

F-1 地理的スケールにおける生物多様性の動態と保全に関する研究

(1) 地理的スケールにおける生物多様性の現状と歴史的変化の把握

②地理的スケールにおけるバイオトープの縮小・分断化の現状・動態の把握とその要因分析

独立行政法人土木研究所

水循環研究グループ 河川生態チーム 島谷幸宏・尾澤卓思・皆川朋子

平成 11～13 年度合計予算額 37,882 千円

(うち平成 13 年度予算額 10,065 千円)

〔要旨〕扇状地では、農業用水への揚水によって地下水位が低下し、伏流水や湧水の枯渇を招いている。そのため扇状地上を流れる河川は、流量の減少や湧水の減少が生じ、一時的に流水がなくなる区間があらわれる等、流水の分断が生じる。このような流水の分断は、物理的な河川の縦断的・横断的な分断とともに生物に大きな影響を与えていることが懸念されるが、この現状についてはこれまであまり着目されてこなかった。本研究は、環境変化による河川及び生物への影響に関する知見を得ることを目的に、那須野ヶ原扇状地を対象に、そこで生じた環境変化を踏まえ、流水の分断を含めた河川の分断化の現状と魚類への影響について明らかにするものである。

那須野ヶ原扇状地は、特に昭和 20 年代から 40 年代までに森林から水田へと大きく改変された。このような水田の増加は地下水位の低下をもたらし、森林の減少は地下水涵養機能を減少させ、いっそう地下水位の低下を促進させたものと考えられる。地下水位の低下は灌漑初期の春季が大きく、10m にも及び、扇端部を中心に豊富に流出していた湧水の枯渇・減少の大きな要因となっている。

このような環境変化が生じている地域を流れる小河川の堂川では、農業用水用取水堰が数多く設置され、物理的にも分断が生じ、灌漑初期において、取水や湧水の枯渇により流水の分断が生じていた。これらが及ぼす魚類への影響について調査したところ、落差工等の物理的な分断は魚類の移動を阻害する要因となり、湧水の枯渇による流水の分断は、魚類相が極めて貧弱になる可能性があることを示唆した。

〔キーワード〕河川、生物生息空間、分断化、構造物、魚類、ネットワーク

1. はじめに

人為的インパクトは生物生息空間の直接的な改変のみならず、縮小化、分断化を招き、多くの生物に影響を及ぼしているものと考えられ、今後、地域個体群の保全など、生物多様性の保全を図る上で重要な課題となっている。

河川生物の保全を図る上で、それらの生活史を全うするために必要な生物生息空間や河川のシステムを保全することが必要である。また、縦断的な河川の連続性、河川と支川や水田等との横断的な連続性の確保も必要不可欠である。しかし現在、ダムや堰などの横断構造物や、圃場整備の進捗等により、河川は縦断的にも横断的にも分断化が生じている。これまで、河川の連続性については、水田と河川との連続性に着目し、水田がドジョウにとって再生産の場として重要な役

割を担っていること¹⁾、水田のような一時的水域が多様な生息環境として周辺水域の魚類相を豊富にしていることなどを明らかにした研究²⁾等がある。また、落差による縦断的な分断については、その対策として魚道が着目され、その構造等に関する研究は数多く見られる。このようにこれまで物理的な分断が着目されることが多かった。しかし、河川のみでなく、流域の開発により河川をとりまく環境も大きく変化し、これにより地下水の低下、湧水の減少・枯渇等のような流水の分断化が生じ、存続が危ぶまれている種も少なくない。特に扇状地では、農業用水への揚水によって地下水位が低下し、伏流水や湧水の枯渇が生じ、これにより扇状地上を流れる河川では、流量の減少や湧水の減少によって一時的に流水がなくなる区間があらわれる等、流水の分断が生じている。このような分断は河川生物に大きな影響を与えており、特に湧水に依存して生息する種に影響を及ぼしていることが予測されるが、流水の分断の現状についてはこれまであまり着目されてこなかった。

2. 研究目的

本研究は、環境改変による河川及び生物への影響に関する知見を得ることを目的に、那須野ヶ原扇状地を対象に、そこで生じた環境変化を踏まえ、流水の分断を含めた河川の分断化の現状と魚類への影響について明らかにする。

3. 研究方法

(1) 那須野ヶ原扇状地における人為的インパクトと環境の変化について

那須野ヶ原扇状地(図-1)の市町村史、開発史等の歴史史料を用いて、対象地域に発生してきた人為的なインパクトを抽出し整理する。また、旧版地図を利用して明治期以降の土地利用の変遷を歴史的に把握し、そこで生じた環境の変化、特に、地下水、湧水の変化を明らかにする。

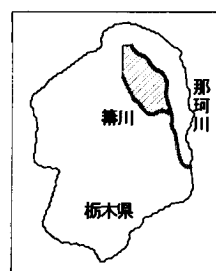


図-1 対象地域

(2) 那珂川支川堂川における人為的な分断と魚類への影響

(1) のような環境の変化のもと、河川においては、農業用水用取水堰の設置等により物理的な分断、地下水低下による湧水の減少・枯渇などによる流水の分断によって、特に魚類を対象とした生息空間の縮小・分断化が著しく、魚類相に与える影響は大きいことが予

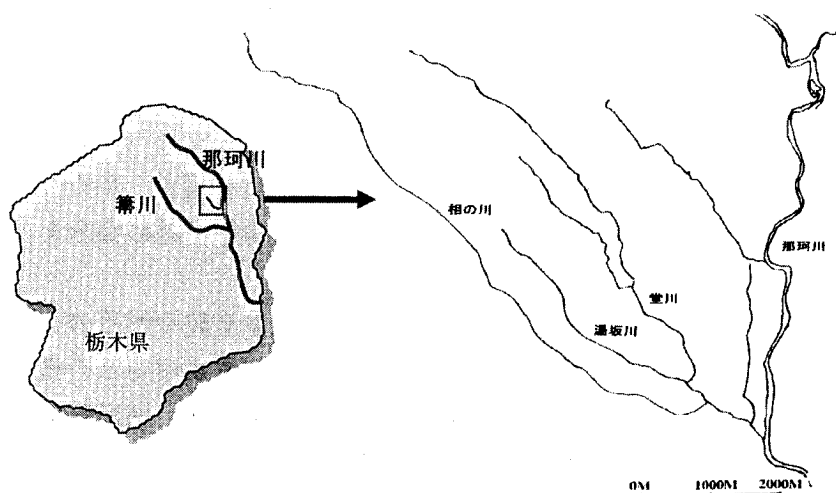


図-2 対象河川の位置

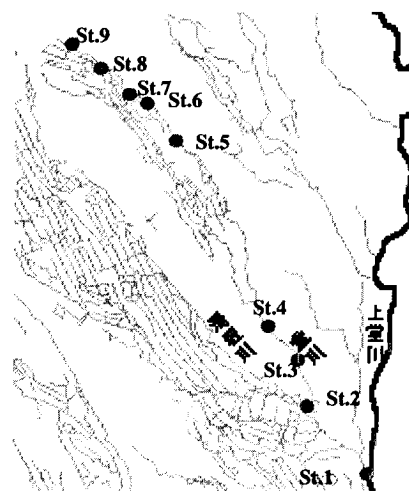


図-3 魚類調査地点

測される。ここでは堂川を対象に分断の現状と、魚類への影響について調査した。堂川は湧水を水源とする延長約 8.8km の河川であり、相の川に合流した後、那珂川に注いでいる（図-2）。那珂川との合流地点までを調査対象とした。

①分断要因

河川に分断要因を抽出・整理するとともに、対象河川における分断の現状を現地調査により明らかにする。対象とした分断要因は構造物による分断、流水の分断とした。以下に調査概要を示す。

ア. 構造物による分断

縦断的に測量を行い、主に横断構造物の位置を記録するとともに、落差を測定した。

イ. 流水の分断

季節別に流量を測定し、流水の分断状況を把握した。また、湧水の枯渇の状況について記録した。

②ハビタット調査

魚類の生息はハビタットに大きく規定される。したがって、分断と魚類相の関連を考える際、ハビタットを把握しておく必要がある。そこで、底質、河川形態（瀬・淵の状況）、沈水植物や河岸植物の状況について調査を行った。また、河床勾配は、底質の粒径や河川形態等、河川の縦断的なハビタットの特性を支配する要因となるため、これも併せて調査した。

ア. 河床勾配

対象河川には既存の河床縦断図が作成されていないため、測量によりこれを作成し、河床勾配を把握した。

イ. 底質

縦断的な底質の状況が把握できるよう合計 29 地点を調査地点とし、流心において河床に 50cm×50cm のコドラートを設置し、表-1 の底質分類に従い、各粒径サイズの占有率を 5%単位で記録した。

ウ. 河川形態

全域を踏査し、瀬及び淵の位置を記録した。また、併せて淵の成因別分類（表-2）を記録した。

エ. 水域及び河岸植物

沈水植物や抽水植物など、水域内及び河岸の植生について、全域を踏査し、沈水植物の被覆率がほぼ同一とみなせる区間を記録し、各区間における水域内にある沈水植物、湿生・抽水植物の植被率、河岸の草本、樹木の被覆率（投影面積の河道に対する割合）を目視により測定した。

オ. 湧水の有無

全域を踏査し、湧水を目視により確認し、位置を記録した。

③ 魚類調査

表-1 底質分類

分類名	粒径(mm)
粘土	0.00024～0.004
シルト	0.004～0.062
砂	0.062～2
砂利	2～64
玉石	64～256
巨礫	256 以上

表-2 淵の成因別分類

R 型	岩、橋脚、水制等の周りが深掘れしたもの。
M 型	蛇行の水衝部が深掘れしたもの。
S 型	岩盤、堰、床固等の下流が深掘れしたもの
O 型	旧濬筋の名残や人為的な掘削による本流から入りこみ、深みとなったもの。
D 型	堰の上流側の河床が深掘れしたもの。

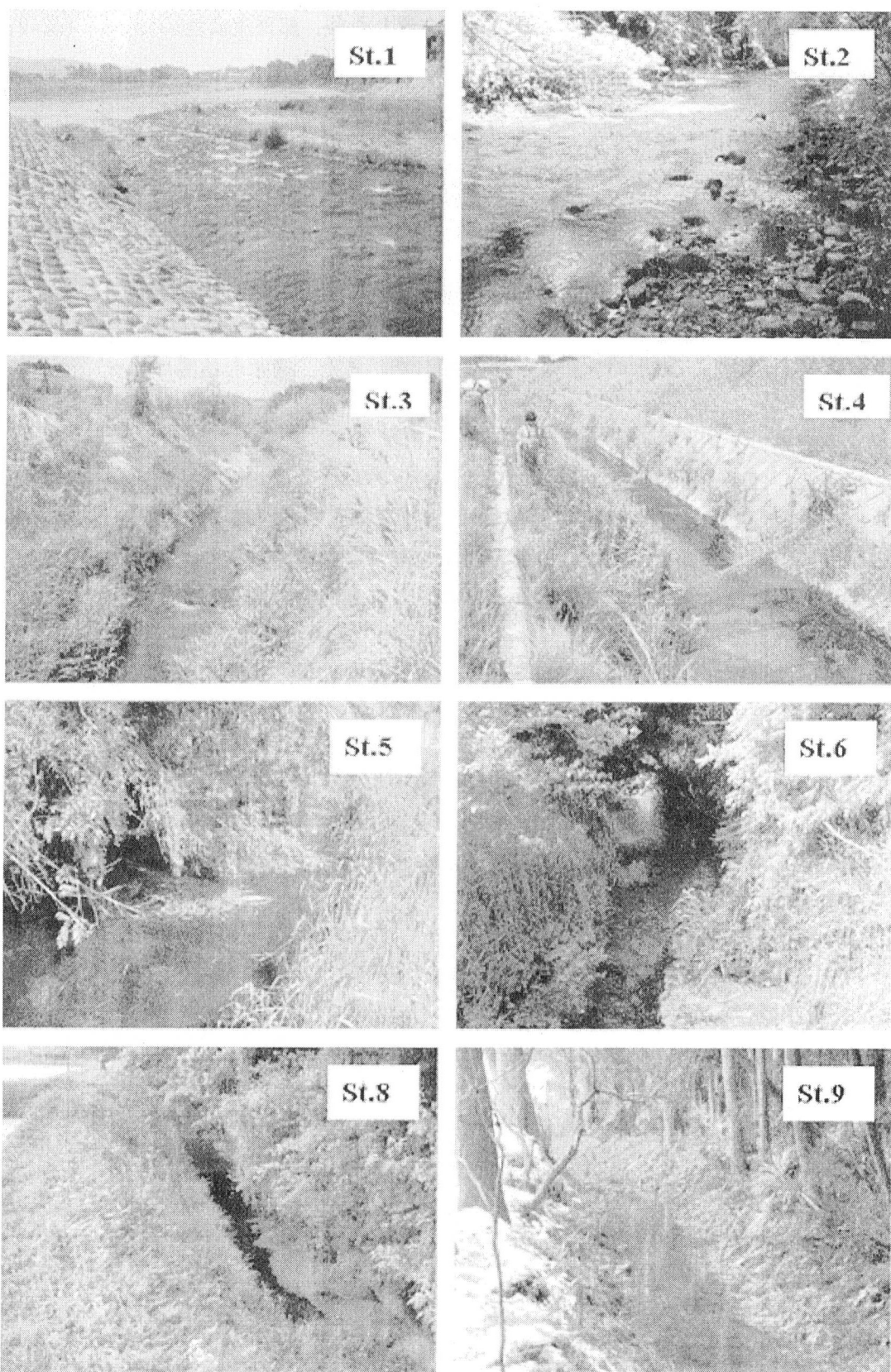


写真1 魚類調査地点の状況

対象河川における分断の現状を踏まえ、図-3 に示した9 地点（St.1～St.9、写真-1 参照）を対象に魚類調査を行った。調査は2001 年5 月、8 月、10 月、12 月、2002 年2 月の計5 回実施した。魚類の採捕は、調査区間の上下流端を網で仕切り、下流から上流へ電気ショッカー（FISH SHOCKERⅢ、フロンティアエレクトリック社製）を用いて行い、これを3 回繰り返した。各調査区間は、川幅がその他の地点と比べ相対的に広いNo.1 においては50m（川幅の約5 倍）、その他は15m（川幅の約4～5 倍）とした。採捕後、種の同定、標準体重・湿重量の測定を行い、その後、放流した。

4. 結果・考察

(1) 那須野ヶ原扇状地における人為的インパクトと環境の変化

① 地形・地質

那須野ヶ原は栃木県の北部に位置し、那珂川と箒川に囲まれた木の葉形の複合扇状地であり、中央を流れる蛇尾川・熊川は扇状部では厚い砂礫層のため水無川となっている。地形は平らな扇状地の那須野面を中心に、河川のそばに河岸段丘面、河川から離れた場所に河川に平行な細長い丘陵面が存在する。

「西那須野町の自然」³⁾によれば、那須野ヶ原の基盤は第三紀に海底火山の活動により堆積した緑色凝灰岩である。第三紀末に地殻変動が起こり、それが隆起して盆地上の湖水が形成された。その後、第四紀洪積世において山地からの泥・砂利が堆積して礫層を形成し、これは現在深層地下水の帯水層となっている。さらに、火山活動による火山灰や軽石がその上に堆積して凝灰岩層ができ、これが新しい地下水の基盤となっている。これにより湖水が埋められ、その後火山活動が止むと、この上を箒川や蛇尾川が周囲を削りながら流れるようになった。これらの河川の側刻、下刻の浸食作用により河道には砂礫が堆積し、削り残されたところは残丘として扇状地上の微高地となっている。このときの砂礫が堆積した旧河道が現在の浅層地下水の帯水層であり、この上に火山活動によるローム層が堆積したのが、現在的那須野ヶ原である。

表-3 江戸時代の用水³⁾

	用水名	水源	開削年次	目的
那須西原	養沼用水（大田原堀）	蛇尾川	1596・1615	はじめ折戸外4 か村飲用水、のち大田原城下まで延長される
那須東原	巻川用水	大巻川	1647	唐杉村外7 か村の飲用水
	長島堀（岩崎堀）	那珂川	1658	新田開発
	穴沢用水	木ノ俣川	1763	穴沢村の飲用水
	〃 延長		1772	弥六、岩崎方面へ延長、飲用水
	〃 延長		1785	木綿畑村への延長、飲用水
	山口堀		1810	穴沢用水の拡張と延長、新田開発
	小巻川用水	小巻川	不詳	木綿畑新田飲用水

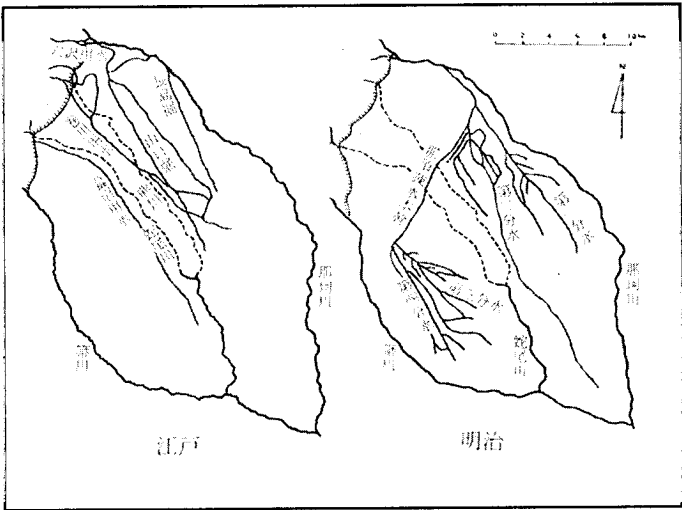


図-4 江戸時代と明治時代の用水
「那須疎水百年史」⁴⁾「黒磯市誌」⁵⁾より作成

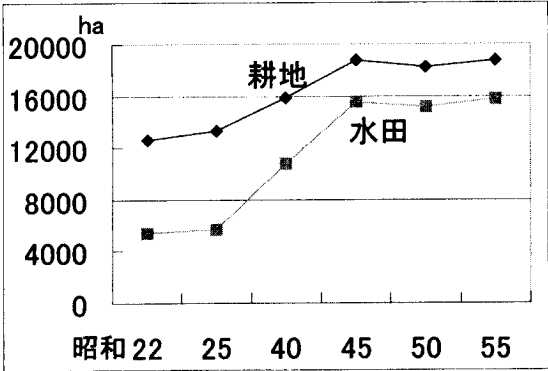


図-5 耕地面積の推移

「那須疎水百年史」⁴⁾より作成

②人為的インパクト

「那須疎水百年史」⁴⁾によれば、那須野ヶ原は扇状地地形で元来水が乏しく土地がやせているため、大半が原野・雑木林であった。江戸時代になると飲用目的や新田開発のための用水が那珂川や蛇尾川上流を水源として開削され、徐々に開発が行われた。江戸時代に開削された用水をまとめると、表-3 のようになる。これらの用水は、洪水による破壊や路線変更などで、その後一部を除いて廃堀となっている。江戸末期には商人が大田原藩の許可を得て荒れ地を開墾して、栗・柿・梨等の果樹栽培を行う開発も行われた。

明治に入ると士族授産のための国営開墾事業が始まり、華士族や政商に払い下げられた官有地に開墾結社による大農場が成立した。そして明治 18 年に那須疎水が開削されて、那須野ヶ原全域で水田開発が進められるようになった。

江戸時代と明治時代の主な用水を比較すると、図-4 のようになる。ここに示されている用水の延長を比較すると、江戸時代は 96km であるのに対し、明治時代は 140km と約 1.5 倍に増加している。また、江戸時代には用水が引かれたのは扇頂～扇央の河川付近に偏っているのに対し、明治時代には扇状地全体をカバーするように用水が引かれ、この時期に那須野ヶ原全域を開発する基盤が整ったと考えられる。

戦後になると、食糧増産の要請が高まり、食糧難の解決と失業対策のため、農地改革の未開墾地開放とともに緊急開拓事業が実施された。また、機械化により労力が減り、電気揚水が急速に普及して水田開発が一気に広がった。その後は、昭和 40 年代に国営開拓事業も始まり、各地で土地改良事業などが進んでいる。

図-5 に史料⁴⁾から得られた耕地面積の推移を示す。これによると耕地面積は戦後 20 年ほどの間に大幅に上昇しており、その多くが水田に利用されていることがわかる。

③土地利用の変遷

明治 40 年代・昭和 20 年代・昭和 40 年代・現在の 4 時期の旧版地図を用いて那須野ヶ原の植生及び土地利用の変遷を読み取り、GIS データとして整理した。各時期で読み取った植生区分、土地利用区分は表-4 の通りである。植生については地図上の植生区分記号の点データを最近隣内挿法により面データに変換し、土地利用区分の面データと統合した。

各時期の土地利用状況の変遷を図-6 に示す。昭和 20 年代までは森林が大きな割合を占めており耕作地は河川沿いの土地に限られているのに対し、昭和 40 年代以降では耕作地が山地を除く那須野ヶ原のほとんどの部分を占めている。戦後のこの間に起きた開発により環境が大きく変化したことが伺われる。市街地などの造成地も増加してはいるが、耕作地の増加ほど大きな広がりではない。また、残されている森林も、パッチ状に細かく分断されて点在するという状況が起こっている。

これらの面積を集計した結果を表-5、図-7 に示す。昭和 20 年代から 40 年代にかけて土地利用の変化が大きいことがわかる。利用区分としては主に森林が耕作地へと変化しており、森林面積が 5 分の 2 に減少しているのに対し、耕作地は 3 倍程度に増加している。細かい区分で比較すると、耕作地は大半が田であるが、扇頂付近では畑・草地も広く分布している。森林の減少分の中では、針葉樹林よりも広葉樹林の方がより大きく減少している。また、荒地も時代が進むにつれて減少し続けている。

時期	植生区分	土地利用区分
明治 40 年代	草地、果園、茶畑、桑畑、田、荒地、竹林、鍼葉樹林、潤葉樹林	市街地・集落、水域、その他
昭和 20 年代	果園、茶畑、桑畑、沼田、水田、乾田、荒地、櫻桐科樹林、竹林、鍼葉樹林、潤葉樹林、草地	市街地・集落、水域、その他
昭和 40 年代	田、畑・牧草地、果樹園、桑畑、茶畑、その他の樹林、広葉樹林、針葉樹林、はいまつ地、竹林、しの地、やし科樹林、荒地	市街地・集落、水域、その他
現在	田、畑、果樹園、桑畑、茶畑、その他の樹林、広葉樹林、針葉樹林、はいまつ地、竹林、しの地、やし科等樹林、荒地	市街地・集落、水域、その他

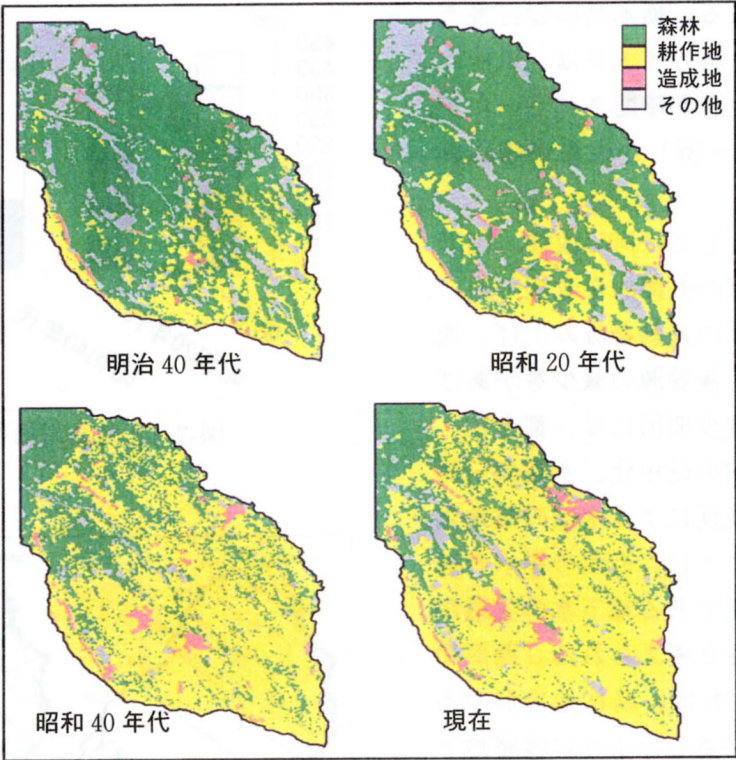


表-4 (上) 対象とする凡例区分 図-6 (下) 土地利用の変遷

表-5 土地利用面積の集計

大区分	中区分	明治40年代	昭和20年代	昭和40年代	現在
耕作地	果樹園	1,282,500		810,000	680,000
	畑・草地	2,080,000	5,107,500	52,270,000	59,097,500
	田	75,705,000	87,115,000	205,555,000	215,815,000
	小計	79,067,500	92,222,500	258,635,000	275,592,500
森林	針葉樹林	132,635,000	104,297,500	76,005,000	61,895,000
	広葉樹林	140,155,000	157,095,000	58,745,000	47,297,500
	その他樹林	2,842,500	3,127,500	270,000	425,000
	小計	275,632,500	264,520,000	135,020,000	109,617,500
造成地	市街地・集落	5,035,000	9,355,000	12,447,500	16,175,000
その他	水域		342,500	572,500	287,500
	荒地	50,720,000	38,232,500	14,577,500	13,772,500
	その他	17,340,000	23,122,500	6,542,500	12,350,000
	小計	68,060,000	61,697,500	21,692,500	26,410,000
合計		427,795,000	427,795,000	427,795,000	427,795,000

④湧水への影響

湧水は、トゲウオのような冷水性の生物にとって生息のために最も重要な環境であるが、一方で人為的なインパクトにより非常に影響を受けやすい環境でもある。図-8 は那須野ヶ原における昭和 36 年と現在の湧水の場所を等高線とともに示したものである。湧水は一般に扇状地の扇央～扇端に多く分布し、那須野ヶ原では概ね標高 250m の等高線より扇端側に多く存在する。また、河川のそば、丘陵地の斜面下に湧き出ることが多く、等高線が扇端側に張り出した脇に存在するものも確認できる。2つの時期を比較すると扇端部を中心に湧水の減少が著しい。この変化によって、湧水に依存する生物は大きな影響を受けていると考えられる。栃木県の報告書⁸⁾によれば、トゲウオ科のイトヨは、以前は大田原市の各地で生息が確認されていたが、1990 年以降では 1ヶ所しか生息が確認されていない。

湧水減少の原因としては河川改修・圃場整備による湧出地点の直接的な改変の他に、井戸等による地下水の過剰な汲み上げ、地下水の供給元となる涵養源の減少等があげられる。涵養源の減少要因には、都市化、土地改良による水田の乾田化、水路の三面コンクリート化、減反による水田の畑地化などがある。このように、近年の湧水の減少には、その供給元である地下水の実態が大きく関わっていると考えられる。「西那須野町の自然」³⁾によれば、扇状地地形である那須野ヶ原には前述したように浅層地下水と深層地下水の2種類の地下水が存在する。浅層地下水は蛇尾川等の埋没した旧河道の跡を流れており、このような地下谷は那須野ヶ原全体に 10 本程度あるといわれている。扇央部の浅層地下水は水位変動が大きく、変動幅は年間で数 m から 10m にも達する。水位が最も低いのは3月下旬から4月上旬で、最も高いのは8月下旬から9月上旬である。深層地下水は凝灰岩層に挟まれた砂利・礫層に存在し、その深さは扇頂部で 100m 程度、扇端部で 15m 程度といわれている。地下水の流速は速いところで 10～40m/h である。

表-6 は過去から現在にいたる地下水の

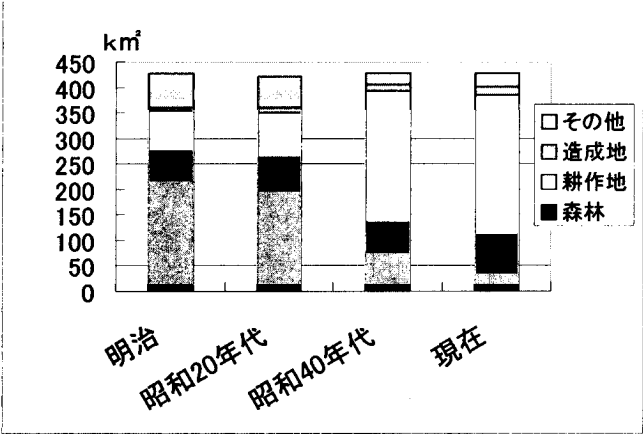


図-7 土地利用面積の変化

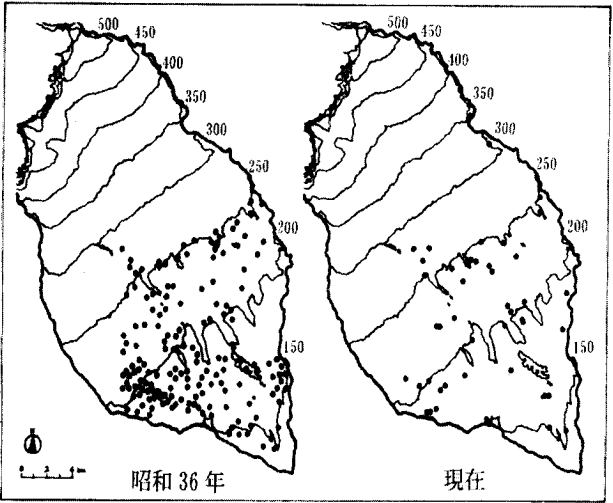


図-8 湧水の分布の比較

「那須野盆地」⁶⁾那須野原地区水文地質図⁷⁾より

表-6 地下水の利用形態

	～近世	明治	昭和30～50年	昭和50～現在
利用形態	湧水	(用水)	浅井戸	深井戸
施設数	24ヶ所		5,391本	364本
年間湧水量 (昭和60年時点)	300万t		3億3,100万t	1,800万t
用途		農業		工業、上水道

「第3回地下水利用形態調査」⁹⁾より作成

利用形態の変遷を示したものである。地下水の利用は、戦前においては小規模な井戸の汲み上げ以外は湧水として湧き出しているものを利用する程度であったと考えられる。しかし戦後、食糧増産を目的とした水田開発が各地で進むと、那須疎水等の用水路だけでは水を十分に確保することができず、電気揚水が広く普及したこともあり特に扇央～扇端部では開田場所ごとに浅井戸を掘削して水源を確保する動きが高まった。こうして主に農業用に大量の浅井戸が掘削され、地下水位が大きく低下したと推測される。ちなみに、那珂川からの那須疎水の取水量は毎秒5tとすると年間1億5,000万t程度であり、その2倍もの地下水が浅井戸により汲み上げられていることになる。その後は、浅層地下水の減少に伴い、新たに進出した工場などでは深層地下水を利用する深井戸の掘削も行われ、地下水への人為的インパクトは増大し続けている。この結果、湧水も図-8に示したように大幅に減少し、那須野ヶ原の湧水環境は戦後大きな影響を受けてきたといえる。

⑤ まとめ

以上のように那須野ヶ原扇状地は、もともと水が乏しく、土地がやせ、大半が原野、雑木林であったが、江戸時代以降、用水路網がひかれ、明治期になると、開墾事業、那須疎水の開削が進み、水田開発が本格化した。さらに、戦後の食糧増産、機械化によって、地下水利用による開田が活発化した。明治から現在までの旧版地図や地形図から土地利用の変化をみると、特に昭和20年代から40年代までに森林から水田へと大きく改変された。このような水田の増加は地下水の利用を促進させ、その利用形態も浅層地下水から深層地下水への利用へと変化し、地下水へのインパクトはさらに増大した。また、森林の減少も地下水涵養機能を減少させ、結果的には地下水位を大きく低下させる要因となったものと予測される。このような地下水位の低下は、扇端部を中心に豊富に流出していた湧水を著しく減少させた。地下水の10mの低下は、最も高い標高に位置する湧水水源から下流数百メートルの範囲にある湧水の枯渇をもたらす可能性があることが予測され、トゲウオ科のイトヨなどのような湧水に依存する生物を中心に大きな影響を受けてきたといえる。

(2) 堂川における人為的分断と魚類への影響

①分断の現状

表-7に河川における分断要因と生物への影響を概念的に整理した。分断要因は、大きく物理的な分断、環境要素の分断、生物による分断により区分される。物理的な分断として、堰、落差工、

表-7 人為による分断要因と生物への影響

		分断要因		生物への影響
物理的分断	— 構造物による分断	— 縦断的	— 堰、落差工、床止工等	→ 移動、遡上阻害、供給源の減少 生活史を全うすることができない
		— 横断的	— 本川、支川との落差	
	— 流水の分断	— 直接的	— 取水等による水枯れ	→ ハビタットの一時的消失による生息 への影響
		— 間接的	— 地下水汲み上げによる湧水 又は表流水の枯渇・減少	
環境要素 の分断	— 水質改変による 分断		— 排水等による水質の変化	→ 生息許容範囲外の場合生息不可
	— 河川改修等による一定区間のハビタットの分断	— 水際域 — 河床状況	— 河畔林、水際植物の分断	→ 陰を好む生物、落下昆虫を餌資源とする生物の減少等
生物による分断	— 捕食動物による分断（外来種等）		— ブラックバス等による捕食	→ ある区間の移動が不可能となる

床止工等の構造物による分断、流水の分断として、直接的な取水や、湧水・表流水の枯渇・減少による間接的な流水の分断があげられる。また、環境要素の分断として、河川改修等によるハビタットの分断や水質改変による分断、特に近年においては外来種の捕食による在来種の生息域の分断があげられる。

ア. 構造物による分断

対象河川には 43 の堰等の横断構造物が設置され、縦断的に著しく分断化されている。図-9、10 に構造物の落差（河床高）の調査結果を示す。なお、43 の落差工のうち魚道が設置されていたのは 2ヶ所のみであった。落差は 50cm 以上が全体の 77%を占め、3mを越えるものも設置されている。落差の合計は 42.5mであり、上流から下流までの標高差が約 82mであることから、現在ではその約 52%が落差工で占められていることになる。

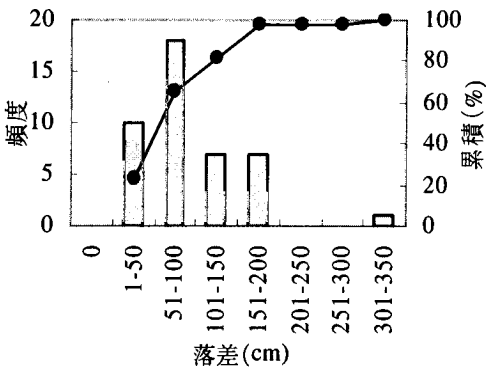


図-9 構造物による落差

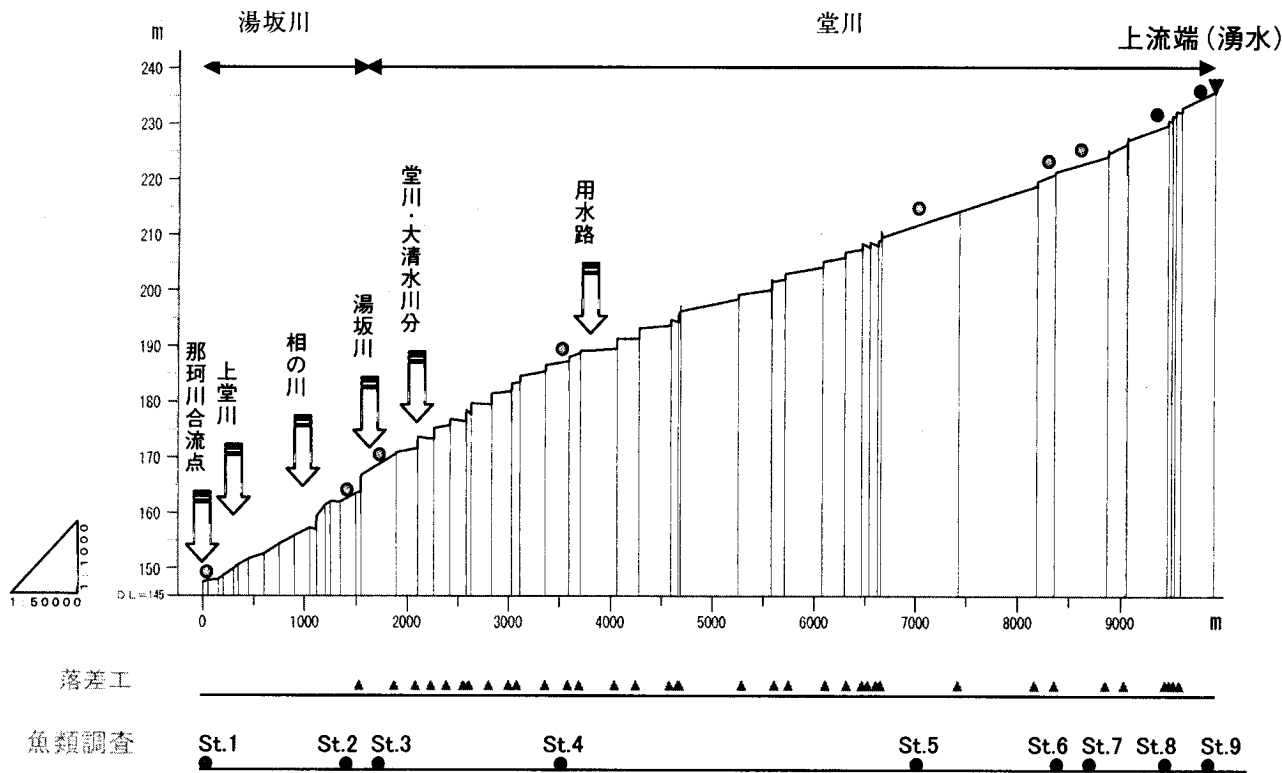


図-10 落差工の設置状況

イ. 流水の分断

図-11 に流量測定結果を示す。対象河川の流量は 0～7.25m³/s まで変化し、特に灌漑初期の 2001 年 5 月においては、流水のない区間が見られるなど、流水の分断の現状が明らかになった。このような流水の分断は、主に湧水の枯渇によるものと水田への引排水によるものであり、2001 年

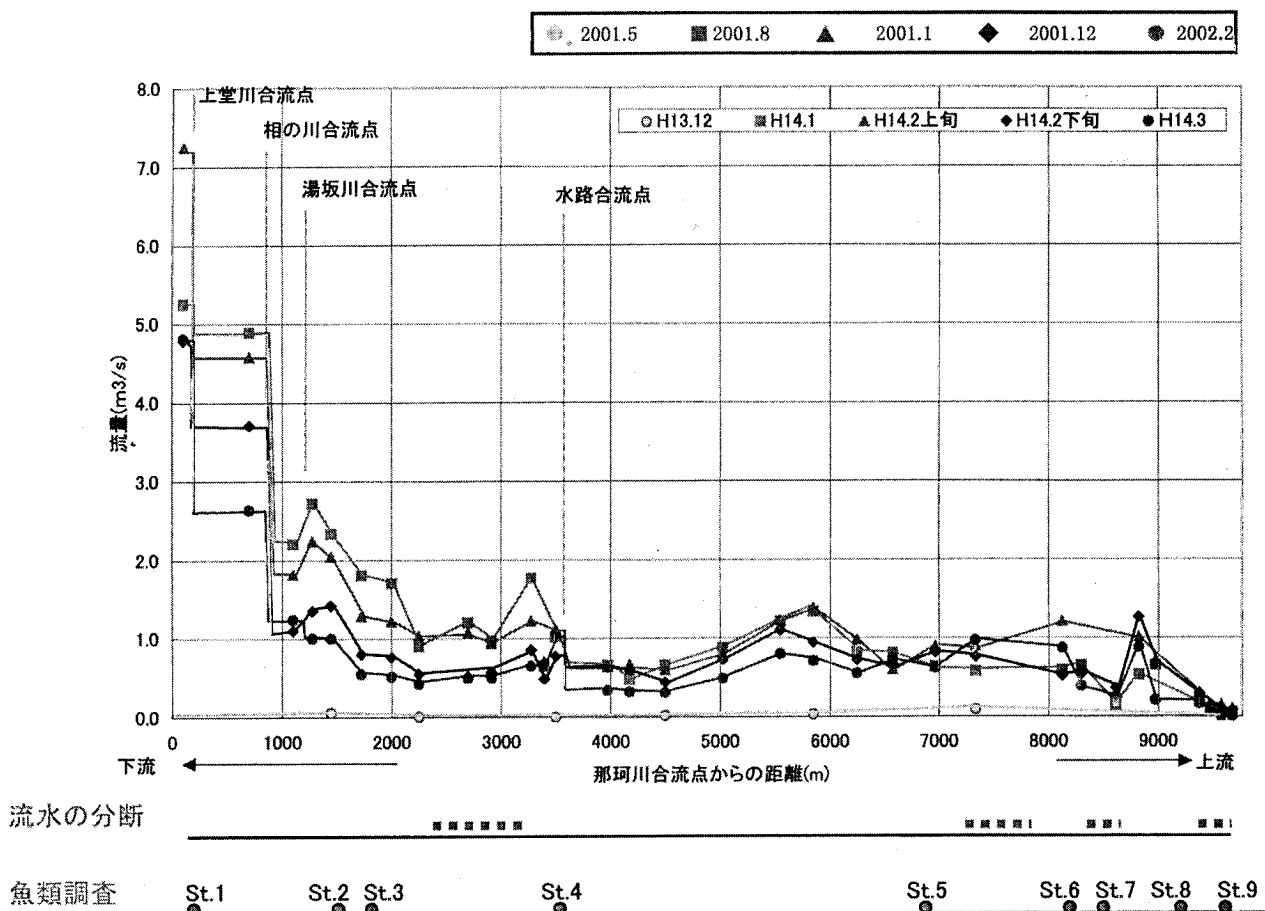


図-11 各調査時における流量

5月における St.9 は前者によって、St.4 及び St.7 は後者により、流水が全くない状況であった。また、St.9 では、2002 年 2 月においても湧水の枯渇により流水がない状況がみられた。St.9 の周辺住民にヒアリングを行ったところ、湧水の枯渇や流水がない区間は、毎年 2 月から田植え期の頃まで継続するとのことであった。これは、那須野ヶ原扇状地の扇央部の浅層地下水の水位が最も低い時期である 3 月下旬から 4 月上旬とほぼ一致するものであり、地下水の低下と湧水の枯渇との因果関係を裏付けるものであると考えられる。

②ハビタットの状況

ア.河床勾配による縦断的区分

河床勾配から、対象河川は以下の 3 つの区間に区分される。しかし、中流部がやや緩いものの、ほとんど変化はなく、全川を通じて急勾配となっている。

表-8 河床勾配からの区分

区間	那珂川合流地点からの距離	河床勾配
①	0～3.2km	1/100
②	3.2～9.2km	1/135～1/140
③	9.2～10.1km	1/100

イ.底質

調査結果を図-12 に示す。上流では主に砂、中流では砂利、下流では玉石が優占しており、下流ほど粒径が大きくなる傾向が見られる。底質より対象河川を縦断的に区分すると表-9 ようになり、河床勾配の区分とほぼ対応している。

表-9 底質からの区分

区間	那珂川合流地点からの距離	底質の状況
①	0～2.6km	大きな玉石または砂利が優占している。一部で巨石も認められる。
②	2.6～9.2km	中～大の砂利が優占している。下流側は浮石で、上流側は沈み石が中心である。
③	9.2～10.1km	砂利が少なく、砂が中心である。

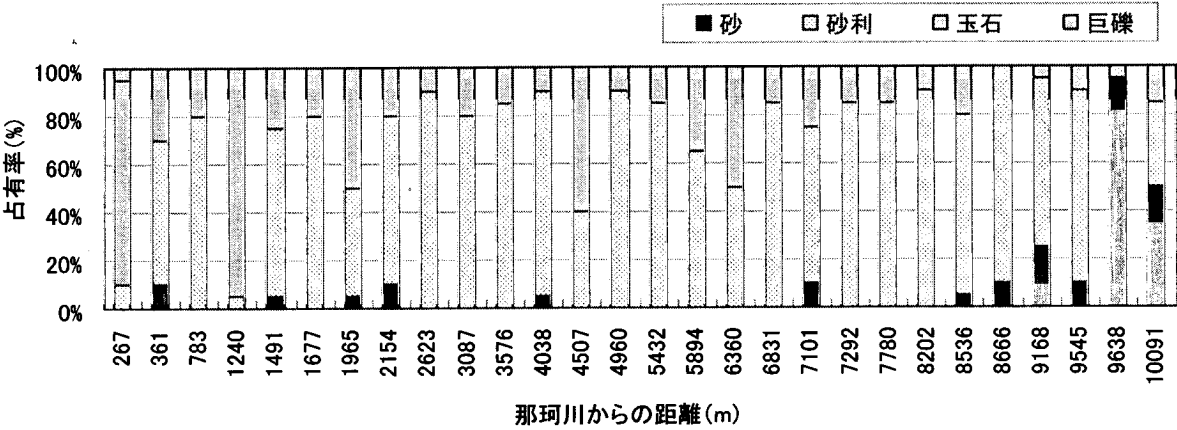


図-12 底質調査結果

ウ.河川形態

早瀬 23 箇所、平瀬 49 箇所、淵 65 箇所が確認された。淵で最も多く確認されたのは、S 型で 35 箇所、つづいて M 型が 26 箇所、その他、D 型が 2 箇所、O 型及び R 型はそれぞれ 1 箇所であった。

表-10 に瀬・淵の状況を整理した。

表-10 瀬・淵による区分

区間	那珂川合流地点からの距離	瀬・淵の状況
①	0～1.5km	瀬が連続し、M型の淵が比較的多い区間
②	1.5～6.9km	平瀬が断続的に存在し、S型淵が多い区間
③	6.9～7.9km	S型及びM型淵が続き、瀬はほとんど見られない区間
④	7.9～10.1km	平瀬が断続的に存在する区間

エ.水域内植物・河岸植物の状況

沈水植物の状況から、全域は 32 区間に区分された。図-13、14 に植被率の状況を示す。表-11 に水域内や河岸植物の特徴を縦断的に整理した。沈水植物等や湿生・抽水植物が多く繁茂し、さらに上流域は樹林等がカバーとなっていることが特徴としてあげられる。

表-11 水域内植物・河岸植物からの区分

区間	那珂川合流地点からの距離	植物の状況
①	0～1.5km	川幅が広く、河岸の樹木による植被率が比較的高い区間である区間。
②	1.5～6.9km	水域内の植被率が20～55%で推移している区間である。
③	6.9～7.9km	水面のほぼ前面が沈水植物及び河岸の植物に覆われている区間。
④	7.9～10.1km	植物の生育状況が小刻みに変化している区間。

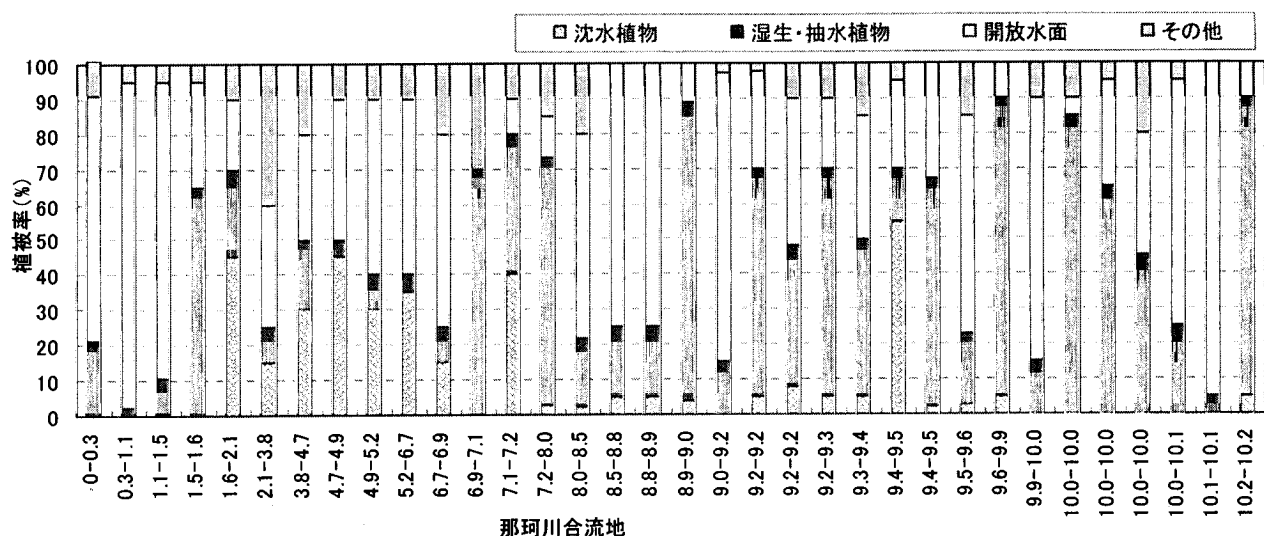


図-13 水域内植物調査結果

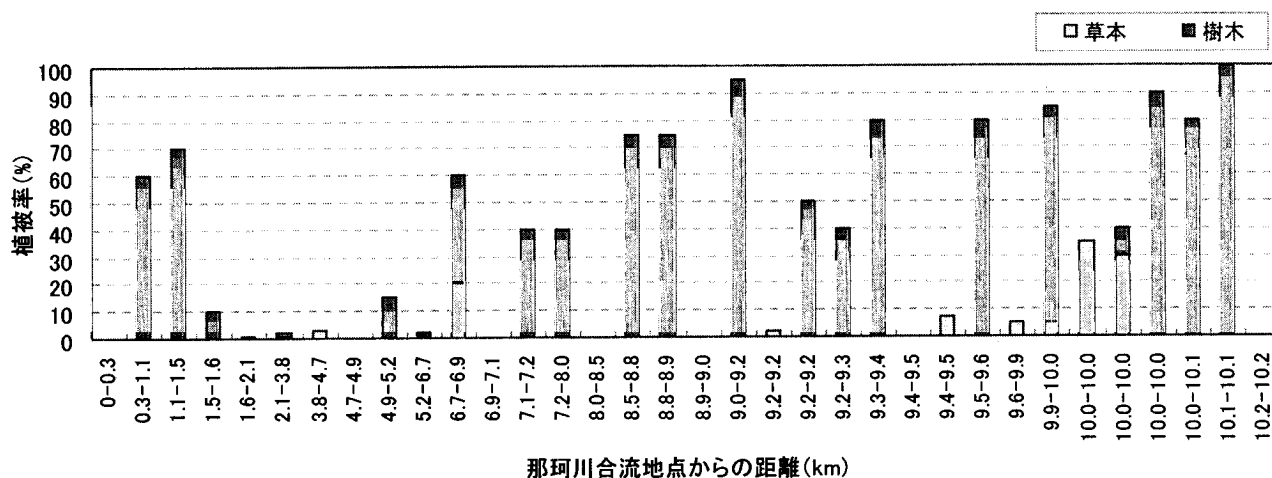


図-14 河岸植物調査結果

③ 分断要因と魚類相との関連

ア. 調査結果

図-15、16 に各地点における確認魚種数、個体数をそれぞれ示した。また、表-12 に各調査地点で確認された魚種について、全調査の個体数の合計を示した。確認された魚種は 9 科 20 種であった。また、表中には、平成 9 年度に実施された那珂川 81.5km 地点付近における河川水辺の国勢調査結果を併せて示した。

St.1 では全地点で最も多い 16 種が確認され、那珂川における調査結果とほぼ同様の魚類相を示していることから、那珂川の魚類が遡上してきたものと考えられる。個体数も全地点の中で最も多く確認され、特にウグイ、ドジョウが多く確認され、アユ、サケといった回遊型の魚種も確認された。その他、他の地点では確認されなかったナマズ、オイカワ、カマツカ、ギバチ、シマドジョウ、コイが確認された。St.2 ではウナギ、ウグイ等の回遊魚を含む 11 種が確認され、St.3

では、このうちウナギ、カワムツ、カジカの3種を除く8種が確認された。St.4では、それより下流の地点で確認されていたウグイが確認されていない。St.5、St.7、St.8では、ホトケドジョウ、ドジョウ、スナヤツメ、アブラハヤ、カジカの5種が共通しており、カジカを除きいずれも細流に生息する種であり、調査地点のハビタットを代表する種であると考えられる。St.9では、全調査を通して確認された魚種はホトケドジョウ1種のみであった。なお、スナヤツメとホトケドジョウは、湧水がある水の澄んだ流れに生息し、前者は環境省レッドリストの絶滅危惧Ⅱ類(VU)、後者は絶滅危惧ⅠB(EN)に選定され、近年個体数が減少している種である。

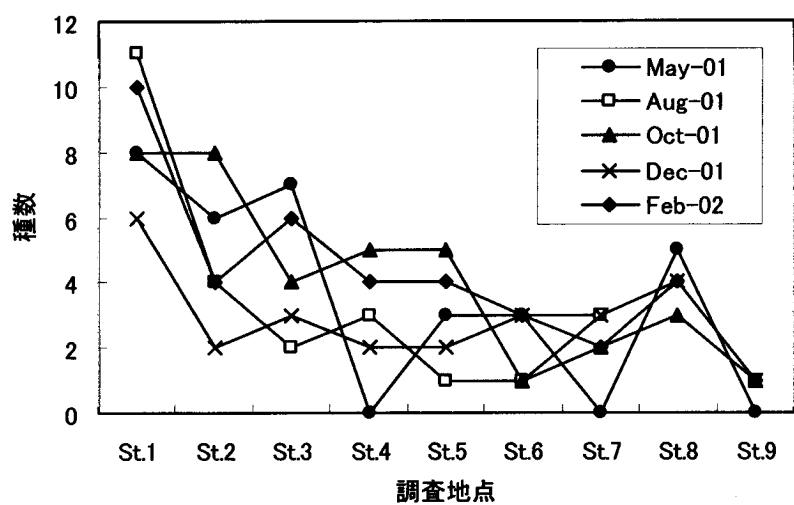


図-15 各地点における確認種数

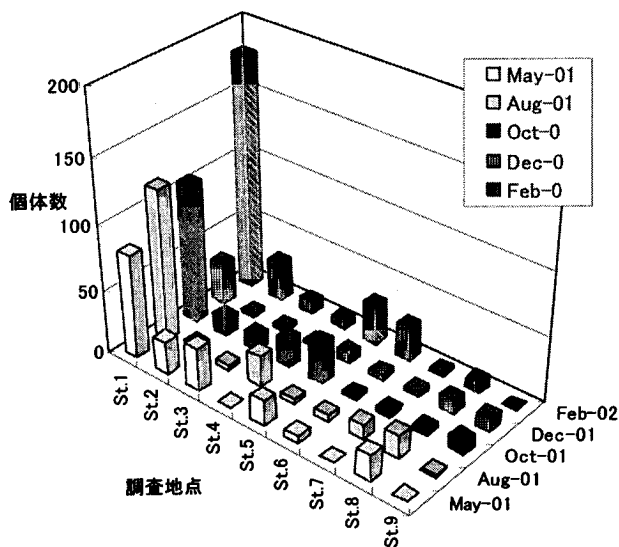


図-16 各調査地点における採捕個体数

表-12 魚類調査結果

科	種	回遊魚	那珂川		相の川	湯坂川	堂川								
			放流	81.5km ^{注)}	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9		
					0km	1.3km	1.7km	3.4km	7.0km	8.3km	8.6km	9.4km	9.7km		
ヤツメウナギ	スナヤツメ			●	9	1	6	13	56	29	9	7			
ウナギ	ウナギ	●	●			5									
コイ	キハチ			●	10										
	ナマス				1										
	ギンブナ			●	6	1	2	2							
	コイ				1										
	オイカワ			●	49							1			
	アブラハヤ				1	8	5	8	12		3	2			
	カワムツ			●	15	22									
	ウグイ	●	●	●	286	8	1								
	タモロコ				1	13	14	2							
ドジョウ	カマツカ			●	1										
	ドジョウ			●	116	12	24	18	20	9	8	5			
	シマトジョウ			●	16										
ナマス	ホトケドジョウ					2	8	10	4	4	1	44	22		
アユ	アユ	●	●	●	3										
サケ	サケ	●	●	●	2										
	ヤマメ		●			3	2			1					
	ニジマス		●						1		1	1			
カジカ	カジカ				2	4				1		2			
	モツゴ			●											
	ニゴイ			●											
確認種数					16	11	8	6	5	5	5	7	1		
合計					519	79	62	53	93	44	22	62	22		

注) 河川水辺の国勢調査より(平成9年度)

イ. 分断と魚類相との関連性

表-13 は、確認された種に着目し表-12 を並べ替えたものである。また併せて構造物による分断の状況、流水の分断状況、ハビタットの状況、魚類相からの縦断的な区分を示した。なお、ヤマメ及びニジマスは、対象河川に隣接した養殖場から流下してきたものと考えられるため、結果の解釈から省くこととする。

ウナギ、ウグイ、アユ、サケのような回遊魚に着目すると、アユ、サケは St.1、ウナギは St.2、ウグイは St.3 より上流において確認されなかった。St.1 と St.2 の間には、約 2m の落差、St.2 と St.3 の間には 3m の落差工(写真-2)が存在しているため、移動阻害が生じていることが示唆される。

St.3～4 と St.5～8 では、ギンブナ、タモロコ、ウグイ等、コイ科の魚類に違いがあり、後者ではこれを確認することができない。これは主にハビタットの違いが起因しているものと考えられる。

St.9 では、ホトケドジョウ以外の魚種は確認できなかった。これは、灌漑初期における湧水の枯渇により、一時期に流水の枯渇が生じていることが要因であると考えられる。

表-14 に各調査地点間の確認魚種データを用いて算出した魚類相のピアソン相関係数を、表-15 に種構成と採捕個体数の 2 つの指標を基にした Morisita の類似度指数を示した。それぞれ値が高いほど、各調査地点間の魚類相が類似していることを示している。隣接する地点間の相関係数及び類似度指数をみることにより、値が高ければ魚類相は類似し、その区間において魚類相が連

続し、低ければ魚類相が分断していることなどがある程度予測されるものと考えられる。

表-13 分断要因と魚類生息状況

那珂川合流点からの距離		下流 0km 1km 2km 3km 4km 5km 6km 7km 8km 9km 10km 上流									
分断要素		横断構造物 流水に分断									
ハピタット 河床勾配(底質)		河床勾配(底質)									
魚類調査地点		魚類調査地点									
魚類調査結果		魚類調査結果									
種	(区分)	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	St.10
	ホケドジョウ	2	8	10	4	4	1	44	22		
	ドジョウ	116	12	24	18	20	9	8	5		
	スナヤツメ	9	1	6	13	56	29	9	2		
	アブラハヤ	1	8	5	8	12		3	2		
	カジカ	2	4				1		1		
	オイカワ	49									
	ギンブナ	6	1	2	2						
	タモロコ	1	13	14	2						
	ウグイ	286	8	1							
	ウナギ		5								
	カワムツ	15	22								
	ギバチ	10									
	ナマズ	1									
	コイ	1									
	オイカワ	49									
	カマツカ	1									
	シマドジョウ	16									
	アユ	3									
	サケ	2									

ピアソンの相関係数より、St.2~St.5 及び St.6~St.8 は、隣接する地点間の相関係数が高く魚類相が類似しているが、St.1 と St.2、St.5 ~St.7、St.8 と St.9 で相関係数は低い。また、St.1、St.4、St.6、St.9 は、他の地点との相関性が低い。また、Morisita の類似度指数より、St.3~St.7、St.8~St.9 間の各地点間の類似度は 0.7 以上と高く、St.1 と St.2、St.7 と St.8 間の類似度は低く、この間で魚類相が変化していることを示すものである。これらを表-13 と比較すると、ピアソンの相関係数からの解釈の方が、Morisita の類似度指数よりも前述した解釈に近い。

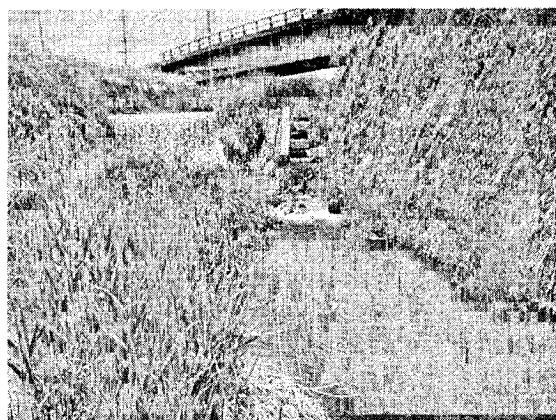


写真-2 落差工 (St.2-St.3 間)

表-14 各地点間における魚類相のピアソンの相関係数

[illegible]

表-15 各地点のMorisita の類似度指数

	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9
St.1	0.39	0.33	0.28	0.15	0.14	0.27	0.05	0.00
St.2		0.61	0.44	0.19	0.14	0.35	0.11	0.04
St.3			0.90	0.49	0.45	0.77	0.37	0.21
St.4				0.77	0.71	0.99	0.52	0.31
St.5					0.99	0.97	0.26	0.06
St.6						0.91	0.32	0.12
St.7							0.28	0.07
St.8								0.94

次に湧水に依存し生息するホトケドジョウに着目し、流水の分断との関係についてみる。St.9 は、5 月の調査時において湧水が枯渇し、全く流水がない状況であったが、8 月の調査時には湧水は回復し、ホトケドジョウが確認された。St.8 と St.9 には約 300m の距離があり、さらに、落差が 4 ヶ所設置されている。St.9 で確認されたホトケドジョウは、St.8 から遡上した個体、あるいは、St.9～St.8 の間の用水の落ち水から流入した個体と考えられるが、前者は落差があることから考えづらい。どのように移動してきたか特定することは困難であるが、ある期間、流水が分断されていても、付近に供給源があれば、流水の回復により、その後の生息は可能になることが示唆された。しかし、St.9 は 1 年を通じて、ホトケドジョウのみしか確認することができず、きわめて魚類相は貧弱であるといえる。St.9 の周辺住民にヒアリングしたところ、以前はイトヨが生息していたことから、環境の変化に弱い種は既に存続できず消滅し、比較的強いホトケドジョウはかろうじて存続しているものの、個体数は減少しているものと考えられ、今後、このような状況が継続すれば、その存続が危ぶまれる。

5. 本研究で得られた成果

本研究は、環境改変による河川及び生物への影響に関する知見を得ることを目的に、那須野ヶ原扇状地を対象に、そこで生じた環境変化を踏まえ、流水の分断を含めた河川の分断化の現状と魚類への影響について明らかにするものである。

那須野ヶ原扇状地は、特に昭和 20 年代から 40 年代までに森林から水田へと大きく改変された。このような水田の増加は地下水位の低下をもたらし、森林の減少は地下水涵養機能を減少させ、いっそう地下水位の低下を促進させたものと考えられる。地下水位の低下は灌漑初期の春期が大きく、10m にも及び、扇端部を中心に豊富に流出していた湧水の枯渇・減少の大きな要因となっている。

このような環境変化が生じている地域を流れる小河川の堂川では、農業用水用取水堰が数多く設置され、物理的にも分断が生じ、灌漑初期において、取水や湧水の枯渇により流水の分断が生じていた。これらが及ぼす魚類への影響について調査したところ、落差工等の物理的な分断は魚類の移動を阻害する要因となり、湧水の枯渇による流水の分断は、魚類相が極めて貧弱になる可能性があることを示唆した。

扇状地の地下水の低下は顕著な地盤沈下を起こさないことから、大きな社会問題とはなっていないが、湧水に依存する生物に大きな影響を与える。生物多様性の保全の観点から、扇状地の地下水の保全についても対策を早急に講じていく必要がある。

6. 引用文献

- 1) 藤咲雅明・水谷正一・佐々木誉・鈴木正貴 (1997) 一時的水域 (水田) との水系ネットワークが支えるドジョウの再生産に関する研究、農業土木学会大会講演会講演要旨集 pp294-295.
- 2) 斉藤憲治・片野修・小泉顕雄 (1988) 淡水魚の水田周辺における一時的水域への侵入、日本生態学会誌 38、35-47.
- 3) 西那須野町 (1991) 西那須野町の自然、西那須野町史双書 1.
- 4) 那須疎水土地改良区 (1985) 那須疎水百年史.
- 5) 黒磯市 (1975) 黒磯市誌.
- 6) 関東農政局 (1985) 第3回地下水利用実態調査.
- 7) 農林水産省 (1961) 那須野盆地.
- 8) 関東農政局、那須野原地区水文地質図.
- 9) 栃木県 (1997) 県北地域自然環境調査現況調査報告書.

[国際共同研究等の状況]

なし

[研究成果の発表状況]

(1) 誌上発表

田中伸治、皆川朋子、島谷幸宏：第28回環境システム研究論文発表会、pp.313-318 (2000)
「那須野ヶ原における人為的インパクトが水域ネットワークに与える影響に関する研究」

(2) 口頭発表

田中伸治、皆川朋子、島谷幸宏：第28回環境システム研究論文発表会 (2000)
「那須野ヶ原における人為的インパクトが水域ネットワークに与える影響に関する研究」

(3) 出願特許

なし

(4) 受賞等

なし

(5) 一般への公表・報道等

なし

(6) その他成果の普及、政策的な寄与・貢献について

なし