

耐寒剤運用マニュアル（案）

平成17年3月

通年施工推進協議会

目次

1 はじめに.....	1
2 耐寒剤とは.....	2
3 耐寒剤に関する調査・研究の経緯.....	3
4 耐寒剤の種類.....	4
5 耐寒剤の特徴.....	5
6 耐寒剤の成分.....	6
7 耐寒剤の使用条件.....	7
8 寒中コンクリート施工における耐寒剤の選定フロー.....	8
9 耐寒剤の設計・施工.....	10
9.1 耐寒剤の設計・施工に関する指針類.....	10
9.2 耐寒剤の設計・施工に関する指針類の規定内容(主要項目抜粋).....	11
9.3 耐寒剤の使用にあたっての留意点.....	12
9.4 耐寒剤の積算.....	13
10 耐寒剤の適用時期.....	17
10.1 北海道、東北、北陸における10月～4月の旬別気温.....	17
10.2 耐寒剤の適用時期.....	20
11 気象資料の入手.....	24
11.1 気象観測データの種類.....	24
11.2 気象資料の入手方法.....	25
12 耐寒剤の使用事例.....	30
12.1 耐寒剤の使用事例 - 1.....	30
12.2 耐寒剤の使用事例 - 2.....	35
12.3 耐寒剤活用効果.....	36
13 参考資料.....	37

1 はじめに

積雪寒冷地の冬期コンクリート工事では、コンクリート打ち込み後初期材齢において寒気にさらされ、凍結するとコンクリートは初期凍害を受け、その後適当な温度で養生しても強度、耐久性、水密性など、コンクリートの品質が著しく低下する。

そこで、「コンクリート標準示方書(土木学会)」では、“日平均気温が4℃以下になること予想されるときは、寒中コンクリートとしての施工を行わなければならない”と定めている。また、「建築工事標準仕様書 JASS5 鉄筋コンクリート工事(日本建築学会)」では寒中コンクリートを“コンクリート打ち込み後の養生期間にコンクリートが凍結するおそれのある場合に施工されるコンクリート”と定義し、コンクリート打ち込み後、材齢 28 日までの積算温度 M が $370^{\circ}\text{C}\cdot\text{D}$ (平均外気温 3.2°C) 以下の期間としている。

寒中コンクリートの施工方法として、一般的には雪寒仮囲いおよびヒーターによる加熱養生が行われているが、現場条件が急傾斜、狭隘、強風など仮囲いの設置が困難な場合、混和材料に「耐寒剤」を用いることで、簡易なシート養生とすることができる。

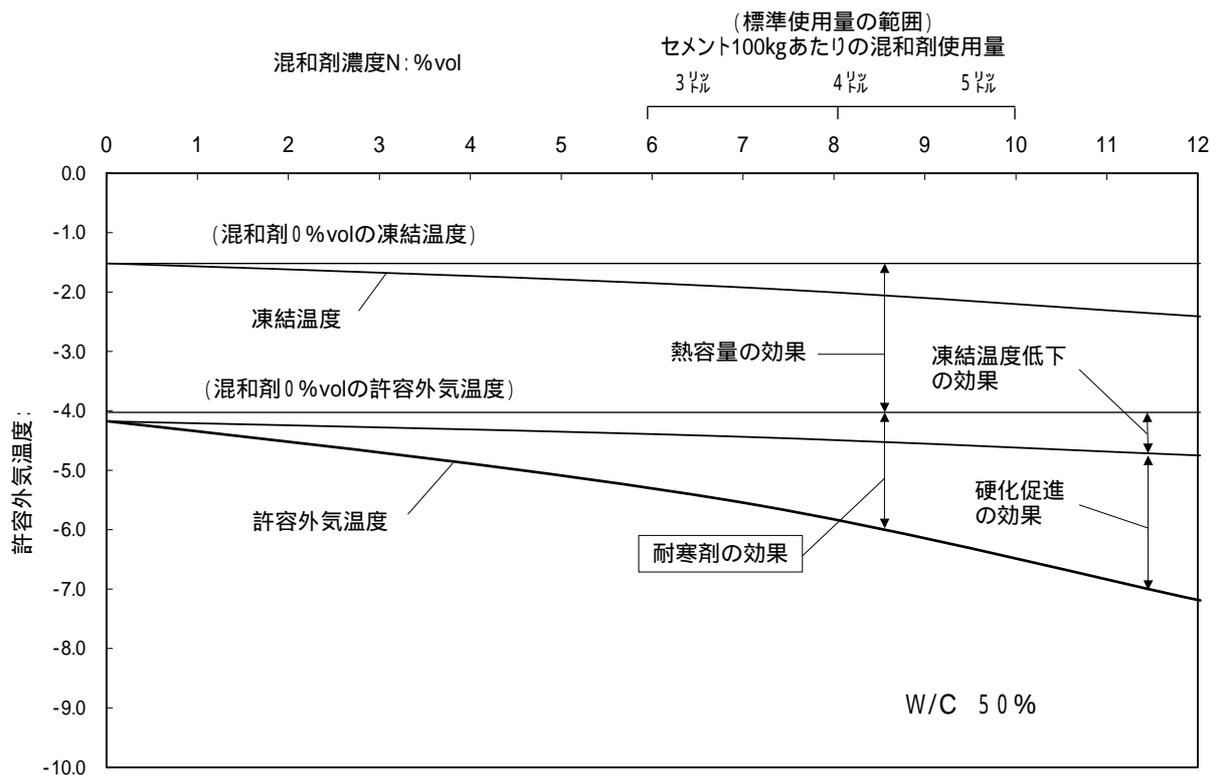
本マニュアルは、通年施工推進協議会のこれまでの調査結果および既存資料をもとに、積雪寒冷地の冬期コンクリート工事において耐寒剤を使用する際の基本情報を整理し、耐寒剤の適切な使用を促すことを目的としている。

2 耐寒剤とは

耐寒剤は、セメントの水和反応を促進し、厳冬期におけるコンクリート打設後の初期凍害を防止する目的で開発された混和剤であり、コンクリート中の水分の凍結温度を低下させることから、従来より“防凍剤”といわれていた系統に属する。この混和剤による初期凍害防止の効果は、凍結点効果によるものだけでなく、コンクリートの硬化促進による部分が重要であることから“耐寒促進剤”とも呼ばれている。

本マニュアルでは、通年施工推進協議会ですでに運用している「耐寒剤を用いる寒中コンクリート施工指針」(平成4年5月作成、平成11年3月改訂)との整合を図り、コンクリートの凍結温度を下げ、初期強度を促進させる機能を有する混和剤を“耐寒剤”と呼ぶ。

図1は、耐寒剤による初期凍害防止に加えて、耐寒剤の効果としての混和剤の濃度に比例した「凍結温度の低下による効果」と「硬化促進による効果」の合計として許容外気温が決まることを示している。



出典:「寒中コンクリート施工指針・同解説」(社)日本建築学会

図1 耐寒剤の効果の概念

3 耐寒剤に関する調査・研究の経緯

北海道においては1950年代から耐寒剤が活用されていた模様である。しかし、当時の耐寒剤はアルカリ性もしくは弱酸性を有するものであったことから、長期強度や耐久性の低下、鉄筋の腐食などの弊害が認められてきた。その後、1980年代に入ると、無塩化の製品が開発されたもののアルカリ量が多く、アルカリ骨材反応の危険性が増すこととなったため、無アルカリの製品が開発された。

耐寒剤に関する各種の研究は、主に北海道開発土木研究所、北海道大学、北見工業大学などで進められ、その成果は日本建築学会「寒中コンクリート施工指針・同解説（日本建築学会）」や、「寒冷期におけるコンクリート工事の新技术ガイド（北海道立寒地住宅都市研究所）」などに反映されている。

表 1 北海道における耐寒剤に関する研究

研究機関	主な研究テーマ
北海道開発土木研究所	耐寒剤を用いたコンクリートの性状について(1982～1990) *「耐寒剤を用いる寒中コンクリート施工指針(案)」作成(1994)
北海道大学	耐寒促進剤によるコンクリートの性状(1994～1997)
北見工業大学	耐寒剤使用コンクリートの強度発現と耐凍害性(1987～1989) 耐寒剤を使用した寒中コンクリートの試験施工(1990～1996) 耐寒剤使用コンクリートの積算温度と圧縮強度の関係(1993～1994) 耐寒剤使用コンクリートの積算温度適用性(1995～1996) 耐寒剤使用コンクリートの強度特性(1996～1997) 硬化促進剤を用いたコンクリートの初期性状(2001～2002)

資料:「北海道におけるコンクリートの歴史研究委員会報告書(原案)」(社)日本コンクリート工学協会北海道支部

また、通年施工推進協議会では、平成4年5月に「耐寒剤を用いる寒中コンクリート施工指針」を作成後、平成11年3月には国際単位系への移行に伴う改訂を行っている。

さらに、平成11年度以降は耐寒剤に関する以下の調査を行ってきた。

表 2 通年施工推進協議会での耐寒剤に関する調査（平成11年度以降）

年度	調査
平成11年度	耐寒剤に関する文献整理、耐寒剤の屋外試験
平成12年度	耐寒剤の適用条件の整理
平成13年度	耐寒剤の使用実態調査
平成14年度	耐寒剤の使用条件に関する調査

4 耐寒剤の種類

耐寒剤は、その構成成分により、「タイプ 」と「タイプ 」の2つのタイプに分類されている。

「タイプ 」は、耐寒促進成分にあらかじめ AE・減水成分が付加されている。

これに対し「タイプ 」は、耐寒促進成分のみで、一般には、AE 減水剤または高性能 AE 減水剤と併用して使用される。

表 3 耐寒剤の種類

種 類	成分内容	備 考
タイプ	耐寒促進成分 + AE・減水成分	・この混和剤単独で化学混和剤(JIS A 6240)のAE減水剤促進形の性能を満足し、さらに低温性能が優れている。 ・添加方法としては、プラント添加とする。
タイプ	耐寒促進成分	・一般には、AE 減水剤または高性能 AE 減水剤と併用する。 ・併用する混和剤との相性のチェックが必要。 ・添加方法としては、プラント添加、現場添加の両方が可能。 (ただし、現場添加の際には、耐寒剤自体も単位水量の一部として換算しておく必要がある。)

通年施工推進協議会が平成 13 年度に北海道、東北、北陸を対象に実施した「耐寒剤の使用実態調査」で使用が確認された耐寒剤は、表 4 のとおりである。

表 4 工事で使用されている耐寒剤の具体例

種 類	商 品 名	メーカー名 (取扱い会社名)	使用件数 (件)
タイプ	ノンフリーズ	(株)ポゾリス物産	29
	ヤマソーウィン	山宗化学(株)	20
	フローリック AFP	(株)サンフローパリック	6
	ポーラセット EX	グレースケミカルズ(株)	1
タイプ	ヤマソーウィン S	山宗化学(株)	8
	ポステック99	(株)ポゾリス物産	2
	マノール防凍剤	(株)マノール	2
	マノール防凍剤 SS	(株)マノール	2
	マノール防凍剤 NAC	(株)マノール	1
	ベルワン P	(株)ヒサモト産業	1

注:「耐寒剤の使用実態調査」平成 13 年度、通年施工推進協議会調べ

5 耐寒剤の特徴

耐寒剤を用いたコンクリートは、以下に示す特徴をもつ。

- (1)コンクリート中の水分が、- 3 程度まで凍結しなくなる。
- (2)低温環境下においても、大幅な凝結遅延を起こすことなく硬化がすすむ。
- (3)早強セメント並の早強性を示す。
- (4)凍結温度以下でもかなりの量の水分が未凍結のまま残るため、一般のコンクリートに比べて凍結状態での強度発現性状に優れる。

出典：「寒冷期におけるコンクリート工書の新技术ガイド」(財)北海道建築指導センター

また、「耐寒剤の使用実態調査(平成13年度、通年施工推進協議会調べ)」では、耐寒剤を用いたコンクリート工事の特徴として、表5のものがあげられた。

表 5 耐寒剤を用いたコンクリート工事の特徴

	項目	特徴	備考
長所	工程短縮	簡易な養生で可能	仮囲いおよび給熱養生が不要となることから、養生は簡易なシート養生のみで、工程の短縮が図られる。
	作業性	狭隘な場所	仮囲いおよび給熱養生の施設スペースが不要となり、狭隘な場所での施工がしやすい。
	安全性	火気管理のできない箇所	火気の使用がないため安全。また、仮囲いの設置・撤去作業もなく安全。
	品質確保	面積の広い箇所、薄い部材での品質確保	面積の広い構造物や薄い部材でも初期凍害防止や強度確保が容易で、品質確保に効果がある。
短所	品質確保	気温予測が難しい、クラック発生に注意	耐寒剤の使用量はコンクリートの硬化までの最低気温によって決定するが、気温の予測が難しい。温度管理でコンクリート内部温度が高くなると、クラックの発生が心配される。
	作業効率	ねばりが出る	コンクリートのねばりが強くなり、圧送しにくくなったり、表面処理に手間がかかったりしやすい。
	経済性	価格が高い	他の混和剤に比べその使用量が多く、比較的高価な混和剤であるため、コンクリートの単価増となる。

6 耐寒剤の成分

現在市販されている主な無塩化・無アルカリ型の耐寒剤*は、いずれも亜硝酸カルシウムや硝酸カルシウムの単独あるいは混合したものが主成分である。

タイプ の減水成分としては、メラミンスルホン酸、ポリグリコールエステル誘導体が主成分となっている。

タイプ は、JIS A 6204 の規格に適合する他の混和剤と併用することが一般的であるが、主成分である硝酸カルシウム・亜硝酸カルシウムと併用してシアンガスを発生するおそれがあるロダン（チオシアン酸）塩を主成分とする AE 減水剤促進形との併用については、禁じており、併用する混和剤との相性の確認が必要となる。

* “無塩化・無アルカリ型の耐寒剤” について、「耐寒促進剤の品質標準」では、以下のとおり規定している。（寒中コンクリート施工指針・同解説：P.179～181、（社）日本建築学会、平成10年2月（第4版））

i)塩化物イオン量は、JISA6204 附属書 3 によって試験を行い、0.02 kg / m³以下

ii)全アルカリ量は、JISA6204 附属書 4 によって試験を行い、0.30 kg / m³以下の成分規定を満足する耐寒促進剤は、無塩化・無アルカリ型を標榜することができる。

表 6 には、「耐寒剤の使用実態調査（平成 13 年度、通年施工推進協議会調べ）」において使用が確認された耐寒剤の主成分を示す。

表 6 耐寒剤の主成分（例）

種類	商品名	主成分	比重 (20)	アルカリ量 (%)	塩化物 (%)	外観	凍結温度 ()
タイプ	ノンフリーズ	ポリグリコールエステル誘導体 無機質窒素化合物	1.38 ～1.42	0.2	0.01 以下	液体 淡褐色	- 29
	ヤマソーウイン	含窒素化合物 特殊界面活性剤	1.30 ～1.34	0.01	0.01	液体 淡赤褐色	- 25
	フローリック AFP	亜硝酸化合物 多価アルコール類	1.27 ～1.30	0.1	0.02	液体 淡黄色	- 25 以下
	ポーラセット EX	窒素系無機化合物 スルホン酸系化合物	1.35 ±0.05	0.08	0.01	液体 褐色	約 - 25
タイプ	ヤマソーウイン S	含窒素化合物	1.40 ～1.44	0.1	0.01	液体 淡黄色	- 25
	ポズテック 99	無機質窒素化合物	1.42 ～1.44	0.03	0.001 以下	液体 淡褐色	- 30
	マノール防凍剤	塩化カルシウム	1.22	-	-	液体 淡赤色	- 20 程度
	マノール防凍剤 SS (防食・錆抑制型)	亜硝酸ナトリウム	1.21	12	0	液体 淡黄色	- 20 程度
	マノール防凍剤 NAC	亜硝酸カルシウム	1.30 ～1.32	0	0	液体 淡黄色	- 20 程度
	ベルワン P	硫酸カルシウム	1.09	-	0.0074	粉体 白色	-

注：メーカーカタログ、技術資料等より

7 耐寒剤の使用条件

寒中コンクリートの施工にあたって、一般的には雪寒仮囲いおよびヒーターによる加熱養生が行われている。一方、現場条件が急傾斜、狭隘、強風など仮囲いの設置が困難な場合、混和材料に「耐寒剤」を用いることで、簡易なシート養生とすることができる。

以下には、「耐寒剤の使用条件に関する調査（平成 14 年度、通年施工推進協議会）」結果より、耐寒剤使用が適する条件および具体的適用例を整理したものである。

耐寒剤使用が適する条件および具体的適用例

「耐寒剤の使用条件に関する調査（平成 14 年度、通年施工推進協議会）」より

(1) 早期供用が求められる構造物である場合

耐寒剤の活用によって養生期間が短縮され施設の早期供用が可能となる。

[適用例] ・ 災害復旧工事

(2) 仮囲いの設置、打設後の品質管理が困難あるいは危険な場合

強風や波浪の影響を受けるような施工場所、急傾斜地においては、仮囲いの設置が困難である。また給熱養生における温度管理など、安全性にも問題が多い。耐寒剤の活用により、この仮囲い設置、給熱養生が不要となる。

[適用例] ・ 防波堤、護岸、係留施設等の構造物

- ・ 法枠の現場吹き付けコンクリート
- ・ 橋梁の床版、道路舗装・仮囲い設置空間の取れない狭隘現場

(3) 耐寒剤を用いた方が経済的に有利な構造物である場合

構造物の形状により、特別な仮設が必要となる場合や、小規模な構造物などは、耐寒剤を活用した方が経済的なことがある。

[適用例] ・ 橋梁の床版、道路舗装・基礎コンクリート、間詰コンクリート

- ・ 小規模な擁壁、小型構造物

(4) 外部への影響を極力少なくする必要がある場合

雪寒仮囲いにより養生を行おうとすると、現道に影響を与えて交通に支障をきたす場合や、近隣の住民に危険を及ぼす場合がある。

[適用例] ・ 供用中の道路近傍の構造物

- ・ 民家近傍で、火気を使用した給熱養生では危険な場合

8 寒中コンクリート施工における耐寒剤の選定フロー

寒中コンクリート施工において、従来の雪寒仮囲いとするか、耐寒剤を使用するかを選定に際しては、以下のフローに従って判断するものとする。

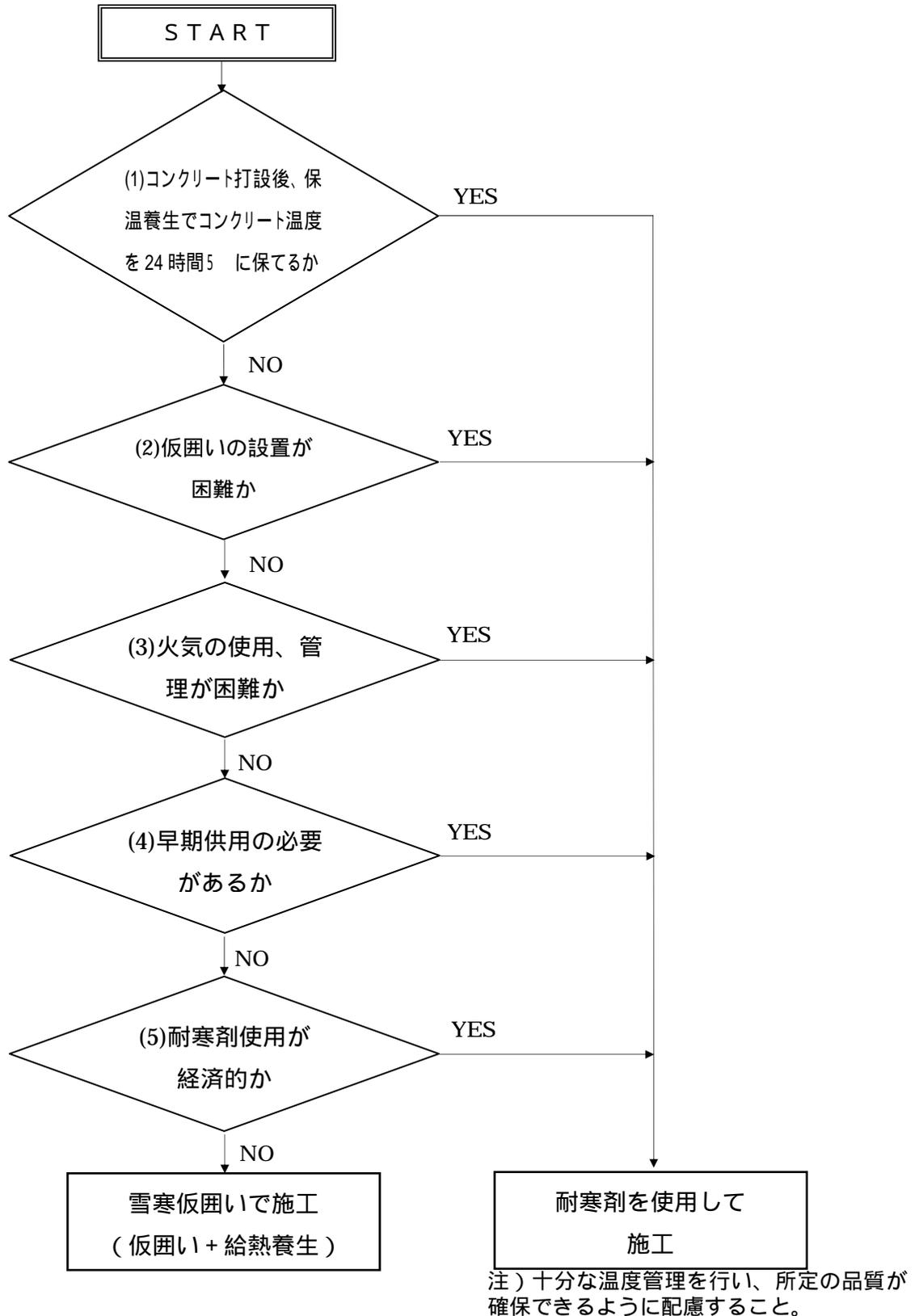


図 2 寒中コンクリート施工における耐寒剤の選定フロー

寒中コンクリート施工における耐寒剤の選定フローの解説

- (1) コンクリート打設後、保温養生でコンクリート温度を 24 時間 5℃ に保てるか
耐寒剤を用いたコンクリートが硬化する前に凍結すると強度発現および耐凍害性に悪影響を及ぼすおそれがあるので、打設後、シート養生を用いた保温養生でコンクリート温度を 24 時間 5℃ 以上に保てない場合は耐寒剤を使用せず、仮囲いおよび給熱養生にて施工する。
- (2) 仮囲いの設置が困難か
急傾斜地、強風・波浪の影響、狭隘、構造物形状などにより、仮囲いの設置が困難な場合、または仮囲いを設置により交通障害などの問題が生じる場合は、耐寒剤を使用する。
(耐寒剤の使用の場合は、仮囲いが不要となるため)
- (3) 火気の使用、管理が困難か
民家や可燃物貯蔵施設近傍など、給熱養生のための火気使用が困難な場合、また温度管理、燃料補給などの維持・管理が困難な場合は、耐寒剤を使用する。
(耐寒剤の使用の場合は、給熱養生が不要となるため)
- (4) 早期供用の必要があるか
災害復旧工事など、早期供用の必要がある場合は、耐寒剤を使用する。
(耐寒剤の使用の場合は仮囲い設置、撤去工程を省くことができ、また早期に必要な強度を得ることができるため)
- (5) 耐寒剤使用が経済的か
経済比較により、耐寒剤使用の方が経済的な場合は、耐寒剤を使用する。
(仮囲い+給熱養生費用と耐寒剤費用とのコスト比較によりどちらが経済的か判断する)

9 耐寒剤の設計・施工

9.1 耐寒剤の設計・施工に関する指針類

耐寒剤を用いた寒中コンクリートの設計および施工にあたっては、表 7 に示す指針類によるものとする。

表 7 耐寒剤を用いた寒中コンクリートの設計・施工に関する指針類

	名称	作成・発行者	作成・発行年
1)	耐寒剤を用いる寒中コンクリート 施工指針	通年施工推進協議会	平成 11 年 3 月 (改訂版)
2)	コンクリート標準示方書[施工編] - 耐久性照査型 -	(社)土木学会	平成 12 年 3 月 (改訂版)
3)	建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事	(社)日本建築学会	平成 15 年版
4)	寒中コンクリート施工指針・同解説	(社)日本建築学会	平成 10 年 2 月 (第 4 版)
5)	寒冷期におけるコンクリート工事の 新技術ガイド	編集:北海道立寒地住宅都市研究所 発行:(財)北海道建築指導センター	平成 12 年 3 月
6)	耐寒剤を用いたコンクリート構造物 に係る運用について(関係通達等-3)	北海道開発局港湾建設課	平成 10 年 10 月
7)	耐寒剤を用いる寒中コンクリート の運用(案)	北海道建設部建設管理室技術管理課	平成 14 年

注：平成 16 年 3 月現在

9.2 耐寒剤の設計・施工に関する指針類の規定内容（主要項目抜粋）

表7の指針類においては、材料、配合、打ち込み、養生、管理などに関する規定およびその解説がなされており、実際の設計、施工の際にはこれらに従って行うことが求められる。

各指針類の規定内容は概ね共通しているが、記述内容に若干の相違があるものや一部のみの規定となっているものもある。

以下では、上記の指針類に基づき、耐寒剤の設計・施工における主要な項目についての規定内容を一部抜粋整理した。また、各規定内容は、上記のどれによるものであるかについて資料番号（表7に対応）を付した。

個別規定内容および詳細な解説については、各基準類を参照していただきたい。

1) 材料

- ・耐寒剤は、無塩化、無アルカリタイプとする。^{1) 6) 7)}
- ・セメントは、普通ポルトランドセメント使用を標準とする。^{1) 5) 6) 7)}

2) 配合

- ・最大水セメント比は、50%とする。^{6) 7)}
- ・空気量は、4～7%を標準とする。^{1) 6) 7)}
- ・耐寒剤の添加量は、セメント 100kg 当たり4リットルを標準とするが、耐寒剤の種類、コンクリートの配合、外気温等の状況により別途定めることが出来る。^{6) 7)}

3) 打ち込み

- ・打ち込み時のコンクリート温度は、5～17 とする。¹⁾

注：原則として寒中コンクリートの打ち込み時のコンクリート温度は5～20^{2) 3) 4)}であるが、打ち込み時のコンクリート温度が高いと温度応力によるひび割れが発生しやすいため、“1)指針”では上記温度としている。

4) 養生

- ・養生はシート養生とする。^{1) 6) 7)}
- ・日最低気温が-10 以下になる時期を含む場合は、保温シートとブルーシートを併用する。^{6) 7)}

- ・コンクリート温度は、打ち込み後 24 時間まで 5 以上に保つ。^{1) 6) 7)}
- ・シート養生は、コンクリートの強度が次表の値を満足し、かつ、打ち込み後最低 3 日間以上行う。⁷⁾
- ・養生終了後、コンクリート温度を急激に低下させない。^{2) 3) 4) 5) 6) 7)}

表 8 養生終了時の所要圧縮強度^{2) 6) 7)}

構造物の露出状態	断面		
	薄い場合	普通の場合	厚い場合
連続して、あるいはしばしば水で飽和される場合	15 N/mm ²	12 N/mm ²	10 N/mm ²
普通の露出状態にあり、上に属さない場合	5 N/mm ²	5 N/mm ²	5 N/mm ²

5) 型枠

- ・型枠は、保温性の良いものを用いるのを原則とする。ただし、型枠の取り外し時期のコンクリート強度は次表の値を参考としてよい。また、型枠の取り外し後、コンクリート温度を急激に低下させないこと。^{1) 2) 5) 7)}

表 9 型枠の取り外し時期のコンクリート強度 (N/mm²)

部材面の種類	例	圧縮強度
スラブ及びはり、45°より緩い傾きの下面	スラブ、はりの底面、アーチの内側	14
上記以外	柱、壁、はりの側面、フーチングの側面	5

6) 管理

- ・養生期間中は、コンクリートの温度、保温された空間の温度および気温を測定、記録する。^{1) 3)}
- ・温度の測定、記録は自記記録計による。^{3) 4)}

9.3 耐寒剤の使用にあたっての留意点

- ・耐寒剤の採用および品質管理の方法については、発注者・受注者間で協議の上、採用することが望ましい。
- ・特に、前述の指針類に従って施工を行って、所定の品質が得られなかった場合の対処方法を事前に定めることが望ましい。

9.4 耐寒剤の積算

耐寒剤の積算上、参考となる資料を以下に整理した。

1) 耐寒剤使用生コンクリート単価

現場練りコンクリートの場合は、現場添加分の耐寒剤費用を加算する必要がある。また、耐寒剤をプラント添加とした生コンクリートを使用する場合、その単価は物価資料に掲載されていないため、調査機関への特別調査を依頼するか、または直接見積もりを徴収し、査定の上採用する必要がある。

以下には、北海道建設部で作成した見積もり書式の例を示す。

	第 号		
	平成 年 月 日		
株式会社	土木現業所 出張所長		
生コンクリート 様			
見積書の提出依頼について			
このことについて、事業執行上の参考資料といたしたく、下記により当該資料についての見積価格（別紙及びその他必要資料）を提出されますようお願い申し上げます。			
記			
品 名	生コンクリート（耐寒剤使用）	単位	m ³
納品、位置、及び期間	荷渡し条件：現場渡し（現場着価） 納品位置：別途位置図 納品期間：平成 年 月 日から 平成 年 月 日		
品質・規格	荷下し地点までの品質・規格は JISA5308 規定を準用する。 構造物： セメントの種類：普通ポルトランドセメント 設計基準強度： N/mm ² 粗骨材の最大寸法： mm スランプ： cm 空気量： % 最大水セメント比： 50 % 最小単位セメント量： kg/m ³ （必要に応じ） 予想される最低気温： 耐寒剤仕様：無アルカリ、無塩化タイプ 耐寒剤量： リットル/セメント 100kg その他：冬期材料加熱費等を含む		
見積有効条件	平成 年 月 日 から 平成 年 月 日		
支払い条件	現金		
取引数量	m ³ （現場使用数量）		
提出期限	平成 年 月 日		
問い合わせ及び提出先	（担当者）		
	土木現業所 係 技師	出張所	
	電話	-	-
	F A X	-	-

2) シート囲い費用

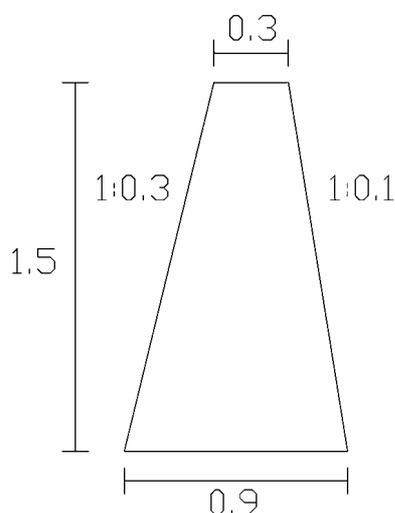
寒中コンクリート施工において、耐寒剤を使用する場合は、通常の雪寒仮囲いおよび給熱養生は不要となるが、別途シート囲いが必要となる。

このシート囲いについて、設置・撤去費用（シート損料および雑材料費、作業員費用等）を計上する必要がある。

北海道開発局港湾建設課、および北海道建設部ではそれぞれ独自にこのシート囲いの費用を積算し、計上している。

3) 耐寒剤費用の試算例

夏期、冬期の防寒養生、及び耐寒剤を使用した場合のコンクリート工事費の比較を行う。



左記、小型構造物（擁壁）を 50m 築造した場合
（土工、基礎工は省略）

コンクリート	0.9m ³ /m	0.9 × 50	= 45 m ³
型枠	3.08m ² /m	3.08 × 50 + 0.9 × 6	= 159.4m ²
目地材	0.9m ³ /m	0.9 × 4	= 3.6 m ³

図 3 小型構造物（擁壁）

表 10 コンクリート仕様

	設計基準強度	スラフ°	最大骨材寸法	空気量	水セメント比	セメント種類
夏期	18N/mm ²	5cm	40mm	4.5%	55%	高炉
冬期 防寒	18N/mm ²	5cm	40mm	4.5%	55%	高炉
冬期耐寒剤	18N/mm ²	5cm	40mm	4.5%	50%	普通ポルト

- 1 耐寒剤使用の場合は、水セメント比 50% 以下、普通ポルトランドセメント 275kg/m³。
- 2 耐寒剤使用量は、標準で 4 /100kg（セメント量）× 275kg となり、11 となる。
- 3 耐寒剤の単位はおおよそ、500 円/、11 使いで 5,500 円となる。
- 4 外気温により、耐寒剤使用量は 3~5 /100kg（セメント量）の範囲で調整可能。
（例 最低気温が 5 より、暖かい場合は 3 /100 kg（セメント量）も可能。）

直接工事費での比較

夏期	1,552 千円	—————>	m 当たり	31 千円	
冬期 防寒	1,878 千円	—————>	m 当たり	38 千円	夏期に比べ 23%UP
冬期耐寒剤	1,896 千円	—————>	m 当たり	38 千円	

単価

コンクリート	夏期	高炉 18-5-4055%	7,900 円/ m ³	材工	18,488 円/ m ³
	冬期	高炉 18-5-4055%	8,550 円/ m ³	材工	19,548 円/ m ³
	冬期	普通ポルト 18-5-4050%	9,200 円/ m ³	材工	20,237 円/ m ³
耐寒剤	5,577 円/ m ³	型枠	4,505/ m ²	目地材	1,000 円/ m ³
防寒養生費 (コンクリート量)	6,212 円/ m ³	耐寒剤養生 (型枠面積)	97 円/ m ²		

【結論】

- ・上記、小型構造物においては冬期防寒を行った場合と耐寒剤を使用した場合の差はほとんどない。(耐寒剤の使用量によっては、経済的となる。)
- ・小型構造物以外では、別途、防寒囲いを計上するため、冬期においては割高となり、囲い面積が多いほど、また部材が薄いほど耐寒剤の方が経済的になる場合がある。
- ・現場条件、施工状況によって施工管理 (特に囲いや温度管理) が難しい場合は、耐寒剤の使用は有効な手段となり、工程短縮やコスト縮減が図られる。

4) 耐寒剤を用いた寒中コンクリートの特記仕様書の例

1.適用

本工事における耐寒剤を用いた寒中コンクリートについて示すものである。従って、現場条件によりこれによりがたい場合は、工事監督員の承諾を得なければならない。

下記事項以外については「耐寒剤を用いる寒中コンクリート施工指針」、「北海道建設部土木工事共通仕様書」、「コンクリート標準示方書」を遵守することとする。

2.材料

- ・セメントは、普通ポルトランドセメントとする。
- ・耐寒剤は無塩化、無アルカリタイプとする。

3.配合

表 11 配合

構造物	設計基準強度 N/mm ²	粗骨材の最大寸法 mm	スランプ cm	空気量 %	最大水セメント比 %	耐寒剤量 /セメント 100 kg	最小単位セメント量 kg/m ³
小型擁壁	18	40	5	4.5	50	4	

4.管理

- ・コンクリート温度は打ち込み後 24 時間まで 5 以上に保ち、その後急激に温度を低下させないこと。
- ・シート養生は下表の値を満足し、かつ、コンクリート打ち込み後 3 日間以上行うこと。
又、養生終了後、コンクリート温度を急激に低下させないこと。

表 12 養生終了時の所要圧縮強度

断面 構造物の露出状態	薄い場合	普通の場合	厚い場合
	連続して、あるいはしばしば水で飽和される場合	15 N/mm ²	12 N/mm ²
普通の露出状態にあり、上に属さない場合	5 N/mm ²	5 N/mm ²	5 N/mm ²

- ・型枠は保温性の良いものを用い、取り外し時期は下表の値を参考として良いが、その後コンクリート温度を急激に低下させないこと。

表 13 型枠の取り外し時期のコンクリート強度 (N/mm²)

部材面の種類	例	圧縮強度
スラブ及びはり、45°より緩い傾きの下面	スラブ、はりの底面、アーチの内側	14
上記以外	柱、壁、はりの側面、フーチングの側面	5

10 耐寒剤の適用時期

10.1 北海道、東北、北陸における10月～4月の旬別気温

耐寒剤の適用時期は寒中コンクリートの期間となり、耐寒剤適用の有無および使用量の判断においては、コンクリート打設・養生時期の気温の予測が重要となる。

そこで表14～16には、気温予測の手がかりとなる北海道、東北、北陸の気象官署毎の気温（平均気温および最低気温）の旬別平均値を整理した。

なお、旬別平均値とは1ヶ月を上旬（1日～10日）中旬（11日～20日）下旬（21日～月末）の3期に分け、1970年～2000年の30年間の平均を算出した値である。

表14 10月～4月の旬別平均気温、最低気温（北海道・東北・北陸）

（単位：℃）

道・県	地点名	区分	10月			11月			12月			1月			2月			3月			4月		
			1～10日	11～20日	21～31日	1～10日	11～20日	28日	1～10日	11～20日	21～31日	1～10日	11～20日	21～31日									
北海道	稚内	平均	13.1	11.1	8.5	5.7	2.9	1.3	-0.5	-2.5	-2.9	-4.0	-4.8	-6.2	-5.6	-5.5	-4.1	-3.1	-1.4	0.3	2.8	4.1	5.8
		最低	10.1	8.1	5.6	2.8	0.3	-1.2	-2.7	-4.7	-5.0	-6.2	-6.8	-8.3	-8.0	-7.9	-6.7	-5.8	-3.8	-2.2	0.5	1.5	3.1
北海道	北見枝幸	平均	12.0	9.9	7.5	4.7	1.9	0.4	-1.5	-3.6	-4.0	-5.1	-6.0	-7.6	-7.0	-6.9	-5.5	-4.4	-2.5	-0.6	2.4	3.7	5.8
		最低	7.6	5.8	3.7	1.1	-1.2	-2.6	-4.3	-6.6	-6.9	-8.3	-9.3	-11.0	-10.8	-10.6	-9.2	-8.3	-5.9	-4.1	-0.9	0.5	2.2
北海道	羽幌	平均	12.7	10.9	8.6	6.1	3.6	2.0	0.1	-2.1	-2.8	-4.0	-4.8	-6.1	-5.8	-5.1	-3.9	-3.0	-1.0	0.7	3.5	5	7.3
		最低	8.1	6.5	4.6	2.3	0.4	-1.0	-2.8	-5.1	-6.3	-7.9	-8.7	-10.5	-10.6	-9.7	-8.5	-7.7	-5.1	-3.4	-0.2	1.1	3
北海道	雄武	平均	11.4	9.5	7.2	4.5	1.9	0.3	-1.5	-3.7	-4.3	-5.4	-6.4	-8.1	-7.7	-7.6	-6.0	-5.0	-2.8	-1.0	2.1	3.5	5.8
		最低	6.0	4.3	2.4	-0.1	-2.2	-3.8	-5.4	-8.2	-8.5	-10.0	-11.1	-13.1	-12.8	-13.0	-11.1	-10.3	-7.4	-5.5	-2	-0.8	1
北海道	留萌	平均	12.6	10.8	8.7	6.2	3.8	2.1	0.3	-1.8	-2.6	-3.8	-4.5	-5.8	-5.2	-4.6	-3.5	-2.6	-0.7	0.8	3.5	5.1	7.4
		最低	8.1	6.5	4.7	2.4	0.5	-0.9	-2.5	-4.7	-5.8	-7.2	-7.8	-9.4	-9.1	-8.5	-7.5	-6.5	-4.3	-2.9	0	1.2	3.4
北海道	旭川	平均	11.0	8.9	6.8	4.3	1.7	0.0	-2.1	-4.5	-5.5	-6.8	-7.5	-9.1	-8.1	-7.4	-5.9	-4.7	-2.4	-0.4	2.8	4.9	7.8
		最低	6.0	4.0	2.4	0.2	-1.7	-3.3	-5.5	-8.2	-9.8	-11.5	-12.1	-14.1	-13.4	-12.8	-11.3	-10.1	-7.3	-5.2	-1.9	0	2.3
北海道	網走	平均	12.4	10.5	8.3	5.6	3.0	1.3	-0.5	-2.9	-3.7	-4.7	-5.7	-7.2	-7.1	-6.9	-5.5	-4.6	-2.5	-0.6	2.3	3.8	6.1
		最低	8.4	6.4	4.4	1.7	-0.5	-2.0	-3.7	-6.3	-7.5	-8.6	-9.5	-11.1	-11.2	-11.1	-9.5	-8.6	-6.0	-4.1	-1.3	0.1	2
北海道	小樽	平均	13.5	11.4	9.2	6.9	4.2	2.4	0.7	-1.5	-1.8	-2.7	-3.3	-4.3	-3.7	-3.2	-2.2	-1.3	0.2	1.8	4.3	6.1	8.4
		最低	9.5	7.4	5.5	3.1	1.0	-0.6	-2.1	-4.1	-4.5	-5.5	-6.0	-7.1	-6.5	-6.1	-5.2	-4.4	-2.9	-1.4	0.9	2.3	4.2
北海道	札幌	平均	13.5	11.4	9.3	6.9	4.2	2.6	0.6	-1.6	-2.1	-3.3	-3.8	-4.9	-4.2	-3.7	-2.5	-1.6	0.0	1.7	4.5	6.5	8.9
		最低	8.9	6.9	5.0	2.7	0.7	-0.8	-2.6	-4.9	-5.5	-6.9	-7.4	-8.6	-7.8	-7.4	-6.3	-5.4	-3.5	-1.9	0.7	2.6	4.7
北海道	岩見沢	平均	12.4	10.4	8.2	5.7	3.0	1.4	-0.7	-3.1	-3.8	-4.9	-5.7	-6.9	-6.2	-5.5	-4.3	-3.2	-1.4	0.4	3.3	5.5	8.1
		最低	7.4	5.6	3.7	1.4	-0.5	-2.0	-4.2	-6.6	-7.7	-9.1	-9.7	-11.2	-10.7	-9.9	-8.9	-7.8	-5.5	-3.7	-0.9	0.8	3.1
北海道	帯広	平均	11.9	9.7	7.5	5.0	2.6	0.7	-1.5	-4.3	-5.2	-6.8	-7.4	-8.8	-8.2	-6.7	-5.1	-3.8	-1.5	0.4	3.3	5.2	7.7
		最低	6.6	4.3	2.3	-0.1	-1.9	-3.6	-6.2	-9.5	-10.7	-12.8	-13.4	-15.5	-15.1	-13.1	-11.2	-9.8	-6.6	-4.4	-1.6	0.1	2.2
北海道	釧路	平均	12.1	10.5	8.4	6.1	3.7	2.1	0.2	-2.3	-3.5	-4.7	-5.4	-6.8	-6.5	-5.6	-4.3	-3.3	-1.5	-0.1	2.1	3.4	5.1
		最低	7.2	5.2	3.2	0.8	-1.5	-2.7	-4.6	-7.4	-8.6	-10.2	-11.0	-12.7	-12.3	-11.1	-9.2	-8.1	-5.5	-3.8	-1.3	-0.1	1.6
北海道	根室	平均	12.9	11.4	9.3	7.2	4.7	3.1	1.3	-0.8	-1.8	-3.0	-3.8	-5.1	-5.2	-4.9	-3.9	-3.3	-1.7	-0.3	1.9	3.1	4.7
		最低	9.8	8.1	5.9	3.6	1.3	-0.2	-1.8	-4.1	-5.0	-6.3	-7.2	-8.6	-8.7	-8.4	-7.2	-6.7	-4.6	-3.1	-1.1	0.2	1.7
北海道	寿都	平均	13.9	11.8	9.8	7.5	4.9	3.1	1.4	-0.6	-0.9	-1.8	-2.5	-3.3	-2.8	-2.3	-1.5	-0.6	0.7	2.1	4.4	5.9	8
		最低	10.0	8.0	6.2	3.9	1.8	0.2	-1.3	-3.1	-3.5	-4.4	-4.9	-5.8	-5.2	-4.8	-4.1	-3.3	-1.8	-0.8	1.1	2.3	4.3

出典：「平均値（統計期間1971～2000年）CD-ROM」気象庁

表 15 10月～4月の旬別平均気温、最低気温（北海道・東北・北陸）2

（単位： ）

道・県	地点名	区分	10月			11月			12月			1月			2月			3月			4月		
			1～10日	11～20日	21～31日	1～10日	11～20日	21～28日	1～10日	11～20日	21～31日	1～10日	11～20日	21～30日									
北海道	室蘭	平均	14.5	12.6	10.5	8.1	5.6	3.9	2.1	0.1	-0.3	-1.4	-2.0	-3.0	-2.6	-2.2	-1.5	-0.7	0.5	1.9	4	5.3	7.2
		最低	11.4	9.6	7.6	5.0	2.9	1.3	-0.3	-2.2	-2.7	-3.7	-4.3	-5.2	-4.8	-4.3	-3.7	-3.0	-1.8	-0.5	1.4	2.6	4.3
北海道	苫小牧	平均	13.2	11.2	9.1	6.6	4.2	2.6	0.7	-1.5	-2.1	-3.3	-3.9	-5.0	-4.5	-3.7	-2.7	-1.8	-0.2	1.1	3.3	4.7	6.5
		最低	7.9	5.8	3.9	1.4	-0.4	-1.7	-3.6	-5.9	-6.4	-7.9	-8.5	-9.7	-9.4	-8.3	-7.1	-6.0	-4.1	-2.7	-0.6	0.9	2.8
北海道	浦河	平均	13.6	12.0	9.9	7.7	5.3	3.7	1.8	-0.2	-0.9	-2.0	-2.7	-3.6	-3.3	-2.7	-1.9	-1.2	0.1	1.4	3.4	4.6	6.5
		最低	9.6	7.8	6.0	3.6	1.7	0.2	-1.4	-3.5	-4.2	-5.4	-6.0	-7.0	-7.0	-6.1	-5.3	-4.7	-3.2	-1.9	0	1.2	2.9
北海道	江差	平均	15.2	13.3	11.2	9.0	6.7	4.9	3.1	1.2	0.8	-0.3	-1.0	-1.9	-1.4	-0.9	-0.1	0.8	2.1	3.6	5.8	7	8.9
		最低	11.3	9.6	7.6	5.5	3.5	1.9	0.3	-1.3	-1.9	-2.9	-3.6	-4.4	-3.9	-3.5	-2.9	-2.2	-0.9	0.6	2.6	3.6	5.5
北海道	森	平均	14.0	12.0	10.2	7.8	5.4	3.4	0.9	-1.1	-0.6	-2.0	-2.5	-3.6	-2.4	-1.7	-0.8	-0.4	1.0	2.6	4.5	6	8.4
		最低	9.7	7.2	5.5	3.1	1.3	-0.1	-2.5	-4.6	-3.9	-5.5	-6.2	-7.3	-6.3	-5.6	-4.5	-4.4	-2.7	-1.4	0.3	1.9	4.4
北海道	函館	平均	13.9	11.8	9.7	7.4	5.1	3.3	1.4	-0.7	-1.0	-2.2	-2.9	-3.7	-3.2	-2.5	-1.5	-0.7	0.9	2.5	5.1	6.6	8.8
		最低	8.9	6.7	4.8	2.4	0.9	-0.7	-2.3	-4.3	-4.7	-6.0	-6.8	-7.6	-7.3	-6.5	-5.5	-4.7	-3.1	-1.7	0.6	1.9	4.1
北海道	倶知安	平均	11.2	9.1	7.1	4.7	2.2	0.5	-1.5	-3.7	-4.2	-5.2	-5.9	-6.8	-6.4	-5.7	-4.5	-3.7	-2.0	-0.3	2.3	4.1	6.8
		最低	5.5	3.4	2.2	0.1	-1.6	-3.2	-5.1	-7.5	-8.5	-9.7	-10.4	-11.7	-11.5	-10.7	-9.6	-8.7	-6.7	-5.1	-2.5	-0.7	1.9
北海道	紋別	平均	12.1	10.1	7.9	5.3	2.6	1.0	-0.8	-3.0	-3.7	-4.7	-5.6	-7.3	-6.9	-6.8	-5.4	-4.3	-2.3	-0.4	2.5	4	6.3
		最低	7.6	5.6	3.8	1.2	-0.8	-2.4	-3.9	-6.4	-7.0	-8.5	-9.2	-11.1	-10.8	-11.0	-9.4	-8.3	-5.8	-4.1	-1.3	0.2	2.3
北海道	広尾	平均	12.5	10.8	8.7	6.8	4.4	2.6	0.8	-1.6	-2.8	-3.9	-4.6	-5.7	-5.5	-4.7	-3.6	-2.8	-1.0	0.4	3.2	4.6	6.7
		最低	8.1	5.8	3.9	1.6	-0.4	-2.1	-3.7	-6.5	-7.8	-9.1	-9.9	-11.3	-11.3	-10.1	-8.9	-7.9	-5.6	-4.0	-1.2	0.3	2
青森県	深浦	平均	15.2	13.5	11.4	9.6	7.4	5.5	3.9	2.1	1.6	0.4	-0.3	-1.1	-0.8	-0.3	0.5	1.2	2.5	4.1	6.6	8.1	10.2
		最低	11.6	9.7	7.9	6.0	4.1	2.4	1.1	-0.4	-1.0	-2.0	-2.7	-3.5	-3.0	-2.6	-2.1	-1.6	-0.5	0.7	2.8	4.2	6.1
青森県	青森	平均	14.7	12.7	10.5	8.6	6.3	4.5	2.8	0.9	0.3	-0.7	-1.3	-2.1	-1.7	-1.2	-0.3	0.5	1.8	3.4	6	7.8	10
		最低	9.9	7.9	5.9	4.0	2.3	0.8	-0.3	-1.9	-2.7	-3.6	-4.2	-5.1	-4.8	-4.3	-3.7	-3.1	-1.8	-0.6	1.5	3	5.2
青森県	むつ	平均	14.2	12.3	10.3	8.3	6.1	4.4	2.7	0.8	0.3	-0.8	-1.5	-2.3	-2.1	-1.6	-0.7	0.0	1.3	2.9	5.5	6.9	9.2
		最低	8.7	6.7	4.9	3.0	1.5	0.3	-1.2	-2.7	-3.5	-4.7	-5.3	-6.2	-6.3	-5.9	-5.1	-4.5	-3.1	-1.4	0.9	2	4.1
青森県	八戸	平均	14.7	12.9	10.7	8.7	6.5	4.7	3.1	1.3	0.6	-0.4	-1.1	-1.8	-1.5	-0.8	-0.1	0.8	2.1	3.7	6.4	8	10.4
		最低	10.2	8.0	5.9	3.9	2.1	0.8	-0.5	-2.0	-2.8	-3.9	-4.3	-5.4	-5.0	-4.4	-3.6	-3.1	-1.7	-0.4	1.8	3.2	5.4
岩手県	大船渡	平均	15.7	13.9	11.9	10.1	8.2	6.3	4.9	3.1	2.5	1.5	0.7	0.1	0.3	1.0	1.4	2.1	3.4	4.7	7.2	8.8	11
		最低	11.4	9.4	7.2	5.3	3.5	1.9	0.9	-0.7	-1.3	-2.3	-2.7	-3.6	-3.3	-2.6	-2.5	-1.9	-0.7	0.4	2.5	3.9	6.1
岩手県	盛岡	平均	14.0	11.9	9.7	7.7	5.6	3.7	2.3	0.4	-0.2	-1.5	-2.1	-2.6	-2.4	-1.5	-0.8	0.2	1.7	3.4	6.2	8.2	10.8
		最低	9.0	6.8	4.7	2.6	1.2	-0.2	-1.3	-3.0	-3.8	-5.2	-6.0	-6.6	-6.5	-5.5	-4.9	-4.0	-2.6	-1.3	0.9	2.5	5
岩手県	宮古	平均	14.9	13.3	11.2	9.6	7.7	5.9	4.5	2.7	2.1	1.0	0.2	-0.5	-0.4	0.4	0.9	1.6	2.9	4.3	7	8.4	10.7
		最低	10.6	8.5	6.2	4.4	2.7	1.1	-0.1	-1.7	-2.4	-3.2	-3.9	-4.8	-4.6	-3.7	-3.3	-2.7	-1.4	-0.2	2.1	3.5	5.6
宮城県	仙台	平均	16.8	15.0	12.9	11.0	9.1	7.3	5.7	4.0	3.4	2.1	1.5	0.9	1.1	2.0	2.2	3.2	4.4	5.8	8.2	10	12.1
		最低	13.1	10.9	8.6	6.6	4.9	3.2	1.8	0.3	-0.3	-1.5	-1.9	-2.6	-2.5	-1.6	-1.4	-0.6	0.4	1.7	3.8	5.5	7.7
宮城県	石巻	平均	16.2	14.4	12.2	10.4	8.3	6.3	4.9	3.0	2.4	1.1	0.5	-0.1	0.2	1.1	1.5	2.4	3.6	5.0	7.4	9	11.2
		最低	12.3	10.2	7.8	5.7	4.0	2.3	1.1	-0.6	-1.2	-2.2	-2.8	-3.5	-3.2	-2.4	-2.1	-1.3	-0.2	1.0	3.2	4.7	7.1
秋田県	秋田	平均	15.7	13.7	11.6	9.6	7.5	5.7	4.2	2.4	1.7	0.6	-0.1	-0.7	-0.4	0.2	0.9	1.7	3.0	4.7	7.3	9.1	11.3
		最低	11.3	9.3	7.4	5.2	3.7	2.3	1.1	-0.4	-1.1	-2.1	-2.7	-3.3	-3.3	-2.7	-2.1	-1.6	-0.6	0.8	3	4.6	6.7
山形県	新庄	平均	14.5	12.5	10.2	8.1	6.2	4.4	2.9	1.0	0.3	-0.7	-1.5	-1.7	-1.5	-0.9	-0.4	0.7	1.9	3.3	5.6	7.9	10.9
		最低	10.2	8.1	6.0	3.8	2.5	1.1	0.0	-1.6	-2.5	-3.6	-4.6	-4.8	-4.8	-4.2	-3.9	-3.1	-1.9	-1.1	0.7	2.5	4.9
山形県	酒田	平均	16.6	14.8	12.8	10.8	8.9	7.2	5.7	4.0	3.3	2.2	1.4	0.8	1.0	1.5	2.0	2.8	4.1	5.6	7.9	9.7	11.9
		最低	12.3	10.3	8.5	6.4	5.0	3.6	2.5	1.1	0.4	-0.6	-1.4	-1.9	-2.0	-1.7	-1.1	-0.6	0.5	1.4	3.4	5	7.1
山形県	山形	平均	15.4	13.4	11.1	9.1	7.2	5.2	3.8	2.0	1.3	0.2	-0.6	-1.0	-0.8	-0.1	0.4	1.5	2.9	4.6	7.4	9.6	12.4
		最低	11.0	8.8	6.4	4.5	2.9	1.3	0.2	-1.2	-1.9	-2.9	-3.7	-4.2	-4.2	-3.5	-3.2	-2.3	-1.2	0.0	2.2	4	6.2

出典：「平年値（統計期間 1971～2000年）CD-ROM」気象庁

表 16 10月～4月の旬別平均気温、最低気温（北海道・東北・北陸）3

（単位： ）

道・県	地点名	区分	10月			11月			12月			1月			2月			3月			4月		
			1～10日	11～20日	21～31日	1～10日	11～20日	21～30日	1～10日	11～20日	21～31日	1～10日	11～20日	21～31日	1～10日	11～20日	21～28日	1～10日	11～20日	21～31日	1～10日	11～20日	21～30日
福島県	若松	平均	15.6	13.4	10.8	9.0	7.0	4.9	3.3	1.8	0.8	0.0	-0.8	-1.1	-1.0	-0.3	0.2	1.3	2.8	4.6	7.4	9.7	12.5
		最低	11.4	9.0	6.4	4.5	3.0	1.2	-0.1	-1.2	-2.2	-3.1	-3.9	-4.3	-4.3	-3.7	-3.2	-2.4	-1.3	0.1	2	4	6.2
福島県	福島	平均	16.8	14.9	12.7	10.9	9.0	7.0	5.5	3.9	3.1	2.1	1.4	1.0	1.1	2.1	2.3	3.4	4.8	6.3	8.9	11.2	13.7
		最低	12.9	10.7	8.2	6.3	4.5	2.8	1.4	0.1	-0.6	-1.6	-2.0	-2.5	-2.6	-1.6	-1.4	-0.6	0.4	1.7	3.8	5.7	8.1
福島県	白河	平均	15.3	13.3	11.2	9.6	7.6	5.6	4.0	2.6	1.7	0.9	0.0	-0.3	-0.2	0.7	1.0	2.1	3.5	5.0	7.6	9.7	12.2
		最低	11.3	8.8	6.3	4.6	2.7	0.8	-0.7	-1.8	-2.7	-3.4	-4.0	-4.5	-4.2	-3.4	-3.2	-2.2	-1.1	0.2	2.2	4.1	6.5
福島県	小名浜	平均	17.9	16.3	14.3	12.6	10.8	8.9	7.3	5.8	5.1	4.2	3.5	3.1	3.1	3.9	4.2	5.0	6.1	7.2	9.4	11	12.9
		最低	14.4	12.2	9.7	8.1	6.0	4.0	2.4	1.1	0.4	-0.4	-0.8	-1.3	-1.2	-0.4	0.0	0.7	1.8	3.0	4.9	6.7	8.8
新潟県	相川	平均	18.2	16.6	14.8	13.2	11.3	9.5	8.3	6.5	6.0	4.5	3.5	2.8	3.0	3.6	3.8	4.6	5.7	6.9	9.3	10.9	12.8
		最低	14.7	13.0	11.2	9.2	7.5	5.8	5.1	3.5	3.1	1.7	0.9	0.3	0.0	0.5	0.5	1.5	2.4	3.4	5.2	6.7	8.6
新潟県	新潟	平均	18.0	16.2	14.0	12.3	10.2	8.2	6.7	5.0	4.3	3.3	2.5	1.9	1.9	2.7	3.0	4.0	5.2	6.8	9.2	11.1	13.3
		最低	14.5	12.5	10.2	8.5	6.6	4.7	3.4	2.2	1.4	0.5	0.0	-0.6	-0.7	-0.2	0.1	0.8	1.7	3.1	5.1	6.9	8.9
新潟県	高田	平均	17.6	15.8	13.6	12.0	10.0	8.1	6.6	4.8	4.0	3.0	2.2	1.6	1.6	2.3	2.6	3.4	4.8	6.4	9	11.3	13.6
		最低	13.5	11.3	9.0	7.4	5.5	3.9	2.7	1.4	0.6	-0.1	-0.8	-1.4	-1.5	-1.0	-0.9	-0.3	0.5	1.7	3.6	5.5	7.6
富山県	伏木	平均	18.3	16.5	14.2	12.9	10.7	8.5	7.0	5.4	4.6	3.6	2.6	1.9	2.0	2.9	3.2	4.4	5.7	7.3	9.5	11.4	13.5
		最低	14.7	12.7	10.1	8.9	7.0	4.9	3.6	2.3	1.4	0.8	-0.1	-0.8	-0.8	-0.2	0.0	0.8	1.8	3.3	5.2	7	9.1
富山県	富山	平均	18.0	16.2	13.9	12.5	10.5	8.4	6.9	5.2	4.4	3.4	2.4	1.8	1.8	2.8	3.0	4.3	5.6	7.2	9.7	11.7	13.9
		最低	14.2	12.0	9.6	8.3	6.4	4.5	3.3	1.9	1.1	0.5	-0.5	-1.1	-1.2	-0.5	-0.3	0.5	1.5	3.1	5	6.8	8.8
石川県	輪島	平均	17.5	15.6	13.6	12.2	10.4	8.3	7.0	5.5	4.9	3.9	2.9	2.3	2.2	3.0	3.1	4.0	5.2	6.6	8.8	10.6	12.7
		最低	13.1	11.1	9.0	7.8	6.2	4.4	3.3	2.2	1.6	0.8	0.0	-0.5	-0.7	-0.2	-0.3	0.3	0.9	2.0	3.8	5.5	7.6
石川県	金沢	平均	18.6	16.9	14.8	13.3	11.3	9.2	7.8	6.2	5.5	4.6	3.6	2.9	2.9	3.8	4.1	5.1	6.3	7.9	10.1	12.2	14.3
		最低	15.1	13.2	10.8	9.2	7.5	5.5	4.3	3.0	2.3	1.6	0.8	0.1	0.2	0.7	0.9	1.6	2.4	3.8	5.9	7.8	9.9

出典：「平年値（統計期間1971～2000年）CD-ROM」気象庁

10.2 耐寒剤の適用時期

1) 耐寒剤の適用時期

耐寒剤の適用時期は、寒中コンクリートの期間となる。この寒中コンクリートの期間については、以下に示すとおり「JASS5における寒中コンクリート期間」と「土木学会における寒中コンクリート期間」ではその定義に差がある。実際の適用においては、施工現場に最も近い測定地点における日別の平年値、および当該年における最新の気象予報、現場での実測データ等をもとに、コンクリート打設・養生期間の気温（平均気温および最低気温）想定を行い、判断する必要がある。

2) JASS5における寒中コンクリート期間

寒中コンクリートの期間について、JASS5では、それぞれの工事についてその範囲を特記により定めることになっている。特記のない場合は、コンクリートの打ち込みから28日までの外気温の積算温度Mが $370^{\circ}\text{D}\cdot\text{D}$ 以下の期間とするのがよいとされている。これはこの間の日平均気温の平均値が 3.2 以下となる期間に相当し、水セメント比60%程度のAEコンクリートで、標準養生（20）の場合に対して強度不足が25%以上となるような温度範囲に相当する。

打ち込みから28日間の積算温度Mが $370^{\circ}\text{D}\cdot\text{D}$ 以下となる期間を、気象統計資料をもとに28日間の積算温度Mが $370^{\circ}\text{D}\cdot\text{D}$ 以下となる日を含む旬の始めまたは終わりを適用期間の開始または終了日として「寒中コンクリート施工指針・同解説（日本建築学会）」の解説表1.1に示されている。

表17～19の「JASS5」欄には、この適用期間を示した。

3) 土木学会における寒中コンクリート期間

土木学会においては、寒中コンクリートの期間を“日平均気温が 4 以下の期間”としている。

表17～19の「 4 以下」欄には、表14～16に整理した旬別平均気温データが 4 以下となっている期間を示した。

4) 耐寒剤適用時期の目安

表17～19にみるとおり、「寒中コンクリート施工指針・同解説（日本建築学会）」の解説表1.1に示された適用期間と、旬別平均気温データが 4 以下となる期間にはズレがある。そこで、ここでは両者を合わせた期間を耐寒剤適用時期の目安とする。

なお、ここで整理した耐寒剤使用時期の目安は、耐寒剤使用の参考に留まるものであり、実際の適用においては、最新の気象情報に基づく気温（平均気温および最低気温）想定を行い、判断する必要がある。

11 気象資料の入手

11.1 気象観測データの種類

日本の地上気象観測は、明治時代の初期から続けられており、その観測値は100年を超えて蓄積されている。毎日の観測値を基にして、日、半旬、旬、月、年の統計値が示されている。また、10年毎に平均値を計算し、「日本気候表」や「日本気候図」が作成されている。

これまで一般に利用できる気象データのほとんどが印刷刊行物であったが、近年のコンピュータの普及によって、CD-ROM およびインターネット等の利用が拡大している。

気象観測データは、観測地点、方法によって大きく以下の2つに分けられる。

1) 気象台・測候所による観測データ

全国約160カ所の気象台、測候所でもっとも古くから観測されており、信頼できるデータである。観測要素は、気圧、気温、湿度、風、降水量、日照時間、日射量、積雪、天気、雲、大気現象などである。観測網は約100km間隔とされており、1つの地点の気象要素の長期的な変動を調べたりするのに適しているが、局地的な分布を調べるには適さない。

2) アメダスによる観測データ

アメダス（地域気象観測システム、AMeDAS）は、気象台、測候所を含む全国約830地点（約22kmに1地点）で気温、降水量、天気（日照時間）および風（風向・風速）の4要素を、また約480地点で降水量だけを、毎時観測しているものである。アメダスは1975年～1976年に全国に展開されたので、地点により観測開始年が異なる。

11.2 気象資料の入手方法

気象資料の入手方法には、大きく分けて「印刷物」、「電子媒体（CD-ROM 等）」、「インターネットによる電子情報」などがある。

1) 印刷物

「日本気候表」編集：気象庁／発行：(財)気象業務支援センター

全国の気象台や測候所における 1971～2000 年（30 年間）の地上気象観測値をもとに作成した平年値のうち、月別、年別、および 3 ヶ月別の値を収録している。

「気象年鑑」編集：気象庁／発行：(財)気象業務支援センター

365 日の天気図、主要地（全国 17 カ所）の観測値、10 年の天気（全国 12 カ所）その他、当該年の気象の記録をとりまとめている。

2) 電子媒体（CD-ROM 等）

「平年値（統計期間 1971～2000 年）CD-ROM」

編集：気象庁／発行：(財)気象業務支援センター

上記「日本気候表」収録情報の他、地上気象観測平年値のうち、日別、旬別の値や、アメダス平年値、高層気象観測平年値、および生物季節観測平年値についても収録している。

「日本気候図 2000 年版」(CD-ROM)

編集：気象庁／発行：(財)気象業務支援センター

地上気象観測の気温、降水量や日射量などの平年値を分布図にて表現したもの。各種資料などに気候図の画像を貼り付け出来るようにするため CD-ROM 版としている。

「気象庁月報 CD-ROM」

編集：気象庁／発行：(財)気象業務支援センター

気象官署の地上気象観測原簿データ（全国約 150 箇所、時別値・日別値）、地域気象観測所（アメダス）データ（全国約 1300 箇所、時別値・日別値）、高層気象観測データ（全国 18 箇所）、世界気象資料などを収録している。上記「日本気候表」収録情報の他、地上気象観測平年値のうち、日別、旬別の値や、アメダス平年値、高層気象観測平年値、および生物季節観測平年値についても収録している。

「気象庁年報」(CD-ROM)

編集：気象庁／発行：(財)気象業務支援センター

全国の気象台、測候所など気象官署約 150 か所の地上気象観測の時・日別値、半月・旬・月・年統計値と気候観測要素別月別累年値、気候観測極値順位、寒候期現象累年値、地上気象観測資料平年値及び異常気象・気象災害資料、日射・放射観測資料等の地上気象観測資料 1 年分、および当該年までの極値が収録されている。

3) インターネットによる電子情報

「気象庁ホームページ (<http://www.jma.go.jp/>)」

気象庁ホームページでは、気象に関する予報、警報や最新の気象衛星画像、天気図および過去の気象観測データを見ることができる。

表 20 気象庁ホームページで確認できる気象関係データ

更新の頻度	データの種類
随時更新	気象警報・注意報 気象情報 天気予報 週間天気予報 季節予報 分布予報 降水量実況・予報 洪水予報 台風情報 天気図 レーダー 気象衛星 アメダス分布図 きのう・きょうの気象観測データ
日々の更新	きのうまでの気象観測データ
週ごとに更新	全球異常気象監視速報
月ごとに更新	月の天候のまとめ エルニーニョ監視速報 気候系監視報告 世界と日本の気温・降水量経年変化 世界の月の天候 府県天気予報検証結果 気象衛星画像（今月のトピックス） 南極の気象
年に数回更新	梅雨入り・明けと期間降水量 台風の統計資料 生物季節 世界の季節の天候 世界の年の天候

特に気象庁ホームページ内の、「電子閲覧室」(<http://www.data.kishou.go.jp/>)では全国の気象台、測候所および地域気象観測所（アメダス）データを見ることができる。

掲載されているデータは、各観測地点の1日の毎時の値（時別値）、1ヶ月の毎日の値（日別値）、1年間の毎月の値（月別値）、毎年の値（年別値）、平年値（月・年別）、平年値（日別）、平年値（季節現象）、極値である。

なお、この「電子閲覧室」データの掲載期間は以下のとおりである。

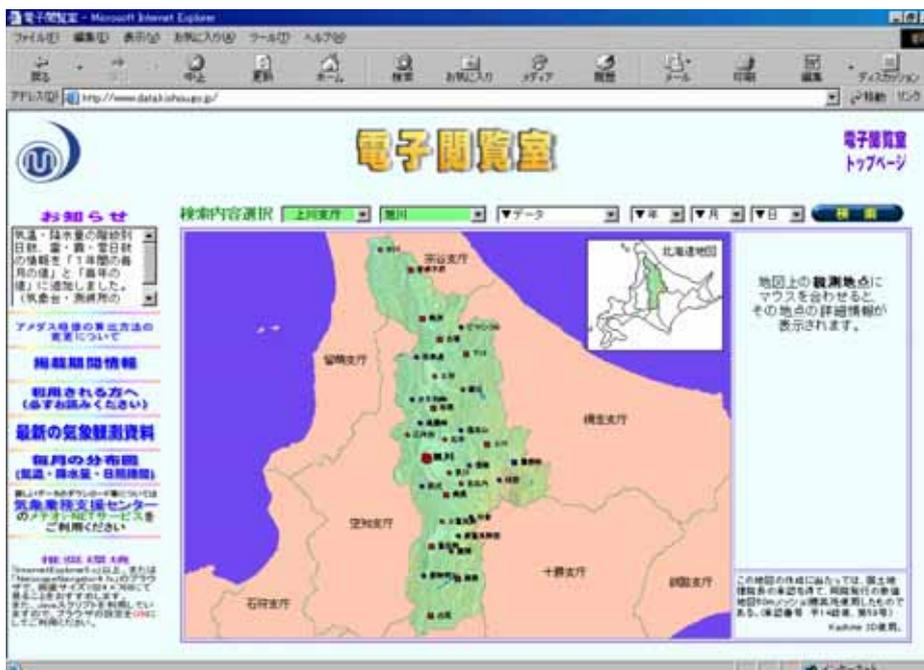
表 21 「電子閲覧室」データの掲載期間

	気象台・測候所データ	アメダスデータ
1日の毎時の値	1976年～前日まで	1976年～前日まで
1ヶ月の毎日の値	1961年～前日まで	1976年～前日まで
1年間の毎月の値	1961年～前月まで	1979年～前月まで
毎年の値	1961年～前年まで	1979年～前年まで
極値	統計開始～前日まで	統計開始～前日まで

「電子閲覧室」の初期画面



観測地点の選択画面（北海道上川支庁の例）



気象データ表示画面（旭川の1月の日別平年値の例）

旭川上川支庁
緯度:北緯43度46.3分/経度:東経142度22.1分
気象台:測候所 平年値(日)

グラフ要素
気温 風
降水量 日照時間

12月 02月

単位	平均気温 °C	最高気温 °C	最低気温 °C	降水量 mm	日照時間 時間	積雪の深さ日最大 cm
統計期間 資料年数	1971~2000 30	1971~2000 30	1971~2000 30	1971~2000 30	1971~2000 30	1971~2000 30
1日	-6.2	-2.7	-10.7	2.6	2.0	48
2日	-6.4	-2.8	-10.9	2.6	2.0	49
3日	-6.5	-2.9	-11.0	2.6	2.1	50
4日	-6.6	-3.0	-11.2	2.5	2.1	50
5日	-6.7	-3.1	-11.4	2.5	2.1	51
6日	-6.9	-3.2	-11.5	2.5	2.1	52
7日	-7.0	-3.3	-11.6	2.5	2.2	52
8日	-7.1	-3.3	-11.7	2.4	2.2	53
9日	-7.1	-3.4	-11.8	2.4	2.2	54
10日	-7.2	-3.5	-11.9	2.4	2.3	54
11日	-7.3	-3.5	-11.9	2.4	2.3	55
12日	-7.4	-3.6	-12.0	2.4	2.3	56
13日	-7.4	-3.7	-12.0	2.4	2.3	56
14日	-7.5	-3.7	-12.1	2.3	2.4	57
15日	-7.6	-3.8	-12.2	2.3	2.4	58
16日	-7.7	-3.9	-12.3	2.3	2.4	59
17日	-7.7	-4.0	-12.4	2.3	2.5	60

また、各地の管区気象台のホームページでもそれぞれの地区の気象観測・統計データが入手できる。

北海道地区 「札幌管区気象台」(<http://www.sapporo-jma.go.jp/>)

観測・統計データ

- 只今の気温
 - 北海道地方(北部)
 - 北海道地方(東部)
 - 北海道地方(西部)
 - 全国
- 只今の風向風速
 - 北海道地方(北部)
 - 北海道地方(東部)
 - 北海道地方(西部)
 - 全国
- 只今の降水量
 - 北海道地方(北部)
 - 北海道地方(東部)
 - 北海道地方(西部)
 - 全国
- 只今の日照時間
 - 北海道地方(北部)
 - 北海道地方(東部)
 - 北海道地方(西部)
 - 全国
- 只今の積雪
 - 北海道地方(北部)
 - 北海道地方(東部)
 - 北海道地方(西部)
 - 全国

最新の観測資料

- 北海道内気象官署、アメダス地点での観測データ(当日及び昨日)
- 宗谷(稚内市)・留萌(留萌市)
- 上川(旭川市)
- 空知(岩見沢市)
- 網走(網走市)
- 釧路(釧路市)・根室(根室市)
- 十勝(帯広市)
- 石狩(札幌市)・後志(帯広市)
- 道庁(道庁)
- 日高(網走市)
- 渡島(函館市)・樺太(江差市)

電子観覧室

電子観覧室では、日本全国の気象台、測候所、地域気象観測所(アメダス)で観測された、昨日までの過去のデータがご覧いただけます。

12 耐寒剤の使用事例

以下には、耐寒剤を活用して施工された工事实例について、「平成 14 年度通年施工化技術検討業務報告書」(平成 15 年 3 月 / 通年施工推進協議会)より抜粋して紹介する。

12.1 耐寒剤の使用事例 - 1

1) 工事概要

工事名 : 一般国道 453 号壮瞥町上久保内災害防除工事

発注機関 : 北海道開発局室蘭開発建設部虻田道路維持事業所

工事箇所 : 北海道有珠郡壮瞥町上久保

2) 耐寒剤採用理由

落石防護柵の重力式コンクリート擁壁の嵩上げに際して、耐寒剤を用いた寒中コンクリートを施工した。現場は、仮囲いをすると両側の車線規制が必要となることから、簡易な養生でコンクリートの品質確保が可能な耐寒剤を活用することとなった。写真 1 及び写真 2 は施工前後の状況を比較したものである。



写真 1 施工前の状況



写真 2 施工後の状況



写真 3 コンクリート打設状況



写真 4 養生状況

3) コンクリート配合

コンクリートの配合は表 22 のとおりである。セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、耐寒剤はタイプ I の製品をセメント 100kg に対して 4 リットル添加した。コンクリート打設状況及び養生状況は写真 3 及び写真 4 に示すとおりである。

表 22 コンクリートの配合

		配合
粗骨材の最大寸法 (mm)		40
指定スランプ (cm)		8
指定空気量 (%)		4.5
最大水セメント比 W/C(%)		55
細骨材率 s/a(%)		41.8
単位量 (kg/m ³)	水 W	140
	セメント C	272
	細骨材 S	811
	粗骨材 G	1128
	混和剤 F	15.23
	水セメント比 W/C(%)	51.5

4) 耐寒剤施工状況

図4に熱電体設置位置とコンクリートの温度履歴をまとめた。前養生期間中の24時間における現場の環境は、最高気温 - 1.9、最低気温 - 9.5、平均気温は - 4.7であった。この間のコンクリと内部の温度は、構造物下部表面付近で一部マイナスを示した以外は、全体的には5以上を保っていた。また、シート内部については、水和による影響でシート内部の上部は温度が高かった。その後、水和による発熱量の減少とともにコンクリート温度も低下し、構造物上部またはシート内では、ほぼ外気温と同様になった。

現場で養生した供試体と室内で標準養生したものについて強度を比較した。材齢7日および28日を比較すると、現場養生したものは標準養生したものより強度が15~20%低い为目标強度は満足していた。コンクリート型枠の脱型に関して「指針(案)」では、凍結融解作業を考慮して15N/cm²を推奨しており、特に厳しいとされる場所でも20N/cm²である。

この工事では、現場養生の強度試験の結果をみると、5日で強度は約19N/mm²に達し、7日では26N/mm²を越えており、十分な強度が見込めることから、脱型は4日ないし6日のうちに可能であったと判断される。

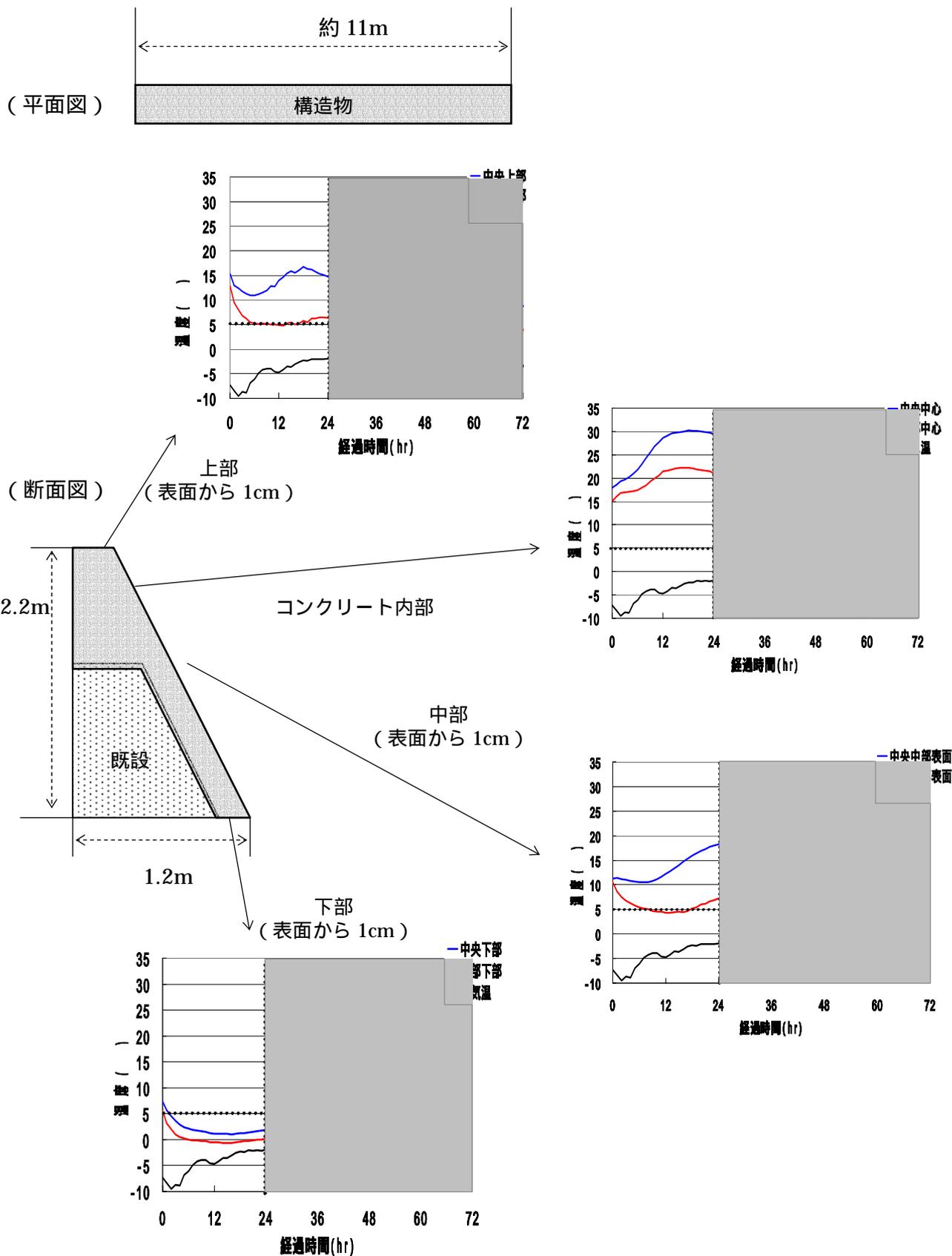


図 4 熱電体設置位置とコンクリートの温度履歴

5) 耐寒剤活用効果

本工事での耐寒剤の活用について、次のように総括することができる。

- ・打設後 24 時間におけるコンクリートの温度は、下部を除き 5℃ 以上を保っていた。
- ・5℃ を下回ったものにおいても凍結温度に達するものではなく、凍結による影響は受けていないと推測される。
- ・コンクリートの強度発現は順調であり、脱型時期の遅れは特に認められなかった。

参考文献：北海道開発局開発土木研究所材料研究室「寒中コンクリート施工における耐寒剤の役割」

(1998 年 10 月) 佐々木智之、熊谷守晃、嶋田久俊

通年施工推進協議会「平成 14 年度通年施工講習会講習会テキスト」(2003 年 1 月)

12.2 耐寒剤の使用事例 - 2

1) 工事概要

国道 7 号中条黒川バイパス事業(中条地区 L=6.3km)は、現道拡幅(4車線化)により、安全で円滑な交通を確保するものであり、日本海北陸自動車道とのアクセス道路工事と工程調整の上施工している。本工事は 2 月上旬という厳しい気象条件下での施工となったため、十分な施工管理が必要とされた。

工事名 : 舟戸川橋床版他工事

発注機関: 北陸地方整備局羽越工事事務所

工事箇所: 新潟県北蒲原郡中条町大字舟戸

施工概要: 床版 (L=56.5m B=13.5m t=0.24m) V=206m³

2) 耐寒剤採用理由

以下のような理由から耐寒剤を活用することとした。

- ・ 施工箇所は、日本海から約 6km 離れた場所に位置し、特に冬場は風が強い日が多く、給熱養生を伴う従来工法では仮囲い内部の気密性確保が困難であったこと、また、現道脇での施工となるため部材等の飛散が懸念された。
- ・ 床版工事は、コンクリート打設面積が広く、強風下及び吊足場上での仮囲いは困難であった。
- ・ 厳しい気象条件のため、十分な施工管理を行わないと、初期凍害により構造物の強度・耐久性に影響がでる。

3) 耐寒剤施工状況

本工事では、2 月上旬と冬期の一番気象条件の厳しい時期での施工であること、昨年 2 月上旬の最低外気温データを考慮し、耐寒剤はセメント 100kg 当たり 4lit を添加した。

コンクリート打設時のコンクリート温度は、耐寒剤の使用条件より 10 ~ 20 の範囲とし、打設はコンクリートポンプ車 2 台により床版中央部より両端部へ向かい偏荷重がかからないよう均等に打設した。

養生は、通常期と同様に養生シート(ブルーシート)で覆い、飛散防止のため栈木で挟み、釘で固定した。また、自己記録温度計センサーにより、コンクリート温度、シート内温度、外気温の温度管理を行った。

養生期間中の温度管理結果は、表 23 のとおりで、最低外気温で - 5 、コンクリート温度で - 1 まで下がり、従来工法であれば給熱養生を行わないと初期凍害を受ける条件であった。

表 23 温度管理表

	2/5	2/6	2/7	2/8	2/9	2/10	2/11	2/12	平均
コンクリート温度	11	16	12	8	6	1	0	-1	6.6
養生温度：シート内	7	10	9	8	3	-1	-2	-1	4.1
最高外気温	10	10	12	8	5	0	0	-1	5.5
最低外気温	1	-1	0	1	-4	-5	-5	-4	-2.1
天候	晴	晴	曇	曇	雪	雪	雪	雪	-

コンクリート強度試験の結果、耐寒剤を添加したコンクリートの初期強度は、標準養生に比べ若干低いものの、強度は促進されている。7 日強度においては、脱型の目安となる強度 (14N/mm²) 以上出ており、28 日強度については、通常期コンクリートより高い値となった。

12.3 耐寒剤活用効果

生コンクリート 1m³ 当たりで耐寒剤と従来工法の経済性を比較したものが、表 24 である。コンクリート打設費は、耐寒剤の材料費が加算されるため高価となるが、仮囲いが不要となることと簡易養生となるため全体では約 26% の縮減となった。

表 24 耐寒剤と従来工法の経済性比較

	従来工法 a	耐寒剤 b	倍率 c=b/a	備考
コンクリート打設費	23,000 円	26,000 円	1.13	
仮囲い設置費	10,500 円	-	0	
養生費	2,300 円	400 円	0.17	従来工法はジェットヒータ養生 耐寒剤はシート養生
合計	35,800 円	26,400 円	0.74	

注) 工事費を生コンクリート 1m³ 当たりに換算している。

床版工事は、施工面積が広いため仮囲いや給熱養生に多大な手間を要するが、今回はその分の設置・撤去工程がなくなり工期が短縮された。また、簡易なシート養生により、効率的かつ省力的な施工が出来た。

13 参考資料

本マニュアルのとりまとめにあたっては、以下の資料を参考とした。

- 1) 「耐寒剤を用いる寒中コンクリート施工指針」
通年施工推進協議会 / 平成 11 年 3 月 (改訂版)
- 2) 「コンクリート標準示方書 [施工偏] - 耐久性照査型 - 」
(社) 土木学会 / 平成 12 年 3 月 (改訂版)
- 3) 「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事」
(社) 日本建築学会 / 平成 15 年版
- 4) 「寒中コンクリート施工指針・同解説」
(社) 日本建築学会 / 平成 10 年 2 月 (第 4 版)
- 5) 「寒冷期におけるコンクリート工事の新技术ガイド」
編集: 北海道立寒地住宅都市研究所発行: (財) 北海道建築指導センター / 平成 12 年 3 月
- 6) 「耐寒剤を用いたコンクリート構造物に係る運用について (関係通達等-3)」
北海道開発局港湾建設課 / 平成 10 年 10 月
- 7) 「耐寒剤を用いる寒中コンクリートの運用 (案)」
北海道建設部建設管理室技術管理課 / 平成 14 年
- 8) 「北海道におけるコンクリートの歴史研究会報告書 (原案)」
(社) 日本コンクリート工学協会北海道支部 / 平成 15 年
- 9) 「耐寒剤の使用実態調査」(平成 13 年度通年施工推進協議会報告書)
通年施工推進協議会 / 平成 14 年 3 月
- 10) 「耐寒剤の使用条件に関する調査」(平成 14 年度通年施工推進協議会報告書)
通年施工推進協議会 / 平成 15 年 3 月
- 11) 耐寒剤各メーカーカタログ、技術資料
- 12) 気象庁ホームページ (<http://www.jma.go.jp/>)
- 13) 札幌管区气象台ホームページ (<http://www.sapporo-jma.go.jp/>)
- 14) 仙台管区气象台ホームページ (<http://www.sendai-jma.go.jp/>)
- 15) 東京管区气象台ホームページ (<http://www.tokyo-jma.go.jp/>)
- 16) (財) 気象業務支援センターホームページ (<http://www.jma.go.jp/>)
- 17) 「平年値 (統計期間 1971 ~ 2000 年) CD-ROM」
編集: 気象庁 / 発行: (財) 気象業務支援センター / 平成 13 年 4 月
- 18) 「寒中コンクリート施工における耐寒剤の役割」
北海道開発局開発土木研究所(佐々木智之、熊谷守晃、嶋田久俊) / 平成 10 年 10 月
- 19) 「平成 14 年度通年施工講習会テキスト」
通年施工推進協議会 / 平成 15 年 1 月