

全国一級水系における河道容積の 年平均変化率について

ANNUAL AVERAGE CHANGE RATE OF RIVER CHANNEL CAPACITY OF CLASS-A RIVERS IN JAPAN

舛屋繁和¹・中村圭吾²・服部敦²・武内慶了³

佐藤慶太⁴・竹下直樹⁵・福島雅紀⁶

Shigekazu MASUYA, Keigo NAKAMURA, Atsushi HATTORI, Yoshinori TAKEUCHI

Keita SATO, Naoki TAKESHITA, Masaki FUKUSHIMA

¹非会員 工修 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部河川研究室（現 株式会社ドーコン）
（〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地）

²正会員 博(工) 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部河川研究室（同上）

³正会員 工修 国土交通省国土技術政策総合研究所企画部企画課（同上）

⁴非会員 博(工) 株式会社ドーコン（元 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部河川研究室）
（〒004-8585 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4番1号）

⁵非会員 学士 株式会社ドーコン（元 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部河川研究室）
（同上）

⁶正会員 博(工) 一般財団法人 国土技術研究センター（元 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部河川研究室）（〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-12-1ニッセイ虎ノ門ビル7階）

The sediment balance in each segment of Class A rivers in Japan was studied as fundamental data for river management. The relationship between increase of river capacity and volume of river excavation for flood control and gravel mining was evaluated based on calculated sediment balance, and the trend of river capacity change was analyzed. As a result, the river excavation mainly cause the increase of river capacity and maintain the river channel volume which naturally decrease without river excavation.

Key Words : *Sediment balance, River management, river capacity*

1. はじめに

我が国の河川では、戦後から平成初期にかけて河道改修や砂利採取が実施され、河積を増加させることで、治水安全度の向上に大きく寄与してきた。しかし、近年では砂利採取が規制されるとともに、なかには河床が上昇傾向に転じ、河積が減少傾向にある河川もある¹⁾。

流下能力の向上には、河積のみならず河道縦横断形状や樹木群といった要素も関係する。ところで一級河川においては整備方針規模の流下能力確保を目指すには、全国的に見て河積拡大を必要とする河川が多い。我が国の河川の流下能力がこうした段階であることを踏まえると、長期的・全国的な視点で河積の動向を捉えていくことで、流下能力向上の状況をマクロに把握していくことが有効と考えられる。

こうした見方に立脚して、これまでの河道改修等で獲得した河積、すなわち治水安全度を維持するとともに、更に今後高めていくにあたっては、河積の変化状況を分析し、そこから得た知見を管理の高度化のために活用することが必要と考える。

全国一級水系の土砂の収支を把握する情報としては、流砂系現況マップ²⁾がある。流砂系現況マップは、人為インパクト（ダム堆砂、直轄区間の砂利採取・河道改修による土砂の搬出および搬入（以下、河道搬出（入）））、河床変動高、汀線後退状況などを水系毎に整理したもので、日本の流砂系の全体状況を大局的・俯瞰的に把握できるが、土砂の質（粒径）に関する情報が記載されていない。河道は様々な粒径の土砂で構成されており、異なる粒径集団で構成された区間では、同一水系であっても河道の変化特性が異なる。そのため、土砂の量と質（粒径）の両方に着目した整理が必要である³⁾。

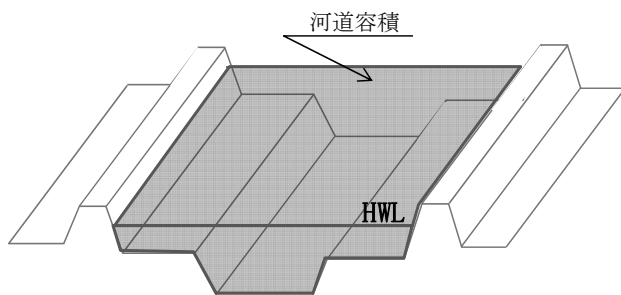


図-1 河道容積のイメージ

藤田ら⁴⁾、海野ら⁵⁾は、単一の流域を対象に、それぞれの流域で河川管理上の課題となっている粒径集団に着目し、現地の詳細なデータや解析結果を基に土砂の収支の把握を試みている。このような取り組みは、土砂に関わる河川管理上の課題が顕在化している河川において非常に有効である。

本報告では、今後の河道の整備・管理の効率化に資する基礎資料として、全国一級水系の河道区域（直轄区間）を、セグメント単位で礫、砂、シルト・粘土の3つの粒径集団に分類し、粒径集団毎の土砂収支を算定し、河積の増加と河道掘削（砂利採取と河道搬出（入）の合算値）の関係について調べた。また、今後の河道管理に資するため、近年の河積の変化傾向を分析した。

2. 土砂収支の算定方法

土砂収支の算定にあたっては、以下に示す土砂収支の算定期間内において、計画高水位（HWL）以下の河積に区間距離を乗じた河道容積（図-1）の増加量、ダム堆砂量、砂利採取量、河道搬出（入）量の4項目を水系別に集計し、期間の年数で除することにより、それぞれの項目の年平均値（ $\text{m}^3/\text{年}$ ）を算定した。

以下に、土砂収支の算定期間の設定方法、河道容積増加量の年平均値（以下、年平均河道容積増加量）およびダム堆砂量の年平均値（以下、年平均ダム堆砂量）、砂利採取量の年平均値（以下、年平均砂利採取量）、河道搬出（入）量の年平均値（以下、年平均河道搬出（入）量）の算定方法を示す。

（1）土砂収支の算定期間の設定方法

全国一級水系直轄区間の河道横断面図を収集し、引堤の効果を含めた全国一級水系全体の河道容積の経年変化を求めた（図-2）。河道横断面図は一般的に約5年毎の定期横断面測量で取得される。そのため、横断面図が存在しない年次の河道容積は、前後の河道容積から線形内挿しており、昭和40年から昭和61年、平成14年から平成24年の期間では、直近の河道容積変化率から線形外挿によって河道容積を推定した水系が若干含まれている。

図-2によると、昭和40年代から現在にかけて河道容積

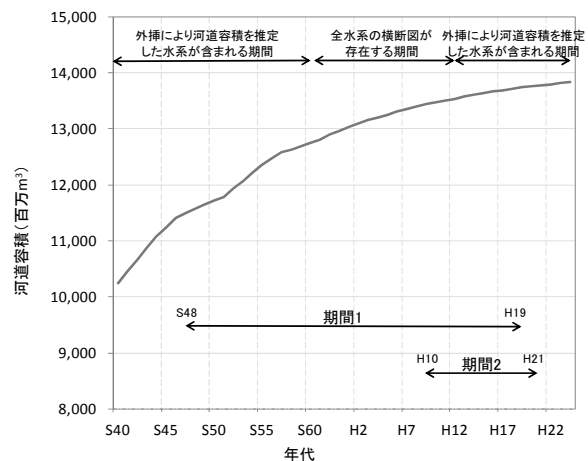


図-2 全国109水系の総河道容積経年変化

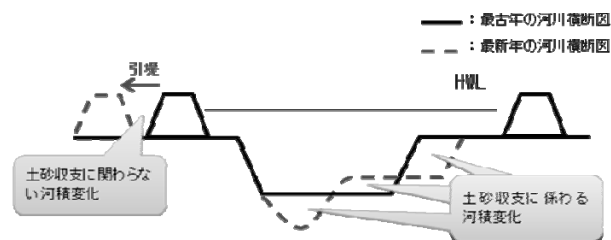


図-3 土砂の収支に関わる河積の変化量

が増加し続けているが、砂利採取がさかんに行われていた年代とそれ以降の年代で、河道容積の増加量が異なることがわかる。そこで、砂利採取を含む河道掘削量の増減に応じた河道容積の変化について把握することを念頭に置き、全国一級水系全体の土砂収支を図-2に示す2期間に分けて算定した。

年平均河道容積増加量を算定し、年平均ダム堆砂量や年平均砂利採取量、年平均河道搬出（入）量と比較するためには、各年平均値の算定期間をそろえる必要がある。ダム堆砂量および砂利採取量、河道搬出（入）量については、毎年のデータが残されているが、年平均河道容積増加量の算定に必要な横断面図は、前述のとおり約5年毎の定期横断面測量で取得される。そのため、土砂収支の算定期間の最古年、最新年は、各河川において横断面測量が実施された年次に規定される。

期間1は、砂利採取がさかんに行われていた時期を含む過去から現在までの期間とし、各河川において、捷水路工事が終了した後の最も古い横断面図の測量年次を最古年とし、河川ごとに土砂収支を算定した。最古年を捷水路工事が終了した後の最も古い横断面図の測量年次としたのは、捷水路工事により流路が変わると、河積の比較が行えないことによる。期間1の109水系平均期間は、昭和48年から平成19年である。

期間2は、砂利採取が概ね終了した後の近15年程度前から現在までの期間とし、各河川において、近10年から15年程度前に取得された横断面図の測量年次を最古年とし、期間1と同様に、河川ごとに土砂収支を算定した。最古年を近10年から15年程度前に取得された横断面図の測量年

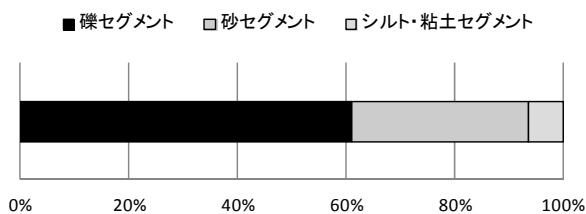


図-4 全国109水系の総河道容積の粒径集団構成比率

次としたのは、近10年から15年程度前まで遡ると、多くの河川で砂利採取が規制されていることによる。一部の河川では、近10年以降も砂利採取が実施されている。しかし、土砂収支の算定期間が短すぎると、期間内に発生した出水などの大きなイベントによって、平均とは異なる値が算定される可能性がある。これを避けるため、近10年以降に砂利採取が実施されている河川についても、期間2の最古年は、近10年から15年程度前に取得された横断面図の測量年次としている。期間2の109水系平均期間は、平成10年から平成21年である。なお、一部の水系で近10年から15年前の横断面図を収集できなかったため、最古年が昭和後期となっている水系も若干含まれている。

(2) 年平均河道容積増加量

各算定期間の最古年、最新年の横断面図より、引堤などの土砂収支に関わらない河積の変化を除いた、土砂の収支に関わるHWL以下の河積の変化量（図-3）を算定し、区間距離を乗ずることにより、算定期間内の河道容積増加量を算定した。これを算定期間の年数で除することにより、年平均河道容積増加量を算定した。

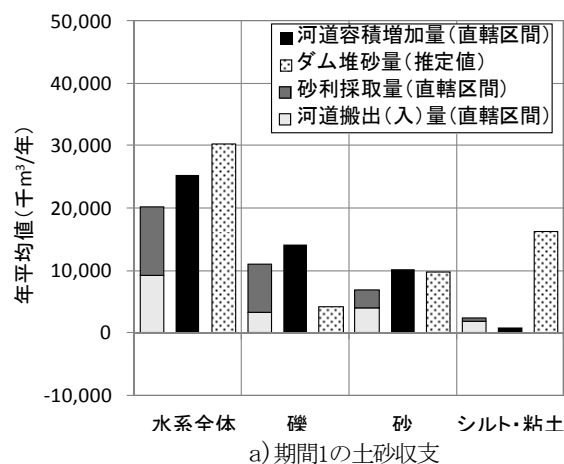
算定した年平均河道容積増加量はセグメント毎に集計し、セグメントの河床材料の主成分の粒径に基づいて、礫、砂、シルト・粘土の粒径集団に、それぞれ配分した。ただし、あくまで主成分の粒径による配分であるため、実際には他の粒径集団の土砂も含んだ配分となっている。

なお、全国109水系の総河道容積の粒径集団別構成比率は図-4のとおりである。

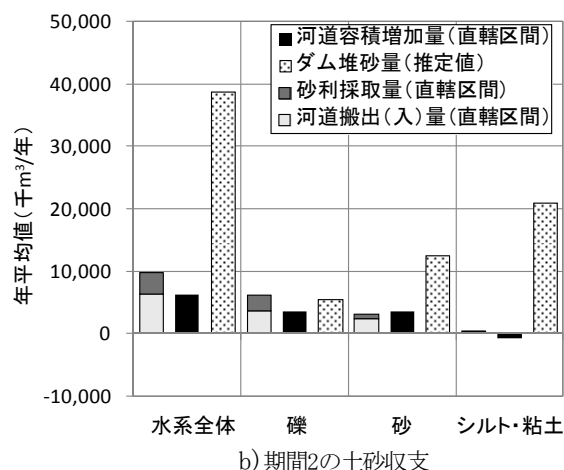
(3) 年平均ダム堆砂量

水系内に存在する直轄ダム、補助ダム、機構ダム、大規模利水ダム（総貯水容量100万 m^3 以上）の実績データから、水系ごとに算定期間内の年平均ダム堆砂量を算出した。また、実績データが存在しない小規模利水ダム（総貯水容量100万 m^3 未満）の年平均ダム堆砂量は、同一水系内に存在する直轄ダム、補助ダム、機構ダム、大規模利水ダムの実績堆砂量と総貯水容量の関係から、最小二乗法により流域内の年平均ダム堆砂量と総貯水容量の関係式を求め、対象となる小規模利水ダムの総貯水容量から、年平均ダム堆砂量を推定し、合算した。

ダム堆砂量の粒径集団比率は、本来であれば各ダムにおいてダム湖内の粒度分布の調査を実施し、ダム毎に粒径集団比率を設定すべきである。しかし、ダム湖内の



a) 期間1の土砂収支



b) 期間2の土砂収支

図-5 全国109系合計の土砂収支

粒度分布を調査している事例が少なかったことから、本報告では、櫻井ら⁶⁾の調査結果から、礫：砂：シルト・粘土＝0.139：0.323：0.539とした。

(4) 年平均砂利採取量および年平均河道搬出（入）量

記録が現存する砂利採取量および河道搬出量を集計し、算定期間内の砂利採取量および河道搬出（入）量とした。これを算定期間の年数で除することにより、年平均砂利採取量、年平均河道搬出（入）量を算定した。

算定した年平均砂利採取量および年平均河道搬出（入）量はセグメントごとに集計し、前述(2)と同様の方法で、礫、砂、シルト・粘土の粒径集団に、それぞれ配分した。

なお、古い年代の砂利採取量や河道搬出（入）量については、全ての資料を収集できていない可能性がある。

3. 河道容積の増加と河道掘削の関係

(1) 土砂収支の全国的な傾向

まず、全国的な土砂収支の傾向を把握するため、全国109水系の年平均河道容積増加量、年平均ダム堆砂量、年平均砂利採取量、年平均河道搬出（入）量を、期間1

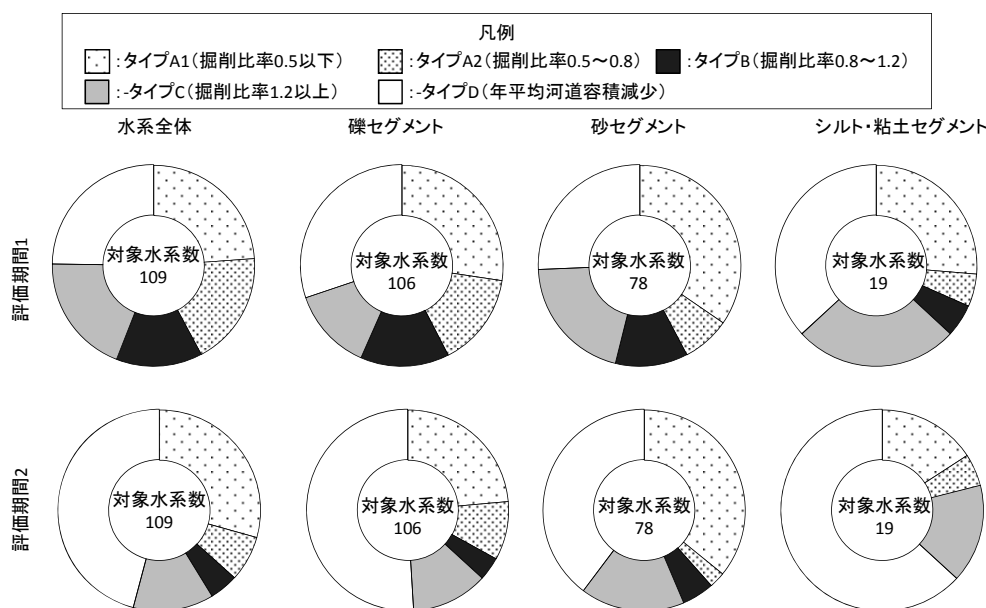


図-6 掘削比率別水系数

および期間2で、それぞれ水系全体および粒径集団別に合算した(図-5)。

a) 水系全体の土砂収支の全国的な傾向

水系全体でみると、期間1では年平均ダム堆砂量、年平均砂利採取量、年平均河道搬出(入)量の合計(以下、年平均総掘削・堆砂量)が約50,000千 m^3 /年となっている。また、年平均河道容積増加量は約25,000千 m^3 /年となっており、年平均総掘削・堆砂量の約5割の河道容積が増加している。一方、期間2では年平均総掘削・堆砂量は約48,000千 m^3 /年となっており、期間1における年平均総掘削・堆砂量とほぼ同じである。しかし、年平均河道容積増加量は約6,000千 m^3 /年となっており、年平均総掘削・堆砂量の約1割の河道容積増加となっている。

年平均砂利採取量および年平均河道搬出(入)量の合計(以下、年平均総掘削量)は、期間1で約20,000千 m^3 /年、期間2で約10,000千 m^3 /年となっており、期間2は期間1に比べて約10,000千 m^3 /年少ない。一方、年平均河道容積増加量は、期間2は期間1に比べて約19,000千 m^3 /年少ない。期間2は期間1に比べて、年平均総掘削量、年平均河道容積増加量ともに少なくなっている。

b) 粒径集団別の土砂収支の全国的な傾向

礫の年平均総掘削量は、期間1で約11,000千 m^3 /年、期間2で約6,000千 m^3 /年となっており、期間2は期間1に比べて約5,000千 m^3 /年少ない。一方、礫の年平均河道容積増加量は、期間1で約14,000千 m^3 /年、期間2で約3,000千 m^3 /年となっており、期間2は期間1に比べて約11,000千 m^3 /年少ない。砂の年平均総掘削量は、期間1で約7,000千 m^3 /年、期間2で約3,000千 m^3 /年となっており、期間2は期間1に比べて約4,000千 m^3 /年少ない。砂の年平均河道容積増加量は、期間1で約10,000千 m^3 /年、期間2で約4,000千 m^3 /年となっており、期間2は期間1に比べて約6,000千 m^3 /年少ない。シルト・粘土の年平均総掘削量は、

期間1で約2,500千 m^3 /年、期間2で約500千 m^3 /年となっており、期間2は期間1に比べて約2,000千 m^3 /年少ない。シルト・粘土の年平均河道容積増加量は、期間1で約900千 m^3 /年、期間2で約700千 m^3 /年となっており、期間2は期間1に比べて約1,600千 m^3 /年少ない。

粒径集団別に見ても、水系全体で見た場合と同様に、期間2は期間1に比べて、年平均総掘削量、年平均河道容積増加量ともに少ない。このことから、全国平均的に見た場合、期間1と期間2の年平均河道容積増加量が異なる原因の一つとして、年平均掘削量の違いが考えられる。

(2) 水系別にみた土砂収支の傾向

次に、水系別にみた土砂収支の傾向を把握するため、全国109水系を、期間1および期間2で、それぞれ水系全体および粒径集団別に、年平均河道容積増加量に占める年平均掘削量の割合(以下、掘削比率)により、5つのタイプに分類した(図-6)。

タイプA1は、掘削比率が0.5以下であり、河道掘削量以上に河道容積が増加している水系である。タイプA2は、掘削比率が0.5~0.8であり、河道掘削量以上に河道容積が増加しているものの、河道容積の増加に河道掘削が大きく寄与している水系である。タイプBは、掘削比率が0.8~1.2と年平均掘削量と年平均河道容積増加量がほぼ等しく、河道掘削によって河道容積が順調に増加している水系である。タイプCは、掘削比率が1.2以上であり、河道掘削を実施しなければ河道容積が増加しない水系である。タイプDは、河道容積が減少している水系である。タイプA2~タイプCは、河積の維持・増加に、河道掘削が大きく寄与している水系といえる。

なお、河川の治水安全度は、河道の横断形状や樹木などの河道抵抗値による流下能力が、セグメント単位で最も低い場所によって規定される。しかし、本報告で算定

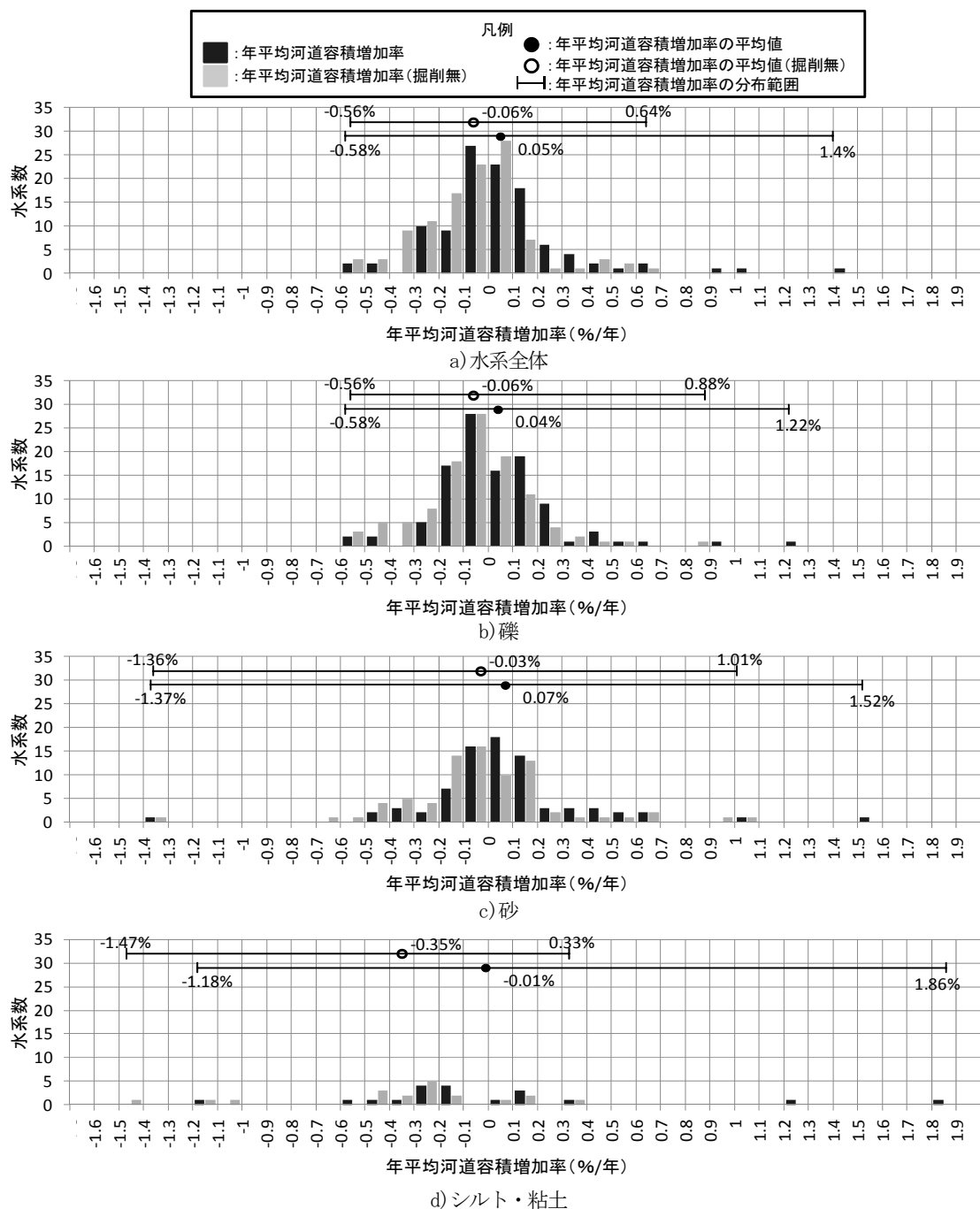


図-7 期間2における年平均河道容積増加率の頻度分布

した土砂収支は、セグメント平均の河道容積増加量を算定したものである。従って、本報告で述べている河道容積の減少は、必ずしも治水安全度の低下を意味しないことに留意する必要がある。

a) 水系全体でみた個別水系の土砂収支傾向

期間1では、対象となる109水系のうち26水系がタイプA1に分類されている。また、タイプA2は20水系、タイプBは15水系、タイプCは21水系、タイプDは27水系となっており、河道容積が増加した82水系のうち、56水系では河道容積の増加に河道掘削が大きく寄与している。期間2では、期間1に比べてタイプA2～タイプCの水系が少なく、タイプA1およびタイプDの水系が多い。特に、タイ

プDの水系はほぼ倍となっている。図-5で示したとおり、期間2では全国109水系全体の年平均掘削量が期間1に比べて少ない。このことから、河道掘削が河道容積の増加に大きく寄与している水系においては、近年、河道容積の増加量が減少あるいは堆積傾向に変化したものと思われる。

b) 粒径集団別にみた個別水系の土砂収支傾向

期間1の礫では、礫セグメントが存在する106水系のうち、29水系がタイプA1に分類されている。また、タイプA2は16水系、タイプBは15水系、タイプCは14水系、タイプDは32水系となっており、河道容積が増加した74水系のうち、45水系では河道容積の増加に河道掘削が大きく

寄与している。期間2では、タイプA2からタイプCの水系が期間1の約6割の27水系、タイプDの水系が期間1の約1.7倍の54水系と多くなっている。

また、期間1の砂では、砂セグメントが存在する78水系のうち、27水系がタイプA1に分類されている。また、タイプA2は6水系、タイプBは9水系、タイプCは16水系、タイプDは20水系となっており、河道容積が増加した58水系のうち、31水系では河道容積の増加に河道掘削が大きく寄与している。期間2では、タイプA2からタイプCの水系が期間1の約6割の19水系、タイプDの水系が期間1の約1.5倍の31水系となっている。

期間1のシルト・粘土では、シルト・粘土セグメントが存在する19水系のうち、5水系がタイプA1に分類されている。また、タイプA2は1水系、タイプBは1水系、タイプCは5水系、タイプDは7水系となっており、河道容積が増加した12水系のうち、7水系では河道容積の増加に河道掘削が大きく寄与している。期間2では、タイプA2からタイプCの水系が期間1の約6割の4水系、タイプDの水系が、期間1の約1.7倍の12水系となっている。

図-5をみると、粒径集団別に見ても水系全体と同様に、期間2では各粒径集団ともに年平均総掘削量が期間1に比べて少ない。このため各粒径集団ともに、河道掘削が河道容積の増加に大きく寄与している水系において、近年、河道容積の増加量が減少あるいは堆積傾向に変化したものと思われる。

4. 近年の河道容積変化の傾向

期間2においては、期間1と比較して年平均河道容積増加量が少ないことから、期間2における各水系の河道容積の変化傾向について分析を加えた。分析にあたっては、各水系の年平均河道容積増加量を横並びに評価できるように、水系ごとに年平均河道容積増加量を変化前の河道容積で除した、年平均河道容積増加率（%/年）を用いた。また、河道掘削を行わなかった場合、年平均河道容積増加量は、年平均河道容積増加量から年平均掘削量を差し引いた値となると仮定し（以下、年平均河道容積増加率（掘削無））、これも合わせて評価した。

全国109水系の年平均河道容積増加率および年平均河道容積増加率（掘削無）の頻度分布を図-7に示す。

a) 水系全体でみた個別水系の河道容積の変化傾向

水系全体の年平均河道容積増加率は、ほとんどの水系が±0.2%の範囲に分布しており、その全国平均値は0.05%である。一方、年平均河道容積増加率（掘削無）の全国平均値は-0.06%となっており、若干堆積傾向にある。期間2においては、手を加えなければ減少する河道容積を、河道掘削によって増加させている状態である。

a) 粒径集団別にみた個別水系の河道容積の変化傾向

礫の年平均河道容積増加率は、対象水系のほとんどが

±0.2%の範囲に分布しており、その全国平均値は0.04%である。一方、年平均河道容積増加率（掘削無）の全国平均値は-0.06%となっており、若干堆積傾向にある。

砂の年平均河道容積増加率は、対象水系の多くが±0.2%の範囲に分布しており、その全国平均値は0.07%である。一方、年平均河道容積増加率（掘削無）の全国平均値は-0.03%となっており、若干堆積傾向にある。

シルト・粘土の年平均河道容積増加率は、-1.5%から1.9%の間に広く分布しており、特に頻度が多い箇所はみられず、その全国平均値は-0.01%で、若干堆積傾向にある。一方、年平均河道容積増加率（掘削無）の全国平均値は-0.35%となっており、堆積傾向にある。

粒径集団別にみても、各粒径集団ともに期間2においては、手を加えなければ減少する河道容積を、河道掘削によって増加させている状態にある。

5. おわりに

以下に、本報告の概要を示す。

- ・全国的な土砂収支の傾向をみると、河道容積の年平均の増加量は、砂利採取を含む河道掘削の総量と対応して変化する傾向が認められる。
- ・個別水系の土砂収支の傾向をみると、河道掘削が河道容積の増加に大きく寄与している水系が多く、砂利採取が概ね終了した期間2においては、河道掘削量の減少により、河道容積が増加している水系の数も減少している。
- ・期間2の全国109水系直轄区間を全体でみると、手を加えなければ減少する河道容積を、河道掘削によって増加させている状態にある。

謝辞：本報告をまとめるにあたって、国土交通省北海道開発局ならびに各地方整備局にデータや資料をご提供いただきました。ここに記して、謝意を表します。

参考文献

- 1) 中部地方整備局：安倍川総合土砂管理計画，2013。
- 2) 国土交通省河川部治水課：流砂系現況マップ，2002。
- 3) 国土交通省水管理・国土保全局：国土交通省河川砂防技術基準調査編，2014
- 4) 藤田光一，平館治，服部敦，山内芳朗，加藤信行：水系土砂動態マップの作成と利用—沼沢川と江合川の事例から—，土木技術資料，Vol.41，No.7，1999。
- 5) 海野修司，辰野剛志，山本晃一，渡口正史，本多信仁：相模川水系の土砂管理と河川環境の関連性に関する研究，河川技術論文集，第10巻，pp.185-190，2004。
- 6) 櫻井寿之，柏井条介，大黒真希：ダム貯水池の堆砂形態，土木技術資料45-3，pp.56-pp61，2003。

(2015. 4. 3受付)