九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

山地河川における階段状河床地形とヤマメ(Oncorhynchus masou masou)産卵床の形成位置に関する研究

広瀬, 健一郎
九州大学農学部林学科

丸谷, 知己
九州大学農学部林学科

https://doi.org/10.15017/10879

出版情報：九州大学農学部演習林報告. 68, pp.73-84, 1993-03-29. 九州大学農学部附属演習林
バージョン：
権利関係：

山地河川における階段状河床地形とヤマメ（*Oncorhynchus masou masou*）産卵床の形成位置に関する研究*

広　瀬　健一郎**・丸　谷　知　己**

抄　　録

山地河川においてヤマメ（*Oncorhynchus masou masou*）が生存システムを確立するためには，産卵空間を備えていることがきわめて重要な条件である．しかし，山地河川では，河床が急勾配であることに起因して時間的にも空間的にも流れが細かく変化し，それに応じて多様なスケールで河床変動が生じている．本研究の目的は，多様な河床地形の位置的な変化と産卵空間との関係を物理的に明らかにすることを目的とする．そのために瀬と淵とが連続して河床地形をつくる堆積作用の卓越した区間において，水深変化，流速変化および淵における底質の砂礫についての粒径変化を分析した．

その結果，ヤマメの産卵床は，フルード数が1の常流域と射流域の間に位置し，しかも一定の粒径組成をもつ粗砂，細礫，礫で満たされていることが必要なことがわかった．河川地形学でいうプール―ステップが小規模な河床変動によって形成されており，このような空間はそのプール下端部に見られること，さらにそのプールは中規模の河床変動によって形成される体積の大きいプールの連続区間において見られることがわかった．

キーワード：階段状河床地形，ヤマメ，産卵空間，流速，礫径分布

1．は　じ　め　に

山地河川にはヤマメをはじめとする多種多様の魚類が生息しているが，近年砂防ダム等の人工的な構造物が上流にまで築設されて，それが魚類に与える影響が問題になりつつある．砂防構造物は人間の生存基盤を確保するうえで不可欠ではあるが，同時に河川生態系を維持することもきわめて重要な問題である．この問題を科学的に解決するには，山地河川の地形および水理条件と魚類の生存システムとの関係を明らかにした上で，河川にどの程度の人工的な改造をおこなえば，魚類の生存システムがどの程度に変化するかを定量化する必要がある．

ところが，河川では流量変化に応答して土砂の運搬形式が変化するので，河床地形は位置的にも時間的にも常に変動している．魚類の生存システムは現在の地形および水理条件だけに対応しているのではなく，刻々と変化する河床地形に対して動的な応答関係にある．筆者らは，河川地形の変動規模や頻度に応じて，低い流量のときの採餌活動を維持する「生

---

* Ken-ichirou HIROSE and Tomomi MARUTANI : Distribution of Spawning Space of *Oncorhynchus masou masou* According to Spatial Changes of River Bed.

** 九州大学農学部林学科
Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812

活空間」と，渇水や洪水などの流量変化に対応できる「待避空間」と，次世代への繁殖戦略の場である「産卵空間」の3つから魚類の生存システムが構成されると考えた．

本研究では，ヤマメの生存システムのうちの産卵空間が，河床地形の動態とどのように応答しているかを明らかにすることを目的とした．そのために，ヤマメの繁殖基盤となる産卵床が，山地河川のひとつの特徴である階段状河床地形のどの位置に分布するかを調べ，水深および流速，砂礫の粒径などその近傍での物理的条件について分析した．

2．調 査 方 法

調査地は，一ツ瀬川水系大藪川流域の九州大学宮崎演習林内に設定した約1000 mの淡水魚類試験渓流である（図1）．大藪川流域は中生層砂岩，頁岩，泥岩からなる破砕帯に属するため，河床は偏平ないわゆる千枚岩から構成されている．河床勾配は1/30，河床幅は5〜15 mで山地急流河川である．

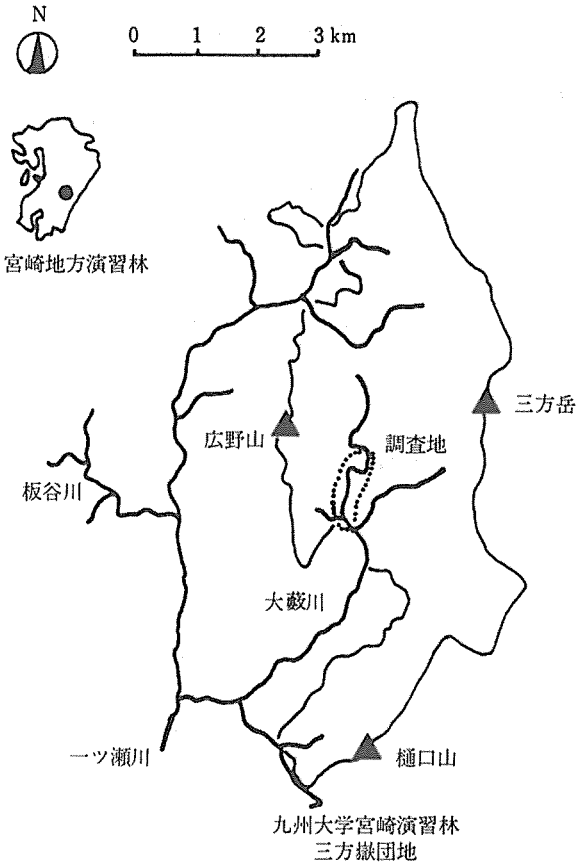

Fig. 1 Map of the research channel.
図1 調査地位置図

産卵床は，産卵期に毎日（1991.10.27～10.31，1992.10.26～10.29）位置と卵の有無とを確認した．産卵床は1000 mの試験渓流内において全部で29カ所を数えた．そのうち，下流側の18箇所について，産卵床付近の水深と流速，産卵床の構成礫の礫径分布を調べた．流速はプロペラ式流速計を用いて計測し，粒径はJIS規格の土質試験用篩を用いておこなった．河床地形は，多数の小規模な階段状河床地形（以下，プール―ステップ（Gordon, 1988））からなっておりきわめて複雑であるが，魚類との関係をみるという点から，プールの水面高さとステップの落差とを計測して縦断形をあらわした．

3．階段状河床地形と産卵床の形成位置

3.1．階段状河床地形

山地河川では，洗掘作用の卓越する区間と堆積作用の卓越する区間とが交互に生じることによって階段状河床地形が形成され（Marutani, 1988），これが魚類の生活に大きな役割をはたしている．ひとつの階段状河床地形は，縦断的に見れば急勾配のステップ（河床縦断形で瀬を含む階段状落差区間）に続いて，緩勾配のプール（淵を含む落差間の区間）と逆勾配のプールとステップへの移行部の4つからなっている（図2）．低い流量で維持される「生活空間」はこのプール内で営まれており，プールの大きさがヤマメ個体数と高い相関にあることはすでに報告されている（広瀬ら，1991）．

図3は，試験渓流の縦断面図である．図から，ひと組のステップとプールが数組連続することにより，さらにスケールの大きな階段状河床地形が形成されており，入籠構造になっていることがわかる．ひと組のプール―ステップの河床縦断勾配をプロットすると，勾配10％以上の区間が規則的に現われることがわかる（図4）．この勾配10％以上の区間を洗掘域と呼び（竹下，1964），それ以外を堆積域と呼ぶと，洗掘域と堆積域との形成間隔は50 mから200 mである．河床勾配1/50程度の山地渓流では洗掘と堆積の交互発生間隔が50 mから100 m程度とされているので（Gordon, 1988），この洗掘域と堆積域もやはり階段状河床地形のひとつと言える．本研究では，前者の階段状地形を小規模河床地形とし，後者を中規模河床地形とする（図5）．

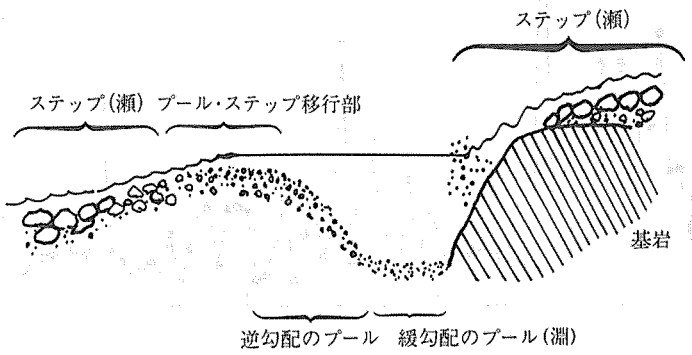

Fig. 2　Schematic profile at a pool-step changed by small scale transportation of sediment.
図2　階段状河床地形の縦断形の模式図

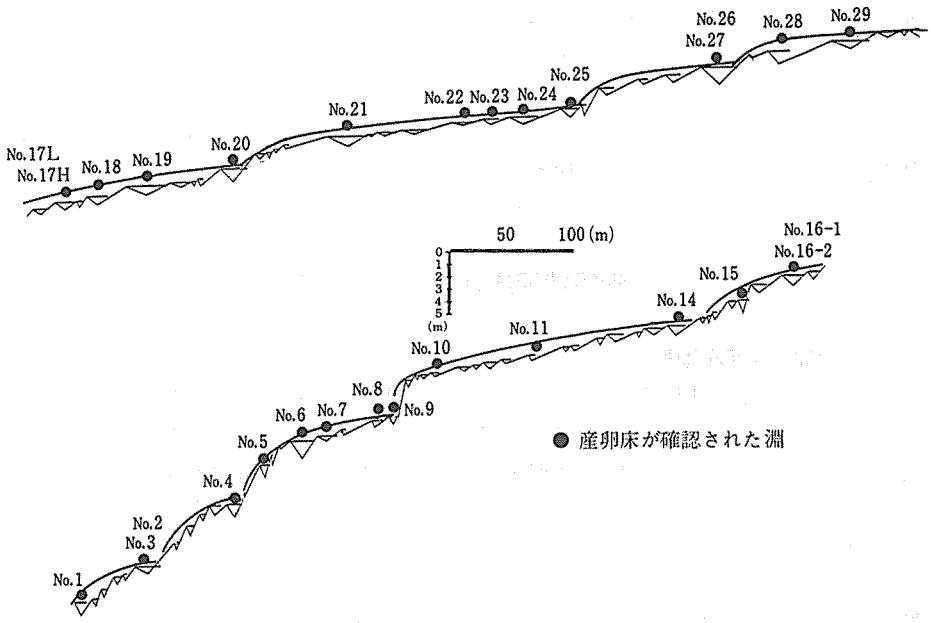

Fig. 3 Profile of morphology in the channel for fish observation.
図3 調査地の河床縦断形

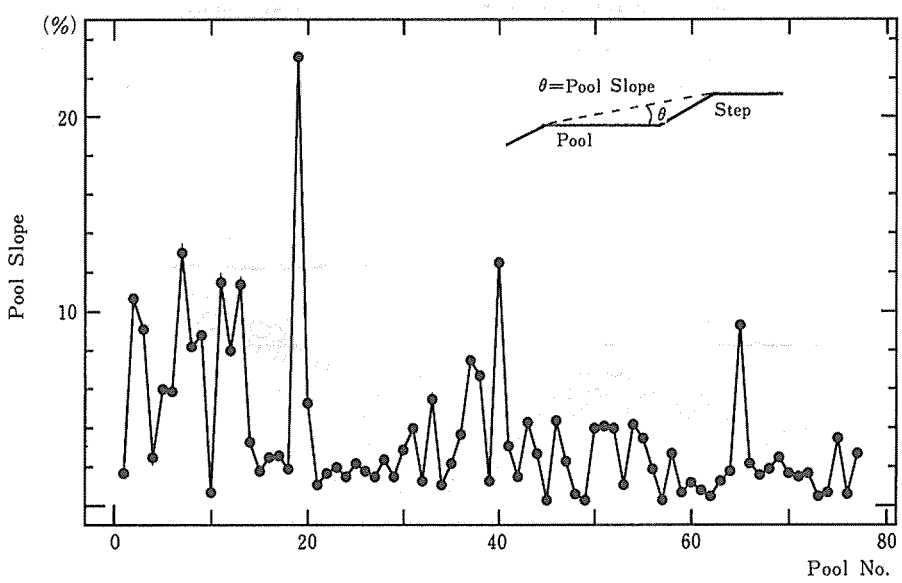

Fig. 4 Change of pool slope (θ) in the research channel.
図4 各プールの縦断勾配

3.2. 産卵床の形成位置

マヤメの雌による掘行動のため，河床が攪乱された範囲を産卵床とする．産卵床は，周りの河床に比べ白く見える．

図5に河床縦断形と産卵床の形成位置とを示した．産卵床の形成位置は，小規模河床地形および中規模河床地形のいずれとも関連して規則性が認められた．

小規模河床地形については，ほとんどの産卵床がプールからステップへの移行部(図6)にあり，このことは木村（1972）や丸山（1981）の報告と一致している．中規模河床地形については，産卵床を含むほとんどのプールが階段の天端にあたる緩勾配の堆積域に位置

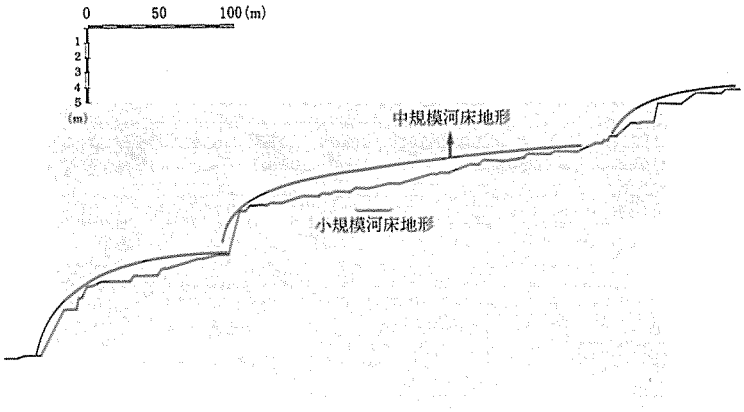

Fig. 5 Classification of channel morphology of a series of pool-step bed forms.
図5　階段状河床地形の分類

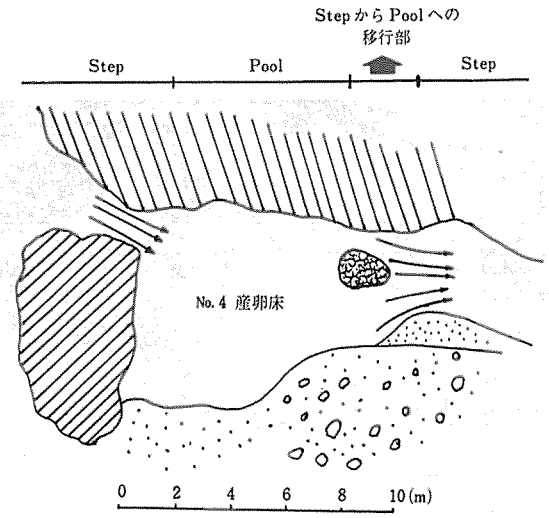

Fig. 6 A spot of space for spawning at a pool-step bed form.
図6　ステップ—プールにおける産卵床の位置

している．このように産卵床は河床縦断形にきわめて強く影響されており，まず中規模河床地形によって規定されたプールが選択され，その上でそれぞれのプール内での特定の位置において産卵行動がおこなわれることがわかった．

4．産卵床形成のための物理的条件

4.1. 産卵床内の礫径分布

ヤマメの産卵行動は，(1)産卵前に尾鰭で河床を掘削して直径 30 cm 程度のすり鉢状の凹部をつくり，(2)その中に定置して産卵をおこない，(3)産卵後に産卵床の上流側河床を再び掘削して，その砂礫で産卵床の凹部地を埋めるという経過をたどる（図 7，図 8）（木村，1972）．産卵直後の産卵床とその周辺の砂礫を採取して粒径分布を調べると，すり鉢状の凹部底には $\phi = 5 \sim 25$ mm の礫が残り，凹部を埋めるのに使われたのは $\phi = 0.85 \sim 25$ mm

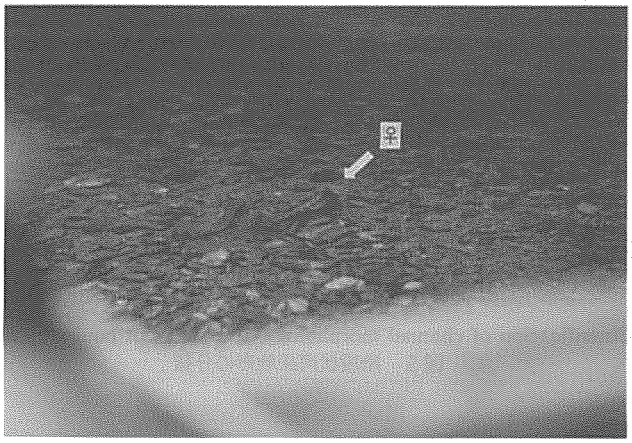

Fig. 7 The female to perform thedigging action.
図 7 河床を掘るヤマメの雌

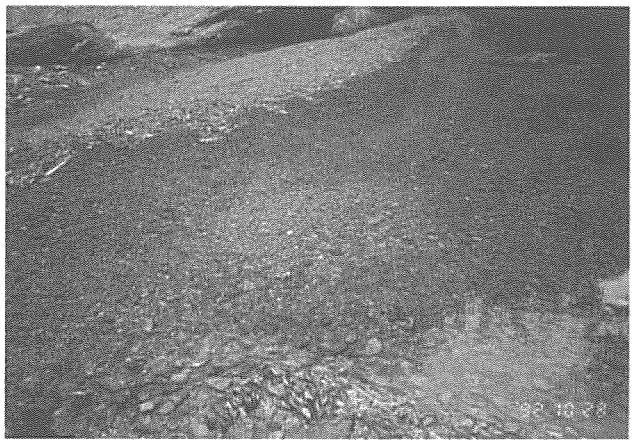

Fig. 8 The spawding redd.
図 8 ヤマメの産卵床（河床が白く見える部分）

の粗砂，細礫，礫で，産卵床の外に流出している礫は $\phi=2.0$ mm 以下の粗砂であった(図9)．この結果から，ヤマメの産卵には，ヤマメ自身が動かせる粗砂を含む $\phi=2.0$〜25 mm の砂礫が必要であると考えられた．

粒径分布を調べた砂礫は産卵床の凹部底付近で採取したが，これらのサンプルのうち $\phi=2.0$ 〜 25 mm の礫の混合率は重量比で 59〜94 %であることが明らかになった（図10)．No. 17 の上流側の産卵床は偽産卵床(卵なし)であった．これは，掘行動の途中で $\phi=$ 25 mm 以上の礫の混合率が高くなったため（重量比で 53 %)，ヤマメが産卵に必要な程度に凹部作ることができなかったと考えた．木村（1972）は，この程度の礫径が混入した産卵床でも産卵を確認しているが，凹部底ではなく掘削途中で礫径が大きくなることも産卵床の形成に影響することを示唆している．これらの結果から，砂礫の粒径とその混合率が産卵条件としてきわめて重要であることが明らかになった．

4.2.　産卵床近傍の水深と流速

水深と流速とは，おおまかには河川流量と河床勾配によって規定されるが，実際には河床粗度である河床の微地形によって細かく変化する．しかし，少なくともプールーステップ移行部では，流速低下によって流れが安定して定常流が形成されていた．そこで，それぞれの産卵床について凹部底で流速計を用いて流速と水深とを実測した．その結果，産卵床の凹部底では水深が 5〜35 cm のとき，流速は 0.2〜1.8 m/sec であった．さらに，これからフルード数($Fr=V/(g\cdot h)^{2/1}$；ただし，V：流速，g：重力加速度，h：水深)を求めると，産卵床は $Fr>1$ になる地点（射流域）の上流側に位置する $Fr\leqq1$ の地点（常流域）に位置することが多かった（図11)．

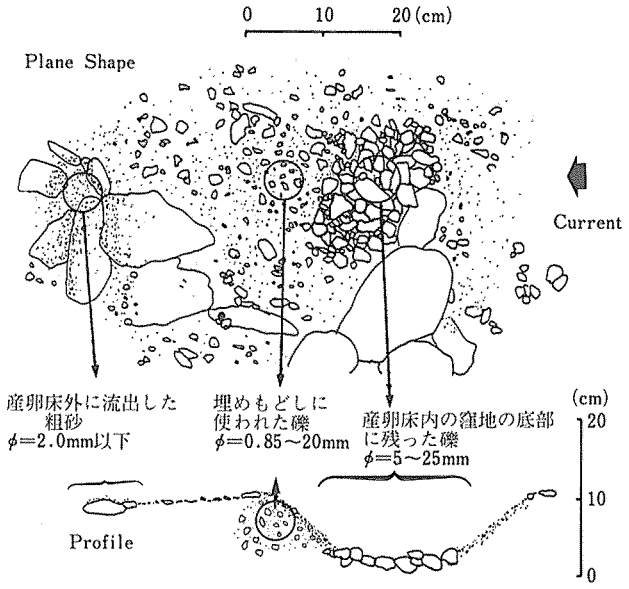

Fig. 9　Grain size distribution of bed load in the spawning redd.
図9　産卵床における底質の粒径分布

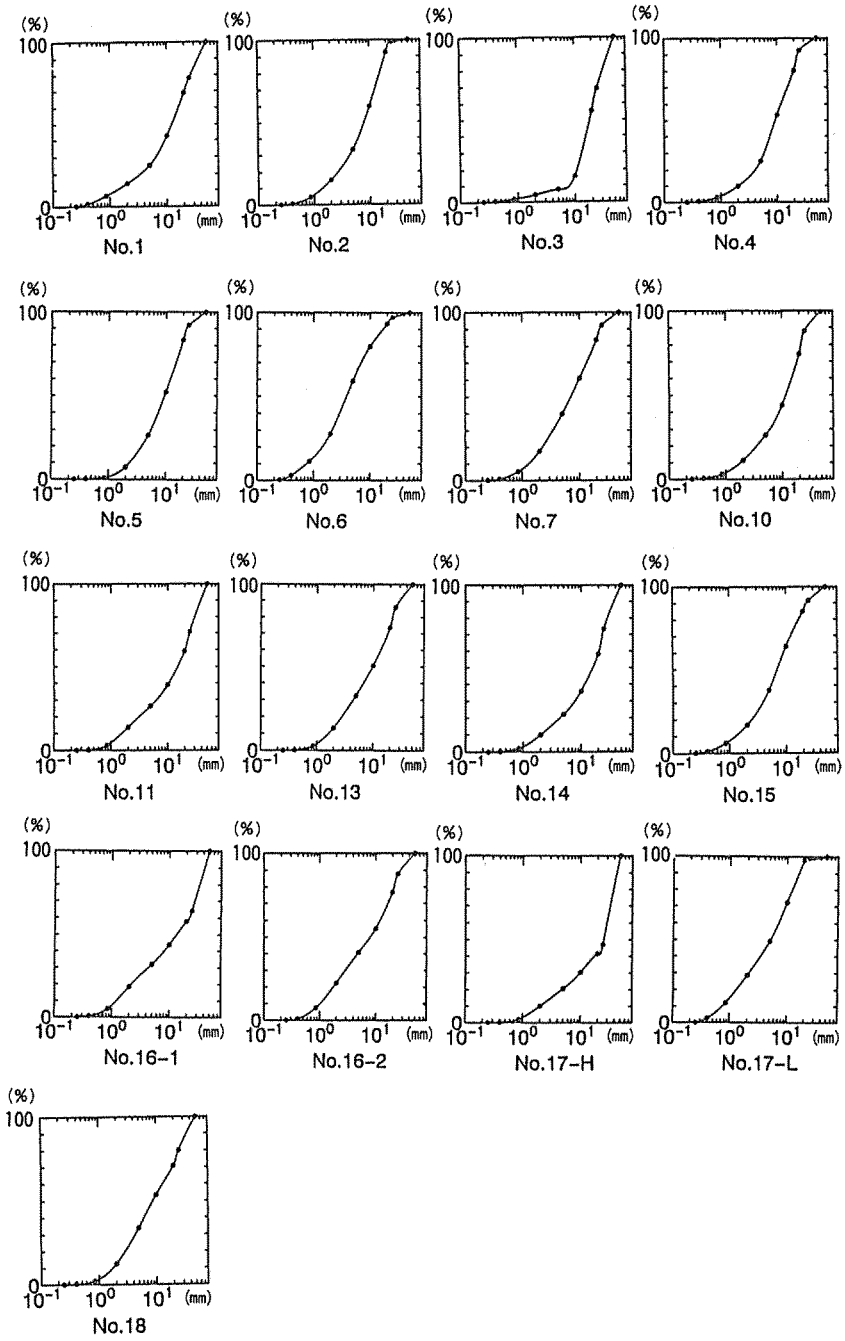

Fig. 10 Grain size accumulation curve of bed load in a space for spawning.
図 10 各産卵床を構成する砂礫の粒径加積曲線

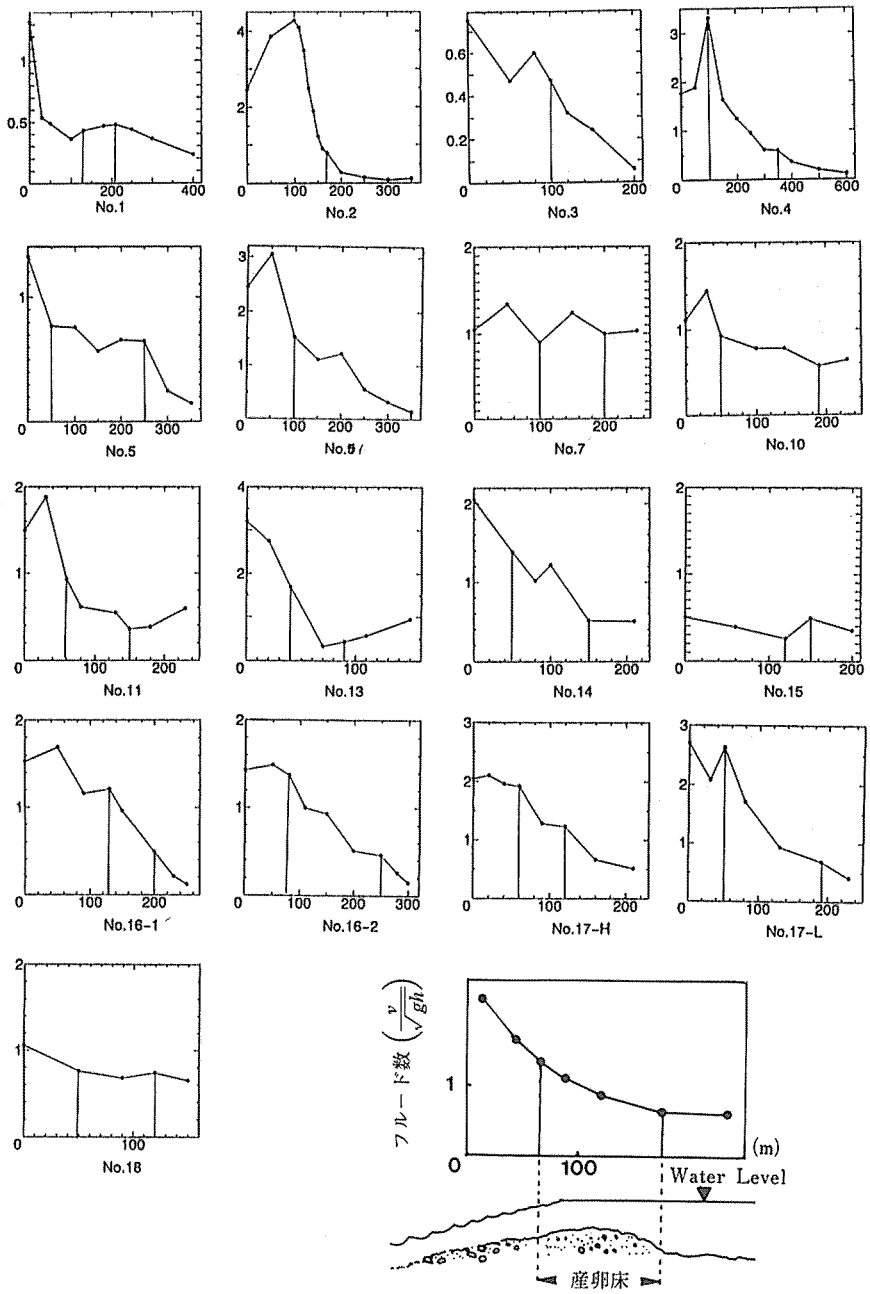

Fig. 11 Froude number on each space for spawning.
図 11 各産卵床でのフルード数

フルード数は，流水面の局部的な上下変動が上流方向に伝播するか（射流域）しないか（常流域）の境界を示す値であるから，ヤマメにとっては流れの作り出す流体力に対してどれくらい抵抗しながらで産卵行動をおこせるかということを意味している．ヤマメは，産卵のための掘行動をおこすときに，その場所を決める条件として，常流と射流の境界を1つの手がかりとしていると考えられた．

5．産卵床形成場の河川地形と水理の特徴

ヤマメの産卵床は，河川縦断形で見て中規模河床地形の堆積域に形成される傾向が認められた．中規模河床地形で縦断勾配が10％以下の区間が連続する堆積域では，低水流量時には掃粒運搬が卓越するので，上流の洗掘域から産卵床に必要な粒径の砂礫が常に一定量供給され続ける性質がある．また，小規模河床地形では縦断勾配が小さいほどプール長が長くなるから(図12)，産卵床を形成できる空間は広くなり，掘行動のチャンスは増加する．

またヤマメの産卵床は，小規模河床地形では常流域と射流域の境界の常流域側に形成される傾向が認められた（図13）．一定流量のもとで常流域と射流域とが交互に現れるのは，河川縦断形がいくつもの入籠状の階段形を形成しているからに他ならない．これまで言われてきたような産卵床の形成されるプール―ステップ移行部は，水理学的には階段状河床地形のもたらす必然的な結果である．

これを粒径に関して見ると，産卵床は河床表面に25 mm以下の砂礫の堆積が必要であることが明らかになったが，プール底部における砂礫の粒径分布をみると(図13)，多くの場合はプール底部の河床表面はプール―ステップ移行部のものより粒径が細かい．またステップでは，砂礫の堆積は認められず基岩や巨礫が裸出していることが多かった．したがって，ヤマメの産卵に適した砂礫の堆積は，プール―ステップ移行部が最も適していると考えられた．

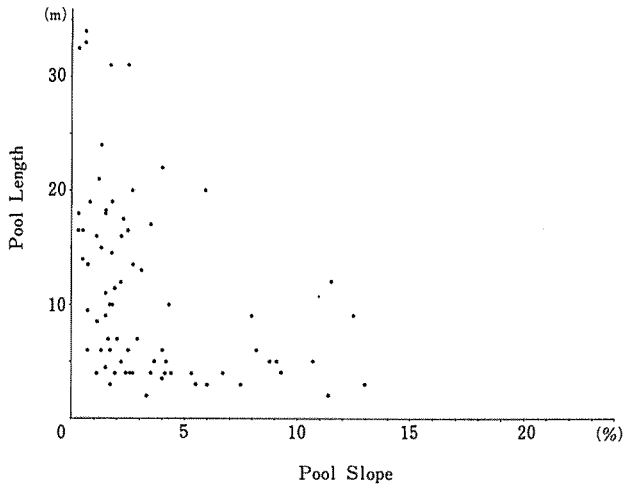

Fig. 12 Relationship between pool slope and pool length.
図12 河床縦断勾配とプールの長さの関係

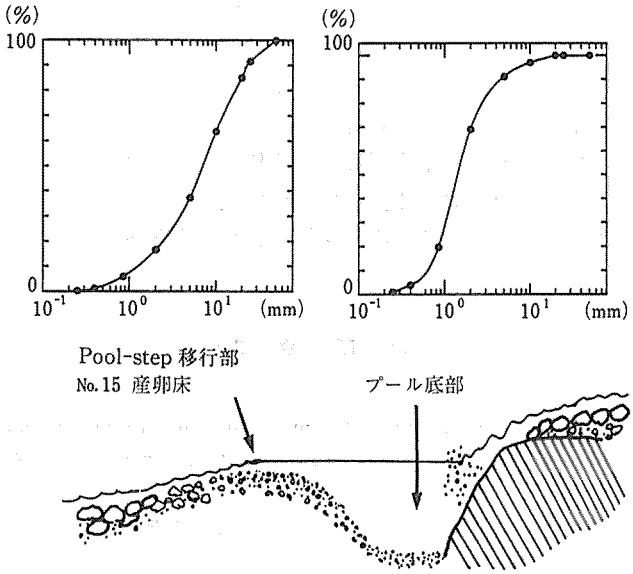

Fig. 13 Schematic diagram of distribution of bed load in a pool.
図13　プールの中での砂礫の粒径分布

6．砂防構造物による産卵床形成への影響

河川の中に築設された砂防構造物のうち横工は，巨大なステップに相当するため，その上下流の砂礫の粒径分布に大きな変化をもたらす．また護岸工は，流れを定常状態に近づける役割を果たすので，細かいステップとプールの形成を困難にする．

ヤマメ産卵床形成に必要な河床条件は，中規模河床地形としては勾配10％以下のプール―ステップの連続した堆積域，小規模河床地形としてはFr＝1程度の常流域と射流域との境界領域と掘行動に適した $\phi=0.85$～25 mm の砂礫が必要であることが明らかになった．

これらの河床条件がどの程度変化させられるかによって，産卵空間に対する砂防構造物の影響は評価されるべきであろう．この点から砂防ダムを考えれば，ダムの水抜きは満砂するまでの砂礫供給の役割を果しているが，それが小さい場合には流木や巨礫によりたちまち閉息される．また，水抜き埋積後に水通し天端まで満砂してい期間は，よほどの洪水がないかぎり $\phi=0.85$～25 mm の砂礫供給は止まる．同時に，骨格となるステップ―プールを構成することと，それらによる堆積域を維持することから，土石流などの集合運搬による巨礫の堆積も前提として必要である．

この2つの条件を河川地形の動態の中で維持するには，スリットダムのような一定粒径以下の砂礫供給を維持できる機能をダムに備えることが必要であろう．またこれまでのタイプのダムでは，満砂後にも集合運搬による巨礫の供給が可能なように調節量を維持することが必要なので，産卵空間の維持のためにはポケット掘削はなるべく避けるべきと考えられる．

謝　　辞

本研究は，河川環境管理財団による「河川氾濫による森林生態系の破壊と回復過程に関する研究（代表：丸谷知己）」の一部としておこなわれた．議論をして頂いた九州大学農学部竹下敬司教授，木村清朗教授，富山県立大学高橋剛一郎講師，九州大学演習林井倉洋二助手，伊藤哲助手に感謝の意を表する．また，現地調査に協力いただいた九州大学宮崎地方演習林の職員の方々，九州大学農学部林学第二講座の大学院生，学生諸氏に深くお礼を申し上げる．

引　用　文　献

GRANT, G. (1988) : Morphology of high gradient streams at different spatial scales, western cascades, Oregon. 砂防学会ワークショップ「荒廃渓流における地形変化と堆積土砂の制御」論文集：1-12

広瀬健一郎・丸谷知己 (1991)：渓流魚の分布構造に影響する河床縦断形について．平成3年度砂防学会研究発表会概要集：180-183

木村清朗 (1972)：ヤマメの産卵習性について．魚類学雑誌　**19 (2)**：111-119

MARUTANI, T (1988) : A Geomorphological study for the distribution of sediment and the constant shifting of balance on devastated stream beds. *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.* **33 (1・2)** : 153-165

丸山　隆 (1981)：ヤマメ *Salmo (Oncorhynchus) masou masou* (BREVOORT) とイワナ *Salvelinus leucomaenis* (PALLAS) の比較生態学的研究．日生態会誌　**31**：269-284

竹下敬司 (1964)：山地の地形形成とその林業的意義．福岡県林業試験場時報　**17**：1-109

(1992年12月15日受付；1993年1月20日受理)

Summary

Survival system of fish (*Oncorhynchus masou masou*) in devastated river is owing to space for spawning. But in devastated river, spatial and temporal changes of river bed are occurred by current with diverse scales. A purpose of this study is to clear the relationship between spatial changes of river bed and space of spawning. Distribution of river depth, current velocity and diameter distribution of bed load in pools were analyzed along river channel consisting from many pool-step profiles.

Results are as follows. Fish locates a space between ordinary flow zone and jet flow zone (Froude number=1) for spawning. At the same time, coarse sand, granule and pebble are necessary for spawning. The space with these conditions was found out at lower part of pool, that is changed by small scale transportation of bed load. The pool with these spawning space was located in the section consisting of continual large pools, that is changed by middle scale transportation of bed load.

Key words：Pool-step profile, *Oncorhynchus masou masou*, Space for spawning, Current verocity, Grain size distribution.