



Title	一般家庭の凍結件数予測
Author(s)	篠田, 登; 長屋, 昇
Description	第2回衛生工学シンポジウム (平成6年11月10日 (木) -11日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 6 計画、展望 . 6-2
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 2, 231-236
Issue Date	1994-11-01
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/7618">https://hdl.handle.net/2115/7618</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	2-6-2_p231-236.pdf



## 一般家庭の凍結件数予測

篠田 登（札幌市水道局），長屋 昇（札幌市水道局）

### 1. はじめに

近年，高断熱・高気密住宅の普及によって，一般家庭における「水道の凍結」は減少傾向にある。しかし，依然として寒波到来時には数多くの凍結が発生しており，寒冷地の水道事業者にとって，大きな共通の課題のひとつとなっている。札幌市においても冬期間になると，寒波の状況に応じて修繕体制を強化し，市民からの凍結修繕申込みに対応している。

このように日々の修繕体制をいち早く整えるためには，修繕申込みの現状把握はもちろんのこと，凍結件数の予測が必要であり，本市では，昭和61年度から本格的な凍結件数の実態調査を開始するとともに，昭和63年度から凍結件数の予測を開始した。

本論では，本市の凍結修繕体制と凍結防止PR活動の現状及び凍結件数の推移と傾向について若干触れたあと，現行までの予測式の変遷とその実態についての概要を報告し，さらには，新たな予測手法への取り組み状況について述べることとする。

### 2. 札幌市における凍結の現状

#### (1) 凍結修繕体制と凍結防止PR活動

本市では，毎年12月1日から3月中旬までを凍結修繕体制期間と定め，市民からの凍結修繕の申込みに対応し，一日あたり500件程度を処理することができ，さらに，寒波到来時には水道局の他の職員や当番以外の業者を順次応援に加えながら，一日あたり最大3,200件程度を処理することが可能な体制としている。

また，凍結は，未然に防止されるのが最も好ましいことから，使用者に対して積極的な凍結防止PR活動を行っている。その方法としては，毎年の①広報誌への凍結防止PR記事掲載，②水抜栓操作方法や凍結解氷方法を記載した小冊子の配布，③公共施設等へのポスター掲示，④翌朝の気温が $-8^{\circ}\text{C}$ 以下と予想される場合のテロップ報道等を従来から行っている。さらに，最近では，⑤電光掲示板を利用した凍結情報の提供，⑥凍結をメインテーマとしたトークショーの開催など，新たな活動にも取り組んでいる。

#### (2) 凍結件数の推移と傾向

本市では，凍結の実態を把握するために，市全体の日単位・年単位の凍結修繕件数や凍結家屋の構造・用途，凍結場所，水抜栓の操作状況等の調査を実施している。

図-1は，昭和61年度以降の凍結修繕件数の推移であり，この8年間で平均最低気温が平年値( $-7.0^{\circ}\text{C}$ )を下回ったのは，昭和62年度の $-7.3^{\circ}\text{C}$ だけと近年は暖冬傾向が続いており，凍結件数もこれに伴い多い年でも日平均200件程度となっている。

しかし，寒波到来時には，日平均件数の10倍以上にも達しており，平成5年度には最大処理能力の約75%に当たる2,454件を記録している。

また，凍結の傾向を平成5年度の調査結果から分析すると，次のとおりである。

i) 建物の構造・用途別の凍結件数では，木造の集合住宅が全体の53.3%，木造の一戸建て住宅が25.9%，RC造の集合住宅が14.2%という割合になっており，大半が一般家庭にお

いて発生している。

ii) 凍結場所別件数では、床下部分が27.2%、車庫部分が26.0%とほぼ同率であるが、昭和61年度以降に建築した建物では車庫部分の比率が高くなっており、特に集合住宅で顕著な傾向が現れている。

iii) 建物の構造・用途にかかわらず、約四分の三が水抜き操作を行っていない。

これらの結果は、住宅の高断熱化による凍結防止に対する意識の低下や凍結の発生しやすい車庫部分を1階に有する3階建て住宅の普及によるものと考えられる。

また、先に述べたように近年が暖冬傾向にあることから、市民の凍結に対する警戒心も薄れ、いざ寒波が到来すると凍結件数が急増し、修繕体制強化の対応も遅れがちである。

このような状況から、円滑な修繕体制づくりのための凍結件数予測が重要性を増し、より高精度の予測式が求められていることから、今般、予測の現状把握を行うとともに、新たな予測式に取り組むこととした。

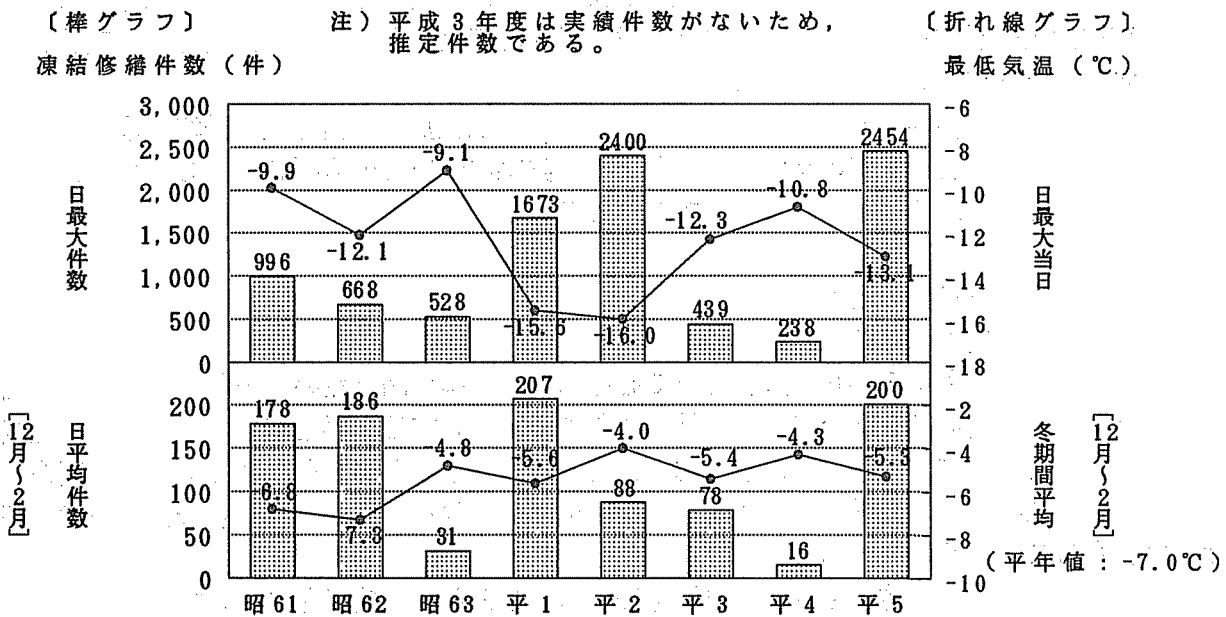


図-1 凍結修繕件数と最低気温の推移

### 3. 凍結件数予測式の変遷と実態

#### (1) 昭和63年度及び平成元年度の予測式

本市が凍結件数の予測への取り組みを開始したのは、凍結修繕件数が明確化し、解析の基礎データが整った昭和63年度からである。

昭和63年度の予測式は、多変量解析の基本ともいえる重回帰分析により、凍結件数と深い関わりを持つ気温データと積雪量の説明変数から、全市修繕件数(従属変数)を求めるというものであった。

気温の説明変数としては、当日の最高・最低気温のほか、寒い日があるとその2~3日後まで凍結件数が多めに推移するという状況を実績データから読み取れたため、前日及び前々日の最高・最低気温についても加えることとした。

まず、昭和61・62年度(休日を除く)のデータを一括計算すると、重相関係数(従属変数と説明変数全体の相関度を表す)が小さく相関度が低いことから、当日の最低気温が-10℃以下のものと超えるものとの二グループに分けて解析を行った。その結果、表-1のとおり概ね満足できる重相関係数となり、同表の回帰係数を用いた予測式とした。なお、休日の件数は平日の3割前後であったため、予測式で求めた値に係数(=0.3)を乗じて算出することとした。

さらに、平成元年度には、昭和63年度のデータを加えて、全く同じ手法で新たな回帰係数を導き、これを用いて予測を行ったが、前年度と同様良好な結果は得られなかった。

表-1 昭和63年度の凍結件数予測式

凍結件数 $Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + a_5X_5 + a_6X_6 + a_7X_7$				
説明変数			回帰係数	
記号	名称	記号	$T > -10^\circ\text{C}$	$T \leq -10^\circ\text{C}$
		$a_0$	-216.92	-1155.17
$X_1$	当日の最高気温	$a_1$	7.59	0.55
$X_2$	前日の最高気温	$a_2$	-33.93	-127.83
$X_3$	前々日の最高気温	$a_3$	-6.79	-9.18
$X_4$	当日の最低気温	$a_4$	-23.22	-59.26
$X_5$	前日の最低気温	$a_5$	7.07	-22.68
$X_6$	前々日の最低気温	$a_6$	-1.92	62.20
$X_7$	当日と前日の積雪量差	$a_7$	-1.89	-21.58
重相関係数			$r$	0.808
				0.949

注) T : 当日の最低気温

(2) 現行の予測式

当初の予測式から良好な結果が得られなかったことから、平成2年度には、解析データを3日間の積算気温 (=前々日平均気温 + 前日最高気温 + 前日最低気温 + 当日最低気温) によって、 $-30^\circ\text{C}$ 以下、 $-30^\circ\text{C} \sim -11^\circ\text{C}$ 、 $-11^\circ\text{C}$ を超えるものの三グループに分け、各グループとも気温の下降に伴い凍結件数が増加するという実態に即した回帰係数が得られるよう説明変数を選択し、表-2に示す現行の予測式を導いた。

表-2 現行の凍結件数予測式

凍結件数 $Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4$					
説明変数			回帰係数		
記号	名称	記号	$T \geq -11$	$-11 > T \geq -30$	$-30 > T$
		$a_0$	28.0	-327.0	-3481.0
$X_1$	当日の最低気温	$a_1$	-3.6	-39.3	(未使用)
$X_2$	前日の最高気温	$a_2$	-1.0	-33.5	-333.6
$X_3$	前々日の最高気温	$a_3$	-0.2	-7.2	-154.7
$X_4$	前々日の平均気温	$a_4$	(未使用)	-55.8	-155.9
重相関係数			$r$	0.589	0.847
					0.929

T : 3日間積算気温 (=前々日平均気温 + 前日最高気温 + 前日最低気温 + 当日最低気温)

(3) 予測の実態

昭和63年度から平成5年度までの予測結果は、図-2に示すとおりであり、予測誤差の実績比值から平成2年度の予測が比較的良好であったほかは、あまり芳しい結果は得られなかった。

また、現行予測式による毎日の予測結果は、図-3に示すとおりであり、気温の低下に伴いマイナス側に大きな誤差が生じている。つまり予測値が実績値を大幅に下回り気温の変化に追従できない状況が窺える。これは、凍結件数と気温の関係が直線よりも曲線的関係に近いこと

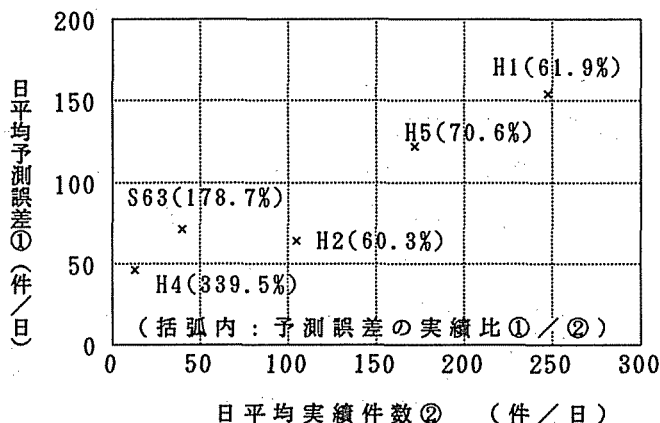


図-2 予測誤差と実績値の対比

によるものと考えられ、直線式である現行の予測式ではこれ以上の精度向上は期待できないと判断した。

#### 4. 新たな予測式への取り組み

##### (1) 解析手法

現行の予測式による予測結果から、従属変数と説明変数との間には曲線的な関係があると判断されたため、このような関係がある場合に有効な手法と言われている「数量化理論Ⅰ類」による解析に着手した。

##### (2) 説明変数

最初の予測式で用いられた7変数から積雪量データを除き、代わりに3日前の最低気温を説明変数として採用した。当解析法では、各説明変数はその値によって適当なグループに分けられ各グループに識別(カテゴリ)番号を付けるが、ここでは表-3のとおり、各変数を3℃毎に4分割し、気温が低くなるほど、大きな番号を付した。

##### (3) 解析結果

最初は、昭和61年度から平成5年度の実績データ(日曜日を除く)を用いて、単年度毎に解析を行ったところ、表-4に示すとおり、数量化理論Ⅰ類による重相関係数及び日平均誤差は、同一データによる重回帰分析結果に比べ、全ての年度で良好な結果が得られた。しかし、求められた各変数のカテゴリ-数量の値は、年度によって大きな差異が認められた。この差異は単年度毎に気象状況の差からデータに偏りがあるためと考えられ、あらゆる気象条件に適応可能な予測式とするには複数年度のデータを一括して計算した方が好結果をもたらすものと判断し、昭和63年度以降のデータをまとめて計算することとした。

この結果、重相関係数(0.962)、日平均誤差(50.1件)とも概ね良好であった(表-4)。

また、図-4のとおり、従属変数(凍結件数)と各説明変数との相関度を表す偏相関係数の値は以下に示す順に並んでおり、概ね実態に即したものと考えられる。さらに各変数のカテゴリ-数量は、気温の低下に伴い指数関数的に大きくなっており、寒波到来時の凍結件数急増傾向を正しく反映しているものと考えられる。以上のことから、この解析結果を新たな予測式として採用した。

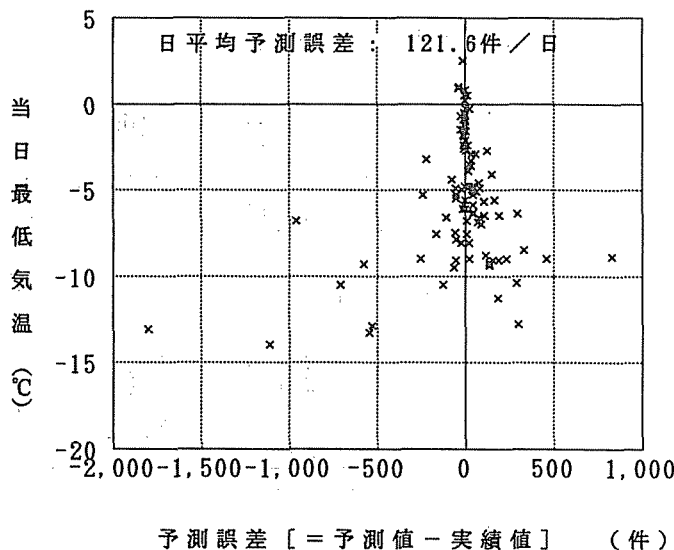


図-3 現行予測式による平成5年度予測結果

表-3 説明変数のカテゴリ-化

番号	最高気温データ	最低気温データ
1	0℃ < 気温	-7℃ < 気温
2	-3℃ < 気温 ≤ 0℃	-10℃ < 気温 ≤ -7℃
3	-6℃ < 気温 ≤ -3℃	-13℃ < 気温 ≤ -10℃
4	気温 ≤ -6℃	気温 ≤ -13℃

表-4 解析結果比較

年度	重相関係数		日平均誤差	
	重回帰	数量化	重回帰	数量化
昭和61年度	0.641	0.768	119.9	102.2
昭和62年度	0.708	0.801	95.4	74.9
昭和63年度	0.667	0.855	32.9	20.3
平成元年度	0.809	0.982	184.6	56.6
平成2年度	0.757	0.999	178.8	6.6
平成4年度	0.621	0.897	16.6	7.7
平成5年度	0.686	0.973	233.3	73.4
昭63~平5	0.681	0.962	161.9	50.1

〔偏相関係数の大小関係〕

当日最低 > 前日最低 > 前日最高 > 前々日最低 > 3日前最低 > 前々日最高 > 当日最高

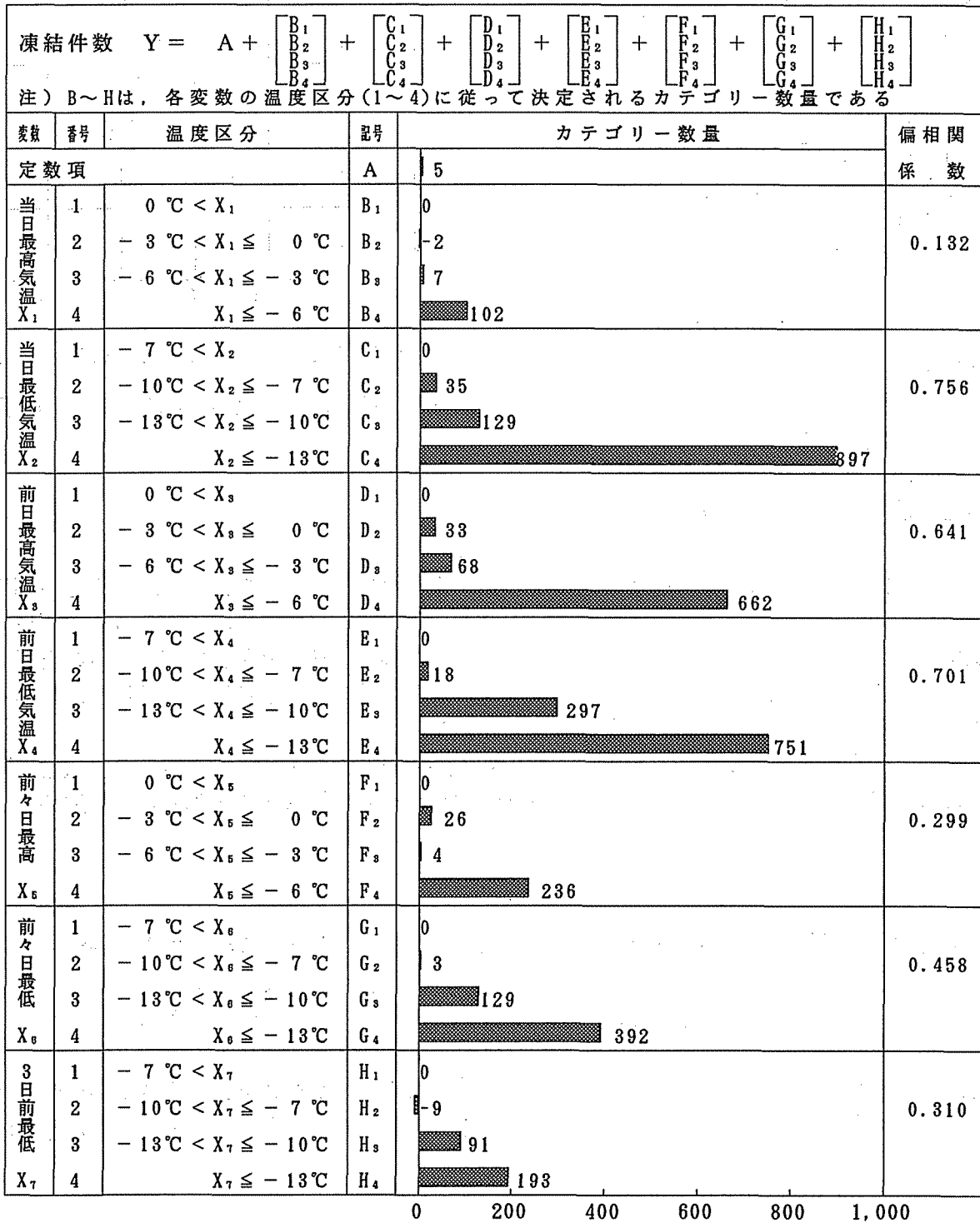


図-4 新凍結件数予測式 (昭和63年度~平成5年度までの解析結果)

(4) 新予測式による予測結果

解析結果を検証するために、昭和63年度から平成4年度までのデータから求めたカテゴリ-数量により、平成5年度の予測を行った。その結果、図-5のとおり、日平均誤差は90.7件になっており、現行予測式の結果(図-3)に比べ、30件程度少なくなっている。また、誤差が

500 件以上となる日は4日間で、現行予測式の半分となっている。このように、予測精度の向上が認められたため、当面は数量化理論Ⅰ類による解析を進める考えである。

### 5. 今後の課題

件数の予測が日々の体制づくりのためであることを考えれば、平常時の処理能力（平成5年度で約 500件/日）の範囲内であれば、予測の精度はさほど重要ではなく、問題は寒波到来時に如何に正確に予測ができるかどうかのポイントとなってくる。

今回の予測式の見直しでは、気温だけを説明変数として概ね満足できるものができたが、気温が低下して件数が多くなると、依然として大きな誤差が生じている。

誤差が大きい例としては、①冬の初めや暖気が続いたあとの寒波時に予測が実績を下回る、②大寒波が過ぎ去ったあとに予測が実績を上回る、等の傾向が散見される。これらの現象は、使用者の凍結に対する「油断」や「警戒心」といった心理的な要因が働いているものと思われる。このような心理的要因も別な見方をすれば、暖気の継続日数や寒波後の経過日数といったものへの数量化によって解析の道がありそうである。

また、今回は日曜日のデータを除いて解析する方法をとったが、曜日や休日の情報を説明変数として取り扱う方法も考えられ、今後は数量化しにくい情報も取り入れて解析を進めていく考えである。

### 6. おわりに

今回は、時間的制約から十分な解析を行えなかったが、新たな予測手法による一定程度の成果は得られたものと考え。今後は、日々の凍結修繕体制づくりの有効な指針となりうるような信頼性の高い予測式を目指して、残された課題に取り組んでいく考えである。

また、多くの家庭で水抜き操作をせずに凍結させてしまう現実がある以上、引続き有効な凍結防止PR活動を模索していくとともに、凍結のしにくい給水システムづくりに向けた検討も進めていく必要があり、これらを総合的に推進してこそ、寒い冬を克服できるものと思われる。

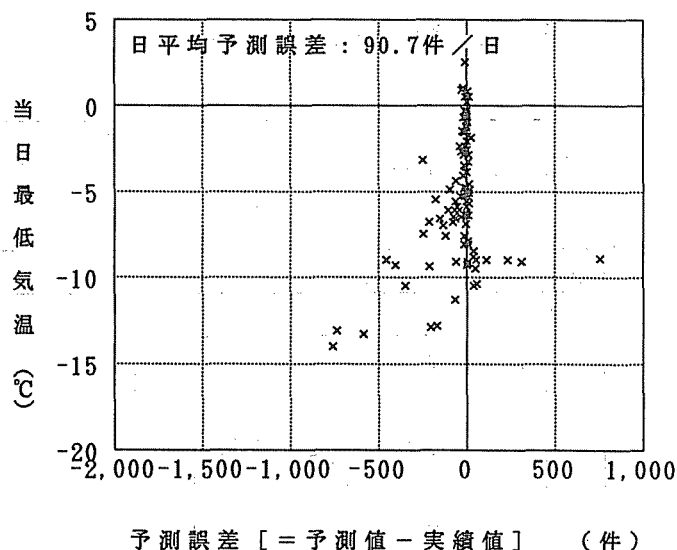


図-5 新予測式による平成5年度予測結果