

論文の内容の要旨

論文題目 Evolution of coastal depositional systems of the Changjiang River in response to latest Pleistocene-Holocene sea-level changes
更新世末期から完新世の海水準変動にともなう長江沿岸河口域の堆積システムの発達

氏名 堀 和明

沿岸域の堆積システムは、主として海水準変動によって支配される海進・海退サイクルにともなって変化する。沿岸域の堆積システムが変動する海水準に応答してどのように展開、累重し、地層として保存されてゆくのかを明らかにすることは、地層形成についての理解を深める上でも、また地質記録から海水準変動を推定する上でも重要である。これまでに、氷期・間氷期オーダーのサイクルではシーケンス層序学に基づいた地層形成モデルが提示されているが、より細かな海水準の変動に対応したシステムの応答に関しては実証的な研究はなされていない。一方、現在世界の沿岸域で見られる堆積システムとその分布は、過去約7万年間の緩やかな海水準の変動（海水準の上昇・低下： $<1-2\text{m/ky}$ ）と堆積物供給量に支配されている。しかし、海水準上昇速度は、融氷期などでは $10-30\text{m/kyr}$ にも達することが知られており、それらの変動に対応した沿岸域のシステムとその展開を、現在の沿岸システムに見ることはできない。このような海水準変動に対する沿岸堆積システムの応答は、陸棚域では外浜侵食によって堆積物の被保存能力が小さく海水準上昇期の地層が残りにくいこと、また、堆積速度が小さいために高分解能の解析が一般に難しいことから、炭酸塩のサンゴ礁を除いて詳細な研究がほとんどおこなわれていない。

このような中で、近年、氷期の海水準低下にともなう河川の下刻作用により形成され

た開析谷を充填する堆積物に注目が集まるようになった。これは、開析谷が地形的凹地をなしていること、河口部に位置し土砂供給量が多いこと、沿岸域の営力の影響が小さいことなどから、海水準上昇期の堆積物を保存しやすいためである。開析谷を充填する地層の形成と海水準変動との関係を高い精度で議論するためには、過去の海水準変動が詳しくわかっており、 ^{14}C 年代測定結果によって詳細に地層に同時期線を入れることのできる最終氷期最盛期以降の堆積物を研究対象とするのがよい。しかし、従来の研究では、詳細な堆積相・堆積システムの記載の欠如や、堆積物の層厚が薄く高解像度での解析に適していなかったこと、絶対年代値の不足などから、時間分解能が低く、海進・海退の一連のサイクルを通しての堆積相と堆積システムの累重様式が実証的に示されていなかった。これらの問題を解決するには、堆積速度が大きく、かつ高海水準期堆積体の発達が良い地域を研究対象とすることが望ましい。

本研究では、河口域に発達する沿岸堆積システムの、堆積物や堆積システムの特徴を解析し、堆積システムの海水準変動への応答を明らかにして、海進・海退の一連のサイクルで形成される河口域の沿岸堆積システムの発達モデルを提示する。堆積システムの発達過程を高解像度で明らかにするために、厚さ 80–90m の開析谷充填堆積物を持ち、海退期のデルタの発達もよい長江河口域を調査対象地域として選んだ。

陸上デルタ上から採取した長さ 60–70m の3本のコア (CM97, JS98, HQ98) を試料として用いた。採取したコアについては、半裁した後、詳細な記載、AMS による ^{14}C 年代測定、砂泥含有率の測定、砂質部の粒度測定、軟 X 線写真撮影、カラー写真撮影をおこなった。

開析谷充填堆積物は、岩相、堆積構造、砂泥含有率、含有化石などから、10 の堆積相に区分され、それらは下位から河川、エスチュアリー、デルタの大きく3つにまとめられた。なお、JS98 のみに約 8–3 kyr BP にかけて、サンドリッジ堆積物がみられた。これは、JS98 地点が現在のデルタ北側に発達する放射状サンドリッジの端に位置していたためだと考えられる。3 つの主な堆積相のうち河川相はトラフ状斜交層理で特徴づけられる上方細粒化を示す淘汰のよい細～中粒砂からなる。エスチュアリー相は厚さ 30m 程度で下位から Tidal river, Distributary channel, Muddy intertidal to subtidal flat, Transgressive lag, Estuary front からなり、全体に上方細粒化を示す。デルタ相は厚さ 30m 程度で, Prodelta, Delta front, Delta plain からなる。粘土質の Prodelta 相からそれを覆う砂質の Delta front 相にかけて上方粗粒化, Delta front から Delta plain にかけて上方細粒化を示す。河川相以外では、砂と泥の薄い互層や2方向の古流向を示す斜交層理など、潮汐の影響を受けて形成される堆積構造が頻繁にみられた。砂泥互層のなかには砂層の厚さが周期的に変化するものがみられ、これらは大潮 小潮周期を記録していると考えられる。 ^{14}C 年代測定の結果から、コア採取地点においては、河川相は約 11kyr BP 以前、エスチュアリー相は約 11–8kyr BP、デルタ相は約 8kyr BP 以降に堆積したことが明らかになった。また、堆積速度はエスチュアリー堆積物で平均約 10m/kyr、Prodelta 堆積物の堆積速度は約 1m/kyr であった。堆積速度は Prodelta から Delta front にかけて急増し、Delta front では最大 10m/kyr 程度に達していた。

以上の結果に基づいて、開析谷および開析谷上に発達したエスチュアリーおよびデルタシステムの構造を考察した。エスチュアリーシステムは、開析谷の中に出現し、堆積

物の特徴から潮汐卓越型であったことがわかる。従来、潮汐卓越型エスチュアリーの堆積相モデルは、海側からの堆積物供給に比べて河川からの堆積物供給量が小さいエスチュアリーに基づいて組み立てられていた。一方、長江の開析谷の中に出現したエスチュアリーは河川からの堆積物供給量が非常に大きいことで特徴づけられる。このことは潮汐卓越型エスチュアリー内にみられる地形の相違にもつながっている。したがって、河川からの土砂供給の重要性を考慮して、潮汐卓越型エスチュアリーのモデルを再構築する必要がある。デルタシステムは潮汐卓越型で、開析谷の中に堆積したエスチュアリー堆積物や開析谷外の堆積物を覆いながら発達してきた。Delta front と Delta plain の境界付近は、ほぼ水中デルタ地形の傾斜変換点に相当する。このあたりでは一般的に波の営力が強いので、堆積物の粒度は粗く、淘汰もよい傾向にある。この境界相はコア中でも明瞭に確認でき、地層から古環境を復元する上でよい指標となることが示された。

長江河口域にみられるこれらの堆積相や堆積システムの累重様式は、海水準変動およびその速度変化によって強く支配されていた。堆積システムの発達過程は、最大海氾濫面によって海進期と海退期（高海水準期）の大きく二つに区分された。さらに、海進期、海退期における発達過程は、それぞれ4つ（ステージ 1-4, 1: 11kyr BP 以前, 2: 11-10 kyr BP, 3: 10kyr BP 直後, 4: 9-8kyr BP）と2つ（ステージ 5-6, 5: 8-6kyr BP, 6: 6kyr BP 以降）のステージに細分された。海進期には主として開析谷内に河川・エスチュアリーシステムが発達し、海退期には開析谷上およびその周辺域にデルタシステムが発達した。

海進期における堆積システムの累重様式は、ステップ状の海水準上昇に起因するアグラデーションとバックステップで特徴づけられた。ステージ 1, 2 の後期および 4 では海水準の緩やかな上昇にともなって上方に堆積空間が付加されるため、アグラデーションが卓越し、海岸線は徐々に陸側に後退していた。一方、ステージ 2 の初期、および 3 では急激な海水準上昇によって堆積システムが陸側にバックステップし、海岸線が急速に陸側に後退した。

海退期のデルタシステムにおいては、海水準上昇速度の減少やそれに引き続く海水準の安定により上方への堆積空間の付加が小さかったため、側方からのプログラデーションが卓越していた。ステージ 5 では海水準の上昇がまだ続いていたため、アグラデーションもみられていた。ステージ 6 では海水準上昇も終了しており、海水準は比較的安定していたのでプログラデーションが卓越した。

本研究は、海進・海退にともなう河口域の地層・地形発達過程を定性的にのみではなく、実証的かつ定量的に示した点で重要である。とくに本研究で初めて、氷床の融解にともなう急激な海水準上昇期に形成された地層の累重様式が海水準上昇速度の変化に対応したバックステップとアグラデーションの組み合わせからなることを示し、それをモデル化したこと、また、現在みることのできない急激な海水準上昇に対する沿岸システムの応答を明示したことは、地質時代の海進期堆積物を用いて堆積システムの発達過程や海水準変動を復元する際の基礎的資料となるだろう。