

論文の内容の要旨

論文題目

日本列島における第四紀後期の気候・海水準変動及び地殻変動に伴う河床縦断面形の変化と河川下流域の地圏環境

(Late Quaternary changes in the longitudinal profiles of rivers associated with climate and sea-level changes and tectonism, and their effects on coastal environment in Japan)

氏 名 本多啓太

沖積平野には人間活動が集中する一方、その地圏環境は内外の要因の変化に敏感に反応して形を変えていく。このため、沖積平野の成り立ちの正確な理解がその適切な利用と管理に当たって必要とされる。本研究では、日本列島全域を対象に現在と氷期の河床縦断面形に注目し、氷期と間氷期の土砂移動の特徴を検討した。また、河床縦断面形の発達過程で形成された沖積層の形状及び、後氷期の海進・海退の規模とそれを基底する要因を明らかにした。その結果、地震動や温暖化に伴う海面上昇の影響といった沖積平野における自然災害リスクを軽減する上で考慮すべき新知見を得ることができた。それは以下のようにまとめられる。

以下に、論文の構成を示す。本論文は、5つの章から構成される。

1章では、沖積平野研究が、人々の生活及び国土利用を考える上でいかに重要であるかという点について指摘する。また、文献レビューを通して、沖積平野研究の次のような問題点を指摘し、それを踏まえて本論文の位置づけを明らかにした。すなわち、沖積平野と沖積層について、土砂の供給源から堆積場までを含む大きな空間スケールでの物質移動を意識し、その発達を明らかにすること、ならびに、氷期の河川プロセスや沖積層の形状、海進海退の距離など沖積平野の発達に関わる様々な要因について、河川間で比較研究を行い、日本列島における沖積平野の発達を定量的に明らかにすること、を本論文の重要な課題とに設定した。

2章では、まず現河口直下までの氷期の河床縦断面形を復元した。河床縦断面形が気候変動や海面変動、地殻変動の影響を受け、氷期-間氷期サイクルの中でその形を変えることがモデル化されてきた (Dury, 1959 ; 貝塚, 1969)。30河川以上を対象に、標高 300 m から現河口直下までの LGRP を復元し、日本列島全域でこのモデルが成り立つことを明示した。次に、復元した河床縦断面形の適合関数型や勾配について数理的分析を行い、これまで経験的にしか論じられてこなかった日本列島における氷期の河床縦断面形の特徴を明らかにした。そして、氷期の河床縦断面形と現河床の縦断面形の比較検討を通して、曲率、適合関数型及び勾配を指標として LGRP の特徴を示すことができた。すなわち、現河口直下付近における LGRP の平均勾配が多くの河川で 1% を超えていること、PRP に比べ曲率が小さいこと、対象河川すべてがべき関数に対して高い相関を持つこと、を明らかにした。また、従来不明な点が多かった沖積層基底礫層 BG の形成プロセスについて次のように説明した。すなわち、上述した特徴を持つ氷期の河床縦断面形は、下流方向へ掃流力を維持しやすい形状であったため、現在の河口直下まで礫を運搬できた結果、BG が堆積したことを述べた。

3章では、2章で復元した氷期の河床縦断面形と現河床縦断面形を用い、最終氷期最海面低下

期頃から現在にかけて堆積してきた沖積層の縦断形状について、河床縦断面形の発達という新たな観点から分析した。二つの縦断面形の比高から沖積層の層厚を求めた結果、その層厚変化に関して次の一般的特徴を明らかにした。すなわち、現河口下の沖積層の層厚はほとんどの場合、100 m 未満であること、沖積層の縦断方向への広がり（内陸への奥行）は、中部日本以北の大河川で大きいこと、層厚は上流に向かって概ね直線的に減少するが、地殻変動により LGRP が変位・変形を受けている場合、層厚の減少パターンは上または下に凸となること、である。また、楔状に内陸入り込む沖積層の形状であるコースタルプリズムの大きさは、流域面積と比例的で、流域からの土砂フラックスが沖積平野の発達のしやすさを規定している可能性があることを示した。

4章では、従来古地理図や地層縦断面図の中で、現河口より内陸部しか示されてこなかった縄文海進とその後の海退について、河床縦断面形の発達という観点から海域を含めた検討を行った。まず、縄文海進ならびにその後の海退の規模を海岸線の移動距離によって定量化し、移動距離に影響を与えた要因を検討した。次に、海域拡大時に堆積した内湾泥層の縦断形状を分析した。さらに、海進から海退への転換時期について整理し、その地域性について論じた。縄文海進の海域拡大範囲については、これまで現在の海岸線より内陸部分にしか注目されてこなかった。本論文では、最終氷期最寒冷期の海岸線を起点に海進の総距離を求めたところ、東北以北では海進範囲の大きな河川が少ない一方で、関東以西では 100 km を超える河川が複数あることが分かった。この理由について、東北に比べ関東以西の方が大陸棚の発達が良いことを指摘した。また、対象河川中すべてで、海成の堆積物と沖積層基底礫層が直接接していないことから、海域拡大の上流端は LGRP まで到達していないことも明らかとなり、地盤標高以外の要因が少なからず影響していることを指摘できた。一方、海退距離は、平均的には 10 数 km であるが、鬼怒川、荒川、中川など関東の河川で 50 km を超えることが分かった。海進・海退の距離に地域性が生じる要因について、前地形との関係性を分析した。海進距離に関しては、前地形である LGRP の勾配の逆数と非常に強い正の相関関係を示すことから、基本的には LGRP の勾配が海域の拡大範囲を支配してきたことが明らかとなった。一方、海退距離に関しては、海進ほどではないが直前の地形に影響を受けていることを明らかにするとともに、土砂供給量や堆積場の条件など複数要因が同時に影響している可能性も指摘した。また、海進から海退への転換期については、概ね最高海面期の 7000 cal. yrBP 前後に起きていることを示し、日本列島では、海面上昇の安定期に入ってからデルタの前進が始まったことを明らかにした。ただし、この転換期は九十九里平野では 6000 cal. yrBP 以降、信濃川、天竜川などでは 8000 cal. yrBP 以前を示すことから、海面上昇に対して、流域の大きな河川ほどデルタの前進が早期に始まった可能性があることも指摘した。内湾泥層の堆積範囲については、河口付近の内湾泥層の層厚は 50 m を超えることはなく、河口から上流に向かって減少することを指摘した。また、層厚や奥行きは沖積層全体の層厚同様、河川流域のサイズに比例的で、内湾泥層と沖積層の互いの層厚変化には高い相関があることを明らかにした。これらの事実は、昨今危惧されている海面上昇の影響や地震動を考える際に貴重な基礎データとなる。

5章では、まず、2章から4章までに得られた沖積平野の発達に関する成果を総括した。そして、最後に氷期から現在にかけての河床縦断面形の発達と適合関数型の変化について、若干の考察を加えた。その結果、最終氷期から現在にかけて、東北日本と西南日本で異なる大きさのコースタルプリズムが河川下流部に付加するために、河床縦断面形ならびに、適合関数型の変化に違いが生じている可能性を指摘した。最後に、今後の課題としては、以下のようなことを挙げた。沖積平野の地下構造に関しては、横断方向の形態を分析し、三次元的な層厚分布を明らかにすることが重要となる。また、沖積層の層厚分布は特に地震動を考える際に貴重なデータとなることは確実である。そのため、次のステップとして、層厚分布と過去の災害分布の関係の精査を重ね

る必要がある。また、氷期の河川プロセスについては、本論文で現河口直下までは議論できたが、それより下流側、すなわち、現海面下については議論できていない。これに関して、須貝（2012）は、伊勢湾沖（Omura *et al.* 2012）や上越沖（Freire *et al.* 2009）の研究事例を基に、氷期の低海水準期における深海底への土砂移動の可能性について述べている。また、堀（2012）は、19000-13000年前の地層が薄いまたは欠如していることから、当時の堆積域の中心は現在の河口より沖合にあった可能性を指摘している。氷期の河川プロセスの全体像を捉えるためには、今後この範囲の分析が非常に重要となる。また、河床縦断面形に関しては、現河床における勾配と粒径の急変の問題（例えば、Yatsu, 1955）が挙げられる。この粒径の急変及び勾配の急変に関しては、海進に伴う海域の拡大とその後の海退に伴う河道の延長によるものという説（中野, 1967）と、河床堆積物に含まれる粒径の構成によるものという説（Yatsu, 1955）があり未解決となっている。この問題に関しては、これまでに明らかとなっている現河床の勾配と粒径の関係（Ohmori, 1991 ; Inoue, 1992）を基に、本論文の4章で明らかとなった縄文海進時の拡大範囲の結果を踏まえ、河床縦断面形の発達史的観点を取り入れて、勾配、粒径、海進範囲、縦断面形のそれぞれの関係を分析することで解決できると思われる。LGRP と PRP の適合関数型の変化については、関数形がもつ地形学上の意味については、議論が不十分であるため、より基礎的な検討も課題となる。

本論文で明らかにしてきた沖積層研究における新知見は、都市開発など様々な人間活動の中心的生産の場となる沖積平野の土地利用を考える上で大いに役立つはずである。