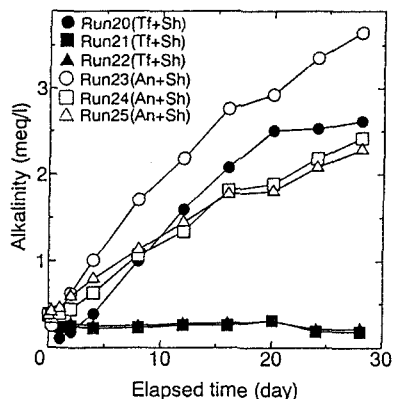


Fig. 14 Variation of alkalinity with time

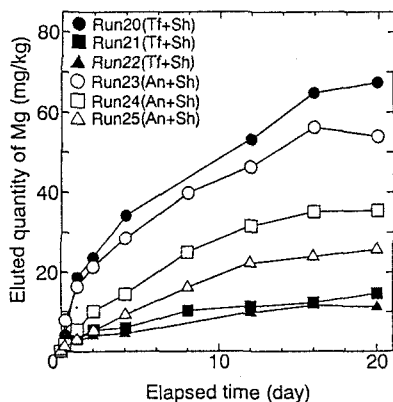


Fig. 15 Variation of Mg with time

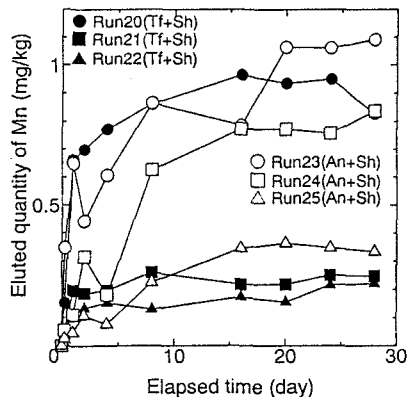


Fig. 16 Variation of Mn with time

Table.3 Experimental results on the elution of heavy metals
from various rocks at the end of experiments

Exp. No	rock	Exp. period (days)	pH		Fe		Zn		Mn		Cu		Ni	
			Initial	Final	(mg/kg)	%	(mg/kg)	%	(mg/kg)	%	(mg/kg)	%	(mg/kg)	%
Run1	Tf	9	2.00	6.99	0.08	0.00	0.09	0.15	1.53	0.19	0.02	0.29	0.07	1.28
Run2	Tf	9	7.00	8.30	0.25	0.00	0.05	0.08	0.01	0.00	0.01	0.12	0.02	0.31
Run3	An	9	2.00	6.56	0.04	0.00	0.25	0.41	2.25	0.20	0.19	3.21	0.03	0.59
Run4	An	9	7.00	8.18	0.12	0.00	0.16	0.26	0.01	0.00	0.01	0.21	0.04	0.62
Run5	Sh	8	2.00	3.19	206.	0.66	3.97	5.02	17.0	2.65	2.03	10.5	3.99	26.5
Run6	Sh	7	7.00	4.12	0.66	0.00	0.45	0.56	8.10	1.26	0.08	0.42	0.23	1.54
Run7	Tf	28	7.11	8.11	0.00	-	0.05	0.08	0.00	-	0.00	-	0.00	-
Run8	Tf	28	7.11	8.09	0.00	-	0.00	-	0.00	-	0.00	-	0.00	-
Run9	Tf	28	7.11	8.18	0.00	-	0.09	0.15	0.00	-	0.00	-	0.00	-
Run10	An	27	7.15	8.16	0.00	-	0.00	-	0.00	-	0.00	-	0.01	0.20
Run11	An	27	7.15	8.18	0.00	-	0.00	-	0.00	-	0.00	-	0.00	-
Run12	An	27	7.15	8.16	0.00	-	0.00	-	0.01	0.00	0.00	-	0.01	0.20
Run13	Sh	26	6.76	3.89	24.2	0.08	1.37	1.73	25.3	3.94	0.19	0.25	0.64	1.28
Run14	Sh	26	6.76	3.69	80.8	0.27	2.01	2.54	28.9	4.50	0.41	0.53	1.01	2.02
Run15	Sh	26	6.76	3.86	28.5	0.09	1.10	1.39	21.1	3.29	0.13	0.17	0.55	1.10
Run16	Tf+Sh	9	2.00	6.40	0.06	0.00	0.18	0.26	3.57	0.50	0.07	0.17	0.09	1.67
Run17	Tf+Sh	9	7.00	7.15	0.05	0.00	0.05	0.07	0.61	0.09	0.00	-	0.02	0.37
Run18	An+Sh	9	2.00	6.24	0.19	0.00	0.36	0.44	3.05	0.34	0.19	0.46	0.08	0.30
Run19	An+Sh	9	7.00	7.43	0.07	0.00	0.06	0.07	0.33	0.04	0.02	0.05	0.02	0.08
Run20	Tf+Sh	28	6.85	6.47	0.00	-	0.02	0.03	0.83	0.12	0.00	-	0.03	0.59
Run21	Tf+Sh	28	7.15	6.21	0.00	-	0.02	0.03	0.25	0.04	0.00	-	0.02	0.37
Run22	Tf+Sh	28	6.85	6.31	0.00	-	0.03	0.04	0.22	0.03	0.00	-	0.01	0.19
Run23	An+Sh	28	6.87	6.68	0.00	-	0.02	0.02	1.09	0.12	0.00	-	0.02	0.05
Run24	An+Sh	28	6.87	6.73	0.00	-	0.02	0.02	0.84	0.09	0.00	-	0.01	0.02
Run25	An+Sh	28	6.87	7.07	0.00	-	0.01	0.01	0.34	0.04	0.00	-	0.00	-

単一な岩石を用いた溶出実験から、岩石は水に浸された場合、水に酸を供給するタイプとアルカリを供給するタイプがあることが明らかになった。前者は水に酸を供給し、その酸の作用により岩石から重金属類を溶出する。後者は水にアルカリ度すなわち水に対する緩衝能力を供給し、それにともないMg, Caを溶出する。また、粒径を変えて行った実験から、粒径の違いによる溶出量は変化し、粒径が小さい方が溶出量が多くなるという結果が得られた。

岩石を混合した溶出実験からは、酸供給タイプの岩石とアルカリ供給タイプの岩石を混合することにより初期の水の酸性化は起こるが、その後回復することが明らかになった。しかし、金属の溶出量は岩石を単独で用いたときよりも明らかに多くなっており、酸供給タイプの岩石の影響があることが示唆された。また、粒径の違いによる溶出量の変化もみられたが、特に凝灰岩と頁岩を混合した場合には粒径の最も小さい実験系でのみ重金属の溶出が起こった。

以上のことから酸供給タイプの岩石は岩石自体が水を酸性化することにより重金属の溶出を促進し、また、アルカリ供給タイプと混合してもその影響が完全になくならないことから、このような岩石の使用には注意が必要であるといえる。

岩石はその量に多少の差はあるが、重金属類を含むものであるため、どんな岩石でも重金属類を環境中に放出する潜在力を持ち合わせていると考えられる。しかし、本実験結果からも明らかのように、岩石によっては重金属をほとんど溶出しなないものもある。これは岩石に含まれる重金属の存在形態の違いによるためだと考えられる。そのため岩石からの重金属の溶出の可能性を明らかにするには岩石を鉱物レベルでとらえる必要がある。しかし、特にある種の鉱物に富む場合(含有量で%のオーダー)をのぞいて、X線回折などを用いても鉱物を同定できないことが多い。水の酸性化の原因となる鉱物は少量でも重金属を溶出させることができるため、これは問題となる。このような理由から今回行ったような溶出実験は意味があると思われ、水

質汚染を防止するための一つの実験的方法を示したと考える。しかし、実際の現場では流入水やダムの水位の変動、植物や動物の影響など様々な要因が貯水池の水質に影響を及ぼすため、総合的な判断を下すことはできないといえるが、本実験結果は押え盛土として使用する岩石の判断材料になり得ることを示した。

<参考文献>

- 1) (財)日本農業土木総合研究所 (1989) 早瀬野ダム環境対策検討業務報告書
- 2) ダイヤコンサルタント技術論文 トンネル計画における重金属調査
- 3) 吉本文平 (1968) 鉱物工学 技法堂
- 4) 半谷高久 (1960) 水質調査法、丸善
- 5) Werner Stumm, James J. Morgan 著 安部喜也 半谷高久 訳 (1974) 一般水質化学 共立出版
- 6) H. D. Holland 著 山県登 訳 (1979) 大気・河川・海洋の化学 産業図書
- 7) 早川亮太 (1990) 溶出試験方法と問題点 水質汚濁研究 Vol. 13, No. 3, pp155-159
- 8) JOHN W. MOORE, ELIZABETH A. MOORE 著 岩本振武 訳 環境理解のための基礎化学