

2. 極低頻度大出水後の中小河川における近自然工法の適用の検討 ～那珂川支川の余笠川の場合～

要旨

1. はじめに
 2. 1998 年の余笠川洪水の概要
 - 2.1 余笠川および余笠川河道の特徴
 - 2.2 雨量と洪水流出
 - 2.3 河床変化と河道変化・変遷
 - 2.4 土砂生産と流木生産
 3. 河川災害の特徴
 - 3.1 護岸・根固の被災
 - 3.2 橋梁の被災
 - 3.3 近自然工法実施地区の被災
 4. 災害復旧工法の特徴～採択された近自然工法
 - 4.1 基本事項
 - 4.2 河道の法線形および横断形
 - 4.3 護岸・根固等にみられる工法の特徴
 - 4.4 河川公園等にみられる近自然工法
 5. 近自然工法の適用に関する考察
 - 5.1 近自然工法のあり方と特殊条件
 - 5.2 河川特性の反映
 - 5.3 治水・利水と環境関連事項との調和
 - 5.4 河川の維持管理と地域活性
 6. おわりに
- 参考文献
- 発表論文リスト

要旨

近自然工法は近年急速に普及し、実施例は増大した。しかし、数百年に一度というような、まれに発生する大出水後に、短期間に、しかも長い河道延長にわたって実施する河川工法として、近自然工法を適用するに当たっては、解決すべき問題点は少なくない。また、本来有する個々の河川特性を反映する方法について多くの興味が寄せられている。

本調査研究では、改修工事がほとんど行われていなかった中小河川の事例として、1998年8月に大洪水の生じた余箇川（那珂川上流の支川）をとりあげ、近自然工法に関する基本事項を抽出し、川の個性とその特性を反映した社会構造を踏まえた評価手法について考察を行った。まず、顕著な横侵食河道である余箇川の河道特性、頻度の小さい大洪水の意味、洪水の内容、河川災害の特徴などについて現地調査を行い、それぞれの内容について論じた。ついで採択された近自然工法の基本事項をまとめ、個々の内容を示し、評価を行った。ただし、災害復旧工事等の短期間に実施される大規模な事業の制約のもとでの近自然工法であるので、通常の工法の場合とは、若干ニュアンスの異なる検討例となつた。

主な結果は次のようである。まず、災害復旧事業の制約は、近自然工法採択にとって、外枠条件となる。特に、短期間での用地取得のため、通常河川に適用される法線形とすることが求められるが、近自然工法の内容を充実させるためには、河道特性に関する調査結果の理解を得るために時間がさらに必要であることが判明した。このことに関連して土地利用のあり方についても、久しぶりに生じた大洪水によって、はじめて住民に理解された特性もあり、本来はその内容が土地利用に反映されるのであるが、そのためにも時間が必要である。したがって、余箇川にとっては初の大改修工事となつたが、この時点が、実際には余箇川の近自然工法のスタートであるともいえる。余箇川では通常河川の場合より変化は早いと考えられ、注意深くフォローすることが重要である。そしてこのことと地域活性とを結びつけて考えることの重要性を示した。

1. はじめに

近自然工法は近年急速に普及し、実施例は増大した。しかし、数百年に1度というようなまれに発生する大出水後に、短期間に、しかも長い河道延長にわたって実施する河川工法として近自然工法を適用するに当たっては、解決すべき問題点は少なくない。多くの場合、コンクリートを主体とした現代的工法は、真に必要な場合を除いて適当でないが、緊急事態では捨てがたく、近自然工法が十分に検討されないことが考えられる。そこでは、大出水後の状況下において近自然工法の適用について基本にもどつた考察と再整理を行い、その計画手法を検討しておくことが重要である。

本調査研究では改修事業がほとんど行われていなかった中小河川の事例として、平成10年8月末に被災した余箇川（那珂川上流の支川）の例をとりあげ、近自然工法に関する基本事項を抽出し、河川の個性と、その特性を反映した社会構造を踏まえた評価手法を示して、地域住民が誇りと感じるような、そしてこの地を訪れる人々にとって魅力的な河川とする近自然工法の適用手法について論じる。この調査研究は顕著な横侵食河道という特殊な事例研究ではあるが、考え方や手法については一般性を持たせ、今後の近自然工法の発展に、基本面において寄与することを目的とする。

まず、この調査研究の背景となる余箇川洪水災害と復旧の関連事項の特徴として、次の4項目をあげ

ておく。

a. 極低頻度の大洪水が平成 10 年 8 月に発生した。その規模は 2 日雨量で千年以上の確率降雨となつたが、それ以前に顕著な被害をともなった洪水は 60 年前に発生しているのみである。この間の河道ならびに同辺条件の自然的変化の結果、および土地利用を含む社会環境からは、平成 10 年 8 月洪水は想定外の規模であったといえる。

b. 河道特性から余箇川を位置づけると、極めて顕著な横侵食河道といえる。すなわち、洪水中に 20 ~40m の幅の河道が 60~100m の幅の河道となり、また極端なわん曲部では流れが直進し、多くの新水路が形成された。その理由は、余箇川は火山灰等からなる細砂と多量の礫や巨石の混合材料で構成される谷底平野を流下する侵食過程の河川であり、複雑な段丘面を持ち、不規則・非平衡・不安定な蛇行河道が見かけ上、長年月にわたり安定河道とみられていたからである。

c. 近自然工法は災害復旧工事のなかで採択されているが、余箇川の場合、工事は災害年を含めて 3 ヶ年度で実施された。河川の被害はほぼ全川にわたり著しく及んだので、災害復旧はほとんど未改修の河川を短期間に新規河川に作りかえるようなものであった。そのため、河川特性を十分に検討する時間は少なく、一般の技術基準を基本としたうえで、近自然工法が検討されている。

d. 災害復旧は、原形復旧に加えて再度災害防止が基本となるが、外力の生起条件および社会環境等についての相対評価から、1/50 対応の安全率とし、平成 10 年の外力は超過洪水対応となった。

余箇川の災害復旧工事（一定災）は平成 12 年度末をもって概成する。工事区間は那珂川合流点から四ッ川合流点までの 16km であり、事業費は 185 億円である。近自然工法はその中で可能な限り採択された。その完成の姿は上述のような極めて厳しい制約条件のなかでの実施例として各方面より注目されている。近自然工法としての主要なものは、自然石などを多用した玉石張工、コンクリート・ブロックを覆土した緑化護岸、河床保護のための間伐材を使用した木工沈床、平面形状にも配慮した斜路式落差工、河川公園等の区分における低水護岸勾配の緩和および工事中の渴水を緩和する仮設落差工などである。一方、河道拡幅や平面形状の変更にともない、強度低下のみられるアーマーコートの補強のための根固や水割工、および減少した河畔林やその他植生の再生についても検討されている。ここでは、余箇川の河道特性、1998 年洪水と洪水による河床変動・河道変化、河川災害の状況および採択された近自然工法の特徴等について概観した後、余箇川における近自然工法の適用上の問題点について考察を行う。

2. 1998 年余箇川洪水の概要

2.1 余箇川および余箇川河道の特徴

余箇川は典型的な側方侵食（横侵食）河川の代表例である。この川は那珂川支川で、那須火山の朝日岳 (1896m) を水源とし、流域面積 127km²、幹川流路延長 36km（黒川合流点上流部）の卵型の平面流域をもつ。余箇川は火山性の生産土砂の影響を直接的に受けている。余箇川の最上流部は崩壊性の広く深い侵食斜面を形成し、山岳勾配がやや緩勾配となるあたりからの火山性堆積物の柔かい堆積域では流水による侵食が著しく、深く狭い渓谷となっている。上流区間の約 10km の侵食域を経て中・下流部はその土砂が堆積した区間となっている。土砂で埋められた谷の沖積地の幅は 300~1,000m である（図 2.2）。なお、余箇川の堆積区間の上流部はかつての土石流堆であり、この付近（大谷開拓橋上流部

付近)では上下流に対して比較的大径の巨石・転石・玉石が目立ち、大きなものでは平均粒径4m程のものもあった。火山性土砂が大量に堆積した谷底沖積地において、上流山地の安定化と植生の繁茂等による流出土砂量の減少にともなって、侵食性河道が形成された。その侵食性河道では、河道変遷をともない河床低下が進行し、変化に富んだ流水による数段の侵食段丘が形成された。最近では、最低位段丘上において上流からの供給土砂が多くない小洪水時に局所的な侵食が生じ、侵食による生産土砂の堆積作用が原因して小規模で著しく不安定な、かつ縦断的バランスを欠く、極めて変化に富む侵食性の蛇行河道が形成された。この河道は不規則な蛇行で縦断的に非平衡で時間的にも不安定である。ところが、大雨の発生頻度が小さいことから植生繁茂にともなって、不安定な蛇行河道がそのまま固定化し、みおを低下させ高水敷は上昇した。すなわち10年オーダーのタイム・スケールでは、見かけ状の安定蛇行河道に変化した。¹⁾

通常の侵食性河道といえば山地部の侵食河道や古い地質地帯等の侵食河道であり、主に鉛直方向の侵食である。縦侵食河道がこれに該当し直線的なものと穿入蛇行とがあるが比較的安定したものである。これに対し、横侵食河道とは侵食河道でありながら縦侵食河道のように水深に対して流路幅の狭い河道ではなく、むしろ水深に対して流路幅が広がる方向にはほとんど一方的に侵食が進行する河道のことである。全国的にみて、この種の河道は多くないが栃木県には今回洪水のあった余笠川や黒川のほかに鬼怒川やその支川の田川、あるいは思川支川の黒川などの例が挙げられる。

余笠川では、那須火山の水源地帯における土砂生産活動の活性化にともなって、これらの流出土砂が余笠川の渓谷を埋め、幅400~1,000mの沖積地を形成した。この過程では土石流の発生もあった。やがて、上流山地では崩壊終了と同時に安定期に入り、水源地域における植生繁茂にともなう耐侵食性の増大が流出土砂量の減少に拍車をかけることとなった。そのため、これまでの堆積河道はいってんして侵食河道に変化した。今回の洪水は、100km²オーダーの流域で比流量12程度のピーク流量であり、かつ上流山地からの土砂や流木の流出は無視しうるほどのものであり、洪水の水理量は豪雨地帯の洪水と比べ、異常といえるほどのものではない。洪水被害を顕著なものとした原因是、60年ぶりの大洪水で、かつ、被災対象に対



図2.1 余笠川の位置と流出土砂量測定区間

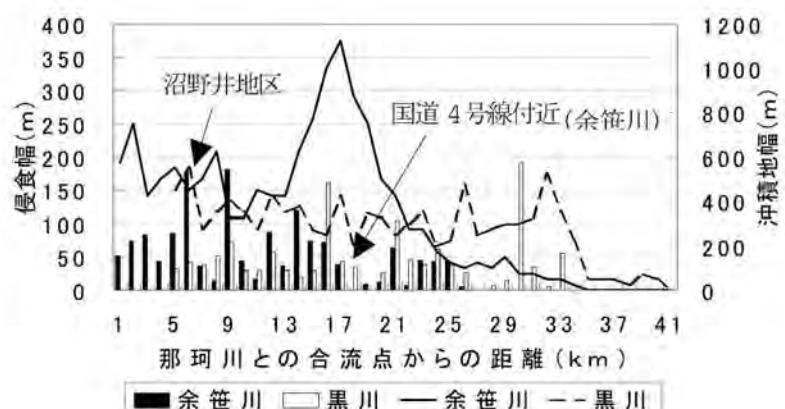


図2.2 余笠川と黒川の侵食幅と沖積地幅

して既往最大ということもあるが、余箇川が著しい横侵食河道であることに負うことがすくなくない。横侵食量は他に例をみない規模となり、非平衡の不安定蛇行河道ゆえに新規に大規模な侵食河道がところどころに形成され、大量の土砂生産と流木生産が行われた。このことが今回の洪水の最注目点であると考えられる。

2.2 雨量と洪水流出

栃木県北部を流れる那珂川上流支川余箇川では台風4号に刺激され、活性化した前線の活動で8月26日22時から12時間に472mm、最大時間雨量90mmの局所的な集中豪雨により洪水が発生した。今回の洪水による洪水時ピーク流量を求めるために余箇川と黒川の合計11地点で横断測量と洪水時痕跡調査を行った。

洪水流はほぼ等流であるとし粗度係数は現地での状況を考慮して設定し、マニングの式を用いてピーク流量を求めた。図2.3が各調査位置における雨量である。図2.5は各調査位置での比流量と流域面積で余箇川の黒川合流点上流部では比流量は約10程度であり他の河川の洪水と比べて極端に大きな洪水ではなかった。

2.3 河床変化と河道変化・変遷

余箇川の中・下流部では流量が大きいこととともに、沖積地が広く河道は沖積地内を自由奔放に蛇行しているため侵食幅が広い（沼野井地区付近で余箇川の流量1,550m³/s、比流量12m³/s/km²）。余箇川の那珂川との合流点から4~12km区間の航空写真を見ると、特に侵食幅の広い蛇行部では洪水流のカットオフ（ショートカット）による新流路の形成が多くみられ、洪水前の流路と新流路の両側から侵食されて侵食幅が広い傾向がある。

図2.7は洪水前の余箇川の蛇行の平面形状を沖積地の中心を基準として測定した結果である。測定区間は特に蛇行の激しい余箇川下流部（那珂川との合流点から0~16km）の区間である。河道は沖積地

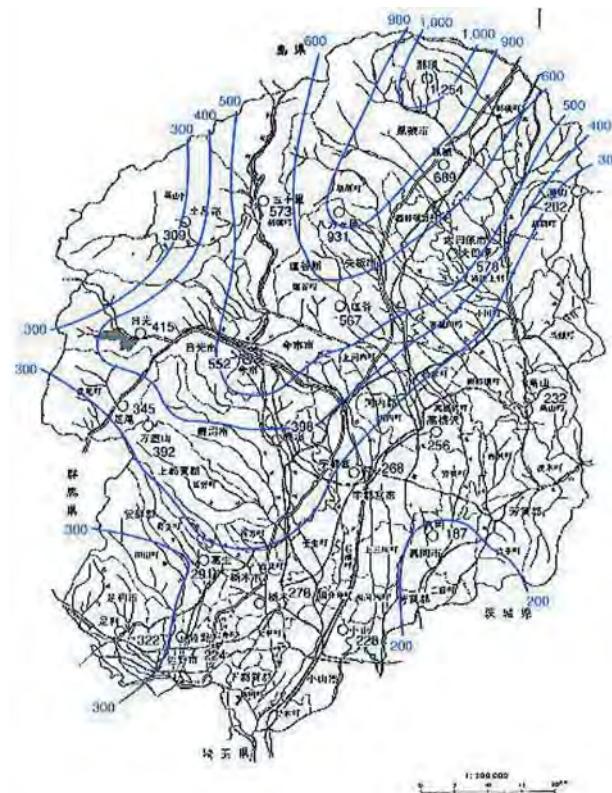


図2.3 雨量分布

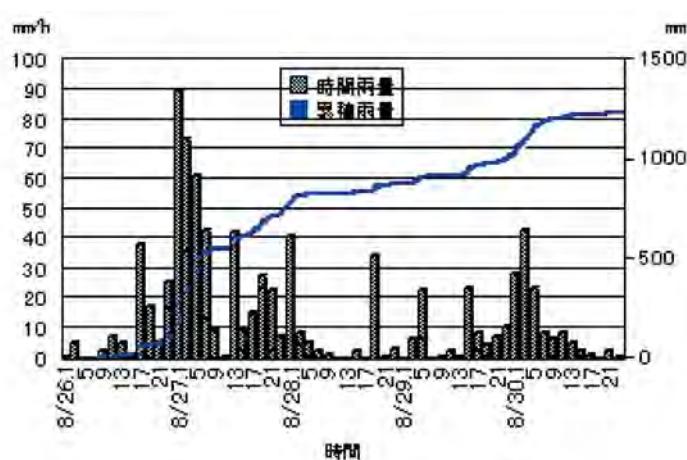


図2.4 降雨の状況

内を自由奔放に蛇行しており、その蛇行は縦断的に非平衡で不規則である。蛇行振幅は沖積地の中心を軸におよそ 200m 前後である。

図 2.8 は測量地点①（余笠川、赤沼地区）の横断図である。この付近は侵食幅が最も広い地点であり、洪水時の川幅は約 200m であった。この付近では洪水流はカットオフ（ショートカット）し、左岸側が侵食されて新流路が形成されている。新流路の形成されていた地点は水田であったが、今回の洪水で大量の土砂が堆積していた。その堆積厚さは約 50cm ほどであった。図 2.9 は測量地点②（余笠川、沼野井地区）の横断図である。この付近でも洪水流はカットオフ（ショートカット）し、左岸側に新流路が形成されていた。この新流路と洪水前の流路の両岸がともに洪水流による侵食を受け多くの土砂生産があった。小さな粒径の土砂や礫は流出し大径の礫や玉石が残存し新規のペーブメントが形成されていた。図 2.10 は測量地点③（余笠川、黒川合流後）の横断図である。洪水流により右岸側が多少横侵食を受けた痕跡はあったがわずかなものであった。左岸側には細かい土砂や砂が大量に堆積していた。この付近は新流路が形成された先ほどの地点より下流部であり、黒川が合流後の地点で流量・流速ともに増加しているが、合流後 1.5km 区間の間はほとんど侵食を受けていない。侵食を受けていない原因は洪水前の流路と洪水時主流部の流れ方向の不一致の度合いが小さいことと、流水が衝突する側岸の耐侵食性が大きかったことが原因であると考えられる。

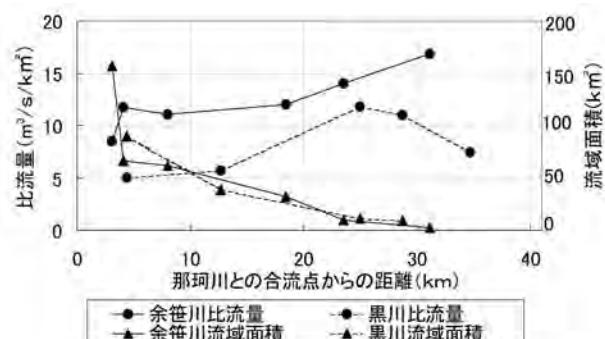


図 2.5 余笠川と黒川の比流量と流域面積

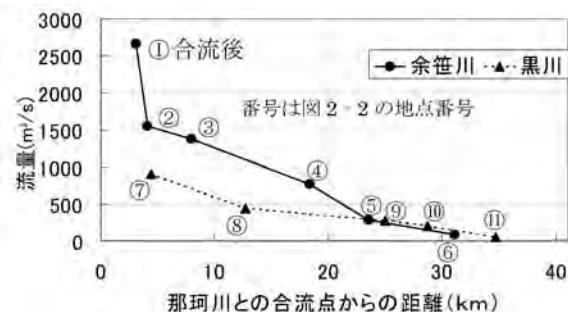


図 2.6 余笠川と黒川の流量

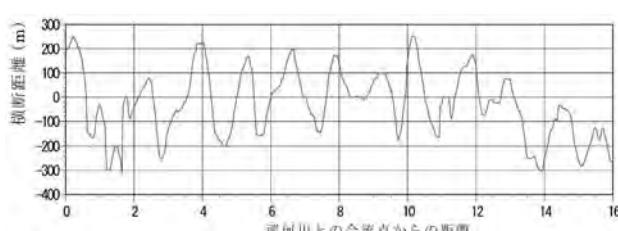


図 2.7 余笠川の蛇行形状（沖積地の中心を基準として）

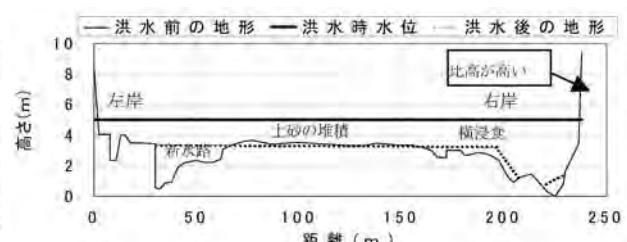


図 2.8 横断図（余笠川、赤沼地区）

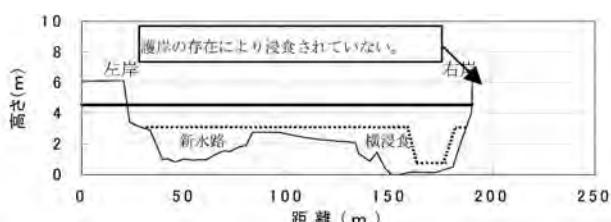


図 2.9 横断図（余笠川、沼野井地区）

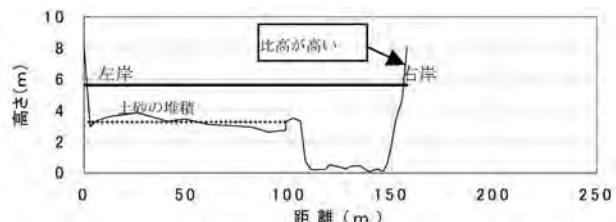


図 2.10 横断図（余笠川、黒川合流後）

蛇行している地点では新流路の形成が多く見られる。新流路の大部分は洪水前の河道の蛇行部外岸側が沖積地と山地部との境界である。それ以外としては流れの直進（ほとんど射流）によるものである。蛇行部の外岸側が沖積地と山地部の境界であるとき山地部の耐侵食性が大きいためその方向には侵食がおこなわれずに蛇行部の内岸側への侵食や新流路の形成がみられる傾向がある。流れの直進によるものとしては蛇行部の外岸側が山地部ではなく沖積地であるとき流水の影響を受けやすい蛇行部外岸側が侵食され新流路が形成されている。前者の場合の新流路は洪水前の流路の内岸側をカットオフ（ショートカット）するため直線的であり、後者の場合は蛇行部外岸側に新流路が形成され、その後もとの河道に戻ろうとするため湾曲している。

今回の洪水で沖積地と山地部との境界が極端に変化するということがなかったことからも、沖積地と山地部との境界付近では山地部の耐侵食性が高いようである。侵食があまり生じていない地点では比高が高い地点が多い。これらの地点では樹木の繁茂や小洪水時の土砂の堆積、岩の存在などにより側岸部の耐侵食性が増大して横侵食を抑え、これまで下方向に縦侵食されていたため比高が高くなつたと考えられる。その結果、今回の洪水でも、あまり侵食を受けなかつたようである。沖積地境界付近において道路やそれを保護するための護岸が存在している場合には、それが耐侵食性を高めているようである。

2.4 土砂生産と流木生産

2.4.1 余箆川の土砂生産

余箆川では上流から下流に向かうにつれて侵食の幅が大きくなる傾向がある。これは中・下流部では沖積地が広いため侵食を受けるポテンシャルが高く、さらに流量が大きかつたためと考えられる。例外として余箆川の国道4号線付近がある。この付近は沖積地の幅が最も広い付近であるが侵食の幅は沖積地の広さに比べ極端に大きくなはない。これは国道四号線上流部では護岸が整備されておりそのため横侵食による被害を受けなかつたと考えられる。侵食幅が広いのは中・下流部であるが、特に侵食幅の広い地点では洪水流のショートカットによる新水路の形成がみられ、洪水前の流路と新水路の両側から侵食されて侵食幅が大きくなっている。

洪水後の横断図と洪水前後の航空写真や地形図、現地調査等により洪水前の横断図を推定した。比高は地形図より全区間2mとし、洪水後の横断図と洪水前の横断図を比較して今回の洪水により生じた生産土砂測定区間での生産土砂を測定した。生産土砂量の測定区間は那珂川との合流地点から3.9～10.8km、12.2～15.7kmの2区間で合計10.4kmである。生産土砂量は洪水前の流路の左・右岸どちらを侵食したかを区別し、新流路が形成されている場合でも左・右岸どちらに形成されたかを区別して測定した。また縦断的に河道を蛇行区間と直線区間に区分して測定した（図2.11）。侵食幅に関しても同様に測定した（図2.12）。蛇行部と直線部では蛇行部での生産土砂量が多く、蛇行部では左岸・右岸どちらか一方が極端に侵食される傾向がある。蛇行部で生産土砂量が多いのは蛇行前の直線区間において流水の直進性が強まるということが考えられる。また、蛇行部において新流路の形成が多くみられる。蛇行部での生産土砂量の大部分が新流路の形成により生じたものである。新流路で大量の土砂が侵食された原因としては洪水前の流路ではある程度アーマー化が進んでいたため侵食が生じにくいか、今回の洪水で形成された新流路ではこれまで侵食されていないことから侵食されやすい火山灰性の堆積砂を多く含んでおり、アーマー化が完全に進行するまで大量の土砂を侵食したと考えられる。蛇行部において新流路の形成により生じた生産土砂量を除けば直線部と蛇行部での生産土砂量の数値の相違はそれ

ほど顕著ではない。²⁾

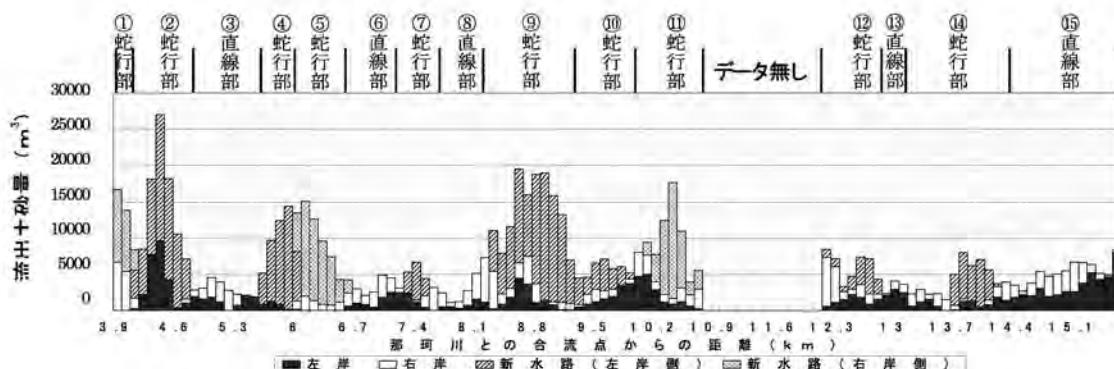


図 2.11 余笠川の流出土砂量

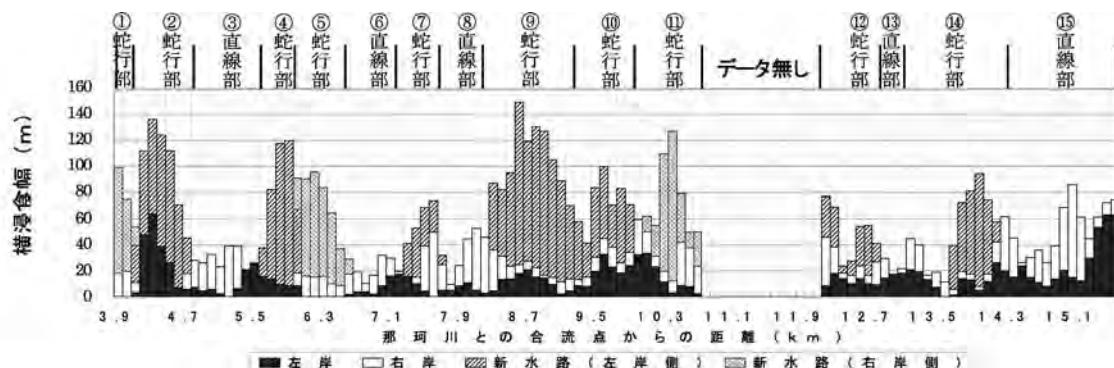


図 2.12 余笠川の横侵食幅

2.4.2 余笠川の流木生産

河道が本来不安定な蛇行のまま固定化した原因として樹木による耐侵食性の増加が挙げられる。実際に樹木の状況を把握するため現地調査を行った。^{1), 3)} 余笠川・黒川の河道内樹林の特徴は、一般的な平地河川に見られるようなニセアカシヤやヤナギ属といった樹木は少なく、山地域から拡大してきた樹林地が河道沿いの沖積地に繁茂していると考えられる。樹種としては中温帯地域・低山地に育成する代表的な樹種であるクリが最も多く、ついで、雑木林を形成する代表的な樹種であるマツ・コナラ等がみられる。

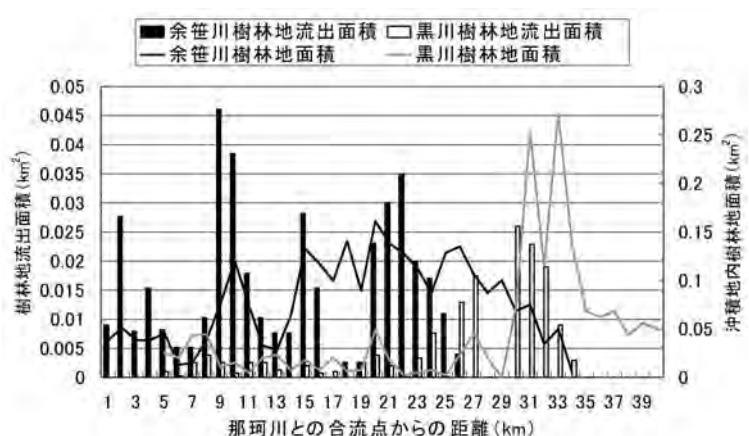


図 2.13 余笠川と黒川の樹林地流出

図 2.13 は余笠川、黒川における樹林が流失した土地の面積を示したものである。余笠川では那珂川との合流点から 25km 地点まで、黒川については、23~35km の 10km の間で多くの樹林が流失した。トータルの流失量は余笠川で 0.41km^2 、黒川で 0.15km^2 であった。また、流失した樹木が流路変化や橋脚の破壊の原因の一つとなったと考えられる。さらに余笠川の方が樹林の流失面積が大きいのは両河川とも横侵食性河道であるが、黒川に比べ冲積地の幅が広く冲積地内の樹林地面積率が大きく、侵食されやすいためと考えられる。流木生産の機構について流失が顕著であった地域について現地調査を行った結果を示す。写真 2.1 は赤沼地先の空中写真であり洪水流主流部はショートカットし農耕地・樹林地内を流下していたことがわかる。このため樹林地は約 9 割が流失した。これに対し写真 2.2 の沼野井地先の空中写真では細かく蛇行している現河道に対し、洪水流は直線的にショートカットしたため左岸側にある樹林地は流失をまぬがれたと考えられる。洪水時の流速・流量をみても沼野井の方が大きかつたが樹木の流失が見られないことより樹木流失で大きな要因となるのは、樹林地の立地条件であることがわかる。樹林地が流失した地域については樹林地内の水深は比較的大きいことがわかり、比高は低くなっている。これはもともと比高が低かったために流失したか、流失後に樹林地内が侵食されたかの判



→ 洪水時主流部
—→ 洪水前の流路
····· 洪水前の樹林地

写真 2.1 余笠川赤沼



写真 2.2 沼野井

断は明確でない。それに対し、樹林地が流失をまぬがれた地点は樹木の根により河床が安定していたため横侵食は受けず、水深方向に侵食が進み比高が高くなっていることがわかる。さらに、洪水時の樹林地内の水深が小さいことから、洪水以前も比高が高く、そのため流失をまぬがれたと考えられる。

残存した高木について毎木調査を行ったところ、樹齢・樹高・胸高直径とも特に統一性は見られなかつた。しかし樹種についてはクリ・マツ・コナラが多い。クリ・マツ・コナラは根が深根型の樹種であり、特にクリについては根茎水平分布が密に伸びているため河床にしっかりと土着し洪水力に対して抵抗力が強いと考えられる。

図2.14は樹木が存在したかどうか、存在した場合では洪水で流出したかどうかを区分して河道長100m当たりの生産土砂量を示したものである。100m当たりの生産土砂量は蛇行区間で新流路が形成された地点で多く、蛇行区間の洪水前の流路側で生産土砂量が少ない傾向がある。蛇行区間では洪水時に流水の大部分が新流路の形成されている地点を流れていたため蛇行区間の洪水前の流路側ではあまり侵食を受けなかつたと考えられる。樹木の存在による生産土砂量の相違は1) 洪水前に樹木が存在していたが今回の洪水で残存した、2) もともと樹木が存在しない、3) 洪水前に樹木が存在したが今回の洪水で流出した、の順に生産土砂量が少ない。このことからも樹木が存在すれば生産土砂量を抑制することができるが、流木化する際に大量の土砂を流出するため、いざ樹木が流出してしまった場合その生産土砂量は樹木が存在しない場合よりも多くなるようである。

3. 河川災害の特徴

この章では河川構造物である護岸・根固や橋梁の被災状況、および洪水前に近自然工法の実施されており、今回の洪水で被害を受けた余笠川の中流部に位置する余笠川ふれあい公園での被災例を示し若干の考察を行う。

表2.1 余笠川と黒川の沖積地と樹林地面積

河川名	沖積地面積 (km ²)	樹林地面積 (km ²)	樹林地面積 (%)
余笠川	8.56	2.68	30.2
黒川	6.32	1.65	26.1

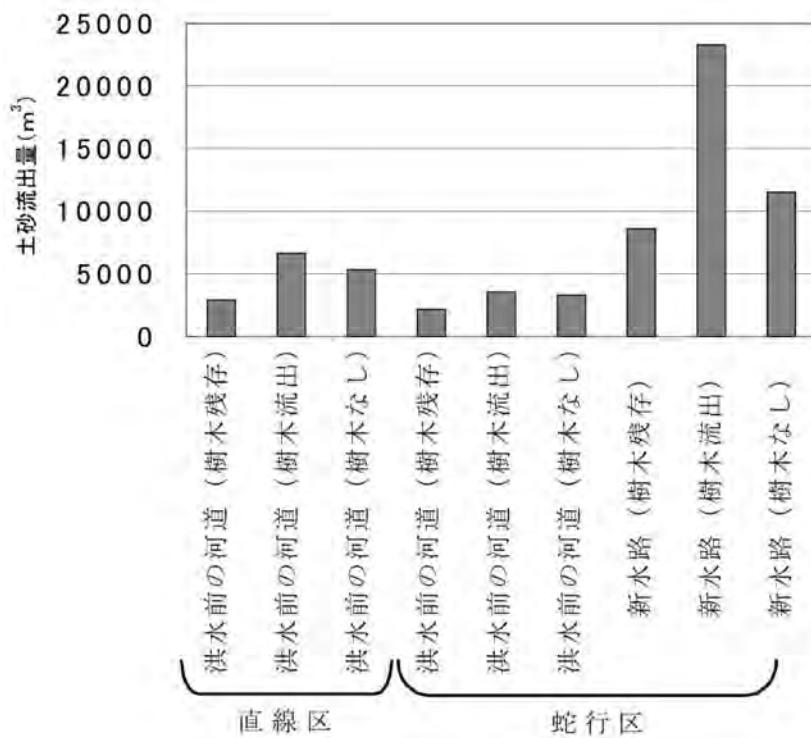


図2.14 各条件による100m当たりの流出土砂量

3.1 護岸・根固の被災

余箇川のなかでも特に護岸整備の多い余箇川下流部の護岸の崩壊距離を完全崩壊、部分崩壊、崩壊なしに分け平面図から算出したものを図3.1に示す。これを見ると、両岸合計で約35km中約30kmが完全崩壊（総護岸の約86%）であった。このなかには近自然工法の場所（蛇籠工、玉石積み工、巨石張り工等）も数ヶ所含んでいる。この原因として、余箇川は全国的にも稀な横浸食河道であり、一般的の河川とは著しく異なる河道特性であることが挙げられる。今回の洪水ではその特徴が顕著にみられ、多くの護岸が崩壊した。⁴⁾

ここでは各地で見られた代表的な被災例を示す。

(1) 余箇川沼野井地先

8月27日、国道4号線の余箇橋付近では右岸の家屋と水田が流失した。左岸にも流れは乗り上げて家屋に被害を与えた。上流では、蛇行湾曲部をショートカットするように、新しい流路が形成されていた。この新しい流れがちょうどあたるところの護岸は、下方を侵食されて全体が崩落してい

た（写真3.3）。流れはこの後、洪水前の河道に沿って曲がれきれずに、右岸側に乗り上げて家屋と水田を根こそぎ奪い去った。左岸側の被害は橋の周辺に集中していた。上流側の家屋には、細かな土砂が40cm程堆積していた。下流側の家屋は全体的に川側に崩れ、基礎部分の土が流出していた。左岸側の

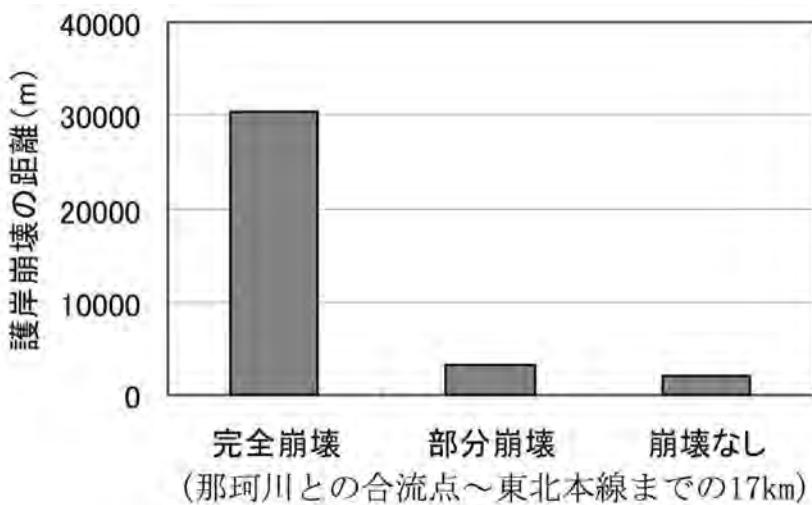


図3.1 護岸の崩壊状況（両岸）



写真3.1 余箇川（I）付近



写真3.2 余箇川（I）付近



写真3.3 沼野井地区付近(余箇川)

被害が橋周辺に限られたのは橋脚に流木がかかって流れを阻害したために、流れが橋の両側に乗り上げたことも原因と考えられる。なお橋周辺の地形が人為的であり、洪水時の流れの主流部が本来の流路ではなく左・右岸の水田部分を流れたことは状況を複雑にした。

(2) 余笠川大谷開拓橋

8月27日の出水で大谷開拓橋の右岸下流部の護岸が崩れた。それにともなう侵食で川沿いの道路の一部が流失した（写真3.4、調査時にはすでに橋の取付部に応急処置が施されていた）。道路沿いに一軒ある家屋は床上7cm程の浸水にみまわれた。この橋の500程上流では、ところどころ小規模の斜面崩壊が見られた。道路のガードレールをなぎ倒すほどのものもあった。さらに上流にある北温泉付近では洪水の痕跡は見られたが家屋等の被災は見られなかった。



写真3.4 大谷開拓橋 (余笠川)



写真3.5 黒川地区付近 (黒川)

3.2 橋梁の被害

余笠川の流れる流域は山地域であり、谷底沖積地に集落と橋梁が存在しているが、今回の洪水で集落とともに全橋梁の70%が被害を受けた。通常の被災では、災害弱地への最近の進出物件が多く被災するのが通例であるが、本件では、それなりの歴史を有する家屋等の被災が目立った。そこで実態を明らかにするために現地調査とヒヤリングを行い、災害の特徴のとりまとめを行う。調査区間はその最上流部にある大家開拓橋から那珂川との合流点である川田橋ま



写真3.6 国道4号線付近 (余笠川)

での10ヶ所である。樋世原橋までの16ヶ所の全橋梁地点において、橋梁と住宅の現地調査、さらに橋梁被害時状況について付近住民計72戸に対する聞き取り調査をした。集落の歴史についても、それぞれの集落において同72戸の聞き取り調査を行った。⁵⁾

余笠川で見られた今回の洪水による橋梁被害の代表的な例を示す。

(1) 余笠川国道4号線付近

8月27日余笠川にかかる国道4号線の余笠橋の左岸側が崩落した。写真撮影時にはトラスの仮設橋がかけられていた（写真3.6）。橋の右岸側もかなり侵食され、家屋や道路の一部が流出していた。典型

的な側岸侵食の例である。

(2) 余笠川と東北自動車道の交差付近

アバットが河道内に突き出すようにして橋梁が建設されている。これは建設時に見かけの流路にあわせて設計されたためであると思われる。左岸側の護岸は流出し流木が大量にかかっていた（写真3.7）。

(3) 余笠川高津橋

右岸側の河道内に突き出したアバット部分が上流側からの側岸侵食によって洗掘され、橋梁の破壊にいたった（写真3.8）。橋の上流部側ではかなりの距離にわたって側岸侵食を受けた痕跡が見られる。



写真3.7 東北自動車道(余笠川)



写真3.8 国道4号線付近(余笠川)

次に各集落の聞き取り調査結果および現地調査結果を表3.1に示す。聞き取り調査から余笠川流域の残存していた集落は全て明治期にはすでに存在したものであり、戦後の那須野ヶ原開発による集落は形成されていないことがわかった。なかでも、余笠橋（国道4号線）、寺子橋は、それぞれ原街道、奥羽街道として江戸期から交通があったため、沖積地上の土地利用が他とくらべて発達し、今回の洪水でこの2地点が大きな被害を受けた。また、余笠橋地点では戦後の国道改修にともない、新たに集落位置よ

表3.1 橋梁部集落の概要（東北自動車道橋に関しては集落とのアクセスがないため省略した）

a. 橋梁流出 b. 上部工破損 c. 下部工破損 d. 取り付け部損傷流失 e. 損害無し

河川名	橋梁名	那珂川との合流点からの距離(km)	被害状況	右岸集落名	戸数	左岸集落名	戸数	集落総戸数(右岸+左岸)	全半壊家屋数	家屋被災率(%)
余笠川	大谷開拓橋	24.5	d	大沢	0	無し	6	6	0	0
	高津橋	20.1	a,b,c	中原	4	豊原丙	8	12	5	41
	余笠川(国道4号線)	15.6	a,b,c	漆塚	14	小島	2	16	12	75
	中余笠橋	13.1	b,c	上川	33	無し	0	33	0	0
	下余笠橋	11.4	b,c	下川	2	法師畠	9	11	4	36
	下川橋	10.9	e	下川	6	石掘子	3	9	2	22
	寺子橋(奥羽街道)	6.9	b,c,d	寺子	24	石田坂	20	44	13	30
	協和橋	5.4	a,b,c	大林	3	砂の目	4	7	5	11
	余笠橋	3.4	b,c,d	稻沢	3	沼野井	8	11	3	27
	川田橋	0.3	e	無し	0	下坪	3	3	0	0

りさらに河道寄りにガソリンスタンドや飲食店が進出したため、その全てが被害を受けた。

余筐川の全ての橋梁において被害状況の現地調査、および被害の原因に関する聞き取り調査を行った。その結果、大谷開拓橋、下川橋、川田橋を除く全ての橋梁において、欄干に流木が引っかかったことによる洪水流のせき止め、およびせき止められた洪水流による橋台破損が発生していた。被害が軽少であった大谷開拓橋は、最上流部の山地域であるため丘陵上に存在し、また、下川橋、川田橋は平成になってから架けられた桁下が高くとられた多径間の橋梁であった。本来であれば余筐川流域は、大洪水の激しい河道変化のため、特に不安定である低位段丘面では、民家の少ないはずの場所である。しかし、調査の結果、古くから災害に耐えながら土地利用を進めてきた特殊な場所であることがわかった。その原因は、過去の経験が十分に活かされていないほど、大洪水頻度が小さいことが原因であると考えられる。

通常は、経済条件等から最近開発された場所において被災が激しいのだが、余筐川流域ではこの例が該当しないのは注目に値すると思われる。

3.3 近自然工法実施地区の被害

余筐川の中流部に位置する余筐川ふれあい公園では 1998 年の洪水によって被災を受けた。この地点は洪水前に近自然工法が施工されていた地点である。余筐川ふれあい公園では河川沿いの公園であることから地域住民と余筐川との親水性を高めるため、今回の洪水前に近自然工法を施工していた。今回の洪水で余筐川ふれあい公園では洪水流は河道の右岸側を浸食し、大量の土砂生産があった（写真 3.9）。洪水前の近自然工法が被災したのは、余筐川では横浸食性が強いという河道特性を有した河川であることを配慮することができなかつたことが大きな原因であると思われる。



写真 3.9 余筐川ふれあい公園付近

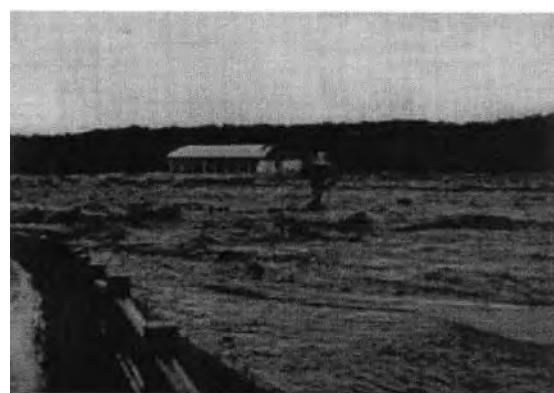


写真 3.10 洪水時の余筐川ふれあい公園

4. 災害復旧工法の特徴～採択された近自然工法

4.1 基本事項

1998 年の栃木県北部での集中豪雨による激甚な災害に対して、原形復旧を基本とする災害復旧のみでは治水安全度の向上に対し十分な効果を期待することはできない。このため、余筐川水系の河川整備計画を策定し、一定の改良計画に基づき改良復旧をおこなっている。

河川整備計画は主に次の点に配慮して策定している。

- a. 国の那珂川水系河川整備基本方針（那珂川水系工事実施基本計画）との整合性
- b. 余箇川や黒川等の被害状況
- c. 地元市町、住民、学識者の意見
- d. 地域の社会条件、経済的条件、技術的条件、自然環境
- e. 県内における同種・同規模の河川の整備水準
- f. 上下流、左右岸のバランス

計画規模としては出水量に対応する規模が検討されるが余箇川が合流する那珂川水系全体の安全性の観点から治水および利水計画上の調和を図って、生起確立 1/50 を目途として決定している。なお、低水断面については 1/3 確立年を対象に断面決定を行っている。「平面計画」としては今回出水により従来河道は大きく動き、全川においてその水勢は各所に侵食と河岸の崩壊を生じさせていることからも、法線決定にあたっては旧河道を配慮したことはもちろんであるが、現状の変動河道もあわせ考えた法線形としている。余箇川では災害復旧の具体例として以下のようなことを行っている。

a. 上流部（16km 地点）の砂防計画区間は土砂混入を見込んで計画され、10 %程度の断面拡幅を行っているため、15.8km 地点まで緩和区間を設けて法線形の円滑化が図られている。

b. 従来の河川に対して、法線形の円滑化は一段と改良されたが、崖堆地・屈曲部など円滑化を欠く部位に対しては水制工を配して、中・低水による障害に備えている。

c. 被災前に協議済みである関連事業については、その事業の進歩の度合いを考慮して、既存の計画に合致させるように配慮されている。

d. 本川上・中流部の有する自然的要素を壊さず、余箇川のもつ清流を活かし、周辺の景観を用いて、現存する植生の進入を促し、地域住民の精神的安らぎの創生に貢献するよう意図している。

e. 引提区間等、高水敷を広く出来る個所は地元住民へ多目的広場として提供し、活用が図られている。

表 4.1 計画諸元

河川名	余箇川	黒川	四ッ川
計画高水流量(下流端)	1400m ³ /s	650m ³ /s	160m ³ /s
計画規模	1/50		
流域面積	343.5km ²	189.2km ²	19.37km ²
流路延長	37.2km	31.95km	10.4km
改修延長	16.0km	28.9km	7.3km

表 4.2 余箇川と黒川における改修の概要

河川名	余箇川	黒川	四ッ川
全体事業費	283 億円	253 億円（栃木県 217 億円、福島県 36 億円）	38.6 億円
災害費	283 億円	128 億円（栃木県 105 億円、福島県 23 億円）	22.6 億円
助成費	—	125 億円（栃木県 112 億円、福島県 13 億円）	16.0 億円
施工延長	16.0km	28.9km	7.25km
計画川幅	52.5～101.0m	28.7～59.8m	10.0～25.8m
流域面積	343.5km ²	189.2km ²	19.7km ²
計画河床勾配	1/70～1/200	1/60～1/200	1/34～1/140
護岸勾配	1:2	1:2	1:0.5～1:2.0
計画堤防幅	4.00m	3.00～4.00m	3.00m

f. ショートカット地点等、従来地域住民の親水活動（キャンプ場・魚釣り場等）の行われていた場所の保全については配慮されている。

また、今回の被災程度にかかわらず、計画規模を限定せざるをえない事情にある。これに対して地域関係者には一種の不安感が漂っていることも事実である。こうした住民の不安解消のためには、再度出水があった際に少なくとも居住地の安全性を高める手段を検討することが必要である。この観点から家屋連担または、その上流部の破堤個所の堤体を厚くして、定規外に河畔林スペースを創り、修景効果と緑陰を提供することによって地域住民の親水効果を促している。また、改良計画の実施にあたっては、残土処理も一つの問題であるが、自然破壊の見地から見ると、全く関係のない地域への排出は二次的な問題も起こしかねない。そこでミニスーパー堤防の築堤によって残土運搬距離の短縮を行い、改良経費の縮減にも寄与している。

「縦断計画」として、河床は基本的には、既存の瀬・渕を残して流水・土砂等の影響による自然的変化を尊重する姿勢をとり、1/80～1/220までの勾配としている。施工に関しては以下の点を考慮している。

- a. 落差工の必要な個所はスロープ式の緩傾斜とし、玉石による石張護岸により多孔質なもので施工し、水生植物や背後地への修景効果に考慮した。
- b. 法線幅や河床勾配の変換点・深掘れ個所・屈曲部・用水取入れ個所等に限定して河床勾配維持の観点から帶工を設けた。
- c. 架け替える橋梁については、特に流木による被害を考慮し、余裕高を安全に設定することとする。
- d. 河道計画にあたっては、既存構造物（橋梁・取水工等）協議済みの関連計画などがコントロールポイントとなったことは否めないが、上・下流の状況を勘案して計画上の支障は取り除いた。
- e. 用水取入れは4.9km地点の発電所取水口を除き、全て自然流入方式とした。以上のような点を配慮して余笛川の基本方針が定められている。

4.2 河道の法線形および横断形

河川整備の実施に関する事項としては掘込み河道を基本とし、被災前の河川を勘案した平面・縦断・横断計画とされている。

(1) 平面計画

現河川の法線を基本とし、今回の洪水で流路が直線化した個所については、その原因や地権者等の意見を踏まえて検討されている。また、山付き部については極力保全されている。

(2) 縦断計画

被災前の縦断勾配を参考にし、取水工で必要となる床止工以外は極力設置しない計画とされている。また、支川や水路との連続性についても考慮されている。

(3) 横断計画

被災前の川幅を参考にした低水路を設け、原則的には、河岸の法面の勾配は緩く（1：2）とされている。また、被災前の川幅が計画幅より広い個所については、現状河道をいかす計画とされている（図4.1参照）。

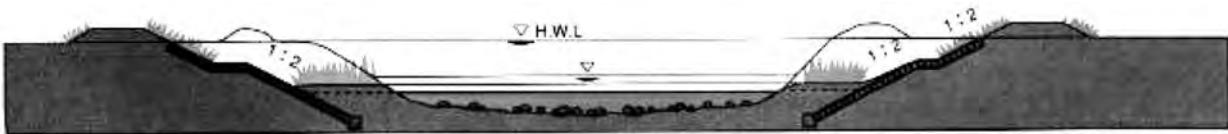


図 4.1 余笹川と黒川の横断図



改修後
写真 4.1 余笹川（赤沼地区）



洪水前
写真 4.2 余笹川（赤沼地区）



改修後
写真 4.3 余笹川（沼野井地区）



洪水前
写真 4.4 余笹川（沼野井地区）

河道の横断計画にあたっては以下のことに留意して行われている。

- a. 周辺の住宅化進行のなかで、放置すれば失われる自然を後世に残すために河岸の自然林とあいまつたオープンスペースを先取りし、水辺空間の活用に自由性をもたせる。

b. 現地採取の玉石張護岸を施すことによって、水生生物や植物の環境に影響を与えない整備を心がける。

c. 現地で岩の露頭する個所は、環境保全と修景の観点から現状に近い形で施工するように配慮する。各地点の背後地状況、既設計画等への取付等、横断定規により難しい場所は、上下流の状況を考慮したうえ対応する。

また、河道計画にあたり配慮すべき事項としては以下の点が挙げられる。

(1) 河川の適正な利用等について

農業用水等の水利権をもつ関係機関と十分協議調整し、取水堰等工作物の従前の機能を保持するよう努められている。

(2) 自然環境の保全対策について

那珂川流域のもつ自然景観や魚類等の生態系に配慮し、自然石を使用した護岸工や、高水敷および堤防法面を緑化し、良好な景観を創出するなど、生物に優しい整備が行われている。特に、ヤマメなど魚類が河川内を自由に移動できるよう、河川の縦断、横断形状や根固工等の形状や配置を工夫されている。

4.3 護岸・根固等にみられる工法の特徴

今回の被害の惨状を見ると、できるだけ強固な護岸で全川を施工することが望ましいが、国土環境の急変の度合いを考えると、それで十分とは言い難い。むしろ、現情勢の下で妥当と思われる費用と規模で、速やかに復旧することも計画立案上の必要条件と考えられる。従って、水表部は強度の高い護岸工法が選択され、水裏部については妥当な護岸工が選択され、経費の節減が配慮されている。設計流速は上流部で約4.3m/s、下流部で約5.8m/sであるため、「美しい山河を守る災害復旧基本計画」によれば、カゴマットの使用も考えられるが、河道内の石には人頭大以上のものがかなりの割合で見られるため、自然石張護岸を基本とし、カゴマットは使用されていない。石張用玉石は現地採取を基本とされているが、現地踏査の結果、在材量は1/3と推定され残り2/3については購入材とされている。なお、購入材の1/2は玉石材を見込み、残り1/2については環境護岸等とされている。環境護岸は著しく美観を阻害しない範囲で、施工性や適材性を考慮し、擬石用材・階段護岸等が使用されている。



写真 4.5 木工沈床



写真 4.6 落差工

4.4 河川公園等にみられる近自然工法

河川公園等にみられる近自然工法として余笹川中流部に見られる余笹川ふれあい公園を例にとって考える。この地点は洪水前も近自然工法が行わっていた地点であるが、今回の洪水によって被害を受けている。余笹川ふれあい公園付近では側岸の勾配を緩やかに、長くとることにより特に親水性が高められている。また護岸は余笹川に存在した玉石を用いて玉石張護岸を設置することにより、余笹川河道の特性を破壊することのないように配慮されている。余笹川ふれあい公園の下流部約 100m 地点では木工沈床が整備されており、礫や玉石などが配置されていた。

河川公園は他の地点に比べ特に地域住民と河川との関りあいの深い場所である。洪水に対して、ただ耐力が強いだけでなく親水性を高め、自然を生かし景観を配慮した河川設備を配置することはその地域や河川のもつ個性を維持する上でたいへん有意義なことであると考えられる。



写真 4.7 余笹川ふれあい公園（洪水直後）



写真 4.8 余笹川ふれあい公園（施工後）

5. 近自然工法の適用に関する考察

一般に、近自然工法は所定の治水条件と利水条件を満足し、これを河川環境の保全・創造と調和させるところに意義がある。その河川環境整備の目的は、個々の河川が本来的に有する豊かな自然の保全と創出であり、その結果として、長い歴史のなかで醸成されてきた地域社会の風土に深いかかわりをとり戻すことである。ところで具体的に豊かな自然の保全と創出の意味するところは、例えば河川水環境の改善、魚にやさしい川づくり、あるいは潤いとふれあいのある良好な水辺空間の復活・創造などであるといわれているが、現段階の事例のなかには、当該河川が本来的に有する豊かな自然が軽視ないしは十分に考慮されていないものが含まれており、直線的なコンクリート水路よりは格段の進歩ではあるが、全国的に実施河川の類型化が、この場合でもすすめられてしまったとする批判もある。

余笹川は、谷底平野の沖積地を不規則・非平衡に蛇行して流下する河川であり、かつ大洪水時には流路の幅が 2 倍以上に拡大する顕著な横侵食河道であり、処々において射流となり、著しい屈曲部において流れが直進し新水路を容易に形成する不安定河道である。

このような極めて個性的な、かつ顕著な特性を有する余笹川であるが故に、従前の一部の批判をクリヤーする近自然工法は、格別して、余笹川が本来的に有する自然の姿を動的に把えたうえで、土地利用の制約条件の兼ねあいのなかで検討されなければならない。

5.1 近自然工法のあり方と特殊条件

余箇川は、今回の洪水以前では未改修河川であり、河川公園地区および橋梁地点護岸の他は、ほぼ自然状態であった。なお、本章においては河川沿いの道路の護岸や取水のための簡易な横断構造物および上流砂防区間における流路工等は原則的には対象外とする。

もし今回の洪水がなく過去60年間続いたような中小洪水のみで河道の激変がなければ、自然の状態がそのままに維持されている河川として、本来、その評価が相対的にみて急激に上昇する河川であった。地域住民ばかりでなく、観光地や別荘への保養者からも首都圏に近い秘境として、その個性が理解され、そのままの姿の保全が切望され、人為の影響の少ない河川として人々から愛着を集めたに違いない。

余箇川は、本来は不安定ではあるが、大洪水の頻度が小さいことから数十年のオーダーでは安定しており、その安定河川の内容には多様性がある。極端な横侵食河道ではあるが故に、蛇行形状に多様性がみられ、人為的な拡幅や捷水路などの直線河道はない。また、河床には新旧のアーマー・コートが発達し、規模や形状の異なる瀬や渕が縦断的に連なっている。河床材料も径が数mの巨石からローム層を構成する細砂やシルトまでが混在し、河畔には、ニセアカシアやヤナギのような外来種ではなく固有の雑木が繁茂し人口的な護岸はほとんどなく、いわゆるコンクリートはいつさい見られない。自然そのものである。その上、上流山地の保水能力は小さくないので、流域面積の割に流水の量は多く、かつ清水である。社会条件が許すならば、ダムのない河川といわれる以上に、人為のほとんど及んでいない全くの自然河川として、出来るだけ従前のように自然にまかせておきたい河川の典型例であるといえる。

ただし、余箇川では極めて著しい横侵食河道であるから、例えば100年オーダーのスケールで見た場合には蛇行変化や河道変遷の著しい河川である。過去においては、上流火山地帯の鎮静後の河道の低下過程において数段の複雑な段丘を残し、谷底平野において自由奔放に河道変遷を繰り返している。

土地利用の基本は、したがって家屋等は山裾あるいは高位段丘上に位置し、低位段丘面では洪水氾濫や河道侵食を想定したうえで、その土地利用には経済条件が考慮される。余箇川の初期の集落は東北地方との街道筋であったが、その後発達した集落には多くの場合、現在橋がかかっている。他の多くの地区のように戦後急激に社会条件の変化や人口が急増したというような事情は、この地区ではないが、橋梁は最小の長さで、多くはアバットをむしろ河道側へ張り出した形で架けられており、谷底平野の沖積地上には盛土が施工されていることが多く、その盛土道路の両岸には店舗やガソリン・スタンドなどが進出し防災の観点からは必ずしも適正な土地利用が行われていたわけではない。

このような状況のもとで、想定を超える大洪水が生起し、災害が発達したための復旧工事のなかで近自然工法が採択されているので、それには通常の事業とは異なる次のような特徴的な事項を考慮しなければならない。すなわち、その主要なものとしては、短期間工事（余箇川の場合、災害年も含めて3ヶ年度）、通常の改修・維持工事費とは比較にならない高額予算の配分、および災害復旧は再度災害を防止できる規模なのであるが、これが通常の整備水準を越える場合は通常の水準（余箇川の場合は1/50の確率）とすることなどが挙げられる。また、河川以外の一般土木施設や農地等についても、それぞれの管理者に再度災害防止およびあるいは原形復旧の原則で災害復旧予算が計上され、おおむね個々に独立の事業としていつせい復旧工事が進められている。

そのため、一般に調査・検討のための時間が十分にはなく、また他事業関連との調査が細部を除いて

基本的な面では困難であり、そのうえ短期間工事であるが故に用地取得で時間要する紛争などが生じにくい計画とすることが求められるなど、一般の近自然河川事業とは異なる制約条件がある。

また、近自然工法は個々の河川の特性を反映したものでなければならず、こういった地域では河川の特性が地域社会に鮮明に反映されるところから、近自然工法の採択にあたっては、社会条件、なかんずく土地利用のあり方と密接な関係を有していることを重視しなければならない。ところが、それは非常に困難なことであった。余箇川の場合は、問題となる土地利用形態は水田、沖積地内の山林、河畔沿いの道路、橋梁、一部の住宅などであるが、それぞれの復旧事業において原形復旧の原則のもと、被災前の土地利用についての適正性についての十分な検討が行われないまま、工事が短期間に、かつ被災規模に応じて大規模に行われた。このような状況のもとでは、洪水による流失家屋ならいざ知らず、軽い浸水程度の家屋の移転が容易に出来るような状態ではなく、同様に水田等についても河川の流路と化した水田以外では低位段丘内とはいえた水田の用途変更が検討されることは、地権者からの要求のあったものを除き、皆無であった。

余箇川の近自然工法は、災害を契機とした土地利用の見直しが十分には検討されないまま、原形復旧等の従前の災害復旧工法の強い制約条件のもとで進められた。

5.2 河川特性の反映

余箇川は、1万年オーダーの期間に形成された谷底沖積地を流れる河川である。この沖積地を構成する材料は巨石から細砂・シルトまでの混合物であり、その構成比は場所によってかなりの変化がみられ、その大部分は非常に柔らかい地盤とみなしてよい。上流火山地帯の安定化と供給土砂量の減少とともに、河川が低下傾向の河道に転換した後は、顕著な横浸食河道となり、蛇行河道の遷移とともに複雑な段丘を形成した。余箇川は現在低位段丘面内を自由に河道変遷を繰り返しており高位の段丘面は比較的安定しているとみなしてよい。

自然状態の余箇川は、河床におけるアーマー・コートの発達と植生の繁茂による河岸の耐侵食性の向上によって、数十年のオーダーのタイム・スケールでの河道安定が維持されてきた。これは、不規則・非平衡の蛇行河道を変更するような大洪水の生起頻度が小さいことによって裏付けられている。しかし、100年オーダーでは低位段丘面内において大洪水毎に大きな変動が繰返ってきたと考えなければならない。

このような河道特性を反映させる方策としては、地域社会の性格・規模を反映した土地利用のレベルに応じて分類することが重要である。この場合、低位段丘面内の土地利用内容の低いほうから順に、大洪水による河道変遷や侵食ならびに堆積等による人的・物的被害の生じない土地利用、自然の変化をある程度容認し容易に修復しうる適度の被害ですむ土地利用、今回程度の土地利用、およびさらに高度の土地利用の4段階に分けて考察をすすめる。近自然工法適用の観点から判断すれば、洪水被害の生じない土地利用の場合に河川特性の最大の反映が可能であり、土地利用の高度化にともなって河川特性の反映が困難となる。土地利用のレベルの程度と近自然工法採択の関係は、地域の歴史・風土、土地利用の現状、被災等の負の要因に関する評価、ならびに近自然工法の効果に関する評価の総合評価の結果によるものである。

現状では、被災等の負の要因に関する評価で、河川特性と土地利用のあり方の関係について十分に検討の行われることが困難であり、災害の原形復旧の原則のように、支障の有無にかかわらず、基本的に

は現状が重視されることとなっている。したがって、現実の近自然工法は、その制約のなかで河川特性の最大の反映をはかるべく検討が行われている。

5.3 治水・利水と環境関連事項との調和

治水安全度として 1/50 確率の条件が採択された。再度災対応の規模には至らなかったが、下流域に対する配慮、地域の社会状況および全国的水準から判断して妥当なものと認められた。1998 年洪水は超過洪水として、計画のなかで配慮され、さらにハザード・マップ等のソフト的対策によって対応されることとなった。

新計画では、河道掘削による断面確保が河道特性から判断して不可能であることから、河道拡幅と築堤によって対応することとなった。そのため用地の取得が必要となった。短期間の間での用地確保のためには、土地所有者の計画に対する深い理解と全面的な協力が必要である。大災害の直後であるから総論としての賛意を得ることは一般的には困難ではないが、各論となると代替案の評価など河川の計画の合理性の納得を得ることは容易ではないのが普通である。

このような場合、一般に採択される基本的考え方は、洪水流により拡幅された河道と、直進流によつて形成された新規河道（河道の直線化）の尊重、住宅等の重要構造物の回避、および川幅等を縦断的に一定とすることなどである。余箇川の場合も近自然工法の基本的考え方を活かしつつも、おおむね同様の考え方で河道の平面形状が定められたと思われる。その結果、蛇行曲線の緩和、および直線化が他の改修河川と同様にすすみ、従前のような縦断変化はあまりみられなくなった。そこには土地利用の大幅な変更を回避するため、たとえば住宅の移転を回避するための苦心や本来ならば活用すべき高木群等で今回の洪水によっても残存した林地を河道としなければならないような状況が一部にみられた。そして、これらは事業を早期に遂行するために正負の条件を総合的に判断した結果であった。また、このような状況のもとでは遊水地や貯水池、および霞堤等の本格的な検討は実施することが不可能であった。

堤防の高水護岸、低水護岸、根固、水制、床固（帶工を含む）や取水堰等の構造物については、緑化（表面被覆）、自然材料（玉石、間伐材）および形状（緩勾配護岸や直線堰を修正して若干ランダム性をもたせた横断構造物、全面斜路の魚道等）の工夫が全面的に採用されている。これらの工夫の内容は、一般的に採用されている技術基準に従っているもので、横侵食性河道等の河川特性は、例えば根固の強度と範囲を拡大するなどの方策によって補完され、反映されている。

以上のように余箇川の復旧事業では、硬直化した極めて強い制約条件のもとでの判断では、従前の同種の事業と比較すると適性な工夫が行われ環境関連事項との調和がはかられていると評価することができる。

5.4 河川の維持管理と地域活性

余箇川は極めて個性的な河川であるが、なかでも特徴的な性質として顕著な横侵食河道であることを挙げることができる。その結果は、特徴ある蛇行河道と大洪水中の流路拡幅や直進流による新水路の形成に現れている。侵食性河道のうちでも、横侵食性河道の現象の特徴は、鉛直方向の侵食よりも側岸侵食が容易であり、鉛直侵食が進行しない原因はアーマー・コートの発達と侵食され易い側岸からの土砂供給にある。したがって、アーマー・コートの強度が重要である。河床からの大量の巨石や玉石の採取、アーマー・コートが未発達の新河道や拡幅部などが今後留意しなければならない。また、横侵食

性河道とはいえる、強固な護岸近傍河道の場合には、その付近でアーマー・コートが破壊されることがある。その場合は通常河川以上の深掘れが発生するので、技術基準に従った1mの根入れ護岸では護岸全面の根固の幅を大きくするだけでは不十分であり、現象に見合った対策を追加する必要が生じてくるものと考えられる。水制や床固等についても通常河川以上の局所洗掘の発生の可能性は大きいので、今後その追加的対応策が必要となる可能性がある。

今後の生起する洪水規模を予測することはできないが、計画流量より相当程度小さい洪水が続き、大洪水がしばらく発生しない場合を想定すると、上記のような追加的対応策の必要性は小さくなる反面、拡幅され、直線化された新河道の中においてポイント・バーや不安定な砂州が、この大洪水のあと急速に発達し、植生繁茂の条件によっては近い将来、洪水前の流路幅となる不安定な河道に変化する可能性も否定できない。

さらに、1998年のような大洪水が生起した場合には、破堤の危険とともに土地利用等において留意が必要である。このようなソフト対策としては、他に洪水ハザード・マップ、水防体制の強化、および総合的な防災システムの構築などがあるが、なかでも、堤防と一体となった防災ステーションの整備、越流対策としての樹林帯や河畔林の保全、および橋梁等に対する流木対策などが重要である。

余筐川の維持管理に関し、特徴的な事項を述べたが、これらは今後の地域活性の方向と無関係ではない。実際には災害復旧工事完了の段階が新しい地域活性のための本格的行動開始のスタートであるといってよい。すなわち、地域は今回の洪水により余筐川の特性に対する理解を深めることができた。また、復旧・改修事業によりある程度の安全性を確保し、種々の制約条件のもとでの近自然工法を採り入れた新しい人工的に生れ変わった余筐川の姿を目の前にすることができた。しかし、この変化は急激であった。そのため、ある種の安心や誇りとともに、かつての余筐川の姿が脳裏から離れることもないのではないかと思われる。余筐川ではこのあと不安定土砂が容易に移動し、しばらくの間は急速に変化してゆくと考えられるが、それは地域住民の余筐川への関心をしばらくの間は、少なくとも引きつけるものと期待される。

地域活性と近自然工法に関連して、河川関連の土地を3区分して考えるのがよいと思われる。まず、流路では中小洪水生起のたびごとに、河床変動が生じてアーマー・コートの発達、わん曲部護岸付近の河床低下、わん曲内側の堆積、河道内に波長の短い不安定な蛇行流路の形成、流路幅の縮小、および安定部から植生の繁茂等が生じるであろう。樹木は流水の影響がなければ5~10年の間に安定した高木に成長する筈である。流れにはかつての瀬・渕等が成長し、徐々に昔の多様性のある清流がよみがえってくるであろう。ただし、想定したイメージの川とするには日常の管理が必要である。その主なものは、弱点地点の補強、ヤナギやニセアカシア等の外来種の排除、外来魚導入の排除および河川清掃等である。

堤防を含めた河畔は、超過洪水に対して十分な強度を確保していない。河畔林のほか、幅50mほどの樹林帯があるとよい。この場合、今回の洪水によって侵食された樹林帯と残された樹林帯に関する調査結果が役立つであろう。河畔林や樹林帯が流木化しないためには、河道わん曲部との位置関係、地盤の高さ、樹種、樹齢、樹木密度等について地域のなかでの検討が重要である。また、樹林帯は水防林としての機能の他、多目的の活用を考えられる。他の事例があるので地域で考えるべき課題である。

このような状況となれば、低位段丘面において今回被災した土地の治水安全度が向上し、土地の利用価値が増大する。樹林帯等の計画に関して、こうした価値の増加分を考慮した総合的な配慮が重要である。低位段丘面の現在の土地利用形態は、水田が多い。この他は、樹林帯等がなければ、若干の改善は

みられるものの、今回のような災害に再び見舞われることはありうると考えなければならない。その場合には、用途制限により、砂利や礫の堆積が生じたり表面が平坦でなくとも決定的な支障とはならない利用形態が望まれる。余箇川両岸の 10km 以上に及ぶ風土街道の出現も夢ではない。自然エネルギーを利用し、環境型のもので、かつ川の個性を反映した歴史・風土を鮮明にしたもので、これからの時代を象徴する余箇川の地域社会の出現を期待したいと思う。

6. おわりに

本報告書では変則的な近自然工法の問題を取り扱った。変則の内容は、顕著な横侵食河道を対象としたこと、および 2 年余りという短期間での大規模な河川改修という異常な制約条件をさしている。すなわち、余箇川は大洪水を長い間経験していないために、他所ではほとんど見られない激しく不規則な平面蛇行形状を維持していた。そこに 1998 年 8 月に大洪水があった。その際に、流路幅の著しい拡大や流れの直進による新水路の形成など、独特な、かつ顕著な横侵食性の内容が判明した。

災害復旧は通常の方式で行われた。未改修河川であったため原形復旧の原則の採択は不可能であり、再度災防止には、この洪水は大き過ぎた。相対的にみて、1/50 の安全率の採択は妥当と考えられた。これでもオリジナルの余箇川とは異なるものとなり、通常河川に適用される河川改修に近いものとなつた。しかも、事業は 2 年余りで概成した。近自然工法は以上の制約条件のなかで最大限採択された。

ここではこの近自然工法について考察を行った。主な論点を示せば次のとおりである。

a. 短期間の工事のため、用地取得の容易性等から、通常河川に適用されてきた従前の工法を主体とすることが必須条件となった。余箇川の河道特性を存分に反映し、近自然工法の内容を充実させるには、さらに十分な調査研究が必要である。

b. 余箇川では大洪水の発生頻度が極めて低いために、土地利用の内容が河川特性を十分に反映したものとは考えにくいが、今回大洪水の生起により河川特性の一部が判明したにも拘らず土地利用の内容に大きな変更がみられなかった。これについては、行政の一元化等による指導が今後も必要と思われる。

c. 顕著な横侵食河道の内容を現地調査等により把握し、短期間の大改修工事に適用する近自然工法の考え方について考察を行った。その結果、改修工事の竣工が事業の終わりではなく、例えば大学の学生の卒業がスタートを意味するのと同様に、近自然工法はスタートでもあることを示し、その内容について考察を行った。

d. 余箇川の近自然工法がこの段階でスタートを意味するが、他の通常河川と比較すると、動きは余程早いと思われる所以、注意深くフォローすることが大切である。そして、このことと地域活性とを結びつけて考えることの重要性を示した。

参考文献

1. 伊藤和典・須賀堯三・茂木信祥・池田裕一, 平成 10 年 8 月末の那須出水による余筐川の流路変化の特性. 水工学論文集, 第 44 卷, 2000.
2. 伊藤和典・須賀堯三・池田裕一, 横侵食性の顕著な河川に関する現地調査. 第 27 回関東支部技術研究発表講演概要集, 2000.
3. 茂木信祥・須賀堯三・伊藤和典, 余筐川における流木生産について. 第 18 回日本自然災害学会講演概要集, 1999.
4. 富田涉・須賀堯三・池田裕一, 余筐川の近自然工法に関する基礎調査. 第 27 回関東支部技術研究発表講演概要集, 2000.
5. 長島孝明・須賀堯三・池田裕一, 余筐川の橋梁被害と土地利用. 第 27 回関東支部技術研究発表講演概要集, 2000.

発表論文リスト

1. 須賀堯三, 余筐川の河道特性と土地利用のあり方. 第 26 回関東支部技術研究発表会講演概要集, 1999.
2. 伊藤和典・須賀堯三・茂木信祥・池田裕一, 平成 10 年 8 月末の那須出水による余筐川の流路変化の特性. 水工学論文集, 第 44 卷, 2000.
3. 伊藤和典・須賀堯三・池田裕一, 横侵食性の顕著な河川に関する現地調査. 第 27 回関東支部技術研究発表講演概要集, 2000.
4. 伊藤和典・須賀堯三・茂木信祥, 平成 10 年 8 月末の那須出水による余筐川における流路変化の特性. 第 18 回日本自然災害学会講演概要集, 1999.
5. 茂木信祥・須賀堯三・伊藤和典, 余筐川における流木生産について. 第 18 回日本自然災害学会講演概要集, 1999.
6. 長島孝明・須賀堯三・池田裕一, 余筐川の橋梁被害と土地利用. 第 27 回関東支部技術研究発表講演概要集, 2000.
7. 富田涉・須賀堯三・池田裕一, 余筐川の近自然工法に関する基礎調査. 第 27 回関東支部技術研究発表講演概要集, 2000.
8. 相良光紀・須賀堯三・池田裕一, 混合砂礫を用いた横侵食に関する実験. 第 27 回関東支部技術研究発表講演概要集, 2000.
9. 須賀ら, 余筐川の洪水災害. 1998 年南東北・北関東の集中豪雨に関する調査研究, 平成 10 年度科学研究費補助金研究成果報告書, 1999.