

# 『路面消・融雪施設等設計要領』の 改訂内容について(2)

路面消・融雪施設等設計要領編集委員会  
事務局 小酒欽弥

# 事務局からの説明内容

- 新しく定義した用語について
- 必要散水量算定式の考え方
- 排水性舗装係数の考え方
- 具体的な散水量算定例(数値の設定例)
- 維持・修繕等を考慮した配管等の考え方
- 熱源の多様化や新技術の導入例

# 本改訂で新しく定義した主な用語(1)

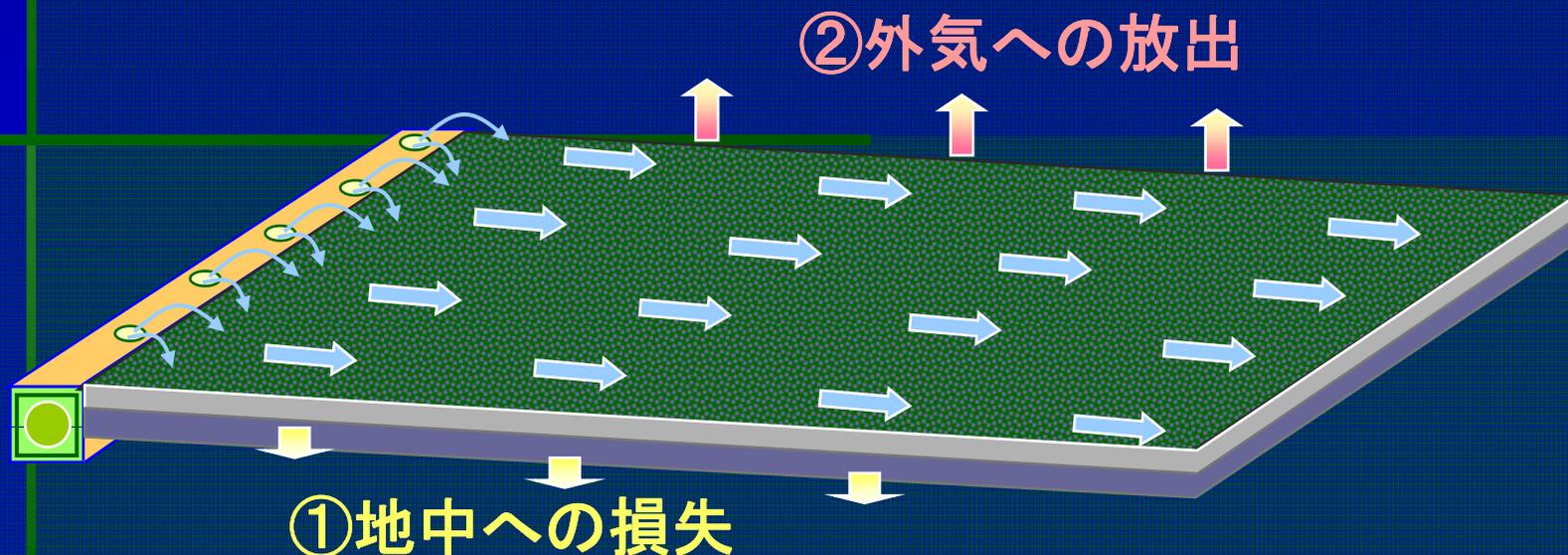
- 熱効率(P.19)、融解係数(P.25~27)

必要散水量の算出に用いる係数のうち

①地中への損失を考慮したものを「**熱効率**」

②外気への放出を考慮したものを「**融解係数**」

と呼んで区分し、使用。



# 本改訂で新しく定義した主な用語(2)

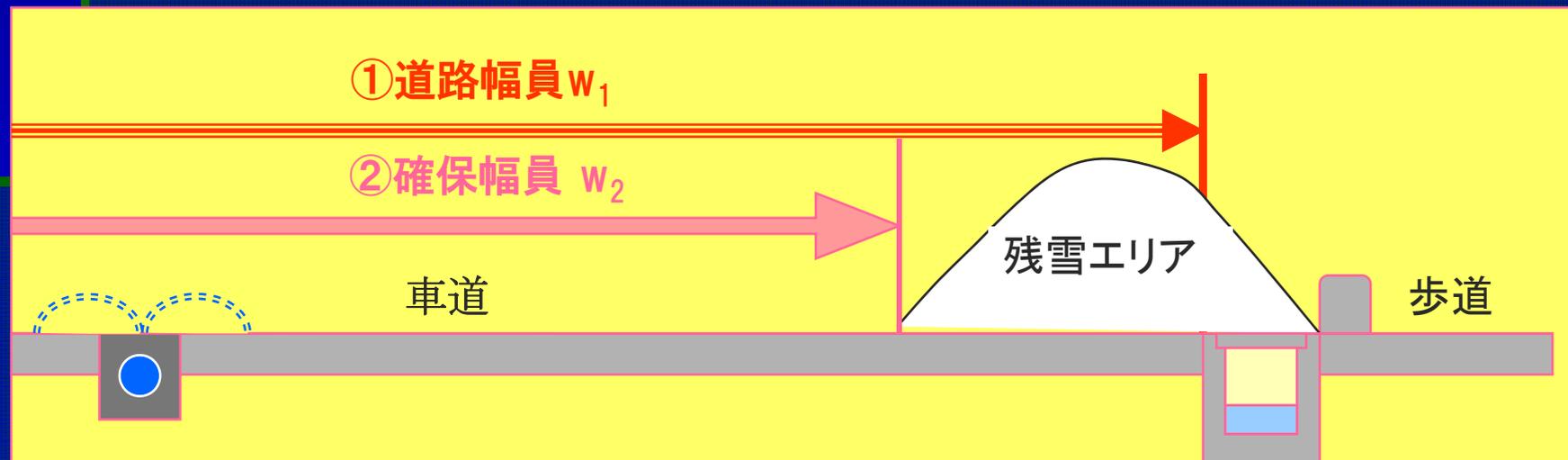
- 道路幅員 $W_1$ 、確保幅員 $W_2$ (要領P.28)

消・融雪を行う対象道路のうち

①側溝端までの道路幅員を「道路幅員」

②任意の幅で路面確保する幅員を「確保幅員」

として区分



# 本改訂で新しく定義した用語(3)

## ■ 路面管理レベル、交通係数(要領P.28~29)

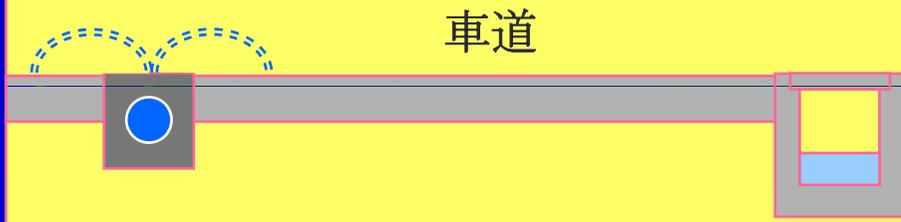
消・融雪を行う対象道路において

①降った雪に対し、走行可能な範囲でどの程度に路面を維持するかを定義したものを「**路面管理レベル**」

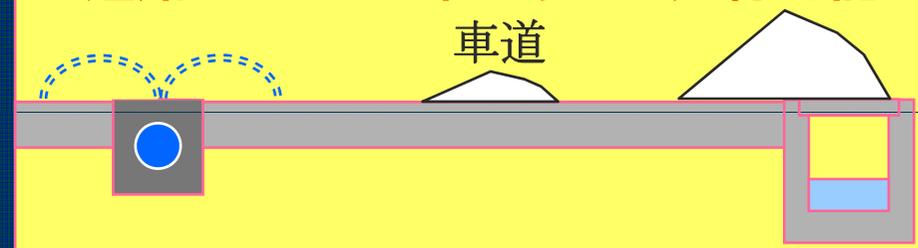
②交通量から、路面管理レベルを考慮して補正する係数を「**交通係数**」

として定義。

①交通係数1.0 (イメージ)  
道路上はほとんど雪がない状態

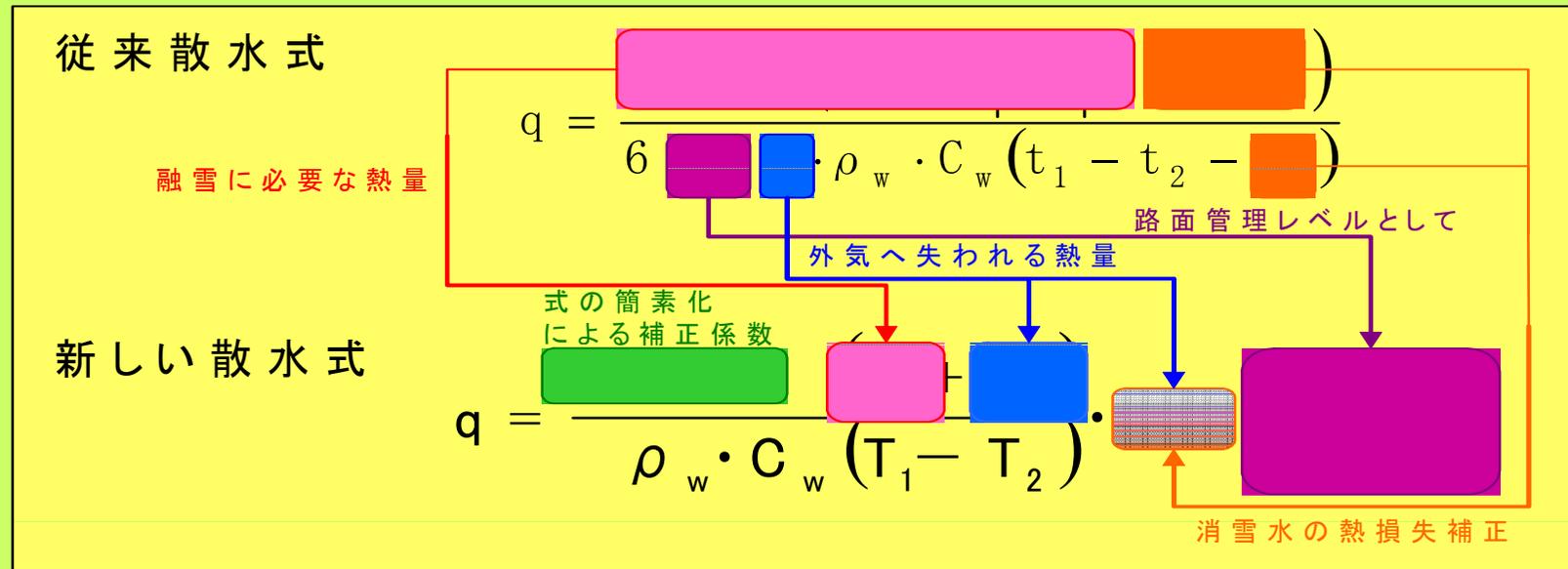


②交通係数0.6 (イメージ)  
道路上はやや雪があるが走行可能



# (1) 必要散水量算定の考え方と算定方法

近年、施工が多くなっている排水性舗装での融雪状況の違いが原因で平成12年版の式では散水量が実際の融雪状況と合わず現場において見直し等の声が高まってきた。



新しい必要散水量算定式の重要なポイントを以降説明

# 【算定式全体の構成について】

一般舗装での必要散水量 $q$ (単位:L/min/m<sup>2</sup>)(要領P.16)

$$q = \frac{60,000 \cdot (q_1 + q_2)}{\rho_w \cdot C_w \cdot (T_1 - T_2)} \cdot C_n \cdot \frac{W_2}{W_1} \cdot t_r$$

《雪の融解に使う熱量に関する係数》

→  $\rho_w$ : 水の密度 (=1000kg/m<sup>3</sup>)

→  $C_w$ : 水の比熱 (=4,186J/kg/°C)

→  $q_1$ : 融雪必要熱量 (W/m<sup>2</sup>)

→  $q_2$ : 凍結防止熱量 (W/m<sup>2</sup>)

→  $T_1$ : 散水温度 (°C)

→  $T_2$ : 末端水温 (°C)

→  $C_n$ : 融解係数 (無次元)

《路面の管理レベルに関する係数》

→  $W_2$ : 確保幅員 (m)

→  $W_1$ : 道路幅員 (m)

→  $t_r$ : 交通係数 (無次元)

※60,000は単位換算値

# ①雪の融解、路面を $0^{\circ}\text{C}$ 以上に保つ熱量

## a)融雪熱量 $q_1$ と凍結防止熱量 $q_2$ の考え方

### ■ 融雪熱量(要領P.19(1))

雪を完全に融解(水に相変化)させるために必要とする熱量のこと。

※式(1.4)を参照のこと

### ■ 凍結防止熱量(要領P.24(2))

路面温度を常に $0^{\circ}\text{C}$ 以上(計算上は余裕を見て $1^{\circ}\text{C}$ 以上としてる)に保つようにするために必要とする熱量のこと。

※式(1.6)を参照のこと

## b) 散水温度 $T_1$ と末端水温 $T_2$ の考え方

- 散水温度 $T_1$  (要領P.25(3))

地下水: 気温と水温の差が大きく、温度低下しやすいため、取水温 $-1^{\circ}\text{C}$ とする

河川水: 気温と水温の差が小さく、温度低下しにくいいため、取水温 = 散水温とする

- 末端水温 $T_2$  (要領P.25(4))

$0^{\circ}\text{C}$ で設定すると条件により、凍結する恐れが高くなるため、基本的には $1^{\circ}\text{C}$ としておく。

## c)融解係数 $C_n$ の考え方(要領P.25(5))

- 散水した水から、大気に放出される地下水の保有する熱の損失の割増率を係数化したもの



- 降雪が多いとき:雪へ熱が伝わりやすいため $C_n$ 小
  - 風速が強いとき:熱を奪われやすいので $C_n$ 大
  - 気温が低いとき:温度差で熱を放出しやすいので $C_n$ 大
  - 散水温が高いとき:熱を放出しやすいので $C_n$ 大
- こういった概念を念頭において $C_n$ を設定をすると良い

## ②路面の管理レベルについて

### a)道路幅員 $W_1$ と確保幅員 $W_2$ (要領P.28(6))

- 道路幅員：側溝端までの幅員のこと
  - 確保幅員：**任意**で定める幅員のこと
- ※機能上は道路幅員＝確保幅員が望ましい



#### 道路幅員 > 確保幅員とするときの考え方(例)

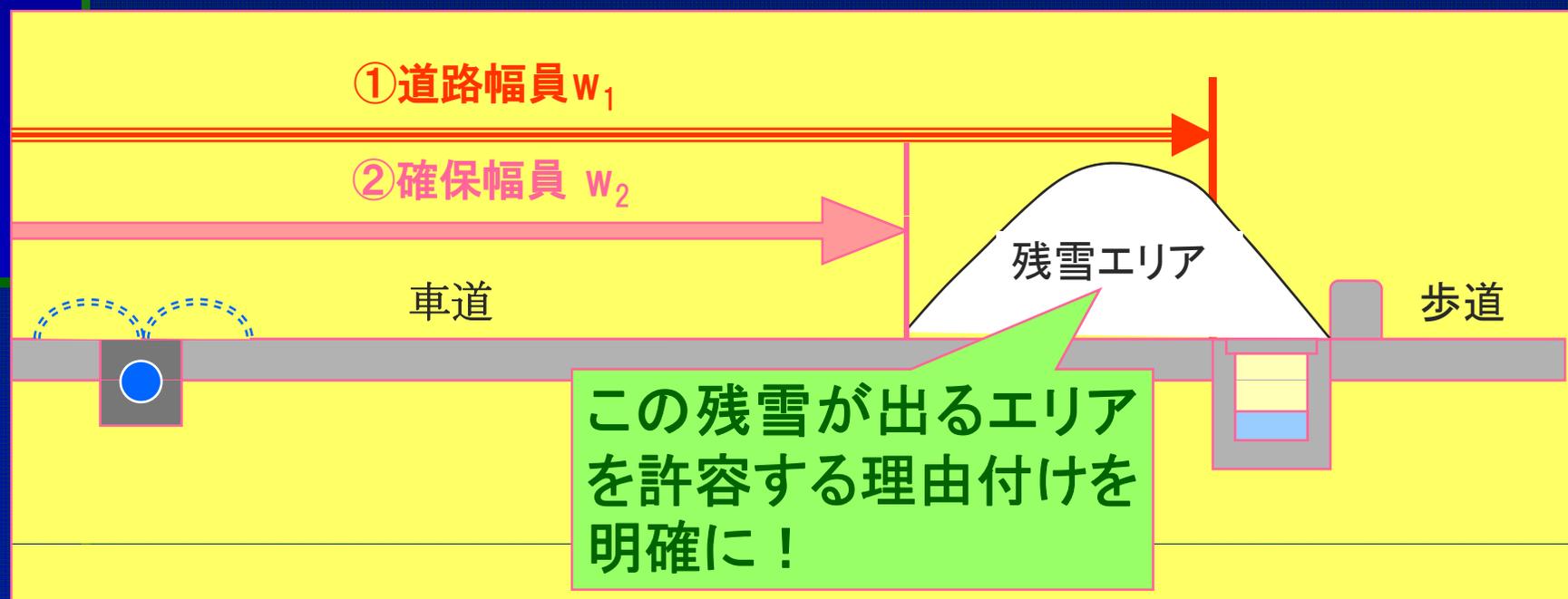
- ・道路構造令に記載される冬期車道の幅員(標準値－0.25m)
  - ・当該道路の対象車両(歩行者)などが通行可能な幅員(車道外側線まで等)
- など狭く設定する理由付けはしっかり行う

- 道路幅員 $W_1$ 、確保幅員 $W_2$

消・融雪を行う対象道路のうち

①側溝端までの道路幅員を「道路幅員」

②任意で路面確保する幅員を「確保幅員」

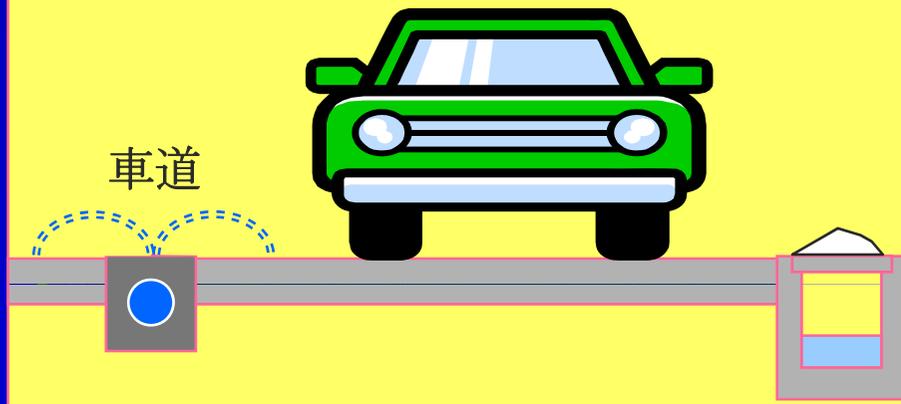


## b) 交通係数 $t_r$ の考え方(要領P.28(7))

- 過去の実験データより、交通に支障のない範囲で散水量を低減できる量を示した係数  
→交通量が多い場合に、散水量を一定量まで低減しても走行可能な状態が維持できることを示した係数

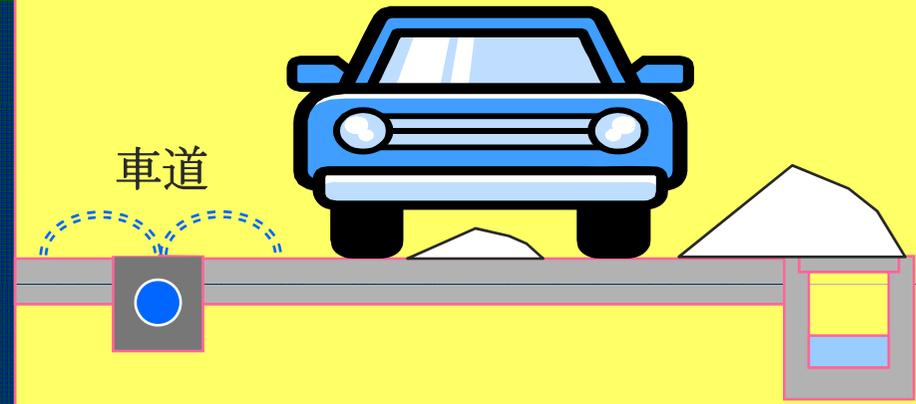
### ①交通係数1.0 (イメージ)

道路上はほとんど雪がない状態となっており、走行上ほぼ問題ない状態が維持できている。



### ②交通係数0.4~0.6 (イメージ)

道路上はやや雪があるが車両等の効果によって走行可能な状態が維持出来ている。



## ■ 交通係数設定にあたっての注意事項

- ① 交通係数は過去の実験データから交通量との関係を定めた係数であり、交通量との関係を考慮した場合に、これを下回る係数の使用は、路面状態を著しく悪化させる可能性が高いため、採用しない。
- ② 交通係数を高く(1.0)設定する路面の例
  - ・ 歩行者が多い歩道が隣接している車道  
(歩道への残雪の飛散等が無いように配慮する)
  - ・ 交通の要所になっている交差点部の消雪  
(交差点内に残雪を出来るだけ残さない配慮をする)
  - ・ 冬期に事故等の多い路線  
(残雪による重大事故の発生を抑止する)                      など

## (2) 排水性舗装係数の考え方(要領P.28(8))

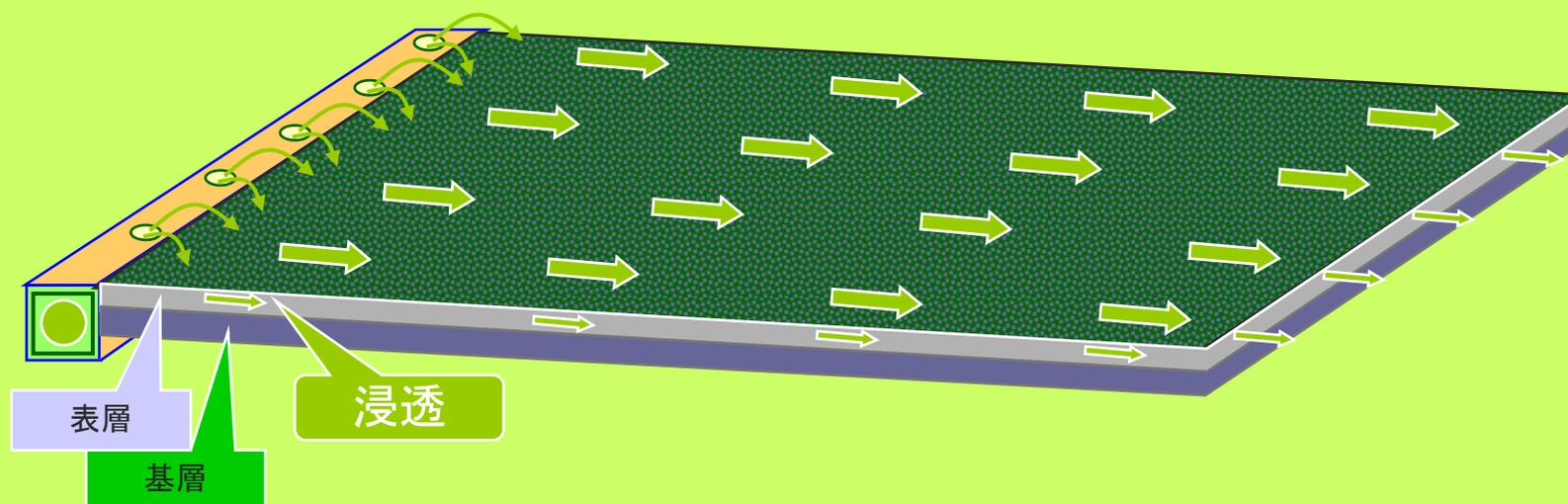
### 排水性舗装への必要散水量算定式の対応

必要散水量の算定式の改訂の一つとして排水性舗装の場合の補正係数を設定し、排水性舗装へも対応できるように考慮した。

排水性舗装  
の場合

$$q_d = C_d \cdot q$$

排水性舗装にのみ適用



## ■ 排水性舗装で散水すると・・・

- ①同条件で散水すると、一般舗装より末端水温は高くなる
- ②排水性舗装の内部を一部流れるため、舗装を温めることで融かす無散水融雪の要素に近い考えが必要になる。
- ③水の流出までの時間が変わる条件(幅員、勾配)によって、温度低下の状態も変化する。  
(幅員小のとき係数大、勾配大のとき係数大となる)
- ④散水量が多いときには、補正係数は比較的小さい。  
(舗装内を通過する流量に限度があるため)



これを式から算出しようとする、かなり複雑なため**要領P.31表1.5、P.32図1.14**に示した図表から読み取って係数を定めることとした。

# (3) 必要散水量の具体的算定例

## ① 設計条件の設定 (道路幅員 $W_1$ 、確保幅員 $W_2$ 、路線延長 $L$ )

設定例)

- ・対象道路 延長  $L=200\text{m}$
- ・道路幅員 側溝端までの幅員 $W_1=7.5\text{m}$
- ・確保幅員 道路外側線までの幅員 $W_2=6.5\text{m}$
- ・舗装種類 排水性舗装 (流下勾配  $i=2.0\%$ )



## ①設計条件の設定(要領P.28\_交通係数 $t_r$ の設定)

設定例)

- ・日交通量 2000台/日程度の道路
- ・道路の重要度 市街地の幹線道路で、重要度は高い

## ①設計条件の設定(要領P.25\_散水温度 $T_1$ 、末端水温 $T_2$ )

設定例)

井戸から取水温度が $13^{\circ}\text{C}$ とした場合

- ・地下水散水温度  $T_1 = 12^{\circ}\text{C}$   
(取水温度 $13^{\circ}\text{C} - 1^{\circ}\text{C}$ )
- ・末端水温  $T_2 = 1^{\circ}\text{C}$

## ①設計条件の設定

(要領P.19\_hs:設計時間降雪深の設定)

・北陸地方の場合 →要領P.22\_図1.9より拾い読み

・他の地方の場合

イ)降雪深に関するデータを収集し、日平均降雪深を算出して、式(1.5)で算出する。

ロ)時間降雪深のデータがあれば、独自に解析して妥当な設計時間降雪深を設定する。

例:高田(上越市)の場合、要領P.22\_図1.9より

日平均降雪深 $H_m=13.7\text{cm}$

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

$$=0.425 \times 13.7^{0.7} \doteq 2.7\text{cm/h}$$

## ①設計条件の設定

(要領P.23\_2)、P.24(2)\_ $T_a$ : 気温の設定)

・北陸地方の場合

「北陸の雪2000(社)雪センター」に各地の月平均気温の最低値が記載されており、これを拾い読みする

設定例) 高田の日最低気温の月平均値(°C)

月	平均値	採用値
12月	1.6	<u>-1.6</u>
1月	-1.0	
2月	-1.6	
3月	0.5	

→データがある地域は比較的簡易に気温の設定可能

気温と降雪の関係から降雪の密度 $\rho_s = 70\text{kg/m}^3$ と整理できる(要領P.23\_表1.1参照)

整

・他の地方の場合

気象庁等から、過去10年分程度の気象データを収集し、最低気温の月平均値を試算する。

月	1999	2000	2001	...	...	...	...	...	...	2008	平均値
12月	0.3	0.5	0.4	...	...	...	...	...	...	0.4	0.4
1月	-0.3	-0.5	-0.4	...	...	...	...	...	...	-0.4	-0.4
2月	-0.6	-0.4	-0.5	...	...	...	...	...	...	-0.5	<u>-0.5</u>
3月	0.2	0.1	0.3	...	...	...	...	...	...	0.2	0.2

←採用値

→データがない地域はデータの収集と整理が必要になり、北陸の雪2000に記載された地域に比べると設定に時間が掛かる

## ①設計条件の設定(要領P.24\_u:風速の設定)

### ・北陸地方の場合

気温と同じく「北陸の雪2000:(社)雪センター」に各地の月平均風速が記載されており、これを拾い読みする

### 設定例)高田の月平均風速(m/s)

月	平均値	採用値
12月	2.6	<u>2.6</u> (気温採用月)
1月	2.6	
2月	2.6	
3月	2.3	

→データがある地域は比較的簡易に気温の設定可能

・他の地方の場合

気象庁等から、過去10年分程度の気象データを収集し、月平均風速の月平均値を算出する。

月	1999	2000	2001	...	...	...	...	...	...	2008	平均値
12月	2.9	2.9	2.7	...	...	...	...	...	...	2.7	2.8
1月	2.7	2.9	3.1	...	...	...	...	...	...	2.9	2.9
2月	3.2	3.0	2.8	...	...	...	...	...	...	3.0	<u>3.0</u>
3月	2.3	2.1	2.2	...	...	...	...	...	...	2.2	2.2

←採用値

→データがない地域はデータの収集と整理が必要になり、「北陸の雪2000」に記載された地域に比べると設定に時間が掛かる

## ②算定例

### A) 融雪熱量 $q_1$

要領P.19\_式(1.4)より

$$q_1 = 176.4 [\text{W/m}^2]$$

※橋梁等の熱効率 $\eta$ は散水温・気温・床版厚・熱伝導率から熱伝達による下部損失熱量を試算して求めると良い。

### B) 凍結防止熱量 $q_2$

要領P.24\_式(1.6)より

$$q_2 = 53.5 [\text{W/m}^2]$$

※日最低気温の月平均値が $0^\circ\text{C}$ 以上の場合、この熱量はマイナスで計上される。

その場合、条件にもよるが“ $0 \text{ W/m}^2$ ”として必要散水量の計算を行うなどしておけば問題ない。

### C) 融解係数 $C_n$

要領P.25\_式(1.7)より

$$C_n \doteq 1.51$$

### D) 交通係数 $tr$

要領P.29\_表1.4より交通係数は2,000台/日で重要度が高いことから  $tr = 0.8$  とする。

## ②算定例

- 一般舗装の必要散水量(要領P.16 式(1.1)より)

$$q = \frac{60,000 \cdot (176.4 + 53.5)}{1,000 \cdot 4,186 \cdot (12 - 1)} \cdot 1.51 \cdot \frac{6.5}{7.5} \cdot 0.8$$
$$= 0.314 \quad [\text{L}/\text{min}/\text{m}^2]$$

- 排水性舗装への適用(要領P.31\_表1.5)

排水性舗装係数 $C_d = 1.04$ として計算

一般舗装必要散水量 (L/min/m <sup>2</sup> )	道路幅員		
	6.0m	7.0m	8.0m
0.28	1.06	1.04	1.03
0.30	1.06	<b>1.04</b>	1.03
0.35	1.05	1.04	1.03

※幅員、散水量の数値が小さい方の設定数値を採用する。

- ▶ 排水性舗装での必要散水量  
要領P.16\_式(1.2)より、

$$q_d = 1.04 \cdot 0.314 \\ = 0.327 [\text{L}/\text{min}/\text{m}^2]$$

- ▶ 計画区域の必要散水量  
要領P.16\_式(1.3)より、

$$Q = (\text{道路幅員}) W_1 \times (\text{延長}) L \times (\text{単位散水量}) q_d \\ = 7.5\text{m} \times 200\text{m} \times 0.327\text{L}/\text{min}/\text{m}^2 \\ = \underline{490.5\text{L}/\text{min}}$$



この必要散水量と、配管設計から算出する必要散水量を比較し、必要散水量が大きくなる方を採用する。

## 旧式と比較する場合の留意事項

- なお、本式と旧式を比較した場合、**風速の強く気温が低い地域は散水量がやや多めに出る傾向になる。**

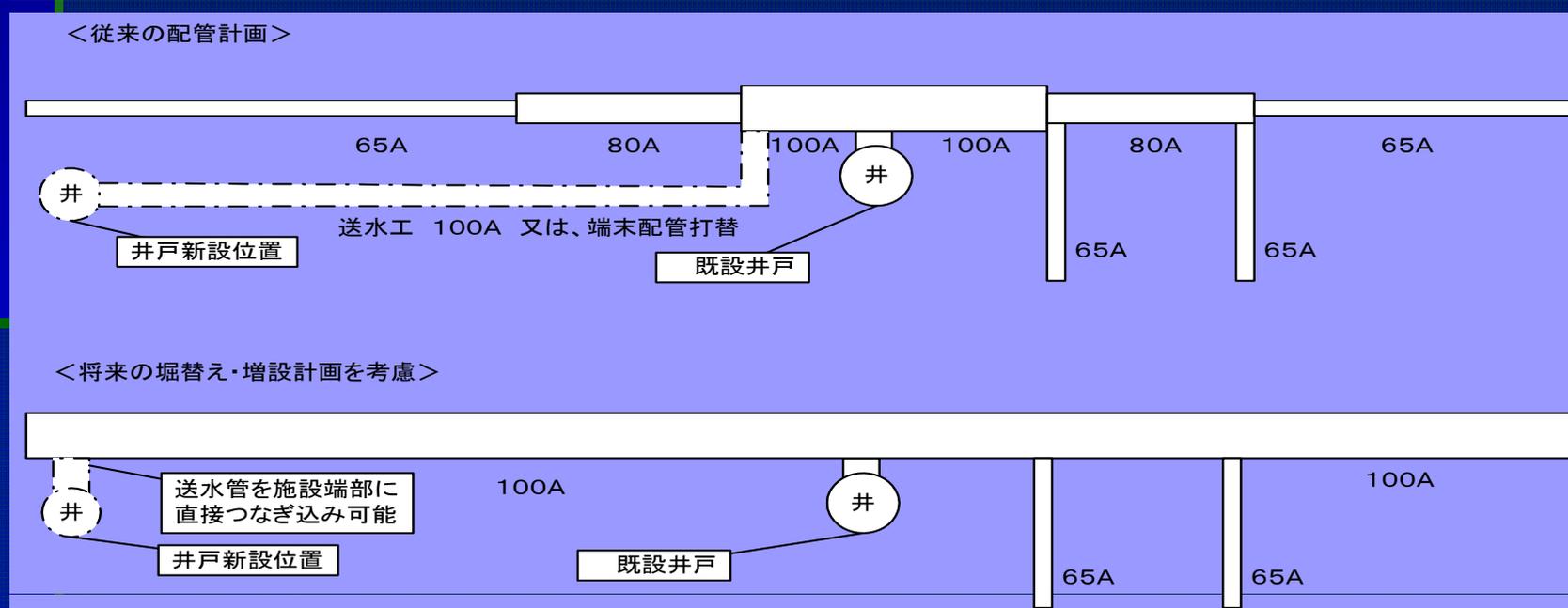
旧式で一般的に使われていた路面露出率80%での必要散水量は、確保幅員 $W_2$ ／道路幅員 $W_1=0.8$ 、交通係数 $tr$ で低い数値( $tr=0.6\sim 0.8$ のとき、0.6)を採用した場合の条件程度と考える。

# 配管設計で追加した考え方(要領P.82~P.84)

## ■ 配管口径の統一に関する検討の追加

修繕時の配管の打替えや新規の送水工を削減したい場合に検討するもの。

標準は推奨流速(1.5m/s)を維持するよう末端に向かって口径を小さく設計する考えで変更はない。



口径を小さく統一すると、損失でポンプ容量が大きくなる可能性も

## ※本設計要領・散水施設の配管設計における訂正事項

### ■ 要領P.86 下から3行目と4行目

①管内面の粗度係数(一般に0.09とする)



(一般に樹脂管で0.010、鋼管で0.012とする)

②実用上、f=0.03としてよい。



実用上、樹脂管でf=0.03、鋼管でf=0.04としてよい。

③式(6.9)、式(6.10)中

$$h_u = 0.03 \cdot 1/d \sim \sim$$



$$h_u = f \cdot 1/d \sim \sim$$

## (4) 災害復旧や修繕を考慮した配管等への対応

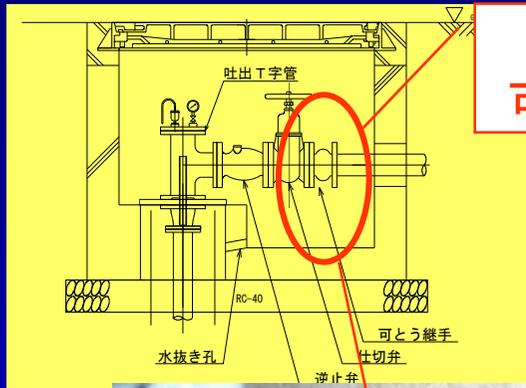
近年多発した震災での教訓をもとに、特に配管やポンプ室の災害への強化策の対応として、以下のような内容を掲載した。

＜記載した主な内容＞

- ☆災害に強い配管構成(ポンプ室出口の可とう継手の使用)
- ☆小型の開放型のポンプ室の開発  
(φ100mm以下のポンプに適用)
- ☆ポンプ地上部に災害時に雑用水がすぐに使える工夫を施したT字管の施工例
- ☆修繕時の復旧作業でのカップリング継ぎ手の有効性を記載
- ☆修繕時の応急復旧(簡易手法)の事例の紹介

# ・災害や修繕を考慮した配管構成①

- ポンプ室出口の可とう継手の使用（要領P.99～100）



ポンプ室内での  
可とう継手の使用

ポンプ室土中部での  
フレキシブルジョイントの使用

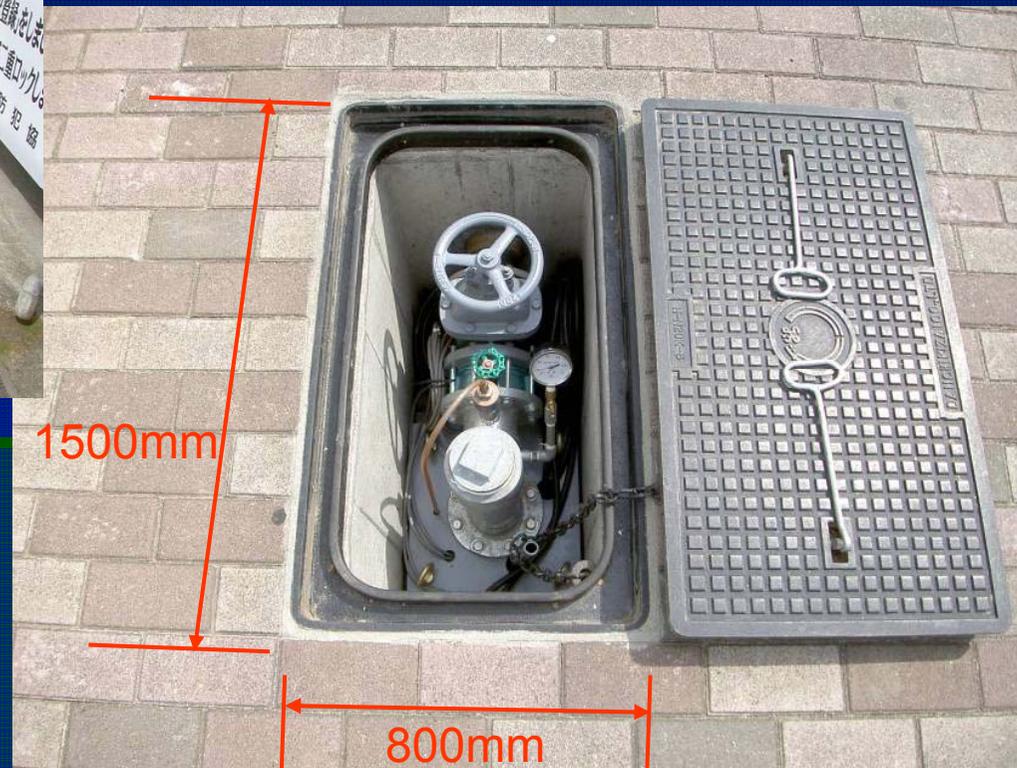


ポンプ室と土中部の配管の不等沈下対策や振動対策として使用

## ・災害や修繕を考慮した配管構成②

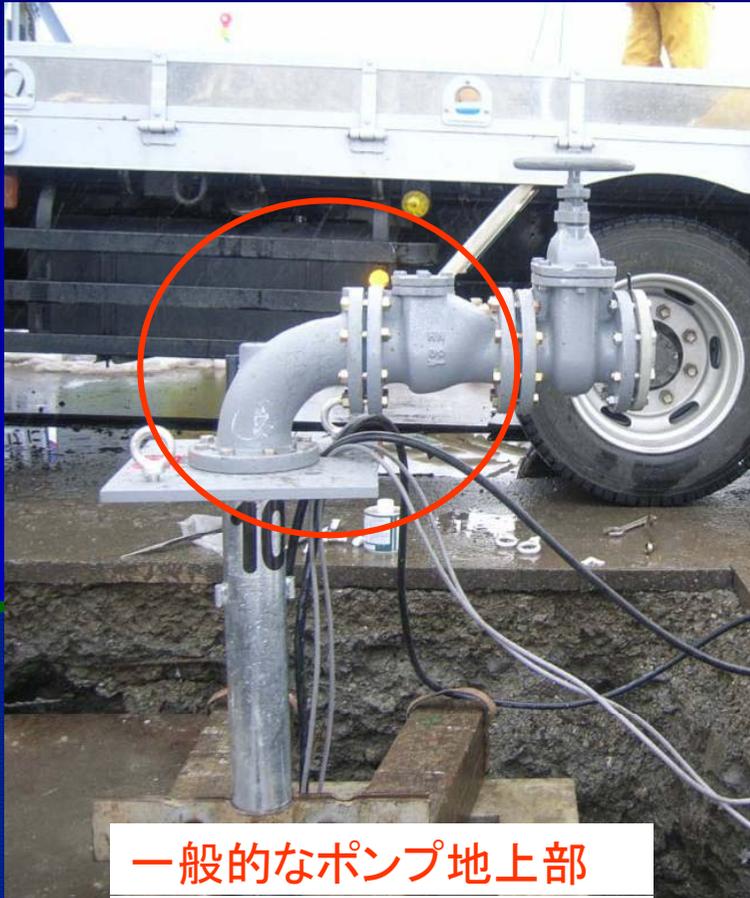
- 小型ポンプ室 (φ100mm以下のポンプ対応)

(要領P.112)



軽量化や施工性・安全性を考慮して採用を検討する

- ・災害や修繕を考慮した配管構成③
- ポンプ室地上部のT字配管例(要領P.100)



メンテナンス時や緊急時の雑用水等への使用を考慮して検討する

## ・災害や修繕を考慮した配管構成④

- カップリング継ぎ手を使用した修繕  
(要領P.81\_10行目～に文章のみ記載)



施工を考慮し採用(修繕ではネジ接続は困難なため、必須)

# ・災害や修繕を考慮した配管構成⑤

- 災害時の応急復旧に関する事例  
(要領P.140～P.143に記載)



上記ページに同様の状態が発生した場合の応急復旧方法について他にも数種類記載している。

## (5) 熱源の多様化や新技術の導入への対応

平成12年版の改訂後に開発されてきている各種新技術について紹介し、今後の技術導入に向けて参考となるようにした。

### <記載した主な新技術>

・散水消雪施設

☆インバータ制御等を利用した様々な節水技術

☆維持管理が容易で災害に強いポンプ室、配管の施工技術 等

・無散水融雪施設

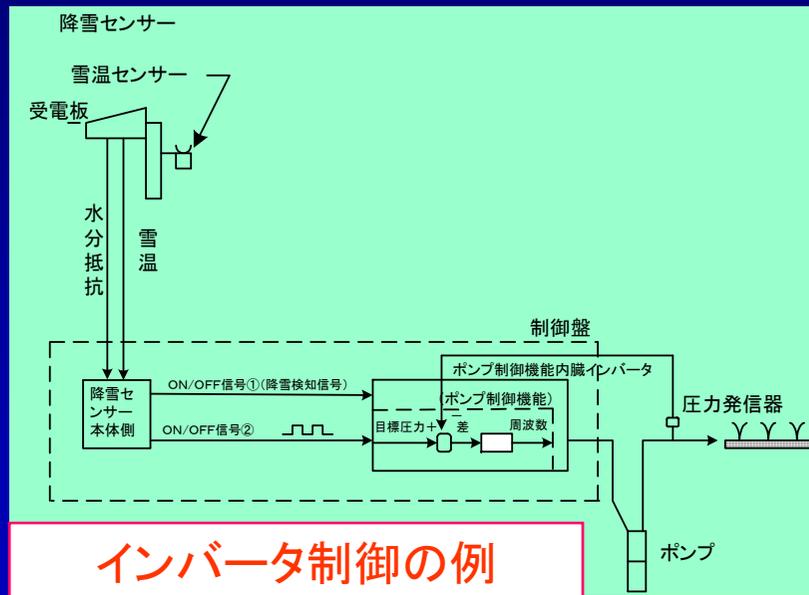
☆コージェネレーションシステムを用いた熱源システム

☆空気排熱を利用した無散水融雪システム

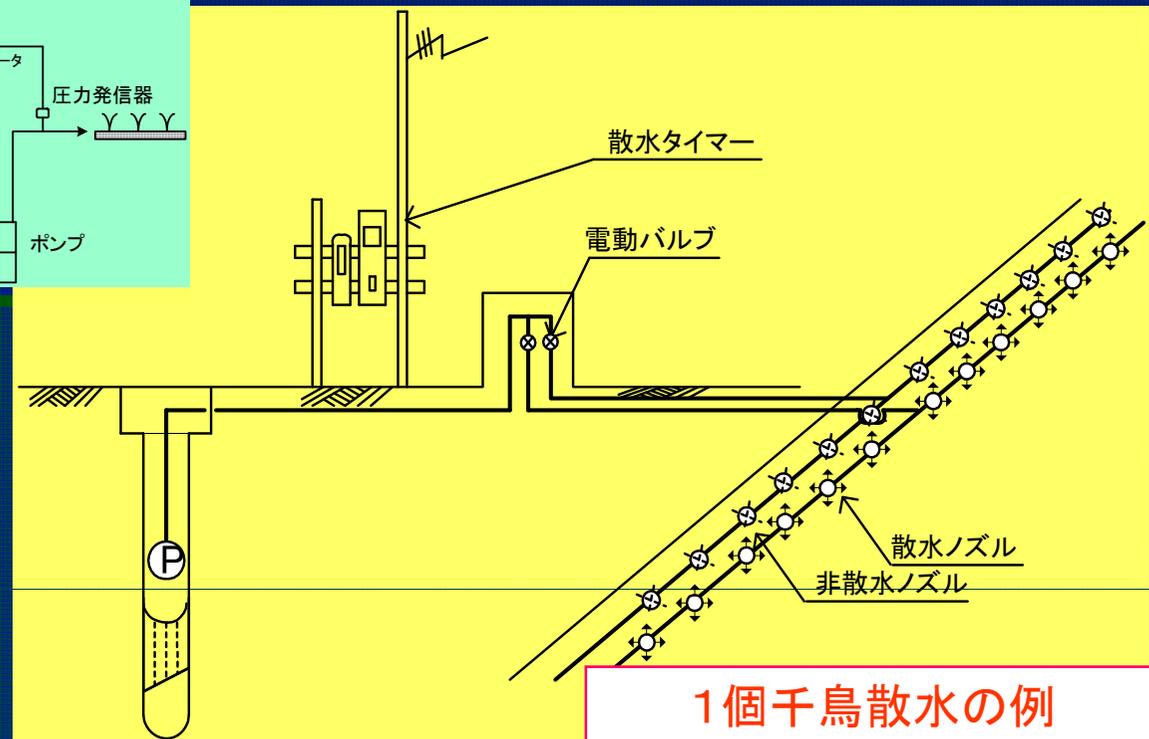
☆RC版による二次製品を用いた配管技術 等

# ・熱源の多様化や新技術の導入への対応 (散水消雪施設①)

①インバーター制御や千鳥交互散水装置の事例を記載  
(要領P.117~P.119)



節水(環境負荷低減)  
を目的として使用



# ・熱源の多様化や新技術の導入への対応 (散水消雪施設②)

## ②集中制御やブロック制御の導入(要領P.126~P.128)



集中制御用の制御盤例

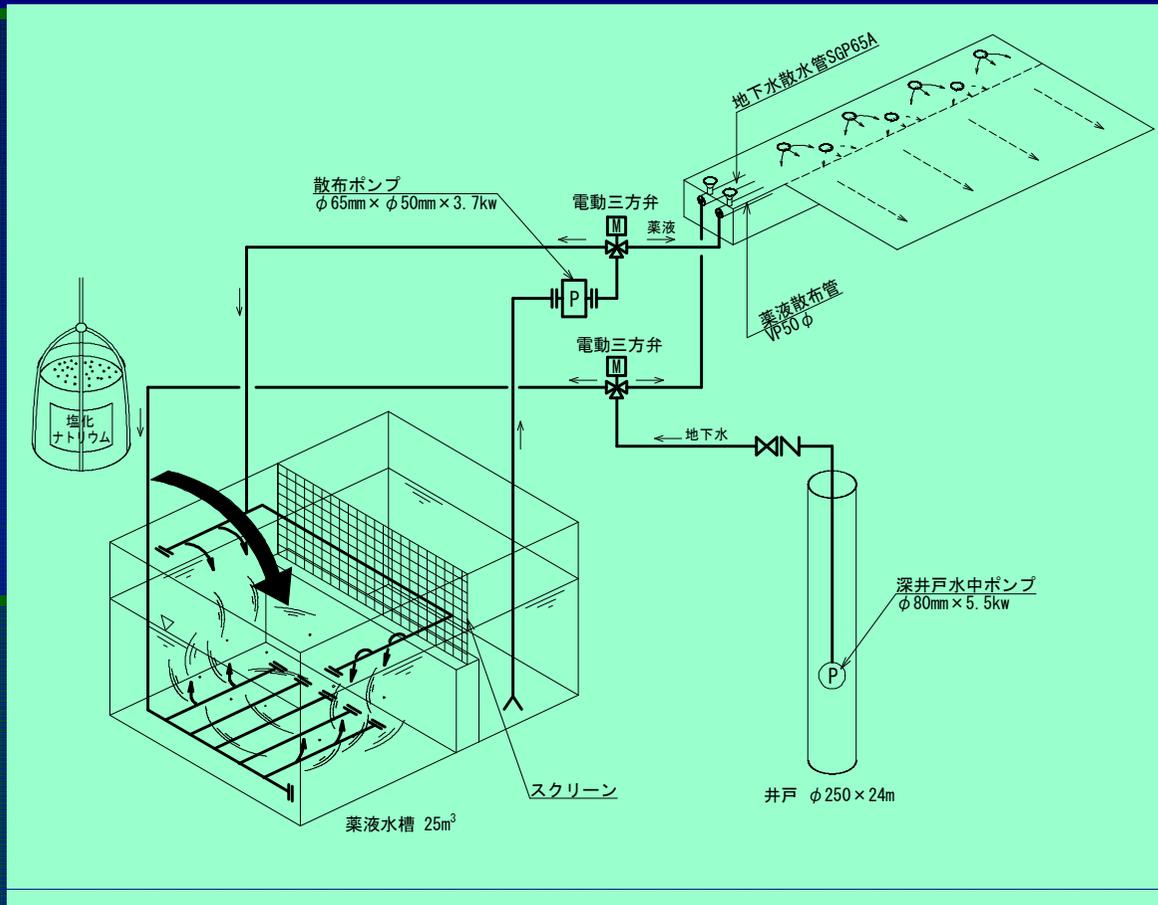


集中制御用の制御盤内部状況

交通機能をネットワークで確保する目的で併用

# ・熱源の多様化や新技術の導入への対応 (散水消雪施設③)

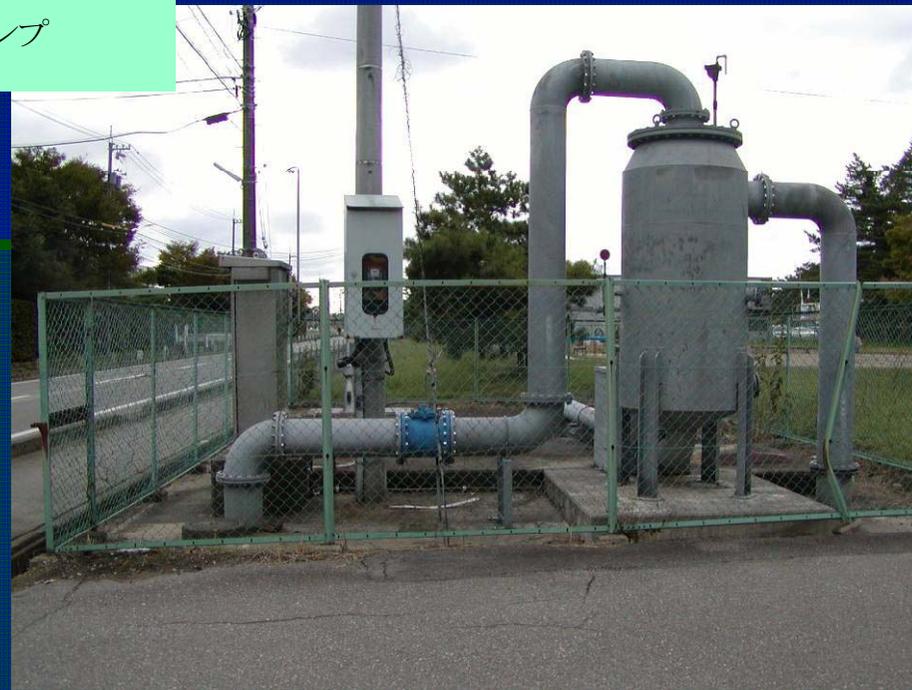
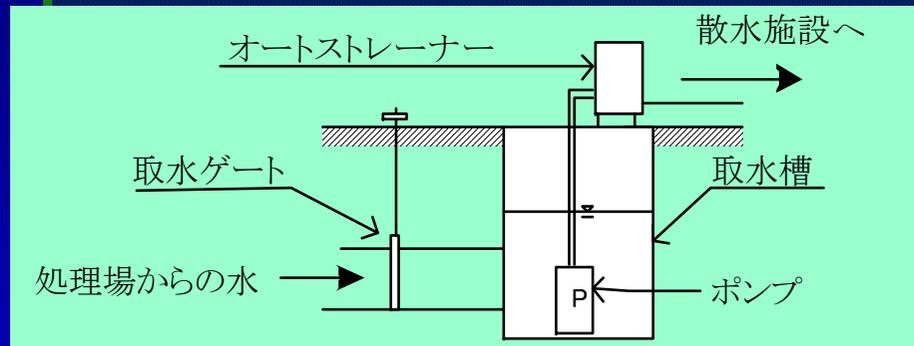
## ③薬剤散布併用の事例(要領P.125~P.126)



交通機能の確保を目的として薬剤を併用

# ・熱源の多様化や新技術の導入への対応 (散水消雪施設④)

## ④ 下水処理水利用の事例(要領P.128~P.129)

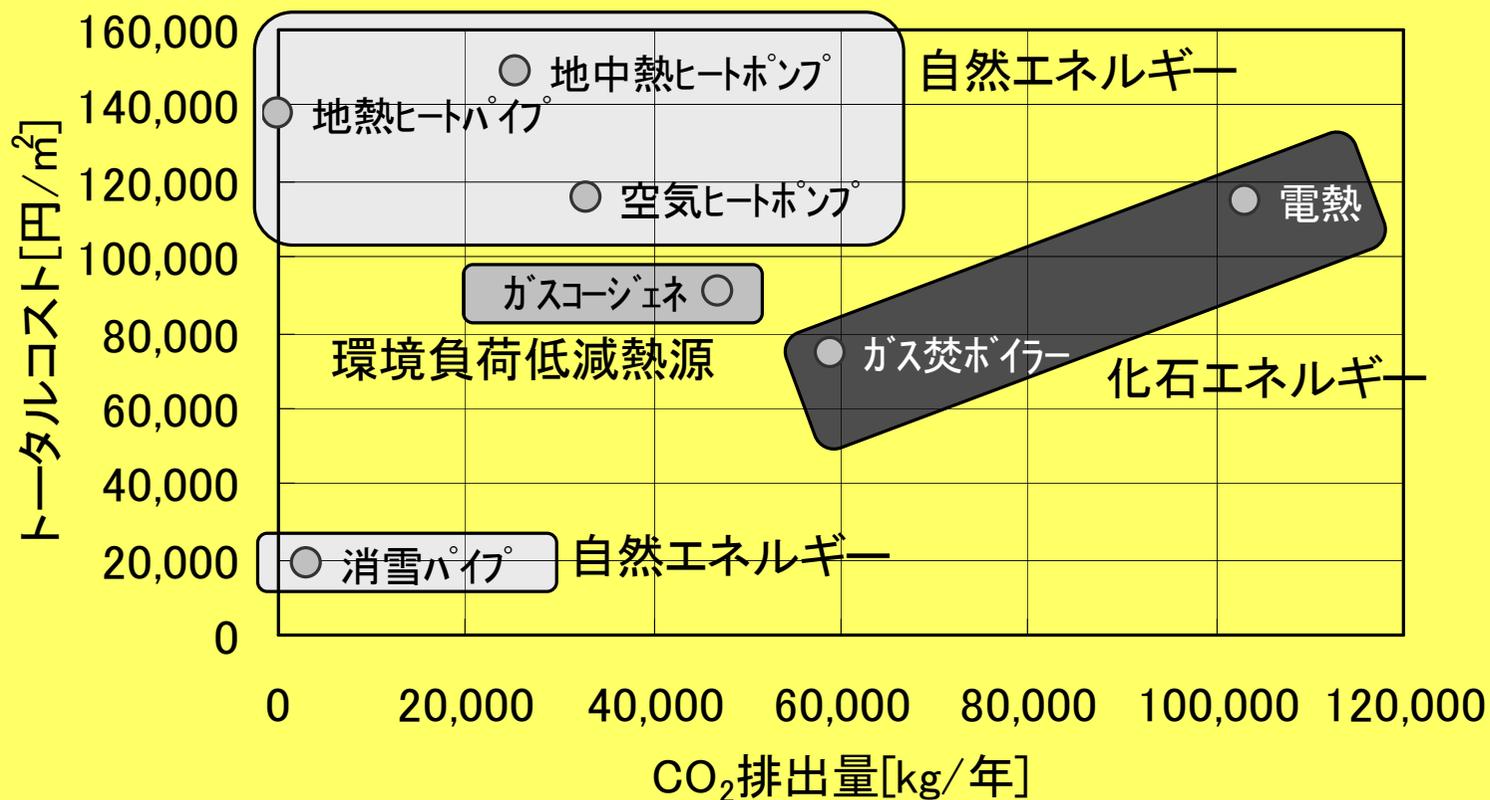


地下水に変わる水源(環境  
負荷の低減)として使用が  
増えてきている

# <無散水融雪施設について>

・熱源とコストについて要領P.153に相関図を挿入

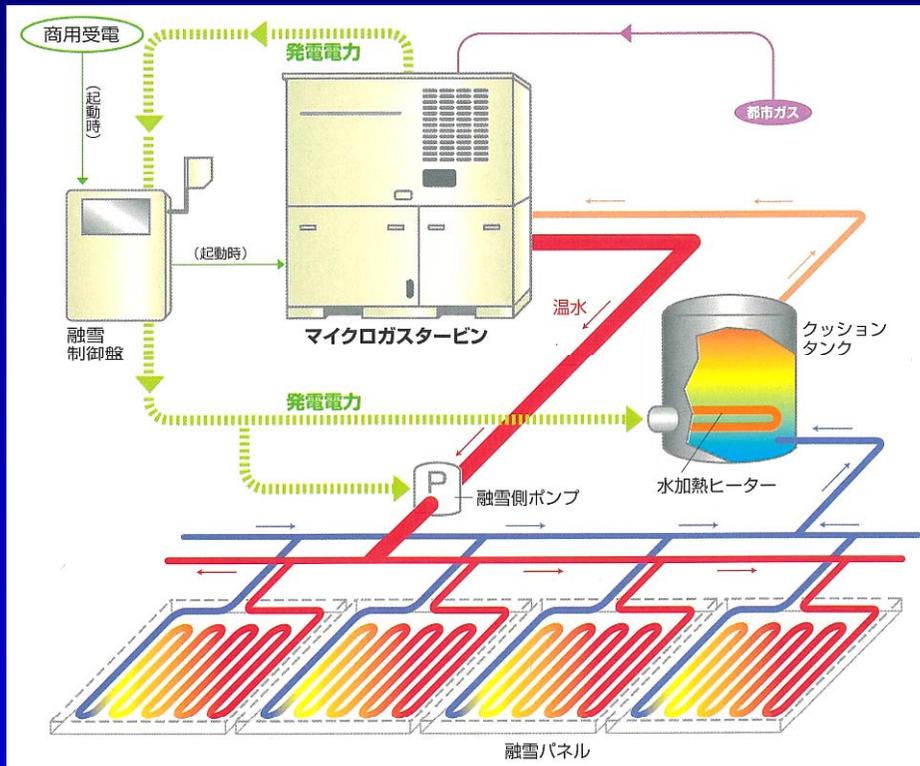
→低環境負荷の設備の導入とコスト縮減という相反すると言っても良い要求がある時代背景も踏まえ、一定条件で試算した例を記載。



自然エネルギーは熱エネルギーの密度が小さいため、採熱施設(=イニシャルコスト)に費用が掛かる傾向

# ・熱源の多様化や新技術の導入への対応 (無散水融雪施設①)

## ①ガスコージェネレーション方式(要領P.191)



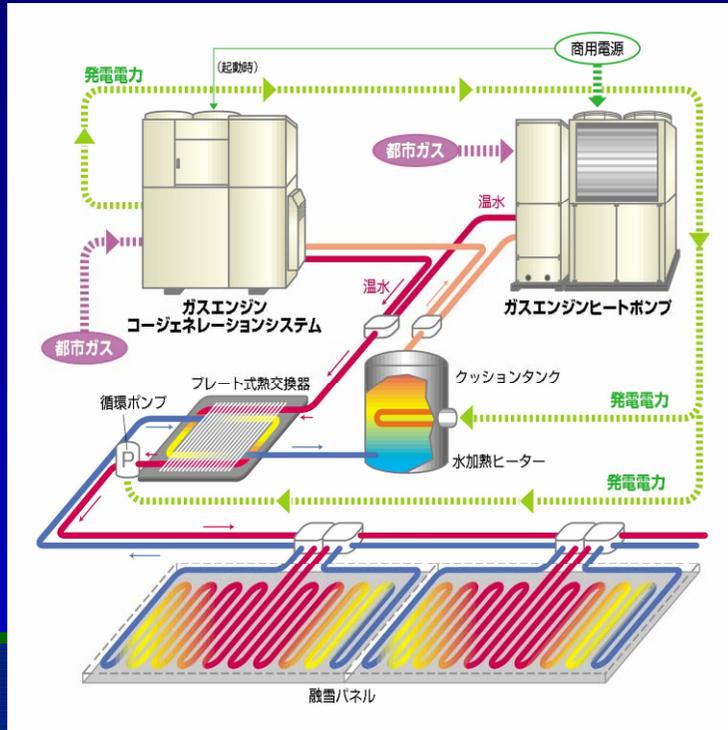
熱源の高効率での利用を目的



# ・熱源の多様化や新技術の導入への対応 (無散水融雪施設②)

## ②ガスエンジンヒートポンプ方式(要領P.190)

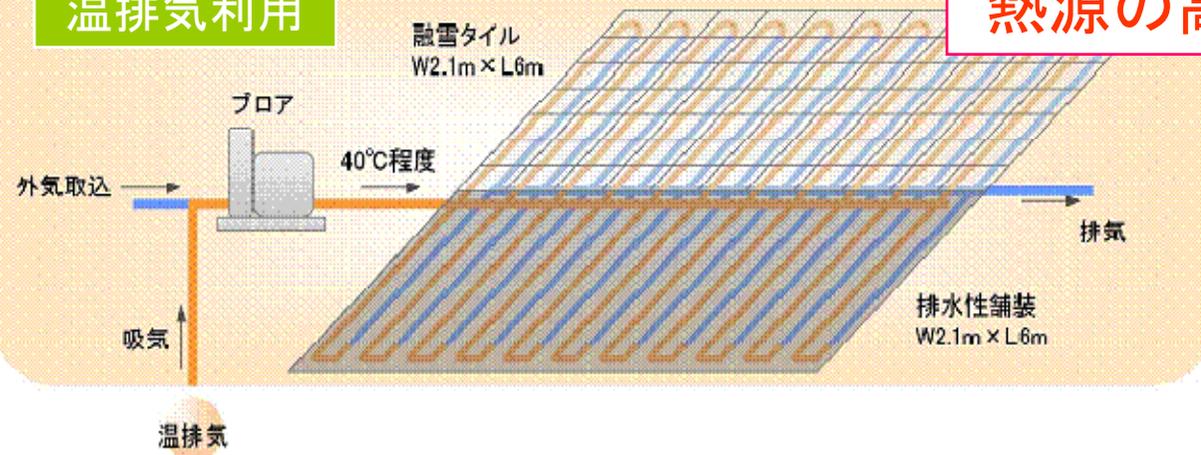
熱源の高効率での利用を目的



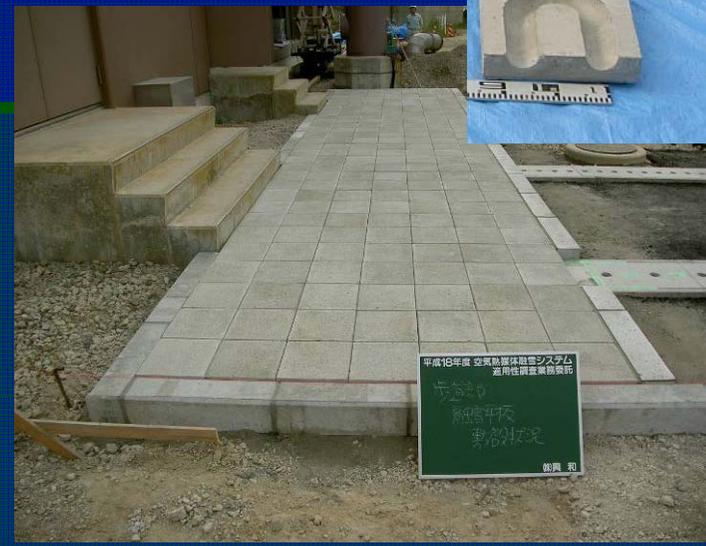
# ・熱源の多様化や新技術の導入への対応 (無散水融雪施設③)

## ③温排気利用融雪方式(要領P.195)

温排気利用



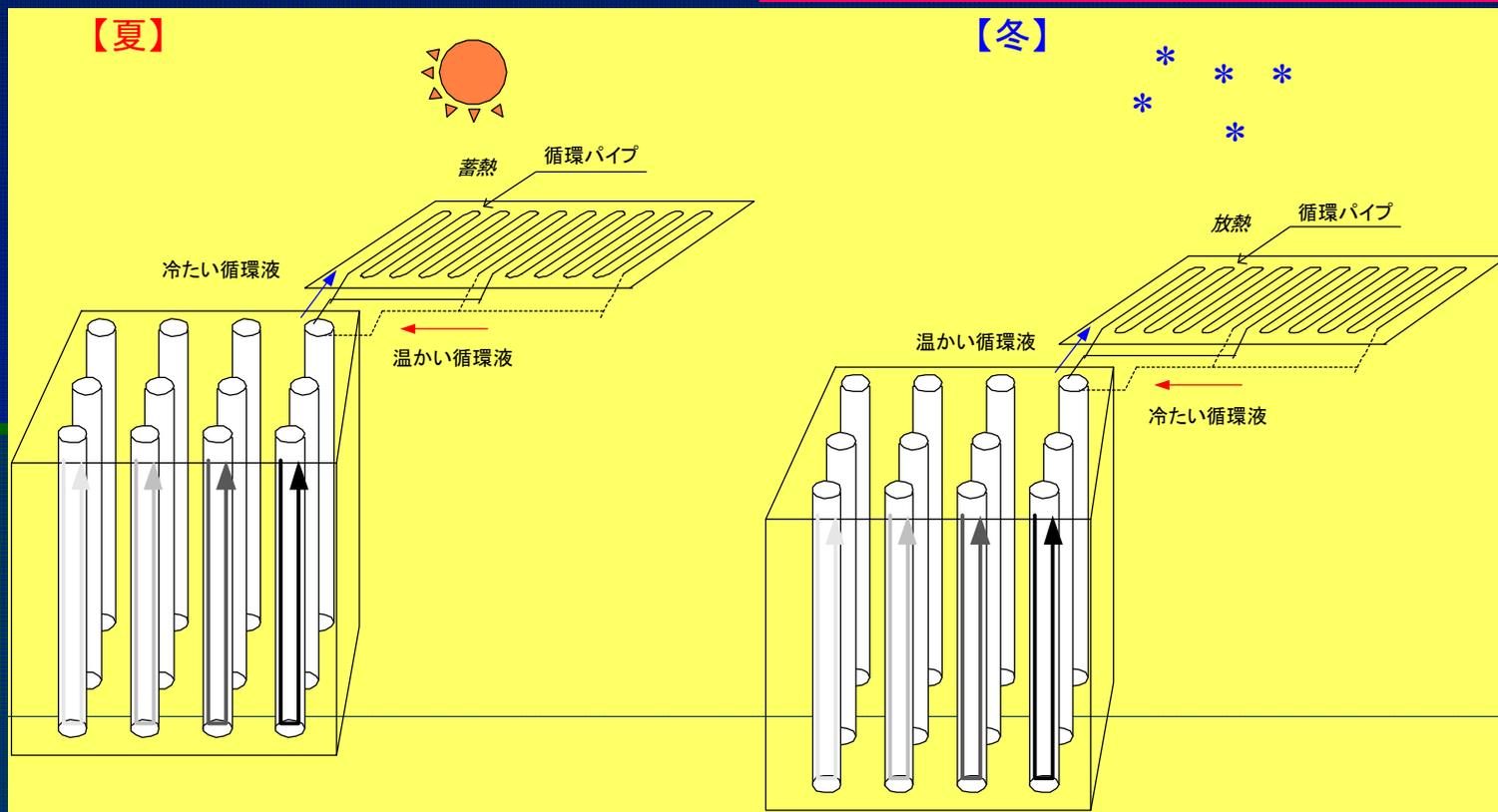
熱源の高効率での利用を目的



# ・熱源の多様化や新技術の導入への対応 (無散水融雪施設④)

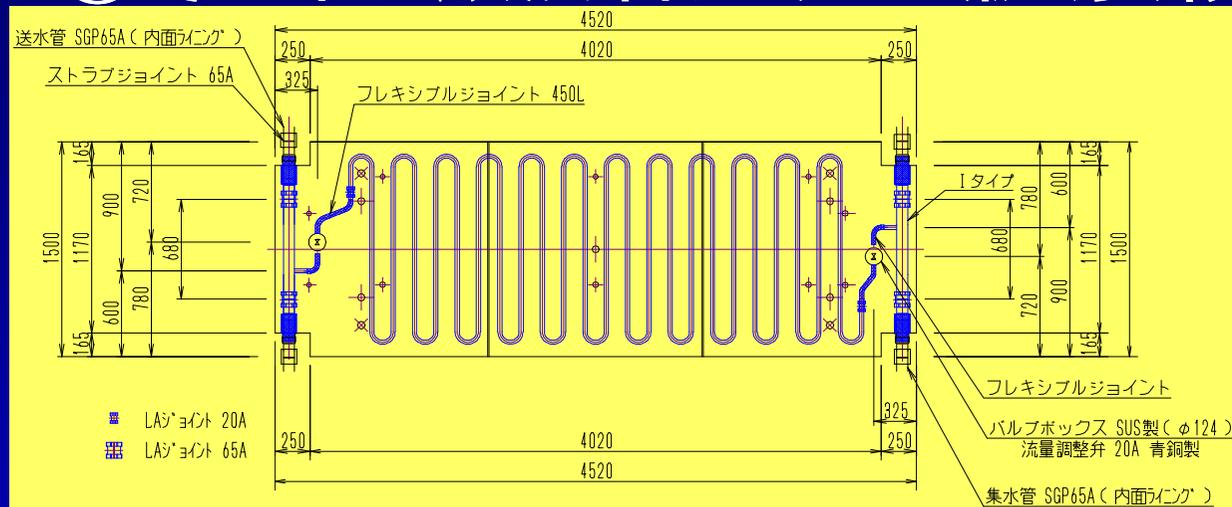
## ④群杭蓄熱方式(要領P.206)

### 自然熱の集熱方法の工夫



# ・熱源の多様化や新技術の導入への対応 (無散水融雪施設⑤)

## ⑤その他:放熱管入りRC版(要領P.187)



①工事期間短縮による  
渋滞損失等の低減。

②舗装強度の向上  
(放熱部の損傷の低減)

によるコスト面の縮減な  
どを目的に利用



# 設計要領の改訂のまとめ

## <散水消雪施設の設計要領について>

- 必要散水量の算定にあたって、確保幅員 $W_2$ と交通係数 $tr$ の設定は道路管理者側も一定の判断をする必要がある。(冬期交通の確保のあり方)
- 排水性舗装については、割増するという考え方で捉えてよい。
- 維持メンテナンスを考慮した配管構成を適用していくと、施設の補修頻度が少なくなるなど、施設の延命化に寄与する。
- 配管の口径統一は、更新時のコストメリットは高いが、ポンプ運転費が増大したり、維持管理に課題が出る可能性があるため、注意する必要がある。

## <無散水融雪施設の設計要領について>

- 基本的に大きな変更はないが、平成12年以降も新しい熱源を活用した工法が行われてきており、今後も環境負荷が少ない施設の導入を今後も検討していく必要がある。
- 自然エネルギー利用では、エネルギー密度が小さいものから熱を採取することが多いため、採熱条件(地温・気温・地下水量など)の調査は必ず詳細な設計に入る前に行った上で、導入を検討するように進めると良い。

以上、ご静聴ありがとうございました