

# Report レポート #01

(一財)北海道開発協会平成24年度研究助成サマリー

## 札幌市内における 除雪市場の市民経済に 与えるインパクト

～市内除雪市場の構造・規模等  
調査及び一般均衡 (CGE)  
モデルによる評価分析～



高宮 則夫 (たかみや のりお)  
北海学園大学工学部講師

1948年小樽市生まれ。72年室蘭工業大学開発工学科卒。ゼネコン、東京都、札幌市を経て、2009年から北海学園大学工学部社会環境工学科講師(都市経営論、寒地政策論を担当)、(株)北海道技術コンサルタント執行役員。日本技術士会北海道本部防災委員会委員長、北海道土木技術会建設マネジメント研究委員会民間活力推進小委員会委員長、NPO法人公共環境研究機構副理事長。



佐藤 泰久 (さとう やすひさ)  
NPO法人公共環境研究機構専務理事

1952年札幌市生まれ。77年小樽商科大学大学院卒、83年北海道大学大学院経済学研究科博士後期課程単位取得満期退学。北海道大学助手、(社)北海道開発問題研究調査会主任研究員、(有)佐藤地域経済研究所代表、札幌学院大学非常勤講師を経て、2007年からNPO法人公共環境研究機構専務理事。

### 1 はじめに

札幌市は、平均降雪量が約5mに達する全国有数の豪雪都市であるにもかかわらず、開拓使設置以来140年余で人口190万人の大都市に成長し、周辺人口220万人を有する都市機能と経済活動を、冬期間も維持してきている。

豪雪地に200万都市が成立できたのは何故か。札幌市の道路除雪だけで、毎年、平均114億円もの巨費を投ずる価値はあるのか。企業や家計は、除雪にどれだけの労力と費用をかけているのか。官民の除雪需要に対し、誰がどれだけ除雪サービスを供給しているのか。毎年、春になれば融けてしまう雪に対して、札幌にはどのような除雪市場があり、その市民経済に与える影響はどのくらいの大きさと広がりを持つのか。

この疑問に答えるために、我々は、まず、札幌に安定的な除雪市場が存在することを確認し、次に、官民の除雪市場の構造・規模を調査し、さらに、除雪市場の市民経済に与えるインパクトの評価モデルとして一般均衡 (CGE) モデルを構築する。CGEモデルを用いるのは、除雪市場の需要と供給に係るプレーヤー(家計・企業・政府等)や産業部門(土木・運輸・サービス等)が広範囲にわたり、部分的な調査・分析の積み重ねでは捉えきれず、市民経済全体の枠組みの中で把握する必要があると考えたからである。「札幌市のCGEモデル」の構築は、我々の知る限り、本邦初である。

### 2 札幌の除雪市場

#### (1) 札幌市の降雪特性と雪対策の容易さ

長期雪統計データのある全国48都市の降雪量の平均値と標準偏差を見ると(図1の散布図)、札幌市の平均降雪量は第11位で多く、標準偏差は第26位で中位にあるが、変動係数(図1の青点と原点を結ぶ直線の傾き)は最小である。雪日数・最大降雪・最深積雪についても、札幌の平均値は大きいものの、変動係数は小さい順で、雪日数第6位、最大降雪2位、最深積雪1

位となっており、その変動は小さいと言える。

表1は札幌気象台観測雪4データの、各観測開始以来の平均・標準偏差・変動係数である。一日の除雪能力を「最大降雪量平均 $\mu$  + 標準偏差 $\sigma$ 」の水準に、冬期間の除雪体制を「降雪量 $\mu + \sigma$ 」に設定すれば、正規分布表から84.1%の年（7年間に6度）は対応可能となる。また、雪囲いの高さを「最深積雪 $\mu + 2\sigma$ 」とすれば、97.7%の年（40年間に39度）は対応できる。

量は多いがばらつきは小さいという降雪特性の下では、このような科学（統計学）的知識がなくても、「経験的」に「何年に1度の失敗」という雪対策が十分模

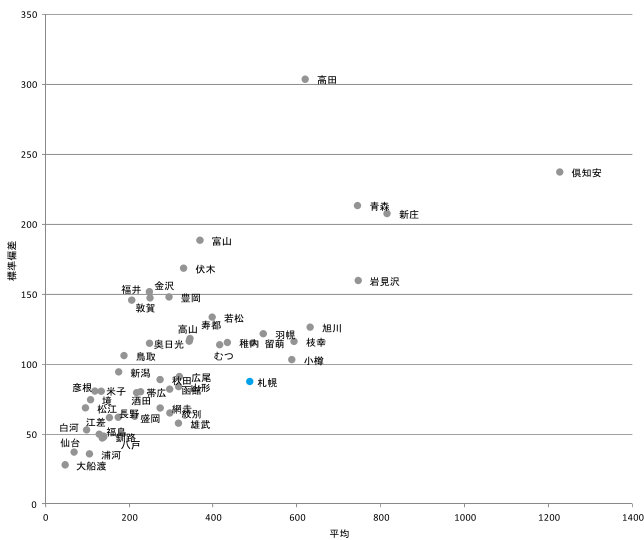


図1 48都市の平均降雪量・標準偏差(cm/寒候年)

表1 札幌気象台観測雪4データの平均・標準偏差

	平均	標準偏差	変動係数
	$\mu$	$\sigma$	$v = \sigma / \mu$
雪日数(日)	123.7	9.9	0.080
降雪量(cm)	486.4	90.9	0.187
最大降雪(cm)	39.8	9.7	0.243
最深積雪(cm)	98.9	19.3	0.195

表2 札幌市道路除雪決算額の平均・標準偏差(百万円)

	除雪費計	運搬排雪	車道除雪	雪堆積場	パートナーシップ
平均	11,407	3,216	2,481	1,497	1,325
標準偏差	1,870	1,002	382	289	503
変動係数	0.16	0.31	0.15	0.19	0.38

能する。札幌気象台が降雪量を観測したのは1953年以降のことだが、札幌は、この降雪特性のために、開拓当初から、雪対策の最も容易な都市であったと言える。

実際、札幌市の2000年代の道路除雪予算は110億円台で推移しており、札幌市の除雪予算は過去の決算額の平均値により経験的に決められてきているように見える。

表2は札幌市の道路除雪決算額(1993~2009年度)の工種別平均・標準偏差等で、排雪関係費の変動は若干大きい、「道路除雪費計」は平均114億円、標準偏差18億7千万円、変動係数0.16と安定している。

## (2) 札幌の冬期活動水準

冬期間の降雪による市民経済への影響を見るために、札幌市統計書から月次データの12ヶ月平均に対する比率をとり、表3にまとめた。冬期(12~3月)は、暖房用の電力・燃料需要や公共交通への依存が高まる一方で、建設等の活動が低下する「積雪寒冷地」の特徴を示すものだが、6指標の平均を見ると、冬期3.96、その他(4~11月)8.04と、活動水準はほとんど変わらない。

札幌の経済活動は、冬期の降雪にもかかわらず年間を通じてコンスタントに行なわれており、GDPの3分の1は冬期間に産み出されていると言ってよい。

## (3) 安定的な除雪市場の存在とその規模

札幌の除雪市場規模は、札幌市の市道・道道除雪費に、国道・高速道路除雪費を加えた道路交通インフラ除雪費と、道路に面した官民の事業施設や住宅の除排雪費、及び、自家労働(機会費用)を加えたものである。

札幌市内の国道約135kmの除雪費の当初予算は約20億円、高速道路約40kmの除雪費は6億円と推計できる。札幌市内の道路交通インフラの除雪費は年平均140億

表3 札幌経済の冬期活動水準(月平均=1)

H22	電力	世帯消費	大型小売	公共交通	新車登録	建築確認	平均
4~11	7.41	7.58	7.81	7.87	8.52	9.07	8.04
12~3	4.59	4.42	4.19	4.13	3.48	2.93	3.96

円と推計され、道路維持に係る公共事業として、一般政府部門から支出・需要され、土木建設業、運輸・製造・商業その他により、除雪サービスが供給される。(公共除雪市場の構造の詳細は分析中。)

また、民間の除排雪費用を、札幌市の雪堆積場に搬入された民間平均シェア(約40%)から推計すると30~40億円となる。(民間除雪市場の構造も分析中。)

以上より、札幌市の除雪市場規模は、官民合わせて170~180億円以上(200億円程度?)となると推計される。

その過半を占める札幌市の市道除雪費や、雪堆積場搬入量の安定性から、札幌には約200億円規模の安定的な除雪市場が存在する。冬期GDPを2兆2千億円とすると、冬期の札幌は、その経済活動規模の高々1%未満(年間GDPに対しては0.3%程度)の雪対策費用を支払って、札幌の都市機能を維持している。

### 3 札幌市のCGEモデルの構築

#### (1) ベンチマーク・データ

基礎データとして、『札幌市統計書』「平成23年度札幌市民経済計算」所収の平成8~21年度データを用いる。「札幌市民経済計算」には改定SNA統計の基礎となる「SNA産業連関表(購入者価格表)」が欠如しているが、「札幌市産業連関表(生産者価格表)」が公表されている。そこで、CGEモデルの基準年を、「札幌市産業連関表」の最新年度の、平成17年度(2005年)とした。

#### ① 生産勘定:「修正版・札幌市産業連関表」の作成

「札幌市民経済計算」では生産活動を、産業部門10部門、政府サービス生産者3部門、対家計民間非営利サービス生産者1部門の合計14部門について、「付表-1 経済活動別要素所得」に記帳している。これを札幌市産業連関表の部門分類と照合し、農林水産業・鉱業・製造業・建設業・電気ガス業・水道廃棄物業・商業・金融保険業・不動産業・運輸通信業・サービス業・非営利サービス・公務の13部門とし、平成17年札幌市

産業連関表の部門を組み替え、付表-1の中間投入額及び要素所得額構成に合わせて投入額(列)を修正するなど、札幌市民経済計算体系に合わせた「(修正版)札幌市産業連関表2005年13部門表」を推計した。

#### ② 「経済主体別(純)受取(+)-支払(-)勘定表」の作成

改定SNAでは、生産勘定(産業連関表)(A)以外のあらゆる「受取」と「支払」を、非金融法人企業(F)、金融機関(B)、一般政府(G)、家計(個人企業を含む)(H)、及び、対家計民間非営利団体(N)、の5つの制度部門について、「所得支出勘定」と「資本調達勘定」に記録している。また、残りの世界との「受取」と「支払」を「対外勘定(R)」として記録している。「札幌市民経済計算」では「制度部門別所得支出勘定」(第2-1表~第2-5表)はあるものの、「資本調達勘定」は無いし、札幌以外の道内外・国外との「受取」「支払」に関わる「対外勘定」も無い。

そこで、CGEモデルの構築に不可欠な首尾一貫したデータ・セットの中核となる「表4 経済主体別(純)受取(+)-支払(-)勘定表」を作成した。

表4 経済主体別(純)受取(+)-支払(-)勘定表

10億円	生産勘定	法人企業	金融機関	一般政府	家計個人企業	民間非営利	市外世界	行和
記号	A	F	B	G	H	N	R	
Em	-3,290	-	-	-	-	-	3,290	0
Ye	-3,439	-	-	-	3,411	-	28	0
Ti	-411	-	-	411	-	-	-	0
Su	-1,793	1,010	269	-	514	-	-	0
Pr	-	-235	343	-46	68	2	-132	0
Tx	-	-130	-32	471	-306	-	-3	0
Sw	-	-	-6	-66	76	-3	-1	0
Tr	-	38	1	731	19	79	-869	0
Rc	-	-	6	-	-6	-	-	0
C	4,826	-	-	-1,285	-3,460	-81	-	0
Ex	3,774	-	-	-	-	-	-3,774	0
St	588	-	-	-	-	-	-588	0
Sv	-255	-682	-581	-217	-316	2	2,049	0
列和	0	0	0	0	0	0	-0	0
-Sv	255	682	581	217	316	-2	-2,049	0
If	1,003	-479	-23	-180	-312	-9	-	0
Dp	-1,261	1,030	50	162	-	19	-	0
Iv	3	-2	-	-1	-	-	-	0
Is	0	-1,231	-608	-198	-4	-8	2,049	0
列和	0	0	0	0	0	0	0	0

(記号) Em: 移輸入、Ye: 雇用者報酬、Ti: 間接税-補助金、Su: 営業余剰・混合所得、Pr: 財産所得、Tx: 所得・富課税、Sw: 社会負担・給付、Tr: 他の経常移転、Rc: 年金準備金変動、C: 最終消費支出、Ex: 移輸出、St: 統計上の不突合、Sv: 貯蓄、If: 固定資本形成(投資)、Dp: 固定資本減耗、Iv: 在庫品増加、Is: 貯蓄投資差額。以下、記号を経済主体記号と組み合わせて、IfG: 一般政府投資、CH: 家計消費、等と表記。

## (2) ベンチマーク・モデル

以下、「(修正版)札幌市産業連関表」及び「表4 経済主体別(純)受取・支払勘定表」の全数値(変数)を説明する「一般均衡モデル」を構築した。

### ① 生産の意思決定(産出量と要素需要の決定)

生産活動は、「(修正版)札幌市産業連関表」の13個の産業部門の代表的企業により行われ、労働・資本の2生産要素を要素市場で需要し、それぞれ、13個の生産物市場に生産物を供給する。生産技術は、中間投入に関して固定係数型、付加価値生産に関してCES型生産関数を仮定すると、最終需要が与えられると産出量X(供給量)は一意的に定まるので、財価格Pと要素価格(賃金率・資本報酬率)W・Rの下の費用最小化問題より、労働需要関数Ld、資本需要関数Kdを導出できる。

費用最小化問題の予算制約式(1)は、行列表示で、 $P \cdot X - P \cdot A \cdot X - W \cdot Ld - R \cdot Kd - E \cdot T = 0$ と書け、労働報酬W・Lは雇用者報酬YeAに、資本報酬R・KはSuA + DpAに、E・TはTiAに対応している。

### ②a 家計の行動(労働供給と消費・貯蓄の決定)

家計は、保有する資本ストック・労働力、及び所与の価格体系の下で、効用を最大化するように余暇需要Fと消費需要Cを決定する。(労働供給Ld=総労働量LS-余暇需要F。資本ストックは完全利用を仮定。)[貯蓄]は、「将来消費」として、総消費に含めて配分する。

総消費と余暇(労働供給)についてのCES型効用関数を仮定し、効用最大化問題より、余暇需要関数F(労働供給関数Ls)、及び総消費需要関数Cが導出できる。さらに、総消費を費目別消費と貯蓄(将来消費)に配分するために、コブ=ダグラス型効用関数を仮定すると、費目別消費需要関数と、貯蓄関数が導出できる。

この効用最大化問題の予算制約式(2)は、

$$\sum_{j=1}^{11} p_j \cdot C_j + SvH = w \cdot L^S + r \cdot KS_H + PrH + TxH + a$$

と書くことができ、表4 H列上段の家計の所得支出勘定との対応は、 $w \cdot L^S = YeH$ 、 $r \cdot KS_H = SuH$ 、右辺第5項 = SwH + TrH + RcH、となっている。

### ②b 家計の行動(投資の決定)

家計部門の投資IfHには、住宅投資と個人企業の設備投資がある。投資関数は、将来性に係る期待と資金コストである実質利率の関数として定式化し、投資行動に係る予算制約式(3)を、 $-SvH + IfH + ISH = 0$ と書くと、表4 H列下段の家計の資本調達勘定に対応する。

なお、貯蓄>投資であればISHは資金市場で運用し、貯蓄<投資であればISHを資金市場で調達する。

### ③ 企業の投資の意思決定

非金融法人企業の投資関数も、家計同様に定式化できる。企業の投資行動に係る予算制約式(4)は、 $r \cdot KS_F + PrF + TxF + TrF + IfF + IvF + ISF = 0$ ここで、 $r \cdot KS_F = SuF + DpF$ で、表4 F列に対応する。

### ④ 金融機関の投資の意思決定

同様に、金融機関の投資行動に係る予算制約式(5)は、 $r \cdot KS_B + PrB + TxB + SwB + TrB + RcB + IfB + ISB = 0$ ここで、 $r \cdot KS_B = SuB + DpB$ で、表4 B列に対応する。

### ⑤ 対家計民間非営利団体の消費と投資行動

NPOは非営利団体であり、生産も投資も利潤動機ではないので、ここでは、予算制約式(6)を記すにとどめる。

$$PrN + SwN + TrN + CN + dp_N \cdot KS_N + IfN + ISN = 0$$

### ⑥ 政府部門の消費と投資行動

政府も非営利団体であり、政府サービスの消費CG、公的固定資本形成としての投資IfGは、政策変数として政治過程で決定される。税収に関わる消費税率や所得税率、社会保障の給付等も政策変数であるが、税関数等で定式化できる。政府も資本報酬は全て固定資本減耗に引当てられるので、政府は以下の予算制約式(7)にしたがう。

$$TiG + PrG + TxG + SwG + TrG + CG + dp_G \cdot KS_G + IfG + IvG + ISG = 0$$

### ⑦ 市外部門の移輸出と移輸入

移輸出は、モデルの外部で決定される外生変数である。移輸入は「移輸入内生逆行列」を用いる。移転支払TrRの大半は日本政府からの財政移転等の政策変数である。

市外部門の予算制約式(8)は、

$$EmR + YeR + PrR + TrR + SwR + ExR + ISR = 0$$

### ⑧ ワルラス法則と市場均衡条件

以上の①～⑦の各経済主体の予算制約式(1)～(8)式を合計して、ワルラス法則を得る。生産物・労働・資本・資金市場以外の、市場によらない受取と支払は相殺されてゼロとなるので、4市場均衡条件は、次のようになる。

$$(X - A \cdot X) + EM = C + I + EX$$

$$L^S = L^D$$

$$K^S = K^D$$

$$ISH + ISF + ISB + ISG + ISN + ISR = 0$$

市場機構は、4市場が均衡するように、均衡価格体系(P, w, r, i)を決定する。

## (3) パラメータの推計と再現テスト

### ① パラメータ推計

産業連関分析の係数行列、逆行列、移輸入内生逆行列、CES型付加価値生産関数、CES型効用関数、コブ=ダグラス型効用関数、費目別消費を産業別消費に変換する行列、家計・企業・金融機関の投資関数等、理論モデルの諸パラメータを「(修正版)札幌市産業連関表」及び「経済主体別(純)受取・支払勘定表」データから推計した。

### ② シミュレータ構築

市場メカニズムを以下のように定式化した。

#### a 各経済主体の行動

初期価格体系(P, w, r, i)の下で、各経済主体は、生産物の需要量(消費・投資)と生産要素(労働・資本)の供給量を決定する。この生産物需要に対し、各産業

は生産を組織し、生産物供給量と生産要素の需要量を決定する。

ここで、労働・資本・財産への報酬と税・社会保障・その他の移転支払を含む各経済主体の受取と支払が計算され、「貯蓄投資差額」(資金需要・資金供給)が定まる。

#### b 市場メカニズムによる価格改定

各市場では、超過需要ED (= 需要 - 供給) に応じて価格が調整される。(複号同順)

$$\text{労働市場: } EDL(w) \geq < 0 \Leftrightarrow dw \geq < 0$$

$$\text{資本市場: } EDK(r) \geq < 0 \Leftrightarrow dr \geq < 0$$

$$\text{資金市場: } EDF(i) \geq < 0 \Leftrightarrow di \geq < 0$$

### ③ 再現テスト

以上のように市場メカニズムを定式化し、R言語を用いてプログラミングを行い、再現テストを行なった。再現テストはw, r, iがそれぞれ1%上昇した3通りの初期価格体系を与えて、元のベンチマーク・データの(P, w, r, i)に収束するかどうかを見た。その結果、「価格体系」「産業連関表」「経済主体別(純)受取・支払勘定表」の全数値は十のマイナス10~14乗の誤差率で再現した。

### (4) 道路除雪費のシミュレーション評価

ベンチマーク・モデル(Model 1)は、全ての市場が独立して機能する世界を想定しているが、札幌市は日本の一部に過ぎず、特に資金市場は、市内の余剰資金が市内金利の低下を引き起こすことなく、日本の資金市場に流出しているのが実態である。そこで、資金市場の金利iによる調整機能を停止して、貯蓄・投資バランスの資金過不足を日本市場に押し付けるようにモデルを修正した(Model 2)。次に、資本市場でも、リース市場からの調達や、ダンプの冬期間の本州流出など、短期的にも流動性が高まってきているので、資本供給について、KS=一定から、弾力的な供給を可能(価格弾力性=1)とするようにモデルを修正した(Model 3)。

表5は、2(3)で推計した公共事業として支出されて

いる道路除雪費140億円の札幌経済に与えるインパクトをCGEモデルでシミュレーション評価した結果の一部である。Model 1では民間投資が減少するというクラウディング・アウトが発生しており、これは、札幌経済の現状に合っていない。現実には、資金市場を日本市場に統合し、資本の供給を弾力的とするもので、Model 2とmodel 3の中間にあると考えられる。

表5 道路除雪費140億円の市民経済に与える影響

	民間投資	産出額	GDP	移輸入	等価偏差
百万円	$\Delta IP$	$\Delta X$	$\Delta V$	$\Delta EM$	EV
Model 1	-4,037	3,677	2,571	1	1,621
Model 2	618	3,568	9,980	-7,003	2,120
Model 3	748	8,834	11,829	-8,435	2,149

#### 4 おわりに

以上の評価モデルは、除雪を主に「建設業」の活動として分析しているが、道路除雪費の費用構成や民間の除雪市場を分析すれば、建設業から「除雪業」を分離した産業連関表が作成できる。また、就業労働時間データがあれば、除雪労働の不効用の経済価値を評価可能となる。

CGEモデルは消費税・TPP等、多様な経済問題の総合分析に最適であり、今後の活用が期待される。

#### 参考文献

- ・上田孝行編著「Excelで学ぶ地域・都市経済分析」(2010)、コロナ社。
- ・佐藤泰久「数量経済分析の方法—改定SNAに基づく一般均衡／不均衡モデル—」『札幌学院商経論集』第22巻第4号(2006)、札幌学院大学。
- ・Hirte, G., and W. Wiegard (1988), "An introduction to applied general equilibrium tax modeling," Welfare and Efficiency in Public Economics, : Springer-Verlag.