

雪氷防災研究の推進

Promotion to Study of Disaster Mitigation for Snow and Ice

東浦 将夫

HIGASHIURA, Masao

Abstract

The paper is a brief introduction of my studies of snow and ice which have been researching and investigating from view point of disaster prevention.

They are concerned with (1) Actual condition of inland water for snow removal and snow melting in built-up area of snowy cities in Japan. (2) Illustration of snow conveyance mechanism by means of gutter system, (3) The roof snow treatment technology, (4) Method of the areal warning system of blowing snow, (5) Clarification of the heat mechanism and the contamination mechanism of ground water, (6) Construction of the Cryospheric Environment Simulator(CES).

1. はじめに

これまで32年間にわたり科学技術庁防災科学技術研究所（平成2年4月名称変更）において、私が主として関わってきた雪氷防災研究の内容について紹介する。

当人は、昭和44年10月1日に科学技術庁国立防災科学技術センター新庄支所設立と同時に当支所の研究員として山形県新庄市に転任した。研究を開始した当初は高度経済成長の時期にあたり、雪氷防災研究は地域に密着した課題

が中心であった。平成にはいると温暖化や環境等の地球科学的研究が社会的にクローズアップされ、雪氷研究においても地球規模の気候変動に影響する極域の雪氷の変化を解明すること並びに雪国の生活に直接影響する吹雪、雪崩などの災害を防ぐことを重要テーマとして研究するようになった。

これまでの研究歴の変遷は、次の通りである。

2. 研究歴の変遷

新庄支所設立に先立ち数年間の研究計画の路線は決められていた。地下水を用いた道路や屋根の雪処理の研究と流雪溝の研究であった。その後長期間、野外観測を中心に各種の雪氷防災の研究を積極的に推進してきた。以下に示す研究課題は、当人が関わったものであるが、雪国社会が必要としていた雪氷防災研究の方向の一端を伺うことができよう。

昭和44年～昭和53年 国立防災科学技術センター新庄支所 研究員

- ・新庄盆地の地下水の水文学的研究
- ・地下水を用いた屋根雪処理に関する研究
- ・流雪溝の運搬機能に関する研究

昭和53年～昭和60年 国立防災科学技術センター新庄支所 主任研究官

- ・多雪都市の雪処理用陸水の研究
- ・都市の雪害構造の実態に関する調査研究

昭和60年～昭和61年 科学技術庁研究調整局生活科学技術課 専門職

- ・防災科学技術に関する研究行政に従事

昭和61年～平成6年 防災科学技術研究所新庄雪氷防災研究支所 研究室長
(平成2年4月名称変更)

- ・地吹雪の発生機構の解明と災害防止技術の開発に関する研究
- ・広域地下水の量的熱的流動機構の解明に関する研究
- ・吹雪観測用ドップラーレーダーの製作(平成5年度、小樽市祝津に設置)

平成6年～平成9年 防災科学技術研究所新庄雪氷防災研究支所 支所長

- ・吹雪の広域予測と広域ウォーニングシステムの開発に関する研究
- ・多雪都市の地下水の水質汚染機構の解明に関する研究
- ・中国乾燥地域の水循環の変動に関する研究（2国間共同研究）
- ・雪氷防災実験棟の建設（平成7～8年度、新庄雪氷防災研究支所構内）

平成9年～平成12年 防災科学技術研究所長岡雪氷防災実験研究所 所長

- ・雪氷コア解析に関する変動の研究
- ・地球温暖化の原因物質の全球的挙動とその影響等に関する観測研究

3. 研究の実績

(1) 研究の対象

研究開始の当初から雪氷の災害防止を目的として消雪用地下水の涵養機構や吹雪の広域予測の野外観測や流雪溝の排雪機能、屋根雪処理や地下水熱流動機構の様な大型実験施設を用いた野外実験を中心に研究を進めてきた。それぞれの研究では「地下水散水による屋根雪処理法」や「流雪溝の運搬能力の算定」の様に実用化された成果もあり、また、近い将来雪国社会で活用される可能性のある「吹雪の広域予測手法」、「消雪用地下水の算定手法」や「地下水熱の制御手法」等の研究の成果をあげており、雪氷防災研究の推進に貢献してきた。

他方、雪氷防災に係わる自然現象を対象とした野外研究は、同じ現象が繰り返して発生することが少なく、研究成果を出すまでに長期間かかることが普通である。そこで、自然現象が起こるのを待つことなく任意の実験計画に基づく効率的な研究が行えるよう平成6年4月に新庄雪氷防災研究支所に雪氷防災実験棟の建設を計画し、平成9年3月に完成させた。この実験棟は雪氷圏に起こる様々な現象を実験室レベルで再現できる世界最大規模の施設である。特に、天然の雪に近い結晶形の雪を降らせる装置を備えたものとしては、世界唯一のものである。夏でも天然と同様の積雪を製造し、雪氷災害のプロセスを低温実験室で再現し、災害発生のメカニズムの解明の可能性を高めた。これらの業績は、雪氷防災研究の発展に寄与するものと考えている。

(2) 研究の背景

積雪地域の冬期の生活について考えると、まず雪害という言葉が思い出される。その雪害の発現する形態は時代と共に、様相を変えてきており、1960年代の雪国の積雪への対応の仕方は画期的なものであった。高度経済成長期と相まって、国県市道は次々と舗装され、除雪道路の距離も延長され、主要道路では積雪期においても自動車交通の確保が可能になってきた。これまで、雪国生活の最大の悩みであった道路交通の問題がある程度解決されたところでは、屋根雪処理や小路、歩道除雪など雪国住民の日常生活に密着したところに雪害意識が転移してきた。この様な状況の中で1960年代後半から各種雪処理工法が実験研究され、1970年代に入り実用化され、普及していった。

56豪雪(1981年)の際に行った我々の都市雪害の実態調査によれば、幹線道路の通行はほぼ確保されていることが判明したが、生活道路や屋根雪を含む家屋周辺の雪処理が緊急に解決されるべき事柄であることが改めて浮き彫りにされた。また、実用化されてきた消雪パイプ・流雪溝など融除排雪施設のある場所は、雪処理が行き届いてはいるが、その地域の地下水の使用可能揚水量や流雪溝用水量の算定はほとんどされることはなく普及してきた。このため水の利用は必ずしも適正に運用されておらず、消雪揚水による井戸の相互干渉が原因となる地下水の枯渇、地下水位低下、地盤沈下、流雪溝の溢水などの被害が発生してきた。一方、省エネルギー時代に適した雪処理施設として流雪溝が見直され県・市・町・村道にも流雪溝の新設計画が増加してきた。

消雪パイプの敷設されている多雪都市では、冬期間限られた地域で多量の地下水が過剰に揚水されるため、地盤沈下、地下水位の低下などが深刻な問題となってきた。この方法に変わるものとして地下水の熱のみを融雪に使う無散水融雪技術の実用化が進み、山形県でのこの技術を駆使した装置が設置されている箇所は、1988年(平成2年)10月現在で16箇所到達していた。しかし科学技術庁資源調査所(1988)の「地下水の熱的利用に関する調査」報告書においても指摘された様に、地中熱環境については不明な点が多く、地熱環境問題の生じる前に地下水の熱的機構を早急に明らかにする必要があった。さらに最近、新たな地下水汚染として硝酸性窒素が問題となりつつあり、特に

多雪地域では冬期に消雪用水として大量に揚水されることが地下水の動態の大きな攪乱要因となって、汚染の拡大に影響を及ぼすことが懸念されてきた。

他方、社会の発展等につれて、新しいタイプの雪害が発生してきた。多雪地域においても自動車会社の進展に伴う交通の通年一様化及び自動車輸送の大型化、高速化、長距離化が急速に進み、吹雪による視程の悪化や異常堆雪が冬期間の道路の交通障害の要因として大きな問題となり、早急な対策が望まれてきた。また、高速道路網も延長され、降雪期においても非雪国から雪国にたやすく進入できるため、気象の急変に直面する機会も多く、降積雪地の走行に不慣れた運転者も増加し、事故を誘発する可能性も増大してきた。

上記のように、雪害も進化し新しい型の雪氷災害が発現し、雪氷に係わる災害防止を早急に実現するための実験施設の必要性が高まり、平成9年度春に全天候型の雪氷防災実験棟が建設された。

(3) 研究の内容

ここに示された研究内容は、防災科学技術研究所の特別研究、科学技術庁の科学技術振興調整費による研究（総合研究）や海洋開発及び地球科学技術調査研究促進費による研究（地球科学技術特定研究）、環境庁の国立機関公害防止等試験研究費による研究（地域密着型環境研究）等の研究費によって行われた。なお、各の研究項目の中で作成された主な研究論文等は、文末に参考として示した。

① 多雪都市の雪処理用陸水の実態

近年の都市の雪処理方法の前提として、その地域における表流水及び地下水さらに背後の流域における表流水の流量、地下水の賦在量及び流動量を把握し、流雪溝消雪パイプの地域適用限界を明らかにすることが不可欠である。このため当人は、新庄盆地の地下水を灌漑用水や家庭用水に利用される浅層地下水と道路消雪の水源となる深層地下水とに大別し、浅層地下水の水利用地質構造、賦在量、滞留時間及び深層地下水の水理地質構造涵養機構の究明を行った。その結果、特に従来は非常に遅いと考えられていた深層地下水の循環速度について、トリチウム分析により深層地下水の揚水が行われると、不完全に深層地下

水を被圧している難帯水層を通過して浅層地下水が深層地下水を涵養する仕組みを始めて明らかにした。また、新庄盆地では道路消雪のため深層地下水の揚水が停止されると、浅層地下水によって急激に涵養され、地下水位が原状に復帰するという現象に対する理論的根拠を与えた。さらに、毎冬の揚水量、水位変化、水理地質構造等から判断して、地域地下水の許容量の算定手法を導いた。新庄市街地の消雪用地下水の許容水量は、 $4 \sim 5 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{冬}$ と算定された。

次に、積雪の融解が新庄盆地の浅層地下水の水質に及ぼす影響を調べたが、道路の融雪剤の影響が広域的に検出され、水質汚染の速度が速いので、薬剤使用については環境を考慮するように指摘した。また、冬期間の消雪用深井戸の水位低下が著しく、多量の消雪用水を深井戸から汲み上げることによって浅層地下水を引き込んで、深層地下水は確実に水質悪化の傾向にあることも指摘した。

② 流雪溝の運搬機能の解明

雪国の都市計画において、流雪溝は排雪の省力化をもたらす有望な施設とみなされ、冬期の道路交通確保にはたす役割は非常に大きい。しかし、流雪溝運搬機能が不明のため、市街地の流雪溝がしばしば投入された雪による閉塞の現象が生じ、住民に甚大な被害をもたらしているのが現状であった。

このため当人は、新庄支所構内に作製した長さ40mの実規模大の実験用流雪溝を使用し、溝幅(0.5～1m)・溝勾配(0～1/50)・流量(1～5m³/分)・雪質の違いによる流雪溝の可搬雪量に関する実験研究を行った。この結果、溝幅0.5m、0.7m、1.0mの場合の投入雪量と、溝勾配と運搬能力との関係を明らかにし、例えば 溝幅1.5m・流量3m³/分・溝勾配1/250とすると、密度0.5のざらめ雪をほぼ24kg/秒の割合で投入できることを示した。

また、実験用流雪溝の実験値を基にして、5m³/分より多い流量と可搬雪量の関係も導き出した。他方、多流量(10～30m³/分)の流雪溝へロータリー除雪車によって投雪したときの雪処理能力を現場の流雪溝で実験的に求めた。これらの結果を基に、流雪溝の運搬能力の算定と流雪溝の管理基準の確立への方途を明らかにした。

③ 屋根雪処理技術

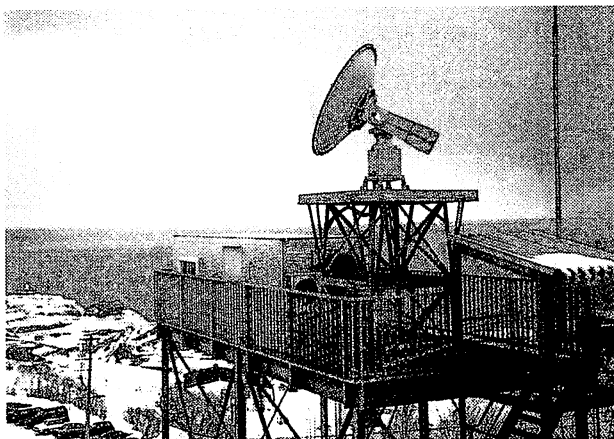
雪国の都市において、屋根雪処理が深刻な問題となっていた、いまだ適当な方法が確立しておらず屋根の消雪・除雪に支障をきたしていた。各種屋根雪処理方法の効率を調べるため、実規模大の実験屋根を使用して、地下水散水による消雪実験、室内暖房の融雪効果を求める実験、温水循環パイプ・電熱ヒーターによる融雪実験、フロアによる送風式屋根雪除雪の可能性について実験・研究を行った。

それぞれの方法では除雪・除雪効率が明らかになった。地下水散水による屋根雪処理では、気温・風速などの気象要素の影響により、融雪効率（融雪量/投入熱×100）は、40～70%の範囲であることが分かった。また、降水量（雪）と融雪しうる地下水の熱量から導いた熱量計算式と野外実験・室内実験により任意の気象条件における散水量の算定方法を導きだした。本方法は、山形県内の温室屋根消雪に実用化された。

④ 吹雪の広域予測手法

冬期交通障害の要因として、吹雪による視程の悪化や異常堆雪が解決されるべき緊要な問題となってきた。このため、吹雪の適確な予測技術を開発することは、吹雪防災対策上重要であると考えられる。すなわち、吹雪の広域予測が可能になれば、吹雪のひどさ（視界、吹溜量）が面的に分かるので通行止めや回り道等の交通規制が可能となるし、また、計画的に除雪車の配備体制を組め、効率的な除雪が可能となる。

昭和61年度～平成4年度に行った津軽平野における「地吹雪」研究において、ドップラーレーダーによる吹雪の広域予測の可能性が判明した。即ち、ドップラーレーダー観測と連動した吹雪現象の時空間変動の詳細解析研究が広域的に達成されれば、ドップラーレーダーによる吹雪の広域予測の実現化ができる見通しが得られた。これからの研究の成果を基に、特別研究「吹雪の広域予測手法と広域ウォーキングシステムの開発に関する研究」が、先の「地吹雪」研究の最終年度に計画され、平成5年度から5ヶ年計画で、北海道石狩平野を研究フィールドとして吹雪予測のための観測研究が行われた（写真1）。



(写真1) 小樽市祝津に設置された吹雪観測用ドップラーレーダー

北海道石狩平野において、吹雪関連情報の広域立体表示機能を付与したドップラーレーダーのデュアル(2連)観測等により下層大気の強風・降雪の微細構造及びその移動・変質過程を3次元的(立体的)に観測し、同時に風向指向型SPC(スノーパーティクルカウンター)吹雪自動観測網により地上の吹雪現象の2次元的(面的)分布を観測した。一方、基準観測点において風向、風速、気温等の連続観測を行うとともに、吹雪量の垂直分布観測から吹雪の短時間変動と空間微細構造の観測を行った。これらの観測結果を基に、吹雪の時空間変動特性及び上空の降雪・強風構造との関連を解析し、吹雪の広域予測手法の実用化のため、ドップラーレーダーを核とした情報画像表示機能を有する吹雪広域ウォーニングシステムのプロトタイプを作成した。

⑤地下水の熱的機構と汚染機構の解明

消雪のために熱源として浅層地熱が利用されてきた。採熱等による地下水環境の影響を調べるため、新庄雪氷防災研究支所構内に掘削した深度30mの観測井7本による実規模大の地下水熱移動実験設備を作製した。各井戸の孔底から5m間隔に温度計を設置し、また各井戸に水圧式水位計を設置し測定環境を

整備した。このような実規模大の施設は、防災科学技術研究所以外には存在しない。

温水注入注水による熱移動実験において、周囲の地下水を制御することから、蓄熱した温水塊の長期保存の技術を開発するため、温水注入と同時に下流側の涵養井戸に冷水を入れる実験を行った。開発した3次元熱移動シミュレーションの解析の結果、算定された水温分布と実測値とは、満足いく一致をした。地下水の下流川の井戸に地下水を涵養する（地下水位を上昇させる）ことにより地下水流が制御され、すなわち「温水塊」の保存効果のあることが実測された。さらに、温水塊制御予測のために改良したのシミュレーション結果を用いて解析すると、蓄熱塊の保存効果に関係しているには、涵養量及び涵養井戸の数・井戸配置であることが分かり、地下水の中に「温水塊」を保存することが可能であることを明らかにした。

他方、新庄盆地の浅層地下水と深層地下水野の測結果から、特に深層地下水について消雪揚水で著しい冬期に溶存物質濃度が増加し、水質が悪化することが認められた。こうした地下環境中で物質移動を解析することは、重要であり、実規模大の野外実験と室内実験を基に3次元2層モデルを開発した。この数値モデルは、水、熱、物質を同時に取り扱うことができ、野外実験の観測値と計算結果との比較では良好の結果を得ている。

⑥雪氷防災実験棟の建設

科学技術庁防災科学技術研究所新庄雪氷防災研究支所構内（山形県新庄市）に平成7年度、8年度の2カ年計画で建設され、大型共用実験施設として平成9年3月下旬に完成した（写真2）。建物は、RC2階建（一部3階建）で、延床面積が約950㎡である。この実験棟の目的は、雪氷圏でおこるさまざまな雪氷現象を実験室レベルで再現し、雪氷災害を引き起こす種々のメカニズムを解明することにある。また、地球科学分野の研究への利用も期待される。このため、低温実験室内での気温、湿度、風速、日射、降雪および降雨の制御が可能である。ただし、降雪と降雨はその他の項目と同時に制御することはできない。また、風速の制御は低温実験室内に設置した低温風洞内でのみ可能である。



(写真2) 新庄雪氷防災研究所支所構内に建設された雪氷防災実験棟

各項目の制御範囲は次の通りである。

気温： $-30 \sim +25^{\circ}\text{C}$

湿度： $20 \sim 80\%$

風速：最大 20 m/s ，風洞断面積 $1 \times 1\text{ m}^2$ （測定部の長さ 14 m ）

日射： $0 \sim 1000\text{ kW/m}^2$

降雪（結晶形）：最大降雪強度 1 mm/h （水換算），範囲 $3\text{ m} \times 5\text{ m}$

降雪（球形）：最大降雪強度 5 mm/h （水換算），範囲 $3\text{ m} \times 5\text{ m}$

降雨：最大降雨強度 2 mm/h

この実験施設を使って、たとえば、降雪装置で $3\text{ m} \times 5\text{ m}$ のテーブル上（最大 45 度まで傾斜可能）に雪を積もらせた後、気温と湿度さらには日射や降雨を変化させて、雪質の変化を追跡するということができる。それぞれの制御は手動かあるいはあらかじめ設定したプログラムで行う。積雪、雪崩、融雪、リモートセンシングなどの分野での実験が考えられる。また、低温風洞では、雪粒子の跳躍運動や浮遊運動などの実験が可能になる。

我が国では、これまで主として自動車や住宅メーカーにより降雪装置を有する環境実験施設が設置されてきたが、雪は一つの環境条件でしかなかったのである。この実験棟は、気相成長させた結晶形の雪を製造できる降雪装置を備えており、雪そのものを研究対象とした世界で最初の本格的な環境実験施設とい

うことができる。現在、共用施設として、国内外の研究者の利用の便に供しており、学識研究者等による雪氷防災実験棟運用委員会を設置して効率的に運用している。

(4) 社会経済に対する貢献の可能性

①雪氷防災実験棟の完成

雪氷防災実験棟は、計画時から地元山形県、新庄市、関係市町村や日本雪氷学会及び建設省東北地方建設局や科学技術庁の関係各位、また、報道機関の方々の温かいご支援の結果、平成9年3月に完成した。

この実験棟の実現に後援のあった社団法人日本雪氷学会の東晃元会長の要望書にも、「雪氷防災実験棟の実現は、日本雪氷学会に属する研究者にとっても極めて有意義であります。海外も含め産官学の研究者が本施設を利用して各種の研究に共同で取り組むことにより、雪氷防災研究及び地球科学技術研究が飛躍的に進展するものと確信します。」と推薦された。

平成9年度の使用状況をみると、共同研究14件、自体研究3件あり、招聘研究者8名（内海外から6名）と非常に有効に活用されており雪氷防災研究の活性化に貢献している。ちなみに、平成10年度は、共同研究20件、自体研究5件が行われ、平成11年度は共同研究15件、自体研究10件が行われた。

予想に違わず、雪氷防災実験棟が有効に活用されされており、我が国の雪氷防災研究に一層の充実が図られ、社会に貢献することを確認した。

②吹雪の広域予測の開発

ドップラーレーダーによる吹雪の広域予測が可能になれば、冬の日本海側の庄内平野、津軽平野、石狩平野等の海岸平野や内陸の吹雪常襲地帯では、効率的な除雪計画や交通規制が可能になる。そのため、吹雪現象に伴う視界不良や異常堆雪などによる交通障害や人身災害が軽減され、雪国の社会経済向上に貢献する可能性は非常に大きい。

開発している吹雪の広域予測手法のプロトタイプは次のようである。地上の吹雪を予測するためには、まず、吹雪をもたらす雪雲の強風構造や移動・変質の過程を明らかにし、ある時点のドップラーレーダーによる雪雲の観測から、

その雪雲の将来の位置や状態を予測する必要がある。さらに、雪雲と地上の風や降雪の状況との対応がわかれば、地上の風速や降雪強度が予測される。また、吹雪の時間的・空間的な変動の性質、およびそれらの気温、風速、積雪の雪質などの条件に対する依存性を加味することで、最終的には地上の吹雪強度や視程の予測が可能となるのである。

③地下水の温水塊制御の開発

地下水の熱移動機構の解明に実規模大の施設を用いた研究により、地下水の温水塊を制御するための3次元シュミレーションモデルを開発した。地下水の熱のみを融雪に使う無散水融雪技術の実用化が進みつつあるが、上記の温水塊制御手法を利用すれば、夏の間には河川等の温かい水を地下水に涵養し、冬の間まで流動させることなく地下の一定場所に貯留しておき、冬の融雪時に、熱のみをくみ出し活用することができよう（逆に夏の冷房には低水温塊も考えられる）。人工的に温水塊の管理が可能になれば、道路等の家屋周辺の雪処理に有効に利用でき、雪国の生活向上に貢献する可能性が大きいと考える。

4. おわりに

これまで述べてきたことは、雪氷防災研究についてであるが、雪氷の地球科学的な研究も進めてきた。雪氷の地球科学的研究として、(1)エアロゾルが積雪層内に取り込まれる過程を解明するため、国内2箇所において積雪を定期的に採取し、積雪試料の粒度分析、酸素同位体比分析を行い、エアロゾルの移動過程を検討した。(2)雪氷コアの研究では、人類による記録の少ない地域の最近100年間における気温や降水量等の気候データを補うことを目的として、北極域から採取した雪氷コア試料の酸素及び水素同位体比分析やエアロゾルの極微量無機金属元素分析等を進めている。これらの解析によりその地域の過去の気温や降水（雪）量の時間変化を明らかにするのである。

このように当人は、雪氷防災研究や雪氷の地球科学的研究を精力的に進めてきた。これらの広範囲の観測や実験研究の体験をこれからの教育に活かしてい

く所存である。

なお、これらの研究を推進することができたのは、歴代の新庄雪氷防災研究支所長及び関係研究者のご指導ご鞭撻のお陰で、各氏に心より謝意を表する。特に、中村勉5代目支所長（現岩手大学）と木村忠志6代目支所長（故人）から、研究者としてのご指導をいただいたことは忘れることができない。

5. 研究論文等

上記研究の内容の項目ごとに関係する主な研究論文等を示す。

① 多雪都市の雪処理用陸水の実態

- 1 東浦將夫；消雪道路用地下水資源の開発に関する研究 - その2 - . 地下水資源の開発とそれにとまなう環境変化に関する研究報告（文部省科学研究費 特定研究水資源 課題番号92324），1973年3月，p16 - 23.
- 2 東浦將夫；新庄盆地の水収支. 地理学評論，1975年7月，第42巻7号，p490 - 497.
- 3 東浦將夫；新庄盆地の気候学的水収支. 国立防災科学技術センター研究報告，1976年3月，第14号，p95 - 109.
- 4 東浦將夫；新庄盆地の地下水. 日本の水収支（市川正巳・樫根勇編，古今書院），1978年4月，p165 - 173.
- 5 東浦將夫；水資源を用いた都市の雪処理について. 第2回水資源に関するシンポジウム論文集（土木学会ほか），1982年8月，p350 - 356.
- 6 Masao HIGASHIURA ; Feasibility Study of Inland Water for Snow Removal and Snow Melting in Built-up Areas of Snowy Cities in Japan. Beitrage zur Hydrologie, 1985, Sonderheft 5.2, p665-683. (Problems of Regional Hydrology - Methodology, Case Studies -, 5th Report of the IGU Working Group on the IHP)
- 7 東浦將夫・佐藤篤司；多雪都市における雪処理用陸水の研究. 第3回水資

源に関するシンポジウム論文集, 1987年8月, p213 - 218.

- 8 東浦將夫; 道路消融雪への地下水利用 一山形県新庄市一. 科学技術庁資源調査所資料, 1988年3月, 第151号, p189 - 212.

② 流雪溝の運搬機能の解明

- 1 東浦將夫; 流雪溝の話. 克雪(克雪技術協議会), 1973年11月, 第2号, p7.
- 2 東浦將夫; 流雪溝の運用と問題点. 昭和55年度除雪研究会資料(建設省), 1981年1月, p1 - 16.
- 3 Masao HIGASHIURA ; Special Water-use for Snow Removal and Snow Melting and its Feasibility in Built-up Areas of Snowy Cities in Japan. Beitage zur Hydrologie, 1982 Sonderheft 3,p317-332.(Tukuba Symposium on Hydrology 1980, 4th Report of the IGU-Commision on the IHP)
- 4 東浦將夫; 流雪溝. 雪氷防災(白亜書房, 高橋・中村編, 分担執筆), 1986年12月, p179 - 193.

③ 屋根雪処理技術

- 1 東浦將夫; 地下水による消雪. 水温の研究, 1972年11月, 第16巻4号, p10 - 17.
- 2 木村忠志・清水増次郎・中村秀臣・東浦將夫; 屋根雪消雪技術の改善に関する研究. 昭和46・47・48年度特別研究促進調整費「都市の雪害防止に関する総合研究報告書」(科学技術庁研究調整局), 1975年3月, p105 - 148.
- 3 東浦將夫; 施設園芸に対する雪処理の現状について. 施設園芸要覧(日本施設園芸協会), 1975年12月, p131 - 140.
- 4 Masao HIGASHIURA ; Snow Melting on Roofs by Sprinkling Ground Water. Report of the National Research Center for Disaster Prevention,1977,No.17,p215-225.
- 5 中村 勉・阿部 修・中村秀臣・東浦將夫・沼野夏生; 三種の屋根上での

積雪深と地上積雪深との比較. 国立防災科学技術センター研究報告, 1984年3月, 第32号, p55 - 72.

- 6 東浦將夫; 散水消雪法. 雪氷防災 (白亜書房, 高橋・中村編, 分担執筆), 1986年12月, p259 - 267.

④吹雪の広域予測手法

- 1 東浦將夫・佐藤篤司; 津軽平野の吹雪の風向と吹雪強度の推定について—電柱着雪に着目した吹雪現象の面的調査—. 国立防災科学技術センター研究報告, 1988年3月, 第41号, p387 - 395.
- 2 東浦將夫; 日本の災害と防災科学—変貌する災害のすがたと防災科学技術—. 長沢出版社 (科学技術庁 研究開発局防災科学技術推室・国立防災科学技術センター監修, 分担執筆), 1988年6月, 256p.
- 3 東浦將夫; 雪と風—吹雪—. 地学雑誌 (社団法人 東京地学協会), 1989年10月, VOL.98, NO.5, p93 - 108.
- 4 東浦將夫; 津軽地方における吹雪・地吹雪の観測と対策について. れじおん青森, 1991年, 12月号, p22 - 31.
- 5 佐藤 威・木村忠志・東浦將夫; 新スノーパティクルカウンター (SPC) システムによる吹雪野外観測. 東北の雪と生活, 1992年, 7号, p87-88.
- 6 科学技術庁防災科学技術研究所; 地吹雪の発生機構の解明と災害防止機構の開発に関する研究成果報告書 (昭和61年度～平成4年度), 1993年3月, 257p.
- 7 M.Higashiura, T.Sato, A.Sato, T.Kimura, M.Maki, S.Nakai, H.Nakamura and T.Yagi; Areal investigation of drifting snow on Tsugaru Plain. *Annals of Glaciology* 18,1993, p155～160. (International Glaciological Society)
- 8 東浦將夫; 吹雪の広域観測について. ゆき, 1993年, 12号, p74 - 82.
- 9 M.Higashiura, T.Sato, T.Kimura, M.Maki and K.Iwanami ; Toward the development of areal warning system of blowing snow. *International Snow Science Workshop'94 Proceedings*,1994,p203～210.

- 10 T.Sato and M.Higashiura :Characteristic of blowing snow fluctuation.3rd International Conference on Snow Engineering Proceedings, 1997,p129～132.
- 11 K.Kosugi, T.Sato and M.Higashiura : Areal observation of blowing snow using a telemetering network of snow particlecounters.3rd International Conference on Snow Engineering Proceedings, 1997,p109～112.
- 12 佐藤 威・岩波 越・小杉健二・東浦將夫；吹雪の広域予測手法と広域ウォーニングシステムの開発に関する研究. 第10回「雪と道路の研究発表会」調査研究発表資料（建設省），1998年， p 19～24.

⑤地下水の熱移動機構の解明

- 1 東浦將夫・佐藤 威・木村忠志・横山孝男・丹野清輝；地下水の熱移動機構の解明に関する研究 —野外における地下水の熱移動計測—. ハイドロロジー， 1991年4月， 第21巻1号， p 19～26.
- 2 東浦將夫・佐藤 威・木村忠志・横山孝男・丹野清輝；地下水の熱的機構の解明に関する研究， その1. 防災科学技術研究所研究報告， 1991年8月， 第47号， p 69～88.
- 3 東浦將夫・佐藤 威・木村忠志・横山孝男；融雪用地下水の熱的機構の解明に関する研究. 第4回水資源に関するシンポジウム論文集， 1992年， p207～212.
- 4 東浦將夫・佐藤 威；広域地下水の量的熱的流動機構の研究（Ⅱ）. 科学技術庁振興整備費成果報告書， 1993年， p193～208.
- 5 M.Higashiura and T.Yokoyama ; Experimental and theoretical study on heat mechanism of ground water. International Conference on Artificial Recharge of Ground Water, II Proceedings,1994,p688～697. (American Society of Civil Engineers)
- 6 東浦將夫・横山孝男・飯田俊彰；多雪地域における地下水の汚染機構の解明及びかん用手法の開発に関する研究. 第5回水資源に関するシンポジウム論文集， 1997年8月， p169 - 174. （東京， 日本学術会

議).

- 7 横山孝男・東浦將夫；井戸局所流動を考慮した熱・塩分漏出野外実験とシミュレーション. 地下水学会誌, 第40巻1号, 1998年2月, p17 - 31.

⑥雪氷防災実験棟の建設

- 1 M.Higashiura, O.Abe, T.Sato, A.Sato, N.Numano, K.Kosugi and H,Yuuki : Preparation of the experimental building for snow and ice disaster Prevention. 3rd International Conference on Snow Engineering Proceedings, 1997, p605 ~608.
- 2 東浦將夫；新庄雪氷防災研究支所の雪氷防災実験棟の紹介. 雪氷, 1997年3月, 第59巻2号, p128 - 129.