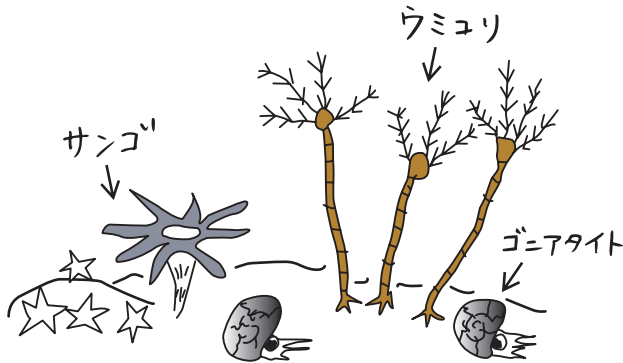


石灰石微粉末の はたらき



約3億年前の青海石灰岩のようす

その年は空梅雨で川の水量も少なく、水力発電所の発電量が減少していたので、雨乞いも兼ねて黒姫山に登ることにしました。青海黒姫山は長野の黒姫とは異なり、全山石灰石で出来ており、海の横にあって1,222mの標高にもかかわらず登りのキツイ山です。

ジープで石灰石の採石場の上まで送ってもらい、友人と2人で快晴の夏山登山を始めました。約3時間の連続の登りの後、やっとの思いで石灰石の露出した頂上にたどり着きました。独立峰であるため、頂上からの眺めはすばらしく、北は日本海から南は白馬方面の山々が一望出来ます。頂上の1m角程の社に、セメント、カーバイドの原料である石灰石の供給を感謝するとともに雨乞いもして、昼食としました。

友人の煎れた香り高いコーヒーを飲み30分ほど昼寝をしていると、急に西の山の方から黒雲が湧き上がり、こちらに向かって来るようです。

あわてて携帯電話で鉱山事務所に電話し、麓までジープに来てもらうこととし、下山を始めました。

大急ぎで岩の間を滑りながら駆け下り、ジープの見える所まで来ると、ポツポツと大粒の雨が降り始め、ジープに乗って走り出すと土砂降りの雨になりました。

これが、その夏の北陸地方集中豪雨の最初でした。



石灰石は、主に方解石（炭酸カルシウム CaCO_3 ）から出来ています。石灰石には有孔中類、サンゴ類、石灰藻類などの殻や骨格など生物起源のものと、海水から直接化学的に沈殿した無機起源のものがあり、生物起源のものが多いと言われています。これらは海底に堆積したのですが、地殻の変動により現在陸上に見られるようになったものです¹⁾。

青海地区の化石



3億3千万年から2億5千万年前の海洋生物の死骸が堆積して、現在の石灰石へと生成した。

石灰石微粉末のはたらき

石灰石は日本では年間 1.7 ～ 2.0 億トン生産され、セメント原料、コンクリート骨材、道路用骨材、鉄鋼、化学、農業分野に使われています。米国では 10 億トン、中国では 8 億トンも年間生産されています²⁾。

CaCO₃（炭酸カルシウム）粉末には、石灰石を粉砕して 3mm から 20 μm 程度の粒度とした普通炭酸カルシウムと、白色結晶質石灰石を粉砕して 5 μm 以下の粒度とした重質炭酸カルシウム及び、生石灰から化学的に製造された軽質炭酸カルシウム（粒径が数 μm 前後のものと 0.1 ～ 0.02 μm 程度のものがある）があります³⁾。

コンクリートの混和材料としては、普通炭酸カルシウムの範囲内で粒度の細かい道路用タンカルや排煙脱硫用タンカル（44 μm 下）が用いられてきました。高流動コンクリート用には、更に細かいものが要求されます。密度は 2.76 ～ 2.79g/cm³ です。

1998 年、日本コンクリート工学協会は「石灰石微粉末研究委員会報告集」をまとめ、「石灰石微粉末を用いたコンクリートの施工マニュアル（案）」及び「コンクリート用石灰石微粉末品質規格（案）」（後の表参照）を提案しています。

石灰石微粉末のコンクリートにおける使用用途は、高流動コンクリートの粉体量確保のための使用が大半で、一部、細骨材の微粒分確保あるいは吹付けコンクリートの粘性調整に用いられています⁴⁾。

品質規格（案）の中で石灰石微粉末は、「石灰石を微粉砕したもので、主成分は、CaCO₃（カルサイト）である。化学的に不活性ではないが、結合材としては考慮しない」と定義されており、セメントとして扱えるコンクリート用混和材等とは異なった扱いになります。

コンクリートに石灰石微粉末を混和すると、コンクリートのフレッシュ性状は大きく変化しますが、初期材令強度も増加する場合があります。微粉末効果により、セメント鉱物中のカルシウムシリケートの水和を促進させること及び、カルシウムアルミネート系鉱物と炭酸カルシウムとの反応によるカルシウムアルミネートモノカーボネート水和物の生

コンクリート用石灰石微粉末品質規格（案）

品質 石灰石微粉末の品質は、表1のとおりとする。

表 1 石灰石微粉末の品質

項 目		測 定 値
比表面積		2500cm ² /g以上
圧縮強度比	%	100以上
	7d	
	28d	
CaCO ₃	%	90以上
MgO	%	5 以下
SO ₃	%	0.5以下
Al ₂ O ₃	%	1.0以下
湿分	%	1.0以下
メチレンブルー吸着量	mg/g	1.0以下

圧縮強度比 基準モルタルと試験モルタルの所定の各材齢における圧縮強度から次の式によってそれぞれの材齢における圧縮強度比を算出し、小数点以下1けたをJIS Z 8401（数値の丸め方）によって丸めた正数をもって圧縮強度比とする。

$$A = (C2/C1) \times 100$$

A：圧縮強度比

C1:各材齢における基準モルタルの圧縮強度の平均値(N/mm²)

C2:各材齢における試験モルタルの圧縮強度の平均値(N/mm²)

基準モルタルおよび試験モルタルの配合 基準モルタルおよび試験モルタルの配合を表2に示す。

表 2 基準モルタルと試験モルタルの配合

種類	W/(C+LS)	LS/(C+LS)	W/C	(g)			
				W	C	LS	S
試験モルタル	50%	25%	67%	225	337.5	112.5	1350
基準モルタル	67%	0%	67%	225	337.5	0	1350

W：水 C：セメント LS：石灰石微粉末 S：標準砂

成等が考えられます⁵⁾。

石灰石微粉末とセメントとを組合せた時に、興味深い技術があります。

普通セメントに含まれる混合材（5%以下）として石灰石を使用する場合、セメント、石灰石の粉碎助剤としてトリイソプロパノールアミン（TIPA）を用いると強度発現が良くなることです⁶⁾。TIPAをセメントに混和するとC₄AF等のアルミネート鉱物の水和を促進することが知ら

れていますが、さらに炭酸カルシウムとの反応にも影響するのでしょうか。TIPA を減水剤と組み合わせた技術も開発されており⁷⁾、TIPA と石灰石微粉末を混和したコンクリートの強度、耐久性等も興味深い研究テーマです。

参考文献

- 1) 石灰石鉱業協会：石灰石の話, pp.3-4, 2005
- 2) 1) と同じ, pp.55-56
- 3) 1) と同じ, pp.25-26
- 4) 日本コンクリート工学協会：石灰石微粉末の特性とコンクリートへの利用に関するシンポジウム, pp.34-35, 1998
- 5) 4) と同じ, pp.6-11
- 6) 特開平 3-183647, 特開平 9-142900
- 7) 特開 2001-172064