

水が蒸発することによって引き起こされるパターン形成は身近な現象においても数多く観察される。例えば、テーブルにこぼれたコーヒーが乾燥した後に残ってできたリング状のしみや、結晶成長、壁のひび割れなどが挙げられる。本講演では、乾燥によるパターン形成のうち特に、水 - 粉粒体の混合系（以下では単純に「泥」と呼ぶことにする）が乾燥して引き起こされるパターン形成に対してこれまで我々が行ってきた研究を中心に紹介する。

泥の乾燥で現れるパターンの代表的なものとして、図1のような亀裂（ひび割れ）パターンがある。亀裂パターンは、密に詰まった粉粒体のすきまを水 - 空気界面が乾燥のため運動することで形成されるパターンである。このとき、水は粉粒体どうしを結びつけるバネであると考えることにより、泥を弾性体とみなすことができる。乾燥が起こると粉粒体のすきまにある水の量は少なくなり、水のバネにより結合した粉粒体どうしの間隔を縮めるような力が粉粒体にはたらくことになる。弾性体としての泥にとって、この力は弾性体の収縮をもたらす、もし収縮が空間不均一に起こるとすれば、弾性体内部にひずみによる応力が生じ、応力の集中した場所において泥の弾性体が「破壊」し、亀裂が現れるのである。

以上のような乾燥破壊において、粉粒体の集団は乾燥する前から密に凝集しており、水のバネをつなぐための骨格として粉粒体を捉えることができる。そして、弾性体におけるひずみ・応力という連続場を導入することにより亀裂のパターン形成が理解される。では、乾燥前の泥に含まれる粉粒体の密度を徐々に小さくしていった場合、乾燥によりどのようなダイナミクスおよびパターン形成が可能となるであろうか？

我々は、乾燥前に含まれる粉粒体の割合を変化させた泥を2枚のガラス板に挟み、乾燥させる実験を行った。その結果、図1で示した亀裂パターンとは異なった、迷路状のパターンが形成されることを見出した（図2・3参照）[1]。このパターンは、乾燥により水の領域が収縮するように運動する水 - 空気界面により粉粒体が寄せ集められてできたパターンである。乾燥破壊の場合とは異なり、この迷路状パターンの形成においては、粉粒体は水の中を（比較的自由に）動くことができ、水 - 空気界面の運動によって粉粒体の凝集が引き起こされる。従って、迷路状パターンの形成を理解するには、「弾性体」とは異なった描像を泥に対して与えることによって現象を捉える必要があると言える。

迷路状パターンの形成過程を再現するために、これまでいくつかのモデル（反応拡散モデル [2]、界面運動と個々の粉粒体の運動とを考慮したモデル [3]、自己排他的インバージョンパーコレーションモデル [4]）が提案されている。水 - 空気界面の運動と粉粒体の集団運動との相互作用に対してどのような描像を確立するべきかという課題はパターン形成の本質を抽出し、単純に理解していくうえで非常に重要な問題である。

[参考文献]

[1] Y. Yamazaki, T. Mizuguchi : J. Phys. Soc. Jpn. vol. 69 (2000) 2387.

[2] T. Watanabe, Y. Yamazaki, and M. Mimura : unpublished.

T. Iwashita, Y. Hayase, and H. Nakanishi : J. Phys. Soc. Jpn. vol. 74 (2005) 1657.

[3] 小村真也・山崎義弘 : 数理解析研究所講究録 1 4 7 2 (京大数理研, 2006) p. 211.

[4] Y. Yamazaki, S. Komura, and K. Suganuma : J. Phys. Soc. Jpn. vol. 75 (2006) 043001.

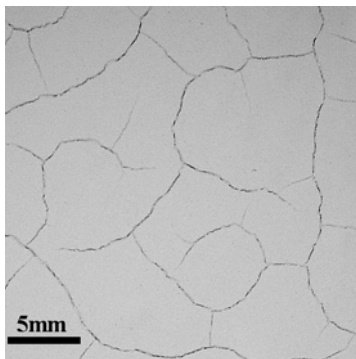


図 1

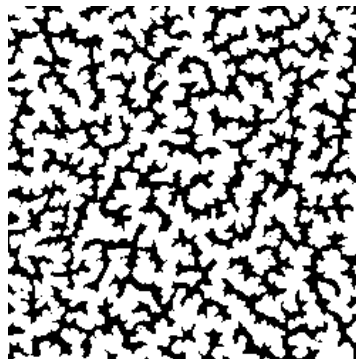


図 2



図 3

図 1 : 炭酸カルシウムと水の混合物を乾燥させたときに生じる亀裂パターン。

乾燥後の厚さは 1 mm。

図 2・図 3 : コーンスターチと水の混合物をガラス板にはさみ乾燥させたときに現れる迷路パターン。黒い領域が粉粒体の存在している場所を表している。

実際のサイズは、(図 2) 10.6mm×10.6mm、(図 3) 59mm×34mm。

ガラス間隔は、(図 2) 30 μ m、(図 3) 100 μ m。