

信濃川の河相

大河津分水工事の影響について

安芸 峻一・井口 昌平・高橋 裕

1. はしがき

1922年に主な工事を完成した信濃川の大河津分水工事はわが国の土木工事史上指折りの画期的なものであった。この工事は、それまで非常にしばしば、信濃川の下流流域をなやませていた水害を

なくすことであり、そのために河口から55kmの地点の大河津から寺泊海岸へ約10kmの放水路が掘られた。これ以後、出水の際には流量の大部分が放水路に落ちることになり、大河津下流の水害はなくなり、工事は一応達せられた。

しかし、他の自然現象と同じく、河川に関する現象も個別的な形ではあらわれない。信濃川のこの工事による流域への影響も、その事実を十二分に実証した好例といえる。すなわち、工事完了後のおよそ30年に至る今日までの間に、最初の目的以外の、好ましくない様々な影響がいろいろの面にあらわれてきた。大河津から下の旧信濃川の河床が全般的に上っており、その結果、水運に支障を来し、下流流域の耕地の排水が困難になってきている。更に、河口港の新潟港は土砂の埋没によって水深の維持に苦しんでいるし、新潟海岸の侵蝕が烈しくなっている一方、放水路の河口の寺泊でも新しい問題が起きている。

これらの現象は、おたがいに有機的に関連し合っているものであり、したがってその対策も各々の切り離された分野でのみ樹てようとしても根本的な解決にはならないであろう。また河川は常に安定を求めて生育していると考えられ、静的ではなく動的なものとして把握し、現在の姿は生成の一課程であることによつて、その河川の本質を理解する途を開くことができるであろう。本質を理解しての対策が最も望ましい。

われわれはこのような立場に立つて、この問題への理解を助けるために、1949年以来調査を進めている。具体的な主眼は、河川が現在どのような安定度にあるかを調べることにおかれ、特に河道内の土砂の移動の様子を見究めようとした。

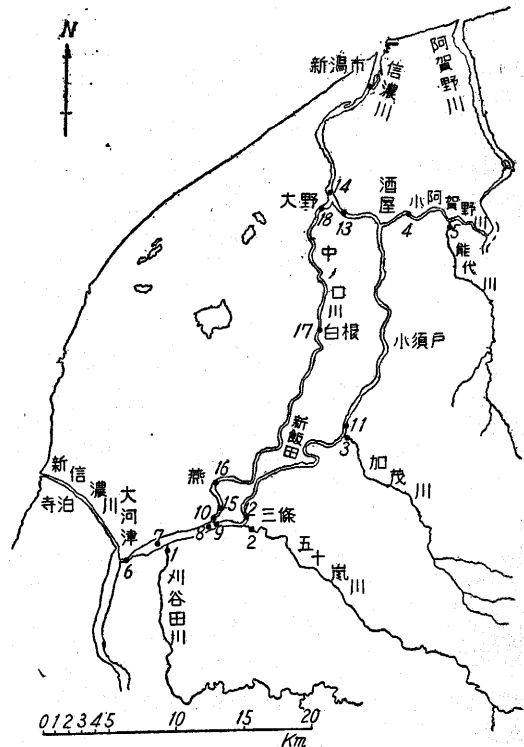
2. 信濃川の概観

信濃川の流域面積は12,262km²でわが国第3位、長さは369kmで第1位である。上流では千曲川と呼ばれ、

今日、わが国土が荒廃している一つのあらわれが、諸河川の下流域に多く見られる。それは明治以後に行われた諸工事の後、河川が新しい条件に応ずるように変化してきたことに基因している場合が多い。しかも河川をめぐる諸現象は、多面的な形であらわれ、その影響するところは広くかつ大きい。その良い実例として、信濃川の下流域に生じている問題を採つてみた。

最も主な支流犀川が、長野市で左から合流している。北進して新潟県へ入り、問題の地点大河津で北東へ曲り、ほぼ海岸線に平行するように流下し、河口新潟港に到る。放水路は、大河津から、真直にそのまま北進して寺泊海岸へ向うように掘られ、分岐点に当

る大河津では可動堰によつて、旧川への入口は洗堰によつて、旧川へは270m³/sec以上の流量が流入しないように調節されている。



第1図 信濃川下流地方略図 (・印は採水地点)

大河津より下流については第1図にも示したように、刈谷田川、五十嵐川、加茂川、小阿賀野川の諸支流が、いずれも右より、それぞれ大河津からの距離5km、10km、23km、41kmの地点で合流している。また、6kmの

地点で、中ノ口川が左へ分派し、46 km の点で再び合流している。

信濃川下流の平野は、典型的な沖積平野である。1060年(後冷泉天皇の康平3年)の古図によれば、現在の越後平野は、ほとんど湖か沼のようなものであつたらしい。この古図については、江戸時代の作であるとか、またその他にも種々異議はあるが、とにかく過去においては湖沼地帯か低湿地であつたことは、他の文献などからも推察できることであろう。こゝに今から約400年前より開田が始められ、沃土が開かれて行くと共にまた漸く水害もこうむるようになった。この防禦策として、各部落は自らを堤で囲んだ。これが洲島といわれ、各々の利害が一致しないため、争いも絶えなかつた。この間の河道の変遷も烈しく、自然の作用によるよりもむしろ封建勢力による無理な人為的付替が多かつたようである。それが自然に逆つたためか、更に水害を大きくしたともいえる。中ノ口川は1582年から1597年にかけて掘られた運河であり、当時は直江川と呼ばれた。生活圏の拡大にしたがつて、水路の固定が当然要求されるようになり、大体今から200年前より現在の河道を流れるようになったと思われる。一方、河口では阿賀野川との合流分流が幾度か繰返された。

この地方の水害史を繙くと、その容易でないことがよくわかる。その上、こゝが沖積の沃土であることを考え合わせれば、水害を防ぐ手段が古くから真剣に考えられていた理由がよく理解される。大河津から放水路を掘るといふ案は、実に江戸時代から考えられたが、実際の工事が始まつたのは1869年(明治2年)であつた。しかし、これも難工事のめた挫折し、1907年から1922年に至る工事で漸く完成した。

1927年、新放水路入口の bear trap 堰が陥没したため応急工事が施され、更に放水路には3ヶ所に床固工が新しく施された。これと前後して上流改修工事、新信濃川(放水路)維持工事などが行われた。

3. 今日起きている問題

分水工事の完成により、水害はまぬかれたが、他にどのような影響を流域全体に与えたかを簡単に述べる。

河口の新潟港では、港内の洲を取除くことに成功したが、年月を経るにつれ、流送土砂が港内に停滞し、港は徐々に埋まつて行き、航路水深の維持に苦しむようになった。現在、年百万 ton の土砂が浚渫され、幸うじて港の機能が保たれている。運輸省の調査によれば、滞積土砂の大部分は silt で、75 μ 以下の粒子が多い。

新潟海岸では、河の流れによる供給土砂の不足がはなはだしいことが主な原因となり、季節風と潮流が河口の特に西岸を侵蝕しており、最も烈しいところでは年10m づゝも喰込んでいます。

他方、放水路の河口の寺泊海岸では、吐出される土砂が delta を形成し、河口外の西岸にある寺泊港では、この土砂の処置に苦しんでいる。

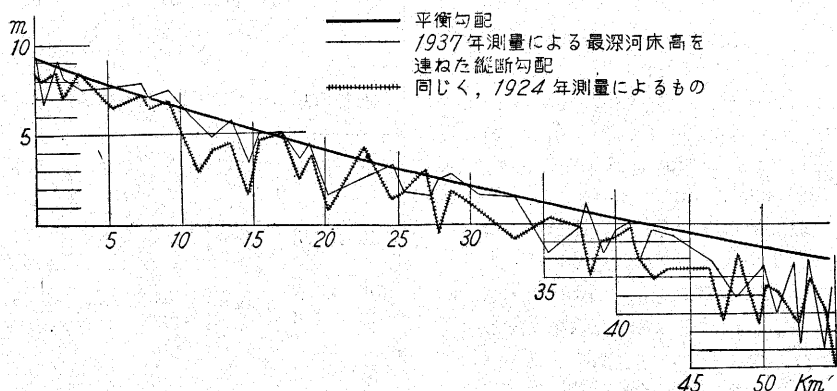
水運に関しては、信濃川は全く衰微の一途をたどつています。もちろん、その原因は分水工事により河床が上昇してきたことのみではないであろうが、それが非常に大きな原因であることは事実である。しかも、大河津下流の旧川では、水深が浅くなつただけでなく、濤筋が極めて不安定であるので一層水運を不便にしている。かつては、水運の便を誇つた本川も、たとえば新潟より三条へ舟で行くには、比較的河況の安定している中ノ口川を通つて旧信濃川へ出て下るといふ工合である。

薄原平野でのカンガイ排水の問題も深刻である。分水工事の完成を期に、それまで非常に不完全であつた用水排水組織を整えたのではあつたが、当時においては今日の事態を予想できなかつた。河床の全般的な上昇は、堰水田を非常に増加させ、排水ポンプの増設などにより、やつと反当収量の低下を防いでいる実状である。

以上、いずれの分野でも見通しは明るくない。その場しのぎの対策では、真の解決策とはならず、また経済的にも堪えられないようになる可能性が強い。

4. 信濃川の河相

現在、この河がどのような生育課程にあるのか、すなわち河相を探るために、雨量、水位、縦断と横断の測量、河床砂礫などの資料が検討された。また、大河津下流の支川については、従来ほとんど調査が行われていなかったので、1949年9月に調査が行われた。この際には、支



第2図 大河津下流の信濃川の平衡勾配と最深河床高を連ねた縦断勾配

川の中でも、本川へ影響力が大きいと考えられる刈谷田川、五十嵐川についての河相を調べるため、縦断勾配、河床砂礫の構成状態が主に調べられた。

分水工事後行われた4回の縦断測量(1923, 1930, 1937, 1948)の結果を比較すると、各地点ごとに河床がどのように変動したか知られるが、これと各量水標の読みから、河床変動のindexになると予想される平均低水位の年変化の様子とが大体似通っていた。すなわち、

- (1) 大河津洗堰の下から刈谷田川の合流点に至る間は、大よそ河床は洗堀されている。
- (2) それより下では、大河河床は上昇の傾向にあるが、各地点での上昇の烈しさは時期的に異なり、ところによつては一時的に下つた例さえある。大よその傾向として、最初の縦断勾配でくぼんでいる箇所が、上流の方から滞積しているように見られる。
- (3) 中ノロ川では、下流の旧信濃川との合流点に近い方から上流へと、河床が順次に上昇している。

一方、1949年には県の調査が、河床砂礫について52点で行われた。この各の砂礫の構成状態を篩別によつて調べ、

$$\text{平均粒径} \left(d_m = \frac{\sum_{p=0\%}^{p=100\%} d \Delta p}{\sum_{p=0\%}^{p=100\%} \Delta p} \right),$$

$$\text{混合比} \quad (\lambda = 100\% - p_m\% / p_m\%)$$

などを求め、これらの数値を基にして、この河の平衡勾配を理論的に算出し得る¹⁾。この理論値と現在の縦断勾配およびその変動とを比較して見ると、河床が、平衡勾配に近づく方向へ徐々に変動していることがうかがわれる。基準としては、最も変動が少いと見なされた刈谷田川の合流点を選ばれた。中ノロ川に関しては、旧川の金巻での平衡勾配上の点を選ばれた。この仮定は、平衡勾配がよくその傾向を示していることを考えれば、誤まつていなかったと見てよいであろう。

また、全般的に見て河床の上昇の割合が段々小さくなっているのは、平衡勾配に益々接近してきたからだと考えることができる。したがつて、現在の環境条件を支配している要因が急激に変らない限り、河床の上昇はなお当然続くではあろうが、その割合は更に小さくなり、量的にはもはやそれほど大きくはないであろうと推測される。

刈谷田川、五十嵐川での河床砂礫採取は、各々約10点で2kmの間隔で、いずれも水際で行われた。したがつて、縦断測量も両川とも砂礫採取と同一区間で行われ、各々約20kmにわたつた。ちなみに、刈谷田川の流域面積、流路延長は、それぞれ、231km²、32kmであり、五十嵐川のそれは、313km²、40kmである。

両川とも、今までの基礎的資料に乏しく、速断は危険であるが、この調査の結果から次の事がいえる。

(1) 刈谷田川では、旧川との合流点から10km上にあるカンガイ用の堰の影響が相当に大きく河状を支配している。堰の前後で河床質が不連続になり堰には細かい土砂が貯留されており、これを河床砂礫の資料として河相を探るのはやゝ無理であろう。

(2) 刈谷田川の上流に地入り地帯があり、また堰に細かい粒子が貯まっていること、更に概して河床砂礫も細かいことなどより、浮遊粒子に関しては細粒子をある程度、旧川へ流送することが予想される。

(3) 五十嵐川は、刈谷田川と趣を全く異にし、河床砂礫は概して大きく、流水は、すくなくとも平時は非常に澄んでいる。求めた平衡勾配と現在の縦断勾配とを比較すれば、上流部が洗堀され中流部が上昇、下流部がやゝ洗堀されると推測され、上中流部は実際の河床変動がよくこれと合致しているが、下流部では旧川の背水が効き必ずしも一致せず、合流点近くにて河床質も急変する。以上のような事情で、この河の旧川に対する流送土砂の影響は極めて少ないものと考えられる。

5. 流送土砂

いろいろな厄介な問題の根源となつている旧信濃川と中ノロ川の河床を上昇させている土砂がどこから来るかは、前々から論議的であつた。信濃本川上流から大河津洗堰を経て来るのか、大河津下流の諸支川から供給されるか、それとも大河津下流の旧川河道内の土砂が漸次移動することによるのか。

流送土砂の中でも、河床を這つて行く粗い粒子を量的に捕えることは難しい。浮遊土砂を直接に実測したが、これと河床砂礫の資料とより、河床を掃流されて移動する土砂についてあるヒントが得られるであろう。

浮遊土砂の実測は、大河津下流の旧川、中ノロ川、諸支川の十数地点で、1949年9,10月、1951年7,10,11月、1952年3月に行われた。昨年度は、雨量多く河水が濁ると思われる時期が選ばれたのであるが、台風による出水がなかつたので、その資料が得られなかつた。今年これを補うとしたが再びその機に接しなかつた。これらの実測に際しては、断面測量、流速測定が同時に行われ、採取された粒子の顕微鏡写真などから微細粒子の径が測られた。かくて測定時の各断面流送土砂量、粒子の大きさ、乱れ粘性係数などが知られ、これらを基にして、大河津下流での流送土砂の運搬機構について考察が進められた。

第1表 各支川流送土砂量

	1951年7月		1951年11月		1952年3月	
	土砂含有率 ¹⁾	土砂流送量 ²⁾	土砂含有率	土砂流送量	土砂含有率	土砂流送量
1 刈谷田川	0.237	10.0	0.049	3.0	0.096	6.1
2 五十嵐川	0.006	0.1	0.033	0.7	0.025	0.5
3 加茂川	0.036	0.3	0.108	0.4	—	—
4 小阿賀川	0.078	1.8	—	—	—	—
5 能代川	—	—	0.034	0.3	—	—

1) kg/m³ 2) kg/sec

第2表 旧川, 中ノロ川各点における流送土砂量
(単位, 前者と同じ)

	1951年7月		1951年11月		1952年3月	
	土砂含有率	土砂流送量	土砂含有率	土砂流送量	土砂含有率	土砂流送量
6 本川橋下	0.421	72.9	—	—	0.318	61.7
7 熊の森	—	—	—	—	0.285	—
8 尾崎新田	0.215	45.5	0.135	32.2	0.233	59.5
9 分流直後の倍濃川	—	—	—	—	0.125	—
10 分流直後の中ノロ川	—	—	—	—	0.253	—
11 五反田下橋	0.150	21.2	—	—	0.576	71.7
12 瑞雲橋下	0.180	15.1	—	—	—	—
13 舞渦	0.150	15.8	—	—	0.374	53.4
14 合流後	—	—	0.095	25.9	0.180	—
15 八王子下橋	—	—	0.211	—	—	—
16 燕	0.339	53.8	0.122	16.3	0.240	45.6
17 白根	—	—	—	—	0.241	—
18 大野	—	—	0.138	—	0.376	—

大河津のすぐ下での8回の全断面採水より, 土砂含有率と流量との関係が $m = 1.799 \times 10^{-5} Q^{1.868}$ と求められ, これより年間土砂流入量が約 2,000,000 ton と計算された。

かくて, 土砂が次のように流送されていると推定した。

- (1) 大河津の洗堰を通過して, 年間約 2,000,000 ton の土砂が旧信濃川に流入される。

大河津のすぐ下では, 流れの乱れは常に烈しく, 浮遊粒子の中には河床砂礫と同じ大きさ(約 700 μ)程度のものが常に含まれていることから, 両者は常に交換が行われ, 河床砂も安定してはいないであろう。

この傾向は流下と共に和らぐとはいえ, それより下流のどの区間より烈しいと考えられる。

- (2) 浮遊土砂測定の結果より, 諸支川のうちでは刈谷田川が最も多く土砂を流送することが確かめられたが, 表1, 表2にも示す通り, 本川に比べれば, はるかに少量である。
- (3) 旧川が中ノロ川を分派する直前に, その刈谷田川が右より流入して, この川に特有な微細粒子を旧川に加えるが, 旧川の土砂含有量はより多く, 流量比も大き

いので, それ程大きな影響を旧川にもたらさないとと思われる。

- (4) 旧川の土砂流送量は, 中ノロ川を分派して後は, 流下と共に変わらず, ほとんど等量で粒子は細かく 30 μ 前後で河床砂とは不連続な関係にあり, これらの細かい粒子は, ほとんど河床に落ちずに港まで運ばれるものと推定される。

- (5) 中ノロ川についていえば, 上流の河幅が整正でない間では, 特に大きな粒子(500 μ 以上)が浮遊流送されて居り, 分岐点で中ノロ川の方へ大きい粒子が入り易いのではないかと考えられる。流下と共に浮遊中の大きい粒子は徐々に減る。

- (6) 旧川へ中ノロ川が合流して後は, 大きい粒子は浮遊していない。また河床が安定しているので, 浮遊土砂は, もはやほとんどそのまま流過するのであろう。

- (7) 初夏の梅雨, 晩秋のしぐれ時に比べれば, 春の雪融時の土砂流送量が, 含泥率, 期間の長さを考えれば, はるかに多いであろう。台風時の実測はないが, 雪融時の時間の長さを考えれば, 土砂流送量は雪融時の方が多いと考えられる。

一方, 流速分布を求めて $\varepsilon = Ig(Z_0 - Z)dv/dz$ より乱れ粘性係数が計算される。(ε : 乱れ粘性係数, dv/dz : 流速勾配, I : 河床勾配, g : 重力の加速度) 次に $cw = -\varepsilon dc/dz$ (c : 濃度, w : 粒子の最終沈降速度) より w が得られ, それに相当する粒子の径が知られる。これと, その点で採取した粒子の顕微鏡写真による径の大きさを比べるとすくなくとも各測定断面の流心部についてはよく一致した。

6. まとめ

- (1) 大河津下流の諸支川は, 本川の河相を左右するような大きな影響を与えない。
- (2) 出水時の大部分の流量は, 放水路に流出されるにもかかわらず, 大河津下流の旧川の河相は大河津より上の本川に主として左右される。
- (3) 種々の難問の原因となつている河床の上昇の源である土砂は, 大河津洗堰を通過した粒子の粗い部分と, 以前よりこの区間の河床にあつた土砂が, 漸次移動し滞積したものである。
- (4) 洗堰を通過した粒子の細かい部分は, ほとんど全て河口まで河の流れによつて運ばれる。

なお本研究は, 新潟県土木部河港課の依頼に基づき行われたもので, 終始同県の理解ある援助を受けたことを感謝する。(1952.11.5)

文 献

- (1) 安芸皎一著 “河相論” 岩波書店 1951年
- (2) 新潟県海岸対策委員会発行, 中間報告第1号, 2号 1948~9年
- (3) 新潟県技術調査委員会発行 “新潟港の堆砂と新潟海岸の侵蝕についての技術報告書第1号” 1948年