

V—26 地下水を用いた無散水消雪工のアンダーパスへの適用

苫小牧市役所土木部 横山隆夫

同 上 高橋幸悦

1. はじめに

近年、自治体では、都市施設の整備が進むにつれ、それに伴う維持管理費も急増しているのが悩みの種となっている。電力料金もその一つである。街路や公園の照明灯、防犯灯、そして横断歩道橋やアンダーパス、オーバーパスのロードヒーティング等、街路整備の進展とともに増えつづけているこれらの施設のランニングコストは、将来に渡って自治体の重い負担となっていくであろうと思われる。特に北海道の冬期の道路交通確保における、消雪及び凍結防止を目的として多用されている電熱融雪装置、いわゆるロードヒーティングは、電力を大量に必要として維持費が格段とかさむものである。このような状況の中で、旭大通アンダーパスの歩道スロープの融雪装置として、地下水を汲み上げ、舗装体に埋設した放熱管に通し、路面温度を上昇させ、融雪及び路面の凍結防止をさせる工法、いわゆる無散水消雪工が目ざされたのである。無散水消雪工がいまだ技術の集積が進んでおらず、種々な課題が残されているにもかかわらず、本アンダーパスへ採用すべく検討されている大きな理由は、維持費の安価な消雪工法という点である。

本報告では、旭大通アンダーパスの歩道部への適用に当り、その前段として、資料を得べく行なった消雪実験の報告とそれに基づいて設計計画中の旭大通アンダーパス歩道スロープ部の無散水消雪工の概要を述べたい。

2. 旭大通アンダーパスの概要

旭大通アンダーパス(図-1、8)は苫小牧市の中心部において、国鉄室蘭本線の下を駅南と駅北を結ぶ長さ466mの立体交差である。この工事は、若草地区及び木場町地区土地区画整理事業の一環として施行されているものであるが、国鉄下部については昭和57年度より施行され、フロンテジャッキング工法により今年度はほぼ完成している。取付部については、昭和60年度より施行され、現在全軀体のほぼ半数について完了し、昭和61年度末には供用開始の予定である。無散水消雪工については、歩道用スロープの一部について施行しようとするもので、来年度施行すべく計画中である。

図-1 旭大通アンダーパス 位置図

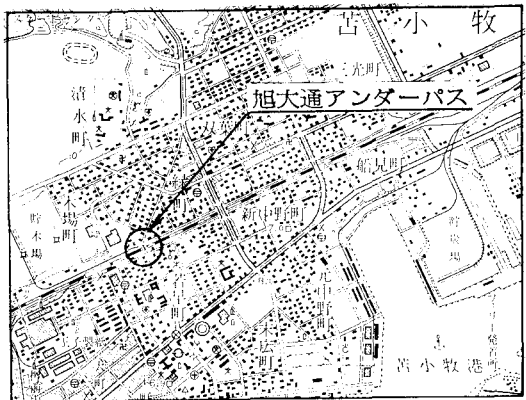
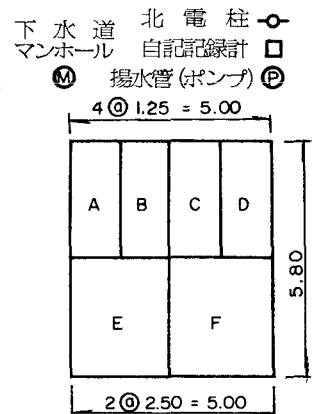


図-2 実験場平面図



3. 消雪実験

実験は昭和59年12月10日から昭和60年3月20日まで行なった。場所は図-8に示してあるように、旭大通施行予定敷地内であり、表町5丁目にあたる。

3-1 実験の目的

- (a) 無散水消雪工が苫小牧で可能か否か
- (b) どのような舗装構成に効果があるか
- (c) 単位面積あたり必要水量等の、設計に必要なデータの収集

3-2 設備の構成及び仕様

この設備は、揚水管(ポンプ)、送水管、放熱管、注入管、ポンプ用制御盤、自記記録計で構成される。実験場平面図、配管図、及び各設備の仕

様は、それぞれ、図-2、図-3、表-1に示す。この中で揚水管は既存の揚水試験用深井戸を利用し、通水後の水は下水道に放流した。

図-3 配管図

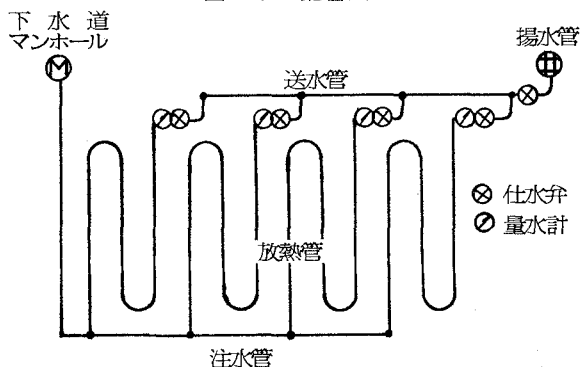
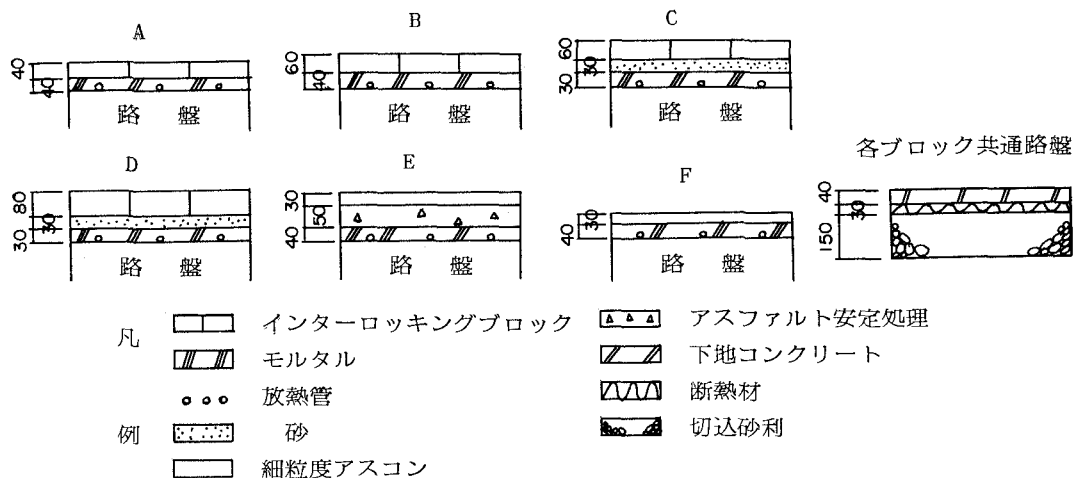


表-1 消雪実験設備仕様

設 備	仕 様
揚水管	SGP黒 300A $\ell=16.5\text{m}$
ポンプ	水中ポンプ 0.37Kw
送・注水管	SGP白 25A
放熱管	SGP白 15A
量水計	水道用積算流量計
自記記録計	18打点高速打点記録計
	銅-コンスタンタン熱電対

3-3 路盤構成

各ブロック共通に路盤として、0~40mm級切込砂利を15cm施工し、その上に断熱材を3cm敷設し、その上に下地コンクリートを4cm打設した。その上に各ブロックごとに、図-4に示すように、舗装構成を変えて施工した。図-4 各ブロック舗装構成図



3-4 測定項目及び方法

実験場は延面積29㎡であり、これを図-3のように4ユニットに分け放熱管を設置した。そして各ブロックに同じ流量が保たれるように、各ブロックごとに量水計と仕水弁を設置して管理した。流量は、実験期間中各ユニットとも0.8ℓ/min・㎡を保つようセットした。測定項目は①気温、②入口温度、③出口温度、④路面温度、⑤舗装体内温度、⑥降雪深度、⑦積雪深度、⑧送水量について測定した。このうち①から⑤については、自記記録計で記録した。⑥⑦は測候所のデータを使用し、⑧は積算流量計で随時測定した。

3-5 実験期間中の降雪、積雪及び気温

この実験期間中における苫小牧市の降雪、積雪及び気温を図-5に示し、月別平年値を表-2に示す。両者を比較すると、実験期間中の気温、降雪は平年並といえる。この冬の極値は以下に示す通りである。

最低気温 -19.5℃ (昭和60年1月18日) 日最大降雪 11cm (昭和60年1月20日)
最大積雪 29cm (昭和60年2月3日)

図 - 5

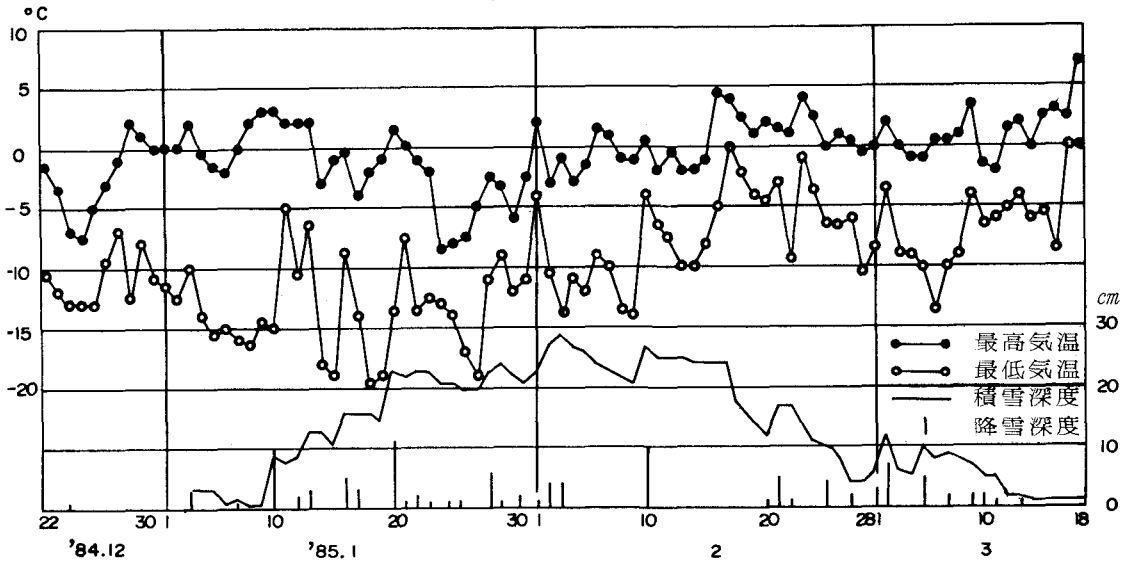


表 - 2 苫小牧の月別平年値

	12 月	1 月	2 月	3 月
平均気温 °C	-1.4	-4.8	-4.2	-0.6
日最高の平均 °C	2.8	-0.5	-0.2	3.0
日最低の平均 °C	-5.6	-9.5	-9.0	-4.5
気温の最低記録	-20.4	-21.3	-19.7	-19.8
降雪の深さの合計 cm	22	43	37	35
積雪20cm以上の日数	0.6	3.3	7.7	3.1

3-6 測定結果

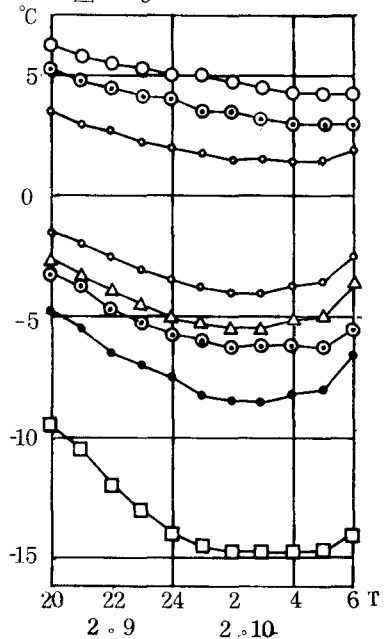
本管の送水温 10.5~11℃ 路面温度 -5℃以上

本管の注水温 8.5~10.5℃ 路体内温度 1.5℃以上

上記のように、送水温、注水温は外気温の影響をあまり受けて一定の値を示したが、路面温度は外気温と太陽ふく射の影響も受けて大きく変化した。路体内温度は路面温度に比べ小幅に変化した。上記の数値のうち路面温度と路体内温度についてはAブロックのものである。図-7に昭和60年2月9日午前0時から翌10日午後12時までの36時間のデータを示した。これも路面温度と路体内温度についてはAブロックのものである。

図-6は昭和60年2月9日20時から翌10日6時までのデータを、各ブロックの路面温度及び路体内温度に注目して表わした図である。常にこの順位で変動しているものではないが、典型的な例として挙げることができる。各ブロック間では路面温度で3~4℃、路体内温度で2~3℃の差の中で推移しているが、Aブロックが、路面温度では一番高く、路体内温度では一番低く推移している。実際に、Aブロックが一番速く消雪を完了したのが観測されているので、この事と整合すると考えられる。

図 - 6



凡 例

- Aブロック舗装体内温度 (上)
- (/) 路面温度 (下)
- ⊙—⊙ Cブロック舗装体内温度 (上)
- (/) 路面温度 (下)
- Bブロック舗装体内温度
- △—△ Eブロック路面温度
- Fブロック路面温度
- 外 気 温

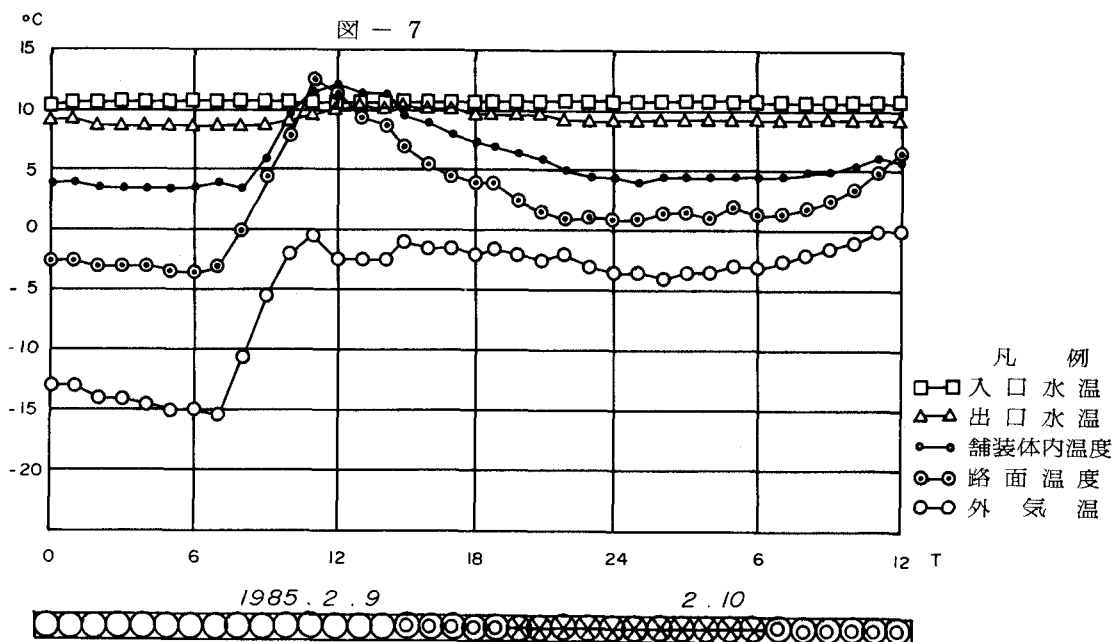
消雪率に関しては、各ブロックで時間的差はあったが、全て100%であった。

表-3は水分の無い場合と降雪中の場合について、このシステムの単位面積当り放熱量を計算したものである。一般にロードヒーティングの設計発熱量は、最大融雪熱量と凍結防止熱量を計算し、いずれか大きい方の熱量を設計発熱量として採用するが、苫小牧の場合、平均外気温 -7.8°C 、降雪強度 1.25 cm/hr 、風速 3.0 m/sec の条件で計算すれば、最大融雪熱量で 123 W/m^2 、凍結防止熱量（路面を 0°C 以上に保つ熱量）として、 213 W/m^2 程度になる。これと表-3を比較すれば、融雪の熱量については、まず整合すると思われるが、凍結防止熱

量の確保は難しく、路面温度が氷点下になりうることを示している。

表 - 3

月 日	入口水温と 出口水温の差 $^{\circ}\text{C}$	送水量 ($\ell / \text{分}$)	放熱量 (W / m^2)	降雪量	最低 気温
S.60.2.9	2.3	0.8	128	0 cm	-15°C
S.60.2.10	1.5	0.8	83	10 cm	-4°C



5. 旭大通アンダーパスへの適用

5-1 設計条件の決定

前記実験から①苫小牧でも、地下水を利用した無散水消雪工が可能であること。②送水量として、 $0.8\text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$ で消雪効果はあるが、今年以上の低温年を想定して、最大送水量として $1.0\text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$ 程度が妥当であること。③舗装構成としてAタイプが最も消雪効果があること、などが判明したので、これらのことを設計に反映していこうと考えている。

続いて昭和60年夏、揚水井（ $300\text{ A} \times \text{深さ}150\text{ m}$ ）さく井工事を実施し、揚水試験等を行なって、①水温 12°C の確認、②水量として豊富であること、③水質に問題がないこと等を確認した。その地質柱状図及び電気検層図を図-9に示す。これらのデータに基づいて以下に示すような無散水消雪システムの概略設計をしたが、今後も、揚水井を利用した揚水試験及び注入試験を行なって、附近の井戸への影響調査や注入量の測定を行ない、このシステムに反映していくつもりである。

5-2 設備の構成及び仕様

設備は揚水井（ポンプ）、送水管、放熱管、ポンプ操作盤、注入井、センサーで構成され、これらの系統を図示すると、図-12のようになる。各設備の仕様を表-4に、配管系統図を図-10に示す。

旭大通アーダーパス平面図

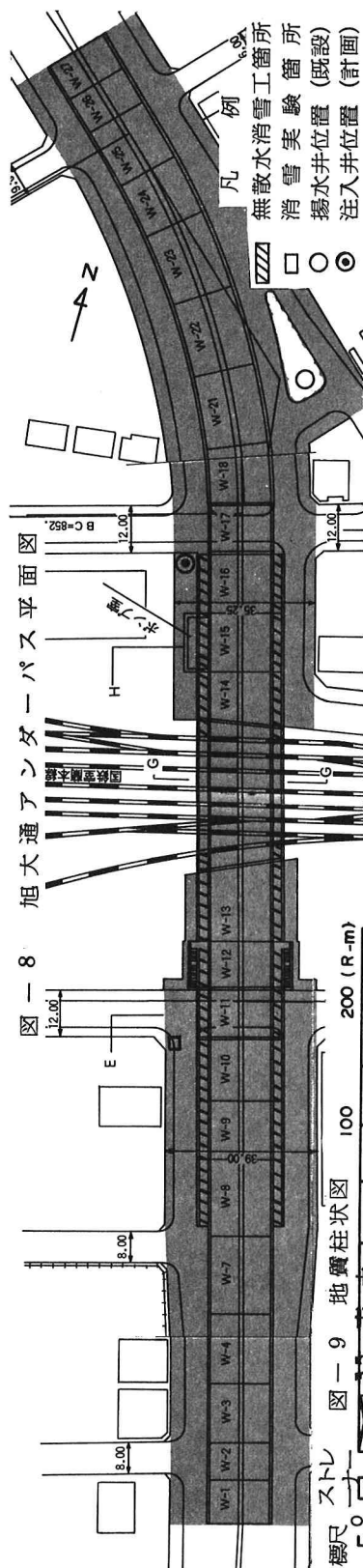


図-9 地質柱状図

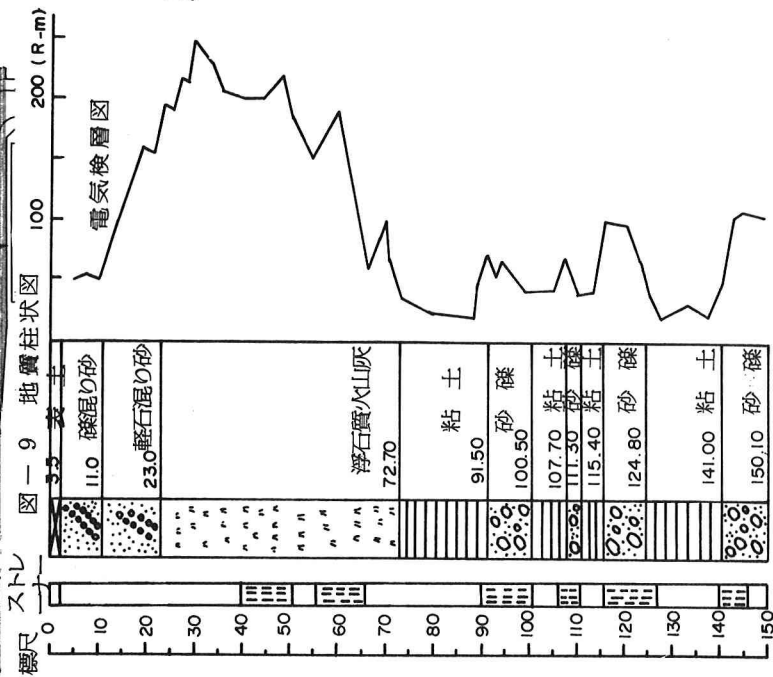
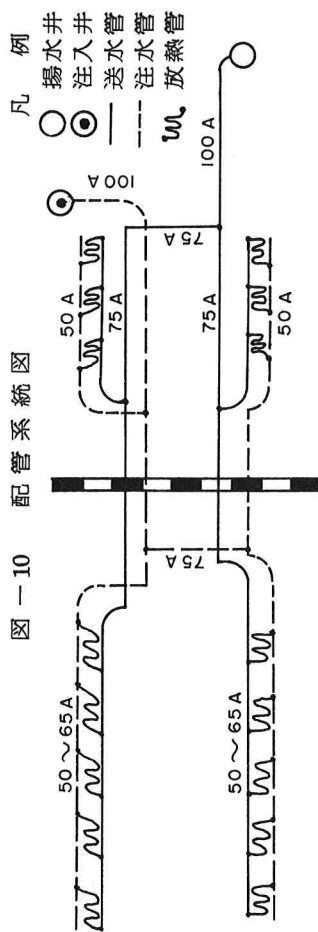
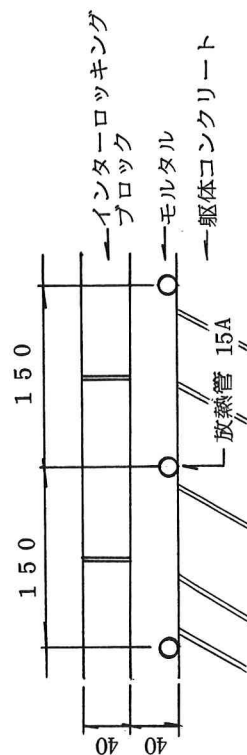


图 10-1 系统配置图



图面装帧 11-1 图



```

graph LR
    A[商用電源] --> B[ポンプ用  
操作 盤]
    B --> C[揚水井  
ポンプ]
    C --> D[送水管]
    D --> E[放熱管]
    E --> F[注水管]
    F --> G[注入井]
    H[センサー] -.- E
    H --> B

```

図 15 自動制御システム
フローチャート

```
graph TD
    A{降雪} -- 有 --> B[TM 路面温度]
    A -- 無 --> C{水分}
    C -- 有 --> D{タイマー}
    C -- 無 --> B
    D -- ON --> E{TM < T2}
    D -- OFF --> F{設定温 T1}
    E --> G[流量 50%]
    F -- TM > T2 --> H[流量 30%]
    F --> I{TM < T1}
    I -- TM > T1 --> J[流量 50%]
    I --> K{TM < T1}
    K -- TM > T1 --> L[流量 100%]
    K --> M{TM < T1}
    M -- TM > T1 --> N[流量 75%]
    M --> O[流量 100%]
    B --> O
```

TM 路面温度
T1 設定温度 (5℃)
T2 〃 (0℃)

ON
OFF

設定温 T1

TM < T2

TM < T1

TM < T1

TM > T2

TM > T1

TM > T1

流量 50%

流量 30%

流量 50%

流量 50%

流量 100%

流量 75%

流量 100%

設 備	仕 様
揚水井 (既設)	300A×深度150m 1孔
ポンプ	SGP黒 ストレーナー加工 深井戸用水中ポンプ 15Kw
送・注水管	高密度架橋ポリエチレン管 50A～100A
放熱管	SGP白 15A ユニットタイプ (5.0×2.5m)
注入井	300A×深度100m 1孔
センサー (温度)	白金測温抵抗体 PT100オーム
〃 (降雪)	赤外線式
〃 (水分)	静電容量
歩道スロープ	インターロッキングブロック 厚4cm, A=800m ²

このシステムは、降雪、水分、路面温度の各センサー及びタイマーとポンプ操作盤が連動して、ポンプの回転数を制御するシステムであるが、そのフローチャートを図-13に示す。このシステムは、揚水井から汲み上げる水を、その状況に応じて必要最小限に抑えて、過度の汲み上げによる周辺の地下水位への影響をなくし、大半の水を地下に還元することによって、地盤沈下や地下水の枯渇等の問題を発生させないようにするものであり、又消費電力を抑えて、ランニングコストの低減を計ろうとするものである。常に100%の水(1ℓ/min・㎡)を送水する場合に較べると、汲み上げる水量に関しては60%程度、電力コストでは70%程度に減少できる見通しである。設定値については、切替可能にしており、今後の実験測定を通じて最終決定していくものである。

イニシャルコスト（工事費）については、井戸の掘削深や、自動制御システムの内容にもよるが、ロードヒーティングのそれと比較すれば、㎡当たり20%程度高くなるようである。しかしランニングコストについては7分の1程度で済み、極めて経済的である。具体的には、ロードヒーティングの場合、電気容量193Kw、総通電時間700時間で試算すれば、電気料金として年間460万円程度であり、無散水消雪工の場合電気容量15Kw、総通電時間3600時間で試算すれば、年間65万円程度になり、年間400万円程度経済的になるようである。

以上が旭大通アンダーパス無散水消雪工に関する報告であるが、北海道の公共工事では、地下水を用いた無散水消雪工を採用しているのはいまだ無く、この工事が最初のものになると思われる。施工、そして維持の技術上の集積が無いに等しい中で、我々もより慎重に検討して、最良のものを作らなければならないが、本工事が土木技術発展の一助になれば幸いである。