

## 第 4 章 消融雪設備

## 第4章 消融雪設備

### 第1節 一般

#### 1. 適用の範囲

本便覧は、積雪地域全般で適用できるが、各施設の特長を活かすため、概ね次の地域での適用を目安とする。

##### 1. 消雪施設(散水)

- ① 地下水、加温水利用の場合、一般には1月の平均気温が0℃以下にならない地域に適用できる。
- ② 河川水、湖沼水利用の場合は水温が低く凍結しやすいため、1月の日最低気温の平均が-1℃以下の地域で利用する場合は注意が必要である。
- ③ 海水利用の場合は施工実績(東北北部)から、1月の平均気温が-2℃程度の地域まで適用できる。
- ④ 凍結防止剤利用(表流水と混合して散水することが多い)の時はかなり低温の地域まで適用できるが、実施例を参考にすることが必要である。

##### 2. 融雪施設(無散水)

- ① 温水や電熱利用の場合には、気象条件に係わらずどの地域でも適用できる。
- ② 自然エネルギーを直接利用する場合には、採熱量等に制約が多いので注意が必要である。

#### [解説]

##### (1) 消雪施設

路面に散水して直接に雪と水を接触させて消雪する方法であり、非常に合理的な除雪対策である。しかし、散水した水が凍結を起こすとスリップ事故等が発生しやすい危険な状態となることもある。

したがって、冬期に平均気温が氷点下になるような地域や、放射冷却現象により凍結が予想される地域では、他の同様な地域での施設事例を参考にするなど十分な検討が必要である。

##### (2) 融雪施設

舗装路面を暖めて融雪するものであり、消雪施設と比較して融雪効果が現れるまでの時間がやや遅い。しかし、路面に散水しないため、路面に発生する水が少なく、スリップ事故等の危険性は低い。また、化石エネルギーを熱源とする場合には、気象に係わらずどの地域でも適用できる。一方で、気温が低く、降雪が多いほど多くの熱量を必要とするために電力量あるいは石油等の化石燃料の使用量が大きくなる。

近年、環境への負荷を低減させるために、自然エネルギーを熱源とした融雪施設が開発されてきている。この施設費は割高であるが運転費の低減が図られている。しかし、採熱量には限界があるので適用条件等を勘案の上、設置計画を検討しなければならない。

##### (3) 道路付属施設等への適用

本要領は、道路の消・融雪を主体に記述しているが、道路付属施設(駐車場・除雪基地・チェーン着脱場等)へも適用できるよう配慮した。

出典:[1]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P5~P6

示方書等の名称

示方書・指針等	発刊年月	発刊者
河川法及び関連法規	平成 23 年 5 月	国 土 交 通 省
道路構造令の解説と運用	平成 17 年 3 月	日 本 道 路 協 会
道路管理施設等設計指針(案)	平成 15 年 7 月	日本建設機械化協会
道路土工－排水工指針	昭和 62 年 6 月	日 本 道 路 協 会
設計便覧(案)第 3 章 道路編	平成 24 年 4 月	近畿地方整備局
新防雪工学ハンドブック	昭和 63 年 3 月	日本建設機械化協会
路面消・融雪施設等設計要領	平成 20 年 5 月	日本建設機械化協会
散水消雪施設設計施工マニュアル	平成 12 年 3 月	新潟県融雪技術協会
消・融雪施設の維持管理マニュアル	平成 8 年 3 月	新潟県融雪技術協会
散水融雪設備標準図集(案)	平成 3 年 3 月	近畿地方整備局
道路機械設備遠隔操作監視技術マニュアル	平成 15 年 6 月	日本建設機械化協会

2. 用語の定義(標準)

<p>本便覧における用語は次のとおり定義した。</p>		
1 消	雪	散水した水で、路面の積雪または圧雪を融解除去すること。
2 融	雪	熱源を利用して舗装を暖め、路面の積雪または圧雪を融解除去すること。
3 消	雪 施 設	消雪効果により路面の積雪または圧雪を融解除去する施設。
4 融	雪 施 設	融雪効果により路面の積雪または圧雪を融解除去する施設。
5 必 要 散 水 量		路面の消雪に必要な単位面積当りの散水量(L/min/m <sup>2</sup> )。
6 確 保 幅 員		道路幅員のうち、車両が円滑に走行できる幅員。
7 熱効率、融解係数		路面に供給された熱量のうち、融解以外に使われる熱量の損失の割合。
8 交 通 係 数		交通量から路面管理レベルを補正する係数。
9 必 要 熱 量		路面の融雪または凍結防止に必要な熱量(W/m <sup>2</sup> )。
10 化石エネルギー		化石燃料(石油ガス等)から得られるエネルギー。
11 ローカルエネルギー		対象地域特有の利用可能なエネルギー。
12 自然エネルギー		自然界(地上・地下)に存在するエネルギー。

## 第2節 計画・調査

### 1. 計画の基本(標準)

散水消雪施設は、必要散水量・道路の構造・散水形態・路面管理レベルの4要素の組合せにより計画する。必要散水量は、気象条件・道路条件等から単位面積当りの基本散水量を求め、これに消雪面積を乗じて得るものとし、計画する道路の構造を考慮した上で、散水方法を計画するものとする。

〔解説〕

散水消雪施設計画のための必要散水量・道路の構造・散水形態・路面管理レベルの4要素の組合せは、図4-2-1(a)のとおりである。

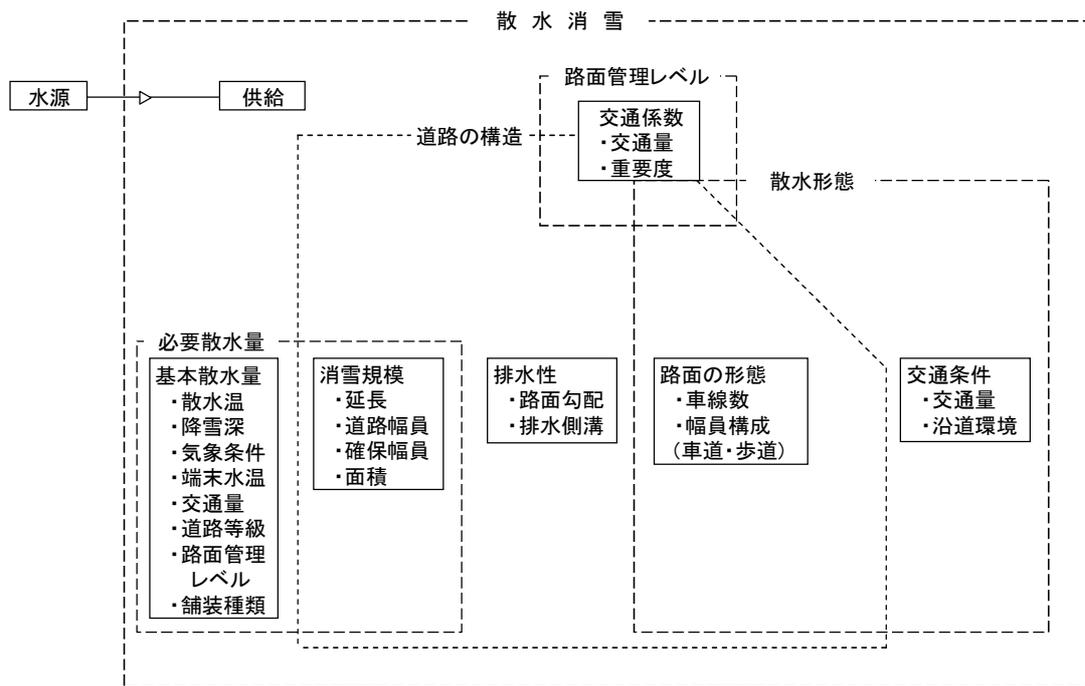


図4-2-1(a) 消雪施設計画要素の組み合わせ

出典:[1]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P13

消雪設備の計画、設計フロー

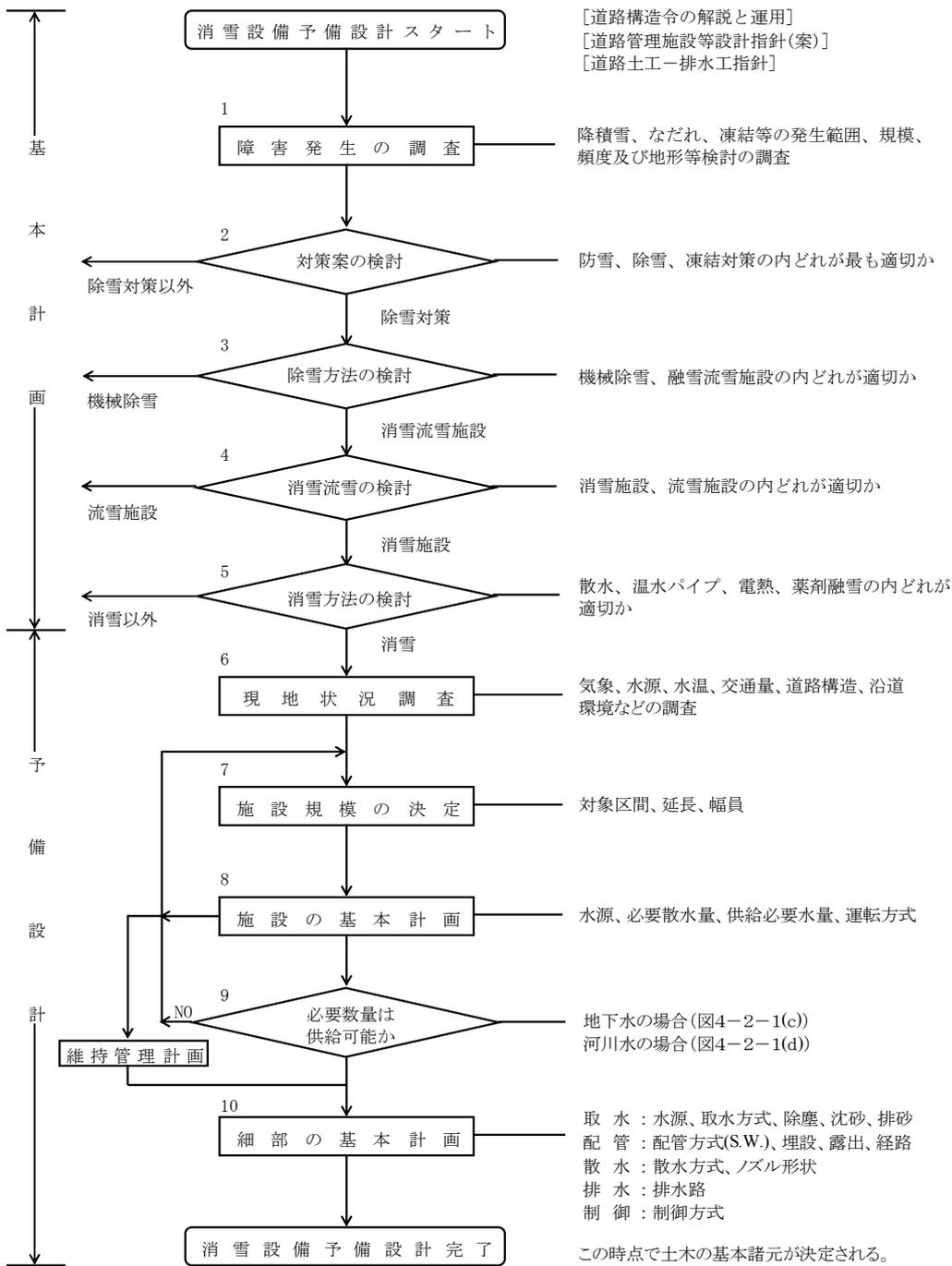


図 4 - 2 - 1 (b) 基本計画・予備設計

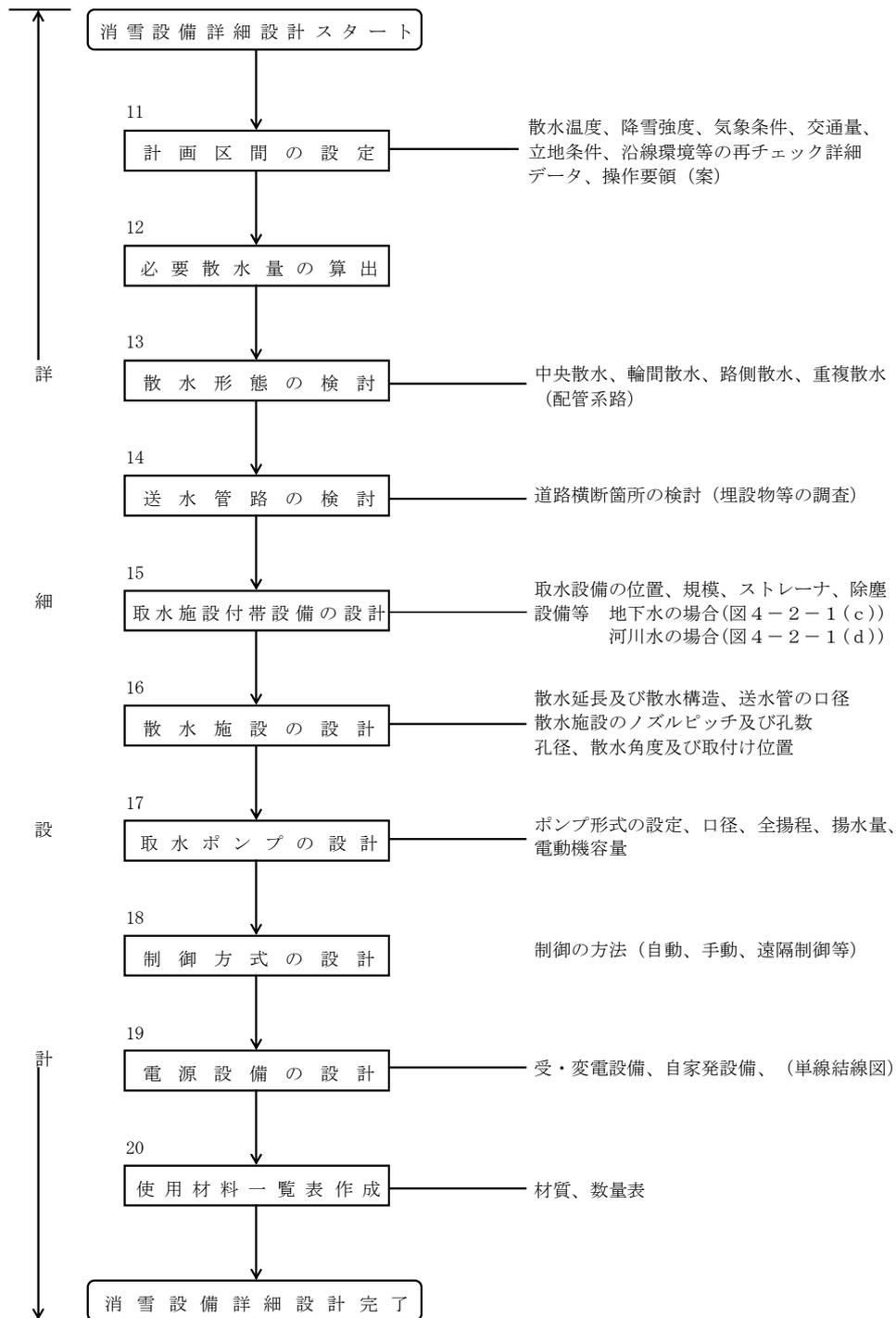
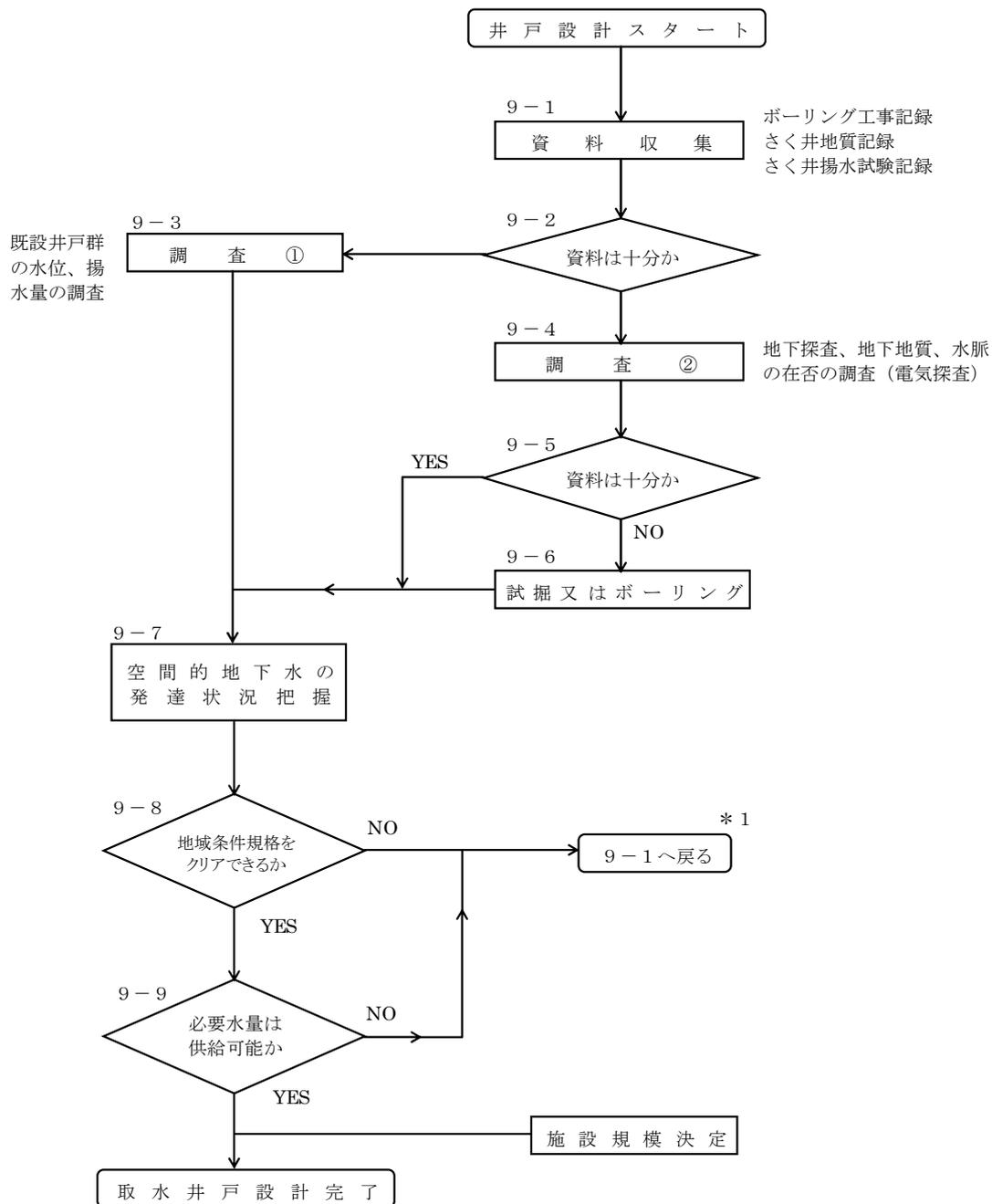


図4-2-1(c) 詳細設計



記事

- 1) \*1 再検討の結果、地域条件をクリアできない、または、必要水量の供給量が確保できない時は、河川水取水か機械除雪等を検討する。
- 2) 地域条件より必要に応じて、地下水の有効利用を図るため、散水量の調整、散水された水の回収・再利用等の節水対策の検討を行う。

図 4-2-1 (d) 井戸水使用の場合

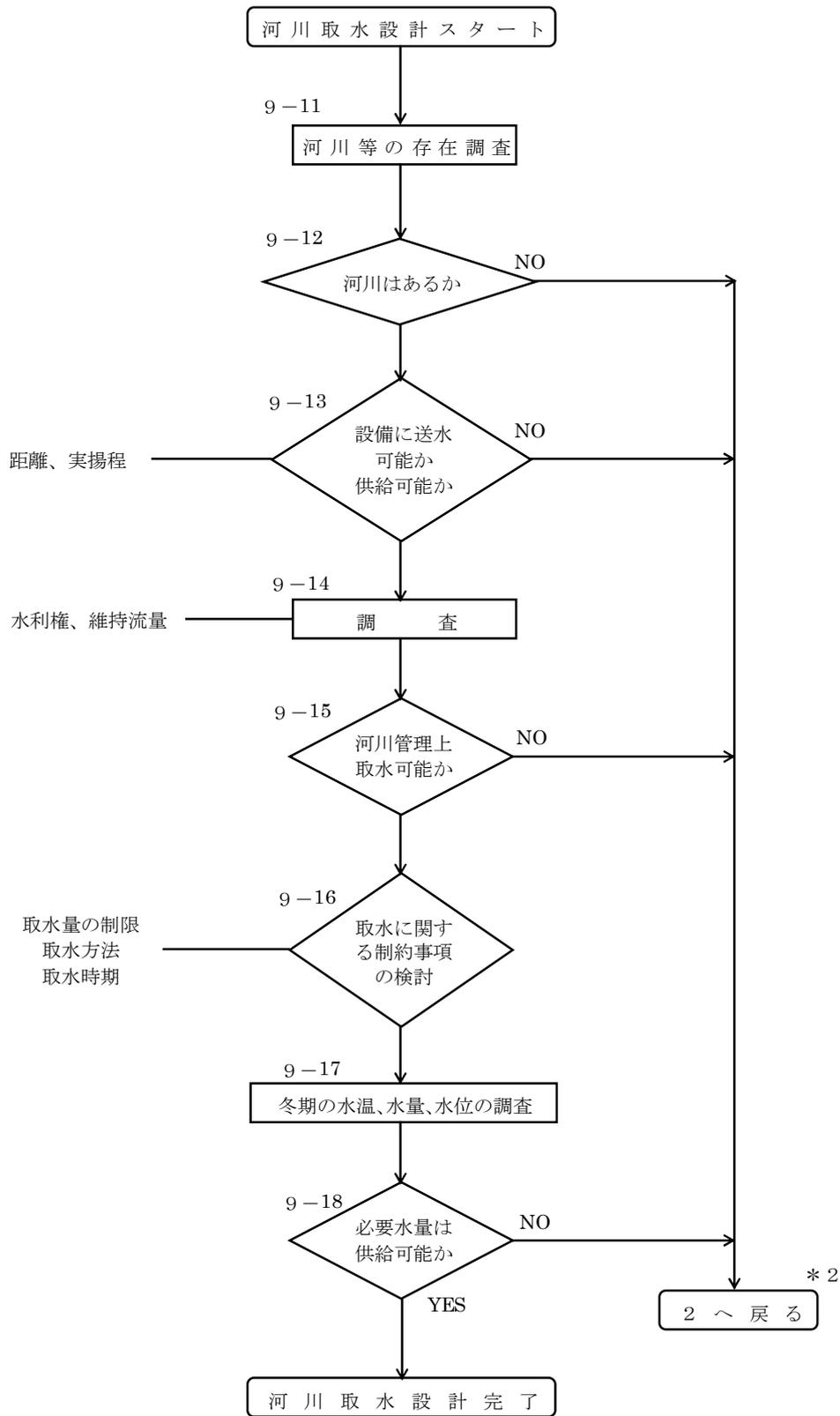


図 4 - 2 - 1 (e) 河川水使用の場合

## 2. 調査(標準)

### 2-1 気象特性の調査

調査は、消・融雪施設の設置計画・設計・維持管理のために必要な資料を得るために実施するもので、必要な調査項目は概ね次のとおりである。

1. 消・融雪対象施設の特定
2. 路面管理レベルの設定
3. 対象施設の構造
4. 沿道(周辺)状況
5. 地下埋設物等
6. 交通量の把握
7. 機械除雪の実態(計画)
8. 気象特性
9. エネルギー源

#### [解説]

消・融雪設計の設置計画を検討するには、消・融雪の対象とする施設の設置箇所の諸条件を調査したうえで除雪対策の実態などを把握し、消・融雪施設設置の可能性を見出し、路面管理レベルを設定して検討する必要がある。

調査項目は、大別して消・融雪しようとする施設(車道・歩道・チェーン着脱場等)の範囲、気温・降雪深などの気象特性、消・融雪に使用するエネルギー源など設置場所の目的に応じた調査をしなければならない。

### 2-2 消・融雪対象施設の特定

消・融雪施設を計画する場合、地域・道路構造、利用状況や周辺環境によって、必要とする路面管理レベルとその融雪エネルギーがかなり異なる。

#### [解説]

消・融雪施設の設置箇所によっては、必要とする路面管理レベルが異なるので、対象とする施設、目的等を明確にする必要がある。

対象施設には、車道・歩道・交差点・ランプ・橋梁・トンネル出入口・急坂路・急カーブ、チェーン着脱場・駐車場、横断歩道橋・横断地下道の階段部、サービスエリア・料金所等があり、それぞれの施設および環境の特徴を十分に調査し、目的を特定しなければならない。

### 2-3 路面管理レベルの設定

路面管理レベルは、交通量(道路種級)、利用者数、既存周辺施設の路面管理状況、消・融雪施設設置区間前後の道路状況、道路の使用形態、安全性、社会的環境等を勘案し適切に設定するものとする。

#### [解説]

#### (1) 一連道路の路面管理レベルの設定

一連の道路の路面管理レベルは、その道路を利用する交通に応じ、安全性・走行性等から一定のレベルとなっていることが望ましい。

消・融雪施設設置区間は一連で消・融雪施設が設置される箇所ばかりとは限らない。仮に一部区間だけ消・融雪施設が設置されている場合には、機械除雪の状況も踏まえながら走行車両に支障が出ないように路面管理レベルを工夫して設定することが望ましい。

出典:[2-1]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P8~P9

## (2) 設置箇所の利用状況に応じた設定

路面管理レベルの高低は、施設設置費・維持管理費に大きく影響する。したがって、車道においては道路の使用形態や等級、その他歩道・チェーン着脱場等においては、利用状況や目的に応じて適切な路面管理レベルを選定し、施設の合理的な設計・運用を行うことが必要である。

## (3) 社会的環境を検討した路面管理レベルの設定

消・融雪は冬期の交通を確保する観点から重要な施設である。従って、降雪による通行止めが懸念される地域の重要路線については、交通量等にかかわらず高レベルの設定を行うことが重要である。

### 2-4 対象施設の構造

消・融雪の対象とする車道・歩道・チェーン着脱場等の構造(利用状態・延長・幅員・面積・勾配・舗装構造・排水の状況等)を調査しなければならない。

#### 〔解説〕

消・融雪施設の設置計画・設計に際し、対象とする施設の構造・形状、利用状況がわからないと消・融雪施設の設置位置や型式・種類が選定できず、必要なエネルギー計算等もできないため、構造や形状を明確にする必要がある。

### 2-5 沿道(周辺)状況

沿道状況や道路等の利用状況によって、消・融雪の方法、消・融雪に利用するエネルギー等が制限されることがあるので、沿道及び周辺の状況を調査するものとする。

#### 〔解説〕

消雪施設の水源として、河川水・海水等を利用する場合、凍結や水質汚染のおそれがある。また、多量の散水を行う場合などは、家屋の連坦状況、周辺井戸の有無、水路系統・用水の利用状況、排水路の状態等を調査し、排水に問題の生じないような計画とする必要がある。

融雪施設の熱源を温水ボイラあるいはヒートポンプ等とする場合には、運転音が発生するので設置場所に配慮する必要がある。

また、近隣に鉄道が走っている場合には電食対策として電流が流れている場合があり、資材の材質にも配慮しなければならない。

### 2-6 地下埋設物等

消・融雪施設を設置する車道・歩道・駐車場等には、水道、電気、ガスなどのライフラインや光通信ケーブル等が埋設されているため、必ず事前調査を行うものとする。

#### 〔解説〕

消・融雪施設の設置時に、路盤を掘削する場合、あらかじめ所有者や管理者から埋設物を調査し、位置や規模を確認しておかなければならない。確認方法としては、図面による確認や試掘による確認方法があるが、立会のもと試掘により確認することが望ましい。また、必要に応じて地下探査機による確認も行う必要がある。

出典：[2-4]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P9～P10

## 2-7 交通量の把握

車道の消・融雪施設を計画する場合、日交通量を調査し種級を確認するものとする。

### 〔解説〕

計画路線における路面管理レベルを選定するにあたり日交通量を把握することは重要である。

## 2-8 機械除雪の実態(計画)

消・融雪施設の設置計画にあたっては除雪の実態を把握し、地域の実状等に応じた計画とする必要がある。

### 〔解説〕

除雪対策は、一般的に機械除雪が最も経済的であるとされている。一方で沿道状況・除雪体制・凍結防止・利用者の安全確保・地域の要望等の面から消・融雪施設を設置する箇所も少なくない。

特に市街地の道路が狭く家屋等が連担している区間で、機械除雪が困難な箇所に地下水利用の消・融雪施設を設置することが通例であるが、交通渋滞やスリップ事故が多発する交差点や橋梁部及び坂道等あるいは、市街地や通学路の歩道等でも施設の設置が進められている。

## 2-9 気象特性

消・融雪施設を計画する箇所の気象特性の調査項目は、概ね次のとおりである。

1. 各月別の日最低気温の平均値(12月～3月)
2. 時間降雪深
3. 降雪日数
4. 各月別の平均風速

### 〔解説〕

各データは、消・融雪施設を計画するにあたって、非常に重要な指標となる。したがって、計画箇所において気象観測点がない場合でも、周辺の気象データから計画地点の気象条件を推定する必要がある。調査期間は、近年の気象変動を考慮すると少なくとも10年分程度を収集することが望ましい。

#### (1) 各月別の日最低気温の平均値(12月～3月)

消・融雪施設が採用可能か判断をするほか、最低気温の平均月の値を用いて必要熱量の算定に利用する。

#### (2) 時間降雪深

1時間当りの消・融雪に必要なエネルギーを計算する根拠となる。

#### (3) 降雪日数

施設の稼働時間(概算の運転費用が算出できる)及び設置効果などが判断できる。

#### (4) 平均風速

気温の低い地域においては、風速が必要熱量に大きく影響するため、場合によっては現地観測も行うなど工夫し、推定することが望ましい。

出典:[1]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P10～P11

消・融雪施設の計画にあたっては、計画箇所でのどのようなエネルギーが得られ、どの程度の効果が期待できるか調査するものとする。

〔解説〕

消・融雪には、地下水・河川水・加温水・地中熱・電気等種々のエネルギーが使用される。

消・融雪施設の計画に当たっては、使用するエネルギーを先に決めることが通例である。したがって、使用できるエネルギーの種類・効果は計画にあたっての重要なポイントとなるので十分な調査が必要である。

なお、消雪施設では地下水を利用することが多いが、各地で地下水の取水規制等が行われているので、規制の内容等を常に把握しておく必要がある。

また、使用する水の温度が散水量、沿道環境および路面管理レベルに大きく影響する。真冬の水温は一般に次のとおりである。

- ① 地下水 10～18℃ (各地の井戸の実測値から)

(参考) 主な井戸資料より  
 新潟県の地下水温 12～18℃  
 富山県の地下水温 13～16℃  
 石川県の地下水温 13～15℃

- ② 河川水 0.5～5℃ (北陸地方整備局調査データから)
- ③ 用水 0.5～3℃ (北陸地方整備局調査データから)
- ④ 海水 6～10℃ (理科年表から)

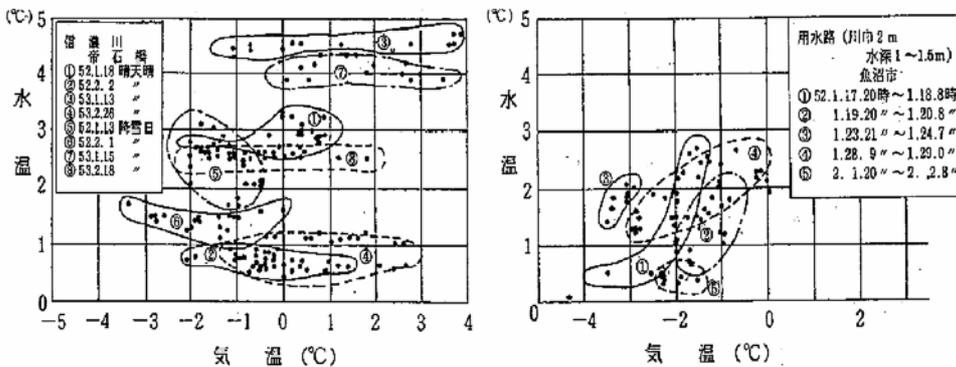


図4-2-2(a) 気温と河川気温・用水水温の観測例(北陸地方整備局)

河川水の利用

河川水を利用する場合は、河川法の認許可が必要であり、河川管理者に予め確認する必要がある。

2-11 車道の散水形態

車道の散水形態は、道路構造から決定するものとする。

〔解説〕

散水消雪施設の散水位置および散水形態は、次により区分する。

出典:[2-10]  
 路面消・融雪施設等  
 設計要領  
 (平成20年度版)  
 (H20.5) P11~P12

出典:[2-11]  
 路面消・融雪施設等  
 設計要領  
 (平成20年度版)  
 (H20.5) P36

(1) 分離帯の有無に伴う散水形態

散水施設を設置する車道は、中央分離帯により分離された多車線道路から市街地の幅員の狭い道路まで多種多様な道路がある。そのため車道消雪が均一かつ効果的に行われるために車道部については分離帯の有無により散水形態を区別する。

(2) 橋梁形式の散水形態

橋梁および高架橋の道路構造の場合では、路面凍結の可能性や施工性、構造面から散水形態を決定する。

(3) 路面勾配の変化に伴う散水形態

直線部から曲線部に移行する道路では、路面の縦断勾配よりも横断勾配の変化が散水施設の計画に重要な要素となってくるため、横断勾配の変化に伴う散水形態を検討する。

(4) 道路中央に設置する場合の路面区画線との位置関係

設置位置を明確にする。

(5) 交差点の散水形態

交差点は、道路管理者が同一である場合は交通量の多い道路、道路管理者が異なる場合には上位道路の必要箇所に優先的に設置する。

2-1-2 分離帯のない道路の散水形態

分離帯のない道路の散水形態は、概ね次によるものとする。

1. 1車線道路の散水位置は、路面勾配に応じ車道部の中央または路側とする。
2. 2車線道路の散水位置は、直線部にあっては車道の中央とし、片勾配部にあっては路面勾配の高い側の路側等に設置することを標準とする。  
なお、幅員の狭い道路では、維持管理面や施工時の交通規制から輪間散水の検討も必要である。
3. 多車線道路の散水位置は、直線部にあっては車道の中央とし、片勾配部にあっては路面勾配の高い側の路側に設置することを標準とする。  
なお、片勾配区間で低温水による散水の場合や排水側溝までの距離が長い場合は、均一な散水を維持するために重複散水の検討が必要である。

〔解 説〕

(1) 1車線道路

1車線道路で散水消雪の対象となるのは、主に家屋が連担する市街地の街路である。対象道路は、両側に排水側溝を有し路面も両勾配の場合がほとんどであるため、図4-2-2(b)のように車道部中央からの散水となるが、片勾配となっている区間では流水方向を考慮して図4-2-2(c)のように路側から散水を行うものとする。また、道路幅員が狭い道路で交通量が少ないと路面に均一に散水されず、融雪に利用されないまま排水側溝へ流れてしまうことがあるので、散水ノズルのピッチを狭くして数を増やすなどの工夫が必要である。

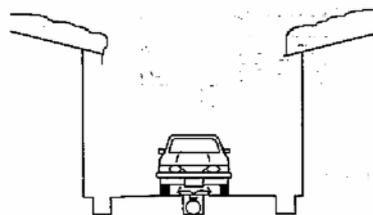


図4-2-2(b) 両勾配の道

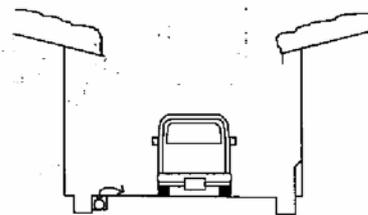


図4-2-2(c) 片勾配の道

出典：[2-12]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P36～P38

(2) 2車線道路

2車線道路の直線部は、両勾配であるため図4-2-2(d)のように車道中央からの散水を標準とし、散水が路面に均一に行き渡るように行う。図4-2-2(e)は片勾配区間の散水状態を示したものである。

なお、車道幅員が狭い道路では、散水ノズルが車両に踏まれることによる破損や施工時の交通規制等の問題もある。

したがって、車道幅員が狭い2車線道路では図4-2-2(f)のように片側車線の中央部に設置する輪間散水も検討する必要がある。輪間散水は、散水ノズルが踏まれる頻度が減り、施工時に片側車線が確保できるなどの利点が上げられる反面、散水施設が車両の輪間にあるために散水が均一になりにくいことや路面勾配の修正が必要である等の欠点もあるので計画にあたっては十分検討する必要がある。

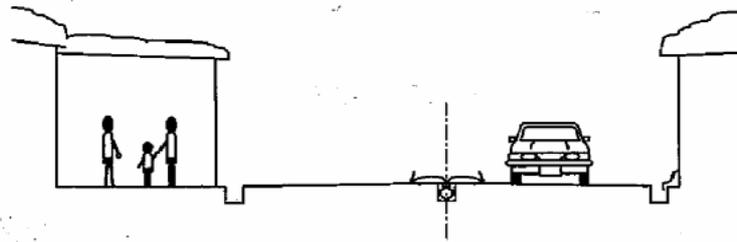


図4-2-2(d) 中央散水



図4-2-2(e) 路側散水

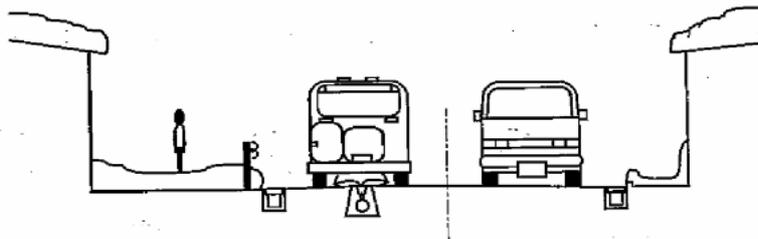


図4-2-2(f) 輪間散水

### (3) 多車線道路

多車線道路の直線部は2車線道路の場合と同様、図4-2-2(g)のように車道中央からの散水を標準とする。

片勾配区間で路側に設置した場合には、流下距離が長く水温の低下が大きくなり、また路面状態によって不均一な散水になり易いことから、図4-2-2(h)のように路側と道路中央から合せて散水を行う重複散水が有効である。

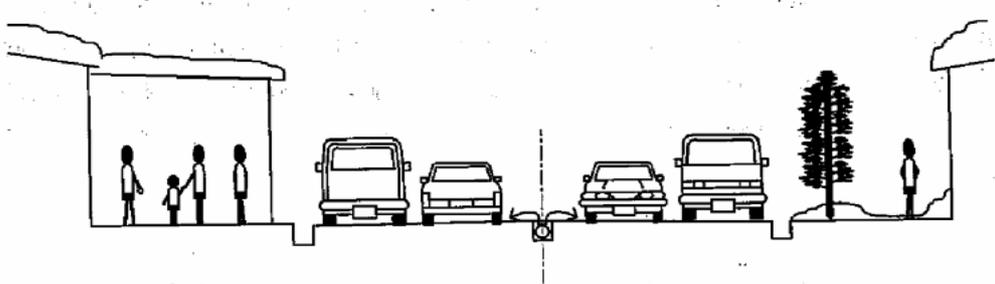


図4-2-2(g)中央散水

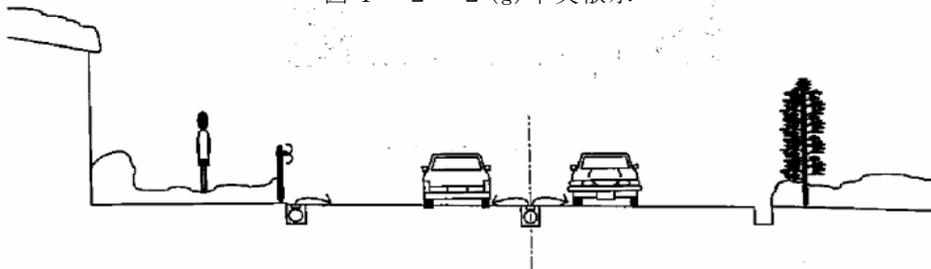


図4-2-2(h)重複散水

#### 2-1-3 分離帯のある道路の散水形態

分離帯のある道路の散水は、分離された車道それぞれで散水施設を設けるものとする。ただし、分離帯の構造によっては中央にまとめることができる。

##### 〔解説〕

分離帯は主として4車線以上の道路に設置されているが、2車線道路においても、交通の安全対策上分離帯に類する施設が設置されている区間もある。

分離帯のある道路では、分離帯により散水が妨げられることから、分離された各々の車線それぞれで散水施設を設置するものとする。

4車線以上の両勾配は図4-2-2(i)を、片勾配は図4-2-2(j)のような散水形態を標準とする。また、2車線道路で分離帯を利用する場合の散水形態は、図4-2-2(k)のようにする方法が一般的である。

出典:[2-13]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P39

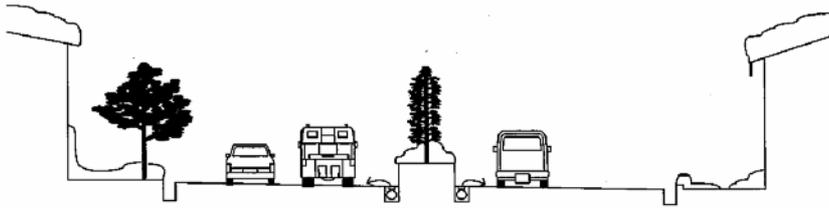


図 4-2-2 (i) 両勾配の道路

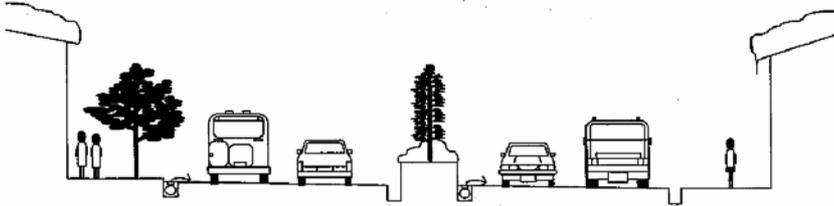


図 4-2-2 (j) 片勾配の道路



図 4-2-2 (k) 分離帯を利用した散水例

#### 2-14 橋梁の散水形態

橋梁や高架では、凍結を生じ易いことから路面勾配や散水の流下方向、さらに送水時の水温維持および排水性にも十分な検討が必要である。

なお、車道は舗装厚が薄く消雪施設が設置できないため、地覆および歩道端からの路側散水を原則とする。ただし、スラブ橋形式で橋面上に設置可能な場合は、中央散水としてもよい。

##### 〔解説〕

図 4-2-2 (1) は 2 車線道路の両勾配区間での実施例を示したものである。この場合は両路側から道路中央方向に向けての散水のため、横断勾配や散水距離などを考慮しておかないと均一な散水が期待できない。図 4-2-2 (m) は、2 車線道路の片勾配車線での実施例であり、横断勾配が十分でないとき湛水や凍結の恐れがあるため、排水方法を十分検討しなければならない。

なお、送水管および散水管とも運転停止直後に直ちに管内排水が行われるような措置を行うこととし、管内での凍結防止には十分注意する。



図 4-2-2 (1) 橋梁での路側散水例(両勾配)

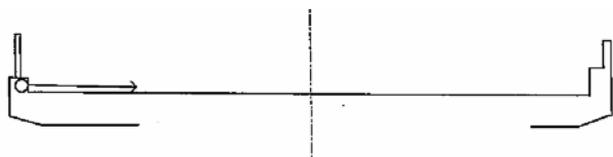


図 4-2-2 (m) 橋梁での路側散水例(片勾配)

出典：[2-14]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成 20 年度版)  
(H20.5) P40

2-15 路面勾配の変化と散水形態

路面勾配の変化による中央散水区間と路側散水区間との切り替えは、道路の横断勾配が水平となる地点で切り替えるものとする。ただし路面勾配などから散水が不均一となる恐れのある場合には重複散水の形態も検討する。

なお、重複して散水する区間の長さは片側幅員～全幅員程度とする。

〔解説〕

路面の横断勾配が変化する区間は、散水形態もこれに従って中央散水から路側散水へ変化させなければならない。一般に直線区間から曲線区間へのすりつけは図4-2-2(n) 図4-2-2(o)のような散水状態となるため、直線部の横断勾配が水平となるまで中央散水とし、その位置から路側散水とすることが望ましい。

図4-2-2(p)の場合には、散水位置の切り替え付近で幅員や路面勾配等の変化により散水が不均一になることがある。このような場合には切り替え付近のノズルピッチを狭めたり、図4-2-2(q)のように一部を重複散水の形態をとったりするなどの検討を行う必要がある。

なお、重複して散水する区間の長さは片側幅員～全幅員程度で十分であるが、全幅員が6m以上の箇所での重複散水は、区間長にこだわらず、必要な重複幅を決めても良い。

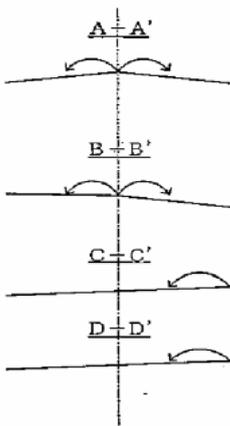


図4-2-2(n)  
路面勾配別の  
散水図

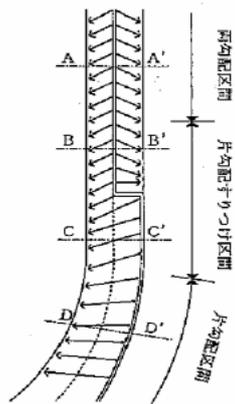


図4-2-2(o)  
路面勾配別の  
流水図

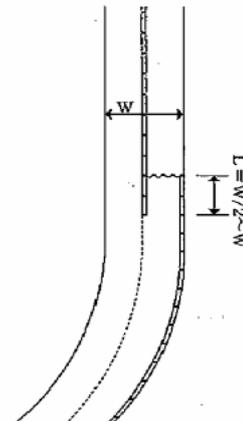


図4-2-2(p)  
重複散水の  
施工例

2-16 車道中央の区画線(センターライン)と散水施設の位置

散水消雪施設を道路の中央に設置する場合は、車道中央の区画線(センターライン)に沿って設置するものとする。

〔解説〕

2車線道路で中央散水方式とする場合には、車道中央の区画線(センターライン)と散水消雪施設との位置関係に注意する必要がある。散水消雪施設上に区画線を引いた場合、ペイントにより散水ノズル孔が詰まったり、区画線が断続的になったりして交通管理上や美観上も好ましくない。そのため道路中心を境に区画線と散水消雪施設を隣接して設置することが望ましい。

出典:[2-15]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P40~P41

出典:[2-16]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P41

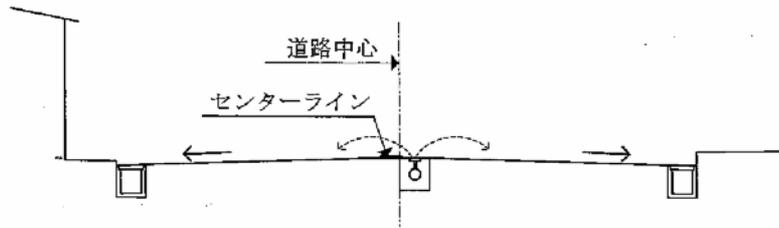


図4-2-2(q) 車道中央の区画線(センターライン)がある場合の散水管設置位置

2-17 交差点の散水形態

交差する各々の道路で散水消雪施設を計画する場合は、交差点内を主道路の散水施設で連続させ、従道路の散水施設は交差点内に設置しないものとする。

〔解説〕

交差点は、各々の道路を比較し交通量が多く、幅員の広い道路、または上位道路を主道路と考えれば良い(図4-2-2(r))。

多くの平面交差点では主道路の縦断、横断勾配で交差点が施工されているのに対し、従道路は交差点付近ですりつけ施工となっていることから、交差点内は主道路の散水施設を連続することとし従道路の散水末端は、概ね横断歩道の交差点内側とする。

なお、従道路の配管が主道路と同系統の場合でも交差点内は送水のみとし、散水は行わないものとする。

右折車線を設置する交差点では、ノズルの位置がタイヤのわだちと一致し、損傷が多くなるため、ノズル位置を車線境界上あるいは輪間に移動することも検討しなければならない。

また、横断歩道部の散水ノズルの選定には歩行者への配慮を検討する必要がある。

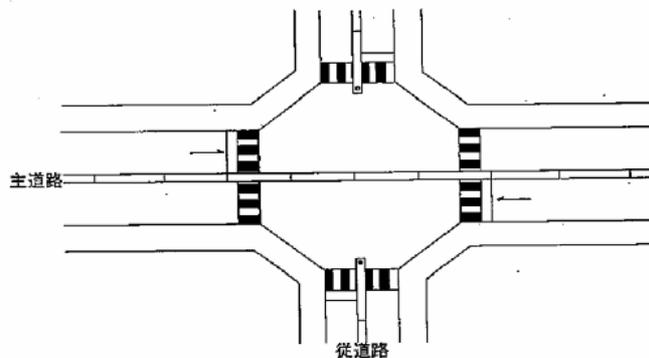


図4-2-2(r) 交差点内の配管図

2-18 歩道の散水形態

歩道の散水形態は、歩道構造と車道構造および除雪形態等を考慮して決定する。

1. 歩道の独立散水
2. 歩道と車道の兼用散水

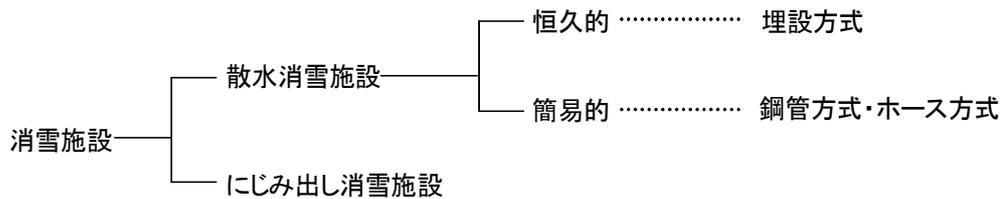
〔解説〕

歩道も車道と同様、路面の勾配や排水位置などから基本的な散水位置は決まるが、歩道の形態によって独立散水および車道との兼用散水に分けられる。なお、歩道の消雪水によって車道部の機械除雪による路肩堆雪も消雪される二次的効果が期待されるため、総合的な検討が必要である。

出典:[2-17]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P42

出典:[2-18]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P42~P45

歩道の散水施設の形態は、道路構造などから決まる他に、施設の管理や運営を地元協力とする場合(商店街等)や利用者が自ら設置する場合などがあり、その形態は多種多様にわたっている。歩道の消雪施設を分類すると下記のようになる。



① 恒久的方式

車道と同様の埋設方式による散水となる。散水高や散水量を自由に調整できる方式であるが、施設費がやや高価になる。

② 簡易的方式

直接路面に埋設したり路肩に置いたりした鋼管の穴から散水したり、ビニルホースを直接路面上に置き、ホースの穴から散水したりする簡易的な散水方式である。

施設費は安価で、移動や撤去が極めて容易であるが、散水量の調整ができず水量も不均一となり消雪が完全にできないため、どうしても散水量が多くなる。また、路面に鋼管やホースを置いた場合には歩行にも支障となる。

(1) 歩道の独立散水

1) マウントアップ構造

車道の勾配は歩道側へ、また歩道は車道側に低くなっているのが一般的である。そのため、歩道には、独自の施設を民地側に設置するものとする(図4-2-2(s))。

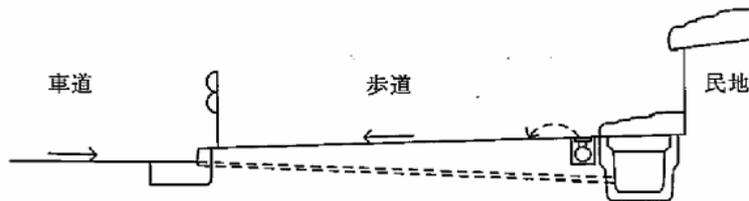


図4-2-2(s) マウントアップ構造

2) フラット構造

車道および歩道の勾配は民地側に低くなっているのが一般的である。車道部の消雪水による消雪では縁石ブロックが障害となるため、独自の散水施設を設置するものとし、位置は車道側縁石ブロック付近とする(図4-2-2(t))。

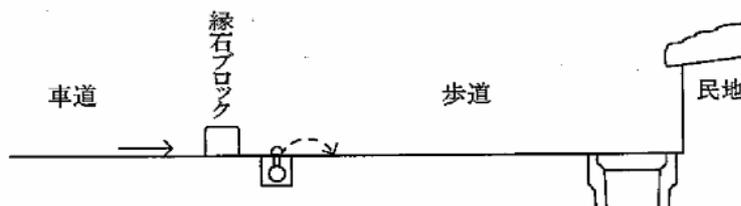


図4-2-2(t) フラット構造

## (2) 歩道と車道の兼用散水

市街地の幅員が狭い道路で車道と歩道の境界を、防護柵で分離している区間に多く採用される方式である。

両勾配の区間は、図4-2-2(u)のように車道の流水により歩道を消雪するものである。この方式は消雪水の節約となるが、防護柵が流水の障害となることから、特定の水みちができて消雪効果が大幅に低下する。そのため、選定にあたっては十分検討する必要がある。

片勾配の区間は、図4-2-2(v)のように車道と歩道の勾配変化点で散水すれば、車道と歩道で同時に効率的な消雪効果が得られるが、必要散水量やノズル数および歩道部の散水高などを十分検討する必要がある。また、図4-2-2(w)のように歩道が民地側に傾斜しているマウントアップの区間においても、同様なことが言える。

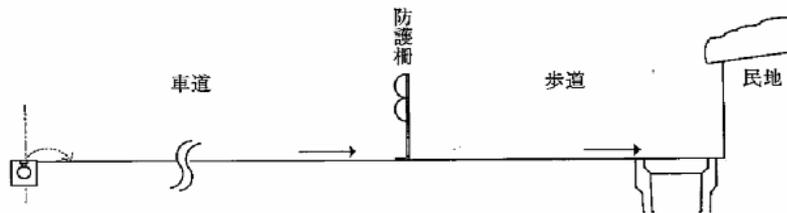


図4-2-2(u) フラット構造(中央散水)

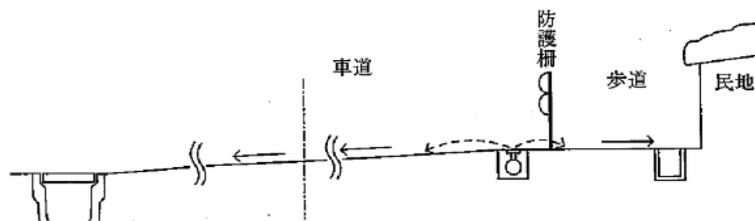


図4-2-2(v) フラット構造(路側散水)

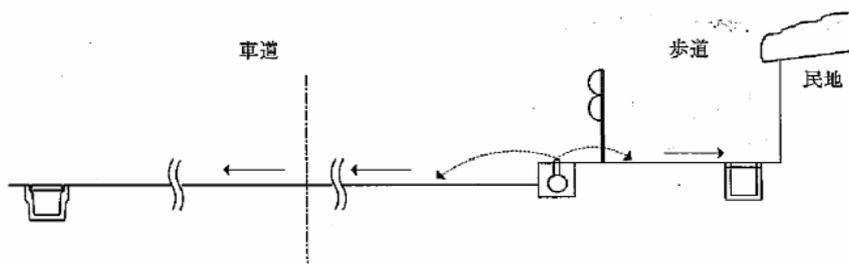


図4-2-2(w) フラット(路側散水)

## (3) その他

機械除雪によって路肩に堆雪された雪は、交通車両や歩行者にとって支障となる。そのため、歩道に設置する散水消雪施設の位置を少し変えて路肩に堆雪した雪を消雪しようとするものである。図4-2-2(x)は、路肩消雪の例として配管方法別の例を示したものである。

なお、この消雪方法は二次的効果に期待したもので積極的な消雪方法ではない。

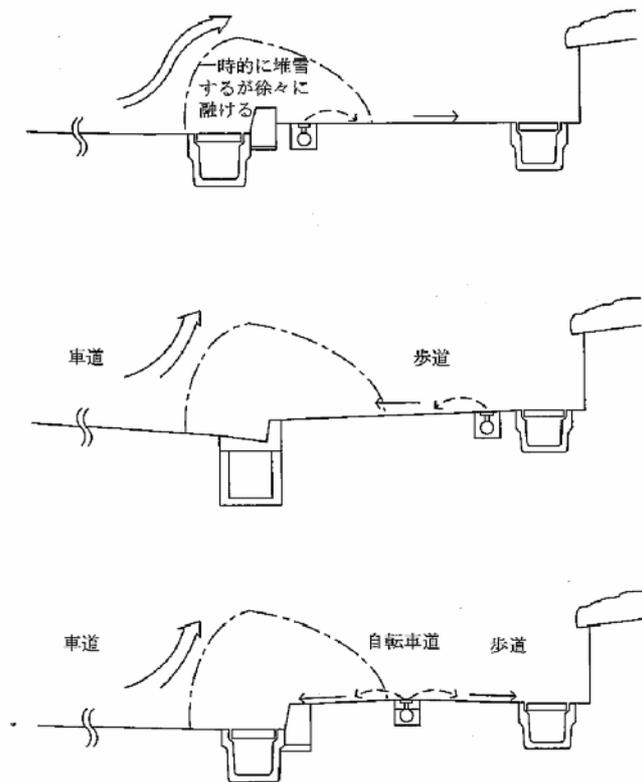


図 4-2-2 (x) 路肩消雪の例

#### 2-19 道路の附属施設の散水形態

道路の附属施設の消雪施設は、設置位置および形状などを考慮して計画する。

1. 本線車道に隣接し、直接利用される幅の狭い待避所・非常停車帯・チェーン着脱場および停留所(停車帯を含む)などの散水形態は、本線上の散水消雪施設と一連で計画することを原則とする。なお、チェーン着脱場などの大規模な施設は、別途施設を計画することが望ましい。
2. 本線車道に独立して設置される休憩施設(パーキングエリアまたはサービスエリア)では、施設・建物の位置や種類に応じ、独立した散水形態とする。

〔解説〕

##### (1) 待避所等

待避所などの散水形態は図 4-2-2 (y) 図 4-2-2 (z) のようにできるだけ本線の散水を導くようにするが、流下距離が長くなるとともに、路面勾配によっては散水が不均一となり易いことからノズルピッチを狭くしたり、本線と独立した配管を行ったりすることが必要である。

なお、チェーン着脱場やバス停留所などで独自の消雪施設が必要な場合には、乗降や作業する場所であることを考慮してノズル型式、散水高および排水性等を十分検討する必要がある。

出典：[2-19]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成 20 年度版)  
(H20.5) P46~P47

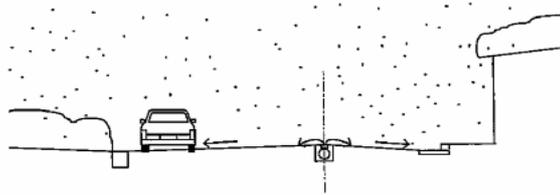


図 4-2-2 (y) 待避所の場合

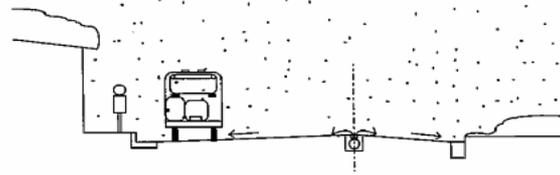


図 4-2-2 (z) バス停留所の場合

(2) 駐車場等

駐車場の消雪施設計画の留意点としては次のようなものがある。

- 1) 消雪施設では、均一な散水が不可欠であるが、駐車場は車両による水の攪拌が少ないため散水した水がそのまま均一に流れるように設計する必要がある。
- 2) 散水地点から流下距離が長すぎると、湛水や凍結の恐れがあるため、散水箇所や排水箇所を増すことを検討する必要がある。
- 3) 散水ノズル上に駐車車両のタイヤが来ることのないよう、散水位置と駐車ますの配置を考慮する必要がある。
- 4) 大規模な駐車場における重複散水は、流末で水深が増し歩行に困難を来たすことが多いため、3列以上の重複散水を行う場合には、排水施設の設置を検討する必要がある。
- 5) 大規模な駐車場では、散水消雪施設に適さない路面勾配となっている場合もあるため、路面勾配の修正も含めて総合的に計画を行う必要がある。

図 4-2-2 (z-1) は、駐車場の長辺に添って配管し散水する方法のものである。図 4-2-2 (z-2) は中央位置に配管して両方向に流下させる方法であるがいずれも路面勾配を考慮する必要がある。図 4-2-2 (z-3) は広い面積を有する駐車場の例である。この場合、一列のみの散水は末端での水温低下が大きく、流水も均一になりにくいことから数列に分けて散水する必要がある。一般に地下水による散水の場合、流量が  $0.3 \sim 0.4 \text{ L/min/m}^2$  で散水温  $10^\circ\text{C} \sim 15^\circ\text{C}$  であれば、概ね 6m を限度として計画して問題はない。

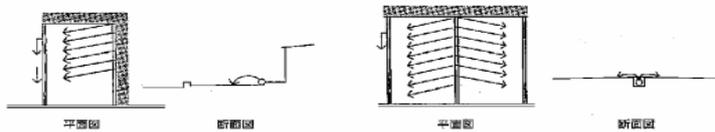


図 4-2-2 (z-1) 小規模な駐車場で片方向散水例

図 4-2-2 (z-2) 小規模な駐車場で両方向散水例

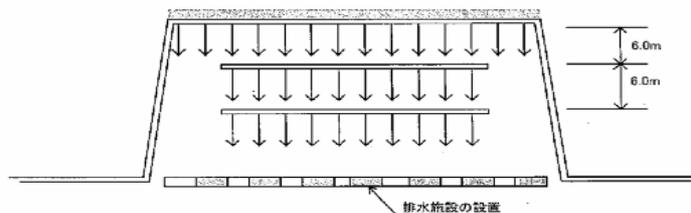


図 4-2-2 (z-3) 大規模な駐車場

2-20 散水消雪施設における最大消雪幅員

車道部や歩道部、駐車場等の散水形態は中央・路側・重複・輪間などあるが散水管の受け持つ最大消雪幅員として表4-2-2を目安にする。

出典：[2-20]  
路面消・融雪施設等  
設計要領  
(平成20年度版)  
(H20.5) P48

表4-2-2 散水消雪における最大消雪幅員

散水箇所	散水形態	最大消雪幅員 $W_1$ (散水管の受け持つ幅)
車道(土工)	中央散水	$\leq 10\text{m}$
	路側散水	$\leq 8\text{m}$
	重複散水	8~10m
	輪間散水	$\leq 6\text{m}$
車道(橋梁)	路側散水	$\leq 6\text{m}$
歩道	路側散水	$\leq 6\text{m}$
駐車場	中央散水	$\leq 8\text{m}$
	路側散水	$\leq 6\text{m}$

### 3. 基本条件の検討(標準)

#### 3-1 使用水源の選定

使用水源の選定にあたっては、事前に現場条件について十分な調査を行い、必要散水量に対して余裕のある水量が安定して確保できるよう計画しなければならない。

##### [解説]

消雪設備に利用可能な水源としては地下水、河川水、その他が考えられるが、選定にあたっての留意事項は、それぞれ次のとおりである。

##### (1) 地下水の利用

地下水を利用する場合は、取水施設の設置及びその維持管理にかなりの経費を要するが、水量の確保の面では一般的に水道について安定度が高い。

しかし、地下水のくみ上げは地盤沈下や既設井戸の水枯、濁りなどの原因となることがあるので、地域の事情をよく認識のうえ計画する必要がある。

設計手順、計算例等の詳細は、路面消・融雪施設等設計要領(平成20年5月) P51~P63 に記述されているので参照の事。

##### (2) 河川水の利用

河川水を利用する場合は、河川法の認許可が必要であり、河川管理者に予め確認する必要がある。

設計手順、計算例等の詳細は路面消・融雪施設等設計要領(平成20年5月) P64~P70 に記述されているので参照の事。

次頁に、代表的な取水方式を示す。

#### 3-2 使用熱源の選定

使用熱源の選定にあたっては、事前に現場条件を十分調査し、必要熱量に対して得られる熱容量や経済性、環境負荷等を総合的に判断して計画しなければならない。

##### [解説]

利用可能な熱源としては、化石エネルギー、ローカルエネルギー、自然エネルギーが上げられるが、選定に当たっての経済性や環境条件を充分留意する必要がある。

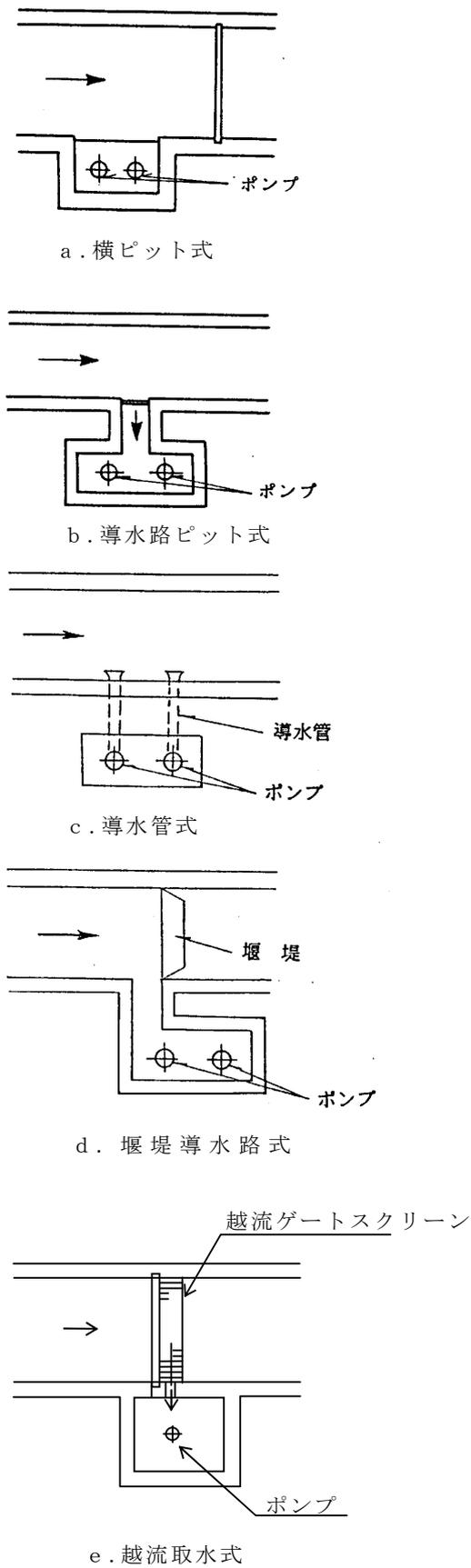


図 4-2-3 (a) 河川水の取水方式

### 3-3 必要散水量の算定

消雪設備の散水量は、水源、気象、交通、環境等各条件を調査し、決定するものとする。

〔解説〕

取水施設から供給された水を路面に効率よく散水させる必要がある。

そのための散水量は、気象条件、利用水の水温、交通条件道路状態等を考慮し施設全体の必要総散水量及び単位面積当たりの必要散水量は次式により算定する。

$$Q = q \cdot L \cdot W \cdot 10^{-3}$$

$$q = \frac{h_s \cdot \rho (334 + 2.1 \cdot |t_s| + 4.2 t_2)}{6 \cdot \alpha \cdot K \cdot 4.2 \cdot (t_1 - t_2 - t_r)}$$

- Q : 必要総散水量 (m<sup>3</sup>/min)
- L : 消雪延長 (m)
- W : 道路幅員 (m)
- q : 単位面積当たり必要散水量(L/min・m<sup>2</sup>)
- h<sub>s</sub> : 設計時間降雪深(cm/h)
- ρ : 設計対象降雪密度(g/cm<sup>3</sup>)
- t<sub>s</sub> : 降雪の温度(°C)
- t<sub>1</sub> : 散水するときの温度(散水温°C)
- t<sub>2</sub> : 散水された水が側溝に落ちるときの水温(末端水温°C)
- K : 融解係数
- α : 車両通行による攪拌効果係数
- t<sub>r</sub> : 車両通行による水温低下(°C)

#### (1) 設計時間降雪深

設計時間降雪深は、地域性があるので特別な場合を除き、既往降雪データ等により、消雪水準を定め決定する。

##### 1) 設計時間降雪深 h<sub>s</sub>

設計時間降雪深は、概ねの値として次式により算出することができるが、地域性があるので計画地区での既往日降雪データ、消雪水準等により決定する。

$$h_s = 0.425 \cdot H_m^{0.7}$$

ここに、h<sub>s</sub> : 設計時間降雪深(cm/h)

H<sub>m</sub> : 平均日降雪深(cm/d)

なお、設計時間降雪深の決定にあたっての手順を(2)に示す。

##### 2) 計画地区での既往日降雪データより、累計相対頻度 80%の日降雪深を抽出できる場合は次式より算出する。

$$h_s = 0.32 \cdot H_s^{0.7}$$

ここに、h<sub>s</sub> : 設計時間降雪深(cm/h)

H<sub>s</sub> : 日降雪深(cm/d)

##### 3) 設計時間降雪深の算定手順

設計時間降雪深は、地域性があるので計画地区での日降雪データ及び消雪水準より決定する必要がある。図4-2-3(b)に設計時間降雪深の算定手順を示す。

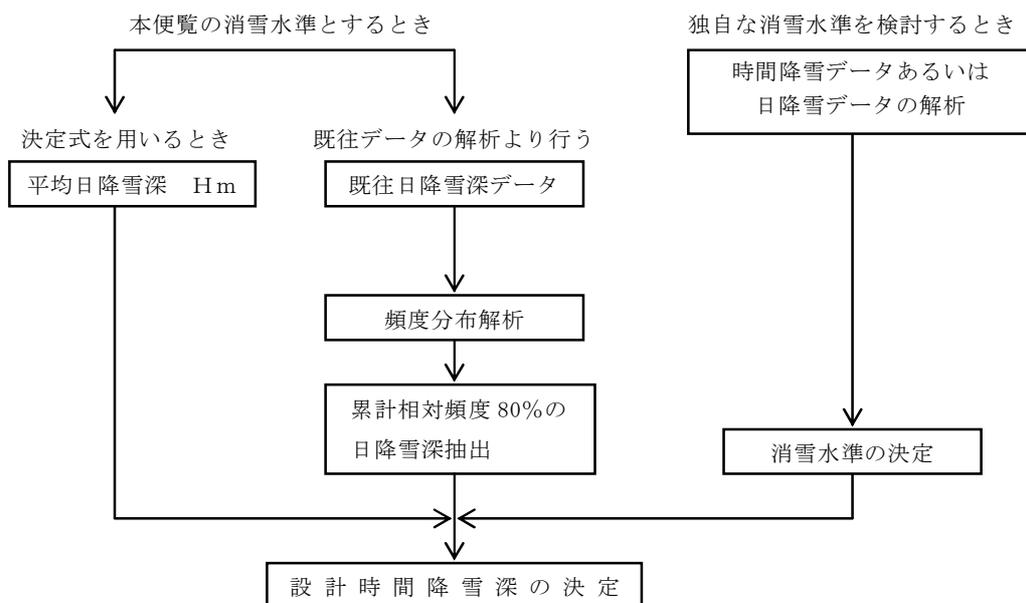


図 4-2-3 (b) 設計時間降雪深  $h_s$  の算定手順

(2) 降雪の密度

雪の密度は、「設計要領」の P.23 参照。

降雪の密度  $p_s$  ( $g/cm^3$ )

気温(°C)	時間降雪深 (cm)	
	0~2	2~4
0°C以上	0.10	0.09
0~-5°C	0.08	0.07
-5°C以下	0.07	0.06

なお、降雪時の気温と時間降雪深を整理したもので、降雪の密度の目安である。

(3) 降雪の温度

雪の温度は、外気の影響を受けて  $-6^{\circ}C$  ぐらいまで観測された例があるが、雪の比熱が融解潜熱に比べ極端に小さいので、観測結果による場合を除き、 $t_s = 0^{\circ}C$  程度としてよい。

(4) 散水温度

散水温度は普通、地下水の場合は取水温度より  $1^{\circ}C$  程度の温度低下を加味し設計する。しかし、井戸地点から末端までの距離が長い場合は別に考慮する。河川水の場合は取水温度が低いため取水温度のままとする。

(5) 散水された水が側溝に流れ落ちるときの水温

散水された水が側溝に流れ落ちるときの水温(末端水温)は、地下水の場合一般的には散水温度と  $10^{\circ}C$  程度の温度差で設計されれば、その目的を達成しているようであるが、外気温度、風速、散水量、散水温度などによって異なるので、設計にあたっては現地の諸条件を加味して行うべきである。

井戸水の場合は、側溝に流れ込むときの末端水温は  $0^{\circ}C$  が理想的であるが、余裕を見込んで  $2^{\circ}C$  程度の計画が望ましい。

また、河川水の場合散水温が低いので  $0^{\circ}C$  程度とする。

(6) 融解係数

融解係数は特別な場合を除き、気象及び水温条件を用いて適切な値を決定すべきであるが、的確な算定方法はまだ研究段階にある。水源における取水量に余裕があるときは概ねの値として表4-2-3(a)の値を用いることができる。

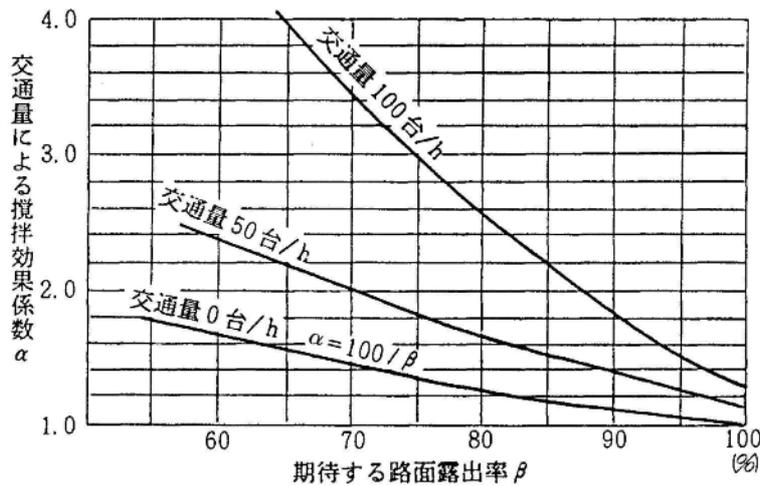
表4-2-3(a) 融解係数 K

地域 水源	海岸・平野部	山間部
地下水	0.7	0.8
河川水	1.6	1.8

(7) 車両通行による攪拌効果係数

車両通行による攪拌効果係数は、交通量及び期待する路面露出率 $\beta$ (%)によって図4-2-3(c)により求められる。なお、路面露出率 $\beta$ (%)は一般的に車道の場合70%以上とする事が望ましい。

「設計要領」のP.29参照。



注) 1. 交通量は時間当たり、往復合計

図4-2-3(c) 交通量による攪拌効果係数

(8) 車両通行による水温低下

車両通行による水温低下は、交通量及び散水量の条件に応じて決定しなければならないが、交通量が少ない場合には概ねの値として地下水の場合 0.5~1.0℃、河川水の場合 0℃とすることができる。なお参考として図 4-2-3 (d) に同条件下 (気象、散水量、散水温) における実験道路での末端水温  $t_2$ 、これに接近した車両通行道路での末端水温  $t_2'$  の差  $t_r = t_2 - t_2'$  を示す。

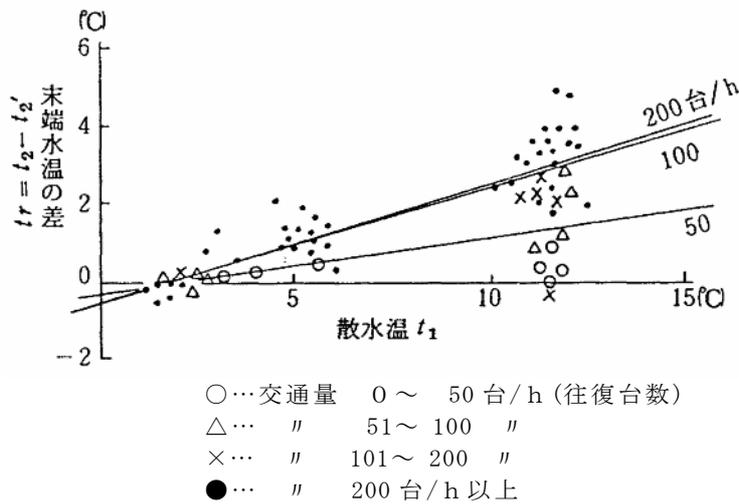


図 4-2-3 (d) 交通量による末端水温の低下

3-4 排水処理

(1) 排水計画

消雪を実施する道路の排水構造は、散水及び消雪水を滞ることなく流下させるものでなければならない。

[解説]

消融雪を実施する道路の構造は夏期の降雨を対象とした構造と大きく変わるものでないが、散水の場合は路面に均一に流下させて消雪の効果を高めるとともに、消雪水が路面に滞水し不完全消雪や凍結の障害を防止するものである。

(2) 排水量

計画排水流量の算定にあたっては、雨水と消雪水量等を考慮し算定するものとする。

[解説]

計画排水流量は、雨水流出量と降雪期間における消融雪水量のいずれか大きい方で決める。

ただし、消雪水量は次式によって算定してよい。

$$Q_s = 2 \times 10^{-5} \cdot q \cdot a$$

$Q_s$  : 消雪水量 ( $m^3 / s$ )

$q$  : 単位面積当り必要散水量 ( $L / m^2 \cdot min$ )

$a$  : 消雪対象面積 ( $m^2$ )

消雪水量の算定式は、消雪水量は散水量の 20% 増として考えた式であり、十分余裕をもっているが、一般には雨水流量の方が大きいので、留意して検討する必要がある。また、雨水流量の算出にあたっては「道路土工-排水工指針」によることを基本とする。

### 第 3 節 設 計

#### 1. 設計一般(標準)

消雪設備は、取水施設と散水施設に大別される。

取水施設は、設置地点の種々状況を勘案し関係法令を守って必要水量及び水圧の安定確保を行えるように、また散水施設は道路等の構造、交通状況、沿道状況に応じて路面上の消雪を効果的に行えるよう計画しなければならない。

#### 〔解 説〕

ここで扱う消雪設備とは、井戸または河川より取水し路面に散水するまでの施設をいう。

消雪設備を設計するに当たって最も重要なことは、消雪に必要な水の安定確保である。

その水源としては地下水と河川水とがあり、一般的には水温の高い地下水が有利であるが、安定水量や種々制約等を調査して選択しなければならない。

次に水源で得られた水温を大きく低下させず、かつ路面の消雪、排水を効果的に行うことである。そのためにはできるだけ満遍なく散水することが必要であり、散水ノズルを等ピッチで設け、各ノズルから等流量を噴射させる方式が有効である。これらの散水方式は種々考えられており、施設の規模、沿道条件及び道路の構造等に応じ適切に選択することが必要である。

なお、消雪設備の主要部分の名称は次図によるものとする。

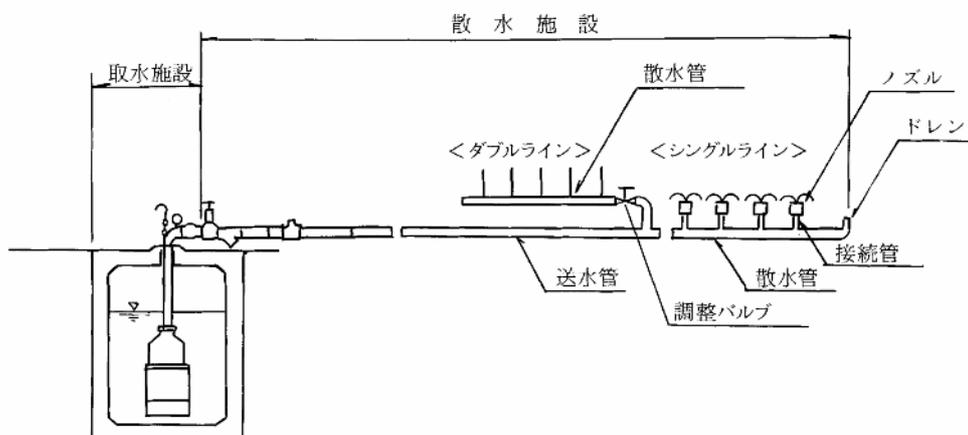


図 4 - 3 - 1 散水融雪設備の主要部分の名称

## 2. 取水施設(標準)

取水施設の構造は、使用水源により異なるが、所要の水量及び水圧が確保できるよう設計しなければならない。

〔解説〕

取水施設の構造は、使用水源により次のように分類できる。

### 地下水の場合

取水井戸 ——— 送水(揚水)ポンプ ——— 送水管

### 河川水使用の場合

河川取水の計画・設計にあたっては、河川の水質、環境、経済性を考慮するものとする。

#### (1) 横ピット取水

河川 ——— 受水槽 ——— 送水ポンプ ——— 送水管

#### (2) 導水路ピット取水

河川 ——— 導水路 ——— 受水槽 ——— 送水ポンプ ——— 送水管

### 2-1 取水井戸の設計

取水施設の構造は、使用水源により異なるが、所要の水量及び水圧が確保できるよう設計しなければならない。

〔解説〕

井戸の設計諸元は、地下水に関する諸データを収集し、帯水層の厚さや位置を推定し、概略の取水可能量を求める。消雪に必要な水量が得られない場合には、さく井場所を変えて再検討することになる。また、資料不足等で推定困難な時は、試掘あるいは電気探査等を実施して、帯水層の厚さ、深度等を調べ水源としての可能性を判定しなければならない。

これらの一連の手順を示したものが図4-3-2(a)である。

取水可能と判断された場合は、井戸の規模を決め、取水可能な帯水層を推定し、取水規則等も勘案の上、位置を決定する。さらにストレーナの位置、長さ、種類は土質柱状図、スライム、電気検層図、周辺井戸の状況等の資料をもとに決定する。

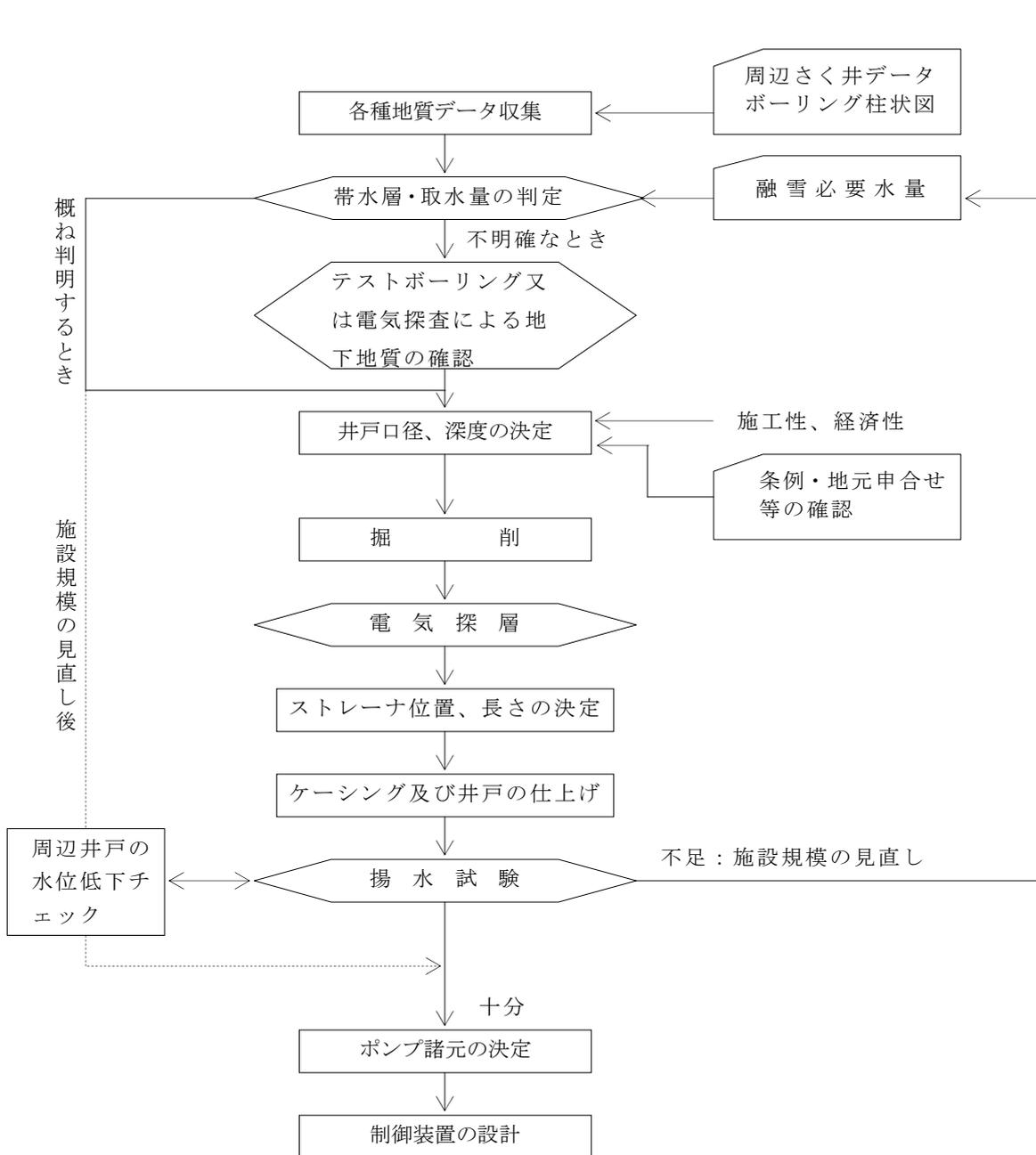


図 4-3-2(a) 井戸構造の決定手順

(1) 井戸の種類

道路の散水用として一般に使用される井戸は図4-3-2(b)で示した。

(2) 井戸口径、深度

取水施設の計画地点における地層構造及び使用ポンプ種別、あるいは掘削工法から井戸口径及びストレーナでの吸込流速を仮定し、必要ストレーナ長さを算出する。井戸口径とストレーナ長さの関係は次式で表される。

$$B = \frac{Q}{\pi \cdot L \cdot v}$$

但し、B : 井戸口径(cm)

Q : 供給水量(cm<sup>3</sup>/s)

L : 井戸ストレーナ長さ(cm)

v : 井戸ストレーナを通過する水の見掛け流速(cm/s)

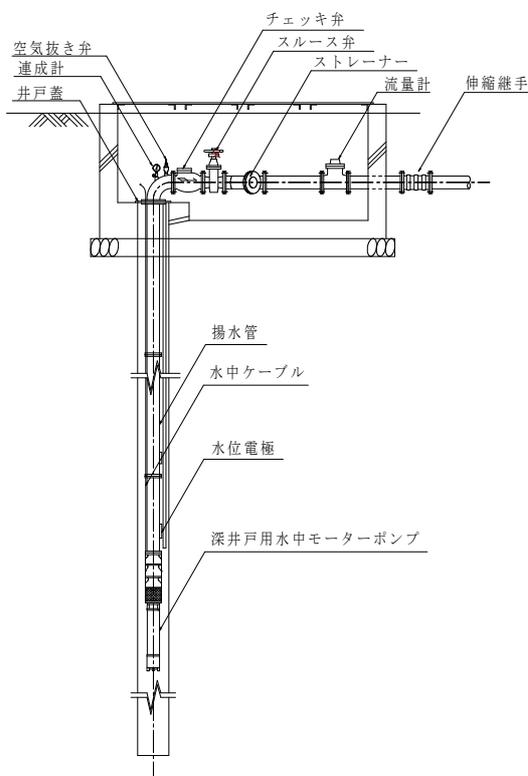


図4-3-2(b) 代表的な取水井戸

水の見掛け流速  $v$  はストレーナの目づまりを防止するため帯水層の砂粒径によって決定されるが、資料等から推定し、掘削中のサンプリングにより、決定することが望ましく、次の範囲を採用する。

- 1) 帯水層の砂の60%が1mm以上のときには  $v < 0.2 \text{ cm/s}$
- 2) 帯水層の砂の40%またはそれ以上が0.5mm以下のとき  $v < 0.1 \text{ cm/s}$
- 3) 帯水層の砂の40%またはそれ以上が0.25mm以下のとき  $v < 0.05 \text{ cm/s}$

尚、井戸口径  $B$  の決定にあたっては次の2点についても十分に留意しておかなければならない。

- ① 帯水層が岩盤または玉石混りで堅硬なときには、掘削工法上重力の大きいビットを使用しなければならない。そのために必然的に最少かつ経済的な井戸口径が選択される。
- ② 水中モータポンプ口径に対する井戸口径は表4-3-1を標準とする。最小井戸を用いるときは、ポンプ周辺の流速が大きくなり機器の摩耗を早めることにもなるので、前項のような条件のとき以外は標準井戸によることが望ましい。

表4-3-1 ポンプ仕様と井戸形状

ポンプ仕様			標準井戸形状	
吐出口径 (mm)	モータ出力 (kW)	ポンプ胴径 (mm)	ケーシング 呼び径(mm)	ビット径 (mm)
65	2.2~11	140 ~ 143	200	<u>350</u>
80	5.5~22	186 ~ 187	250	<u>400</u>
100	7.5~22	186 ~ 192	250	<u>400</u>
125	11.0~37	230 ~ 239	300	<u>450</u>
150	11.0~37	258 ~	300	<u>450</u>

一般に、ビット径に対して実際の掘削径は5cm程大きくなる。また、地下水位を観測するために側管を設けたり、帯水層中の砂分が微粒なため十分なる過が望めぬときは、さらにビット径を大きくすることがある。井戸の深度は最深のストレーナ位置までとなるが、ストレーナ下部に5~10m程度の砂溜り管を必要とすることから、これを加えたものを見込んでおく必要がある。

なお、ポンプをストレーナのスリット加工部におくと、砂の吸出しを受けるので同一の深さにならないようにストレーナの上部または中間部におくようにする。なお、ストレーナが1箇所ではポンプをその上部におけないときはストレーナ下部にポンプをおき、砂溜り部はポンプ下5~10m程度を確保する。

口径や深度は以上のように既往の資料あるいは地表探査等から概略決定して井戸の掘削に移ることになる。掘削後の孔内検層により、当初の深度では必要な取水量が得られない場合、さらに掘削して深度を増すことは可能であるが、口径を拡大することは施工上種々な問題があり、当初の決定を慎重に行うことが重要となってくる。

### (3) ストレーナ位置と構造

掘削後、地層の性質、帯水層位置の詳細を知るため、孔内の検層が行われる。このうち電気検層は水平探査を応用した最も一般的な物理探査の一つである。

電気検層の結果は図4-3-2(c)のように表され、帯水層の位置が相対的に確認される。淡水を含む良好な帯水層は高比抵抗を示し、自然電位は(+)側に移行する。塩水を含む帯水層の比抵抗は淡水の場合に比して低下するが、隣接する粘土層の比抵抗値よりは高く、かつ自然電位は(-)側に移行する。

以上のことから帯水層の評価、対比及び地下水水質の変化を把握することができ、図4-3-2(d)に示すようにストレーナ位置を決定することができる。

ストレーナの構造は各種のものが考案されており、図4-3-2(e)に示すものが一般に使用されている。ストレーナは地層構造、砂粒度等の条件によって開孔率(孔明率)\*及びスリット、スロットサイズを適宜選定することが必要である。表4-3-2は各ストレーナ型式の構造概要と標準的な開孔率、スリット、スロットサイズを示したものである。

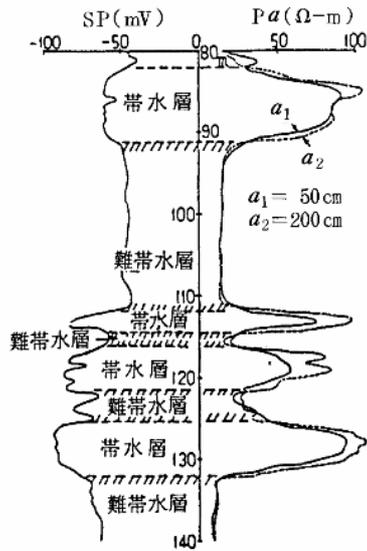


図 4-3-2(c) 電気検層結果と帯水層の判定(例)

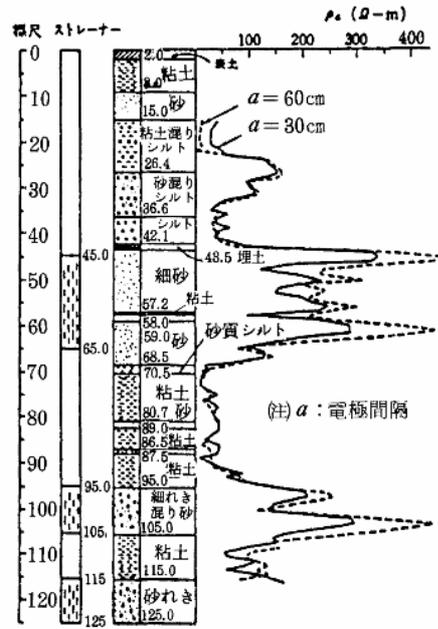


図 4-3-2(d) さく井地質柱状図、電気検層結果とストレーナ I 図(例)

表 4-3-2 ストレーナの構造比較

型 式	構 造	開孔率*	スリットスロット サイズ
巻 線 型	ケーシングに丸孔をあけ、その周囲に枕線を置き梯型線を巻く。	14~30%	0.5~2 mm
クラベル型	クラベルを合成樹脂で被覆し、丸孔をあけたケーシングに固着。	15~20%	
水平連続V スリット型	ケーシングと同径の枕線にV型のステンレス鋼を巻きつけたもの。	20~40%	0.5~2 mm
FRP	原管に丸孔加工を施し、外側に樹脂製のリングを積み重ねた物、リングとリングの間に、一定の隙間が設けられている。(注)：FRPM(強化プラスチック複合管)は、中間部に樹脂モルタル層を配したもので、最近事例が多い。	19~20%	1~2mm

(地層によっては防砂網を巻く事がある。)

\*開孔率(又は孔明率)とは、ストレーナ部分のパイプ全表面積に対するスリット・スロット面積の比率をいう。

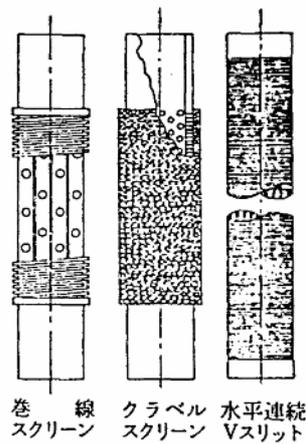


図 4-3-2 (e) ストレーナの構造

## 2-2 取水槽の設計

取水槽は、流入量を考慮のうえ使用水量に対して十分な容量を確保できるとともに、塵芥、砂泥の処理や河川、道路等の構造物との関連について十分考慮した設計にしなければならない。

### 〔解説〕

(1) 水槽の容量は、使用水量と流入水量によって決まる。

すなわち、流入水量が使用水量を上回る場合は

- 1) 送水ポンプの寸法
- 2) ポンプ運転開始時の水位低下
- 3) 除塵及び落葉対策
- 4) 沈砂を考慮した容量でよいが、使用水量に対して流入水量が少ない場合は上記に加えて以下の事項を考慮して決定する必要がある。
- 5) 取水堰による河川水位の嵩上げ
- 6) 回収水の再利用
- 7) 1回当たりの運転時間及び運転間隔

(2) ポンプ槽の最小容量

流入側スクリーンの目詰まり等で流入量が減少した場合、ポンプ槽が小さいとポンプは起動・停止の頻度が多くなり故障の原因となる。

ポンプを保護するために、ポンプ槽の容量を最低連続運転時間より決定する。

流入量がポンプ吐出量の半分のときの運転周期が最短となり、始動・停止の頻度が最も高くなる。この場合でもポンプが支障なく運転できるような T (min) を与え、ポンプ槽の最小有効容量 V<sub>min</sub> を求めると、

$$V_{\min} = \frac{Q_p \times T}{4}$$

ここに、V<sub>min</sub> : ポンプ槽の最小有効容量 V (m<sup>3</sup>)

Q<sub>p</sub> : ポンプ吐出量 (m<sup>3</sup>/min)

T : ポンプの運転周期時間 (min)

となり、ポンプ槽の有効容量はV<sub>min</sub>以上になるように計画する必要がある。この場合ポンプの運転・停止の時間は共に同一となる。

$$t_1 = t_2 = \frac{T}{2} = \frac{2 \times V_{\min}}{Q_p}$$

ここで、T：運転周期は、ポンプ形式、ポンプ口径などによっても異なるが、標準5分とする例が多い。

(3) 河川水には塵芥が浮遊している。これが取水槽内に入ると、送水ポンプストレーナの目詰まりや散水孔の目詰まりを生じ、正常運転が困難となる場合がある。従って、これらを防ぐための対策が必要である。表4-3-2(c)に消雪設備用の除塵装置を概説した。これらのうちから、取水しようとする河川の規模、地形及び塵芥量等を考慮して選定する必要がある。

表4-3-2(c) 消雪設備用除塵装置

形 式	設置位置	動 力	スクリーン形状	用 途	図
バースクリーン	取水口	固 定	平 鋼	大中塵芥防止	f
ネットスクリーン	〃	〃	金 網	中小 〃	g
ロータリーレーキ式	取水口 導水路	電 動	平 鋼	大中塵芥防止	h
ロータリーネット式	取水口 導水路	〃	金 網	中小 〃	i
ロータリードラムスクリーン式	導水路	〃	〃	中小 〃	j
ディスクバースクリーン式	〃	〃	ディスク板	中小 〃	k
傾斜ウェッジワイヤースクリーン式	〃	無動力	ウェッジワイヤー	中小 〃	l
越流ゲートスクリーン	河川内	無動力	ウェッジワイヤー	大中小塵芥防止	m
掃流形防塵スクリーン (ディスクスクリーン)	取水口	電 動	ディスク板 (円盤)	大中小塵芥防止	n
サイクロン式 スクリーン	ポンプ 吐出口	無動力	多孔板	大中小塵芥防止	O
逆流オートスクリーン	ポンプ 吐出口	電 動	スリット (円盤)	中小塵芥防止	P

各除塵設備の特徴を以下に記す。

図4-3-2 (f)：バースクリーン

河川や溜池よりの取水口に設け、取水槽に大中の塵芥流入を防止する。枠と格子で構成され、予想塵芥の大きさに格子幅を決める。スクリーン通過後の水は送水には不向きなので再度別の細目スクリーンで除塵の必要がある。目詰まり時は人為的に塵芥除去する必要がある。

図4-3-2 (g)：ネットスクリーン

中・少容量の取水で河川の取水口並びに貯水槽の入口などに設ける。中小の除塵に適し、細目ネットによってはスクリーン通過後の水は直接送水される。目詰まり時は人為的に塵芥を除去する必要がある。

図4-3-2 (h) : ロータリーレーキ式除塵機

主に河川の取水口、導水路に設け、大中の浮遊塵芥を除塵するもので、格子に引掛かった塵芥をレーキ(くま手)で電動駆動のチェーンにより連続的に掻揚げ除塵する。格子の目幅は予想塵芥で決める。塵芥はベルトコンベヤで搬送する。通過水は再度細目除塵の必要がある。

図4-3-2 (i) : ロータリーネット式除塵機

主に河川の取水口、導水路に設け、中小の浮遊塵芥を除塵するものでレーキとネットに掛かった塵芥を電動駆動のチェーンにより連続的に掻揚げ、上部で噴射水により排塵樋に落とす。従って噴射水用の施設が別に必要になる。通過水はそのまま送水に使用可能である。

図4-3-2 (j) : ロータリードラムスクリーン式除塵機

主に導水路か、貯水槽の入口に設け中小塵芥除去用である。構造はドラム状の枠に金網のネットを巻いた筒内に原水を取り入れ、原水が外周に流れる際にネットに塵芥が掛かるのでその塵芥を噴射水で除去するものである。尚ドラムは電動により微速回転する。

付属設備そして噴射水施設が別に必要となる。通過水はそのまま送水に使用可能である。

図4-3-2 (k) : ディスクバースクリーン式除塵機

主に導水路か、貯水槽の入口に設け中小塵芥除去用である。構造はドラム状の枠に格子状のドラムスクリーンを細目に配し、外周より原水を取り入れ内筒に流入する際に外周に引き掛かった塵芥を電動でドラムを回転する時にスクレーパーで自動的に掻き取る。通過水はそのまま送水に使用可能である。

図4-3-2 (l) : 傾斜ウェッジワイヤースクリーン式除塵機

主に導水路か、貯水槽の入口に設け中小塵芥除去用である。構造は取水ポンプ等で送水された原水を機器の高所から傾斜スクリーンの前面に流下させ、塵芥と水分を分離させる。水分は流出管から自然流下し、塵は順次ずり落ちるので人為で処理が必要である。通過水はそのまま送水に使用可能である。

図4-3-2 (m) : 越流ゲートスクリーン

スクリーンが稼働堰と一体となったもので、必要な時だけ河川を堰止めて取水するものである。スクリーンは、傾斜ウェッジワイヤースクリーンで、落ち葉や雪塊等の浮遊する塵芥は、余剰流水と共に、スクリーン上を通過する構造である。

図4-3-2 (n) : 掃流型防塵スクリーン(ディスクスクリーン)

河川の取水口に設け大中小の浮遊塵芥を河川側に掃流(押し出す)し、2次側はスクリーン通過塵程度の水を得るスクリーンである。構造は薄板の円盤を重ねたものを取水量に合わせて重設し、河川の流下方向に向けて同方向回転させることにより塵芥は下流に流れ去る。スクリーン目幅は、円盤の重ね間隙である。

図4-3-2 (o) : サイクロン式スクリーン

用途としては送水ポンプの吐出口か貯水槽の取り入れ部に設け、中小の塵芥は除去可能である。原理的には流入管と流出管の位置を変心させることにより、水の旋回流を発生させ、旋回流自身で塵芥を分離すると共に、こし網に付着した塵を剥離させる。ごみは時々人が抜いてやる必要があるが、タイマーによる自動引き抜きも可能である。通過水はそのまま送水に使用可能である。

図 4-3-2 (p) : 逆流オートスクリーン

用途としては送水ポンプの吐出口に設け、中小の塵芥の除去に使用される。構造は濾過筒を数個配置し、逆流管の回転(電動)により正常流時に濾過筒に掛かった塵芥を逆洗流下させることにより連続運転される。塵芥は砂等の粒子まで除去可能である。

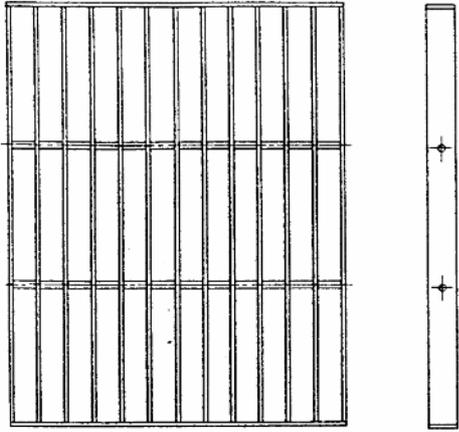


図 4-3-2 (f) パースクリーン

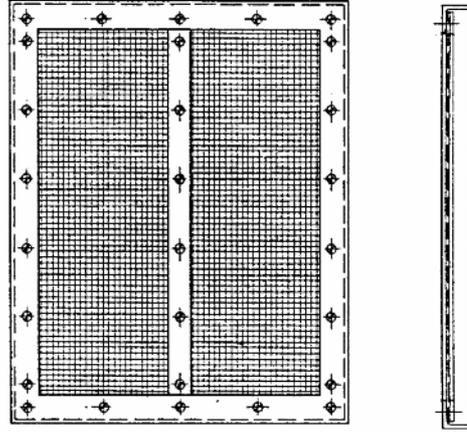


図 4-3-2 (g) ネットスクリーン

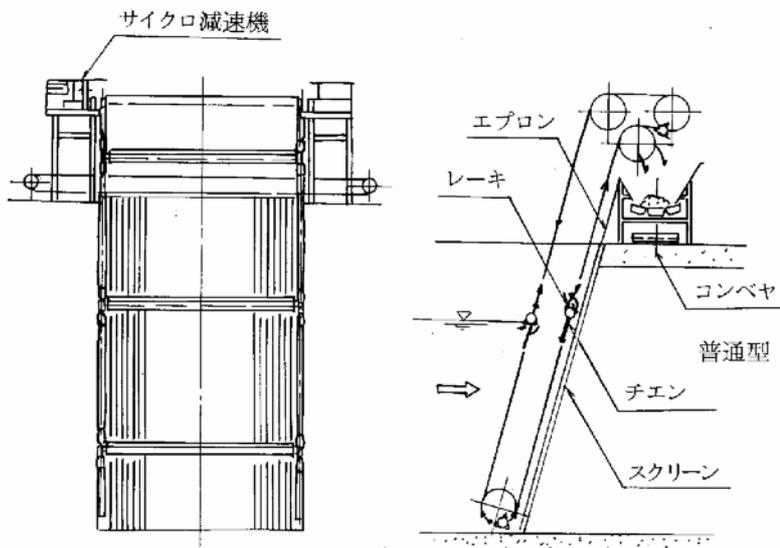


図 4-3-2 (h) ロータリーレーキ式除塵機

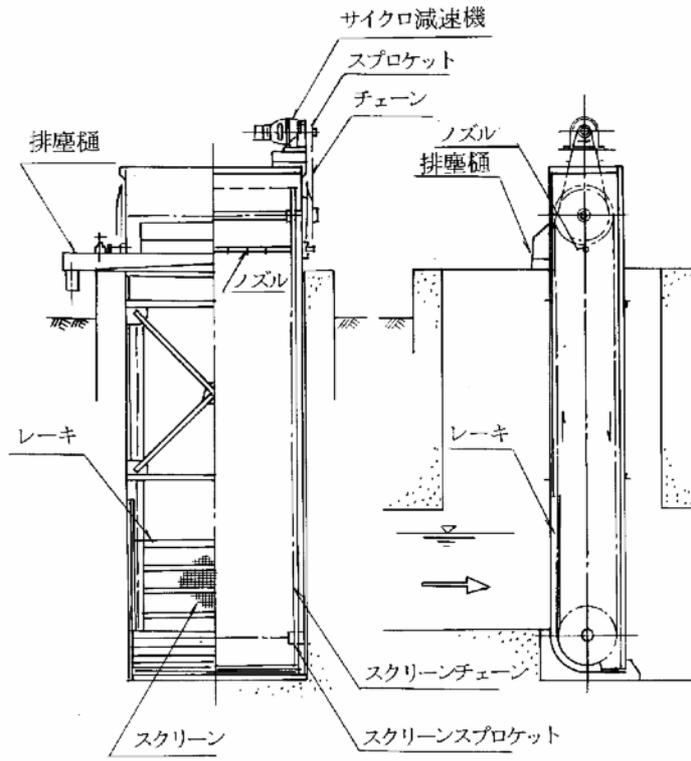


図 4-3-2 (i) ロータリーネット式除塵機

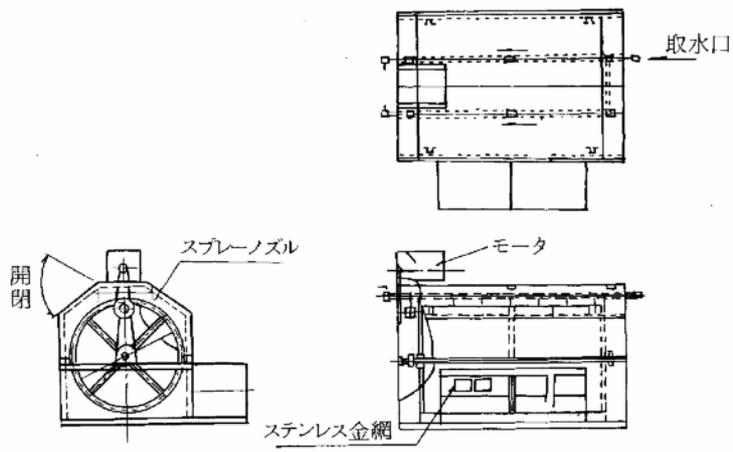


図 4-3-2 (j) ロータリードラムスクリーン式除塵機

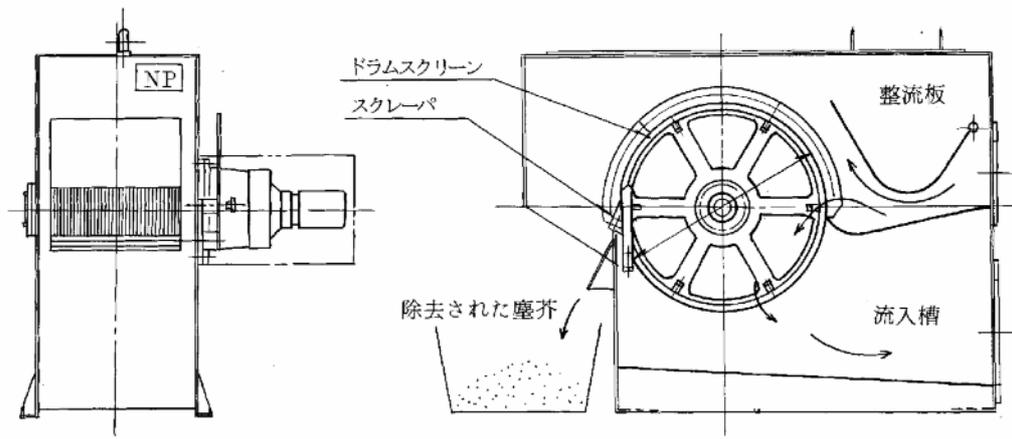


図 4-3-2(k) ディスクバースクリーン式除塵機

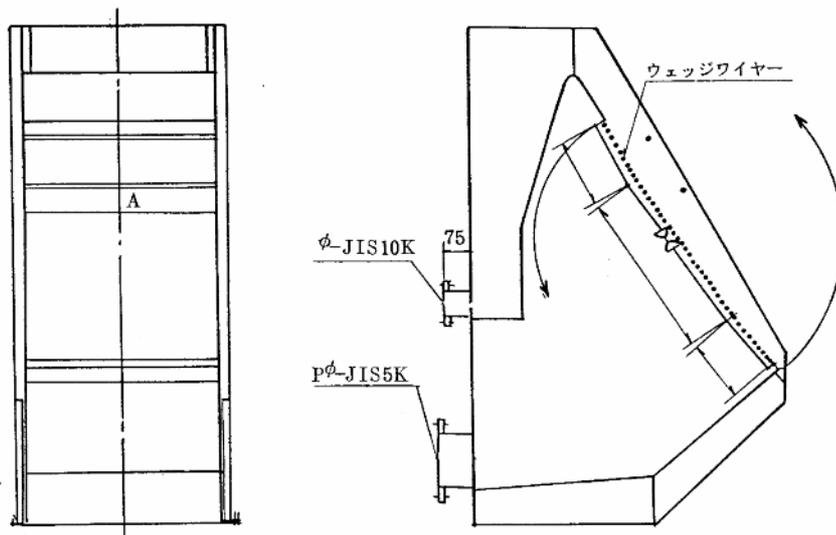


図 4-3-2(1) 傾斜ウェッジワイヤースクリーン式除塵機

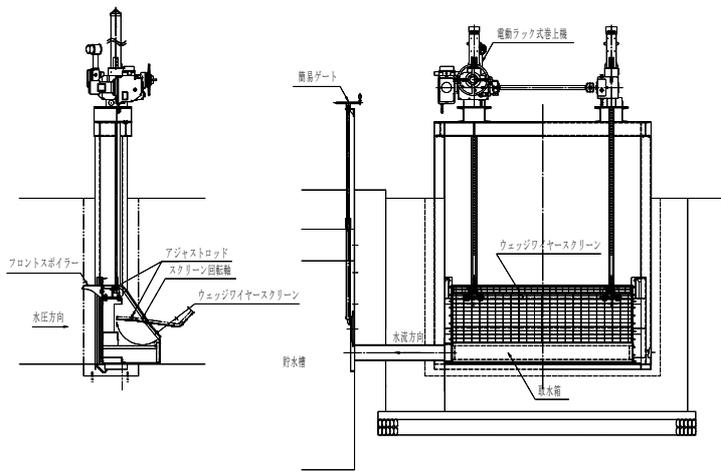


図 4 - 3 - 2 (m) 越流ゲートスクリーン

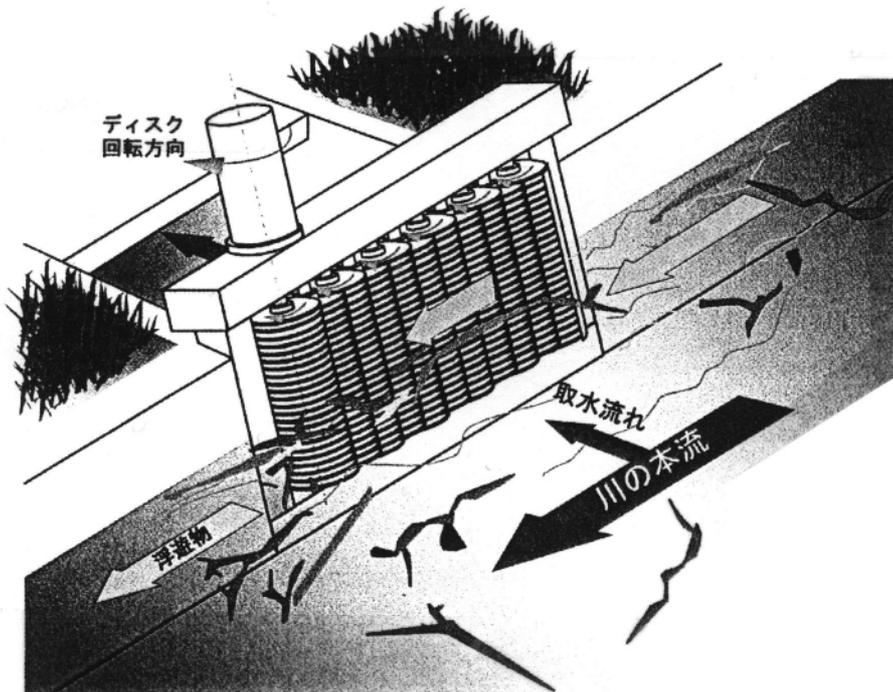


図 4 - 3 - 2 (n) 掃流形防塵スクリーン

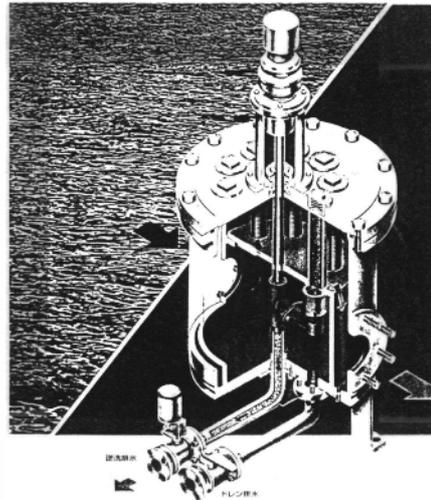
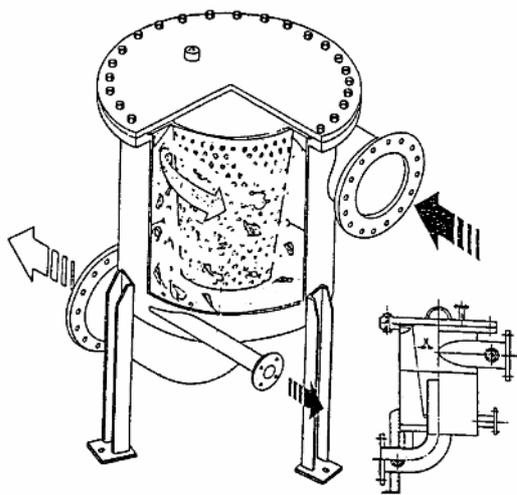


図4-3-2(o) サイクロン式スクリーン 図4-3-2(p) 逆流オートスクリーン

(4) 砂泥も送水ポンプ、送水管、散水孔にとって有害である。

送水ポンプが多くの砂泥を吸込むと、インペラーの摩擦による能力低下、送水管路内堆積による損失水頭の増加及び散水孔の目詰まりが生じ、運転に支障を来たすことになる。そのため、これを防ぐことが重要である。

一般に砂泥は川底付近を流下し流速が低下すると沈下するので、この性質を利用して下記のうち河川規模、取水方式を考慮のうえ適切な方法を採用する必要がある。

- 1) 取水口の水位を取水堰等により高くする。
- 2) 取水口の底上げをする。
- 3) 導水路途中で水深を深くした沈砂池を設ける。
- 4) 水槽に沈澱した砂泥を排出するためのゲートを設ける。

(5) 横ピット式取水による場合

図4-3-2(q)に示すように河川に面して取水槽を設け、取水口は水槽幅全部とし、ここに固定式スクリーンを取付けた構造で、水槽内に固定した水中ポンプの吸水による河川と水槽内水位の差により水槽内に導入する方法である。

水槽の設置にあたっては、水槽底部が堤防法勾配線(延長上の仮想線を含む)に接するものであってはならない。なお、河川水深が浅い場合や水位の変動が大きい場合は取水堰を設ける必要がある。

この方式の長所、短所は次のとおりである。

長 所

- 1) 河川の形状や流向に与える影響が少ない。
- 2) 取水スクリーン面積が広いので、塵芥が付着しにくい。
- 3) 水槽の敷地面積が狭くて済む。

短 所

- 1) 河川水深が浅い場合や水位変動が大きい場合は、取水堰を設ける必要がある。
- 2) 沈砂槽を設けることができないので、水槽内に砂泥が侵入しやすい。

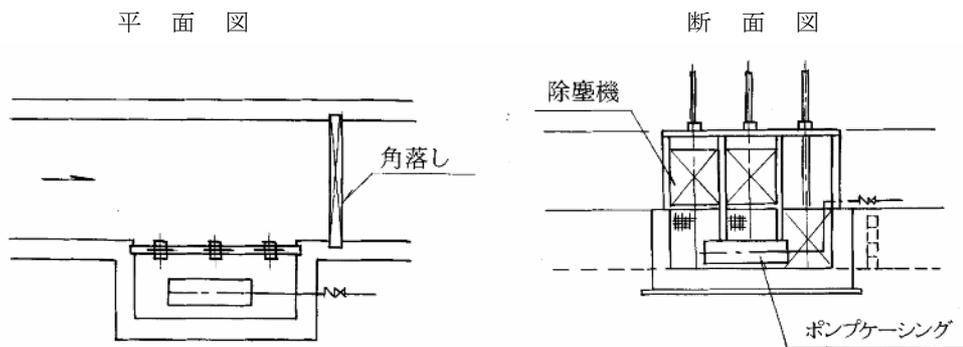


図 4-3-2 (q) 横ピット式取水施設例

(6) 導水路ピット式取水による場合

取水施設敷地面積に十分余裕が有る場合は、護岸部に呑口をもつ導水路を設置し、水槽へ一旦導水しポンプアップする方式がある。この方式は沈砂、除塵方法により水槽構造は種々考えられるが、その代表例を図 4-3-2 (r) に示す。

本図の場合は水槽は 2 室を持ち、上流室に導入してここで沈砂させ、給水ポンプにより除塵機(傾斜ウェッジワイヤースクリーン)に送水し、除塵された水を下流室に給水する。この水を下流室に設置された送水ポンプにより散水施設に送水される。

なお、上流室に入った浮遊塵は自然流下により排水口から排水路に排水される。また除塵機により除去された塵芥も排水路に落下するようになっている。水深が浅いか水位が変動する場合及び河床勾配が小さい場合は、取水堰を設ける必要が有る。

この方式の長所、短所は次の通りである。

長 所

- 1) 河川の形状や流向に与える影響が少ない。
- 2) 導水路や水槽の形態により、沈砂効果がある。
- 3) 種々の除塵装置が設置でき、除塵効果がある。
- 4) 取水施設の保守管理が容易である。

短 所

- 1) 広い敷地面積が必要である。
- 2) 制水ゲート、排水路等の付属設備が必要で、高価となる。

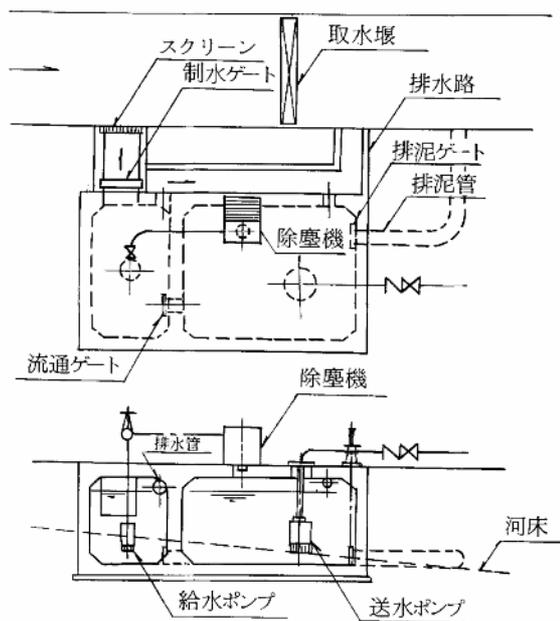


図 4-3-2 (r) 導水路ピット式取水例

(7) 河川水を取水する場合の取水槽

河川水を取水する場合の取水槽は、河川構造物としての扱いを受けることが多いため、「河川法」「河川法施行令」ならびに「河川管理施設等構造令」に準拠したものでなければならず、その技術的な事項については「建設省河川砂防技術基準(案)」にも定められており、関連する諸法令や基準を十分考慮した設備とすると共に法令に定めのあるものについてはそれを遵守しなければならない。

2-3 取水堰の設計

取水堰は、河川平水位時において取水が困難な場合に設置するものとし、その形式は、鋼製起伏ゲート、鋼製引上げゲート(角落し含)、ゴム引布製起伏堰などとする。

〔解説〕

- (1) 取水堰の形式および形状は、計画場所の河道状況、河川の諸元を十分に把握し、関連する諸法令や基準を十分考慮して決定する。
- (2) 鋼製ゲートの計画は「ダム・堰施設技術基準(案)」、ゴム堰は「ゴム引布製起伏堰技術基準(案)」に準拠して行う。

### 3. 取水堰の例

なお、図4-3-2(s)(I)、(II)に可動堰の代表例を示す。

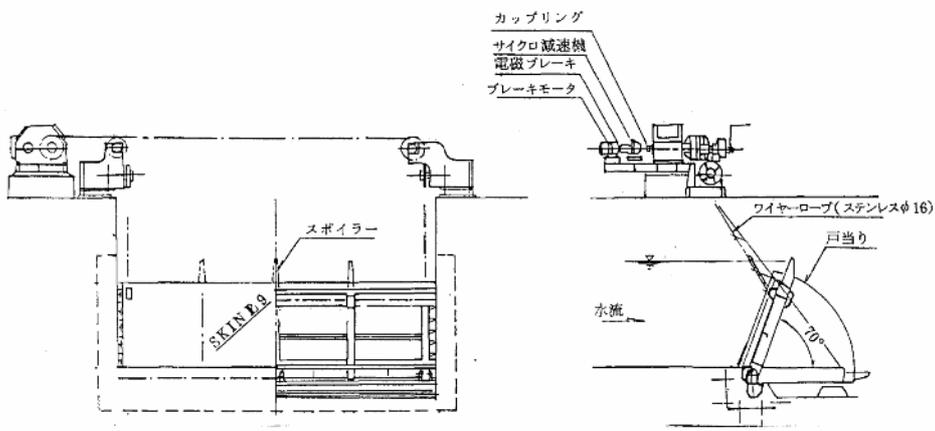


図4-3-2(s)(I) 鋼製起伏ゲート

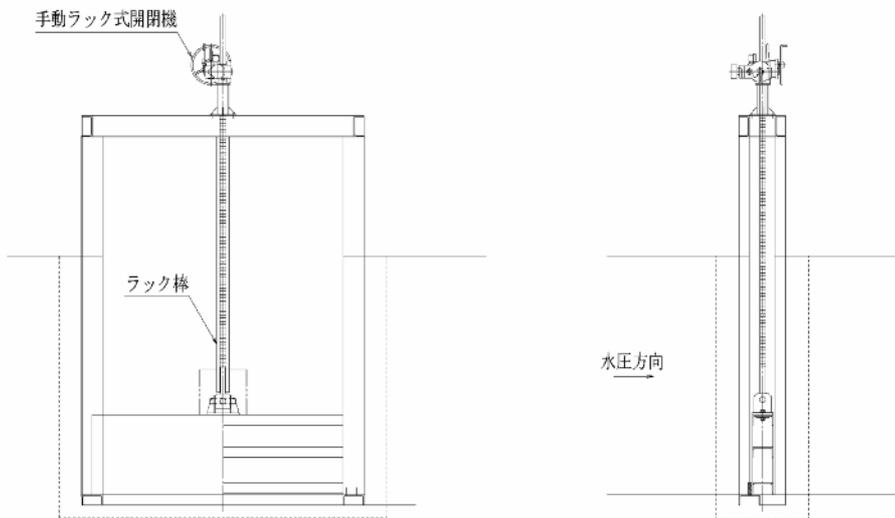


図4-3-2(s)(II) 鋼製引上げゲート

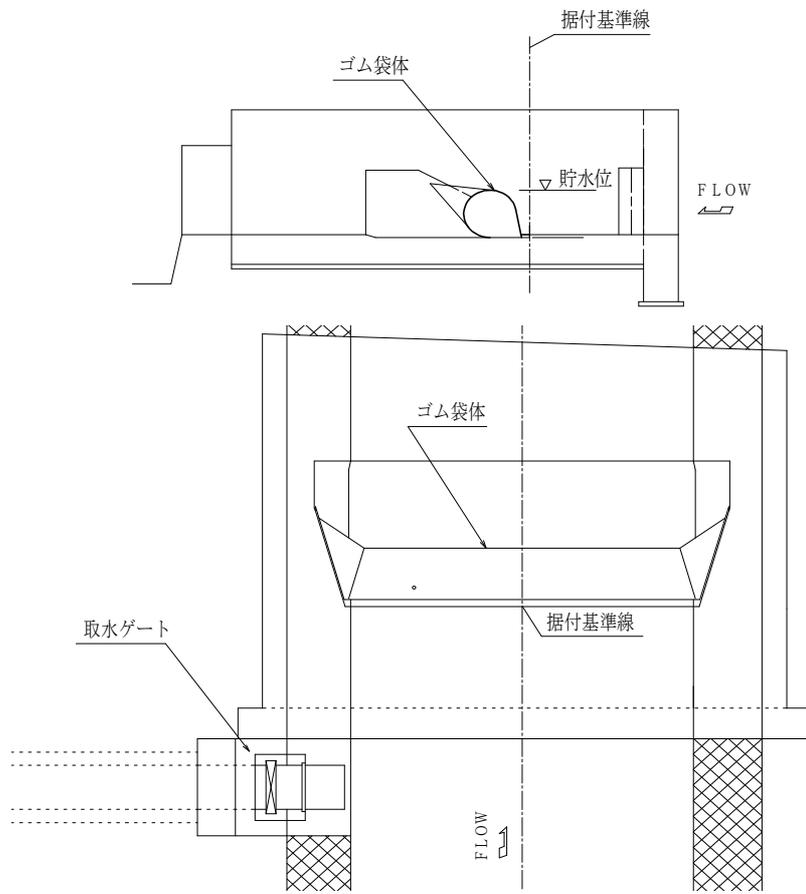


図 4 - 3 - 2 (s) (Ⅲ) ゴム引布製起伏堰

### 3. ポンプ設備(標準)

#### 3-1 ポンプ形式及び容量

消融雪用ポンプは電動機駆動とし、形式・容量は吐出量、揚程、吸込性能、運転条件、維持管理の容易性等を考慮して決定する。

また、仕切弁、圧力計等必要機器・計器のほか必要に応じ運転時間計または流量計を設ける。

[解説]

#### (1) ポンプ形式

消融雪に使用されるポンプは、図4-3-3(a)ポンプ形式別分類に示すごとくターボ式遠心ポンプがほとんどである。

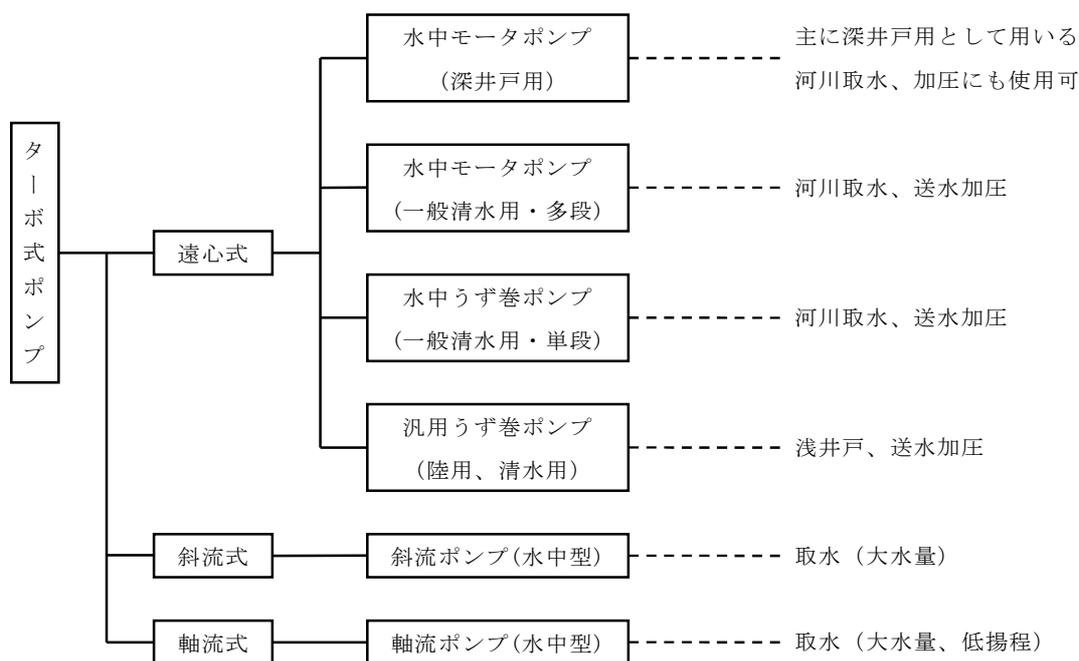


図4-3-3(a) ポンプ形式別分類

- 1) ポンプの形式は、送水量、水質、運転操作方法および維持管理等を勘案して選択するが、据付面積の制約、取扱いの容易さから水中モータポンプを標準とする。
- 2) 水中モータポンプには、深井戸用と一般清水用があり、それぞれ次のような特徴があるので現場条件を考慮のうえ選定する必要がある。

#### ① 深井戸用ポンプ

地下水を利用する深井戸用のポンプは、ポンプ本体を井戸ケーシング内に挿入する深井戸用水中モータポンプがほとんどである。このポンプは、ポンプモータ部が井戸内に入ってしまうので、地表部にはポンプ室を設ける必要がなく、据付ベッドと仕切弁や流量計を設けるための少スペースの操作室があればよく、騒音と振動もほとんど発生しない。また給水、給油の必要もないので保守が容易である。なお、深井戸用の特徴として断続運転となり易いので、井戸のストレーナ周辺ろ過帯が細粒分による目づまりを起こし、揚水性能を低下させることもあるので、若返り洗浄を必要に応じて行わなければならない。

②一般清水用ポンプ(うず巻及び水中多段)

一般清水用ポンプは、ポンプの最大径が大きいので深井戸用のように細い井戸内に挿入することができないので、水槽や流路中に据付けて河川水などの取水や送水ポンプに適しているといえる。

深井戸用と同様にポンプ・モータ部が水中に入るが、深井戸に比較して保守が容易である。ポンプストレーナの目づまり防止の対策として、ゴミなどが流入しないように考慮する必要がある。

③水中うず巻ポンプ

構造的には一般清水用ポンプと同じであるが、羽根車が単段構成で流路も広いので河川等の取水、水槽からの送水に適する。

④汎用うず巻ポンプ

ポンプは横軸の単段又は多段のうず巻型で横軸電動機とともに共通ベツト上に取付られ、軸継を介して直結駆動されるものである。設置は地上設置となることが多い。ポンプ起動に際しては水中ポンプと異なり、吸込側配管並びにポンプ内部を充水し満水状態にする必要があり、吸込実揚程が6mを越えると揚水不能となることがある。地上設置のため維持管理は水中ポンプより有利である。用途としては浅井戸揚水か加圧送水に用いられる。

⑤斜流ポンプ・軸流ポンプ

水中ポンプの大容量用で一般清水用ポンプとほぼ同様な使用方法であり、必要水量、揚程等により適した形式を選択すればよい。

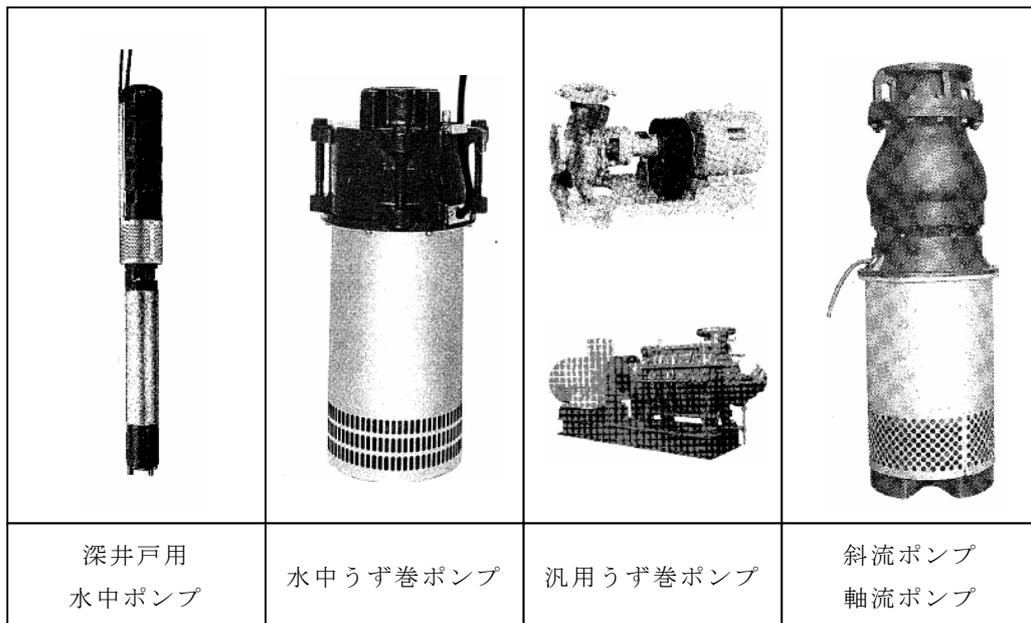


図4-3-3(b) ポンプ型式図

(2) ポンプ口径

ポンプには吸込口と吐出口とがあり、吸込口に流入する水の速度は通常 1.5～3.0m/s の範囲に定める。これは吸込流速を過大にすると吸込側の抵抗が増し、ポンプの汲上げ能力が悪くなるからであり、口径の小さいポンプでは小さな方の値を、また口径の大きなポンプは大きな値をとっている。深井戸用水中モーターポンプで取水部(ストレーナ)での流速を過大にすると砂の流入現象が生じ、その限界流速は地層によって異なってくる。詳しくは吸込時における層流と乱流の境界流速がこれに該当するが、一般には 1.5m/s～2.0m/s の値を用いる。

ポンプ口径は次式で求められる。

$$d = 146 \sqrt{\frac{Q}{V}}$$

- d : ポンプ口径 (mm)  
 Q : 吐出量 (供給必要水量) (m<sup>3</sup>/min)  
 v : 吸込流速 (m/s)

なお、ポンプ口径は規格化されているから、算出されたポンプ口径 d に対して直近上位の規格口径を用いる。

(3) ポンプ容量

ポンプ容量を決定する重要な条件は取水量 (散水必要水量) と揚程であり、原動機出力は下記の式より求める。

原動機出力

$$P = \frac{0.163 \times \rho \cdot Q \cdot H}{1000 \times \eta_P} (1 + \alpha)$$

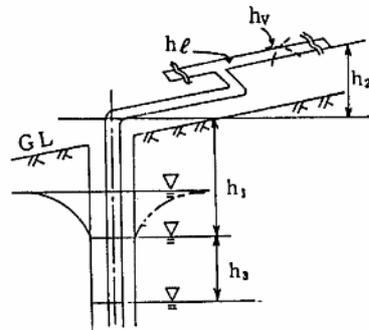
- ここに、P : ポンプ軸動力 (kW)  
 ρ : 水の単位体積当り質量 (kg/m<sup>3</sup>) = 1000 (kg/m<sup>3</sup>)  
 Q : 吐出量 (m<sup>3</sup>/min)  
 H : 全揚程 (m)  
 η<sub>P</sub> : ポンプ効率  
 α : 余裕率

1) 吐出量 Q は消雪に必要な取水量であるが、揚水試験によって取水量が当初のものより制限される場合は、取水可能な量でポンプ容量を決めることになる。

2) 全揚程 H は次式で求められる。

$$\text{全揚程 } H = (h_1 + h_2 + h_3) + h_L + h_v \text{ (m)}$$

- h<sub>1</sub> : 地面から運転水位までの高さ (地下揚程)  
 h<sub>2</sub> : 地上からの押し上げ高さ と 散水に必要な水頭高 (地上揚程)  
 h<sub>3</sub> : 渇水期における水位低下量 (推定)  
 h<sub>L</sub> : 管内の損失水頭  
 h<sub>v</sub> : 速度水頭  $\frac{v^2}{2g}$



(h<sub>1</sub> + h<sub>2</sub> + h<sub>3</sub>) は実際の高さであり、実揚程と呼ばれる。これに対して h<sub>L</sub> は配管内の各部における負荷を表すもので、損失水頭と呼ばれている。

損失水頭の詳細な求め方を以下に示す。

① 直管部分の摩擦損失水頭 h<sub>u</sub> (m)

- ・ 流量、管径が一定の場合

$$h_u = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

f : 摩擦損失係数  $(0.02 + 0.0005/D) \times 1.5$

v : 流速 (m/s)

L : 流速 v が一定である区間長さ (m)

d : 管内径 (m)

・管内の流量・流速が噴水によって漸次減少する場合

$$h_u = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{(v_s + v_f)^2}{8g}$$

$v_s$  : 区間の始まりの流速 (m/s)

$v_f$  : 区間の終わりの流速 (m/s)

・最終流速が 0 となる場合

$$h_u = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{6g}$$

② 屈曲、管径変化・弁類等による損失水頭は次式により  $f_b$  は表 4-3-3(a)～(b) 管継手類損失係数表を使用することができる。

$$h_b = f_b \frac{v^2}{2g} \cdot n$$

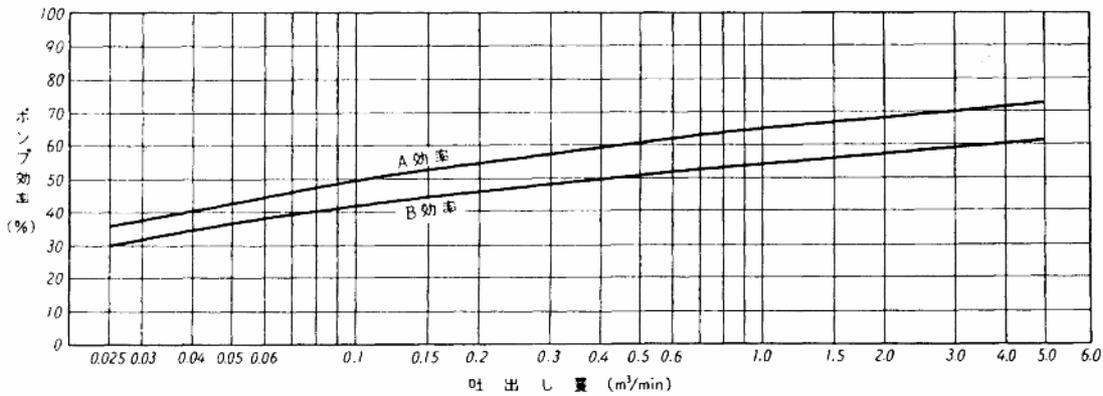
n : 屈曲等の箇所数

v : 管内の平均流速 (m/s)

#### (4) ポンプ効率

1) 図 4-3-3(c) に深井戸用水中モータポンプ効率を示す。

ここで、A 効率はポンプ最高効率を、B 効率は規定吐出量におけるポンプ効率を示すが、ポンプ軸動力の算出には、一般的には A 効率を用いる。



吐出し量 m³/min	0.025	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0
A 効率 %	35	38	40	42	45	48	50	52	54	57	59	61	62	64	65	66	67	70	71	72
B 効率 %	30	32	34	36	38	41	42	44	46	48	50	52	53	54	55	56	57	59	60	61

A 効率：最高効率

B 効率：ポンプ仕様水量における効率

図 4-3-3(c) ポンプ効率 (JIS B 8324 深井戸用水中モータポンプ効率より)

2) 原動機の余裕率  $\alpha$  は、渇水期における水位低下量  $h_3$  が十分に推定できないときあるいは、地上揚程  $h_2$  や損失水頭が正確に把握されていないか、または、将来の増加が見込まれる時、および水位変動等によるポンプ運転範囲内で過負荷が生じないように考慮されるものである。

電動機では、概ね 0.1~0.15 の範囲を考える。

(5) ポンプ選定図表

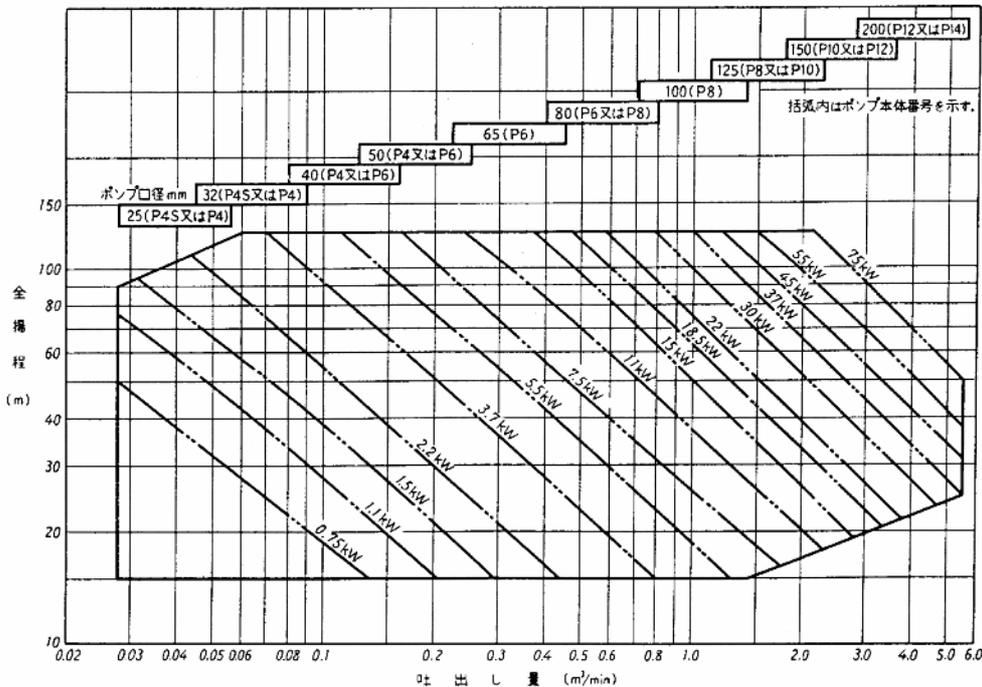
ポンプ吐出量と全揚程を決定すれば図 4-3-3 (d) によりポンプは選定される。図中の「ポンプの本体番号は適用する井戸径」を示すもので下表の通りである。

ポンプの本体番号

(単位：mm)

ポンプ本体番号	P4S(*)	P4	P6	P8	P10	P12	P14
適用する井戸径	100 以上	105.3 以上	155.2 以上	204.7 以上	254.2 以上	304.7 以上	339.8 以上

注(\*)呼び径 100 mm の硬質ビニル管を用いる井戸に適用する。



備考 二点鎖線で示す動力は、駆動電動機の定格出力の参考値である。

図 4-3-3 (d) 水中ポンプ性能図表 (60Hz)

(JIS B8324 深井戸用水中モータポンプ 付図 7 より)

(6) ポンプ付属装置

ポンプの付属装置としてはスルース弁、チェッキ弁、自動空気抜弁、連成計などが取付けられるほか、地下水管理用として水位測定用側管や流量計が設けられる。

- 1) 時間計はポンプの運転時間を記録するもので、累計運転時間の把握や揚水量の概略的な推定に役立つ。
- 2) 地下水の汲み揚げ量を把握しておくため近年は流量計を設ける例が多い。流量計を設置することにより地下水管理に役立つほか、散水量と消雪効果の比較などに利用できる。

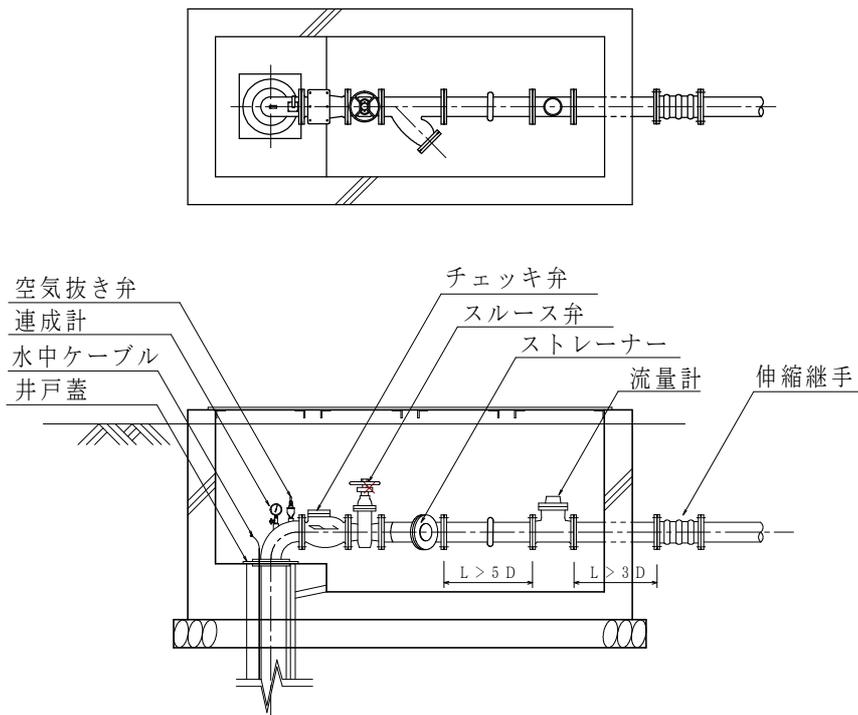


図 4-3-3(e) ポンプの付属装置

なお、流量計にはタービン形、ベーン形などの種類があり、またこれを発信器として遠隔表示することもある。

- 3) 吐出曲管は揚水管と地上の弁類、配管とを接続し、自動空気抜弁、連成計等が取付けられる。
- 4) チェッキ弁は地上配管内の水の逆流を防止するもので、破損すると、ポンプ、モーターが逆転し故障の原因となる。
- 5) スルース弁は吐出量の調整用弁の役目をもつものである。
- 6) 自動空気抜弁は、ポンプ始動時の揚水管内の空気の排出及び停止時の空気の吸込作用を行う装置である。
- 7) 連成計はポンプの地上吐出圧測定に使用するもので、ポンプの全揚程はこの値に運転水位とパイプ損失を加えた値となる。

資 料

管継手類損失係数 ( $f_b$ )

1. ねじ込み継手

表 4-3-3(a)

呼び径 (A)	エルボ		径違いエルボ		径違いソケット		ブッシング		バンド	チーズ	
	90°	45°	縮小	拡大	縮小	拡大	拡大	縮小	90°		
40	0.644	0.174							0.139	0.9	1.5
50	0.701	0.207							0.140	0.9	1.38
50-40			0.641	0.654	0.007	0.107	0.161	0.140			
65	0.769	0.244							0.141	0.9	1.26
65-40			0.730	0.937	0.006	0.433	0.291	0.391			
65-50			0.782	0.803	0.006	0.133	0.167	0.149			
80	0.842	0.283							0.141	0.9	1.17
80-40							0.343	0.538			
80-50			0.821	0.971	0.006	0.357	0.261	0.326			
80-65			0.826	0.822	0.006	0.060	0.117	0.087			
100	0.848	0.298							0.141	0.9	1.06
100-50			0.762	1.191	0.005	0.715	0.349	0.557			
100-65			0.788	0.957	0.005	0.382	0.269	0.343			
100-80			0.822	0.852	0.006	0.164	0.177	0.168			
125	0.933	0.332							0.141	0.9	0.97
125-65											
125-80			0.852	1.069	0.005	0.445	0.288	0.385			
125-100			1.091	1.104	0.006	0.107	0.146	0.116			
150	0.919	0.391							0.141	0.9	0.90
150-80							0.340	0.530			
150-100			0.934	1.056	0.005	0.336	0.245	0.293			
150-125			0.959	0.957	0.006	0.063	0.116	0.086			

注1) 径違いの場合は、細い呼び径の速度水頭を採用のこと。

2) 径違いの場合は、水流の方向に注意のこと。

管継手類損失係数 (  $f_b$  )

2. 溶接継手、弁類

表 4 - 3 - 3 (b)

呼び径 (A)	90° エルボ		45° エルボ		レデューサー		チーズ		吐き出し 曲管	チェック 弁	ゲート 弁	Y 形 ストレーナ
	ロング	ショート	ロング	ショート	漸縮	漸拡						
40	0.185	0.353	0.130	0.250			0.200	0.87	0.142	2.0	0.400	5.3
50	0.177	0.319	0.125	0.227			0.180	0.81	0.149	2.0	0.330	6.0
50-40					0.015	0.040						
65	0.18	0.337	0.128	0.239			0.162	0.76	0.155	2.0	0.250	6.3
65-40					0.012	0.244						
65-50					0.014	0.046						
80	0.179	0.331	0.127	0.233			0.148	0.71	0.156	2.0	0.205	6.1
80-40					0.009	0.412						
80-50					0.010	0.218						
80-65					0.013	0.021						
100	0.176	0.316	0.124	0.223			0.131	0.67	0.172	2.0	0.158	7.2
100-50					0.008	0.520						
100-65					0.009	0.258						
100-80					0.011	0.073						
125	0.175	0.312	0.124	0.221			0.119	0.63	0.171	2.0	0.126	8.1
125-65					0.009	0.462						
125-80					0.010	0.286						
125-100					0.013	0.037						
150	0.173	0.305	0.122	0.216			0.110	0.60	0.168	2.0	0.105	8.6
150-80					0.009	0.482						
150-100					0.010	0.191						
150-125					0.012	0.022						
200	0.172	0.299	0.121	0.211			0.098	0.55	0.169	2.0	0.078	8.2
200-100					0.007	0.554						
200-125					0.008	0.308						
200-150					0.009	0.108						
250	0.171	0.295	0.121	0.208			0.090	0.52				8.1
250-125					0.007	0.570						
250-150					0.007	0.383						
250-200					0.009	0.057						

注 1) レデューサーの場合は、細い呼び径の速度水頭を採用のこと。

2) レデューサー、チーズの場合は、水流方向に注意のこと。

### 3-2 ポンプ台数

ポンプの設置台数は信頼性及び維持管理等を考慮のうえ決定することが望ましい。

〔解説〕

送水ポンプの仕様は、対象面積、降雪量及び揚程によって算定されるので、設備ごとに異なってくる。

送水ポンプに故障が生じると冬期間の修繕には相当長日数を要し、この間送水ポンプが1台の場合はその間稼動できなくなる。

この様に、ポンプ故障の危険分散を考慮して複数台数設置することが望ましい。複数台数とすれば設備費が高額となるので、事前の方法として別途予備ポンプを持ち故障時に対応する方法である。この場合各設備ごとに送水ポンプの仕様が異なっていると多くの予備ポンプが必要になる。

したがって、既設備の送水ポンプ仕様を調査して数種の基準ポンプを選定し、これを組合わせて選定し仕様を満足するようにすれば、予備ポンプ台数は少なくて済むことになる。

以上のことを経済性と比較検討して、送水ポンプ設置台数を決定することが望ましい。

## 4. 散水施設(標準)

### 4-1 送水管の設計

送水管は、配管場所、送水量、水圧、管内流速、耐久性等を考慮し、管径、管厚及び材質の決定を行うものとする。

〔解説〕

送水管は、取水施設より散水ノズルまで送水するための設備で、使用する散水ノズルの種類により水圧が異なるほか、配管場所により強度等も異なるので、使用条件に適した種類を選定して設計する必要がある。

(1) 管径は、管内の適正流速、散水量等から次式を参考に合理的に決めるものとする。

なお、管内流速は管径により異なるが1～2m/sを標準とする。

$$D = 146 \sqrt{\frac{Q}{V}}$$

D : 管 径 (mm)

Q : 散水量 (m<sup>3</sup>/min)

V : 流 速 (m/sec)

(2) 送水管並びに散水管は配管用炭素鋼管を標準とする。

(3) 送水管並びに散水管は、ポンプ停止時に管内が完全に水抜きできるように勾配を決めるものとし、配管及び弁等が凍結により破損しないものとする。

### 4-2 散水管、散水ノズルの設計

散水構造は各種あるが、散水延長、散水場所、交通の種類及び水源の種類などに応じて適切に選択する必要がある。

〔解説〕

散水構造は大別すると表4-3-4(a)のようになる。

表 4-3-4(a) 散水構造と特徴

配管方法	散水ノズル	特 徴
シングルライン	ボックス型	送水管から接続管により直接分岐される。 各ノズルは各々に散水量調節ができる。
	六角筒型	
ダブルライン	管直穴型	送水管から各散水管に分岐され、さらに接続管により分岐される。
	ボックス型	
	六角筒型	ただし管直穴型は散水管に直接散水孔をあけたもの。各ノズルは散水管ごとに散水量を調節するので調節機能をもたない。
	ソリッド型	

(1) シングルライン用ノズル

1) ボックス型

ボックス型ノズルの構造は、送水管から接続管を通して設置するもので、ノズルボックス内には水圧調整、噴出孔、砂止め等から成っている。パイプ型に比べ高価であるがノズルボックスの交換がコンクリートを切らずに交換できる。噴出高、距離及び噴出量をノズル毎に調整できる。噴出高を調整して歩行者及び車輛の障害にならない利点もある。

2) 六角筒型

六角筒型ノズルの構造は送水管から接続管を通して設置するもので、六角筒とプラグ及び流量調整ボルトから成っており、散水孔が長さ方向に並ぶ横設置型と周方向に並ぶ縦型がある。この種のノズルは露出させて使用する。

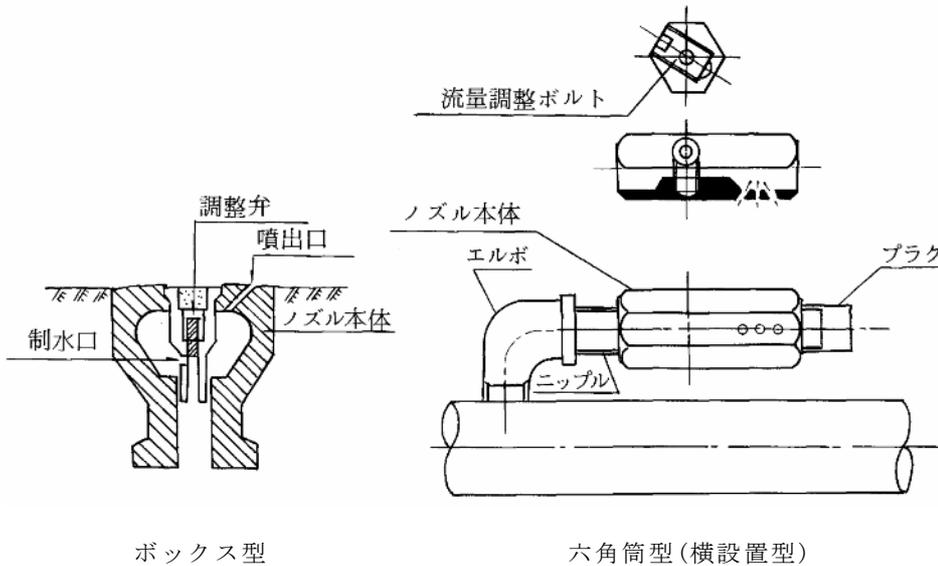
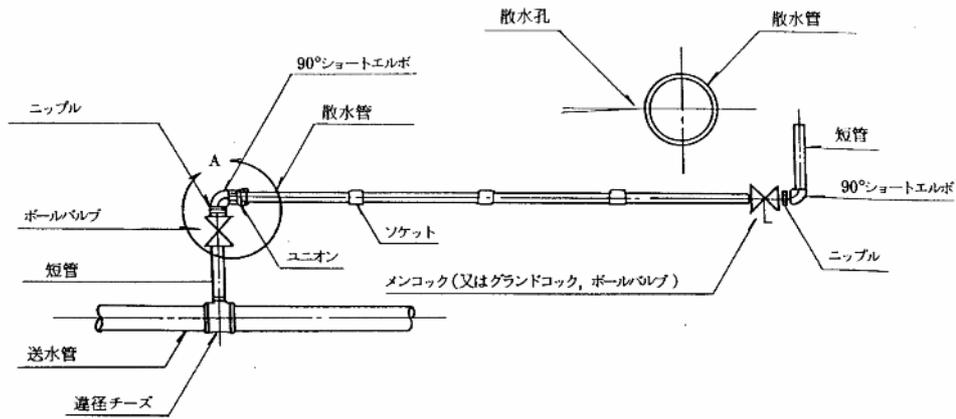


図 4-3-4(a) シングルライン用ノズル

(2) ダブルライン用

1) 管直穴型

この型式は送水管から分岐した散水管に長手方向に直接丸い穴を数多くあけた単純な構造で、散水管全体の水量調整は、散水管根元の元バルブによって行う。



管直穴型

図 4-3-4 (b) ダブルライン用

2) ボックス型・六角筒型

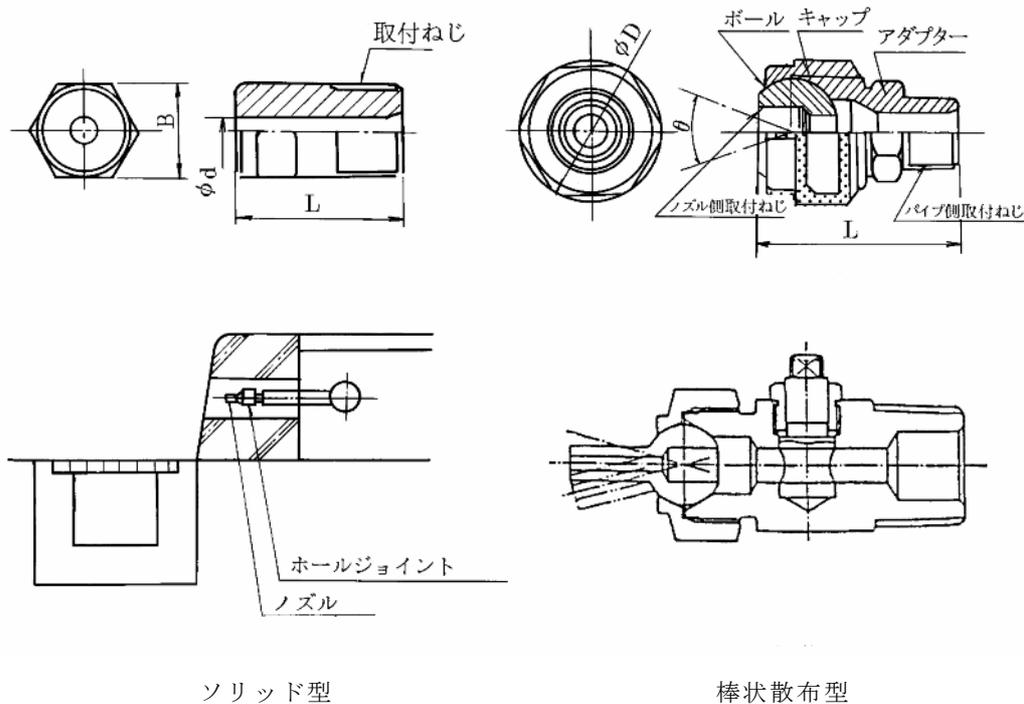
これらの形式のノズルは、シングルライン用と同じであるが、散水管から接続管を通し水量調整は散水管根元のバルブにより行うため、散水調整機能を必要としない。

3) ソリッド型

ソリッド型ノズルは、路側縁石より埋設した状態で使用するもので、ソリッド型ノズルとボールジョイントより構成され、散水管から接続管を通して設置される。噴射角はボールジョイントにより調整し、水量は散水管根元のバルブにより調整する。

4) 棒状散布型

棒状散布型ノズルは送水管に直接設置が可能で、流量調節及び散布角度を変えることが出来る。用途としては道路側面、歩行ブロック等に適している。



ソリッド型

棒状散布型

図 4-3-4 (c) ダブルライン用ノズル

#### 4-3 ノズル諸元の決定

ノズルピッチ、孔数、孔径及び噴出角度は、消雪効果、用途別条件を考慮して決めなければならない。

##### 〔解説〕

消雪効果から考えると、なるべくピッチを狭くして緻密な散水を行うべきであるが、口径を小さくすると目づまりが生じやすく維持管理が困難となるし、工費も嵩むことになる。

逆にピッチを広くしすぎると1孔当りの流量が極端に増え、歩行者の障害になるとともに、車両による攪拌作用を減少し、消雪が局部的になってしまうので、配置位置、用途、消雪効果等を考慮しノズル諸元を決定しなければならない。

(1) ノズル諸元の決定手順は図4-3-4(d)のとおりである。

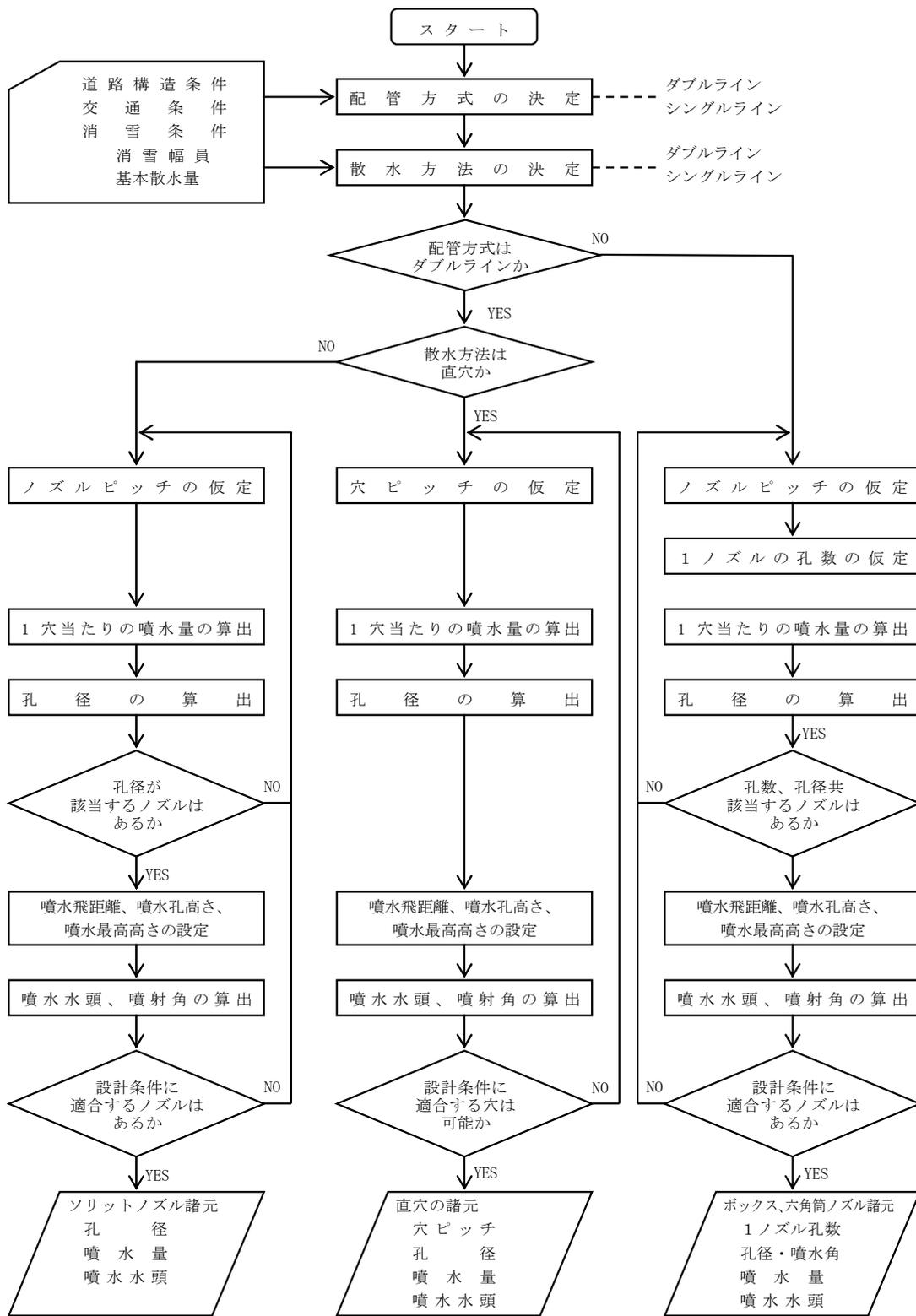


図 4-3-4(d) ノズル諸元の決定手順(参考)

(2) ノズル諸元の決定

散水ノズルの諸元は、道路の構造、交通、降雪条件等より配管形式及び散水方法を決定し、これに適合するノズルを選択したのち、ノズルピッチ、孔数、噴射距離、噴水孔高さ、噴水最高高さを仮定して算定する。その結果がノズルデータと比較して適正であれば、正式に確定することになる。

1) 1孔当たり噴水量： $q_s$

1孔当たり噴水量 $q_s$  (L/min)は次式により求められる。

$$q_s = \frac{1}{n} \cdot P \cdot q \cdot W$$

$q$  : 単位面積当たり必要散水量 (L/m<sup>2</sup> min)

$W$  : 融雪幅員 (m)

$P$  : ノズルピッチ (m)

$n$  : 1ノズルの孔数 (個)

2) 孔 径： $d$

ノズルの噴水孔径 $d$  (cm)は次式により求められる。

$$d = \sqrt{(4a / \pi)}$$

$$a : \text{孔断面積} = \frac{q_s}{6 \cdot \sqrt{\{2g(H-h)\}}} \quad (\text{cm}^2)$$

$H$  : 噴水最高高さ (m)

$h$  : 噴水孔高さ (m)

$g$  : 重力加速度 (9.8m/s<sup>2</sup>)

3) 直穴型、ソリッド型

① 噴水軌跡の方程式

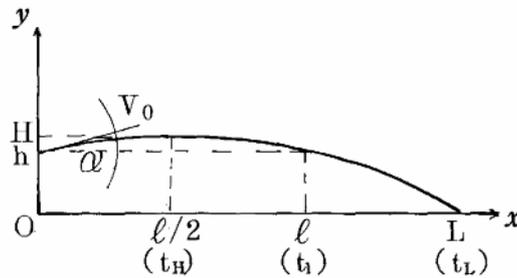
高さ $h$  (m)の場所から初速 $v_0$ 、角度 $\alpha$  (deg)で噴射された水の $t$ 秒後の位置( $x$ 、 $y$ )は、

$$x = v_x \cdot t \quad \dots\dots\dots ①$$

$$y = v_y \cdot t - \frac{1}{2}g \cdot t^2 + h \quad \dots\dots\dots ②$$

$$v_x = v_0 \cos \alpha \quad \dots\dots\dots ③$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha \quad \dots\dots\dots ④$$



② 方程式の解

方程式を解くに当たり先ず噴水距離 $L$  (m)を設定する。

②式において $y = h$ 、 $t = t_1$ と置く。

$$t_1 = \frac{2v_y}{g} \text{ よって } t_H = \frac{t_1}{2} = \frac{v_y}{g}$$

$t_H$  を②に代入する。

$$H = \frac{v_y^2}{2g} + h \quad \therefore v_y = \sqrt{\{2g(H-h)\}}$$

②において  $y = 0$ 、 $t = t_L$  と置く。

$$t_L = \frac{v_y + \sqrt{(v_y^2 + 2gh)}}{g}$$

$t_L$  を①に代入する。

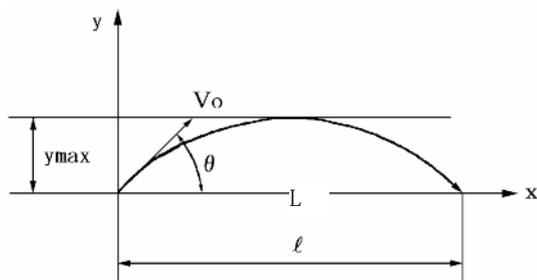
$$\therefore v_x = \frac{L}{t_L}$$

③、④より

$$\therefore \alpha = \tan^{-1} \frac{v_y}{v_x} \text{、 } v_0 = \frac{v_x}{\cos \alpha}$$

#### 4) ボックス型

##### ① 噴水軌跡の方程式



左図における放物線の方程式は

$$x = V_0 \cos \theta \cdot t$$

$$y = V_0 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$$

ここに、

$V_0$  : 噴射初速度

$\theta$  : 噴射角

$L$  : 飛距離

$y_{\max}$  : 噴射高

##### ② 方程式の解

$$V_0 = \sqrt{-\frac{g \cdot l}{\sin 2\theta}}$$

$$y_{\max} = \frac{V_0}{2g} \sin^2 \theta$$

#### 5) 噴射水頭 p

噴射水頭  $p$  ( $m_{Aq}$ ) は、 $v_0 = \sqrt{(2gp)}$  の関係より

$$\therefore p = \frac{V_0^2}{2g}$$

#### 6) ノズル根元圧

ノズル根元圧は、コックの実験式より

$$p = \frac{2}{3} \cdot P_0 \quad (p_0/d > 50)$$

ここに、

$p$  : 噴水高さ(噴射水頭)(m)

$P_0$  : ノズル根元圧 (m)

$d$  : ノズル径 (cm)

7) ノズル諸元の決定

以上の結果がノズルデータと比較して適正であれば、下記の諸元が確定する。

ノズル形式

ノズルピッチ :  $P$  (m)

1ノズルの孔数 :  $n$  (個)

噴水孔径 :  $d$  (cm)

噴水距離 :  $L$  (m)

噴水孔高さ :  $h$  (m)

噴水最高高さ :  $H$  (m)

噴射角度 :  $\alpha$  (deg)

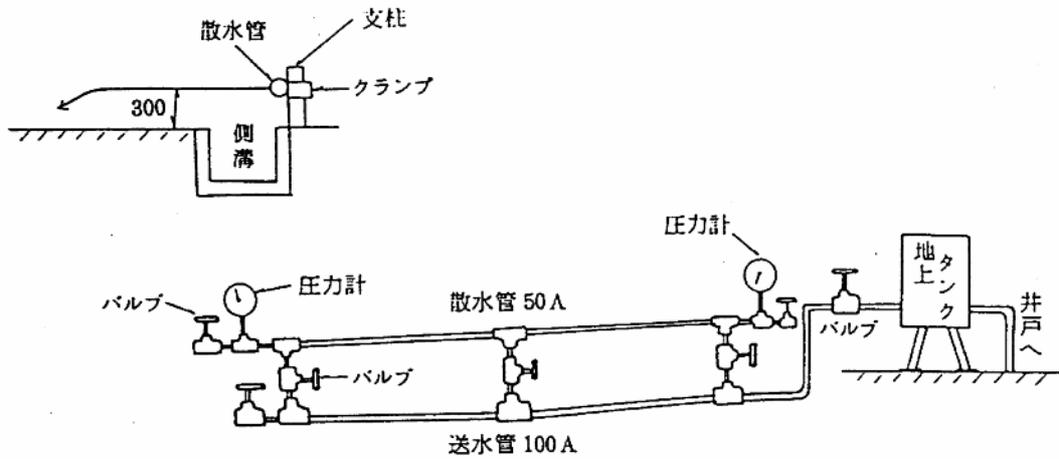
噴射水頭 :  $p$  ( $m_{Aq}$ )

ノズル根元圧 :  $P_0$  ( $m_{Aq}$ )

ノズル(直穴式)散水実験データを表 4-3-4 (b)に示す。

なお、散水距離及び散水量の実験データは、下記の要領により測定した結果である。

(実験装置の概略図)



散水実験データ表(資料・直穴式)

p : 散水圧力  $\text{kg/cm}^2$   
 q : 1個穴当たりの散水量  $\ell/\text{min}$   
 L : 飛散距離 m

表 4-3-4(b)

穴径 (mm)	q / L	散 水 圧 力						
		0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
1.2	q	0.37	0.45	0.62	0.71	0.77	0.83	1.00
	L	1.61	2.30	2.70	3.80	3.90	4.00	5.00
1.4	q	0.42	0.73	0.83	1.03	1.04	1.30	1.33
	L	2.42	2.70	3.30	4.70	5.50	5.90	6.50
1.5	q	0.53	0.79	0.97	1.14	1.20	1.32	1.42
	L	1.70	2.35	3.10	4.30	4.40	5.00	6.30
1.6	q	0.64	0.95	0.97	1.20	1.34	1.54	1.64
	L	1.85	2.55	3.00	4.10	4.80	5.30	6.60
1.8	q	0.96	1.18	1.19	1.20	1.46	1.79	2.05
	L	2.23	2.90	3.30	3.80	4.00	4.10	4.70
2.0	q	1.20	1.55	1.90	2.30	2.65	2.70	
	L	1.50	2.00	2.30	2.50	2.75	3.10	
2.5	q	1.50	2.00	2.40	3.20	3.30	3.50	
	L	2.05	2.40	3.00	3.20	3.40	3.70	
3.0	q	2.28	2.70	3.30	3.90	4.40	4.50	
	L	1.80	2.45	3.20	3.50	3.6	3.85	
3.2	q	2.60	2.80	3.40	3.80	4.80	5.40	
	L	1.90	2.50	3.05	3.30	3.60	3.80	
3.5	q	3.70	4.10	4.30	4.80	6.00	6.40	
	L	1.85	2.40	3.05	3.30	3.60	3.70	
4.0	q	4.20	4.80	5.30	5.80	7.20	8.60	
	L	1.65	2.05	2.40	2.50	2.80	2.90	
4.2	q	4.60	5.60	6.50	8.00			
	L	1.90	2.70	3.20	3.80			

## 5. 排水施設

排水施設は、消雪水及びシャーベット状の雪が路面から排水溝に容易に流下処理できるものであり、それらは路面の横断勾配、排水溝、集水柵、路面状況等を考慮した施設的设计を行うものとする。

〔解説〕

消雪水の排水施設等は、下記事項に留意して設計する。

消雪を実施する道路の横断勾配は表4-3-5の値を標準とする。

表4-3-5 対象道路の横断勾配

区分 \ 対象	車線部の横断勾配(単位：%)	
	片側1車線の場合	片側2車線以上の場合
車道	1.5	2.0
*歩道及び駐車場等	1.5 ~ 2.5	

\*注 ブロック舗装には適用しない。

- (1) 道路の横断勾配は、消雪水が路面の凹部に溜ることなく流下させるためには大きな方がよいが、自動車走行上ならびに歩行上からは小さい方が好ましい。また、散水温を有効に利用し、消雪効果をあげるためには、ある程度流下速度を低下させる必要もある。
- (2) 道路の排水施設には、路面から流下してくる水を直接受ける排水溝、これを集水する柵、そして排水管等があり、それぞれの機能に応じて設計流量を流し得る十分な排水能力が必要である。  
 図4-3-5(a)は、排水溝の設置例を示したものである。排水性を向上させるため、全面に鋼製格子蓋を使用した例もあるので設計に際してよく検討してほしい。
- (3) 排水量(散水量、消雪量)を計算により求め、道路管理者へ連絡する。

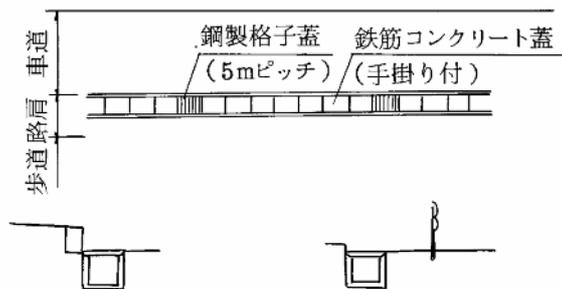


図4-3-5(a) 単路部の設置例(参考)

ただし、排水溝が歩道内に位置する場合は、歩行性を考慮する必要がある。

また、交差点部においては、排水面積が大きいことと通行車両が停止、発進の箇所でもあるため、特に排水機能を高めておく必要がある。

横断歩道箇所では円滑な歩行を確保する必要から鋼製格子蓋を設置してはならない。

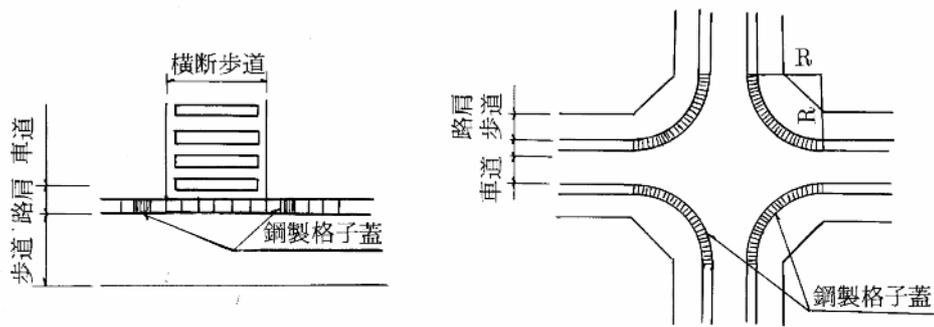


図 4 - 3 - 5 (b) 横断歩道、交差点部の設置例(参考)

(4) 水源が河川水等のように低温のものを利用するときは、路側にシャーベット状の雪がかたまったりするので必要に応じて鋼製格子蓋を設置する。

#### 6. 電源及び操作制御設備(標準)

消雪設備の電源及び操作制御設備は、消雪方式、規模、管理および運用体制に対応し、信頼性および安全性が高く、操作制御性に優れたものとする。

電源及び操作制御設備の計画・設計の基本的な手順およびその概要を図 4 - 3 - 6 に示す。なお、計画・設計の詳細については、「道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル(案)(H15年6月)」(以降、「遠隔マニュアル」と略す。)及び「参考図集(案)」を参照のこと。

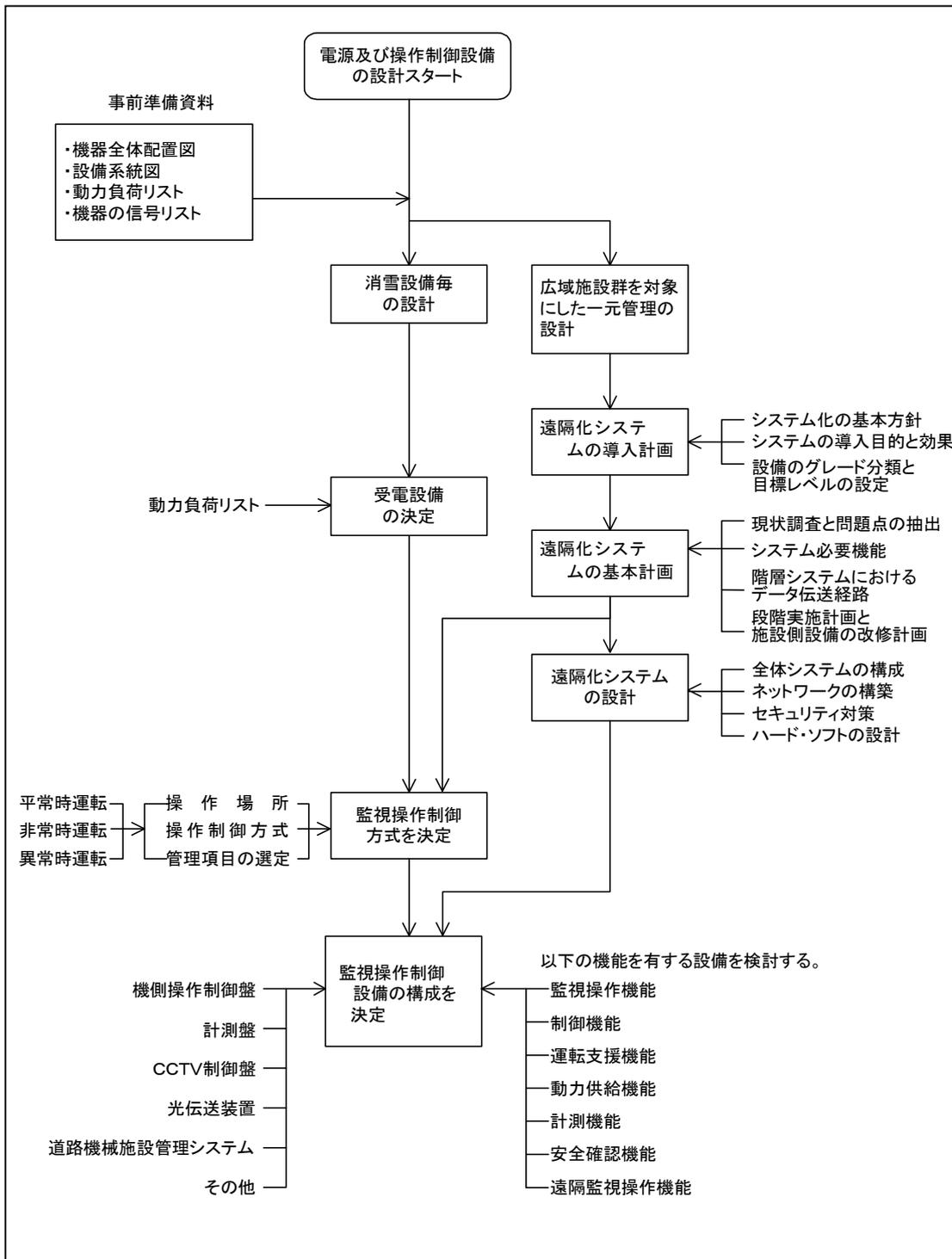


図 4 - 3 - 6 電源及び操作制御設備の基本的な計画・設計フロー

## 6-1 受電設備

受電設備は原則として、低圧受電方式とし、設備に対して次の保護装置を取り付けるものとする。

1. 漏電遮断器
2. 電動機の過負荷・欠相・逆相防止用保護リレー
3. ポンプの空運転防止のため低水位電極

### 〔解説〕

一般的な消雪用ポンプは、低圧電動機を使用している。電力会社の契約電力が50kW以上になると高圧受電設備が必要となり、設備費が高額となる上、自家用電気工作物としての保守管理責任が生じる。

従って、低圧受電設備となるように、融雪設備の規模の設定や、交互散水方式等、散水の方法についても考慮する必要がある。

また、ランニングコストの低減を図るため、消雪用電力を検討する必要がある。消雪用電力は1日合計2時間の遮断時間帯があるので注意を要す。詳細は電力会社の「融雪用電力(選択約款)」を参照のこと。

また、設備には避雷器及び接地工事を施工し、保安に万全を期すものとする。

- (1) 漏電遮断器は、機器の漏電をすみやかに感知し、回路を遮断する機能を有しているものとする。
- (2) ポンプに異物がかみ込んだり、土砂に侵されてモータの焼損やポンプの破損することのないよう運転中の過電流、欠相及び逆相から確実にモータを停止させるための保護リレー(3Eリレー)を設けるものとする。
- (3) 地下水が異常低下したとき、又は受水槽の水位が異常低下したときは、空転を防止するため低水位電極を設けてポンプの保護を図る必要がある。

一般に用いられる低水位電極は棒状電極であるが、融雪設備の場合、誤動作等を避けるため、水槽等の場合はフロートスイッチ、深井戸の場合は投込み式電極が多く用いられている。

- (4) 雷が多い地区では制御盤の電気部品が破壊されることが多い為電源避雷器を設け機器の保護を図る必要がある。

## 6-2 ポンプ起動方式

散水融雪設備に使用する水中ポンプの電動機の起動方式は、電動機容量及び使用条件等を考慮し性能及び維持管理に支障のない方式としなければならない。

### 〔解説〕

- (1) ポンプ起動の選択にあたっては、主電磁開閉器の安定投入と補助リレーの誤動作防止の為、起動電流を小さくして電源電圧降下を少なくする必要がある。したがって、11kW以上のポンプ容量ではスターデルター起動方式を採用する。また、機器容量の大きい深井戸ポンプ等の、回転体直径が小さく回転慣性の小さいポンプでは、スターからデルターに切り替わる時に一瞬電気供給が停止するため回転が低下しデルター接続時に直入起動に近い電流が流れて大きな電圧降下が発生し主電磁開閉器等の安定投入が困難な場合がある。このような状況が予想される場合は低電流起動方式の採用を検討する必要がある。

## (2) ポンプ直結防水ケーブル

ポンプに直接接続してある防水ケーブルは、ポンプの運転電流を十分に考慮し深井戸ポンプ等で長い防水ケーブルを使用する場合は、起動時や運転時に防水ケーブルでの電圧降下が大きくなるように注意する。なお、将来の維持修繕を考慮して防水ケーブルの余裕長をとるのが望ましい。

防水ケーブルを電線管に直接入れる場合は電線の過熱を防止するため、電線管に通線する電線本数と電線に連続供給可能な電流の最大値を考慮して、防水ケーブルの導体断面積を検討する必要がある。

## 6-3 制御方法の選定

消雪設備を雪の降り始め降り終わりに応じて的確に作動させ、より効果的に運用するため、降雪検知器による自動制御装置を設けるものとする。

また、水源の保全を計る必要がある場合は、降雪量に見合った散水量を散布する散水量調整制御を考慮しなければならない。

なお、1群の施設を集中して管理する場合は、遠隔システムを考慮検討する必要がある。

### 〔解説〕

ポンプの運転は自動運転を原則とするが、手動運転操作も可能なものとする。

近年消雪による井戸水の汲み上げが増大したことで地域によっては地盤沈下が深刻な問題になってきた。

河川水消雪では年ごとに設備延長が増長し河川水量が相対的に不足してきた。このような地域では水源の保全を計るため、降雪量に見合った散水量を散布する散水量調整制御を検討する必要がある。なお、消雪設備が連続して集中している地域では、集中監視システムなども採用して施設の効率的な運転と経済的運用も図られてきているが、制御装置の採用に当たっては施設の規模、制約条件等を十分検討して選定すべきである。

### (1) 降雪検知器

降雪検知器には、気温と降水の2要素によって雪と雨を判別する方式や、光の遮断・ビーム光線による方法などがある。これらの各種降雪検知器の作動方式は次のようである。

#### 1) 2要素式降雪検知器

雪が降ってくると、加熱された受雪盤の上で雪が水となり、カーボン電極を短絡させ電極電流を増幅の後、信号を出して降雪の形で検知する。従って降雪の時ばかりでなく降雨の場合も検知してしまうから、この両者は気温によって判別する。一般に約3℃以下の降水は大部分が降雪であるが、地域によっても差があるのでこの判別温度は調節できるようになっている。また、雪、気温の検知の他に路面凍結防止として利用できるよう専用の気温検知器が備えられているものもある。

#### 2) 光の遮断方式

降雪をメッシュ状のヒーター面で受け、その雪が光の透過を妨げる事で降雪を検知し、かつ降雪の判断を補助する水分電極で雨または雪の水分を検知して、それらの要素が同時に存在した時降雪の信号を発する降雪検知器である。

### 3) ビーム光線方式

降雪が地上に到達する前の雪粒子を空中で捕らえる方式で、一定時間にビーム状の光線を雪粒子が一定の回数遮ることで降雪を検知する降雪検知器である。

### 4) 熱量計測方式

路面着雪凍結予知センサーで、降雪の雪粒子を一定時間単位で捕らえ、その個数を降雪強度として表し、一定面積の擬似路面に積もる雪の状態で路面着雪として判断する。擬似路面では電気熱量で理想融雪を行い、消費した熱量を $\text{m}^2$ 時間当たり換算して融雪熱量計測値とする。

また、凍結に対しては擬似路面を凍結させない温度に保つために要した電気熱量を $\text{m}^3$ 時間当たり換算して凍結防止熱量計測値とする。

制御は各々の計測熱量を基に、融雪と凍結防止に区別して熱量で制御を行う。

センサーの計測項目は、気温・雪粒子数・融雪熱量・凍結防止熱量で、融雪熱量から単位時間降雪量、凍結防止熱量から凍結氷厚の換算が可能で、これらの計測信号を道路気象情報としても活用可能である。

### 5) 路面積雪感知方式

降雪になる状況(気温が低い状況で上空から雨または雪が降っている)において、路面の光反射率が上昇した時、路面に積雪が発生したものとして判断する。

センサーは回転台で反射率を測定する場所を円弧状に移動して積雪の有無を路面積雪率で捕らえ、一定値に保つように融雪を制御する。

路面積雪率の設定値は通常 20~30%に設定する。この設定値を 100%から引いた値は路面露出率の設定となる。設備を制御するに当たり、地域的な制約条件のある地点では手動で運転しなければならない例もある。従って、自動運転に採用する降雪検知器は、地域特性を把握して制約条件に適した方式の降雪検知器を選定しなければならない。

## (2) 散水量調整制御

散水量調整制御は、降雪量の変化にて適切に追従して散水量を可変し調整を行う制御であり、専用の降雪検知器でないと対応できない制御である。

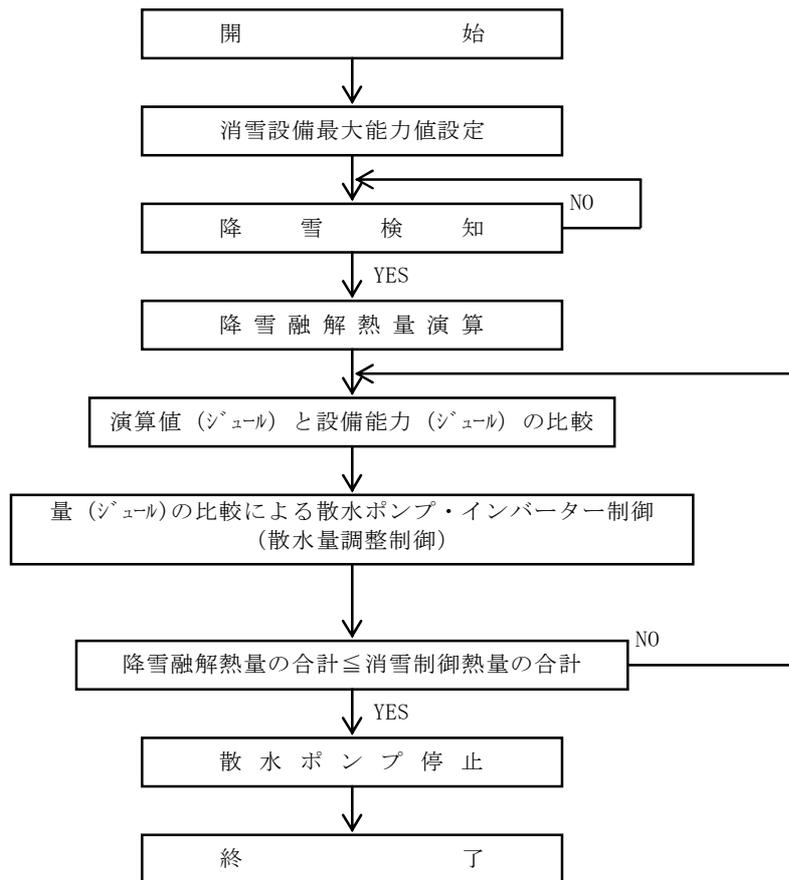
降雪量はその都度変化し、消雪設備の散水量を抑制できる時間が相当あり抑制した散水量で水源の保全に貢献する。

散水量調整技術は、降雪の融解熱量を計測した結果と融雪設備の融解能力を演算して散水量を決定する制御方式であり、理想的な融雪設備の自動制御である。

この散水量調整制御に用いる降雪融解熱量計測制御装置は、降雪状態の変化を降雪融解熱量信号で記録可能であり、制御装置本体には、融解に要した熱量を積算する機能を有し、年間に要した全降雪融解熱量も知ることができる。

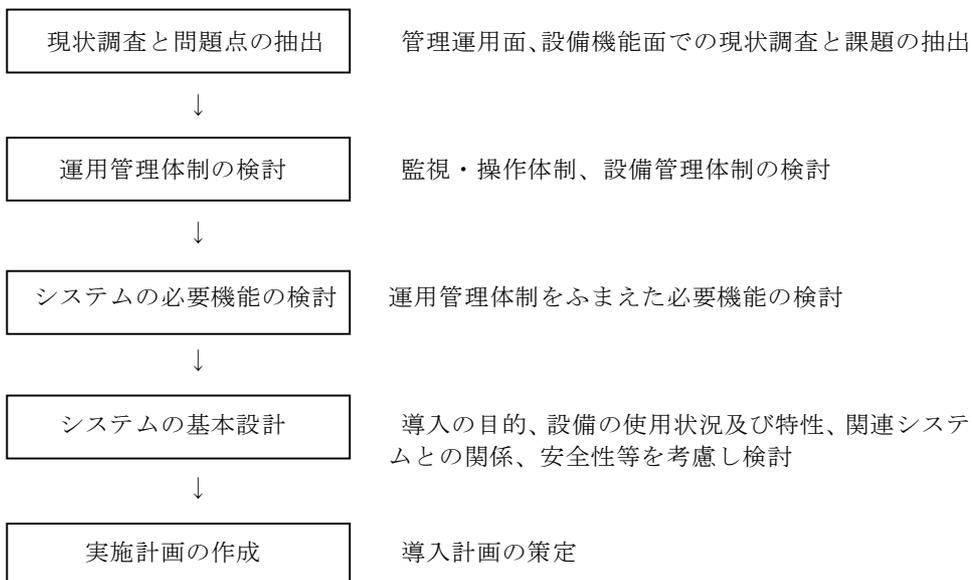
この制御方法を採用するにあたって、水源等の現場条件、コストについて検討する必要がある。また、散水量調整制御を採用する場合、路肩散水方式の融雪設備では必要に応じて散水飛距離一定ノズルの検討が必要である。

散水量調整システムフロー



(3) 遠隔化システム

- 1) 遠隔化システムの計画・設計にあたっては、運用体制を考慮し、信頼性、安全性が高いこと、操作性、耐久性、経済性に優れていること、緊急時対応や維持管理が容易であることを基本的な要件とする。
- 2) 遠隔化システムの全体構成、設備仕様を設計する際には、以下に示す基本的な項目を検討するものとする。



### 3) 導入目的の明確化

遠隔化の導入に際しては、導入目的を明確にし、システム構築のベースにする。導入目的としては次に示す項目が考えられるが、当該地域特性に合わせて明確にすること。

- ① 複数の施設管理の効率化を計る。
- ② 降雪開始に対する初期対応の迅速化及び降雪中の的確な状況把握を計る。
- ③ 合理的な散水運転により取水量を制限する。
- ④ 自動運転が異常の場合に遠隔から手動運転を行う等の施設異常時の迅速な緊急対応を計る。
- ⑤ 故障発生時の迅速な緊急復旧を計る。

詳細は「道路機械設備遠隔操作監視技術マニュアル」(P. 6、33)参照。

### 4) 基本計画

#### ① 現状調査による課題の明確化

既設散水設備も対象になる場合には、これらの管理体制、設備内容、運転記録、故障・点検整備記録、管理帳票類について現状調査を行い、課題を明確にする。

#### ② 遠隔化の目標レベルと階層別機能の設定

導入目的、現状調査を基に遠隔監視を行う、あるいは遠隔監視操作を行う等の遠隔化の目標レベルを設定し、散水設備側及び管理所等の各階層毎の必要機能を設定する。

機能としては、気象情報収集機能、安全確認機能、監視機能、操作機能、記録管理機能、故障対応支援機能等から選定する。

監視、計測、制御等の管理項目の例を表4-3-6(1/2)(2/2)に示す。

詳細は「道路機械設備遠隔操作監視技術マニュアル」(P. 10、39、41)参照。

#### ③ 設備の改修計画

遠隔化に伴う散水設備機器の新設、増設、改造、整備等を検討する。

詳細は「道路機械設備遠隔操作監視技術マニュアル」(P. 65)参照。

#### ④ 全体システム構成とネットワークの構築

散水設備及び管理所側設備条件に応じた階層管理形態を基にシステムの構成及びハード仕様、ソフト機能を選定する。

ネットワークの構築は、光伝送システムを前提として計画する。この場合接続機器等については、「電気・通信編」を参考に整合を計ること。

なお、光ケーブルの敷設計画の有無あるいは敷設の進捗状況等によっては一般専用回線、公衆デジタル回線(I S D N回線)、専用デジタル回線等の通信公共回線を検討するものとする。

詳細は「道路機械設備遠隔操作監視技術マニュアル」(P. 68、79)参照。

表 4 - 3 - 6 管理項目の例(1/2)

設備名称	機器名	計測項目	監視	計測	制御	安全監視	重要度	備考	
消雪設備	計装機器関係	風向		○			○		
		風速		○			○		
		気温		○			○		
		路面温度		○			◎		
		降雨量		○			○		
		降雪量		○			○		
		散水温度		○			○		
		風速値警報	○				○		
		気温値警報	○				○		
		路面温度値警報	○				◎		
		降雨量値警報	○				○		
		降雪量値警報	○				○		
		散水温度値警報	○				○		
		風向計故障	○				○		
		風速計故障	○				○		
		気温計故障	○				○		
		路面温度計故障	○				◎		
		降雨量計故障	○				○		
		降雪量計故障	○				○		
		散水温度計故障	○				○		
消雪設備	水槽関係	流入水量		○			○	映像監視	
		井戸水位		○			◎		
		流入水量値警報	○				○		
		井戸水位値警報	○				◎		
		水槽内状況				○	○		
消雪ポンプ関係		吐出流量		○			○	原則として個別監視	
		吐出圧力		○			○		
		モーター電流		○			○		
		吐出流量値警報	○				○		
		吐出圧力値警報	○				○		
		モーター電流値警報	○				○		
		運転	○				◎		
		始動中	○				○		
		各種故障	○				◎		
		操作場所 機側/遠方	○				○		
		制御モード 自動/手動				○	○		
		操作指示 運転/停止				○	○		
		操作指示 非常停止				○	○		
		機械周辺状況					○		映像監視
		中央操作室状況					○		映像監視
路面状況(凍結・散水状況)					○	映像監視			

注記 重要度：◎は、重要度が高い項目を示す。

表 4 - 3 - 6 管理項目の例(2/2)

設備名称	機器名	計測項目	監視	計測	制御	安全監視	重要度	備考
消雪設備	弁関係	開度 全開 全閉 各種故障 操作指示 開/閉/停止	○ ○ ○	○			○ ◎ ◎ ◎ ○	原則として個別監視
	受変電・自家発電機器	主幹電圧 消雪時間 非常受電 直流電源電圧 自家発電電圧 自家発電電流 自家発電周波数 停電 各種故障 電気室周辺状況 タイマー 入 タイマー 切	○       ○ ○	○   ○ ○ ○			○ ◎  ○ ○ ○ ○ ○ ◎ ◎ ○ ○	消雪電力契約の停止時間を表示する 上記停電中の緊急時に強制受電する  原則として個別監視 映像監視 盤内の運転時間設定タイマーを遠隔 で入・切する
	その他	設備点検中 保温ヒータ自動 入/切 保温ヒータ 通電中	○  ○				○ ○ ○	

注記 重要度：◎は、重要度が高い項目を示す。

## 7. 節水型消雪施設(参考)

### 7-1 計画一般

地下水の有効利用(節水)を図るため、降雪量に応じた取水および散水量の調整、散水された消雪水の回収・再利用等節水対策の検討を行うものとする。

[解説]

#### (1) 散水と消雪の実態

第2節3-3で求めた必要散水量はあくまで設計対象降雪に対する適正な水量であり実際の散水消雪の対象とする降雪量は設計対象量より下回る場合が多く、かなりの散水時間において過剰な量を散水していることになる。

また、必要散水量は夜間の降雪の激しい時期での消雪条件を対象とした場合が多く、日中においては、気温、日射の影響、さらに通行車両も多く、消雪にとってプラスの要因が強く表れることが実験調査でも確認され節水の可能性が残されている。

#### (2) 地下水源の実態

地下水利用の消雪パイプは昭和30年後半から普及し、現在では消雪施設の中心的な存在となっている。しかし、地下水の大量汲み上げにより、地域によっては地下水の枯渇や、地盤沈下等の問題が生じている。

このため公害防止条令により地下水の取水を規制している地域があるので計画にあたっては十分留意するとともに、規制のない地域であっても、その主旨を十分考慮して地下水の有効利用に努めなければならない。

#### (3) 節水対策

効率的な散水と地下水の有効利用を図るため、節水対策は今日非常に重要な課題であり、十分な検討が必要である。

### 7-2 節水の方法

節水型消雪施設には、次のような施工例があるが計画に際しては、地域の地下事情に応じて各々を組み合わせる検討を行うものとする。

- (1) 散水量の調整
- (2) 取水量の調整
- (3) 回収水等との混合水を利用
- (4) 地下水熱を利用

[解説]

節水型消雪施設には各種あるが、次にその一例を記述する。

#### (1) 交互散水方式

散水系統を二分割し、それぞれの分岐点に電動バルブを設け、自動タイマーによって片方向ずつ散水を行うものである。一斉散水に比べ同一取水量で二倍の延長を散水することができる。

しかし、山間部等降雪強度が大きく、夜間交通量の少ない地域では消雪に支障が出るおそれがあるので採用にあたっては実績などを参考とした検討が必要である。

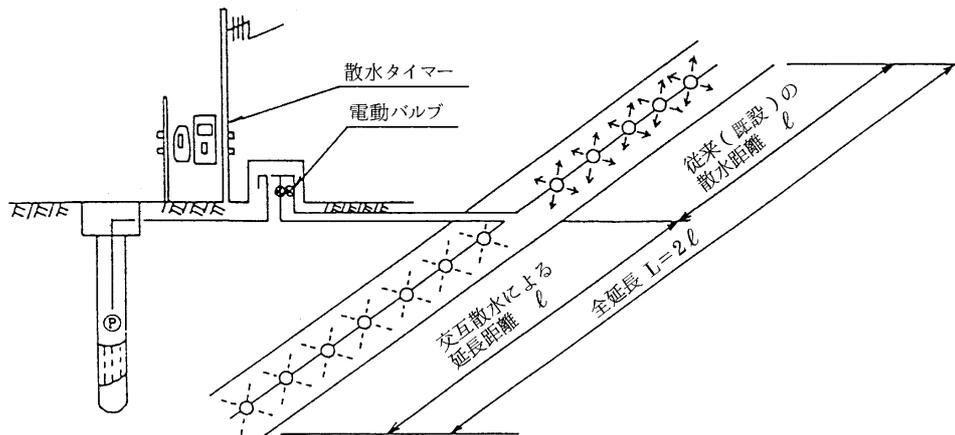


図 4-3-7 交互散水方式の概要

(2) 散水量調整方式

- 1) 気象検知器(降雪、気温等)と還元電動バルブを連動させ散水量を制御する方法  
この方法は、検知器で感知した降雪強度および気温がある条件内で自動的に還元電動バルブを作動させることにより取水量の一部を井戸に還元し、散水量を制御するものである。
- 2) 気象検知器周波数変換器などを連動させ降雪強度に応じ散水量を調節する方法  
この方法は降雪強度に応じ周波数制御によりポンプの回転数を変えて取水量を制御するものである。

(3) リサイクル方式

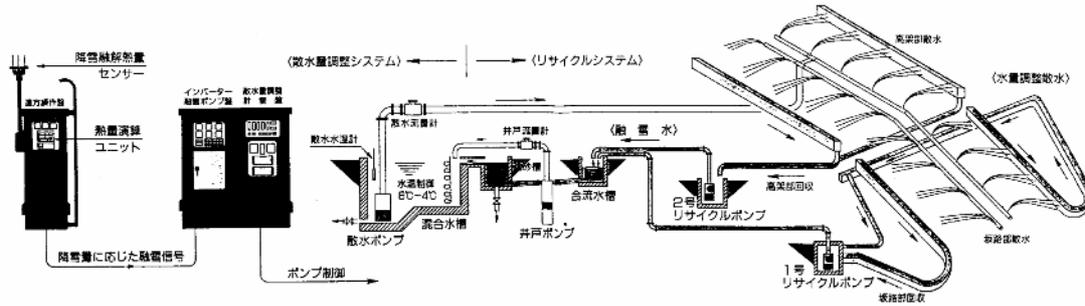
水源の水利用が十分できないところでは、散水した水を回収し井戸から取水した井戸水と混合させて昇温して再散水を行うものである。

(4) 熱交換散水方式

地下水の汲み上げの規制のあるところでは、直接井戸から取水した地下水を熱源として、熱交換器により河川水等地下水以外の散水用の水を温め、地下水は熱交換器通過後に還元弁を介して再び地下へ還元を行うものである。

この方式には、取水井と還元井を共用させた 1 本井戸方式と取水井と還元弁を分けた 2 本井戸方式がある。

### 7-3 節水型消雪施設の実施例



操作盤



混合水槽・合流水

下荒井高架橋消雪設備

#### 消雪水リサイクルシステム

散水した水を側溝を通して集水し、リサイクルポンプを介して合流水槽に回収し、合流水槽にて荒ゴミを取った後、沈砂槽にて除砂・除塵し混合水槽に返却する。

返ってきた消雪水は、雪により熱を奪われ、再度散水するには低温過ぎるため、目標水温(6℃)になるように地下水を補給し再び散水する。

「消雪水リサイクルシステム」は、このように散水を回収し再度利用することで、地下水の使用量を削減するシステムである。

#### 散水量調整システム

熱量センサーにより降雪の融解熱量を計測し、熱量演算ユニットに伝え、熱量演算ユニットは計測した融解熱量値と設備の融解能力値とを比較し、設備能力制御値を出力する。(比較の結果、融解熱量値が融解能力値に満たない場合は設備抑制運転の出力を、融解能力値を上回った場合は設備能力の100%の運転を出力し、不足する熱量は降雪終了後の延長運転として出力する。)設備能力制御値の指令を受けたインバーターは、降雪強度に見合った必要水量を無段階散水する。

「散水量調整システム」は、このように無駄をなくし降雪強度に即した完全融雪を行うシステムである。

下荒井高架橋散水融雪設備は、上記の「消雪水リサイクルシステム」と「散水量調整システム」の2つのシステムを併用することにより、従来設備と比較すると地下水の使用量は約1/3の水量で完全消雪を可能にしている。

## 8. 無散水型融雪施設(参考)

### 8-1 概要

無散水融雪は舗装路面等に放熱管、電熱線等を埋設し、放熱管は管内へ地下水や温水を循環させ電熱線は電気を通電することにより、熱エネルギーを得これにより融雪を行うものである。

[解説]

#### (1) 融雪設備の構成

システムとしての構成は熱源設備、融雪装置、舗装版、制御装置であり利用する熱源設備により舗装路面へ埋設する放熱材が決定される。

#### (2) 融雪設備の設置箇所

現在の近畿地方整備局での設置箇所の一例を記載する。

- ・トンネル坑口等の路面条件が急激に変化する場所
- ・駐車場、チェーン着脱場等
- ・消雪の流末処理部

### 8-2 融雪の方法

融雪設備には次のような実施例があるが計画に際しては、現場の状況、維持管理方法及びコスト面も含めて検討を行うものとする。

#### (1) 温水利用(ヒートポンプ等)

#### (2) 地下水熱利用

#### (3) 地中熱利用

#### (4) 電熱利用

[解説]

融雪施設の一例を記述する。

#### (1) 温水利用

燃料を使用するボイラー、ヒートポンプで加熱した温水(不凍液等)を、舗装に埋設されたパイプ(放熱管)に循環させ路面を融雪する方式である。

集熱・放熱方式としては、ボイラー温水を直接放熱管へ通す直接式と循環温水にヒートパイプの一端を浸して路面へ伝えるヒートパイプ式がある。

#### (2) 地下水熱利用

井戸から汲み上げた地下水等を熱源とし、地下水の持つ熱エネルギーを利用する方法である。集熱・放熱方式としては地下水を直接舗装に埋設された放熱管に通す方式と、地下水の熱を熱交換器、ヒートポンプ等を介して舗装に埋設されたパイプを循環する不凍液に伝える方式がある。

#### (3) 地中熱利用

地中熱を利用して融雪を行う方法で、火山帯など特に地熱の高い地域以外でも利用可能であるが、熱出力は高くないため、気象条件や施設規模の点で制限がある。集熱方式としては、深層地中熱を利用するもの、浅層地中熱を利用するものがある。

#### (4) 電熱利用

舗装に電気抵抗体(電熱ケーブル、面状発熱体等)を埋設し、これに通電し電気を熱に返還することで路面の温度を上昇させ、融雪する方式である。

この方式の特徴は設置における制限が少なく自由度が大きいこと、いかなる気象条件にも対応できること、付属設備がシンプルでコンパクトであるためスペース上の制約がないこと、この様に適用範囲という面では他の方式に比べて優れてはいるが、ランニングコストが高価なことから省エネを考慮した制御などが必要である。

(5) 無散水融雪施設の計画、施設設計(放熱方式・熱源設備)については、  
路面消・融雪施設等設計要領(平成20年5月) P157～P188 に記述されている  
ので参照の事。

## 第4節 修繕工事への対応(参考)

### 4-1 消雪設備修繕(更新)計画

設備の修繕には、部品の交換等で設備システムへの影響の無い小規模な修繕と主要構成機器の更新等で設備システムに影響を与える大規模な修繕がある。

いずれの修繕方法を取るかは、緊急性、予算面を踏まえ、以下に示すような要求事項を整理することで修繕の位置づけ、どの準拠基準を適用すべきかが明確になる。

また、土木関連構造物へ影響が懸念される修繕の場合、どこまでを対象設計業務の範囲とするかを明確にしておく必要がある。

#### (1) 修繕の目的

老朽化等による機能低下(過去の故障・修繕履歴)、要求機能アップ等

#### (2) 修繕の目標

今後の供用期間、他要因での改修計画を踏まえた修繕目標

#### (3) 既施設の経過年数、土木関連構造物も含めた施設全体の健全度評価

#### (4) 施設目的に適合した信頼性の確保(施設の種別、規模、地域性)

#### (5) 手戻りの無い修繕計画

#### (6) 費用対効果(経済性)

(次頁に、消雪設備修繕(更新)計画検討フロー図を示す)

### 消雪設備修繕(更新)時における計画検討フロー図(参考)

消雪設備の修繕(更新)時の業務手順フロー例を示す。

