

積雪量の変化が与える社会への影響評価

東北大学 学生会員 ○佐野 雄大
 東北大学 正会員 風間 聡
 東北大学 正会員 朝岡 良浩

1. はじめに

積雪は融雪期に農業用水や工業用水など水資源として利用され、また冷熱源や観光資源としても利用されている。一方、積雪は災害を引き起こす側面も持ち合わせ、除雪作業中の転倒・転落事故等が毎年発生している。平成18年冬季は昭和38年以来の豪雪であり、全国各地で多数の被害が発生した。一方、平成19年冬季は全国的に記録的な暖冬・小雪であり、代掻き期の流量減少や、豪雨被害も発生した。積雪を十分活用するとともに、雪害を未然に防ぐために、積雪量の多寡が社会的要素に及ぼす影響を把握することが重要である。既往の研究について積雪の影響の一つの側面、あるいは一地域に限定したものは行われているが、日本全域にわたり多角的かつ定量的に評価した研究例は少ない。本研究は、積雪により社会が受ける便益・被害を算出し、積雪による影響を総合的に評価し考察することを目的とし、算出した便益の結果について述べる。

2. 研究対象領域・期間およびデータセット

研究対象領域は日本全域である。積雪水量分布推定期間は、多雪年として 2005-2006 年および小雪年として 2006-2007 年である。統計解析に用いたデータセット及び期間を表1に示す。

積雪水量推定には AMeDAS 日平均気温および日降水量、国土数値情報、JAIDAS の衛星データを用いた。

3. 積雪水量分布作成手法

積雪水量分布作成には、Kazama ら¹⁾にならない降雪モデルと融雪モデルから構成される SWE モデルを用いた。SWE モデルは以下の式(1)により表される。

$$\frac{d}{dt}(SWE) = SF - SM \quad (1)$$

表1 統計情報

データセット	項目	データ取得期間
水力発電所データベース	最大出力(kW)	—
	最大使用水量(m ³ /s)	—
ダム貯量データベース	流入量(m ³ /s)	1998~2007年
電気事業連合会電力統計情報	電気事業営業収益(百万円)	1999~2008年度
	販売電力合計(MWh)	1999~2008年度
コメ価格センター	年産別薄札加量平均価格(円/60kg)	1997~2006年
農林水産省農林水産統計情報	米作付面積(ha)	1997~2006年
	米収穫量(t)	1997~2006年
スキー場データ	年度別月別来場者数(人)	2000~2009年
ニッポンのゲレンデ	冬季来場者数(人)	2008-2009年
	冬季オープン期間(日)	2008-2009年
レジャー白書	スキー・スノーボード1回当たり費用(円)	2008年

ここで、SWE は積雪水量 (mm)、SF は降雪量 (mm/day)、SM は融雪量 (mm/day)である。降雪量は、気温 2℃を判別気温として、重み付距離平均法により補間して求めた。次に融雪量は、degree-day 法により式(2)より求めた。

$$SM = K \times T \quad (2)$$

ここで、K は融雪係数 (mm/day/℃)であり、T は 0℃以上の日平均気温 (℃)である。融雪係数は Kazama ら¹⁾にならない JAIDAS の衛星データより作成した積雪マップにおける積雪域と SWE モデルにより求めた積雪水量分布における積雪域の一致率から最適な融雪係数を決定した。

4. 便益算出方法

4-1. 発電用水

積雪量当たり水力発電便益(円/m³)を式(3)より求めた。

$$E_S = E_W \times S_E \quad (3)$$

ここで、E_S: 積雪量当たり発電便益(円/m³)、E_W: 水量当たり発電収益(kWh/m³)、S_E: 発電用水における雪の補正係数である。以下各数値の算出方法を示す。水量当たり発電収益(円/kWh)は、式(4)より求めた。

$$E_W = \frac{I_A \times 10^3}{P_A} \times J_W \quad (4)$$

ここで、I_A: 電気事業営業収益(百万円)、P_A: 販売電力量(MWh)、J_W: 水量当たり発電量(kWh/m³)である。電気事業営業収益(百万円)および販売電力量(MWh)は、北海道電力~九州電力における 1999~2008 年度の平均値より、それぞれ 1.67×10⁶ 百万円、9.48×10⁸MWh を用いた。水量当たり発電量(kWh/m³)は、324ヶ所の水力発電所において最大出力(kW)および最大使用水量(m³/s)より各発電所における値を算出し、平均値 0.267kWh/m³を用いた。

発電用水における雪の補正係数 S_Eについて、まず東北地方の湯田ダムと四国地方の早明浦ダムにおける年間流入量の推移から、年間流入量を正規化した。ここで基準値(=0.0035)を超過した流入量は発電用水として使用できず放流されたと考え、この超過量の差を計算する。以上の計算を 10 年分行い、超過量の差を平均した。このとき超過量平均値は、湯田ダムにおいて 0.3、早明浦ダムにおいて 0.5 であり、この差より補正係数 0.2 を得た。ここで用いた基準値は、全国の貯水池式水力発電所における最大使用水量の平

キーワード 影響評価, 発電用水, 灌漑用水, 積雪水量分布

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL 022-795-7459

均値を正規化した値である。

さらに SWE モデルより算出した全国のダムにおける平均標高(391m)以上の積算降雪量より、積雪による水力発電便益を算出した。

4-2. 灌漑用水

積雪量当たり農業便益(円/m³)を式(5)より求めた。

$$A_s = \frac{V_A}{60} \times \frac{C \times 10^3}{A_p \times 10^4 \times W_N} \times S_A \quad (5)$$

ここで、 A_s : 積雪量当たり農業便益(円/m³)、 V_A : 水稻落札加重平均価格(円/60kg)、 C : 収穫量(t)、 A_p : 作付面積(ha)、 W_N : 1 灌漑期間中に水田に必要な水量(m³/m²)、 S_A : 灌漑用水における雪の補正係数である。各項目について以下で述べる。

水稻落札平均加重価格(円/60kg)はコメ価格センターより 1997 年～2006 年の平均値を用いた。また収穫量(t)および作付面積(ha)は、農林水産統計情報より 1997 年～2006 年の平均値を用いた。1 灌漑期間中に水田に必要な水量(m³/m²)は、1.5 m³/m²を用いた²⁾。

灌漑用水における雪の補正係数 S_A は、代かき期間において無降雨日における融雪量を計算し、冬季期間の総降水量と比較することで求めた。まず日本全域の 1-3 月の平均気温が 0℃以下の任意の 50 地点において、各メッシュの標高 0m に相当する気温が 5 度以上 7 日連続した日を求める。これより後において無降雨日における融雪量を積算した。この融雪量積算値と 11 月～5 月の降水量を比較し灌漑用水における雪の補正係数を各年について求めた。このとき 2005-2006 年では 0.32、2006-2007 年では 0.15 を得た。

さらに SWE モデルより算出した 1-3 月の平均気温が 0℃以下のメッシュにおいて積算降雪量(m³)を計算し農業便益を算出した。

4-3. スノーレジャー

積雪による 1 週間当たりのスノーレジャー便益(円/週)を式(6)より求めた。

$$S_w = C_o \times \frac{G_{ave}}{O_{ave}} \times R \times S_M \quad (6)$$

ここで、 S_w : 積雪による 1 週間当たりスノーレジャー便益(円/週)、 C_o : スキー・スノーボード 1 人当たり費用(円/人)、 G_{ave} : スキー場平均来場者数(人)、 O_{ave} : スキー場平均オープン期間(週)、 R : スキー場数、 S_M : 期間毎の補正係数である。各項目について以下で述べる。

スキー・スノーボード 1 人当たり費用(円/人)は、平成 20 年版レジャー白書より、スキー 1 人 1 回当たり費用とスノーボード 1 人 1 回当たり費用を平均し用いた。スキー場平均来場者数(人)およびスキー場平均オープン期間(週)は、133 地点のスキー場における 2008-2009 年オープン実績の平均値を用いた³⁾。またスキー場数は主要スキー場数 202 を用いた³⁾。

表 2 便益算出結果

(億円)	多雪年便益	小雪年便益	積雪量変化による減益
水力発電用水	352	235	117
かんがい用水	11,100	3,180	7,920
スノーレジャー	4,220	3,760	460
計	15,672	7,175	8,497

期間毎の補正係数は、任意のスキー場における月別の来場者数推移より 1～3 月の来場者数平均値からの各月の偏差を計算し求めた。

以上により積雪による 1 週間当たりスノーレジャー便益(円/週)を計算した。さらに 1 冬季におけるスノーレジャー便益(円)を以下の式(7)より求めた。

$$B_R = \sum_{i=1}^k (S_{wi} \times O_{pi}) \quad (7)$$

ここで、 B_R : スノーレジャー便益(円)、 S_{wi} : i 期間における 1 週間当たりスキー場便益(円/週)、 O_{pi} : i 期間におけるスキー場オープン可能期間(週) ($0 \leq O_{pi} \leq 4$) である。

スキー場オープン可能期間は、全国 30 か所のスキー場において、1 冬季の積雪水量の推移から、スキー場がオープンできると考えられる基準値を超えた積雪水量を有する日数を計算し平均し求めた。これより多雪年には約 19 週間、小雪年には約 12 週間オープン可能である。この際の基準値は、新雪の積雪密度を 0.1g/cm³ とした場合の新雪 30cm に相当する積雪水量 30mm とした。

4. 便益算出

以上の方法により、多雪年・小雪年便益および多雪年と小雪年の差から求めた積雪量の変化による減益を算出した。結果を表 2 に示す。

5. まとめ

積雪による便益は灌漑用水による便益が最も大きく約 1 兆 1100 億円である。多雪年には総額で約 1 兆 5700 億円、小雪年には約 7200 億円の便益が発生する。また積雪量の変化により総額約 8500 億円の減益可能性が示唆された。

謝辞: 本研究を進めるにあたり地球環境研究総合推進費(S-4)から援助を受けました。ここに記して感謝の意を示します。

参考文献

- 1) So Kazama, Hirokazu Izumi, Priyantha Ranjan, Sarukkalige, Takayuki Nasu, Masaki Sawamoto: Estimating snow distribution over a large area and its application for water resources, Hydrological Processes 22, pp.2315-2324, 2008.
- 2) 地人書館: 農業用水資源, 水利学大系, 第 4 巻, p140, 1962.
- 3) 実業之日本社: ニッポンのゲレンデ 2010.