

学位論文内容の要旨

北海道工業大学大学院
建設工学専攻
建設構造工学部門
博士後期課程
細川 和彦

積雪期における避難施設の維持管理に関する研究

論文要旨

積雪地域では、毎年冬になると雪害という問題が生じ、雪害リスクに他の災害が上積みされることになる。つまり、積雪地域の防災は、その根幹にある雪氷防災という基盤上に成立するものであり、雪氷防災に関する対策の向上は、積雪地域の安全性および活性化に大きく寄与するものである。しかし、雪害および雪問題は社会構造の変化に伴い、毎年広範囲な地域で継続的に発生し、その被害形態も多様化している。例えば、冬用タイヤのスタッドレス化や、路上駐車が増加による緊急車両の到着遅延や消火作業の遅れ、建築計画上の配慮不足から排雪困難による避難施設の使用不能な状況、住宅地内における雪処理に関わる人身事故の発生、高齢者に対する福祉サービスの低下などが挙げられる。これらは、いずれも夏期対応型の計画になっているために発生する災害である。従って、これまで行ってきた直接的雪害（一次的雪害）に対する技術対策の他に、積雪期における緊急時の対応手法、避難施設および避難経路の確保、人身雪害の防止、福祉対応など豪雪害の他にも恒常的に発生する問題に対し防災面からみた間接的雪害（二次的雪害）に対する検討が必要である。

これらの問題に対する重要性は、1995年に発生した阪神・淡路大震災の経験から積雪地域においても切実な問題と認識されている。また、積雪地域における防災対策、特に避難安全に関する対策は、建築物内部の対策に留まらず地域特性を考慮した合理的でバランスの取れた対策が必要である。

近年では、地域の防災力を数値で評価する方法が試みられている。このような方法は、一律な評価項目により他地域との格差や同地域における経年的な変化を比較検討できるところに特徴があり、さらに、防災対策の弱点や課題を明確にすることが可能である。

このようなことから本研究では、積雪地域の気象特性が特に避難行動や避難施設

の維持管理に及ぼす影響を検討し、これらの障害となる気象要因を基に避難施設の維持管理に関する負荷量を求めて指標化し、これを用いて積雪地域における建築計画上の留意点および避難施設の維持管理システムを提案することを目的としている。

本論文は7章で構成されており、各章の内容は以下の通りである。

第1章 序論

本研究の背景となる防災対策における地域特性を考慮した避難施設の維持管理の必要性を明確化し、本研究の目的、本論文の構成、および本研究の特徴について述べている。

第2章 積雪期における避難施設の維持管理に関する既往の研究

積雪期における避難施設の維持管理に関する既往の研究について概要を示し、既往の研究における知見について述べている。

第3章 積雪条件が避難行動に及ぼす影響

本章では、積雪地域における屋外避難施設の管理状況の差異が避難時間に及ぼす影響について検討している。これまでの建築物における避難行動に関する研究は、火災時の避難経路の想起や群衆流の解析など建築物内部に関するものが主である。積雪地域においては、建築物から屋外の安全領域へ避難する際にその経路上の積雪条件が安全性の優劣を左右する。このような積雪条件の差異による避難行動への影響を含めた調査および分析は行われていない。また、積雪条件などの歩行環境における歩行速度に関する研究は数例あるものの、年齢を明確にしたものや、歩行環境を明確にしたものは殆どない。本章では先ず、年齢、性別および路面条件の違いによる歩行速度を明らかにするため、屋外実測によりこれらを調査している。この結果を用い、シミュレーションモデルおよび実在する福祉施設を対象として避難時間のシミュレーションを行い、積雪条件が避難時間に及ぼす影響について整理している。さらに、避難時間の許容範囲から求められる避難施設の管理水準について明らかにしている。

第4章 市町村における防災対策上の問題点

本章では、防災対策の実施主体である市町村および消防本部について、その対策実施の現状を検討している。

近年、平成7年(1995年)に発生した阪神・淡路大震災を契機に防災基本計画ならびに地域防災計画の見直しが進められている。これまでの市町村における防災対策をみると冬期間の気象特性に配慮した対策までには至っていない。本章では、北海道内212の市町村および72の消防本部(組合)を対象にアンケート調査を行い、この結果から、北海道内の市町村における冬期間の防災対策の現状および気象特性との関連を分析し、北海道内の市町村で抱える防災的な問題を明らかにしている。

第5章 積雪期における避難施設の維持管理に関わる負荷量

本章では、前章で得られた知見を基に、積雪地域における雪問題および防災上の障害原因となる気象要因が発生する日を防災上の危険日と定義し、これらが発生する組み合わせの日数を避難施設の維持管理に関する負荷量とした。なお、負荷量の算出は、平年的な発生状況を考慮し2年再現期待値、豪雪害などの発生状況を考慮し30年再現期待値についてそれぞれ行った。

既往の研究における雪氷防災や冬期間における道路交通などの確保を目的とした指標の算出方法は、一般的に入手しにくい気象要素を用いたものが多い。これらの指標は、単一の事象に対して有効な場合が多く多様化する雪問題には対応し難い。本章では、一般的に入手が容易な気象要素(積雪深、日最高気温、日平均気温および日平均風速)を基に、それぞれの市町村の特性を指標化している。

第6章 積雪期における避難施設の維持管理システム

本章では、前章までの知見を基に、防災対策の現状と避難施設の維持管理に関わる負荷量との関係を検討している。この結果から、避難施設の維持管理に関わる負荷量を指標とした積雪地域における建築計画および避難施設の維持管理の考え方を提案している。

第7章 結論

本章では、前章までに得られた建築計画上の留意点および積雪期における避難施設の維持管理に関する基礎的知見を総括して述べている。

総目次

第1章 序論

1.1 研究の背景	1
1.1.1 雪害の変遷と積雪地域における防災計画の現状	1
1.1.2 本研究に関わる災害事例	6
1.2 本研究の目的	9
1.3 本論文の構成	10
1.4 本研究の特徴	11
参考文献	12

第2章 積雪期における避難施設の維持管理に関する既往の研究

2.1 はじめに	1
2.2 本研究に関する既往の研究	2
2.3 既往の研究における研究手法	8
2.4 今後の雪氷防災における研究課題	9
2.5 まとめ	10
参考文献	11

第3章 積雪条件が避難行動に及ぼす影響

3.1 はじめに	1
3.2 研究方法	5
3.2.1 歩行環境が歩行速度に及ぼす影響	5
3.2.2 積雪条件が建築物からの避難時間に及ぼす影響	8
3.3 積雪条件が避難行動に及ぼす影響に関する分析結果	10
3.3.1 歩行環境が歩行速度に及ぼす影響	10
3.3.2 建築物からの避難時間の推定手法	13
3.3.3 上下階および建築物内外の連続性を考慮した 避難時間の推定方法	24
3.3.4 積雪条件が建築物からの避難時間に及ぼす影響	27
3.3.5 積雪条件を考慮した避難時間の評価	33
3.4 まとめ	41
参考文献	42

第4章 市町村における防災対策上の問題点

4.1 はじめに	1
4.2 研究方法	2
4.3 北海道内の市町村における防災対策の現状	3
4.3.1 分析対象の市町村における気象特性	3
4.3.2 北海道内の市町村における雪問題の現状	7
4.3.3 北海道内の消防本部(組合)における防災対策の現状	20
4.4 まとめ	31
参考文献	32

第5章 積雪期における避難施設の維持管理に関わる負荷量

5.1 はじめに	1
5.2 避難施設の維持管理に関わる負荷量の考え方	1
5.2.1 避難施設の維持管理における問題点とその特徴	1
5.2.2 避難施設の維持管理に関わる負荷量の考え方	5
5.2.3 避難施設の維持管理に関わる負荷量の定義	5
5.3 研究方法	8
5.4 北海道内全市町村における負荷量の算出結果	8
5.5 まとめ	21
参考文献	21

第6章 積雪期における避難施設の維持管理システム

6.1 はじめに	1
6.2 避難施設の維持管理負荷量と現状	1
6.2.1 市町村における避難施設の維持管理などの指導状況	1
6.2.2 単一の気象条件に対する維持管理負荷量と指導などの現状の関係	3
6.2.3 複数の気象条件に対する維持管理負荷量と指導などの現状の関係	7
6.3 維持管理負荷量を指標とした避難施設などの管理評価方法	11
6.4 まとめ	18

第7章 結論

7.1 研究の総括	1
-----------	---

第1章 序論

1.1 研究の背景	1
1.1.1 雪害の変遷と積雪地域における防災計画の現状	1
1.1.2 本研究に関わる災害事例	6
1.2 本研究の目的	9
1.3 本論文の構成	10
1.4 本研究の特徴	11
参考文献	12

第1章 序論

1.1 研究の背景

1.1.1 雪害の変遷と積雪地域における防災計画の現状

積雪地域では、毎年冬になると雪害という問題が生じ、雪害リスクに他の災害が上積みされることになる。つまり、積雪地域の防災は、その根幹にある雪氷防災という基盤上に成立するものであり、雪氷防災に関する対策の向上は、積雪地域の安全性および活性化に大きく寄与するものである。

一般的に、雪害とは、降積雪のために交通機関、農作物、構築物などが受ける被害等の直接的被害をもって定義されてきた。しかし、近年では交通の分断や麻痺による地域の孤立や通信施設の機能喪失によるサービス機能の低下なども雪害と認識されるようになり、直接的被害のほかに間接的被害(二次的雪害)を含めた概念として解釈されるようになった。

雪害は図1-1の自然災害消長図¹⁾に示すように自然災害の一つに位置づけられる。しかし、雪害が自然災害に位置づけられたのは昭和に入ってからで、古代から自然災害に位置づけられている水害、干害、震害に比べると、その歴史は浅い。雪害に関する研究は、他の自然災害に比べると対象とする地域が限定されることもあり、研究の蓄積が極めて少ない状況にある。さらに、研究者の層も薄く、雪害に関する研究が立ち後れていることは否めない。雪国における冬の生活が全国的に紹介されたのは江戸後期の天保7年(1835年)に鈴木牧之著の「北越雪譜」²⁾に始まるが、雪による害、即ち「雪害」が社会的に認識されるのは約90年後の大正15年(1926年)になる。山形県選出の代議士松岡俊三による国会宣言である。国土庁の豪雪白書を見ると、今後の国土施策上、積雪地域の活性化が重要であることを明確にしている^{3, 4, 5)}。図1-2は国土施策上の積雪地域の命題と対策の重点を示した模式図である⁶⁾。図のように積雪地域の活性化は、多極分散型の国土の形成を目指す国土施策への重要な要素となる。図には積雪地域の活性化への課題として、10年間の豪雪白書に記載された共通項目を併せて記してある^{3, 4, 5)}。これらの課題に対し、白書の結論は「地域の特性を考慮した対策」の実施を強く要望している。

わが国における雪害の研究は、昭和初期の代議士松岡俊三の国会宣言以来「雪害対策」を中心に進められてきた。その対策の初期段階は、法的整備および突発的な豪雪で発生した雪害の調査であった。その後、鉄道や道路の防雪対策に関する研究、電線の着氷雪に関する研究、建築物の耐雪化などに関する研究が行われ、多くの成

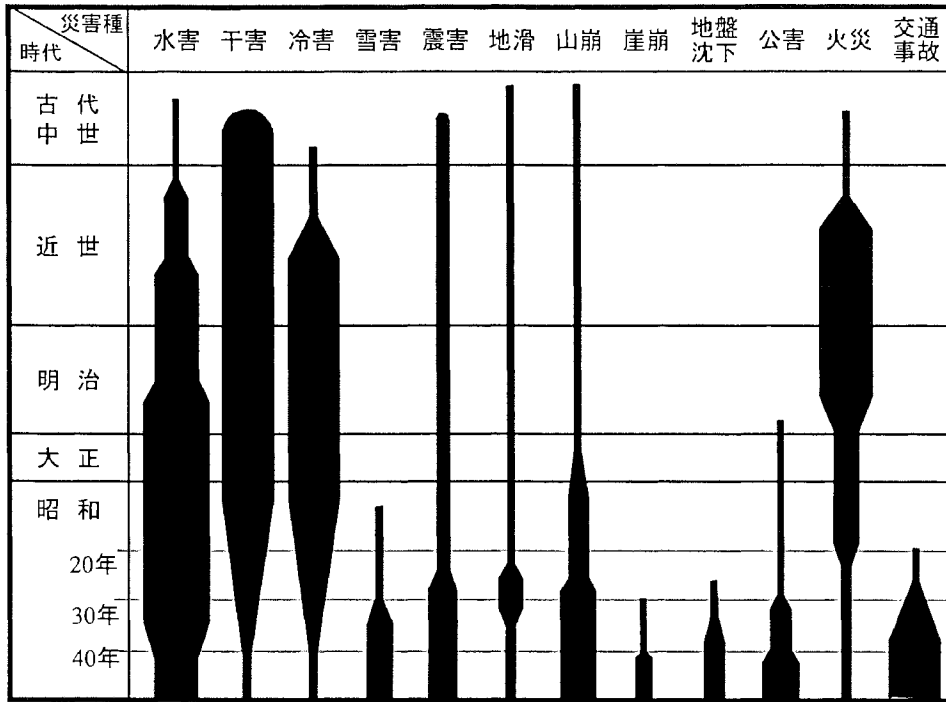


図 1 - 1 自然災害消長図

注) 西川の図に筆者が加筆した。

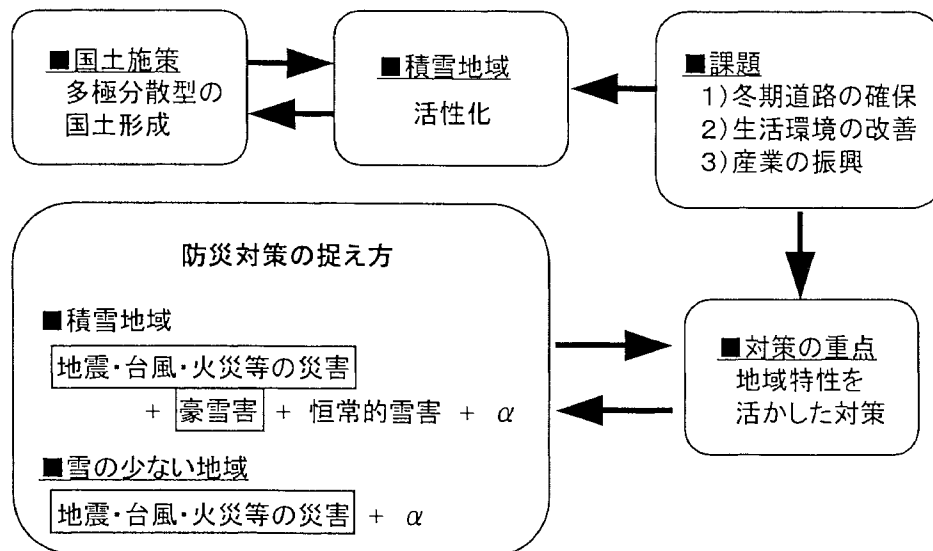


図 1 - 2 国土施策上の積雪地域の命題と対策の重点に関する模式図

注) 山形の図に筆者が加筆した。

果を得ている。これらの成果は直接的な雪害を回避するとともに雪国の生活の向上に大きく寄与している^{7~13)}。しかし、前述のように雪害および雪問題は社会構造の変化に伴い、毎年広範囲な地域で継続的に発生しその被害形態も多様化している。例えば、冬用タイヤのスタッドレス化や路上駐車増加による緊急車両の到着遅延や消火作業の遅れ、計画上の配慮不足から排雪困難による避難施設の使用不能な状況、住宅地内における雪処理に関わる人身事故の発生、高齢者に対する福祉サービスの低下などが挙げられる。これらは、いずれも夏期対応型の計画になっているために発生する災害である。従って、これまで行ってきた直接的雪害に対する技術対策の他に、積雪期における緊急時の対応手法、避難施設および避難経路の確保、人身雪害の防止、福祉対応など豪雪害の他にも恒常的に発生する問題に対し防災面からみた二次的雪害に対する検討が必要と考える。

これらの問題に対する重要性は、1995年に発生した阪神・淡路大震災の経験から積雪地域においても切実な問題と認識されている¹⁴⁾。さらに、1995年～1996年に北海道をはじめ東北、北陸地域の広範囲にわたり雪による被害をもたらした「1996年豪雪」は、新聞記事1-1～3¹⁵⁾に示すように官民双方にとって積雪地域における防災対策の在り方を再考させるものとなった。1993年に実施された山形らの豪雪地帯に位置する北海道、東北および北陸の市町村を対象とした「雪対策および防災対策の現状」に関する調査結果をみると¹⁶⁾、約半数の市町村が依然として夏期を中心とした立案形式に留まっている。防災計画における冬期の考慮あるいは夏期・冬期を区別した立案においては、防災面に対する地域特性を明確化した検討が必要である。しかし、これらを検討するための防災に関する基礎的資料の蓄積は極めて不十分な現状にあり、特に北海道に関してはその資料が殆ど見あたらない状況にある。

従って、地域特性を考慮した防災計画に関する研究を展開することは、「地域の特性を考慮した対策」の実施に大きく寄与するものである。

避難場所 雪で埋没

記録的な豪雪で連日、排雪作業の続く札幌市。「避難場所」の看板の立つ公園や広場も雪に埋まったままだ。しかし市によると、こうした屋外の避難場所は、厳冬期には活用しない方針で、除雪もしないという。「避難場所」の看板は役に立たず、冬場の災害対策の危うさが懸念される。

震災級地震発生なら 屋内収容能力に不安



市は現在、「広域避難場所」として大規模な公園、広場など四十九カ所を、「一時避難場所」として公園、広場、グラウンドなど二十九カ所を、「収容避難場所」として小中学校を六百五カ所を指定している。このうち、「広域避難場所」と「一時避難場所」については、深いこともあり、冬に避難所として開放する考えはない。「市消防局防災計画部」といひ、公園や広場は物資の物資運搬や市外からの支援隊の基地などに想定し、「防災上はオーブンスペースであるのが望ましい」と（同）としている。したがって、厳冬期の災害で避難所として使われていないのは「収容避難場所」のみとなる。

市内の「収容避難場所」の収容能力は全強で約「雪に埋まった避難場所」

二千人、阪神大震災の神戸での避難生活者数に匹敵する被災者の出た場合、どう新しくは、現時点で、配役したのも多えたい。札幌で、阪神大震災並みの大震災を機に備蓄倉庫な「公園計画」として、冬地獄があった場合、その種「助対策となったことである」

概要：一時避難場所として指定されている公園などが積雪により災害時に使用できないことに対する対策と災害時への不安。

新聞記事 1-1 避難場所への対策を報じる新聞記事 (平成 8 年 1 月 23 日朝刊 北海道新聞)

町の避難場所紹介

北屯田防災地図が完成 札幌

札幌市北区は、災害時の「場所には赤字で「火災に注意」と表記し、ごみステーションや一時停止の標識も見やすいマークを示した。救急病院、消防署などの連絡先一覧と非常持ち出し品のリストのほか、家族が離れ離れになった時の集合場所を書き込む欄もある。他の町内会でも同様なマップを作製中で、実地訓練も予定されている。

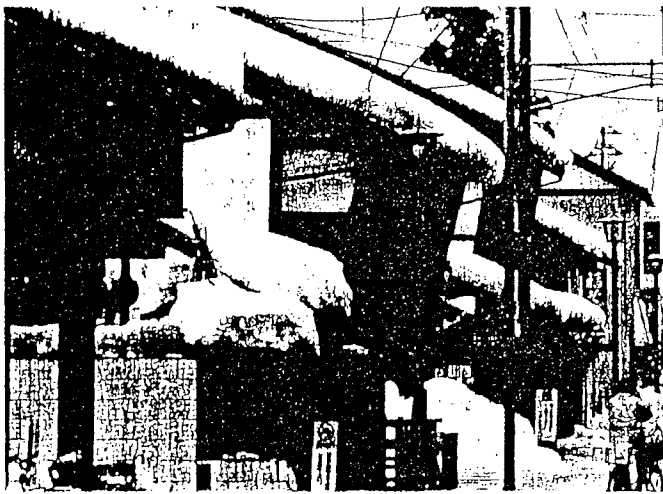
第一号は北屯田町内会の地図。同会の防災部員が町内を歩き、消火栓など「災害時に役立つもの」と、崩れそうな古い塀など「危険箇所」を調査。B4サイズ一枚にまとめ、全百九十世帯に配布した。プロパン燃料センターの

概要：地区内での防災対策の一例。行政と個人の役割を把握する必要もある。

新聞記事 1-2 地域レベルでの防災対策に関する新聞記事 (平成 9 年 11 月 9 日朝刊 北海道新聞)

「屋根雪の恐怖」の元

奥越震源の「M5」地震



ところによっては屋根雪がまだ分厚く残る大野市内。大地震が直撃すると、家屋を壊す凶暴にもなる

抜本策めどなし 前例少なくて予算も壁

奥越地方を震源とする七日の地震は、阪神大震災の記憶がまだ生々しいだけに住民を慌てさせた。特に怖かったのは雪による被害拡大、雪の除

災が一段落した後で家屋倒壊などはなかったが、不意をつかか冷や汗をかいた関係者も多かったのではない。また、公式な震度計が奥越に備わっておらず、「福井震度3」とだけ発表された気象台情報に困窮もあり、「3」とは点について早急な対策が必要だと考えられたため浄化野にされた。



地震のため広がったヒビ割れを点検する営林理事長ら

ワイド 追跡

倒壊家屋二百五十九戸を出たが、背筋の寒くなく考えたが、新築復興計画(M5)の地震だった。1、昭和三十六年二月がすく、福井に浮かんだ。福井地方気象台によると、雪降り始め一立方メートルあたり〇・五〇〜一・五センチという。また、雪害対策が、屋根に積もり、さらぬびになると、三〇センチの大雪が降り、五号まで雪量が増え、雪下ろしや避難経路確保、非の項目を追加。早期の対策計画に今冬初めて「福井」の項目を追加。早期の対策計画に今冬初めて「福井」の項目を追加。早期の対策計画に今冬初めて「福井」の項目を追加。

大野市 施設の被災度を調査
壁に亀裂やタイル脱落

地震で被害を受けた大野市、市職員と福井市中、上りたあつたヒビ割れが地震のため広くなっているのが目立った。このほか壁に亀裂が入っていたり、外壁タイルが脱落しているなどの被害が見つかつた。しかし被災度判定基準による補修、復旧を要する危険箇所はなく、各施設とも維持管理や外観的な面から修理していく。

概要：積雪期に発生した地震を契機に防災対策に関する注目が集まった。

新聞記事 1-3 積雪期の防災に関する新聞記事
(平成8年2月9日 福井新聞¹⁵⁾)

1.1.2 本研究に関わる災害事例

既往の研究による災害の事例をみると、わが国で積雪期に発生した最も古い地震には、平安時代の天長7年1月3日(830年2月3日)に出羽国(現在の秋田県)で発生した地震がある^{17, 18)}。この地震では、多くの死傷者が発生し、建物倒壊や地割れなども発生している。また、地震と同時に風雪に見舞われ官舎が雪に埋もれ支援の兵士を500人派遣した記録があり、札幌市が1996年1月10日に自衛隊に対し豪雪害による災害派遣を要請したものと同様な事例が過去にも存在したことが伺える。このような豪雪に対する対応は、「豪雪」という言葉が昭和36年の大雪から広く使われるようになったのを始め、同年災害対策基本法で始めて豪雪が災害の対象として認められた。また、この法により災害救助法等が発動されたのは昭和38年豪雪が最初であった。

明治時代以来の家屋に被害をもたらしたマグニチュード(以下、Mと記す)6.0以上の地震の発生状況を見ると、図1-3-1~2となる。図は宇津の研究を家屋に被害をもたらしたものについて筆者がまとめたものである¹⁹⁾。図のように、家屋に被害をもたらした地震は、1885年から1980年の間に187回あり、そのうち115回の地震が12月~3月の冬期間に発生している。

冬期間における地震の発生箇所をみると日本海側で発生している地震も多い。豪雪地帯での地震による被害について日本地震被害総覧や理科年表をみると^{20, 21)}、例えば、1666年2月の上越高田で発生した地震では、積雪が4.5mの時期にM6.4の地震が発生、700戸以上の家屋が倒壊し、火災も発生した。さらに、積雪により道を阻まれ、また、屋根雪が落下し1400~1500人の死者が発生した。このように地震と火災などの複合災害の発生に加えて、これらが積雪期に発生することにより避難行動や救助活動の遅延を招き被害が拡大している。現代においても積雪により火災時に避難口が使用できず死傷者を出した事例もある。このような事例は、地域特性を考慮した避難計画や管理指導および防災指導の不備によるものである。

わが国における防災対策は、殆どの場合大きな災害が発生してから取り組むと言った後手に回る傾向にあることは否めない。種々の対策における事例をみると以下のようになる。昭和7年に発生した東京白木屋百貨店の火災をはじめとしその後数々のビル火災が発生し昭和23年に消防法が制定された。また、昭和26年に上野公園都民劇場、28年に丸ノ内スバル座および丸ノ内有楽座、29年に大阪OS劇場、31年に神田共立講堂、32年に明治座など劇場、映画館の火災が相次いで発生し、昭和33年に発生した東京宝塚劇場の火災以降難燃材料の出現をみるに至った。さらに、昭和40年代には国民の生活が経済的にも次第に安定し観光など旅行が盛んになるに

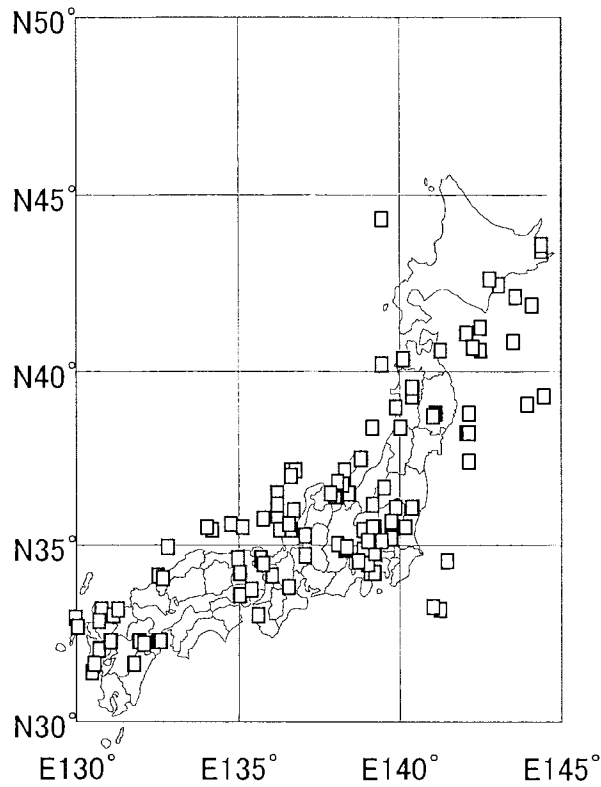


図 1 - 3 - 1 1885年～1980年（12～3月）に発生した家屋に被害を及ぼした地震

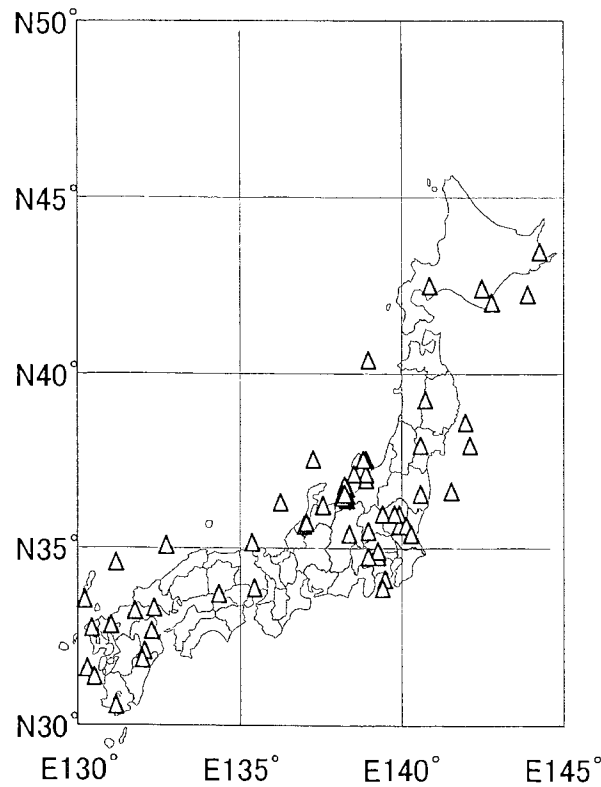


図 1 - 3 - 2 1885年～1980年（4～11月）に発生した家屋に被害を及ぼした地震

に伴い旅館やホテルなどの宿泊施設の増改築や近代化が進んできた。これに対し、建物の防火対策、防火管理が伴わず多くの火災が発生した。これら多くの火災事例を通して宿泊施設や百貨店などと共に不特定多数の人が利用する建築物について建築物の性能が見直されてきた²²⁾。

既往の研究では、雪害と複合的に発生する災害のうち火災に対する問題が特に注目されている^{6, 16)}。積雪地域における建築物周辺の防災を考える上で建築物に関する各種法規をみると、積雪による防災上の障害に対して具体的に考慮されたものは少ない。また、行政や消防関係機関など建築物管理に対して指導的立場にある側の対策および指導にも積雪地域の特異性への配慮に欠けるところも少なくない。これらの背景には、突発的に発生する豪雪害を除き恒常的に発生する雪害がその被害の進行度合いが非常にゆっくりとしたもので、積雪地域にとっては共生的な側面を兼ね備えた災害であり、被害に対する基礎的な資料の欠如が益々対策を遅らせている結果になっていると考える。これまでの建築学的研究の中で、避難安全に関するものの多くは建築物内部に関するものが多く^{23~26)}、積雪地域の積雪時における避難行動に関する研究は見当たらない。さらに、種々の建築関連法規をみても避難安全に関する規定は、敷地内の通路の設置に関するもの以外、建築物内部の規定が殆どである。特に積雪期における避難施設の維持管理に関するものは自治体の火災予防条例において若干見られるものの地域特性を考慮した対策と位置づけるには極めて簡易なものである。前述のように凍結や積雪により避難経路や避難口が閉ざされる事例をみると、積極的に地域特性を考慮した対策を検討する必要がある。特に、避難経路および避難施設の維持管理は、災害時における人命の確保にとって必要最低限の対策である。

このようなことから、積雪地域における防災対策、特に避難安全に関する対策は、建築物内部の対策に留まらず地域特性を考慮し、建築計画と避難計画を関連させた総合的な計画など合理的でバランスの取れた対策が必要である。

1.2 本研究の目的

前節の背景から、積雪地域において地域の特性を活かした防災対策の策定を行うことは、積雪地域の安全性および活性化にとって極めて重要なことである。特に、積雪地域の建築物における避難施設の維持管理には、各市町村における地域特性を考慮した対策を検討する必要がある。このようなことから、これらの課題への取り組みを考えると、以下の点を明確にする必要がある。

- (1) 災害時における積雪条件が避難行動にどのような影響を及ぼすかを明らかにする必要がある。また、積雪期における避難施設の維持管理にどの程度の管理水準を求めるかを明らかにする必要がある。
- (2) 避難施設の維持管理に対する指導的立場にある市町村および消防関係機関における雪対策および防災対策の現状を明らかにする必要がある。また、冬期間の気象特性が現状の対策にどのような影響を与えているか明らかにする必要がある。
- (3) 防災対策は、地域の特性を考慮した対策が求められている。従って、各市町村が、気象的特性により避難施設の維持管理にどの程度の負荷を受けるかを明らかにする必要がある。
- (4) 積雪地域における地域特性を考慮した建築計画および避難施設の維持管理方法を検討するためには、各市町村における防災対策の現状と維持管理にかかる負荷との関係を明らかにする必要がある。これらを踏まえ維持管理方法を定量的に評価する必要がある。

以上のことから本研究では、積雪条件が避難行動に及ぼす影響、市町村における防災対策の現状および気象特性が避難施設の維持管理に及ぼす負荷に関する基礎資料を得て、これらの知見を基に、維持管理における負荷量を指標とした建築計画上の配慮点および避難施設の維持管理のあり方を提案することを目的としている。

1.3 本論文の構成

本論文は7章で構成されており、各章の内容は以下の通りである。

1章は「序論」である。この章では、本研究の背景となる防災対策における地域特性を考慮した避難施設の維持管理の必要性を明確化し、本研究の目的、本論文の構成、および本研究の特徴について述べている。

2章は「積雪期における避難施設の維持管理に関する既往の研究」である。この章では、積雪期における避難施設の維持管理に関する既往の研究について概要を示し、既往の研究における知見について述べている。

3章は「積雪条件が避難行動に及ぼす影響」である。この章では、積雪地域における建築物からの避難行動について、屋外避難施設の管理状況の差異が避難時間に及ぼす影響について検討している。先ず、年齢、性別および積雪条件の差異による歩行速度を明らかにするため、屋外実測によりこれらを調査している。この結果を用い、シミュレーションモデルおよび実在する福祉施設の建物条件を用いて避難時間のシミュレーションを行い、積雪条件が避難時間に及ぼす影響について整理している。

4章は「市町村における防災対策上の問題点」である。この章では、防災対策の実施主体である市町村および消防本部を対象に、その対策実施の現状を検討している。調査は、北海道内の212の市町村および72の消防本部(組合)を対象に行い、この結果から、北海道内の市町村における冬期間の防災対策の現状および気象特性との関係を分析し、北海道内の市町村が抱える防災的な問題を明らかにしている。

5章は「積雪期における避難施設の維持管理に関わる負荷量」である。この章では、前章で得られた知見を基に、積雪地域における雪問題および防災上の障害原因となる気象要因が発生する日を防災上の危険日と定義し、これらが発生する組み合わせの日数を避難施設の維持管理に関する負荷量とした。負荷量の算出は、平年的な発生状況を考慮し2年再現期待値、豪雪害などの発生状況を考慮し30年再現期待値をそれぞれ算出した。

6章は「積雪期における避難施設の維持管理システム」である。この章では、前章までの知見を基に、防災対策の現状と避難施設の維持管理に関わる負荷量との関係を検討している。この結果から、避難施設の維持管理に関わる負荷量を指標とした積雪地域における建築計画および避難施設の維持管理の考え方を提案している。

7章は「結論」である。この章では、前章までに得られた建築計画上の留意点および積雪期における避難施設の維持管理に関する基礎的知見を総括して述べている。

1.4 本研究の特徴

本研究の特徴は次の通りであり、本論文のオリジナリティもここにある。

- (1) これまでの建築物における避難行動に関する研究は、火災時の避難経路の起想や群衆流の解析など建築物内部に関するものが多く、屋外での避難行動を含めた調査および分析は行われていない。特に、積雪地域における避難安全に関する検討は皆無である。また、積雪条件などにおける歩行速度に関する研究は数例あるものの、年齢を明確にしたものや、積雪条件の差異を明確にしたものはない。本研究では、積雪条件における年齢別の歩行速度を実測している。さらにこれらを用いて建築物周辺の管理状況の差異が避難時間に及ぼす影響について検討している。
- (2) 積雪地域における防災対策は、その地域特性を考慮した対策が望まれている。近年では、平成7年(1995年)に発生した阪神・淡路大震災を契機に防災基本計画ならびに地域防災計画の見直しが進められている。しかし、これまでの市町村における防災対策をみると法令上の指導内容に留まっている現状にあり、冬期間の地域特性に配慮した対策には至っていない。本研究では、北海道内の市町村および消防本部(組合)を対象にアンケート調査を行い防災対策の現状を明らかにし、さらに、雪問題および消防活動における地域の問題点について検討している。
- (3) 既往の研究における雪氷防災や冬期間の道路交通などの確保を目的とした指標の算出方法は、煩雑な数式を用いるものや一般的に入手し難い数値を用いたものが多い。また、これらは単一の事象に対して定性的に表現したものが多く、多様化する雪問題への対応を考える場合、地域特性を定量化する必要がある。本研究では一般的に入手が容易な気象要素を基に、それぞれの市町村の特性を指標化している。

本研究では、積雪地域における雪問題および防災上の障害原因となる気象要因が発生する日を防災上の危険日と定義し、これらが発生する組み合わせの日数を避難施設の維持管理に関する負荷量とした。さらに、この負荷量と対策および指導の現状との関係から建築計画上の配慮点および避難施設の維持管理システムについて提案を行っている。

第1章の参考文献

- 1) 科学技術庁国立防災科学技術センター編：災害研究図集，防災科学技術研究資料，No.12，p.134，1970.3
- 2) 鈴木牧之著：北越雪譜，1835.9（但し，本研究参考は，校註 北越雪譜，野島出版，1993.10 による。）
- 3) 国土庁地方振興局編：豪雪地帯の現状と対策 新しい雪国の創造に向けて，大蔵省印刷局発行，1985.7
- 4) 国土庁地方振興局編：豪雪地帯の現状と対策 快適な雪国定住と交流の拡大に向けて，大蔵省印刷局発行，1988.8
- 5) 国土庁地方振興局編：豪雪地帯の現状と対策 活力と魅力ある雪国づくりに向けて，大蔵省印刷局発行，1991.3
- 6) 山形敏明：北海道における市街地を対象とした雪氷防災に関する基礎的研究，学位論文（北海道工業大学），1997.3
- 7) 高橋博，中村勉他：雪氷防災 明るい雪国をつくるために，白亜書房発行，1989.12
- 8) 富山地学会編：豪雪 五六豪雪と三八豪雪，(株)古今書院発行，1982.1
- 9) 石本敬志，竹内政夫，福沢義文，野原他喜男：道路防雪林による吹雪の視程障害緩和効果，土木試験所報告，pp.2-16，1980
- 10) 中野友雄：北海道における電力技術の課題，電気学会誌 Vol.97No.10，pp.841-848，1977
- 11) Lang T. E., and Nakamura T.: Finite element computer analysis of snow settlement. Research Notes of the NRCDP, No59, pp.139-187, 1983
- 12) 日本建築学会編：建築物荷重指針・同解説，1993
- 13) 苔米地司，伊東敏幸，高倉政寛，山口英治：屋根雪の滑雪現象に関する基礎的研究，日本雪工学会誌，Vol.11，No.2，pp.88-95，1995.4
- 14) 札幌市防災会議編：さっぽろの地震対策 改訂版，札幌市防災会議発行，1997.3
- 15) 社）雪センター編：雪に関わる各地の話題，（社）雪センター発行，1996.8
- 16) 北海道工業大学，北海道立寒地住宅都市研究所，北海道開発局開発土木研究所：市町村の雪害に関する実態調査結果，北海道工業大学・北海道立寒地住宅都市研究所・北海道開発局開発土木研究所共同研究報告書，1992.11
- 17) 国会資料編纂会編：日本の自然災害，1999.1

- 18) 月舘敏栄：雪国の古地震における被害と対策に関する研究，第14回日本雪工学会大会論文報告集，pp.103-106，1997.11
- 19) 宇津徳治：日本付近のM 6.0以上の地震および被害地震の表：1885年～1980年，東京大学 地震研究所彙報 第57号第3冊，pp.401-463，1982
- 20) 宇佐美龍夫：新編日本被害地震総覧，東京大学出版会発行，1987
- 21) 国立天文台編：理科年表 平成8年，丸善(株)発行，1995.11
- 22) 日本火災学会編：建築防火教材，日本火災学会発行，1978.2
- 23) 吉村英祐：建築平面の避難安全性の定量的評価，日本建築学会大会学術講演梗概集F，pp.575-576，1988.10
- 24) 渡部勇市：迷路における人間の避難行動実験，日本建築学会大会学術講演梗概集F，pp.857-858，1981.9
- 25) 守屋秀夫：避難上から見た劇場の座席配列，日本建築学会大会学術講演梗概集F，pp.1577-1578，1982.10
- 26) 吉村英祐：建築物内避難経路計画へのグラフ理論の適応性について，日本建築学会学術講演梗概集F，pp.295-296，1985.10

第2章 積雪期における避難施設の維持管理に関する既往の研究

2.1 はじめに	1
2.2 本研究に関する既往の研究	2
2.3 既往の研究における研究手法	8
2.4 今後の雪氷防災における研究課題	9
2.5 まとめ	10
参考文献	11

第2章 積雪期における避難施設の維持管理に関する既往の研究

2.1 はじめに

雪氷防災に関する研究は、雪氷に関する理学分野、自然災害学分野および工学分野で行われてきた。理学分野での雪氷に関する研究は古くから行われ、雪氷や積雪についてその物性や力学的性状に関する研究が多く蓄積されている^{1, 2)}。自然災害学分野では、地震や風水害等とともに雪崩や雪害も自然災害として位置づけられ、豪雪時や山岳地における降積雪の特性や雪崩対策などに関する研究が蓄積されている^{3, 4)}。工学分野では、道路の防雪対策に関する研究や電線の着氷雪に関する研究および雪崩対策に関する研究が蓄積され、これらの成果は新防雪工学ハンドブック等にまとめられている^{5, 6)}。

雪氷防災の基礎となる雪害研究は、昭和37年～38年の北陸地方の豪雪（38豪雪）を契機に調査研究が行われ、以後豪雪年毎に調査研究が行われてきた^{7～9)}。しかし、豪雪年以外の継続的な雪害に関する研究は少なく、特に、雪害研究成果を具体的な防災対策に関する問題と関連づけて工学的に系統づけた研究は、道路の防雪対策や雪崩対策に関するものが中心に行われているものの、市街地あるいは建築的な観点からの研究例は山形や筆者の研究以外には見当たらない^{10, 11)}。

建築学と雪に関する研究について、大垣らは日本建築学会大会発表論文数の推移から、雪に関する研究が極めて少ない状況にあること指摘している^{12, 13)}。この中で、1987年から1995年までの日本建築学会大会で計画系において発表された雪に関する研究は、総論文数の1割に満たないことを示している。構造系においても同様に、積雪荷重に関する研究が毎年10題前後発表されているに過ぎない。

建築物における避難行動や避難計画に関する研究について日本建築学会における発表論文をみると、建築物内部における避難経路の起想や避難安全規定に関する内容など建築物内部の計画に関するものが主である^{14, 15)}。また、日本雪工学会における発表論文をみても、避難施設に関する研究は苫米地らが1994年に発表したものが最初で¹⁶⁾、それ以後筆者らの他に研究例は見当たらない^{17, 18)}。近年では、1999年に開催された日本雪工学会大会において「積雪時の防災計画」に関する討論会が行われたが、建築物外部における避難計画を含めた研究例は皆無である。

これらのように、建築学的観点から雪を捉らえた研究は極めて少なく、特に積雪地域における避難計画を建築学的に捉らえた研究例が少ない現状にある。

本章では、本研究に関連する雪氷防災および避難施設の維持管理に関する既往の研究を概観し、既往の研究の研究手法について整理する。

2.2 本研究に関する既往の研究

建築学的観点からみた雪氷防災および避難施設の維持管理に関する既往の研究を概括的に示すと図2-1のようになる。図に示すように本研究に関連する研究は以下の通りである。

- (1) 雪害の現状および雪害の特性に関する研究
- (2) 建築と雪害に関する研究
- (3) 雪害および雪害対策の評価に関する研究
- (4) 避難施設の維持管理に関する研究

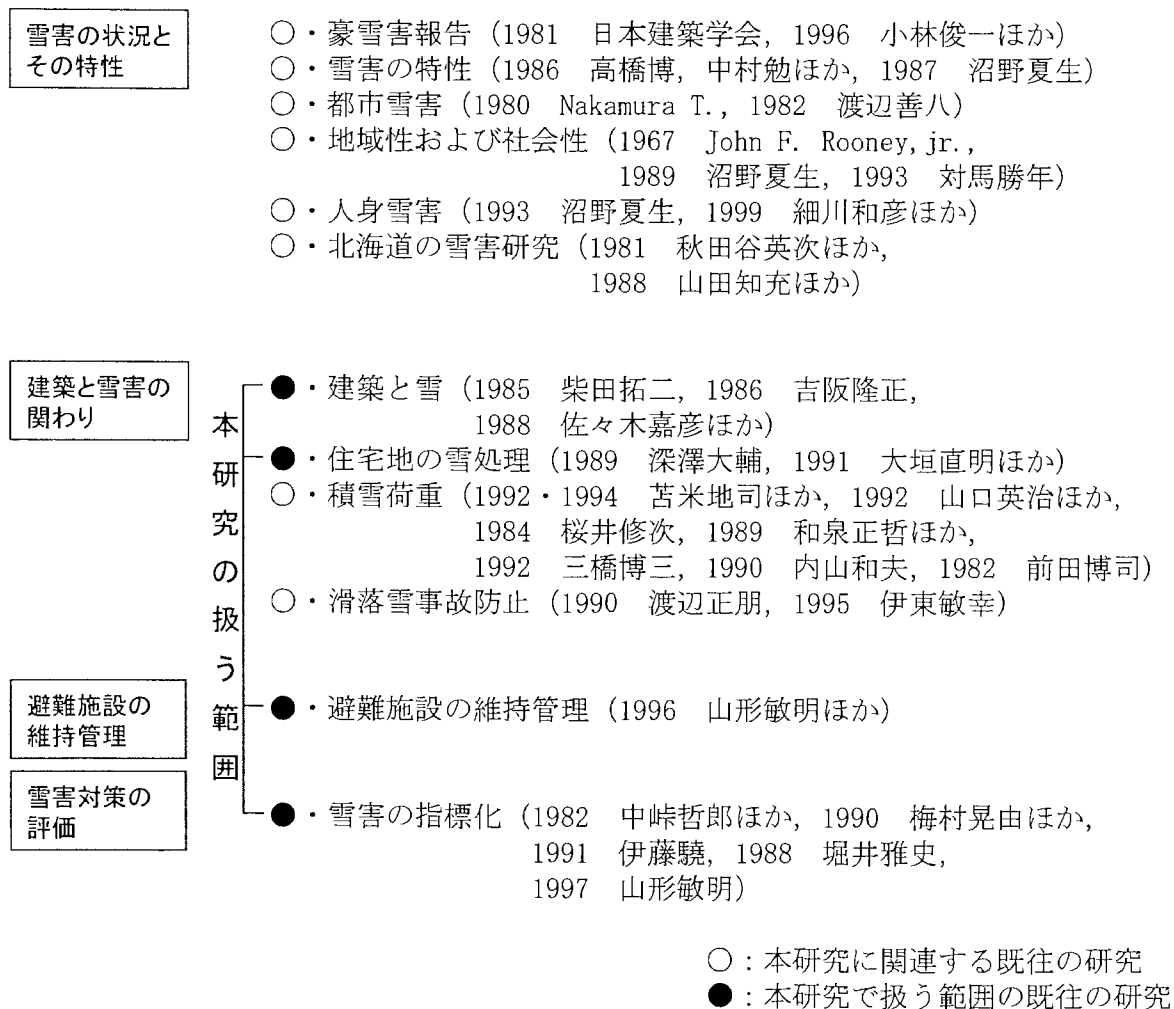


図2-1 雪氷防災に関する既往の研究

（１）雪害の現状および雪害の特性に関する研究

雪害の実態報告に関する研究は、豪雪害の調査報告が行われ、これまでの豪雪害における被害の実態が報告されている^{6~9)}。また、全般的な雪害の実態分析に関する研究は、秋田谷ほか¹⁹⁾による新聞記事を資料として用いた実態分析の研究が行われている。山田ら²⁰⁾は、豪雪年（1980~81年）と寡雪年（1986~87年）の2冬期間について新聞の雪害記事をデータベースにして北海道と他4地域の雪害の実態を比較し、出現する雪害種の地域的特徴を明らかにしている。また、筆者²¹⁾は警察資料を用いて北海道における人身雪害の発生状況を明らかにしている。さらに、人身雪害に関して新聞記事による事例分析との相関性についても明らかにしている。

雪害の地域性や社会性に関する研究では、沼野²²⁾が地域社会における雪問題の経過と現状を整理し、雪国の地域性の解明と適切な対応手法確立の必要性を指摘している。対馬²³⁾は、社会構造の変化に起因する新しい形の雪害現象を指摘している。Rooney²⁴⁾は、人間行動を社会的要因として都市雪害の構造を分析している。雪害の特性や対策の現状に関して総合的に示した研究では、沼野²⁵⁾による雪害の特性と雪対策の全体像を捉らえた研究や、高橋ら²⁶⁾による防災対策としての雪氷防災に関する総合的技術対策を示した研究が行われている。これらは、雪害を多方面の分野から総合的に捉らえ雪害に対する考え方を示した貴重な研究である。都市雪害に関する研究は、前出のRooneyの他に中村²⁷⁾および渡辺²⁸⁾は豪雪時における都市の実状や問題点を示し、都市雪害の対策には多方面にわたる雪氷研究分野の総合化が必要であることを指摘している。人身雪害に関する研究は、沼野²⁹⁾による人身雪害の年次推移とその社会背景に関する研究が行われ、将来的雪問題として、屋根雪をはじめとする身の回りの雪処理に関わる事故の深刻化などを指摘している。

（２）建築と雪害に関する研究

建築と雪に関する研究は、積雪荷重に関連するものや住宅地の雪処理に関するものがある。柴田³⁰⁾は北海道の雪と建物について、北海道の気象条件の特徴を明らかにし、建物の屋上積雪量と地上積雪量との関係についての問題点を指摘している。吉阪³¹⁾は雪害と建築の関わりについて、積雪条件に基づいた建築物の構造との関連を分類している。佐々木ら³²⁾は積雪地域における生活および空間的対応とその変容について実証的に検討している。そのなかで住居と地域の空間、生活、産業について形態変容の変遷を調査検討している。

積雪荷重に関する研究は、多く蓄積されその主なものでは中村ら³³⁾、前田³⁴⁾、三橋³⁵⁾、Taylor³⁶⁾、桜井³⁷⁾、苫米地ら^{38, 39)}により屋根上積雪の堆積性状が明らかにされている。また、中島⁴⁰⁾、内山⁴¹⁾、和泉⁴²⁾、苫米地⁴³⁾、山口ら⁴⁴⁾、渡辺⁴⁵⁾によ

り積雪荷重に対する構造強度や滑雪性状に関する研究が行われている。これらの研究成果は、日本建築学会・建築物荷重指針⁴⁶⁾の1993年改訂に大きく寄与している。伊東^{47, 48)}は材料学的見地から、屋根雪処理について屋根葺材の経年劣化機構に対応した滑雪性能変化を明らかにし、屋根上積雪を滑雪処理する屋根に適用できる材料設計および維持保全の手法について提案している。

住宅地の雪処理に関する研究では、深澤⁴⁹⁾による居住地計画に関する文献研究が行われ、研究の到達点と問題点を整理している。大垣ら^{12, 13)}は住宅地の雪処理システムに関する研究を行い、住宅地で発生する雪問題の多くは建築計画上の不備によるところが大きいことを指摘している。

(3) 雪害および雪害対策の評価に関する研究

これまでの雪害および雪害対策の評価に関する研究で示された主な指標について整理すると表2-1となる。表には、これら指標を得るために用いられた説明変数の概要についても併せて示している。これらの概要は以下の通りである。

中峠ら^{50, 51, 52)}は雪害の主要因として気温、降水、積雪の3つの指数と、平均気温、月降水量とで表した「積雪災害度(雪害指数)」を提案している。また、除雪量を日降雪量および積雪期間との関係で示し、除雪を考慮した積雪災害度を3指数の積の形で表されるとした。梅村、上村ら^{53, 54, 55)}は、雪害を場所とそこにある施設や物に付随した量と考え、積雪によって地域が受ける損害の大きさを金額で換算して表した「雪害度」を提案している。伊藤^{56, 57)}は、最大積雪深、積算積雪深、積雪深の前日差で増分の合計、積雪10cm以上の日数および積雪増加指数の和を日最低気温の平均値および日照時間の和で除したものを、自然のもつ災害力を評価する「雪寒指数」として提案している。堀井⁵⁸⁾は、東北地方の都市を降雪日数および日最大積雪深と道路交通施設の整備状況から地域特性を抽出し、この地域特性によって積雪地域における都市の類型化を行っている。山形¹⁰⁾は1, 2月の平均気温、年最大積雪深、日最大降雪量、人口密度、一人あたり所得および歳入総額から市町村の「雪害ポテンシャル」を求め、この指標を基にした地域計画的雪氷防災のあり方について提案している。

(4) 避難施設の維持管理に関する研究

建築物における避難安全に関する研究は、避難行動、避難計画および避難施設の維持管理に関する研究が行われている。林ら¹⁵⁾は、避難経路の起想到影響を与える空間的特徴に関する研究において、火災時における視覚情報が制限された状況下での避難経路の起想到影響について指摘している。萩原ら¹⁴⁾は、仕様書的な現行

表 2 - 1 雪害および雪害対策の評価に関する既往の研究

注) 山形¹⁰⁾の研究に筆者が加筆した

	気温	積雪量	降雪量	降水量	日照 時間	積雪 期間	降雪 期間	人口	所得	場所	時間	産業	道路 整備	除雪費	歳入 総額
「雪害指数」中峠ら	○	○	—	○	—	○	○	○	—	—	—	—	—	○	—
「雪害度」梅村ら	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	—	○	—	—
「雪寒指数」伊藤	○	○	—	—	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—
「都市の類型化」堀井	—	○	—	—	—	—	○	○	○	—	—	○	○	○	—
「雪害ポテンシャル」山形	○	○	○	—	—	—	—	○	○	—	—	—	—	—	○

の避難安全規定に対して性能的な基準の必要性を指摘し、これらの基礎的資料を作成することを目的に避難安全規定の国際的な比較検討を行っている。避難施設の維持管理に関する研究についてみると、山形ら^{16, 59)}は、公共施設などの積雪期における避難施設の維持管理・指導の現状についてアンケート調査および現地調査を行っている。さらに、当該地域の消防担当者に対して積雪などの影響を考慮した消防対策および避難施設の維持管理に関する指導内容についてヒアリング調査を行っている。この研究の中で山形らは避難施設全般に関する法令などにおける地域特性を考慮した見直し、建築計画における維持管理が容易な避難施設の計画、夏期・冬期別の避難施設の計画を考慮するなど積雪地域独自の対策を講ずることの必要性を指摘している。

避難施設の維持管理に対する建築計画的配慮の事例としては、南極昭和基地の建築物が防災を意識して屋外への出口を積雪の影響を受けない内開きとしていることなどがある^{60, 61)}。

以上が雪氷防災に関する既往の研究の概略である。ここで、これらの研究において避難施設の維持管理を評価するための資料として不十分と考えられる点を整理すると以下ようになる。雪害の発生内容とその影響に対する研究分野での対応について図 2 - 2 に示す。図は、沼野⁶²⁾の研究を基に筆者が図化したものである。図のように、雪害による農業被害、商工業の被害は一次的雪害として理学分野および自然災害学分野などにおいて研究が進められている。また、日常生活における問題、教育文化環境に関する問題および社会的サービス機能に関する問題は二次的雪害と

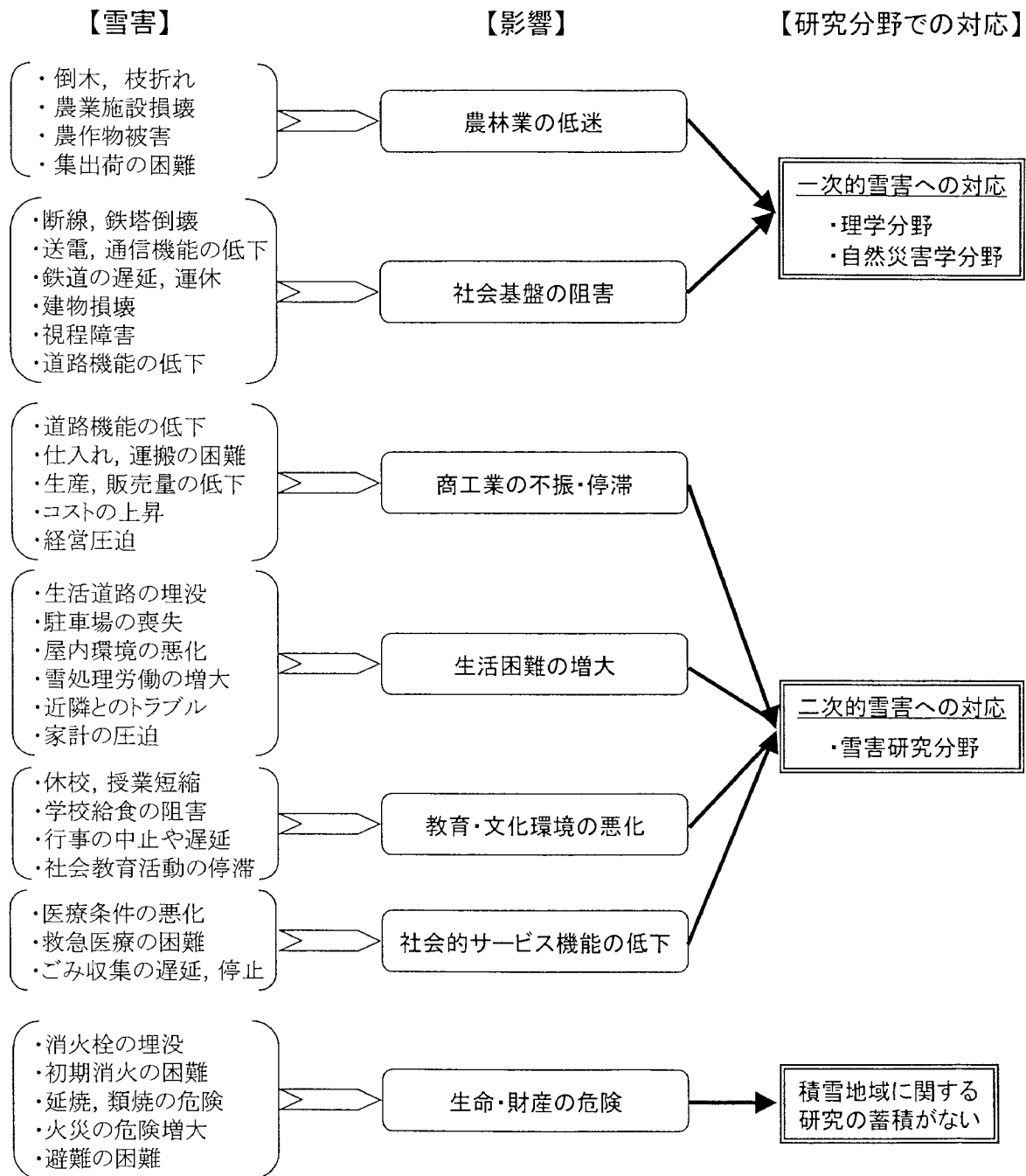


図 2 - 2 雪害の発生内容とその影響に対する研究分野での対応

して雪害研究分野等において研究が進められている。このように、一次的および二次的雪害に関する研究は、それぞれの分野においてその成果があげられ、対応も進められている。しかし、図に示すように、雪害による防災上の問題、つまり、生命・財産の危険に対する研究の蓄積は極めて少ない。これらの不十分な点について以下に整理する。

（１）積雪期の避難計画に関して

雪害が建築行為に関わる面は多く、個別的対応および地域的対応の検討が要求される。個別的対応が要求される建築物に関しては、一次的雪害発生の要因となる降積雪の荷重や堆積および滑雪の性状が中心に検討され、落雪事故や個々の建築物に発生している二次的雪害対策に関する検討は行われていない。地域的対応が要求される地域計画上の雪害に関する検討は、対象が住宅地に限定され地域計画的範囲の検討は行われていない。前述の研究例をみても避難計画に関する研究は建築物内部におけるものが中心で積雪条件や積雪地域の特性を考慮した検討が行われていない。

（２）雪害および雪害対策の評価に関して

雪害および雪害対策の評価に関して、積雪災害度は3つの気象要因で雪害を評価することができることを示し、自治体の雪対策費はこの積雪災害度と人口の関係から推定できることを示した。しかし、この方法は、著者も述べているように、雪害が社会経済因子に強く影響されることから、適用を広げることには困難である。雪害度では雪害の経済的評価を行い、種々の雪対策の経済性を直接知ることができるが、雪害の防災対策上の評価はできない。雪寒指数は雪害の程度を気象要因に基づき客観的に評価する方法であり、具体的に雪害対策を評価することはできない。積雪地域の地域特性による類型化は積雪地域における都市の地域特性に関する抽出方法を示し、豪雪法による地域区分の整合性について評価しているが、雪害および雪害対策を評価することはできない。雪害ポテンシャルは、建築学的観点からの地域計画的雪害対策の具体的評価や将来的対策の指標を得ることができる。しかし、避難施設の維持管理などについて考える場合、地域における具体的な特性を検討する必要があり、気象的背景をより詳細に検討する必要がある。このようなことから、雪害ポテンシャルを用いて検討するには不十分である。

（３）避難施設の維持管理に関して

避難行動および避難計画に関するこれまでの研究は、建築物内部に関するものが主で、積雪地域においてこれらを検討する場合の基礎的な資料が不十分である。ま

た、積雪期における避難施設の維持管理に関する研究では、避難施設に関する法令や維持管理の指導および建築計画において積雪地域の特性を考慮する必要があることを指摘しているが、維持管理を行うための地域特性を明確にするためには基礎的な資料が不十分である。

2.3 既往の研究における研究手法

建築物からの避難行動に関する研究では、建築物内部における避難時間の推定に建築防災計画指針に示される解法や各種のシミュレーション手法が用いられている^{63~67)}。指針による解法は手順の簡略化のため、歩行速度と人口密度の関係を考慮せず常に一定の速度としている。これは、法令による建築計画上の評価を目的とした避難時間の計算の範囲では有効であっても、群衆流解析による安全性の評価としては問題が生じる。この点を考慮し吉田ら⁶⁶⁾は伸縮ブロックモデルによる解析、河井ら⁶⁷⁾は、歩行遅れ時間の流動モデルによる解析を行っている。しかしこれらは、計算が複雑で建築物の平面計画を変化させた解析に対し柔軟に対応できない。また、既往の研究による避難時間の推定は、指針に示す評価基準に従っているため積雪地域のように積雪条件を考慮した評価および建築物内部における上下階の連続性を考慮していない。

雪害対策や住宅地の雪処理に関する状況の実態調査は、アンケート調査およびヒアリング調査による分析が主な手法である^{12, 13, 21)}。雪害対策に関する実態調査では、その対策の実施主体である自治体に対するアンケート調査による分析から、地域の対策状況が示される。しかし、アンケート調査は調査対象の範囲や規模によっては継続して行うことや回収の均一性が保ち難いなどの問題があり、状況分析に関しても背景にある内容等までは明らかにし難い面がある。

雪害および雪対策の評価に関する研究では、雪害の経済的評価や地域的雪害対策を客観的に評価する方法が展開されている。しかし、これらは積雪期全体における定性的な評価が中心で、地域毎における避難施設の維持管理などについて考える場合、具体的な気象特性を定量的に検討する必要がある、気象的背景をより詳細に検討する必要がある。

これらの基礎となる気象資料について、これまでは各気象台の資料を複写するという膨大な人的労力を要したため、特に全国的な資料を入手することは困難であったが、近年では気象観測データをMICOS((財)日本気象協会の気象資料収集システム)などからオンラインで収集できるようになった。

2.4 今後の雪氷防災における研究課題

前節では、雪害研究の根幹である基礎資料の扱い方から避難施設の維持管理に至る既往の研究手法を示し、それぞれの利点と問題点を概略的に示した。このことから、積雪期における避難施設の維持管理に対する指標を得るための課題を以下に示す。

(1) 積雪条件が避難行動に及ぼす影響に関する検討

屋外避難施設の管理状況の差異は、避難施設としての機能の優劣を左右することから、屋外避難施設の管理状況の差異が避難時間に及ぼす影響について検討する必要がある。また、積雪期における避難行動について検討を行う場合、避難施設外部における歩行速度が内部の避難行動に影響を及ぼすことが考えられるため、無積雪期および積雪期における歩行速度の差異を検討する必要がある。

消防法上の防火対象建築物は、施設毎に防火管理者を必要とし防火および避難施設等の管理義務がある。さらに、消防機関による指導監督もされていることから、両者の管理および指導状況についても現状を調査する必要がある。

(2) 市町村における防災対策上の問題点に関する検討

積雪地域の市町村における防災対策上の問題点およびその認識は、地域の気象的背景により異なると考える。このことについて、防災対策の実施主体である市町村および消防本部における対策実施の現状および問題点について調査する必要がある。さらに、これらの結果から防災対策上の問題点と気象的な背景との関係を明らかにする必要がある。

(3) 積雪期における避難施設の維持管理に関わる負荷量の検討

避難施設の維持管理に関わる負荷は、防災上の問題点と同様に地域の気象的背景により異なると考える。このことから、避難施設の維持管理を行う上で考慮しなければならない気象要素を明らかにし、これらの気象要素が発生する頻度を統計的に検討する必要がある。この結果を用いて避難施設の維持管理を行う上での負荷を指標化する必要がある。

以上が、積雪期における避難施設の維持管理に対する指標を得るための課題である。

2.5 まとめ

以上、雪氷防災および避難施設の維持管理に関する既往の研究を概観し、既往の研究における研究手法を整理してきたが、それらをまとめると次のようになる。

- (1) 建築学的観点から雪害への対応をみると、一次的雪害発生の変因となる降積雪の荷重や堆積および滑雪の性状が中心に検討され、落雪事故や個々の建築物に発生している二次的雪害対策に関する検討は行われていない。特に、避難計画に関する研究は建築物内部におけるものが中心で積雪条件や積雪地域の特性を考慮した検討が行われていない。
- (2) 雪害および雪害対策の評価に関して、これまでに提案されている指標は、雪害の程度を評価するものや雪害対策の経済的評価を行うものが中心であり、建築学の観点からみた地域計画的雪害対策の具体的評価や将来的対策の指標を提案するものが一例あるのみである。避難施設の維持管理などについて考える場合、地域における具体的な特性を検討する必要がある、気象的背景をより詳細に検討する必要がある。
- (3) 積雪期における避難施設の維持管理に関する研究では、避難施設に関する法令や維持管理の指導および建築計画において積雪地域の特性を考慮する必要があることを指摘しているが、維持管理を行うための地域特性を明確にするためには基礎的な資料が不十分である。さらに、避難行動および避難計画に関するこれまでの研究は、建築物内部に関するものが主で、積雪地域においてこれらを検討する場合の基礎的な資料が不十分である。

以上のことから、積雪期における避難施設の維持管理に関する指標を得るためには、積雪地域における防災上の問題点を明確にし、その背景となる気象変因との関係を検討する必要がある。さらに、積雪条件が避難行動に及ぼす影響を明確にすることで避難施設の維持管理における基礎的資料を得ることができ、これらを基に避難施設の維持管理に関わる負荷を統計的に求めることでこれを指標とする避難施設の維持管理のあり方を提案することができる。

第2章の参考文献

- 1) D. M. Gray, D. H. Male: Handbook of Snow, Pergamon Press Canada Ltd, 1981
- 2) Higashi A. : Mechanical Propertis of Ice Single Crystals, Physics of Ice (Plenum Press), pp.197-212, 1969
- 3) 秋田谷英次 (研究代表者) : 山地豪雪災害の予測と防除、復旧対策に関する研究, 文部省科学研究費重点領域研究 「自然災害の予測と防災力」 研究成果, No. A-4-3, 1993. 3
- 4) 荘田幹夫 : なだれの発生機構に関する研究, 防災科学技術総合研究報告3号, pp. 3-28, 1965
- 5) 石本敬志, 竹内政夫, 福沢義文, 野原他喜男 : 道路防雪林による吹雪の視程障害緩和効果, 土木試験所報告, pp. 2-16, 1980
- 6) 日本建設機械化協会編 : 新防雪工学ハンドブック, 森北出版, 1977
- 7) 富山地学会編 : 五六豪雪と三八豪雪, (株) 古今書院発行, 1982. 1
- 8) 日本建築学会編 : 昭和56年豪雪被害調査報告, 日本建築学会発行, 1981. 12
- 9) 小林俊一他 : 1996年豪雪による広域雪氷災害の実態調査, 平成7年度文部省科学研究補助金 総合研究 (A) 研究成果報告書, 1996. 3
- 10) 山形敏明 : 北海道における市街地を対象とした雪氷防災に関する基礎的研究, 学位論文 (北海道工業大学), 1997. 3
- 11) 細川和彦, 山形敏明, 苫米地司 : 積雪条件を考慮した避難施設に関する基礎的研究, 日本建築学会技術報告書 第7号, pp. 135-138, 1999. 2
- 12) 大垣直明, 苫米地司, 鈴木憲三, 乾尚彦 : 北海道における住宅地の雪処理システムに関する研究, 昭和63年～平成2年度文部省科学研究費一般研究 (B) 研究成果報告書, 北海道工業大学, 1991. 4
- 13) 大垣直明 : 北海道における除雪コミュニティの形成に関する研究, 平成7年～平成8年度文部省科学研究費一般研究 (C) 研究成果報告書, 北海道工業大学, 1997. 4
- 14) 萩原一郎, 田中孝義 : 避難安全規定の国際比較 : 日本建築学会計画系論文集 第470号, pp. 1-10, 1995. 5
- 15) 林広明, 室崎益輝, 西垣太郎 : 避難経路の起想到影響を与える空間的特長に関する研究, 日本建築学会計画系論文集 第476号, pp. 1-7, 1995. 10
- 16) 苫米地司, 高橋章弘, 山形敏明 : 冬期間の避難施設の現状について, 第10回日本雪工学会大会論文報告集, pp. 239-240, 1994. 1

- 17) 細川和彦, 苫米地司: 積雪地域における避難計画に関する一考察, 第14回日本雪工学会大会論文報告集, pp. 97-98, 1997. 11
- 18) 細川和彦, 苫米地司: 積雪地域における避難計画に関する一考察 (その2), 第15回日本雪工学会大会論文報告集, pp. 107-110, 1999. 2
- 19) 秋田谷英次, 和泉薫: 新聞からみた雪害, 自然災害資料解析8, pp. 75-83, 1981
- 20) 山田知充, 秋田谷英次, 梶川正弘, 和泉薫, 川田邦夫, 井上治郎: 雪氷災害の地域特性の研究, 低温科学物理編第47号, pp. 57-72, 1988
- 21) 細川和彦, 山形敏明, 苫米地司: 北海道で発生した人身雪害の現状分析, 日本雪工学会誌 Vol. 15, No. 1, pp. 19-24, 1999. 1
- 22) 沼野夏生: 雪と地域社会, 地学雑誌 Vol. 98, No. 5 (899), pp. 126-140, 1989
- 23) 対馬勝年: 雪害の進化, 文部省科学研究費重点領域研究, 富山大学, pp. 27-47, 1993
- 24) John F. Rooney, jr., : The urban snow hazard in the United States an appraisal of disruption. Geogr. Rev., 57, pp. 538-559, 1967
- 25) 沼野夏生著: 雪害 都市と地域の雪対策, 森北出版発行, 1987. 2
- 26) 高橋博, 中村勉: 雪氷防災 明るい雪国をつくるために, 白亜書房発行, 1986. 12
- 27) Nakamura T: Snow, Snow Disasters and Prevention Techniques against them in Japan, Reprinted without change of pagination from the Technology for Disaster Prevention, Vol. 4, 1980
- 28) 渡辺善八編: 都市の豪雪による災害とその対策, 文部省科学研究費自然災害科学総合研究班, 研究成果報告書, 1982
- 29) 沼野夏生: 人身雪害の年次推移とその社会的背景 - 山形県, 新潟県の地方新聞 (1956年~89年冬期) による統計をもとに -, 日本雪氷学会誌雪氷55巻4号, pp. 317-326, 1993. 12
- 30) 柴田拓二: 北海道の雪と建物, 日本雪工学研究会誌 雪工学研究会報 No1, pp. 31-40, 1980. 10
- 31) 吉阪隆正著: 吉阪隆正集 第14巻 山岳・雪氷・建築, 勁草書房発行, 1996. 2
- 32) 八戸工業大学建築工学科積雪地・住居研究会 (代表者 佐々木嘉彦): 雪国のくらしと住まい 積雪地における生活的・空間的対応とその変容に関する実証的研究 - 青森県黒石市を中心として -, 八戸工業大学建築工学科積雪地・住居研究会, 1988. 11
- 33) 中村勉, 阿部修: 陸屋根上の積雪の断面観測とその積雪底部での融解, 国立防災科学技術センター研究報告, 19号, pp. 219-228, 1978
- 34) 前田博司: 雪荷重の評価に関する基礎的研究 - その1 積雪の平均密度について -, 日本建築学会構造系論文報告集, 第319号, pp. 32-38, 1982. 9

- 35) D. A. Taylor : A survey of snow on the roofs of arena type buildings in Canada, Canadian Journal of Civil Engineering, Vol.6, pp.85-96, 1979
- 36) 三橋博三, 高橋徹 : 雪荷重の設定に関する一考察, 第4回雪工学シンポジウム論文集, pp.71-78, 1988.1
- 37) 桜井修次, 城功, 柴田拓二 : 多雪地域における地上最大積雪重量の検討, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.1149-1150, 1984.10
- 38) 苫米地司, 和泉正哲, 遠藤明久 : 屋上積雪の評価方法に関する基礎的研究, 構造工学論文集, Vol.32B, pp.49-62, 1986.3
- 39) 苫米地司 : 乾雪地帯の屋根上積雪形状に関する基礎的研究, 学位論文 (東北大学), 1986
- 40) 中島肇 : 大スパン建築物の雪荷重—膜構造物の屋根雪対策と積雪荷重—, 日本雪工学会誌, Vol.6, No.2, pp.47-52, 1992.1
- 41) 内山和夫 : 屋根雪重量の低減について, 日本雪工学会誌, Vol.6, No.2, pp.22-26, 1990.6
- 42) 和泉正哲, 三橋博三, 高橋徹 : 建築物設計用雪荷重の成立過程, 日本雪工学会誌, Vol.5, No.3, pp.3-13, 1989
- 43) 苫米地司 : 諸外国の雪荷重規定, 日本雪工学会誌, Vol.8, No.1, pp.53-57, 1992.1
- 44) 山口英治, 苫米地司, 山田利行, 中島肇, 伊東敏幸, 星野政幸 : 膜構造物における滑雪時の性状に関する研究, 日本建築学会構造系論文報告集, 第437号, pp.91-96, 1992.7
- 45) 渡辺正朋 : 屋根葺材の滑雪特性に関する基礎的研究, 学位論文 (東北大学), 1990
- 46) 日本建築学会編 : 建築物荷重指針・同解説, 1993
- 47) 伊東敏幸 : 積雪地域における勾配屋根の材料設計および維持保全に関する研究, 学位論文 (東北大学), 1995
- 48) 伊東敏幸, 苫米地司, 星野政幸 : 積雪地域における屋根用塗装鋼板の表面劣化に関する研究, 日本建築学会構造系論文報告集, 第443号, pp.7-12, 1993.2
- 49) 深澤大輔 : 「雪国における居住地計画」に関する文献研究(1)居住地計画研究の到達点と問題点の整理, 第6回 日本雪工学会論文報告集, pp.151-156, 1989.1
- 50) 中峠哲朗 : 除雪を考慮した積雪災害度の改良, 日本雪氷学会誌 雪氷, 38巻3号, pp.24-28, 1976
- 51) 中峠哲朗, 水越允治 : 雪害指数ならびに人口に基づく雪害対策経費の表現, 日本雪氷学会誌 雪氷, 40巻1号, pp.42-46, 1978
- 52) 中峠哲朗, 水越允治 : 雪害指数 人口および積雪環境の地域差による雪害対策経費の表現, 日本雪氷学会誌 雪氷, 44巻4号, pp.205-210, 1982

- 53) 梅村晃由, 大滝均, 上村靖司: 豪雪都市の雪害度に関する研究—第1報, 雪害度の定義と試算—, 自然災害科学, 9巻1号, pp. 17-26, 1990
- 54) 上村靖司, 梅村晃由: 豪雪都市の雪害度に関する研究—第2報, 大雪年と少雪年の長岡市の用途地域別の雪害度—, 自然災害科学, 11巻3号, pp. 145-156, 1992
- 55) 上村靖司, 山之内洋明, 梅村晃由: 豪雪都市の雪害度に関する研究—第3報, 雪害度の精度向上と十日町市街地の雪害度—, 自然災害科学, 11巻3号, pp. 145-156, 1992
- 56) 伊藤驍: 雪の資料解析に基づく雪害発生と防災ポテンシャルに関する研究, 資料解析に基づく防災ポテンシャルの変遷に関する研究(研究重点領域研究成果報告書 代表者 水谷伸治郎), pp. 93-133, 1991
- 57) Ito Takeshi: Investigations on Snow Disasters and Development of a Disaster Potential Index, Proc. Second International Conference on Snow Engineering, pp. 147-156, 1992.
- 58) 堀井雅史: 東北地方を中心とした積雪地域における都市の類型化, 日本雪氷学会誌 雪氷, 50巻3号, pp. 135-142, 1988.9
- 59) 山形敏明, 苫米地司: 冬期間における避難施設の現状と対策について, 日本雪工学会誌 Vol. 12, No. 2, pp. 3-10, 1996.4
- 60) 日本大学理工学部南極地域設営問題研究委員会: 南極地域における自然エネルギー利用ならび建築・土木構造物に関する基礎的研究, 日本大学理工学部学術研究助成金報告書, 1983.3
- 61) 日本大学理工学部南極地域設営問題研究委員会: 南極地域における自然エネルギー利用ならび建築・土木構造物に関する基礎的研究—II, 日本大学理工学部学術研究助成金報告書, 1984.3
- 62) 沼野夏生著: 雪害, 森北出版発行, 1987.2
- 63) 日本建築センター編: 新・建築防災計画指針, 日本建築センター発行, 1996.11
- 64) (社)日本建設機械化協会編: 新防雪工学ハンドブック, 森北出版発行, 1977.12
- 65) 新建築学大系編集委員会編: 新建築学大系 12 建築安全論, p. 246, 彰国社発行, 1983.3
- 66) 吉田克之他 1名: 防災計画の研究 5. 伸縮ブロックモデルによる群衆流の解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集 E, pp. 773-774, 1989.10
- 67) 河井信之他 4名: 群衆施設計画における歩行遅れ時間のモデル, 日本建築学会大会学術講演梗概集 E, pp. 579-580, 1987.10

第3章 積雪条件が避難行動に及ぼす影響

3.1 はじめに

積雪期における地震の発生をみると、1828年12月に発生した越後三条地震、1927年3月に発生した北丹後地震、近年では1993年1月の釧路沖地震や1994年12月の三陸はるか沖地震などがある¹⁾。これらの地震では、雪害と地震災害が複合的に発生した。積雪地域においては、阪神淡路大震災規模の地震が積雪期に発生した場合を想定すると、避難行動をはじめ救援および復旧活動に及ぼす影響が危惧される。

建築物に関する法令の中には、災害時に建築物内の人々を安全に避難させることを目的とした基準が設けられている。避難口、避難階段および避難経路（以下、避難施設と記す）に関する法的規制の現状を整理すると表3-1となる。避難施設に関する主な法的規制は建築基準法および消防法の2法により行われている。表のように建築基準法では特殊建築物を中心に避難および消火に関する技術的基準や避難階段に対する構造的基準ならびに出入口の計画的基準を設けている。消防法では建築物に対する許認可権を有し、防火管理および消防用設備等の設置や維持の義務に関する基準を設けている。また、避難器具に関する基準は詳細に記されている。避難口については建築基準法、消防関係法ともに避難の方向に開くことおよび屋外への出口の戸は外開きとすると規制されている。

ここで、積雪の多い地域と少ない地域における夏期および冬期の避難の状況を模式的にみると図3-1に示すように、夏期における避難の状況は両者に差異はない。しかし、冬期の状況をみると、積雪の少ない地域では通常の状態であれば避難における支障はない。つまり、現行の建築基準法および消防法による規定が満たされれば安全と評価できる。これに対し、積雪の多い地域においては建築物周辺の積雪状況の影響により、屋内の避難行動が制限される場合がある。従って、結果的に現行の法令による規定が満たされないことになる。

これらのことについて、札幌市の例をみると前述の表3-1に示す通り札幌市火災予防条例では、劇場以外の特殊建築物の避難口について例外として内開き以外の戸を認めている。さらに、避難口および屋外の避難経路について凍結または積雪により避難の支障とならないよう維持することが定められている。しかし、避難施設の管理状況は、写真3-1に示すように積雪により災害時の避難には使用できないものが多い。

避難安全に関する研究をみると建築物内部の計画に関するものが多く^{2~4)}、積雪期における建築物からの避難行動に関する研究が少なく、これらが法的規制の整備や具体的管理方法の指導を遅らせている原因と考える。

表 3 - 1 防火および避難施設に関する主な法規

建築基準法	
法第 35 条	特殊建築物の避難および消火に関する技術的基準
令第 118 条	客室からの出口の戸 …客室からの出口の戸は、内開きとしてはならない
令 123 条一項六号	避難階段及び特別避難階段の構造 …戸の部分は、避難の方向に開くことができるものとする事
令 125 条二項	屋外への出口 …屋外への出口の戸は、内開きとしてはならない
令 128 条	敷地内の通路
消防法	
法第 7 条	建築許可等についての消防長又は消防署長の同意
法第 8 条	防火管理者
法第 17 条の 3 の 2	消防用設備等の検査
法第 17 条の 3 の 3	消防用設備等の点検及び報告
法第 17 条の 4	消防用設備等の設置維持命令
令第 25 条	避難器具に関する基準
規則第 27 条	避難器具に関する基準の細目
札幌市火災予防条例	
第 49 条	避難器具に関する基準
第 59 条の 2	避難経路図の掲示等
第 61 条の 1 の 3	避難口に設ける戸は、外開きとし…避難上支障がないと認められる場合においては、内開き以外の戸とすることができる
第 61 条の 1 の 5	避難口及び屋外の避難経路は、凍結又は積雪により避難の支障とならないように維持すること
第 63 条の 2	避難口の扉等の表示
高齢者、身体障害者等が円滑に利用できる特定建築物の建築の促進に関する法律	
規則第 1 条一項七号	敷地内の通路

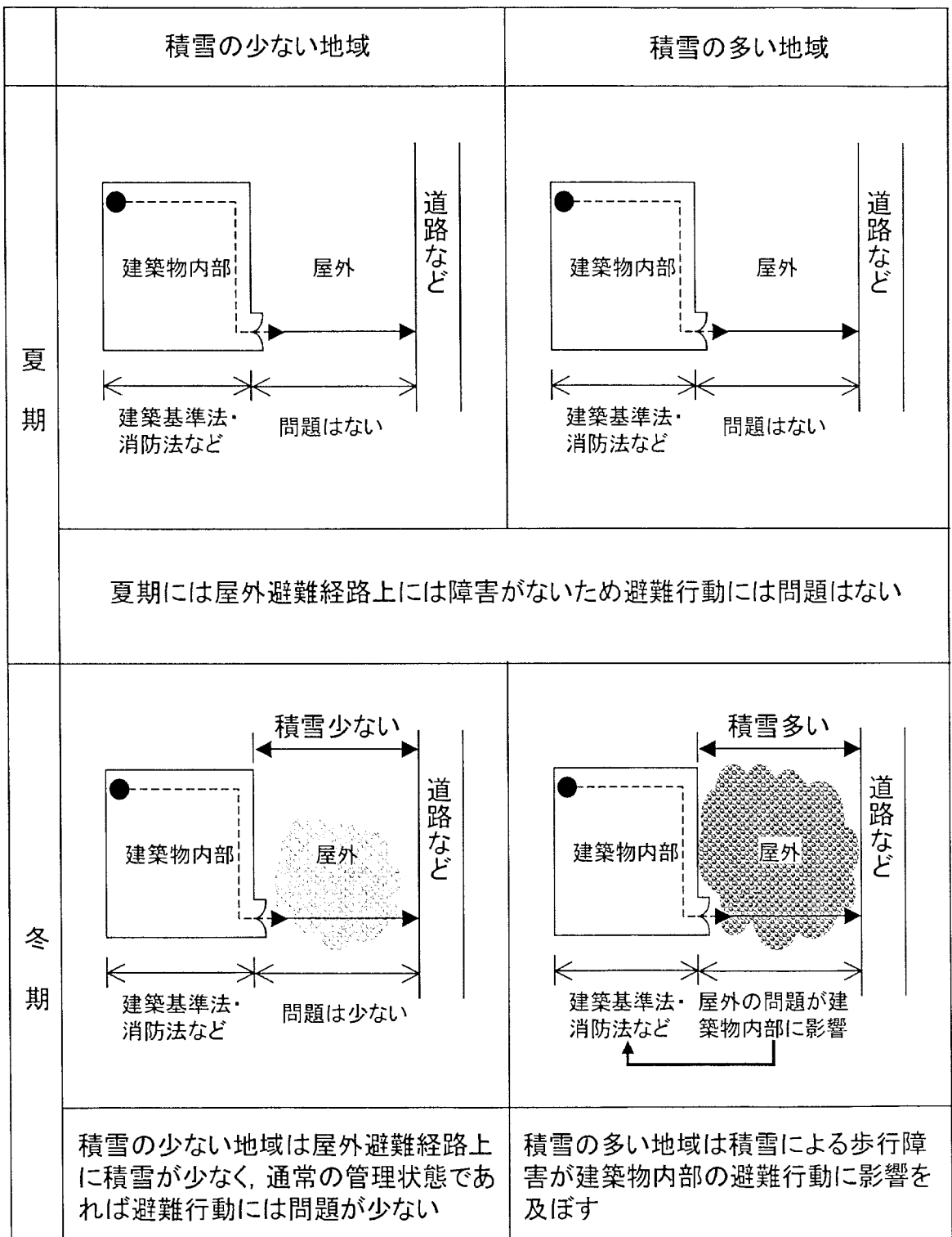


図 3 - 1 積雪の有無による避難行動への影響の模式図

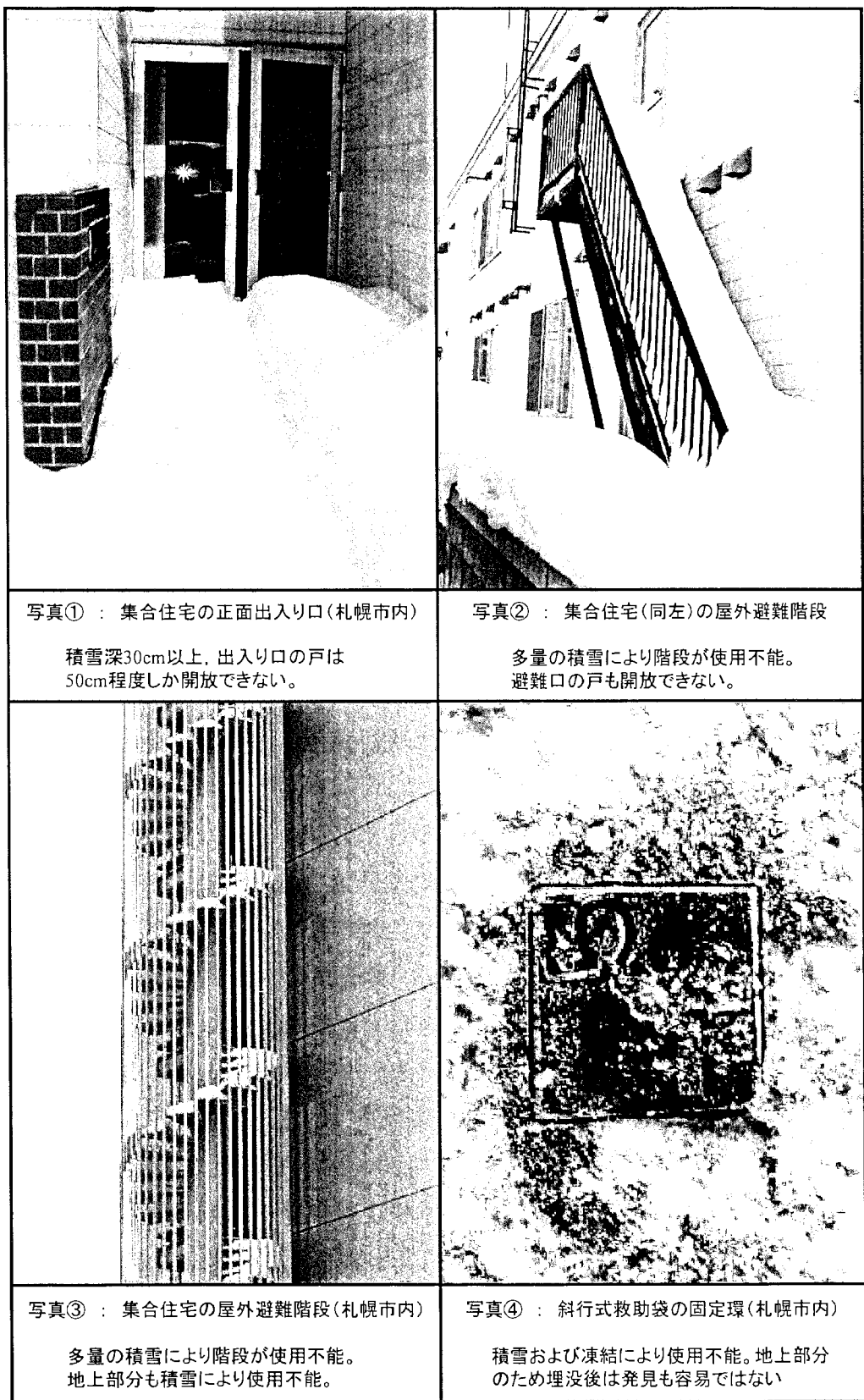


写真 3 - 1 避難施設の維持管理の現状

建築物の避難計画に関するこれまでの研究例をみると、山形らが行った冬期間の防災対策に関するアンケート調査によれば^{5)・6)}、避難および防災に関する対策および指導は、各市町村の気象的条件により防災対策に対する考え方に差異がある。しかし、積雪条件を考慮した避難施設の維持管理の指導など具体的対策は十分に行われていない現状にあることが明らかとなっている。また、北海道の市街地で発生した人身雪害の現状をみると⁷⁾、屋根からの落氷雪事故など雪処理に関するものが多い。このような建築物周辺の環境は、通常時においても危険な状態であるが、火災や地震などの災害発生時における避難行動を考えた場合さらに危険な状態となる。

このような背景から、本章では積雪条件が避難行動に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、歩行環境が歩行速度に及ぼす影響、積雪条件が建築物からの避難時間に及ぼす影響について検討した。

3.2 研究方法

3.2.1 歩行環境が歩行速度に及ぼす影響

積雪期における歩行速度は、路面上の積雪条件により異なる^{8)・9)}。このことから、積雪期における避難行動には、避難経路上の積雪条件が影響を及ぼすと考える。しかし、既往の研究では年齢、性別およびこれらが積雪条件の違いによりどのような影響を受けるか明らかにされていない。

これらを検討するため、まず、無雪期および積雪期における歩行速度の実測を行った。歩行速度の実測は、一般の歩行者を対象とし、無雪期の乾燥路面（男性 168 人、女性 185 人）および積雪期の圧雪路面（男性 101 人、女性 90 人）において行った。各年齢における被験者の内訳は表 3-2 に示す通りである。

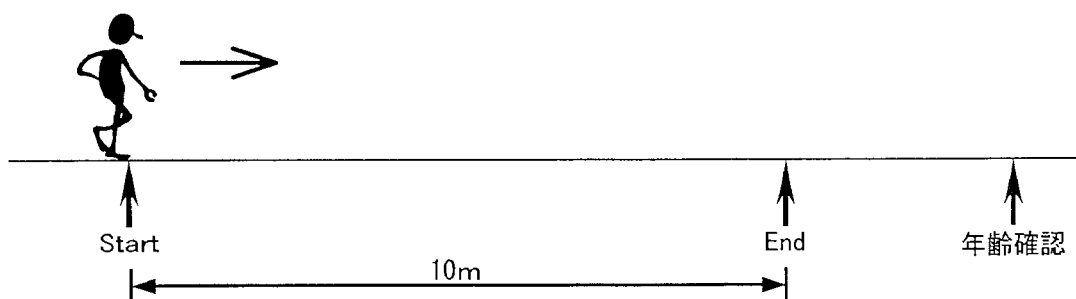
実測調査は、無雪期および積雪期ともに、札幌市手稲区に所在する JR 手稲駅前の路上にて行った。なお、本調査は、乾燥路面における測定が平成 11 年 10 月、圧雪路面における測定が平成 12 年 2 月に行った。歩行速度の調査方法は、図 3-2 に示すように、一般の歩行者を図に示す条件で抽出し、10m の区間を歩行するのに要した時間を 0.1 秒単位で測定し歩行速度を算出した。さらに、時間を計測後、被験者に対し年齢を確認し記録する方法とした。

次に、積雪条件の差異が歩行速度に及ぼす影響を検討するため、図 3-3 に示すように、20 歳代男性（各深さ 42 人）を被験者とし、積雪深（平均踏み抜き深さ）5、10、20 および 30cm における 5 m の区間を歩行するのに要した時間から歩行速度を算出した。なお、測定は前の被験者の足跡が無い路面を選び同条件における測定とした。

また、避難時における歩行状況を想定すると歩行時における履物の違いも検討の対象であるが、本調査は積雪条件の差異による歩行速度の基礎的性状を検討することが目的であるため調査の便宜上、写真3-2に示すような歩行に支障のない程度の長靴に統一した。さらに、避難時における歩行速度は群衆歩行の状態も検討の対象であるが、前述と同様に、本調査では基礎的性状の検討が目的であるため単独歩行時における速度を実測した。本調査は、北海道工業大学構内（札幌市手稲区）において、平成11年2月に行った。

表3-2 歩行速度調査における被験者数の内訳

		10歳未満	10歳代	20歳代	30歳代	40歳代	50歳代	60歳以上	合計
乾燥路面	男性	15	51	27	22	16	17	20	168
	女性	10	63	40	16	18	22	16	185
圧雪路面	男性	16	21	12	10	9	12	21	101
	女性	9	14	14	8	17	15	13	90



【歩行者の抽出条件】

- ・単独の歩行であること
- ・重い荷物を持っていないこと
- ・杖など補助器具を使用していないこと
- ・測定区間で著しい速度変化や立ち止まりなどが無いこと
- ・被験者の周囲に歩行状態に影響を及ぼす他の歩行者がいないこと

図3-2 歩行速度の測定方法と歩行者の抽出条件

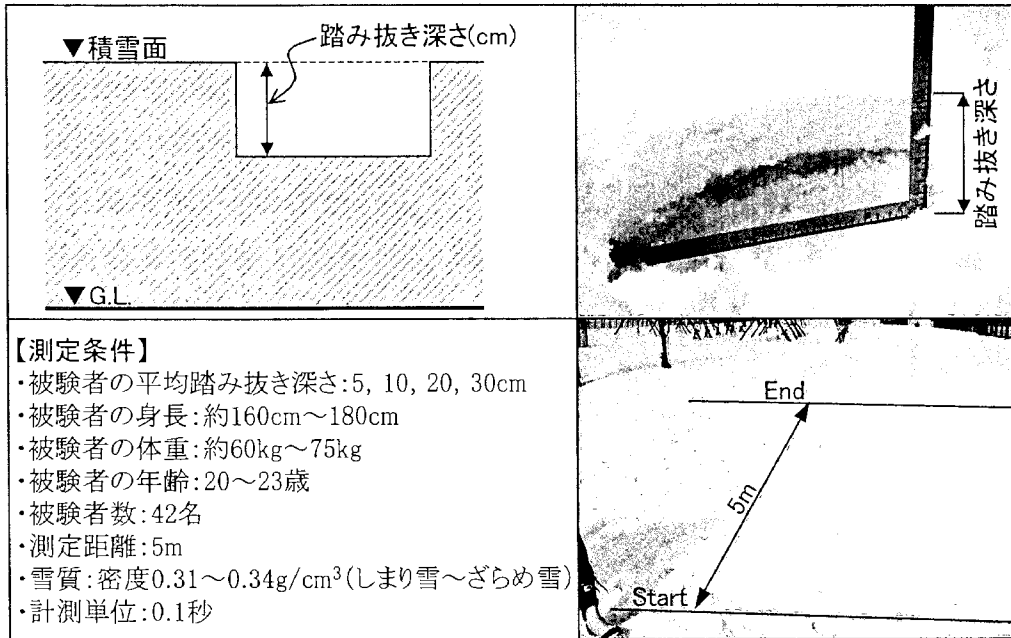


図 3 - 3 積雪状態における歩行速度の測定方法と測定条件

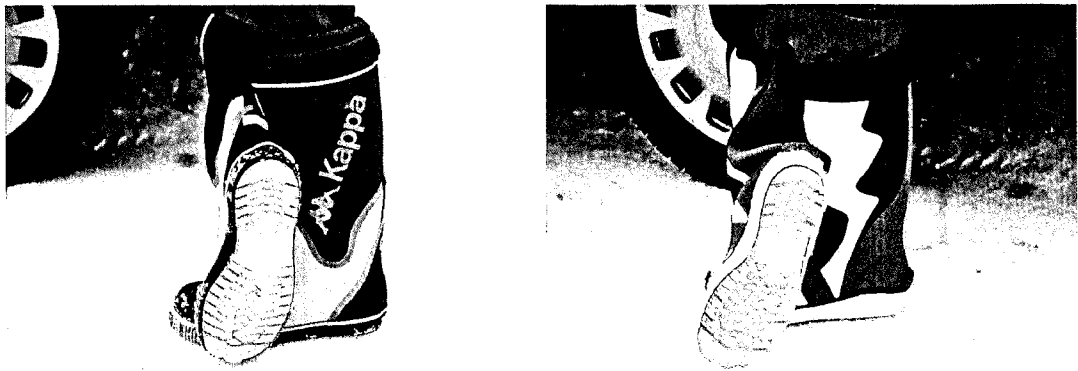


写真 3 - 2 積雪状態での歩行速度の調査における被験者の履物の一例

3.2.2 積雪条件が建築物からの避難時間に及ぼす影響

積雪条件が避難行動に及ぼす影響を検討するために、動的シミュレーション手法の一つであるシステムダイナミクスを用いて避難時間の推定を行った。既往の研究における避難時間に関する検討は、建築物内部に関するものが多く、シミュレーション手法にも複雑なものが多い^{4, 10)}。システムダイナミクスは、図3-2に示すような基本モデルを用い個々の要素に対する流量の増減を決める条件を与えることにより、モデル全体の流動状況を経時的に判断することができるシミュレーション手法である。避難時間の推定にシステムダイナミクスを用いる場合、図に示すように居室、廊下、および階段室を避難者の存在する空間とし、これらを繋ぐ居室出口および階段室入り口で避難者の移動を制限する。即ち、居室出口および階段室入り口は避難方向に対して避難者を移動させる場合、その流量を調整する役割となる。また、流量の調整は、次に移動する空間から避難者数の情報を伝達させることにより決定する。居室から廊下へ避難者が流出する過程を例にすると、居室（ソース）に存在する避難者は居室出口の流出制限（レート変数）により廊下への流出を制限される。また、居室出口の流出制限は、廊下に存在する避難者数（レベル変数）の情報をレート変数に伝達することにより決定する。つまり、廊下が避難者で満たされた場合、居室からは流出できないためレート変数はゼロとなる。システムダイナミクスは、以上のような基本モデルを組み合わせることにより避難時間の推定を行うことができる。この手法は、本研究のように、避難行動における人の流動状況を検討する場合に簡便な手法である。なお、避難時間の推定に用いたモデルの条件設定および避難時間の評価基準は、一般に避難時間の算定に用いられている建築防災計画指針¹¹⁾（以下、指

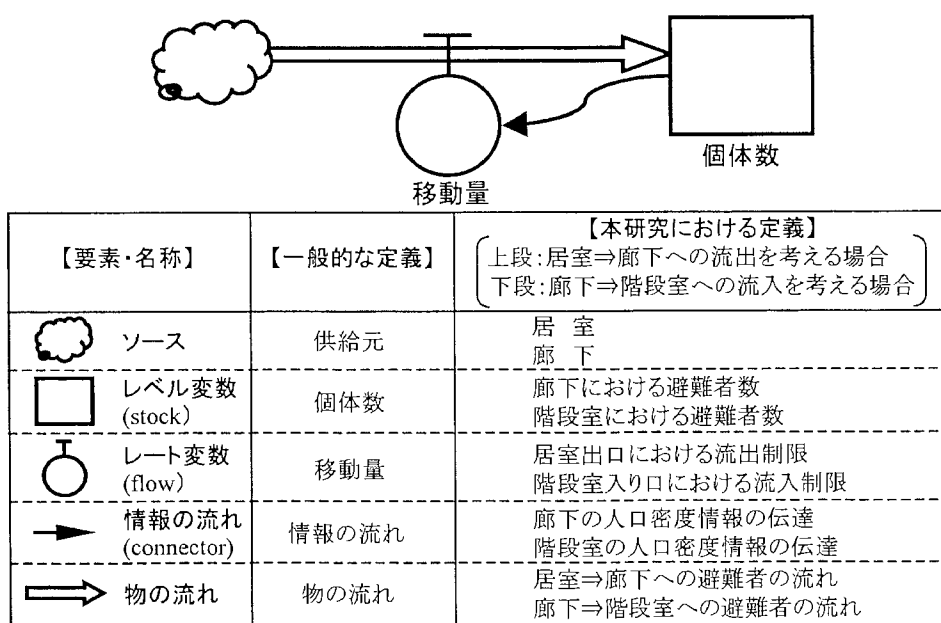


図3-2 システムダイナミクスの基本モデル

針と記す)に基づいて作成した。また、避難時間の推定に用いた避難者の歩行速度は、指針に基づく値および前項による実測結果とした。

本研究ではさらに、札幌市手稲区に所在する老人福祉施設において積雪期の避難施設の現状について現地調査および防火管理者に対するヒアリング調査を行い、同施設における避難計画および積雪期の避難施設の管理状況を基に避難時間の推定を行った。推定に用いる避難者の歩行速度は、同施設において実測した結果を用いた。また、同施設の所在する地域を管轄する消防署の防災担当者に対し、積雪期における避難施設の維持管理の指導についてヒアリング調査を行った。同施設の概要、現地調査およびヒアリング調査の概要を表3-3に示す。表のように、調査の対象とした老人福祉施設は、入所定員90名、職員数34名(夜間4名)で床面積約1000㎡の鉄筋コンクリート造3階建てである。ただし、表に示すように傾斜地に建設されているため一部地上2階建てとなり、図中C避難口は直接地上に通じる避難口となっている。現地調査は、避難口およびその周辺、屋外避難施設の管理状況について写真観察を行った。防火管理者に対するヒアリング調査は、積雪期における避難施設の管理方法、施設における避難計画について、消防署による避難施設の維持管理の指導内容、入所者の歩行能力と避難方法についておよび避難時における問題点について行った。管轄消防署の防災担当者に対するヒアリング調査は、同施設における冬期査察時の指導内容および避難施設の維持管理の指導内容について行った。

表3-3 調査対象とした老人福祉施設の概要と調査項目

<p>床面積：約1000㎡</p> <p>【3F】 屋上</p> <p>【2F】 屋上</p> <p>C避難口</p> <p>【1F】 傾斜地につき地階となる B避難口(玄関)</p> <p>矢印は、通常の避難経路を示す A避難口</p> <p>【調査対象とした施設の平面概要】</p>	<p>C避難口側より全景</p> <p>C避難口</p> <p>A避難口</p>
<p>【福祉施設の概要】</p> <p>用途：老人保健施設</p> <p>入所定員：90名 職員数：34名(夜間4名)</p> <p>構造：鉄筋コンクリート造、3階建</p> <p>床面積：約1000㎡</p> <p>【現地調査内容】</p> <p>避難口およびその周辺、屋外避難施設の写真観察</p>	<p>【ヒアリング調査】</p> <p>(防火管理者)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・積雪期における避難施設の管理方法 ・施設における避難計画 ・消防署による維持管理の指導内容 <p>(消防署防災担当者)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・冬期査察時における指導内容 ・避難施設の管理の指導内容 <p>・入所者の歩行能力と避難方法</p> <p>・避難時における問題点</p> <p>平成12年2月調査</p>

3.3 積雪条件が避難行動に及ぼす影響に関する分析結果

3.3.1 歩行環境が歩行速度に及ぼす影響

無雪期の乾燥路面および積雪期の圧雪路面における歩行速度の実測結果を図3-3～4に示す。さらに、図3-3には、既往の研究による乾燥路面における年代別の歩行速度をあわせて示している¹²⁾。図のように、実測結果に比べ既往の研究による歩行速度が全体的に遅い傾向を示している。但し、既往の研究では、推定により年齢を観測しているため、厳密な結果ではない。しかし、男性、女性ともに各年代間の傾向は実測結果に近似している。

乾燥路面における各年代の歩行速度を見ると男性、女性ともに10～50歳代までは大きな変化がみられないものの、20～30歳代を最大に加齢とともに減少し、60歳以上になると歩行速度が50歳代の約2割減となる。また、圧雪路面における歩行速度をみると、男性の30歳代で歩行速度が減少する傾向があるが被験者数が少ないためと考える。50歳代以上では歩行速度が40歳代の約1割減となる。女性では10歳未満で最大となっているが、男性の30歳代同様に被験者数が少ないため、乾燥路面における歩行速度から考えると20歳代で最大になるものと考え。また、加齢とともに歩行速度が減少する傾向にあり60歳以上では20歳代の約1割減となる。圧雪路面における男性と女性との歩行速度を比較すると、各年齢とも女性の方が遅く、男性の約1割減の歩行速度となっている。さらに、乾燥路面における歩行速度と圧雪路面とを比較すると、圧雪路面の歩行速度が男性、女性ともに概ね1割程度遅くなる傾向を示す。この減少傾向は男性で30歳代まで、女性で40歳代まで顕著にみられ、加齢に伴い両者の差が小さくなる。

次に、積雪条件の差異による歩行速度をみると、図3-5となる。図は、20歳代男性の被験者42人による歩行速度の平均値である。図のように、積雪深5～10cmまでの歩行速度は、乾燥路面の場合に比べ緩やかに減少する傾向にある。また、積雪深10～20cmではほとんど変化はみられない。しかし、積雪深30cmでの歩行速度は急激に低下し、乾燥路面の約7割減となる。これは、くるぶし高さ程度の積雪では歩行速度の低下がみられないものの、積雪がすね高さ程度になると歩行に障害を与え、歩行速度が急激に低下することを示す。図3-6に積雪深と速度比の関係からみた積雪条件が歩行速度に及ぼす影響の模式図を示す。図に示す積雪条件が歩行速度に及ぼす影響は、乾燥路面における影響を0とした場合、積雪深の増加に伴う速度比の減少に対する比で示した。図のように、積雪条件が歩行速度に及ぼす影響は積雪深が30cmのとき積雪深20cmの約5倍となっている。前述の圧雪路面における歩行速度と年齢との関係から判断すると、加齢とともに積雪深が歩行速度に及ぼす影響が大きくなり、

圧雪路面に比べて歩行速度が急激に減少すると考える。

このように、積雪期の歩行速度は路面状況、積雪深さらには年齢によっても異なり、この状況は避難行動にも大きな影響を及ぼす。特に、積雪深 20cm 以上の場合歩行速度に大きな影響を及ぼすため、避難施設およびその周辺の維持管理方法はこれらのことを考慮しなければならない。

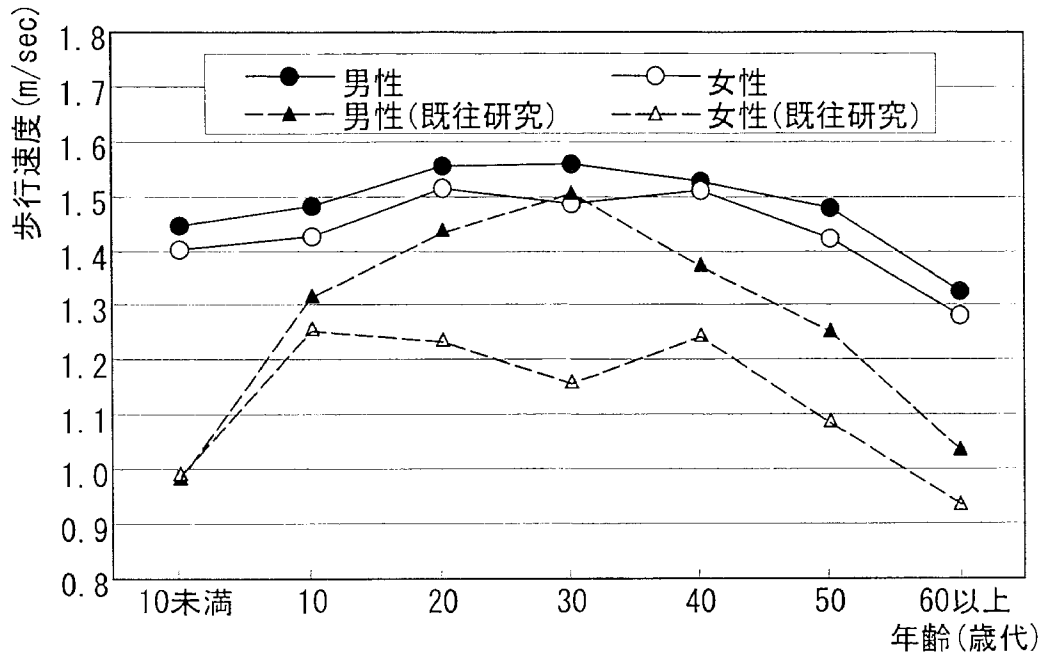


図 3-3 乾燥路面における年齢別歩行速度

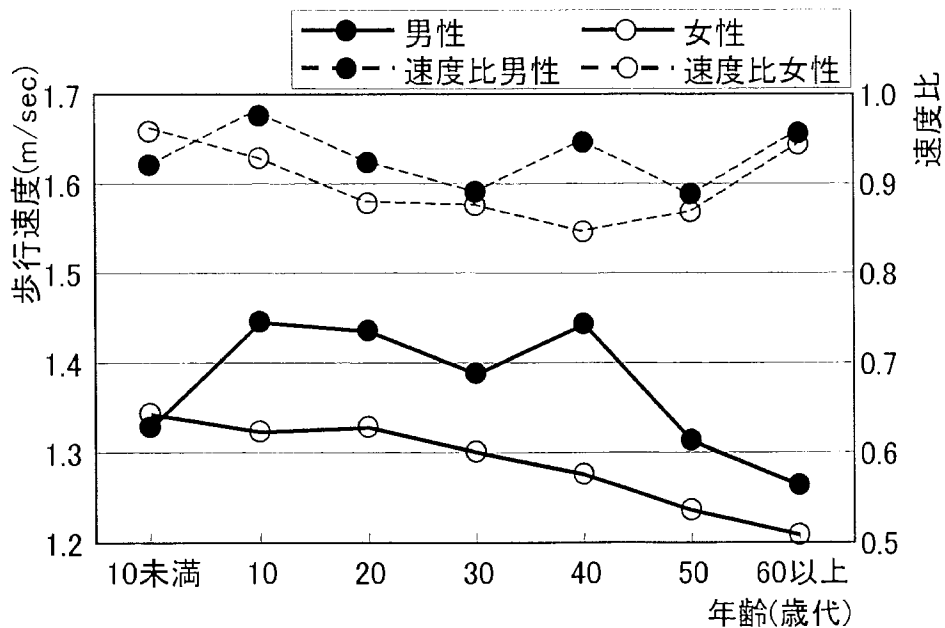


図 3-4 圧雪路面における年齢別歩行速度

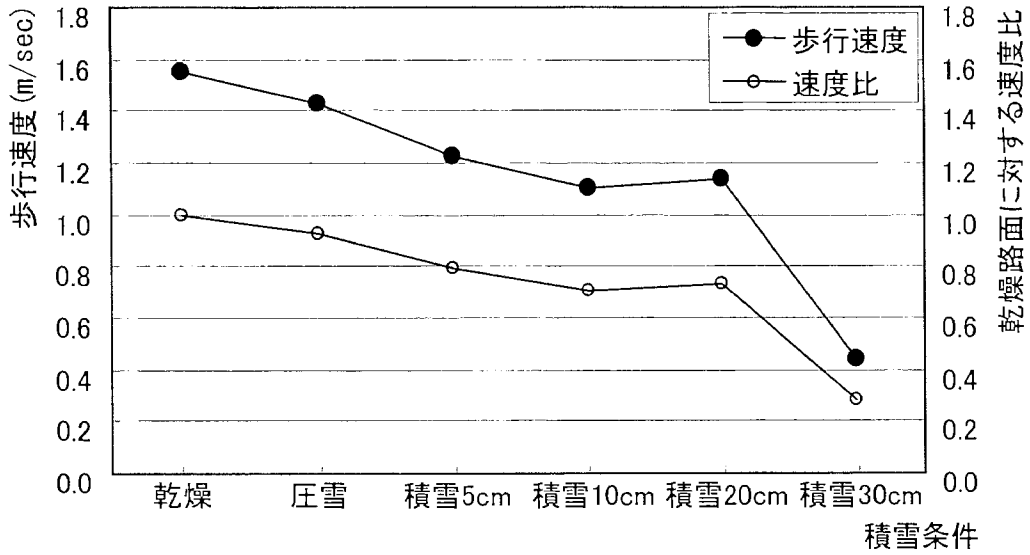


図 3 - 5 積雪条件の違いによる歩行速度 (20 歳代男性)

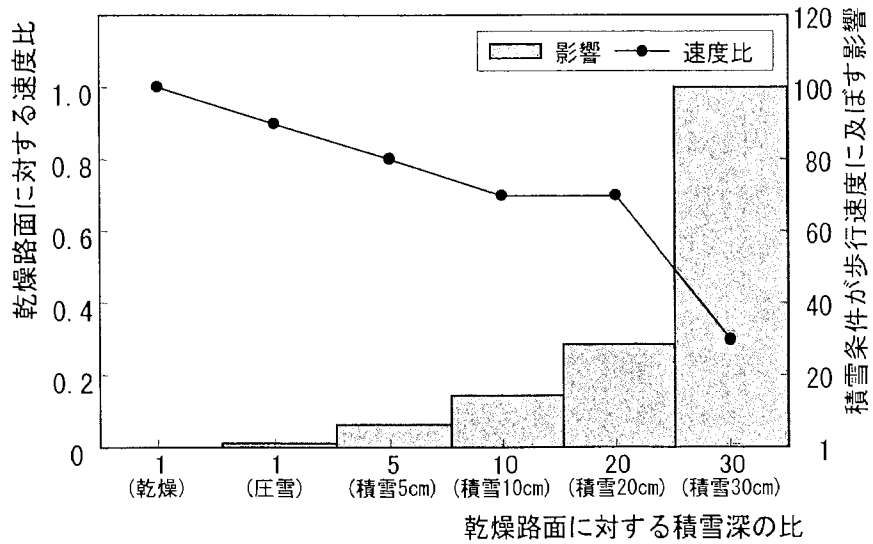


図 3 - 6 積雪条件が歩行速度に及ぼす影響

3.3.2 建築物からの避難時間の推定手法

(1) システムダイナミックスの適応

既往の研究による避難時間の推定は、建築防災計画指針（以下、指針と記す）に示されているようなグラフによる解法をはじめ戸川の式による推定、吉田らの伸縮ブロックモデルによる群衆流の解析、歩行遅れ時間の流動モデルによる歩行空間計画のシステム化などがある^{11, 13~15)}。指針に示されているグラフによる解法は、建築物の設計時に平面計画の評価を行う際に手順を簡略化するため、歩行速度と歩行密度の関係を考慮せず、常に一定の速度としている。これは、平面計画の評価を目的とした避難計算の範囲では良いとしても、避難行動が群衆流であることを考えると安全性の評価としては問題が生じる。また、戸川の式による推定は歩行速度(V)と歩行密度(ρ)の関係から流動係数(N)を $N = \rho v$ としているため歩行速度を1.0m/secで一定としている指針による推定とは同じモデルを使用した場合、結果に差異が生じる。この点を考慮し伸縮ブロックモデルによる解析および歩行遅れ時間の流動モデルによる解析では、先頭の避難者の歩行速度を最大歩行速度とし、後続の避難者の歩行速度を最大群衆密度に至るまで適宜変化させて数値計算により解析する方法を用いている。しかし、計算が複雑で建築物の平面計画を変化させた解析に対し柔軟に対応できない。

このようなことから本研究では、シミュレーション手法の一つであるシステムダイナミックスを用いて推定を行った。システムダイナミックスは、前節にも示した通り基本モデルが複雑になった場合においても個々の要素に対する流量の増減を決める条件を与えることによりモデル全体の流動状況を経時的に判断することができる。

システムダイナミックスについてその特徴をシミュレーションの分類からまとめると、図3-7のようになる。図中、「動的」とは、システムのモデル内部の状態が時間の進行とともに変わること示す。また、「連続型」とは、システムの状態を表す変数の値が時間の進行とともに変わっていくが、変数の値が連続的に変化する場合を示し、「確定的」とは、初期条件、環境条件が与えられた時、一意的な結果が得られる場合を示している。このようなことから、システムダイナミックスは、シミュレーション手法の分類上、「動的」、「連続型」、「確定的」の代表例といえ、変動するシステムのシミュレーションモデルによって、そのシステムの動特性を明らかにしようとするシミュレーション手法である。避難時間の推定にシステムダイナミックスが適していることは、図に示す通り、「時間とともに避難者数が増減し」、「単位時間毎に変数を制御し」、「単位時間毎に状態を確認できる」ところにある。つまり、避難行動そのものが「動的」であり「連続型」である。さらに、避難行動等の条件を与え、避難完了までの時間を推定することは一意的な結果を求めることであり「確定的」な推定方法である。従って、システムダイナミックスは避難時間の推定に適用できる。

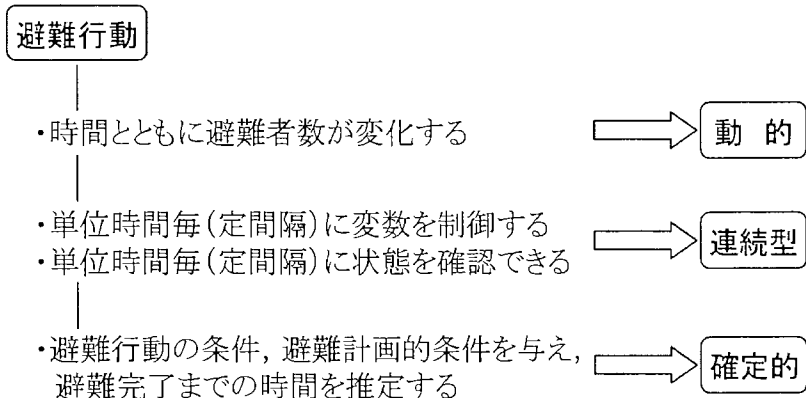
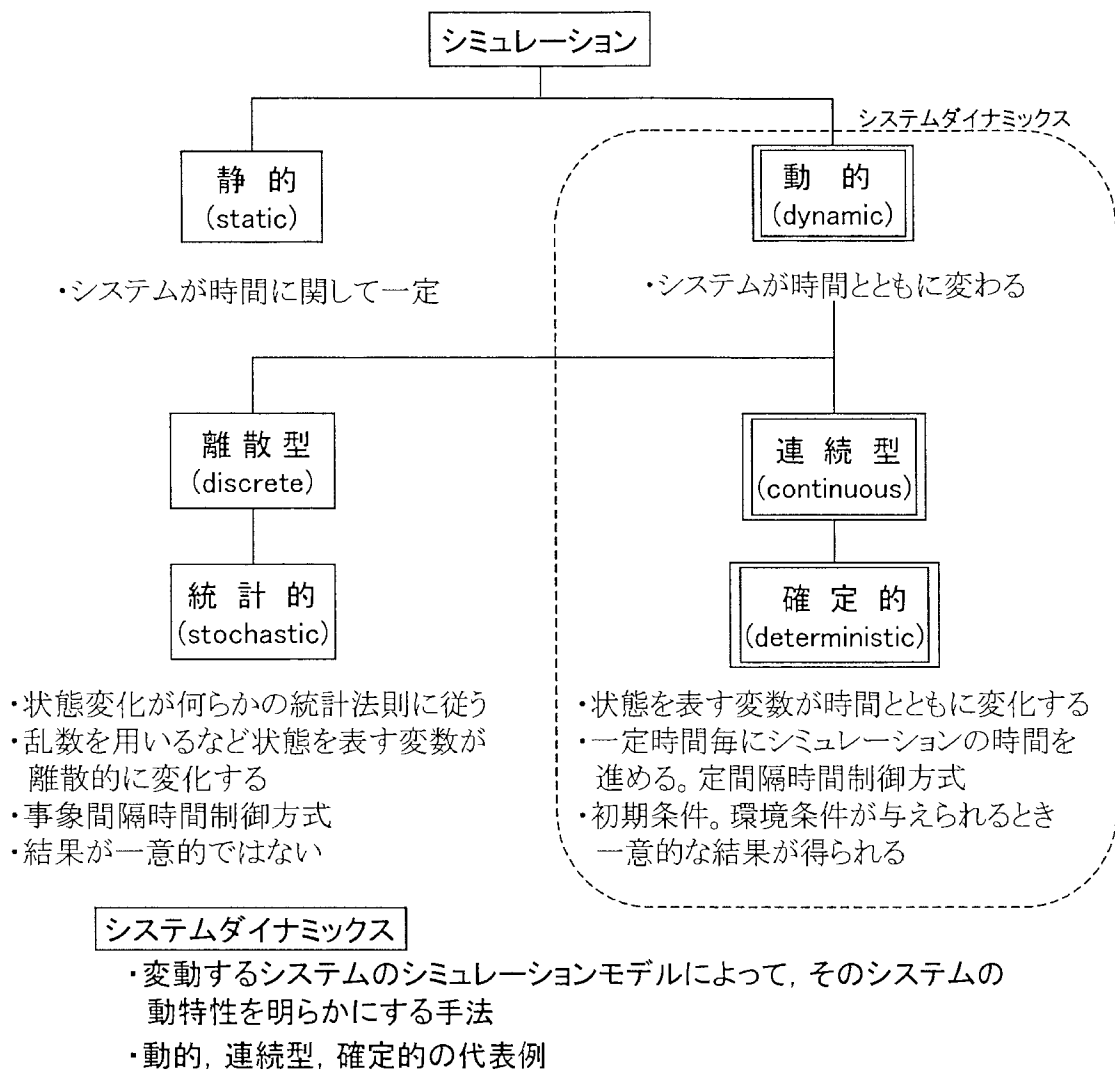


図 3-7 シミュレーションの分類

(2) システムダイナミクスによる避難時間の推定

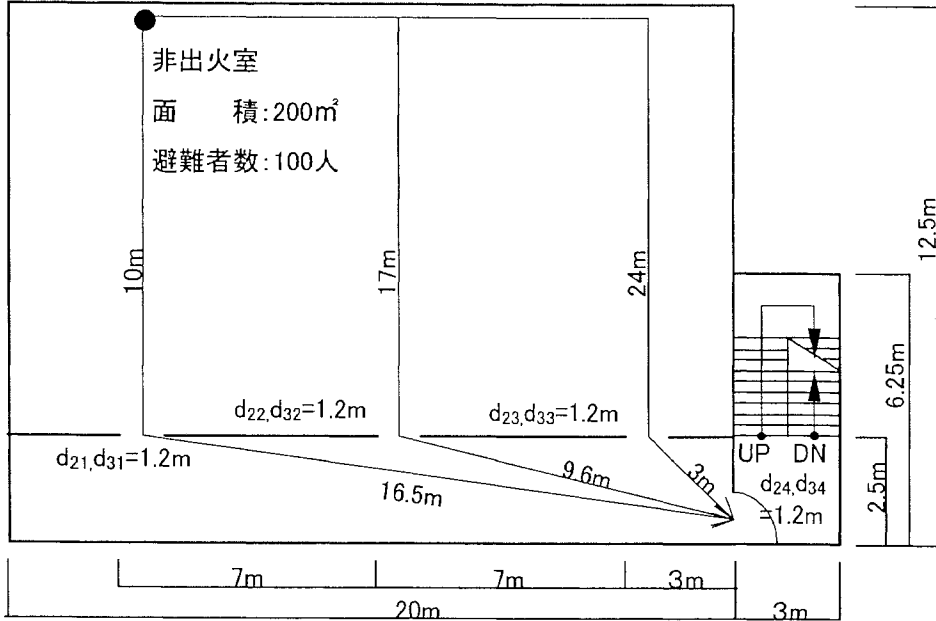
避難時間の推定にシステムダイナミクスを用いる場合の妥当性を検討するため、指針による避難時間の評価と比較検討を行った。評価には、図3-8に示す平面計画の建築物を用いた。図は、耐火構造物3階建の教育施設とし各階200 m²の居室面積を持つ建築物で建築基準法および消防法を満たすものとする。また、図中には避難計算の各条件をあわせて示している。

ここで、システムダイナミクスの妥当性を検討する過程として図3-9に検討のフローを示す。図のように、図3-8に示した建築物が指針に示される許容避難時間を満たしているか検討を行う。次に、指針と同一の計算方法を用いたシステムダイナミクスのモデルを作成し、指針による避難時間と同一の結果を得ることが可能であるか確認した。

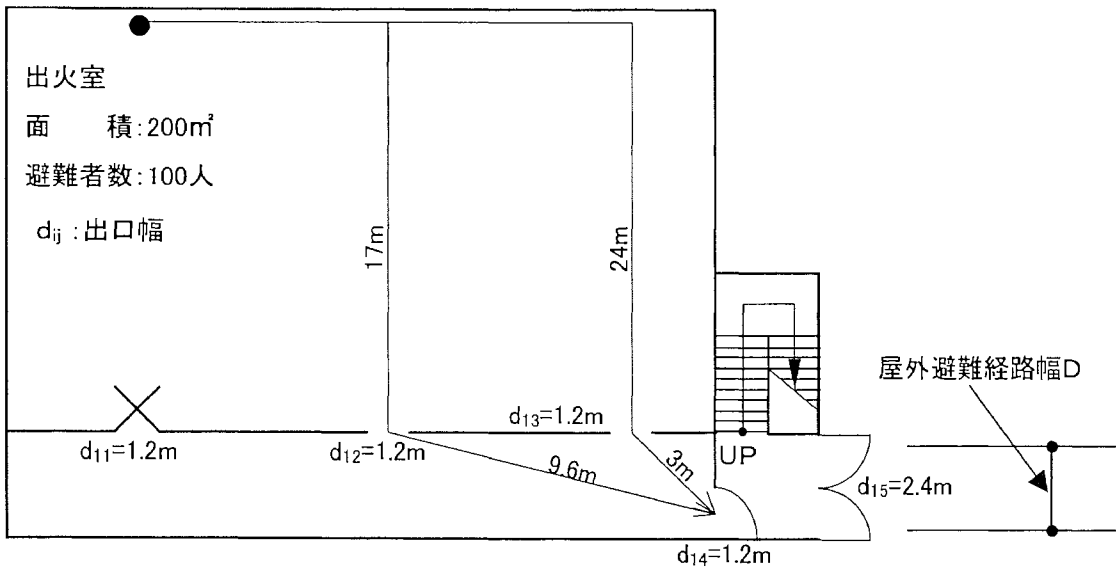
図3-8に示す建築物を用いて指針のグラフによる解法で避難時間の計算を行った結果を、図3-9-1~2に示す。図のように、指針の方法により避難開始時間を出火室については30秒後、非出火室については出火室の2倍としている。また、居室出口および階段室入口における人の流れは、流動係数 N (人/m・sec)によって制限され、避難者数 P (人)が出入口幅 W (m)から流出するのに要する時間は $t = P / NW$ としている。これらの時間の経過をグラフに順次記入し避難時間を求め各部分の避難時間を合成し評価を行うと表3-4~6となる。表のように、図3-8に示した建築物は、指針による居室許容避難時間、階許容避難時間および必要滞留面積の条件を満たしている。このことから、モデルはシステムダイナミクスの妥当性を検討する建築物として用いることができる。

次に、指針と同一の方針でシステムダイナミクスのモデルを作成すると図3-10となる。図のように、モデルはそれぞれ出火室および非出火室により構成する。モデル内の各部の概要を表3-7に示す。表中の S_n ($n=10, 18$ または $n=30, 38$) は、避難者の存在状況を示す「stock」である。また、 F_n ($n=10, 19$ または $n=30, 39$) は、避難者の1秒当たりの最大流出量を制限する「flow」である。さらに、図中に丸で表記され「 S_n & S_{n+3} 」の名称で表されているものは、廊下A~C部の避難者の人数を示す「converter」であり「stock」から「converter」を結んでいる矢印は「converter」での計算に必要な情報を伝達する「connector」である。システムダイナミクスではこれらの必要な要素をつなぎ合わせてそれぞれの関係式を記入することにより各部の状態を経時的に観察することができる。つまり、避難時間の計算をする場合、避難開始前は廊下および階段の「stock」には避難者が存在しない状態で避難開始後から避難終了まで各部の状態が随時変化し最終的に全員が階段室に入り終了する経過を経時的に観察することが可能である。また、図3-10におけるS31およびS11は、

2階および3階



1階



【避難時間のシミュレーションに用いる主要な条件】

1) 難者の歩行速度

- ・居室内一定

- ・廊下および階段では、各空間の人口密度により歩行速度を経時的に変化させる

2) 避難流の優先順位

居室 > 廊下 > 階段

3) 避難流は、出口および廊下幅により制限される

4) 屋外の歩行は、一人分の幅を 55cm とする

図 3 - 8 指針による避難時間の推定に用いた平面計画

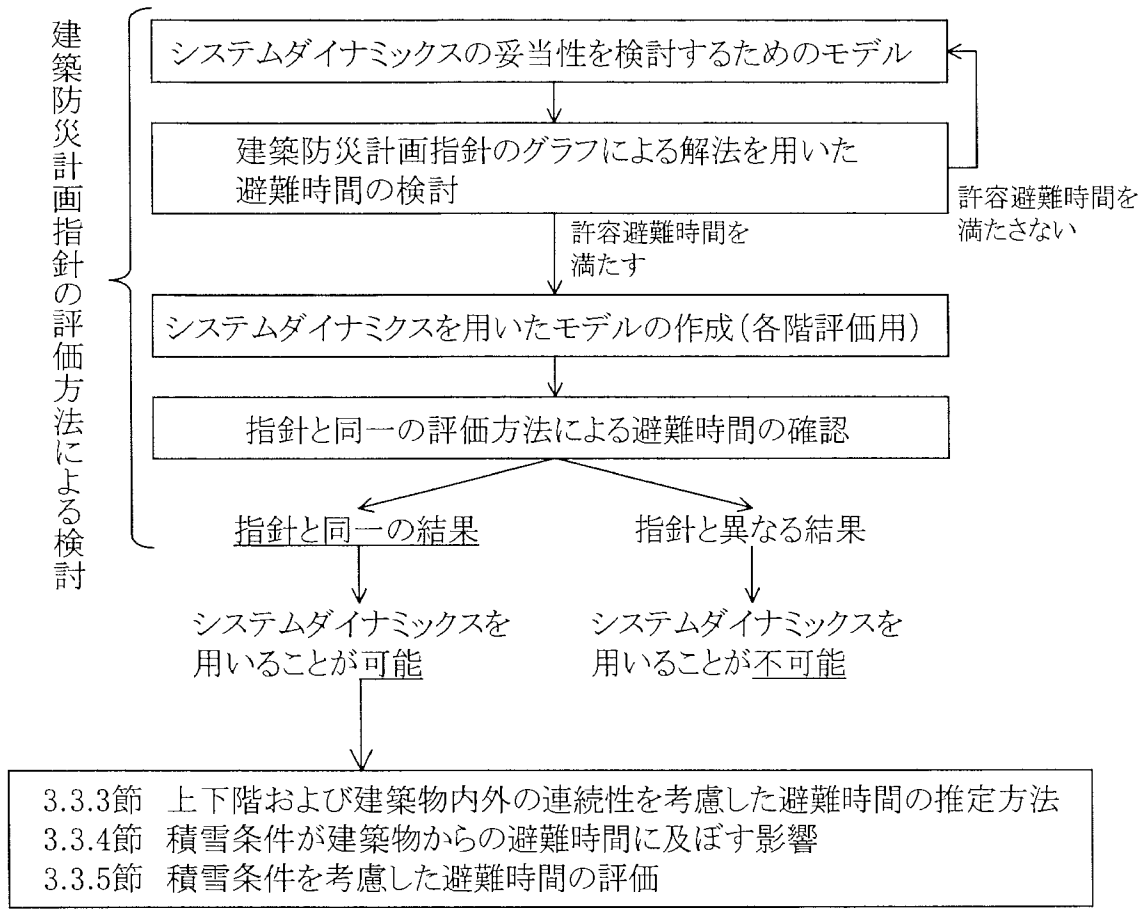


図3-9 システムダイナミクスの妥当性の検討フロー

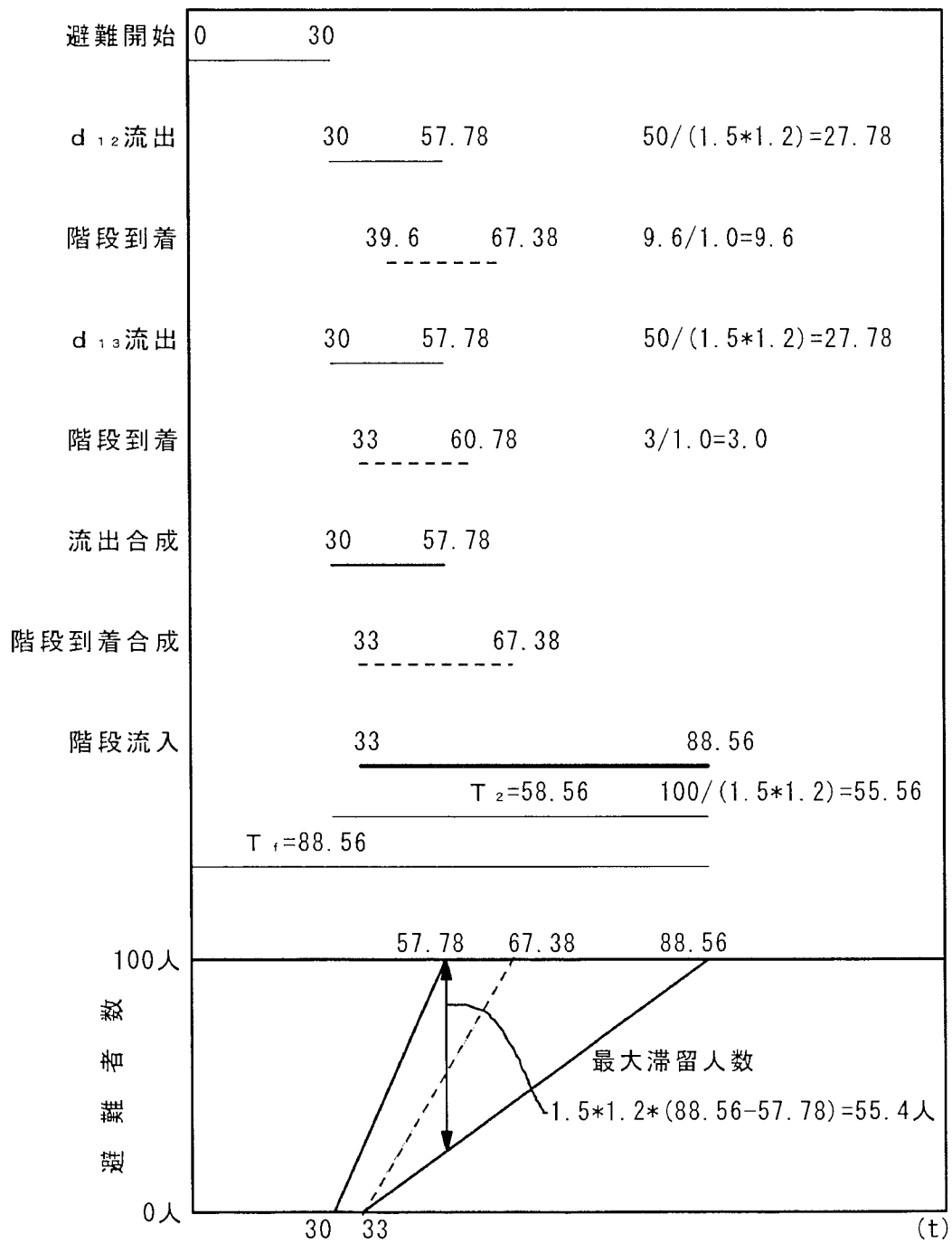


図 3-10-1 出火室を指針で示すグラフによる解法で計算した結果

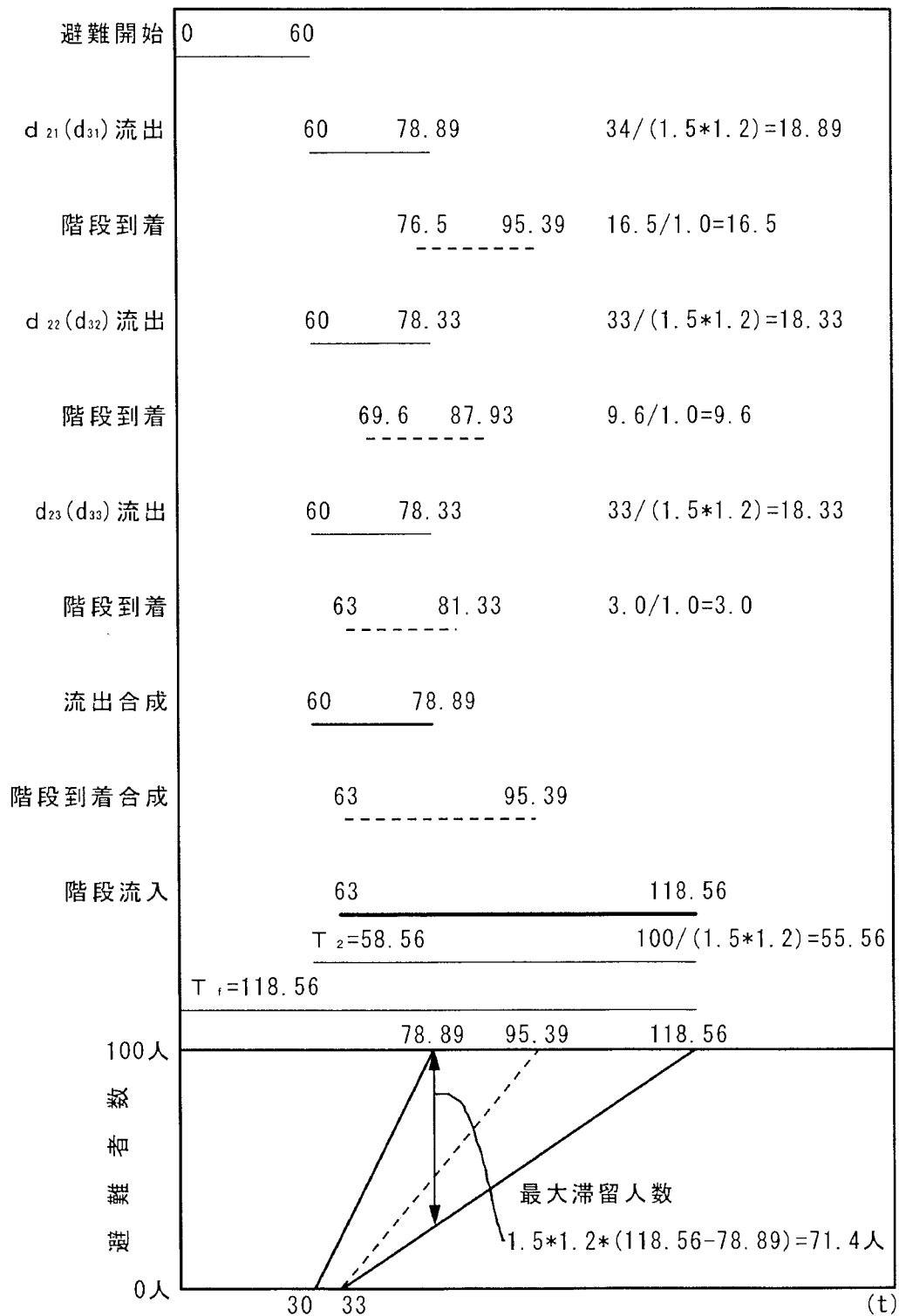


図3-10-2 非出火室を指針で示すグラフによる解法で計算した結果

表 3-4 居室避難時間の評価

計 算 項 目		出 火 室	非 出 火 室
避難者数	P (人)	100	100
居室面積	A_1 (m ²)	200	200
居室人口密度	ρ (人/m ²)	0.5	0.5
出口扉幅の合計	Σw (m)	$1.2 \times 3 = 3.6$	$1.2 \times 3 = 3.6$
避難扉幅の合計	ΣW (m)	$1.2 \times 2 = 2.4$	$1.2 \times 3 = 3.6$
出口通過時間	t_{11} (sec)	$100 / (1.5 \times 2.4) = 27.7$	$100 / (1.5 \times 3.6) = 18.5$
室内歩行時間	t_{12} (sec)	$24 / 1.3 = 18.46$	$24 / 1.3 = 18.46$
居室避難時間	T_1 (sec)	27.7	18.5
居室許容避難時間 _r	T_1 (sec)	$2\sqrt{200} = 28.28$	$2\sqrt{200} = 28.28$
評 価	$T_1 \leq_r T_1$	O K	O K

表 3-5 階避難時間の評価

計 算 項 目		出 火 室	非 出 火 室
避難者数	P (人)	100	100
廊下避難時間	T_2 (sec)	58.56	58.56
廊下許容避難時間 _r	T_2 (sec)	$4\sqrt{250} = 63.25$	$4\sqrt{250} = 63.25$
評 価	$T_2 \leq_r T_2$	O K	O K
階避難時間	T_f (sec)	88.56	115.56
階許容避難時間 _s	T_f (sec)	$8\sqrt{250} = 126.5$	$8\sqrt{250} = 126.5$
評 価	$T_f \leq_s T_f$	O K	O K

表 3-6 滞留面積の評価

計 算 項 目		出 火 室	非 出 火 室
最大滞留人数	P (人)	55.4	71.4
必要面積	S_n (m ²)	$55.4 \times 0.3 = 16.62$	$71.4 \times 0.3 = 21.42$
設計面積	S_p (m ²)	$10 \times 2.5 = 25$	$17 \times 2.5 = 42.5$
評 価	$S_n \leq S_p$	O K	O K

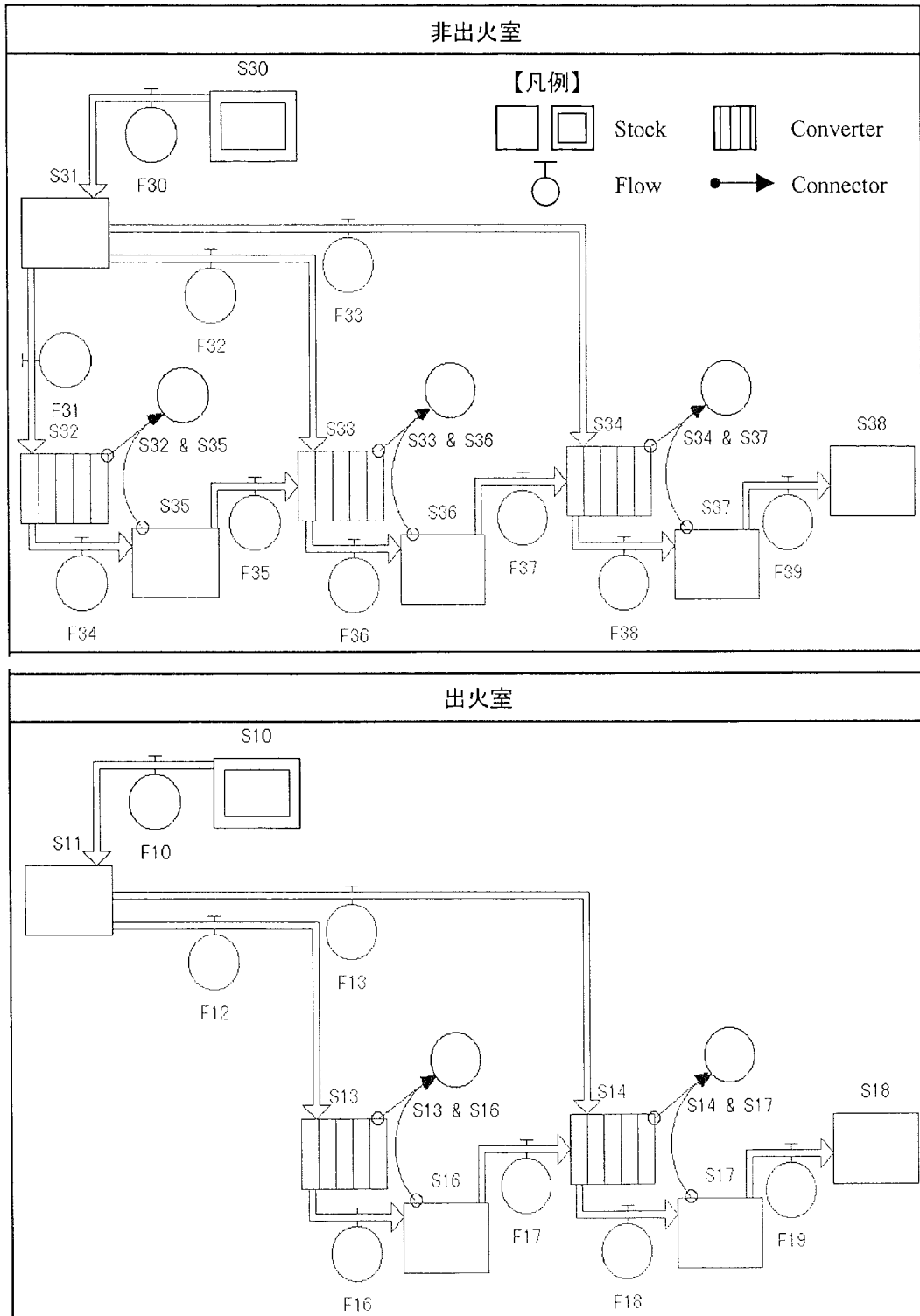


図 3-11 指針に従った避難時間の計算に用いる
システムダイナミックスのモデル

表 3-7 指針に従ったモデル内各部の概要

名 称	内 容 (役 割)
[非出火室]	
S30	居室内部 (避難開始時間まで)
F30	避難開始時刻にS30からS31に避難者を移動させる
S31	居室内部 (避難開始時間後)
F31, F32, F33	居室出口 d_{31} , d_{32} , d_{33} での 1 秒間の流出規制 ($N*W=1.8$ 人)
S32, F34, S35	廊下 A 部, 移動時間の指定, 距離 7 m より $L/V=7/1.0=7$ sec
F35	廊下 A 部から B 部への流入規制 ($N*W=1.5*2.5=3.75$ 人)
S33, F36, S36	廊下 B 部, 移動時間の指定, 距離 7 m より $L/V=7/1.0=7$ sec
F37	廊下 B 部から C 部への流入規制 ($N*W=1.5*2.5=3.75$ 人)
S34, F38, S37	廊下 C 部, 移動時間の指定, 距離 3 m より $L/V=3/1.0=3$ sec
F39	廊下 C 部から階段室への流数規制 ($N*W=1.5*1.2=1.8$ 人)
S38	階段室 (非出火階)
S32 & S35	廊下 A 部滞留人数
S33 & S36	廊下 B 部滞留人数
S34 & S39	廊下 C 部滞留人数
[出火室]	
S10, F10, S11	S30, F30, S31と同様, 但しS30, S31をS10, S11に読み替える
F12, F13	F32, F33と同様, 但し d_{32} , d_{33} を d_{12} , d_{13} に読み替える
S13, F16, S16	S33, F36, S36と同様
F17	F37と同様
S14, F18, S17	S34, F38, S37と同様
F19	F39と同様
S18	階段室 (出火階)
S13 & S16	廊下 B 部滞留人数
S14 & S17	廊下 C 部滞留人数

居室避難者数の状態，S38 および S18 は，階段室流入者数の状態，S32 & S35，S33 & S36 と S34 & S37 の合計および S13 & S16 と S14 & S17 の合計はそれぞれ廊下における滞留者数（ここでは「待ちの状態」と「歩行中の状態」の両方を滞留とする）の状態を表している。以上のようなシステムを用い避難時間の推定を行った。

システムダイナミクスによる避難時間の推定結果を図3-12～13に示す。図のように，居室流出完了時の避難者数をみると出火階および非出火階の廊下滞留人数はそれぞれ55.4(人)，71.4(人)となり指針のグラフによる解法で得られた結果と等しくなっている。さらに，避難完了時間，つまり階段室流入完了時間もそれぞれ88.56(sec)，118.56(sec)となり，指針のグラフによる解法で得られた結果と等しくなっている。以上のことから，システムダイナミクスは，避難時間の推定のように動的な事象に対し簡便なモデルを作成することにより計算を行うことができる。

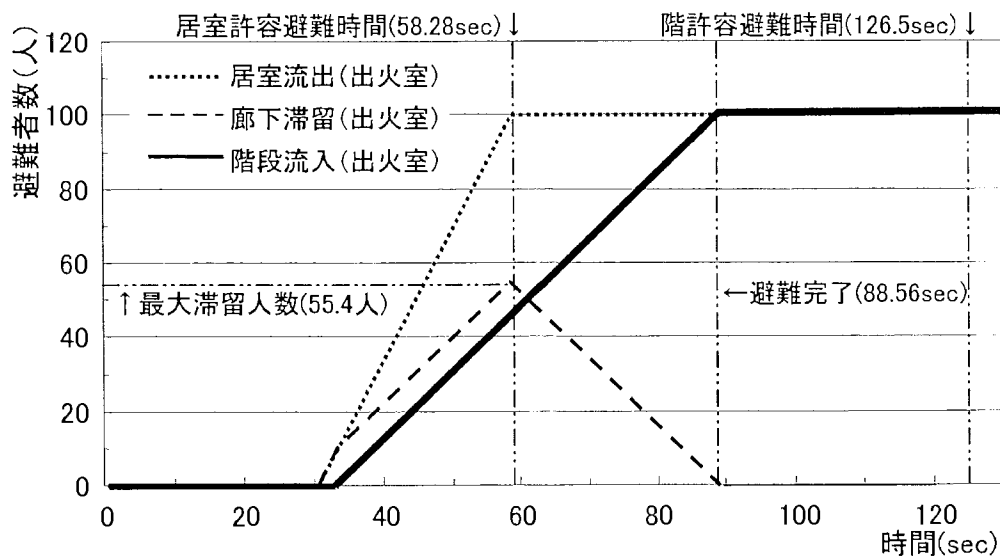


図3-12 出火室におけるシステムダイナミクスを用いた計算結果

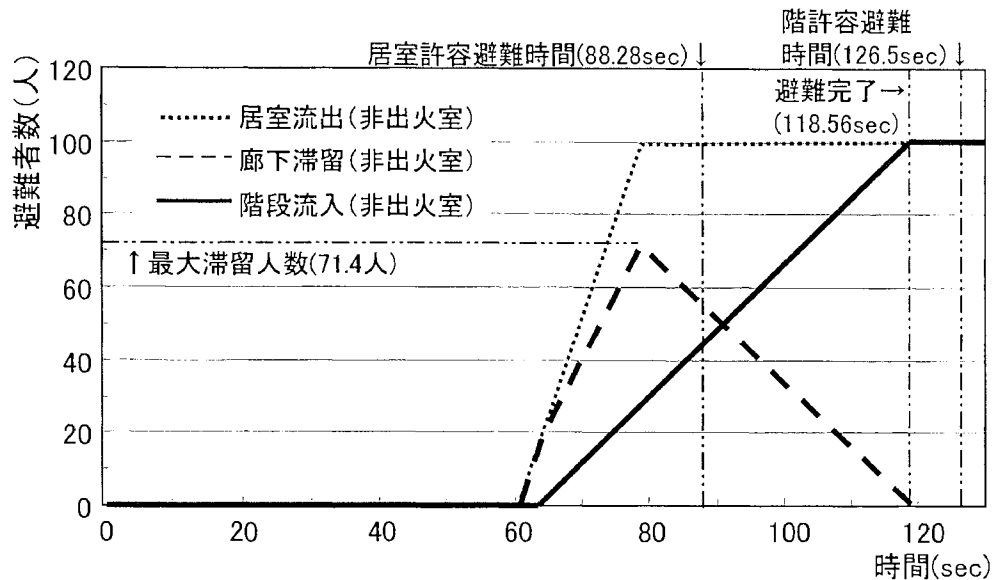


図 3-13 非出火室におけるシステムダイナミクスを用いた計算結果

3.3.3 上下階および建築物内外の連続性を考慮した避難時間の推定方法

前項では、指針に示されるグラフによる解法とシステムダイナミクスを用いた避難時間の推定が一意的な結果を算出できることおよびシステムダイナミクスが避難時間の推定を行うためのモデルの作成が可能であることを示した。本項では、上下階および建築物内外の連続性を考慮した避難時間の推定を行う場合の考え方を示す。

システムダイナミクスにおけるモデルの設定例を以下に示す。図 3-14 に示すように居室及び廊下からなる建築物の部位における避難行動を例とすると、「居室から廊下に流出する場合」と「廊下から屋外へ流出する場合」にそれぞれ制限を設定する必要がある。まず、居室からの流出を考えると、居室出口の有効幅による流出制限がある。さらに、廊下における人口密度によっては居室からの流出制限に条件を付加する必要がある。つまり、廊下における避難者の人口密度が最大値に達したとき居室からの流出を停止させる必要がある。次に、廊下から屋外への流出を考えると、屋外へ流出後避難者が拡散するとした場合は廊下出口の有効幅による流出制限のみとなる。また、避難者の歩行速度は、前述の指針より $1.0(\text{m}/\text{sec})$ を最大値とするが、廊下における人口密度の増減により (3.1) 式により変動させる。

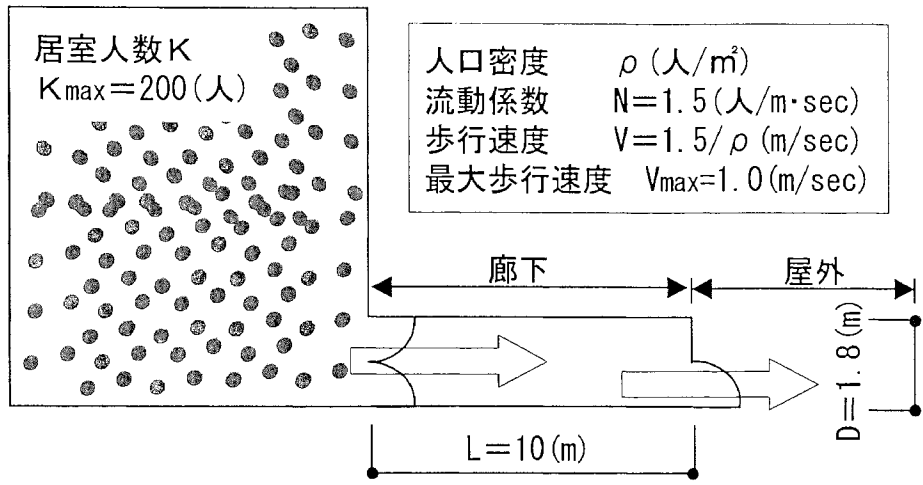


図 3-14 システムダイナミックスの設定例に用いる建築物の平面概要

歩行速度 $V = N / \rho$ (m/sec) (3.1) ¹¹⁾

N : 流動係数 (人/㎡・sec) ρ : 人口密度 (人/㎡)

以上の条件からシステムダイナミックスのモデルを作成すると図 3-15 となる。さらに、各部の条件を一般式で示すと以下のようなになる。

・ 居室人数 $K(t) = K(t-dt) - (F1) * dt$ (3.2)

・ 流出制限 $F1 = \text{if } R \geq R_{\max} \text{ then } 0 \text{ else } (\text{if } R_{\max} - R \geq N \cdot W \text{ then } N \cdot W \text{ else } R_{\max} - R)$
 (3.3)

・ 歩行速度 $V = \text{if } R = 0 \text{ then } 1 \text{ else } (\text{if } N/\rho \geq 1 \text{ then } 1 \text{ else } N/\rho)$
 (3.4)

居室人数 K 居室流出制限 $F1$ 居室出口有効幅 W 廊下人数 R
 廊下最大定員 R_{\max} 廊下人口密度 ρ 流動係数 N 歩行速度 V
 但し、流動係数は指針より $N=1.5$ (人/㎡・sec) とする。

上記より居室人数 K 、廊下人数 R 、居室流出制限 $F1$ および歩行速度 V を経時的にみると図 3-16 となる。図のように、廊下人数の増減に伴い歩行速度 V および居室

流出制限 F1 が変化している。さらに、例とした建築物では 90 秒で居室からの流出が完了し、160 秒で屋外への避難が完了していることがわかる。次項では、以上のような方法により上下階および屋外との連続性を考慮した避難時間の推定を行う。

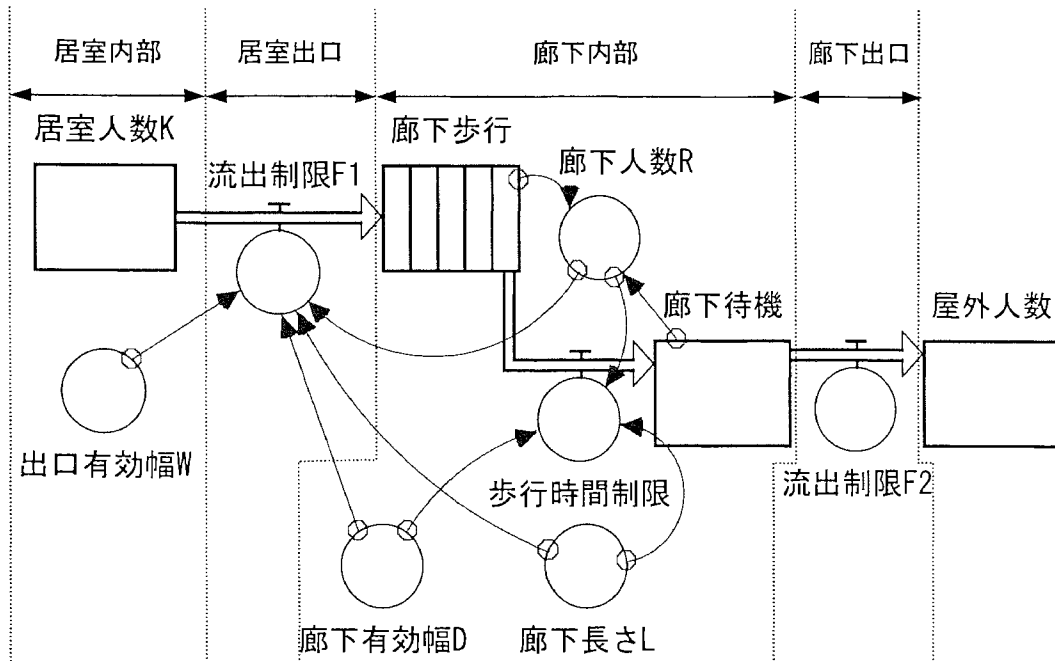


図 3-15 システムダイナミックスの設定例に用いるモデル

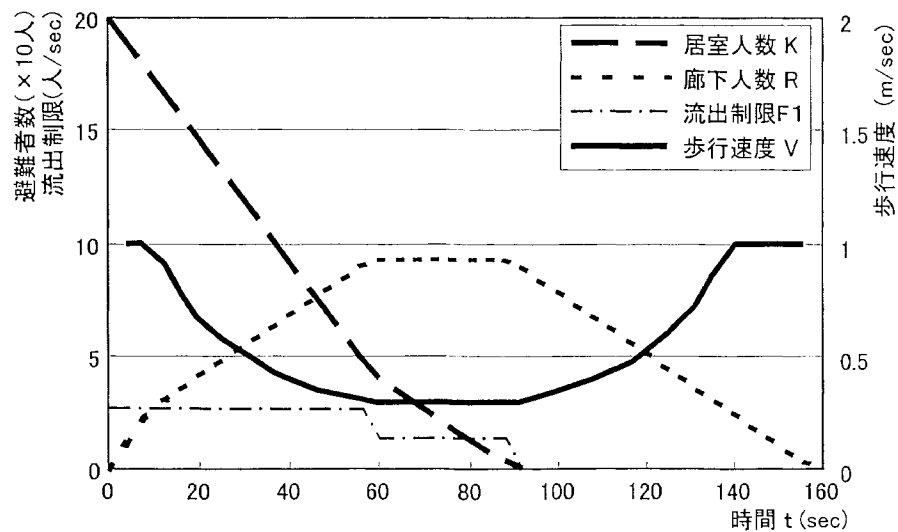


図 3-16 システムダイナミックスの設定例による結果

3.3.4 積雪条件が建築物からの避難時間に及ぼす影響

指針における避難時間の評価方法の問題点に関する模式図を図3-17に示す。図のように、指針における避難時間の評価方法は階避難時間によって行っている。つまり、各階の階段室などの安全区画に避難した時点で避難終了としているため、避難階の上階などでは下階の避難者により階段室などへの進入ができなくなることや、屋外避難口付近の管理状況によっては避難口付近に滞留が発生し、その結果、安全区画への避難が許容時間を超えるなど階避難時間に与える影響を考慮していない。従って本項では、図3-8で示した建築物に対し各階の連続性を考慮したシステムダイナミックスのモデルを用いて避難時間の推定を行った。推定に用いたモデルおよび概要を図3-18および表3-8-1～2に示す。図のように、このモデルの特徴は、人体の大きさを安全区画モデル¹⁶⁾の検討に用いられる人体寸法および群集流動の検討に用いられる指標¹⁷⁾を基に0.35(m)*0.55(m)のブロックとし、廊下および階段において各部の最大定員が確定させる。各部が最大定員を超える場合、次の避難者が流入できない仕組みとすることでより現実的なものとした。また、本推定に用いたモデルは、3階建ての建築物であるため法令上救助袋などの避難器具を設置することになる。しかし、避難器具の使用状況をみると、器具の設置、降下準備および降下完了までの時間が歩行による避難に比べ多くの時間を費やすた

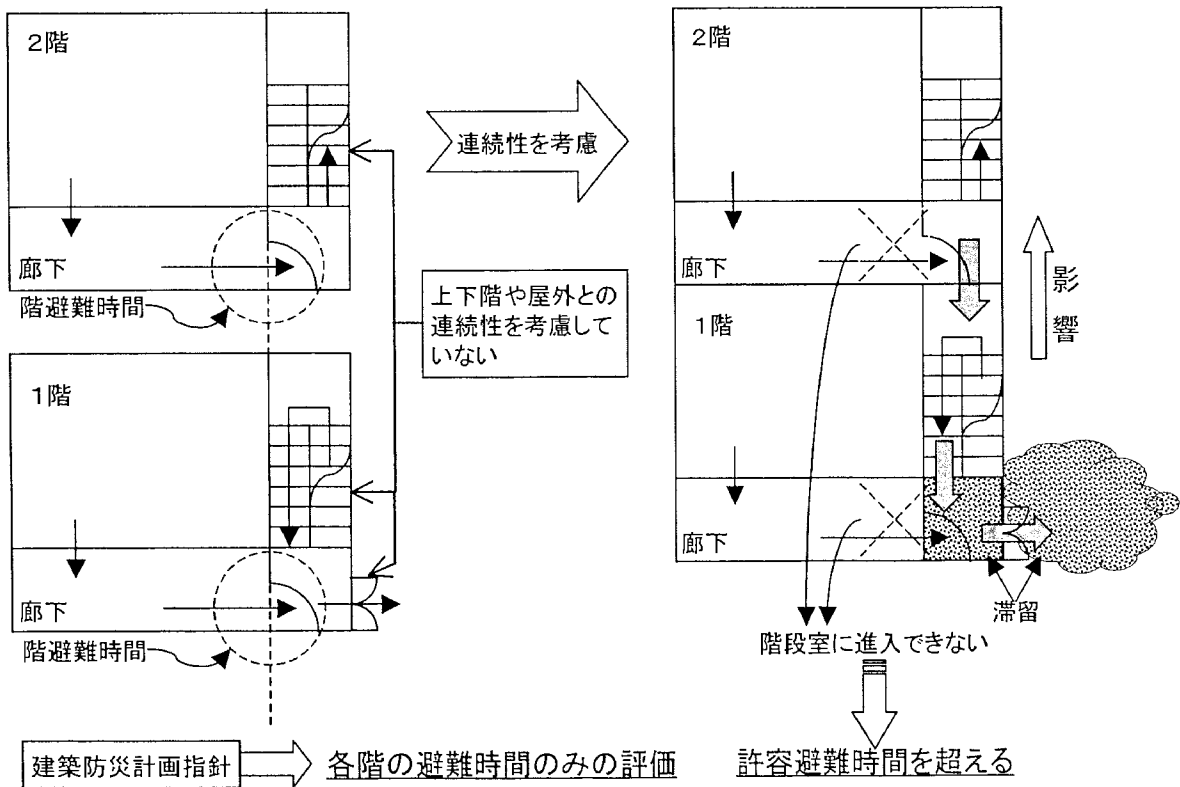


図3-17 建築防災計画指針における避難時間の評価方法の問題点

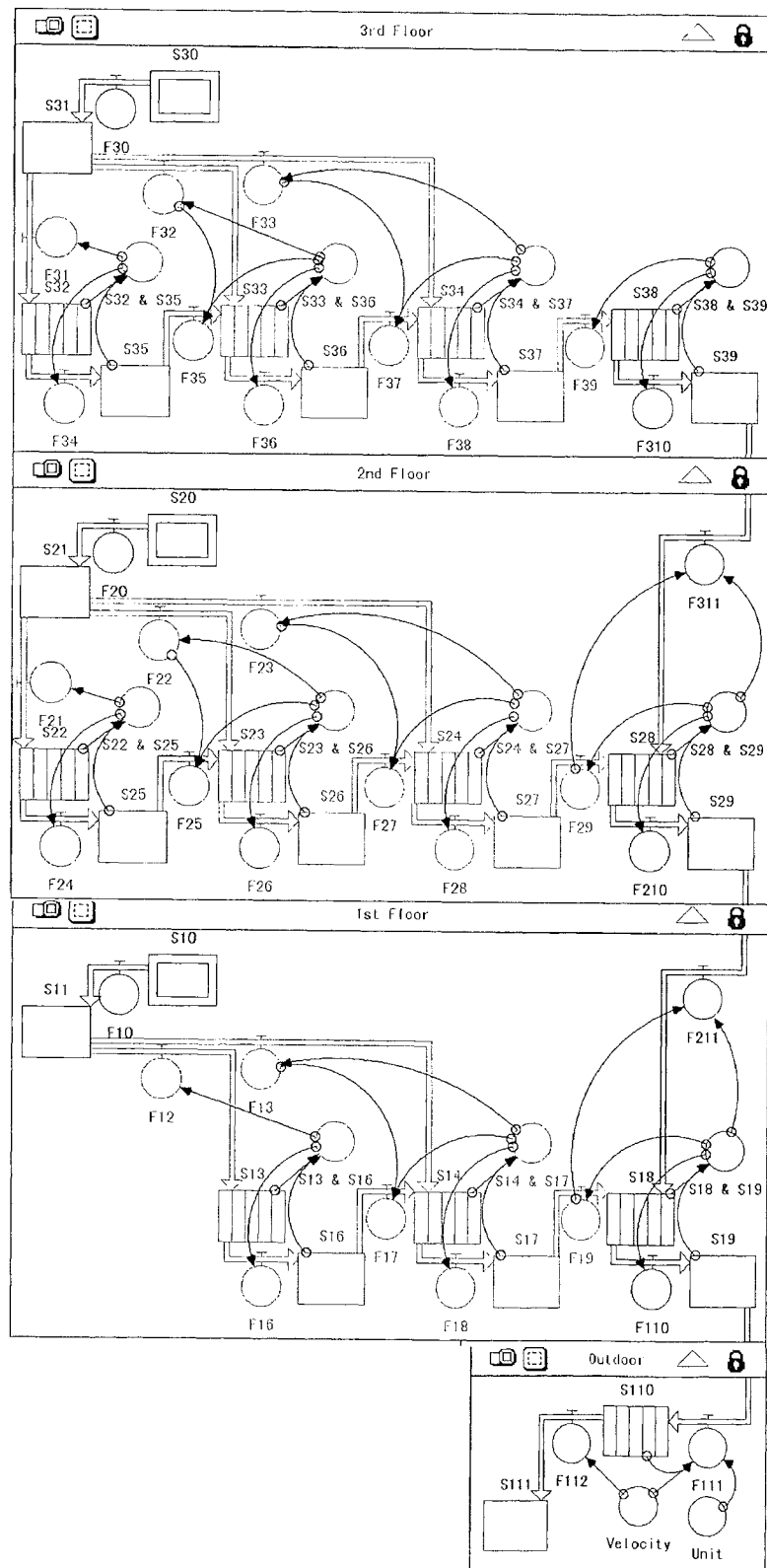


図 3-18 連続性を考慮したシステムダイナミックスのモデル

表 3 - 8 - 1 連続性を考慮したモデル各部の概要(3階)

名 称	内 容 (役 割)
[3rd Floor]	非出火室 (3 F)
S30, F30, S31	表 3 - 7 の S30, F30, S31 と同様
S32 & S35	廊下 A 部に存在する避難者数
S33 & S36	廊下 B 部に存在する避難者数
S34 & S37	廊下 C 部に存在する避難者数
S38 & S39	階段 (3 F 部分) に存在する避難者数
F31	居室出口 d_{31} での 1 秒間の流出規制 (最大 1.8 人) 但し, S32 & S35 の人数に応じて流出可能な人数を流出させる
F32	居室出口 d_{32} での 1 秒間の流出規制 (最大 1.8 人) 但し, S33 & S36 の人数に応じて流出可能な人数を流出させる
F33	居室出口 d_{33} での 1 秒間の流出規制 (最大 1.8 人) 但し, S34 & S37 の人数に応じて流出可能な人数を流出させる
F35	廊下 A から B 部への 1 秒間の移動規制 (最大 3.75 人) 但し, S33 & S36 の人数に応じて流出可能な人数を流出させるが, F32 の流入を優先させる
F37	廊下 B から C 部への 1 秒間の移動規制 (最大 3.75 人) 但し, S34 & S37 の人数に応じて流出可能な人数を流出させるが, F33 の流入を優先させる
F39	廊下 C 部から階段への 1 秒間の流入規制 (最大 1.8 人) 但し, S38 & S39 の人数に応じて流入可能な人数を流入させる
S32, F34, S35	廊下 A 部, 移動時間の指定 (最短 7sec) 但し, S32 & S35 の人数に応じて歩行速度を調節する
S33, F36, S36	廊下 B 部, 移動時間の指定 (最短 7sec) 但し, S33 & S36 の人数に応じて調節する
S34, F38, S37	廊下 C 部, 移動時間の指定 (最短 3sec) 但し, S34 & S37 の人数に応じて調節する
S38, F310, S39	3 F 階段, 移動時間の指定 (最短 20sec) 但し, S38 & S39 の人数に応じて調節する

表3-8-2 連続性を考慮したモデル各部の概要(1, 2階)

名 称	内 容 (役 割)
[2nd Floor]	非出火室 (2 F)
F20~F210	F30~F310と同様
F311	3 F から 2 F 階段への 1 秒間の移動規制 (最大1.95人) 但し, F29の流入を優先させる
S20~S29	S30~S39と同様
S22 & S25 ?	S32 & S25~S38 & S39と同様
S28 & S29	
[1st Floor]	出火室 (1 F)
F10~F110	F30~F310と同様
F211	F311と同様
S10~S19	S30~S39と同様
S13 & S16 ?	S33 & S36~S38 & S39と同様
S18 & S19	
[Outdoor]	屋外避難経路
F111	屋外出口 d ₁₅ での 1 秒間の流出規制 (最大3.6人) 但し, S110の人数により制限
F112	屋外避難路での移動時間の指定 (Velocityにより決定)
S110	屋外避難通路 (距離50m)
S111	屋外避難場所
Unit	屋外通路幅 (1 Unit=0.55m)
Velocity	歩行速度 (V=0.1~2.0m/s)

め¹¹⁾、避難器具による避難は、歩行による避難が困難な場合の最終的な手段と考える。従って、本推定では避難の手段として歩行による避難のみを取り扱う。屋外避難経路は、積雪などの影響を考慮し、屋外における歩行速度および避難経路の幅を変化させられるように設定している。

屋外避難経路幅を 55cm とした場合の屋外での歩行速度の違いによる階避難時間の推定結果をみると、図 3-19 となる。図のように、3 階では安全に区画された避難階段にいずれの歩行速度においても下階における滞留の影響を受けず階許容避難時間内に避難できる。しかし、2 階では 1 階における避難者の影響を受けて、屋外での歩行速度が 0.4m/sec 以下では階段室入口付近で滞留が発生し、階許容避難時間内に避難することができない。1 階についても屋外での歩行速度が 0.3m/sec 以下では避難口付近の滞留により階許容避難時間(126.5(sec))内に避難することができない。この歩行速度は、20 歳代男性の積雪深 30cm における歩行速度に相当する。積雪深 30cm の状況は、平年で札幌市や旭川市をはじめ稚内市、北見市、留萌市、小樽市、岩見沢市および倶知安町など道南および道東地域を除く北海道内の多くの市町村で 12 月上旬から 3 月下旬まで発生する現象である。従って、屋外避難経路の管理が悪ければ、日常的な状況における歩行速度である。1 階においては歩行速度 0.3m/sec 以下になると、許容避難時間内に避難することができない。

次に、屋外避難口の開放幅 d_{15} 、屋外避難経路の有効幅 D および屋外での歩行速度の違いが全館避難時間に及ぼす影響についてみると図 3-20 となる。なお、屋外避難口の開放幅は全開(2.4m)と 1/2 開放(1.2m)の 2 種類とした。屋外避難経路の有効幅は、基準値を 55cm とし、有効幅を 2 倍の 110cm、3 倍の 165cm、4 倍の 220cm と変化させた。図のように、全館避難時間と歩行速度の関係をみると、歩行速度が 0.8m/sec 以上では屋外避難経路の有効幅に関わらず、避難口の開放幅により全館避難時間が一定となっている。また、全館避難時間について屋外避難経路幅と屋外における歩行速度の関係をみると、屋外避難経路幅が 55cm の時、歩行速度が 0.7m/sec 以下、110cm の時 0.3m/sec 以下、165cm の時 0.2m/sec 以下、220cm の時 0.1m/sec 以下で避難口開放幅の違いによる全館避難時間の差がなくなっている。即ち、全館避難時間は、避難口の開放幅を十分に管理した状態であっても屋外避難経路の有効幅および歩行速度に支配される。歩行速度は、前述のように高齢になるほど低下し、20 歳代であっても積雪状態によっては著しく速度が低下する。

これらのことから、積雪期における避難施設の管理は、建築物周辺の積雪状況や利用者の年齢層を考慮し、避難口など施設の管理に留まらず屋外避難経路も適正な歩行速度を確保できるように計画および管理を行う必要がある。

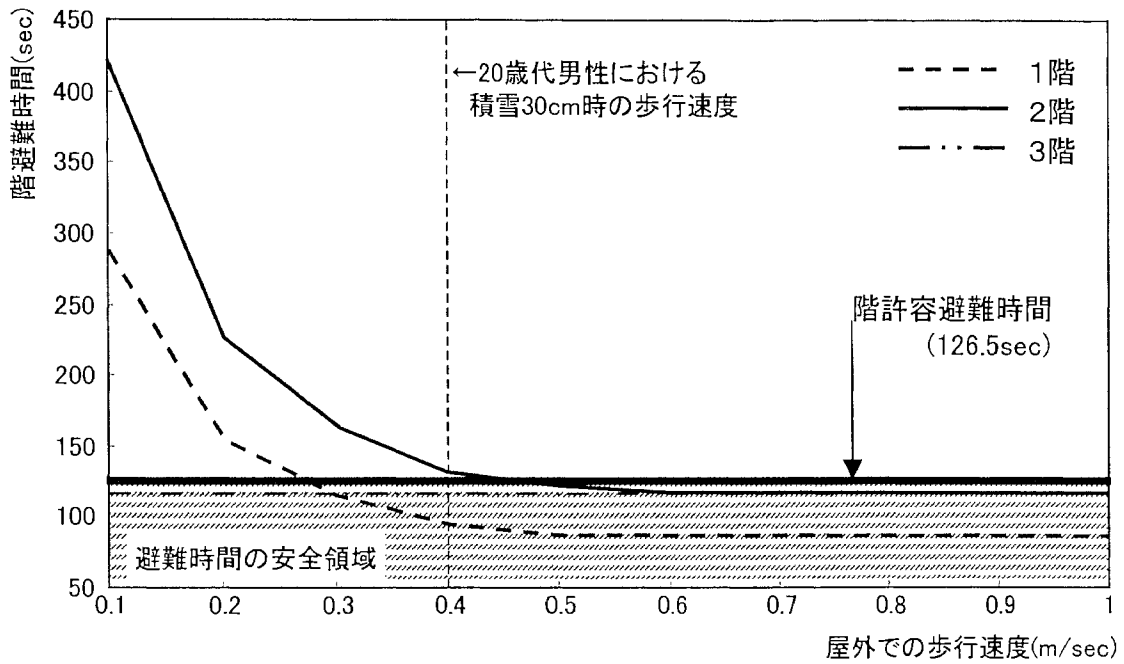


図 3-19 屋外での歩行速度の違いによる階避難時間

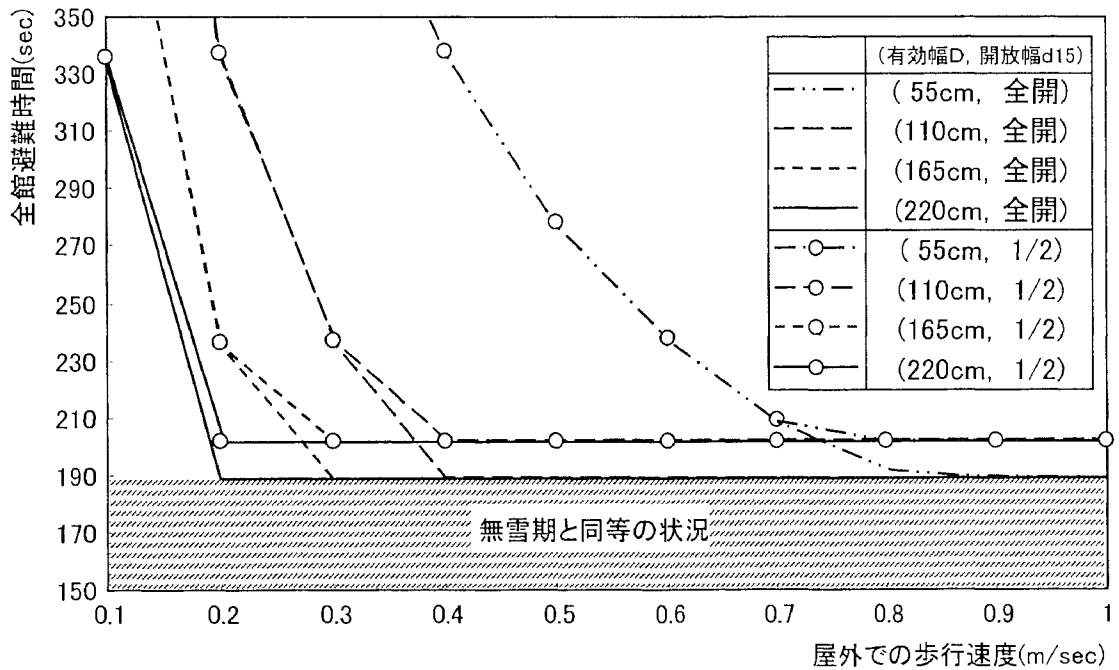


図 3-20 避難口開放幅, 避難経路幅および屋外での歩行速度の違いによる全館避難時間

3.3.5 積雪条件を考慮した避難計画の評価

前節では、積雪状況が避難時間に及ぼす影響について基礎的な知見を得た。本節では、これらを踏まえ実在する福祉施設における避難計画に関するヒアリング調査および管理状況の現地調査を行い同施設における避難時間の推定を行った。さらに、福祉施設の所在する地域を管轄する消防署の防災担当者に対して積雪期における避難施設の維持管理の指導についてヒアリング調査を行った。なお、避難時間の推定に用いる歩行速度は、同施設における入所者から実測調査したものを用いた。

(1) 福祉施設の概要および調査項目

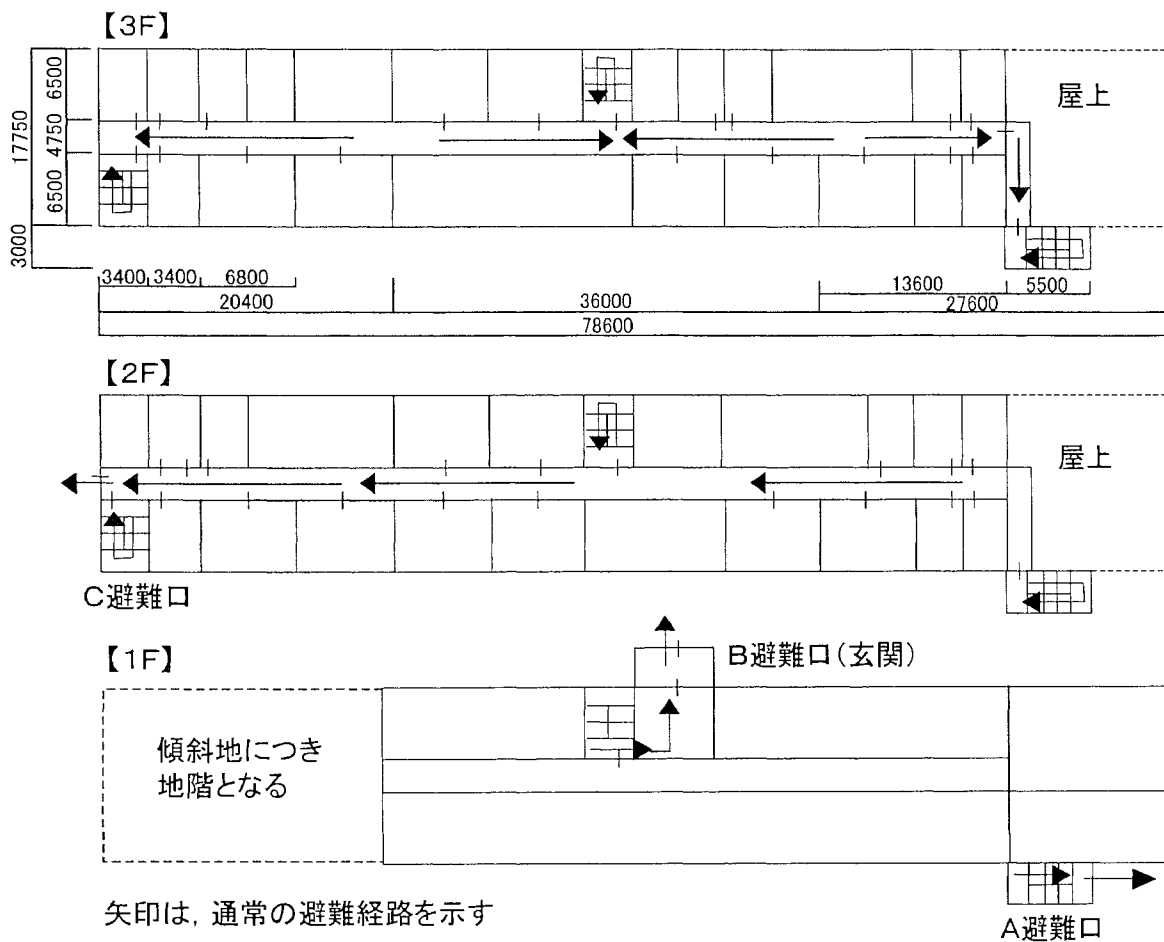
避難施設の管理状況および避難計画に関する現地調査は、平成12年2月に札幌市手稲区の福祉施設の防火管理者に対して行った。さらに、入所者の歩行速度および歩行環境に関する調査を行った。現地調査を行った福祉施設は、入所定員90人、職員数34名（夜間4名）の老人保健施設で、一日あたり30人のデイサービスも受け入れている。また、同施設の平面計画および基本的な避難経路の概略は図3-21のようになっている。図のように、床面積約1000㎡の鉄筋コンクリート造3階建となっている。ただし、図に示すように傾斜地に建設されているため一部地上2階建てとなり、図中C避難口は直接地上に通じる避難口となっている。

現地調査では、避難口およびその周辺、屋外避難施設の管理状況について写真観察を行った。防火管理者に対するヒアリング調査は、積雪期における避難施設の管理方法について、施設における避難計画について、消防署による避難施設の維持管理の指導内容について、入所者の歩行能力と避難方法および避難時における問題点についてそれぞれ行った。さらに、管轄消防署の防災担当者に対するヒアリング調査では、同施設における冬期査察時の指導内容および避難施設の維持管理の指導内容について行った。

(2) 現地調査およびヒアリング調査の結果

1) 福祉施設における避難施設の管理状況

積雪期における福祉施設の避難施設の管理状況を写真視察した。その結果、図3-21に示すA避難口およびC避難口の状況を見ると写真3-3となる。写真に示すように屋外避難階段の地上部分の管理状況は、定期的な除雪作業によりある程度の避難経路を確保している。しかし、写真に示すように同階段の内部は吹溜り等による階段面の凍結や積雪の状況が確認された。これらは、積雪地域の建築物において頻繁に見られる現象である。さらに、C避難口の状況を見ると屋外避難階段と同様に除雪作業がなされているものの、無雪期と比較すると避難に有効な面積は激減している。これ



矢印は、通常の避難経路を示す

【福祉施設の概要】

用途: 老人保健施設
 入所定員: 90名 職員数: 34名(夜間4名)
 構造: 鉄筋コンクリート造, 3階建
 床面積: 約1000㎡

【現地調査内容】

避難口およびその周辺, 屋外避難施設の写真観察

【ヒアリング調査】

- (防火管理者)
- ・積雪期における避難施設の管理方法
 - ・施設における避難計画
 - ・避難時における問題点
 - ・消防署による維持管理の指導内容
 - ・入所者の歩行能力と避難方法
- (消防署防災担当者)
- ・冬期査察時における指導内容
 - ・避難施設の管理の指導内容



C避難口側より全景



C避難口

A避難口

図 3 - 21 老人福祉施設の平面概要

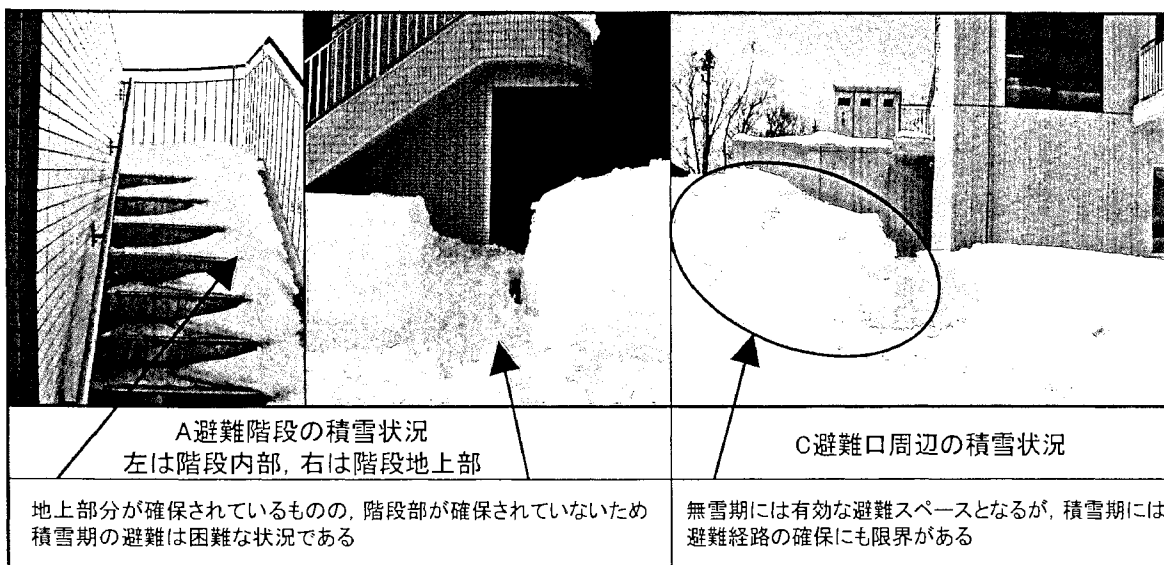


写真 3 - 3 避難施設周辺の積雪状況

らのことから、積雪期における避難行動では、無雪期とは異なる避難経路を選択せざるを得ない。具体的には、避難経路の重複が考えられる上に、歩行困難者の介助にも十分な検討が必要である。さらに、避難経路が重複することは、避難者の滞留の大きな要因となり結果として避難完了までの時間が延長されることは必至である。

2) 避難施設の維持管理方法および避難計画の状況

ヒアリング調査の結果、施設および入所者の性質上災害時の避難行動に関しては危惧するところが多く、特に夜間の災害時には介助にあたる職員教が昼間に比べ極端に少なくなるため、入所者の避難を十分に行えるかが問題となっている。また、通常の歩行が困難な入所者も多く、この場合、上下階への避難行動については不可能に近い状況であるとの事であった。また、建築関連法規による防災上の規定は、あくまでも最低限のものであり、特に積雪地域における避難施設の管理には、建築物の設計段階から配慮する必要がある。しかし、現実には建設費やその他建築主の意識など様々な要因から積雪に対応した防災計画が行われていない状況にあるとのことであった。これらの結果は、山形らが行った積雪地域の他都市における現地調査の結果からも明らかとなっている⁵⁾。消防署による避難施設などの維持管理に関する指導内容につい

ては、定期的な査察時においても屋内の避難施設および消火設備に関する指導が中心で、積雪期における避難施設の維持管理に関しては具体的な指導がされていないことが明らかとなった。

同施設における避難計画について調査した。同施設の入所者は、図3-21に示す2階および3階に居住している。さらに、2階には自立での歩行が困難な人(車椅子、歩行器などを使用)、3階には自立での歩行が可能な人(杖などの使用を含む)と区分している。入所者は、通常エレベーターを利用し各階を移動している。しかし、災害時にはエレベーターを使用することが出来ないため歩行または介助により避難することとなる。ここで、同施設の避難経路についてみると、施設の立地条件から図3-21に示すC避難口が地上に通じているため、2階および3階の入所者の一部はここからの避難となる。3階の入所者の多くはA避難階段またはB避難階段を利用する。しかし、避難施設の写真観察結果から明らかなように、積雪期における避難施設の管理状況からみると、屋外避難階段は積雪期の避難経路として有効ではない。

3) 消防署による指導状況

管轄消防署の防災担当者に対するヒアリング調査では、同施設における冬期査察時の指導内容および避難施設の維持管理の指導内容について行った。しかし、この施設に関する資料は開示されなかったため、消防署における一般的な指導項目について調査した。積雪期における指導内容としては、屋内の避難施設および消火設備に関する指導のほか、札幌市火災条例に基づき、敷地内の避難経路の確保や避難施設の機能を確保する旨の指導を行っているものの、具体的な管理方法などは管理者に委ねている状況であった。これらは、福祉施設におけるヒアリング調査から明らかとなった消防署の指導内容と一致していた。

4) 福祉施設の入所者における歩行速度

福祉施設における入所者の歩行速度および歩行の状況を調査した。入所者の歩行状況は主に、車椅子、歩行器、杖および自立での歩行に大別された。歩行速度を計測結果は、歩行状況の違いに関わらず概ね0.54m/secであった。これは、同年代における歩行速度のおよそ4割程度の速度であった。また、前項で明らかなように圧雪状態での歩行速度は乾燥路面における速度からおよそ1割減少することが明らかであるが、上述の入所者の状況をみるとさらに減少することが考えられる。これらは、積雪期における避難行動に大きく影響を及ぼすものとする。

(3) 積雪状況を考慮した避難計画の評価

1) 避難時間の推定条件

現地調査を行った福祉施設を対象に、積雪期および無雪期における避難時間の推定を建築物の各階の連続性を考慮して行った。推定に用いた条件は前述の調査結果から図3-22に示すように積雪期および無雪期の避難経路をそれぞれ設定し、屋内における歩行速度は、0.54m/sec、階段における歩行速度は0.27m/sec、積雪期の屋外における歩行速度は0.48m/secとした。2階の廊下における最大人口密度は、車椅子又は歩行器の大きさを考慮し1.2人/m²とした。また、図のように対象とする建築物は、地上3階建(傾斜地に建設されているため一部2階部分からの避難となる)、通常の避難口が3ヶ所で、図中のB避難口が主出入り口となっている。避難時間の推定では、平面計画をA、BおよびCブロックに分割し、避難対象となる居室を歩行距離が最短となるように図に示す各避難口へ避難させる方法とした。積雪期の避難方向は、現地調査の結果から屋外避難階段が使用できないことを考慮し屋内の避難階段へ変更した。さらに、C避難口では屋外の積雪状況および避難経路の確保状況をもとに条件を与えた。また、介助にあたる職員を各居室に1人配置するものとした。

2) 避難時間の推定結果

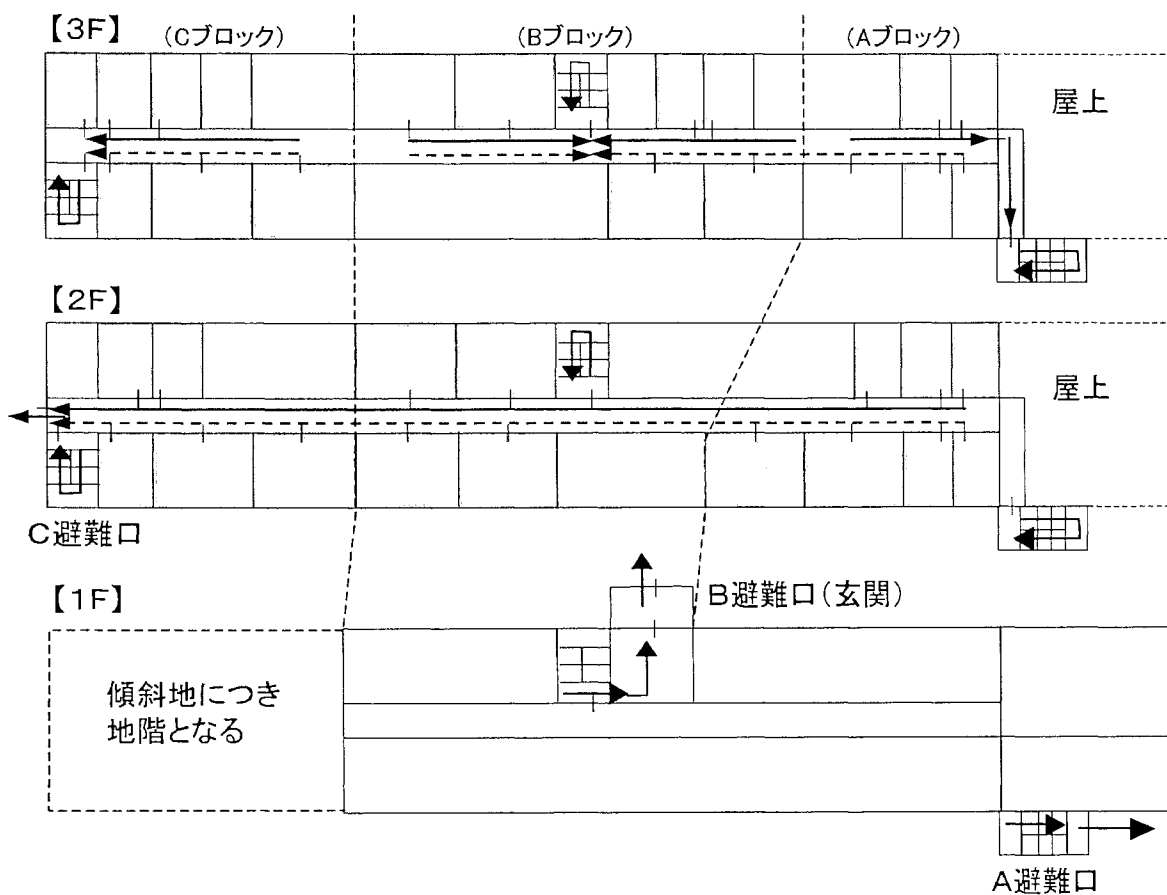
避難時間の推定結果は、以下ようになる。B避難口およびC避難口における避難開始から避難完了までの避難完了者割合を見ると図3-23となる。さらに、図中には(3.5)式から得られる2階および3階の階許容避難時間を示した。

$${}_r T_f = 8\sqrt{A} \quad \dots \dots \dots (3.5)$$

${}_r T_f$: 指針による階許容避難時間 (秒)

A : その階の居室および廊下面積の合計 (m²)

図のように、積雪期と無雪期を比較するとB避難口の場合、最初の避難者については同時刻に避難が完了し、最終避難者が完了する時刻は積雪期では35秒遅くなる。これは、Aブロック3階の避難者が積雪期に避難経路を変更するためである。さらに、C避難口の場合、積雪期の最終避難者が25秒遅くなる。これは、C避難口外部の積雪により避難者の流出が制限されるためである。各階の階許容避難時間についてみると、両者共に許容避難時間を超えてはいないものの2階については積雪期の場合は許容避難時間との差はわずか5秒となった。



【避難時間の推定に用いた条件】

- ・居室および廊下の歩行速度 0.54m/sec
- ・階段の歩行速度 0.27m/sec
- ・積雪期における屋外の歩行速度 0.48m/sec
- ・避難流は、出口および通路幅により制限される
- ・廊下および階段の最大人口密度
3F:2.8人/m² 2F:1.2人/m²
- ・出火階を1階とする
- ・各避難口は避難後一様に拡散するものとする
ただし、積雪期のC避難口は屋外通とを通る

【凡例】

- ◻ : 避難対象居室
- ← : 無雪期の避難経路
- ←--- : 積雪期の避難経路

図 3 - 22 避難時間の推定に用いた避難経路および設定条件

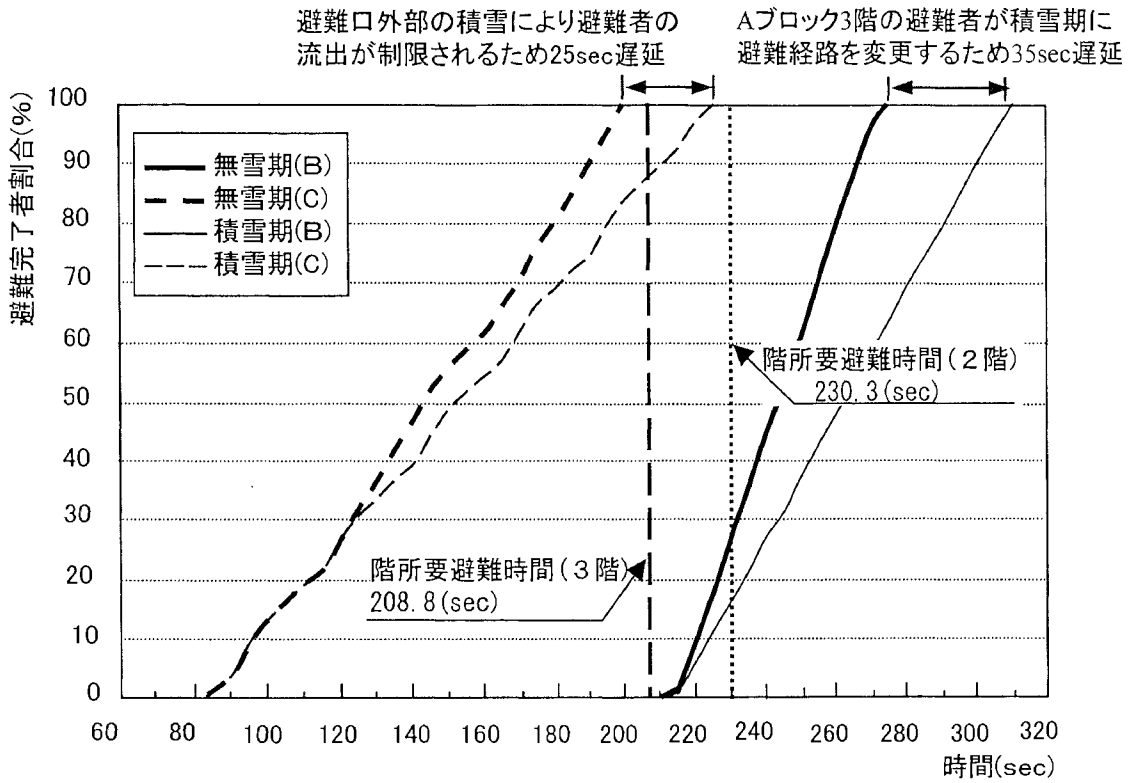
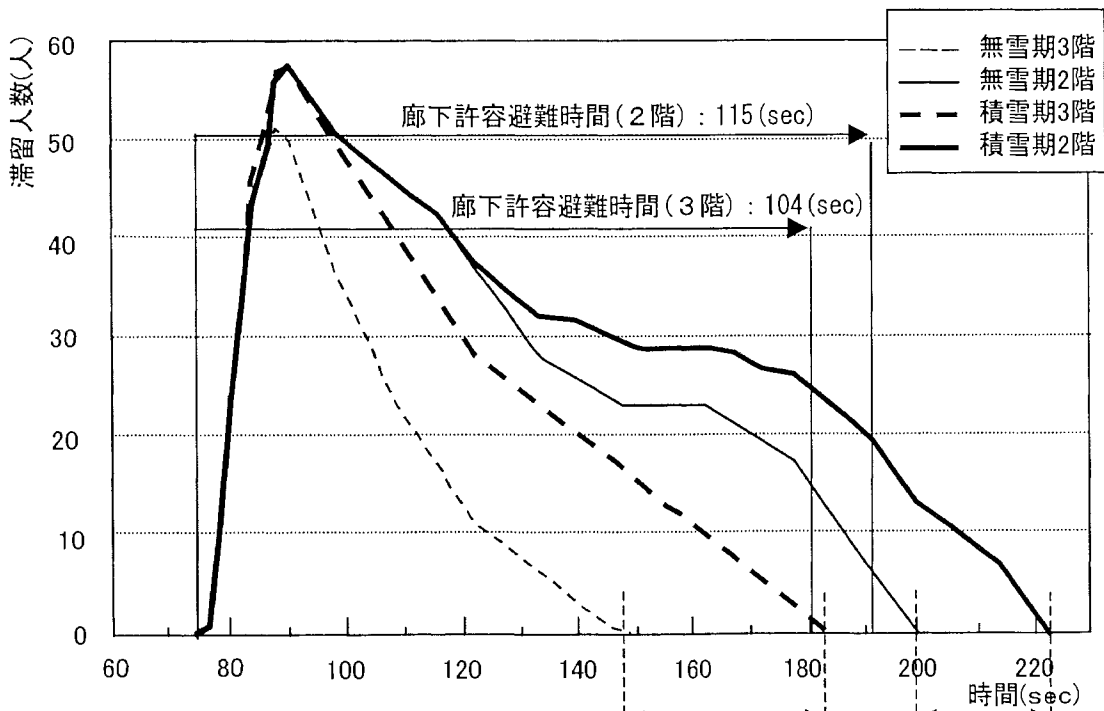


図 3 - 23 各階における避難完了者数



施設入所者の性質から避難口が限定され、さらに、積雪期には屋外避難階段が使用不可能になるため建築物内部の滞留が増加する。

図 3 - 24 各階における滞留者数

次に、2階および3階の廊下における滞留者数を見ると図3-24となる。さらに図中には(3.6)式から得られる廊下許容避難時間を示した。

$${}_r T_c = 4 \sqrt{A} \dots \dots \dots (3.6)$$

${}_r T_c$: 指針による廊下許容避難時間 (秒)

A : その階の居室および廊下面積の合計 (㎡)

図のように、各階共に上述の階避難時間と同様の要因から積雪期の避難時間に遅れが生じている。特に、2階における滞留の状況は、本来三方向ある避難経路を一方向に集約したために大幅に遅れが生じている。さらに、積雪期においては屋外歩行の影響により内部の滞留が増加する結果となった。

これらのことから、避難施設の維持管理は避難時の歩行状況などを考慮し、常に避難施設としての機能を発揮できる状態にしなければならない。また、建築計画において避難計画を行う場合、特にその建築物や利用者の性質を考慮する必要がある。調査の対象とした福祉施設のように夜間も多数の入所者がいるにもかかわらず、昼夜の職員数に格差がある場合は特に詳細な検討が必要である。

積雪地域における避難施設の維持管理を考えると、建築計画時における積雪への配慮が必要となることから、図3-25に示すように屋外避難経路を建築物における避難施設の一部と位置付け、駐車場など常に除排雪される位置に避難経路を配置するなど除雪計画と避難計画を関連付けた計画を行うことが必要である。

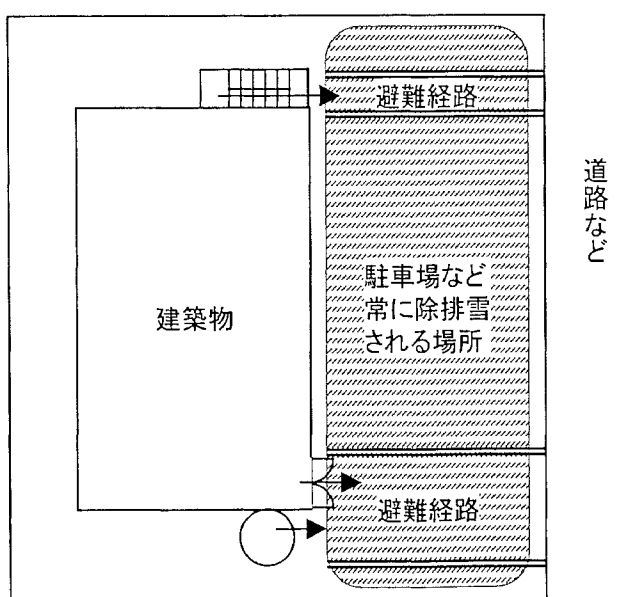


図3-25 除雪計画と避難計画を関連させた配置計画

3.4 まとめ

本章では、積雪期における避難行動について「積雪条件が避難行動に及ぼす影響」を明らかにするため、まず、歩行環境が歩行速度に及ぼす影響について検討した。さらに、シミュレーションモデルを作成し、積雪条件の違いによる避難時間の推定を行った。また、福祉施設において避難計画に関する現地調査を行い、実状に基づき積雪期における避難時間の推定を行った。本章の結果をまとめると以下ようになる。

- 1) 歩行環境が歩行速度に及ぼす影響をみると、乾燥路面および圧雪路面における歩行速度は、男性、女性ともに20～30歳代で最大値となり加齢に伴う減少傾向がみられ、60歳代以上においては50歳代より1～2割減少することが明らかとなった。また、積雪状態における20歳代男性の歩行速度をみると、積雪深20cmまでは大きな変化がないものの、積雪深30cm以上では急激に減少することが明らかとなった。
- 2) 避難計画の評価基準となる建築防災計画指針による評価とシステムダイナミクスによる避難時間の推定結果を比較すると、同義の結果を得ることができた。従って、動的な事象に対するモデルの作成により評価を行うことのできるシステムダイナミクスを避難計画の検討に用いることが可能であることが明らかとなった。
- 3) シミュレーションモデルにより積雪条件が避難時間に及ぼす影響を検討した結果、避難施設および避難経路の管理が悪ければ日常的に起こりうる積雪状態でも避難時間に影響を及ぼすことが明らかとなった。
- 4) 福祉施設における避難施設の現地調査の結果、積雪期の屋外避難施設は十分に機能していない。さらに、このような状況の中、避難時間の推定を行った結果、積雪による歩行速度の低下、利用者の性質から避難経路が限定されることなどにより積雪期における避難時間は無雪期に比べ遅れを生じることが明らかとなった。

以上のように、建築物周辺における積雪条件は、避難施設等の管理状況によって避難行動に影響を及ぼす。避難施設は、積雪期においてもその機能を保てるよう十分に管理されなければならない。さらに、屋外における避難経路も歩行速度に影響を及ぼさない範囲で管理されなければならない。また、避難行動に影響を及ぼす積雪深については、積雪条件の違いによる歩行速度の実測結果から積雪深が20cmを超えると20歳代男性であっても避難行動に困難を生じることが明らかとなった。これらへの対応は、除雪計画と避難計画を関連させた建築計画が有効である。

第3章の参考文献

- 1) 北浦勝：積雪地域における地震対策について，ゆき No.26, pp.16-21, 1997.1
- 2) 萩原一郎他1名：避難安全規定の国際比較，日本建築学会計画系論文報告集 第470号, pp.1-10, 1995.4
- 3) 大宮喜文他4名：避難安全規定に関する研究，日本火災学会研究発表会梗要集, pp.147-150, 1991
- 4) 広明他2名：避難経路の想起に影響を与える空間的特徴に関する研究，日本建築学会計画系論文報告集 第476号, pp.1-7, 1995.10
- 5) 山形敏明他1名：冬期間における避難施設の現状と対策について，日本雪工学会誌 Vol.12 No.2, pp.3-10, 1996.4
- 6) 北海道工業大学他：市町村の雪害に関する実態調査結果，北海道工業大学・北海道立寒地住宅都市研究所・北海道開発局開発土木研究所共同研究報告書, 1992.11
- 7) 細川和彦他2名：北海道で発生した人身雪害の現状分析，日本雪工学会誌 Vol.15 No.1, pp.19-24, 1999.1
- 8) 高西義光他3名：冬季の歩行と気象に関する基礎研究，寒地技術シンポジウム論文集, pp.238-243, 1993.12
- 9) 堂柿栄輔：歩行者交通特性の季節間比較について，寒地技術シンポジウム論文集, pp.265-270, 1988.11
- 10) 吉田克之他1名：防災計画の研究 5.伸縮ブロックモデルによる群衆流の解析，日本建築学会大会学術講演梗概集E, pp.773-774, 1989.10
- 11) 日本建築センター編：新・建築防災計画指針，日本建築センター発行，1996.11
- 12) 財団法人日本万歩クラブ編：歩け!!，成美堂出版発行，1978.6
- 13) 建築技術研究会編：基本建築関係法令集 2000年版，建築資料研究社発行，2000.2
- 14) 札幌市消防局監修：火災予防例規集, pp.1-80, 1996.8
- 15) 河井信之他4名：群衆施設計画における歩行遅れ時間のモデル，日本建築学会大会学術講演梗概集E, pp.579-580, 1987.10
- 16) 新建築学大系編集委員会編：新建築学大系 12 建築安全論, pp.250-252, 彰国社発行，1983.3
- 17) 日本建築学会編：コンパクト建築設計資料集成，丸善株式会社発行，1996.11

第4章 市町村における防災対策上の問題点

4.1 はじめに	1
4.2 研究方法	2
4.3 北海道内の市町村における防災対策の現状	3
4.3.1 分析対象の市町村における気象特性	3
4.3.2 北海道内の市町村における雪問題の現状	7
4.3.3 北海道内の消防本部(組合)における防災対策の現状	20
4.4 まとめ	31
参考文献	32

第4章 市町村における防災対策上の問題点

4.1 はじめに

雪害が冬期間における災害時に及ぼす影響についてみると、1993年1月の釧路沖地震や1994年12月の三陸はるか沖地震などにみられるように、雪害に加え他の自然災害が複合発生し、火災などの二次災害が発生した場合、雪害が初期避難行動に及ぼす影響が危惧される。このようなことから近年では、防災・地域・建築等の各種計画における雪氷防災上の対策の重要性が指摘され^{1~4)}、積雪地域独自の都市防災計画および防災行政が見直されている^{5, 6)}。特に、1995年1月に発生した阪神・淡路大震災は、防災計画をはじめ地域計画や建築計画など多岐にわたる再考の契機となった^{7, 8)}。

前章で示したように、積雪地域では、避難施設の管理状況の優劣により避難時間に大きな影響を及ぼす。公共施設や商業用施設など不特定多数の利用者がある建築物、つまり消防法上の防火対象建築物では防火管理者の設置が義務付けられ、避難通路や避難口などの整理・確保は管理上の責任を問われ、消防上の監督指導が行われている⁹⁾。

現行の避難施設および避難口の法的規制は、建築基準法および消防関係法によって設置基準が詳細に示されているが、これらが十分に機能するためには、上述のように十分な維持管理が必要である。つまり、積雪地域における建築計画および避難施設の維持管理方法は、基礎的基準となる法令上の規制に加え、地域特性を考慮した計画手法および維持管理の指導が必要となる。しかし、積雪地域の冬期間における避難施設の現状は、管理状態が不十分で使用不能な建築物が多くみられ、さらに、これらを実証的に検討した報告は山形らの他に見当たらない現状にある¹⁰⁾。このような状況は、市町村や消防本部における避難施設に対する恒常的な雪害への配慮が不十分であることや、維持管理の指導が法規制に従った一律的なものであるためと考える。またこれらは、積雪地域の市町村における気象的背景などの地域特性に関する資料の欠如も対策を遅らせている要因の一つであると考えられる。

このようなことから、本章では避難施設の維持管理に対する指導的立場にある市町村および消防関係機関における雪対策および防災対策の現状を把握することを目的に防災対策の実施主体である北海道内の212市町村および72消防本部(組合)を対象にアンケート調査を行った。さらに、各市町村の気象特性と防災対策の現状との関係について検討した。これらから、冬期間の気象特性が現状の対策に及ぼす影響および積雪期における防災上の問題点について考察する。

4.2 研究方法

避難施設の維持管理に対して指導的立場にある市町村および消防関係機関における雪対策および防災対策の現状を明らかにするため、以下に示すアンケート調査を実施した。

アンケート調査は、北海道内の 212 市町村に対し「道内市町村の雪対策に関する調査」、北海道内の 72 消防本部(組合) (以下、消防本部と記す) に対し「積雪地域の防災計画に関する調査」をそれぞれ平成 12 年 10 月に実施した。北海道における消防本部は、1 市町単独で構成する消防本部と、複数の市町村により構成する消防組合に分けられている。アンケートはこれらの市役所および町村役場の雪対策担当部署、消防本部の防災担当部署宛てに郵送し、回答後返送してもらった。アンケートの回収率は、市町村に対する調査においては 74.1% (157 市町村)、消防本部に対する調査においては 94.4% (68 本部) であった。

市町村に対するアンケートでは、「過去の雪害事象」、「雪対策」、「雪処理」、「防災計画」、「降積雪の状況」、「雪対策の課題」、「利雪」および「その他の基礎事項」などの大問 10 および小問 35 で構成されている。消防本部に対するアンケートは、「過去 5 年間の火災件数および冬型の火災事例」、「防災対策」、「冬期査察状況」、「地域防災計画」、「消防活動の問題点」および「その他の基礎事項」などの大問 13 および小問 24 で構成されている。本章では、これらのアンケート項目のうち表 4-1 に示すように市町村については雪害事象および防災計画、消防本部については火災事例、防災対策および地域防災計画の各項目について分析を行う。また、これらの回答項目と市町村の気象特性との関係について検討を行う。

表 4-1 分析に用いたアンケート項目

「道内市町村の雪対策に関する調査」
・市町村で発生する雪問題のうち影響の強い順位について (順位の記入)
・雪害との複合災害で最も問題となったものについて (単数回答)
・複合災害に対する具体的な対応策や防災計画について (単数回答)
・現行の地域防災計画に対する評価について (単数回答)
「積雪地域の防災計画に関する調査」
・過去 10 年間に発生した冬型の火災事例について (雪や寒さにより被害が拡大したもの。自由記述)
・消防活動の障害となる原因のうち影響の強い順位について (順位の記入)
・防火対象建築物の計画・管理に対する指導について (複数回答)
・冬期間の防災対策上、最も重視する気象条件について (単数回答)
・避難経路の確保に関する指導について (単数回答)
・避難施設の維持管理に関する指導について (単数回答)
・地域防災計画の立案形式について (単数回答)

4.3 北海道内の市町村における防災対策の現状

4.3.1 分析対象の市町村における気象特性

北海道内の市町村に対するアンケート調査の回収率は前述の通り 74.1%(157 市町村)であった。回収市町村の分布状況を図 4-1 に示す。図のように、回答を得た市町村は道内全域に分布している。支庁別の回答状況をみると宗谷支庁で回答率が 50.0%と最も低く、各支庁の半数以上の市町村が回答している。

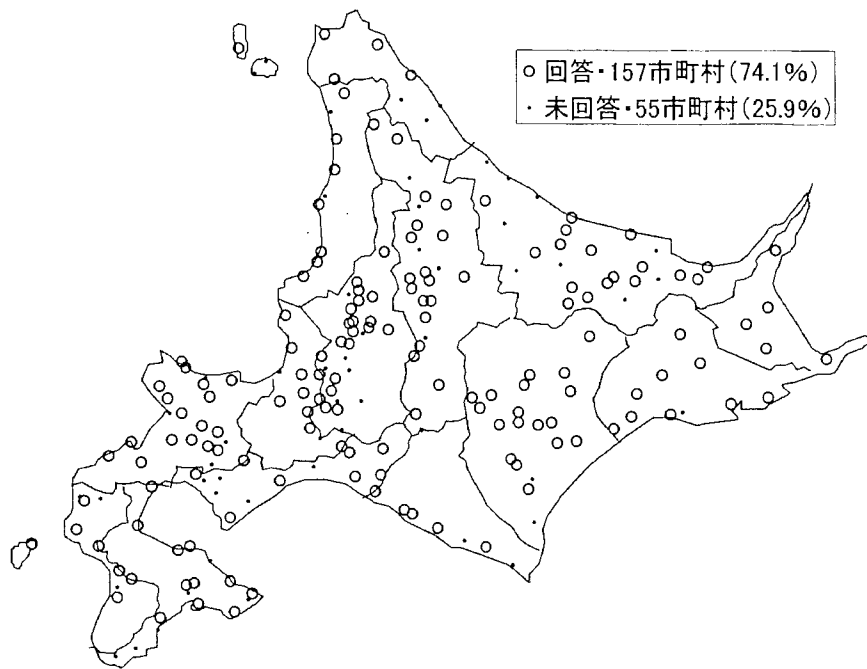
全市町村および回答があった市町村の気象特性の分布を以下に示す。気象特性の分析は、北海道内の気象観測地点における 1985 年から 2000 年の観測値から平年的な値を示す 2 年再現期待値を算出した。各年における集計期間は、11 月から 4 月とし、気象官署又は地域気象観測網 (AMeDAS) のうち各市町村に最も近い観測地点の値を用いた。なお、1985 年から 1996 年は、気象庁提供による観測年報、1996 年から 2000 年は MICOS((財)日本気象協会のオンライン気象資料収集システム)の気象資料を用いた。各市町村に対応する観測地点の詳細については第 5 章に示す。

アンケートの回答市町村における「根雪期間」の平年値と「最深積雪深」、「真冬日日数」および「平均風速」の平年値との関係性をみると図 4-2~4 のようになる。なお、図には北海道内の全市町村における各気象要素の分布とそれぞれの回答割合を示している。図中に用いる各気象要素の定義は以下の通りである。

「**根雪期間**」: 積雪の継続期間は、他の災害と複合し被害を増大させる。さらに、この継続期間は地域により継続期間が異なることから、これらを明確にすることが防災対策上必要となる。根雪期間とは、積雪が 30 日以上連続して存在した時の連続日数を示す。ただし、10 日以上連続積雪同士が積雪の無い日を挟んで存在する場合、無積雪日の日数が 5 日以内ならば両者は連続しているとみなす。また、両者の間に無積雪日や積雪日が混在していたとしても、そのうち無積雪日のみの合計が 5 日以内であれば連続しているとみなす。

「**最深積雪深**」: 積雪の継続期間に加え積雪の深さは、雪処理の面においてもその負荷を左右し、また、災害発生時の被害の程度も左右される。即ち、防災対策上、地域における最深積雪深の差異を明確にする必要がある。最深積雪深とは、一冬期間における積雪深の最大値とする。

「**真冬日日数**」: 凍結による雪害事象は多く、これに対応する手法はこれまで数多く行われている。また、積算寒度などの指標は寒さの程度を表すものとして有効であるが、雪対策や防災対策などを考える場合、市町村がどの程度の期間凍結による支障を受けるかを明確にすることが必要である。従って、一冬期間における日最高気温が 0℃未満の日の合



支庁名	市町村数	回答数	回答率(%)
根 室	5	5	100.0
十 勝	20	18	90.0
釧 路	10	9	90.0
後 志	20	17	85.0
石 狩	10	8	80.0
上 川	24	19	79.2
留 萌	9	7	77.8
空 知	27	20	74.1
檜 山	10	7	70.0
日 高	9	6	66.7
網 走	26	17	65.4
渡 島	17	11	64.7
胆 振	15	8	53.3
宗 谷	10	5	50.0
合 計	212	157	74.1

図4-1 回答市町村の分布状況

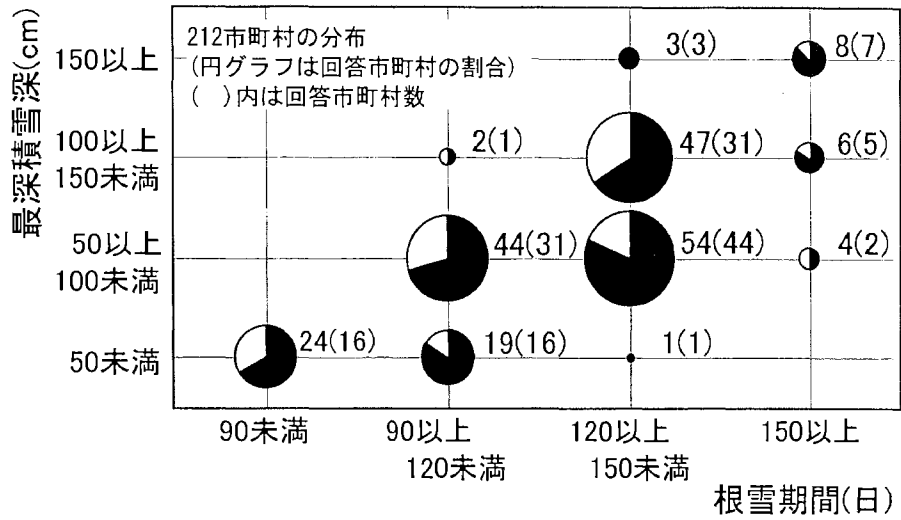


図4-2 全市町村に対する回答市町村の根雪期間と最深積雪深の分布状況

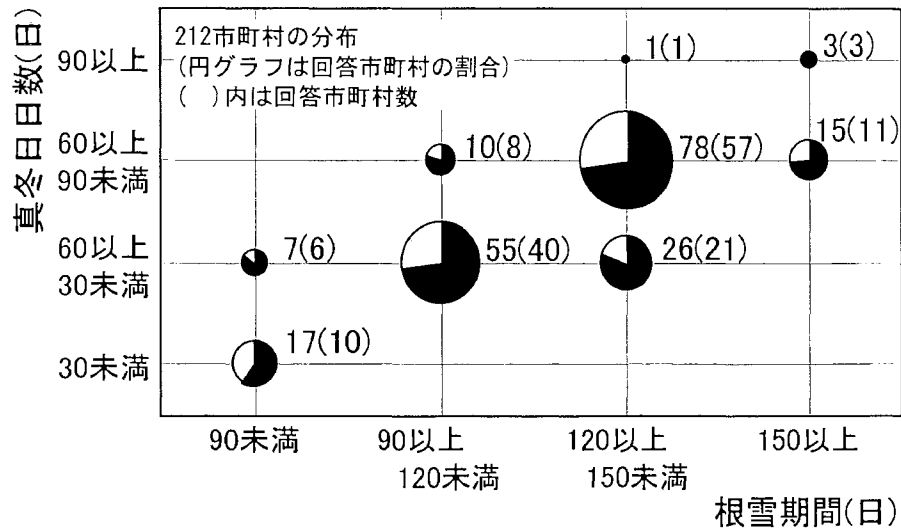


図4-3 全市町村に対する回答市町村の根雪期間と真冬日数の分布状況

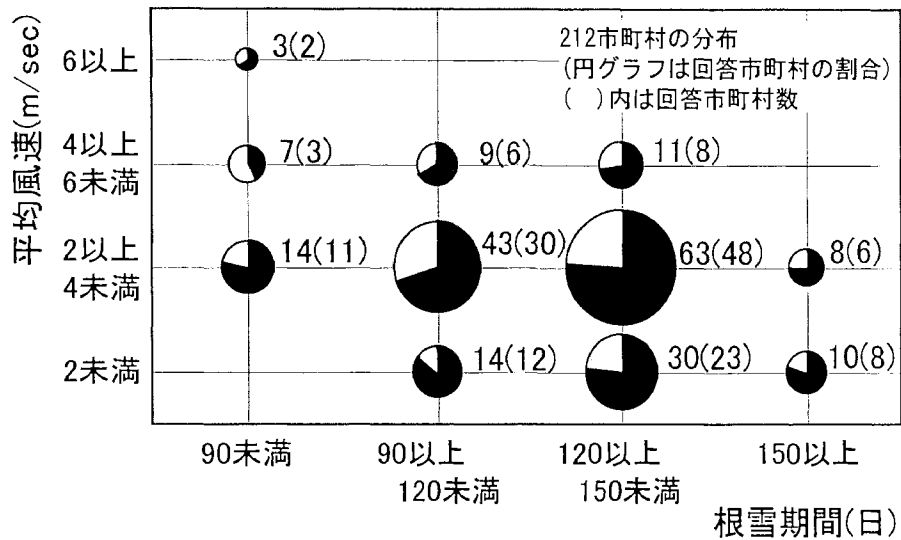


図4-4 全市町村に対する回答市町村の根雪期間と平均風速の分布状況

計日数を真冬日日数とする。

「平均風速」: 風を伴う雪害事象をみると、吹雪や吹きだまりおよび視程障害などが挙げられ、これらは雪を伴う現象である。積雪期における風雪害は積雪または降雪を伴うため、根雪期間における風速の状況を明確にする必要がある。また、吹雪の発生状況は、降雪を伴わない場合においても日平均気温と日平均風速の関係から地吹雪の発生を予測することが可能である。日平均風速は、気象資料の観測項目として入手が可能である。

アンケートの回答市町村における各気象要素の分布状況は図のように、根雪期間をみると90日～150日に全体の8割が分布している。さらに、最深積雪深、真冬日日数および平均風速の分布状況も全市町村の分布に対し回答市町村が5割以上を占めている。

以上のように、アンケートの回収状況には地域的な偏りが少なく、さらに、気象的背景も全市町村の分布に対する偏りは少ない。これらのことから、回答を得た市町村の結果を基に北海道における雪問題の現状を検討することが可能である。

4.3.2 北海道内の市町村における雪問題の現状

北海道内の市町村を対象としたアンケート調査は、回収率が74.1%（157市町村）と高い状況である。さらに、各支庁における回答市町村の分布も均一で気象的背景も全市町村の分布状況と近似した分布となっていた。これらのことから、回答を得た市町村の結果を基に北海道における雪問題の現状を検討することが可能である。本章では各市町村の回答結果を基に前節に示した気象資料を用い気象的な背景との関係について検討を行っている。

（1）市町村における雪問題の発生原因

市町村における雪問題の発生原因として影響の強い気象条件の順位を図4-5に示す。なお、集計結果は未記入回答数を除いて示している（以下、各項目についても同様）。図は、各市町村で発生する雪問題の原因として「多量の降雪」、「吹雪・吹きだまり」、「雪崩」および「凍結」のうち影響の強いものに順位を付け回答を得たものを上位3位まで示したものである。図のように、雪問題の発生原因の第1位は「多量の降雪」が最も多く、次に多い「吹雪・吹きだまり」までで全体の約8割を占め、北海道内の市町村においては雪と風による雪問題の発生が最も問題となっている。第2位では「吹雪・吹きだまり」が最も多いが、第1位に比べ雪と風による問題の発生は減少している。これに対し、「凍結」の割合が約3割と増え、雪と風に加え寒さも雪問題の発生に影響を及ぼしている。第3位では、「凍結」による問題が約5割と最も多くなる。

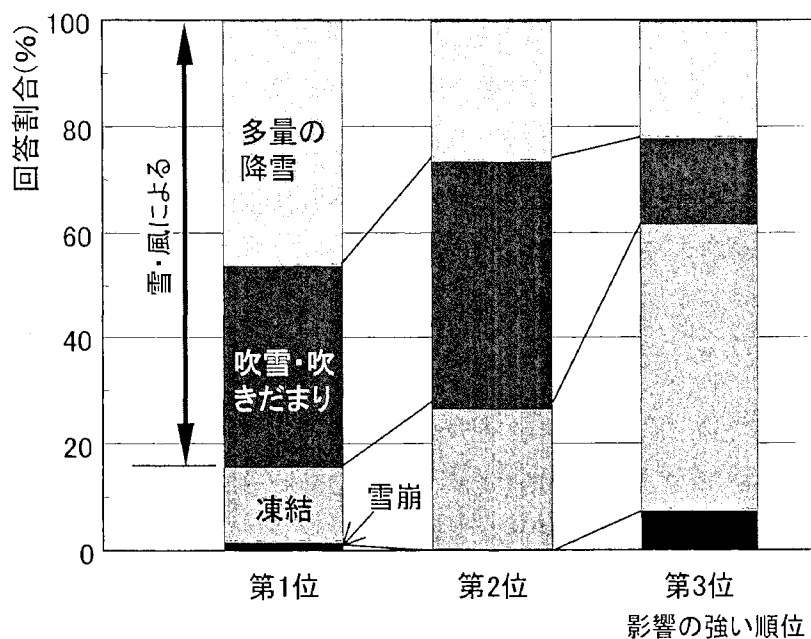
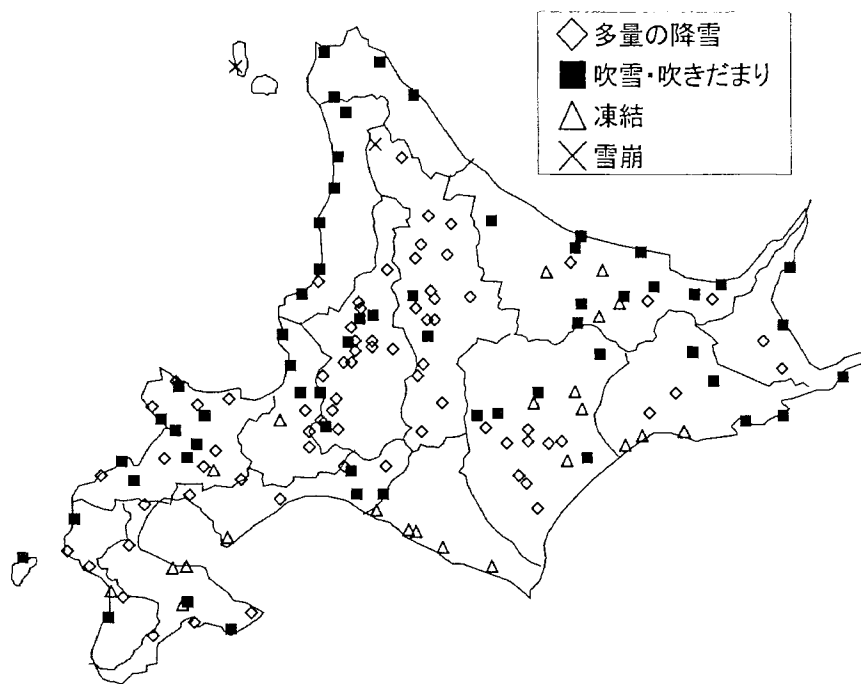


図4-5 雪問題の発生原因として影響の強い気象条件の順位

市町村における雪問題の原因内容から第1位の分布および各支庁における発生原因別の割合をみると図4-6となる。図のように、第1位の発生原因を「多量の降雪」とした市町村は上川、空知支庁で各支庁の8割を超えている。また、第1位の発生原因を「吹雪・吹きだまり」とした市町村は留萌、宗谷支庁に、「凍結」とした市町村は日高支庁に特に多く、これらは北海道の各地域に特徴的な分布を示している。さらに、北海道内の市町村全体における雪問題の発生原因の分布傾向をみると、図4-7の模式図に示すように、「吹雪・吹きだまり」を原因とする雪問題が北海道全域に分布し、地域により「多量の降雪」および「凍結」を原因とする雪問題が複合的に発生している。また、図4-6に示した通り雪問題の発生原因は、順位の変化に伴い影響を及ぼす原因が移行している。これらの原因が移行する過程をみると図4-8のようになる。図には、第3位までの回答のあった129市町村について第1位から第3位までの発生原因内容の移行過程を示している。図のように、発生原因内容の移行過程には第1位から第3位を「多量の降雪」、「吹雪・吹きだまり」および「凍結」のみとする組み合わせが全体の9割を占める。さらに、「多量の降雪」、「吹雪・吹きだまり」および「凍結」のみによる組み合わせに該当する市町村の詳細についてみると表4-1のようになる。表のようにそれぞれの組み合わせとその分布状況をみると、降雪の影響を強く受ける市町村は内陸部から道南部にわたる地域および山間部に多く分布している。さらに、吹雪および凍結による影響は道東部および太平洋沿岸部に分布している。

雪問題の発生原因のうち特に第1位および第2位は、前述の三項目以外の組み合わせが殆どみられない。図4-9に第1位および第2位の原因の組み合わせ別に分布図を示す。図のように、第1位を「多量の降雪」とした市町村のうち、第2位を「吹雪・吹きだまり」とした市町村は上川、空知および後志地方を中心とする内陸部に分布し、「凍結」とした市町村は江別市や岩見沢市、旭川市など道央自動車道沿線に位置する市町村と帯広市を中心とする近隣市町村に分布している。次に、第1位の原因を「吹雪・吹きだまり」とした市町村のうち、第2位を「多量の降雪」とした市町村は主に胆振、日高および十勝地方の一部を除く北海道全域に分布しており、「凍結」とした市町村は、第1位を「多量の降雪」とした市町村の周辺部に多く分布している。また、第1位を「凍結」とし、第2位を「多量の降雪」としたのは札幌市、北見市および新得町のみであり、第2位を「吹雪・吹きだまり」とした市町村は主に日高地方および釧路地方の沿岸部に分布している。

以上のように、市町村における雪問題の発生原因の組み合わせには地域的な特徴があることが明らかである。特に「多量の降雪」と「吹雪・吹きだまり」の組み合わせのように雪と風により発生する雪問題が多い市町村と、「吹雪・吹きだまり」と「凍結」の組み合わせのように風と寒さにより発生する雪問題が多い市町村の分布状況には顕著な違いがみられる。このように雪問題の発生原因は、「多量の降雪」、「吹雪・吹きだまり」および「凍結」からなる組み合わせでみると、雪対策における重点を明確にすることが可能である。



支庁名	市町村数	多量の降雪	吹雪・吹きだまり	凍結	雪崩
空知	20	16(80.0%)	4(20.0%)	0	0
上川	19	16(84.2%)	2(10.5%)	0	1(5.3%)
十勝	18	9(50.0%)	5(27.8%)	4(22.2%)	0
後志	17	8(47.1%)	8(47.1%)	1(5.9%)	0
網走	17	3(17.6%)	10(58.8%)	4(23.5%)	0
渡島	10	5(50.0%)	2(20.0%)	3(30.0%)	0
釧路	9	2(22.2%)	4(44.4%)	3(33.3%)	0
石狩	8	3(37.5%)	4(50.0%)	1(12.5%)	0
胆振	8	5(62.5%)	2(25.0%)	1(12.5%)	0
檜山	7	3(42.9%)	3(42.9%)	1(14.3%)	0
留萌	7	1(14.3%)	6(85.7%)	0	0
日高	6	0	1(16.7%)	5(83.3%)	0
宗谷	5	0	4(80.0%)	0	1(20.0%)
根室	5	2(40.0%)	3(60.0%)	0	0
合計	156	73(46.8%)	58(37.2%)	23(14.7%)	2(1.3%)

図4-6 雪問題の発生原因第1位の分布

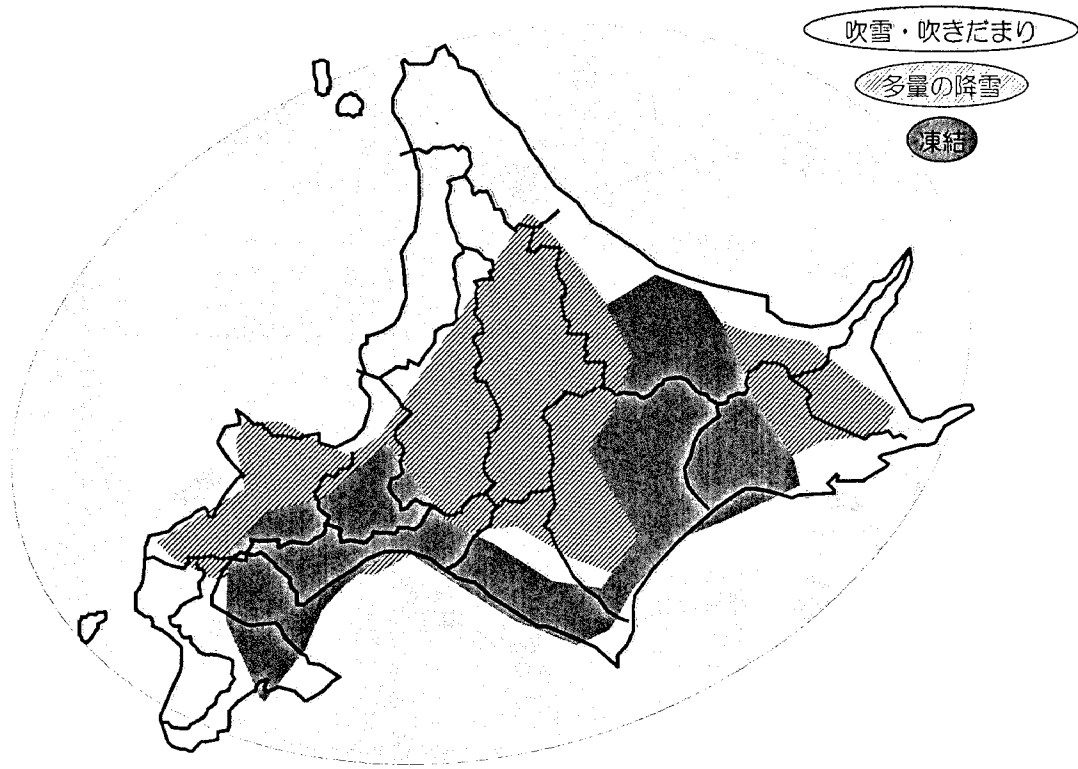
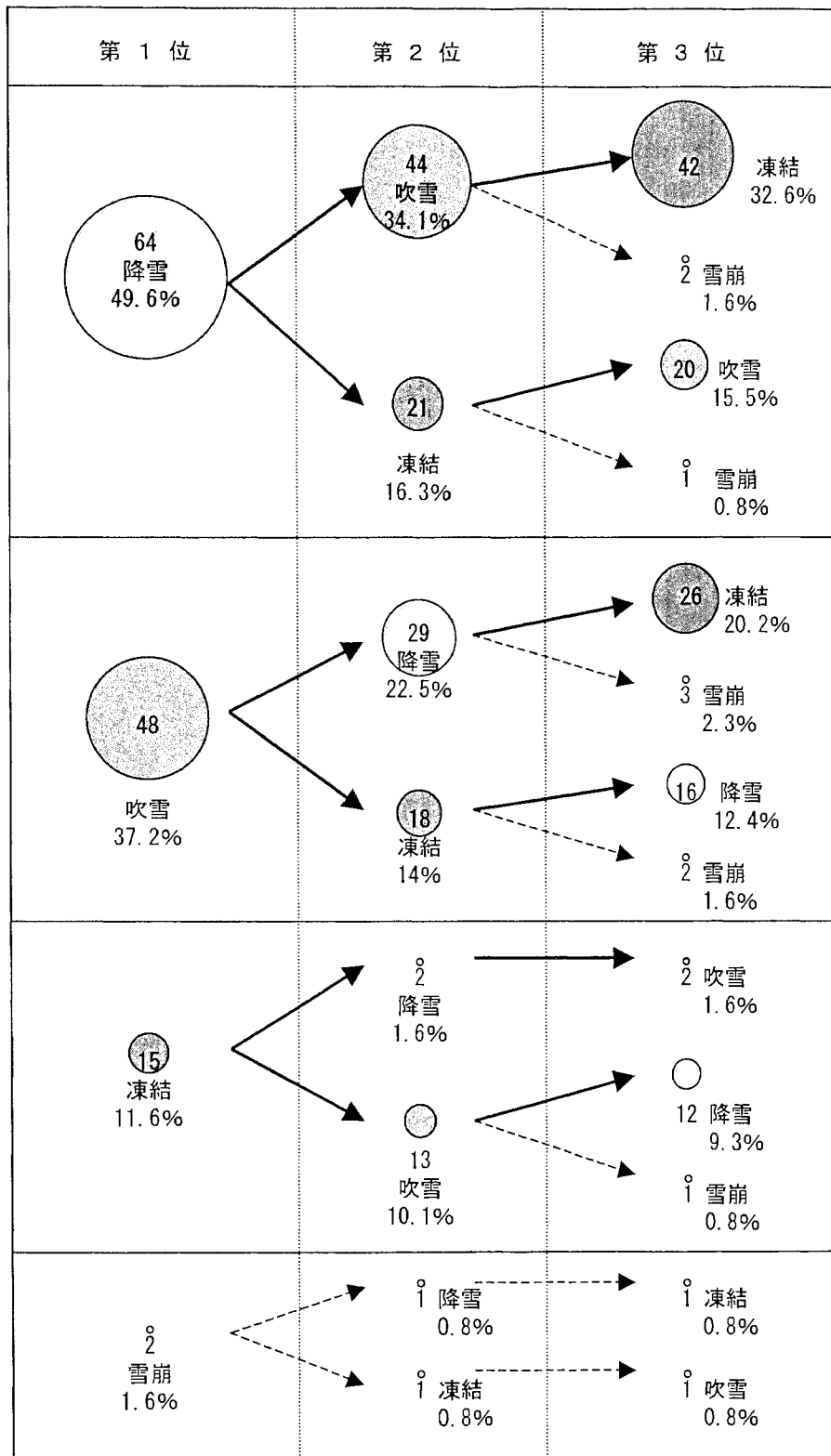


図 4 - 7 雪問題の発生原因の分布模式図



○内の数字は、市町村数を示す。
割合(%)は、第3位まで回答した129市町村に対する割合を示す。

図 4 - 8 雪問題の発生原因の移行過程

表 4-1 雪問題の発生原因の組み合わせと該当市町村の分布

組合せ	該当市町村					市町村分布図
第1位:降雪 ↓ 第2位:吹雪 ↓ 第3位:凍結 (42市町村)	函館市 士別市 名寄市 砂川市 富良野市 北広島市 八雲町 長万部町 厚沢部町 熊石町	大成町 蘭越町 真狩村 京極町 積丹町 仁木町 栗沢町 奈井江町 由仁町 月形町	秩父別町 雨竜町 沼田町 幌加内町 東神楽町 当麻町 比布町 東川町 中富良野町 南富良野町	占冠村 剣淵町 朝日町 下川町 清里町 大滝村 穂別町 清水町 更別村 大樹町	阿寒町 別海町	
第1位:降雪 ↓ 第2位:凍結 ↓ 第3位:吹雪 (20市町村)	旭川市 帯広市 岩見沢市 留萌市 江別市 歌志内市 恵庭市 木古内町 樺法華村 神恵内村	浦臼町 上川町 美幌町 早来町 音更町 芽室町 中札内町 幕別町 池田町 中標津町				
第1位:吹雪 ↓ 第2位:降雪 ↓ 第3位:凍結 (26市町村)	稚内市 当別町 新篠津村 浜益村 七飯町 寿都町 黒松内町 ニセコ町 泊村 新十津川町	鷹栖町 美瑛町 小平町 幌延町 浜頓別町 斜里町 小清水町 端野町 置戸町 上湧別町	西興部村 上士幌町 鹿追町 新得町 標茶町 羅臼町			
第1位:吹雪 ↓ 第2位:凍結 ↓ 第3位:降雪 (16市町村)	深川市 厚田村 戸井町 共和町 長沼町 初山別村 女満別町 常呂町 湧別町 厚真町	鶴川町 平取町 陸別町 浦幌町 厚岸町 弟子屈町				
第1位:凍結 ↓ 第2位:吹雪 ↓ 第3位:降雪 (12市町村)	室蘭市 釧路市 森町 乙部町 留寿都村 訓子府町 丸瀬布町 門別町 三石町 豊頃町	白糠町 音別町				

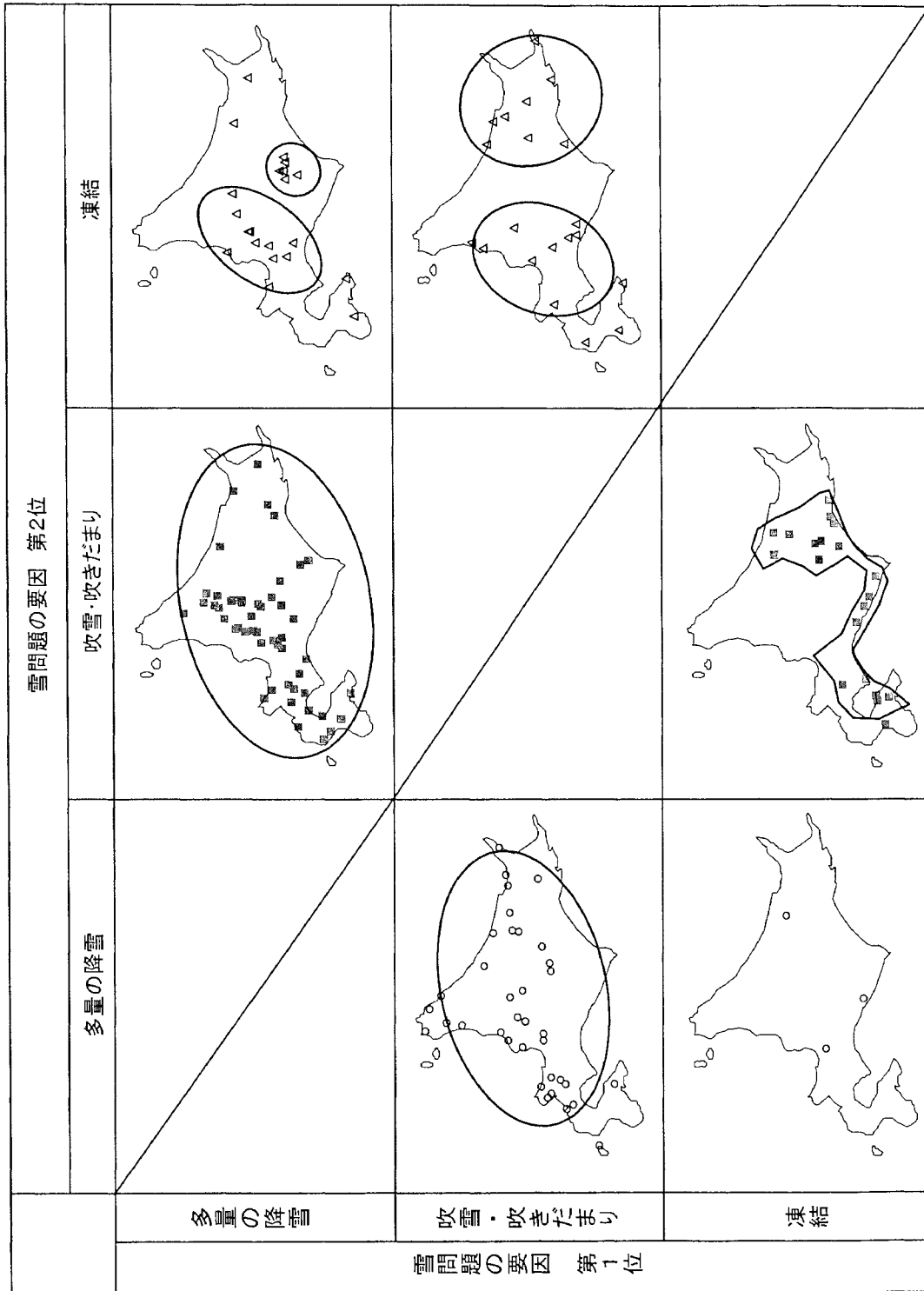


図4—9 雪問題の発生原因の移行過程と組み合わせ

（２）雪害と複合した災害に関する状況

冬期間における雪害と他の自然災害などの発生に関する調査結果を図4-10に示す。図は、過去に発生した「雪害との複合した災害で最も問題になったもの」に関する結果で、前述の雪問題の発生原因第1位を「多量の降雪」および「吹雪・吹きだまり」と回答した市町村毎に集計した。図のように、全体の傾向としては、「雪害と風害」の複合災害が最も問題になっている。既往の研究をみると⁹⁾、平成4年の調査では雪害との複合災害で最も問題になるものは「雪害と火災」とされていた。しかし、「雪害と風害」には吹雪や吹きだまり、またはこれらによる通信障害や交通障害など多様化する近年の雪害を含んでいる。このため、1996年豪雪など市町村が近年に経験した複合災害が本調査の結果に現れている。

「雪害と風害」の複合災害をみると雪問題の発生原因第1位が「吹雪・吹きだまり」である市町村の約6割が問題としているのに対し、雪問題の発生原因第1位が「多量の降雪」である市町村では5割に満たない。さらに、「雪害と地震・火災など」の複合災害をみると、前者が1割以上であるのに対し後者は2割程度となる。このように、雪害との複合災害もまた各市町村における気象背景により差異が生じている。

また、最も問題になった雪害との複合災害について表4-2に示した発生原因の組み合わせによる構成市町村の状況をみると図4-11となる。図のように、雪害と風害の複合災害についてみると、雪問題の発生原因が第1位および第2位を「吹雪・吹きだまり」および「多量の降雪」とした市町村において最も高い割合となっている。これに対し、第1位を「吹雪・吹きだまり」とした市町村であっても第2位を「凍結」としている市町村では、前者に比べ割合が低くなっている。さらにこれは、第1位を「多量の降雪」とした市町村の割合と近似している。雪問題の発生原因第1位を「凍結」とした市町村においては、「雪害と風害」よりも「雪害と地震、火災など」の複合災害が問題となっている。さらに、過去に複合災害が無かったとする市町村がそれぞれ2割以上あるが、これは前述の雪問題に影響を及ぼした原因の結果からみると、複合災害が皆無である市町村は稀である。複合災害が無かったとする市町村は、本調査のみでは言及できないものの、調査回答者の冬期間に発生する他の災害と雪害との関連性に関する認識が希薄であるか、あるいは災害自体に対する問題意識が希薄であるためと考えられる。

次に、複合災害に対する具体的な対応策や防災計画に関する市町村の対応について図4-12に示す。図には、市町村の対応状況を雪問題の発生原因第1位と最も問題となった複合災害の組み合わせでこれらを構成する各市町村に対する割合で示している。図のように、複合災害に対する対応を「防災計画で既に考慮している」とした市町村は、雪問題の発生原因第1位を吹雪・吹きだまりとし、複合災害のうち「雪害と風害」が最も問題となる市町村での割合が5割程度と最も高い。市町村の対応について「検討中・計画立案を予定している」とした市町村は各組み合わせともに3割程度あった。また、組み合わせごとの対応をみると、雪

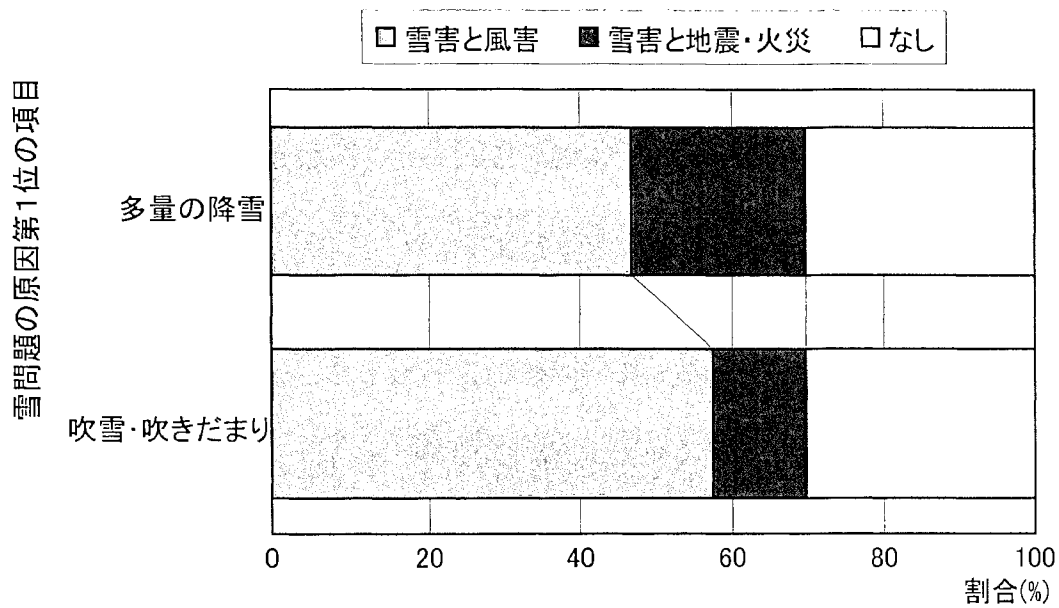


図4-10 最も問題となった雪害との複合災害

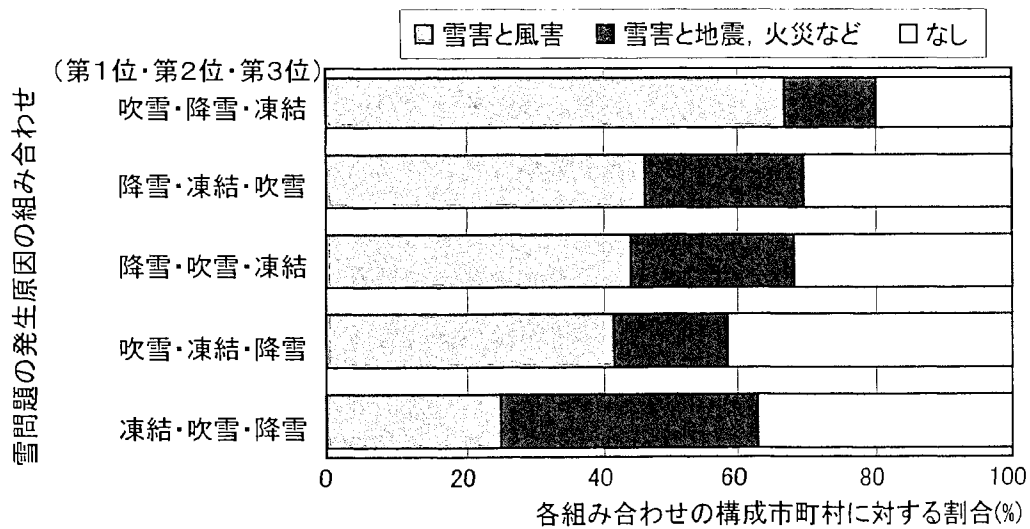


図4-11 雪問題の発生原因の組み合わせ別にみた雪害との複合災害

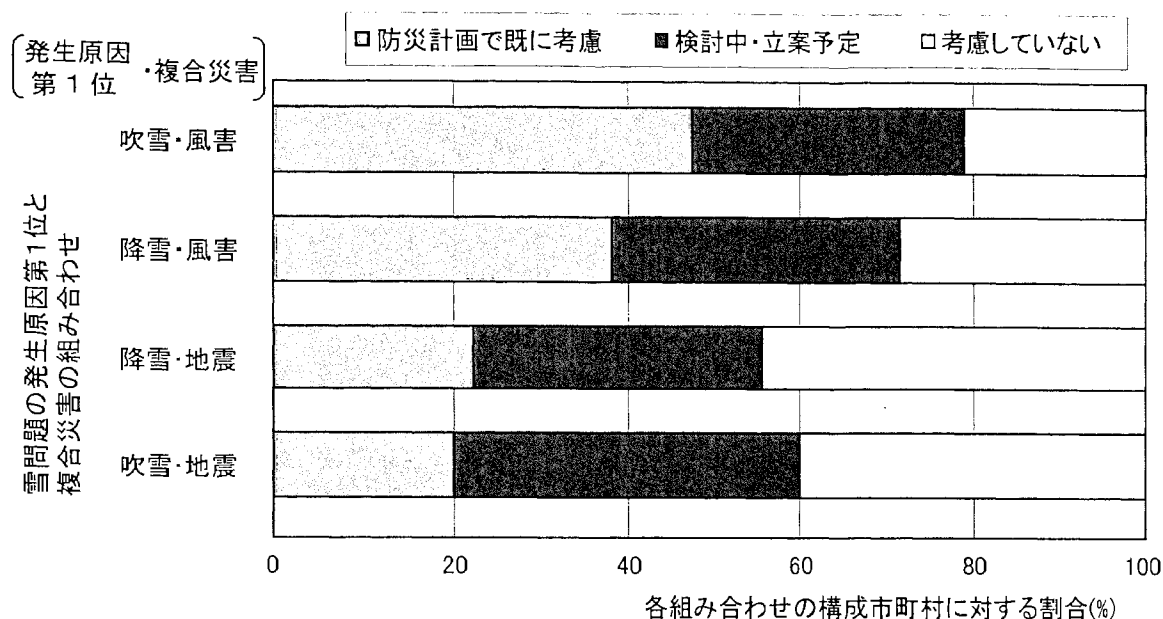


図4-12 複合災害への対応状況

害と地震、火災などとの複合災害が最も問題となる市町村で対応策等を「考慮していない」とする割合が高い。

第1章でも述べたが積雪期における地震の発生は多い。また近年では、「釧路沖地震」(1993年1月)、「三陸はるか沖地震」(1994年12月)にみられるように積雪期に地震による被害が発生している。そこで、市町村における地域防災計画について現行の計画での対応状況を見ると図4-13となる。図には、図4-12と同様の組み合わせで防災計画に関する問題の有無について示している。図のように、6割以上の市町村が「現行の防災対策で問題はない」としている。また、雪問題の発生原因を「多量の降雪」とし問題となった複合災害が「雪害と地震、火災など」である市町村が最も高い割合を示している。これに対して、雪問題の発生原因を「吹雪・吹きだまり」として問題となった複合災害が「雪害と地震、火災など」とする市町村で現行の防災計画では問題があるとした市町村は4割と多くなっている。そこで、「現行の防災計画では問題がある」とした市町村の防災計画の問題点について自由記述で回答を得た。各記述の内容をみると、「雪害との複合災害など積雪期に発生する災害への対応が困難である」といった内容が14件と最も多く、「積雪期における避難場所および収容避難場所の確保、避難所の暖房設備やライフラインの復旧など具体的な運営方法の不備」等が6件、「防災計画が策定されてから長い年月が経ち、実情にそぐわない」等が3件、「現在、防災計画の見直し作業中」が4件であった。

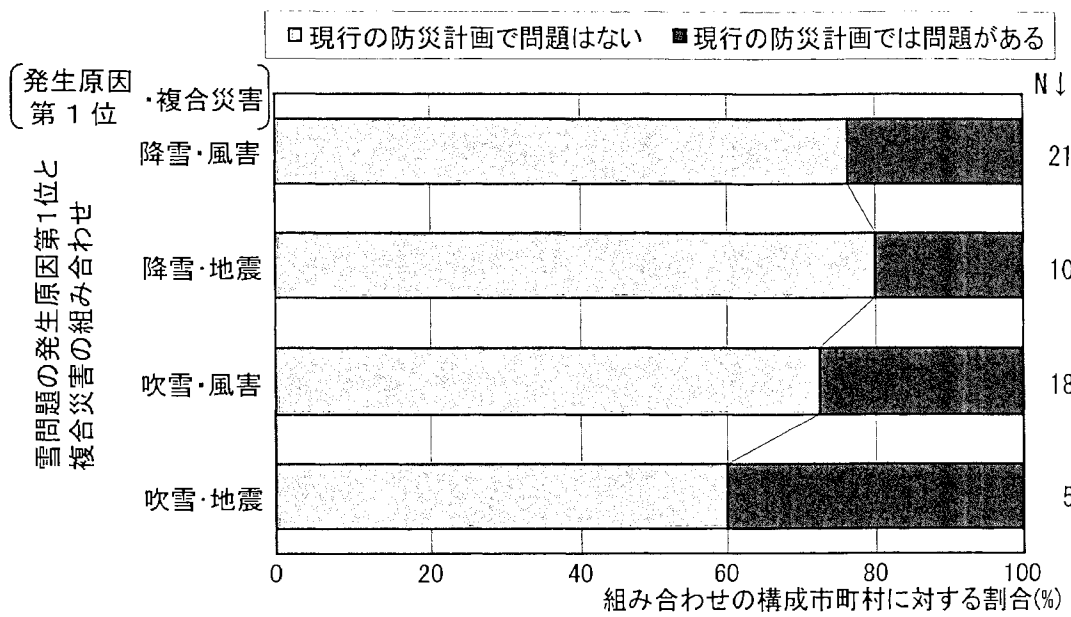


図4-13 市町村における現行の防災計画の評価

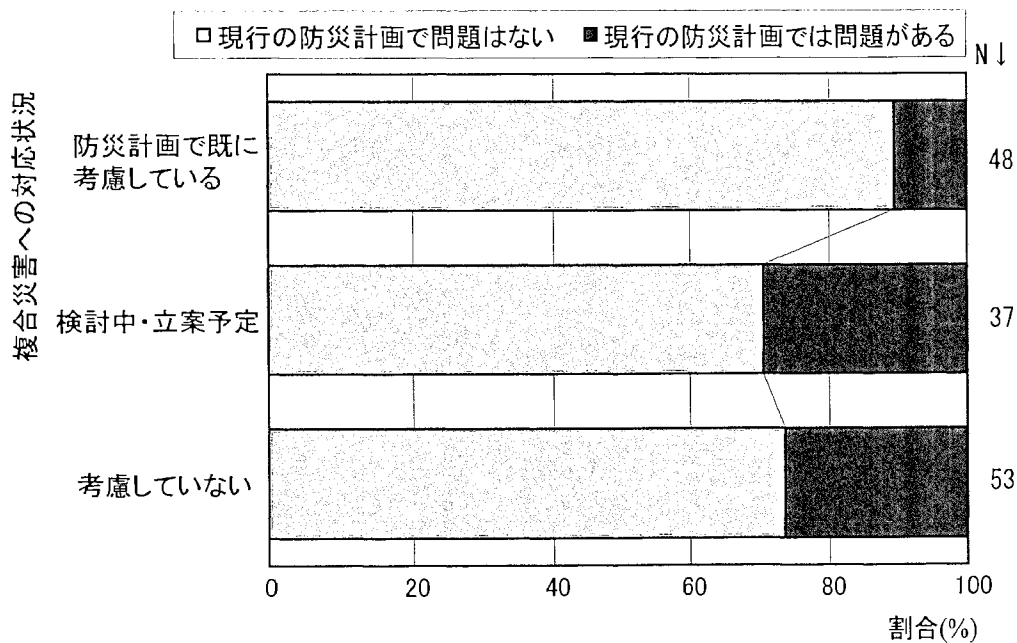


図4-14 複合災害への対応別にみた現行の防災計画の評価

前述の図4-12に示した複合災害への対応状況と防災計画の問題の有無との関係をみると図4-14となる。図のように、複合災害への対応について既に考慮している市町村は、現行の防災計画で問題がないとする割合が約9割と高い。また、現行の防災対策に問題があった市町村は、複合災害への対応策を検討中とした市町村に多い。これは、防災対策に関する意識が高いために複合災害への対応に着手しているものと考えられる。これに対し、複合災害への対応策について考慮していない市町村のうち現行の防災対策に対する評価をみると、問題はないとする市町村が7割を超えており(39市町村)、多い状況である。図4-14に示す複合災害への対応を既に考慮している市町村および考慮していない市町村について防災対策の問題点の有無別に分けると図4-15のようになる。図のように、複合災害について既に考慮しておりさらに防災対策の問題もないとする市町村は札幌市など都市部をはじめその近隣の町村に多い。また、複合災害について考慮していない市町村のうち防災対策の問題があるとする市町村は恵庭市など1市13町村であり、これらの市町村は複合災害に関する対応が不十分である。しかしながら、複合災害に関する対応をしていないまでも防災計画に対する評価を問題があるとしていることは、積雪期の防災計画に関して少なからず認識はあると言える。これに対し、複合災害に関する対応もなく防災計画についても問題はないとする市町村をみると、地域的な偏りがなく気象的背景による差はみられない。さらに、これらは雪問題の発生原因の結果から考えると積雪期の防災計画に関する意識が極めて不十分であり、恒常的に発生する雪害への配慮が不足している。

以上のことから、北海道内の市町村における雪害との複合災害に関する対策の現状をみると、問題となる複合災害は地域における雪問題の発生原因により影響の程度は異なるものの「雪害と風害」の複合災害が最も多く、対応状況も不十分である。また、防災計画に対する問題意識も地域により異なり、市町村における気象特性とそれによる災害への影響を考慮した防災対策を行う必要がある。

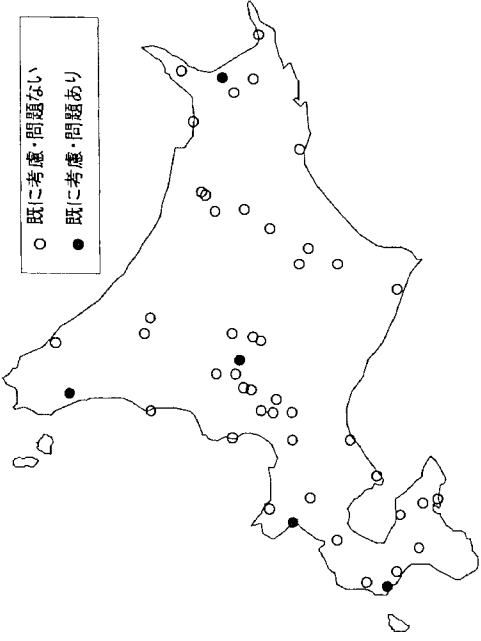
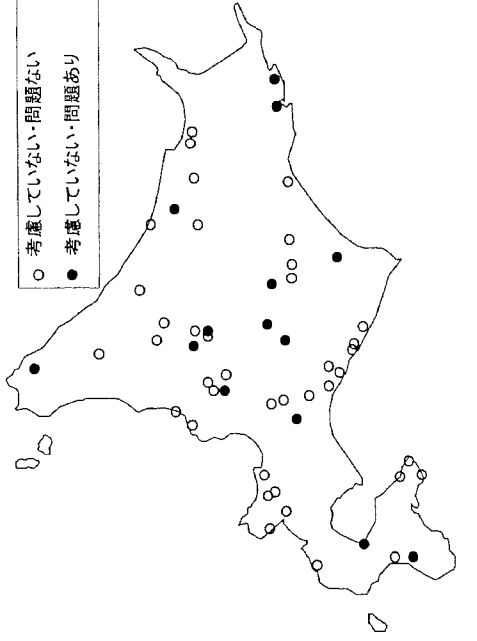
市町村別評価計画の防災計画		市町村別評価計画の防災計画		
<p>〇 既に考慮・問題ない</p> <p>● 既に考慮・問題あり</p> 	<p>函館市 室蘭市 釧路市 札幌市 岩見沢市 根室市 富良野市 砂川市 赤平市 深川市</p>	<p>北見市 名寄市 七飯町 厚沢部町 森町 様似町 熊石町 北檜山町 白老町 黒松内町</p>	<p>倶知安町 幕別町 音更町 南幌町 足寄町 古平町 月形町 別海町 中富良野町 奈井江町</p>	
	<p>陸別町 中標津町 美瑛町 訓子府町 端野町 斜里町 羅臼町 下川町 苫前町 浜頓別町</p>	<p>更別村 新篠津村 浜益村</p>	<p>43市町村</p>	<p>〇 考慮していない・問題ない</p> <p>● 考慮していない・問題あり</p> 
<p>〇 既に考慮・問題ない</p> <p>● 既に考慮・問題あり</p>	<p>芦別市 大成町 標津町</p>	<p>幌延町 泊村</p>	<p>5市町村</p>	<p>〇 考慮していない・問題ない</p> <p>● 考慮していない・問題あり</p>
	<p>帯広市 小樽市 歌志内市 士別市 戸井町 南茅部町 乙部町 三石町 静内町 新冠町</p>	<p>門別町 鶴川町 平取町 早来町 芽室町 池田町 白糠町 共和町 由仁町 栗沢町</p>	<p>仁木町 雨竜町 東神楽町 妹背牛町 留辺蘂町 美幌町 当麻町 清里町 増毛町 小清水町</p>	
<p>恵庭市 上ノ国町 八雲町 大樹町 厚岸町</p>	<p>浜中町 鹿追町 南富良野町 新十津川町 東川町</p>	<p>鷹栖町 佐呂間町 占冠村 猿払村</p>	<p>14市町村</p>	

図4—15 防災計画の評価別にみた市町村の分布

4.3.3 北海道内の消防本部(組合)における防災対策の現状

北海道内の72消防本部(組合)を対象に防災計画に関するアンケート調査を行った。

前述の通りアンケート回収率は、94.4% (68消防本部) と非常に高かった。これは、各消防本部における防災対策、特に冬期間における防災対策に対する関心の高さの現れである。また、本調査は表4-2に示す21市7町からなる28の単独消防本部および13市147町24村からなる44の消防組合に対して行ったが、一部の消防本部からは構成市町村の消防署単位で回答の返送を得た。このようなことから、以下の分析は74件の回答を基に行う。以下に調査結果を示す。

(1) 消防本部の防災対策における問題点

各消防本部における過去に発生した冬期の火災事例で特に雪や寒さなどのために被害が拡大した事例のうち代表的な3例を照会した。調査結果を各事例の要因別に分類したものを表4-3に示す。表のように被害が拡大した要因は4つに大別できる。各要因は主に初期消火活動の遅れを招く原因となっていることがわかる。特に、「積雪」や「吹雪・吹きだまり」は消防車両の火災現場到着に影響を及ぼしている。また、「凍結」は消防水利や放水作業にも影響を及ぼしている。さらに、凍結のために避難経路が閉ざされる事例や除排雪の不備により避難や消防隊の内部進入に遅れを生じる事例、放水時に屋根雪が重量を増し家屋の倒壊につながる事例など冬期の火災には積雪や寒さによる影響が大きい。

消防活動における障害の発生原因として影響の強い順位を図4-16に示す。図は、消防活動で発生する障害の原因として「多量の降雪」、「吹雪・吹きだまり」、「凍結」、「不法駐車」および「除排雪の不備」のうち影響の強いものに順位を付け回答を得たものを上位3位まで示したものである。図のように、第1位の原因としては「多量の降雪」が5割と最も多く、他の原因は2割程度である。第2位および第3位の原因としては「吹雪・吹きだまり」および「凍結」が同程度で多く、「除排雪の不備」は順位の変化に伴い割合が高くなっている。さらに、第1位から第3位まで「不法駐車」による障害が常におよそ2割を占めている。これは、他の障害原因と複合して発生する問題である。

消防活動の障害原因の内容から消防本部の分布をみると図4-17となる。図のように、第1位の分布をみると「多量の降雪」とした消防本部は日本海沿岸および内陸部に多い。また、「凍結」とした消防本部は、十勝地域に多く分布している。

次に、第1位および第2位の障害原因の組み合わせ別に分布をみると図4-18となる。なお、図には消防本部の分布にくわえてこれらの構成市町村を併せて示している。図のように、第1位を「多量の降雪」、第2位を「吹雪・吹きだまり」とした消防本部は内陸部とその周辺に多く南部および北部には余り分布しない。図4-17に示した通りこれらの消防本部は積雪深が多く風速も強い傾向がある。また、第2位を「凍結」とした消防本部が北部から十勝地域

表4-2 北海道内の消防本部(組合)とその構成市町村

本部(組合)名	市町村	本部(組合)名	市町村	本部(組合)名	市町村	
単独消防本部	札幌市	北後志消防組合	余市町	北見地区消防組合	北見市	
	江別市		積丹町		端野町	
	千歳市		古平町		訓子府町	
	恵庭市		仁木町		置戸町	
	北広島市	滝川地区広域事務組合	赤井川村	紋別地区消防組合	紋別市	
	函館市		滝川市		滝上町	
	森町		新十津川町		興部町	
	八雲町	岩見沢地区消防事務組合	雨竜町	遠軽地区広域組合	西興部村	
	長万部町		岩見沢市		雄武町	
	小樽市		北村		遠軽町	
	夕張市		栗沢町		生田原町	
	美唄市	深川地区消防組合	月形町	美幌・津別広域事務組合	丸瀬布町	
	芦別市		深川市		白滝村	
	赤平市		妹背牛町		上湧別町	
	三笠市		秩父別町		湧別町	
	歌志内市	砂川地区広域消防組合	北竜町	斜里地区消防組合	美幌町	
	上砂川町		沼田町		津別町	
	旭川市		幌加内町		斜里町	
	増毛町		砂川市		清里町	
	留辺蘂町	南空知消防組合	奈井江町	西胆振消防組合	小清水町	
	室蘭市		浦臼町		虻田町	
	苫小牧市		栗山町		豊浦町	
	登別市		南幌町		洞爺村	
	伊達市	上川北部消防事務組合	由仁町	胆振東部消防組合	壮瞥町	
白老町	長沼町		大滝村			
帯広市	名寄市		厚真町			
釧路市	風連町		早来町			
根室市	士別地方消防事務組合	下川町	日高東部消防組合	追分町		
当別町		美深町		鶴川町		
石狩市		音威子府村		穂別町		
新篠津村		中川町		浦河町		
渡島西部広域事務組合	厚田村	上川南部消防事務組合	士別市	日高中部消防組合	様似町	
	浜益村		和寒町		えりも町	
	福島町		剣淵町		静内町	
南渡島消防事務組合	松前町	大雪消防組合	朝日町	日高西部消防組合	新冠町	
	知内町		上富良野町		三石町	
	木古内町		中富良野町		門別町	
渡島東部消防事務組合	上磯町	上川中部消防組合	美瑛町	西十勝消防組合	日高町	
	大野町		東神楽町		平取町	
	七飯町		東川町		清水町	
	南茅部町		上川町		新得町	
	戸井町		鷹栖町		芽室町	
檜山広域組合	恵山町	富良野地区消防組合	当麻町	北十勝消防事務組合	音更町	
	榎法華村		比布町		士幌町	
	鹿部町		愛別町		上士幌町	
	砂原町		富良野市		鹿追町	
	江差町	北留萌消防組合	南富良野町	東十勝消防事務組合	幕別町	
	上ノ国町		占冠村		池田町	
	厚沢部町		羽幌町		豊頃町	
	乙部町		苫前町		浦幌町	
	熊石町		初山別村		足寄町	
	大成町		遠別町		本別町	
洋蹄山ろく消防組合	奥尻町	留萌消防組合	天塩町	釧路北部消防事務組合	陸別町	
	瀬棚町		幌延町		広尾町	
	北桧山町		留萌市		中札内町	
	倶知安町	稚内地区消防事務組合	小平町		釧路東部消防組合	更別村
	蘭越町		稚内市			忠類町
	ニセコ町		猿払村			大樹町
	真狩村	利尻・礼文消防事務組合	豊富町		釧路西部消防組合	弟子屈町
留寿都村	利尻町		標茶町			
喜茂別町	礼文町		厚岸町			
岩内・寿都地方消防組合	京極町	南宗谷消防組合	利尻富士町	根室北部消防事務組合	釧路町	
	岩内町		枝幸町		浜中町	
	島牧村		浜頓別町		白糠町	
	寿都町	中頓別町	阿寒町			
	黒松内町	歌登町	鶴居村			
	共和町	網走市	音別町			
泊村	網走地区消防組合	東藻琴村	網走地区消防組合	中標津町		
神恵内村		女満別町		別海町		
		佐呂間町		標津町		
		常呂町		羅臼町		

(注)市町村のうちゴシック体は消防本部設置または消防本部所在市町を示す。

表 4-3 冬期間の火災事例

凍結による事例		
昭和57年2月5日	栗山町	牛舎兼牧草収納庫1棟全焼。気温-19℃。路面凍結のため現場到着が遅れた。また、小型動力ポンプが凍結によりエンジンが破損し、消火活動に支障をきたした。
昭和62年1月15日	北見市	死者2名。FF式石油ストーブの排気中に含まれる水分が煙突内で凍結し、ストーブが不完全燃焼を起こし、一酸化炭素中毒を起こした。
平成3年2月10日	平取町	住宅全焼。死者1名、負傷者1名。避難路となるベランダが凍結していたため開放できず逃げ遅れた。
平成9年2月7日	芽室町	畜舎全焼。農道幅員が積雪のため減少し、消防車の進入に支障をきたした。さらに、大型水槽車の可搬動力ポンプが凍結し、起動不能となった。
平成11年12月30日	深川市	全焼。死者1名、負傷者1名。河川水利が凍結により一部使用不可のため。
吹雪、吹溜りによる事例		
平成6年1月7日	根室市	住宅全焼。吹雪のため視界が悪く、発見の遅れと消防車の現場到着が遅れたため。
平成6年2月14日	余市町	建物半焼。強風により主要幹線道路が吹溜り化し、消防車の行く手が阻まれ迂回したため現場到着が遅れた。
平成6年2月22日	由仁町	木造住宅全焼。死者1名。吹雪と路面凍結のため、現場到着が遅れる。到着後も、吹雪のため消火活動に支障をきたした。
平成8年3月22日	中標津町	住宅全焼。重傷者1名。吹雪と吹溜りで消防車両が走行不能となり、放水が出来なかったため。
落雪による事例		
平成7年3月14日	北見市	屋根からの落雪により、プロパンガスボンベが破損しガスが放出した。そのガスに引火し、住宅内部が焼失。
平成12年2月18日	深川市	部分焼。落雪によりガス配管が破損し漏れたガスがボイラー吸気管に入りガス爆発した。
積雪による事例		
平成7年2月18日	比布町	住宅全焼。水利が遠く、町道の除雪がされておらず、放水までに時間を要した。
平成8年2月17日	余市町	全焼。道路の両側に雪山があり、道路幅員減少。罹災者が車両と対面し、消防車の行く手が阻まれ現場到着が遅れた。
平成9年1月31日	北見市	積雪のため道路幅員が減少し、火災現場付近で車両が障害となり、現場到着が遅れた。
平成9年3月8日	江別市	物置全焼。天候は雪。路面凍結、圧雪の状況。農村地区で、自然水利が雪のため使用不可。鎮火までに8時間。
平成10年1月8日	江別市	住宅全焼。天候は曇り。路面凍結、圧雪の状況。農村地区で、自然水利が雪のため使用不可。約2.5km離れた消火栓からピストン輸送で消火。
平成11年2月2日	深川市	全焼。死者1名、負傷者1名。出火家屋付近の積雪により消火困難であった。
その他		
冬期一般事例	羊蹄山ろく消防組合消防本部	雪道のため、救急車両が緊急走行できず到着が遅れる。ホース延長が積雪のため放水が遅れる。揚水時雪が蛇籠に付着し揚水量低下、不能になる。進入口が除雪の不備と屋根の落雪によりふさがり内部進入が遅れる。屋根雪が水を含み、重くなり倒壊の危険が生じ、内部進入が遅れる。

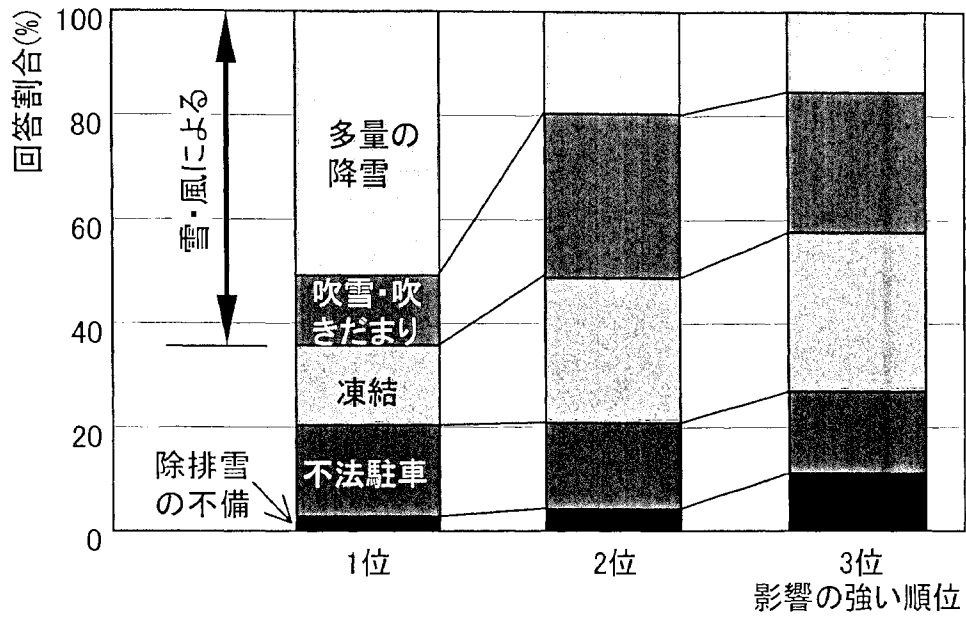


図4-16 消防活動の障害原因として影響の強い気象条件の順位

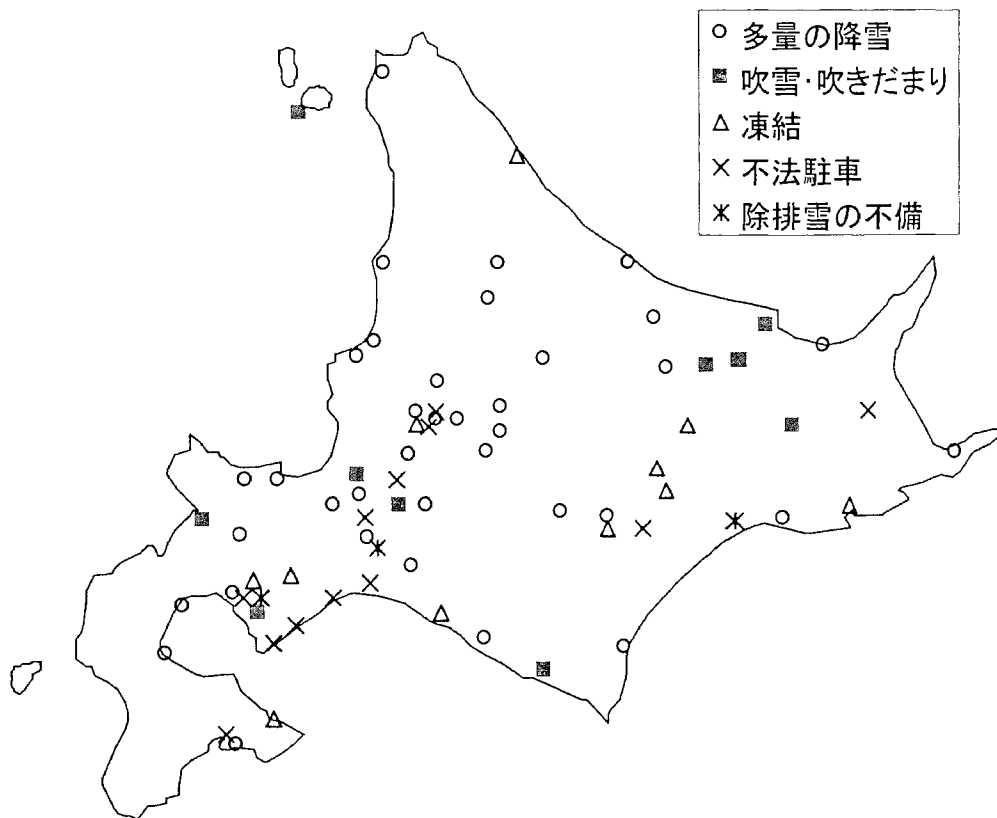


図4-17 消防活動の障害原因第1位の分布

【○消防本部 ●構成市町村】

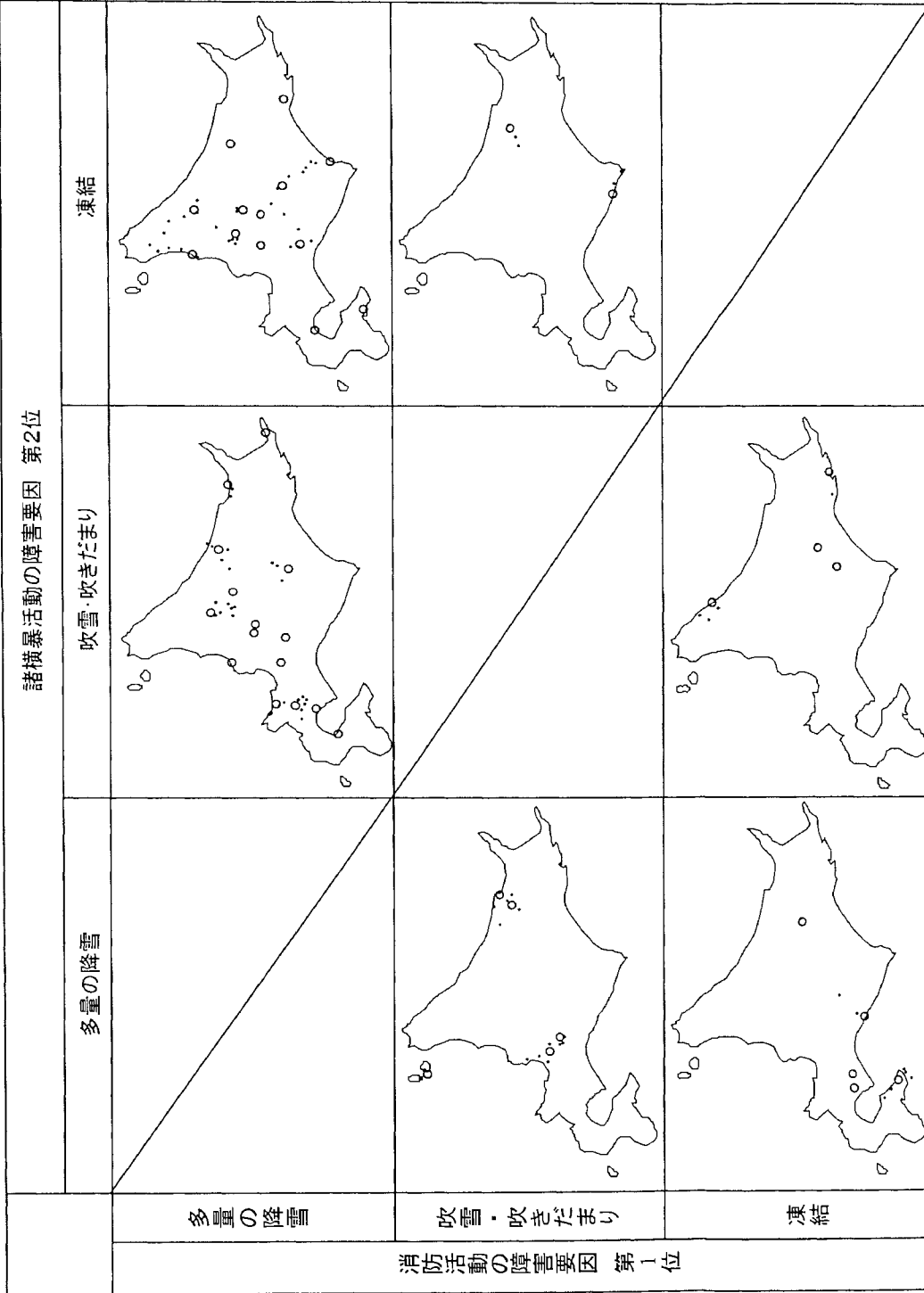


図 4—18 障害原因内容の移行過程と組み合わせ

まで南北に渡り分布しており、多雪・寒冷地域から少雪・寒冷地域の分布となっている。他の組み合わせの分布は、該当消防本部数が少ないものの雪問題の原因における市町村の分布同様、各地域の気象背景に応じた特徴が現れている。

図4-19 に消火活動の障害原因第1位を「多量の降雪」「吹雪・吹きだまり」および「凍結」とした消防本部における防災対策上最も重視している気象条件について示す。図のように、各消防本部が防災対策上最も重視している気象条件は、消火活動の障害原因とよく対応している。

以上のように、消防本部における活動障害の発生原因の組み合わせにも地域的な特徴があることが明らかである。さらに、防災対策上最も重視される気象条件も地域的な特徴が明確であった。これらは、以下に示す防災対策において地域の特徴に配慮した対策であることが重要である。

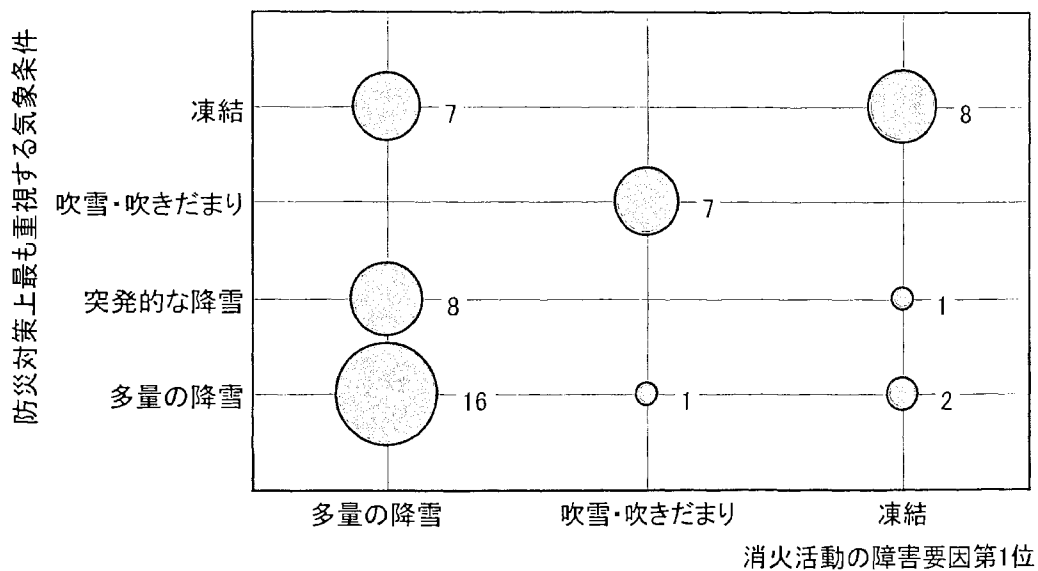


図4-19 防災対策上最も重視する気象条件

(2) 消防本部における防災対策の現状

図4-20に防火対象建築物の計画、設計および管理に対する指導内容について前述の防災対策上重視する気象条件ごとに示す。図のように、「積雪を考慮した防火管理」および「積雪を考慮した避難計画」の指導は非常に高い割合を示している。また、重視する気象条件ごとにみると、「積雪」および「突発的降雪」とした消防本部は各指導項目においてよく指導しているが、「凍結」とした消防本部は積雪を考慮した指導をあまり行っていない。図4-21にこれらの指導のうち最も重視している項目を示す。図のように「積雪を考慮した防火管理」および「就寝施設における夜間を想定した避難訓練」がよく指導されているものの他の内容は極めて少ない。さらに、「積雪を考慮した屋外階段の計画」に関しては皆無であった。これは、前者は消防法において明確に定義されている防火管理者の管理項目に該当するため消防本部も指導が容易である。しかし、後者は建築物の設計に関して消防本部の指導は消防同意に代表される法規上の確認に留まるため、積雪を考慮した任意の計画までは指導に至っていないものと考えられる。

次に、防火対象建築物の防火管理者に対する避難経路の確保に関する指導内容をみると図4-22となる。図のように、防災対策上積雪を重視している消防本部は「常に夏期と同様な避難経路が確保されるように指導」および「常に一定の幅で避難経路が確保されるように指導」がおおよそ半数ずつとなっている。しかし、突発的降雪や凍結を重視している消防本部の中には「雪対策を考慮した避難経路の確保について特に指導していない」とするものもあった。図4-23に防火対象建築物の防火管理者に対する避難施設の管理に関する指導状況を示す。図のように「定期的に点検を行い、使用可能なように指導」とする消防本部が多く、突発的降雪、吹雪・吹きだまりおよび凍結を重視している消防本部においては段階的に「指導していない」とする割合が増えている。以上のことから、避難経路の確保や避難施設の維持管理について何らかの指導を行っている場合が殆どであるが、特に避難施設においてはいかなる時にも使用可能な状態に無ければ本来の機能は果たし得ない。避難施設の管理状況は、最終的には管理者に委ねられるものであるため防災指導の立場にある消防本部においては指導内容の向上を図る必要がある。

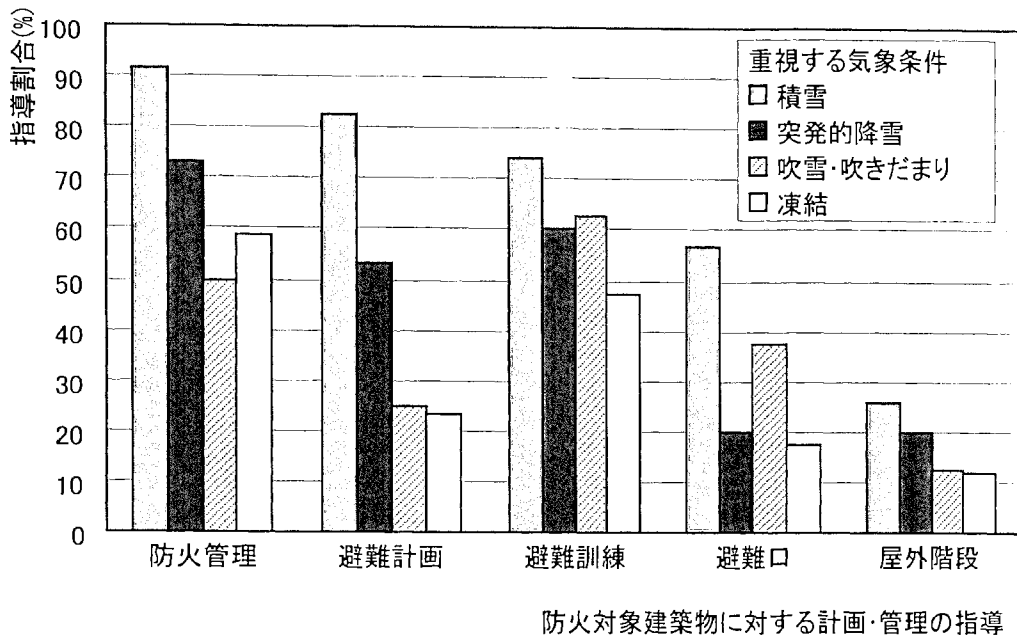


図 4-20 防火対象建築物の計画・設計および管理に対する積雪を考慮した指導内容

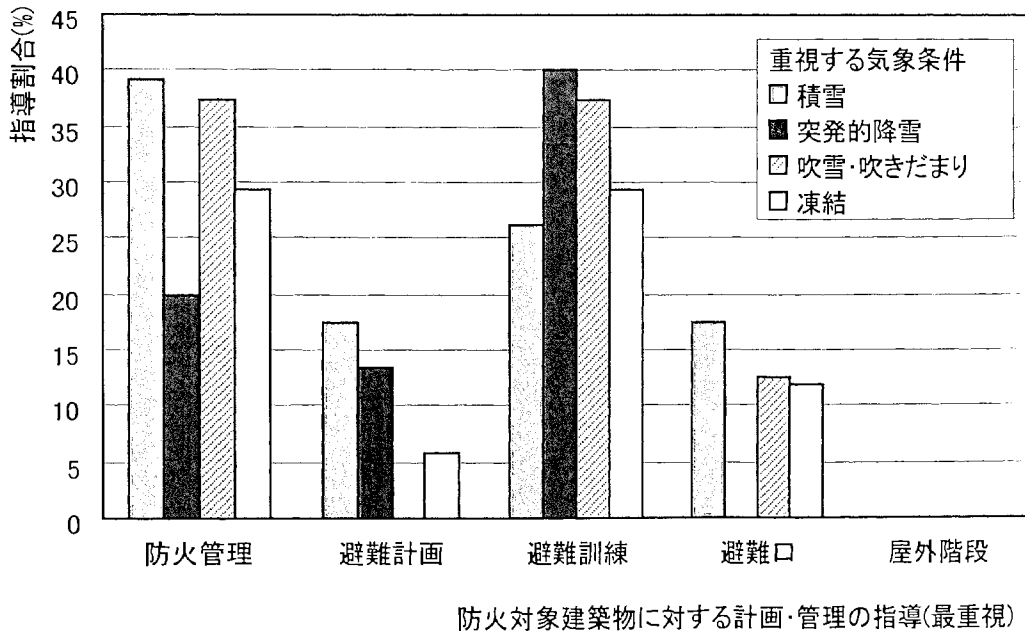


図 4-21 防火対象建築物の計画・設計および管理に対する積雪を考慮した指導内容（最重視）

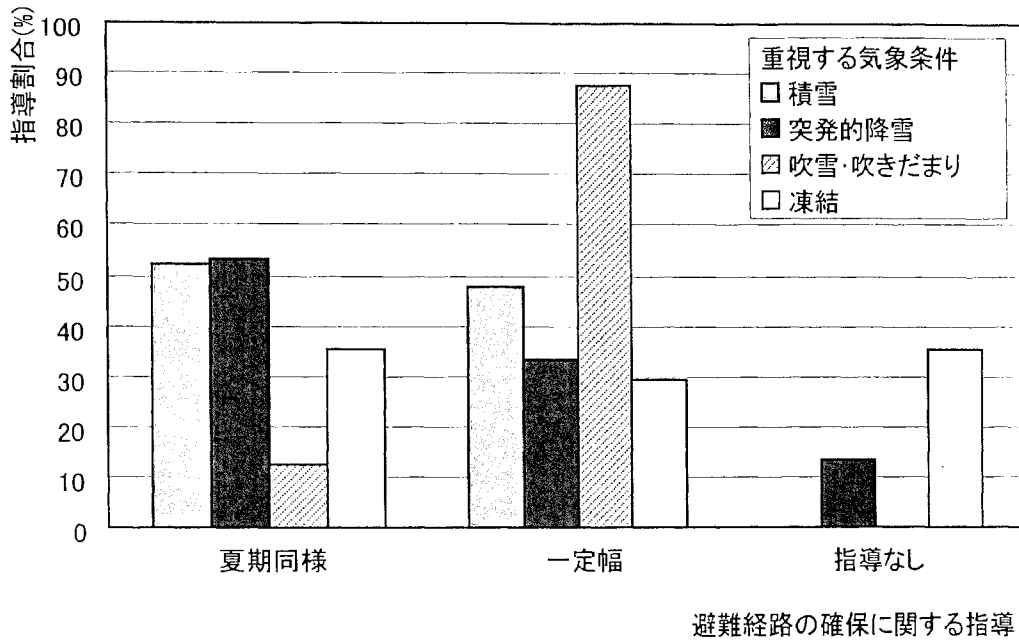


図 4 - 22 避難経路の確保に関する指導

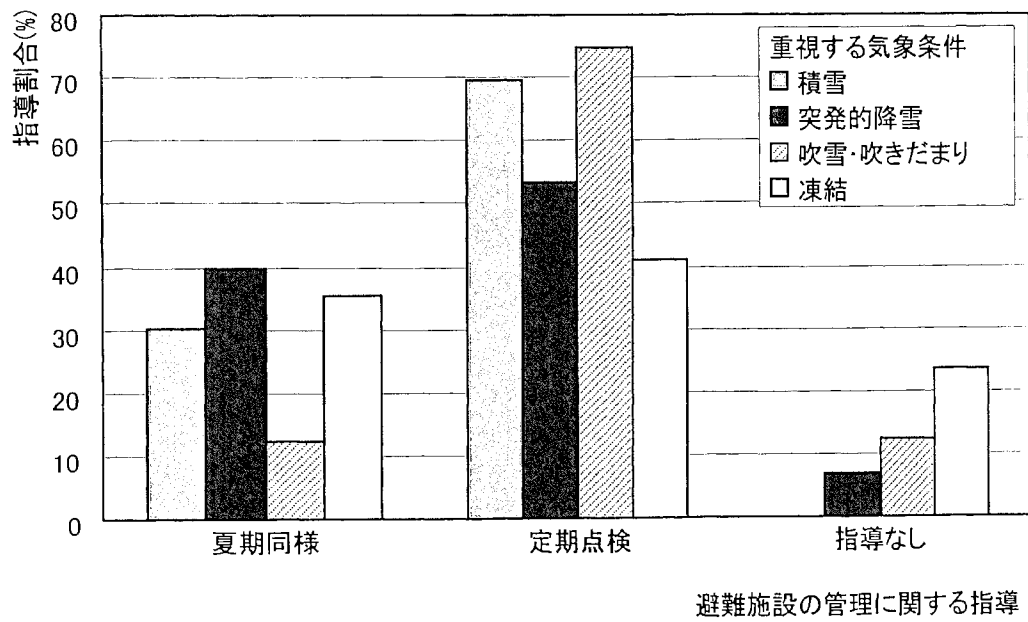


図 4 - 23 避難施設の管理に関する指導

(3) 地域防災計画の現状と問題点

図4-24に冬期間に震災が発生した場合の地域防災計画の評価について示す。図のように、冬期間に震災などが発生した場合「現行の地域防災計画で問題はない」とした消防本部は約8割であった。また、「現行の地域防災計画では問題がある」とした消防本部の具体的な問題点についてみると、「積雪期に対応できる防災計画になっていない」、「過去に災害経験が無く具体的対応に消極的」、「策定されてから長い年月が経ち、実状に合わない」などの内容が多かった。前述までの分析結果から考えると「現行の地域防災計画で問題はない」とした消防本部においても少なからずこれらの問題点がある。

図4-25に地域防災計画の改定時期を示す。図のように回答を得られたもののうち約半数の市町村が1995年以後に改定を行っている。この背景には、1995年に発生した阪神・淡路大震災を契機とするもので全国的に防災計画が見直された事があげられる¹⁰⁾。地域防災計画の立案形式と改定時期の関係をみると図4-26となる。図のように、地域防災計画を夏期・冬期別に立案している市町村は1994年以前に改定したもので2割程度であるのに対し、1995年以後は5割程度に増加している。このように、冬期間の防災対策に関する意識は向上している。しかしながら、約半数の市町村が依然として夏期を中心とした立案形式に留まっていることは、積雪地域の安全性および活性化を停滞させる要因となる。防災計画における冬期を中心としたあるいは夏期・冬期を区別した立案においては、防災面に対する地域特性を明確化した検討が必要である。

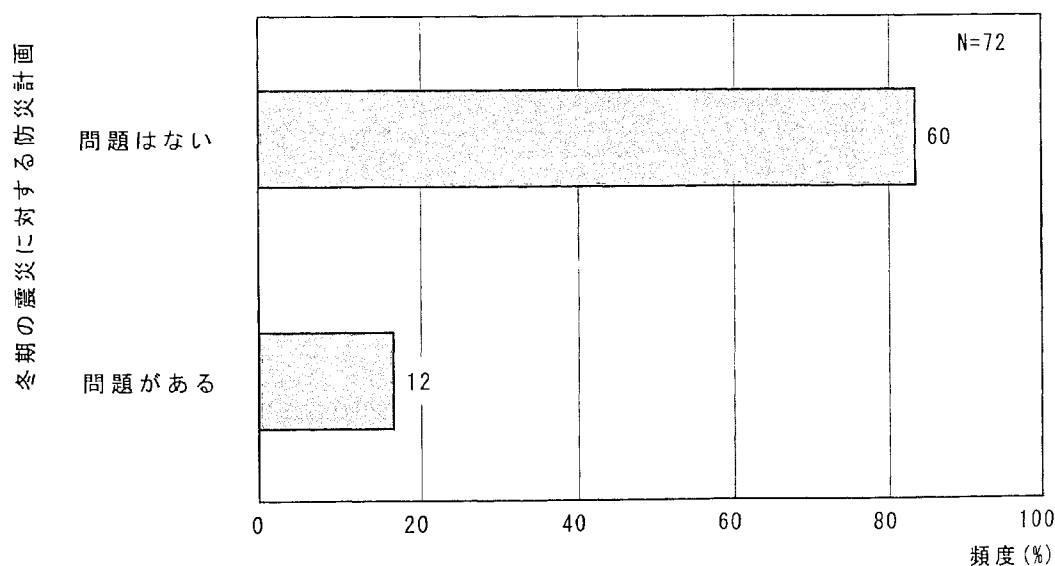


図4-24 地域防災計画の現状に対する評価

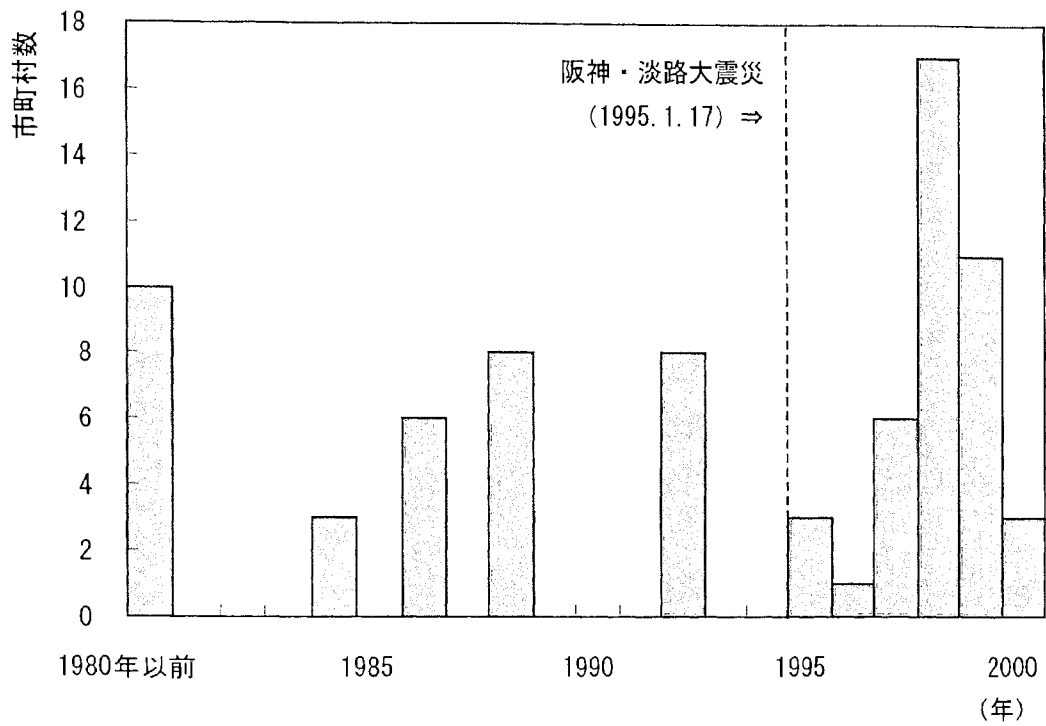


図 4-25 地域防災計画の改定時期

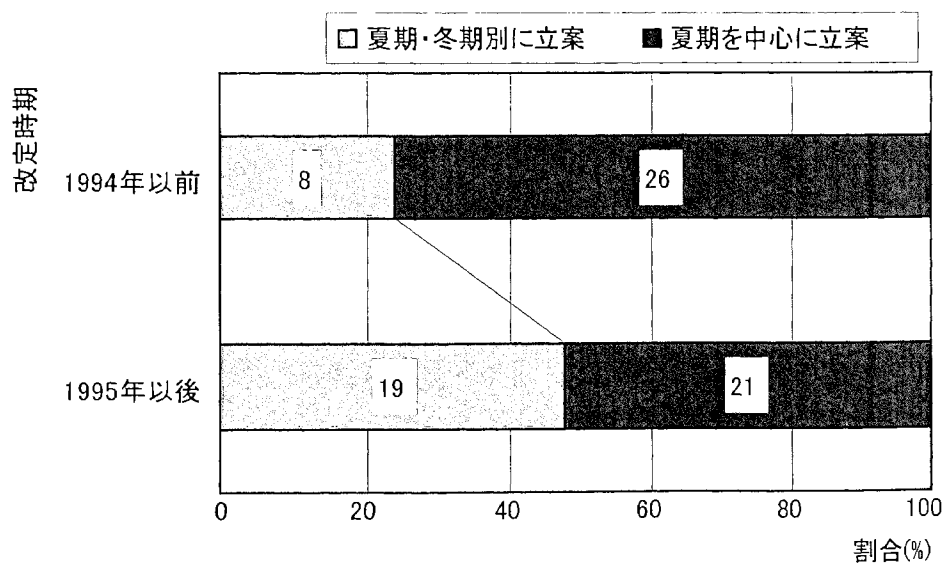


図 4-26 地域防災計画の立案形式と改定時期の関係

4.4 まとめ

本章では避難施設の維持管理に対する指導的立場にある市町村および消防関係機関における雪対策および防災対策の現状を把握することを目的に防災対策の実施主体である北海道内の212市町村役場および72消防本部(組合)についてアンケート調査を行った。本章の結果をまとめると以下ようになる。

- 1) 市町村におけるアンケート結果では、雪問題の発生原因の組み合わせには地域的な特徴があることが明らかとなった。特に「多量の降雪」と「吹雪・吹きだまり」の組み合わせのように雪と風により発生する雪問題が多い市町村と、「吹雪・吹きだまり」と「凍結」の組み合わせのように風と寒さにより発生する雪問題が多い市町村の分布状況には顕著な違いがみられた。また、雪害との複合災害もまた市町村における気象背景により差異が生じていることが明らかとなった。
- 2) 消防本部におけるアンケート調査の結果、消火活動の障害発生原因の組み合わせにも地域的な特徴があることが明らかである。さらに、防災対策上最も重視される気象条件も地域的な特徴が明確であった。また、過去の火災事例をみても活動の障害原因との対応するものが殆どであった。
- 3) 消防本部における防災対策の現状は、避難経路や避難施設の維持管理に関する指導を行っている場合が多いものの法規上の指導範囲に留まっているものが多い。さらに、建築物の設計計画段階における積雪を考慮した避難施設など設置および管理方法の指導までには至っていないのが現状である。
- 4) 地域防災計画の現状は、以前に比べ冬期間の防災対策に関する意識は高くなっているものの、依然として約半数の市町村は夏期を中心とした立案形式に留まっている。

以上のように、市町村における雪問題および消防本部における防災対策上の障害をみると、地域における気象的背景がこれらの問題に影響を及ぼしていることが明らかとなった。また、防災対策の現状も不十分であり特に地域特性を考慮した対策には至っていない。避難施設を適正な管理水準に保つためには、日常の管理に委ねられる部分が多い。さらに、これらの管理における負荷は、地域の気象特性に大きく依存している。これらのことから、地域特性に応じた指導や対策を充実させるためには、ゆき、風および寒さに大きく支配される気象特性の明確化が必要不可欠である。

第4章の参考文献

- 1) 沼野夏生：近未来技術 雪害 都市と地域の雪対策，森北出版発行，1987
- 2) 苫米地司 他2名：北海道における雪害に関する基礎的研究 地域・建築計画等の観点からみた雪害事例の分析，日本建築学会計画系論文報告集，447号，pp. 61-68，1993. 5
- 3) 山形敏明 他2名：北海道における冬期間の雪害による国道・鉄道・電力の復旧状況について，日本雪工学会誌，Vol. 10，No. 3, 2-10，pp. 200-208，1994. 6
- 4) 大垣直明 他3名：北海道における住宅地の雪処理に関する研究，平成2年文部省科学研究費一般研究（B）研究成果報告書，1991
- 5) 日本建築学会北海道支部積雪寒冷地における防災都市づくりに関する研究委員会：積雪寒冷地における防災都市づくりに関する研究報告書，1995. 3
- 6) 日本建築学会北海道支部都市災害と防災に関する調査研究委員会：都市災害と防災に関する調査研究報告書，1995. 5
- 7) 静岡県防災局緊急防災支援室編：平成10年度市町村防災態勢実情調査，1999. 3
- 8) （社）日本技術士会北海道支部 北海道技術士センター防災研究会編：技術士からの提言 地震災害に備えて，1997. 5
- 9) 消防庁編：消防白書平成6年度版，大蔵省印刷局発行，pp. 45 - 48，1994. 11
- 10) 山形敏明 他1名：冬期間における避難施設の現状と対策について，日本雪工学会誌，Vol. 12，No. 2，pp. 123-130，1996. 4
- 11) 北海道開発局土木研究所，北海道立寒地住宅都市研究所，北海道工業大学：市町村の雪害に関する実態調査結果報告書，北海道開発局土木研究所 北海道立寒地住宅都市研究所 北海道工業大学，1992. 11
- 12) 札幌市防災会議編：さっぽろの地震対策 改訂版，札幌市防災会議発行，1997. 3

第5章 積雪期における避難施設の維持管理に関わる負荷量

5.1 はじめに	1
5.2 避難施設の維持管理に関わる負荷量の考え方	1
5.2.1 避難施設の維持管理における問題点とその特徴	1
5.2.2 避難施設の維持管理に関わる負荷量の考え方	5
5.2.3 避難施設の維持管理に関わる負荷量の定義	5
5.3 研究方法	8
5.4 北海道内全市町村における負荷量の算出結果	8
5.5 まとめ	21
参考文献	21

第5章 積雪期における避難施設の維持管理に関わる負荷量

5.1 はじめに

雪害および雪問題は社会構造の変化に伴い、毎年広範囲な地域で継続的に発生しその被害形態も多様化している。さらに、これまで積雪寒冷地の防災対策は、標準的防災対策である防災基本計画に若干の改定を加えた地域防災計画に委ねられている。これは夏型中心の防災対策であり地域に特化した冬型の防災対策の積極的策定までには至っていない¹⁾。従って、これまで行ってきた直接的雪害に対する構造的技術対策の他に、積雪期における緊急時の対応手法、避難施設および避難経路の確保、人身雪害の防止、福祉対応など豪雪害の他にも恒常的に発生する問題に対し防災面からみた二次的雪害に対する検討が必要である。

過去の火災事例のように凍結や積雪により避難経路や避難口が閉ざされる事例をみると、積極的に地域特性を考慮した対策を検討する必要がある。特に、避難経路および避難施設の維持管理は、災害時における人命の確保にとって必要最低限の対策である。このようなことから、積雪地域における防災対策、特に避難安全に関する対策は、建築物内部の対策に留まらず地域特性を考慮した合理的でバランスの取れた対策が必要である。また、近年では地域の防災力を数値で評価する方法が試みられている²⁾。このような方法は、一律な評価項目により他地域との格差や同地域における経年的な変化を比較検討できるところに利点があり、さらに、防災対策の弱点や課題を明確にすることが可能である。

このようなことから本章では、前章までの知見を基に市町村における避難施設の維持管理を行う上で一冬期間における管理行為に対する負荷を定量化することを試みる。

5.2 避難施設の維持管理に関わる負荷量の考え方

5.2.1 避難施設の維持管理における問題点とその特徴

前述のように、積雪地域における防災対策、特に避難安全に関する対策は、建築物内部の対策に留まらず地域特性を考慮した合理的でバランスの取れた対策が必要である。特に積雪地域における避難施設の維持管理は、地域特性と管理方法の適合性が避難施設そのものの機能性の優劣を左右する。第3章および第4章では地域特性が避難行動および防災対策上の問題点に及ぼす影響を検討した。各章の結果を整理すると以下ようになる。

第3章では、積雪条件が避難行動に及ぼす影響について検討した。その結果から避難施設周辺および避難経路が積雪状態にある場合、建築物から屋外への避難行動に悪影響を及ぼすことが明らかとなった。特に積雪が20cm以上では、20歳代男性においても歩行速度が無積

雪状態の1/3程度まで減少することから避難施設周辺および避難経路がその機能を発揮し得るためには日常的な管理が極めて重要である。

第4章では市町村役場および消防本部におけるアンケート結果から雪問題や防災上の障害の原因は、地域における気象的背景により異なる影響を受けていることが明らかとなった。特に、降積雪、吹雪・吹きだまりおよび凍結は両者の原因として高い割合を示した。さらに、これらの原因は地域により影響の強い順位が異なっていた。

以上のことから、気象的背景への対応は単に各原因に対応するだけではなく、各原因の地域特性に応じた対応が必要である。特に避難施設の維持管理は、災害時における人命の確保にとって必要最低限の対策である。しかし、前述の通り防災対策上の問題点は地域により異なる。つまり、維持管理において重視しなければならない気象的背景およびその負荷も地域により異なる。

以下に、避難施設の維持管理における問題点とその特徴を示す。

1) 降積雪

積雪深の変化は、図5—1に示すように分類される³⁾。図のように、積雪深が20cm以上になる期間をみると変化の型によって期間が異なることがわかる。前述のように、雪問題の発生原因第1位が多量の降積雪であることや、積雪深が20cm以上場合、歩行速度の低下が著しく避難行動に影響を及ぼすことから地域における積雪深が20cm以上になる期間を考慮する必要がある。

2) 凍結

気温の変化は、地域により異なった傾向を持つ。消防活動の障害原因で多くみられた消防水利の確保の問題は、特に凍結現象によるものが多い。また、避難施設の凍結による避難困難や路面凍結による緊急車両の走行障害に及ぼす影響も大きい。これらの原因となる日最高気温の変化を模式的に示すと図5—2となる。図のように、日最高気温が0℃未満の日つまり真冬日の発生が多くなると凍結状態が継続する危険性が増す。このようなことから、地域における真冬日の発生頻度を考慮する必要がある。凍結に関する指標として、積算寒度などは寒さの程度を表すものとして有効であるが、雪対策や防災対策などを考える場合、市町村がどの程度の期間凍結による支障を受けるかを明確にすることが必要である。

3) 吹雪および吹きだまり

雪害との複合災害で最も問題になる災害が風害であった。さらに、消防活動の障害原因第2位にも挙げられた。吹雪は、一般に雪が風によって空中を舞う現象であるため降雪を伴わない場合にも発生する。また、吹雪は吹きだまりの形成に影響を及ぼす。このため避難施設および避難経路の維持管理には吹雪および吹きだまりの現象を考慮する必要がある。

吹雪は、図5—3に示す吹雪発生臨界風速曲線で表される吹雪発生領域にある場合に発

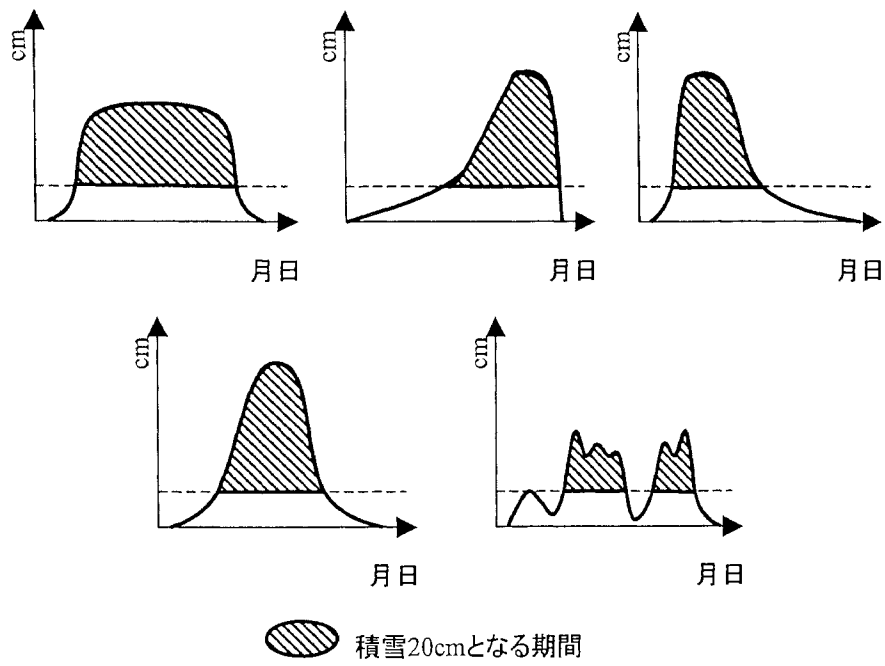


図5—1 積雪深が20cm以上となる期間の変化

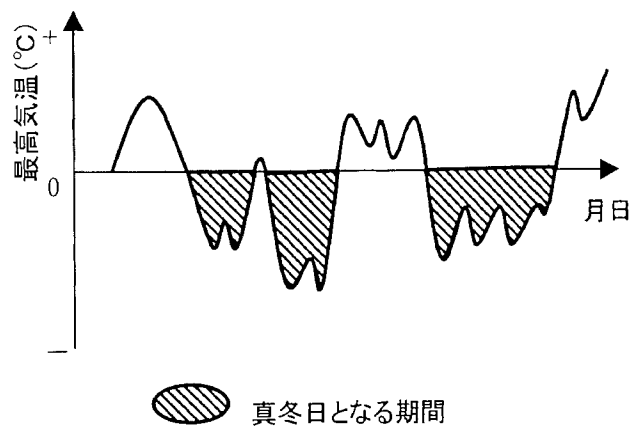


図5—2 日最高气温の変化

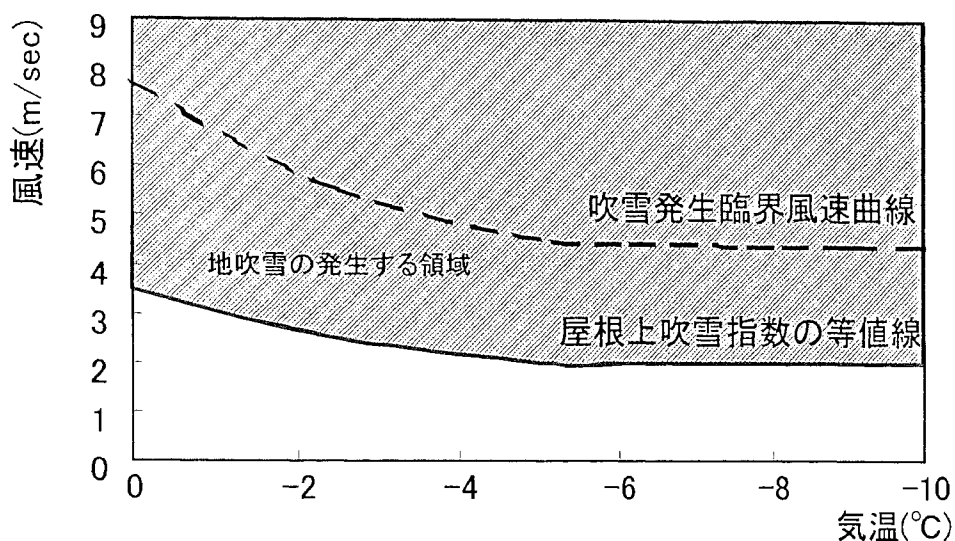


図5—3 吹雪発生臨界曲線と吹雪発生領域⁴⁾

生ずる。しかし、図中の吹雪発生臨界風速曲線は、吹雪発生時の瞬間的な状況を示しているため、気象資料として一般に入手し易い日平均風速や日平均気温を用いて推定することは難しい。このことについて苫米地らは、日平均気温および日平均風速を用いた屋根上吹雪指数の等値線を提案している⁴⁾。従って、この等値線を基に地域における吹雪の発生状況を把握することができる。

以上のように、避難施設の維持管理に影響を及ぼす地域特性に応じた負荷の検討が必要である。

5.2.2 避難施設の維持管理に関わる負荷量の考え方

既往の研究における負荷量の算出例をみると、冬の厳しさを評価する手法として伊藤の「雪寒指数」がある⁵⁾。これは、(1)式に示す通り冬期間における各要素の和で負荷量を示しているものである。

$$Ic = (Smax + \sqrt{S} + Snt + D_{10} + Is) / (Tmin + Sd) \dots \dots (1)$$

Smax：最大積雪深(cm)， \sqrt{S} ：積算積雪深(cm·day)，

Snt：日積雪深(+の合計)(cm)， D_{10} ：積雪10cm以上の日数(day)，

Is：積雪増加指数，Tmin：日最低気温の平均(°C)，Sd：日照時間(hr)

しかしながら、上述の問題点に示したように避難施設の維持管理に関する負荷量を求める場合、各要素が示す値の大小のみでは維持管理の負荷量として評価するには不十分である。つまり、ある3つの要素の値が同じ2つの地域がある場合、各要素の和で負荷量を示すと2つの地域は同じ負荷量となるが、2以上の要素が同時に発生する日を考慮して負荷量とすれば各地域の特性の差異が明確になる。これらを模式図で表すと図5—4となる。図のように3つの要素の和を負荷量とした場合、 $[a + b + c]$ で2つの地域の負荷量は等しくなるが、例えば3つの要素が同時に発生する日の値を負荷量とした場合、 $[a \cap b \cap c]$ となりそれぞれの負荷量は異なる。これは、集合論の積事象に相当する考え方である。さらに、各要素の組み合わせにより1つの要素のみ発生する日、2つの要素が同時に発生する日および3つの要素が同時に発生する日を求めることで負荷の程度別にみた検討が可能である。

5.2.3 避難施設の維持管理に関わる負荷量の定義

前節で示した避難施設の維持管理における問題点から、これらが単独の要因で発生する諸問題および組み合わせり発生する諸問題についてまとめると図5—5となる。図のように各要因により発生する問題は、要因が組み合わせることにより被害の程度も大きくなる。また、要因が単独で発生させる問題は日常的に起こる問題である。これに対し、要因が組み合わせり発生させる問題は、非日常的である程度短期間におこるものから災害レベルに達するものまでである。このことから、本章では問題の発生原因となる要素が現れる日を「危険日」とし以下の通り定義する。危険日は、根雪期間における「積雪20cm以上日」、「真冬日」および「吹雪発生日」とする。また、図5—5に示す各段階についてランクを設け、各ランクにおける危険日の日数を負荷量とする。各ランクの定義は、図5—6に示す通り、各要因が単独で発生する危険日をランクC1~C3、2つの要因が同時に発生する危険日をランクB1~B3、全ての要因が同時に発生する危険日をランクAとした。さらに、各ランクは重複せず図中の式により定義できる。

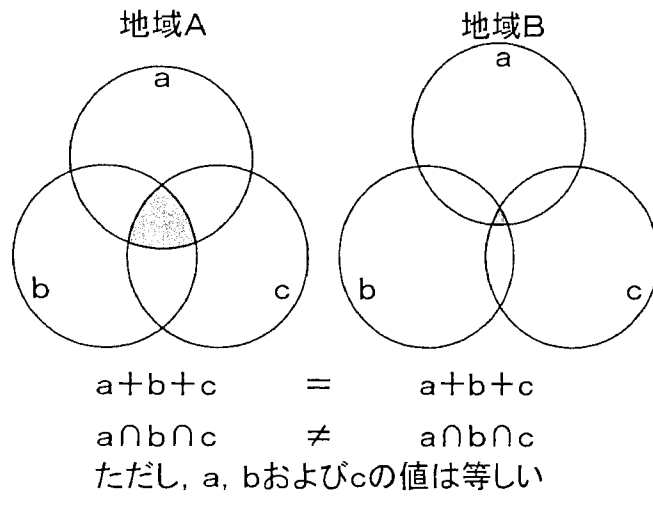


図5—4 負荷量の考え方

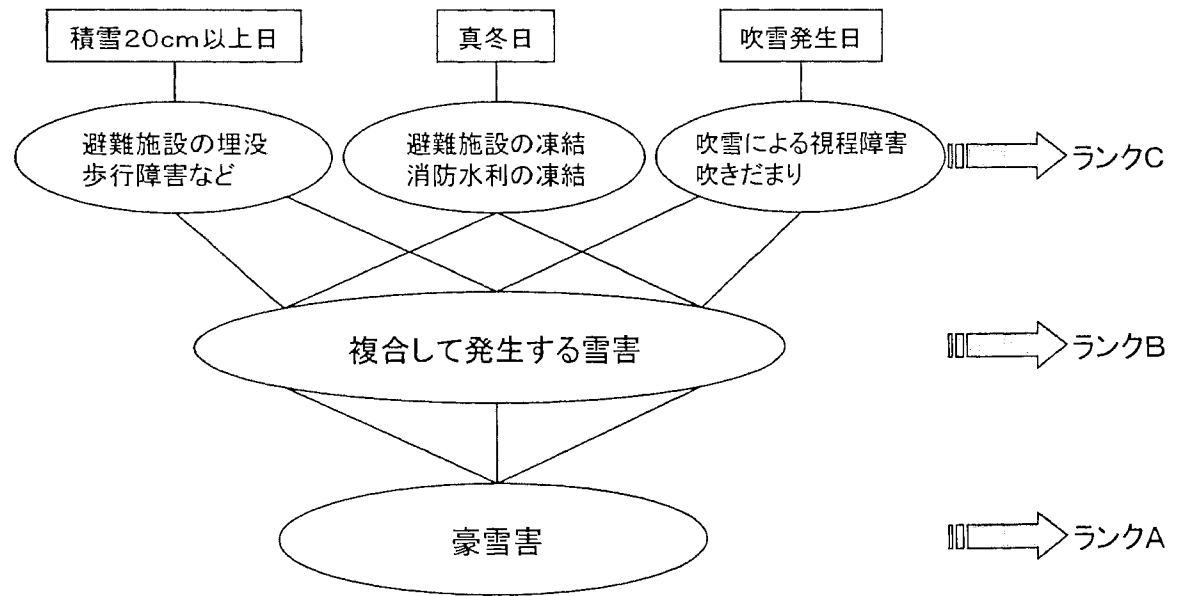
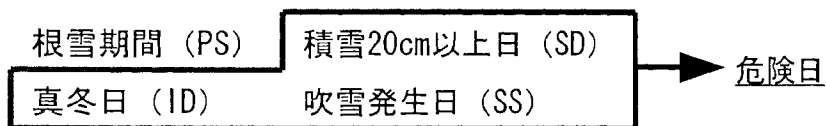
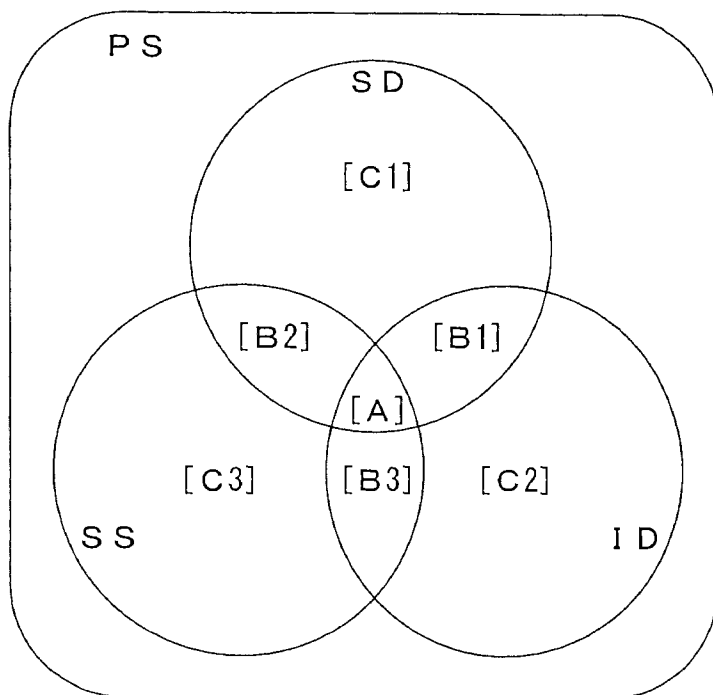


図5—5 要因の組み合わせによる諸問題



ランク	負荷量	定義
A	$SD \cap ID \cap SS$	積雪20cm以上日+真冬日+吹雪発生日
B 1	$SD \cap ID \cap \overline{SS}$	積雪20cm以上日+真冬日
B 2	$SD \cap SS \cap \overline{ID}$	積雪20cm以上日+吹雪発生日
B 3	$ID \cap SS \cap \overline{SD}$	真冬日+吹雪発生日
C 1	$SD \cap \overline{ID} \cup SS$	積雪20cm以上日
C 2	$ID \cap \overline{SD} \cup SS$	真冬日
C 3	$SS \cap \overline{SD} \cup \overline{ID}$	吹雪発生日

図5—6 危険日の組み合わせと負荷量の定義

5.3 研究方法

5.2 項で示した通り避難施設の維持管理に関する負荷量を求めるため北海道内の市町村における危険日数を算出した。各危険日は、表5—1に示すように各市町村の最寄りの気象観測地点における1985年11月から2000年4月までの気象資料をもとに算出した。算出方法を以下に示す。

1) 積雪20cm以上日

根雪期間における積雪深20cm以上の日を抽出した。なお、根雪期間の定義については第4章で行っている。

2) 真冬日

根雪期間における日最高気温が0℃未満の日を抽出した。

3) 吹雪発生日

根雪期間における日平均気温および日平均風速を基に前述の図5—3に示す吹雪発生領域に該当する日を抽出した。

さらに、これらの危険日を基にランクA～Cの定義に該当する日を抽出し各年における負荷量を算出した。なお、日常的な避難施設等の管理を配慮し平年的な値となる2年再現期待値、施設計画や管理計画を配慮し30年再現期待値をそれぞれ算出した。

5.4 北海道内全市町村における負荷量の算出結果

市町村における各ランクの負荷量を算出した。以下に、2年再現期待値を用いて算出した結果を示す。

全市町村における根雪期間の発生頻度を図5—7に示す。ただし、発生頻度は階級を7日とした。これは、積雪荷重の評価に用いる7日増分積雪深を参考にした。図のように根雪期間の発生頻度は、正規分布 ($m=116.5$, $\sigma=25.8$) (m :平均値, σ :標準偏差) に近似した分布となった。根雪期間の正規分布から平均値の±25%の区間で分布状況をみると(以下の分布図において同じ) 図5—8となる。図には、各分布状況を模式的に表したものを併せて示している(以下の分布図について同じ)。図のように、根雪期間が133日(約5ヶ月)以上に及ぶ地域は内陸部から北部にかけて分布している。これに対し太平洋沿岸の地域は105日(約4ヶ月)未満となっている。

次に、各ランクにおける発生頻度および分布状況を以下に示す。

表5-1 算出に用いた気象地点一覧

地点番号	地点名	市町村名	地点番号	地点名	市町村名	地点番号	地点名	市町村名
401	稚内	稚内市						
402	北見枝幸	枝幸町	14206	恵庭島松	千歳市	19416	白糠	白糠町
404	羽幌	吉前町			恵庭市	20146	陸別	音別町
405	雄武	羽幌町	15076	幌加内	北広島市			陸別町
406	留萌	雄武町			幌加内町	20266	上士幌	上士幌町
		留萌市	15116	石狩沼田	秩父別町	20276	足寄	足寄町
		小平町			北竜町	20341	本別	本別町
407	旭川	旭川市	15161	深川	沼田町			
		鷹栖町			深川市	20356	新得	新得町
409	網走	網走市			妹背牛町			清水町
409	網走	女満別町			赤平市	20361	鹿追	鹿追町
411	小樽	小樽市			滝川市	20371	駒場	音更町
412	札幌	札幌市	15241	滝川	砂川市	20421	芽室	芽室町
413	岩見沢	岩見沢市			歌志内市	20441	池田	霧別町
		三笠市			上砂川町			池田町
417	帯広	帯広市			新十津川町	20506	浦幌	浦幌町
					雨竜町	20556	糠内	豊頃町
418	釧路	釧路市	15251	芦別	芦別市	20606	更別	中札内町
		釧路町	15311	月形	月形町			更別村
420	根室	根室市			美唄市	20696	大樹	忠類町
421	寿都	島牧村	15321	美唄	奈井江町			大樹町
423	室蘭	寿都町			浦臼町			早来町
424	苫小牧	室蘭市			粟沢町	21111	厚真	追分町
		苫小牧市			南幌町			厚真町
426	浦河	浦河町	15431	長沼	浦仁町	21126	穂別	穂別町
		様似町			長沼町	21161	大滝	大滝村
		えりも町			栗山町	21226	大岸	豊浦町
428	江差	江差町	15442	夕張	夕張市			洞爺村
		上ノ国町	16026	美国	積丹町	21261	白老	白老町
		乙部町			古平町	21276	鶴川	鶴川町
430	函館	函館市	16061	神恵内	泊村			伊達市
433	倶知安	倶知安町			神恵内村	21296	伊達	虹田町
435	紋別	紋別市			仁木町			杜舞町
440	広尾	広尾町	16076	余市	余市町	21312	登別	登別市
11011	船泊	礼文町			赤井川村	22036	日高	日高町
11076	浜鬼志別	猿払村	16156	岩内	共和町			平取町
11151	脊形	利尻町			岩内町	22141	日高門別	門別町
		利尻富士町	16206	蘭越	蘭越町			新冠町
11176	豊富	豊富町			二セコ町	22241	静内	静内町
11206	浜頓別	浜頓別町	16281	真狩	真狩村	22291	三石	三石町
11276	中頓別	中頓別町			留寿都村	23031	長万部	長万部町
11316	歌登	歌登町	16286	喜茂別	喜茂別町	23086	八雲	八雲町
12011	中川	中川町			京極町			鹿部町
12041	音威子府	音威子府村	16321	黒松内	黒松内町	23126	森	砂原町
12141	美深	美深町	17076	興部	興部町			森町
12181	名寄	名寄市	17091	西興部	西興部村			戸井町
12231	下川	風連町	17166	湧別	上湧別町	23206	南茅部	恵山町
12261	士別	湧別町			湧別町			楸法華村
12266	朝日	滝上町	17196	滝上	滝上町			南茅部町
		朝日町	17246	常呂	常呂町			上磯町
12301	和寒	和寒町	17306	遠軽	遠軽町	23226	大野	大野町
		剣淵町			丸瀬布町			七飯町
		当麻町	17316	佐呂間	佐呂間町	23326	木古内	知内町
12396	比布	比布町	17501	生田原	生田原町			木古内町
		愛別町			北見市	23376	松前	松前町
12411	上川	美幌町	17521	北見	美幌町			福島町
12451	東川	東神楽町			端野町	24041	瀬棚	瀬棚町
12551	美瑛	東川町	17546	小清水	東藻琴村			北桧山町
		美瑛町			小清水町	24051	今金	今金町
12596	上富良野	上富良野町	17561	斜里	斜里町	24131	奥尻	奥尻町
		中富良野町			清里町	24141	熊石	熊石町
12626	富良野	富良野市	17607	境野	訓子府町			大成町
12691	幾寅	南富良野町			置戸町	24201	鶴	厚沢部町
12746	占冠	占冠村			留辺蘂町			
13061	天塩	天塩町	17717	津別	津別町			
		幌延町	17955	白滝	白滝村			
13086	遠別	遠別町	18036	羅臼	羅臼町			
13121	初山別	初山別村	18136	標津	標津町			
13311	増毛	増毛町	18171	中標津	中標津町			
14026	浜益	浜益村	18256	別海	別海町			
14071	厚田	厚田村	19051	弟子屈	弟子屈町			
		当別町	19151	標茶	標茶町			
14101	新篠津	新篠津村	19191	鶴居	鶴居村			
		北村	19261	中徹別	阿寒町			
14116	山口	石狩市	19311	樺町	浜中町			
14171	西野幌	江別市	19376	太田	厚岸町			

※斜体は気象官署を示す

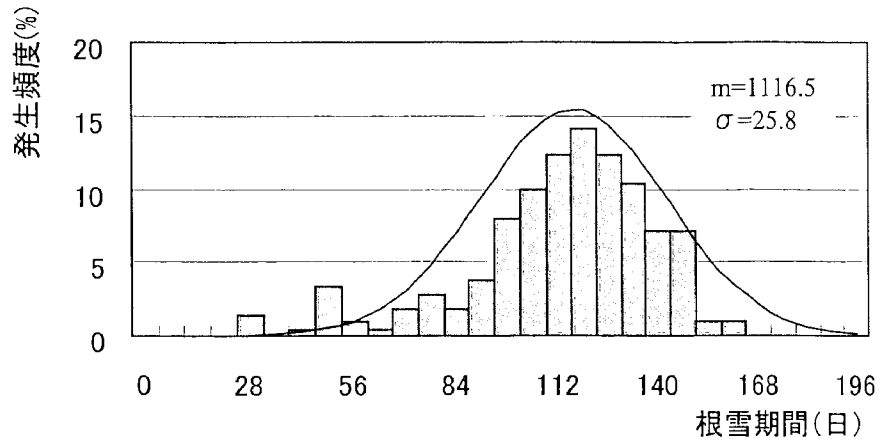


図5—7 根雪期間の発生頻度

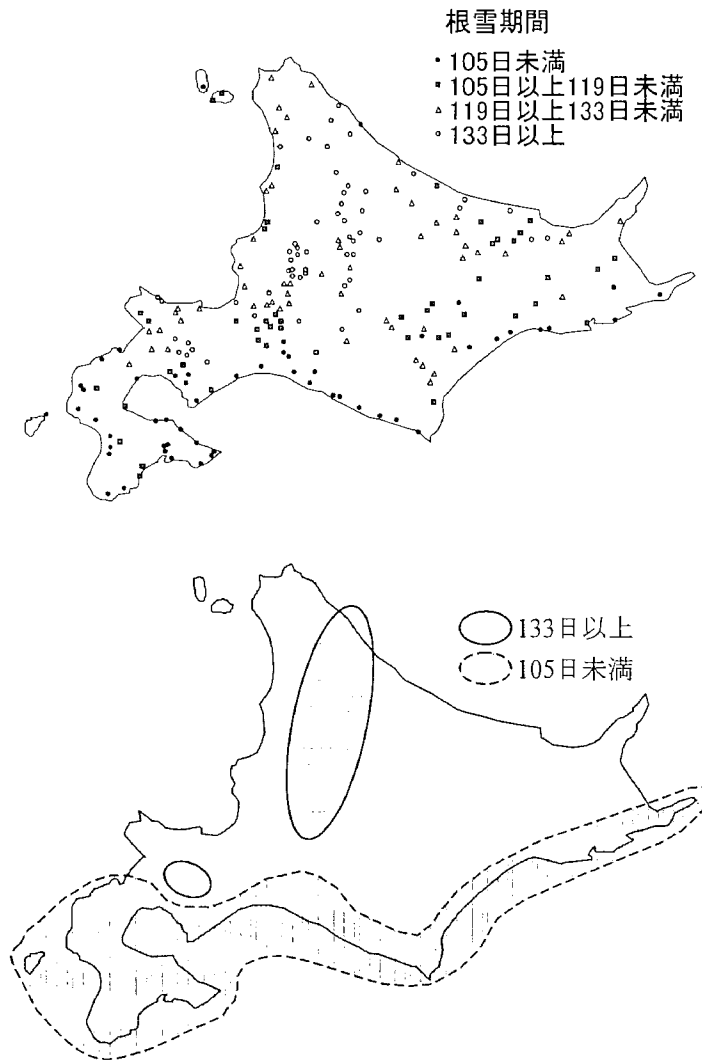


図5—8 根雪期間の分布状況

ランク C1～C3 の発生頻度および分布状況を図 5—9 および 10 に示す。ランク C1～C3 は、危険日が 1 項目のみ発生する日である。ランク C1 の発生頻度をみると、ランク C2 および C3 とは異なり発生日数の幅が広い。ランク C2 および C3 の発生頻度はともに正規分布からやや外れた分布を示し平均値以下での分布が大きくなっている。分布状況をみると積雪が 20cm 以上の日のみを示すランク C1 は後志地域から内陸部および北部にかけて分布する地域で発生日数が多い。真冬日を示すランク C2 の分布状況は、東部の地域で発生日数が多くなっている。吹雪発生日を示す C3 の分布状況は沿岸部に点在する地域で発生日数が多い。

ランク B1～B3 の発生頻度および分布状況を図 5—11 および 12 に示す。ランク B1～B3 は、危険日が 2 項目同時に発生する日である。図のようにランク B1 の発生頻度をみると、ランク B2 および B3 とは異なり発生日数の幅が広い。ランク B1～B3 の発生頻度はともに正規分布からやや外れた分布を示し平均値以下での分布が大きくなっている。また、それぞれの分布状況をみると、ランク B1 は内陸部ほど発生日数が多く、ランク B3 は沿岸部で発生日数が多い。ランク B1 は、「積雪 20cm 以上日」および「真冬日」、ランク B3 は、「真冬日」および「吹雪発生日」の組み合わせである。図のように積雪を伴う組み合わせの分布状況は内陸部に多く、吹雪を伴う場合は沿岸部に多く分布している。従って、ランク B2 は「積雪 20cm 以上日」および「吹雪発生日」の組み合わせで内陸部および沿岸部の分布状況となっている。

ランク A の発生頻度および分布状況を図 5—13 および 14 に示す。ランク A は、3 項目が同時に発生する日で最も厳しい条件の日となり危険度が最も高い。図のように、発生頻度は正規分布からやや外れた分布を示し平均値以下での分布が大きくなっている。ランク A の分布状況は、北部の市町村ほど発生日数が増える傾向を示している。特に日本海沿岸部の市町村で発生日数が多い。これは、ランク B1 および B2 の分布を組み合わせたものに近似している。つまり、積雪と真冬日の影響から北部ほど危険度が高くなり吹雪発生の影響を受け内陸部から沿岸部にかけてさらに危険度が高い傾向となる。

これらのランクおよび根雪期間について 30 年再現期待値を基に算出した発生頻度を図 5—15 に示す。図のように、2 年再現期待値に比べ発生日数の幅が広がる傾向を示すが分布状況の傾向には大きな変化はなかった。表 5—2 に全市町村の計算結果を示す。

以上のように「積雪深 20cm 以上日」、「真冬日」および「吹雪発生日」を危険日とし、これらの組み合わせによるランクを用いた地域特性の定量化結果は、第 4 章で明らかにした市町村における雪問題の原因や、消防本部における障害原因の気象的背景の分布と一致している。

このようなことから、本章で得られた各ランクの発生日数は、各市町村の地域特性を定量的に表現できる。またこれらは、避難施設の維持管理に関する指標として用いることが可能である。

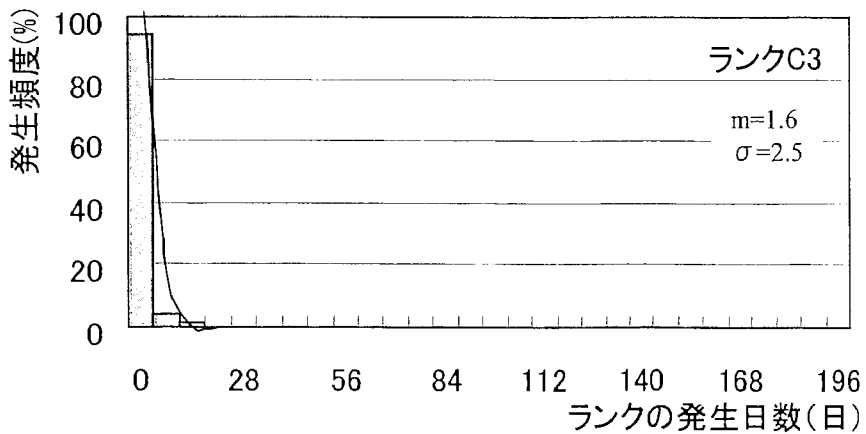
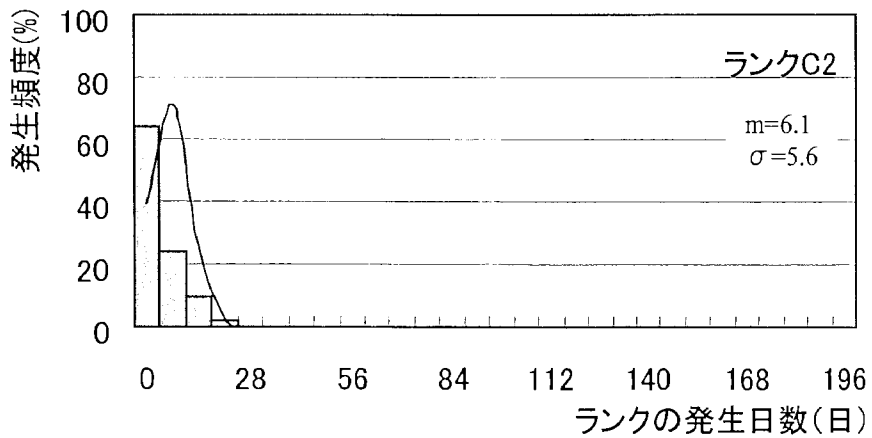
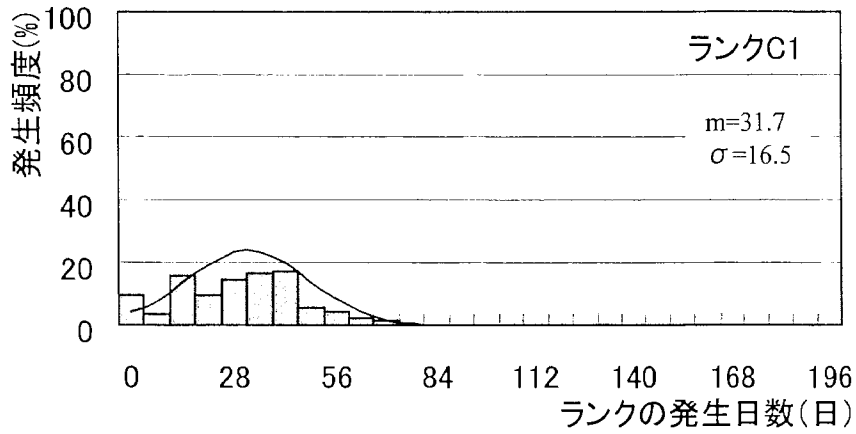


図5—9 ランクCの発生頻度

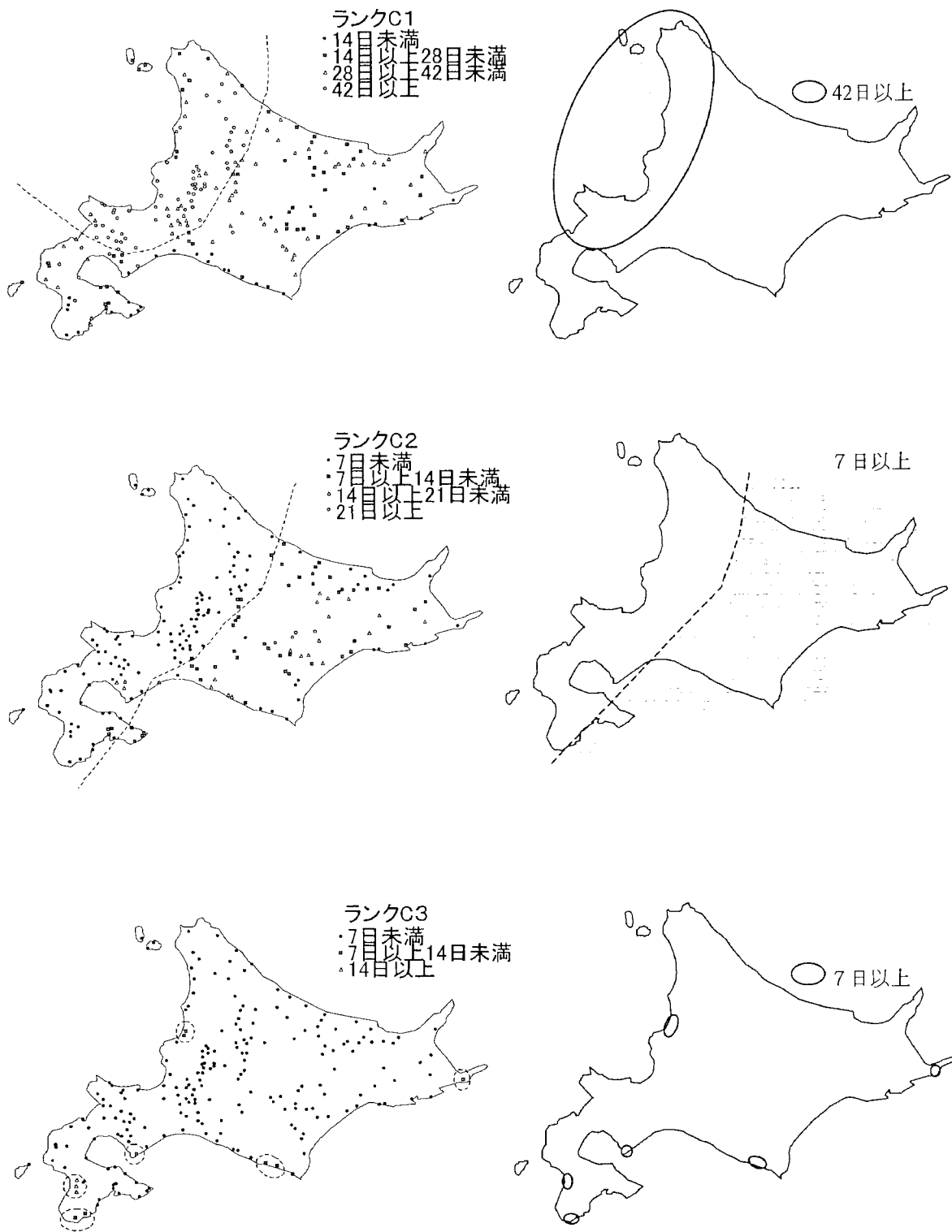


図5—10 ランクCの分布状況

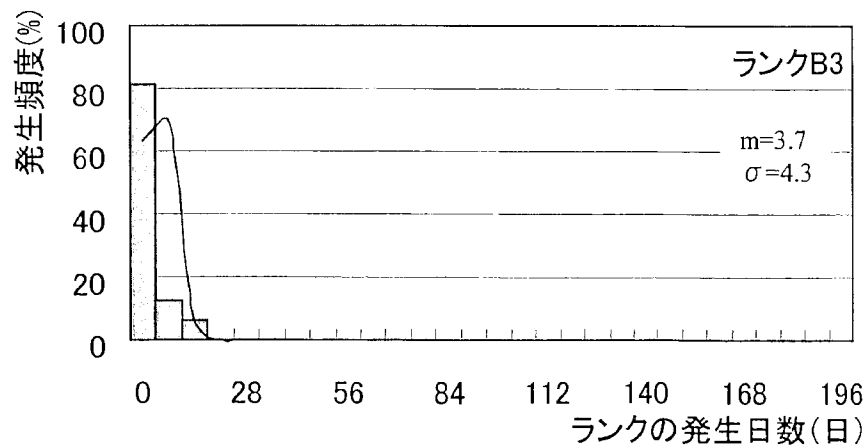
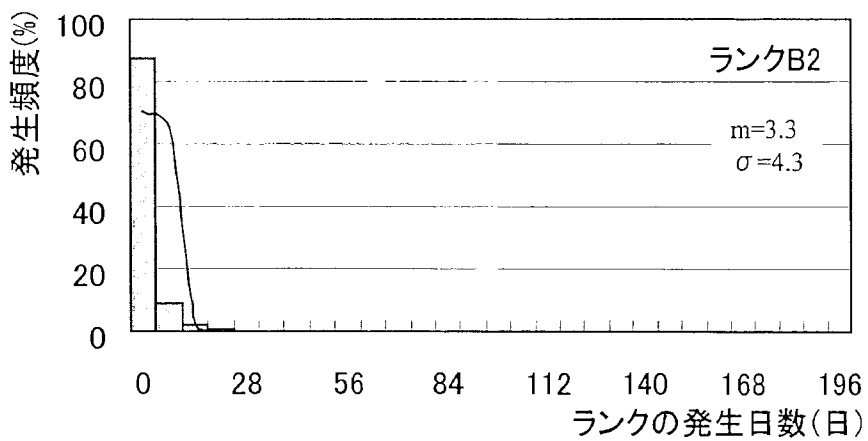
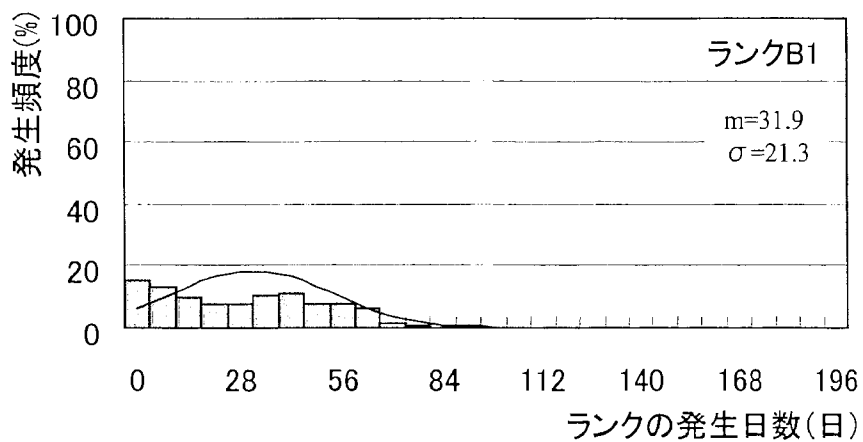


図5—11 ランクBの発生頻度

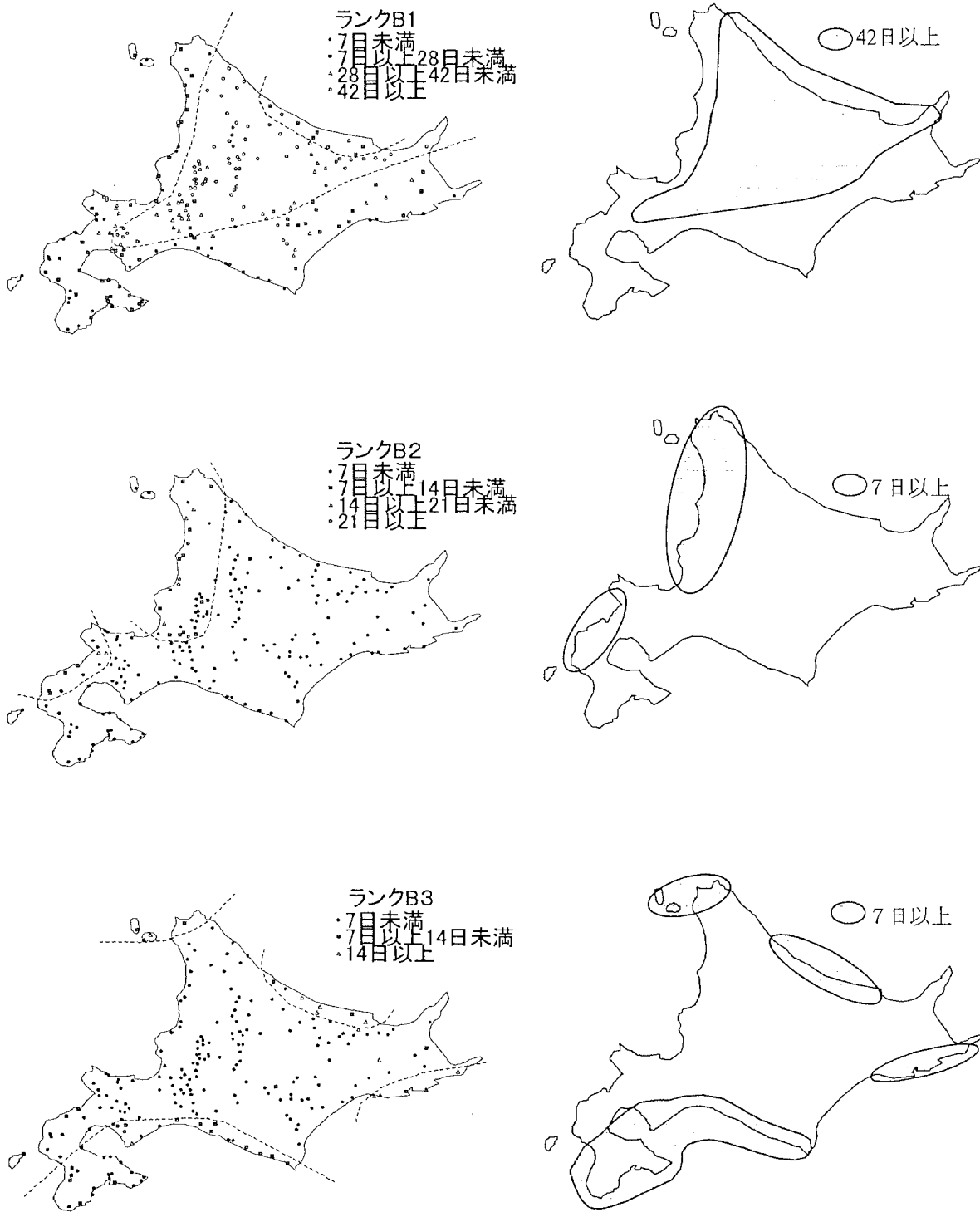


図5—12 ランクBの分布状況

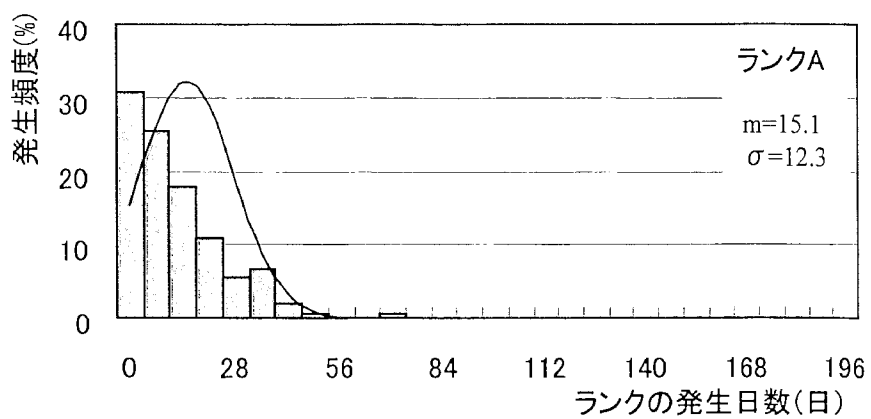


図5—13 ランクAの発生頻度

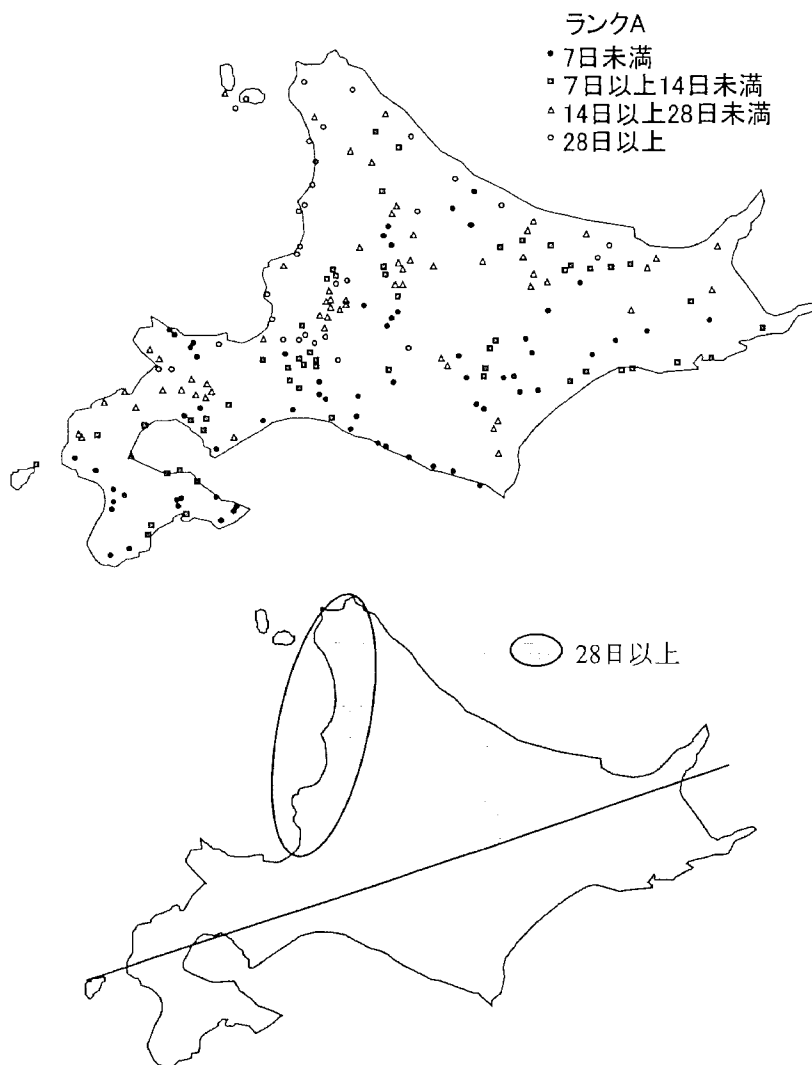


図5—14 ランクAの分布状況

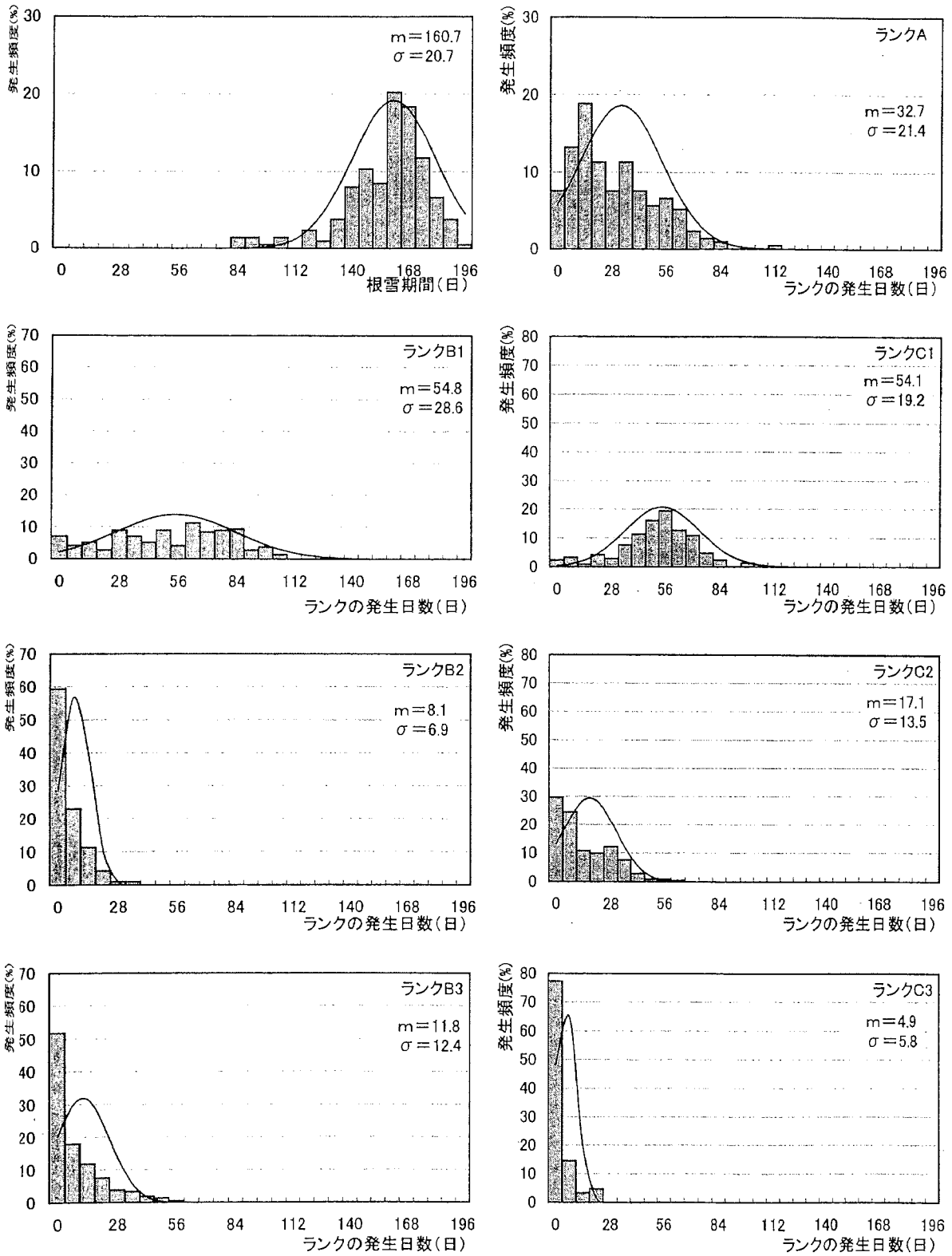


図5—15 30年再現期待値でみた各ランクの発生頻度

5.5 まとめ

本章では、避難施設の維持管理に関する負荷を定量化することを目的に市町村の雪問題および防災対策上の障害原因となる気象的背景を基とした負荷量の算出を行った。本章の結果をまとめると以下のようなになる。

- 1) 「積雪 20cm 以上の日」、「真冬日」および「吹雪発生日」を危険日とし、各危険日の組み合わせによるランク毎の計算結果は、その組み合わせの違いにより発生頻度の高い地域の分布状況は異なる結果となった。つまり、地域により危険度の高い項目は異なり避難施設の維持管理における負荷もその種類および程度が異なることが明らかとなった。
- 2) 各ランクにおける負荷量は、日常的な障害に対するものから災害時におけるものまで各段階に応じた負荷量として求めることができた。つまり、日常的な管理には、ランク C またはランク B を中心とした負荷量を基にその負荷の種類および程度に対応することが可能である。また、災害時に対応した避難施設の管理や防災計画には、ランク A またはランク B を中心に検討することができる。

以上のように、各危険日から求めた負荷量は、市町村における障害の特定やその発生程度を客観的に把握することができ、かつ、対策の次元に応じた負荷量の取り扱いも可能である。

第 5 章の参考文献

- 1) 都市災害と防災に関する調査研究報告：日本建築学会北海道支部都市災害と防災に関する調査研究委員会，1995. 5
- 2) 静岡県防災局緊急防災支援室編：市町村防災態勢実状調査，1998. 3
- 3) 伊藤驍：積雪統計量の雪害指標に関する研究，東北大学学位論文，1984. 1
- 4) 苫米地司他 2 名：気象要素を用いた屋根上積雪の評価方法について，日本雪工学会誌 Vol. 9 No. 3, pp. 2-9, 1993. 7
- 5) Takeshi Ito : Investigations on Snow Disasters and Development of a Disaster Potential Index, Proc. Second International Conference on Snow Engineering, pp. 147-156, 1992. 6

第6章 積雪期における避難施設の維持管理システム

6.1 はじめに	1
6.2 避難施設の維持管理負荷量と現状	1
6.2.1 市町村における避難施設の維持管理などの指導状況	1
6.2.2 単一の気象条件に対する維持管理負荷量と指導などの現状の関係	3
6.2.3 複数の気象条件に対する維持管理負荷量と指導などの現状の関係	7
6.3 維持管理負荷量を指標とした避難施設などの管理評価方法	11
6.4 まとめ	18

第6章 積雪期における避難施設の維持管理システム

6.1 はじめに

前章までにも積雪地域における防災対策，特に避難安全に関する対策は合理的でバランスの取れた対策が必要であることを示した。しかしながら，雪問題や防災に対する対策の現状は，法規上の指導範囲にとどまっており，建築物の設計・計画段階における指導や管理方法の指導までには至っていない。また，地域防災計画の立案状況も依然として夏期を中心としたものが多い。

前章までに示したように，雪問題の原因は地域により異なる分布となっている。さらに，問題の原因となる気象的背景をもとに，避難施設の管理にかかる負荷を求めると，その分布は雪問題の原因の分布と近似した傾向があった。地域特性を考慮した防災対策，とくに避難安全に対する検討が最低限必要である。

このようなことから本章では，負荷量を指標とした避難施設の維持管理のあり方について検討した。

6.2 避難施設の維持管理負荷量と現状

避難施設の維持管理負荷量を指標とした維持管理システムの提案するため，市町村における防災対策の現状と維持管理負荷量の関係について検討した。これらから，防災計画に関する評価基準および避難施設の維持管理方法の基準となる負荷量を求め，基礎的な維持管理システムの指標を示した。

6.2.1 市町村における避難施設の維持管理などの指導状況

市町村における防災対策の現状と避難施設の維持管理負荷量との関係について検討を行った。前述のアンケートから表6—1に示す防災対策に関する3項目を抽出し，各設問における選択肢にそれぞれ表中の配点を行った。各配点は，冬期間の防災対策として最低限必要なものを1点としそれより上位の対策については2点を与えた。反対に防災対策として不十分であるものを0点とした。なお，設問のうち設問①および②は消防本部に対するアンケート調査の項目であるため，各本部における回答を構成する市町村の回答として振り分けた。

避難経路の維持管理および避難施設の管理に関する指導の状況について得点の頻度を図6—1に示す。両設問の回答数は196市町村であった。図のように，それぞれについて指導を行っていない市町村は1割程度である。指導を行っていない市町村についてみると，釧路町

表6-1 アンケートから抽出した防災対策に関する項目

		得点
① 避難経路の確保に関する指導		
(1)	常に夏期と同様な避難経路が確保されるように指導	2
(2)	常に一定の幅で避難経路が確保されるように指導	1
(3)	雪対策を考慮した避難経路の確保について特に指導していない	0
② 避難施設の管理に関する指導		
(1)	常に夏期と同様に利用可能なように指導	2
(2)	定期的に点検を行い、利用可能なように指導	1
(3)	雪対策を考慮した避難施設の管理について特に指導していない	0
③ 複合災害に対する具体的な対応策や防災計画		
(1)	防災計画において既に考慮している	2
(2)	検討中・計画立案を予定している	1
(3)	特に考えていない	0

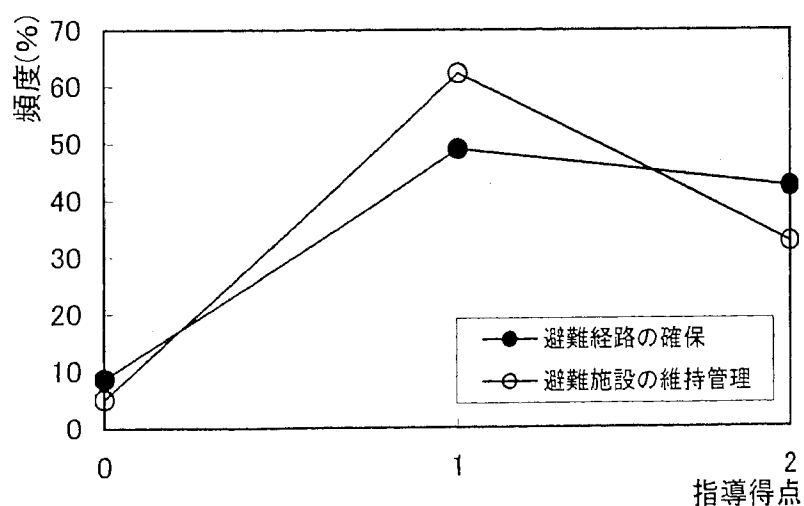


図6-1 避難経路の維持管理および避難施設の管理に関する指導の状況

や厚岸町など道東地域の町村および八雲町など道南地方の町村で比較的積雪の少ない地域であった。また、指導を行っているものの定期的な避難施設の点検や一定幅の避難経路の確保を指導している市町村は5～6割程度あり、これらは図6—2に示すように地域の気象条件などによっては防災上危険な場合が考えられる。従って、約7割の市町村は十分な指導を行っていないと言える。次に、複合災害に対する具体的な対応策や防災計画の立案についてみると図6—3となる。なお、回答数は145市町村であった。図のように、具体的な対応策を考えていない市町村が4割程度ある。さらに、検討中ではあるものの現段階において対応されていない市町村が3割であった。これは、前問と同様に現段階では対策が実施されていないことであるため、防災上危険な状態にある。現段階で防災計画において考慮されている市町村をみると札幌市、函館市および岩見沢市など都市部の市町村が多い状況であった。

6.2.2 単一の気象条件に対する維持管理負荷量と指導などの現状の関係

上述の指導状況と避難施設の維持管理負荷量との関係をみると図6—4となる。図は、単一の気象条件が発生するランクC1～C3について、各得点の負荷量の平均値を示している。また、山形の研究によれば、北海道における雪害による障害は概ね1週間で復旧していることが明らかであることから、負荷量を7日以上、14日以上および21日以上に区切りそれぞれの平均値で示した。図のように、指導得点および対策得点と維持管理負荷量は相関性がみられない。指導得点および対策得点は、図6—5に示す模式図のように負荷量が増加すれば指導などの得点が増加するのが理想的である。しかし、現状は負荷量が高い市町村においても指導および対策が不十分な状況にある。

各ランクにおける維持管理負荷量をみると積雪を示すランクC1が最も高く、以下真冬日、吹雪日を示すランクC2およびC3の順となる。また、維持管理などの指導および対策を行っている市町村と行っていない市町村の負荷量には差が殆どなく、ランクC1を例とすれば負荷量が30～40である市町村は全て維持管理などの指導や対策を行う必要がある。また、前述のように雪害などによる障害の復旧には概ね7日を要することから、避難施設の維持管理負荷量が7日以上の市町村は対策を行う必要がある。このようなことから、単一の気象条件を基準に維持管理負荷量と維持管理などの指導および対策の関係を整理すると図6—6に示す模式図に示すように、負荷量が7日未満の市町村は対策が不十分であっても比較的危険性は低く、それ以上の市町村は十分な対策を行わなければならない。

得点	0	1	2
設問①	指導していない	一定幅で確保	常に夏期と同様に確保
設問②	指導していない	定期的に点検	常に夏期と同様に利用可能
設問③	考えていない	検討中・立案予定	防災計画で既に考慮
防災上の危険度	大	中	小

- ・気象条件によっては、危険な場合がある(設問①, ②)
- ・現段階では、対策が実施されていない(設問③)

図6-2 各設問の回答における危険度

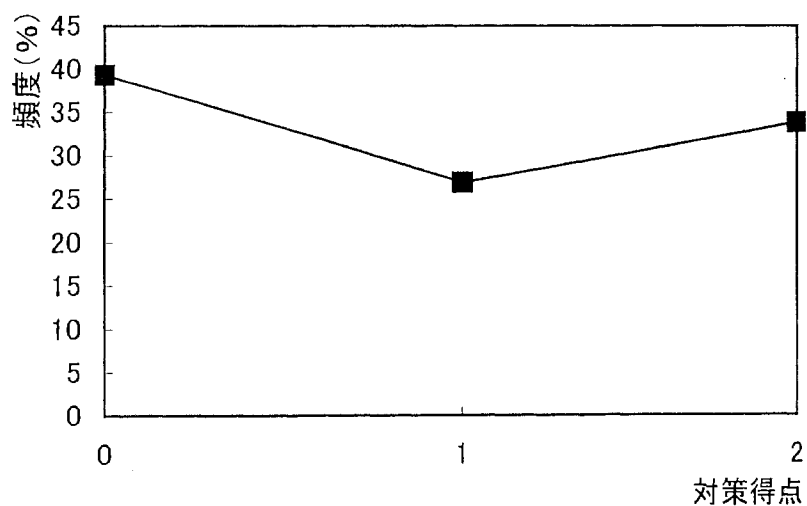


図6-3 複合災害に対する具体的な対応策や防災計画の立案状況

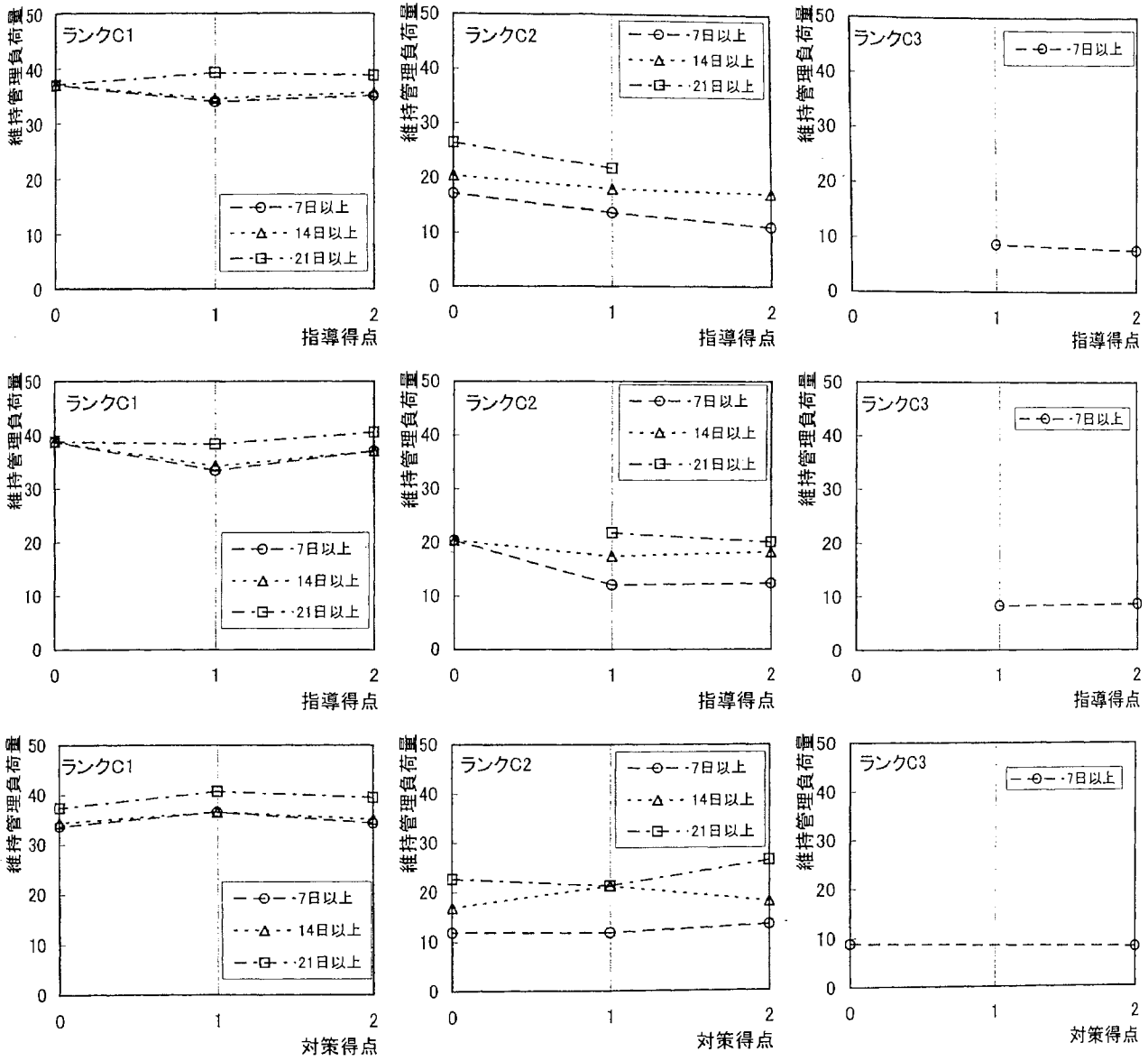


図6-4 指導得点および対策得点と維持管理負荷量の関係

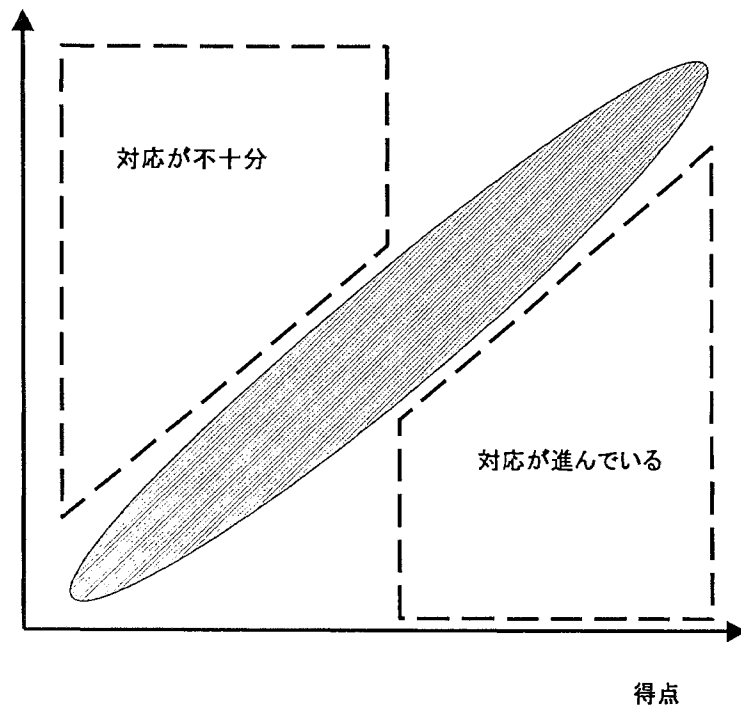


図6-5 得点と維持管理負荷量の理想的な関係

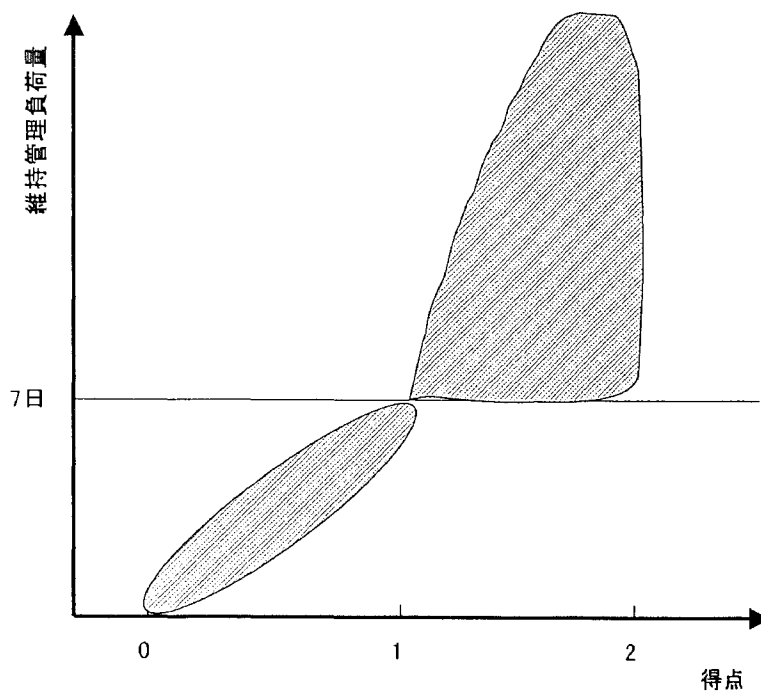


図6-6 単一の気象条件を基準とする維持管理負荷量と対策の関係

6.2.3 複数の気象条件に対する維持管理負荷量と指導などの現状の関係

避難施設の維持管理などの指導状況と複数の気象条件が組み合わさる場合の維持管理負荷量との関係をみると図6—7となる。図のように、指導得点と負荷量の間をみると、3つの気象条件が組み合わさるランクAでは、両社は比例的な関係を示し、さらに、負荷量が14日以上でみた場合全ての市町村が何らかの対策を行っている。2つの気象条件の組み合わせであるランクB1～B3をみると、積雪と真冬の組み合わせであるランクB1が最も負荷量が高く、得点と負荷量は比例的な関係を示している。

対策得点と維持管理負荷量との関係をみると、前者のような比例関係はみられず、ランクA、ランクB1およびランクB2においては、対策を行っている市町村より負荷量が高い市町村であっても対策を行っていない市町村が存在する。このように、維持管理負荷量は、市町村の指導状況および対策の状況を評価することができる。

複数の気象条件の組み合わせによる避難施設の管理上の問題点を図6—8に示す。図のように、気象条件の組み合わせをみると積雪と寒さにより避難施設の使用困難や歩行障害が発生する。また、積雪と吹雪により積雪の影響が増大し、避難施設の使用困難や歩行障害が発生する。寒さと吹雪による影響は凍結に加えて積雪の状態によっては吹きだまりが発生する可能性がある。これらのように、気象条件の組み合わせから条件の厳しさの程度を考えると図のように積雪と寒さの組み合わせ、つまり、ランクB1が厳しい状態となる。さらに、全ての条件が含まれるランクAが最も厳しい条件となることは前章で示した通りである。このことから、対策を行っている市町村、つまり、得点が2の市町村について各ランクにおける負荷量をみると図6—9となる。図のように、条件の厳しさの程度を合わせてみるとランクB1での維持管理負荷量が最も高く、負荷量が40以上の市町村が指導および対策を行っている。さらに、ランクAをみると負荷量が20以上の市町村が対策を行っていることから、現状の対応をみるとランクB1以上の負荷量を基に維持管理の方法および防災計画における対応を評価することができる。

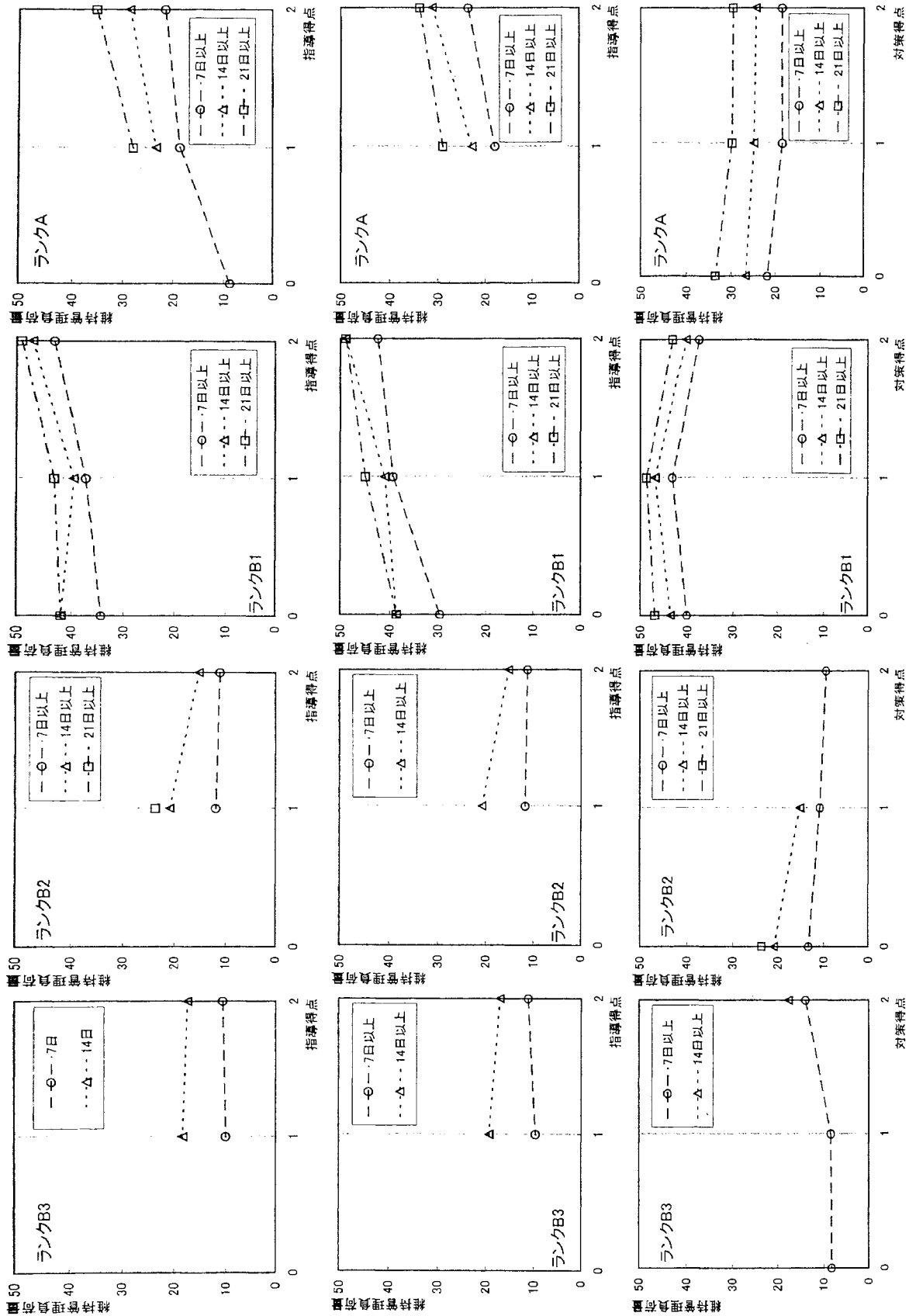


図6-7 指導得点および対策得点と維持管理負荷量の関係


維持管理負荷量 小  大		組み合わせ	条件の 厳しさ
積雪	⇒ { ・施設使用困難 ・歩行障害 }	ランクB1 積雪と凍結の影響により 施設使用困難・歩行障害	大
寒さ	⇒ { ・凍結の頻度・大 ・歩行障害 }	ランクB2 積雪+吹きだまりにより 施設使用困難・歩行障害	中
吹雪	⇒ { ・吹きだまりの発生・大 }	ランクB3 凍結による歩行困難+ (積雪の状態により)吹きだまり発生	小

図 6—8 複数の気象条件の組み合わせによる避難施設の管理上の問題点

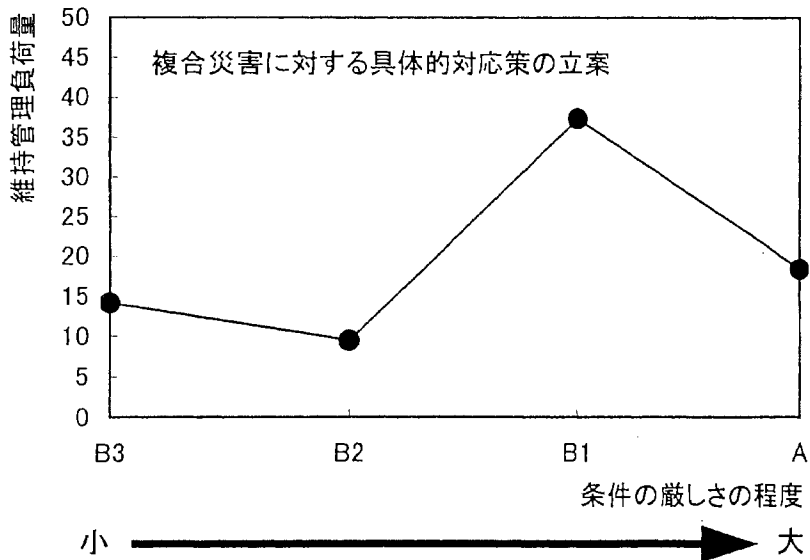
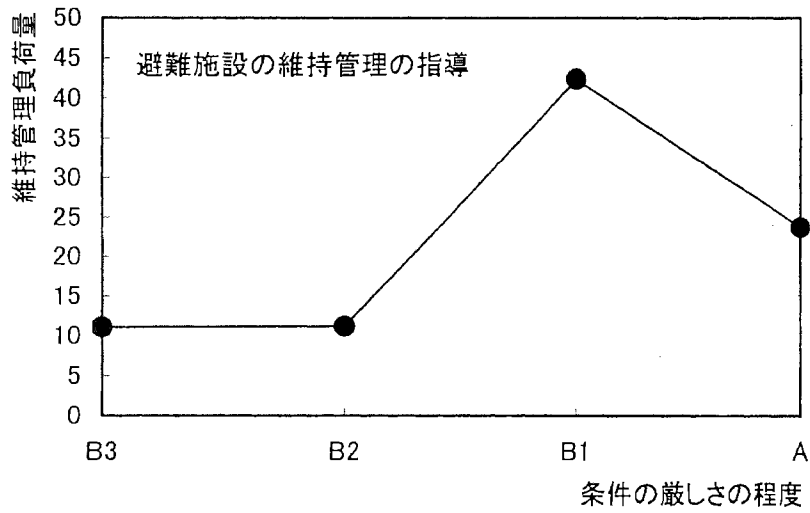
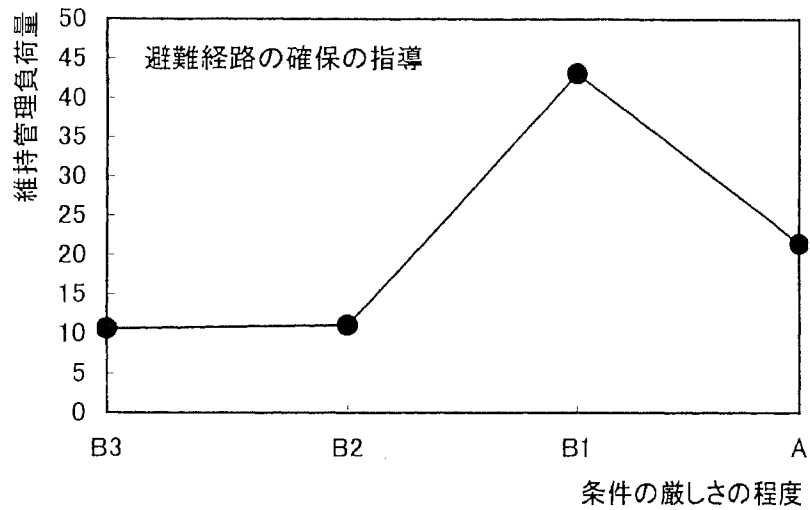


図6—9 対策を行っている市町村における各ランクの負荷量

6.3 維持管理負荷量を指標とした避難施設などの管理評価方法

積雪地域における防災計画および避難施設の維持管理に関する現状の評価および対策、指導方法の診断を行うための方法について検討した。前節までに得られた知見を基に防災計画および避難施設の維持管理に関する現状の評価および診断を行うため、図6—10に示すフローチャートを提案する。図のように、防災計画に関する対応については、ランクAおよびランクB1の負荷量を用いて雪害との複合災害について必要な対応を行う基準を示した。さらに、単一の気象条件からこれらの負荷量により重点をおくべき項目を検討し避難施設の維持管理に対応する方法を示した。

次に、図6—10のフローチャートを用いて全市町村における防災計画および避難施設の維持管理に関する診断を行った結果を表6—2—1～6に示す。表には、各ランクによる判定結果とアンケート回答から得た得点に対して対応状況を評価した。さらに、アンケートに未回答の市町村で対応の必要があるものについて総合評価の欄に示した。表のように、各ランクの負荷量を基に現状の対応を診断すると、対応を必要とする負荷の項目が明確になる。

以上のように、気象特性を用いた負荷量を指標とすることにより市町村における防災計画および避難施設の維持管理の指導について現状を診断することができ、また、今後の対応を検討するために用いることも可能である。

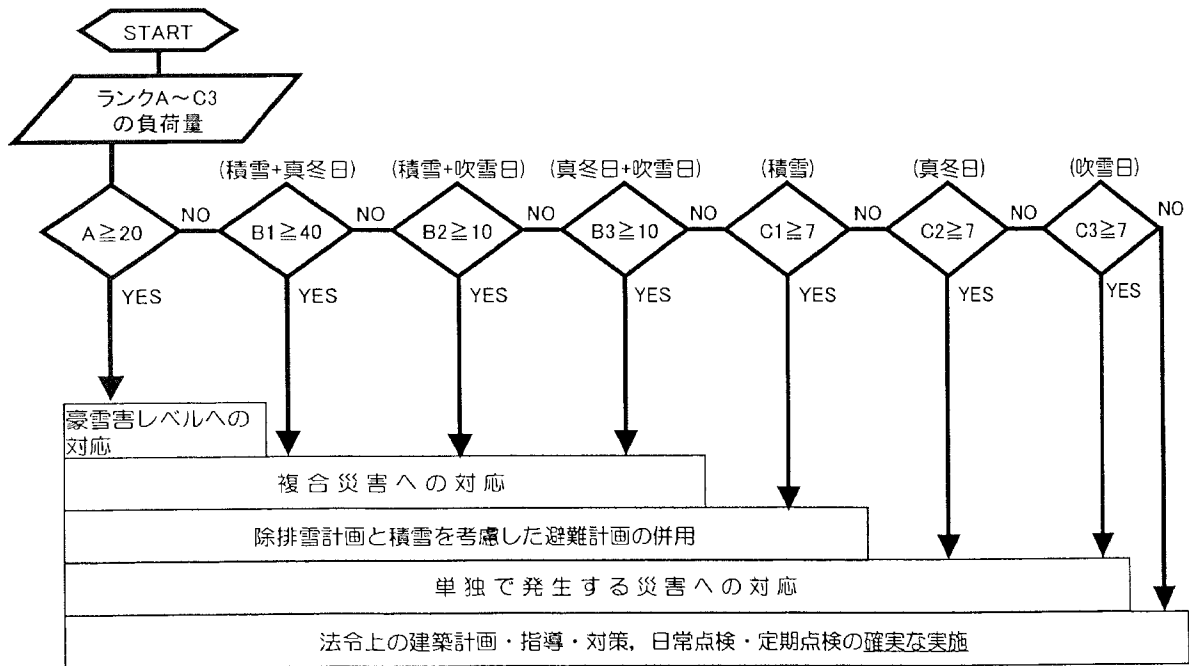


図6—10 防災計画および維持管理の評価および診断に用いるフローチャート

表6—2—1 負荷量を用いた市町村の防災計画に関する診断結果

【凡例】 ○:対応できている △:不足である ×:対応できていない *:対応の必要あり

No	市町村名	ランクによる判定				複合災害への対応				避難経路の維持管理の現状				避難施設の維持管理の現状				総合評価		
		A≥20	B1≥40	C1≥7	C2≥7	C3≥7	Aによる評価	B1による評価	C1による評価	C2による評価	C3による評価	C1による評価	C2による評価	C3による評価	C1による評価	C2による評価	C3による評価	防災計画	避難経路	避難施設
1	札幌市	No	No	Yes	No	No	-	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	○	○	○
2	函館市	No	No	Yes	No	No	-	○	-	-	-	△	-	-	-	-	-	○	○	△
3	小樽市	Yes	No	Yes	No	No	×	△	-	-	-	△	-	-	-	-	×	△	△	
4	旭川市	No	Yes	Yes	No	No	-	-	-	△	-	-	-	-	-	-	*	*	*	
5	室蘭市	No	No	No	No	Yes	-	-	-	△	-	-	-	-	-	-	-	△	○	
6	釧路市	No	No	No	No	No	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	帯広市	No	No	Yes	Yes	No	-	△	△	-	△	△	-	-	-	-	-	△	△	
8	北見市	No	Yes	Yes	Yes	No	-	△	△	-	△	△	-	-	-	-	○	△	△	
9	夕張市	Yes	No	Yes	No	No	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	
10	岩見沢市	Yes	No	Yes	No	No	○	-	-	-	-	△	-	-	-	-	○	△	△	
11	網走市	Yes	No	Yes	No	No	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	
12	留萌市	Yes	No	Yes	No	Yes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	
13	苫小牧市	No	No	No	No	No	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14	稚内市	Yes	No	Yes	No	No	△	○	-	-	-	○	-	-	-	-	△	○	○	
15	美唄市	No	Yes	Yes	No	No	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	
16	芦別市	No	Yes	Yes	No	No	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	
17	江別市	No	Yes	Yes	No	No	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	
18	赤平市	Yes	Yes	Yes	No	No	○	△	-	-	-	△	-	-	-	-	○	△	△	
19	紋別市	Yes	No	Yes	No	No	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	
20	士別市	No	Yes	Yes	No	No	-	○	-	-	-	○	-	-	-	-	×	○	○	
21	名寄市	Yes	Yes	Yes	No	No	○	△	-	-	-	○	-	-	-	-	○	△	○	
22	三笠市	Yes	No	Yes	No	No	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	
23	根室市	No	No	No	No	Yes	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	○	△	
24	千歳市	No	No	Yes	No	No	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	
25	滝川市	Yes	Yes	Yes	No	No	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	
26	砂川市	Yes	Yes	Yes	No	No	○	△	-	-	-	△	-	-	-	-	○	△	△	
27	歌志内市	Yes	Yes	Yes	No	No	×	△	-	-	-	△	-	-	-	-	×	△	△	
28	深川市	Yes	No	Yes	No	No	○	○	-	-	-	△	-	-	-	-	○	○	△	
29	富良野市	No	Yes	Yes	Yes	No	-	○	○	-	-	○	-	-	-	-	○	○	○	
30	登別市	No	No	Yes	No	No	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	
31	恵庭市	No	No	Yes	No	No	-	△	-	-	-	△	-	-	-	-	-	△	△	
32	伊達市	No	No	Yes	Yes	No	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	
33	北広島市	No	No	Yes	No	No	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	
34	石狩市	Yes	No	Yes	No	No	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	*	
35	当別町	Yes	No	Yes	No	No	×	○	-	-	-	○	-	-	-	-	×	○	○	

表6-2-2 負荷量を用いた市町村の防災計画に関する診断結果

【凡例】 ○:対応できている △:不足である ×:対応できていない *:対応の必要あり

No	市町村名	ランクによる判定			複合災害への対応			避難経路の維持管理の現状			避難施設の維持管理の現状			総合評価		
		A ≥ 20	B1 ≥ 40	C1 ≥ 7	C2 ≥ 7	C3 ≥ 7	A1による評価	B1による評価	C1による評価	C2による評価	C3による評価	C1による評価	C2による評価	C3による評価	防災計画	避難経路
36	新篠津村	Yes	No	Yes	No	No	○	-	-	○	-	-	-	○	○	○
37	厚田村	Yes	No	Yes	No	No	△	-	-	○	-	-	-	△	○	○
38	浜益村	Yes	No	Yes	No	No	○	-	-	○	-	-	-	○	○	○
39	松前町	No	No	No	No	Yes								*	*	*
40	福島町	No	No	No	No	Yes								*	*	*
41	知内町	No	No	Yes	No	No								*	*	*
42	木古内町	No	No	Yes	No	No								*	*	*
43	上磯町	No	No	Yes	Yes	No								*	*	*
44	大野町	No	No	Yes	Yes	No	-	○	-	△	△	-	-	○	△	△
45	七飯町	No	No	Yes	Yes	No	-	○	-	△	△	-	-	○	△	△
46	戸井町	No	No	Yes	Yes	No								*	*	*
47	恵山町	No	No	Yes	Yes	No								*	*	*
48	般法華村	No	No	Yes	Yes	No								*	*	*
49	南茅部町	No	No	Yes	Yes	No								*	*	*
50	鹿部町	No	No	Yes	No	No								*	*	*
51	砂原町	No	No	Yes	No	No								*	*	*
52	森町	No	No	Yes	No	No								*	*	*
53	八雲町	No	No	Yes	No	No								*	*	*
54	長万部町	No	No	Yes	Yes	No	-	○	-	○	○	-	-	○	○	○
55	江差町	No	No	No	No	Yes								*	*	*
56	上ノ国町	No	No	No	No	Yes								*	*	*
57	厚沢部町	No	No	Yes	No	No								*	*	*
58	乙部町	No	No	No	No	Yes								*	*	*
59	熊石町	No	No	Yes	No	No								*	*	*
60	大成町	No	No	Yes	No	No								*	*	*
61	奥尻町	No	No	Yes	No	No								*	*	*
62	瀬棚町	Yes	No	Yes	No	No								*	*	*
63	北檜山町	Yes	No	Yes	No	No								*	*	*
64	今金町	No	No	Yes	No	No								*	*	*
65	島牧村	Yes	No	Yes	No	No	×	-	-	△	-	-	-	×	△	△
66	寿都町	Yes	No	Yes	No	No	△	-	-	△	-	-	-	△	△	△
67	黒松内町	No	No	Yes	No	No	-			△	-	-	-	-	△	△
68	蘭越町	No	No	Yes	No	No								*	*	*
69	二七三町	No	No	Yes	No	No								*	*	*
70	真狩村	No	Yes	Yes	No	No								*	*	*

表6—2—3 負荷量を用いた市町村の防災計画に関する診断結果

【凡例 ○:対応できている △:不足である ×:対応できていない *:対応の必要あり】

No	市町村名	ランクによる判定				複合災害への対応 A1による 評価	避難経路の維持管理の現状 C1による 評価	避難経路の維持管理の現状 C2による 評価	避難経路の維持管理の現状 C3による 評価	避難施設の維持管理の現状 C1による 評価	避難施設の維持管理の現状 C2による 評価	避難施設の維持管理の現状 C3による 評価	総合評価		
		A≥20	B1≥40	C1≥7	C2≥7								C3≥7	防災計画	避難経路
71	留寿都村	No	Yes	Yes	No	No							*	*	*
72	豊茂別町	Yes	Yes	Yes	No	No							*	*	*
73	京極町	Yes	Yes	Yes	No	No							*	*	*
74	俱知安町	Yes	No	Yes	No	No							*	*	*
75	共和町	Yes	No	Yes	No	No	×	△	-	△	-	-	×	△	△
76	岩内町	Yes	No	Yes	No	No							*	*	*
77	泊村	Yes	No	Yes	No	No	○	△	-	△	-	-	○	△	△
78	神恵内村	Yes	No	Yes	No	No	×	△	-	△	-	-	×	△	△
79	積丹町	No	Yes	Yes	No	No							*	*	*
80	舌平町	No	Yes	Yes	No	No							*	*	*
81	仁木町	No	No	Yes	No	No							*	*	*
82	余市町	No	No	Yes	No	No							*	*	*
83	赤井川村	No	No	Yes	No	No							*	*	*
84	北村	Yes	No	Yes	No	No							*	*	*
85	栗沢町	No	Yes	Yes	No	No	-	△	-	△	-	-	×	△	△
86	南幌町	No	Yes	Yes	No	No							*	*	*
87	奈井江町	No	Yes	Yes	No	No	-	△	-	△	-	-	○	△	△
88	上砂川町	Yes	Yes	Yes	No	No							*	*	*
89	由仁町	No	Yes	Yes	No	No							*	*	*
90	長沼町	No	Yes	Yes	No	No							*	*	*
91	栗山町	No	Yes	Yes	No	No							*	*	*
92	月形町	No	Yes	Yes	No	No	-	△	-	△	-	-	○	△	△
93	浦臼町	No	Yes	Yes	No	No	-	△	-	△	-	-	△	△	△
94	新十津川町	Yes	Yes	Yes	No	No	×	○	×	△	-	-	×	○	△
95	妹背牛町	Yes	No	Yes	No	No	×	○	-	△	-	-	×	○	△
96	秩父別町	No	Yes	Yes	No	No	-	△	-	△	-	-	△	○	△
97	雨竜町	Yes	Yes	Yes	No	No	×	○	-	△	-	-	×	○	△
98	北竜町	No	Yes	Yes	No	No							*	*	*
99	沼田町	No	Yes	Yes	No	No	-	○	-	△	-	-	△	○	△
100	幌加内町	No	Yes	Yes	No	No	-	○	-	△	-	-	△	○	△
101	鷹栖町	No	Yes	Yes	No	No							*	*	*
102	東神楽町	No	Yes	Yes	Yes	No	-	○	-	△	△	-	×	○	△
103	当麻町	No	Yes	Yes	No	No							*	*	*
104	比布町	No	Yes	Yes	No	No							*	*	*
105	愛別町	No	Yes	Yes	No	No							*	*	*

表6—2—4 負荷量を用いた市町村の防災計画に関する診断結果

【凡例】 ○:対応できている △:不足である ×:対応できていない *:対応の必要あり

No	市町村名	ランクによる判定				複合災害への対応 A1による 評価	避難経路の維持管理の現状 C1による 評価	避難経路の維持管理の現状 C2による 評価	避難経路の維持管理の現状 C3による 評価	避難施設 C1による 評価	避難施設 C2による 評価	避難施設 C3による 評価	総合評価	
		A≥20	B1≥40	C1≥7	C2≥7								C3≥7	防災計画
106	上川町	No	Yes	Yes	No	No							*	*
107	東川町	No	Yes	Yes	Yes	No			△	△	-		×	○
108	美瑛町	No	Yes	Yes	Yes	No			△	△	-		○	○
109	上富良野町	No	Yes	Yes	Yes	No			△				*	*
110	中富良野町	No	Yes	Yes	Yes	No			△				○	△
111	南富良野町	Yes	Yes	Yes	No	No			○				×	○
112	占冠村	No	Yes	Yes	Yes	No			○				×	○
113	和寒町	No	Yes	Yes	No	No							*	*
114	剣淵町	No	Yes	Yes	No	No			○				△	○
115	朝日町	No	Yes	Yes	No	No			○				×	○
116	風連町	Yes	Yes	Yes	No	No							*	*
117	下川町	Yes	Yes	Yes	No	No			△				○	○
118	美深町	No	Yes	Yes	No	No							*	*
119	音威子府村	No	Yes	Yes	No	No			△				×	○
120	中川町	Yes	Yes	Yes	No	No			△				△	○
121	増毛町	Yes	No	Yes	No	No			△				*	*
122	小平町	Yes	No	Yes	No	Yes					△		×	△
123	若前町	Yes	No	Yes	No	No							*	*
124	羽幌町	Yes	No	Yes	No	No							*	*
125	初山別村	Yes	No	Yes	No	No							*	*
126	遠別町	Yes	No	Yes	No	No							*	*
127	天塩町	Yes	No	Yes	No	No							*	*
128	幌延町	Yes	No	Yes	No	No							*	*
129	猿払村	Yes	No	Yes	No	No							*	*
130	浜頓別町	Yes	Yes	Yes	No	No			○				×	○
131	中頓別町	No	Yes	Yes	No	No							*	*
132	枝幸町	Yes	Yes	Yes	No	No							*	*
133	歌登町	No	Yes	Yes	No	No							*	*
134	豊富町	Yes	Yes	Yes	No	No			○				△	○
135	礼文町	Yes	No	Yes	No	No			△				△	○
136	利尻町	Yes	No	Yes	No	No							*	*
137	利尻富士町	Yes	No	Yes	No	No							*	*
138	東藻琴村	No	Yes	Yes	Yes	No							*	*
139	女満別町	Yes	No	Yes	No	No							*	*
140	美幌町	No	Yes	Yes	Yes	No			△				×	△

表6-2-5 負荷量を用いた市町村の防災計画に関する診断結果

【凡例】 ○:対応できている △:不足である ×:対応できていない *:対応の必要あり

No	市町村名	ランクによる判定			複合災害への対応			避難経路の維持管理の現状			防災計画			総合評価		
		A≥20	B1≥40	C1≥7	C2≥7	C3≥7	Aによる評価	B1による評価	C1による評価	C2による評価	C3による評価	現状	評価	評価	評価	避難経路
141	津別町	No	Yes	Yes	Yes	No	○	○	△	-	-	-	*	*	*	*
142	斜里町	Yes	Yes	Yes	No	No	×	△	△	-	-	-	○	○	△	△
143	清里町	Yes	Yes	Yes	No	No	-	△	△	-	-	-	×	×	△	△
144	小清水町	No	Yes	Yes	Yes	No	-	△	△	△	-	-	×	×	△	△
145	端野町	No	Yes	Yes	Yes	No	-	△	△	△	-	-	○	○	△	△
146	訓子府町	No	No	Yes	Yes	No	-	△	△	△	-	-	-	-	△	△
147	置戸町	No	No	Yes	Yes	No	-	△	△	△	-	-	-	-	*	*
148	留辺蘂町	No	No	Yes	Yes	No	-	△	△	△	-	-	-	-	△	△
149	佐呂間町	No	Yes	Yes	Yes	No	-	△	△	△	-	-	×	×	△	△
150	常呂町	Yes	No	Yes	No	No	-	△	△	-	-	-	*	*	*	*
151	生田原町	Yes	No	Yes	Yes	No	-	△	△	-	-	-	*	*	*	*
152	遠軽町	No	Yes	Yes	Yes	No	-	△	△	-	-	-	*	*	*	*
153	丸瀬布町	No	Yes	Yes	Yes	No	-	△	△	×	×	○	△	△	×	○
154	白滝村	Yes	Yes	Yes	Yes	No	△	△	△	×	×	○	*	*	*	*
155	上湧別町	Yes	No	Yes	Yes	No	△	△	△	×	×	○	△	△	×	○
156	湧別町	Yes	No	Yes	Yes	No	×	△	△	×	×	○	×	×	×	○
157	滝上町	No	Yes	Yes	Yes	No	-	△	△	-	-	-	*	*	*	*
158	興部町	No	Yes	Yes	Yes	No	-	△	△	-	-	-	*	*	*	*
159	西興部村	No	Yes	Yes	Yes	No	-	△	△	△	-	-	×	×	△	△
160	雄武町	Yes	No	Yes	No	No	-	△	△	-	-	-	*	*	*	*
161	豊浦町	No	No	Yes	No	No	-	△	△	-	-	-	-	-	×	×
162	虻田町	No	No	Yes	Yes	No	-	△	△	-	-	-	*	*	*	*
163	洞爺村	No	No	Yes	No	No	-	△	△	-	-	-	*	*	*	*
164	大滝村	No	Yes	Yes	No	No	-	△	△	-	-	-	△	△	○	○
165	壮瞥町	No	No	Yes	Yes	No	-	△	△	-	-	-	*	*	*	*
166	白老町	No	No	Yes	Yes	No	-	△	△	-	-	-	*	*	*	*
167	早来町	No	No	Yes	Yes	No	-	△	△	○	○	○	-	-	○	○
168	追分町	No	No	Yes	Yes	No	-	△	△	-	-	-	*	*	*	*
169	厚真町	No	No	Yes	Yes	No	-	△	△	-	-	-	*	*	*	*
170	鶴川町	No	No	No	Yes	No	-	△	△	○	○	○	-	-	○	○
171	穂別町	No	No	Yes	Yes	No	-	△	△	○	○	○	-	-	○	○
172	日高町	No	Yes	Yes	Yes	No	-	△	△	-	-	-	*	*	*	*
173	平取町	No	No	No	Yes	No	-	△	△	○	○	○	-	-	○	○
174	門別町	No	No	No	Yes	No	-	△	△	-	-	-	-	-	○	○
175	新冠町	No	No	No	Yes	No	-	△	△	○	○	○	-	-	○	△

表6-2-6 負荷量を用いた市町村の防災計画に関する診断結果

【凡例】 ○:対応できている △:不足である ×:対応できていない *:対応の必要あり

No	市町村名	ランクによる判定					複合災害への対応			避難経路の維持管理の現状			総合評価	
		A \geq 20	B1 \geq 40	C1 \geq 7	C2 \geq 7	C3 \geq 7	Aによる評価	B1による評価	C1による評価	C2による評価	C3による評価	防災計画	避難経路	避難施設
176	静内町	No	No	No	Yes	No	-	-	○	-	△	-	○	△
177	三石町	No	No	Yes	Yes	No	-	-	○	△	-	-	○	△
178	浦河町	No	No	No	No	Yes	-	-	-	-	-	-	*	*
179	様似町	No	No	No	No	Yes	-	-	-	-	-	-	*	*
180	えりも町	No	No	No	No	Yes	-	-	△	△	-	-	*	*
181	音更町	No	No	Yes	Yes	No	-	-	△	△	-	-	△	△
182	土幌町	No	No	Yes	Yes	No	-	-	△	△	-	-	△	△
183	上士幌町	No	No	Yes	Yes	No	-	-	△	△	-	-	△	△
184	鹿追町	No	No	Yes	Yes	No	-	-	△	△	-	-	△	△
185	新得町	No	No	Yes	Yes	No	-	-	○	○	-	-	○	△
186	清水町	No	No	Yes	Yes	No	-	-	○	○	-	-	○	△
187	芽室町	No	Yes	Yes	Yes	No	-	×	○	○	-	-	○	△
188	中札内町	No	Yes	Yes	Yes	No	-	△	○	○	-	-	○	△
189	更別村	No	Yes	Yes	Yes	No	-	○	○	○	-	-	○	△
190	忠類町	No	No	Yes	No	No	-	-	-	-	-	-	*	*
191	大樹町	No	No	Yes	No	No	-	-	○	△	-	-	○	△
192	広尾町	No	No	Yes	No	No	-	-	△	△	-	-	*	*
193	幕別町	No	No	Yes	Yes	No	-	-	△	△	-	-	△	△
194	池田町	No	No	Yes	Yes	No	-	-	△	△	-	-	△	△
195	豊頃町	No	No	Yes	Yes	No	-	-	△	△	-	-	*	*
196	本別町	No	No	Yes	Yes	No	-	-	○	○	-	-	○	○
197	足寄町	No	No	No	Yes	No	-	-	-	×	-	-	×	×
198	陸別町	No	Yes	Yes	Yes	No	-	○	×	×	-	○	×	×
199	浦幌町	No	No	Yes	Yes	No	-	-	△	△	-	-	△	△
200	釧路町	No	No	No	No	No	-	-	-	-	-	-	-	-
201	厚岸町	No	No	Yes	Yes	No	-	-	-	-	-	-	*	*
202	浜中町	No	No	No	No	No	-	-	-	-	-	-	-	-
203	標茶町	No	No	Yes	Yes	No	-	-	-	-	-	-	*	*
204	弟子屈町	Yes	No	Yes	Yes	No	-	-	-	-	-	-	*	*
205	阿寒町	No	No	Yes	Yes	No	-	-	-	-	-	-	*	*
206	鶴居村	No	No	Yes	Yes	No	-	-	-	-	-	-	*	*
207	白糠町	No	No	Yes	Yes	No	-	-	-	-	-	-	*	*
208	音別町	No	No	Yes	Yes	No	-	-	-	-	-	-	*	*
209	別海町	No	No	Yes	Yes	No	-	-	△	△	-	-	*	*
210	中標津町	No	No	Yes	Yes	No	-	-	△	△	-	-	△	△
211	標津町	No	No	Yes	Yes	No	-	-	△	△	-	-	△	△
212	羅臼町	No	Yes	Yes	No	No	-	○	△	△	-	○	△	△

6.4 まとめ

本章では、気象条件を基に得られた負荷量を指標とした避難施設の維持管理方法の提案を目的に維持管理負荷量と対策の現状との関係から、維持管理が必要とされる負荷量を求めた。これらの結果を以下に示す。

- 1) 単一の気象条件を基にした日常的な維持管理は1週間が限度であり負荷量が7日を超える場合は各気象条件に対応した対策が必要である。
- 2) 複数の気象条件を基にした維持管理負荷量による対策等の現状の評価はランクB1つまり積雪20cm以上の日および吹雪発生日の負荷量以上で判断でき、これらは負荷量が40を超えるとき対策が必要である。また、最も条件が厳しいランクAでは負荷量が20以上のとき対策を検討する必要がある。
- 3) これまでに得られた知見を基に避難施設の維持管理などにおける評価診断方法を提案した。これにより、市町村における対策の現状評価および今後の対策に対する検討項目の診断が可能となる。

第7章 結論

7.1 研究の総括 1

第7章 結論

7.1 研究の総括

本研究は、積雪地域の気象特性が特に避難行動や避難施設の維持管理に及ぼす影響について検討し、これらの障害となる気象要因を基に避難施設の維持管理に関する負荷量を求めて指標化し、これを用いて積雪地域における避難施設の維持管理システムを提案した。本研究で得られた結果は、今後の雪氷防災対策を確立していくための建築学的検討項目として重要な位置付けにあり、積雪寒冷地域の地域環境整備における安全性の向上および活性化に寄与するものである。本研究結果を要約すると以下の通りである。

(1) 既往の研究における研究方法の問題点

これまでの避難施設の維持管理に関する研究方法について、その不備な面を明らかにした。既往の避難施設および避難計画に関する研究方法は、積雪地域特有の問題点を考慮した検討がなされていない。これらの要因には、積雪期における防災対策に関する意識が希薄なことが挙げられる。本研究では、これらに対して市町村における雪問題の要因となる気象特性を明らかにすることで避難施設の維持管理に関する負荷量を検討することが可能であることを示した。

(2) 積雪条件が避難行動に及ぼす影響

積雪期における避難行動について「積雪状況が避難行動に及ぼす影響」を明らかにするため、まず、歩行環境が歩行速度に及ぼす影響について検討した。さらに、シミュレーションモデルを作成し、積雪状況の違いによる避難時間の推定を行った。また、福祉施設において避難計画に関する現地調査を行い、実状に基づいて積雪期における避難時間の推定を行った。

建築物周辺における積雪条件は、避難施設等の管理状況によって避難行動に悪影響を及ぼす。避難施設は、積雪期においてもその機能を保てるよう十分に管理されなければならない。さらに、屋外における避難経路も歩行速度に影響を及ぼさない範囲で管理されなければならない。また、避難行動に影響を及ぼす積雪深については、20cmを超えると20歳代男性であっても避難行動に困難を生じることが明らかとなった。

(3) 市町村における防災対策上の問題点

避難施設の維持管理に対する指導的立場にある市町村および消防関係機関における雪対策および防災対策の現状を把握することを目的に防災対策の実施主体である北海道内の

212 市町村役場および72 消防本部(組合)についてアンケート調査を行った。

市町村における雪問題および消防本部における防災対策上の障害をみると、地域における気象的背景がこれらの問題に影響を及ぼしていることが明らかとなった。また、防災対策の現状も不十分であり特に地域特性を考慮した対策には至っていない。このようなことから地域性にあった指導や対策を充実させるため地域特性の明確化が必要不可欠である。

(4) 積雪期にける避難施設の維持管理に関わる負荷量

これまでに得られた知見より避難施設の維持管理に関する負荷を定量化することを目的に市町村の雪問題および防災対策上の障害原因となる気象的背景を基とした負荷量の算出を行った。

避難施設の維持管理において問題となる日を危険日としこれらから求めた負荷量は、地域により危険度の高い項目が異なり避難施設の維持管理における負荷もその種類および程度が異なることが明らかとなった。また、これらの負荷量は、市町村における障害の特定やその発生程度を客観的に把握することができ、かつ、対策の次元に応じた負荷量の取り扱いも可能である。

(5) 積雪期における避難施設の維持管理システム

気象条件を基に得られた負荷量を指標とした避難施設の維持管理方法の提案を目的に維持管理負荷量と対策の現状との関係から、維持管理が必要とされる負荷量を求めた。

単一の気象条件を基にした日常的な維持管理は1週間が限度であり負荷量が7日を超える場合は各気象条件に対応した対策が必要である。また、複数の気象条件を基にした維持管理負荷量による対策等の現状の評価はランク B1つまり積雪20cm以上の日および吹雪発生日の負荷量以上で判断でき、これらは負荷量が40を超えると対策が必要である。また、最も条件が厳しいランク Aでは負荷量が20以上のとき対策を検討する必要がある。

さらに、これまでに得られた知見を基に避難施設の維持管理などにおける評価診断方法を提案した。これにより、市町村における対策の現状評価および今後の対策に対する検討項目の診断が可能となる。

謝 辞

本論文は、筆者が北海道工業大学大学院工学研究科博士後期課程に在籍中に、諸先生の多大なるご指導とご援助を得ながら進めてきた研究をまとめたものであります。

北海道工業大学 苫米地 司教授には、6年間にわたり公私ともに終始暖かいご指導並びにお力添えを頂きました。本論文をまとめるにあたり、先生には研究の位置づけ、研究手法並びに論理展開に至るまで懇切丁寧なご指導を賜りました。浅学非才の筆者が本研究をまとめることができましたのは、先生のご指導とご配慮の賜にほかなりません。誠心より感謝申し上げます。これまでの多くのご厚情に対し、今後の研究活動を以って報恩させていただく所存であります。

同大学 大垣 直明教授には、論文の構成から論点の整理に至るまで懇切なるご指導と貴重なご教示、さらには丁寧なご校閲を賜りました。また、日ごろから親身に勝る激励のお言葉をかけて頂き研究の大きな励みとさせて頂きました。深く感謝申し上げます。星野 政幸教授には、論文内容に関する貴重なご教示と丁寧なご校閲を頂きました。心より感謝申し上げます。伊東 敏幸助教授には、論文内容に関する貴重なご教示と懇切なご指導、さらには丁寧なご校閲を頂きました。また、日ごろより力強く暖かい励まし賜りました。心よりお礼申し上げます。

本研究を進めるにあたり、防災に関する各関係機関のご協力が不可欠なものでした。各関係データをご提供下さった各位、また、ヒアリング調査にご協力頂いた各位に対し、ここに記して感謝の意を表します。

また、諸先輩、後輩諸君にもご援助を頂きました。同大学大学院工学研究科博士後期課程の先輩である明和学園 山形 敏明学園長、太陽工業株式会社 山口 英治氏には、豊かな経験談や研究姿勢のあり方についてご助言を頂き、常に暖かい励ましの言葉を頂き、幾度となく勇気づけられました。一方ならぬご厚志、お礼申し上げます。北海道工業大学 谷口 尚弘講師には、修士課程時代から多様な面でのご助言、ご協力を頂きました。ここに謝意を表します。

本論文の執筆に際し、苫米地研究室卒論生、25期生菅原 節夫氏には極寒での調査にご協力頂きました。また、同研究室大学院生、中村 祐一郎氏、卒論生、26期生内藤 恵氏には、データ整理や図の清書などご協力頂きました。ここに謝意を表します。なお、この研究を共有する北海道工業大学 建築雪氷学 苫米地研究室の多くの卒業生諸氏に対し、記して謝意を表します。また、ここには書ききれない多くの方々の励ましとお力添えなくして筆者は本研究をまとめ得ることはできませんでした。記して謝意を表します。

最後に、本論文の主査であり、本研究の機会を与えて頂き最後まで暖かく厳しく見守って下さった恩師、苫米地 司教授に重ねて心からの感謝を申し上げます。

平成13年3月 細川和彦

研究発表の目録

査読論文

- (1) 苫米地司, 細川和彦, 山口英治, 高倉政寛, 西川薫: 膜構造建築物における屋根上積雪荷重評価について, 日本建築学会, 日本建築学会技術報告集 第5号, pp. 31-36, 1997. 12
- (2) 細川和彦, 山形敏明, 苫米地司: 北海道で発生した人身雪害の現状分析, 日本雪工学会誌Vol. 15 No. 1, pp. 19-24, 1999. 1
- (3) 細川和彦, 山形敏明, 苫米地司: 積雪条件を考慮した避難施設に関する基礎的研究, 日本建築学会技術報告集 第7号, pp. 135-138, 1999. 2

学会学術講演

[日本建築学会]

- (4) 細川和彦, 山形敏明, 苫米地司: 積雪地域における冬期間の防災対策に関する基礎的研究, 日本建築学会, 日本建築学会北海道支部研究報告集, pp. 161-164, 1996. 3
- (5) 細川和彦, 山口英治, 伊東敏幸, 苫米地司: 膜構造建築物の滑雪性に関する研究, 日本建築学会, 日本建築学会北海道支部研究報告集, pp. 97-100, 1997. 3
- (6) 細川和彦, 苫米地司: 積雪地域の防災性能に関する一考察 その1. 避難場所および避難場所標識の現状, 日本建築学会, 日本建築学会北海道支部研究報告集, pp. 409-412, 1999. 3
- (7) 細川和彦, 山形敏明, 苫米地司: 積雪地域における雪対策に関する基礎研究 その1 気象特性および都市構造に基づく地域分類, 日本建築学会, 日本建築学会大会学術講演梗概集 B 構造, pp. 83-84, 1996. 9
- (8) 山形敏明, 細川和彦, 苫米地司: 積雪地域における雪対策に関する基礎研究 その2 災害時に積雪がもたらす影響の現状, 日本建築学会, 日本建築学会大会学術講演梗概集 B 構造, pp. 85-86, 1996. 9
- (9) 山形敏明, 細川和彦, 苫米地司: 建築物およびその周辺における雪氷防災に関する研究 その1 人身雪害の発生状況とその要因, 日本建築学会, 日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1 建築計画 I, pp. 895-896, 1998. 9
- (10) 細川和彦, 山形敏明, 苫米地司: 建築物およびその周辺における雪氷防災に関する研究 その2 建築物の周辺環境が避難行動に及ぼす影響, 日本建築学会, 日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1 建築計画 I, pp. 897-898, 1998. 9

- (11) 山形敏明, 細川和彦, 苫米地司: 建築物およびその周辺における雪氷防災に関する研究 その3 積雪地域における人身雪害の発生状況, 日本建築学会, 日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1 建築計画 I, pp. 1039-1040, 1999.9
- (12) 細川和彦, 山形敏明, 苫米地司: 建築物およびその周辺における雪氷防災に関する研究 その4 転落事故の背景に関する検討, 日本建築学会, 日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1 建築計画 I, pp. 1041-1042, 1999.9
- (13) 山形敏明, 細川和彦, 苫米地司: 建築物およびその周辺における雪氷防災に関する研究 その5 積雪地域における避難施設の管理状況, 日本建築学会, 日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1 建築計画 I, pp. 991-992, 2000.9
- (14) 細川和彦, 山形敏明, 苫米地司: 建築物およびその周辺における雪氷防災に関する研究 その6 積雪状況を考慮した避難計画の評価, 日本建築学会, 日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1 建築計画 I, pp. 993-994, 2000.9

[日本雪工学会]

- (15) 細川和彦, 山形敏明, 苫米地司: 人身事故の発生状況に関する一考察, 日本雪工学会, 第13回日本雪工学会大会論文報告集, pp. 217-218, 1996.11
- (16) 細川和彦, 苫米地司: 積雪地域における避難計画に関する一考察, 日本雪工学会, 第14回日本雪工学会大会論文報告集, pp. 97-98, 1997.11
- (17) 山形敏明, 細川和彦, 苫米地司: 地域計画的雪害対策の評価に関する一考察, 日本雪工学会, 第14回日本雪工学会大会論文報告集, pp. 99-102, 1997.11
- (18) 細川和彦, 苫米地司: 積雪地域における避難計画に関する一考察その2, 日本雪工学会, 第15回日本雪工学会大会論文報告集, pp. 107-110, 1999.2
- (19) 山形敏明, 細川和彦, 苫米地司: 地域計画的雪害対策の評価に関する一考察 その2 雪害ポテンシャルと防災対策指数との関係, 日本雪工学会, 第15回日本雪工学会大会論文報告集, pp. 105-106, 1999.2
- (20) 細川和彦, 苫米地司: 積雪地域における避難計画に関する一考察その3, 日本雪工学会, 第16回日本雪工学会大会論文報告集, pp. 97-98, 1999.12
- (21) 山形敏明, 細川和彦, 苫米地司: 地域計画的雪害対策の評価に関する一考察 その3 医療の広域化計画についての検討, 日本雪工学会, 第16回日本雪工学会大会論文報告集, pp. 99-100, 1999.12

[日本雪氷学会]

- (22) 細川和彦, 山形敏明, 苫米地司: 1996年豪雪における市街地で発生した雪害(その1), 日本雪氷学会北海道支部, 北海道の雪氷, pp. 12-15, 1996. 6
- (23) 山形敏明, 細川和彦, 苫米地司: 1996年豪雪における市街地で発生した雪害(その2), 日本雪氷学会北海道支部, 北海道の雪氷, pp. 16-19, 1996. 6
- (24) 細川和彦, 山形敏明, 苫米地司: 十勝地方における豪雪による農業施設の被害状況, 日本雪氷学会北海道支部, 北海道の雪氷, pp. 45-46, 2000. 6
- (25) 伊東敏幸, 苫米地司, 山形敏明, 細川和彦: 1996年豪雪で発生した市街地の雪害 その1 北海道における新聞記事に見る雪害の発生状況, 日本雪氷学会, 日本雪氷学会全国大会講演予稿集, p. 38, 1996. 9
- (26) 苫米地司, 伊東敏幸, 山形敏明, 細川和彦: 1996年豪雪で発生した市街地の雪害 その2 北海道で発生した人身雪害の発生状況, 日本雪氷学会, 日本雪氷学会全国大会講演予稿集, p. 39, 1996. 9
- (27) 細川和彦, 伊東敏幸, 苫米地司: 既往の研究における屋根雪の滑落に影響を及ぼす諸要因, 日本雪氷学会, 日本雪氷学会全国大会講演予稿集, p. 11, 1996. 9
- (28) 苫米地司, 細川和彦, 山口英治, 伊東敏幸: 札幌コミュニティドームにおけるや根雪の降雪特性について, 日本雪氷学会北海道支部, 北海道の雪氷, pp. 31-32, 1997. 6
- (29) 細川和彦, 苫米地司: 積雪条件を考慮した避難施設に関する一考察, 日本雪氷学会, 日本雪氷学会全国大会講演予稿集, p. 73, 1999. 10

[寒地技術シンポジウム]

- (30) 細川和彦, 山形敏明, 苫米地司: 1996年豪雪における市街地で発生した雪害について, 寒地技術シンポジウム, 第12回寒地技術論文・報告集Vol. 12, No. 1, pp. 373-378, 1996. 11
- (31) 山口英治, 細川和彦, 伊東敏幸, 苫米地司: 多雪地域における膜構造物の屋根上積雪荷重に関する研究, 寒地技術シンポジウム, 第13回寒地技術論文・報告集 Vol. 13, pp. 347-351, 1997. 11
- (32) 細川和彦, 山形敏明, 苫米地司: 積雪地域の市町村における防災対策の評価, 寒地技術シンポジウム, 第14回寒地技術論文・報告集Vol. 14, pp. 142-147, 1998. 12
- (33) 細川和彦, 苫米地司: 積雪地域における避難計画に関する一考察, 寒地技術シンポジウム, 第15回寒地技術論文・報告集Vol. 15, pp. 529-532, 1999. 11

[その他]

- (34) 細川和彦, 荒島裕重, 西村洋志, 苫米地司: 2次元フェンス周辺の吹きだまり性状と風速特性との関わりについて, 寒地環境工学研究会, 第10回寒地環境工学合同シンポジウム講演論文集, pp. 165-168, 1997. 4
- (35) 細川和彦, 荒島裕重, 苫米地司, 豊田国昭: フェンス周辺の吹きだまり性状と風速特性の関わりについて, 日本混相流学会, 第16回混相流シンポジウム講演論文集, pp. 79-80, 1997. 9
- (36) 細川和彦, 小林敏道, 干場信司, 苫米地司: 十勝地方における豪雪による農業施設の被害状況について, 農業施設学会, 2000年度農業施設学会大会講演要旨, pp. 144-145, 2000. 6