

学位論文題名

河川と沿岸域の土砂移動現象に関する基礎的研究

学位論文内容の要旨

近年、河川流域と沿岸域の開発あるいは保存を目的とした構造物が建設された結果、様々な問題が発生した。その中で最も注目されることは数十年前から顕著になった海岸侵食である。その原因として陸の土砂生産プロセスの変化、河道改修、ダム建設などによる土砂供給量の減少、海域の開発による土砂移動の不連続、非可逆的な海浜変動などによる沿岸域全体の土砂収支のアンバランスが上げられる。したがって、河川と沿岸域全体の効率的土砂管理を行うためには河川と沿岸域全体の土砂移動機構とその外力因子を定量的に評価することが河川・海岸工学上極めて重要である。しかしながら、現在までに土砂移動現象に対して河川と沿岸域を一つとした系内の現象として取扱った研究は数少ない。本研究は、河川と沿岸域を一つの系として取り扱い、土砂移動現象を現地調査及び室内実験、数値計算モデルより検討を行ったものである。

本論文は、全5章で構成されており、その主な結果は以下のとおりである。

第1章では、序論であり、研究の背景、目的および論文の構成を述べている。

第2章では、石狩川下流域と海岸域の堆砂を対象に実施された粒度分布及び粒径別岩種調査結果に基づいて河川と沿岸域の土砂移動に関する量的・質的検討を行った。支川を考慮した石狩川流出土砂量は数値計算により求め、支川の流出土砂量は本川のそれに比べ僅かな量であり、本川流砂量の90%以上が浮遊砂である結果が得られた。石狩川本川に合流する各支川からの供給岩種は、泥岩・砂岩については幾春別川・夕張川、蛇紋岩については夕張川、軽石・ガラスについては千歳川、安山岩については豊平川からの供給が寄与していることが明らかになった。実測と計算により得られた河川と海岸の粒度分布の比較より、石狩川からの流出土砂は河口前面海岸に堆積した後、波と沿岸流の作用で、粗砂は河口に堆積し、細砂成分は沿岸域の遠方まで運ばれるため、河口左・右岸地点の構成材料は河口から離れるその他の海岸地点と比べて少ないことが認められた。河川と沿岸域の岩種構成比は、粒径と調査地点による特定な傾向がみられなかったため、調査地点を河川・河口・河口周辺に地域区分し、海岸域での存在比率の比較的高い流紋岩、安山岩、凝灰岩、泥岩の4つの岩種構成比から土砂移動の推定を試みた。その結果、流紋岩と安山岩は、河川では存在しないか岩種構成比が低い、河口左岸側

の沿岸域ではその岩種構成比が高いことから、河口左岸側の供給源よりの供給であることが認められた。凝灰岩と泥岩は、浮遊型粒径については、沿岸域での岩種構成比の大きなばらつきが見られたが、掃流型粒径については、河川と海岸での岩種構成比はほぼ一致したことから、河川からの流出土砂が本研究の対象沿岸域まで移動していることが明らかになった。

第3章では、洪水や融雪期の出水時に発達する河口テラスの波による変形と沿岸域での土砂移動を実験的に検討した。実験では出水時に形成される河口テラス形状を想定し、粒径の異なる均一砂と混合砂を用いた。

均一砂での実験結果、河口テラス上の砂粒子の移動は碎波後の流れにより全体として岸向きに運ばれ、一部は河口に、他は河口の外側に向けて移動する形であることが明らかになった。土砂の移動パターンは、粒径が大きいほど前者が、小さいほど後者が顕著である傾向がみられ、粗砂の場合は、海岸線方向の汀線近くに土砂が堆積する現象はみられなかった。混合砂での実験結果、河口部には粗砂が、海岸線方向の汀線近くには細砂が堆積するため、河口部の粗砂混合率が海岸線方向の汀線近くのそれより高く、河口から離れるほど汀線近くの粗砂混合率は低くなる傾向があることが確かめられた。これは、石狩川河口周辺での実測とも定性的に一致する。また、海岸線方向の砂の拡がり速度は、粗砂の粒径が大きい混合砂ほど遅くなる傾向があることが認められた。

第4章では、洪水時のように河川流が卓越する場合、河口密度流の沿岸域での挙動および流出土砂中の浮遊砂に対する沿岸域での流動に関する検討を行った。本研究で用いた積分モデルの主な因子は、河口での形状比 λ 、初期密度 Froude 数 F_{r10} 及び浮遊砂粒径 d であり、塩淡水密度噴流を対象にした実験値と計算結果を比較することよりモデルの妥当性を検証した。その結果、 λ より F_{r10} が密度流の沿岸域での流動に大きな影響を与えることが明らかになった。計算結果によれば、流速 u 及び密度差 $\Delta \rho$ の流下方向通減は、 F_{r10} と λ が大きいほど急激になった。河口近くでの河水水深 h は、 F_{r10} が 1.0 で比較的小さい場合は単調減小するが、大きくなると一時的に増加した後、ある地点から減少する傾向がみられた。河水幅 b は、 F_{r10} と λ が大きいほど河口近くでの増加率が大となった。浮遊砂濃度 C の流下方向通減も、 u 及び $\Delta \rho$ と同様に F_{r10} と λ が大きいほど、 d が大きいほど急激になることが確かめられた。浮遊砂の影響範囲は F_{r10} がと λ が大きいほど大となる傾向がみられ、 F_{r10} と λ が同じ条件下では d が大きいほど浮遊砂の影響範囲が小である傾向が明らかになった。この計算結果から、石狩川河口では、浮遊砂の大部分は河口砂州の形成に寄与しないものと推定された。

第5章では、本論文で得られた結果をまとめている。

学位論文審査の要旨

主 査	助教授	黒 木 幹 男
副 査	教 授	長谷川 和 義
副 査	教 授	藤 田 睦 博
副 査	教 授	佐 伯 浩

学 位 論 文 題 名

河川と沿岸域の土砂移動現象に関する基礎的研究

河口周辺の流れと土砂の挙動は旧来の河川工学や海岸工学の枠を超えて、エスチュアリー・エンジニアリングとして今後の発展が期待されている分野である。流域開発にともなう沿岸域への土砂供給量の変化が、海岸侵食を始めとする沿岸域における環境変化の主な原因であるとの指摘もあるが、因果関係は不明な点が少なくなく、学問的な解明が待たれている。

本研究は河川と沿岸域のつながりを土砂を主軸にして、現地計測、水路実験、理論解析により基礎的な枠組みについて検討を行ったもので、その主な成果は以下のとおりである。

本論文は5章で構成されている。

第1章は、序論であり、研究の背景および目的を述べている。

第2章では、河川から供給される土砂と、海浜域に存在する土砂について、石狩川とその河口周辺海浜を対象にして、粒度組成および岩種構成に着目して、数値シミュレーションと現地計測により検討している。石狩川本川と主要支川との関係では、それぞれの支流域から特徴的な岩種の土砂流出が認められるものの、本川の流砂量が極めて大きいことを明らかにしている。石狩川から供給される土砂の多くは浮遊形式で輸送される細砂であり、河口テラスを形成し海浜への2次的な土砂供給源となる掃流砂は量的に少ないこと、河口近くの海浜ではほぼ掃流砂と同様な粒度組成であるが、河口から離れた海浜では粗砂成分が減少することなどが明らかするとともに、河川と海浜をつなぐ機構の解明の必要性を指摘している。

また、岩種構成に関しては、石狩川からの供給土砂中に存在しない成分が周辺海浜砂中に有意に存在していることを明らかにし、石狩川以外からの土砂供給の可能性を指摘している。

第3章では、波浪卓越時を対象に、波とそれによる流れによる河口テラスの変型と、河口から離れた海浜への選択的土砂輸送のプロセスを実験的に検討している。実験は均一砂と混合砂を用いて行われ、波向は汀線に対して30度方向に固定されている。

均一砂・混合砂何れの場合も、河口テラスの砂は碎波帯から岸方向に向かって輸送され、一

部は河口周辺に、他は河口から離れた海浜の汀線付近にそれぞれ移動・堆積する。均一砂の場合、粒径が大きい程前者が顕著であり、河口から離れた海浜の汀線付近まで輸送されるものは少なくなることを明らかにしている。

混合砂の場合は、河口付近には粗砂が、河口から離れた海浜の汀線付近に細砂が選択的に輸送され堆積すること、このため、河口から離れるに従って粗砂混合率が減少することを明らかにしている。これは石狩川河口および周辺海浜での実測の結果を合理的に説明でき、河口周辺の波による土砂の挙動の基礎的なメカニズムが明らかにされている。

第4章では、洪水時のように河川流が卓越する場合について、河川水の沿岸域での挙動ならびに流出土砂中の浮遊形式で輸送される細砂成分の挙動について理論的に検討を行っている。解析には、定常流れを対象に、水深方向および横断方向に分布形を仮定した積分モデルが用いられている。既往の塩淡水密度噴流の実験結果と比較して理論の妥当性の検証を行い、現象が河口での形状比、初期密度フルード数、および浮遊砂粒径のみで記述されることが示されている。

解析から、密度流の挙動の特徴として、初期フルード数の影響が大きく河口形状比の影響は2次的であること、それらの値が大きい程流速および密度の変化は急速に減少し河水幅の増加率は大きくなること、などが指摘されている。浮遊砂の挙動に関しては、初期フルード数とともに浮遊砂粒径の影響が大であること、粒径が大である程浮遊砂濃度は急激に減少することが明らかにされている。

解析結果を石狩川に適用し、平年的な河口テラスの形成との関係について論じている。浮遊砂の大部分は河口テラスよりさらに遠方まで運ばれ、その形成に大きくは寄与しないことを明らかにしている。これは、河口周辺の粒度組成が掃流形式での流出土砂の組成に近いという事実を合理的に説明し、河口デルタの形成ならびに浮遊流出土砂の沿岸域での挙動に関する基礎的なメカニズムが明らかにされている。

第5章では、本論文で得られた結果をまとめている。

これを要するに、著者は河川ならびに河口周辺の土砂の挙動を総合的に理解するための基礎的な方法論を提案しており、河川工学およびエスチュアリー・エンジニアリングの発展に貢献すること大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。