

主 論 文 の 要 約

論文題目 完新世中期以降における沖積低地の土砂貯留と流域の
土砂生産

氏 名 羽佐田紘大

論 文 内 容 の 要 約

沖積低地は、最終氷期最盛期（約 30,000～19,000 年前）に形成された谷地形が、現在にかけての海水準変動や地殻変動の影響を受けながら、主に河川からの土砂供給により埋積されてきた堆積地形である。近年、機械ボーリングにより採取した多数のオールコア堆積物に堆積相解析や放射性炭素（¹⁴C）年代測定などを施すことによって、沖積低地・沖積層の形成と海水準変動との関係が 1,000 年スケールで把握されてきている。中でも、海退期の堆積システムであるデルタは、海水準上昇速度が低下した完新世前期から中期にかけて形成を開始したことが明らかになり、海水準変動に対するデルタの応答や発達様式の解明がなされてきた。一方、土砂供給については、デルタの前進速度の変化などに基づいて、完新世後期における流域での土砂生産の活発化に伴う増加が指摘されてきた。しかし、沖積低地に堆積する土砂全体を 3 次元でとらえたわけではないため、土砂供給量の時間的変化に関する十分な検討がなされているとは言い難い。また、河川により海洋へと運ばれる土砂には大量の有機炭素が含まれるため、河川による土砂の運搬、下流域・沿岸域（つまり、沖積低地）での土砂の堆積は、地球規模の炭素循環にかかわると考えられてきた。物質循環の中で炭素循環に関する研究が重要視されているにもかかわらず、現在、土砂の堆積に伴う炭素の蓄積を評価した研究の進展がみられていない。これには、まず、任意の沖積低地における蓄積炭素量やその時間的変化を明らかにし、各地でこうした研究を実施、蓄積していくことが重要である。

本研究では、沖積低地の地下構造を 3 次元でとらえることによって、堆積した土砂を定量的に明らかにし、沖積低地への土砂供給や流域の土砂生産（侵食）の時間的変化とその要因を考察した。さらに、低地における土砂の堆積に伴う炭素の蓄積に関する検討も行った。

対象地域は、デルタタイプの沖積低地である、濃尾平野、矢作川下流低地、多摩川下流低地、広島平野の 4 地域とした。これらの地域は、内湾に面することにより沿岸流の影響が小さく、上流域から沖積低地に至るまでの間に規模の大きな盆地が存在しないため、堆積した土砂が湾外に流出しない上に、上流域で生産された土砂のほとんどが沖積低地まで運ばれて堆積すると考えられる。また、大量

のボーリングデータが存在し、堆積物の水平方向への連続性がよいため、地下構造や堆積年代を把握しやすい地域でもある。

沖積低地の堆積土砂量を推定するには、沖積層の空間分布を把握する必要がある。そこで、既存ボーリングデータを基に作成した、沖積層各層境界面標高、各層層厚、等時間面標高のデータベースを用いた GIS による解析を行い、それらのサーフェスモデルを構築した。サーフェスモデルに基づいた標高および層厚分布により、下部砂層 (LS) 下限に認められた谷地形や段丘が、LS やデルタの前進に伴うデルタ堆積物 (下位から中部泥層 (MM)、上部砂層 (US)、沖積陸成層 (TSM)) の堆積により埋積されていったことが示された。また、過去 6,000 年間における地形の変化を 1,000 年ごとでみると、デルタは、濃尾平野で約 1,000 年前以降、矢作川下流低地で約 4,000~3,000 年前に最も前進した。ただし、矢作川下流低地では、既存研究により指摘されてきた弥生の小海退とされる陸域の急速な拡大は認められなかった。多摩川下流低地においてもデルタの前進がみられるものの、1,000 年前頃まであまり活発ではなかった。これについては、¹⁴C 年代値が得られた地点や値そのものに問題がある可能性が示唆される。

次に、サーフェスモデルを解析し、対象地域における沖積層 (基底礫層 (BG) を除く) および過去 6,000 年間の堆積土砂量を算出した。その結果、約 4,000 年前と 1,000 年前に堆積土砂量が増加したことが確認された。日本では、ハイドロアイソスタシーによる地殻隆起の影響により約 7,000 年前の縄文海進時が最高海水準期であると考えられている。しかし、濃尾平野や矢作川下流低地では、テクトニックな沈降 (傾動運動) の影響もあるため、4,000 年前頃までは相対的海水準の上昇が起きていた可能性があり、4,000 年前以前は、対象地域より上流側での堆積物の累重もある程度の規模で生じていたと推定される。この影響が、4,000 年前頃の堆積土砂量の増加として表れたと考えられる。一方、最近 1,000 年間は、流域における林地の荒廃による土砂生産の活発化に伴い土砂供給量が増加した可能性が高い。たとえば、木曾三川・庄内川流域の場合、土砂生産が活発になった要因として、窯業の薪炭材の乱伐、入会林地における過度使用、窯業用粘土の採掘が挙げられる。また、矢作川下流低地では、1605 年の河道付け替えの影響により 1,000 年前以降の堆積土砂量が減少したものの、新しい矢作川を含む矢作川下流域への土砂供給量は最近 1,000 年間で最も大きかったと考えられる。

算出した堆積土砂量を層ごとにみると、6,000 年前以降、TSM の堆積量が増加し続けている。これは、陸上デルタの拡大に伴い TSM の堆積域が拡大することと、濃尾平野においては養老断層の活動に伴う継続的な沈降により古い時期の TSM が新しい時期の TSM に覆われて埋没することが起因すると考えられる。また、堆積土砂量に占める US と MM の割合の変化から、デルタが前進していき、デルタフロントが水深の大きな地域に達すると、前置斜面 (US の堆積域として推定される部分) が長くなり、MM と同等の細粒物質の一部が底置面に達することなく前置斜面に堆積しやすくなるため、MM の堆積量が見かけ上減少していくことが示唆される。

濃尾平野や矢作川下流低地では、これまで、3,000~2,000 年前以降に土砂供給量が増加したと指摘されてきたものの、本研究で明らかにした過去 6,000 年間の堆積土砂量の時間的変化に基づくと、この時期の土砂供給量の増加は認められなかった。また、最近 1,000 年間に土砂供

給量が増加した分の多くは TSM として堆積している。したがって、土砂供給量の時間的変化は、デルタの前進速度の変化といった沿岸域のみの解析結果からではなく、陸域も含めた沖積低地全体の地形変化を基に堆積土砂量の時間的変化から推定するのがふさわしいと考えられる。

多摩川下流低地を例として、低地表層部の人工改変層 (AD) についても検討した。その結果、AD は、最近 100~150 年間の盛土や埋立てに伴う堆積物であると考えられた。そこで、低地における AD の堆積量と過去 6,000 年間の堆積土砂量とを比較したところ、近代以降における人間による直接的な土砂の堆積は、数百~数千年スケールの河川による土砂の堆積に匹敵することが示された。したがって、沖積低地の形成という観点において、人為的な影響を無視することはできない。

さらに、算出した堆積土砂量を用いて、過去 6,000 年間における流域の侵食速度を 1,000 年スケールで明らかにした。過去 6,000 年間を通して侵食速度に大きな変化はなかったものの、最近 1,000 年間は流域での人間活動 (森林伐採など) によって侵食が活発になったことが示された。また、侵食速度と傾斜との関係を考慮した結果、完新世中期以降の平均的な侵食速度と過去数十年間のそれとの間には大差がないことを確認した。完新世中期以降と過去数十年間との間で侵食速度にあまり差がないことは、過去 6,000 年間のうち最近 1,000 年間の侵食速度が増加したと矛盾しているように見える。しかし、同一のダムであっても、40 年ほど前に行われた堆積量を基に侵食速度を推定した研究と近年のそれとでは値が大きく異なっていることから、過去約 40 年間は、荒廃地が植生により被覆されるのに伴って侵食速度が過去数千年間の水準に戻った可能性がある。したがって、侵食速度は傾斜によってある程度規定されていたが、人為的な影響を受けて植生の被覆状態が変わることで侵食速度が変化したと考えられる。つまり、最近 1,000 年間における植生の被覆状態の変化による影響を除けば、完新世中期以降、流域の侵食速度に大きな変化はなかったといえる。

最後に、濃尾平野の堆積土砂量と有機炭素含有率の測定結果を用いて、沖積低地の蓄積有機炭素量および有機炭素蓄積速度を求めた。濃尾平野の沖積層 (BG を除く) 中の全蓄積有機炭素量は大気中炭素量の約 0.03% に相当する。中でも、全蓄積有機炭素量に占めるデルタ堆積物の蓄積有機炭素量の割合は大きい。また、有機炭素蓄積速度を他地域の値と比較したところ、大差がなかった。デルタタイプの沖積低地では、有機炭素含有率が低いものの、土砂の堆積速度が大きいため、ほかの堆積システム (氾濫原、ラグーンなど) に匹敵する有機炭素蓄積速度を有していると考えられる。

本研究は、オールコア堆積物の解析結果から得られた知見を既存ボーリング柱状図に援用したり、多くの ^{14}C 年代値を活用したりすることにより沖積層の 3 次元構造を復元した上で、沖積低地の堆積土砂量を明らかにし、流域における土砂供給や土砂生産 (侵食) に関する議論を行った。今後、各地でボーリングデータベースの整備が進むとともに、オールコア堆積物の解析によって大量の ^{14}C 年代値や堆積物に関する新たな見解が得られるようになれば、沖積低地の形成と土砂供給との関係についての普遍的な概念の提示が可能になってくる。また、炭素の蓄積といった物質循環の観点から沖積低地の形成を考えることも一層重要になるだろう。