

Nakamura, Futoshi, 1993.

Swanson
(1534)

Environmental problems in forests and rivers
occurring in the Pacific Northwest, U.S. -- Need
for a landscape view of conservation. *Suiri-kagaku*.
36(6): 41-52 (in Japanese).

『水利科学』別刷

No. 209 (第36巻第6号)

1993年2月

米国西海岸における森林と河川をめぐる環境諸問題の紹介

——景域保全的視点の必要性——

中 村 太 士

はじめに

知床・白神山・ヤンバル（沖縄県国頭村）に代表される森林伐採問題、日本各地で計画されているリゾート計画実施に伴う林地開発問題、さらに千歳川放水路、長良川河口堰に代表される河川改修問題など、近年日本においても森林と河川を舞台に、人間の生産活動と自然保護の対立が顕在化してきた。結局、多様化した価値観をいかに整合性のある土地政策にむすびつけるかが議論の焦点となり、林学がこの分野で一翼を担う必要があると思う（中村、1992a）。

これまでの林学における森林資源の見方が木材資源に偏っていたことは明らかであり、森林資源管理はいわば市場の論理によって行われてきた。今後森林資源の見方が多様化するにつれ、資源管理は土地管理的視点から実施される可能性が高く、流域もしくは景域（landscape）保全の必要性が多くの分野で認識されはじめている。一方、これまでの河川改修工事は、周辺生産域を洪水もしくは土砂害から保全する目的で実施されており、その意味では土地利用を可能にする国土基盤工事として評価されてきた。しかし、近年問われているのは動植物生息域としての河川環境そのものの保存であり、ここでも生息生物を含めた流域一貫の河川管理計画が土地利用的視点から必要になってきている（中村、1992b）。生態学会をはじめ、緑化工学会、林学会などでランドスケープ・エコロジーが注目をあつめている理由がここにある。

筆者は、2年間米国オレゴン州で研究する機会を得たが、米国西海岸においてもマダラフクロウ（Northern Spotted Owl）保護問題に代表されるように、生息域保護のための伐採禁止を認めるべきか、地域林産業保護のために伐採を

進めるべきかなど、自然保護をめぐる対立が毎日のように新聞、大学のゼミで議論されていた。これら森林と河川をめぐる米国での環境諸問題は、今後の日本の流域・景域管理を考えていくうえでも参考になると思われ、本小論で紹介することにした。

1. 環境問題の主体と時空間スケール

沼田(1979)は、著書『生態学方法論』の中で、生物主体をととしての環境把握の重要性を強く指摘し、「主体が不明確で、要素を平板に羅列した観のある生態系に対して、主体—環境系を主張した私の意図がそこにもあった」と述べている。沼田(1979)が述べている主体の不明確さは今日の環境論議にもあてはまる。その意味では「環境」という言葉はきわめて便利な言葉であり、一見すべての無機的・有機的要素を言いくるめているかのようである。しかし、主体の伴わない環境論議は、目的のない研究活動に似て、生産的意味をもたない。いま一度、現在議論している環境問題の主体は何か、さらに特定の主体からみた環境系のみを保護することの意味も問い直すべきだと思う。

日本を問わず米国においても、原生林伐採が浮上してくるといわれる特定種(絶滅に類した種)の保護が訴えられ、これが伐採の是非を問うカギになる。確かに希少種の保護はそれ自体重要な意味をもつが、多くの場合、原生林保護の代用物として利用されているようにも受けとれる。したがって、本来は生態系そのものの保全を目指していたはずの議論が、特定種が生育しているかいないかの議論に歪小化され、流域管理政策が特殊な視点から決定される場合も少なくないのである。

環境の主体を明らかにしながら問題を整理すると、主体の違いに応じて考慮しなければならない環境系がいかに広範囲に分布するかが見えてくる。結局、主体—環境系は異なる時空間スケール上に分布しており、各レベルをつなぐ論理が土地利用政策を考える上で必須であると思われる。以上の理由から、米国西海岸で起こっている環境諸問題をレベルに応じて議論し、そのつながりにについても触れることにする。レベル区分として景域、流域、小区域を用いるが、ここで景域とは流域と流域のつながりを含む地域を表現しており、およそ100 km²の土地空間を意味する。また、流域とは10²~10³ ha オーダーの小・中流域を意味し、小区域とはいわゆる林分単位(10⁰~10¹ ha)を意味する。

2. 景域レベルでの議論

(1) 原生林と絶滅の恐れのある種

1988年頃から、原生林(old growth forest)伐採とマダラフクロウ保護の問題が、訴訟も含めてワシントン州、オレゴン州、カリフォルニア州を舞台に議論されるようになり、1989年マダラフクロウは「絶滅の恐れのある種」に指定され、法的な保護を受けることになった(この間の経緯については、餅田(1992)に詳しい)。これにより、生息地指定に伴う原生林伐採禁止区域が大面積におよぶことは避けられなく、林業・林産業によって財政的恩恵を受けている米国北西海岸、とくにオレゴン州経済が致命的打撃を受けることはほぼ確実であろう。

マダラフクロウは、いわゆる interior forest (周辺伐採区から環境変化の影響を受けない中央部分の森林)を大面積必要とする種であり、これを保護することはすなわち大面積の原生林を保護することにつながる。米国西海岸ダグラス・ファー(*Pseudotsuga menziesii*)を主体とする林分の伐採方法は皆伐であり、これまではチェッカーボードのように、伐採区を景域全体に分散させて伐採してきた。これにより、面積全体としてはある程度の原生林が残されてゆくことになるが、そのほとんどは島状であり、interior forest といえる森林は実質的に存在しなくなる(Harris, 1984)。いわゆる fragmentation といわれる問題がこれである(写真1)。現在、マダラフクロウ保護をきっかけとして、生態分野で議論されている内容は、景域レベルにおける生息域としての原生林の分布、面積、相対的位置関係であり、これを核にしさらに経済的影響も勘案して、原生林伐採禁止区域が設定される予定である。

しかし、野生生物保護の目的は一種の保護ではないはずであり、マダラフクロウの生息域保護政策がすべての種にプラスにはたらくとは思えない。他の種はいわゆる極相林よりは、遷移段階の早い林分を必要とするであろう。原生林の保護そのものは、近年急速に消えつつある極相林という森林空間を将来的にも維持す

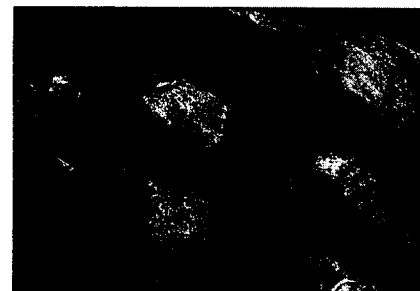


写真1 森林の fragmentation

る意味で重要であり、議論が特定種の保護のみに歪小化されることには問題がある。このことは、希少種が生息しないという理由で伐採が許可されることにもつながる。その意味からすれば、すべての遷移段階の森林、すべての特徴的な場（たとえば火山、高山など）に生育する森林を保護すべきであり、土地利用も含めた景域管理の議論が必要であると思う。

(2) 林道配置と河畔ゾーンの保護

林道配置と河畔ゾーンの保護問題は、近年景域レベルで議論されているもうひとつの大きな問題である。日本も同様であるが、米国西海岸においても、木材が舟運によって輸送されていたころ、河畔の森林は流域全体のなかでもっとも容易に利用できる木材資源であった。その後、輸送形態がトラック輸送を中心に行われるにつれ、沢沿いの林道は各地に開設され、それと同時に山地溪流の河畔林も広範囲にわたって伐採されるにいたった。河畔の森林が河川に生息する動物（魚類も含む）ばかりでなく、流域生態系全体に果たす役割に関し基礎的研究がはじまったのは近年のことである。河畔ゾーンの保護が強調された結果、西海岸では木材輸送路としての林道配備も含めて、流域管理が議論されるようになってきた。

これにより、近年オレゴン州で建設される林道の多くは、沢沿いを通過せず尾根林道になっているのが特徴である（写真2）。伐採された木材は、ケーブルにより放射状に引き上げられる場合と、林地保護を考慮して索道により運材される場合があり（スカイライン集材）、基本的に河畔の森林はある林帯幅を残して保存されることになる。こうして残された河畔通路（riparian corridor：写真3）は、河川生態保護ばかりではなく、fragmentationにより孤立化した保護



写真2 皆伐区と尾根林道（米国オレゴン州の一例）



写真3 河畔通路（riparian corridor）

区を結ぶ役割も考えられている（Forman and Godron, 1986）。残された河畔通路が、実質的に動植物の移動に使われるかどうかはまだ明らかになっていないが、個々の保護区内の議論ではなく景域レベルのつながりを考えている点が興味深い。自然保護区の多くが、山岳尾根部に残されている日本の現状を考えると、河畔通路で結ぶことはきわめて難しいと言わざるをえない。しかし、画一的河川改修が改良されようとしている現在（北海道の川づくり計画検討委員会、1992）、河川をその空間だけではなく、景域全体の中で位置づける見方が今後必要になると思われる。

3. 流域レベルでの議論

(1) 林地攪乱に伴う累積的影響

さきにも述べたように、米国北西海岸森林地帯における伐採形式は皆伐であり、皆伐とこれに伴う林道建設のため、斜面崩壊・土石流などの土砂流出が発生する例も少なくない。米国では1969年のNational Environmental Policy Actの通過以降、連邦資源管理者は土地利用に伴う環境への累積的影響（cumulative effects）さらに長期的影響（long-term effects）を把握することが義務づけられている。

筆者が、オレゴン州カスケイド山脈の一流域（64 km²）で調査した結果によると、全崩壊の52%は林道に関連して発生していた。林道が源頭部の凹地など不安定域を横切って建設される場合、斜面崩壊を誘発する可能性はきわめて高い（写真4）。これは、林道が切土・盛土により連続斜面の不安定化をもたらすだけでなく、上部斜面の集水面積を変え、多量の雨水を源頭部凹地に集めるためである。また、皆伐地での斜面崩壊の頻度も高く、約25%は皆伐域から発生している。単位面積あたりの発生率で皆伐区と森林区を比較すると、皆伐区で2.9箇所/km²、森林区で0.7箇所/km²になり、皆伐区は森林区のはば4倍に達する。また、斜面崩壊から土石流に発生した26事例のうち、林道もしくは皆伐区関連は22例を占め、全体の85%におよぶ（写真5）。



写真4 林道からの斜面崩壊



写真5 土石流通後の溪床

こうして生産された土砂・倒木は、最終的に河道内に流入し、流域網を通じて運搬されることになる。これにより、斜面攪乱は河道攪乱として下流に波及し、河川に生息する生物は多大な影響を被ることになる(中村, 1992c)。こうした累積効果を実質的に予測することはきわめて難しく、米国においても NEPA が義務づける影響把握は本質的にはなされていない。日本においても、山岳部土地開発に伴う土砂流出が、流域下流さらには海域まで重大な影響を与えている現在、累積の影響の評価手法を体系化することは、きわめて重要な課題といえる。

(2) 河川環境に与える河畔林の影響

米国西海岸では、河畔林の重要性に関し小スケールから大スケールまで多次元レベルで議論されている (Gregory and Ashkenas, 1990)。流域レベルで最も注目されているのは、日射遮断機能である。筆者が北海道において実施した調査によると、落葉広葉樹に覆われる溪流に到達する直達日射量は、開放地の約 1/7 になる (中村・百海, 1989)。水温の上昇が、河川に生息する生物相に多大な影響を及ぼすことは容易に推測でき、流量が少なく、樹冠が水面をほぼ完全に覆っている流域上流部において河畔林が伐採された場合、その影響は甚大である。さらに河畔林から供給される落葉落枝は、水性昆虫にとっての重要な食物源であり、樹冠から落下する昆虫は、魚類の主要な餌になる。

1970年以前、河畔林もしくは斜面に成立する森林のダイナミクスにより、河道内に供給された倒木・流木 (coarse woody debris) は、遡上の阻害要因として魚類の生息にマイナスになると信じられ、河川から人為的に排除されてきた。その後河畔林の研究が進むにつれ、倒木化したあとの生態的役割に関し実



写真6 溪流内の流木滞留

こうして生産された土砂・倒木は、最終的に河道内に流入し、流域網を通じて運搬されることになる。これにより、斜面攪乱は河道攪乱として下

証的研究が行われ、今日その重要性は広く認められている (Harman et al., 1986)。河道内に供給された倒木は、停滞・破壊を繰り返しながら下流に移動する (写真6)。この過程で河幅拡大、土砂貯留、2次流路の発達、瀬・淵構造多様化などの溪流地形に影響を与え (Nakamura and Swanson, in press)、河川に棲む動物相に多様な生息場 (habitat) を提供することになる (中村, 1992b)。

4. 小区域レベルでの議論

(1) New Forestry をめぐる論争

現在、米国西海岸でさかんに物議をかもしている New Forestry を、この一節で短く紹介するには少々無理があるが、筆者が理解できた範囲で簡単にその主旨を説明する。またこの考え方は、先に述べてきたすべてのレベルに通じる議論であり、小区域レベルで議論すること自体問題があるが、論争の多くがこれまでの皆伐手法との比較の上でなされていることから、本論では小区域として扱うことにした。

まず、これまでの伐採方法と何が違うのか、いかなる視点でこれが実施されているのかということであるが、この考え方を打ち出したワシントン大学教授 Jerry F. Franklin なる人物が、植物生態学の権威であるところからもうかがえるように、生態学的考え方が軸になっている。彼を中心としたグループは、H. J. Andrews 実験林での研究成果、もしくはセントヘレンズ火山爆発後の生態調査から、biological legacy、すなわち生物的遺産が次の世代をつくるのにいかに重要かを認識した (写真7)。森林に関しての生物的遺産とは、攪乱後に残された樹木遺体もしくは生存個体であり、こうした遺産が攪乱後の生態系回復に大きく関与しているという事実である。一般的に、枯損もしくは倒壊した樹木個体は、多くの動植物の habitat を提供するばかりでなく、その後の栄養循環に多大な影響を与える。また、生存個体は種子・栄養繁殖により次世代の森林の核をつくることになる。米国西海岸で coarse woody debris (林地内、河川内、さらに沿岸域に存在する倒木、もしくは漂流木のこと) の研究が精力的



写真7 セントヘレンズ火山爆発7年後の様子 (爆風による倒木が斜面を覆っている)

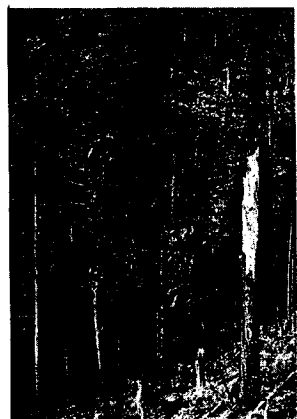


写真8 New Forestryの一事例

に進められている理由がここにある (Maser et al., 1988)。

結局、New Forestryとは従来の伐採形式のなかでいかにこの遺産を残すかということにつながり、自然の生態プロセスを断ち切らない森林施業技術をめざしていると解釈できる。また西海岸で始まったばかりの技術であり、New Forestryを簡潔に説明することはきわめて難しい。このため多くの人は、皆伐域に数本~数十本の立木、さらに林床の倒木を残す方法として単純解釈する (写真8)。

この方法に関しては、落雷による山火事発生、病虫害発生、林業作業の危険性、風倒の危険性、経済効率の低下等の問題が指摘されており、今後も議論が絶えないであろう。確かにこの伐採手法も New Forestryの一部であることにまちがいないが、さきに述べてきた景域・流域レベルの問題も明らかに New Forestryの範疇であり、今後理論的に展開されるものと思われる。また、この考え方がさらに発展するためには、長期モニタリング制度と自然・社会科学両面からの評価手法の確立が不可欠である。

(2) 皆伐区周辺での環境変化

皆伐区周辺での環境変化は、edge effectとして注目をあつめており、景域レベルで述べた fragmentation と関連している。edge effect についてダグラス・ファーの森林で行った調査によると、伐採区境界から数100 mの森林内まで伐採区の気象影響が及んでいることを確認している。edge とはすなわち、人為もしくは自然に形成された境界 (boundary) のことであり、この密度が、動植物の habitat さらに種の多様性に大きく影響することが知られている。たとえば鳥類の一部はこうした edge の環境を好んで使う一方、先に述べた Northern Spotted Owl は、edge effect の及ばない原生林を必要とする。また、シカはこうした皆伐地を採食地として好んで利用するが、個体数の増加と冬期の積雪の影響 (皆伐地の積雪量は、林地の2倍近くにもなる) から林内に侵入し、林木に食害の影響を与える。

皆伐地林縁部の枯損もしくは風倒被害は至るところで観察できる (写真9)。これまで周辺林帯で守られていた樹木が、伐採により急激に外部環境にさらさ

れた場合、いかに脆いかを知ることができる。これまでのように伐採区を各地に分散させれば、edge の密度は増加し、風倒被害も増大するのは確実である (Franklin and Forman, 1987)。このため、西海岸では伐採区を分散させず相互に隣接させ、edge 密度を低く抑える方法も試みられている。結局、個々の伐採区の問題としてとらえることはできず、景域とのつながりで考えていかなければならない。

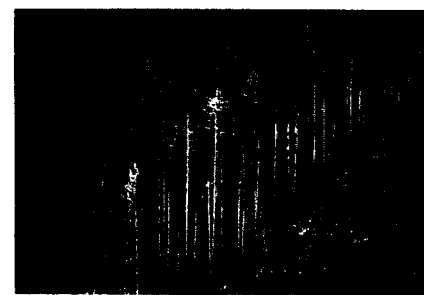


写真9 皆伐地林縁部における枯損・風倒被害

(3) 倒木・流木が河川微地形に与える影響

先の流域での議論、さらに New Forestry と関連して、倒木・流木が河川環境に与える影響が、水産・林学両分野の共通テーマとしてさかんに研究されている (Salo and Cundy, 1987)。こうした研究の結果、倒木・流木が豊富に存在する溪流において、魚類の個体数が高くなる傾向が確認されている。理由としては、溪流内に存在する倒木・流木が、魚類の生息に必要なカバー、habitat を形成するため、現在では西海岸の小溪流において、倒木もしくは大径礫が人工的に導入され、溪流微地形の改変が行われている (写真10, 11)。

また、水性昆虫にとって重要な食糧源である落葉・落枝は、一般的に洪水流により簡単に流送されてしまうが、倒木・流木が河道に横断した場合、これら落葉・落枝を長期間貯留する効果があり、積極的に導入する理由がここにもある。結局、河畔林は成立から破壊をとおして、景域・流域・小区域すべてのレ



写真10 倒木を使った溪流微地形の改変



写真11 大径礫を使った溪流微地形の改変

ベルで重要な要因として位置づけられ、今後の研究の発展が望まれている。

5. 景域保全的視点の必要性

これまで述べてきたように、現在米国西海岸が抱える森林と河川をめぐる環境諸問題を整理すると、景域保全的視点の必要性が浮かび上がってくる。ここで述べようとする景域保全とは、景域レベルの問題のみを取り扱うのではなく、これより小空間レベル（本論では流域、小区域）で発生している個々の問題を、景域レベルで統合することを目的とする。

これまで述べてきた諸問題について、構成要素（土、水、植物、動物）を横軸にとり、空間スケールを縦軸にとって整理すると図1のようになる。一つ一つの問題の分布域は、考えなければならない主体—環境系（1. で述べた）の範囲を示しており、異なるスケールに存在しながらも、複雑にまじわりながらつながっているのが理解できる。個々の問題を単一に議論しても解決にはつながらず、全体像をつかんだうえで整合性のとれた土地管理をめざしていかなければならない。米国西海岸で提起されているこうした問題は、今後の日本の土地利用を考えるうえできわめて有益であり、合意形成も含めて、景域保全的視点からの土地管理手法を構築することが今後の課題であると考えられる。

図1では時間スケールが示されていないが、実質的に土地管理をめざした議論をすすめるためには、自然・社会両面からの長期的観測が不可欠である。米

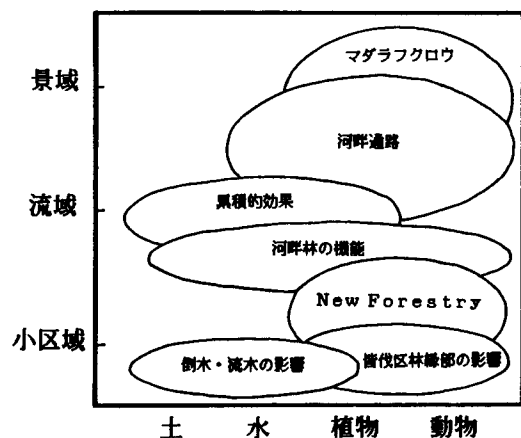


図1 環境諸問題の空間スケールと構成要素

国では LTER (Long-Term Ecological Research) という大規模プロジェクトが進んでおり、土地利用の影響調査も含めた生態系の長期観測が実施されている。この中には、倒木の腐朽過程を200年の計画で追いつける（写真12）など、日本では考えられない実験が実施されており、今後の行方が注目される。



写真12 倒木腐朽過程の長期観測

おわりに

本論においては、景域保全を考えるための具体的手法について紹介することができなかったが、米国では GIS（地理情報システム）が活躍している。GIS はいわゆる地理情報を磁気化したもので、様々な地理情報、たとえば地質、植生、土地利用等をデータベース化し、コンピューター処理することが可能になる。各種の地理情報はそれぞれ異なるファイルに保存されるが、緯度・経度座標により簡単に整合できる。また、地図ファイルの重ね合わせ、すなわち任意情報の組み合わせを図化する機能を有しており、その面積、周囲長等の基本的情報は自動的に算出される。GIS それ自体はあくまでも道具であり、新しい視点を生み出すものではない。ただ、新しい視点でこの道具を利用し経年的データを蓄積すれば、土地管理を視覚的に、さらに長期的視点から議論することができる。米国林野庁（Forest Service）では、森林計画のモデルプランを GIS により作成し、一般市民に公開するしくみをとっている。日本においても、森林と河川をめぐる環境諸問題に対して、地域住民の関心が高まれば高まるほど、合意形成は重要なプロセスとなり、この面でも GIS は一翼をになうであろう。

米国での議論が教える様々な視点、さらに近年日本で発生している環境問題を総合すると、今後の資源管理において必要なのは、市場の論理ではなく土地管理の視点である。いかなる視点で土地管理をするかが今後の課題であり、景域保全学の必要性がここにある。

引用文献

Forman, R. T. and Godron M. (1986): Landscape Ecology. John Wiley & Sons, Inc., 146-

- Franklin, J. F. and Forman, T. T. (1987): Creating landscape patterns by forest cutting: Ecological consequences and principles. *Landscape Ecology*, Vol. 1, No. 1, 5-18.
- Gregory, S. V. and Ashkenas, L. (1990): *Riparian Management Guide*. Willamette National Forest, USDA Forest Service PNW Region. 120p.
- Harman, M. E., Franklin, J. F., Swanson, F. J., Sollins, P., Gregory, S. V., Lattin, J. D., Anderson, N. H., Cline, S. P., Aumen, N. G., Sedell, J. R., Lienkaemper, G. W., Cromack, Jr., K and Cummins, K. W. (1986): Ecology of Coarse Woody Debris in Temperate Ecosystems. *Advances in Ecological Research*, 15, 133-302.
- Harris, L. D. (1984): *The Fragmented Forest—Island biogeography theory and the preservation of biotic diversity*. The Univ. of Chicago Press, 211p.
- 北海道の川づくり計画検討委員会 (1992): 北海道の川づくりについての提言. 北海道土木部, 11p
- Maser, C., Tarrant, R. F., Trappe, J. M. and Franklin, J. F. eds. (1988): *From the Forest to the Sea: A Story of Fallen Trees*. USDA Forest Service, General Technical Report PNW-GTR-229, 153p.
- 餅田治之 (1992): アメリカ北西部太平洋における環境問題と林業生産. *林業経済研究*, No. 121, 2-8.
- 中村太士 (1992a): 土地利用政策と林学の役割. *森林科学 (日本林学会会報)*, No. 5, 5-10.
- 中村太士 (1992b): 環境問題に対する砂防の視点と今後の課題. *新砂防 (砂防学会誌)*, Vol. 45, No. 3, 3-12.
- 中村太士 (1992c): 流域レベルにおける森林攪乱の波及—森林動態論における流域的視点の重要性—. *生物科学*, Vol. 44, No. 3, 岩波書店, 128-140.
- 中村太士・百海琢司 (1989): 河畔林の河川水温への影響に関する熱収支的考察. *日林誌*, 71(10), 387-394.
- Nakamura, F. and Swanson, F. J. (in press): Effects of coarse woody debris on morphology and sediment storage of a mountain stream system in western Oregon. *Earth Surface Processes and Landforms*, John Wiley & Sons.
- 沼田 真 (1979): *生態学方法論*. 古今書院, 393p.
- Salo, E. A. and Cundy, T. W., eds. (1987): *Streamside Management—Forestry and Fishery Interactions*, Univ. of Washington, Institute of Forest Resources, Contribution No. 57, 471p.