

## 論文の内容の要旨

### The origin and the age dependent distributions of flat-pebble conglomerates

(石灰質扁平礫レキ岩の起源と時代依存性)

伊藤民平

#### はじめに

カンブリア・オルドビス系浅海炭酸塩プラットフォームには、石灰質扁平礫レキ岩 (FPC) と呼ばれる特徴的な岩相が多産することが知られている。FPC とは礫・基質双方が炭酸塩で構成され、主に礫支持の構造を持つレキ岩である。最大の特徴は礫の形態が扁平であることである。FPC は顕生代を通じてその分布が局在し、強い時代依存性が存在することが知られている。特にカンブリア・オルドビス系からは世界中の浅海炭酸塩プラットフォームからの報告があり、顕著である。こうした時代依存性は、Sepkoski (1982)によって初めて指摘されたもので、彼は生物擾乱の頻度がその原因だとした。カンブリア・オルドビス紀は、その後の時代に比べると生物擾乱の程度が非常に低かった事が Droser and Bottjer (1988)などの研究から明らかになっており、不活発な生物擾乱が堆積物の層構造を保存し、その結果扁平な礫を作り出したと Sepkoski (1982)は解釈した。しかし生物擾乱の見られる堆積相においても同様に礫が産出するという矛盾点があり、この説のみでは時代依存性の原因を説明することができないという問題点が存在する。

また、FPC の起源について、多種多様な FPC を1枚1枚分離し、詳細な記載を行い、堆積相との関連を詳しく見ることから起源を考察した研究がほとんどなく、FPC 形成の具体的なプロセスについては不明な点が多い。

そこで本研究では堆積学的な見地から、多様な FPC の起源を明らかにすることを目的とし、

さらにその過程で抽出される制約条件を考察することで、時代依存性の原因について新たなシナリオを提示する事を目的とする。

## 層序

上記の目的に適した調査地として、中国、イラン、韓国のカンブリア・オルドビス系を対象として選んだ。いずれも、嵐の影響を頻繁に受ける浅海炭酸塩プラットフォームにおける堆積で特徴付けられる。FPC はこうした浅海堆積相に産出し、ストームの堆積を示すハンモック状斜交層理や、同じくストームによる浸食痕であるガッターカストなどと共に産出することから、ストーム起源であることが示唆される。

## 堆積サイクル

FPC の産出する堆積相は頻繁に上方浅海化サイクルを形成している。このサイクルは下位から、頁岩→ノジュール状石灰岩→石灰岩頁岩互層→層状石灰岩→塊状（生痕）石灰岩という重なりで特徴付けられ、1-5m の厚さのサイクルを形成する。このサイクルがさらに重なって数 10m の厚さの浅海化サイクルを形成している。FPC はこのいずれの堆積相からも産出が認められ、これは FPC の生成に海水準が影響を与えていなかった事を示している。

## FPC の特徴

通常厚さは 5-30cm 程度で平坦～波状の浸食性基底部を持つ。礫の大きさは長径が 2-10cm、時に 15cm を越えることもある。礫は薄いレキ岩においては層に平行に配列することが多いが、その他の場合、層に高角に立った配列や、扇状、インブリケーションを示す場合もある。しかし概してランダムな配列が卓越する。基質は、粗粒基質と細粒基質に分けられ、前者は生砕物、ペロイド、破碎した礫で構成され、その量は全くない場合から 35% を越える場合まで、かなりばらつきがある。礫と粗粒基質から構成されるレキ岩の主体は時に平行～斜交葉理を持つ細粒なミクライトやペロイドに覆われる。礫の大きさや形態、粗粒基質の組成や量は多種多様で、生成に関与した物理プロセスを反映しているものと考えられる。これらを元に FPC のタイプを認定した (Fig.1)。個々のタイプはその特徴が下位の堆積相と非常に強い関係があり、多様な下位の石灰岩を浸食する事で、多様な特徴を持つ FPC が生成したと考えられる。

## 礫・基質の起源

礫は下位の岩相と多くの場合同一で、形態やサイズが下位の石灰岩と類似し、強い相関が存在する。故に礫は基本的に *in-situ* な浸食に由来する。粗粒基質の主要な物は生砕物が構成しており、礫の量と緩く逆相関する。ポイントカウントデータを元にした収支計算から、FPC

の基質の生砕物は *in-situ* な浸食と浅海からの運搬の組み合わせであることが判明した。

これらから FPC の形成プロセスを考察すると、ストームの複合流によって海底で部分的に固結した石灰岩層が浸食され、ローカルな場に由来する扁平な礫が形成され、生砕物の運搬の量に伴って基質の量に多様性が見られる FPC が形成されたと考えられる。

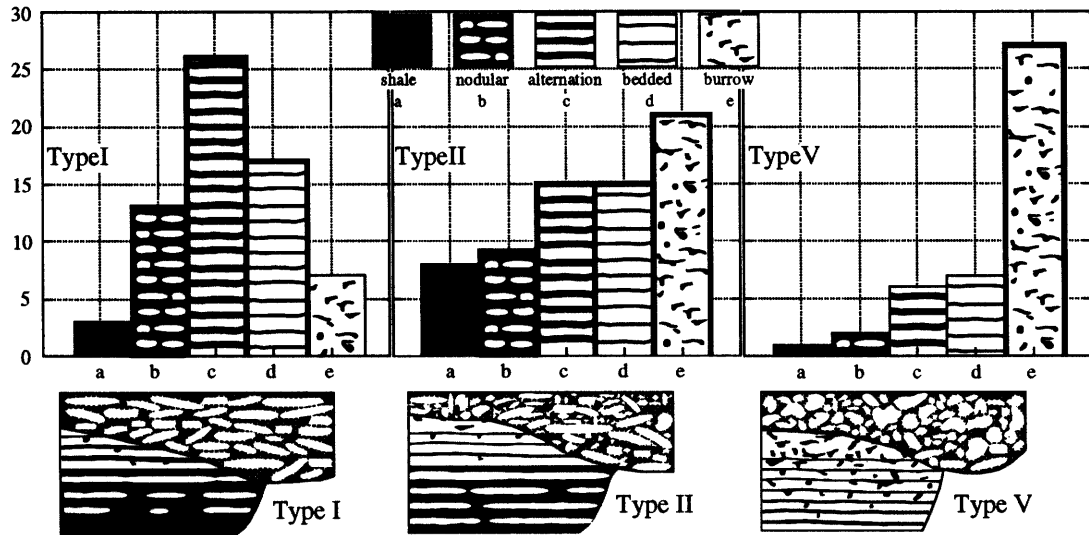


Fig.1 FPC タイプと堆積相の頻度。FPC タイプは下位の堆積相と非常に密接な関連がある。

### 時代依存性

上記のようなプロセスが駆動するためには、ストーム時に石灰岩が固結しているという条件が必須であり、時代依存性を作り出す鍵は石灰岩の早い固結である。これらの石灰岩の固結のタイミングについては、ノジュールの差別圧密や炭素同位体の変動パターンより、石灰岩が堆積後の初期続成において早い段階で固結した事が明らかとなった。また石灰化されたマイクロブ群集の存在も早い段階における炭酸塩の沈殿を支持している。では石灰岩の固結を促進させたものは何か？

その一つの候補として本研究ではマイクロブ群集の影響が指摘される。調査地においては FPC が多産する層準にマイクロブ群集が豊富に観察される。時に両者は互層を形成する事もあり、両者の間の密接な関係が示唆される。さらに、イランにおいては FPC の礫そのものにシアノバクテリアの一種と考えられている *Girvanella* のバイオマットが観察された。これらの観察事実はマイクロブ群集が FPC と密接に関わっていただけでなく、炭酸塩の沈殿促進を通して FPC の生成に寄与していた事を示している。調査地以外でもこの時代には世界中からマイクロブ群集が多産するという報告があり、この時代に世界中から多産する FPC の生成に重要な寄与をしていた事が示唆される。しかしながら、マイクロブ群集が関与していた事を明瞭に証明する *Girvanella* の礫は、産出が乏しく、マイクロブ群集の寄与のみ

による説明では不十分である。

一方、カンブリア・オルドビス紀の無機的な環境としては、海洋の  $\text{Ca}^{2+}$  濃度、 $\text{HCO}_3^-$  濃度、温度のいずれも顕生代の中でも極大であった事が知られており、炭酸塩の沈殿にとって非常に有利な状況であった。故に、生物（マイクロブ群集）の寄与と、無機的な環境の双方が機能して全体として炭酸塩の沈殿が活発になっていたものと推測される。

こうした、希に見る条件の一致がカンブリア・オルドビス紀の炭酸塩の沈殿速度を上昇させ、平坦な炭酸塩岩の薄層の素早い固結を可能にし、FPC を多産していたと考えられる。このような意味で、FPC が産出するという事は、炭酸塩の沈殿が活発で石灰岩が素早く固結した事を示している。つまり FPC は炭酸塩の沈殿速度の良い指標として用いる事ができる事が本研究によって示された。