

人的利用が河川高水敷の地被状態変化に及ぼす 影響の定量的把握方法とその考察

QUANTITATIVE MEASUREMENT AND THE ANALYSIS OF RIPARIAN
LANDCOVER CHANGES BY THE INFLUENCE OF HUMAN DISTURBANCE

大石 哲也¹・天野 邦彦²
Tetsuya OOISHI and Kunihiko AMANO

¹正会員 工修 (独) 土木研究所 河川生態チーム 研究員 (〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6)

²正会員 工博 (独) 土木研究所 河川生態チーム 上席研究員 (同上)

The purpose of this paper is to examine the trend of the riparian land-cover changes over the past 100 years quantitatively. We have analyzed the land-cover and the height of plants within riparian area in the year of 1890, 1947, 1961, 1974 and 1990 by using maps and aerial photos in the downstream part of Kokai river.

The ratio of land-cover and the height of plants did not change significantly until 1970's, suggesting that riparian environment was in equilibrium. However, the area of the forest increased by 18% and the height of trees increased up to 15-20m from 1970's to 1990's. This can be attributed to the decline of the human disturbance. We have characterized three typical processes which lead to the growth of forest in riparian area in Kokai river, as follows.

1) Reed area was transformed to forest area. 2) Trees in forest area have been no longer cut and used as fuel. 3) Cultivation activity has been lowered in riparian area. Above three processes seem to have been accelerated due to the change of the life style of people in the vicinity of the river.

Key Words : river flood channel, landcover, human disturbance, GIS, forestation

1. はじめに

近年、河川では草地や樹林地といった安定的な植生域が増えてきている。実際に、この 50 年の景観変化をみても、多くの河川で、川幅が縮小するとともに草地、樹林地が増大してきている¹⁾。とくに樹林地の拡大については、治水安全率を大きく低下させる原因にも繋がり、その抑制は河川管理上重要な課題である。

河川に草地や樹林地が増えるプロセスについては、これまで、流れや土砂移動といった水理的作用と植物の物理的・生理的作用との関係により、その解明が進められてきている^{2),3)}。これについては、攪乱の主役であった洪水が減ったために植物が増えたと単純に考えられることもあったが、洪水をきっかけに植物が急激に増えるパターンがあることもわかるようになってきた⁴⁾。一方、流れや土砂移動の影響が少ない箇所についても、近年、草地・樹林化が進行してきている。これらは、耕作放棄や河川管理による樹林伐採の減少など、川へ関わる人為的攪乱の減少により、これまで抑制されてきた樹木が成長した結果と考えられる。しかしながら、これらの解明

については、過去から実際に作用した影響を定量的に捉えることが難しいために、定量的なデータをもとに、十分な議論が為されていないものと思われる。

そこで本研究では、①現況で入手できる資料(迅速図や国土地理院で撮影された空中写真)をもとに過去 100 年間の地被状態の変遷を明らかにする、②空中写真から草本や樹木の高さを判読し、その変化を明らかにする、③各年のデータを GIS を用いて整理する、という手順で、土地利用の変化パターンやその変化量を抽出することを目的とした。さらに、得られた結果を踏まえて、地被状態の変化と人的利用の変化との関係について考察を行った。

2. 研究対象地の概要

研究対象とした小貝川は、延長 112km、流域面積 1,043km²の 1 級河川である(図-1)。標高 187m の栃木県那須郡南那須長大赤根の丘陵地を源流とし、利根川合流部にあたる茨城県相馬郡利根長町まで流れる。本河川の特徴は、他の 1 級河川に比較して、平地面積率が大きく、



図-1 研究対象地とその周辺の主要な河川

分類項目	分類項目の定義
水域	水面である場所
自然裸地	植物の繁茂が目立たなく、人工的利用がなされていない場所、主に砂州
人工裸地	樋門などの人工的な場所および車両等の侵入で裸地化されていた箇所
耕作地	水田、畑である場所
草地	草本植物が繁茂している場所
樹林地	木本植物が繁茂している場所
その他	凡例不明、判読不可能（雲の陰りなど）である場所



1890年

1947年

1961年

1974年

1990年

図-2 利用した迅速図および空中写真（抜粋）

- 21km~24m 区間における各年の迅速図および空中写真 -

山地の高度が低いことがあげられる⁵⁾。近くに鬼怒川という砂利採取効率のよい河川があることにより、河床掘削がほとんどなされず、このため河床高があまり変化せず、位況の経年変化は少ない⁶⁾。

小貝川は用水利用も目立ち、関東の3大堰として有名な福岡堰、岡堰、豊田堰があるほか、上流部に7ヶ所の堰があり、農業用水等に利用されている⁶⁾。人の暮らしと密接に関係していたため、現在でも高水敷上には、薪炭林の残存であるクヌギ、コナラの高木が目立つ。ただし、近年、それらの樹種は、河畔の代表的な樹種であるヤナギやハンノキに置き換われつつある。

調査対象区間は、小貝川の河川管理区間である10kmから30kmまでとした(図-1)。なお、小貝川の場合、0km地点は利根川との合流部付近ではなく、そこから約5km上流にある。河床勾配は、約50km上流にある黒子橋付近で大きく変化し、橋の上流側が1/500、下流側が1/4,000となる。本検討で対象とした地区は、河床を砂分が多く占める下流部に当たる。流域形状の特性を反映して、出水による大きな河道変化がないため、高水敷の地味状態の変化は、主に人為的な影響によるものである。そのため、人為的攪乱による河川高水敷の地味状態の変遷を定量的に理解しやすいモデル的な場所とも考えられる。

3. 利用データと解析方法

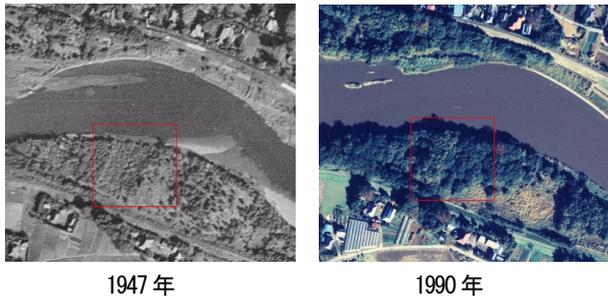
(1) 地味状態のGIS化

迅速図(1890年)、空中写真(1947年、1961年、1974年、1990年)からGISを用いて地味状態情報を抽出し、1つの空間座標系に統合した(図-2)。迅速図については、土地利用の凡例をもとに、水域・自然裸地・人工裸地・耕作地・草地・樹林地の6項目に分類し、ポリゴン・データ化を行った。このデータを1890年の土地利用データとした。

空中写真は、迅速図で分類した項目を参考に、表-1に示す定義に基づき判読しポリゴン・データ化を行った。なお、凡例不明、判読不可能である場所は、迅速図、空中写真とも「その他」とした。以上の処理により、迅速図や空中写真から地味状態を数値情報化することでGISによる定量的分析を可能にした。

(2) 表層高の読み取りと草地・樹林高の算出方法

図化機を用い空中写真を立体視することにより地物の高さを求める方法で、表層高情報を取得した。読み取り区域は、約1ha(100m×100m)内とし、区域内における表層高を判読した(図-3)。本研究では代表的な区域



1947年 1990年

図-3 表層高の抽出に選んだ区域(抜粋:右岸23km) 一口で囲まれた区域(約1ha)の表層高を図化機により判読一

を4箇所のみ選定している。読み取りに当たっては、当該箇所の草や樹木といった地物の表層高を約0.5m間隔で読み込み、ポイント・データに変換したのち、TIN (Triangulated irregular network) 処理により起伏データを作成した。さらに、この起伏データを基に1m格子のGridデータに区分することにより、各Gridに標高値を与えた。なお、水面や堤防にかかる領域はデータから除外した。

取得された表層高を元に地盤高との差分により草地・樹林地の地物高を算出した。地盤高については、2003年に取得されたプロファイラ・データ⁷⁾をTIN処理したものを用いた。作成された地盤高と定期横断測線図を比べると、当該地区の基盤高は昭和初期から現在までに大きな変化はなかったため、ここでは本処理データを各年の基準の地盤高とし、地物高の算出に用いた。

4. 結果

(1) 地被状態の経年的な変化

図-4に調査対象区間における堤間区域の地被状態の経年的な変化を示す。

1890年は、耕作地や樹林地の面積が40%を超えるなど、他年と比較し、その割合が多い。松や雑木(クヌギ、コナラなど)が多く、小貝川の高水敷は生活利用されていたことが迅速図から伺える。ただし、地図上の地被状態については、松や雑木がどの程度の密度であったかは確認できないことや写真と比較すると情報が簡素化される分だけその割合も正確性に欠ける。しかし、これ以上詳しいデータは現存しないため、ここでは1890年の地被状態と見なすが、あくまでも参考程度として理解されたい。

1947年では、耕作地や樹林地の占める割合が減少し、代わりに草地の占める割合が大きくなった。1961年、1974年ともに、耕作地の面積が多少変化しているものの1947年と大きな差異は見られない。なお、自然裸地や水域の場合、写真撮影前の降雨状況により両者の割合は大きく変化する可能性がある。したがって、水域と自

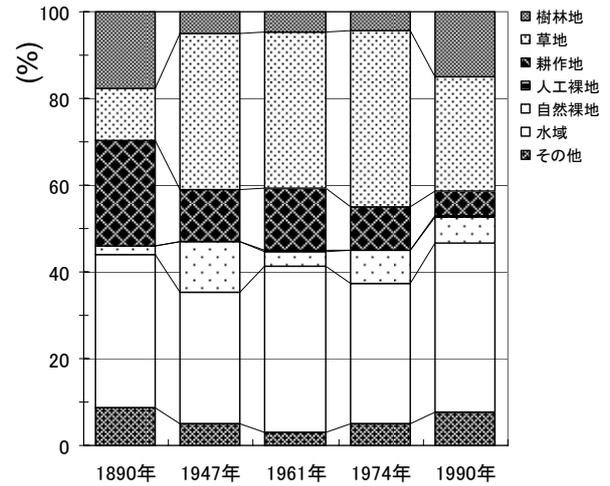


図-4 各年における地被状態

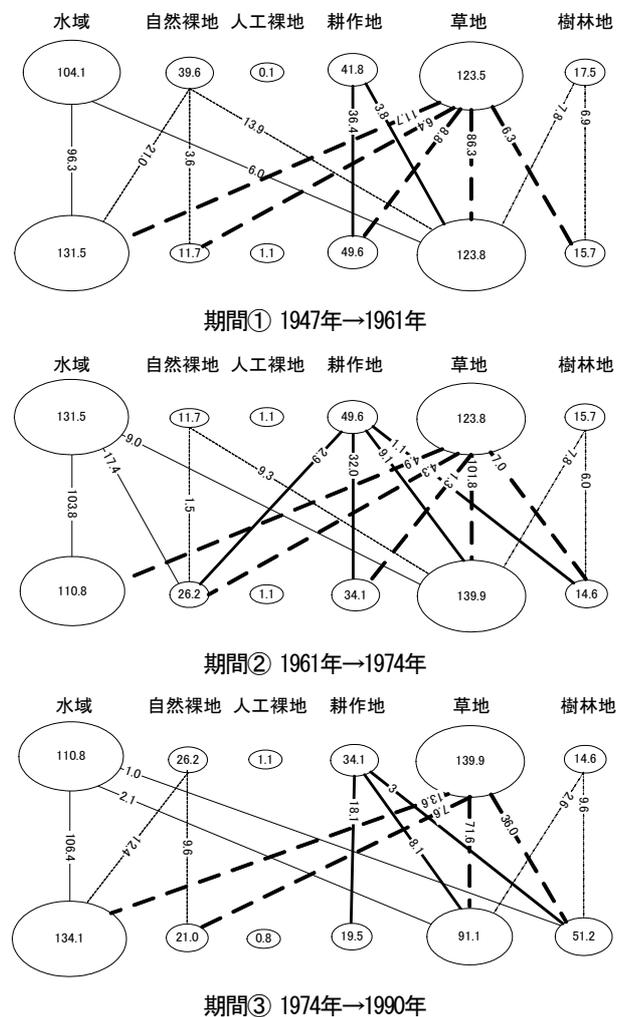


図-5 期間別にみた地被状態の変化パターン 一表中の数字は面積(ha)を示す一

然裸地域に限っては、人為影響の及ばない箇所として、ひとくくりの情報として考える方が妥当と言える。

1990年になると、地被状態が大きく変化した。その傾向を見ると、草地・耕作地が減少し、逆に樹林地の割合が増加した。その割合は、1974年からの16年間で樹

林割合が3倍まで増え18%となった。

(2) 土地利用の変化パターン

図-5 に土地利用の変化パターンを示す。楕円内の数字は、読み取りから得られた各地被の面積 (ha) を示している。図の上部が下部よりも古い年であり、古い年を基準とし新しい年へ向かっての地被状態の変化を線で結んでいる。線内の数字は、上部から下部へ向かい同一あるいは別の地被状態へ変化した面積を示している。なお、1890年のデータは、他と比較し正確性に欠けるため、ここでは比較検討から除いた。また、地被状態が「その他」である箇所も主要な変化パターンとして検討できないため、検討外とした。

1947年から1961年(期間①)にかけて、耕作地のほとんどはそのまま耕作地として維持されており、草地への転換も若干見られる。草地は、主として草地のまま維持されているが、耕作地へ約9ha、樹林地へ約6haへと変化していた。また、樹林地は、半分よりやや少ない面積が樹林地のままであるが、残りが草地へと変化していた。1961年から1974年(期間②)にかけては、期間①での傾向とほぼ同等と見なしてよく、例えば、草地と樹林地との間の変化については、変化面積がほぼ同じであった。一方、1974年から1990年(期間③)にかけては、期間①、期間②と比較すると、その変化の傾向は異なっていた。とくに、これまで、草地と樹林地で約7ha前後の面積が入れ替わっていたものが、草地から樹林地へと変化する面積が36haと大きくなり、樹林地から草地へと変化する面積は約3haと小さくなっていた。また、樹林地のまま維持される面積は約10haと大きくなっていた。期間③においては、草地であった箇所が樹林地へと変化する傾向が強まり、樹林へと遷移が進行していることが伺えた。

(3) 地物高(草本高・樹林高)の変化

ここでは、樹林化と関連するとみられる典型的な変化について、高さ情報を利用して検討する。図-6 に樹林化に関わる典型的な4つのパターンを示した箇所における地物高とその密度との関係を示す。なお、ここでは地物高の結果以外にも当該箇所の迅速図での凡例や2007年に植生調査を行ったので、100年前から現在までの地被状態の変化について定性的な記述も加えた。

a) 草地が近年になり樹林地となるパターン

(草地(47)→草地(61)→草地(74)→樹林地(90))

右岸の17km付近にあたり、迅速図ではヨシ原であった箇所が、2007年には、ムクノキエノキ林が優占している。図-4、図-5にもみられるように、草地が減少し、樹林地が増加するパターンは、主要パターンの1つとしてあげられる。

地物高の変化をみると、1947年には中央値で約2mであり、1~2mの地物高の占める割合が高い。1961年は、

中央値が1m未満であり、1~4mにかけて幅広く分布していた。1974年には、大部分は地物高1~2mであるが、10mを超える地物高もわずかにみられた。1990年には、中央値で約11mであり、全体的に高木林が目立つようになった。他年と比較し大きな地物高(樹林)が目立ち、地物高が9m~14mの間において、どの高さも密度が10%前後であった。

b) 草地が30年以上前に樹林地となっていたパターン

(草地(47)→草地(61)→樹林地(74)→樹林地(90))

右岸の23km付近にあたり、迅速図ではヨシ原であった箇所が、2007年には、ムクノキエノキ林が優占している。

地物高の変化をみると、1947年には、0~2mの地物高が全体の90%以上を占めていた。中央値が1mということからみても、背丈の小さな草本が優占していたものと思われる。1961年になると、徐々に地物高が高くなり、2mが分布の中央となる。大部分はヨシやオギといった高茎草本と考えられる。また、密度は僅かだが、最大で7mの高さもみられることから、孤立の樹木があったものと思われる。1974年には、平均値、中央値とも6m前後であり、樹林が目立つようになった。1990年になり、12~15m付近だけで全体の約80%を占めるなど、高木の樹林地が目立つようになった。

c) 過去より樹林地のまま推移したパターン

(樹林地(47)→樹林地(61)→樹林地→樹林地(90))

左岸の22km付近にあたり、迅速図では松林であった箇所が、2007年にはクスギ林が優占している。

空中写真による地被状態の変化から、1947年から1990年にかけて樹林地である箇所だが、地物高(樹林)には大きな変化がみられた。

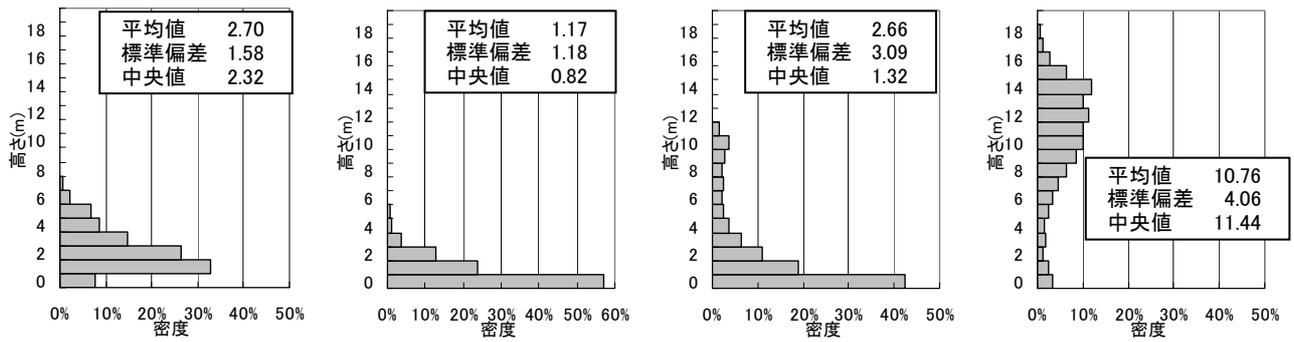
地物高の変化をみると、1947年には中央値が約5mであり、4m~6mの低木林が大部分を占めていた。1961年には、中央値が約3mになり、この期間中に刈り取りが行われていたものと推察される。1974年になり、中央値が8mを超え、7m~9mの亜高木林が多く占めるようになった。1990年には、中央値が約14mになり高木林が多く占めるようになった。

d) 耕作地が草地になったパターン

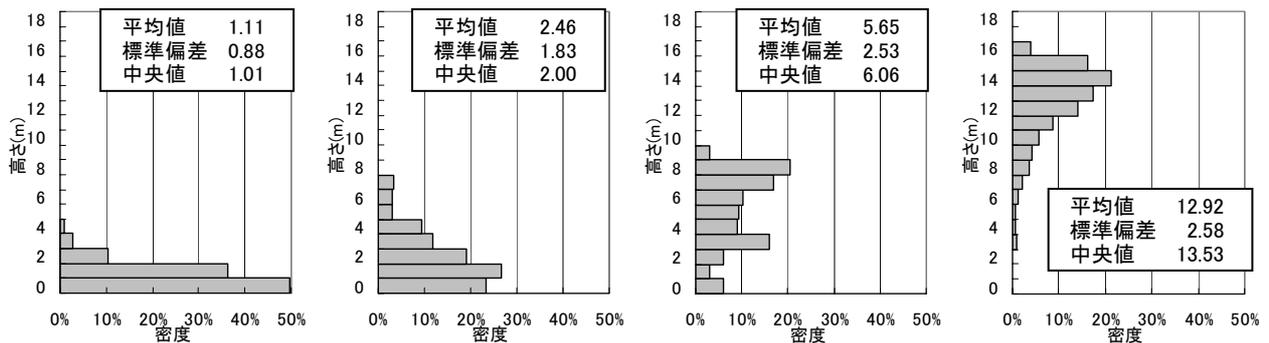
(耕作地(47)→耕作地(61)→耕作地(74)→草地(90))

左岸の24km付近にあたり、迅速図では畑地だったが、2007年には、草本にセイタカアワダチソウ、ハナムグラ、オギ、カナムグラなど、樹林にタチヤナギ、スギ・サワラなどが混成している。

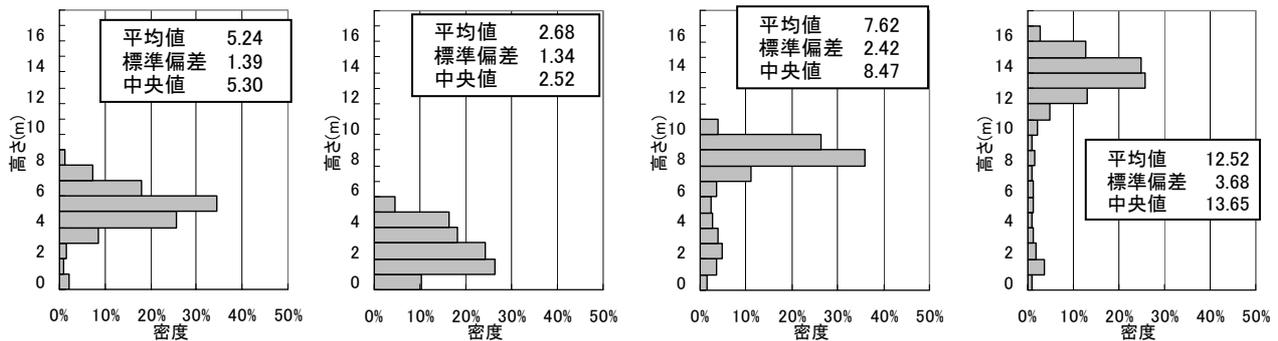
地物高の変化をみると、1947年から1974年にかけては、耕作地であるため、地物高も低い。1990年に耕作地から草地へ変化したのが、地物高に大きな変化はみられなかった。この理由として、1990年の段階では、放棄されてから数年ほどしか経っていない可能性がある。つまり、1981年、1986年の2度に渡る大きな出水を境に、耕作放棄地が増えたのが一因と思われる。



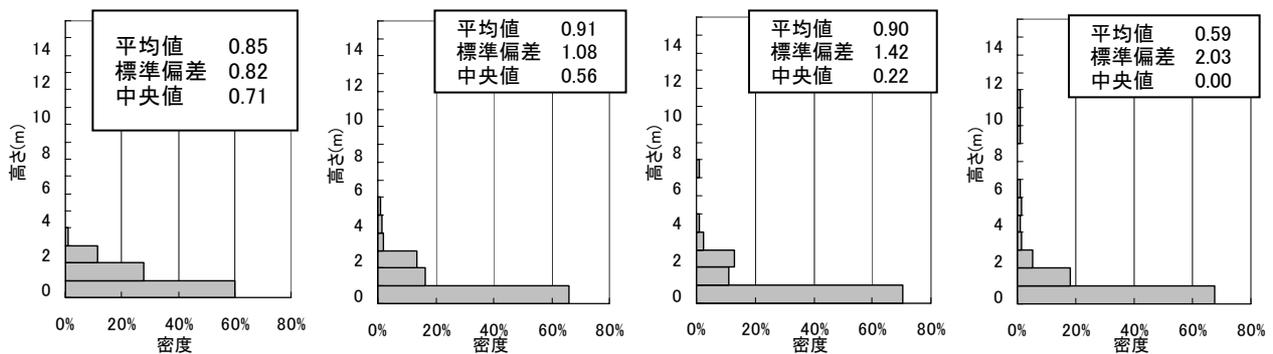
a) 草地在近年になり樹林地となるパターン 草地(47)→草地(61)→草地(74)→樹林地(90) (右岸 17km)



b) 草地在30年以上前に樹林地となっていたパターン 草地(47)→草地(61)→樹林地(74)→樹林地(90) (右岸 23km)



c) 過去より樹林地のまま推移したパターン 樹林地(47)→樹林地(61)→樹林地(74)→樹林地(90) (左岸 22km)



d) 耕作地が草地になったパターン 耕作地(47)→耕作地(61)→耕作地(74)→草地(90) (左岸 24km)

図-6 各年の地物高分布と密度との関係

以上のように、管理が行き届いた土地では、時間が経ても地物高が高く成り得ないが、放置してから約15年も経ると樹林が目立つようになるようである。

5. 考察

本研究では、現存する迅速図や空中写真を用いて、人的利用の変化が河川高水敷の地被状態へ表れることを定量的に把握した。1940年代から1970年代までにかけては、各地被面積の割合はほぼ一定であったが、その内訳をみると草地が樹林地に変化したり、また戻ったりしていた。これらの変化は、収支バランスがとれており、人の生活に密着し持続的に管理されていたことが伺えた。1970年代以降になると、生活様式の変化により、河川を生活の一部として利用しなくなり、一方的な変化が始まった。それは、樹林地面積の拡大と樹木高の増加であった。樹木高については、管理放棄を始めて約15年も経ると15~20mほどの高木林へと変化していた。このように人為の影響が少なくなれば、植物の自然的な遷移に従い、程度の違いはあるが10年~20年のうちに本河川は樹林地へと進行することが言える。

地物高の変化の検討から、樹林地の傾向については、3つの傾向があることが考えられた。1つ目は、草地から樹林地へと変化するもので、かつてヨシ原であった箇所が樹林地に至るパターンである。ヨシ原は、根葎き、垣根、よしず、あるいは燃料、肥料などに利用されていたが、現在では、その利用のための刈り取りや火入れが行われなくなり、樹林地の増加に繋がったと考えられる。本河川の場合、その傾向は早い箇所では、1974年には表れていた。

2つ目は、樹林地であった箇所の樹木が高木化したり、樹林地が拡大するパターンである。これは、マツ、クヌギ、コナラの薪炭林が利用されなくなった結果、樹木の高木化や樹林地の拡大に繋がったものと考えられる。この理由として、河川においても里山管理と同じように、15~25年に1度は薪炭林の更新のため伐採する⁸⁾という生活様式が消滅したことによる影響が大きいと思われる。また、1970年以降は、河川管理上、治水安全率を維持するための樹林地伐採が樹木の抑制につながっていたが、これが最近減少してきた結果が表れているものと推察される。

3つ目は、耕作地であった箇所が放棄された結果、草地化へと進行し、15~20年後には、樹林地への増大が懸念されるパターンである。以上の3つのパターンは、すべて生活様式の変化を反映したものである。例えば、カヤ場（ヨシ原）の減少は茅葎き屋根からトタンや瓦屋根へと変化した結果であるし、薪炭林放棄は、燃料が木炭から石油、ガスへと変化した結果である。さらに、第一次産業の衰退にとまなう耕作地の減少は、近年、堤内地においても多く見られるようになってきた社会現象の一端であり、今後河川の樹林地を促進する可能性が高い。

これらの生活様式の変化は、地被状態の変化に与えるだけでなく、地域の河川生態系にも影響を及ぼしている可能性が高い。一例をあげれば、ヨシ原に依存するオオヨシキリや林床内のフジバカマの減少なども生活様式の変化に起因する現象とも考えられる。

6. おわりに

本研究で、河川環境は流域の生活との関わりが深いことが定量的にデータから示唆された。昨今、川の本来の姿や河川の健全性が議論されることが多くなった。それらの議論の中には、河川管理の結果、環境が劣化している、これまで行っていた管理を低減し、河川のダイナミクスを復元することで河川環境の修復を目指すという考え方が強く働いているケースが多く見られる。河川のダイナミクス復元の観点は非常に重要であり、基本的な考え方であるが、我が国の河川において、特に陸域環境は周辺住民の生活に伴う人為的攪乱に大きく影響を受けてきており、このような攪乱が減少した現在、河川環境を動的平衡状態に維持するには、河川のダイナミクス復元に加えて、過去の人為的攪乱に相当する攪乱を計画的に加える必要があると考えられる。

河川環境を知るためには、本研究でも示したように、現存する資料を整理し、過去から現在までに河川環境が種々の作用に対応してどう変化してきたのかといったことを捉えることがまずは重要と考える。それを基に河川環境を議論することで、種々の作用の結果として見える過去を単に模倣するのではなく、過去を参考としながら、将来の河川環境の姿を捉え、河川をどのように管理していくのか目標も立てやすくなるものと思われる。

参考文献

- 1) 大石哲也, 萱場祐一, 天野邦彦: 全国7河川の河道特性及び地被の長期変動の実態とその関連性, 河川技術論文集, Vol. 11, pp. 367-362, 2005. 6.
- 2) 藤田光一, 李參熙, 渡辺 敏, 塚原隆夫, 山本晃一, 望月達也: 扇状地礫床河道における安定植生域消長の機構とシミュレーション, 土木学会論文集, No. 747/II-65, pp. 41-60, 2003.
- 3) 李參熙, 藤田光一, 山本晃一: 礫床河道における安定植生域拡大のシナリオ, -多摩川上流部を対象にした事例分析により-, 水工学論文集, Vol. 43, pp. 977-982, 1999.
- 4) 藤田光一: 河原での植物と洪水のせめぎ合いを計算する, 辻本哲朗監修・(財)河川環境管理財団編, 川の技術のフロント, pp. 164, 2007. 7
- 5) 山本晃一: 河道・環境特性情報の読み方と利用-事例研究を通じて-, 河川環境総合研究所資料, Vol. 18, 2007. 2.
- 6) 鬼怒川・小貝川サミット会議: 鬼怒川・小貝川-自然文化歴史, 鬼怒川・小貝川サミット会議(下館工事事務所), 1993. 3
- 7) 国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター水害研究室, 国際航業株式会社: 航空レーザを用いた利根川等の河道測量業務報告書, 2003.
- 8) 宮脇昭: 日本の植生, 学研研究社, 1977.

(2007. 9. 30 受付)