



北海道における河川結氷について

山下 彰 司 (北海道開発局開発土木研究所)
小林 正 隆 (岩手大学)
小宮 昭 彦 (")
平山 健 一 (")

寒地技術シンポジウム'93
講演論文集抜刷

1993年12月2日(木), 3日(金)
札幌市教育文化会館

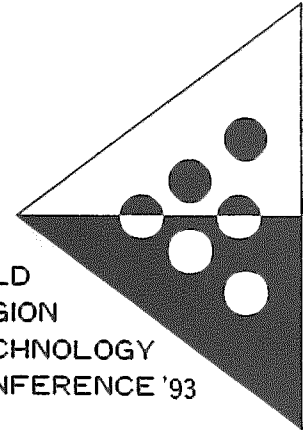
CTC 931108

北海道における河川結氷について

山下 彰 司 (北海道開発局開発土木研究所)
 小林 正 隆 (岩手大学)
 宮 昭 彦 (")
 平 山 健 一 (")

Ice Covered Rivers in Hokkaido

S.Yamashita (Civil Engineering Research Institute)
 M.Kobayashi (University of Iwate)
 A.Miya (")
 K.Hirayama (")



COLD
 REGION
 TECHNOLOGY
 CONFERENCE '93

まえがき

北海道は積雪寒冷な地域であり、冬期間には河川の大部分は結氷する。河川が結氷することにより、その水理特性は開水路の時とは大幅に変化し、冬期の流量観測精度の低下や河川構造物における取水障害を招いたりする。

北海道の河川の結氷状況については過去に山辺、山口らが行っている。しかし、最近では地球温暖化などの気象状況の変化が言われ、結氷の状況も過去の調査とは異なる可能性が考えられる。

本研究では全道の過去10ヶ年間の気象資料と流量資料を基に解析した北海道河川の結氷特性について述べる。

1 基準年の算定

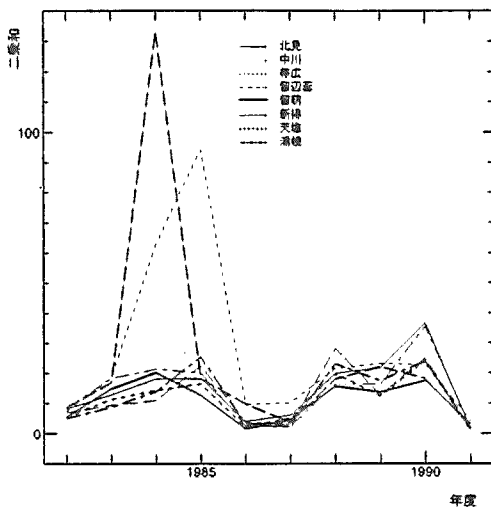


図-1 月平均気温偏差の2乗和

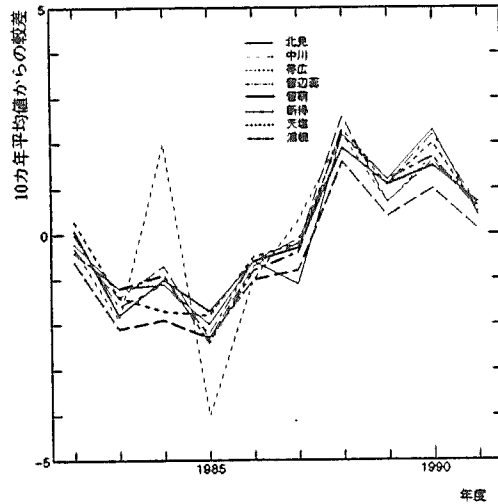


図-2 冬期年平均気温の10ヶ年平均値からの較差

第9回寒地技術シンポジウム (1993)

全道の河川の結氷状況の調査は約20～30年前に山辺、山口らによって行われた。しかし、近年地球温暖化等の気象の変化が言われている。そこで、過去の結氷状況と現在の結氷状況を比較する検討にあたっては近年の過去10年間(1982年度～1991年度)の全道8箇所(富田、旭川、帯広、札幌)の気象データを用いて10年間の平均となる基準年を決定し、その年の全道の流量観測所のデータから基準年の結氷状況を明らかにすることとした。

基準年選定に用いた気象観測地点は北見、中川、帯広、留辺蕊、留萌、新得、天塩、浦幌の8地点とした。各地点において調査した10年間の各年度の12月～3月までの月平均気温偏差の2乗和をとったものが図-1である。2乗和が0に近い方が平均に近いことを示す。図-1でみると1991年度と1986年度が各地点において2乗和が小さい。しかし、図-2に示される冬期平均気温の10ヶ年平均値からの較差を見ると1991年度はわずかにプラスになっており、1986年度はわずかにマイナスになっている。今回の検討では較差がわずかにマイナスとなった1986年度を基準年として採用した。

2 基準年における結氷状況

基準年1986年度における結氷状況の調査は全道20水系175観測所の観測データをもとに行った。

図-3に冬期間に1度は結氷する河川の分布状況を示す。主要水系毎の調査箇所の完全結氷率(河川が横断的に完全に氷でおおわれる率)は表-1の通りである。天塩川、留萌川などの道北の河川や渚滑川、湧別川、常呂川などのオホーツク海地方の河川での結氷率は高い。これらの地域は北海道の中でも積算寒度(冬期に気温が氷点下になった日から氷点下の気温を積算した寒さを表す指標)が約1000に達する地域である。図-4より北海道で結氷しない地域は日高山脈、大雪山を中心とする道央山系と道南地方であることがわかる。

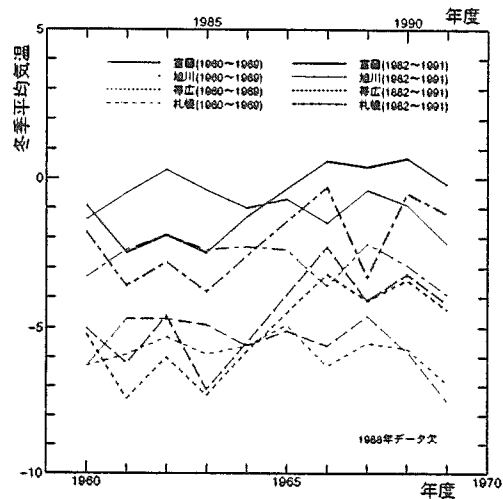


図-3 冬期平均気温変化図

表-1 水系別完全結氷率

水系名	地点数	結氷数	結氷率	水系名	地点数	結氷数	結氷率
天塩川	25	24	96%	釧路川	9	3	33%
留萌川	5	5	100	石狩川	52	24	46
十勝川	28	15	54	安平川	2	0	0
網走川	6	4	67	尻別川	5	3	60
常呂川	10	9	90	後志利別川	5	4	80
湧別川	5	5	100	鶴川	6	6	100
渚滑川	5	5	100	沙流川	6	5	83



図-4 北海道の河川結氷図

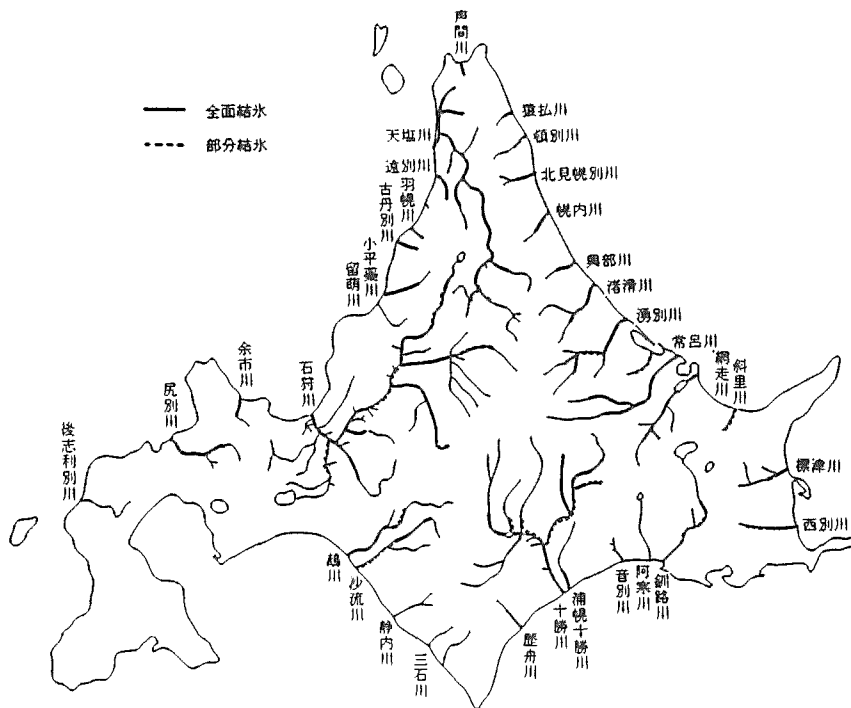


図-5 山辺の北海道河川結氷図

道南地方の非結氷は平均気温が余り低下しないことが原因であると思われる。しかし、道央山系は積算寒度が1000を越える寒冷な地域であるにもかかわらず非結氷であることから、この地域の非結氷の原因は道南地方のような気温の因子ではなく、流況の因子（山間地域であることから河床勾配が急で流速が早い）によるものと考えられる。

図-5は山辺¹⁾による1960年代の北海道の河川結氷図である。図-4と図-5を比較すると完全結氷した箇所はほぼ一致しており、人工的な排水が原因と思われる石狩川中流部や十勝川中流部の部分結氷箇所も一致している。

図-3は1960年度～1969年度までと1982年度～1991年度までの室蘭、旭川、帯広及び札幌の冬期間（12月～3月）の平均気温の年度ごとの推移を表したものである。図-3より1960年代は気温の推移が各地点で各年度でほぼ一定であるのに対して、1980年代は気温の推移が1986年度までの前半は1960年代より低く、後半は高くなっている。基準年とした1986年は1960年代の平均気温とほぼ同じである。したがって、今回の調査で得られた河川結氷図（図-4）は山辺の河川結氷図（図-5）とほぼ同じ結果となったと考えられる。

3 北海道河川の結氷特性

前章での結氷図における非結氷地域の考察から河川が結氷するには気温の因子のほかに流速などの流況の因子があることがあげられた。ここでは気温の因子を結氷箇所では結氷前の3日寒度および非結氷箇所では冬期間の最低3日寒度で代表させ、おもに流況の因子と河川結氷の関係について検討する。検討に際しては全道175箇所の調査地点の内、水温調査が行われており、なおかつ都市排水など人工的要因による異常に水温が高い地点を除いた観測地点データを用いた。

既往の研究では岸ら²⁾によると結氷は *Froude* 数が0.4を越えると生じず、また山口ら³⁾によると河川結氷が生じる河川では以下の式が成り立つことが報告されている。

$$T_3 < \frac{1.8}{F_r} - 15 \quad (1)$$

ここで、 T_3 : 結氷前の3日平均気温、 F_r : *Froude* 数である。

図-6は完全結氷した河川において、縦軸に結氷前の3日間の温度を積算した3日寒度を、横軸に結氷直前の *Froude* 数をとったものである。参考のため完全結氷した地点のデータも示した。図において山口の式は(1)式の左辺の $T_3 \times 3$ を3日寒度 T_{e3} として以下の式とする。

$$T_{e3} < \frac{1.8}{F_r} - 15 \quad (2)$$

図-6においても山口の式は成り立ち、また、完全結氷した河川では *Froude* 数が0.4を越えないことが示されている。

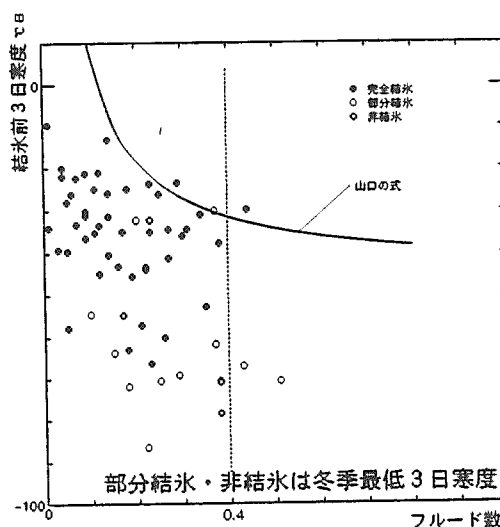


図-6 3日寒度—フルード数関係図

図 1.3.3 最低3日寒度-水深関係図

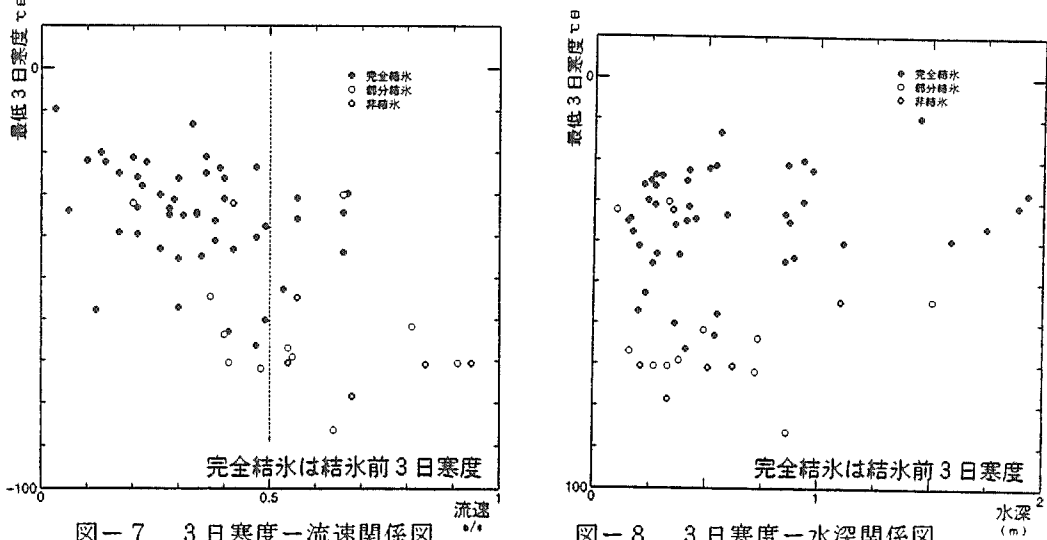


図-7 3日寒度-流速関係図

図-8 3日寒度-水深関係図

図-6では部分結氷及び非結氷のデータも岸及び山口の条件を満たしている。
Froude数の定義は以下の式で表される。

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}} \quad (3)$$

ここで、 V :平均流速、 g :重力加速度、 h :水深である。

そこで、非結氷・部分結氷河川において縦軸に冬期の最低3日寒度、横軸に流速と水深をとった図を示す。また、参考のため完全結氷河川のデータものせる。図-7は縦軸に3日寒度、横軸に流速をとった図である。図より流速がだいたい0.5m/sを越えると冬期間の最低3日寒度が50°Cを越えても結氷しないことがわかる。

図-8は縦軸に3日寒度、横軸に水深をとった図であるが、この図からは結氷と水深に関する関係は見いだせない。したがって、結氷条件について考えるとき、おもに流速の条件が最も結氷に影響を与えることがわかる。

あとがき

今回は1982年度~1991年度までの調査年度間で全道175箇所の流量観測地点と十数箇所の気象観測地点のデータを基に最近10ヶ年間の結氷状況について調査した。

近年、地球温暖化等が言われており、結氷状況も過去の結果と相違がでるのではないかと考えたが、結果としてほぼ同じ結果が得られた。原因としては基準年として選定した1986年度の気温が過去の調査時期の1960年代の平均気温と同じであることが考えられる。これは1960年代の平均気温と調査年度間の平均気温がほぼ同じことを意味する。しかし、調査年度間の気温の推移は直近の過去5年間は高めである。したがって、この傾向が今後も続くならば、結氷状況も変わることが考えられる。

次に結氷状況については過去に報告された結氷条件が成り立つことが再認識された。しかし、流況に関する結氷条件についてはFroude数を用いるよりも流速を用いる方がより明確に結氷と非結氷(部分結氷を含む)を区別することができることがわかった。

今回の調査では北海道における最近の結氷状況を明らかにした。今後は、結氷後の河川水理変化等の基礎調査を継続的に行って行きたい。

参考文献

- [1] 山辺功二; 北海道の河川結氷, 水温の研究 第12巻第1号, 1968.
- [2] 山口 甲, 西村 豊; 河川の水温と結氷に関する研究, 土木試験所月報 No.238, 1973.
- [3] 岸 力, 中尾欣四郎; 北海道における河川結氷と冬季濁水量について, 土木学会第16回年次学術講演会講演集, 1961.