

P-5. 盛土材浸出水の簡易溶出基礎実験

The batch leaching test of seepage water from embankment

磯野陽子, ○東正昭, 木村隆行, 坂本孝之 (株エイトコンサルタント)

Youco.N Isono, Masaaki Higasi, Takayuki Kimura, Takayuki Sakamoto

1. はじめに

産業廃棄物の発生抑制の観点から、トンネル施工時に発生する掘削岩は、盛土材等に再利用が検討される。しかしトンネル掘削岩には、インバートや吹き付けコンクリートの付着した岩片が混じっている可能性があり、これらを混入する材料から排出される水は、高アルカリ性を示すと予想される。

そこで今回、高アルカリ性を示す物質の代表として、トンネル施工で排出された濁水の沈殿物（以下マッドケーキ）を用いて、それより排出される水の pH 等変化について、基礎実験を行ったので、ここで報告する。

2. マッドケーキの簡易溶出実験

晴雨により地下水位が上下することで、材料中のマッドケーキが乾燥湿潤の繰り返しを受けると想定し、24時間単位でマッドケーキの水浸、自然乾燥を10サイクル繰り返した。マッドケーキは表面積の異なる4種類の大きさのものを準備し、400mlの精製水に沈め、その水のpH・酸化還元電位・電気伝導度を一定時間ごとに測定した。24時間後の測定後、マッドケーキを水から取り出し24時間室内で放置し、これを1サイクルとした。なお、水浸時にはその都度新しい400mlの精製水を準備し、測定前に精製水そのもののpH・酸化還元電位(Eh)・電気伝導度(Ec)の測定も行った。

分析に使用したマッドケーキとその水浸測定状況を写真-1および2に示すとともに、1サイクル目のデータシートを表-1に示す。

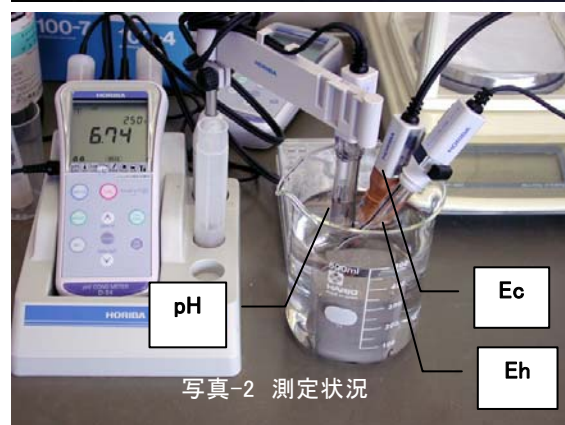


表-1 簡易溶出試験データシート

試料番号	①				②				③				④			
備考	現地マッドケーキ				現地マッドケーキ				現地マッドケーキ				現地マッドケーキ			
表面積(cm ²)	165.62				122.21				105.15				71.93			
重量(g)	227.93				135.50				109.59				60.63			
第1回目	時間(分)	pH	Ec	Eh	時間(分)	pH	Ec	Eh	時間(分)	pH	Ec	Eh	時間(分)	pH	Ec	Eh
	1	6.85	0.30	189	1	6.69	0.137	160	1	7.36	0.162	173	1	7.49	0.315	150
	5	8.23	1.97	146	5	8.48	0.58	145	5	8.48	0.773	112	5	8.3	0.54	127
	10	9.16	2.00	108	10	9.67	2.63	111	10	9.54	1.7	148	10	9.48	1.85	139
	20	9.99	4.30	124	20	9.89	3.73	115	20	9	3.4	140	20	9.75	2.45	145
	40	10.47	6.80	90	40	10.44	6.5	60	40	10.29	6.45	65	40	10.16	4.15	115
	60	10.65	10.95	14	60	10.75	12.57	42	60	10.62	10.52	39	60	10.44	7	38
	120	10.57	19.90	4	120	10.66	19	28	120	10.52	14.42	29	120	10.29	9.07	49
	240	10.83	31.70	-11	240	10.84	28	3	240	10.66	21.5	21	240	10.48	14.08	13
	360	10.95	38.10	-4	360	11.03	38.2	5	360	10.78	26.4	6	360	10.63	18.4	0
1440	11.11	52.90	-9	1440	11.14	53.3	6	1440	11.02	41.2	-6	1440	10.8	28.5		

3. マッドケーキの簡易溶出実験結果

1 サイクル目と 10 サイクル目の pH・電気伝導度(Ec)・酸化還元電位(Eh)測定結果と時間の関係を図-1 に示す。

pH の 1 サイクルごとの変化は、短時間 (100 分以内) である程度の値まで上昇し、その後は大きく変化しない傾向を示す。24 時間後の pH 測定結果がサイクル 1 では 11 前後であったのに対し、サイクル 10 では 10 前後まで低下している。また、10 サイクル目は水浸直後の pH の上昇率も鈍くなっており、その傾向は表面積の小さい資料ほど顕著である。

電気伝導度(Ec)はサイクルを重ねるにつれて小さな値を示すようになる。1 サイクルの変化傾向は、pH とは逆に、水浸直後のデータ変化は小さいが、時間とともに値の上昇率が大きくなる傾向にある。

酸化還元電位(Eh)は、ばらつきがあるもののサイクルを重ねるにつれて高い値を示すようになる。1 サイクルの変化傾向は、pH・Ec とともに異なり不連続に急激に変化する時間があるように見られるが、この傾向もサイクルを重ねると滑らかな変化となっている。pH と電気伝導度 (Ec)・酸化還元電位 (Eh) の関係を図-2 に示す。これによると、おおよそ pH=9.0 より大きくなると、Ec の値が急に上昇し始める傾向が見られる。Eh の値は pH<9 ではばらつきが大きく pH が小さいほど高い値を示している。pH が pH>9 と大きくなるにつれデータのばらつきがなくなり、Eh の値は小さくなる傾向が見られる。電気伝導度 (Ec) と酸化還元電位 (Eh) の関係より、Ec が高いほど Eh は還元状態を示すことから、溶出されるイオンは、マイナスイオンが多いと推測される。

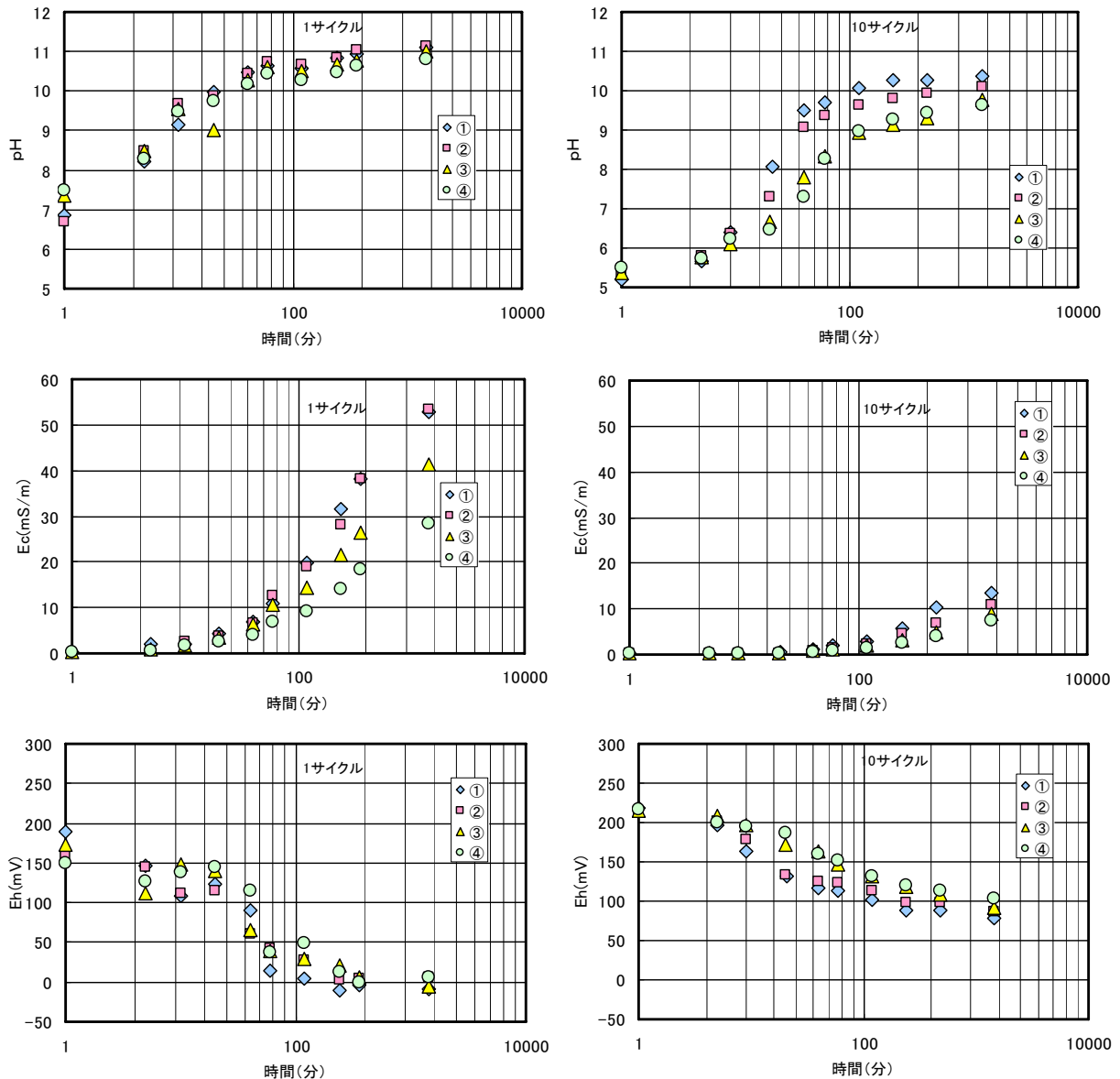


図-1 pH・電気伝導度・酸化還元電位の時間変化図

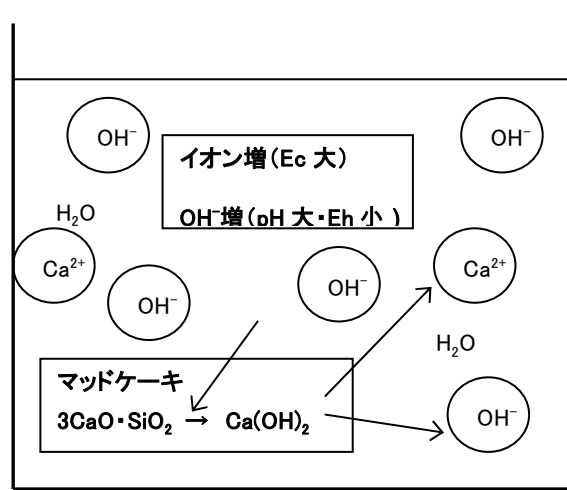
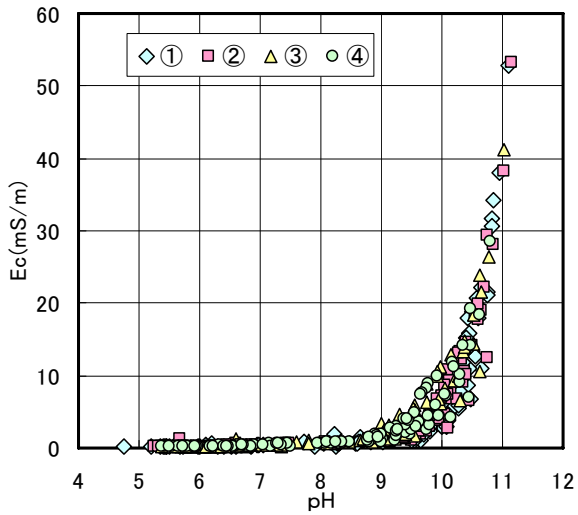


図-3 一部溶出物質変化の模式図

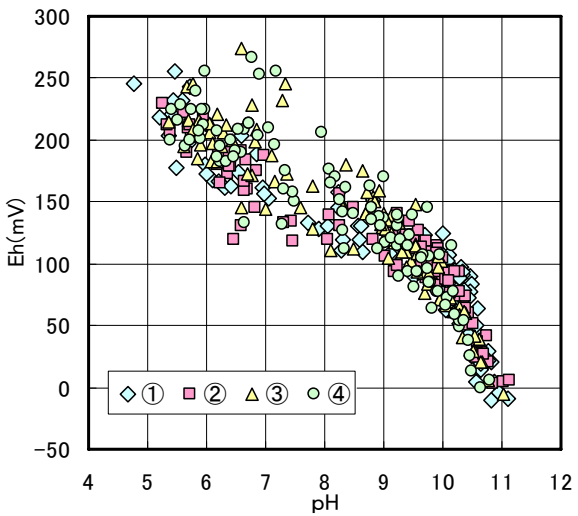


写真-3 実験後の試料①の断面

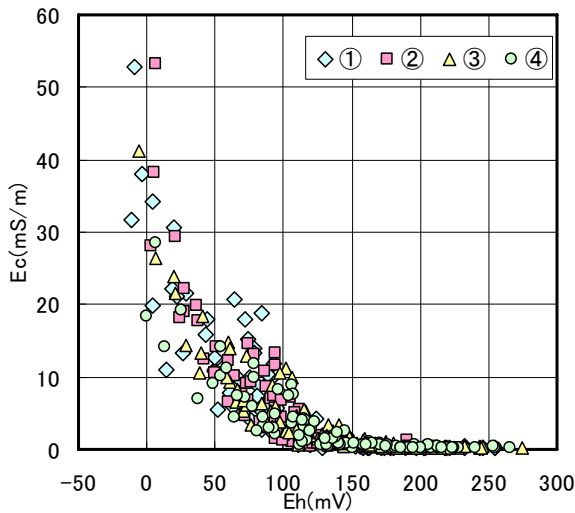


図-2 pH-Eh-Ec 関係図

物質溶出のメカニズムを、セメント鉱物の一つであるケイ酸三カルシウムを例にとり図-3に示す。最初ケイ酸三カルシウムはH₂Oと反応して、水酸化カルシウムとなり、これが溶解し、精製水はアルカリ性を示す。しかし、サイクルを繰り返すうちにマッドケーキ表面のカルシウムイオンが消費されて、水酸化カルシウム(Ca(OH)₂)の生成が困難になり、精製水に溶存するイオン物質が抑制され、10サイクル目にはpH・電気伝導度は小さくなる。酸化還元電位は、もともとの精製水の値からあまり変化しなくなると考えられる。

4. 簡易溶出実験試料の内部変化

24時間乾湿繰り返し溶出試験による、マッドケーキ試料内部の変化について検討するため、試料①を5mm幅でスライスし、スライスした試料のpH・電気伝導度・酸化還元電位を測定した。なお、測定はマッドケーキそのもののデータを検討しなかったため、試料と水をほぼ1対1程度混合攪拌し、直ちに測定を行った。実験後の試料①の断面写真を写真-3に、測定結果を図-4に示す。これによると肉眼では試料内部の変化は確認できなかった。pH・電気伝導度(Ec)・酸

化還元電位 (Eh) とともに、試料中心部のデータと明瞭に値が異なるのは、試料表面から 0~5mm の試料であった。従って、10 サイクルの乾湿繰り返しで試料①が影響を受ける範囲は、共試体表面から 5mm 未満といえる。

5. 溶出水の pH 変化予測

溶出水の pH 変化を予測するために、24 時間後の水浸データとサイクル数の関係を図-5 に求めた。図-5 の式から溶出水の pH が 7~9 まで低下するのに必要なサイクルおよび日数を表-2 に示す。

これによると、溶出水の pH が 8.6 (飲料水の水質基準) となるのに必要な時間は、最も面積の大きい試料①で 620 サイクル、サイクル累積日数 1240 日 (約 3.5 年) かかる結果となる。次に、マッドケーキの表面積がどの程度溶出水の pH に影響を与えているかを推測するために、図-6 を作成した。当然マッドケーキの表面積が増加すると、pH が低下するのに必要なサイクル数は多くなる。例えば、表面積が 200cm² のマッドケーキの pH が 8.6 となるのに必要なサイクルは、約 910 サイクルで、繰り返し累積日数で表すと約 5 年と算定される。

ただし、これは室内で 400ml の水に 24 時間水浸・乾燥を 10 回繰り返した時の実験結果を基にした推測である。

6. まとめ

マッドケーキから排出される溶出水の特に pH 変化を中心に、実験検討を試みた。今後は、本結果の適用性を検証する機会をみつけ、検討を重ねたいと考える。

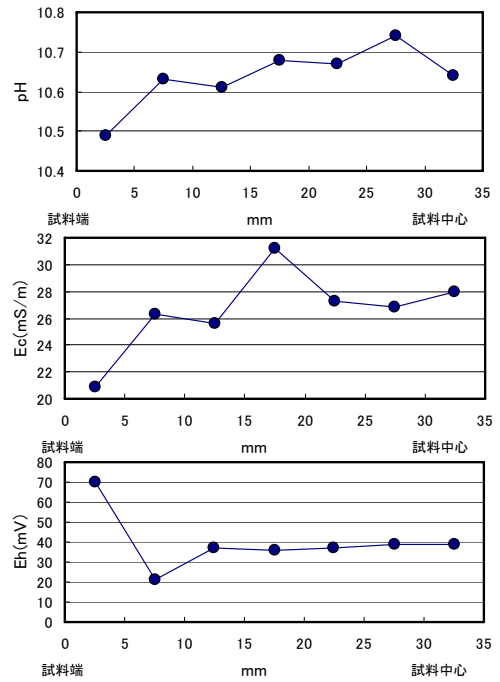


図-4 試料①内部の pH・Ec・Eh 変化図

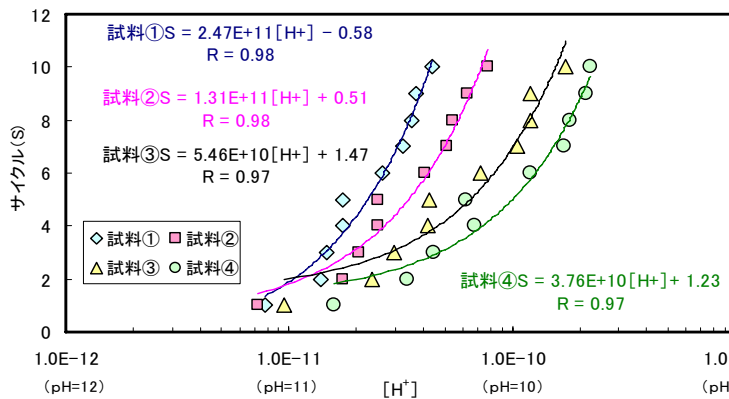


図-5 サイクル-24 時間測定 pH 関係図

表-2 pH 低下に必要なサイクル・日数

pH	[H ⁺]	項目	試料①	試料②	試料③	試料④
9	1.00E-09	サイクル数	246	132	56	39
		日数	493	263	112	78
8.6	2.51E-09	サイクル数	620	330	139	96
		日数	1,240	659	277	191
8	1.00E-08	サイクル数	2,469	1,311	547	377
		日数	4,939	2,621	1,095	754
7	1.00E-07	サイクル数	24,699	13,101	5,461	3,761
		日数	49,399	26,201	10,923	7,522

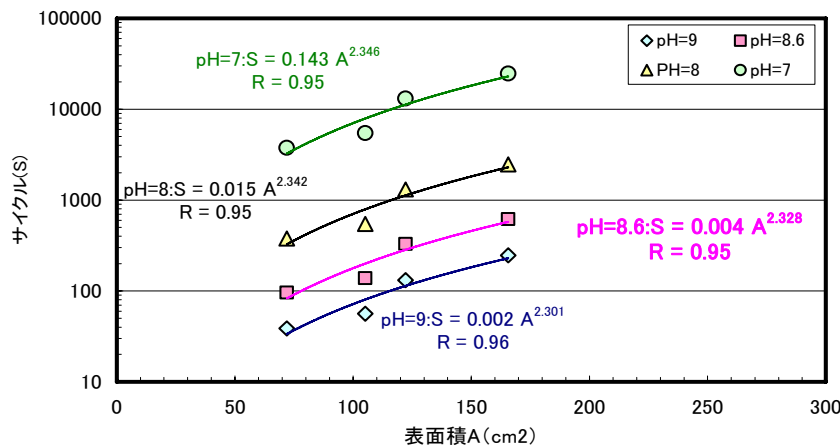


図-6 サイクル-表面積関係図

pH=8.6
式: $S = 0.004 \cdot A^{2.328}$
水量: 400ml

マッドケーキ表面積 (cm ²)	サイクル	年
50	36	0.2
100	181	1.0
150	466	2.6
200	910	5.1
250	1,529	8.5
300	2,338	13.0