

宍道湖への有機汚濁負荷となり得る斐伊川河岸植生の特性

浅枝隆（埼玉大学）

背景・目的

斐伊川の河岸では近年、オニグルミ、オオタチヤナギ等の樹木や、セイタカヨシなどの草本類の繁茂が著しい。これらの植生は洪水時に流出し宍道湖に流入し、未分解の枯死体は有機汚濁負荷となって湖底の酸欠を加速し、分解される際には栄養塩を供給することで宍道湖の植物プランクトンを増加させる。また宍道湖や流入河川では、近年、沈水植物（根が底にあり、草体が水中にある植物）の旺盛な繁茂が見られる。これらの枯死体も有機汚濁負荷となり、湖底や川底の酸欠を招く可能性がある。

そこで本研究ではこれらの植物の実態調査と有機物負荷の見積もりを行った。

研究成果

1. 河岸植生の実態

セイタカヨシの特性

斐伊川は中流域河床が砂で構成されていることが日本の他の河川と異なる点である。斐伊川に大量に繁茂するセイタカヨシは本州中部以南の砂地盤に生えるイネ科の植物で、茎の直径 3cm 程度と太く、密生して生え、洪水時にも倒伏しないことから治水上の問題は大きい。図 1 に宍道湖から 14km 上流の右岸での観測によって得られたセイタカヨシとヨシの地上部と地下部の年間の変動を示した。ヨシの地上部は冬季には枯死するのに対し、セイタカヨシの地上部は残存するため、ヨシの地上部バイオマスが 8 月にピークを迎えるのに対し、セイタカヨシの地上部バイオマスのピークは 10 - 11 月となり、量もヨシが 2500kgDW/m² であるのに対し、セイタカヨシの場合には 6000kgDW/m² 程度と、ヨシよりはるかに大きくなる。また地下部に関しては、ヨシが 9 月頃から減少に転じるのに対し、セイタカヨシでは 11 月頃から急激に減少する。これらの結果から通常の河川に多いヨシと比較し、斐伊川に多いセイタカヨシでは有機物生産量が 2 倍程度となり、また、洪水に対する影響も極めて大きいことが予想される。

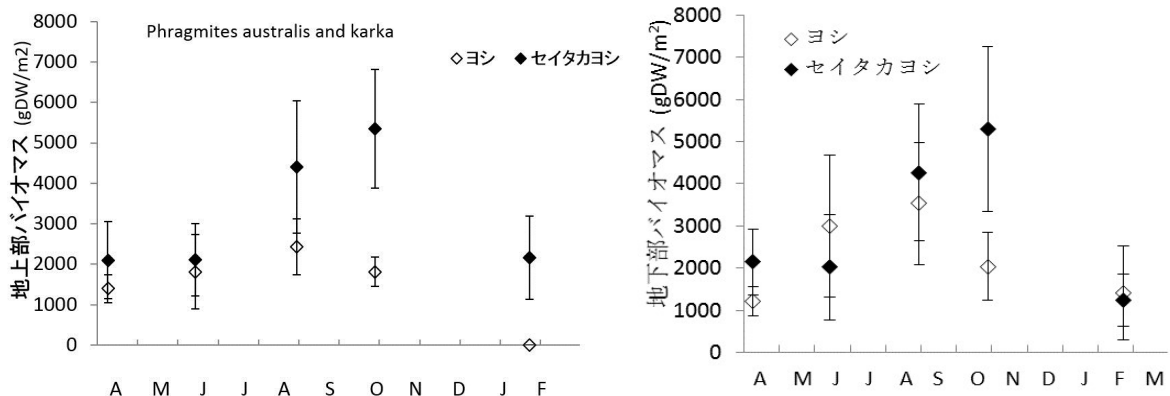


図 1 ヨシ及びセイタカヨシの年間のバイオマスの変動
左：地上部，右：地下部

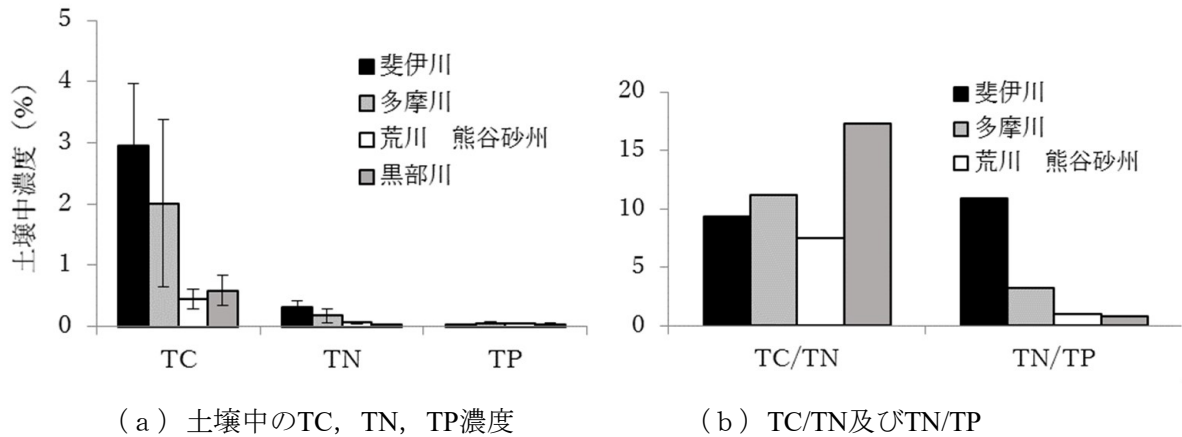


図2 いくつかの河川における河岸土壌栄養塩濃度

河岸土壌の栄養塩濃度

セイタカヨシの高い生産性を支えている原因として、河岸土壌の栄養塩濃度がある。図 2(a)及び(b)に上記、植生採取地点において採取された土壌中の TC (全有機炭素), TN (全窒素), TP (全リン) の濃度、及びそれらの比を他の河川と比較して示した。TC/TN はいずれも河川においても概ね~10 程度であるものの、斐伊川、多摩川は、TC, TN 濃度が高い。特に斐伊川においては TC/TN は 10 程度と、多摩川と比較しても相対的に窒素が多い。通常の礫河床河川では、TC 濃度は 0.5% 程度、TN 濃度は 0.05% 程度である。また、TN/TP は日本の河川では概ね 1 程度であるが、斐伊川は窒素濃度が極めて高いことから、TN/TP も極めて高い。斐伊川におけるセイタカヨシの高い生産量は高濃度の窒素量に支えられていると考えられる。また斐伊川の河岸土壌の窒素が極めて高いのは、越境大気負荷の影響と考えられる。

草本植生のバイオマス量は、概ね、土壌水分量を規定する土壌粒径と土壌中の窒素濃度に依存する。図 3 は日本のいくつかの河川で採取された草本類バイオマスと土壌中窒素濃度との関係である。中抜き印で示したものは粗い粒径の土壌、中詰め印で示したものは砂-シルト土壌の場所である。粗い破線でしめしたものは大型のイネ科植物群落での傾向を示しているが、斐伊川の場合、他の河川の延長上にはあるものの、群を抜いて高いバイオマスになっている。

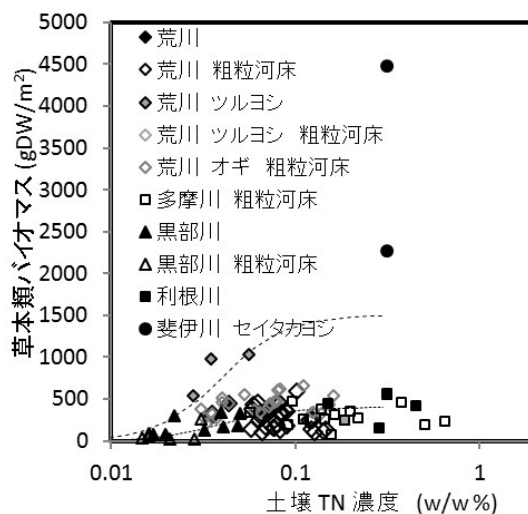


図3 いくつかの河川における土壌TN濃度と草本類バイオマスの関係

河岸植生流出による宍道湖内有機物量の変化

図4に、宍道湖の上流25kmが洪水により水深2m程度で冠水した場合に、流失する植生の計算値を示す。この場合、宍道湖にはほぼ30,000tonの有機物が流入し、このほとんどが宍道湖に堆積すると考えられる。その場合、平均390gDW/m²の有機物が堆積することになる。これは密な草原のバイオマスに相当する量で、その大半はヨシ（オギを含む）もしくはセイタカヨシである。

ヨシやセイタカヨシの好気状態での分解係数kは、0.0045/day程度である。そのため、1年間で分解される有機物量は24200ton、その有機物残存量は $\sim 30000 \cdot \exp(-0.0045 \cdot 365) = 5800\text{ton}$ 程度になる。また、この分解で消費される酸素量は、年間の溶存酸素消費量：13000ton=38mg/Lであり、1日当たり0.1mg/Ldayとなる。

分解に伴う年間の窒素溶出量は、240ton=0.7mg/Lとなる。なお、5年後の有機物残存量は8.1tonである。5年に1度こうした大洪水がある場合には、湖底の有機物量は洪水ごとにこの割合で増加する。

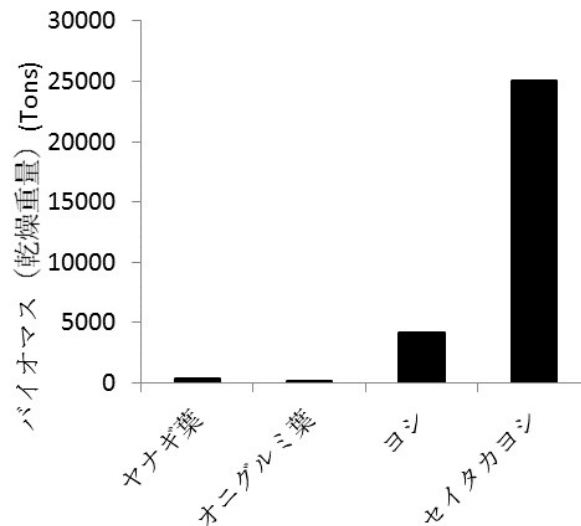


図4 宍道湖上流25km区間における洪水時の植生流出量

沈水植物の増殖

近年は宍道湖内だけでなく斐伊川及びその支流河川において大量の沈水植物の繁茂が見られる(図5)。これらは1980年代には見られなかった現象である。



図5 斐伊川支流における沈水植物繁茂状況

沈水植物の増殖は河川内において環境ストレスが減少し、枯死割合が減少するとともに増殖率が増加した結果として生じたと考えられる。通常、環境ストレスが増加すると植物体内に活性酸素が生成され、酸化ストレスが増加する。そのため沈水植物を増加させた環境ストレス要素を特定するには、水域での対象となる環境ストレス強度を測定するとともに、植物体内の酸化ストレス度を計測することが求められる(Zaman and Asaeda 2014)。

活性酸素には、スーパーオキサイド、過酸化水素、ヒドロキシルラジカル、一重項酸素が存在するが、この中で比較的安定に長時間存在するのは過酸化水素のみである。そのため、ここでは過酸化水素の濃度の測定を通じて、環境ストレスの強度を見積もった。

通常、河川内で最も明瞭な環境ストレス因子は流速である。一方で、光強度が強い場合には、光合成のPSIIの過程において、大量の活性酸素を発生させる。そのため、まずはそれらの比較を行うことにした(Atapaththu and Asaeda 2015)。

河川内に生育する沈水植物を、明処理、30分間の暗処理を施した後に採取した。また、同地点で、1m×1mのコドラート中のバイオマスを採取、乾燥重量を求めた。分析に用いたサンプルについては、ドライアイスで冷凍、実験室に運搬、過酸化水素濃度、抗酸化酵素として、アスコルビン酸ペルオキシダーゼ(APX)、カタラーゼ(CAT)を測定、さらに、クロロフィル濃度を分析した。さらに、電磁流速計を用いて、周辺の流速を測定した。

オオカナダモ、ヤナギモ、オオササバモ、ツルイトモの雑種などが繁茂していたが、ここでは、いくつかの河川で応用に生育が確認されたオオカナダモに限って分析を行った。

図6は80%水深での乱流強度に対し、植物体中の過酸化水素の値を示したものである。乱流強度の増加とともに、植物体内に過酸化水素の濃度は一義的に増加する。平均流速に対しては、こうした明瞭な関係はみられなかったことから、実験室での結果と同様に、河川内の乱流強度が大きな環境ストレスになっていることが予測される。(Ellawata et al 2014, Atapaththu et al 2015, Atapaththu and Asaeda 2015)

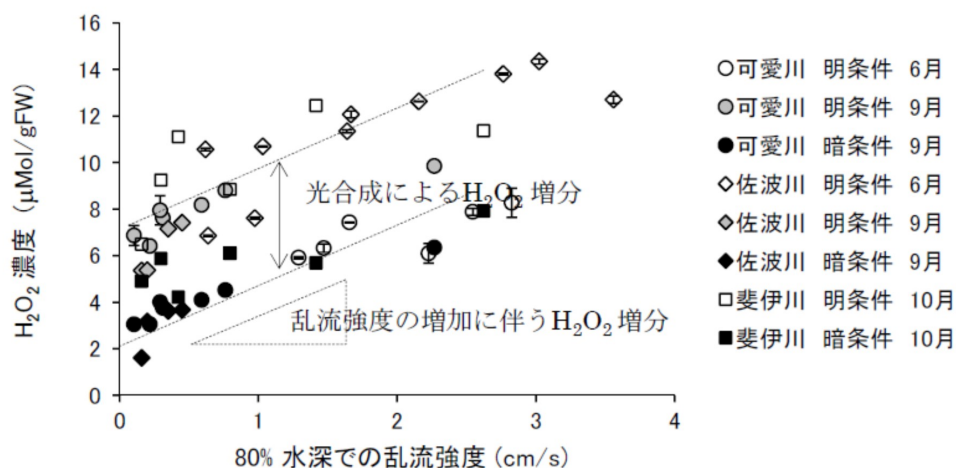


図6 各河川、各月の80%水深での乱流強度と植物体内過酸化水素濃度との関係

また、図7にみられるように、過酸化水素の増加とともに、光合成器官は破壊されるため、クロロフィル濃度は低下し、バイオマスの低下を招いている。

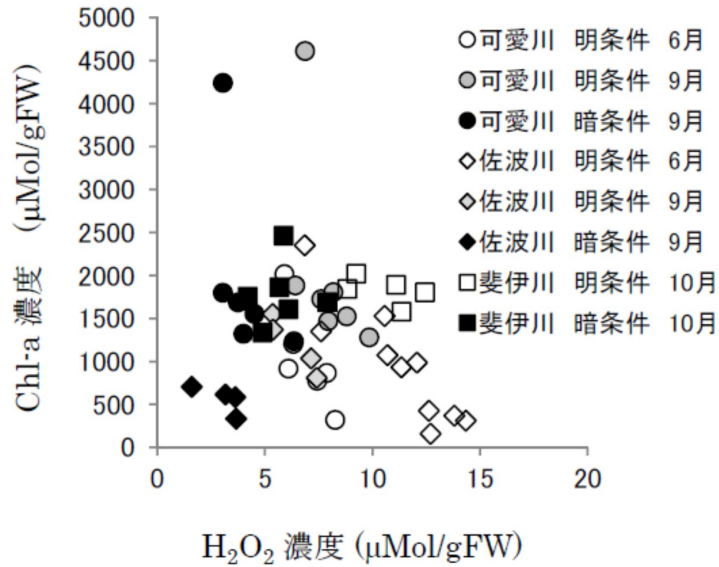


図7 各河川，各月の植物体中過酸化酸素濃度とクロロフィル a 濃度との関係

以上のことから図8に示されるように，水中の乱流強度の増加とともにバイオマスが減少することがわかる。

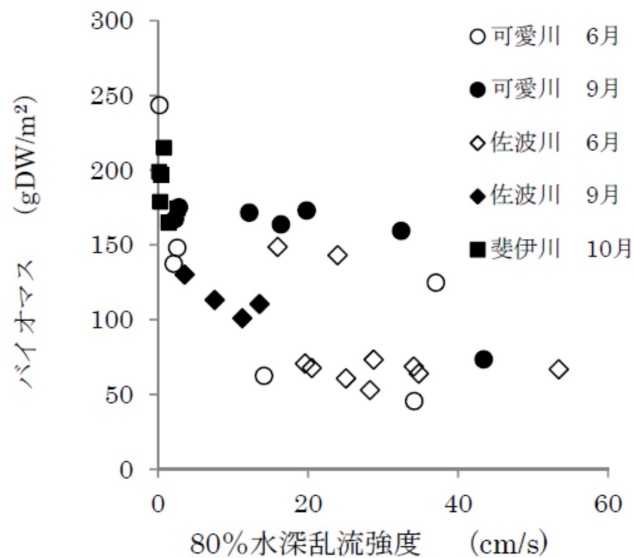


図8 オオカナダモのバイオマスと80%水深乱流強度と関係

以上の結果より，河川内では，乱流強度が重要な環境ストレスとして作用しており，乱流強度が高くなることで，沈水植物にかかる環境ストレスが増加，大量の活性酸素が生成され，クロロフィル濃度を低下させている．光合成の過程においても強光ストレスにより活性酸素は生成されるものの，このレベルの乱流強度でもそれを上回る活性酸素が生成され，細胞，色素体等を破壊，増殖が抑えられてきたと考えられる。

なお、乱流強度と H_2O_2 濃度との関係より、それぞれのストレスによる過酸化水素増加割合は、

光合成ストレス $2 - 4\mu gH_2O_2/gFW$ ($0.02 \sim 0.03\mu gH_2O_2/gFW / \mu Mol/m^2/s$)

乱流ストレス $2\mu gH_2O_2/gFW/cn/s$

その他のストレス $3 - 6\mu gH_2O_2/gFW$

と求められ、光合成時の強光ストレスによる活性酸素の生成量と比較しても、通常の乱流によるストレスの割合が極めて高いことが分かる。すなわち、河川においては、沈水植物の増殖制御において、河川流速中の乱流成分が最も支配的な役割を果たしていることを示している。

佐波川や江の川上流の可愛川は本来雨の少ない地域であり、昔から取水堰が多く建設されている。しかし、近年、堰の改修、湛水域の大型化等で湛水域の割合は拡大している。一方、斐伊川においては、堰の建設は瀬戸内側の河川ほどではないものの、河川改修による掘削が多く進められてきた (図 9,10)。このような場合、低水時の法線形状については必ずしも十分考慮されるわけではなく、低水時には各所に湛水域が生じている (図 11)。また、この地域の河川に限らず、高度成長期には大量の砂利採取が行われた。その後、上流の山岳地域の緑化 (図 11)、堰やダムの建設により以後の礫の供給が行われなことから、砂利採取による河道内の礫の不足は現在も続いている。さらに、その後の礫の移動により、河床低下、礫の不足は、掘削箇所ばかりではなく、広域に広がっている。その結果、特にこの地域の多くの河川では従来の瀬が消失し、乱流を生成する機能が失われ、河道は、連続した淵が続く形態を呈している (図 12)。こうしてつくられた湛水域が沈水植物の発生源になっていることが予想される。



江の川 (可愛川)



佐波川 (島地川)



斐伊川本川及び支川の湛水域

図 9 各河川の堰及び湛水域

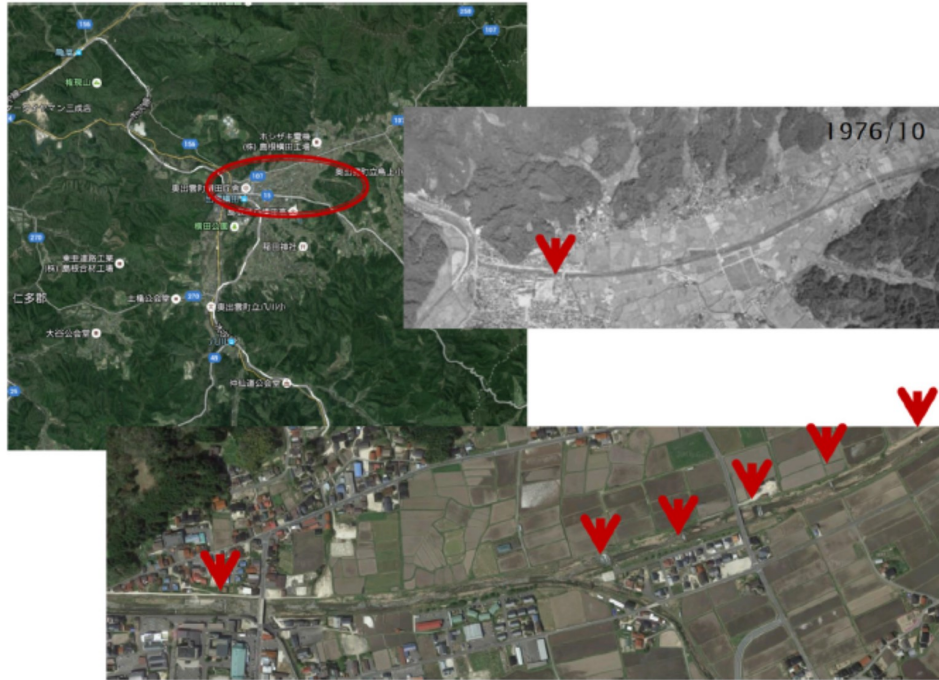


図 10 取水堰の新築（斐伊川上流）

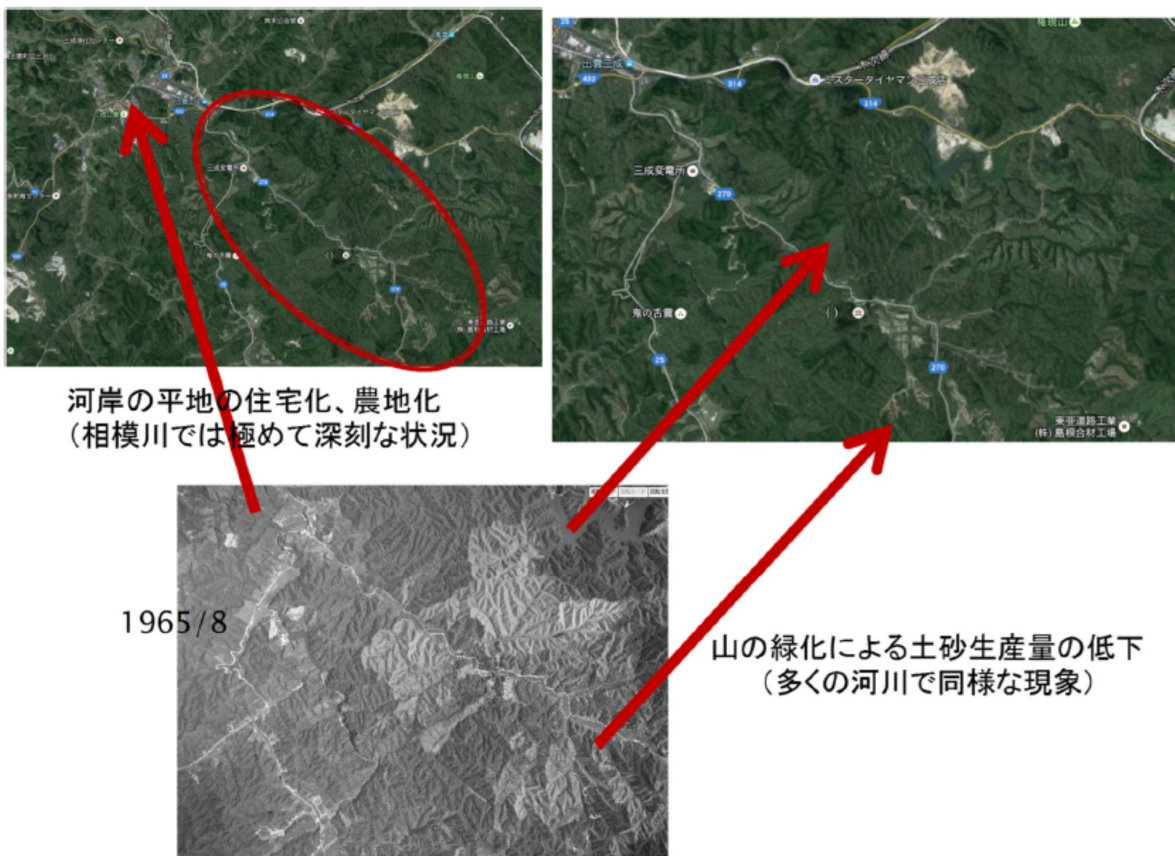
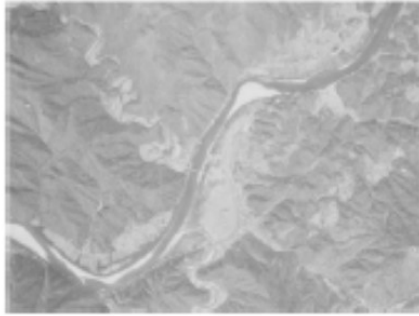
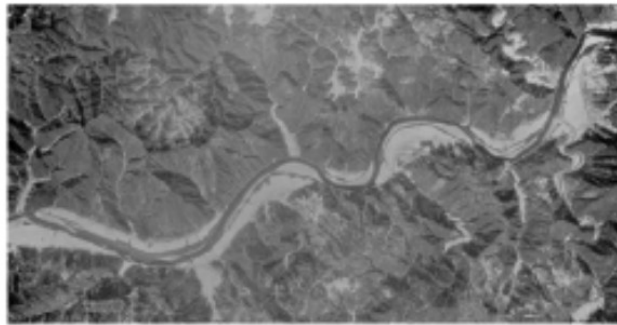


図 11 山岳地域の緑化（斐伊川上流）



江の川 因原付近



江の川 石見川越付近

図 12 瀬が消失した状況（江の川）

【研究担当者・連絡先】 浅枝 隆・e-mail : asaeda@mail.saitama-u.ac.jp