

# 北陸の急流河川について

Steep Rivers in Hokuriku Region

岡本正男  
Masao OKAMOTO

## 1. はじめに

北陸地域には日本の屋根と言われる北アルプス等の急峻な山岳地帯が位置し、これらから日本海に注ぐ河川は河床勾配のきつい急流河川となっており、常願寺川、黒部川、手取川等が有名である。なかでも常願寺川はかつてオランダ人技師デレーケが『これは川ではなく滝である』と称した我が国で最も急な一級河川である。

これらの急流河川はいずれも源流部に大きな荒廃地を持っていることから、以前は上流から流出してくる土砂によって天井川を形成していた。このため、これらの河川の治水は単に堤防や護岸の整備だけでは根本的な解決とならなかったため、河道掘削が盛んに行われた。

しかし、近年は源流部における土砂対策や河道改修等の進展により河川の様相は変わってきた。ここでは、先ず北陸地域の急流河川の特徴を概観し、次に過去の急流河川対策を振り返るとともに現在急流河川が抱える課題とそれに対する今後の急流河川対策について述べる。

## 2. 急流河川の特徴

### 2. 1 急流河川とは

戦後富山工事事務所の所長にあって、数々の急流河川工法を考案し実施した橋本規明博士の著作「新河川工法」には、急流荒廃河川についての定義が鷲尾蟄龍氏による荒廃河川・荒れ川・急流河川の三つの分類を引用して次のように述べられているので参考までに紹介する。

『荒廃河川とはその二要件(1)土石流の発生およびその下流有堤部へ進出、(2)無限量の土石の生産、流出とその下流有堤部への堆積による河状の悪化が、合理的工費の範囲で絶対に拵止することができないで、ためにこのままの河状にある限り改修工事の完遂不可能なる河川を指称する。』

荒れ川とは「荒廃河川」から、(1)土石流の改修区域への進出を除去し、(2)無限量の土石の流出による改修区域の悪化を防止し得た状態の河川、またこれと同様な状態の河川をいう。急流河川とは「荒廃河川」または「荒れ川」から土石の流出にともなう諸種の禍根を除去し得た状態の河川、またはこれと同様な状態の河川をいう。

従って後段の急流河川は単なる急流河川にして土石の流出をとまわらないが、前段の急流河川は荒廃河川または荒れ川に施設を加えて変貌させた急流河川であるために巨量の流下土石をとまわすを免れないので、その処理には前者と著しく異なる所があるものと覚悟しておらねばならぬ。』

本書において急流荒廃河川とは主として鷲尾氏の定義されている荒廃河川を対象とし

て論じたものであるが、なかには荒れ川、急流河川に相当する場合も含むので、これら三つの河状をひっくるめて急流荒廃河川といったものと解釈してもらいたい。

ここでは、急流荒廃河川を単に急流河川と呼ぶこととする。図一1は河川縦断勾配により北陸の代表的な急流河川を全国的に著名な河川と比較したものであるが、いかに北陸の河川が急勾配であるかがわかる。

## 2. 2 北陸の急流河川

しかしながら、前述の河川の分類には物理的な数値が具体的に示されていない。ここでは、急流河川のイメージをより具体的にするため、河床勾配、平均粒径、流速等の河川に関する特性値を用いて北陸の河川を比較し、急流河川の位置づけを試みることにする。

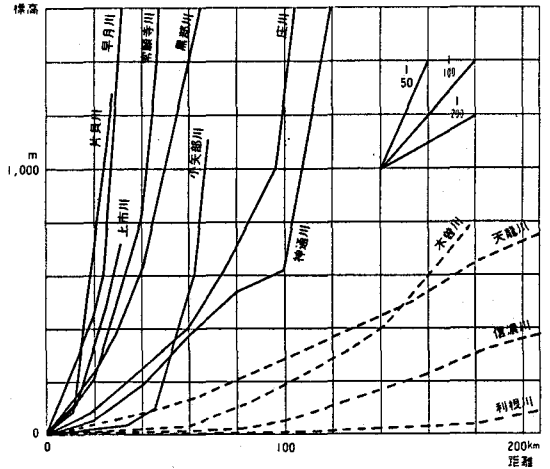
急流河川として河川管理者が特に問題とするのは、流水の水理的・エネルギー的特性が他の河川と異なり、洪水に対する安全性を確保するためには、流下能力だけでは十分でなく河川管理施設の強度などの方が問題となるということである。そこで流水のエネルギーと関連の深い要素、あるいは、流水のエネルギーにより構成される各要素、具体的には、水深、勾配、粒径、流速で北陸の河川を比較してみる。

図一2は流速に関係するものとしてChezy式から、水深(H)×勾配(I)を考え、北陸地方建設局管内の各河川を、上流部・中流部・下流部にわけてプロットしたものである。

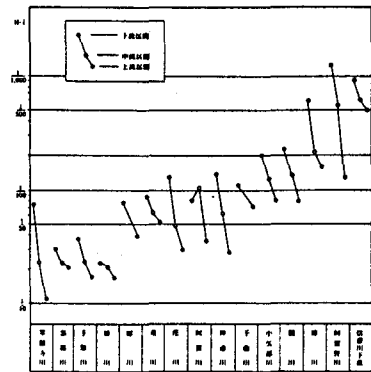
図一3は同様に河川の平均粒径を比較したものである。図一4も同様に河床勾配で比較したものであるが、全川での勾配も入れてある。図一5は河川の流速を計画高水量および既往最大洪水について比較したものである。

これらを総括的にみると、次に示す各指標の値が急流河川と緩流河川の境界の目安と考えられるようである。

- 水深(H)×勾配(I) 1/100~1/150m
- 平均粒径 25mm
- 全川の河床勾配 1/500
- 流速 2.5~3.0m/s



図一1 河川縦断図勾配の比較



図一2 北陸の河川のH・Iの比較





図-6 常願寺川の河岸決壊状況

また、急流河川における欠壊と低水路水深の関係調べてみると、図-7に示すように、低水路の最大水深が小さい方が欠壊幅が大きいことがわかる。

(c) 河床洗掘による堤防の被災

図-8は全国400箇所余りの堤防の被災要因を越流、浸透、洗掘、振動、その他に分類したものを、北陸地方建設局管内と全国について比較したものである。急流河川を多く抱える北陸地方建設局管内は、洗掘による被災が全国平均の36%に対し、69.7%と約倍になっている。

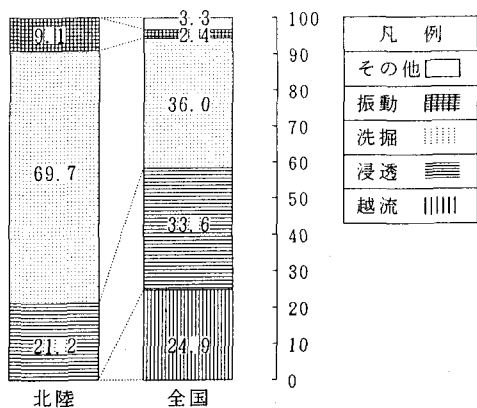


図-8 堤防の被災要因

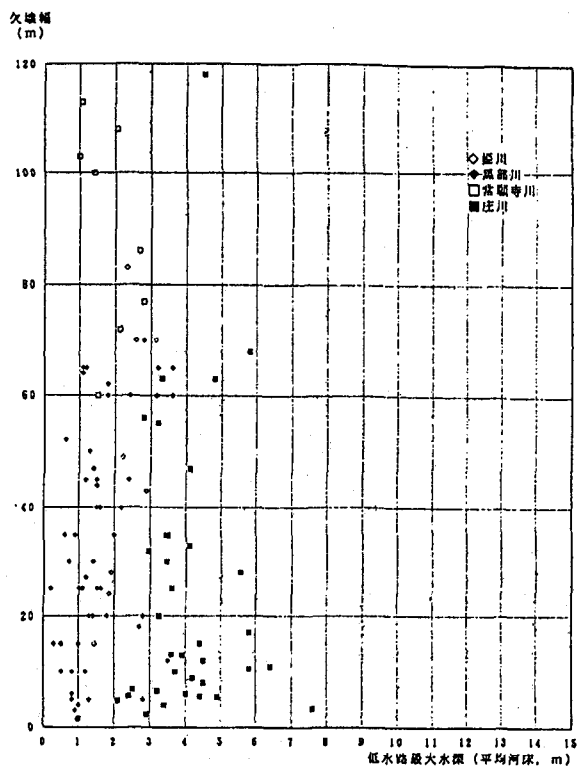


図-7 欠壊幅と低水路水深の関係

### 3. 急流河川対策

#### 3. 1 過去の急流河川対策

##### (a) 根固め工と水制（北陸で生まれた急流河川工法）

根固め工や水制に本格的にコンクリートが使われるようになったのは、昭和20年代の前半からで、それ以前は根固め工として木工沈床や粗朶沈床が主体であり、水制も木製であった。

しかし、流量の変化が激しく、流水のエネルギーも強大な急流河川においては、耐久性等の点から問題があった。

前出の「新河川工法」の中で、橋本規明博士は河川災害が多いのは、木材と石を主要材料とした耐久性に乏しい工法に原因を求めており、河川工法について「日本の河川修理とかけてなんととく。紙張りの修理ととく。心は水に会えばすぐ破れる。」とその欠陥を指摘している。特に根固め工については、水中工作物なるがための発見および補修という面での維持管理の困難性を指摘しており、当初から耐久性のある強固な工法の必要性を説いている。また、橋本氏は構造についても疑問を感じ、常願寺川、黒部川等を舞台に数々の新工法を提案し、現地に適用し、改良を加えた。その中から代表的なものを図-9および図-10に示す。

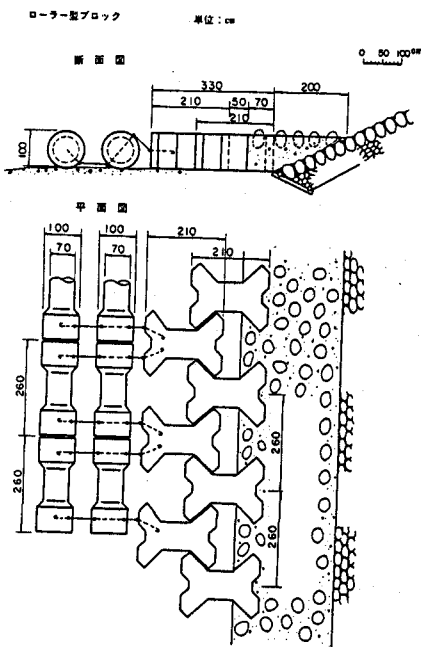


図-9 根固め工

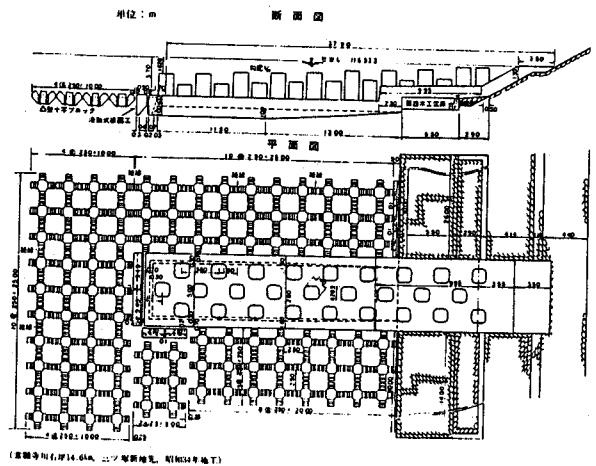


図-10 水制工

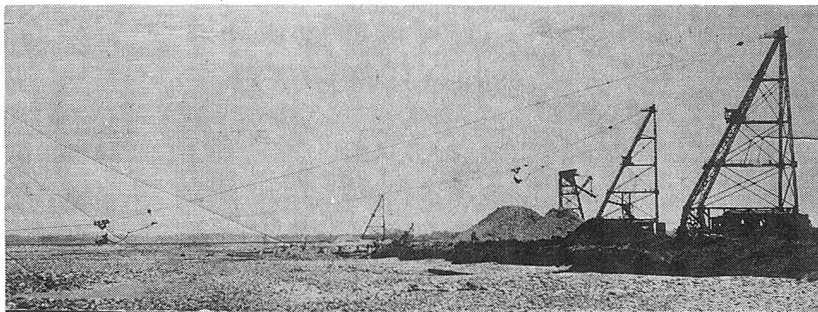
(b) 河道掘削

前述したように急流河川においては、堤防や護岸の整備とともに流出土砂対策が必要不可欠な課題であった。

表一は、黒部川、常願寺川および手取川において実施された河道掘削についてまとめたもので、各河川とも2～3か所で昭和20年代の半ばから40年代の前半にかけて写真一に示すようなタワーエクスキャベーターによる河道掘削を行った。

表一 タワーエクスキャベーターによる河道掘削

河川名	期 間	掘削土量(万 $m^3$ )
黒部川	昭和26年～昭和42年	180
常願寺川	昭和24年～昭和42年	450
手取川	昭和25年～昭和38年	170



写真一 タワーエクスキャベーターにより河道掘削

(c) 取水の合口化

黒部川、常願寺川をはじめとして急流河川においては、その扇頂部で用水の合口取水が行われている。治水の中に合口取水が出るのを奇異に感じられるかもしれないが、合口化が行われる前は各所に取水口があり、これが堤防欠壊の原因となっていた。この件に関しオランダ人技師デレーケは富山県知事に対して次のように進言している。

「およそ河川堤防の決潰こそは、洪水が主因であることは勿論であるけれども、常西各用

水が引水している様に、常願寺川堤防の腹部に水門を伏せ込み其の前部の河中に堰を設けて、強いて不自然に多量の水勢を誘導するに於ては、自ら常願寺川本川の水勢を減殺して徒らに砂石が堆積し、従って河身は益々傾斜し、流水は偏流するに至るのであって、これは渾て間接に堤防決潰の原因となり、媒介となるを以て常願寺川に治水工事を施すには左岸に於ける従来の各用水の取水口を一斉に閉鎖し、これに代ふる上流の安全の地に一大取水口を設け、若干の延長を有する幹線水路を新に掘削し、各灌漑用水は之に便宜分水口を作り、直接灌漑地に送水する所謂合口用水施設をなすことが先決問題である。」

デレーケの常願寺川治水の基本の一つは、この合口化であった。このことは、デレーケより8年前に富山県の河川を調査したオランダ人技師ムルデルの報告書「越中五大川巡回実施調査見込上申書」にも記されている。

合口化については、関係町村の負担等について議論はあったが、明治25年2月常願寺川の治水、利水史上画期的な「常西合口用水開削事業」に着手された。

### 3. 2 北陸の急流河川の河相の変化

土砂の生産、流出、流下に影響を及ぼす各種施設の建設が進めば、それに対応して河相も変化する。流路延長が短く土砂生産の影響を受けやすい北陸の急流河川は河相の変化も著しい。河相の変化の内容としては、

- (1)河床低下
- (2)蛇行モードの変化
- (3)川幅の縮小
- (4)局所洗掘深の増大
- (5)河床材料の変化

等があげられる。

常願寺川においては、この30年間で砂防ダムと床固め工がそれぞれ50基以上整備が行われるなど土砂対策が進められている。

また、タワーエクスキャベーターによる河道掘削を止めてからも骨材採取として河床掘削が行われている。

これらの要因によって常願寺川の河相は変化している。

写真-2は常願寺川の河口か



写真-2 常願寺川の河床形態の変化（河口から10km付近）

ら10km付近の昭和22年と昭和60年の河道の状況を示したものである。昭和22年当時のみお筋は幾重にも分かれ、河床は網状を呈し、川幅全部が常水路状態であったことがわかる。しかし、近年はみお筋が固定されつつあり、河床形態が複列ないしは単列の様相を呈し、堤防際には木や草が生える高水敷らしきものが出現し、常水路部が狭くなっていることがわかる。

このことは、図-11を見れば一層明瞭で、川の中央部が低下し、堤防際に以前の河床部が高水敷状となつて残っていることがわかる。

以上、河相の変化について常願寺川について述べたが、多少の差はあっても他の急流河川についても同様である。

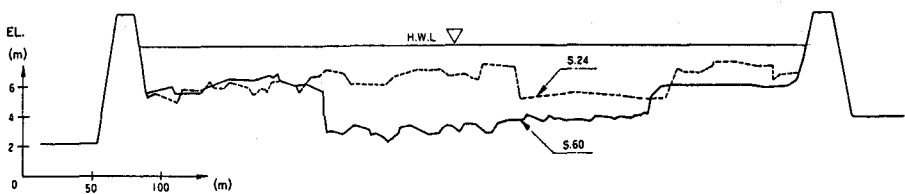


図-11 常願寺川の河床低下（河口から10km付近）

### 3. 3 今後の急流河川対策について

北陸の急流河川はいずれも以前に比べ2～3m河床が低下している。図-12は常願寺川の河床と富山市街地の関係を示したものであり、このような状況を見れば、河床低下は好ましいと言えなくもない。しかし、河床低下に対応した河川整備が進められなければ、すなわち、河床低下の進行が河川の整備より早ければ、護岸基礎や根固め工が浮き上がり、安全度が低下することになる。昭和50年代に入り、図-13に示すような護岸基礎を継ぎ足す「根継ぎ護岸」が急流河川対策の主体を占め、現在も続けている。

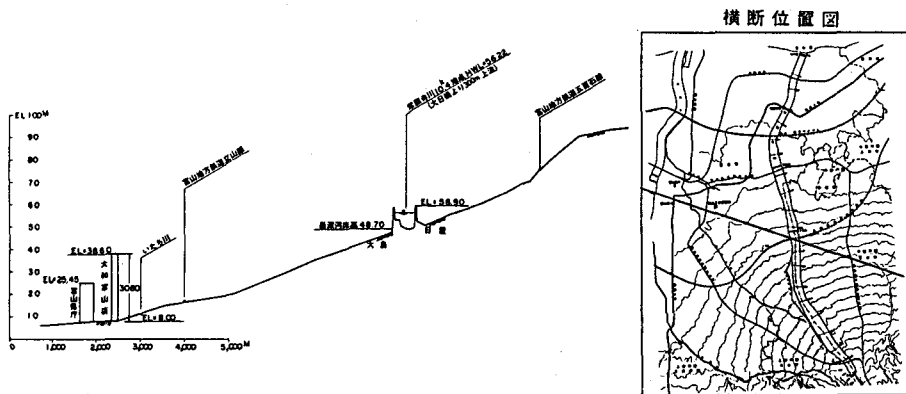


図-12 常願寺川と富山市街地の関係



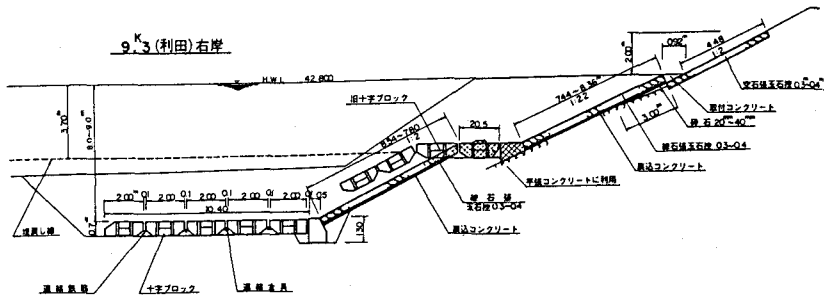


図-13 根継ぎ護岸の断面

また、河床低下に起因する常水路幅の縮小は、小洪水が常水路に集中し、常水路の洪水頻度が増えることになり、さらに河床低下を進行させるとともに河道の単列化が強まることになる。

河床低下により常水路の水深は増大し、流速も増大する。水深と流速の関係は、急流河川の場合 Manning式によって推定できるので、流速の増大は河床勾配を一定と仮定すると、

$$\Delta v / v = 2 / 3 (\Delta h / h) - \Delta n / n$$

となり、水深の増大の2/3が流速にかかってくることがわかる。

従って、根固めブロックの重量については、このことを考慮しておく必要がある。河床低下とともに単列河道となり、局所洗掘深の増大を招く。根入れについても十分な配慮が必要である。

次に、河道計画上の横断形状について、現在の改修計画の基本的な考え方について述べることにする。

近年、写真一2に見られるように、河床低下によって堤防沿いに高水敷らしきものが出現してきている。これを堤防の強化に活用するため堤防と一体となった「高水敷部」と位置づけ、複断面化を図ることとしている。(図-14)

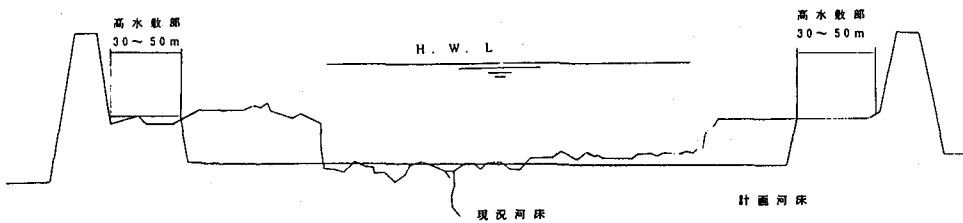


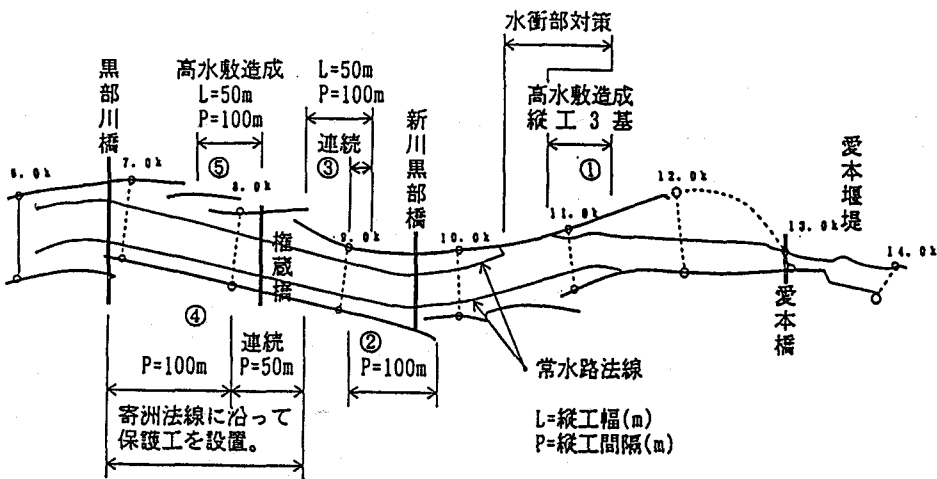
図-14 計画横断形(案)

高水敷部の幅は「一洪水での堤防の欠壊は防ぐ」との考え方で、図-7に示す河川の過去の欠壊幅を基本に30m~50mに設定している。

しかし、具体化に向けては、高水敷部の保護方策について検討する必要がある。

(a) 黒部川の新河道計画の試み

黒部川は常願寺川と並んで急流河川の代表に取り上げられる河川である。黒部川においても常願寺川と同様な河相の変化が進行しており、高水敷部の保護が必要となっている。黒部川では、高水敷部の安定化のための保護工と常水路の固定機能を併せ持つ水制を水衝部に配置する計画としており、愛本狭窄部より下流にむけて順次施工していく予定である。 に常水路の法線計画と水制の配置計画を示す。



図—15 黒部川の常水路計画 (案)

## 4. 急流河川における砂防事業

急流河川において、上流域が荒廃し恒常的に土砂の供給がある場合には、移送路としての流路が短いため、上流の影響がダイレクトに下流に及び、下流の河床が非常に不安定なものとなる。

このため、土砂を含んだ流れとして十分な河積を有していない河川においては、土砂による河道閉塞が起り、また現状の河床に合わせた河川管理施設においては、局所洗掘による災害が発生する。

従って、土砂を含んだ直進性の強い流れに対応するため、河道を広く確保する必要があり、土地の有効利用においてロスとなるばかりでなく、高水敷地の有効利用についても困難となる。

このような急流河川の対策においては、河床を構成する土砂の問題を抜きにして語ることはできない。即ち、緩流河川においては、流量、水面形などは河床形状に依存したものとなるが、急流河川の土砂を含んだ流れにおいては、出水時に河床の激しい変動を伴うので、これらが図-16のように相互に関連することとなる。従って、急流河川における対策とは、「水と土砂の2相問題」を踏まえて「河床はいかにあるべきか」という命題に取り組むことということができ、「治水砂防」とは、まさにこのことを示している。

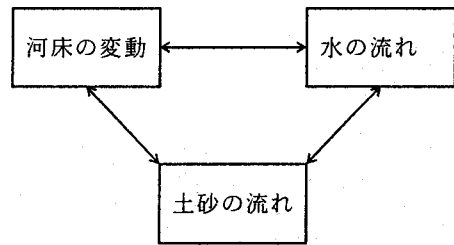


図-16 水と土砂の2相問題のイメージ

### 4. 1 北陸地建の直轄砂防事業・地すべり対策事業

北陸地方建設局においては、明治12年に信濃川上流において直轄砂防事業に着手して以来、現在では7水系1山系において砂防法第6条に基づく砂防事業を、2水系において地すべり等防止法第10条に基づく地すべり対策事業を実施している。

北陸地建の砂防関係事業費約 186億円、及び治水事業費約 750億円に占めるシェア25%は、それぞれ全国の8地建中第1位である。

表-2 北陸地建の直轄砂防・地すべり対策事業

水・山系名	担当工事事務所	着手年度	都道府県名	備考
飯豊山系	飯豊山系砂防工事事務所	昭和44年度	山形・新潟	荒川等4水系
信濃川下流	湯沢砂防工事事務所	昭和12年度	新潟・長野	魚野川・清津川等
信濃川上流	松本砂防工事事務所	明治12年度	長野	犀川上流
姫川	松本砂防工事事務所	昭和37年度	長野・新潟	
黒部川	黒部工事事務所	昭和36年度	富山	
常願寺川	立山砂防工事事務所	大正15年度	富山	
神通川	神通川水系砂防工事事務所	大正8年度	岐阜	
手取川	金沢工事事務所	昭和2年度	石川	
阿賀野川	飯豊山系砂防工事事務所	昭和56年度	新潟	赤崎地すべり
手取川	金沢工事事務所	昭和36年度	石川	甚之助地すべり

#### 4. 2 砂防・地すべり対策事業の事例

北陸地建による直轄砂防関係事業は、112年の歴史を有しており、常に新しい技術、工法に取り組んできた。以下に特徴ある工法及び最近の新しい試みについて紹介する。

##### (a) 稗田山大崩壊と浦川の土石流対策

写真-3は姫川左支浦川の最上流部に位置する稗田山の崩壊地の状況であり、明治44年に推定1.5億 $\text{m}^3$ もの土砂が崩壊し、これが土石流となって流下、姫川本川を閉塞させている。浦川では、頻発する土石流への対策として、土石流フロント部の停止または破壊を目的としたコンクリートスリットダムや鋼製スリットダムが施工されている。(写真-4)

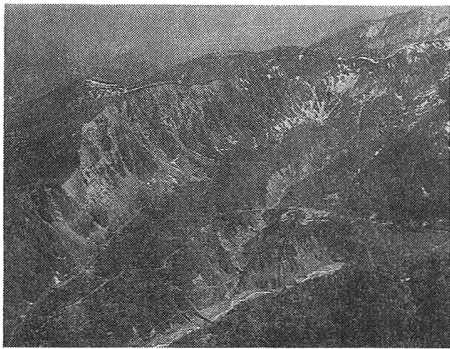


写真-3 稗田山大崩壊

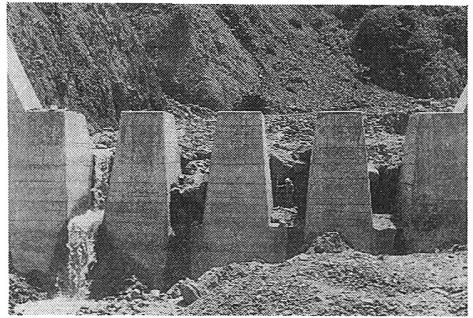


写真-4 スリット砂防ダム

##### (b) 活火山焼岳対策

活火山焼岳は有史以来噴火を繰り返し、特に大正4年噴火に伴う泥流が梓川本川を堰止め大正池を造ったことは有名である。近年においても昭和37年噴火時に火山泥流の発生をみている。

焼岳東斜面(信濃川水系)、西斜面(神通川水系)とも各支溪の荒廃は著しく、毎年のように土石流が発生している。

火山泥流や土石流の対策としては、鋼製格子型砂防ダムや底面スクリーンダムが施工されている。

(写真-7、8)

また、土石流の発生・流下・堆積機構の把握及び対策工法の機能検証の目的から、土石流観測システムを設置、観測が続けられている。焼岳東斜面(上々掘沢)の土石流の流動を示す一例として図-17に土石流波高(h)と最大流速(v)の関係を示す。このデータは河床勾配が6~15°における観測データで、

$$v = 1.8h \quad (\text{m/sec})$$

の関係が得られている。

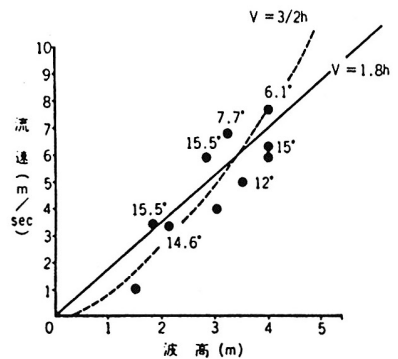


図-17 土石流の最大流速と波高



写真-5 上々堀沢の土石流

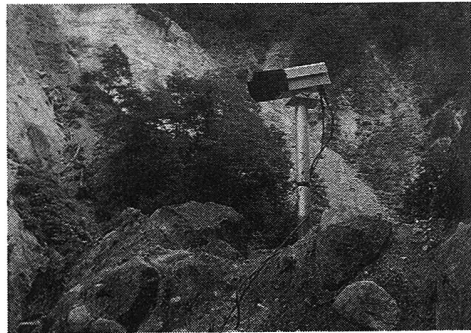


写真-6 土石流観測施設（神通川）

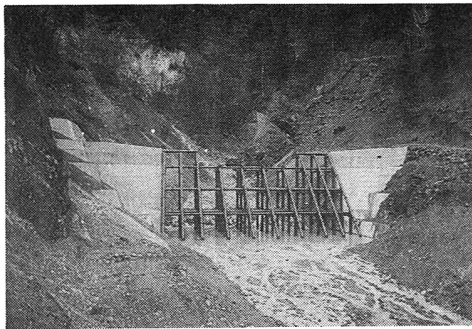


写真-7 立体格子ダム（神通川）

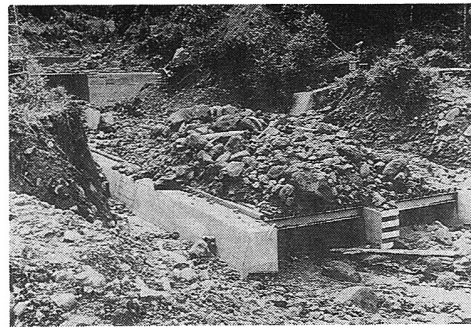


写真-8 底面スクリーンダム（信濃川上流）

### （c）白山における砂防事業

手取川の主たる土砂生産源は、別当谷、甚之助谷に代表される白山周辺の荒廃地である。（写真-9）

手取川の砂防事業は、これら荒廃地での山腹工、階段ダム群による土砂扞止と下流部における砂防ダムでの土砂調節によって進められている。

なお、甚之助谷においては、直轄地すべり対策事業も実施されており、排水トンネル等による地下水排除工が施工されている。



写真-9 手取川水源部の荒廃状況

(d) 阿賀野川水系の地すべり対策

阿賀野川水系赤崎地区の地すべりは、典型的な第三紀層地すべりで、阿賀野川本川への押し出しによる河積の減少やJR磐越西線への影響が懸念されている。近年の移動は年間数cm～数十cmであるが、昭和18年には年間2.68mの移動を記録している。

対策工事は、集水井、排水トンネル等による地下水排除工を中心に実施されている。

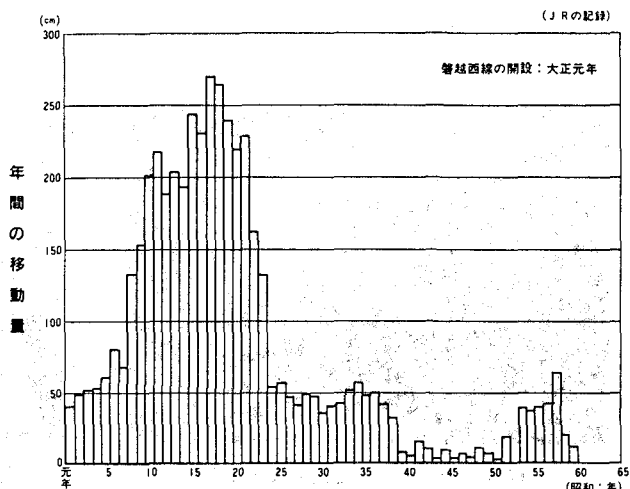


図-18 赤崎地すべり移動状況

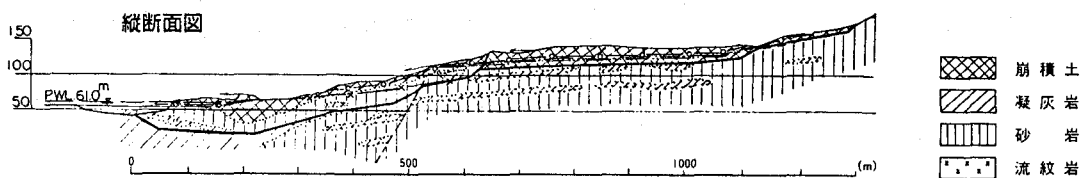


図-19 赤崎地すべり地質縦断面図

4. 3 常願寺川の砂防事業

常願寺川はわが国屈指の急流荒廃河川であり、日本を代表する砂防が実施されている。明治時代、常願寺川を見たオランダ人技師デ・レーゲが「流域を災害から守るためには、山を全部銅板で覆うしかない」と言ったのは有名な話であるが、同時に立山砂防のむずかしさをよく物語っている。その後立山における砂防事業については、国の直轄砂防事業として赤木正雄氏により本格化されていった。

(a) 常願寺川の荒廃特性

常願寺川が荒廃河川と呼ばれる1つの理由に安政5年(1858)の鷲山大崩壊がある。

安政5年2月の跡津川断層沿いの直下型地震は激烈を極めた。その規模は推定マグニチュード6.8と言われ、源頭部の大鷲山、小鷲山が大崩壊を起こした。この時の崩壊土砂は約4.1億 $m^3$ と推定されているが、湯川、真川を埋めつくし巨大な泥流湖を造った。この泥流湖は数日後決壊し、大土石流となって富山平野に押し寄せた。以上が鷲山大崩壊のあらましであるが、100年以上たった現在もなお約2億 $m^3$ もの土砂が立山カルデラなどの上流部に不安定な形で残存している。約2億 $m^3$ とは、富山平野全体を約2mの土砂で覆ってしまう量である。

常願寺川のもう1つの荒廃地は、右支川の称名川である。称名川は昭和44年 8月の豪雨により多量の土砂が流出し、現在もなお多量の不安定土砂が河道に堆積している。

上流部のこのような荒廃のため、下流平野部では天井川の様相を呈している。(図-12)

(b) 立山カルデラ対策

常願寺川の水源部多枝原平は、鷲山大崩壊の残土で形成された台地状の地形をなし、多枝原平に流入する泥谷、多枝原谷、西谷などの各溪流は、いずれも土石流発生危険度の高い溪流である。実際、昭和39年、昭和44年災害において、各溪流からの土石流は常願寺川本川の河床変動に多大な影響を及ぼしている。

多枝原平を含む立山カルデラ対策は、以下の基本方針に基づき実施されている。

- ① 多枝原平周辺の各溪流の谷の発達を防止する。
  - 各溪流の谷頭に基幹ダムを配し、これより下流部は階段ダム群を計画
- ② 多枝原平の平坦面は、各溪流からの土石流、流出土砂の一時的な留保、あるいは運動エネルギーを減殺する空間として考える。
  - 多枝原平内に導流堤、分散導流堤を計画
- ③ 多枝原平は、それ自体が土砂生産源としての不安定要因を持つ。このため、カルデラ出口付近に位置する白岩砂防ダムを立山カルデラ対策の根幹的施設として位置づける。(白岩砂防ダムは昭和14年に竣工したもので、主ダム高63mは日本一を誇り、副ダムを含めれば総落差は 100mを越える。計画貯砂量 100万 m<sup>3</sup>。)



写真-10 立山カルデラ全景

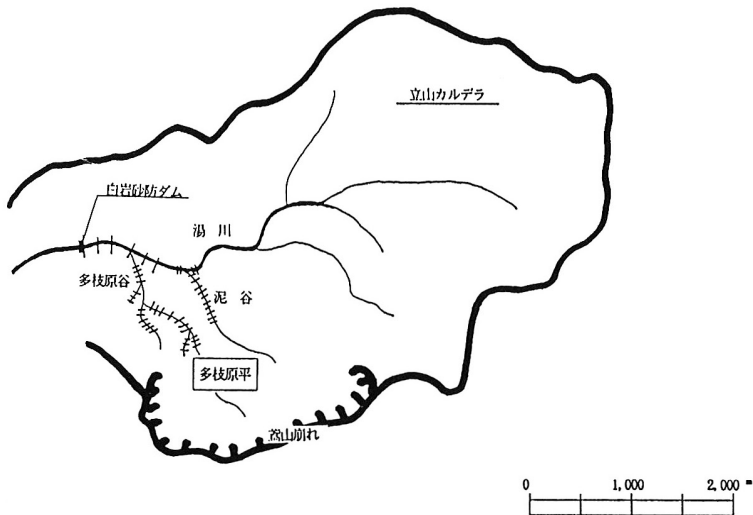


図-20 立山カルデラ平面図

(c) 称名川における河道対策

称名川は、昭和44年8月集中豪雨により著しく荒廃が進んだ。この出水により、川幅は3倍に広がり、河床高は高い所で10mも上昇した。このため、昭和45年度より直轄砂防区域に編入し、事業を実施している。

称名川の砂防事業は、上流からの流出土砂を調節するダム群及び河道の不安定土砂を抑止するための床固工群、溪岸崩壊や崖錐堆積物を抑止する護岸工からなっている。

また、立山黒部アルペンルートへの導入部に位置することから、景観、親水性などに配慮した事業を進めている。

(d) 常願寺川治水事業の効果

常願寺川は、昭和27年、44年、57年といずれも前回は上回る豪雨にさらされた。その間、流域内の人口、資産が増加しているにもかかわらず、被害は激減している。

これは、河川改修事業と砂防事業による顕著な効果を示すものである。(図-21)



写真-11 称名川の床固工群

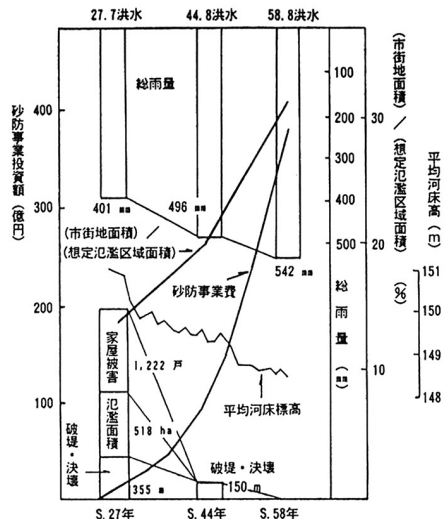


図-21 砂防事業の効果

## 5. おわりに

以上、北陸の急流河川について、その特性及び河川・砂防事業としての対策についての概要を述べた。急流河川対策にあたっては、急流であるが故に慎重な対応が望まれる。流域内の過去の災害等から各々の河川の特性を学び、現地をよく見て、文字どおり『川と相談しながら』対策を検討していくことが重要であろう。

一方、近年うるおいとやすらぎを求めて人々の川に対する期待が高まっている。このため、建設省では治水安全度の向上を図ることはもちろんであるが、環境への配慮、景観との調和、親水性の確保などを考慮した治水事業を実施しているところである。