

河 川 結 氷 対 策 指 針

平成 1 1 年 4 月

通年施工推進協議会

[目 次]

河川結氷対策

1 . 一 般	1
2 . 適用範囲	2
3 . 用語の定義	4
4 . 現地事前調査	4
5 . 割氷および制御法の種類	6
6 . 工法の選定	10
7 . 仮締切の選定	12
8 . 水替工法	14
9 . 割氷の範囲	15
10 . 割氷の回数	18
11 . 施工計画	19
12 . 現場における工事中の調査	22
13 . 材 料	22
14 . 作業機械	22
15 . 安全対策	23

河川結氷対策指針

結氷河川の調査、設計、施工は従来、経験をもとにして行われて来ており、示方書・基準などの明確なものは定められていない。この理由としては次のようなことが考えられる。河川結氷は、その結氷過程が明確でなく、結氷盤の形状や力学的性質が時間とともに変化する、工事地点の地形・環境条件が多岐にわたる場合、その影響を受け易い、氷力の算定方法が不明確である、結氷時の施工が経験に基づいて行われることが多いため、理論的な取り扱いが行われない場合が多い、等である。

このように結氷時の河川工事の施工の安全性・経済性、更には通年施工性を確保するためには、検討しなければならない問題が多く残されている。このため、北海道では平成元年度に「河川結氷対策指針（案）」を作成した。平成２年度には 11 カ所のモデル現場における調査により内容の補足を行った。更に、平成３年度には再度 11 カ所のモデル現場における調査を行い、指針（案）の充実を図った。

この指針は、主に結氷河川での護岸工事における仮設工の設計・施工上特に必要となる事項について一般的な基準を示したものである。

もとより、土木構造物は種類も多く、種々の施工条件を考慮しなければならない。冬期の土木構造物の施工のために、本指針を今後、補足・修正して通年施工の安全性・経済性を高めることを目指したい。

１．一般

この指針は、北海道において施工される河川工事の内、結氷を生ずる河川における結氷対策の工法の基準を示すものである。

北海道内の河川は、そのほとんどが冬期間、全面結氷又は部分結氷するため、河川工事においては、仮締切内・外の氷の除去に代表される結氷対策が必要となる。この指針は、この対策工を有効に実施するために、仮設工上特に必要となる事項について規準を示したものである。なお、この指針は、河川における氷の問題が現在調査研究途上の分野であるため、これまでの調査結果をもとに当面措置すべき事項を規定したものである。従って、今度の新しい調査研究成果の蓄積によって、必要な部分について再検討することになる。

本指針は、昭和 62、63 年度に北海道内の冬期河川工事現場で行われたアンケート調査およ

び重点調査箇所の気象観測データをもとに、平成元年度に作成された。更に、平成２年度および平成３年度にモデル現場における調査により内容の補足が行われた。

２．適用範囲

この指針に基づく工法の適用範囲は、地域条件により次の３地域に区分される。

結氷対策を必要とする地域

ブロック区分	土木現業所
A：帯 広	帯広、釧路、網走、旭川の各土現
B：札 幌	札幌、留萌、稚内の各土現
C：室 蘭	小樽、室蘭、函館の各土現

図 - １ が河川結氷に係わる北海道のブロック区分である。表 - １ は各ブロックの最低気温帯を示す。

帯広ブロックは帯広、釧路、網走、旭川の各土現管内の地域で、１２月と１月の平均最低気温がそれぞれ - 10 以下、- 15 と極めて寒さの厳しい地域である。

札幌ブロックは札幌、留萌、稚内の各土現管内の地域で、１２月と１月の平均最低気温が - 5 ～ - 10 、 - 10 ～ - 15 と帯広ブロックよりは気温が高いものの、かなり厳しい地域である。

室蘭ブロックは小樽、室蘭、函館の各土現管内の地域で、１２月と１月に平均最低気温がそれぞれ 0 ～ - 5 、 - 10 以上と、３ブロックの中では気温が最も高い地域である。

この寒さの程度がそのまま工事現場の結氷対策の時間増の差となって現われ、夏期の工事と比べた場合、帯広ブロックで 21%、札幌ブロックで 20%、室蘭ブロックで 12%の時間増となっている。また、河道内の割氷時の平均氷厚は帯広、札幌、室蘭各ブロックで、それぞれ、20 cm、15 cm、10 cmである。しかしながら、工事開始時の最初の砕氷時の氷厚は 40 cmを超える場所もあり、地域によって大きなバラツキがあることに注意しなければならない。

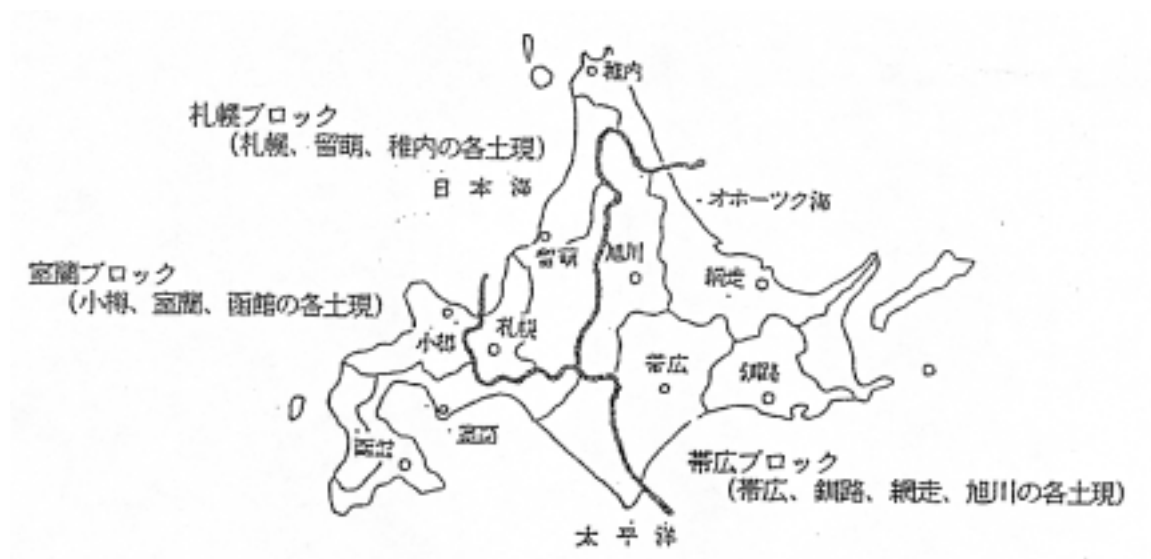


図 - 1 河川結氷に係わる北海道のブロック区分

表 - 1 各ブロックの最低温度帯

ブロック名	12月の平均最低気温	1月の平均最低気温	備考
帯 広	- 10 以下	- 15 以下	極めて厳しい地帯
札 幌	- 5 ~ - 10	- 10 ~ - 15	かなり厳しい地帯
室 蘭	0 ~ - 5	- 10 以上	やや厳しい地帯

3．用語の定義

- (1) 本体構造物：河川で施工される土木構造物の全部又は一部をいう。
- (2) 仮設構造物：本体構造物を施工するために必要な仮設の構造物をいう。
- (3) 割氷：バックホウ、ブルドーザ等の物理的力で氷を割ること。
- (4) 消氷：熱交換などで氷を融かすこと。
- (5) アイスジャム：氷片が集積し滞留する現象。
- (6) 土砂締切：土砂盛土による締切り。
- (7) 土俵締切：土俵の積み重ねによる締切り。
- (8) 積算寒度（度日）：マイナスの日平均気温の累計。
- (9) 積算暖度（度日）：プラスの日平均気温の累計。
- (10) 大規模河川：川幅 30m以上の河川。
- (11) 中規模河川：川幅 10～30mの河川。
- (12) 小規模河川：川幅 10m未満の河川。

4．現地事前踏査

工事予定箇所周辺については設計前に十分な現地踏査を行い、設計に必要なデータの収集を行うものとする。

冬期間の自然条件は夏期のそれとは大きく変化するため、工事予定箇所周辺については事前に現地踏査を行い、データを収集することが工事全体を円滑に行うために必要なことである。

例えば、 気温、水温
水 深
氷 厚
地 形
積雪深
流入水の特性

等が施工に大きな影響を及ぼす。

気温の低下およびその程度は人間のみならず機械類の作業能率の低下に影響し、水温の低下は河川結氷という現象に代表される。また、過去の気温、水温の年間の推移を把握することにより、結氷および解氷のおおまかな時期を予測することも可能となる。

水深測定は、河川工事を行う上では必ず行わなければならない基本的なものであるが、もし年間を通しての水深のデータがあれば、施工計画を立てる上で大きな助けとなろう。また、冬期の水深の低下は流速の低下となって現われ、氷の形成を助長することになる。その上でも水位データの収集は、その河川が結氷河川であるかどうかの判断材料ともなり得る。

氷厚のデータは、現在までその収積がほとんど行われていないため、観測資料からの入手は困難であるが、工事現場周辺の住民からの聞き取りにより概略の値を押えておくことは氷割りの機材の選定、その回数の判断材料となる。

氷厚の算定式としては積算寒度から求めるステファンの式が広く使われている。

$$h = a \sqrt{S}$$

h : 氷 厚 (cm)

S : 積算寒度 (度日)

a : 環境条件による定数 (積雪がない場合 : 2 , 積雪がある場合 : 1)

地形条件の把握は機材の搬入経路の選定のためにはもちろんのことであるが、特に河川が大きく蛇行している場合、割氷の場所と氷片の滞留場所の関係を考える上で必要なデータとなる。

積雪は氷板の成長を抑える断熱材の役割を果たすため、一般に寒さの厳しい地域でも積雪の多い所は氷も薄く、その力学的強度も小さい。また、除雪作業も考慮しなければならず気象データおよび地形データから、工事地点の積雪深を調べておくことが必要である。

発電排水や温泉水等が流入している河川の場合、水温が高いため結氷を生じないことが多い。従って、上流における流入水の特性を把握することが必要である。

5 . 割氷および制御法の種類

割氷および制御法は次のように分類される。

割氷および制御の工法

分 類	工 法
機 械 に よ る 割 氷	バックホウ、ブルドーザ、チェーンソウ、つるはし
水理的方法による氷の制御	エアースクリーン、アイスブーム
熱 に よ る 氷 の 制 御	エアーバブル、水中ポンプ法、温水供給

機械による工法は最も一般的に行われているもので、バックホウ、ブルドーザ等の重機により氷を壊したり、その強度を弱めることにより氷を除去しようという方法である。この方法は結氷を抑制するものではなく、結氷盤を破壊することにより氷片を下流側に流したり、氷片を河道から取り除く方法である。ただし、壊した氷片をそのまま流した場合、それらが下流側でアイスジャムという氷片滞留を形成し、流下能力を著しく低下させることがあるため、注意しなければならない。

水理的工法は、空気泡により人工的に水に流れを生じさせて特定水域への氷の流入を抑えたり、又は、鎖状のブイにより、氷の流入を止めるものである。前者はエアースクリーン、後者はアイスブームと呼ばれる。図 - 2 にアイスブームの概略図を示す。

熱交換による工法には、エアーバブルや水中ポンプ法がある。水底に泡放出機又は水中ポンプを設置し、下方の温度の高い水を上方へ上げて結氷を防いだり、既に形成された氷盤を下から融かそうというものである。この方法は港湾内の遮閉域や湖のように静穏度の高い場所において効果的とされている。

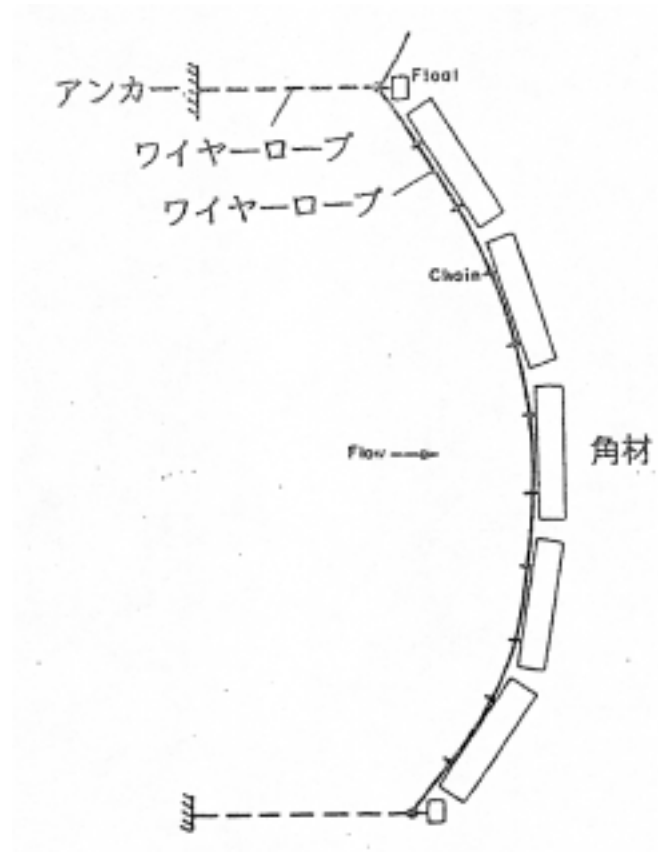


図 - 2 ア イ ス ブ ー ム

図 - 3 にエアーバブルの図を示す。更に図 - 4 から図 - 7 はエアーバブルおよび水中ポンプによる結氷制御の実施例である。

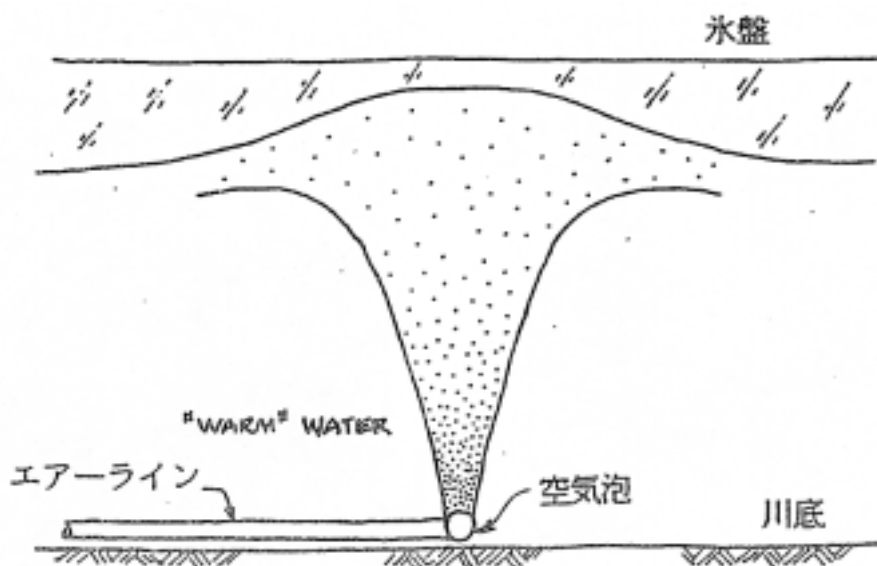


図 - 3 エアーバブルシステム



図 - 4 エアーバブルによる結氷抑制
(係留施設を結氷からまもる)

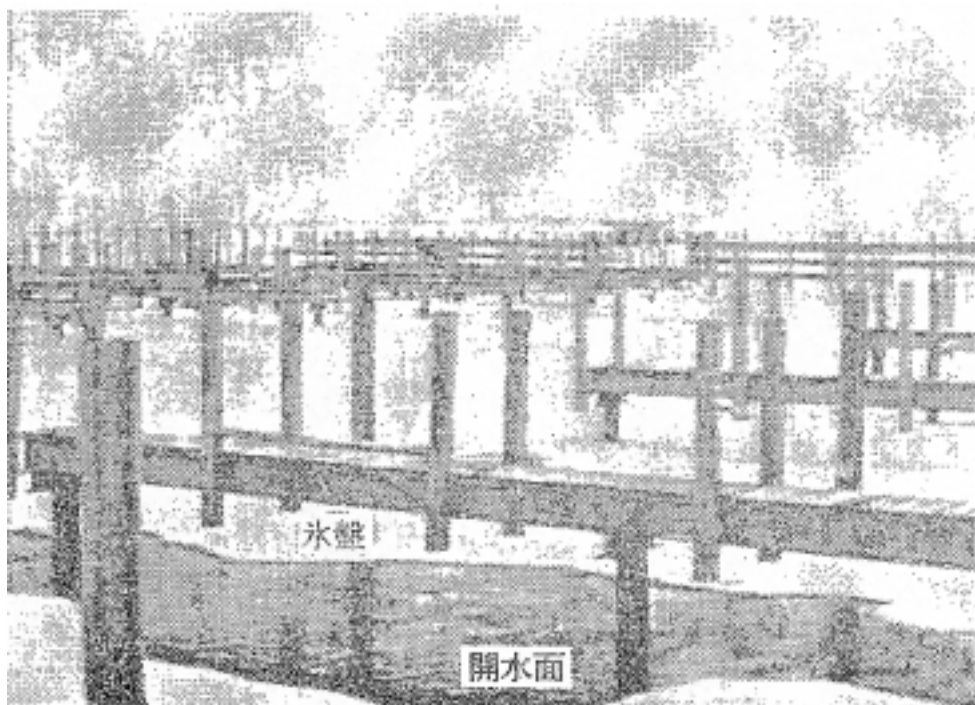


図 - 5 水中ポンプによる結氷抑制
(棧橋を結氷からまもる)

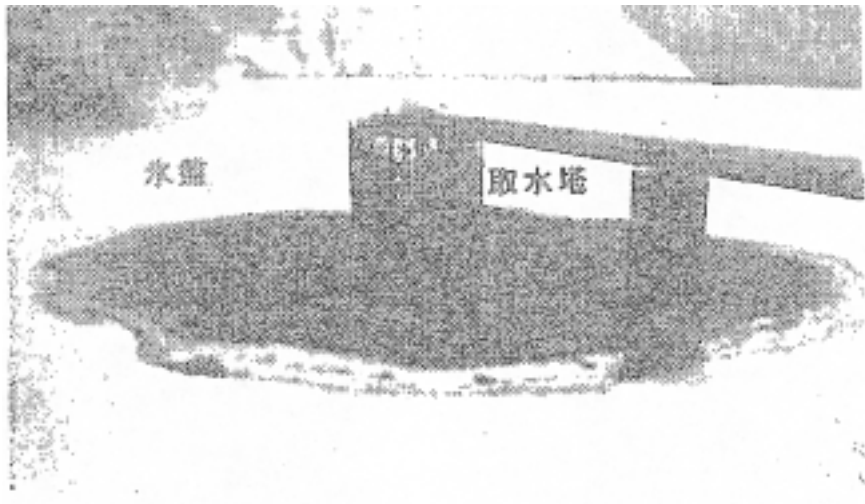


図 - 6 エアーバブルによる結氷抑制
(係留施設を結氷からまもる)

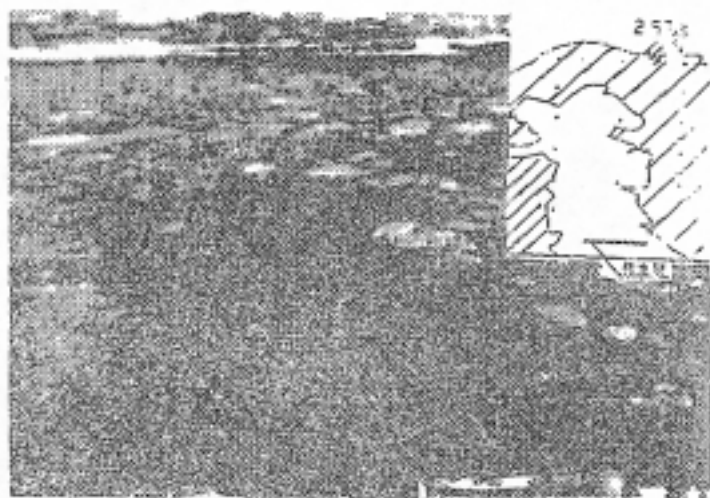


図 - 7 水中ポンプによる結氷抑制
(栈橋を結氷からまもる)

6. 工 法 の 選 定

割氷は氷厚により次の割氷方法を標準とする。

氷 厚	割 氷 の 工 法
5cm 未満	人力による割氷および除去又はバックホウによる除去補助
5cm 以上 30cm 未満	バックホウによる割氷および砕氷除去
30cm 以上	ブレーカを装着して割氷およびバックホウによる砕氷除去

図 - 8 に割氷工法選定のフローを示す。

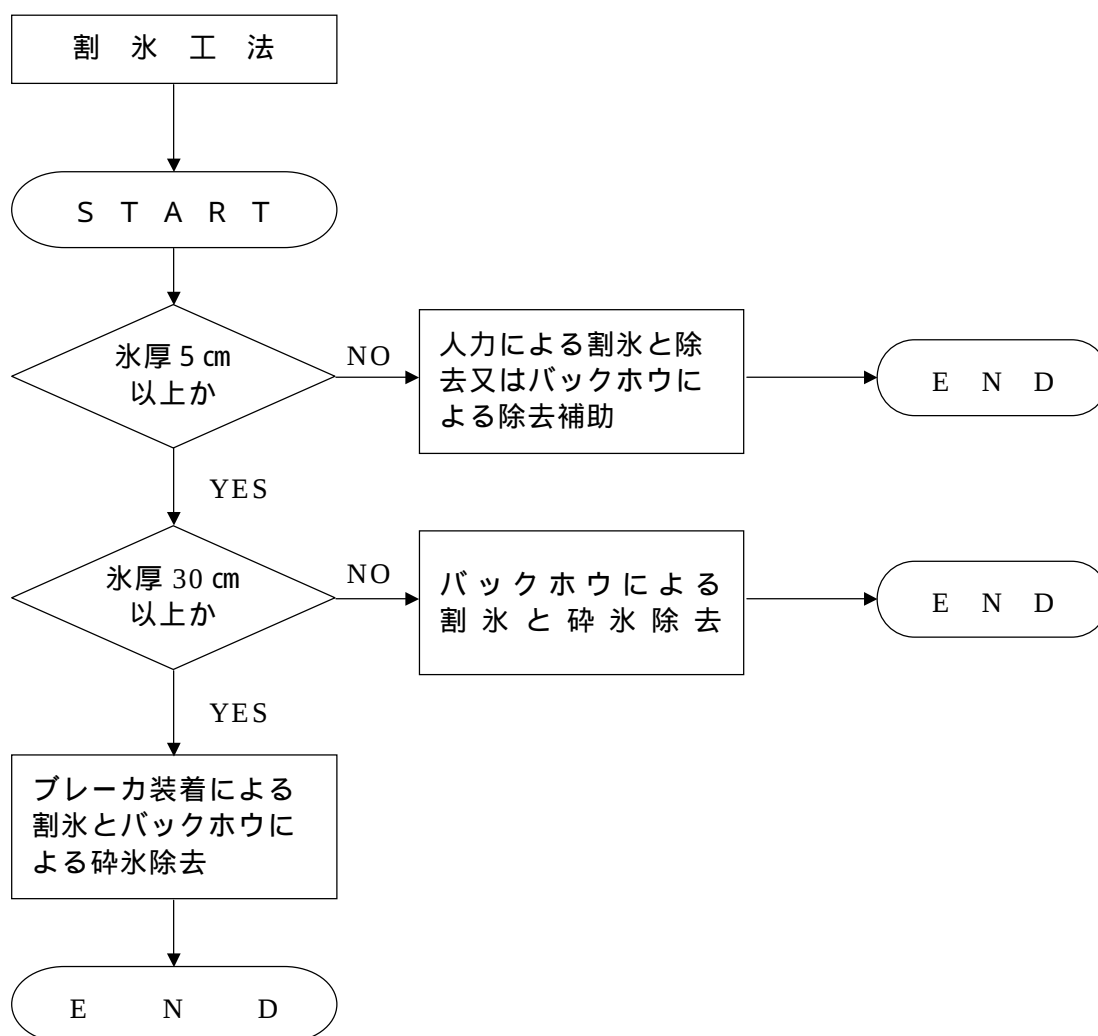


図 - 8 割氷工法選定フロー

工法の選定にあたっては、次のような条件を考慮しなければならない。

【自然条件】

水深、流量、河幅、氷厚

【施工条件】

経済性、割氷（消氷）の期間、割氷の頻度、安全性

以上の諸条件より、最適な工法を選定し、効果的な氷の除去作業を行うものとする。

氷の除去工法としては現在のところ、バックホウによるものがほとんどである。これは、今までの施工経験や機材の調達の容易さによるものであろう。従って、本指針ではバックホウを含めた機械による工法を標準とした。しかしながら、今後、その他の工法の研究開発に合わせ、効果的な氷除去作業の採用が望まれる。

人力による割氷はツルハシやスコップが主体となるため、氷厚が5 cm未満であれば割氷が可能である。その場合、バックホウによる砕氷除去補助が有効である。

バックホウの場合、アームの長さ分の割氷作業が可能となる。機種的大小によりアーム長も異なるが、標準タイプのバックホウで6～8 mの割氷範囲となる。氷厚に対しては、氷厚30 cm程度まではバケットの衝撃で割氷可能と思われるが、-30 cm以上の場合はジャイアントブレードを装着することにより相当な厚さの氷を破壊できる。

ブルドーザの場合は、直接河道内に入っている作業となるため、水深が浅い箇所での作業となる。アームの長いアタッチメントの装着ができないため、割氷の範囲は小さいが、リッパを使用することにより相当な厚さの氷を破壊できる。

バックホウ等によって割氷された砕氷はバケットにより河道外へ除外される。

7 . 仮締切の選定

仮締切工は、水圧および氷圧の影響に充分耐えられる構造とする。

調査によると仮締切の種類としては、土砂締切が最も多く、次に土俵締切で鋼矢板は極めて少ない。また、土砂盛土材料は80%以上が工事現場の土砂を利用している。

結氷河川の場合、氷の影響があるため、土砂および土俵による締切は水深1m程度までの河川とする。水深が1mを超える場合は、氷も厚く成長し、氷圧の影響も大きくなるため、鋼矢板による締切が妥当である。

図 - 9 に仮締切選定フローを示す。

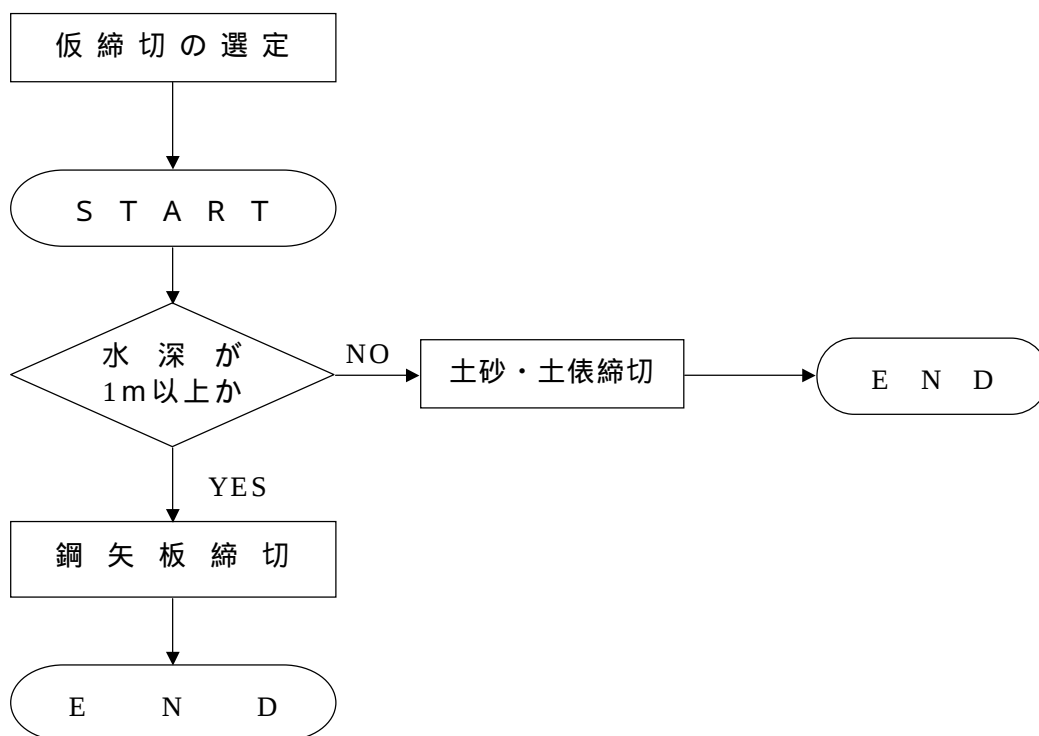


図 - 9 仮締切選定フロー

氷圧については多くの実験式が提案されているが、ここでは温度膨張による氷圧について、図 - 10 に大雪ダムでの実測値による気温上昇率と氷圧の関係を示す。また、図 - 11 に鋼矢板に作用する氷圧の概念図を示す。

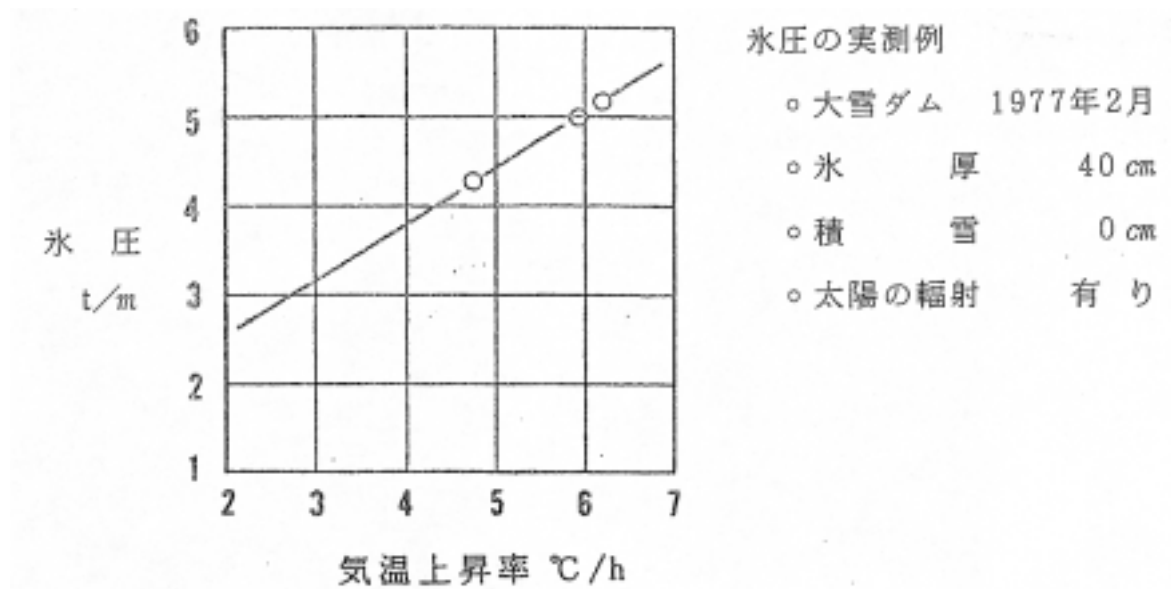


図 - 10 気温上昇率と氷圧

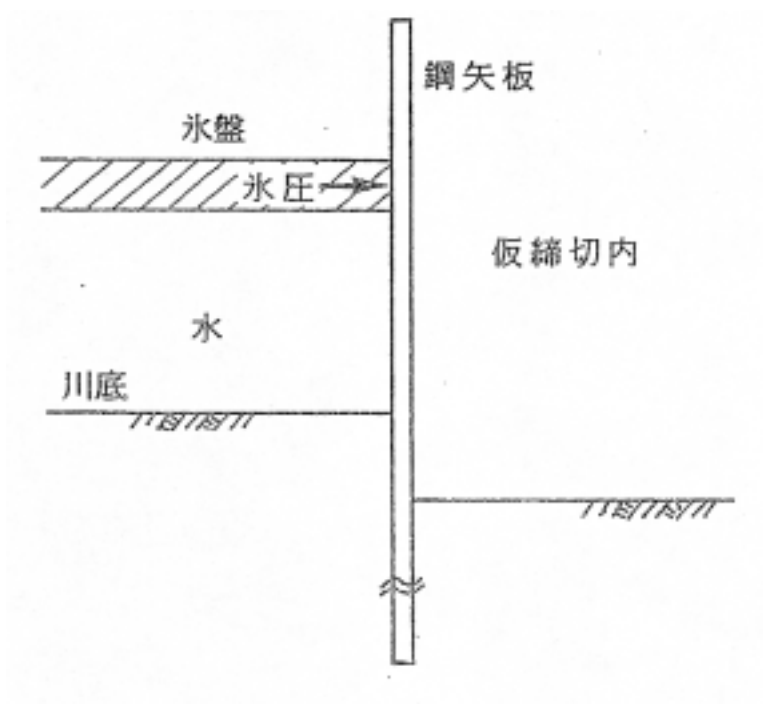


図 - 11 鋼矢板に作用する氷圧

8 . 水替工法

仮締切内は 24 時間排水を標準とし、締切内での結氷はできるだけ抑える。

水替選定フローを図 - 12 に示す。

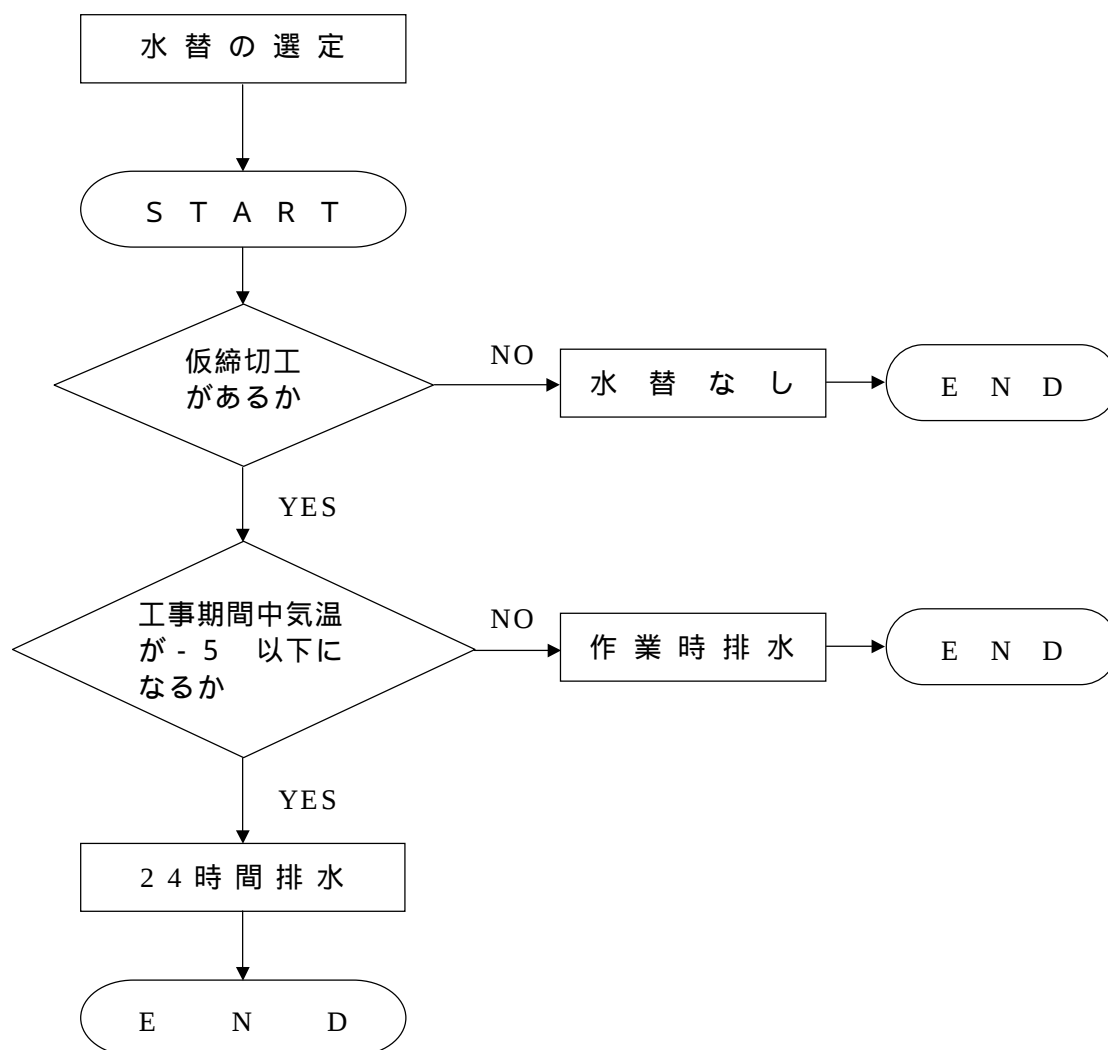


図 - 12 水 替 選 定 フ ロ ー

仮締切設置後、河道の水位が上昇し、それに伴って仮締切内への漏水が多くなる。調査によると漏水は基盤からとするものが最も多く、次いで仮締切自体からのものが多い。また、排水工法としては河川規模に係わらずポンプ排水が行われており、しかも、施工中の24時間稼働体制が圧倒的に多い。しかしながら、排水が完全に行われず仮締切内で結氷が生じた場合、その除去作業は容易ではなく、再床均しの必要性もでてくるため、施工計画にも支障をきたすこともある。従って、できるだけ漏水を防ぐとともに、適正なポンプ口径とポンプ台数を設置し、排水を常時を行い、締切内での結氷をできるだけ抑えることが必要である。ただし、騒音等の影響により夜間の排水が不可能な場合は、再度割氷の必要が生じるため、別途工法を考えなければならない。

9．割氷の範囲

現場条件を十分に考慮し、仮締切内への影響がなくなる以下の範囲まで、割氷を行うものとする。

水 深	割 氷 の 範 囲
30 cm未満	・ 河川が直線又は屈曲にかかわりなく仮締切下流端より、
	10m程度
30 cm以上	・ 河川が直線の場合：仮締切下流端より 50m程度
	・ 河川が屈曲の場合： " 100m程度

割氷範囲の設定フローを図 - 13 に示す。

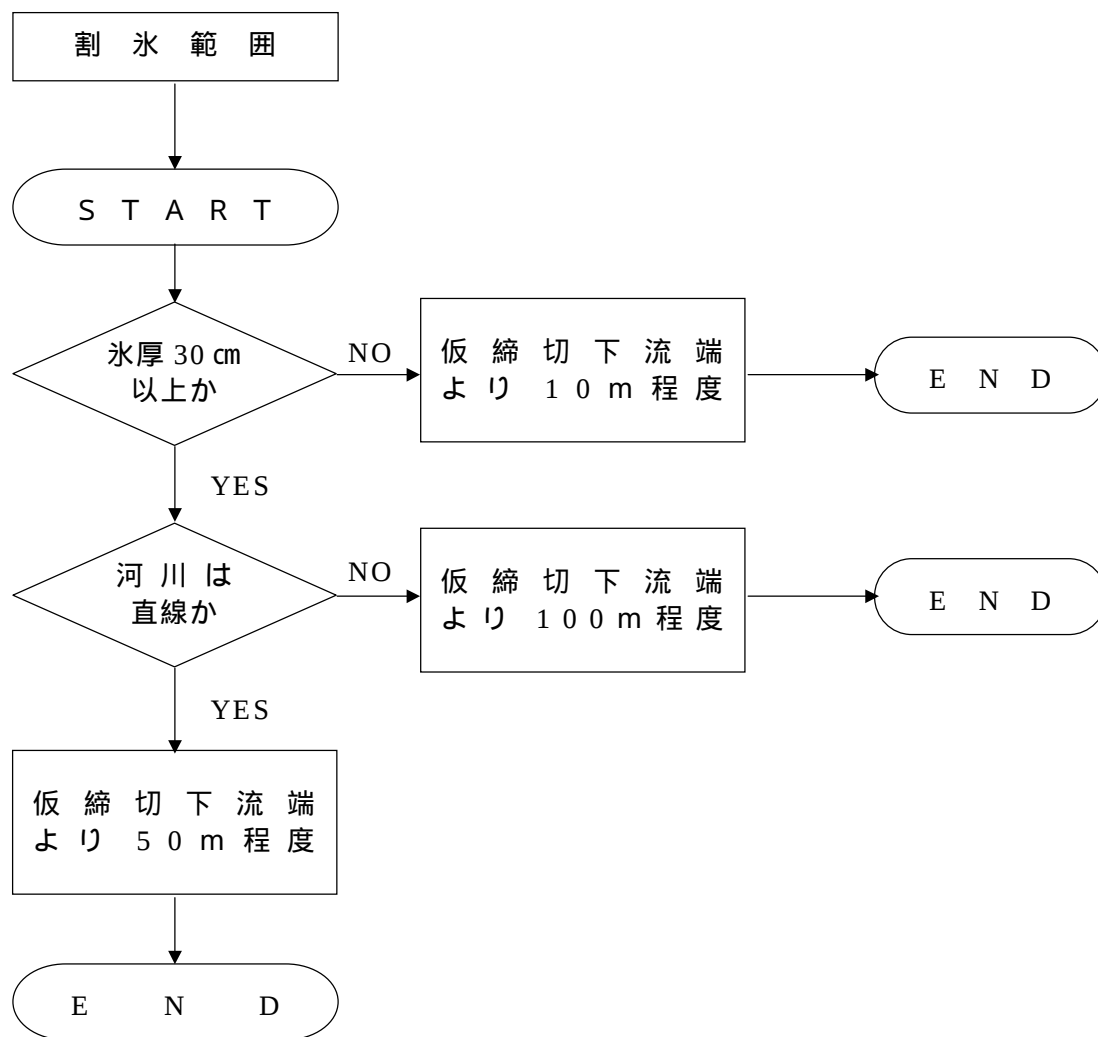


図 - 13 割氷範囲設定フロー

重機等により割られた氷は、小さな氷片となって流れるのであるが、その氷片が下流側の氷盤の地点で滞留し、流下能力を大きく低下させる原因となる。それにより水位が上流側へ上昇し、施工現場へも支障をきたすことがある。図 - 14 に氷片の滞留（アイスジャム）による水位の上昇を示す。従って、割氷の範囲は施工地点から下流側へ大きい程、施工への影響は小さいのであるが、本指針では調査結果より河川の勾配や流路形態を考慮して割氷範囲を定める。

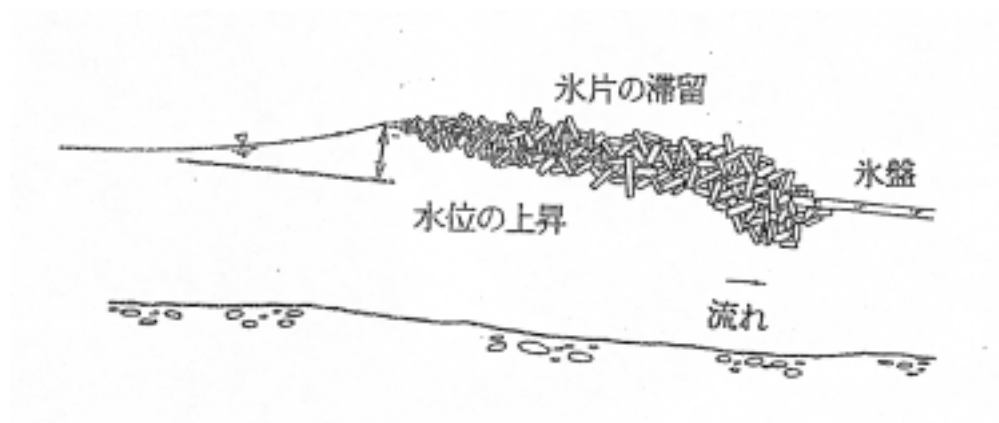


図 - 14 氷片の滞留による水位の上昇

10．割氷の回数

割氷は工事に支障のない範囲で行い、工事期間において - 5 が連続すると思われる 1 月から 2 月下旬にかかる日数を 10 日で割った回数を標準とする。

割氷回数の設定フローを図 - 15 に示す。

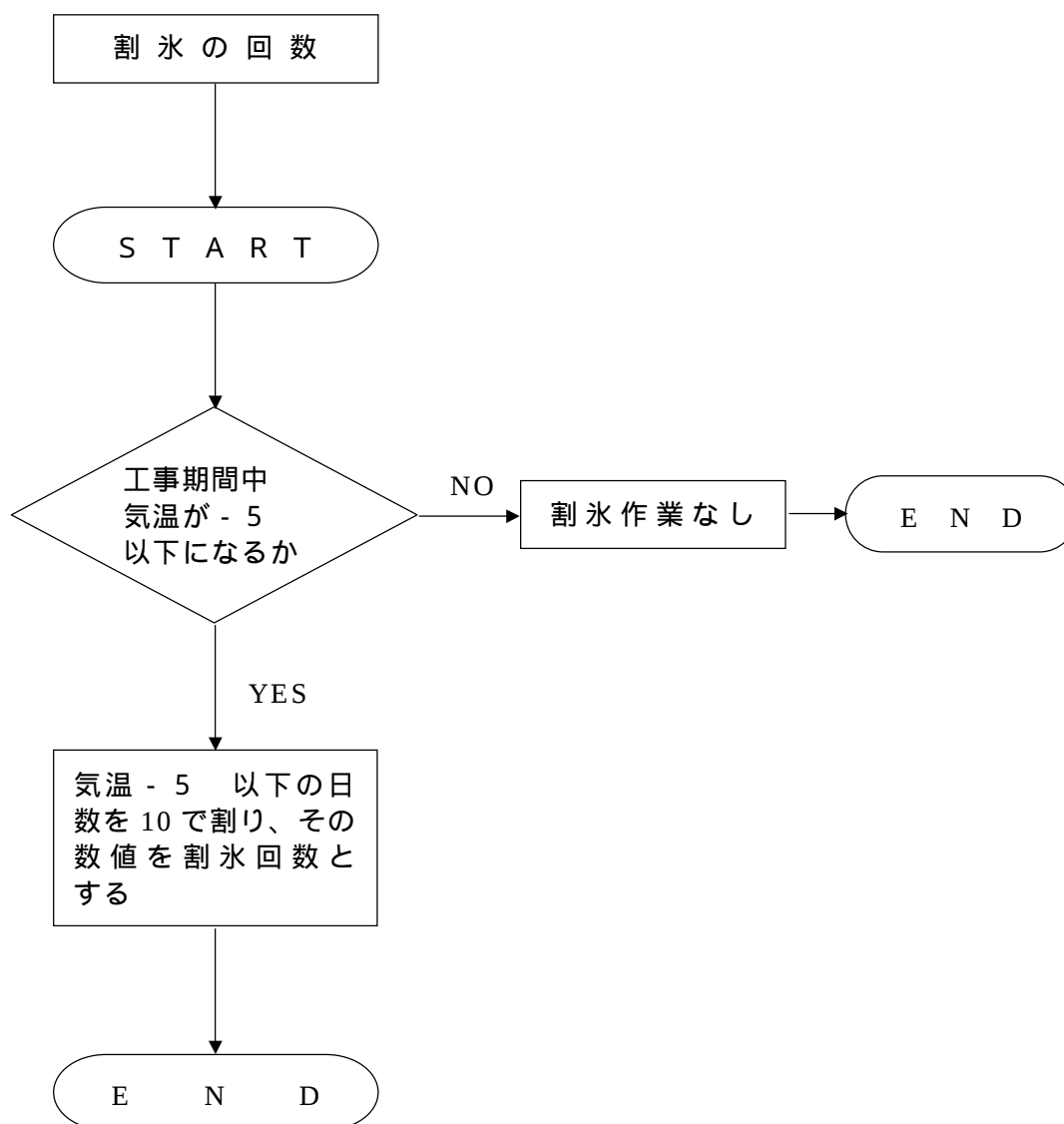


図 - 15 割氷回数設定フロー

調査によると河川工事に影響を与えと考えられる「川幅の半分が結氷」する時期は、小・中規模河川で 12 月中旬、大規模河川で 1 月上～中旬と推測される。また、小・中規模の場合、「川幅の半分が結氷」から 5～10 日程度で「全面結氷」状況になっている。

調査結果からの「川幅の半分が結氷」する気象条件を表 - 2 に示す。

表 - 2 「川幅の半分が結氷」する気象条件

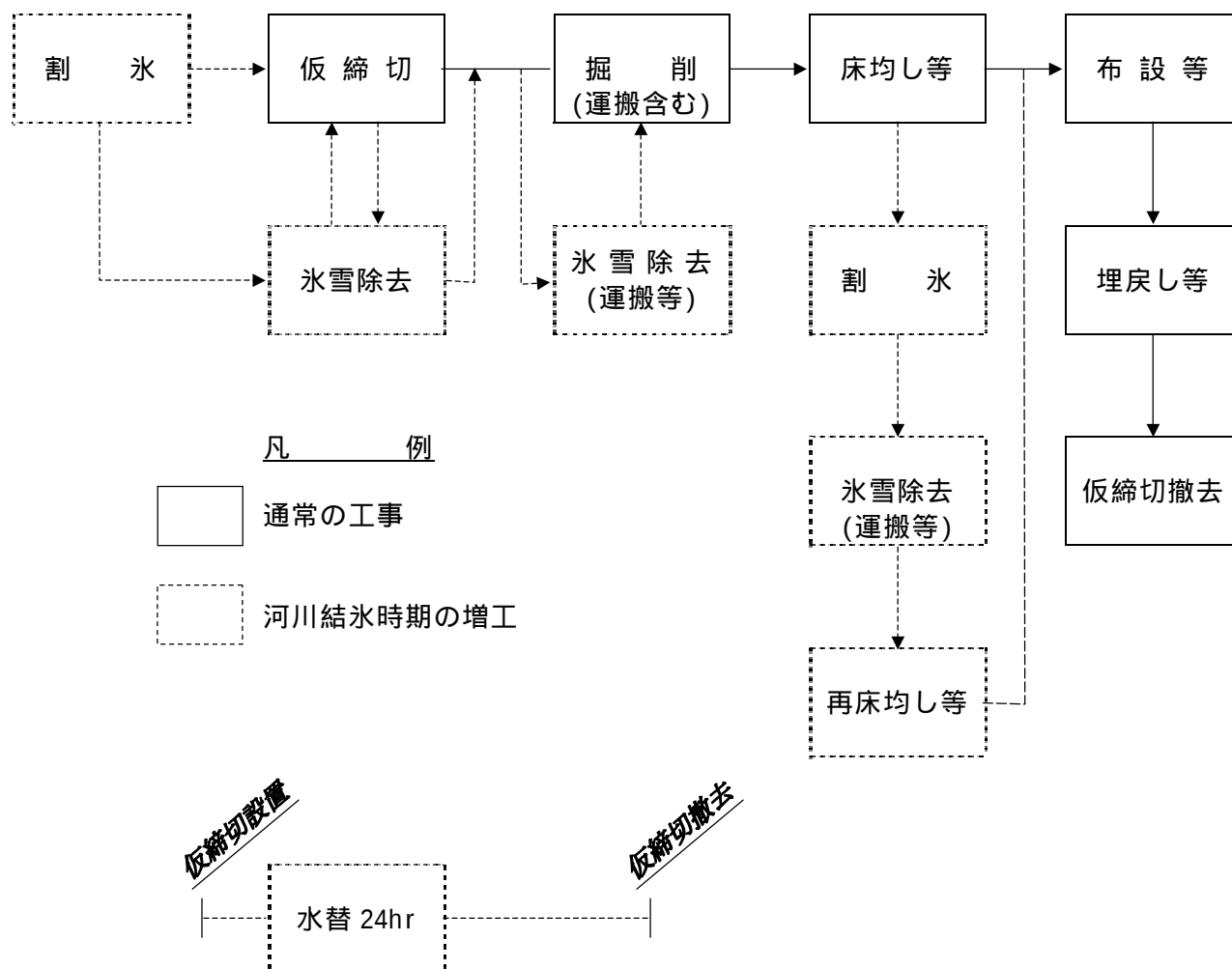
河 川 幅	日最低気温が - 5 以下連続する日数
小 規 模	3 ～ 4 日程度
中 規 模	1 週間程度
大 規 模	2 週間程度

11. 施工計画

結氷を生ずる可能性のある河川の工事においては、十分な施工計画を立て結氷対策を確実なものとする。

結氷を生ずる河川の工事は、夏期と冬期で図 - 16 に示すような施工上の違いがある。この施工順序モデルを参考として、それぞれの工事現場に適した施工計画を立てることにより、割氷の回数、規模、重機の選定などを行うものとする。

仮締切内の作業



仮締切外の作業

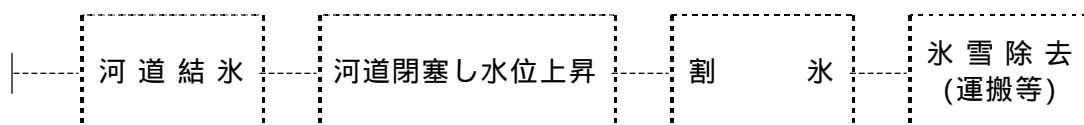


図 - 16 施 工 順 序 フ ロ ー

施工計画は図 - 17 に示すフローを参考とすることができる。

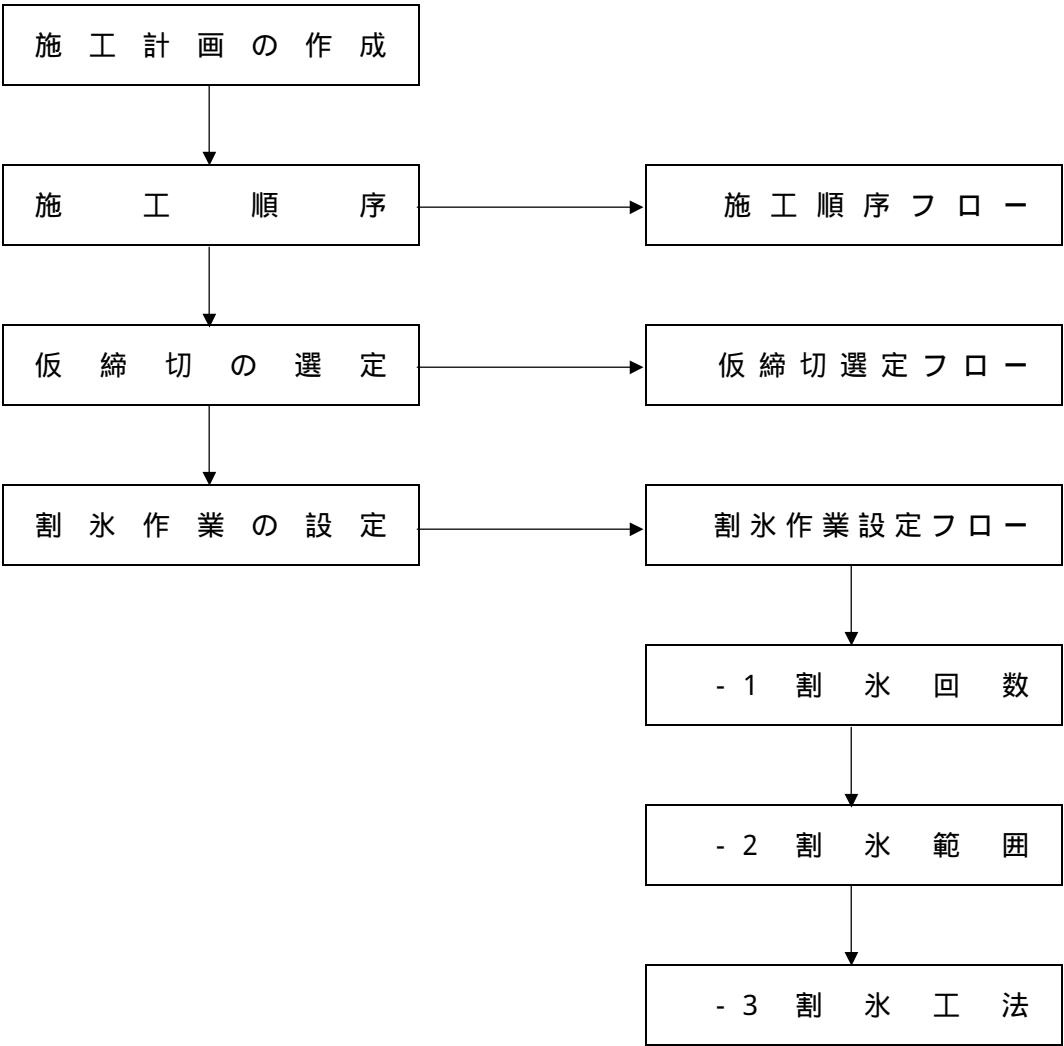


図 - 17 施工計画作成フロー

12．現場における工事中の調査

冬期の河川工事においては、工事中に次の項目について調査を行い、当指針に資するデータの蓄積を行うものとする。

気 温 、 水 温	水 深
氷 厚	結氷、解氷時期
割 氷 回 数	割 氷 範 囲

調査は冬期の工事中に実施し、その収積は今後の施工やより良い指針の作成に役立てることができる。

13．材 料

冬期の工事に用いる材料は低温の影響に耐え、当初の性能を充分維持できるものとする。

仮設材料に選定においては、施工中本体構造物を低温や氷、雪の影響から充分保護できる性能を有する材料であることに留意しなければならない。

14．作業機械

結氷河川工事で使用する作業機械については、充分な整備は勿論のことであるが、厳寒時の作業状況を配慮した使用方法を取るものとする。

厳寒期に使用される機械類の整備および使用法は、他の季節に使用される場合とは異なったものとなる。

例えば、重機類は駆動前にエンジンの充分なウォームアップが必要であるしアームの上げ降しも予備動作を必要とする。エンジン、油圧ポンプ類、トランスミッション等総ての機械が駆動に適した状態になったことを確認した上で作業に移ることが望ましい。

以上の機械作業上の注意事項および低温用の油類を使用することは、安全性を確保するとともに、機械の寿命を延ばす効果も大きい。

15．安全対策

結氷河川の工事にあたっては、十分な安全対策を講じるとともに、作業員各自の安全に対する意識の啓蒙を図るものとする。

災害を未然に防止し、被害を最小限にとどめるためには組織的な安全管理策を講じるとともに、作業員各自の安全に対する意識の向上が必要である。特に冬期の施工においては不用意に氷板の上に乗ることにより氷が割れて河川へ転落したり、吹雪時に見透しがきかないことによる車両および作業員の転落事故、休憩施設の火災等、冬期であるがゆえの事故が発生する。従って、充分安全に配慮するよう心掛けなければならない。