

コンクリートつららの分布とその生成過程の研究

1 研究の動機

新築されて間もない（完成後5年目）本校校舎の庇や外階段の天井などに、まるで鐘乳石のようなつらら状のもの（図1、以下コンクリートつららとする）を数多く発見し大変驚いた。そして、その下は、他のコンクリートと色が変わっており、天井のつららには細い線状の白い跡が繋がっていた。このような状況がどのようにしてできたのか、今後どうなってしまうのかを知るために、なぜコンクリートつららができるのか、その生成過程を調べていきたい、そう思いこの研究を始めた。

コンクリートつらは、橋の下や校舎などの建物によく姿を見ることがある。本校校舎のコンクリートつらの分布や状況を調べることににより、コンクリートつらの成因を探り、今後のコンクリート建造物に対する影響を防ぐ方法を考える。

にシミュレーション、観察をしてコンクリートつらが生成される過程を調べる。状況（環境）を変え、より早くつらが作られるようにする。

3 本校校舎におけるコンクリートつらの分布・状態

コンクリートつらの分布

本校校舎のコンクリートつらの分布を次ページの校舎平面図に表した。その結果、一階が100カ所と最も多かった。また、他の場所に比べて南校舎に多くのつららが見つかった。

コンクリートつらの状態

コンクリートつらの状態を図2のように3段階のABCとして次ページの図の分布場所に同時に記載した。

図1

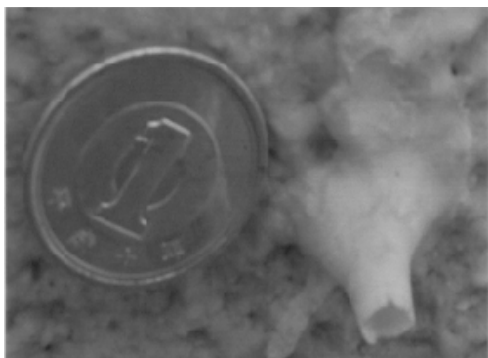
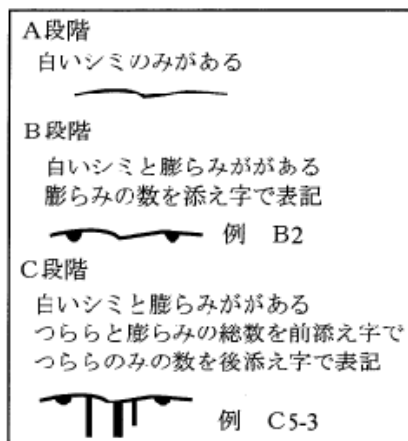


図2



2 研究方法

- (1) 本校校舎のコンクリートつらの分布と状況を1つ1つ双眼鏡で観察し、スケッチで記録する。特にコンクリートつらが多いところはデジタルカメラで記録する。そして、そのデータを校舎平面図に各階ごとつらの状態を3つに分類し、その場所を丸数字で表す。
- (2) コンクリートつらのできる状況を炭酸カルシウム、二酸化炭素、水などを用いて実際

コンクリートつらは直径が3mm～12mm、高さが2mm～18mmと、ものによって大きさに非常に差がある。しかし、コンクリートつらはとてももろく、さわった瞬間に崩れてしまうことが多い。鍾乳洞の中と違って外は風があるため、あまり長く（20mm以上）はならないものと考えられる。

校舍平面圖

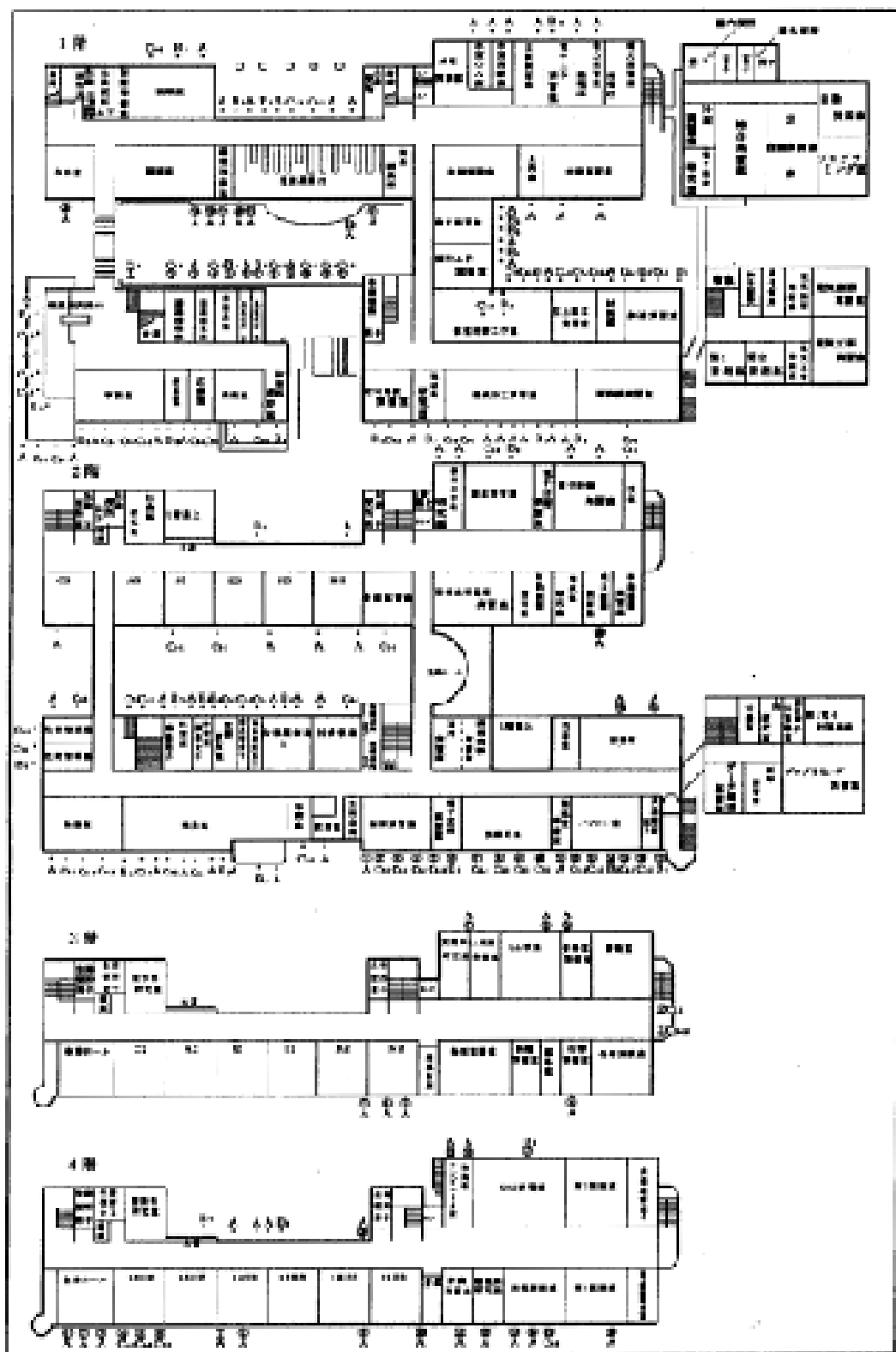


図3

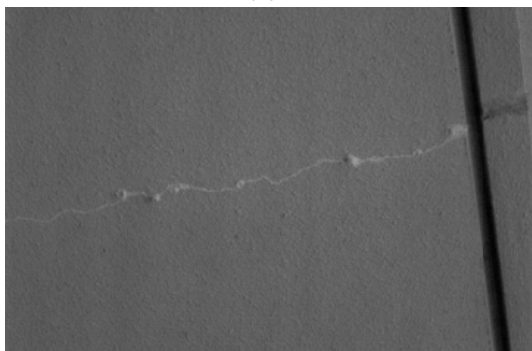


図4

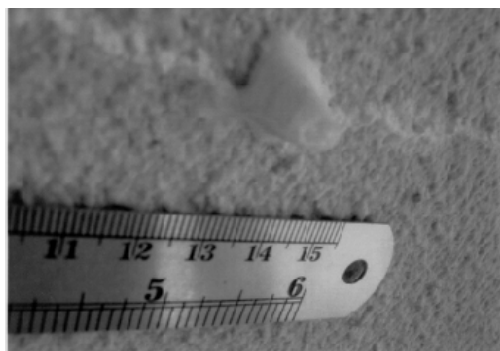


図3はコンクリートつらの最も一般的な形の一つを写したものだ。つらは窓（図左側）から離れているものほど大きく、形ができていく。つらは必ず白いすじの線状にあり、シミが濃いところ程、大きなつららになっている。

図4は図3の中に写っているつららの中で最も大きなつららを拡大したものだ。直径は5mm、高さはおよそ16mmある。つらは、底（ひさし）にくっついている部分から下に行けばいく程、直径が小さくなっている。つらはもろく、触るとすぐに壊れてしまった。

4 コンクリートつらのでき方

コンクリートつらは主に鍾乳石と同じ物質で構成されていると思われる。したがって、生成過程も同じではないかと考えられる。

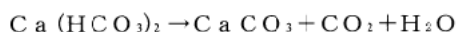
鍾乳石のでき方

地下水系の発達した石灰岩地域では、二酸化炭素を含んだ地下水の作用により、大小の洞穴が生じることがある。このような穴を鍾乳洞という。

鍾乳洞の中では、二酸化炭素を含む水が石灰岩の割れ目に入り、染み込み、そして石灰岩を溶かして洞穴の割れ目から出てくる。このとき天井が

平らだと、天井の細い岩の割れ目から染み出る水は、水滴となってしばらくの間同じ場所に留まる。その間に、水滴の表面から二酸化炭素を放出してその表面に薄い炭酸カルシウムの膜（結晶）ができる。水滴が大きくなると水はその膜を破って下に落ちるが、残った炭酸カルシウムの膜は、天井に付着した水滴と同じ直径の輪を作る。一回の量は微量だが、何万回、何十万回と繰り返すうちにだんだんと長さを増していく。これが鍾乳石である。鍾乳石は、一年間に1～1/4mm、1cmのびるのに10年もかかる。下に鍾乳石ができる原理を、化学反応式で表す。

化学反応式



この様にして鍾乳石は生成される。

コンクリートつらのでき方

コンクリートつらの場合には、鍾乳石での石灰岩にあたるものが、コンクリート（主成分は石灰岩と同じ炭酸カルシウム）でできている壁や底、二酸化炭素を含んだ水にあたるのが、空気中の窒素や二酸化炭素を含んだ雨と考えられる。こういった状況の相似からもコンクリートつらが鍾乳石と同様の反応をし、同じ生成過程だということが十分に考えられる。

5 実験・結果

4で表した化学反応式は可逆反応なので左辺→右辺、逆に左辺←右辺というようにどちらにも動かすことができる。自然界で生成される鍾乳石の反応はまさにこの通り、正反応と逆反応を起こして生成されている。しかし実験では最初の段階（炭酸カルシウム+二酸化炭素+水素→炭酸水素カルシウム）から行うことは時間がかかる上、しっかりと炭酸カルシウムが溶け込んでいるかなど非常に曖昧な要素が多いので、可逆反応という特性を生かし、正反応をやらずに逆反応から始めた。

実験方法

- (1) 逆反応から始めるので炭酸水素カルシウムをつくる。これはピーカーに水を入れ、二酸化炭素を注入したうえでチョーク（炭酸カル

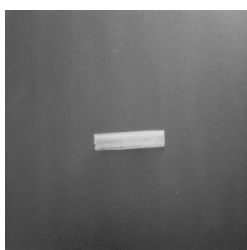
シウム)を削って加えたもので、ピーカーの底に沈澱するくらい炭酸カルシウムを加え、その後ロートを使いきり過ぎたものなので極めて飽和状態に近い濃度だったと考えられる。

- (2) 注射器と白熱球を用意し、注射器の中に炭酸水素カルシウム水溶液をいれ、それを白熱球の上にスタンドを使って固定する(図5参照)。さらに注射器の先に、内側に炭酸カルシウムを付着させたガラス管を装着する(図6参照)。

図5



図6



経過

実験は白熱球から発せられる熱によってガラス管の先に留まっている水滴の水分を飛ばそうと考えたものだ。しかし、予想外にガラス管が外れてしまったので、注射器の先に直接水滴を付着させることにした。

結果

実験は6日、のべ41時間おこなった。落ちた水滴の数は183滴だった(表参照)。実験開始から約34時間(水滴約150滴)目に、注射器の水滴のどところの側面に一つ、二つと白い小麦粉のようなものが付着するのを確認した(図7参照、注射器の先から5分の2での部分が他に比べ色がこいのがわかる)。さらに実験終了後注射器の同じ部分を凝視してみると、白い粉が斑のようにつけていた。しかし、校舎についているような、明らかにつららだと確認できるものはなかった。

図7

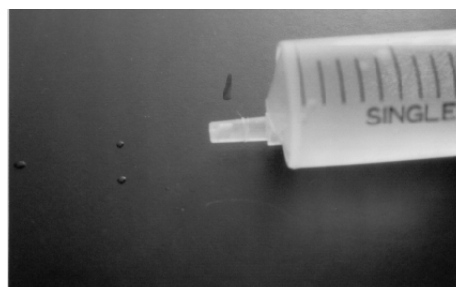


表 生成実験の観察記録

	実験時間	落ちた水滴	備考
1日目	5時間24分	26	
2日目	7時間10分	31	
3日目	5時間18分	24	
4日目	7時間30分	33	
5日目	9時間10分	40	内側にかすかに白いものがある
6日目	6時間23分	29	内側の水滴でその部分に白い粉状のものが見える
合計	40時間55分	183	

5 考察

生成実験の結果、注射器に付着した白いものは、本当に炭酸カルシウムだったのか

注射器は事前に水洗いをし、問題の部分(白いものが付着した部分)も何度も水を通し何もついていないことを確認した。その上で中に入れたものは炭酸水素カルシウム水溶液だけだったので、状況からして白いものが炭酸カルシウムであった可能性は極めて高いといえる。

鍾乳石とコンクリートつららの違い

4章の冒頭で「コンクリートつらは主に鍾乳石と同じ物質で構成されていると思われる。したがって、生成過程も同じではないかと考えられる」と書いたが、今のところ一つだけ矛盾がある。それは鍾乳石とコンクリートつらの生成過程の速さの違いだ。知っての通り鍾乳石は年間1mm前後という極めてゆっくりと作られていくものである。しかし、コンクリートつららのできている本校校舎は、建てられてからわずか5年しか経っていないのである。さらに、ものによっては一ヶ月でつららとして肉眼で確認できるものもあるほどだ。このようにコンクリートつらの成長速度は鍾乳石のそれと比べて異様なまでに速い。同じ物質で構成されているもので、これほどまでに速度に差が

生まれるであろうか。ここで、二つの仮説を立てた。

- 仮説 1 つららを取り巻く周辺環境の違い -

鐘乳石とコンクリートつらは構成されている物質は同じだが、つららの生成される周りの環境というのは決して同じであるとはいえない、まず鐘乳石のできる環境というのは、すなわち鍾乳洞の環境ということだ。鍾乳洞の中は湿度が高く、一年を通して内部の気温が高くなることもない。また、内部は風もあまり通らないので、二酸化炭素や水分が飛びやすい環境とはいえない。一方、コンクリートつららのできる環境は、極めて外気によく触れる環境にある。湿度や気温、風の強弱といったものはその日その日で大きく変化する。したがって一概につららが生成されやすい環境とはいえないが、特に晴れた風のある日は大気も乾燥しており、水分や二酸化炭素は比較的飛びやすい。この様に周辺環境の違いにより、つららの生成速度に差が出るものと考える。

- 仮説 2 つららに含まれる物質の違い -

これは、あくまでも仮説にすぎないが、実は、鐘乳石に含まれる物質とコンクリートつららに含まれている物質には違いがあるのではないかというものだ。実験ではあくまで理論に基づき純粋に炭酸水素カルシウムをつくって、それを逆反応によって炭酸カルシウムに戻しつららを作るものだ。しかし、コンクリートつららのできるコンクリートには他にもいくつかの物質が含まれている。これらの物質は一般的に炭酸カルシウムのように酸性の水（二酸化炭素を含む水）には溶け込まないと考えられているので、実験においては除外していた。しかし実際にはこれらの物質が含まれている可能性が高いと思う。根拠としては一つはコンクリートつららの生成速度を仮説 1 では説明しにくいこと、もう一つは実験で作る炭酸カルシウムに比べてコンクリートつらは白色が濃いことだ。

コンクリートつららの周りに広がる白いすじ

1 章では「細い線状の白い跡」と表現したのだが、この白いすじはどのようにしてできたものなのか。ここで一つの特徴的な例から考えてみた（図 8、図 9 参照）。これは本校校舎の外階段の写真だが、四階にあるひび割れ（図 8、肉眼でもうっすらと確認できる程度なので写真にはうまく写すことができなかったが、写真中央から下に向かいひびがある）とほぼ同じラインで、真下の三階

の天井に白いすじがあった。このことから、白いすじは周りからではなくひび割れから直接水が染み込んで、それが下に溶け出してできたのだと考えられる。

現在、これらの仮説を立証できるよう実験を検討中である。

図8



図9

