

土 木 研 究 所 資 料

コンクリートに及ぼす酸性雨の影響 に関する研究

1992年3月

建 設 省 土 木 研 究 所
地質化学部コンクリート研究室

Copyright © (1992) by P.W.R.I

All right reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部または一部の転載、複製は、土木研究所所長の文書による承認を得ずしてこれを行なうてはならない。

コンクリートに及ぼす酸性雨の影響に関する研究

コンクリート研究室 室 長 河野 広隆
研 究 員 渡辺 博志
前部外研究員 堤 博文*

* 現 麻生セメント株式会社

要 旨

近年、地球環境に関する諸問題がクローズアップされ、各方面で検討がなされている。降雨の酸性化いわゆる酸性雨についても生態系だけではなく、コンクリート構造物の劣化に影響するのではないかと指摘がなされている。ここでは、コンクリートのつらら生成試験やコンクリートの酸性水浸せき試験などの室内実験に基づき、酸性雨がコンクリートの劣化にどのような影響を及ぼすか検討を行なったものである。

キーワード：酸性雨、コンクリート、劣化、中性化

まえがき

近年、地球環境に関する諸問題がクローズアップされ、各方面で検討がなされている。降雨の酸性化（いわゆる酸性雨）についても、生態系に及ぼす影響が懸念されている。近頃マスコミによりこの問題が取り上げられ、酸性雨が生態系だけでなく、コンクリート構造物の劣化にも影響を及ぼしているとの報道がなされ、注目を集めている。

通常、コンクリートはセメントの水和反応によって生じた水酸化カルシウム（ Ca(OH)_2 ）を多く含んでいるため、その内部はpH12～13の強アルカリ性に保たれており、鉄筋コンクリート構造物では、この強アルカリのコンクリートで鉄筋を包むことにより鉄筋が錆びるのを防いでいる。しかし、酸性雨の影響によって、雨水中の酸と水酸化カルシウムとの中和反応で、コンクリート中のアルカリ性物質（水酸化カルシウム）が消耗して、コンクリートの中性化が速くなり鉄筋が腐食したり、コンクリート中の成分が溶出することによりコンクリート内部がポーラスになり強度が低下して、コンクリート構造物の早期劣化につながるのではないかといった疑問がもたれている。

現在、日本各地で、降雨のpHの観測がなされており、この観測結果によると、現在わが国における酸性雨のpH値は、おおよそ4.0ないし4.5程度であることが報告されている。¹⁾これらのpH値の実態をもとに酸とアルカリの中和反応から理論的に検討してみると、酸性雨はコンクリートの劣化に余り影響を及ぼさないことが計算上推察される。しかし、酸性雨の影響については不明の点も多い。そこで、今回、酸性雨がコンクリート構造物にどのような影響を与えているのかを明らかにすることを目的として、室内実験を行った。

目 次

まえがき

1. 研究の経緯	1
2. 研究の目的	2
3. 実験に用いたコンクリート材料について	4
3.1 使用材料	4
3.2 コンクリートの配合	4
3.3 練り混ぜ	4
3.4 コンクリートの試験結果	5
4. コンクリートに生じるつららに関する実験	6
4.1 試験概要	6
4.2 試験結果および考察	9
5. コンクリートの酸性水浸漬劣化試験	11
5.1 試験概要	11
5.2 試験結果および考察	12
6. 酸性雨が鉄筋コンクリートに及ぼす影響に関する実験	23
6.1 試験概要	23
6.2 試験結果および考察	25
7. まとめ	29

参考文献

あとがき

添付資料

1. 研究の経緯

近年、わが国では降雨の酸性化が生じていることが明かとなり、各地でpH 5.6以下のいわゆる酸性雨が日常的に観測されるようになった。酸性雨による森林の枯渇、湖沼の酸性化にともなう生態系の変化など酸性雨の影響は多方面にわたることが予想されており、各方面で調査研究が開始されている。このように酸性雨の問題はこれらの環境あるいは生態系への影響に関する影響が主に取り上げられてきたが、コンクリート構造物などにも悪影響が及んでいるのではないかとの問題が提起され注目を集めている。

コンクリートはセメントの水和により強度を発現し、かつコンクリート内をアルカリ性に保つことで補強鋼材の腐食を防ぐことにより、構造部材としての機能を発揮するものである。ところが、セメントの水和反応のプロセスによって生成され強度発現の基となるセメントゲルは、酸性溶液による侵食を受けて溶解し、かつ、コンクリート内のアルカリ度も低下することが容易に予想されることから、酸性雨によってコンクリート構造物が劣化するのではないかとの疑問も化学的根拠を有するものである。

このように、コンクリートの酸による劣化自体は合理的ではあるが、その劣化がコンクリート構造物の管理重要視すべき速度で進行し、耐久性に甚大な悪影響を及ぼすものであるかどうかといった問題については十分な議論がなされておらず、いまだ解明されていないのが現状である。今後、降雨の酸性化が急速に解消されるとは予想しにくい状況であることから、酸性雨がコンクリートに及ぼす影響についてできるだけ詳細に検討を行い、その影響度に関する知識を得ておくことはコンクリート構造物の維持管理を適切に行っていく上で、非常に重要であることは論を待たない。

本研究は、このような状況をふまえ、コンクリートの酸性溶液に対する劣化について実験的な検討を行い、酸の溶液の種類、酸性度（pH）、コンクリートの使用材料により、強度面、中性化速度などのコンクリートの品質に及ぼす影響について明らかにし、酸性雨によるコンクリート構造物への影響度を把握する上での基礎資料を得ることを目的として行われたものである。

2. 研究の目的

コンクリート中にはセメントの水和によって生じる各種セメント水和物（水和ゲル）および水酸化カルシウムが存在する。これらの水和生成物は酸により分解溶出するため、コンクリートが酸性雨にさらされると、次第に強度低下あるいは中性化などの劣化が起こる可能性がある。

コンクリートに発生するつらは、ひびわれ等を通してきた雨水がコンクリート中のカルシウム分を溶かし出し、そのカルシウムがコンクリート表面で炭酸化カルシウムなどとして析出したものである。ここで、コンクリートから外部に溶出するカルシウムイオンの出所は、コンクリート中の水和ゲルが分解して生じたもの、水和によって生じた水酸化カルシウムが溶解してできたもの、中性化してできた炭酸カルシウムが分解したもの等が考えられる。つらがが酸性雨特有の現象であるとするならば、コンクリート供試体中に酸性水が透過したときと、通常の水が透過したときを比較した場合、カルシウムイオンの溶出量に大きな差が生じ、結果的につらの生成状況に大きな差が出るはずである。

水酸化カルシウムの純水に対する溶解度は水 100 g に対し 0.12 g 程度である。これに、現在わが国で観測されている標準的な酸性雨である pH 4 の酸性水と水酸化カルシウムの反応によって生じるカルシウムイオン量は、水 1 リットルあたり 0.5×10^{-4} モルであるので、水 100 g あたり 3.7×10^{-4} g と非常にわずかなものである。すなわち、酸と水酸化カルシウムの反応によって生じるカルシウムイオン量は、水酸化カルシウムの水に対する溶解度に比べ 1% 以下の微量であることがわかる。

水和セメントの中性化によって生じる炭酸カルシウムは酸により容易に分解されることから、コンクリートを透過する水が酸性の場合、カルシウムイオンが生成される。しかし、酸性水に頻繁にさらされるところでは、水分による水酸化カルシウムの移動が起こり、中性化反応は生じにくいと予想され、炭酸カルシウムの分解は起こりにくいと予想される。一方、コンクリート中には多くの水酸化カルシウムが存在するので、わずかな酸がコンクリートに進入しても、直ちにアルカリと反応し、炭酸カルシウムの分解はやはり生じにくいと考えられる。

以上のことを総合すると、コンクリートに生じるつらは酸性雨特有の現象ではなく、通常の水でも生じる一般的な現象であることが予想される。ここでは、この推論を確認するため、つらら生成に関する実験を行った。この実験により、コンクリート中を透過する水の酸性度ならびに酸性をもたらす成分、コンクリートに使用されるセメントや骨材などの材料による影響を検討した。また、コンクリート供試体のひびわれを透過して出てくる溶液のカルシウムイオン量を測定し、コンクリートから溶出するカルシウム量とつらの関係についても検討を試みた。

酸性雨はコンクリート中のセメント水和生成物影響を与え、ひいては構造物の強度低下や中性化をもたらすことに間違いない。セメントの水和物は、酸の pH 値が 6 以下であれば侵食を受けると言われている。すなわち、セメント水和物が化学反応により分解し、コンクリートの強度の低下や中性化といった劣化が生じる。このような酸性雨に起因するコンクリートの品質の低下による構造物の劣化問題に言及するにはまず酸性雨がコンクリートにどのような影響を及ぼし、その速度がどの程度であるのかを把握しておく必要がある。このため、次に酸性雨を模した酸性水中にコンクリート供試体を浸漬する浸漬劣化試験を行い、酸性水中の

浸漬材令の進行にともなうコンクリートの圧縮強度の変化、中性化の進行、コンクリートとの反応によって消費される酸の量について計測を行った。酸性雨は、日本全国で日常的に観測されるものであることから、酸性雨による劣化速度を直接に評価するためには、コンクリート供試体を自然環境に暴露して劣化度を測定するのが望ましい。しかし、自然暴露試験にくらべ短期間で結果が得られること、促進劣化条件を提供していると考えられる浸漬試験でも酸による劣化メカニズムは把握しうること、各供試体間の相対的評価が可能であること等から、ここで採用した試験法でも十分有用な情報が得られるものと考えられる。

滴下させる酸性水は、酸性雨が排ガスの No_x , SO_x に起因していることや、現在の降雨の pH 値が 4～5 であることなどから pH4 の硝酸水を基準とした。その他硫酸水、炭酸水および、今後降雨の酸性化が進ことを懸念し pH3 の硝酸水について行った。また、比較としてアルカリ水の水酸化ナトリウム水、純水のイオン交換水についても試験を実施した。

石灰石はその成分がカルサイト (CaCO_3) であり、酸に溶解することからこれを用いたコンクリートの

3. 実験に用いたコンクリート材料について

3.1 使用材料

(1)セメント

使用したセメントを表ー 1に示す。

表ー 1 セメント

セメントの種類	比 重	内 容
普通ポルトランドセメント	3.16	電気化学工業社製
高 炉 セ メ ン ト B 種	3.03	普通ポルトランドセメントと新日鐵化学社製高炉スラグ微粉末とを1：1の割合で混合した。
石灰石粉混入セメント	3.13	普通ポルトランドセメントに葛生産石灰石粉を内割り5%混入した。

(2)骨材

使用した骨材の物性を表ー 2に示す。

表ー 2 骨材の物性

種 類	分 類	産 地	比 重	吸水率	粗粒率	備 考
細 骨 材	川 砂	富士川	2.61	1.68	3.02	
	石灰石砕砂	葛 生	2.66	—	2.64	
粗 骨 材	硬質砂岩碎石	笠 間	2.66	—	6.82	5号,6号を1:1で混合
	石灰石碎石	葛 生	2.73	—	7.18	

(3) A E減水剤

エヌエムビー社製遅延型A E減水剤No. 8 (リギンスルホン酸およびポリオール複合体)を使用した。

3.2 コンクリートの配合

水セメント比およびコンクリート材料の種類によるつららの差を確認するため、表ー 3に示す8種類の配合を選定した。配合は目標スランプ 8cm、空気量 4%として試し練りにより定めた。

3.3練り混ぜ

練り混ぜには要領 100%のパン型強制練りミキサを使用し、以下の手順で行った。

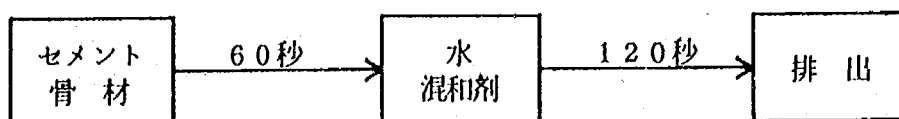


表- 3 コンクリートの材料および配合

配合 番号	材 料			配 合							
	セメント	細骨材	粗骨材	W/C (%)	S/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)					
						W	C	S	G	AE	助剤
①	普通セメント	川砂	硬質砂岩	60	47	156	260	885	1017	0.65	1.0A
②	〃	〃	〃	50	45	161	322	819	1020	0.81	2.0A
③	〃	〃	〃	70	49	164	234	923	980	0.59	2.5A
④	〃	〃	石灰石	60	47	156	260	885	1040	0.65	1.5A
⑤	〃	石灰石	硬質砂岩	60	44	156	260	845	1075	0.65	1.5A
⑥	〃	〃	石灰石	60	44	150	250	855	1117	0.63	1.5A
⑦	高炉セメント	川砂	硬質砂岩	60	47	156	260	881	1014	0.65	4.5A
⑧	石粉混入	〃	〃	60	47	156	260	884	1016	0.65	2.0A

3.4 コンクリートの試験結果

フレッシュコンクリートの試験結果および標準養生を行ったコンクリートの圧縮強度を表- 4に示す。

表- 4 コンクリートの試験結果

配合 番号	スランプ (cm)	空 気 量 (%)	圧縮強度 (kg/cm ²)	
			28日	91日
①	6.8	3.6	318	388
②	6.2	3.7	437	517
③	7.0	3.2	226	298
④	7.0	3.9	294	365
⑤	9.0	3.6	363	414
⑥	7.7	3.7	398	476
⑦	8.1	3.3	271	380
⑧	8.0	4.4	280	369

4. コンクリートに生じるつららに関する実験

4.1 試験概要

4.1.1 試験目的

コンクリート構造物のひびわれや打ち継ぎ目近傍に生じるつらら状の析出物が、酸性雨によってもたらされたものかどうかを確認する目的で、実験的調査を行った。

試験はコンクリートのひびわれに、酸性雨を模した酸性水その他アルカリ水、純水を透過させて、つららを人工的に生じさせる方法で行い、つららの形成が酸性雨特有の現象であるのかどうか確認した。

4.1.2 試験条件

(1) 供試体作成

以下に供試体作成の詳細を記す。

- ① コンクリートを寸法 $\phi 10 \times 20$ cmの円柱型枠に打設、翌日脱型した後材令28日まで湿空養生した。
- ② 割裂により供試体にひびわれを入れる。
- ③ ひびわれの生じた供試体の両端面より約5cmの位置に、ステンレスバンドをセットし最大ひびわれ幅が0.5mmとなるように締めつけた。
- ④ ひびわれが変動しないように、2本のステンレスバンドの間にエポキシ系接着剤（以下接着剤と呼ぶ）を塗る。
- ⑤ 接着剤が十分硬化した後ステンレスバンドを取り外し、コンクリート打設時に下であった面のひびわれ上にアクリル管を接着剤で固定する。このアクリル管内と片方の面を除いたコンクリートの表面に接着剤を塗る。

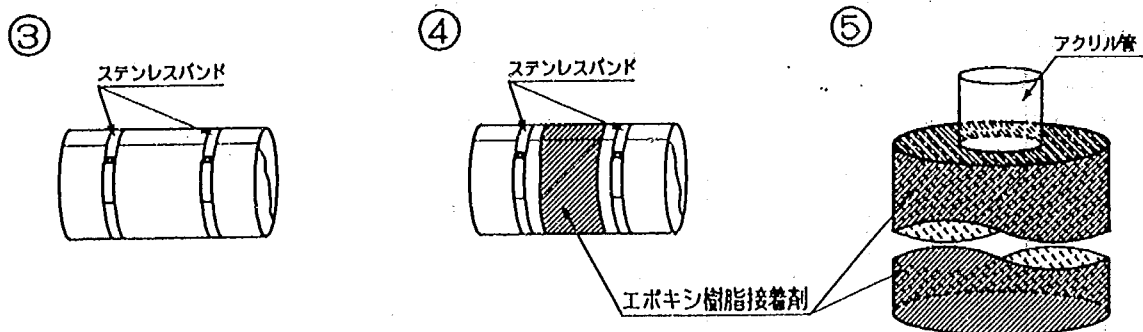


図-1 供試体作製

(2) 試験装置

コンクリートに生じるつららに関する実験の試験装置を図-2に示す。

酸性水は、タンクよりホースを通りアクリル管内でホースからひびわれに落ちる。液の滴下量は、1分間に3滴（約300cc/日）となるようにホースに取り付けたローラークランプで調節した。コンクリートに落ちた液は、ひびわれを通して供試体下面より滴り落ちる。

試験は、温度20℃、湿度60%の恒温恒湿槽内で行った。

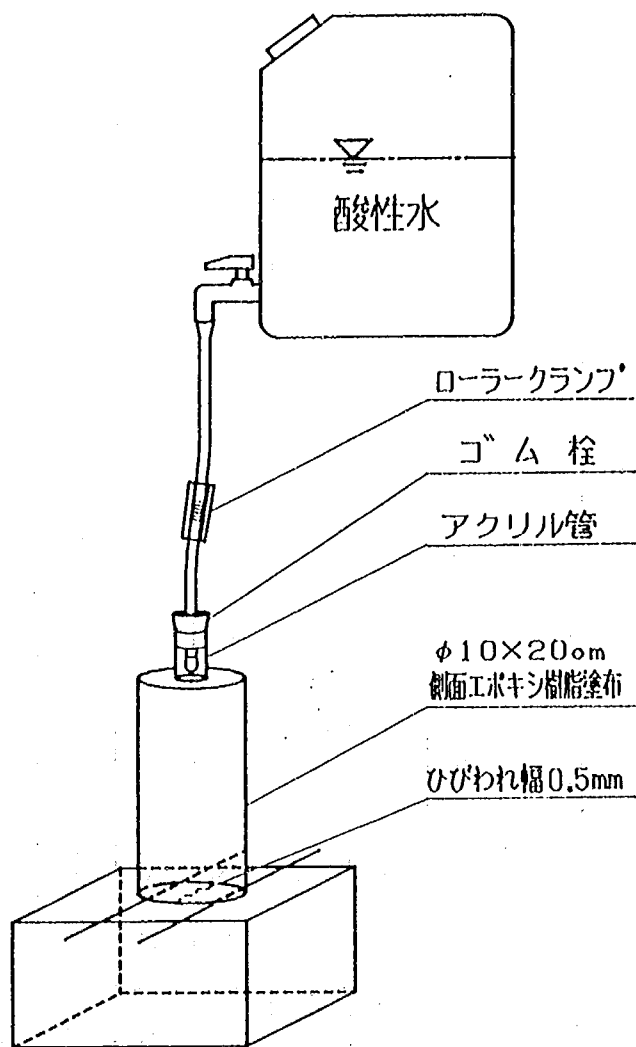


図- 2 つらら形成試験装置

(3) 実験ケース

比較要因として、コンクリートに滴下させる溶液、コンクリート配合のW/C、コンクリート材料のセメントおよび骨材を取り上げて実験のケースを決定した。

実験のケースを表- 5に示す。

4. 1. 3 試験項目および方法

(1) つらら長さの測定

滴下後6週、11週および15週に、供試体の下面に生じたつららの長さの測定を行った。

(2) 透過溶液のカルシウム濃度測定

コンクリートに滴下した溶液が、ひび割れを透過して供試体下面より滴り落ちるのを、4時間ピーカに集めカルシウム濃度を原子吸光光度法により測定した。

表-5 実験のケース

ケース 番号	配合 番号	コンクリートの種類				滴下させた溶液		比較要因			
		セメント	W/C	細骨材	粗骨材	溶液種	pH	滴下溶液	W/C	セメント	骨材
1	①	普通セメント	60	川砂	砂岩碎石	イオン交換水	7.0	○			
2						水酸化ナトリウム	10.0	○			
3						炭酸水	5.6	○			
4						硫酸水	4.0	○			
5						硝酸水	3.0	○			
6						硝酸水	4.0	○	○	○	○
7	②	普通セメント	50	川砂	砂岩碎石	硝酸水	4.0		○		
8	③	普通セメント	70	川砂	砂岩碎石	硝酸水	4.0		○		
9	④	普通セメント	60	川砂	石灰石	硝酸水	4.0				○
10	⑤	普通セメント	60	石灰石	砂岩碎石	硝酸水	4.0				○
11	⑥	普通セメント	60	石灰石	石灰石	硝酸水	4.0				○
12	⑦	高炉B種	60	川砂	砂岩碎石	硝酸水	4.0			○	
13	⑧	石粉5%混	60	川砂	砂岩碎石	硝酸水	4.0			○	

(3) 中性化深さの測定

滴下後13週目に供試体を装置から取り外し、ひびわれと直角方向で割裂を行って、その割裂面に1%フェノールフタレインアルコール溶液(フェノールフタレイン1gをエタノール65cc溶かし水を加えて100ccとした)を噴霧し、溶液の透過したひびわれ面から発色点までの長さを測定しこれを中性化深さとした。

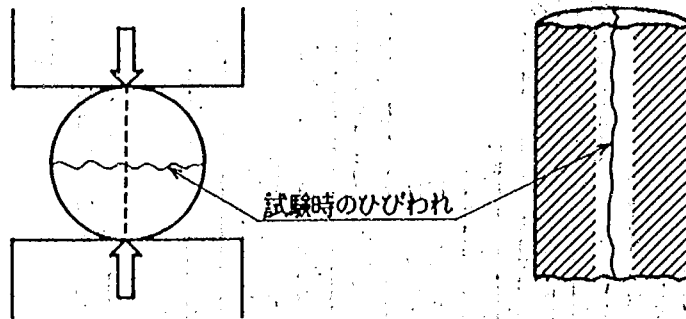


図-3 中性化深さ測定

4.2 試験結果および考察

コンクリート供試体の下面に生じたつららの長さ測定結果を図-4に示す。滴下後1週間を過ぎたころから、供試体下面に白色のフジツボのような形状のつららが形成された。その後もつららは中空のまま伸びていった。つららの長さは、それぞれの実験ケースの供試体4本の平均値で示したが、ばらつきが大きくつららの長さで、溶液の種類、コンクリートの配合や材料の影響の比較をするのは危険がある。しかし、酸性雨以外のイオン交換水やpH10の水酸化ナトリウム水などによっても、つららは形成されることが確認できたことにより、コンクリート構造物につららが生じるのは、酸性雨特有の現象であるとは考えられない。

つららの成分については、今回つららの量が少なくて調べることができなかったが、コンクリート構造物に生じたつららの主成分が炭酸カルシウムであることから、同じ炭酸カルシウムが主成分であると考えられる。そうすると、コンクリートに生じるつららは、降雨などの水がコンクリートのひびわれなどを透過するときコンクリート中の水酸化カルシウムを溶かし込み、下面で滴り落ちるとき大気中の二酸化炭素と反応して、難溶性の炭酸カルシウムとなり析出したものと推察される。

ひびわれを透過した溶液のカルシウム濃度の試験結果を、図-5に示す。ケース別にみると水セメント比の大きいケース8や酸性度の強いケース5などが大きい。カルシウム濃度は、溶液滴下時間の経過とともに、小さくなるものやそうでないものがあり傾向は見いだせなかった。つらら長さとの関係においても明確な相関は見られず、これもつらら長さのばらつきが大きいことや溶出したカルシウムイオンの全てがつららになるとは限らないためであると考えられる。

滴下13週のひびわれからの中性化深さは、全てのケースにおいて0であった。コンクリート中の水酸化カルシウムがひびわれ面より溶出しているが、コンクリートは湿潤状態であり内部から水酸化カルシウムが拡散移動するため、未発色部分が現れなかったものと思われる。

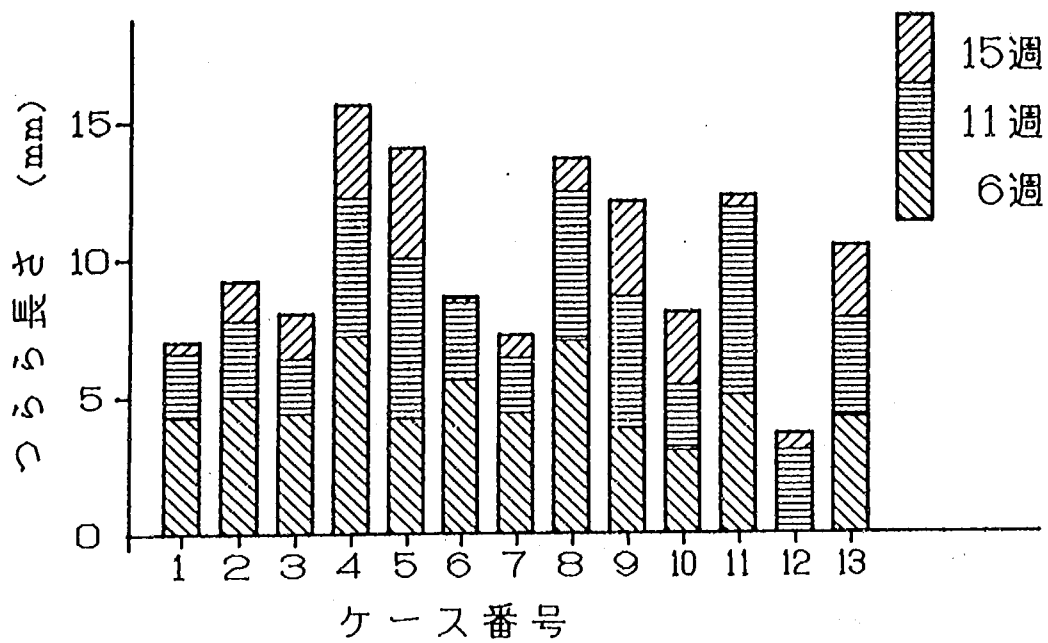


図-4 つらら長さ

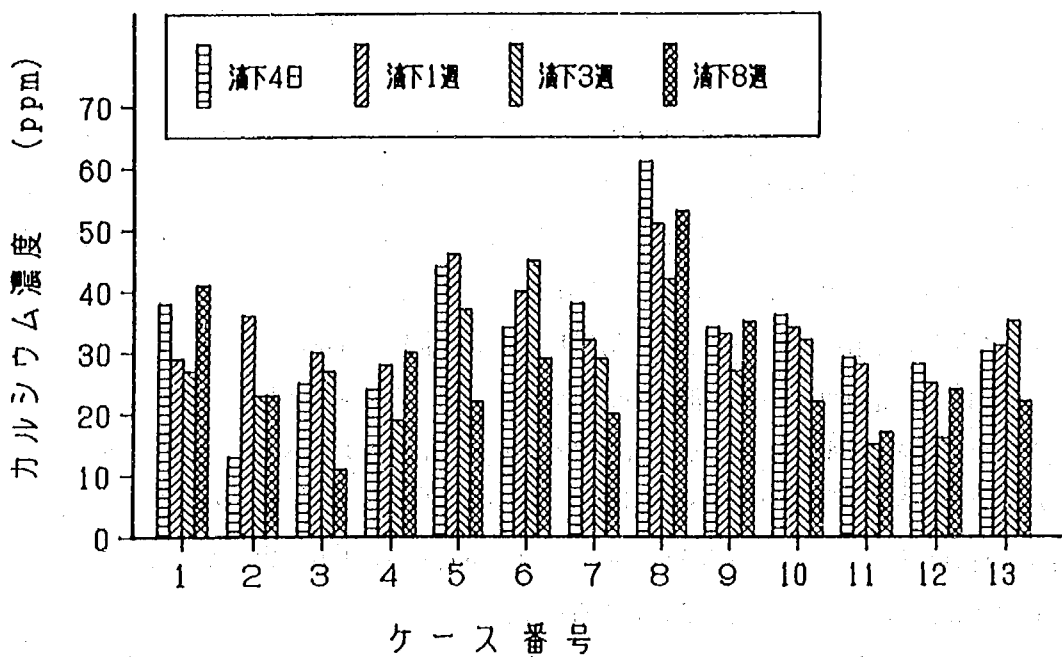


図-5 ひびわれ透過溶液のカルシウム濃度

5. コンクリートの酸性水浸漬劣化試験

5.1 試験概要

5.1.1 試験目的

現在の降雨の酸性度 (pH 4～5) 程度の酸性水によって、コンクリートがどのような影響を受けるかを明らかにすることを目的として、酸性水浸漬試験を行った。

5.1.2 試験条件

(1) 供試体作成

打ち込み後 28 日間湿空養生を行った $\phi 10 \times 20$ cm の円柱供試体を用いた。供試体を酸性水に浸漬したとき、溶液と接するコンクリートの面積を恒に一定に保つため、供試体の上下端面を接着剤によりコーティングした。

(2) 実験ケースと浸漬状態

実験ケースは、要因にコンクリートを浸漬させる溶液、コンクリート配合の W/C、コンクリート材料のセメントおよび骨材を取り上げ、つららに関する実験と同じとした。

浸漬水槽には容積 100ℓ のポリ容器を各ケースとも 2 槽用い、それぞれに溶液 70ℓ を入れ一方は浸漬材令 4 週、13 週、26 週用とし、他方を 1 年、2 年用とした。供試体は、各材令 3 本とした。溶液の pH 調整には pH メータを用い、液の入れ替えを適宜実施したケース 1 (イオン交換水) を除いては、液の入れ替えをせずに表-6 に示す試薬等を加えることにより行った。

表-6 pH調整試薬等

ケース番号	試薬名	濃度
2	水酸化ナトリウム	8N
3	二酸化炭素ガス	—
4	硫酸	95% (35.52N)
5～13	硝酸	61% (13.28N)

5.1.3 試験項目および方法

(1) 酸の消費量

ケース 4～13 については試薬の酸を加えて溶液の pH 調整を行ったが、溶液中の酸が、添加した酸の量だけコンクリート中の成分との反応に消費されたと見なし、添加した酸の量を酸の消費量として当量で表した。

(2) 重量測定

湿空養生であることから浸漬後ある程度までは、吸水により供試体重量が増加すると考えられる。そこで浸漬後14日の重量を基準とし、圧縮強度試験前に重量を測定してその変化を調べた。

(3) 圧縮強度試験

浸漬材令4週、13週、26週について実施し、酸性水による圧縮強度の変化を調べた。供試体は載荷面となる上下端面を接着剤でコーティングしてあるので、研磨機でコンクリート面が現れるまで研磨して面仕上げをした。

(4) 中性化深さ測定

圧縮強度試験後、供試体を割裂して、その割裂面に1%フェノールフタレインアルコール溶液を噴霧した。コンクリート表面から発色点までの長さを測定しこれを中性化深さとした。

5.2 試験結果および考察

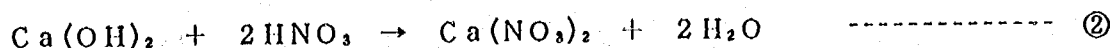
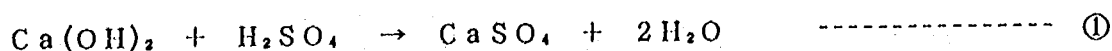
5.2.1 供試体の外観観察

供試体の外観観察の結果を表-7に示す。pH3と酸性度の大きいケース5は、浸漬13週にはスケーリングを起こしており、酸性水によって劣化しているのが伺える。ケース2(水酸化ナトリウム)は溶液に白色沈澱が見られた。これは、水酸化ナトリウム水溶液は二酸化炭素の溶解度が大きいために、他のケースよりも多量にとけ込んだ大気中の二酸化炭素が、コンクリートから溶け出した水酸化カルシウムと反応して、炭酸カルシウムとなり沈澱したものである。ケース3の白色沈澱も同じく炭酸カルシウムと思われる。ケース5(pH3 硝酸)には、スケーリングによる骨材の沈澱の他褐色沈澱が見られた。

5.2.2 酸の消費量

溶液調整に添加した酸の量を、コンクリート中の成分との反応に消費されたと見なし、酸の消費量として当量で表した。浸漬材令1年、2年用溶液槽の、供試体1本当たりの酸の消費量と浸漬日数との関係を図-6に示す。酸性度の大きいケース5がもっとも消費量が多く、高炉セメントB種や石灰石骨材を用いたコンクリートは酸の消費量は少なかった。いずれのケースも、浸漬直後からpH値は大きくなり酸の消費速度が大きかったが次第に小さくなり、30~40日後はほぼ一定の速度となった。

浸漬させる酸性水の種類別にみた酸の消費量と浸漬日数の関係を図-7に示す。酸の消費量は硝酸の場合pH3がpH4よりも多く、酸性度の大きいほど酸の消費量が多いと言える。硝酸と硫酸とでは、硝酸のほうが多い。ケース4、6は外観変化も少なく、酸の多くはコンクリートより溶出した水酸化カルシウムとの中和反応により消費したものである。



①、②式の中和反応でできた塩の内、硝酸カルシウム($\text{Ca(NO}_3)_2$)は水によく溶けるが、硫酸カルシウムは難溶性である。ケース4の場合コンクリート表面で反応が起こり、この硫酸カルシウムが水酸化カルシウムの溶出する空隙を閉塞することが、酸の消費量を少なくしていることの一因ではないかと推察する。

表- 7 外観観察結果

ケース 番 号	浸 漬 材 令		
	4 週	1 3 週	2 6 週
1	異常なし	異常なし	異常なし
2	異常なし	異常なし	異常なし
3	異常なし	一部褐色	褐色、一部スケーリング
4	異常なし	異常なし	異常なし
5	異常なし	褐色及び スケーリング	褐色及び スケーリング
6	異常なし	異常なし	異常なし
7	異常なし	異常なし	異常なし
8	異常なし	異常なし	一部褐色
9	異常なし	異常なし	一部褐色
1 0	異常なし	異常なし	一部褐色
1 1	異常なし	異常なし	一部褐色
1 2	異常なし	異常なし	一部褐色
1 3	異常なし	異常なし	一部褐色

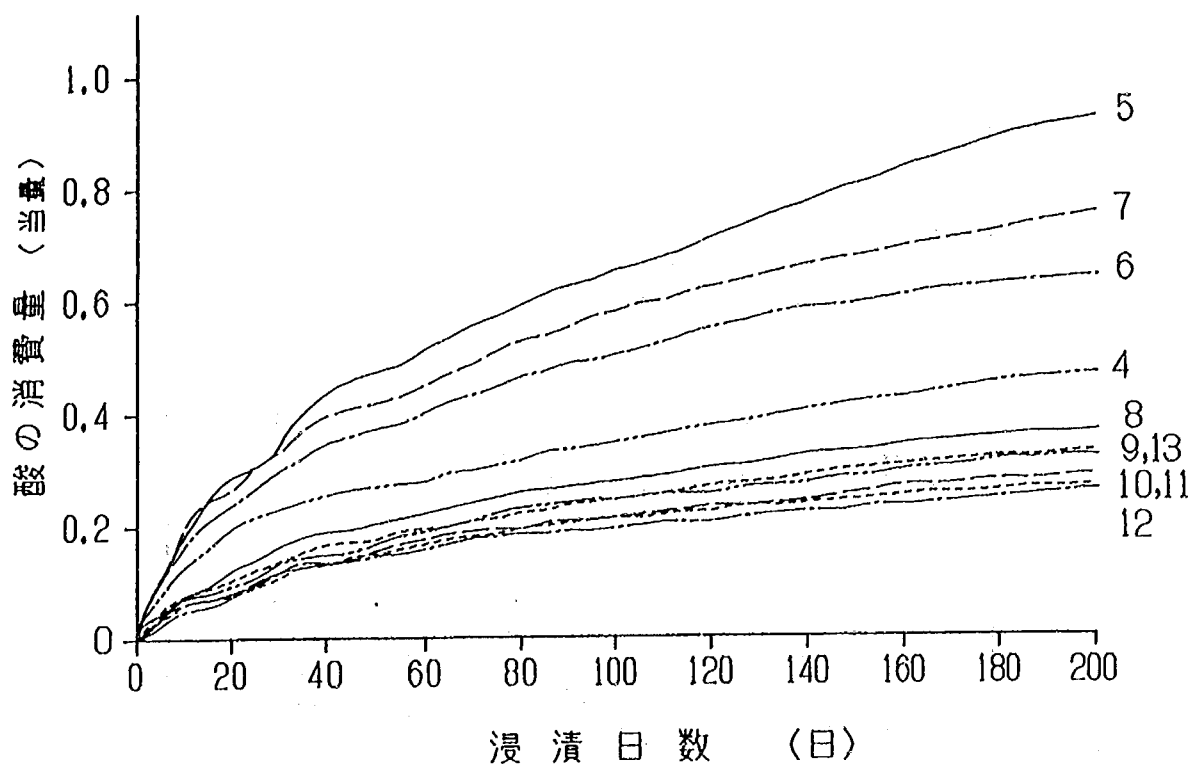


図- 6 浸漬時間と酸の消費量の関係

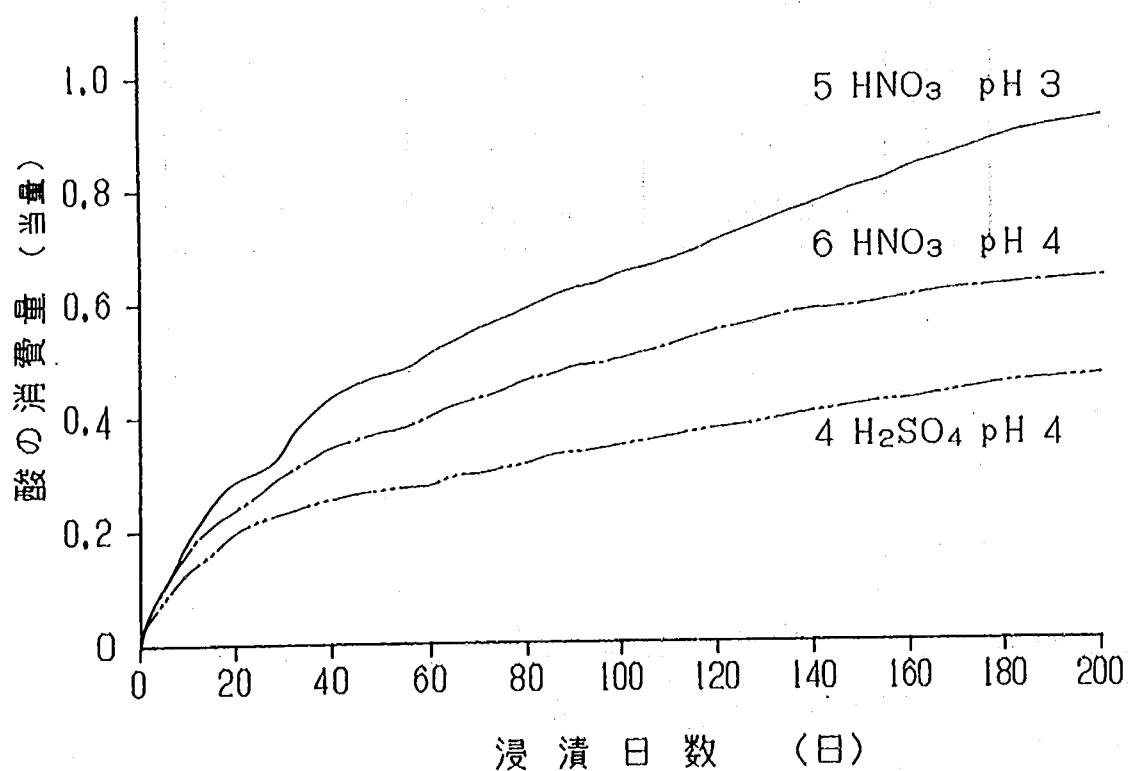


図- 7 浸漬時間と酸の消費量の関係 (溶液種別)

コンクリートの配合、水セメント比別にみた酸の消費量と浸漬日数の関係を図-8に示す。水セメント比の小さいものほど酸の消費量が多い傾向にある。これは単位セメント量の差による水酸化カルシウムの生成量の差によるものかと考えられる。しかし、セメントが完全水和すると単位セメント量の30%の量の水酸化カルシウムが生成される、また酸の消費は全て水酸化カルシウムとの反応によるものと仮定し、水酸化カルシウムの反応率を図-9に示した。ケース6, 7は、ほぼ同じ反応率であるのに対し水セメント比70%のケース8は、これ小さい反応率を示し水酸化カルシウムの溶出量が少ないことを示した。これは、つららに関する実験のカルシウム濃度測定結果と異なる傾向を示しているが、その原因については明かでない。

セメント別と、骨材別の関係をそれぞれ図-10、図-11に示す。高炉セメントB種を用いたコンクリートは普通ポルトランドセメントを用いた場合に比べ、酸の消費量が半分以下である。セメントに石灰石粉を混入したり骨材に石灰石を用いた場合も同程度の酸の消費量を示した。高炉セメントは水和時の水酸化カルシウム生成量が少ないために、酸の消費量が少ないと考えられるが、石灰石を用いた場合は、コンクリート中の水酸化カルシウムの量が少なくなるのか、または、何らかの作用で溶出しにくくなるのか、それとも他に原因があるのか明かでない。

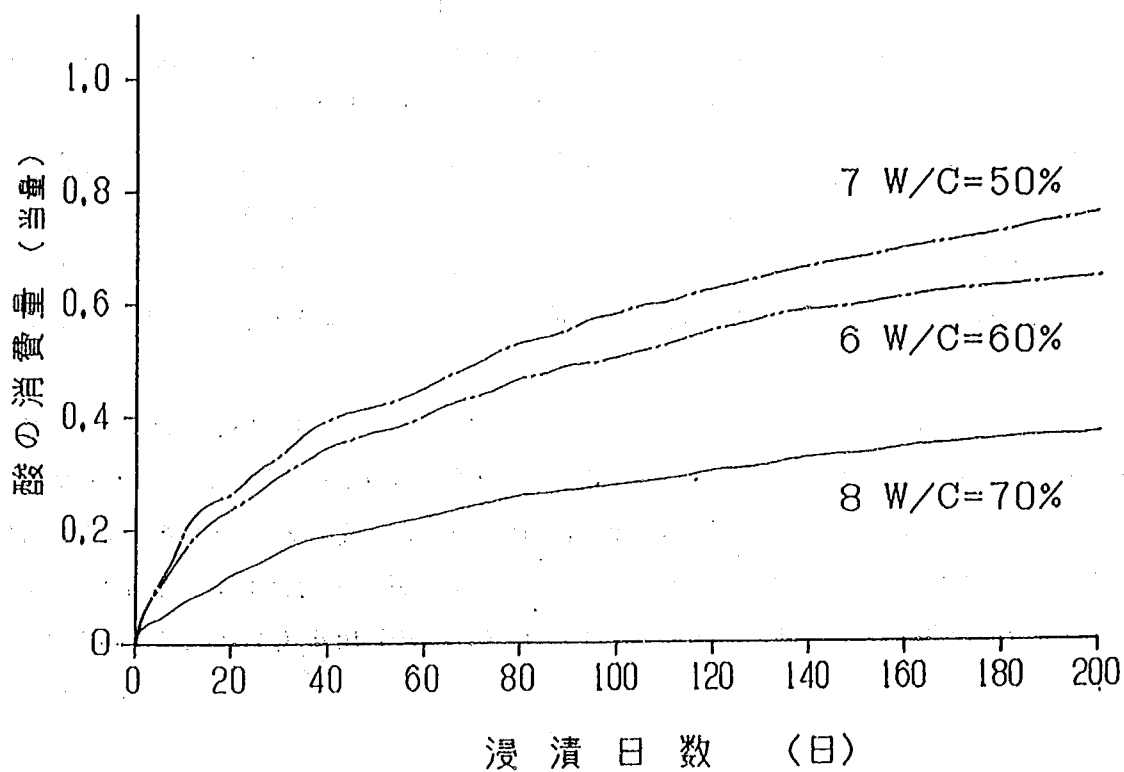


図- 8 浸漬時間と酸の消費量の関係 (水セメント比別)

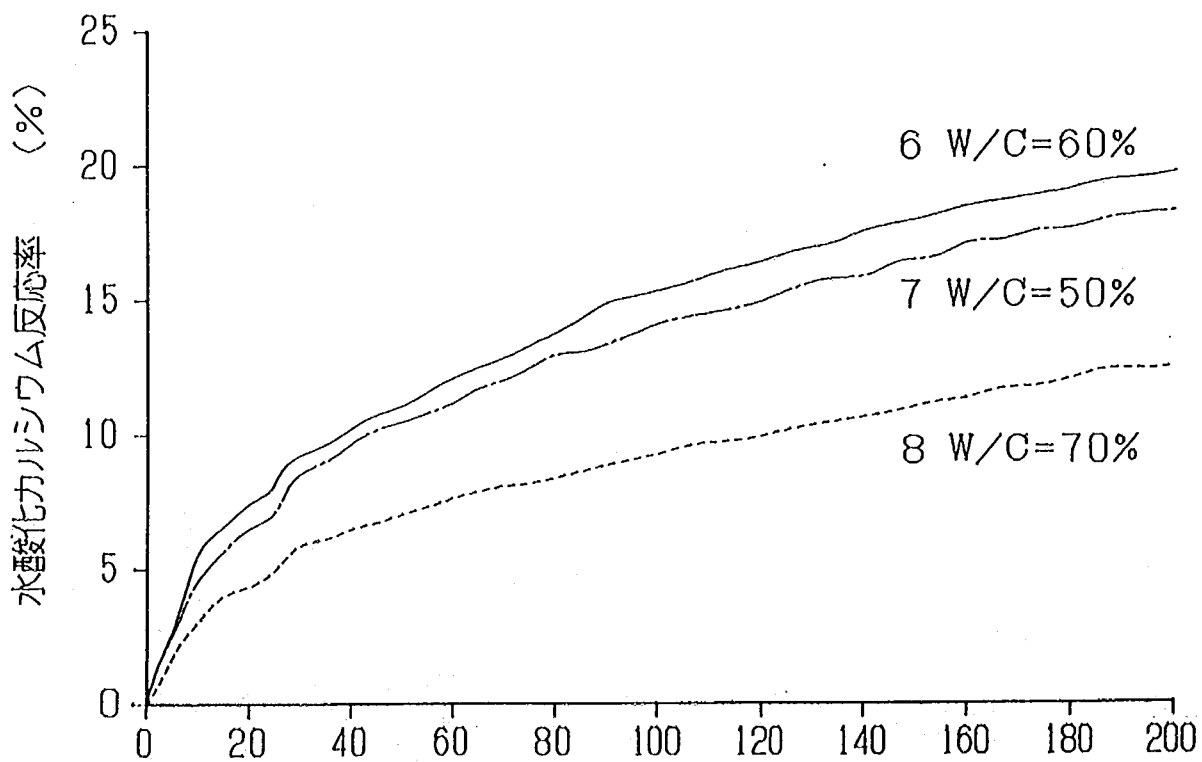


図- 9 コンクリート中の水酸化カルシウムの反応率

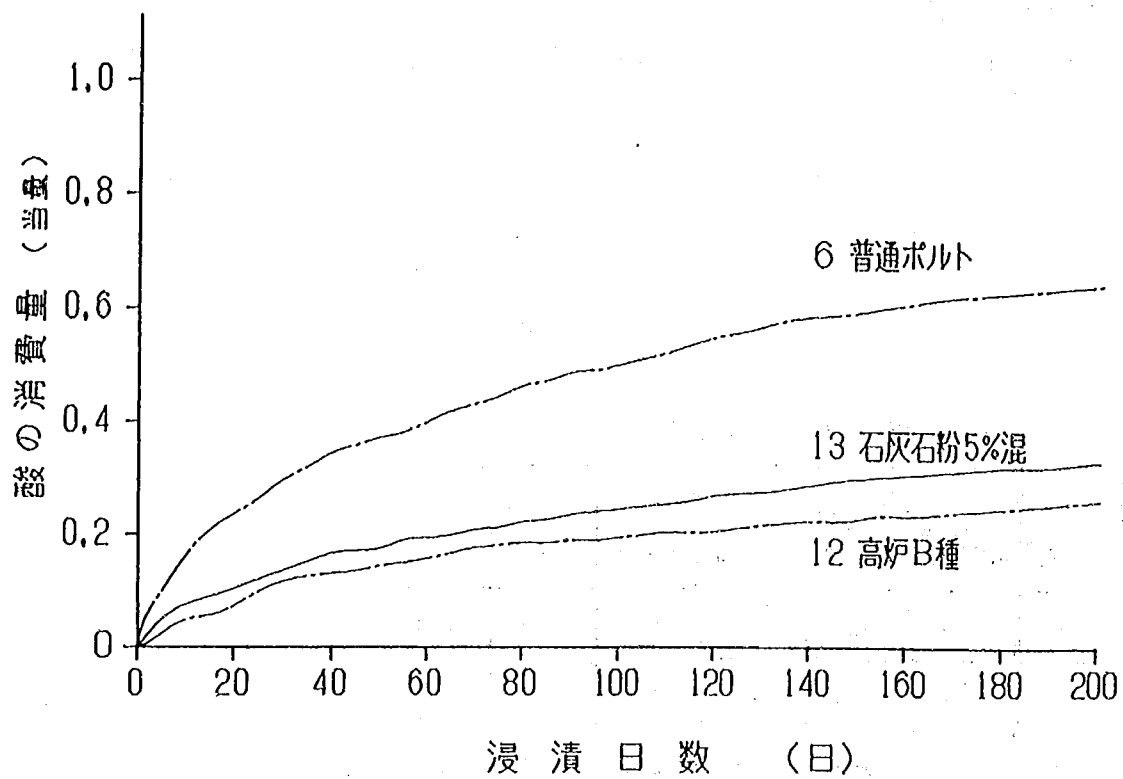


図-10 浸漬時間と酸の消費量の関係 (セメント別)

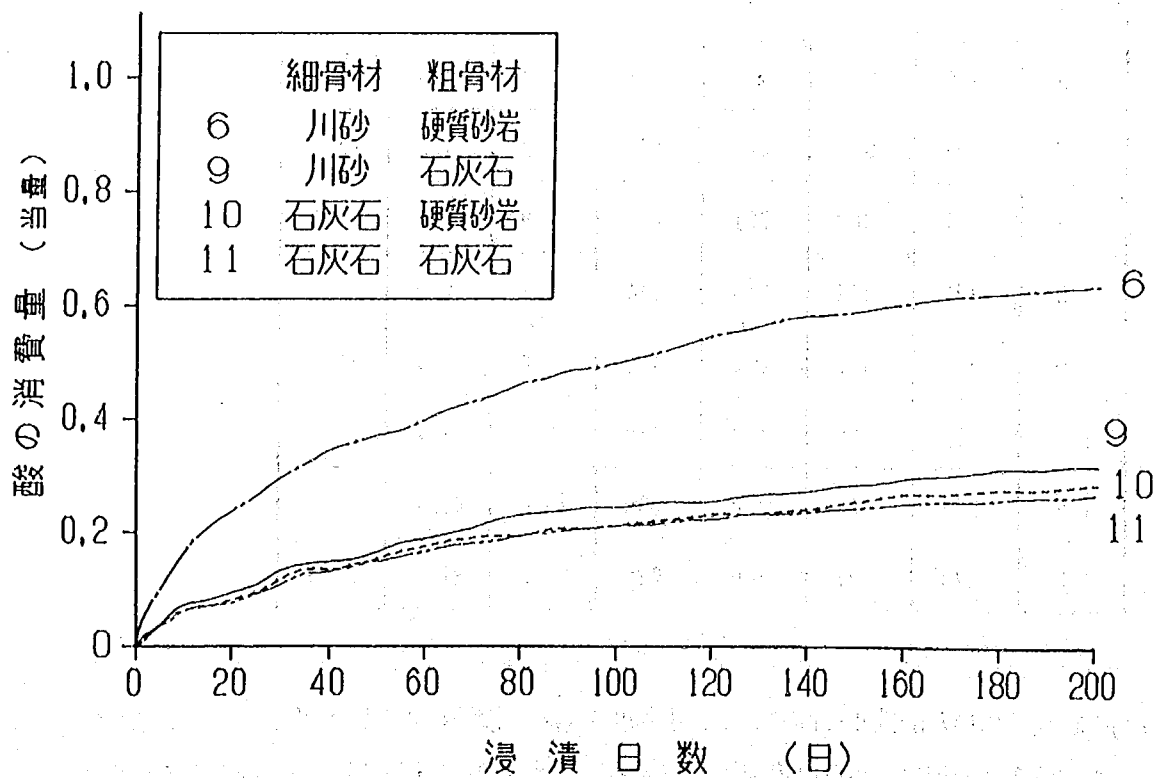


図-11 浸漬時間と酸の消費量の関係 (骨材別)

5.2.3 圧縮強度試験結果

表- 8に浸漬を行ったコンクリート供試体の圧縮強度試験結果、および次式で定義した強度増進率（ r ）を示す。

$$r = \frac{\sigma_{26} - \sigma_0}{\sigma_0} \times 100 \quad \text{-----} \quad \text{③}$$

σ_{26} : 浸漬26週の圧縮強度(kgf/cm²)

σ_0 : 浸漬開始時圧縮強度(kgf/cm²)

表- 8 圧縮強度試験結果

ケース 番 号	圧縮強度 (kgf/cm ²)				強度増進率 (%)		
	開始時	4 週	1 3 週	2 6 週	4 週	1 3 週	2 6 週
1	340	351	374	409	3.2	10.0	20.3
2	340	346	373	401	1.8	9.7	17.9
3	340	338	373	396	-0.6	9.7	16.5
4	340	315	374	418	-7.4	10.0	22.9
5	340	316	349	366	-7.1	0.3	7.6
6	340	334	369	366	-1.8	8.5	7.6
7	397	380	428	475	-4.2	7.8	19.6
8	247	269	281	291	8.9	13.8	17.8
9	321	304	314	344	-5.3	-2.2	7.2
1 0	365	341	382	423	-6.6	4.7	15.9
1 1	362	336	406	439	-7.2	12.2	21.3
1 2	244	305	358	399	25.0	46.7	63.5
1 3	279	307	340	346	10.0	21.9	24.0

今回の試験で用いた酸性水のpH値が3, 4程度であり、浸漬による強度低下よりも、未水和セメントの継続的な水和反応の進行による強度増進の方が大きく、結果的には浸漬材令の進行による強度増加が認められた。そこで、圧縮強度をそのまま比較するのではなく式①より求めた強度増進率（ r ）を用いて行った。各ケースの強度増進率を図-12に示す。

図-13は、普通ポルトランドセメントを用いた水セメント比60%のコンクリートについて、浸漬する溶液の種類別にみた圧縮強度増進率を示す。硝酸水以外の溶液に浸漬したコンクリートは、イオン交換水に比べると若干増進率の低下が見られるが、イオン交換水の場合と同じように材令の進行にともない強度増進した。硝酸に浸漬したコンクリートの強度増進率が低く、特に酸性度の大きいケース5 (pH 3) は低い値を示した。

図-14にpH 4の硝酸に浸漬したコンクリートの、水セメント比による圧縮強度増進率の影響を示した。水セメント比50%のコンクリートは、浸漬4週でイオン交換水に浸漬したものに比べ低い強度増進率を示しているが、浸漬26週では同等の増進率を示した。

図-15は、骨材に石灰石を用いたコンクリートの圧縮強度増進率を示した。浸漬4週では石灰石骨材を用いたコンクリートは強度が低下したが、その後増進し川砂、硬質砂岩碎石を用いたものよりも大きい増進率を示した。

図-16にセメントの影響について示す。高炉セメントB種を用いたコンクリートは非常に大きな強度増進率を示した。これは高炉セメントの持つ特性と考えられる。石灰石分を混入したセメントは混入しないセメントより強度増進率が大きく、イオン交換水浸漬のコンクリートと同程度の増進率を示した。

浸漬26週で消費した酸の量とその時の強度増進率の関係を示した図-17によると、酸の消費量が多くなるにつれ強度増進率が小さくなる傾向があることが伺える。このことより、石灰石粉を混入したセメントや石灰石骨材を使用したコンクリートが、使用しないものより強度増進が大きいのは酸の消費量が約1/2と小さくなっているためであると考えられる。石灰石骨材も、細・粗骨材両方、細骨材のみ、粗骨材のみの順で酸の消費量が少なく、強度増進率が大きくなっている。このように、普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートの酸性水による強度増進の阻害の程度は消費した酸の量、すなわち酸により反応したコンクリート中の成分の量に関係すると思われる。

酸性水に浸漬したコンクリートの中性化深さについては、いずれのケースにおいても供試体表面は発色せず中性化していたが、供試体内部には中性化は及んでいなかった。これもつららに関する試験と同じように、コンクリート中の水酸化カルシウムは減少しているが、コンクリートが湿潤状態であり内部から水酸化カルシウムが拡散移動するため、未発色部分が現れないと考えられる。

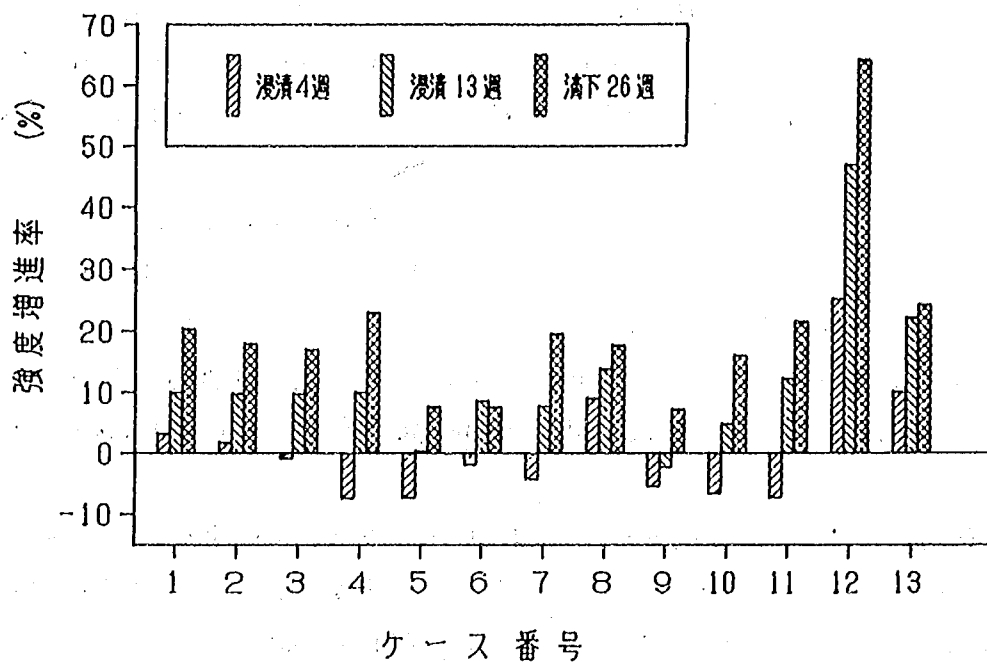


図-12 浸漬コンクリートの強度増進率

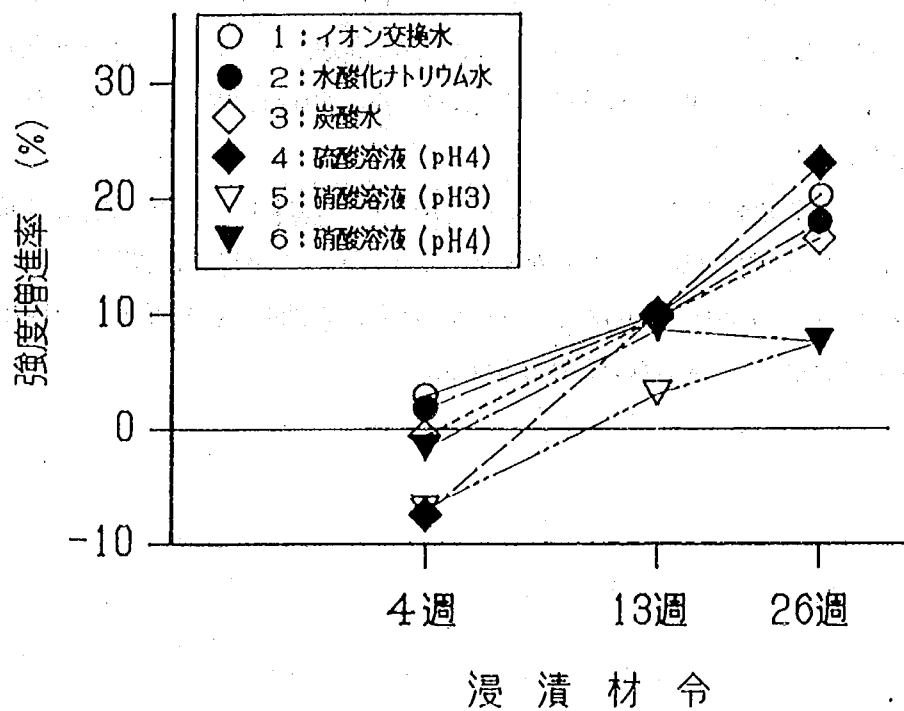


図-13 浸漬コンクリートの圧縮強度増進率 (溶液種別)

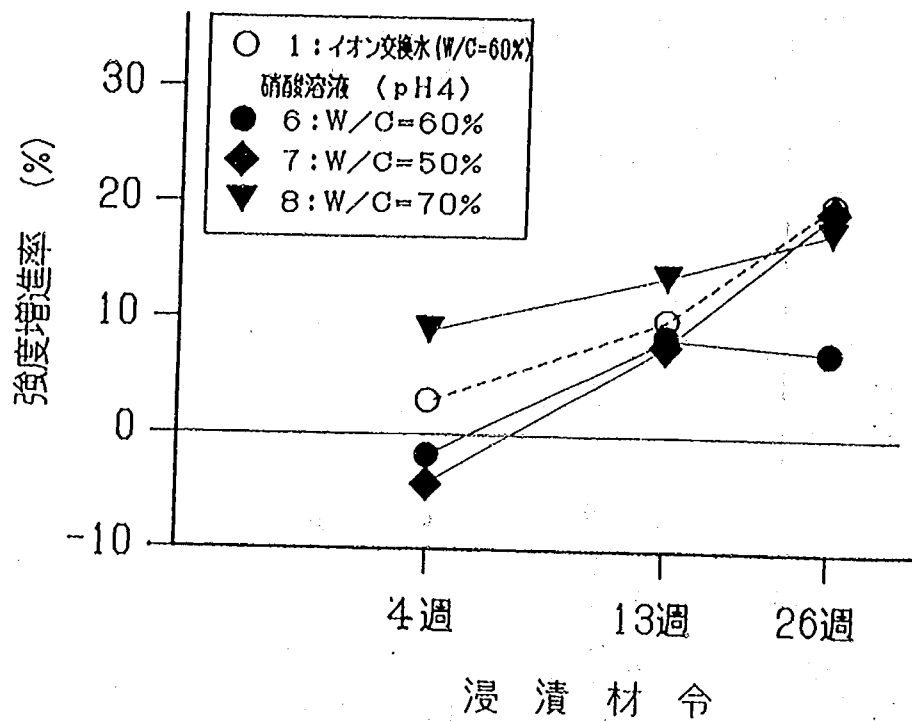


図-14 浸漬コンクリートの圧縮強度増進率 (水セメント比別)

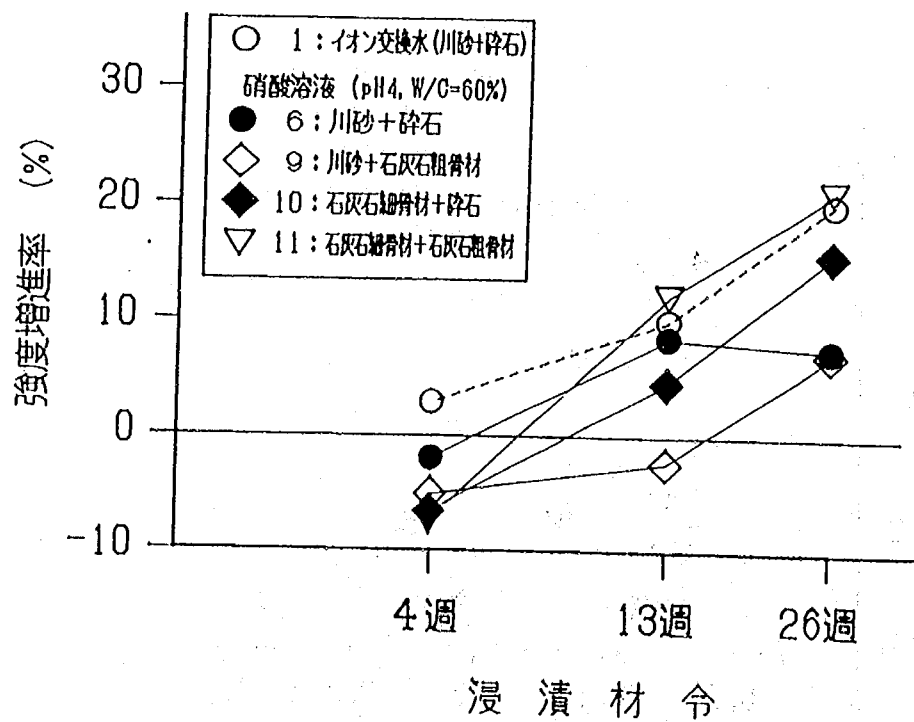


図-15 浸漬コンクリートの圧縮強度増進率 (骨材別)

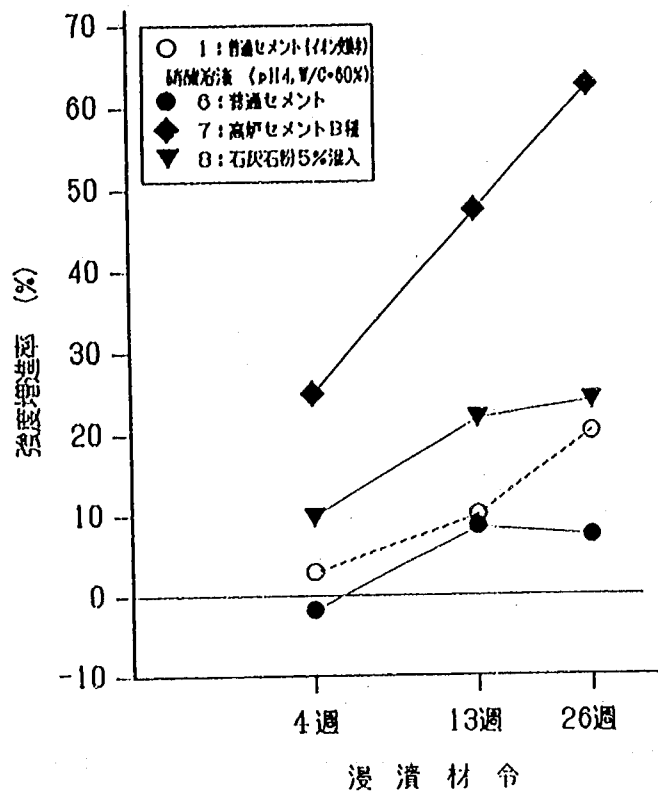


図-16 浸漬コンクリートの圧縮強度増進率 (セメント別)

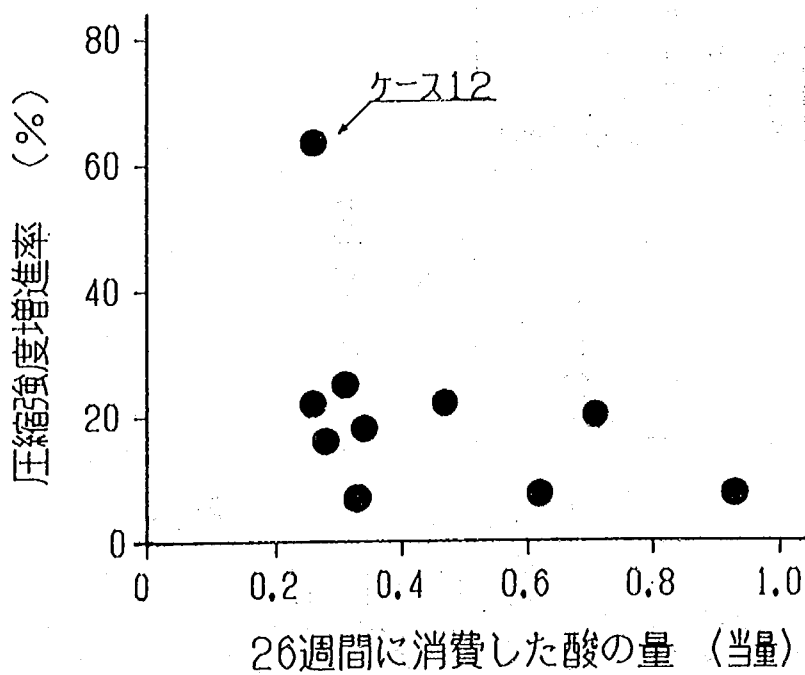


図-17 消費した酸の量と強度増進率の関係 (浸漬26週)

6. 酸性雨が鉄筋コンクリートに及ぼす影響に関する実験

6.1 試験概要

6.1.1 試験目的

酸性雨が鉄筋コンクリートに作用して、その強度、耐力にどのような影響を与えるのか、またコンクリート中の鉄筋の腐食の進行についての影響はどうか明らかにすることを目的とする。

6.1.2 試験条件

(1) 供試体作製

供試体寸法は $15 \times 15 \times 53\text{cm}$ とし、鉄筋は D6 (SD30A) を図-18に示すように入れ、かぶり厚は 1cm および 2cm とした。供試体は 4 週間湿空養生した後、図-19に示すような方法で最大ひびわれ幅が約 0.4mm のひびわれを入れた。

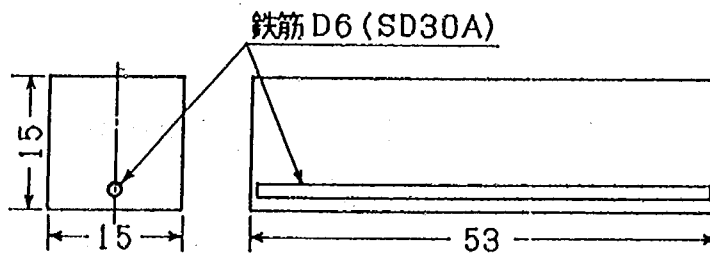


図-18 供試体寸法

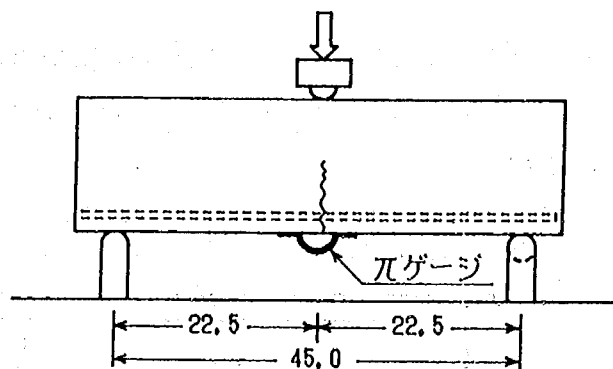


図-19 供試体ひびわれ導入方法

(3) 酸性水噴霧

供試体をひびわれ面が上になるように静置し、その表面に 1 本当たり 125CC の液を午前と午後の 2 回噴霧した。

(2) 実験ケース

つららに関する実験および浸漬劣化試験の実験ケースの内ケース 1, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12 について試験を行った。実験ケースを表-9に示す。

表-9 実験ケース

ケース 番号	配合 番号	コンクリートの種類				噴霧した溶液	
		セメント	W/C	細骨材	粗骨材	溶 液 種	pH
1	①	普通セメント	6.0	川砂	砂岩碎石	硬水交換水	7.0
4						硫酸水	4.0
5						硝酸水	3.0
6						硝酸水	4.0
7	②	普通セメント	5.0	川砂	砂岩碎石	硝酸水	4.0
8	③	普通セメント	7.0	川砂	砂岩碎石	硝酸水	4.0
11	⑥	普通セメント	6.0	石灰石	石灰石	硝酸水	4.0
12	⑦	高炉B種	6.0	川砂	砂岩碎石	硝酸水	4.0

6.1.3 試験項目および方法

(1) 曲げ強度試験

噴霧材令4週および13週において、スパン45cm、中央1点載荷による曲げ試験を行い最大荷重を求めた。

(2) 鉄筋の腐食面積

曲げ強度試験後コンクリートから鉄筋を取り出し、鉄筋の腐食面積を測定した。

(3) 中性化深さ測定

曲げ強度試験後コンクリートを図-20に示すように、ひびわれと直角の軸方向に割裂して、その割裂面に1%フェノールフタレインアルコール溶液を噴霧した。コンクリート表面およびひびわれから発色点までの長さを測定しこれを中性化深さとした。

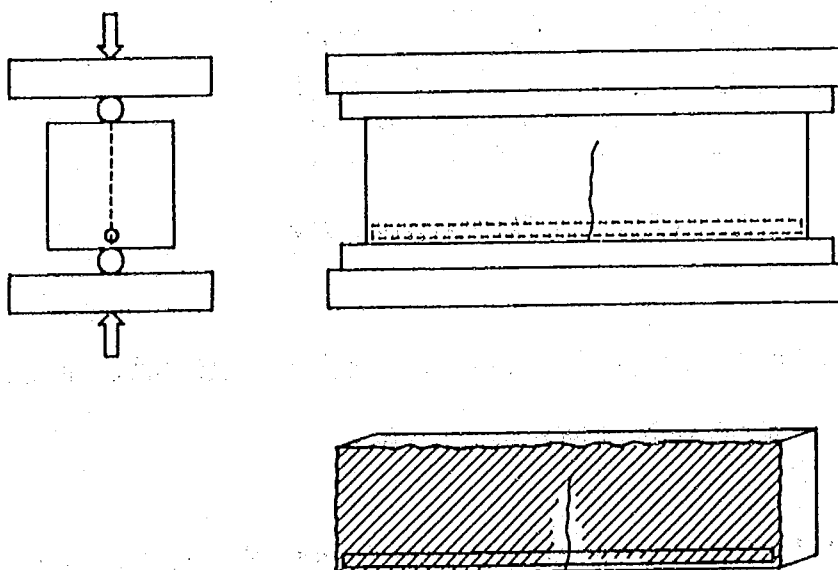


図-20 中性化深さ測定方法

6.2 結果および考察

曲げ試験の結果を表-10に示す。鉄筋が多少ずれてかぶりに違いがあるために、荷重をそのまま比較することができない。そこで、 $n = E_s / E_c = 7$ として次の式より鉄筋の応力度をもとめて、これの比較を行った。

$$\left. \begin{aligned} k &= \sqrt{2pn + (pn)^2 - pn} \\ \sigma_s &= \frac{M}{P(1-k/3)bd^2} \end{aligned} \right\} \text{-----} \text{④}$$

k : 中立軸比

n : $E_s / E_c = 7$

p : 鉄筋比 (A_s / bd)

σ_s : 鉄筋の応力度

M : 曲げモーメント

鉄筋の応力度の関係を図-21に示す。

各供試体の鉄筋の引張応力度は6000kgf/cm²前後であり、噴霧13週間までにおいては酸性水による鉄筋の引張応力度の低下、つまり鉄筋コンクリートはりの曲げ耐力の大幅な低下は見受けられなかった。

ひびわれ部の鉄筋に発生した腐食の面積を図-22に示す。かぶりの差が顕著に現れかぶり厚さの大きい方が腐食面積が小さくなっている。かぶり10mmでは、石灰石骨材を使用したものが13週で大きくなっているが鉄筋表面のだけの初期段階の腐食であり、鉄筋コンクリートの耐力を低下させるほどではない。イオン交換水噴霧の供試体の鉄筋にも腐食が発生しており、噴霧13週までは酸性水と純水の差が顕著でなく酸性水によってコンクリート中の鉄筋の腐食が速くなるとは言えない。

中性化深さの測定においても、コンクリートの表面とひびわれの一部が発色しなかっただけで中性化深さはいずれも0であった。

表-10 曲げ試験結果

かぶり	ケース番号	噴霧 4 週				噴霧 1 3 週			
		かぶり (mm)	最大ひび われ 幅 (mm)	降伏荷重 (t)	最大荷重 (t)	かぶり (mm)	最大ひび われ 幅 (mm)	降伏荷重 (t)	最大荷重 (t)
10	1	9.5	0.59	2.084	2.229	12.0	0.39	2.056	2.140
	4	10.0	0.38	2.033	2.152	13.0	0.44	1.031	1.031
	5	11.0	0.50	1.866	2.001	11.0	0.40	1.896	2.038
	6	8.0	0.40	1.960	2.099	12.0	0.40	2.004	2.127
	7	10.0	0.45	2.050	2.160	9.0	0.47	2.110	2.228
	8	11.0	0.41	1.900	2.081	10.0	0.41	1.980	2.063
	1 1	12.0	0.48	1.960	2.015	10.0	0.47	2.000	2.140
	1 2	11.0	0.46	2.187	2.140	10.0	0.48	2.060	2.229
20	1	12.0	0.45	1.825	1.961	20.0	0.45	1.780	1.941
	4	13.0	0.42	1.862	1.947	18.0	0.44	—	—
	5	11.0	0.40	1.950	2.063	20.0	0.41	1.884	2.038
	6	12.0	0.48	1.862	2.047	18.0	0.41	1.820	1.982
	7	9.5	0.43	1.860	1.998	22.0	0.42	1.900	2.062
	8	10.5	0.44	1.865	2.098	20.0	0.48	1.940	2.043
	1 1	10.0	0.47	1.825	2.139	20.0	0.50	1.680	1.946
	1 2	10.0	0.44	1.954	1.994	20.0	0.43	2.040	2.091

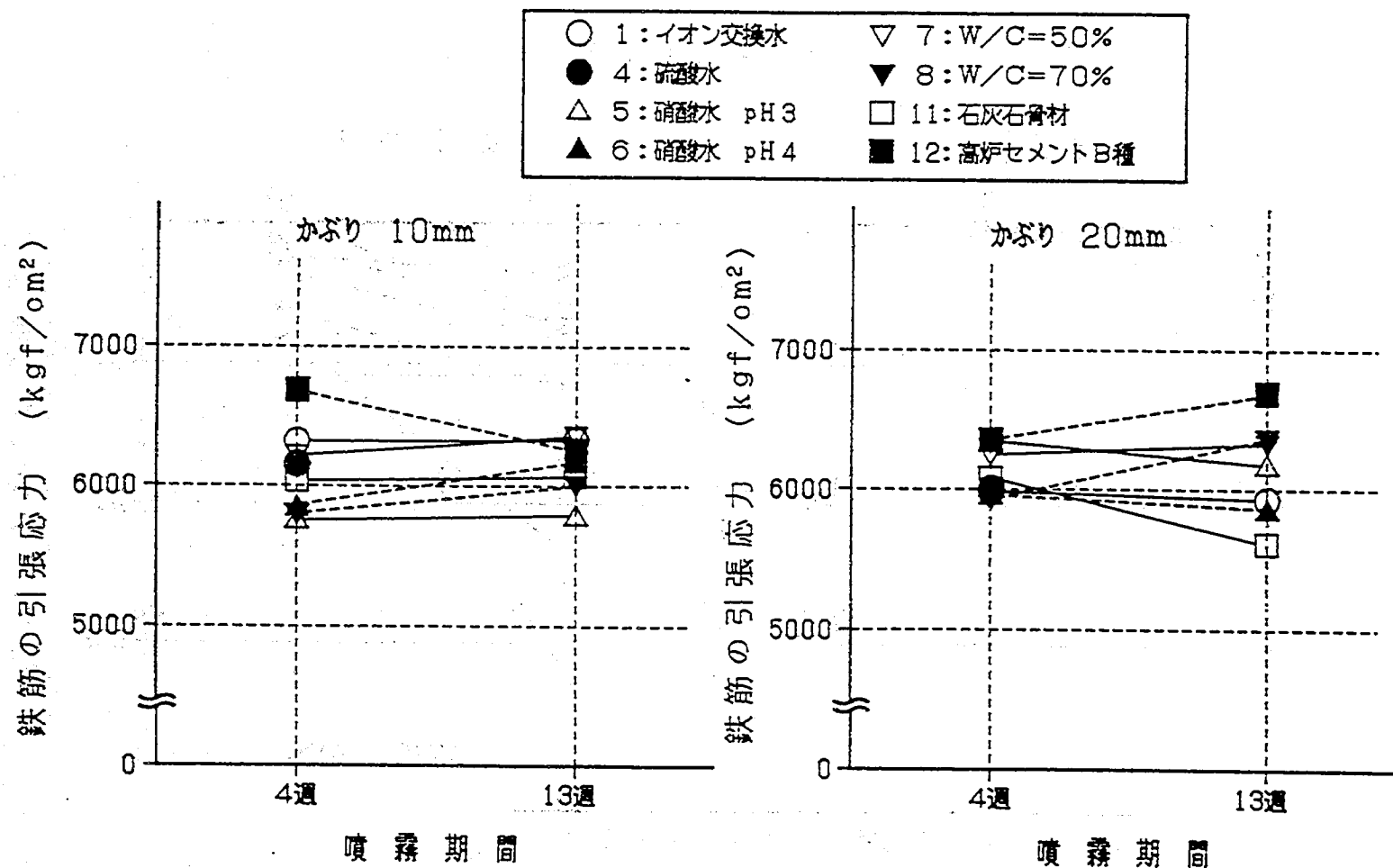


図 - 21 鉄筋の引張応力度の関係

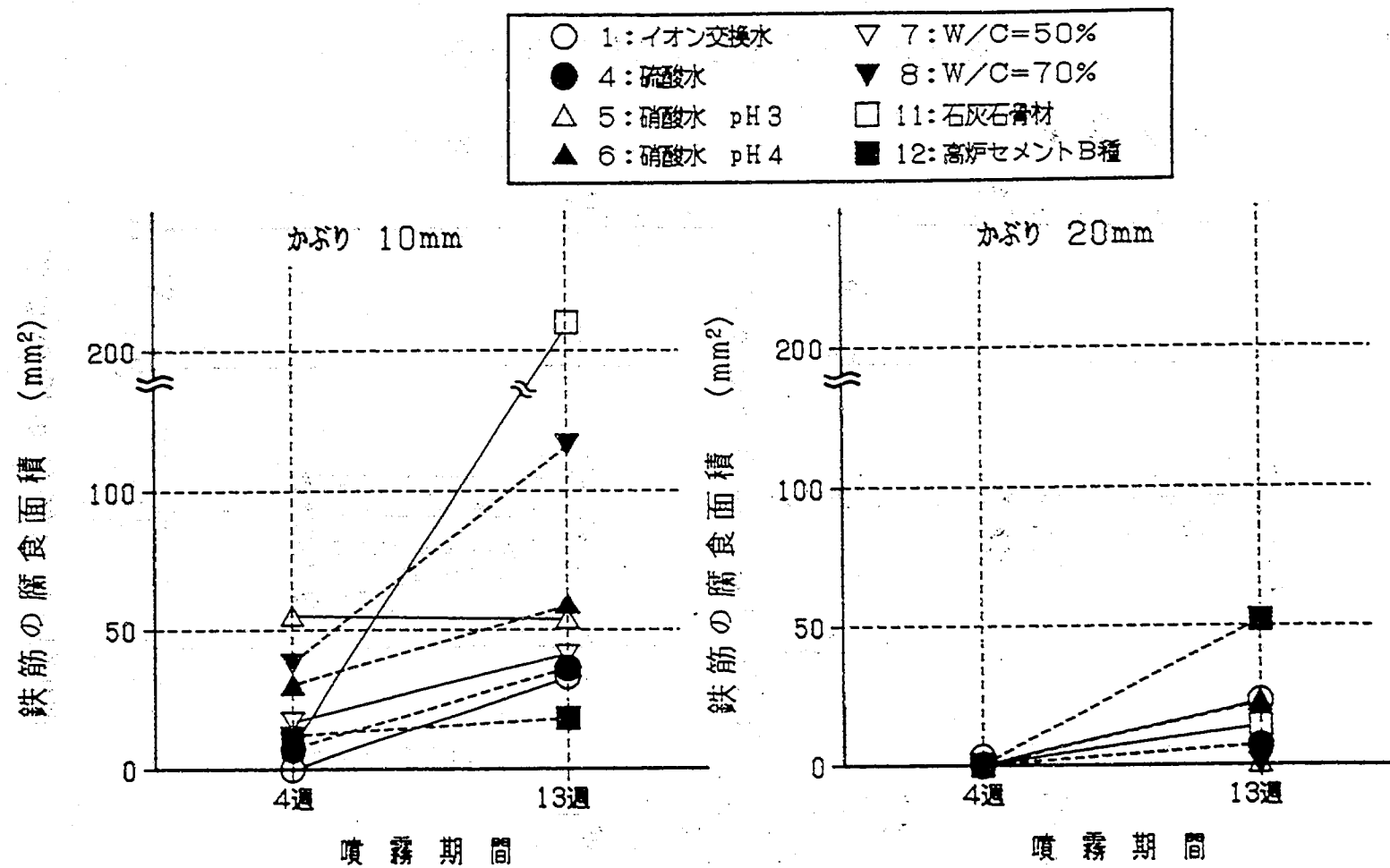


図 - 22 鉄筋の腐食面積の関係

6. まとめ

今回、酸性雨がコンクリートに及ぼす影響を明らかにすることを目的として次の3つの実験を行った。

- I コンクリート供試体のひびわれに酸性水を透過することによる、つららと酸性雨との関係に関する実験
- II コンクリート供試体を酸性水に浸漬させる酸性水浸漬劣化試験
- III 鉄筋コンクリートはりにひびわれを生じさせこれに酸性水を噴霧する、酸性雨が鉄筋コンクリートに及ぼす影響に関する実験

これらの実験により得られた主な結論は次のようになる。

- (1) コンクリートに生じるつらは酸性水だけでなく、純粋やアルカリ水によっても生じる。よって、コンクリートに生じるつらは酸性雨特有の現象ではなく、酸性雨の影響度を知る指標とはならない。
- (2) つらはコンクリートから溶出した水酸化カルシウムが、大気中の二酸化炭素と反応し難溶性の炭酸カルシウムになって析出したものと推察される。
- (3) ひびわれを透過した溶液のカルシウム濃度は、水セメント比の大きいものや溶液の酸性度の大きいものが大きかったが、つらら長さとの関係においては明確な相関は見られなかった。
- (4) 酸性水透過による中性化は、コンクリートが湿潤状態にあり水酸化カルシウムの拡散移動が起こるため見かけ上中性化深さはない。
- (5) 酸性度の強いpH 3の硝酸水に浸漬したコンクリートは13週目より表面でスケーリングが起こり劣化している。その他、炭酸水に浸漬したコンクリートが26週目よりわずかにスケーリングを起こしている他は異常なし。
- (6) 酸の消費量は、単位セメント量の多いコンクリートほど、また、溶液の酸性度の大きいほど多い傾向にある。溶液が硝酸と硫酸とでは硝酸の方が大きい。高炉セメントB種を用いたコンクリートは、普通ポルトランドセメントを用いた場合に比べ酸の消費量が半分以下であり、セメントに石灰石粉を混入したり骨材に石灰石を用いた場合も同程度の酸の消費量を示した。
- (7) 酸性水浸漬によりコンクリートの強度増進が小さくなる。強度増進率は酸の消費量と関係があり、酸の消費量が多くなるにつれ強度増進率が小さくなる傾向がある。
- (8) 酸性水浸漬による中性化は、酸性水透過による場合と同様中性化深さは0であった。

(9) 鉄筋コンクリート酸性水噴霧試験では、噴霧13週間までは酸性水による鉄筋の引張強度の低下、はりの曲げ耐力の大幅な低下はなかった。

(10) 鉄筋の腐食面積はかぶり厚さの差が顕著に現れ、かぶり厚さの大きい方が腐食面積が小さくなっている。

参考文献

- 1) 玉置元則、平木隆年；わが国各地における雨水のpHの平均値(1), (2)
環境技術；vol. 15 No. 2, 3 1986 など
- 2) 蒔田 実、坂本浩行；コンクリートの耐酸性について
第27回建設省技術研究会報告
- 3) 喜多達夫、竹内恒夫；酸性水によるコンクリートの浸食に関する研究（第1報）
間組研究年報；1981
- 4) 喜多達夫、竹内恒夫；酸性水によるコンクリートの浸食に関する研究（第2報）
間組研究年報；1983

あとがき

コンクリートにおよぼす酸性雨の影響は、現在の降雨の酸性度である $pH4$ 程度であれば、酸性水浸漬や噴霧の期間26週についてさほど大きくないことがわかった。しかし、影響がないわけではなく、降雨の酸性度は大きくなる傾向にあることなどを考えると、その影響は少ないけれども増加する方向にある。また、今回の実験はコンクリート中に水酸化カルシウムが十分に含まれていたが、炭酸化による中性化を起こしたコンクリートに対してなど他の劣化要因と複合作用した影響についてはまだ明らかになっていない。よりいそうの今後の研究が望まれるところである。

添 付 資 料

I. コンクリートに生じるつららに関する実験

つららの成長写真 ----- 写- 1 ~ 写-13

II. コンクリートの酸性水浸漬劣化試験

溶液のpH調整データ

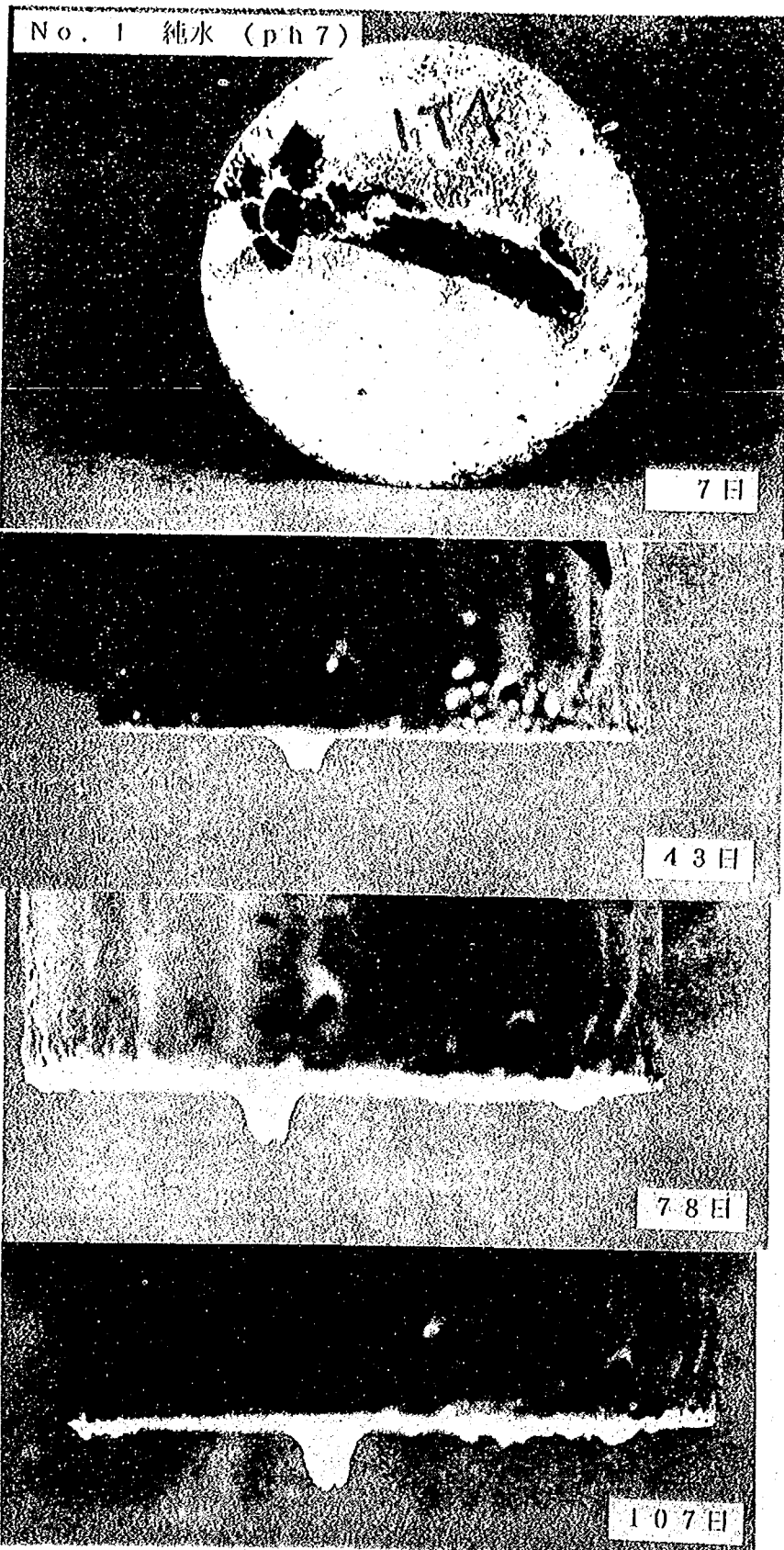
1 浸漬材令 4, 13, 26週用 ----- 資- 1 ~ 資-26
2 浸漬材令 1, 2年用 ----- 資-27 ~ 資-53

圧縮強度試験結果 ----- 資-54

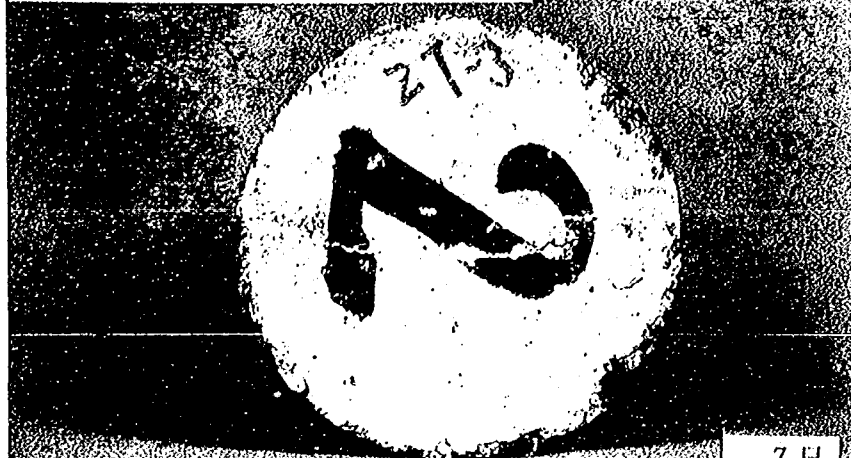
供試体重量測定結果 ----- 資-55

III. 酸性雨が鉄筋コンクリートに及ぼす影響に関する実験

鉄筋の腐食面積 ----- 資-56



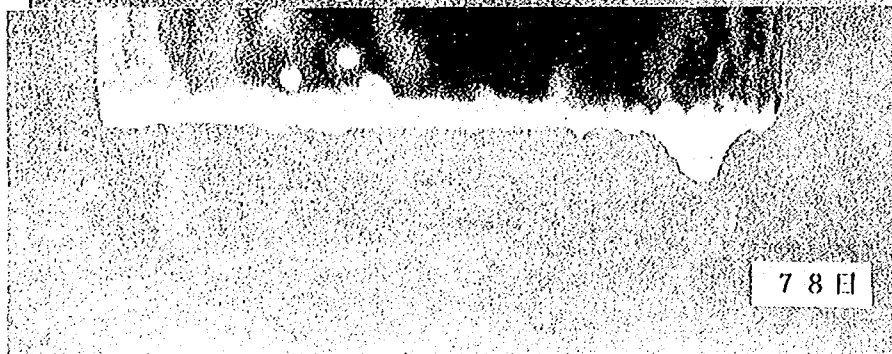
No. 2 水酸化ナトリウム水 (pH10)



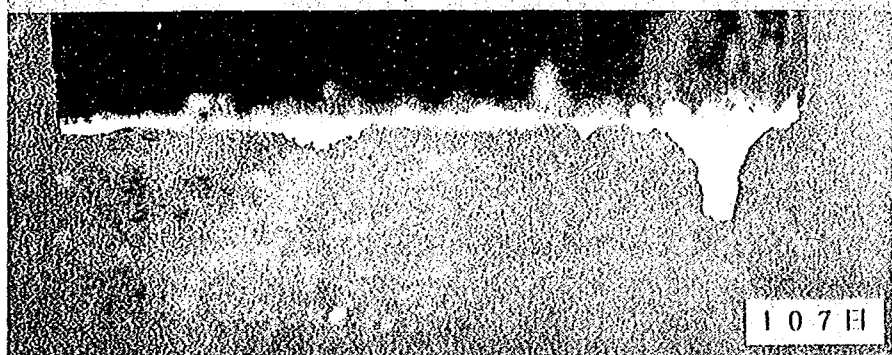
7 日



43 日

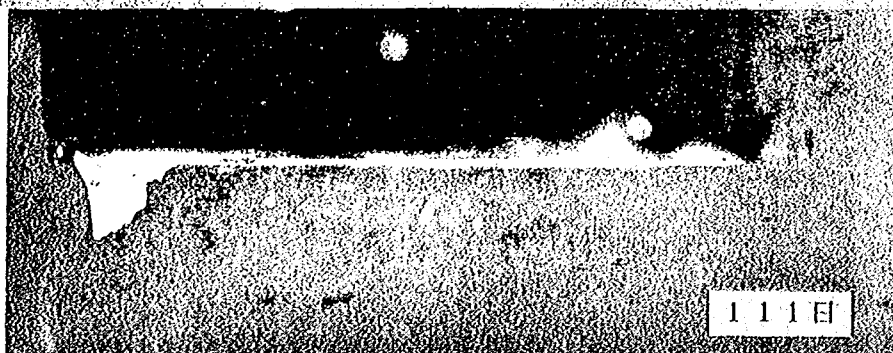


78 日

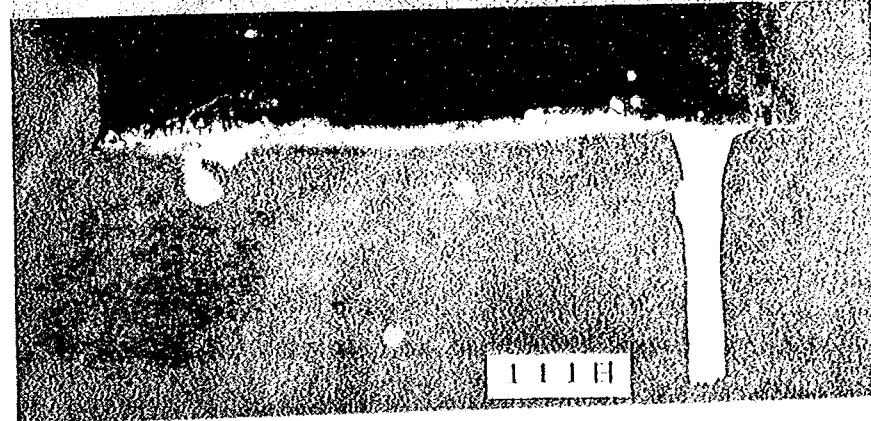
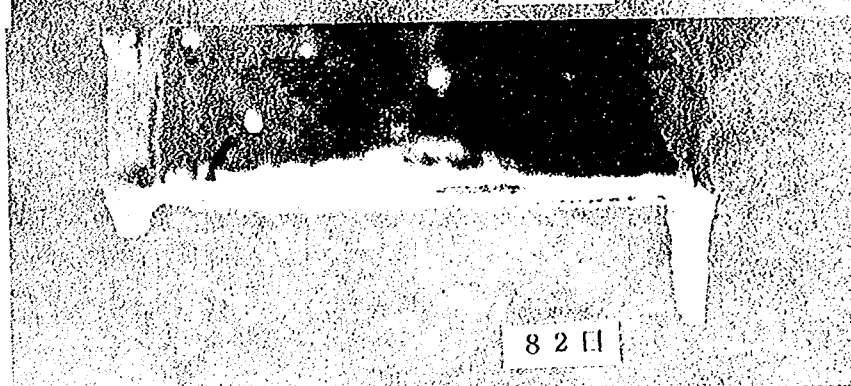
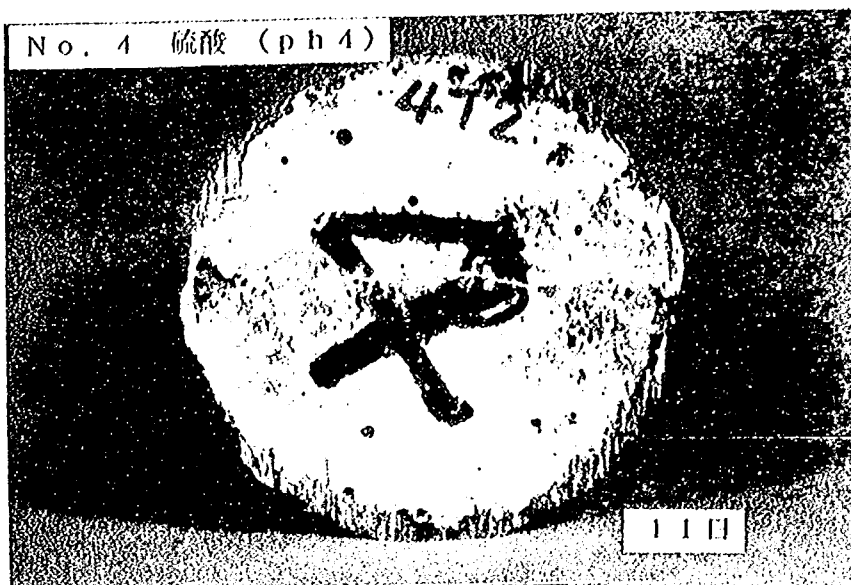


107 日

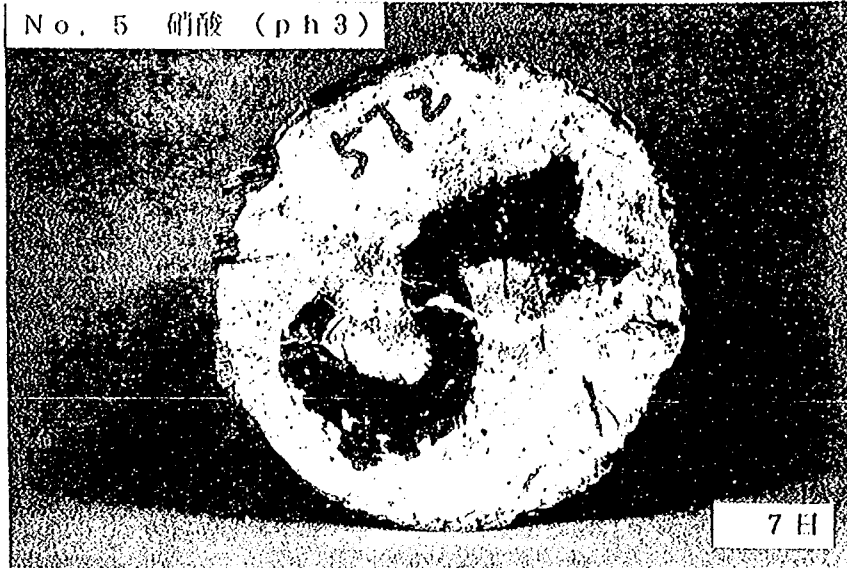
No. 3 炭酸水 (p h 5. 6)



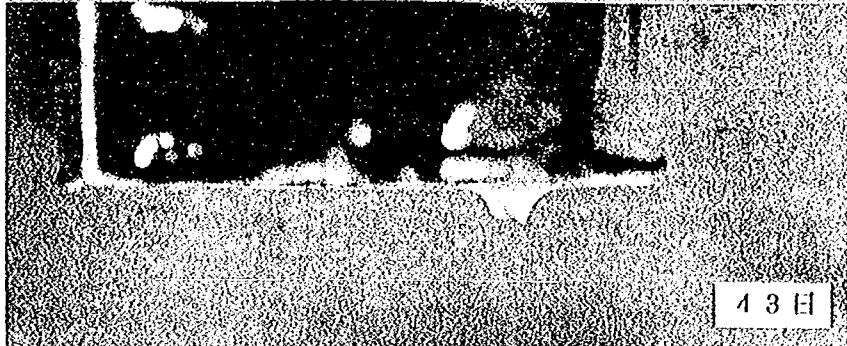
No. 4 硫酸 (pH 4)



No. 5 硝酸 (p h 3)



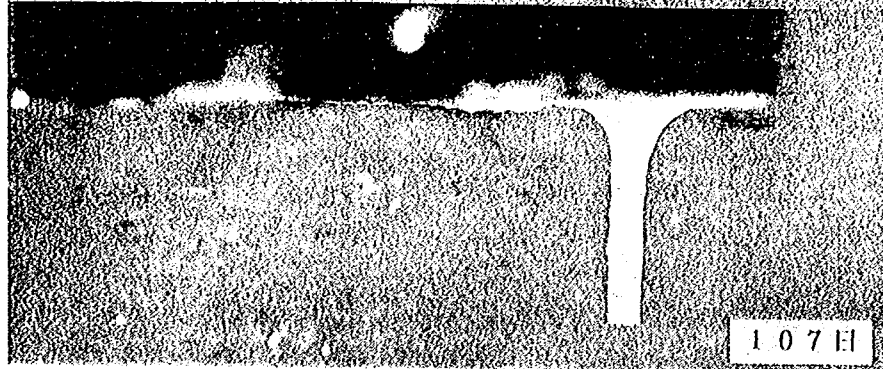
7 日



43 日

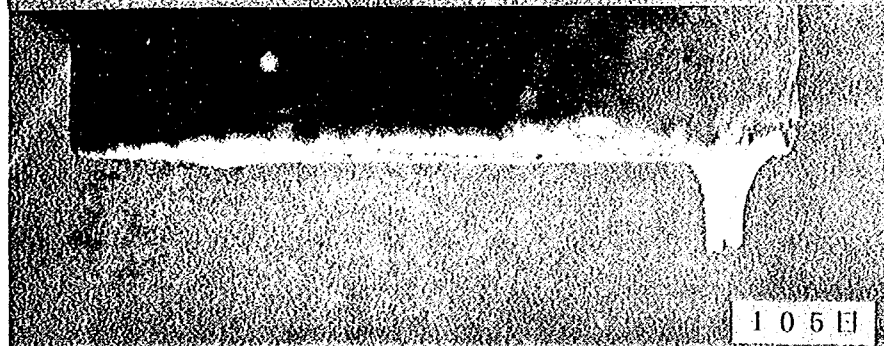
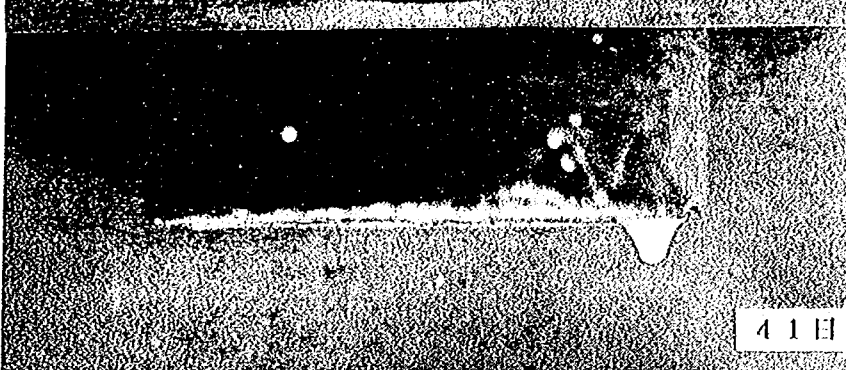


78 日

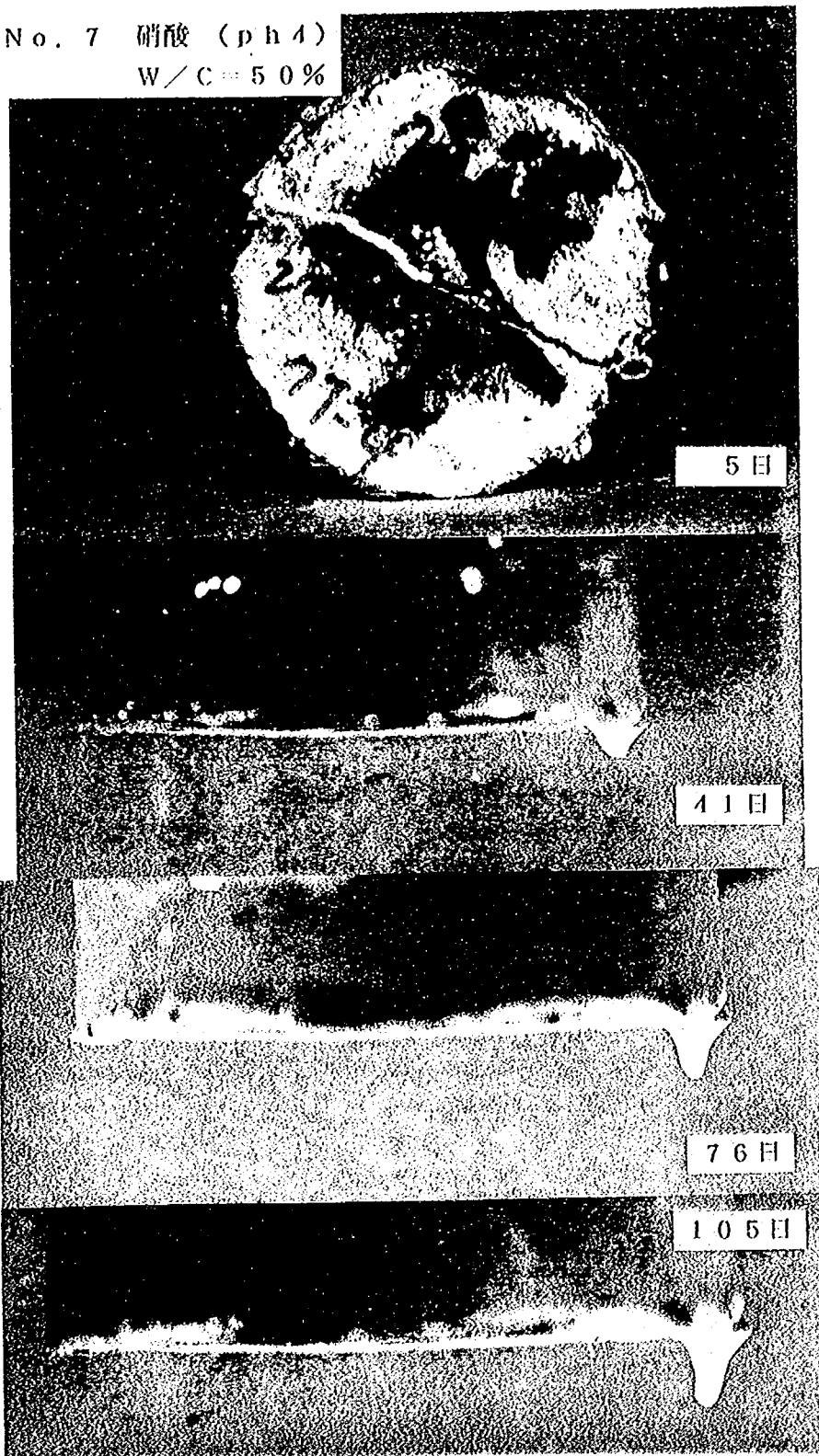


107 日

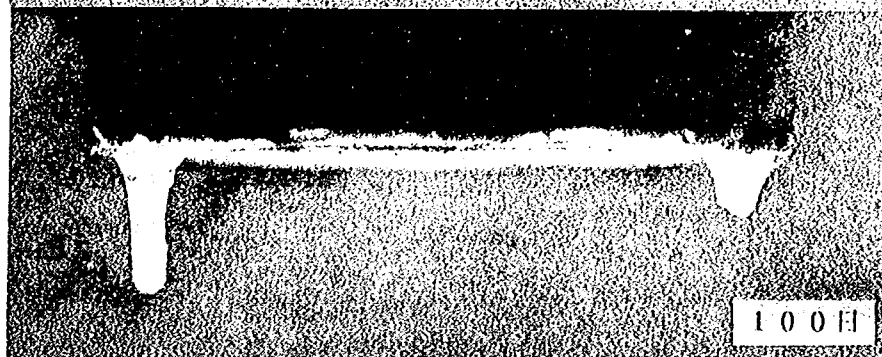
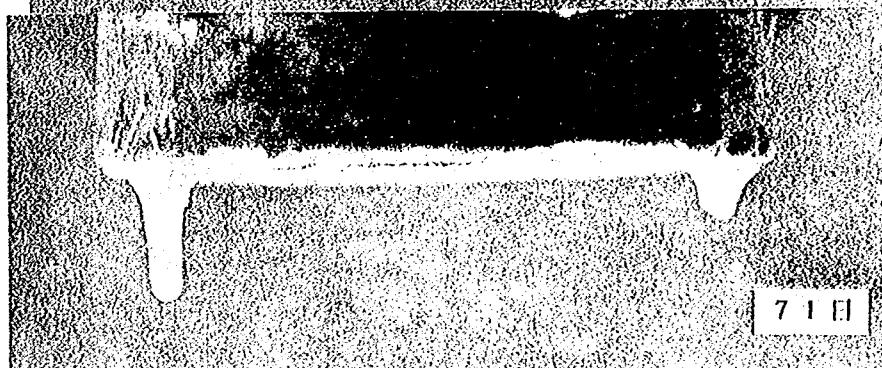
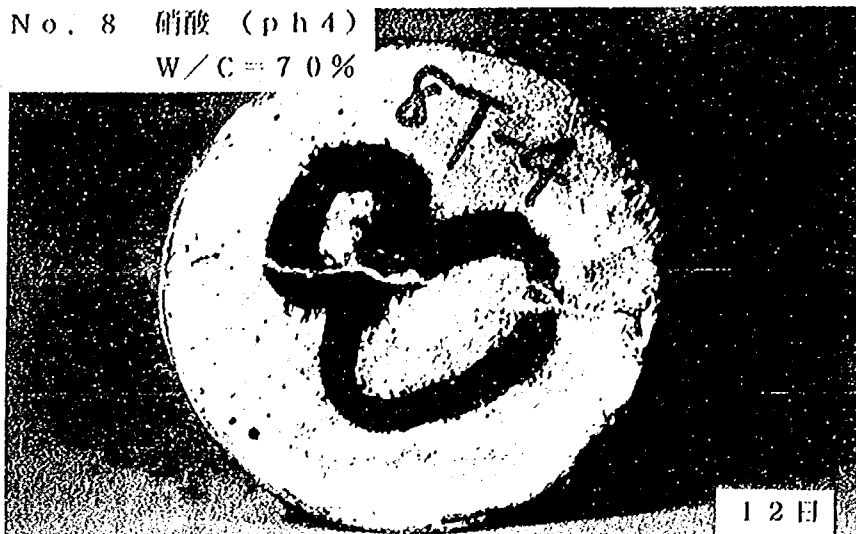
No. 6 硝酸 (p h 4)
W / C = 6 0 %

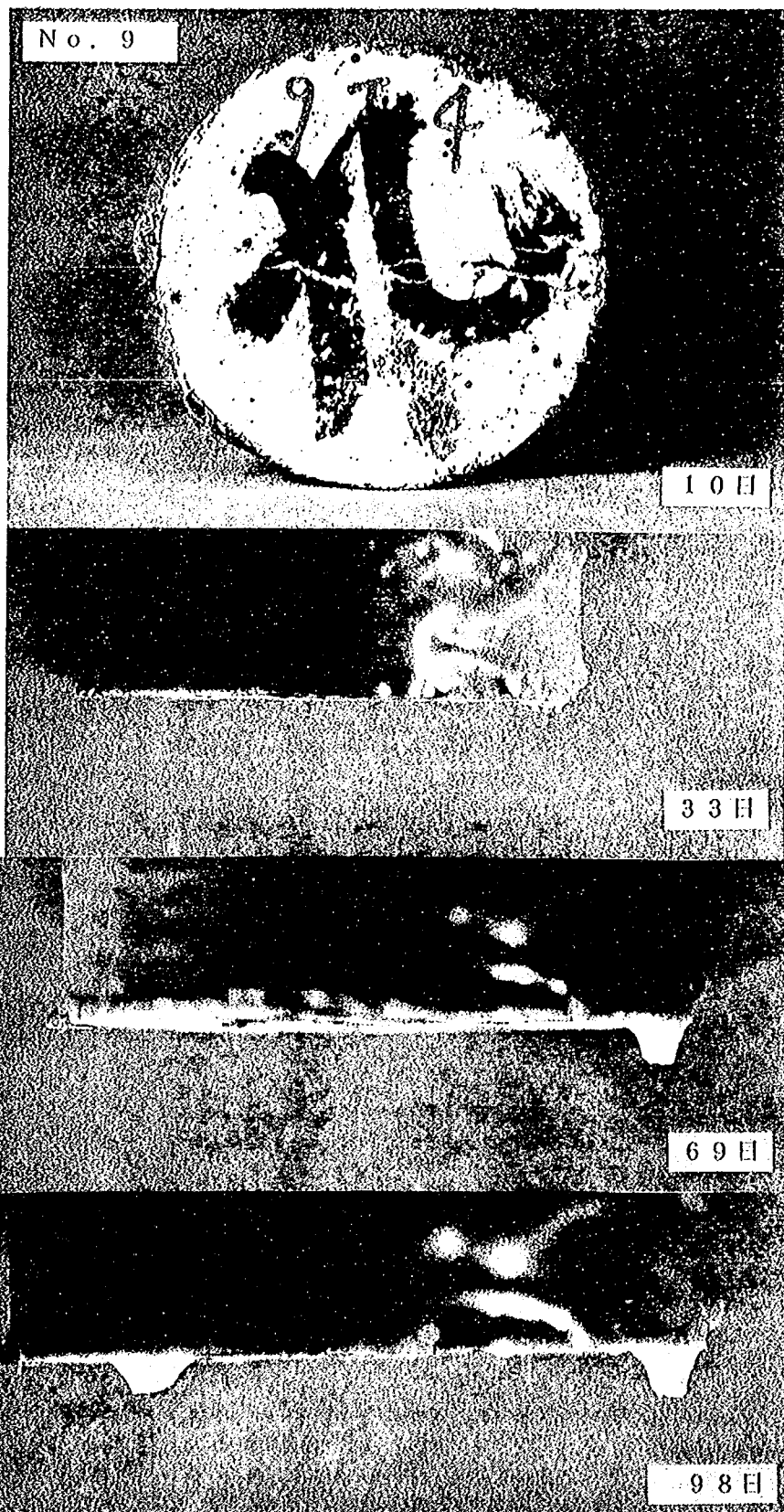


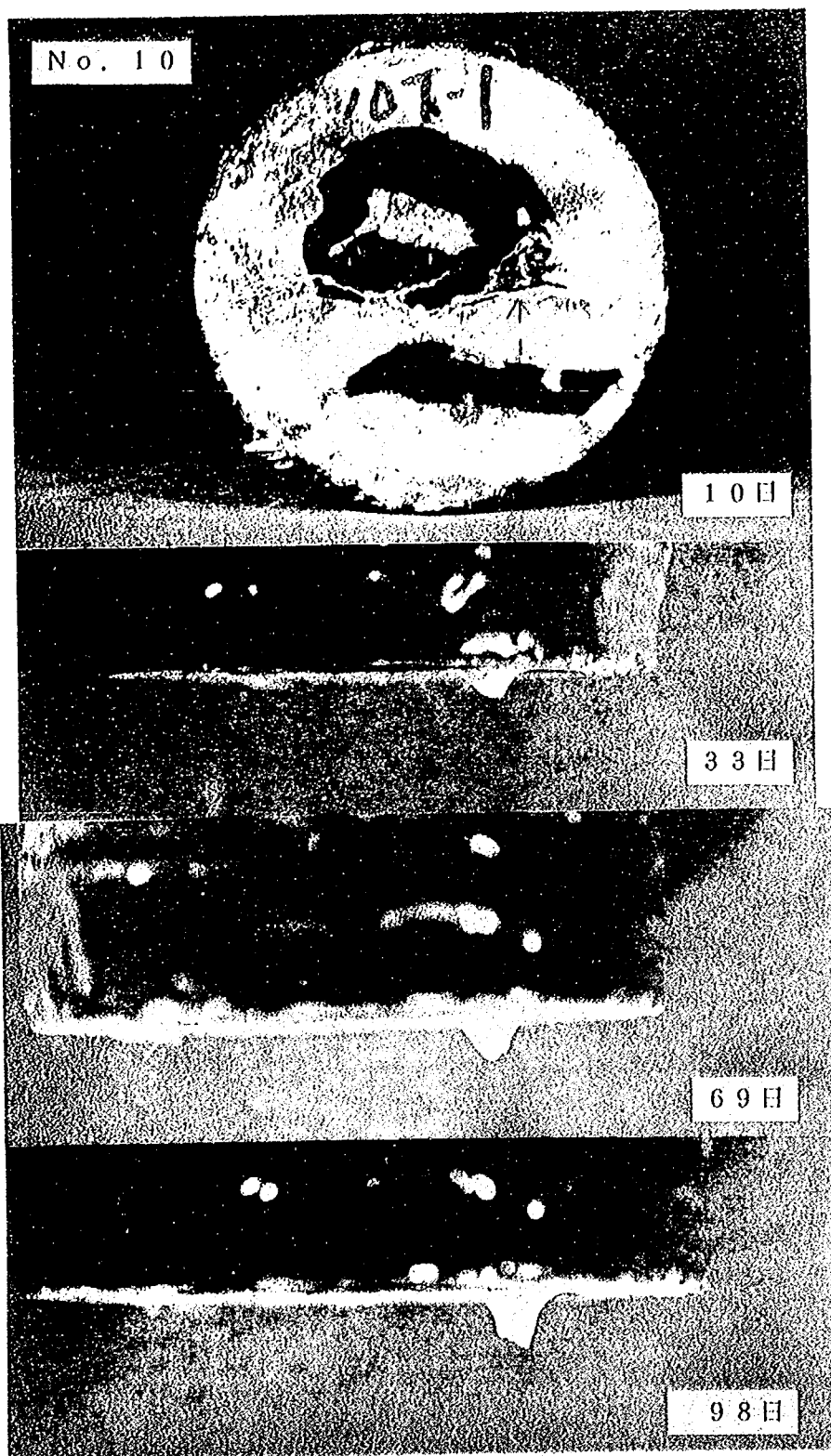
No. 7 硝酸 (p h 4)
W / C = 5 0 %

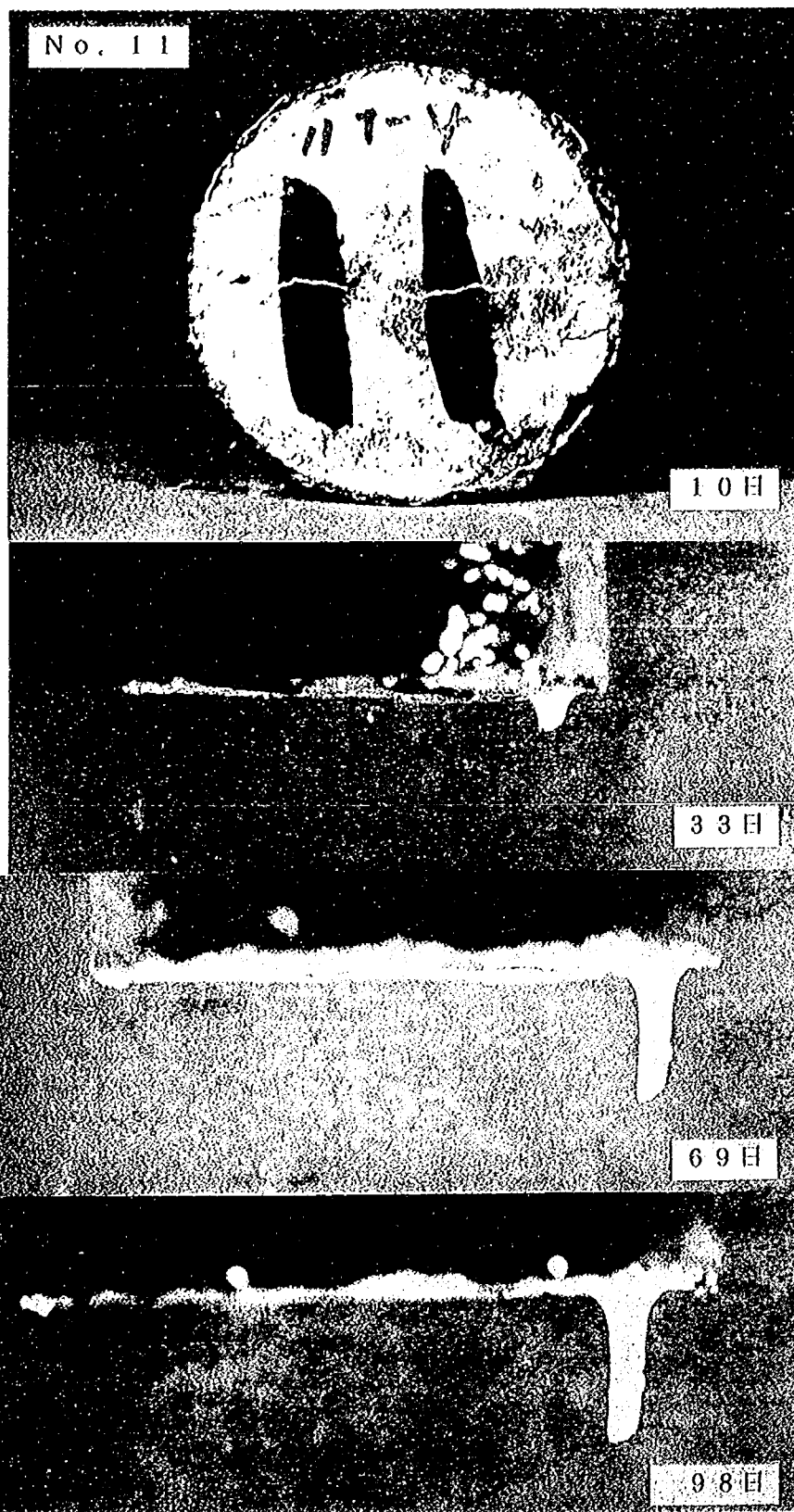


No. 8 硝酸 (p h 4)
W / C = 7 0 %









No. 12 高炉B種



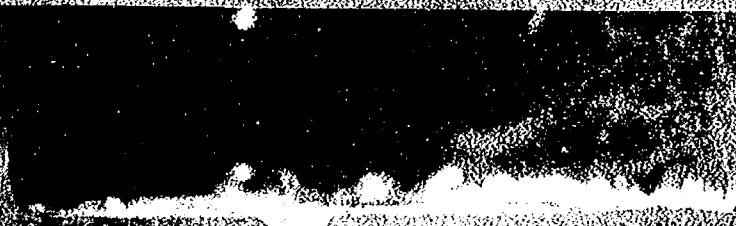
10日



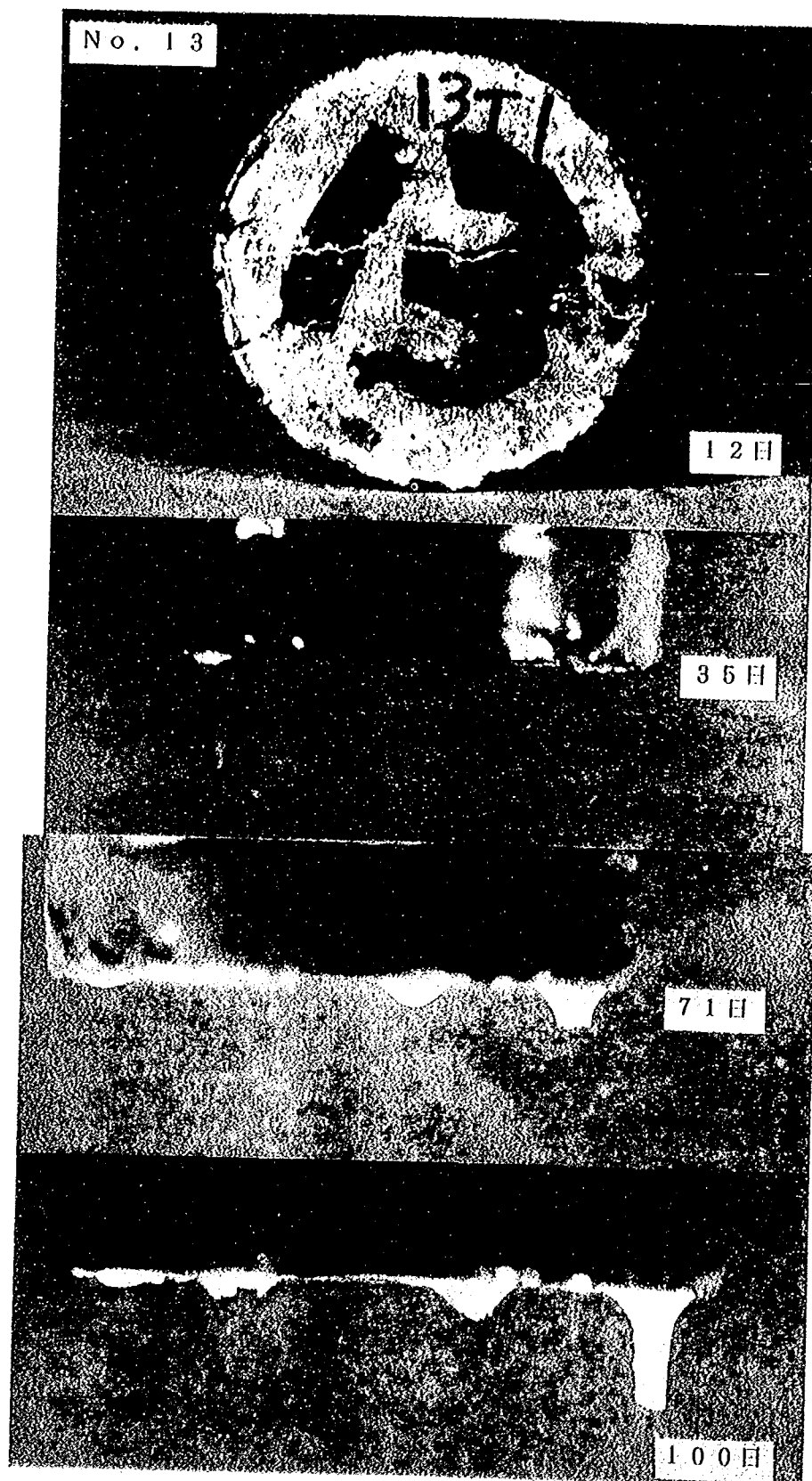
33日



69日



98日



ケース番号 4-1

硫酸 pH 4

1

経過時間 日	追加前 pH値	追加量 cc	追加後 pH値	累積追加量 cc	酸の当量	備 考
0.0	4.0	0.0	4.0	0.0	0	
0.1	10.9	6.0	2.9	6.0	21	
0.2	11.0	2.0	3.9	8.0	28	
2.9	11.5	6.0	3.8	14.0	50	
3.9	11.1	8.0	3.4	22.0	78	
4.2	9.3	1.0	3.4	23.0	82	
4.9	10.7	3.0	3.3	26.0	92	
5.2	5.7	0.3	4.2	26.3	93	
5.9	10.8	2.5	3.3	28.8	102	
6.9	10.7	2.0	3.9	30.8	109	
7.1	5.3	0.5	3.5	31.3	111	
7.3	4.5	0.5	3.5	31.8	113	
7.9	10.2	2.0	3.3	33.8	120	
9.9	10.7	2.5	3.6	36.3	129	
10.2	5.1	1.0	3.6	37.3	132	
10.9	9.2	0.6	4.0	37.9	135	
11.1	6.5	0.5	3.9	38.4	136	
11.2	4.4	0.2	3.9	38.6	137	
11.9	10.1	1.1	3.9	39.7	141	
12.1	4.9	0.3	4.0	40.0	142	
12.2	4.5	0.2	3.9	40.2	143	
12.9	10.0	1.0	3.8	41.2	146	
13.2	5.9	0.3	4.0	41.5	147	
13.9	10.1	1.2	3.8	42.7	152	
14.1	4.5	0.4	3.7	43.1	153	
16.9	11.1	3.0	4.0	46.1	164	
17.1	4.7	0.3	3.9	46.4	165	
17.3	4.5	0.2	3.9	46.6	166	
17.9	9.4	0.8	3.8	47.4	168	
18.2	4.4	0.2	3.9	47.6	169	
19.0	9.8	1.1	4.0	48.7	173	
19.1	4.5	0.2	4.0	48.9	174	
19.2	4.4	0.3	4.1	49.2	175	
19.9	8.5	1.0	4.0	50.2	178	ハ-ハーメ-ク故障
20.1	4.5	0.2	4.0	50.4	179	コロリ試験紙使用
20.9	7.0	0.9	3.5	51.3	182	
21.1	4.5	0.4	4.0	51.7	184	
21.2	4.5	0.3	4.0	52.0	185	
21.9	8.0	1.0	4.0	53.0	188	
23.9	10.0	1.5	4.0	54.5	194	
31.1	9.5	0.9	3.8	55.4	197	
32.0	9.1	1.9	4.0	57.3	204	

ケース番号 4-1

硫酸 pH 4

2

経過時間 日	追加前 pH値	添加量 cc	追加後 pH値	累積追加量 cc	酸の当量	備 考
32.1	6.6	1.2	4.2	58.5	208	
32.2	4.6	0.2	4.2	58.7	209	
33.0	9.5	2.0	3.8	60.7	216	
34.0	4.6	0.2	4.2	60.9	216	
35.0	5.2	0.7	4.2	61.6	219	
35.1	4.9	0.5	4.0	62.1	221	
37.0	6.3	1.0	3.8	63.1	224	
38.9	4.4	0.2	3.8	63.3	225	
39.9	5.0	0.6	4.1	63.9	227	
41.0	4.9	0.5	4.2	64.4	229	
45.9	7.2	1.2	4.0	65.6	233	
47.2	4.3	0.3	4.0	65.9	234	
59.0	8.5	1.8	4.0	67.7	240	
59.2	4.8	0.5	3.8	68.2	242	
60.0	5.0	0.6	4.0	68.8	244	
61.0	4.6	0.5	3.8	69.3	246	1%ポリマー使用
61.9	4.8	0.5	3.6	69.8	248	
65.9	9.7	1.0	3.6	70.8	251	
68.0	8.4	1.5	3.8	72.3	257	
70.0	6.3	1.3	4.1	73.6	261	
72.9	5.8	0.7	3.5	74.3	264	
75.0	5.6	0.5	3.7	74.8	266	
80.0	9.3	1.5	3.5	76.3	271	
80.9	4.4	0.2	3.8	76.5	272	
82.0	5.5	0.3	4.0	76.8	273	
82.9	5.8	0.3	4.0	77.1	274	
83.9	5.6	0.3	4.0	77.4	275	
84.9	8.3	0.5	3.4	77.9	277	
86.9	8.6	0.4	3.9	78.3	278	
87.9	6.8	0.4	3.8	78.7	280	
89.0	6.1	0.3	3.8	79.0	281	
89.9	5.0	0.3	3.9	79.3	282	
91.2	8.2	0.8	3.7	80.1	285	
95.9	7.8	0.4	3.7	80.5	286	
98.0	6.4	0.4	3.8	80.9	287	
101.9	8.4	0.6	3.4	81.5	289	
107.9	8.2	0.7	3.2	82.2	292	
117.0	9.2	1.0	3.3	83.2	296	
118.2	3.7	0.0	3.7	83.2	296	
123.0	9.0	0.7	3.9	83.9	298	
125.0	5.9	0.2	4.0	84.1	299	
127.0	8.2	0.3	4.0	84.4	300	

ケース番号 4-1

硫酸 pH 4

3

経過時間 日	追加前 pH値	添加量 cc	追加後 pH値	累積追加量 cc	酸の当量	備考
129.0	6.4	0.3	4.1	84.6	300	
131.0	6.7	0.2	4.1	84.8	301	
133.0	7.2	0.4	4.0	85.2	302	
137.2	9.0	0.5	3.7	85.7	304	
139.0	4.3	0.1	4.0	85.8	305	
143.0	8.2	0.4	4.0	86.2	306	
145.0	5.0	0.3	4.0	86.5	307	
152.0	9.1	0.6	4.0	87.1	309	
157.0	8.9	0.6	3.9	87.7	311	
159.2	5.7	0.3	4.0	87.9	312	
162.0	8.1	0.5	3.8	88.4	314	
164.1	4.7	0.2	4.0	88.6	315	
166.0	5.2	0.2	4.0	88.8	315	
168.0	5.6	0.3	4.0	89.1	316	
172.2	8.7	0.4	3.9	89.5	318	
174.0	4.6	0.1	4.1	89.6	318	
180.1	9.0	0.6	4.0	90.2	320	
182.1	5.6	0.2	4.0	90.4	321	

ケース番号 5-1

硝酸 pH 4

1

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備 考
0.0	3.0	0.0	3.0	0.0	0	
0.1	4.0	3.0	3.2	3.0	4	
0.2	3.7	5.0	3.1	8.0	11	
0.9	11.1	11.0	3.0	19.0	25	
1.0	3.5	3.0	3.1	22.0	29	
1.2	3.3	2.0	3.0	24.0	32	
1.9	11.0	12.0	3.0	36.0	48	
2.1	3.3	2.0	3.0	38.0	50	
2.3	3.4	3.2	3.0	41.2	55	
3.0	10.8	11.0	2.9	52.2	69	
5.0	11.3	20.0	3.0	72.2	96	
5.1	3.3	3.0	3.0	75.2	100	
5.2	3.2	2.0	3.0	77.2	103	
5.9	10.3	11.0	3.0	88.2	117	
6.1	3.4	3.0	3.1	91.2	121	
6.2	3.2	2.0	3.0	93.2	124	
6.9	9.9	7.6	3.0	100.8	134	
7.1	3.3	2.5	3.0	103.3	137	
7.2	3.1	1.0	3.0	104.3	139	
7.9	10.0	7.0	3.1	111.3	148	
8.3	3.4	3.5	3.1	114.8	152	
8.9	9.7	7.0	3.0	121.8	162	
9.1	3.3	2.5	3.1	124.3	165	
11.9	11.3	20.0	3.0	144.3	192	
12.1	3.2	0.2	3.2	144.5	192	
12.3	3.3	4.0	3.1	148.5	197	
12.9	9.0	9.0	3.1	157.5	209	
13.1	3.3	3.0	3.0	160.5	213	
13.2	3.1	1.0	3.0	161.5	214	
14.0	9.3	8.0	3.0	169.5	225	
14.1	3.1	1.0	3.1	170.5	226	
14.2	3.2	1.0	3.1	171.5	228	
15.0	8.0	8.0	2.5	179.5	238	ハ-ハーメ-ク故障
15.2	4.0	4.0	3.0	183.5	244	コペリ試験紙使用
16.0	4.5	3.0	3.0	186.5	248	
16.1	4.0	3.0	3.0	189.5	252	
17.0	7.0	5.0	3.0	194.5	258	
26.1	11.0	23.0	3.8	217.5	289	
30.0	9.4	16.0	4.2	233.5	310	
30.1	4.9	3.0	4.2	236.5	314	
30.9	5.0	6.5	3.3	243.0	323	
33.0	7.0	13.0	2.8	256.0	340	

ケース番号 5-1

硝酸 pH 4

2

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備 考
33.9	3.8	1.0	3.2	257.0	341	
34.2	3.8	2.0	3.2	259.0	344	
35.0	4.3	4.5	3.2	263.5	350	
35.2	3.7	2.5	3.2	266.0	353	
36.0	4.0	3.5	3.0	269.5	358	
36.2	3.7	3.0	3.0	272.5	362	
41.0	7.2	14.0	3.0	286.5	380	
41.2	3.5	1.5	3.0	288.0	382	
42.2	3.2	1.0	3.0	289.0	384	
42.9	3.5	1.5	3.2	290.5	386	
43.2	3.5	2.0	3.2	292.5	388	
54.0	9.5	16.0	3.0	308.5	410	
54.9	3.8	2.0	3.2	310.5	412	
56.0	3.8	4.0	3.0	314.5	418	ポリリット使用
56.9	3.7	4.0	2.9	318.5	423	
61.0	9.7	7.0	2.9	325.5	432	
63.0	5.7	6.0	3.0	331.5	440	
65.0	6.7	6.5	3.1	338.0	449	
67.9	6.1	6.0	2.8	344.0	457	
70.0	3.7	2.0	3.0	346.0	459	
70.9	3.6	1.5	3.1	347.5	461	
75.0	9.4	7.5	2.9	355.0	471	
75.9	3.5	1.7	3.1	356.7	474	
77.0	3.6	1.5	3.0	358.2	476	
77.9	3.6	1.6	3.0	359.8	478	
79.0	3.3	1.0	3.0	360.8	479	
79.9	3.7	1.5	3.0	362.3	481	
81.9	8.3	3.0	3.1	365.3	485	
82.9	3.6	1.5	3.1	366.8	487	
84.0	3.6	1.5	3.1	368.3	489	
84.9	3.6	1.5	3.0	369.8	491	
86.2	3.9	1.5	3.1	371.3	493	
90.9	9.8	5.0	3.0	376.3	500	
93.0	3.7	1.5	3.0	377.8	502	
93.9	3.3	0.5	3.1	378.3	502	
96.9	5.7	2.0	3.0	380.3	505	
98.0	3.2	0.5	3.0	380.8	506	
103.0	9.0	5.0	2.7	385.8	512	
105.2	3.4	0.8	3.1	386.6	513	
105.9	3.3	1.0	2.9	387.6	515	
112.0	9.1	2.8	3.1	390.4	518	
113.2	3.6	1.3	3.0	391.7	520	

ケース番号 5-1 硝酸 pH 4

3

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備 考
118.0	9.0	3.0	3.0	394.7	524	
120.0	3.8	1.5	3.0	396.2	526	
122.0	4.1	3.9	3.0	400.1	531	
124.0	4.2	3.5	3.0	403.6	536	
126.0	3.5	3.2	3.0	406.8	540	
128.0	3.7	5.5	3.0	412.3	548	
132.1	4.0	6.0	3.0	418.3	556	
134.0	3.8	5.0	3.0	423.3	562	
138.0	3.9	6.0	3.0	429.3	570	
140.0	3.4	4.0	3.0	433.3	575	
146.9	3.5	3.0	3.0	436.3	579	
152.0	8.8	5.4	3.0	441.7	587	
154.1	3.5	2.8	3.0	444.5	590	
157.0	3.5	3.0	3.0	447.5	594	
159.1	3.4	2.5	3.0	450.0	598	
161.0	3.4	2.5	3.0	452.5	601	
163.0	3.4	2.5	3.0	455.0	604	
167.2	3.8	2.5	3.1	457.5	608	
169.0	3.4	1.8	3.1	459.3	610	
175.1	4.1	3.5	3.0	462.8	615	
177.1	3.4	2.5	3.0	465.3	618	
180.0	3.5	3.0	3.0	468.3	622	

ケース番号 6-1

硝酸 pH 4

1

経過時間 日	添加前 pH	添加量 cc	添加後 pH	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
0.0	4.0	0.0	4.0	0.0	0	
0.0	5.0	1.0	3.9	1.0	1	
0.1	5.4	1.1	4.0	2.1	3	
0.2	6.0	2.0	4.0	4.1	5	
0.9	10.4	6.0	4.0	10.1	13	
1.1	5.9	2.0	3.7	12.1	16	
1.3	5.5	1.5	3.7	13.6	18	
2.0	10.6	6.0	3.9	19.6	26	
4.0	11.2	12.0	3.5	31.6	42	
4.1	5.3	2.0	3.7	33.6	45	
4.2	4.7	1.0	3.8	34.6	46	
4.9	10.5	8.0	3.9	42.6	57	
5.1	5.9	1.5	3.7	44.1	59	
5.2	4.5	0.5	4.0	44.6	59	
5.9	10.6	6.5	3.4	51.1	68	
6.1	6.6	3.0	3.4	54.1	72	
6.9	10.5	5.3	3.6	59.4	79	
7.3	9.2	2.0	3.8	61.4	82	
8.0	10.5	5.5	3.6	66.9	89	
10.9	11.3	17.0	3.4	83.9	111	
12.0	10.4	5.0	3.9	88.9	118	
12.1	5.1	2.0	3.6	90.9	121	
13.0	10.5	5.0	3.7	95.9	127	ハ-ハーメ-ク故障
13.1	4.3	0.5	3.9	96.4	128	コペリ試験紙使用
13.2	4.5	5.0	4.0	101.4	135	
14.0	10.5	5.0	4.0	106.4	141	
14.2	5.0	3.0	4.0	109.4	145	
15.0	7.0	3.5	4.0	112.9	150	
15.1	4.5	1.0	4.0	113.9	151	
15.2	4.5	1.5	4.0	115.4	153	
16.0	7.0	3.5	4.0	118.9	158	
25.2	10.0	20.0	4.2	138.9	184	
29.0	9.4	17.0	4.2	155.9	207	
29.1	5.5	6.0	4.2	161.9	215	
29.2	4.9	6.0	4.0	167.9	223	
30.0	4.4	1.5	3.8	169.4	225	
32.0	9.5	5.0	4.0	174.4	232	
33.0	5.1	2.5	3.6	176.9	235	
34.0	6.0	3.0	4.0	179.9	239	
35.0	4.6	1.0	4.2	180.9	240	
40.0	7.2	7.5	3.8	188.4	250	
40.2	4.6	1.5	3.8	189.9	252	

ケース番号 6-1

硝酸 pH 4

2

経過時間 日	添加前 pH	添加量 cc	添加後 pH	累積添加量 cc	酸の当量 ×10 ⁻²	備考
41.2	4.4	1.5	4.0	191.4	254	
53.0	9.4	10.0	3.8	201.4	267	
54.0	4.4	1.5	3.8	202.9	269	ポリリphメ-ク使用
55.0	4.2	4.0	3.8	206.9	275	
56.0	5.4	3.0	3.3	209.9	279	
60.0	9.6	5.0	3.2	214.9	285	
62.0	5.5	3.0	3.5	217.9	289	
64.9	5.9	1.0	3.5	218.9	291	
67.0	9.2	4.0	3.2	222.9	296	
69.0	6.3	1.0	3.6	223.9	297	
70.0	6.3	0.8	3.7	224.7	298	
74.0	9.7	4.0	3.7	228.7	304	
75.0	5.5	1.0	3.7	229.7	305	
76.0	5.3	0.5	4.0	230.2	306	
77.0	7.7	1.0	3.9	231.2	307	
78.0	7.4	0.9	3.7	232.1	308	
79.0	8.7	1.2	3.9	233.3	310	
81.0	9.7	3.5	3.3	236.8	314	
83.0	7.7	0.7	3.9	237.5	315	
83.2	4.8	0.4	3.9	237.9	316	
84.0	6.7	0.8	3.7	238.7	317	
85.2	8.8	0.5	3.7	239.2	318	
90.0	10.0	4.0	4.0	243.2	323	
92.0	8.1	1.5	3.6	244.7	325	
93.0	4.6	0.3	3.9	245.0	325	
96.0	5.4	0.6	3.7	245.6	326	
97.0	4.8	0.4	3.9	246.0	327	
102.0	9.6	3.5	3.0	249.5	331	
111.1	9.5	3.0	3.7	252.5	335	
112.2	4.2	0.0	4.2	252.5	335	
117.0	9.5	2.0	3.8	254.5	338	
119.0	7.6	0.8	3.7	255.3	339	
121.0	8.4	1.0	3.9	256.3	340	
123.0	8.4	1.0	3.9	257.3	342	
125.0	8.4	0.9	4.0	258.2	343	
127.0	8.7	2.2	3.6	260.4	346	
131.1	8.9	1.5	3.8	261.9	348	
133.0	5.4	0.8	3.9	262.7	349	
137.0	9.2	1.5	4.0	264.2	351	
139.0	6.7	0.8	4.0	265.0	352	
146.0	9.3	2.1	4.0	267.1	355	

ケース番号 6-1

硝酸 pH 4

3

経過時間 日	添加前 pH	添加量 cc	添加後 pH	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
151.0	9.2	1.6	4.1	268.7	357	
153.1	8.2	0.7	4.1	269.4	358	
156.0	8.9	1.3	3.8	270.7	359	
158.1	7.9	0.7	4.0	271.4	360	
160.0	8.4	0.8	3.9	272.2	361	
162.0	8.4	0.7	4.1	272.9	362	
165.7	9.1	1.4	4.1	274.3	364	
168.0	7.6	0.6	4.0	274.9	365	
174.1	9.3	2.0	3.8	276.9	368	
176.1	5.9	0.5	4.0	277.4	368	
179.0	8.9	1.2	3.8	278.6	370	

ケース番号 7-1

硝酸 pH 4

1

経過時間 日	添加前 pH 値	添加量 cc	添加後 pH 値	累積添加量 cc	酸の当量 $\times 10^{-2}$	備 考
0.0	4.0	0.0	4.0	0.0	0	
0.1	11.0	10.0	3.3	10.0	13	
0.3	9.3	7.5	3.0	17.5	23	
1.0	11.1	8.0	4.0	25.5	34	
3.0	11.5	20.0	3.8	45.5	60	
3.1	5.5	1.5	3.9	47.0	62	
3.3	6.0	2.0	4.0	49.0	65	
4.0	11.0	14.0	4.0	63.0	84	
4.1	8.9	5.0	3.3	68.0	90	
4.9	10.8	10.0	3.2	78.0	104	
5.2	4.2	1.4	3.5	79.4	105	
6.0	10.8	7.0	3.6	86.4	115	
6.3	9.9	2.0	4.1	88.4	117	
7.0	11.0	6.5	3.9	94.9	126	
7.1	7.4	2.5	3.7	97.4	129	
10.0	11.0	17.5	3.7	114.9	153	
10.1	7.5	2.5	4.1	117.4	156	
10.3	6.1	2.5	3.8	119.9	159	
11.0	10.8	6.0	3.9	125.9	167	
11.2	6.2	2.0	3.8	127.9	170	
11.2	4.7	2.0	3.6	129.9	173	
12.0	10.7	6.0	3.9	135.9	180	
12.1	4.2	0.7	4.1	136.6	181	
12.2	5.4	1.5	3.8	138.1	183	
13.0	11.0	7.0	3.5	145.1	193	ハ'-ハ-メ-ク故障
13.1	4.5	0.5	4.0	145.6	193	コレリ試験紙使用
13.2	5.0	3.0	4.0	148.6	197	
14.0	9.0	5.0	4.0	153.6	204	
14.1	4.5	1.0	4.0	154.6	205	
14.2	4.5	1.5	3.5	156.1	207	
15.0	8.0	5.0	3.5	161.1	214	
24.2	11.0	20.0	5.0	181.1	241	
28.0	9.7	20.0	4.2	201.1	267	
28.2	4.9	3.0	4.2	204.1	271	
28.2	4.9	4.5	4.0	208.6	277	
29.0	4.4	2.0	3.8	210.6	280	
31.0	9.5	7.5	4.0	218.1	290	
32.0	5.5	3.0	3.6	221.1	294	
33.0	6.3	3.5	4.0	224.6	298	
33.2	4.8	1.5	4.1	226.1	300	
34.0	5.2	2.5	4.2	228.6	304	
34.2	4.8	1.5	4.0	230.1	306	

ケース番号 7-1

硝酸 pH 4

2

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
39.0	9.1	9.0	3.8	239.1	318	
39.2	4.9	1.5	4.0	240.6	320	
40.2	4.5	1.5	4.0	242.1	322	
41.0	4.8	1.5	3.8	243.6	324	
52.0	9.5	11.0	3.8	254.6	338	
52.2	4.8	1.5	4.0	256.1	340	
53.0	5.2	2.5	3.8	258.6	343	
54.0	6.4	2.0	3.6	260.6	346	コロリ剤使用
54.2	4.5	1.0	3.9	261.6	347	
55.0	8.2	2.5	3.4	264.1	351	
59.0	10.6	5.5	4.3	269.6	358	
59.2	5.9	1.5	3.6	271.1	360	
61.0	10.0	4.0	3.8	275.1	365	
63.0	10.0	3.5	3.7	278.6	370	
64.0	7.8	1.5	3.5	280.1	372	
66.0	10.1	3.0	3.9	283.1	376	
66.2	4.9	0.6	3.8	283.7	377	
66.0	10.1	3.0	3.9	286.7	381	
66.2	4.9	0.6	3.8	287.3	382	
67.0	8.8	1.4	3.9	288.7	383	
67.2	5.2	0.6	3.9	289.3	384	
68.0	8.7	1.5	4.0	290.8	386	
68.1	4.8	0.5	4.0	291.3	387	
69.0	8.9	1.5	3.8	292.8	389	
69.2	5.0	0.5	3.8	293.3	390	
73.0	10.0	5.2	4.0	298.5	396	
73.3	5.4	0.5	3.9	299.0	397	
74.0	6.4	1.2	3.9	300.2	399	
74.2	5.0	0.5	3.9	300.7	399	
75.0	7.9	1.5	3.8	302.2	401	
76.0	8.0	1.0	4.0	303.2	403	
76.3	4.6	0.3	4.0	303.5	403	
77.0	8.6	1.2	3.6	304.7	405	
78.0	9.2	1.5	4.1	306.2	407	
80.0	10.0	2.5	4.0	308.7	410	
80.2	5.4	0.5	3.9	309.2	411	
81.0	8.7	1.0	4.0	310.2	412	
81.2	5.2	0.5	3.9	310.7	413	
82.0	8.8	1.0	4.0	311.7	414	
82.3	5.3	0.5	3.9	312.2	415	
83.0	8.9	1.0	4.0	313.2	416	
83.2	5.3	0.5	3.7	313.7	417	

ケース番号 7-1

硝酸 pH 4

3

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
84.2	9.1	1.5	3.9	315.2	419	
89.1	10.5	4.5	3.8	319.7	425	
89.2	4.5	0.3	4.0	320.0	425	
91.0	9.3	4.0	3.6	324.0	430	
92.0	4.6	0.3	4.0	324.3	431	
95.0	8.6	1.5	3.5	325.8	433	
96.0	5.0	0.4	3.9	326.2	433	
96.2	4.4	0.2	3.9	326.4	433	
101.0	9.9	3.5	3.2	329.9	438	
103.2	5.6	0.5	3.8	330.4	439	
104.0	5.3	0.4	3.8	330.8	439	
110.1	9.6	2.4	4.0	333.2	442	
111.2	6.0	0.6	4.0	333.8	443	
116.0	9.6	2.2	3.9	336.0	446	
118.0	8.6	1.0	4.0	337.0	448	
120.0	8.5	1.2	4.1	338.2	449	
122.0	8.8	1.3	4.0	339.5	451	
124.0	8.7	1.2	4.0	340.7	452	
126.0	1.2	4.1	3.9	344.8	458	
130.2	9.4	2.2	3.9	347.0	461	
132.0	6.9	1.1	4.0	348.1	462	
136.0	9.3	1.8	4.0	349.9	465	
138.0	8.2	1.1	4.0	351.0	466	
145.0	9.3	3.5	3.3	354.5	471	
150.0	9.0	1.2	4.0	355.7	472	
152.2	8.5	1.0	3.9	356.7	474	
155.0	8.8	1.0	4.1	357.7	475	
157.1	8.6	1.0	3.9	358.7	476	
159.0	8.1	0.7	4.0	359.4	477	
161.0	8.5	0.9	3.9	360.3	478	
165.2	9.1	1.4	4.1	361.7	480	
167.0	7.1	0.6	4.0	362.3	481	
173.2	9.2	2.7	3.5	365.0	485	
175.1	4.7	0.3	4.0	365.3	485	
178.0	8.5	0.9	3.9	366.2	486	

ケース番号 8-1

硝酸 pH 4

1

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	
0.1	10.0	4.0	3.7	4.0	5	
0.3	5.0	1.0	3.7	5.0	7	
0.9	10.5	5.0	3.9	10.0	13	
1.1	5.4	1.0	3.9	11.0	15	
1.2	5.3	0.8	4.0	11.8	16	
2.0	10.6	5.0	3.6	16.8	22	
2.3	4.9	0.5	3.8	17.3	23	
6.0	11.1	10.5	3.6	27.8	37	
6.3	5.4	1.0	4.1	28.8	38	
7.0	9.9	5.0	3.5	33.8	45	
8.0	9.6	4.0	3.5	37.8	50	
9.0	9.5	4.0	4.0	41.8	56	ハ-ハ-マーク故障
9.2	4.5	1.0	4.0	42.8	57	コレリ試験紙使用
11.0	7.0	3.0	4.0	45.8	61	
20.2	9.5	15.0	4.0	60.8	81	
24.0	8.8	12.0	4.0	72.8	97	
24.2	4.9	3.0	4.0	75.8	101	
27.0	9.5	9.5	3.5	85.3	113	
29.0	4.9	3.0	4.0	88.3	117	
30.0	4.9	3.0	3.8	91.3	121	
35.0	6.6	5.0	3.8	96.3	128	
36.0	4.3	1.0	4.0	97.3	129	
48.0	8.8	8.0	3.8	105.3	140	
49.0	4.2	1.0	4.0	106.3	141	
50.0	4.3	0.5	4.0	106.8	142	コレリpHマーク使用
50.2	4.4	1.0	3.9	107.8	143	
51.0	5.3	1.0	3.7	108.8	144	
55.0	9.6	4.0	3.4	112.8	150	
57.0	5.5	1.0	4.0	113.8	151	
57.2	4.1	1.5	4.0	115.3	153	
59.0	8.7	2.5	3.6	117.8	156	
62.0	9.2	3.0	3.3	120.8	160	
64.0	5.3	1.0	3.9	121.8	162	
65.0	6.2	1.0	3.6	122.8	163	
69.0	8.8	4.2	3.1	127.0	169	
71.0	5.0	0.5	3.9	127.5	169	
72.0	4.8	0.3	4.0	127.8	170	
72.3	4.2	0.1	4.0	127.9	170	
73.0	6.0	0.6	3.6	128.5	171	
74.0	7.4	0.7	3.6	129.2	172	
76.0	8.9	1.7	3.6	130.9	174	

ケース番号 8-1

硝酸 pH 4

2

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
77.0	4.8	0.4	3.9	131.3	174	
78.0	6.5	0.5	4.0	131.8	175	
78.3	4.6	0.3	3.9	132.1	175	
79.0	6.2	0.6	3.8	132.7	176	
80.2	7.9	1.5	3.5	134.2	178	
85.0	9.6	2.5	4.0	136.7	182	
87.0	7.9	1.5	3.5	138.2	184	
91.0	9.1	2.2	3.3	140.4	186	
97.0	9.0	1.5	3.5	141.9	188	
99.2	5.4	0.5	3.7	142.4	189	
106.1	9.2	1.7	3.9	144.1	191	
107.2	5.2	0.3	3.9	144.4	192	
112.0	9.1	1.6	3.7	146.0	194	
114.0	5.9	0.4	3.9	146.4	194	
116.0	8.8	0.8	3.9	147.2	195	
118.0	6.2	0.5	4.0	147.7	196	
120.0	7.4	0.6	4.0	148.3	197	
122.0	7.6	0.8	4.0	149.1	198	
126.2	8.9	1.2	4.1	150.3	200	
128.0	5.6	0.7	4.0	151.0	201	
132.1	8.8	1.0	4.1	152.0	202	
134.0	6.0	0.7	4.0	152.7	203	
141.0	9.1	1.6	3.9	154.3	205	
146.0	8.9	1.0	4.0	155.3	206	
148.2	6.8	0.6	4.0	155.8	207	
151.0	8.4	1.0	3.8	156.8	208	
153.1	5.6	0.4	4.0	157.2	209	
155.0	6.6	0.5	4.0	157.7	209	
157.0	7.1	0.6	4.0	158.3	210	
161.2	8.1	1.0	4.1	159.3	212	
163.0	6.3	0.4	3.9	159.7	212	
169.2	9.1	1.5	3.9	161.2	214	
171.1	5.1	0.4	4.0	161.6	215	
174.0	8.0	0.7	4.0	162.3	216	
179.0	9.0	1.2	4.0	163.5	217	

ケース番号 9-1

硝酸 pH 4

1

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 追加前	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
0.0	4.0	0.0	4.0	0.0	0	
0.3	9.5	3.5	4.0	3.5	5	
1.0	10.1	4.5	3.8	8.0	11	
4.0	10.9	10.5	3.8	18.5	25	
4.2	4.9	0.5	4.4	19.0	25	
4.3	5.3	1.0	4.0	20.0	27	
5.0	9.4	4.0	3.7	24.0	32	
5.2	5.0	0.7	4.1	24.7	33	
5.3	4.3	0.5	4.0	25.2	33	
6.0	9.6	3.5	3.6	28.7	38	
6.3	5.0	0.5	4.0	29.2	39	
7.0	8.5	4.0	4.0	33.2	44	ハーバーマート故障
7.3	4.5	1.0	4.0	34.2	45	コロリ試験紙使用
8.0	6.0	2.5	4.0	36.7	49	
8.2	4.5	1.5	4.0	38.2	51	
9.0	6.5	2.5	4.0	40.7	54	
18.3	9.5	11.0	4.6	51.7	69	
22.0	8.6	13.0	4.0	64.7	86	
22.3	4.6	1.5	4.0	66.2	88	
23.0	5.0	3.0	3.8	69.2	92	
25.0	6.0	2.0	4.0	71.2	95	
25.3	4.9	1.3	4.0	72.5	96	
26.0	5.1	2.5	3.6	75.0	100	
27.0	5.2	2.0	4.0	77.0	102	
28.0	5.2	3.0	4.2	80.0	106	
28.3	4.8	1.5	4.2	81.5	108	
33.0	6.9	6.0	4.0	87.5	116	
33.3	4.4	0.5	4.0	88.0	117	
34.0	4.5	0.5	4.0	88.5	118	
35.0	4.7	1.0	3.8	89.5	119	
46.0	7.3	6.5	3.8	96.0	127	
47.0	4.4	1.5	3.8	97.5	129	
48.2	4.2	1.0	3.8	98.5	131	コロリpHメータ使用
49.3	4.5	0.5	4.0	99.0	131	
53.0	9.2	3.3	3.5	102.3	136	
55.0	5.9	1.0	3.8	103.3	137	
57.0	8.6	2.0	3.6	105.3	140	
57.3	3.7	1.5	4.0	106.8	142	
60.0	8.8	1.5	3.8	108.3	144	
61.0	6.0	0.7	3.8	109.0	145	
62.0	6.8	1.0	3.8	110.0	146	
63.0	5.4	0.7	3.7	110.7	147	

ケース番号 9-1

硝酸 pH 4

2

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 追加前	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
67.0	9.0	3.2	3.4	113.9	151	
68.0	4.3	0.3	3.9	114.2	152	
69.0	5.6	0.6	4.0	114.8	152	
70.0	5.5	0.4	4.0	115.2	153	
70.3	4.4	0.3	3.9	115.5	153	
71.0	5.5	0.4	3.8	115.9	154	
72.0	7.3	0.6	3.7	116.5	155	
74.0	8.7	1.5	3.6	118.0	157	
75.0	4.7	0.4	3.9	118.4	157	
76.0	5.3	0.5	3.9	118.9	158	
77.0	6.0	0.5	3.9	119.4	159	
78.2	8.0	1.0	3.6	120.4	160	
83.0	9.5	2.0	4.0	122.4	163	
85.0	4.7	0.2	4.0	122.6	163	
86.0	6.3	0.5	4.0	123.1	163	
89.0	9.2	1.8	3.5	124.9	166	
90.0	4.5	0.2	4.0	125.1	166	
90.3	4.5	0.2	3.9	125.3	166	
95.0	4.5	0.2	3.8	125.5	167	
96.3	4.9	0.3	3.8	125.8	167	
97.3	4.5	0.3	3.9	126.1	167	
98.0	4.3	0.3	3.7	126.4	168	
104.1	9.0	1.4	4.0	127.8	170	
105.2	5.6	0.3	4.0	128.1	170	
110.0	9.0	1.2	4.1	129.3	172	
112.0	7.2	0.6	4.1	129.9	173	
114.0	7.9	0.8	3.9	130.7	174	
116.0	6.1	0.5	4.0	131.2	174	
118.0	6.9	0.6	4.0	131.8	175	
120.0	7.0	0.8	4.0	132.6	176	
124.2	8.7	1.2	4.0	133.8	178	
126.0	5.0	0.6	4.0	134.4	178	
130.0	8.7	1.2	3.9	135.6	180	
132.0	4.9	0.6	4.0	136.2	181	
139.0	8.9	1.3	4.0	137.5	183	
144.0	8.8	1.2	4.0	138.7	184	
146.2	6.3	0.5	4.0	139.2	185	
149.0	8.0	0.8	3.9	140.0	186	
151.1	6.1	0.5	4.0	140.5	187	
153.0	6.1	0.5	4.0	141.0	187	
155.0	6.1	0.5	4.0	141.5	188	
159.2	8.6	1.5	4.0	143.0	190	

ケース番号 9-1

硝酸 pH 4

3

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 追加前	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
161.0	5.6	0.4	4.0	143.4	190	
167.2	8.9	1.4	3.8	144.8	192	
169.1	5.2	0.4	4.0	145.2	193	
172.0	7.8	0.6	4.0	145.8	194	
177.0	8.7	1.0	4.0	146.8	195	

ケース番号 10-1 硝酸 pH 4

1

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備 考
0.0	4.0	0.0	4.0	0.0	0	
0.3	7.7	3.0	3.9	3.0	4	
1.0	9.5	4.0	3.7	7.0	9	
4.0	10.7	10.5	3.6	17.5	23	
5.0	8.8	3.0	3.8	20.5	27	
5.2	4.2	0.5	3.8	21.0	28	
6.0	9.1	3.0	3.6	24.0	32	
7.0	7.5	4.0	3.5	28.0	37	ハ-ハ-メ-タ故障
8.0	6.5	3.0	4.0	31.0	41	ポリリ試験紙使用
9.0	6.5	3.0	3.5	34.0	45	
18.2	9.4	10.0	3.8	44.0	58	
22.0	8.0	9.0	4.0	53.0	70	
22.2	4.9	3.0	3.8	56.0	74	
23.0	4.9	3.0	3.8	59.0	78	
25.0	5.2	3.0	4.2	62.0	82	
26.0	4.8	2.0	3.6	64.0	85	
27.0	5.0	2.0	4.1	66.0	88	
27.2	4.5	1.0	4.1	67.0	89	
28.0	4.9	3.0	4.0	70.0	93	
33.0	6.0	5.0	3.8	75.0	100	
34.0	4.3	1.0	3.9	76.0	101	
35.0	4.6	0.5	4.0	76.5	102	
46.0	7.0	6.0	3.8	82.5	110	
47.0	4.4	1.0	4.0	83.5	111	
47.2	4.6	1.0	4.0	84.5	112	
48.2	4.3	1.0	3.9	85.5	114	ポリリpHメ-タ使用
49.2	4.2	0.4	4.0	85.9	114	
53.0	8.9	2.5	3.6	88.4	117	
55.0	6.0	1.5	4.0	89.9	119	
57.0	7.6	2.0	3.6	91.9	122	
60.0	8.4	1.5	3.6	93.4	124	
61.0	4.3	0.3	4.0	93.7	124	
62.0	5.7	1.0	3.9	94.7	126	
63.0	5.0	0.5	3.7	95.2	126	
67.0	8.8	2.4	3.8	97.6	130	
68.0	5.2	0.8	3.7	98.4	131	
69.0	4.9	0.5	3.9	98.9	131	
70.0	5.3	0.5	4.0	99.4	132	
71.0	5.5	0.5	3.7	99.9	133	
72.0	6.2	0.4	3.9	100.3	133	
74.0	8.4	1.2	3.9	101.5	135	
75.0	5.4	0.6	3.8	102.1	136	

ケース番号 10-1

硝酸 pH 4

2

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 c c	添加後 pH値	累積添加量 c c	酸の当量 *10 ⁻²	備 考
76.0	5.1	0.4	3.9	102.5	136	
77.0	5.8	0.5	3.8	103.0	137	
78.2	6.1	0.5	3.9	103.5	137	
83.0	9.4	2.0	4.0	105.5	140	
85.0	7.9	2.0	3.6	107.5	143	
89.0	6.5	0.6	3.8	108.1	144	
90.0	6.0	0.5	4.0	108.6	144	
95.0	8.7	1.5	3.6	110.1	146	
97.2	5.0	0.5	3.7	110.6	147	
104.0	8.7	1.1	4.2	111.7	148	
105.2	5.7	0.3	4.1	112.0	149	
110.0	8.7	1.1	4.1	113.1	150	
112.0	6.4	0.5	4.1	113.6	151	
114.0	6.8	0.6	4.1	114.2	152	
116.0	6.0	0.6	3.9	114.8	152	
118.0	5.3	0.4	4.1	115.2	153	
120.0	6.1	0.7	4.0	115.9	154	
124.2	8.3	0.8	4.1	116.7	155	
126.0	5.1	0.6	4.0	117.3	156	
130.0	8.2	0.9	3.9	118.2	157	
132.0	4.8	0.5	4.0	118.7	158	
139.0	8.7	1.1	4.0	119.8	159	
144.0	8.5	0.9	4.1	120.7	160	
146.2	6.2	0.5	4.0	121.2	161	
149.0	7.2	0.6	4.0	121.8	162	
151.1	6.0	0.5	4.0	122.3	162	
153.0	5.4	0.4	4.0	122.7	163	
155.0	5.8	0.5	4.0	123.2	164	
159.2	8.3	0.5	4.0	123.7	164	
161.0	5.9	0.4	4.0	124.1	165	
167.2	8.7	1.2	3.9	125.3	166	
169.1	5.0	0.4	4.0	125.7	167	
172.0	8.0	0.6	4.0	126.3	168	
177.0	8.5	0.8	4.1	127.1	169	

ケース番号 11-1

硝酸 pH 4

1

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 g	備考
0.0	4.0	0.0	4.0	0.0	0	
0.2	6.2	1.6	4.0	1.6	2	
0.9	8.8	3.0	4.0	4.6	6	
1.0	4.5	1.0	3.8	5.6	7	
3.9	10.7	9.5	3.7	15.1	20	
4.2	5.1	1.5	3.7	16.6	22	
4.9	8.6	3.0	3.8	19.6	26	
5.9	9.5	3.0	3.7	22.6	30	
6.1	5.0	0.5	4.0	23.1	31	
6.9	7.5	2.5	3.5	25.6	34	ハ-ハーメ-ク故障
7.0	4.5	0.5	4.0	26.1	35	シリ試験紙使用
7.1	4.5	1.0	4.0	27.1	36	
7.9	6.5	3.0	3.5	30.1	40	
8.9	6.0	3.0	3.5	33.1	44	
18.1	9.2	9.0	4.0	42.1	56	
21.9	8.0	9.0	4.2	51.1	68	
22.0	4.4	1.5	4.0	52.6	70	
22.9	4.4	1.5	4.0	54.1	72	
24.9	4.9	2.0	4.2	56.1	75	
25.1	4.7	1.0	4.3	57.1	76	
25.9	5.0	2.0	3.8	59.1	78	
26.9	5.0	2.0	3.9	61.1	81	
27.9	5.2	3.5	4.0	64.6	86	
32.9	6.0	5.0	3.8	69.6	92	
33.9	4.5	2.0	3.8	71.6	95	
34.9	4.4	0.5	4.1	72.1	96	
45.9	6.5	5.0	3.8	77.1	102	
46.9	4.8	1.5	3.8	78.6	104	
47.1	4.0	1.0	4.0	79.6	106	
47.9	4.5	0.5	4.1	80.1	106	シリpHメ-ク使用
48.1	4.2	0.5	3.9	80.6	107	
48.9	5.6	1.3	3.8	81.9	109	
52.9	8.3	2.0	3.7	83.9	111	
54.9	5.7	1.0	4.0	84.9	113	
56.9	6.8	1.0	4.0	85.9	114	
57.9	4.4	0.3	3.9	86.2	114	
59.9	8.2	1.3	3.6	87.5	116	
60.9	4.3	0.3	3.9	87.8	117	
61.9	5.9	0.5	3.8	88.3	117	
62.9	4.2	0.1	4.0	88.4	117	
66.9	8.4	2.2	3.3	90.6	120	
68.1	4.4	0.3	3.9	90.9	121	

ケース番号 11-1 硝酸 pH 4

2

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 g	備考
68.9	5.7	1.0	3.7	91.9	122	
69.9	5.4	0.5	3.9	92.4	123	
70.9	5.0	0.4	3.7	92.8	123	
71.9	5.5	0.3	3.9	93.1	124	
73.9	8.1	1.0	3.7	94.1	125	
74.9	4.3	0.3	3.9	94.4	125	
75.9	5.3	0.3	4.0	94.7	126	
78.1	4.9	0.4	3.6	95.1	126	
82.9	8.8	1.2	3.9	96.3	128	
83.1	4.3	0.3	3.8	96.6	128	
84.9	6.2	1.0	3.9	97.6	130	
85.9	4.6	0.5	3.8	98.1	130	
88.9	8.4	0.8	3.7	98.9	131	
89.9	4.9	0.3	4.0	99.2	132	
90.1	4.2	0.2	3.8	99.4	132	
94.9	8.5	1.0	3.6	100.4	133	
97.1	4.9	0.4	3.7	100.8	134	
103.9	8.5	1.0	3.7	101.8	135	
105.0	4.4	0.1	3.9	101.9	135	
109.9	8.5	0.8	4.0	102.7	136	
111.9	6.1	0.4	4.0	103.1	137	
113.9	6.2	0.5	4.0	103.6	138	
115.9	5.8	0.4	4.1	104.0	138	
117.9	6.1	0.5	4.0	104.5	139	
119.9	5.8	0.6	4.0	105.1	140	
124.0	8.1	1.0	4.0	106.1	141	
125.9	5.1	0.5	4.0	106.6	142	
129.9	7.7	0.9	3.9	107.5	143	
131.9	5.2	0.5	4.0	108.0	143	
138.8	8.4	2.0	3.4	110.0	146	
143.9	7.3	0.7	4.0	110.7	147	
146.0	5.7	0.4	4.0	111.1	147	
148.9	7.0	0.6	4.0	111.6	148	
151.0	5.7	0.4	4.0	112.1	149	
152.9	5.5	0.4	4.0	112.5	149	
154.9	5.5	0.4	4.0	112.9	150	
158.5	8.1	0.5	4.0	113.4	151	
160.9	5.4	0.3	4.0	113.7	151	
167.0	8.4	1.0	3.9	114.7	152	
169.0	5.2	0.4	4.0	115.1	153	
171.9	7.0	0.6	3.9	115.7	154	
176.8	8.3	0.8	3.9	116.5	155	

ケース番号 12-1 硝酸 pH 4

1

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
0.0	4.0	0.0	4.0	0.0	0	
0.9	6.5	3.5	3.9	3.5	5	
1.0	4.2	1.0	3.8	4.5	6	
3.9	10.7	10.0	3.5	14.5	19	
4.9	7.5	4.0	3.5	18.5	25	
5.9	6.1	2.0	3.6	20.5	27	
6.9	7.5	4.0	3.0	24.5	33	ハ-ハーメ-ク故障
7.9	6.0	2.5	4.0	27.0	36	ポリリ試験紙使用
8.9	5.5	2.5	3.0	29.5	39	
18.1	9.4	9.0	3.8	38.5	51	
21.9	8.0	9.0	4.0	47.5	63	
22.0	4.4	1.5	4.0	49.0	65	
24.9	5.2	3.5	4.0	52.5	70	
25.9	5.0	1.5	3.8	54.0	72	
26.9	5.0	1.5	4.1	55.5	74	
27.9	4.9	3.0	4.2	58.5	78	
28.1	4.8	3.0	4.0	61.5	82	
32.9	5.5	4.0	4.0	65.5	87	
33.1	4.4	0.5	4.0	66.0	88	
45.9	6.5	5.0	3.8	71.0	94	
46.9	4.2	1.0	4.0	72.0	96	
48.0	4.2	0.5	4.0	72.5	96	ポリリpHメ-タ使用
48.9	4.6	0.6	4.0	73.1	97	
52.9	8.6	2.0	3.6	75.1	100	
54.9	5.5	1.0	3.9	76.1	101	
56.9	7.1	2.0	3.4	78.1	104	
59.9	6.1	0.8	3.8	78.9	105	
60.9	4.5	0.5	3.8	79.4	105	
61.9	4.7	0.5	3.9	79.9	106	
62.0	4.3	0.3	4.0	80.2	107	
63.1	4.3	0.2	3.9	80.4	107	
66.9	8.4	2.0	3.4	82.4	109	
68.9	4.2	0.2	3.8	82.6	110	
69.9	4.2	0.1	4.0	82.7	110	
70.9	5.2	0.5	3.6	83.2	110	
71.9	4.7	0.3	3.8	83.5	111	
73.9	7.5	0.7	4.0	84.2	112	
74.9	5.6	0.5	3.8	84.7	112	
75.9	4.7	0.2	4.0	84.9	113	
76.9	5.5	0.4	3.8	85.3	113	
78.1	6.9	0.5	4.1	85.8	114	
82.9	8.9	1.3	4.0	87.1	116	

ケース番号 12-1 硝酸 pH 4

2

経過時間 日	添加前 pH 値	添加量 cc	添加後 pH 値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備 考
84.9	6.4	0.5	4.0	87.6	116	
85.9	4.3	0.2	3.9	87.8	117	
88.9	8.5	1.0	3.7	88.8	118	
89.9	4.8	0.3	3.9	89.1	118	
94.9	8.4	1.0	3.6	90.1	120	
97.1	4.4	0.3	3.8	90.4	120	
102.9	8.4	0.8	3.9	91.2	121	
104.0	4.8	0.2	3.9	91.4	121	
108.9	8.4	0.8	3.9	92.2	122	
110.9	5.5	0.3	4.0	92.5	123	
112.9	5.9	0.4	4.1	92.9	123	
114.9	5.4	0.4	4.1	93.3	124	
116.9	5.0	0.4	4.0	93.7	124	
118.9	5.0	0.6	4.0	94.3	125	
123.0	6.4	0.8	4.0	95.1	126	
124.9	4.5	0.4	4.0	95.5	127	
128.9	6.2	0.7	4.0	96.2	128	
130.9	4.5	0.4	4.0	96.6	128	
137.8	8.3	0.8	4.0	97.4	129	
142.9	8.0	0.7	3.9	98.1	130	
145.0	4.6	0.3	4.0	98.4	131	
147.9	5.8	0.4	4.0	98.8	131	
150.0	5.0	0.4	4.0	99.2	132	
151.9	4.8	0.3	4.1	99.5	132	
153.9	4.8	0.4	4.0	99.9	133	
158.0	6.8	0.4	4.0	100.3	133	
159.9	4.7	0.3	3.9	100.6	134	
166.0	8.1	0.7	4.0	101.3	134	
168.0	4.7	0.3	4.0	101.6	135	
170.9	5.8	0.5	3.9	102.1	136	
175.8	7.3	0.6	4.0	102.7	136	

ケース番号 13-1 硝酸 pH 4

1

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
0.0	4.0	0.0	4.0	0.0	0	
0.1	9.7	3.5	3.8	3.5	5	
0.3	4.5	0.8	3.8	4.3	6	
1.0	10.6	4.0	3.6	8.3	11	
1.3	5.9	1.5	3.7	9.8	13	
2.0	10.1	5.0	3.5	14.8	20	
5.0	10.9	10.5	3.9	25.3	34	
5.2	4.3	0.7	3.9	26.0	35	
5.3	4.4	1.0	3.7	27.0	36	
6.0	9.2	5.0	3.4	32.0	42	
7.0	9.0	3.0	3.6	35.0	46	
7.3	5.0	1.0	4.0	36.0	48	
8.0	5.0	2.0	4.0	38.0	50	ハート故障
8.2	5.0	1.5	4.0	39.5	52	コロリ試験紙使用
8.2	4.5	1.0	4.0	40.5	54	
9.0	6.0	2.5	4.0	43.0	57	
10.0	6.0	2.5	4.0	45.5	60	
19.3	9.4	8.0	4.8	53.5	71	
23.0	8.4	11.0	4.0	64.5	86	
23.2	4.9	3.0	4.0	67.5	90	
26.0	4.9	3.0	4.4	70.5	94	
26.3	4.7	1.5	4.0	72.0	96	
27.0	4.8	1.5	3.8	73.5	98	
28.0	5.0	2.0	4.0	75.5	100	
29.0	4.9	3.0	4.0	78.5	104	
34.1	6.3	5.0	4.0	83.5	111	
34.3	4.4	0.5	4.0	84.0	112	
35.1	4.5	0.5	4.0	84.5	112	
35.2	4.3	1.0	3.9	85.5	114	
36.3	4.7	0.6	4.1	86.1	114	
47.0	7.0	6.0	4.0	92.1	122	
48.0	5.0	2.0	3.8	94.1	125	コロリpHメータ使用
49.2	4.1	0.5	3.9	94.6	126	
50.0	4.7	0.6	4.0	95.2	126	
50.3	4.3	0.3	4.1	95.5	127	
54.0	9.2	2.5	3.8	98.0	130	
56.0	8.3	2.0	3.8	100.0	133	
58.0	7.8	1.7	3.7	101.7	135	
61.0	8.9	1.5	3.8	103.2	137	
62.0	6.4	0.8	3.8	104.0	138	
63.0	6.6	1.0	3.8	105.0	139	
64.0	5.7	0.7	3.6	105.7	140	

ケース番号 13-1

硝酸 pH 4

2

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
68.0	8.9	2.5	3.7	108.2	144	
69.0	5.3	0.6	3.8	108.8	144	
70.0	5.2	0.5	3.9	109.3	145	
70.2	4.4	0.2	4.0	109.5	145	
71.0	5.4	0.5	4.0	110.0	146	
72.0	6.6	0.6	3.6	110.6	147	
73.0	6.9	0.4	3.9	111.0	147	
75.0	8.8	1.5	3.6	112.5	149	
76.0	4.7	0.4	3.9	112.9	150	
77.0	5.8	0.5	3.9	113.4	151	
77.3	4.2	0.1	4.0	113.5	151	
78.0	6.5	0.5	4.0	114.0	151	
78.2	4.4	0.2	4.0	114.2	152	
79.2	7.0	0.7	4.0	114.9	153	
84.0	9.1	1.5	3.6	116.4	155	
86.0	4.6	0.5	3.9	116.9	155	
90.0	8.9	1.3	3.6	118.2	157	
91.0	5.5	0.3	4.0	118.5	157	
96.0	8.9	1.4	3.5	119.9	159	
98.3	5.7	0.4	3.8	120.3	160	
105.0	8.9	1.2	4.0	121.5	161	
106.2	5.3	0.3	4.1	121.8	162	
111.0	8.9	1.2	3.9	123.0	163	
113.0	6.3	0.4	4.0	123.4	164	
115.0	7.7	0.7	4.0	124.1	165	
117.0	6.4	0.5	4.0	124.6	165	
119.0	6.7	0.5	4.1	125.1	166	
121.0	7.3	0.7	4.0	125.8	167	
125.2	8.7	1.3	3.9	127.1	169	
127.0	4.7	0.5	4.0	127.6	169	
131.0	8.4	1.0	3.9	128.6	171	
133.0	5.2	0.5	4.1	129.1	171	
140.0	8.3	1.3	3.9	130.4	173	
145.0	8.6	0.9	4.0	131.3	174	
147.2	6.4	0.4	4.1	131.7	175	
150.0	8.1	1.0	3.7	132.7	176	
152.1	4.9	0.4	3.9	133.1	177	
154.0	5.7	0.4	4.0	133.5	177	
156.0	6.3	0.4	4.1	133.9	178	
160.2	8.5	0.8	4.0	134.7	179	
162.0	5.9	0.5	3.9	135.2	180	
168.1	8.8	1.2	3.9	136.4	181	

ケース番号 13-1 硝酸 pH 4

3

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
170.1	5.6	0.4	4.0	136.8	182	
173.0	7.9	0.7	3.3	137.5	183	
178.0	8.7	1.0	3.9	138.5	184	

ケース番号 4-2

硫酸 pH 4

1

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
0.0	4.3	0.0	4.3	0.0	0	
0.2	11.0	3.0	3.8	3.0	11	
2.9	11.3	4.0	3.7	7.0	25	
3.9	11.0	3.0	3.3	10.0	36	
4.9	10.3	3.0	3.6	13.0	46	
5.2	5.5	0.3	4.4	13.3	47	
5.9	10.5	2.5	3.5	15.8	56	
6.9	10.2	2.0	3.3	17.8	63	
7.9	9.5	1.0	3.7	18.8	67	
9.9	10.9	2.5	3.7	21.3	76	
10.2	4.3	0.5	3.6	21.8	77	
10.9	8.0	0.4	3.8	22.2	79	
11.1	5.2	0.3	4.0	22.5	80	
11.2	4.3	0.2	3.9	22.7	81	
11.9	9.4	0.7	4.0	23.4	83	
12.1	4.9	0.2	3.9	23.6	84	
12.2	4.3	0.2	3.8	23.8	85	
12.9	6.3	0.9	4.0	24.7	88	
13.9	9.2	0.8	3.9	25.5	91	
14.1	4.2	0.3	3.7	25.8	92	
16.9	10.8	2.4	3.8	28.2	100	
17.1	4.5	0.3	3.9	28.5	101	
17.2	4.1	0.2	3.7	28.7	102	
17.9	5.7	0.5	3.8	29.2	104	
18.2	4.3	0.2	3.9	29.4	104	
18.9	7.2	0.7	3.8	30.1	107	
19.2	4.2	0.2	4.0	30.3	108	
19.9	8.0	1.0	4.0	31.3	111	ハ-ハ-メ-タ故障
20.9	5.5	5.0	4.0	36.3	129	コレリ試験紙使用
21.1	5.0	0.3	4.0	36.6	130	
21.9	6.5	0.6	4.0	37.2	132	
31.1	9.5	1.8	3.8	39.0	139	
31.9	8.4	1.7	4.0	40.7	145	
32.1	6.6	1.0	4.2	41.7	148	
32.2	4.6	0.2	3.8	41.9	149	
33.0	9.5	2.0	2.0	43.9	156	
35.1	4.9	0.5	4.0	44.4	158	
36.9	6.0	1.0	4.2	45.4	161	
39.2	4.4	0.2	4.0	45.6	162	
39.9	4.9	0.5	4.0	46.1	164	
40.9	4.9	0.5	4.2	46.6	166	
45.9	6.9	1.0	4.0	47.1	167	

ケース番号 4-2

硫酸 pH 4

2

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備 考
47.2	4.8	0.5	4.0	47.6	169	
58.9	8.9	1.7	4.0	49.3	175	
59.2	4.8	0.5	4.0	49.8	177	
60.0	4.8	0.6	3.8	50.4	179	
60.9	4.3	0.5	3.8	50.9	181	ポリpHメータ使用
61.9	4.4	0.2	4.0	51.1	182	
65.9	9.4	1.0	4.0	52.1	185	
66.2	4.3	0.2	3.9	52.3	186	
67.9	8.4	1.5	3.8	53.8	191	
70.0	6.3	1.3	4.1	55.1	196	
72.9	5.6	0.7	3.6	55.8	198	
74.9	5.7	0.5	3.7	56.3	200	
75.9	4.3	0.1	3.8	56.4	200	
79.9	9.2	1.5	3.4	57.9	206	
81.9	5.6	0.3	4.0	58.2	207	
82.9	5.8	0.3	4.0	58.5	208	
83.9	5.6	0.3	4.0	58.8	209	
84.9	8.2	0.4	3.7	59.2	210	
86.9	8.9	0.5	4.0	59.7	212	
87.2	4.4	0.2	3.8	59.9	213	
87.9	4.6	0.2	4.0	60.1	213	
88.9	6.1	0.4	3.9	60.5	215	
89.9	5.5	0.5	3.8	61.0	217	
91.1	6.6	0.4	3.8	61.4	218	
95.9	9.5	1.0	3.7	62.4	222	
97.9	6.0	0.4	3.7	62.8	223	
98.9	4.4	0.1	4.1	62.9	223	
101.9	9.3	0.7	4.0	63.6	226	
102.2	4.4	0.2	3.9	63.8	227	
103.0	5.1	0.3	3.7	64.1	228	
107.9	9.5	0.8	3.8	64.9	231	
109.2	5.8	0.3	3.7	65.2	232	
110.2	5.1	0.3	3.8	65.5	233	
110.9	4.6	0.3	3.6	65.8	234	
117.0	9.6	1.5	3.4	67.3	239	
118.2	4.3	0.0	4.3	67.3	239	
123.0	9.5	1.3	3.6	68.6	244	
125.0	6.5	0.3	3.8	68.9	245	
127.0	8.6	0.5	4.0	69.4	247	
129.0	8.6	0.5	3.9	69.9	248	
130.9	8.2	0.4	4.0	70.3	250	
132.9	8.8	0.6	4.0	70.9	252	

ケース番号 5-2

硝酸 pH 3

1

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
0.0	3.0	0.0	3.0	0.0	0	
0.1	3.3	1.0	3.2	1.0	1	
0.2	6.2	3.0	3.1	4.0	5	
0.9	10.5	8.0	3.0	12.0	16	
1.0	3.2	1.0	3.1	13.0	17	
1.2	3.2	3.0	3.0	16.0	21	
1.9	10.1	8.0	3.0	24.0	32	
2.1	3.1	1.5	3.0	25.5	34	
2.3	3.1	1.0	3.0	26.5	35	
3.0	8.9	8.0	2.9	34.5	46	
5.0	11.0	13.0	3.0	47.5	63	
5.2	3.2	1.0	3.1	48.5	64	
5.9	7.0	3.0	3.0	51.5	68	
6.1	3.3	2.5	3.0	54.0	72	
6.2	3.1	1.0	3.0	55.0	73	
6.9	9.0	6.0	3.0	61.0	81	
7.1	3.2	1.5	3.0	62.5	83	
7.2	3.1	1.0	3.0	63.5	84	
7.9	3.9	3.5	2.9	67.0	89	
8.3	3.4	3.0	3.0	70.0	93	
8.9	3.8	4.0	3.1	74.0	98	
9.1	3.2	2.5	3.0	76.5	102	
11.9	11.1	15.0	3.0	91.5	122	
12.9	3.8	5.0	3.1	96.5	128	
13.1	3.3	2.0	3.1	98.5	131	
13.2	3.1	1.0	3.1	99.5	132	
14.0	3.8	5.0	3.0	104.5	139	
14.1	3.2	1.0	3.1	105.5	140	
14.2	3.1	1.0	3.0	106.5	141	
15.0	4.0	6.0	2.5	112.5	149	ハ-ハ-メ-故障
16.0	4.5	4.0	3.0	116.5	155	ポリ試験紙使用
17.0	5.5	3.5	3.0	120.0	159	
26.1	9.5	17.0	3.8	137.0	182	
30.0	9.4	14.0	4.0	151.0	201	
30.1	4.9	3.0	4.0	154.0	205	
30.9	4.5	4.5	3.4	158.5	210	
33.0	7.0	13.0	2.8	171.5	228	
33.9	3.8	1.0	3.3	172.5	229	
34.2	3.5	1.5	3.2	174.0	231	
35.0	4.1	3.5	3.2	177.5	236	
35.2	3.8	2.0	3.1	179.5	238	
36.0	4.0	3.5	3.0	183.0	243	

ケース番号 5-2

硝酸 pH 3

2

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備 考
41.0	7.2	14.0	3.0	197.0	262	
41.2	3.5	1.5	3.0	198.5	264	
42.9	3.8	2.0	3.2	200.5	266	
54.0	9.5	15.0	3.2	215.5	286	
54.9	3.9	3.0	3.0	218.5	290	
55.2	3.4	2.0	3.1	220.5	293	ポリリポマー使用
56.9	3.7	4.0	3.0	224.5	298	
61.0	9.5	6.5	3.0	231.0	307	
63.0	5.5	6.0	2.9	237.0	315	
65.0	5.0	4.0	3.1	241.0	320	
67.9	8.2	7.0	2.8	248.0	329	
70.0	3.7	2.0	3.0	250.0	332	
70.9	3.6	2.0	3.1	252.0	335	
75.0	9.4	7.5	2.8	259.5	345	
75.9	3.4	1.8	3.1	261.3	347	
77.0	3.5	1.5	3.0	262.8	349	
77.9	3.5	1.6	3.0	264.4	351	
79.0	3.3	1.0	3.0	265.4	352	
79.9	3.8	1.5	3.0	266.9	354	
81.9	8.1	3.0	3.1	269.9	358	
82.9	3.6	1.5	3.1	271.4	360	
84.0	3.6	1.5	3.1	272.9	362	
84.9	3.6	1.5	3.1	274.4	364	
86.2	3.8	1.5	3.1	275.9	366	
90.9	9.8	5.5	3.0	281.4	374	
93.0	5.4	3.0	3.1	284.4	378	
93.9	3.7	1.5	3.2	285.9	380	
96.9	9.3	5.4	2.9	291.3	387	
98.0	3.4	1.0	3.0	292.3	388	
103.0	9.9	5.5	3.0	297.8	395	
104.2	3.7	1.6	3.0	299.4	398	
105.2	3.6	1.5	3.0	300.9	400	
105.9	3.3	1.0	3.0	301.9	401	
112.0	9.9	5.0	3.1	306.9	408	
113.2	4.8	2.6	3.0	309.5	411	
118.0	9.9	4.9	3.1	314.4	418	
120.0	6.5	3.0	3.0	317.4	422	
122.0	5.6	5.0	3.0	322.4	428	
124.0	4.2	5.0	3.0	327.4	435	
126.0	3.9	4.0	3.1	331.4	440	
128.0	4.3	6.5	3.0	337.9	449	
132.1	5.6	10.0	2.9	347.9	462	

ケース番号 6-2

硝酸 pH 4

1

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	化学当量 *10 ⁻²	備考
0.0	4.1	0.0	4.1	0.00	0	
0.0	5.3	0.5	4.2	0.50	1	
0.0	4.3	0.2	4.1	0.70	1	
0.0	4.5	0.5	4.0	1.20	2	
0.1	5.5	1.0	3.9	2.20	3	
0.2	6.0	2.0	3.8	4.20	6	
0.9	10.7	6.0	4.1	10.20	14	
1.1	5.9	2.0	3.7	12.20	16	
1.3	5.3	1.0	3.8	13.20	18	
2.0	10.7	6.0	3.6	19.20	25	
4.0	11.2	13.0	3.9	32.20	43	
4.2	4.3	0.5	3.9	32.70	43	
4.9	10.4	9.0	3.4	41.70	55	
5.1	3.7	0.5	3.6	42.20	56	
5.9	10.4	4.5	3.8	46.70	62	
6.1	3.8	0.5	3.6	47.20	63	
6.9	9.8	3.0	4.0	50.20	67	
7.3	9.0	2.0	3.7	52.20	69	
8.0	10.2	4.0	3.7	56.20	75	
8.1	4.1	0.4	3.9	56.60	75	
10.9	11.1	14.0	3.4	70.60	94	
12.0	10.1	4.0	4.1	74.60	99	
12.1	5.6	1.0	4.1	75.60	100	
12.2	4.8	1.0	4.0	76.60	102	
13.0	10.3	5.0	3.6	81.60	108	ハ'-ハ-メ-故障
13.2	4.4	0.5	4.1	82.10	109	コレリ試験紙使用
14.0	10.5	5.0	3.5	87.10	116	
14.1	4.5	0.5	4.0	87.60	116	
14.2	4.5	1.0	4.0	88.60	118	
15.0	7.0	3.0	4.0	91.60	122	
15.1	4.5	1.5	4.0	93.10	124	
16.0	6.0	3.0	4.0	96.10	128	
25.2	10.5	18.0	3.8	114.10	152	
29.0	9.1	15.0	4.0	129.10	171	
29.1	4.6	3.0	4.0	132.10	175	
30.0	4.5	2.0	3.8	134.10	178	
33.0	9.5	5.0	4.0	139.10	185	
33.2	5.1	1.0	3.8	140.10	186	
34.0	17-	3.0	17-	143.10	190	
35.0	5.8	2.0	4.0	145.10	193	
40.0	5.2	8.0	4.2	153.10	203	
40.2	8.1	1.5	3.8	154.60	205	

ケース番号 6-2

硝酸 pH 4

2

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	化学当量 *10 ⁻²	備 考
41.2	4.6	1.5	4.0	156.10	207	
42.2	4.5	0.5	4.0	156.60	208	
53.0	4.6	9.0	4.2	165.60	220	
53.2	9.5	2.0	3.8	167.60	223	
54.0	5.0	2.0	4.0	169.60	225	ポリシリケート使用
55.0	5.0	2.0	4.0	171.60	228	
56.0	5.0	2.5	3.7	174.10	231	
60.0	5.9	5.0	3.4	179.10	238	
60.2	10.4	0.5	3.8	179.60	239	
62.0	4.5	4.0	3.7	183.60	244	
64.0	9.5	4.0	3.3	187.60	249	
67.0	9.8	3.0	3.6	190.60	253	
68.0	6.7	0.9	3.9	191.50	254	
68.2	5.1	0.7	3.8	192.20	255	
69.0	7.3	2.0	3.6	194.20	258	
70.0	5.9	0.7	3.8	194.90	259	
70.2	5.0	0.5	3.8	195.40	259	
74.0	9.9	4.5	3.8	199.90	265	
74.2	4.6	0.5	3.8	200.40	266	
75.0	5.0	1.0	3.8	201.40	267	
75.2	4.6	0.4	3.9	201.80	268	
76.0	5.3	1.0	3.8	202.80	269	
77.0	7.7	1.0	4.0	203.80	271	
78.0	7.3	0.8	4.0	204.60	272	
79.0	9.2	1.4	3.8	206.00	274	
81.0	9.9	2.5	3.9	208.50	277	
81.2	4.9	0.4	3.9	208.90	277	
82.0	7.2	0.8	3.9	209.70	278	
82.2	4.8	0.4	3.8	210.10	279	
83.0	7.7	0.9	4.0	211.00	280	
83.2	5.0	0.4	3.9	211.40	281	
84.0	7.9	0.8	4.2	212.20	282	
84.2	5.4	0.5	3.7	212.70	282	
85.2	8.8	1.5	3.6	214.20	284	
90.0	10.3	5.0	3.8	219.20	291	
90.2	4.3	0.2	3.9	219.40	291	
92.0	9.0	2.0	3.6	221.40	294	
93.0	4.6	0.3	4.0	221.70	294	
96.0	8.8	1.5	3.7	223.20	296	
97.0	6.4	0.8	3.9	224.00	297	
97.2	5.0	0.4	3.9	224.40	298	
102.0	10.3	4.0	3.7	228.40	303	

ケース番号 7-2

硝酸 pH 4

1

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
0.0	4.0	0.0	4.0	0.0	0	
0.1	10.2	7.0	3.8	7.0	9	
0.3	8.2	2.8	3.6	9.8	13	
1.0	10.8	8.0	3.7	17.8	24	
3.0	11.2	15.0	3.9	32.8	44	
3.1	5.3	1.0	4.1	33.8	45	
3.3	5.7	1.5	4.0	35.3	47	
4.0	10.7	9.0	3.6	44.3	59	
4.2	5.1	1.5	3.6	45.8	61	
4.9	10.6	6.0	3.9	51.8	69	
5.1	5.3	1.0	3.9	52.8	70	
5.2	5.2	0.7	4.1	53.5	71	
6.0	10.6	6.0	3.6	59.5	79	
6.3	8.3	1.5	3.7	61.0	81	
7.0	10.5	5.5	3.5	66.5	88	
10.0	11.2	16.8	3.2	83.3	111	
11.0	9.8	7.0	3.2	90.3	120	
12.0	9.6	5.0	3.2	95.3	127	
13.0	9.0	6.0	3.5	101.3	135	ハ-ハーメータ故障
14.0	7.0	3.5	3.5	104.8	139	コロリ試験紙使用
15.0	9.0	5.0	4.0	109.8	146	
24.2	9.5	13.5	4.2	123.3	164	
28.0	9.1	18.0	4.0	141.3	188	
28.2	4.9	3.0	4.2	144.3	192	
28.2	4.9	4.5	4.0	148.8	198	
31.0	9.5	7.5	4.0	156.3	208	
32.0	5.6	2.5	3.8	158.8	211	
32.2	4.7	1.5	4.0	160.3	213	
33.0	6.0	3.0	4.0	163.3	217	
33.2	4.8	1.5	4.1	164.8	219	
34.0	5.2	2.5	4.2	167.3	222	
34.2	4.8	1.5	4.0	168.8	224	
39.0	9.1	8.0	4.0	176.8	235	
39.2	4.9	1.5	4.0	178.3	237	
40.2	4.4	1.5	4.0	179.8	239	
41.2	4.8	0.7	4.0	180.5	240	
52.0	9.5	9.0	3.8	189.5	252	
53.0	5.2	2.0	4.0	191.5	254	
54.0	6.5	2.0	3.6	193.5	257	コロリpHメータ使用
54.2	4.4	1.0	3.9	194.5	258	
55.0	7.0	1.5	3.8	196.0	260	
55.2	4.5	0.4	4.1	196.4	261	

ケース番号 7-2

硝酸 pH 4

2

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
59.0	10.4	5.8	3.8	202.2	269	
59.2	4.6	0.6	3.9	202.8	269	
61.0	9.8	4.0	3.8	206.8	275	
63.0	10.0	3.5	3.7	210.3	279	
64.0	8.3	1.5	3.6	211.8	281	
66.0	9.8	3.0	4.0	214.8	285	
66.2	5.3	0.7	3.8	215.5	286	
67.0	8.4	1.4	3.8	216.9	288	
67.2	5.2	0.6	3.9	217.5	289	
68.0	8.7	1.5	4.0	219.0	291	
68.1	4.9	0.5	4.0	219.5	291	
69.0	8.7	1.5	3.8	221.0	293	
69.2	5.2	0.5	3.9	221.5	294	
73.0	9.9	5.2	4.0	226.7	301	
73.3	4.4	0.4	3.7	227.1	302	
74.0	5.9	1.0	3.8	228.1	303	
74.2	4.8	0.3	4.1	228.4	303	
75.0	7.9	1.5	3.8	229.9	305	
76.0	7.9	1.0	4.0	230.9	307	
76.3	4.9	0.4	4.0	231.3	307	
77.0	8.4	1.1	3.8	232.4	309	
78.0	9.0	1.4	3.7	233.8	310	
80.0	9.8	2.5	4.0	236.3	314	
80.2	5.1	0.4	4.0	236.7	314	
81.0	8.5	1.0	3.9	237.7	316	
81.2	5.2	0.5	3.8	238.2	316	
82.0	8.7	1.0	4.0	239.2	318	
82.3	5.2	0.4	4.0	239.6	318	
83.0	8.6	1.0	3.9	240.6	320	
83.2	5.0	0.4	3.9	241.0	320	
84.2	9.0	1.5	3.9	242.5	322	
89.1	10.3	5.0	3.7	247.5	329	
91.0	9.0	4.0	3.5	251.5	334	
92.0	4.6	0.3	4.0	251.8	334	
95.0	10.0	4.0	3.4	255.8	340	
96.0	5.7	0.7	3.9	256.5	341	
96.2	5.1	0.3	4.0	256.8	341	
101.0	10.2	3.9	4.1	260.7	346	
102.2	8.6	1.5	3.8	262.2	348	
103.2	8.2	1.3	3.6	263.5	350	
104.0	6.3	0.7	3.9	264.2	351	
110.1	10.2	3.6	4.1	267.8	356	

ケース番号 8-2

硝酸 pH 4

1

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
0.0	4.0	0.0	4.0	0.0	0	
0.1	9.5	2.5	3.9	2.5	3	
0.2	5.4	1.0	3.8	3.5	5	
0.9	10.1	4.5	4.0	8.0	11	
1.1	5.5	1.0	4.0	9.0	12	
1.2	4.9	0.5	4.1	9.5	13	
2.0	10.4	6.0	3.8	15.5	21	
2.3	4.4	0.2	4.1	15.7	21	
6.0	10.6	8.5	3.7	24.2	32	
6.3	4.5	0.5	4.1	24.7	33	
7.0	8.8	3.0	3.8	27.7	37	
8.0	9.2	3.0	3.6	30.7	41	
9.0	8.0	3.0	3.5	33.7	45	ハ-ハーメ-ク故障
10.0	6.0	2.5	4.0	36.2	48	コロリ試験紙使用
11.0	5.5	2.5	3.5	38.7	51	
20.2	9.3	11.5	3.6	50.2	67	
24.0	8.0	9.0	4.0	59.2	79	
24.2	4.4	1.5	4.0	60.7	81	
27.0	9.5	9.5	3.6	70.2	93	
29.0	4.9	3.0	4.0	73.2	97	
30.0	4.9	3.0	3.8	76.2	101	
35.0	6.6	5.0	3.8	81.2	108	
36.0	4.4	1.0	4.1	82.2	109	
48.0	8.3	7.5	3.8	89.7	119	
49.0	4.4	1.5	4.0	91.2	121	
50.0	4.2	0.5	3.9	91.7	122	コロリplメ-ク使用
50.2	4.2	0.5	4.0	92.2	122	
51.0	4.4	0.4	4.1	92.6	123	
51.2	4.3	0.3	4.1	92.9	123	
55.0	9.2	3.5	3.4	96.4	128	
57.0	5.7	1.5	4.0	97.9	130	
59.0	9.3	2.5	3.5	100.4	133	
62.0	8.6	2.0	2.5	102.4	136	
63.2	4.3	1.0	3.7	103.4	137	
64.0	4.4	0.8	3.8	104.2	138	
69.0	8.4	4.2	3.1	108.4	144	
71.0	4.8	0.5	3.8	108.9	145	
72.0	5.9	0.7	3.8	109.6	146	
73.0	6.0	0.6	3.6	110.2	146	
74.0	6.1	0.5	3.8	110.7	147	
76.0	8.7	1.5	3.7	112.2	149	
77.0	5.5	0.7	3.7	112.9	150	

ケース番号 8-2

硝酸 pH 4

2

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
78.0	5.4	0.5	3.8	113.4	151	
79.0	6.1	0.5	3.9	113.9	151	
80.2	8.1	1.5	3.5	115.4	153	
85.0	9.3	2.0	4.0	117.4	156	
85.2	4.5	0.3	3.9	117.7	156	
87.0	7.3	1.5	3.4	119.2	158	
91.0	8.9	1.8	3.4	121.0	161	
92.0	4.4	0.2	3.8	121.2	161	
97.0	9.4	2.2	4.0	123.4	164	
98.2	6.2	0.6	4.2	124.0	165	
99.2	6.4	0.7	3.9	124.7	166	
100.0	5.9	0.5	3.7	125.2	166	
106.1	9.4	2.6	4.1	116.0	154	
107.2	6.3	0.6	4.1	116.6	155	
112.0	9.4	2.6	3.5	119.2	158	
114.0	7.9	0.8	3.9	120.0	159	
116.0	8.7	1.3	3.9	121.3	161	
118.0	8.7	1.0	4.1	122.3	162	
120.0	8.8	1.2	4.0	123.5	164	
122.0	8.9	1.4	4.0	124.9	166	
126.2	9.3	2.4	3.9	127.3	169	
128.0	7.1	0.9	4.0	128.2	170	
132.0	9.2	2.0	4.0	130.2	173	
134.0	7.9	1.0	4.0	131.2	174	
141.0	9.3	2.4	4.0	133.6	177	
146.0	9.2	2.0	3.9	135.6	180	
148.2	8.4	0.9	4.0	136.5	181	
151.0	8.9	1.3	4.0	137.8	183	
153.1	8.6	1.1	4.0	138.9	184	
155.0	8.5	1.0	3.9	139.9	186	
157.0	8.5	0.9	4.0	140.8	187	
161.2	9.0	1.8	4.0	142.6	189	
163.0	8.2	0.8	4.0	143.4	190	
169.1	9.2	2.4	3.7	145.8	194	
171.1	6.8	0.7	3.9	146.5	194	
174.0	8.9	1.1	4.1	147.6	196	
179.0	9.1	1.7	4.0	149.3	198	
183.2	8.9	1.5	4.0	150.8	200	
188.1	9.1	1.7	4.0	152.5	202	
191.0	8.9	1.4	3.8	153.9	204	
196.0	9.1	1.7	4.0	155.5	207	
205.0	9.1	2.0	4.0	157.5	209	

ケース番号 9-2

硝酸 pH 4

1

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備 考
0.0	4.0	0.0	4.0	0.0	0	
0.3	8.4	2.5	3.9	2.5	3	
1.0	9.4	3.5	3.7	6.0	8	
4.0	10.6	10.5	3.2	16.5	22	
5.2	4.3	0.5	4.0	17.0	23	
6.0	8.9	3.0	3.5	20.0	27	
7.0	6.0	2.0	4.0	22.0	29	ハ-ハ-メ-ク故障
7.1	5.0	0.5	4.0	22.5	30	コロリ試験紙使用
7.2	4.5	1.0	4.0	23.5	31	
8.0	5.5	2.5	4.0	26.0	35	
9.0	6.0	2.5	4.0	28.5	38	
18.2	9.3	10.0	3.8	38.5	51	
22.0	8.0	11.0	3.8	49.5	66	
25.0	5.2	2.0	4.0	51.5	68	
25.2	4.9	1.3	4.0	52.8	70	
26.0	4.4	1.0	3.8	53.8	71	
27.0	5.0	2.0	4.0	55.8	74	
28.0	5.2	3.0	4.0	58.8	78	
33.0	6.9	6.0	4.0	64.8	86	
34.0	4.5	0.5	4.0	65.3	87	
35.0	4.6	0.7	4.0	66.0	88	
46.0	7.2	6.0	4.0	72.0	96	
47.0	5.0	2.0	3.8	74.0	98	
48.2	4.3	1.0	3.8	75.0	100	コロリpHメ-ク使用
49.2	4.6	0.6	3.9	75.6	100	
53.0	9.2	3.3	3.5	78.9	105	
55.0	6.4	1.5	4.0	80.4	107	
57.0	7.9	2.0	3.5	82.4	109	
57.3	3.6	1.5	4.0	83.9	111	
60.0	8.9	1.5	3.9	85.4	113	
61.0	6.3	0.7	3.9	86.1	114	
62.0	7.1	1.0	3.8	87.1	116	
63.0	5.8	0.7	3.7	87.8	117	
67.0	8.8	3.2	3.4	91.0	121	
68.2	4.6	0.3	4.0	91.3	121	
69.0	5.6	0.6	4.0	91.9	122	
70.0	5.7	0.5	4.0	92.4	123	
70.3	4.2	0.2	3.9	92.6	123	
71.0	5.3	0.3	3.9	92.9	123	
72.0	7.8	0.5	4.2	93.4	124	
74.0	8.8	1.3	4.0	94.7	126	
75.0	6.9	0.8	3.7	95.5	127	

ケース番号 9-2

硝酸 pH 4

2

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
76.0	5.9	0.7	3.8	96.2	128	
77.0	6.4	0.5	3.9	96.7	128	
78.2	8.0	1.0	3.7	97.7	130	
83.0	9.2	2.0	4.0	99.7	132	
85.0	7.8	1.0	3.9	100.7	134	
86.0	6.4	0.5	3.9	101.2	134	
89.0	8.8	1.5	3.4	102.7	136	
90.0	4.3	0.2	3.9	102.9	137	
95.0	9.5	2.2	4.0	105.1	140	
96.2	7.5	0.7	4.0	105.8	141	
97.2	6.0	0.5	4.0	106.3	141	
98.0	5.8	0.5	3.7	106.8	142	
104.1	9.1	2.2	4.0	109.0	145	
105.2	6.2	0.6	3.9	109.6	146	
110.0	9.3	2.0	4.0	111.6	148	
112.0	8.5	1.2	3.7	112.8	150	
114.0	8.4	1.0	4.0	113.8	151	
116.0	8.6	1.0	4.0	114.8	152	
118.0	8.6	1.1	4.0	115.9	154	
120.0	6.1	1.3	4.0	117.2	156	
124.2	9.2	2.0	4.0	119.2	158	
126.0	7.9	1.0	4.0	120.2	160	
130.0	9.1	1.9	3.9	122.1	162	
132.0	6.8	1.0	4.0	123.1	163	
139.0	9.0	2.0	4.0	125.1	166	
144.0	9.0	1.6	4.0	126.7	168	
146.2	8.1	0.9	4.0	127.5	169	
149.0	8.7	1.2	4.0	128.7	171	
151.1	8.4	1.0	3.9	129.7	172	
153.0	8.2	0.8	4.0	130.5	173	
155.0	8.4	0.9	4.0	131.5	175	
159.2	9.0	1.9	4.1	133.4	177	
161.0	7.9	0.7	4.0	134.0	178	
167.2	9.2	2.0	4.0	136.0	181	
169.1	7.1	0.8	4.0	136.9	182	
172.0	8.7	1.2	4.0	138.0	183	
177.0	9.1	1.6	4.0	139.6	185	
181.2	9.0	1.6	3.9	141.2	188	
186.1	8.9	1.6	4.0	142.8	190	
189.0	8.6	1.1	4.0	143.9	191	
194.0	9.0	1.7	4.0	145.6	193	
203.0	9.0	2.1	4.0	147.7	196	

ケース番号 10-2

硝酸 pH 4

1

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 $\times 10^{-2}$	備考
0.0	3.8	0.0	3.8	0.0	0	
0.3	7.3	3.0	3.8	3.0	4	
1.0	8.5	2.0	3.8	5.0	7	
4.0	10.2	10.5	3.3	15.5	21	
5.2	4.6	1.0	4.0	16.5	22	
6.0	6.1	1.0	4.0	17.5	23	
6.2	4.3	0.5	4.0	18.0	24	
6.3	5.0	0.5	4.5	18.5	25	ハート故障
7.0	6.5	3.0	3.5	21.5	29	コロリ試験紙使用
8.0	6.0	2.5	4.0	24.0	32	
9.0	6.5	3.0	3.5	27.0	36	
18.2	8.4	7.5	3.8	34.5	46	
22.0	8.0	9.0	3.8	43.5	58	
25.0	5.5	5.0	4.2	48.5	64	
26.3	4.8	1.5	3.8	50.0	66	
27.0	4.9	2.0	3.9	52.0	69	
28.0	4.9	3.0	3.8	55.0	73	
33.0	6.0	5.0	4.0	60.0	80	
33.2	4.4	0.5	4.0	60.5	80	
34.0	4.2	1.0	3.9	61.5	82	
35.0	4.7	0.6	4.0	62.1	82	
46.0	6.5	5.5	3.8	67.6	90	
47.0	4.4	1.0	4.0	68.6	91	
47.2	4.4	1.0	4.0	69.6	92	
48.0	4.4	0.5	4.0	70.1	93	コロリpHメータ使用
48.2	4.3	1.0	3.9	71.1	94	
49.0	4.6	0.6	3.9	71.7	95	
53.0	8.7	2.2	3.7	73.9	98	
55.0	6.1	1.5	4.0	75.4	100	
57.0	8.1	2.0	3.6	77.4	103	
60.0	7.9	1.3	3.7	78.7	105	
61.0	4.6	0.6	3.7	79.3	105	
62.0	5.4	0.5	4.0	79.8	106	
62.2	4.4	0.3	4.0	80.1	106	
63.0	4.4	0.3	3.8	80.4	107	
67.0	8.6	2.3	3.4	82.7	110	
68.0	4.3	0.3	3.9	83.0	110	
69.0	5.4	0.6	3.9	83.6	111	
70.0	5.3	0.5	4.0	84.1	112	
71.0	5.2	0.4	3.7	84.5	112	
72.0	5.9	0.3	4.0	84.8	113	
74.0	8.3	1.3	3.7	86.1	114	

ケース番号 10-2

硝酸 pH 4

2

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
75.0	5.0	0.5	3.8	86.6	115	
76.0	5.1	0.4	3.9	87.0	116	
77.0	5.6	0.5	3.8	87.5	116	
78.2	6.2	0.5	4.2	88.0	117	
83.0	9.1	2.0	3.7	90.0	120	
85.0	6.5	1.5	3.6	91.5	122	
86.0	4.3	0.3	3.9	91.8	122	
89.0	6.8	0.6	4.1	92.4	123	
89.2	4.4	0.3	3.8	92.7	123	
90.0	5.0	0.4	3.8	93.1	124	
95.0	9.0	1.6	3.8	94.7	126	
96.2	6.0	0.6	3.9	95.3	127	
97.2	5.8	0.5	3.7	95.8	127	
98.0	4.7	0.3	3.9	96.1	128	
104.1	8.9	2.1	3.7	98.2	130	
105.2	5.7	0.4	4.1	98.6	131	
110.0	9.1	2.0	3.6	100.6	134	
112.0	6.9	0.6	4.0	101.2	134	
114.0	8.0	0.9	4.0	102.1	136	
116.0	8.0	0.8	4.0	102.9	137	
118.0	8.2	0.8	4.0	103.7	138	
120.0	8.0	0.9	4.0	104.5	139	
124.2	8.9	1.6	4.0	106.1	141	
126.0	7.4	0.9	4.0	107.0	142	
130.0	8.9	1.5	4.0	108.5	144	
132.0	6.6	0.8	4.0	109.3	145	
139.0	9.0	1.9	3.9	111.2	148	
144.0	8.8	1.6	3.9	112.8	150	
146.2	7.6	0.7	4.1	113.5	151	
149.0	8.4	1.0	4.0	114.5	152	
151.1	7.8	1.0	3.9	115.5	153	
153.0	6.7	0.5	4.1	116.0	154	
155.0	7.9	0.8	4.0	116.8	155	
159.2	8.8	1.3	4.1	118.1	157	
161.0	7.5	0.6	4.0	118.7	158	
167.2	9.0	1.7	4.0	120.4	160	
169.1	6.8	0.8	4.0	121.2	161	
172.0	8.4	0.9	4.1	122.1	162	
177.0	9.0	1.5	4.0	123.6	164	
181.2	8.7	1.3	4.0	124.9	166	
186.1	8.9	1.4	4.1	126.3	168	
189.0	8.4	0.9	4.1	127.2	169	

ケース番号 11-2

硝酸 pH 4

1

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備 考
0.0	4.0	1.0	4.0	0.0	0	
0.2	8.3	1.5	3.8	1.5	2	
0.9	10.1	3.0	3.5	4.5	6	
3.9	6.1	8.0	4.0	12.5	17	
4.9	6.0	2.0	4.0	14.5	19	
5.9	4.3	1.0	4.0	15.5	21	
6.0	5.0	0.2	4.0	15.7	21	
6.1	6.0	0.5	4.0	16.2	22	
6.9	4.5	2.0	4.0	18.2	24	ハ-ハ-メ-ク故障
7.0	4.5	0.5	4.0	18.7	25	ポリ試験紙使用
7.1	5.5	1.0	4.0	19.7	26	
7.9	6.0	2.5	3.0	22.2	29	
8.9	8.4	2.5	4.0	24.7	33	
18.1	エ-	7.5	エ-	32.2	43	
21.9	8.0	9.0	4.0	41.2	55	
22.0	4.4	1.5	4.0	42.7	57	
24.9	4.9	2.0	4.2	44.7	59	
25.1	4.0	1.0	4.2	45.7	61	
26.1	4.8	1.5	3.8	47.2	63	
26.9	4.4	1.5	3.9	48.7	65	
27.9	5.2	3.5	4.0	52.2	69	
32.9	6.0	5.0	3.8	57.2	76	
33.9	4.5	2.0	3.8	59.2	79	
34.9	4.7	0.6	4.2	59.8	79	
35.1	4.6	0.5	4.0	60.3	80	
45.9	6.3	4.5	3.8	64.8	86	
46.9	4.3	1.0	4.0	65.8	87	
47.9	5.0	1.0	4.0	66.8	89	ポリpHメ-ク使用
48.1	4.2	0.5	3.9	67.3	89	
48.9	5.2	1.0	3.8	68.3	91	
52.9	8.6	2.0	3.6	70.3	93	
54.9	5.9	1.5	3.8	71.8	95	
56.9	6.8	1.0	3.9	72.8	97	
57.9	4.4	0.3	3.9	73.1	97	
59.9	8.3	1.2	3.8	74.3	99	
60.9	5.2	0.7	3.6	75.0	100	
61.9	5.1	1.0	3.9	76.0	101	
62.0	4.3	0.3	4.0	76.3	101	
62.9	4.3	0.3	3.9	76.6	102	
66.9	8.4	2.0	3.7	78.6	104	
67.9	4.7	0.5	3.8	79.1	105	
68.9	5.9	1.0	4.0	80.1	106	

ケース番号 11-2

硝酸 pH 4

2

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
69.9	5.4	0.5	4.0	80.6	107	
70.9	5.1	0.4	3.7	81.0	108	
71.9	5.5	0.3	3.9	81.3	108	
73.9	8.1	0.8	3.9	82.1	109	
74.9	5.7	0.5	3.8	82.6	110	
75.9	5.3	0.5	3.8	83.1	110	
76.9	4.9	0.4	3.8	83.5	111	
78.1	5.3	0.4	4.0	83.9	111	
82.9	8.8	1.5	4.0	85.4	113	
83.1	4.5	0.3	3.9	85.7	114	
84.9	6.3	1.0	3.8	86.7	115	
85.9	4.6	0.5	3.9	87.2	116	
88.9	8.5	0.8	4.0	88.0	117	
89.1	4.3	0.3	3.7	88.3	117	
89.9	5.1	0.4	3.8	88.7	118	
94.9	8.9	1.5	3.8	90.2	120	
96.1	6.0	0.6	3.8	90.8	121	
97.1	5.8	0.5	3.7	91.3	121	
97.9	4.9	0.4	3.8	91.7	122	
103.9	8.7	1.4	4.0	93.1	124	
105.0	6.1	0.4	4.2	93.5	124	
109.9	8.8	1.5	4.0	95.0	126	
111.9	7.5	0.8	3.8	95.8	127	
113.9	7.7	0.9	3.9	96.7	128	
115.9	6.9	0.7	3.9	97.4	129	
117.9	7.6	0.8	3.9	98.2	130	
119.9	7.0	0.8	4.0	99.0	131	
124.0	8.8	1.6	3.9	100.6	134	
125.9	6.7	0.8	4.0	101.4	135	
129.9	8.8	1.5	3.9	102.9	137	
131.9	6.2	0.8	3.9	103.7	138	
138.8	8.8	1.5	4.0	105.2	140	
143.9	8.7	1.3	4.0	106.5	141	
146.0	6.8	0.6	4.0	107.1	142	
148.9	8.1	1.0	3.8	108.1	144	
151.0	6.4	0.6	4.0	108.7	144	
152.9	6.6	0.8	3.8	109.5	145	
154.9	6.1	0.6	3.9	110.1	146	
159.0	8.6	0.8	4.1	110.9	147	
160.9	7.2	0.6	4.0	111.5	148	
167.0	9.0	1.5	3.9	113.0	150	
169.0	6.3	0.6	4.0	113.6	151	

ケース番号 12-2

硝酸 pH 4

1

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 ×10 ⁻²	備考
0.0	4.0	0.0	4.0	0.0	0	
0.9	6.2	3.0	3.6	3.0	4	
3.9	10.2	6.5	3.7	9.5	13	
4.9	5.8	3.0	3.5	12.5	17	
5.9	4.8	1.0	3.8	13.5	18	
6.1	5.0	1.5	4.0	15.0	20	
6.9	4.5	1.5	3.5	16.5	22	
7.0	4.5	1.0	4.0	17.5	23	ハ-ハーメ-ク故障
7.9	5.5	2.5	4.0	20.0	27	リソリ試験紙使用
8.9	6.0	2.5	3.5	22.5	30	
18.1	8.2	7.0	3.8	29.5	39	
21.9	8.0	9.0	4.0	38.5	51	
22.0	4.4	1.5	4.0	40.0	53	
24.9	5.2	4.0	4.0	44.0	58	
26.1	4.5	0.7	4.0	44.7	59	
26.9	4.9	2.0	4.1	46.7	62	
27.9	4.9	3.0	4.2	49.7	66	
28.1	4.8	3.0	4.2	52.7	70	
32.9	5.5	4.0	47.0	56.7	75	
33.1	4.4	0.5	4.0	57.2	76	
33.9	4.3	0.5	4.0	57.7	77	
34.9	4.3	0.5	4.0	58.2	77	
45.9	6.3	5.0	3.8	63.2	84	
46.9	4.2	1.0	4.0	64.2	85	
47.9	4.2	0.5	4.0	64.7	86	リソリpHメ-ク使用
48.0	4.2	0.5	4.0	65.2	87	
48.9	5.0	1.0	3.7	66.2	88	
52.9	8.7	2.0	3.7	68.2	91	
54.9	5.7	1.0	3.9	69.2	92	
56.9	8.0	2.0	3.4	71.2	95	
59.9	7.9	1.0	3.7	72.2	96	
60.9	4.8	0.6	3.7	72.8	97	
61.9	5.0	0.5	4.0	73.3	97	
62.0	4.4	0.5	4.0	73.8	98	
62.9	4.2	0.2	3.9	74.0	98	
66.9	8.5	2.0	3.4	76.0	101	
67.9	4.6	0.4	3.8	76.4	101	
68.9	5.2	0.5	4.0	76.9	102	
70.9	5.0	0.5	3.7	77.4	103	
71.9	5.6	0.4	3.7	77.8	103	
73.9	8.0	0.8	3.9	78.6	104	
74.9	5.6	0.5	3.8	79.1	105	

ケース番号 12-2

硝酸 pH 4

2

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
75.9	5.2	0.3	4.0	79.4	105	
76.9	5.6	0.4	3.8	79.8	106	
78.1	6.8	0.5	3.9	80.3	107	
82.9	8.9	1.5	4.0	81.8	109	
84.9	6.3	0.5	3.9	82.3	109	
85.9	4.2	0.2	3.8	82.5	110	
88.9	8.4	1.0	3.6	83.5	111	
89.9	5.2	0.4	3.8	83.9	111	
94.9	9.0	1.5	3.6	85.4	113	
96.1	5.7	0.5	3.8	85.9	114	
97.1	5.5	0.5	3.8	86.4	115	
96.9	4.7	0.3	3.8	86.7	115	
102.9	8.8	1.4	3.9	88.1	117	
104.0	6.0	0.4	4.0	88.5	118	
108.9	8.8	1.5	3.8	90.0	120	
110.9	7.2	0.6	4.0	90.6	120	
112.9	7.6	0.8	3.9	91.4	121	
114.9	7.4	0.7	4.0	92.1	122	
116.9	7.1	0.6	4.0	92.7	123	
118.9	8.2	0.9	4.0	93.6	124	
123.0	8.8	1.5	3.9	95.1	126	
124.9	6.2	0.9	4.0	96.0	127	
128.9	8.7	1.3	3.9	97.3	129	
130.9	6.0	0.7	3.9	98.0	130	
137.8	8.9	1.4	4.0	99.4	132	
142.9	8.7	11.2	4.1	110.6	147	
145.0	7.1	0.7	4.0	111.3	148	
147.9	8.1	1.0	4.0	112.3	149	
150.0	7.0	0.6	4.0	112.9	150	
151.9	7.0	0.6	4.0	113.5	151	
153.9	6.9	0.6	4.0	114.1	151	
158.0	8.5	0.8	4.1	114.9	153	
159.9	7.4	0.6	4.0	115.5	153	
166.0	8.8	1.3	4.0	116.8	155	
168.0	6.3	0.6	4.0	117.4	156	
170.9	7.6	0.7	4.0	118.1	157	
175.8	8.7	1.1	4.0	119.2	158	
180.0	8.5	1.0	4.0	120.2	160	
185.0	8.5	1.1	3.9	121.3	161	
187.9	7.5	0.7	3.9	122.0	162	
192.9	8.5	1.1	3.9	123.1	163	
201.9	8.3	1.3	3.8	124.4	165	

ケース番号 13-2

硝酸 pH 4

1

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
0.0	4.0	0.0	4.0	0.0	0	
0.1	8.6	3.0	3.8	3.0	4	
1.0	10.1	4.0	3.8	7.0	9	
1.3	5.9	1.5	3.8	8.5	11	
2.0	9.3	2.5	4.0	11.0	15	
2.1	4.3	0.5	4.0	11.5	15	
5.0	10.7	9.0	3.8	20.5	27	
6.0	8.6	2.0	4.2	22.5	30	
6.2	4.7	0.6	4.1	23.1	31	
6.2	4.3	1.0	3.8	24.1	32	
7.0	8.2	3.0	3.8	27.1	36	
7.3	5.0	1.0	4.0	28.1	37	
8.0	5.0	2.5	4.0	30.6	41	パルパー故障
8.2	4.5	1.0	4.0	31.6	42	ろ紙試験紙使用
9.0	5.5	2.5	4.0	34.1	45	
10.0	6.5	2.5	3.5	36.6	49	
19.3	8.9	9.0	3.8	45.6	61	
23.0	8.0	9.0	4.0	54.6	73	
23.2	4.4	1.5	4.0	56.1	75	
26.0	5.2	4.0	4.0	60.1	80	
28.0	4.9	2.0	4.1	62.1	82	
29.0	4.9	3.0	4.0	65.1	86	
34.1	6.3	5.0	3.8	70.1	93	
35.1	4.4	0.5	4.0	70.6	94	
35.2	4.3	1.0	3.9	71.6	95	
47.0	7.2	6.0	3.8	77.6	103	
48.0	4.3	1.0	4.0	78.6	104	
49.0	4.2	0.5	4.0	79.1	105	ろ紙pHメーター使用
49.2	4.3	0.5	4.0	79.6	106	
50.0	4.9	0.8	3.8	80.4	107	
54.0	9.2	2.5	3.8	82.9	110	
56.0	8.4	2.0	3.8	84.9	113	
58.0	8.2	1.7	3.8	86.6	115	
59.0	5.1	0.8	3.6	87.4	116	
61.0	8.6	1.5	3.6	88.9	118	
62.0	4.5	0.4	3.9	89.3	119	
63.0	6.7	1.0	3.8	90.3	120	
64.0	5.4	0.5	3.8	90.8	121	
68.0	9.0	2.5	3.7	93.3	124	
69.0	5.7	0.7	3.7	94.0	125	
70.0	5.4	5.0	3.9	94.5	125	
70.2	4.4	0.2	4.0	94.7	126	

ケース番号 13-2

硝酸 pH 4

2

経過時間 日	添加前 pH値	添加量 cc	添加後 pH値	累積添加量 cc	酸の当量 *10 ⁻²	備考
71.0	5.4	0.5	4.0	95.2	126	
72.0	6.1	0.4	3.9	95.6	127	
73.0	8.0	0.5	3.8	96.1	128	
75.0	8.7	1.2	4.0	97.3	129	
76.0	6.2	0.8	3.7	98.1	130	
77.0	5.4	0.4	4.0	98.5	131	
77.3	4.2	0.1	4.0	98.6	131	
78.0	6.0	0.5	3.8	99.1	132	
79.2	7.1	0.7	3.9	99.8	133	
84.0	9.2	2.0	4.0	101.8	135	
86.0	9.2	1.5	3.8	103.3	137	
87.0	6.0	1.5	3.6	104.8	139	
90.0	8.3	0.9	3.7	105.7	140	
91.0	5.4	0.4	3.9	106.1	141	
96.0	9.4	2.0	3.8	108.1	144	
97.2	6.0	0.6	4.0	108.7	144	
98.2	6.0	0.6	3.9	109.3	145	
99.0	5.7	0.4	3.7	109.7	146	
105.0	9.3	2.1	3.9	111.8	148	
106.2	6.1	0.4	4.1	112.2	149	
111.0	9.3	2.1	3.8	114.3	152	
113.0	8.1	1.0	3.7	115.3	153	
115.0	8.3	1.0	3.9	116.3	154	
117.0	8.6	1.0	4.0	117.3	156	
119.0	8.6	1.0	4.0	118.3	157	
121.0	8.8	1.3	4.0	119.6	159	
125.2	9.2	2.2	3.9	121.8	162	
127.0	6.6	0.9	4.0	122.7	163	
131.0	9.1	2.0	3.9	124.7	166	
133.0	6.6	0.9	4.0	125.6	167	
140.0	9.2	2.1	3.9	127.7	170	
145.0	9.1	1.8	3.8	129.5	172	
147.2	7.8	0.7	4.0	130.2	173	
150.0	8.8	1.4	3.8	131.6	175	
152.1	8.1	0.8	4.0	132.4	176	
154.0	8.3	0.8	4.0	133.2	177	
156.0	8.4	0.8	4.0	134.0	178	
160.2	9.0	1.5	4.1	135.5	180	
162.0	8.1	0.8	4.0	136.3	181	
168.1	9.2	1.8	4.0	138.1	183	
170.1	7.5	0.8	4.0	138.9	184	
173.0	8.8	1.2	3.9	140.1	186	

ケース番号		圧縮強度 (kgf/cm ²)											
		標準養生				湿空養生		浸漬試験					
		4 週		1 3 週		4 週		4 週		1 3 週		2 6 週	
		平均		平均		平均		平均		平均		平均	
1	1	322		383		321		350		381		422	
	2	310	318	403	388	351	340	357	351	380	374	403	409
	3	321		378		348		345		362		403	
2	1	ケース 1 に同じ						348		377		373	
	2							367	346	380	373	414	401
	3							323		363		417	
3	1	ケース 1 に同じ						349		382		399	
	2							345	338	369	373	391	396
	3							320		367		399	
4	1	ケース 1 に同じ						311		383		419	
	2							320	315	365	374	426	418
	3							315		375		410	
5	1	ケース 1 に同じ						292		357		370	
	2							333	316	337	349	365	366
	3							323		354		362	
6	1	ケース 1 に同じ						328		357		361	
	2							329	334	381	369	378	366
	3							344		370		358	
7	1	417		538		399		387		400		481	
	2	424	437	495	517	405	397	375	380	435	428	468	475
	3	471		518		387		377		448		477	
8	1	229		306		243		259		277		294	
	2	242	226	287	298	252	247	276	269	286	281	288	291
	3	206		300		247		273		281		290	
9	1	280		355		334		298		324		373	
	2	312	294	379	365	310	321	313	304	312	314	337	344
	3	291		362		318		301		307		323	
1 0	1	375		416		369		325		397		449	
	2	366	363	450	414	372	365	338	341	366	382	406	423
	3	348		377		355		360		384		414	
1 1	1	407		477		360		324		406		448	
	2	389	398	484	476	372	362	347	336	397	406	425	439
	3	398		466		354		337		415		443	
1 2	1	269		388		233		305		361		389	
	2	274	271	390	380	252	244	306	305	360	358	397	399
	3	269		361		246		303		353		410	
1 3	1	280		365		274		302		344		357	
	2	277	280	373	369	288	279	301	307	337	340	333	346
	3	282		369		275		318		340		349	

供 試 体 の 重 量 変 化

ケース番号		重 量 (g)									
		浸漬試験									
		4 週		1 3 週		2 6 週		1 年		2 年	
		基準		基準		基準		基準		基準	
1	1	3788	3788	3771	3773	3766	3773	3751		3752	
	2	3768	3768	3751	3752	3771	3777	3762		3740	
	3	3751	3751	3771	3773	3764	3770	3745		3768	
2	1	3778	3778	3759	3763	3742	3748	3752		3731	
	2	3766	3766	3749	3754	3757	3762	3780		3750	
	3	3754	3754	3781	3784	3763	3769	3762		3755	
3	1	3734	3734	3778	3778	3763	3765	3792		3776	
	2	3744	3744	3748	3750	3809	3808	3766		3765	
	3	3744	3744	3811	3813	3751	3753	3819		3720	
4	1	3756	3756	3783	3786	3770	3774	3758		3792	
	2	3771	3771	3806	3808	3792	3795	3816		3770	
	3	3785	3785	3778	3781	3787	3793	3764		3761	
5	1	3774	3774	3777	3774	3755	3792	3763		3759	
	2	3797	3797	3765	3760	3772	3762	3813		3782	
	3	3749	3749	3787	3783	3763	3755	3767		3760	
6	1	3775	3775	3755	3758	3773	3779	3805		3792	
	2	3747	3747	3798	3802	3756	3763	3787		3765	
	3	3778	3778	3776	3778	3772	3778	3780		3808	
7	1	3803	3803	3815	3817	3784	3789	3784		3756	
	2	3771	3771	3780	3781	3767	3771	3753		3787	
	3	3795	3795	3769	3771	3803	3808	3791		3777	
8	1	3737	3737	3815	3818	3731	3735	3718		3736	
	2	3739	3739	3735	3737	3732	3738	3731		3790	
	3	3795	3795	3713	3714	3733	3739	3746		3748	
9	1	3784	3784	3783	3789	3782	3788	3774		3801	
	2	3778	3778	3780	3786	3792	3797	3772		3801	
	3	3763	3763	3781	3786	3787	3793	3807		3777	
10	1	3794	3794	3793	3801	3800	3816	3783		3797	
	2	3810	3810	3805	3814	3799	3809	3790		3793	
	3	3797	3797	3789	3796	3815	3830	3783		3804	
11	1	3859	3859	3848	3858	3843	3854	3855		3842	
	2	3844	3844	3860	3864	3863	3872	3841		3873	
	3	3854	3854	3845	3850	3855	3865	3824		3857	
12	1	3791	3791	3785	3788	3795	3800	3788		3775	
	2	3800	3800	3776	3779	3759	3765	3789		3786	
	3	3796	3796	3812	3814	3811	3816	3784		3761	
13	1	3739	3739	3750	3757	3734	3743	3735		3750	
	2	3749	3749	3747	3752	3749	3755	3751		3739	
	3	3752	3752	3720	3725	3739	3745	3776		3742	

鉄筋の腐食面積 (単位mm²)

ケース 番 号	かぶり 10 mm		かぶり 20 mm	
	4 週	13 週	4 週	13 週
1	0	33	3	23
4	7	36	0	7
5	55	54	0	0
6	30	59	0	23
7	17	41	0	0
8	38	116	0	0
11	8	210	0	14
12	11	18	0	52

コンクリートに及ぼす酸性雨
の影響に関する研究

I S S N 0386-5878
土木研究所資料第3074号
1992年3月

河野広隆、渡辺博志、堤 博文

要 旨

近年、地球環境に関する諸問題がクローズアップされ、各方面で検討がなされている。降雨の酸性化いわゆる酸性雨についても生態系だけではなく、コンクリート構造物の劣化に影響するのではないかと指摘がなされている。ここでは、コンクリートのつらら生成試験やコンクリート酸性水浸せき試験などの室内実験に基づき、酸性雨がコンクリートの劣化にどのような影響を及ぼすか検討を行なったものである。

キーワード：酸性雨、コンクリート、劣化、中性化



郵便はがき

五十円切手
をはって下
さい

3 0 5 - □ □

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

コンクリート研究室 御中

No. 003

No. 003

配布先氏名

配布先住所





土木研究所資料第3074号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印

土木研究所資料第3074号

○
コンクリートに及ぼす酸性雨の影響に
関する研究