

# 除雪単価逡減則を考慮した少雪リスク評価とリスク軽減の対応方策\*

## A Snow Removal Cost Estimation Model as a Measure to Minimize Contractors' Cost Risk in a Year with Unusually Little Snowfall\*

中前 茂之\*\*・大川戸貴浩\*\*\*・原文宏\*\*\*\*・大島 淳一\*\*\*\*\*・高野 伸栄\*\*\*\*\*

By Shigeyuki NAKAMAE\*\*, Takahiro OOKAWADO\*\*\*, Humihiro HARA\*\*\*\*, Junichi OOSHIMA\*\*\*\*\*,  
Shin'ei TAKANO\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

地球温暖化に伴い降雪を含めた降水量について、年ごとの変動が大きくなっている<sup>1)</sup>。例えば、平成17年度は気象庁が「平成18年豪雪」と命名するほどの豪雪であったが、翌年度は少雪であった<sup>2)</sup>。豪雪により除雪費が増大するリスクへの対応策は、国や地方公共団体の補正予算や予備費や、豪雪による市町村の財政への影響が大きい場合に国が実施する幹線市町村道除雪費補助の臨時特例措置など、様々な仕組みが整えられている<sup>3) 4)</sup>。しかし、降雪が少なく、企業が予定した利益が得られない少雪リスクへの対応は不十分である。これまでは、例えば随意契約によって、除雪工事を同一の企業が継続的に受注することを想定し、多雪年には予定よりも利益が拡大すると考え、その分で少なかった年の穴埋めができるという場合もあったであろう。

しかしながら、入札契約制度の改革や近年の降雪状況の変化など、企業が少雪リスクを負えない状況が発生している。例えば福島県では除雪工事の入札企業が現れないう事態が起きた<sup>5)</sup>。また、新潟県でも少雪により除雪工事の受注企業の収益が確保できないという事態が発生した<sup>6)</sup>。今後とも降雪量の変動が大きくなる傾向が続き、担い手である除雪業者が減少すれば、我が国の約60%の面積を占める積雪寒冷特別地域における冬の生活の安全・安心・安定を確保する上で重大な課題となる。

\*キーワード：冬期道路管理、除雪、除雪単価曲線、降雪リスク、除雪デリバティブ

\*\*正員、国土交通省千歳道路事務所

(北海道千歳市北斗町6丁目、TEL:0123-23-2191、

E-mail:nakamae-s22aa@hkd.mlit.go.jp)

\*\*\*非会員、(社)北海道開発技術センター

\*\*\*\*正員、工博、(社)北海道開発技術センター

\*\*\*\*\*正員、(社)雪センター

\*\*\*\*\*正員、工博、北海道大学大学院

一方、既存の降雪リスクに関する研究は、例えば、大島等<sup>7)</sup>は、民間企業が負う少雪リスクも含め、天候デリバティブを活用することを提案しているが、これ以外には、民間企業が負う少雪リスクへ着目した研究は少ない。例えば、岸等<sup>8)</sup>による、除雪保険等によって主に行政側が負う多雪リスクの平準化方策に関する研究、五十嵐等<sup>9)</sup>や酒井等<sup>10)</sup>のように、除雪の経済効果に関する研究、高野等<sup>11)</sup>、原等<sup>12)</sup>、岸等<sup>13)</sup>のように除雪水準やコスト、地域の満足度などに関する研究がなされているが、いずれも多く降る雪をどのように処理していくかという視点に立脚しており、民間企業が負う少雪リスクの評価やこれへの対応方策に検討した既存研究は少ない。

そこで、本稿では、除雪費について、累加降雪深が増大するにつれその単価は逡減すること<sup>14) 15)</sup>に着目し、少雪リスクを評価するとともに、除雪工事を請け負っている民間企業が負っている少雪リスクへの対応方策等の必要性を述べる。

### 2. 除雪単価曲線モデル

#### (1) 除雪単価曲線モデル

一般に道路の除雪費(以下、「除雪費」という。)は①車道の除雪にかかる費用、②歩道の除雪にかかる費用、③凍結防止剤の散布にかかる費用、④運搬排雪にかかる費用、⑤その他の費用から構成される。車道や歩道の除雪にかかる費用は降雪量によって変化する値であり、凍結防止剤の散布にかかる費用は降雪量と気温によって変化する値と考えられる。また、運搬排雪にかかる費用は、降雪量によって変化するものの、ある一定の限度を超え、道路の堆雪が多くなった場合に実施される作業であることから、降雪量の増加に応じて連続的に変化するものではなく、離散的に階段状の値をとると考えられる。

このように道路の除雪費の構成は複雑であり、除雪費の説明変数も表1に整理するように様々であるが、降雪深の大小によって増減することから、除雪費を $p$ 、累加降雪深を $x$ とした場合に、

$$p = f(x) \quad \dots \textcircled{1}$$

と表すことができる\*1。

この関数の形は、累加降雪深が増加すると除雪費も増加することから右上がりであると考えられる。ただしその中には、凍結防止剤散布にかかる費用や固定的経費のように降雪深の大小に影響されない費用も含まれている。つまり、累加降雪深によって変化する項と累加降雪深によって変化しない項（定数項）からなると考えられる。

このため、仮に除雪費が累加降雪深に対し、直線で近似できると考えると、

$$p = f(x) = ax + b \quad \dots \dots \textcircled{2}$$

と表すことができる（図1）。

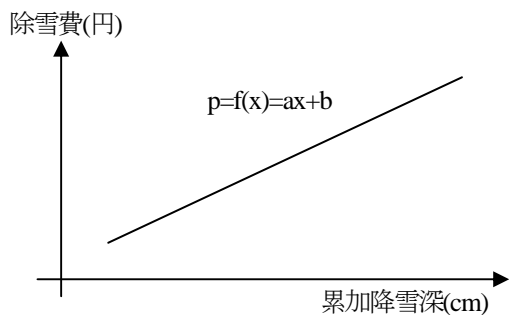


図1 除雪単価と累加降雪深

この除雪費には、運搬排雪にかかる費用が含まれている。この費用は、累加降雪深の増加により増えるが、運搬排雪がある程度積雪深が多くなった場合に実施することから連続的に増加する値ではなく階段状のグラフになると考えられる（図2）。

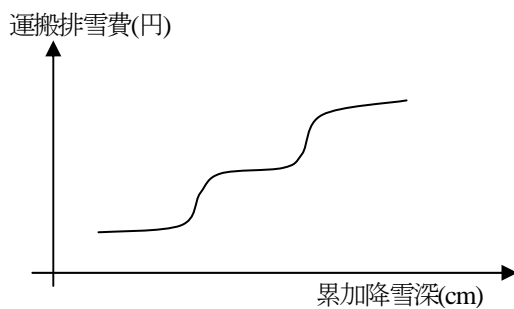


図2 運搬排雪費と累加降雪深

除雪費全体には、こうした階段状に変化する費用も含まれていることから除雪費と累加降雪深の関係を表すグラフは単純な線形にはならないと考えられるが、運搬排雪にかかる費用が除雪費全体に対する支配的な割合ではない場合には、除雪費と累加降雪深の関係は直線で近似できると考えられる（図3）。

次に、除雪単価と累加降雪深の関係を考える。

ここで、一年間の除雪費 p（百万円）を除雪延長 L（km）と累加降雪深 x（cm）で除した値を除雪単価として次のように定義する。

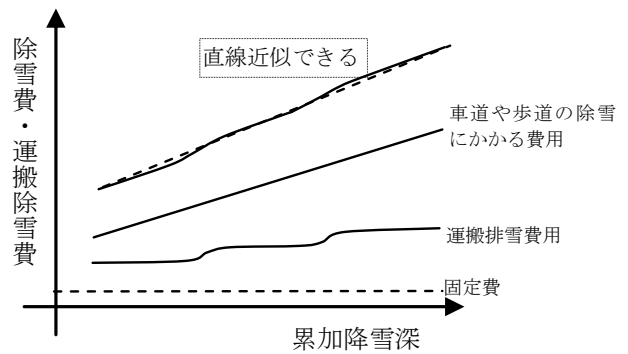


図3 除雪費、運搬排雪費と累加降雪深

$$y = p / L / x \quad \dots \dots \textcircled{3}$$

除雪延長 L は法律（積雪寒冷特別地域における道路交通の確保に関する特別措置法（以下「雪寒法」という））に基づき指定された路線の延長であるから、累加降雪深 x に対して変化する数ではないので定数として扱うことができる。

式②、式③から、

$$\begin{aligned} y &= f(x) / L / x \\ &= (a + b / x) / L \\ &= b / L \cdot x^{-1} + a / L \quad \dots \dots \textcircled{4} \end{aligned}$$

となる。

ところで、累乗関数は、一般に

$$y = \alpha x^\beta + \gamma \quad \dots \dots \textcircled{5}$$

と表現できるが、式④は式⑤で  $\beta = -1$  の場合である。従って、除雪単価は累加降雪深の累乗関数として表現できる。

式⑤で、 $\gamma$  は累加降雪深 x によらない項であって、 $\beta$  が負の値をとる場合に、x が大きくなると除雪単価 y は  $\gamma$  の値に漸近する。

除雪作業を考えると、5 cm の雪を除雪しても 6 cm の雪を除雪しても作業時間や費用は大きくは変わらない。また、5 cm の雪を除雪する作業時間に対し、10 cm の雪を除雪する作業時間は増加するものの 2 倍よりは小さい値になる。このことから、除雪単価は累加降雪深が増加すると減少すると考えられる。

また、先に述べたように除雪費用には累加降雪深によらない費用が含まれていることから、除雪単価が減少してもある程度の値以下にはならない。つまり、除雪単価を縦軸に取り、累加降雪深を横軸にとったグラフは右肩下がりでかつ下に凸の曲線となると言える（図4）。

このことから、除雪単価は⑤式のように、累加降雪深の累乗関数によって近似するモデルとすることが適当で、除雪単価遞減則とは、この「累加降雪深が増加するにつれて、単位降雪深あたり、単位除雪延長あたりの除雪費（除雪単価）が遞減する」性質を指している<sup>16)</sup>。

表1 除雪費の主な説明変数の要素

	主な説明変数の要素		
	道路	気象	管理
車道除雪	道路延長、道路幅員、交差点数	降雪深、雪密度(雪質)	除雪出動回数、運搬排雪回数
凍結防止剤散布	散布延長、車線数	気温、降雪深	路面状態
歩道除雪	延長、幅員、バス停	降雪深	除雪出動回数
運搬排雪	道路延長、道路幅員	雪密度	運搬排雪距離、運搬排雪回数
車道消雪	道路幅員	降雪深、気温、融雪量	融雪量

表2 多雪と少雪による財政上と作業上の結果

	財政上の結果		作業上の結果	
	受注業者	発注者(市民)	受注業者	発注者(市民)
多雪	利益増大	歳出増大 単価低下	能力超過	作業時間超過 排雪場満杯 交通事故増加
平雪	予定利益	予算通り	NA	NA
少雪	利益減少 (場合によっては赤字)	歳出減少 単価増大	経営困難	応礼無し 担い手不足

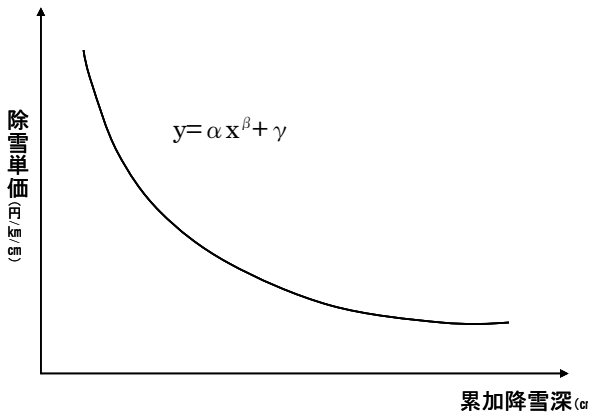


図4 除雪単価曲線の概念図

### 3. 降雪リスク

#### (1) 多雪リスクと少雪リスク

降雪には、多雪と少雪のそれぞれにリスクがある。多雪と少雪で除雪に関し、財政上や作業上どのような結果が生じるか検討し、表2にまとめた。

国や地方公共団体が除雪費の予算を決める際、当該年度の降雪量が分からない状況で決定することになるため、一般には平年の降雪量を想定して予算額を決定することとなる。この平年の降雪量を平均(累加)降雪深とする。つまり、当該年度の除雪費予算は、平均降雪深を想定した額となる。国や全ての地方公共団体がこの平均降雪深を明らかに定めているとは限らないが、概念としては存在し、一定期間内の累加降雪深から求められる平均降雪深と考えても構わない。あるいは、「当該年度の除雪費をちょうど全額執行する降雪深」と定義することもできる。いずれにせよ、この値よりも当該年度の累加降雪深が多くなれば除雪費が増大し、少くなれば除雪費が減少する。この除雪費が増大するリスクを「多雪リスク」、除雪費が減少するリスクを「少雪リスク」と考えることとする。一般に、予算を追加する必要があるため、多雪リスクは発注者が、除雪工事の請負額が減少するため、少雪リスクは受注者がそれぞれ負っていると考えられる。

### 4. 除雪工事の経費の概要

除雪事業は、工事発注後に起こる降雪という天然現象に臨機応変に対応する事業であるという性格上、工事をあらかじめ定めることが困難な工事である。つまり、多雪年、少雪年というように、年毎に必要な予算額が大きく変化する事業である。ここでは、降雪深や作業時間に依存する費用(変動的経費)と工事量の大小にかかわらず、冬期間にあるまとまった除雪工事を行うために必要となる費用、つまり、降雪深や作業時間に依存しない費用(固定的経費)という観点を考慮しつつ経費の内訳を整理する。

#### a) 発注者の積算基準

##### ① 固定的経費

国土交通省は標準的な除雪工事の積算基準を定めており、多くの地方公共団体もこの基準を準用している。この基準では、除雪工事について、新設除雪、拡幅除雪、路面整正などの工種毎に作業時間当たりの歩掛りを定め、これを積み上げること

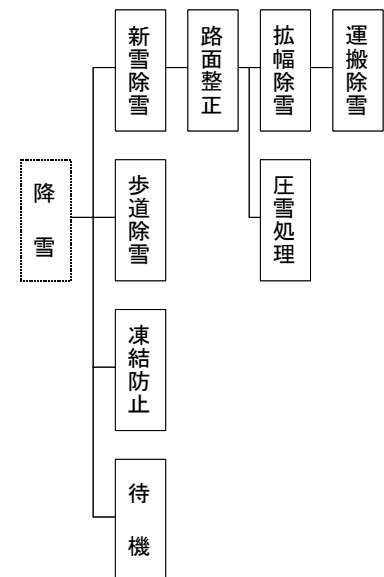


図5 除雪工事の構成(出展:国土交通省)

している。また、現場管理費や共通仮設費など降雪量に対して固定的な経費※1は各工種の積上げである直接工事費に対する率計上となっていることから、作業時間の関数となっている<sup>17)</sup>。このため、降雪量が極端に少なくなると現場管理費などの積算額が減少し、利益が小さくなる。もう少し正確に述べると、現場管理費等は直接

工事費に対する率計上となっているが、この率は直接工事費が大きくなるにつれて小さくなるように定められている。つまり、少雪年に工事量が減少し、直接工事費が小さくなれば、現場管理費等の額は減少するが直接工事費に対するその率は大きくなり、現場管理費等の減少割合を緩和している。このことから、民間企業が負う少雪リスクを減少する傾向にあるといえる。仮にこの基準による少雪リスクの減少効果が十分であれば、この基準どおりに積算し、例年に比べ少雪となった年においても多雪年同様の企業利益が期待できることとなる。従って、企業が健全に経営を行ってれば、少雪年に企業の利益が減少あるいは赤字にならないことになる。

## ② 変動的経費

次に、除雪工事の各工種の歩掛りは作業時間の大小によって変化しないことから、積算基準における除雪単価は作業量に対して一定と定められている（ただし、作業の時間帯が昼間か夜間かによる労務単価の割増しは基準に織り込まれているが、時間の大小による変化ではない。）。例えば、世話人や作業員の人件費、機械の整備費や損料などは全額変動的経費として計上することとなる。

なお、人力による除雪工事はこの積算基準の適用の範囲外とされている他、この基準は標準の値を示したものでありこれによりがたい場合は別途算定できるものとされている。

### b) 民間企業の経費の内訳

一方、除雪工事を受注する民間企業の側から見ると、常勤の職員の基本給や保険料、所有している除雪機械の償却費や整備費、除雪基地の営繕費などは固定的経費として、職員の超過勤務手当や非常勤職員の給与、除雪機械の燃料費などは変動的経費として見なされている<sup>6)</sup>。

### c) 官民での経費の違い

以上のように、固定的経費と変動的経費について、官積算と民間の実態が異なっている<sup>\*2)</sup>。

先にも述べたとおり、除雪工事はお天道様のさじ加減で必要な予算額が大きく変化する事業で、あらかじめ事業量を確定できないものの、受注者は、例えば平年程度の事業量を想定するなどして、ある程度の体制を確立する必要がある。このため、降雪量が変動しても、除雪機械などの機械の整備費や通常の降雪を見込んで雇用している人たちへ支払われる労務費はあまり変化が無く<sup>8)</sup>、民間企業にとって実質固定的経費となっている。

## 5. 除雪単価逓減則を考慮した降雪リスクの評価

2. で述べたように、年間の累加降雪深が増加するに

つれて除雪単価（除雪延長1kmあたり、累加降雪深1cmあたり）は逓減する<sup>14) 15)</sup>。国の積算基準では、除雪工事の各工種の時間単価は一定となっている。累加降雪深と作業時間の関係によるが、これまでは、除雪単価は累加降雪深に対して一定と考えられていた。ここでは、除雪単価を一定と考えた場合と除雪単価逓減を考慮した場合の降雪リスクの評価がどのように異なるか検討する。

まず、除雪単価を一定と考えた場合、除雪単価Uは累加降雪深に関わらず一定なので、

$$\text{除雪単価曲線(UCSR-line)} \quad U=c \quad (c=\text{const}) \quad \dots \textcircled{6}$$

と、表せる。

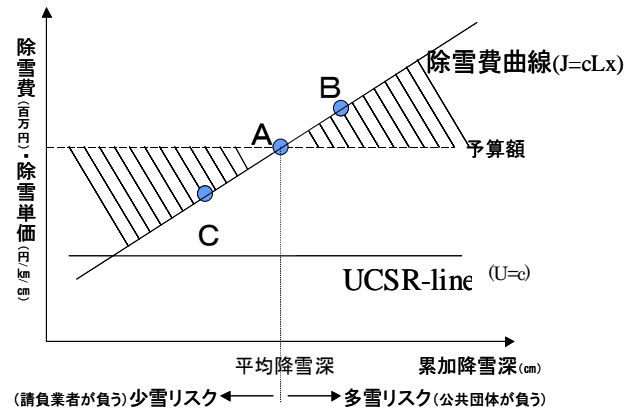


図6 除雪単価一定の場合の降雪リスク

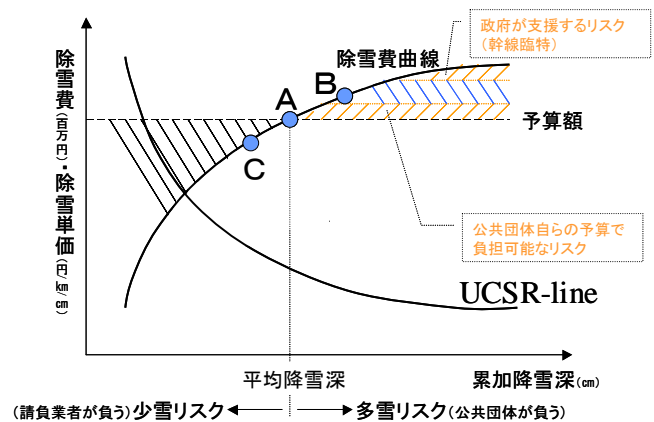


図7 除雪単価逓減の場合の降雪リスク

この場合、除雪費Jは、除雪単価と累加降雪深x、除雪延長Lにより、

$$\text{除雪費曲線} \quad J=c \times x \times L = cLx \quad \dots \textcircled{7}$$

と表せる。

任意の累加降雪深における累加降雪深1単位あたりの除雪費の変化量は、

$$\text{除雪費曲線の勾配} \quad \Delta J / \Delta x = cL \quad \dots \textcircled{8}$$

で、累加降雪深xの値に関わらず一定である。

このため、図6に示すとおり、J'(B)=J'(A)=J'(C) となることから、仮に多雪と少雪の発生確率を同じとした場合、多雪リスクと少雪リスクは等価と評価で

きる。従って、請け負い業者にとって、多雪時に増額になる期待値と少雪時に減額になる期待値が等価となる。この場合、少雪年に儲けが減少してもが多い年には儲けが増大するため、その分で少雪年の穴埋めができるから少雪年の特別な手当は不要という現在一般に発注者がとっている考え方に一致すると考えられる。

次に、除雪単価逓減則を考慮した場合の降雪リスクについて検討する。この場合、除雪単価曲線は、

除雪単価曲線(UCSR-line)  $U=ax^b+c$  ( $b<0$ )・・・⑨  
と表せる<sup>14)</sup> <sup>15)</sup>。この場合、除雪費  $J$  は、

$$\begin{aligned} \text{除雪費曲線 } J &= (ax^b) \times x \times L \\ &= aLx^{b+1} \quad (0 < b+1 < 1) \quad \dots \textcircled{10} \end{aligned}$$

除雪費曲線の勾配は  $\Delta J / \Delta x = aL(b+1)x^b$  ……⑪となる。

図7に示すとおり、 $J'(B) < J'(A) < J'(C)$  となることから、多雪と少雪の発生確率を同じとした場合、多雪リスクより少雪リスクの変動が大きいと考えられる。つまり、請け負い業者にとって、多雪時に増額になる期待値よりも少雪時に減額になる期待値の方が大きく、雪が多ければ儲かるから少雪の手当が不要とは言えないのではないかと考えられる。福島県や新潟県で生じた課題は、これまで除雪工事を請け負っていた民間企業が負っていた少雪リスクが大きくなり、民間企業が負いきれなくなっている状況であると説明できる。

表3 民間企業調査の概要

調査対象	北海道、東北、北陸の除雪業者(4社)
調査実施時期	平成21年5~6月、平成22年4月
調査項目	除雪工事の売上げや経費など
調査対象期間	平成16年度~21年度

## 6. 企業の請負単価と費用単価の比較

除雪工事を請け負っている民間企業にご協力を頂き、ケーススタディーを行った。民間企業が受取った請け負い代金と除雪工事にかかった費用の4~6年分について調査し、単位延長、単位降雪深あたりの除雪単価を比較した。調査概要を表3に示す。なお、調査対象期間が企業によって異なる理由は、過年度データの保存年数が企業によって異なり、できる限り遡って調査対象期間を定めたためである。

ここで、請け負い代金を基にした除雪単価を発注者単価、民間企業が支払った費用を基にした除雪単価を受注

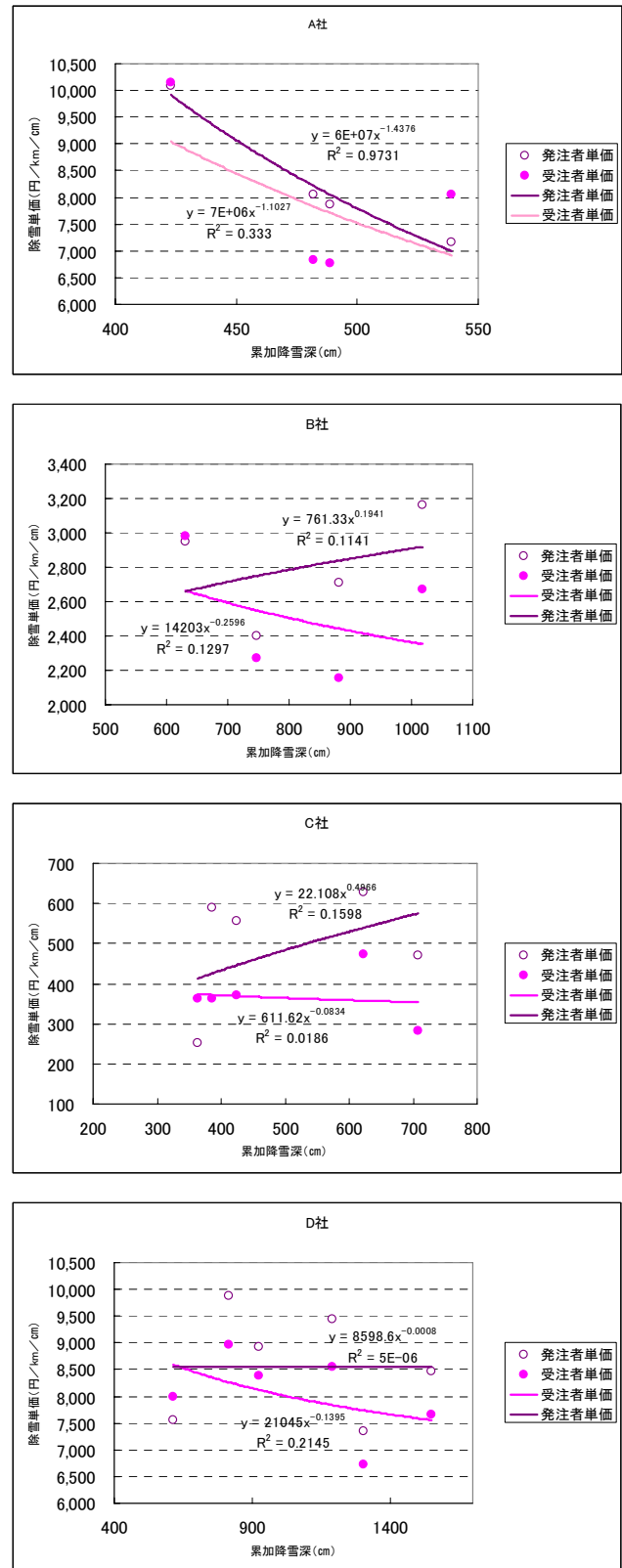


図8 除雪費の発注者単価と受注者単価の比較

者単価と呼ぶこととする。図8に示すとおり、各社とも累加降雪深が減少すると受注者単価が増加する傾向にある。また、もっとも降雪深が少ない年では受注者単価が発注者単価を上回っており、除雪工事を請け負った民間企業が赤字になっていることを示している。さらに、発注者単価と受注者の関係をみると、A社を除き、累加降

雪深が減少するにつれて差が減少している。A社についても、更なる検討が必要であるが、最も累加降雪深が多い年を除けば、発注者単価と受注者単価の差は累加降雪深が減少するにつれて小さくなる傾向にあると言える。

## 7. 結論

- ①除雪単価逓減則を考慮して降雪リスクを評価すると多雪リスクと少雪リスクは等価ではなく、発生確率が一定と仮定すると少雪リスクの方が大きい
- ②現在の制度及び運用では、行政が負っている多雪リスクへの対応策は用意されているが、民間企業が負っている少雪リスクへの有効な対応策は未整備
- ③降雪の変動幅が大きく、少雪とゲリラ豪雪が発生する傾向が継続すれば除雪の担い手がなくなると考えられることから、少雪リスクへの対応策を整備する必要がある

具体的な対応策については十分な検討を要するが、例えば、国の積算基準書では、「この積算資料は、標準の値を示したものであり、これによりがたい場合は別途算定することができる。」とされていることから、工事の契約に少雪時には、現場管理費などの固定的な経費を別途積算するなどの特約を設けることや、そもそも当初の積算段階から固定的な経費を別途積算する運用方法が考えられる。この場合でもどの程度の降雪を想定し、累加降雪深が何センチを下回った場合に特約を適用するかなど検討すべき課題がある。また、国では、除雪事業について、平成22年度予算から国庫債務負担行為の制度を設け、複数年度契約に道を開いている。これを活用することにより年度間の降雪量の変動リスクを相殺するひとつの手法となり得る。この他、少雪リスクをヘッジするために工事を請け負う民間企業が除雪デリバティブを購入することなどが考えられる<sup>7) 18)</sup>。いずれにせよ、具体的な対応策については別途検討を要するが、民間企業が負っている少雪リスクへの対応策が必要であると考える。

## 参考文献

- 1) 国土交通省：国土交通白書平成20年度版，2008
- 2) 中前：どうする?!除雪事業のコスト縮減対策，雪センター機関紙「ゆき」67号，2007
- 3) 中前、新村：除雪事業におけるリスクヘッジとデリバティブの活用に関する検討，雪センター機関紙「ゆき」46号，2002
- 4) 中前、荒木：平成18年豪雪と北陸地方整備局の対応について，雪センター機関紙「ゆき」64号，2006
- 5) 福島民報：平成19年3月14日(水) 朝刊，2007
- 6) Nakamae, S., et al. (2009): Refinement of Snow Removal Unit Cost Curve Based on Snow Removal Costs, In PIARC: Proceedings of the 11th International Winter Road Congress
- 7) 大島、大川戸：天候デリバティブの雪対策への活用可能性，雪センター機関紙「ゆき」70号，2008
- 8) 岸等：雪対策事業におけるリスクファイナンスの導入効果、土木計画学論文集No.20, 2003, pp 111-117
- 9) 五十嵐等：道路除雪の経済効果計測に関する研究，土木学会北海道支部，pp295-pp302, 1969
- 10) 酒井等：道路除雪費用の評価手法，日本雪氷学会誌55巻4号，pp327-334, 1993
- 11) 高野等：除排雪事業における住民満足度と行政情報提供の効果に関する研究，建設マネジメント研究論文集Vol.8, pp45-pp52, 2000
- 12) 原等：雪問題と社会的ジレンマ，第18回寒地技術シンポジウム，pp621-624, 2002
- 13) 岸等：除雪事業の水準と費用負担意識に関する都市別評価，土木計画学研究講演集No.24, pp689-692, 2001
- 14) 中前等：除雪単価曲線による除雪費推計モデルの適用可能性の検討，第24回寒地シンポジウム，2008
- 15) Nakamae, S., et al. (2009): Development and application of a snow removal cost estimation model, In Transportation Research Record: Proceedings of the Transportation Research Board 88th Annual Meeting, No.09-2299.
- 16) Nakamae, S., et al.: Development of a Cost Management Method for Road Snow Removal in Cold, Snowy Regions, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.8, 2010
- 17) 国土交通省：土木工事標準積算基準書(道路編)平成21年度，2009
- 18) 中前、大川戸：非雪寒地域における降雪リスク対策，土木学会第65回年次学術講演会，2010(投稿中)

※1 なお、本モデルは、これまで確立されていない除雪費の年度間・地域間の比較手法やコスト縮減を議論する際の基準の開発を目的として検討した。除雪費の増減に影響を与えるデータとしては、表1に例を示すようにさまざま存在するが、実務的に扱える手法とすることが必要であることから、説明変数は累加降雪深のみに着目している。

※2 厳密に言えば、工事費や工期が大きくなれば、例えば現場詰め所の営繕費や安全費等が増加するが、①他の経費に比べて降雪深の変化に対する変動が小さいこと、②除雪工事の受注者はあらかじめ工事量を想定しこれに応じた現場管理体制や仮設を準備すること、から特に想定する降雪量より少雪の場合にはこうした経費は固定的であることから固定的な経費と扱うこととした。

※3 建前としては、官積算の歩掛りは民間の実態調査をもとにしていることから、官積算と民間の実態が大きく異なることはないが、調査対象となった民間企業が除雪工事について想定していない少雪時を考慮して回答していないことや、調査そのものが少雪を反映していないことなどが考えられる。