



Title	降雪が急性冠症候群疾患の救急搬送時間や死亡率に与える影響の検討
Author(s)	森, 勇喜
Description	配架番号 : 3006
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(医学)
Dissertation Number	甲第16913号
Issue Date	2026-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16913
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/99758
Type	doctoral thesis
File Information	MORI_Yuki.pdf, 全文



学 位 論 文

降雪が急性冠症候群疾患の救急搬送時間や 死亡率に与える影響の検討

(Impact of Snowfall on Emergency Medical System and Mortality
in Patients with Acute Coronary Syndrome)

2026 年 3 月

北 海 道 大 学

森 勇 喜

学 位 論 文

降雪が急性冠症候群疾患の救急搬送時間や 死亡率に与える影響の検討

(Impact of Snowfall on Emergency Medical System and Mortality
in Patients with Acute Coronary Syndrome)

2026 年 3 月

北 海 道 大 学

森 勇 喜

目次

	Page No.
発表論文目録及び学会発表目録	1
要旨	2
略語表	5
1. 緒言	6
2. 研究方法	8
2.1. 研究デザイン	8
2.2. 対象患者	9
2.3. 札幌市 ACS ネットワーク	10
2.4. データ収集	11
2.5. 主要評価項目	11
3. 結果	12
3.1. 患者背景	12
3.2. 臨床転帰	14
4. 考察	16
4.1. 本研究の特徴、新知見	16
4.2. 冬期間の ACS 発症メカニズム、降雪との関係	16
4.3. 降雪による救急搬送への影響	23
4.4. 搬送時間の遅延が ACS 患者の予後に及ぼす影響	24
4.5. 本研究の限界	26
5. 総括及び結論	27
謝辞	29
COI (conflicts of interest) 開示	30
引用文献	31

発表論文目録および学会発表目録

本研究の一部は以下の論文に発表した

Yuki Mori, Sakae Takenaka, Toshiyuki Nagai, Kohei Saiin, Akinori Takahashi, Yoshifumi Mizuguchi, Takao Konishi, Toshihisa Anzai, Daisuke Hotta, Mitsunori Kamigaki, Seiji Yamazaki, Tsutomu Fujita, Takehiro Yamashita, Kandoh Kawahatsu, Takashi Suzuki, Yoichi Nozaki, Taku Sakurada, Takashi Takenaka, Yasumi Igarashi, Takao Makino.

Impact of snowfall on emergency medical system and mortality in patients with acute coronary syndrome. Scientific Reports 2025 Mar 1;15(1):7262. Doi: 10.1038/s41598-025-91092-y. (5-year impact factor: 3.9)

本研究の一部は以下の学会で発表した

Yuki Mori, Toshiyuki Nagai, Sakae Takenaka, Kohei Saiin, Akinori Takahashi, Yoshifumi Mizuguchi, Takao Konishi, Toshihisa Anzai, Daisuke Hotta, Mitsunori Kamigaki, Seiji Yamazaki, Tsutomu Fujita, Takehiro Yamashita, Kandoh Kawahatsu, Takashi Suzuki, Yoichi Nozaki, Taku Sakurada, Takashi Takenaka, Yasumi Igarashi, Takao Makino. Impact of Snowfall on Emergency Medical System and Mortality in Patients with Acute Coronary Syndrome. American Heart Association Scientific Sessions 2024, 2024 11, Chicago, USA (Moderated Digital Poster).

本研究の一部は以下の学会に発表した

森 勇喜、竹中 秀、永井 利幸、齊院 康平、高橋 昌寛、水口 賢史、小西 崇夫、山崎 誠治、神垣 光徳、堀田 大介、安斉 俊久、牧野 隆雄

降雪が急性冠症候群患者の搬送時間や予後に与える影響の検討：

札幌市 ACS ネットワークの診療実態調査

第 58 回日本心血管インターベンション治療学会北海道地方会, 2024 年 3 月, 札幌 (口演、Young Investigators Award 部門) .

要旨

【背景と目的】

急性冠症候群 (acute coronary syndrome; ACS) は、冠動脈の急激な高度狭窄または閉塞により心筋虚血から壊死に至る一連の病態であり、特に ST 上昇型心筋梗塞 (ST-elevation myocardial infarction; STEMI) では、症状発現から医療機関到着までの時間や、経皮的冠動脈インターベンション (percutaneous coronary intervention; PCI) による迅速かつ適切な再灌流治療が予後を大きく左右する。降雪地域では、悪天候による交通障害が救急医療システム (emergency medical system; EMS) の搬送時間を遅延させ、ひいては ACS 患者の転帰に影響を及ぼす可能性がある。しかし、都市レベルで降雪と ACS 予後の関連を検証した報告は乏しい。本研究では、降雪が ACS 患者の搬送時間および院内死亡率に与える影響を明らかにすることを目的とした。

【対象と方法】

札幌市 ACS ネットワークは、札幌市医師会、保健局、消防局の連携により 2010 年に設立され、循環器救急患者の救命率向上を目的として、市内 4 地区で輪番制による循環器救急医療体制を構築している。本研究では、2013 年 4 月から 2023 年 4 月の期間に同ネットワーク参加 29 施設へ救急搬送された ACS 患者連続 2,387 例を対象とした。救急隊が発行する標準化調査票に基づき臨床情報を収集した。過去の気象記録により搬送日を降雪日と非降雪日に分類し、両群間で搬送件数、救急搬送時間、緊急 PCI 施行率、院内死亡率を比較検討した。

【結果】

対象となった ACS 患者 2,387 例は、過去の気象記録に基づき降雪日 ($n=612$ 、26%) と非降雪日 ($n=1,775$ 、74%) に分類された。年齢中央値は 68 歳 [四分位範囲 (interquartile range; IQR) 59-78] で、男性は 1,754 例 (74.6%) を占めた。既往歴は、糖尿病 34.9%、高血圧 70.1%、脂質異常症 69.2%であった。性別、体格指数、Killip 分類、バイタルサイン、臨床検査値に両群間で有意差は認められなかった。

救急要請から病院到着までの時間は、降雪日群で有意に延長しており、中央値 33 分 (IQR 26-40) と、非降雪日群の 29 分 (IQR 24-36) より長かった ($P<0.001$)。また、搬送時間が 60 分を超えた割合も降雪日群で高かった (2.6% vs. 0.8%、 $P<0.001$)。一方、緊急 PCI 施行率および病院到着から再灌流までの時間 (door-to-balloon time; DBT) には、両群間で有意差を認めなかった。

院内死亡は 125 例 (5.3%) であり、降雪日群の院内死亡率は非降雪日群と比べて有意に高かった (7.3% vs. 4.6%、 $P=0.011$)。

【考察】

本研究では、札幌市の ACS 搬送体制である札幌市 ACS ネットワークにおける診療実態を検討し、降雪が ACS 患者の搬送時間および院内死亡率に与える影響を明らかにした。主な知見は以下のとおりである。(1) 降雪日は非降雪日と比較して、救急要請から病院到着までの時間が延長し、院内死亡率も高かったが、緊急 PCI 施行率および DBT には差を認めなかった。(2) 降雪量の増加に伴い、救急搬送時間は段階的に延長した。

降雪日群では搬送時間の延長と院内死亡率の上昇が認められ、さらに降雪量が増加するほど搬送遅延が顕著となった。本結果は、降雪が都市部の交通状況に影響を及ぼし、救急搬送の迅速性を損なう可能性を示唆するものである。実際、先行研究においても、札幌市の冬季交通渋滞は気象条件および除雪作業の影響を受けることが報告されている。特に、交通量の少ない地域では新雪除去、交通量の多い道路では道路拡幅が移動速度改善に有効であるとされ、1 日降雪量および路肩の雪堆積が交通遅延要因となることが示されている。本研究でも同様の要因が搬送遅延を生じさせ、結果として院内死亡率上昇に寄与した可能性がある。

また、先行研究では、最初の医療接触から PCI までの時間が STEMI 患者の予後に強く関連し、10 分の遅延ごとに死亡率が上昇することが示されている。本研究では、DBT や入院当日に PCI を受けた割合に差は認められず、札幌市 ACS ネットワークにおいて迅速な PCI 体制が維持されていることが示唆された。一方で、降雪は搬送時間を大幅に延長させうるため、気象データを活用した搬送ルート最適化やリアルタイム交通情報との連携など、救急搬送体制のさらなる改善が求められる。

本研究にはいくつかの限界がある。第一に、後ろ向き研究であり、質問票の月間収集率中央値は 91% (IQR 87-94) であったものの、データ欠損の可能性は否定できない。第二に、診断・治療は各病院に委ねられており、治療方針の違いによるバイアスが生じた可能性がある。第三に、ACS ネットワークを介した救急搬送例のみを対象としたため、札幌市全体の ACS 診療実態を完全に反映していない可能性がある。第四に、STEMI と非 STEMI の分類は 2018 年から導入されたため、本研究では両者を ACS として包括的に解析した。第五に、緊急冠動脈バイパス術の対象例は少なく、心室細動や心肺停止症例は高度救命センターに搬送される傾向があるため、左主幹部病変や多枝病変など複雑病変が過小評価されている可能性がある。第六に、本研究では降雪の有無で 2 群に分けて解析を行ったが、降雪量や積雪量、搬送距離が搬送時間へ影響した可能性も否定できない。最後に、本研究の結果は札幌市のような大都市かつ、ACS ネットワークという心血管救急疾患患者を迅速に搬送できるシステムが構築された上で得られたものと考えられる。搬送距離や救急搬送システム、病院の待機、当直シス

テムを考慮すると同結果をすべての地域に一般化することは、困難であると考えられる。

【結論】

札幌市の ACS 患者において、降雪時は救急搬送時間が数分延長したものの、DBT の延長は認められず、病院到着後の治療は速やかに提供されていた。また、ACS ネットワーク当番病院への迅速な搬送体制により、緊急冠動脈造影および PCI の実施率は非降雪日と比較して低下しなかった。しかしながら、搬送時間の延長は ACS の重症化および院内死亡率増加に寄与した可能性が示唆された。以上より、降雪時における救急搬送遅延を最小化するため、札幌市 ACS ネットワークにおける搬送体制のさらなる強化が求められる。

略語表

本文および図中で使用した略語は以下の通りである

ACS	acute coronary syndrome
AMI	acute myocardial infarction
CABG	coronary artery bypass grafting
CAG	coronary angiography
CCU	cardiac care unit
CPK	creatine phosphokinase
DBT	door to balloon time
EMS	emergency medical system
NSTEMI	non-ST elevation myocardial infraction
PCI	percutaneous coronary intervention
STEMI	ST elevation myocardial infraction
UAP	unstable angina pectoris

1. 緒言

急性冠症候群 (acute coronary syndrome; ACS) は、冠動脈の急激な高度狭窄や閉塞により、心筋が虚血、壊死を起こす一連の病態であり、ST 上昇型心筋梗塞 (ST-elevation myocardial infarction; STEMI)、非 ST 上昇型心筋梗塞 (non ST elevation myocardial infarction; NSTEMI)、不安定狭心症 (unstable angina pectoris; UAP) が含まれる。特に STEMI では、症状発現から医療機関到着までの時間や、経皮的冠動脈インターベンション (percutaneous coronary intervention; PCI) による迅速かつ適切な再灌流治療が予後を大きく左右することが知られている。近年の ACS に対する予防法や治療法の進歩にもかかわらず、依然としてその罹患率や死亡率は高く、医療経済の観点からも重要な社会問題となっている。

従来の高齢、喫煙、脂質異常症、糖尿病といったアテローム性動脈硬化症の危険因子に加え、気候変動が ACS の発症に影響を与える可能性について、複数の先行研究で報告されている。近年、世界的に平均気温の上昇を認めているが、夏季における猛暑や梅雨後の気温の上昇により、ACS が発症しやすくなる可能性が指摘されている (図 1)。特に高齢者は、水分摂取量の不足や不適切な冷房の使用など、暑熱への対策が不十分であることが多い (Fujimoto R et al., 2023)。結果として脱水が惹起され、血液粘稠度が上昇し、ACS 発症の原因となる。一方で、冬季における ACS の増加も深刻な問題になっている。米国の研究では、冬季に急性心筋梗塞 (acute myocardial infarction; AMI) の症例が 53%増加すると指摘され (図 2)、欧州諸国で検証された研究データにおいても、冬季には冠動脈疾患の罹患率が上昇することが報告されている (図 3)。

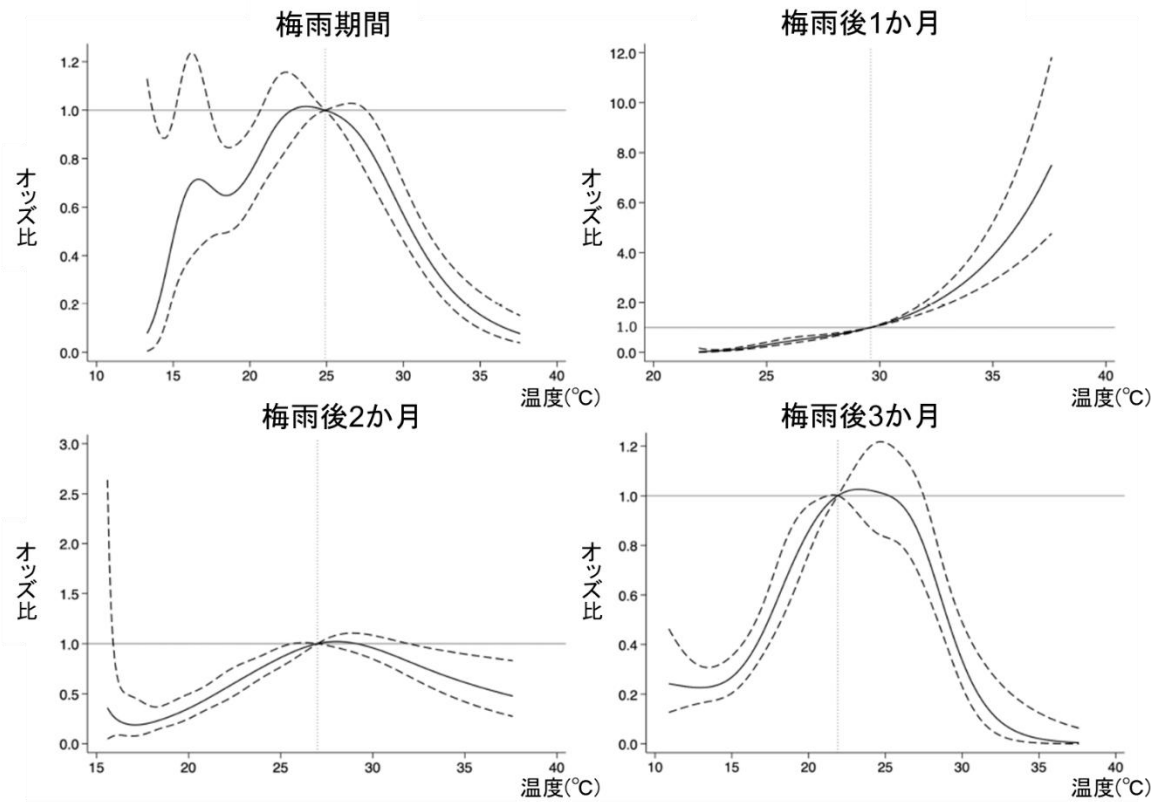


図1 梅雨期と梅雨期後の気温1℃上昇ごとの心血管疾患に関するオッズ比

(Fujimoto R et al., 2023 より引用、改変)

実線：オッズ比、点線：95%信頼区間

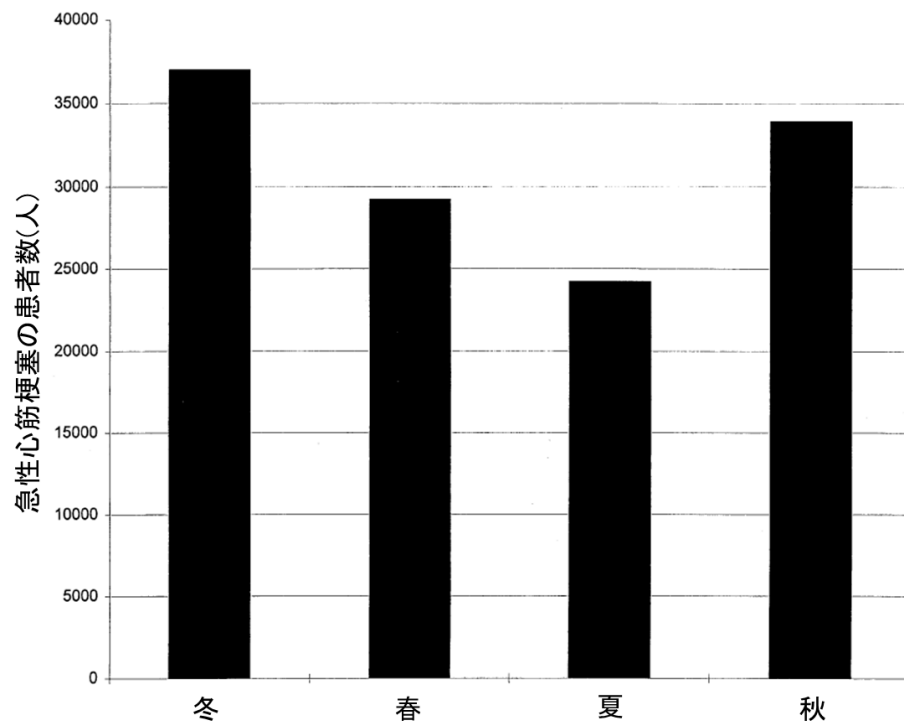


図2 米国における季節ごとの急性心筋梗塞の患者数
(Spencer FA et al., 1998 より引用、改変)

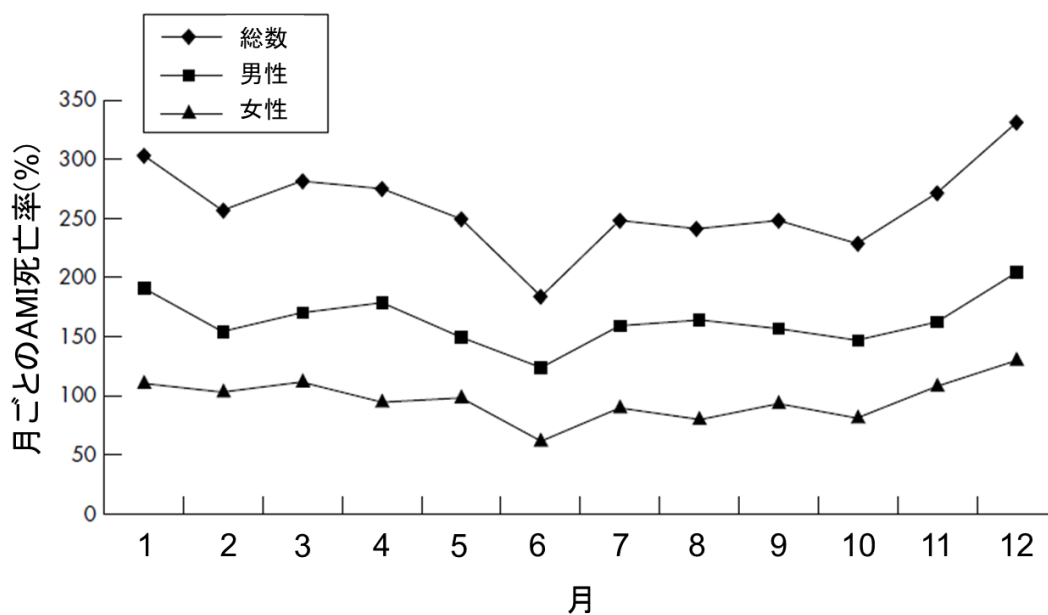


図3 欧州における月ごとの急性心筋梗塞の患者数
(Dilaveris P et al., 2006 より引用、改変)

AMI: acute myocardial infarction.

特に降雪時には除雪作業が必要となるが、労作に伴う血圧や心拍数の著明な上昇により心血管系に過度の負担をかけてしまうため、その点でも降雪は ACS 患者の予後に影響を与える可能性がある (Ito et al., 2012, Sheldahl LM et al., 1992)。さらに、降雪地域では、悪天候による交通障害が救急医療システム (emergency medical system; EMS) の搬送時間を遅延させ、ひいては ACS 患者の転帰に影響を及ぼす可能性がある。しかしながら、都市レベルで降雪と ACS 予後の関連を検証した報告は乏しい。したがって本研究では、降雪が ACS 患者の搬送時間および院内死亡率に与える影響を明らかにすることを目的とした。

2. 研究方法

2.1. 研究デザイン

本研究は多施設の後向き観察研究であり、札幌市内において救急搬送された ACS 患者を対象とした。ACS の診断・治療方針は、各病院の循環器内科医が日本循環器学会の ACS 診療ガイドライン (Kimura et al., 2018) に従って適用した。本研究は登録手続きを含め、北海道大学病院生命科学・医学研究倫理審査委員会および各参加病院の倫理委員会の承認を受け (臨床試験課題名: 札幌市 ACS ネットワークにおける循環器救急搬送患者の実態調査ー[臨床研究番号: 自 020-0012])、UMIN 臨床試験登録システムに登録した (UMIN000045251)。本研究はヘルシンキ宣言を遵守し、人を対象とする医学系研究に関する倫理指針に基づき研究内容の情報を公開した。

2.2. 対象患者

本研究は、2013 年 4 月から 2023 年 4 月までに収集された札幌市 ACS ネットワークデータベースを用いて行われ、心血管救急疾患の疑いのある患者 10,308 症例のうち、ACS 患者 2,387 症例を対象とした。過去の気象記録により搬送日を降雪日と非降雪日の 2 群に分類し、比較検討を行った (図 4)。札幌市は日本の政令指定都市の中でも冬季の降雪量が多く、2013 年から 2023 年までの年間降雪量の平均は 440 cm (標準偏差: 86.6) であり、月間降雪量は 2013 年から 2023 年までの 12 月、1 月、2 月の平均で 100 cm であった (図 5)。

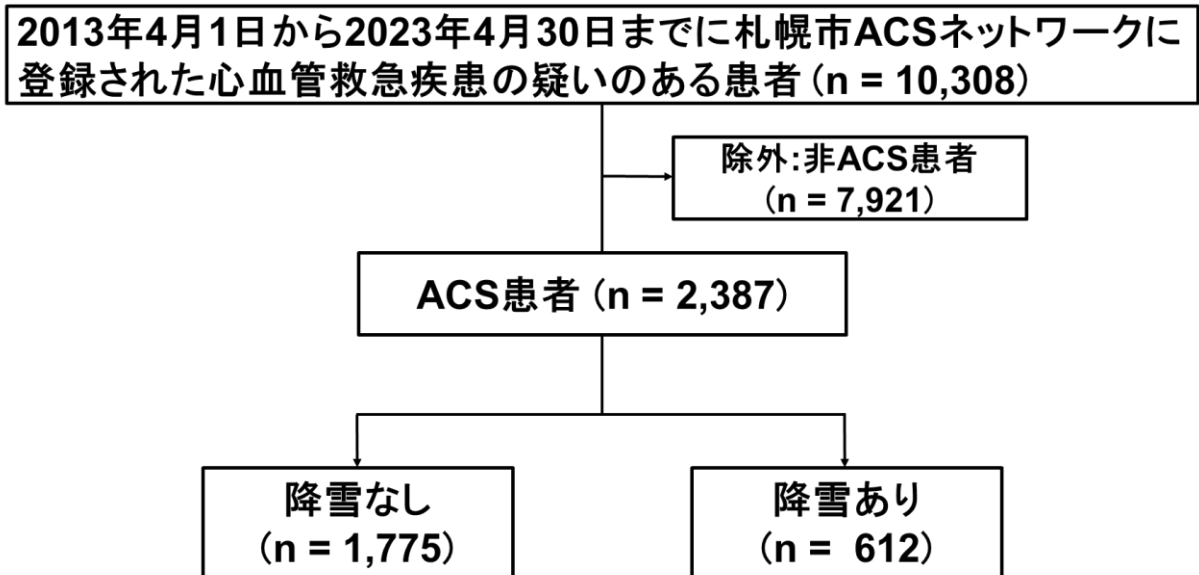


図4 本研究のフローダイアグラム

ACS; acute coronary syndrome.

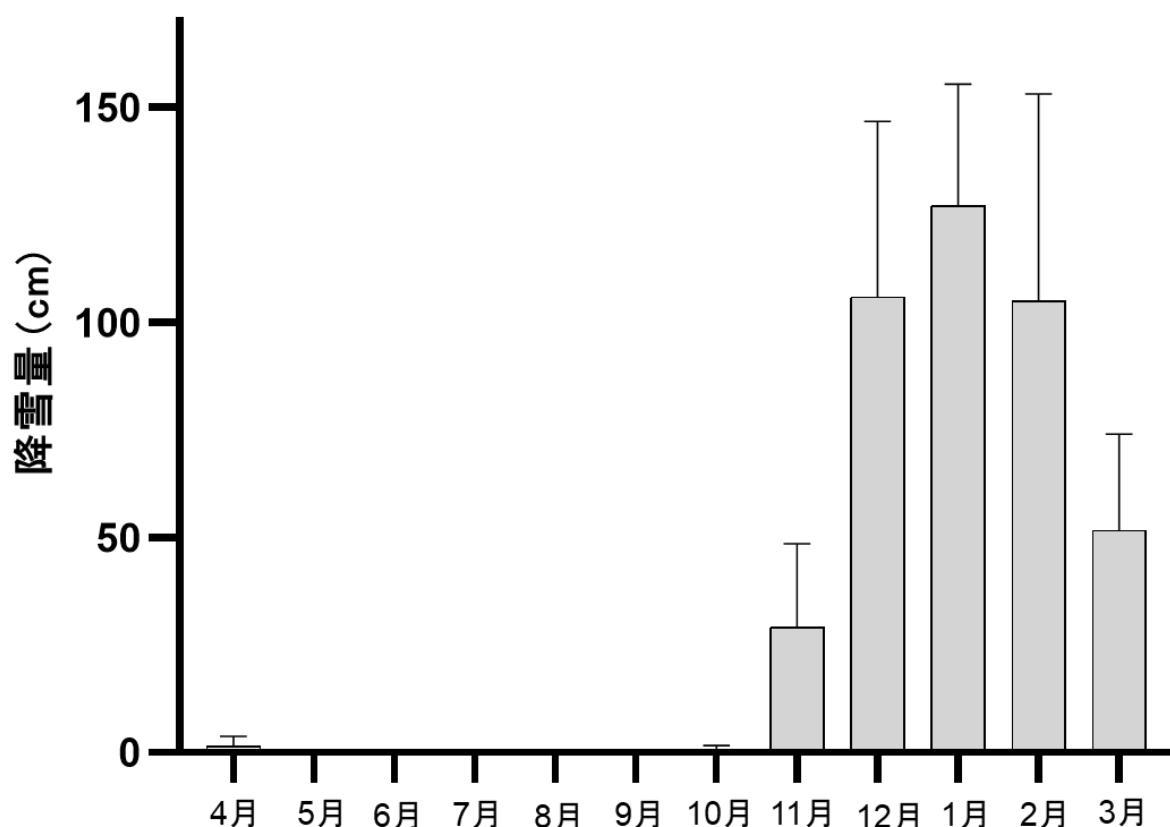


図5 札幌市における 2013 年から 2023 年の月別降雪量の平均

2.3. 札幌市 ACS ネットワーク

札幌市 ACS ネットワークは 2010 年に設立され、札幌市消防局、保健局、医師会の協力体制構築のもと運営が開始された (<http://acs.n.web.fc2.com/>)。ACS ネットワークデータベースは、2013 年より開始され、現在も進行中の多施設登録のデータベースである。札幌市の循環器救急病院 29 施設が参加し、循環器救急患者の迅速な救急病院搬入による救命率向上を目的としている (図 6)。本ネットワークは、人口約 200 万人の札幌市内において救急搬送される ACS 患者のほとんどをカバーしている。

札幌市内のある地域で胸痛や胸部絞扼感の訴えがある患者が発生すると、救急隊はまずその地域の ACS ネットワーク参加病院に連絡し、当番病院は速やかに患者を受け入れることができる。搬送後は、一般内科医ではなく循環器内科医が初期対応を行うことにより、緊急血行再建術が必要な患者を迅速に治療することが可能となる。

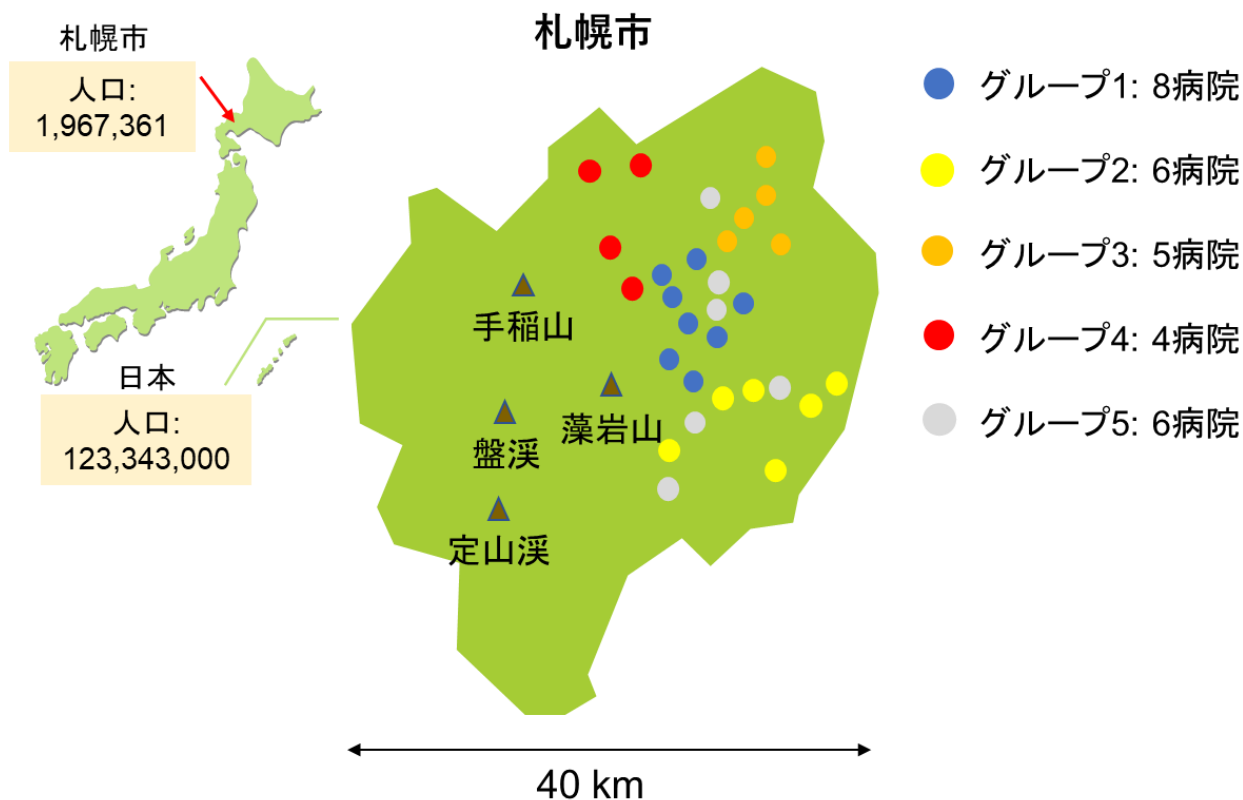


図6 札幌市 ACS ネットワーク

2.4. データ収集

データの収集に関して、個々の患者の臨床情報は調査票を用いて収集した。救急隊は札幌市の ACS ネットワーク対象患者を搬送する際、バイタルサイン、発症時の状況、主訴、既往歴などを記載した調査票を発行し、患者を受け入れた循環器内科医に渡した。治療後、循環器内科医は治療内容、診断、院内臨床転帰など調査票の残りの項目を記入した。記入された調査票は、各病院からネットワークのデータセンターである北海道大学病院に郵送された。本研究では、人口統計、病歴、臨床データ、臨床経過、PCI、手術、機械的循環補助などの治療的介入の使用に関する情報を抽出した。1 日あたりの降雪量を含む気象状況の詳細なデータに関しては、気象庁の公式ホームページ (<https://www.jma.go.jp>) から入手した。気象庁の記録より札幌市の過去の気象状況を調査し、観測された降雪の有無に基づいて降雪日と非降雪日を定義した。

2.5. 主要評価項目

研究のアウトカムは、(1) 救急要請から病院到着までの時間、(2) 救急要請から病院までの時間と降雪量の関連、(3) 冠動脈造影 (coronary angiography; CAG) および緊急 PCI が実施された患者の割合、(4) 院内死亡率とした。

2.5 統計学的分析方法

連続変数は正規分布している場合、平均値±標準偏差で表記し、非正規分布している場合は中央値 (四分位範囲, interquartile range; IQR) で表記した。降雪日群と非降雪日群の比較は、連続変数の場合は Student の *t* 検定または Mann-Whitney U 検定により、二分変数の場合はカイ二乗検定または Fisher の正確検定を適宜行った。分布が正規か非正規かを決定するために Kolmogorov-Smirnov 検定を使用した。単変量ロジスティック回帰分析で *P* 値 0.10 未満であった変数をもとに、多変量ロジスティック回帰分析を実施し、院内死亡と独立して関連する因子を探索した。選択した変数は、先行研究と同様に、年齢、男性、収縮期血圧、Killip 分類、Japan Coma Scale、心不全の既往、および循環器疾患集中治療室 (cardiac care unit; CCU) への入院とした (Takahashi et al., 2011)。すべての検定において、*P* 値 0.05 未満を統計的に有意と判断した。すべての統計解析は、Stata® MP64 version 16 (StataCorp, College Station, TX, USA) を使用して実施した。

3. 研究結果

3.1. 患者背景

対象となった ACS 患者 2,387 例は、過去の気象記録に基づき降雪日 (*n*=612、26%) と非降雪日 (*n*=1,775、74%) に分類された。表 1 に患者背景を示す。年齢の中央値は 68 歳 [四分位範囲 (IQR) 59–78] で、1,754 名 (74.6%) の患者が男性であった。既往歴は、糖尿病 34.9%、高血圧症 70.1%、脂質異常症 69.2%であった。性別、体格指数、Killip 分類、血圧、心拍数、臨床検査値においては両群間で有意差は認められなかった。ACS 発症率は両群間で同程度であった (非降雪日 : 1.40 件/日 vs. 降雪日 : 1.37 件/日、*P*=0.32)。

表 1. 患者背景

変数	全患者 (n = 2,387)	非降雪日群 (n = 1,775)	降雪日群 (n = 612)	P 値
年齢, 歳	68 (59–78)	68 (59–78)	69 (58–78)	0.72
男性, n (%)	1,754 (74.6)	1,301 (74.4)	453 (75.4)	0.63
体格指数, kg/m ²	24.1 (21.8–26.6)	24.0 (21.8–26.6)	24.5 (22.1–27.0)	0.127
既往歴				
糖尿病, n (%)	736 (34.9)	549 (35.2)	187 (34.1)	0.63
高血圧症, n (%)	1,626 (70.1)	1,207 (69.6)	419 (71.5)	0.38
脂質異常症, n (%)	1,512 (69.2)	1,124 (68.9)	388 (69.9)	0.66
Killip 分類				
Class I, n (%)	1,485 (79.6)	1,124 (80.3)	361 (77.5)	0.081
Class II, n (%)	206 (11.0)	155 (11.1)	51 (10.9)	
Class III, n (%)	91 (4.9)	68 (4.9)	23 (4.9)	
Class IV, n (%)	84 (4.5)	53 (3.8)	31 (6.7)	
収縮期血圧, (mmHg)	134 (110–159)	134 (110–158)	134 (110–160)	0.72
心拍数, (拍/分)	73 (60–87)	74 (60–87)	73 (62–87)	0.54
血液生化学検査				
ヘモグロビン, g/dL	14.2 (12.7–15.5)	14.1 (12.6–15.4)	14.4 (12.8–15.5)	0.094
血清クレアチニン, mg/dL	0.87 (0.73–1.07)	0.87 (0.73–1.06)	0.88 (0.74–1.09)	0.27
最大 CPK, U/L	776 (138–2651)	778 (134–2603)	774 (150–2796)	0.36
最大 CK-MB, U/L	59.0 (10.8–240.0)	58.0 (10.0–233.1)	61.5 (12.6–262.5)	0.26
症状出現から EMS call までの時間, 分	41 (14–117)	41 (14–117)	41 (13–119)	0.98
EMS call から現着時間, 分	7 (5–9)	7 (5–8)	8 (6–10)	< 0.001
EMS call から病着時間, 分	30 (25–37)	29 (24–36)	33 (26–40)	< 0.001

連続変数は正規分布する場合は平均 ± 標準偏差で、正規分布しない場合は中央値 (IQR) で表記した。カテゴリー変数は患者数 (%) で表記した。CK-MB: creatine kinase and its MB isoenzyme; CPK: creatine phosphokinase; EMS: emergency medical system.

3.2. 臨床転帰

救急要請から病院到着までの時間は、降雪日群で有意に延長しており、中央値 33 分（IQR 26-40）と、非降雪日群の 29 分（IQR 24-36）より長かった（ $P < 0.001$ ）。また、搬送時間が 60 分を超えた割合も降雪日群で高かった（2.6% vs. 0.8%、 $P < 0.001$ ）。一方、緊急 PCI 施行率および病院到着から再灌流までの時間（door-to-balloon time; DBT）には、両群間で有意差を認めなかった。

冠動脈バイパス術（coronary artery bypass grafting; CABG）および大動脈内バルーンパンピングの留置を要した ACS 患者の割合に関しても、2 群間で有意差は認められなかった。体外式膜型人工肺（veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation; VA-ECMO）の使用率は、非降雪日群と比べて降雪日群で有意に高かった（3.7% vs. 1.4%、 $P = 0.001$ ）（表 2）。

表 2. 血管造影所見と治療法

変数	全患者 (n = 2,387)	非降雪日 (n = 1,775)	降雪日 (n = 612)	P 値
緊急 CAG, n (%)	2,108 (88.4)	1,573 (88.7)	535 (87.6)	0.44
治療				
緊急 PCI, n (%)	1,973 (84.8)	1,472 (85.1)	501 (84.1)	0.55
PCI 後造影遅延なし, n (%)	1,461 (89.9)	1,091 (89.6)	370 (89.6)	0.99
DBT, 分	77 (60–106)	76 (60–106)	79 (62–105)	0.28
DBT 90 分以内, n (%)	1,078 (63.7)	809 (64.3)	269 (62.0)	0.39
冠動脈バイパス手術, n (%)	110 (4.8)	85 (5.0)	25 (4.4)	0.58
大動脈内バルーンパンピング, n (%)	229 (10.1)	167 (9.8)	62 (11.0)	0.41
体外式膜型人工肺, n (%)	45 (2.0)	24 (1.4)	21 (3.7)	0.001

連続変数は正規分布する場合は平均 ± 標準偏差で、正規分布しない場合は中央値（IQR）で表記した。

カテゴリー変数は患者数（%）で表記した。CAG; coronary angiography, DBT; door to balloon time, PCI; percutaneous coronary intervention, TIMI; thrombolysis in myocardial infarction.

降雪量は、救急要請から病院到着までの所要時間の遅延と有意に関連していた。降雪量が 0 cm の場合の救急要請から病院到着までの所要時間の中央値は 29 分 (IQR 24–36) であったのに対し、降雪量が 20 cm 以上の場合の所要時間の中央値は 34 分 (IQR 29–37) であった (図 7)。

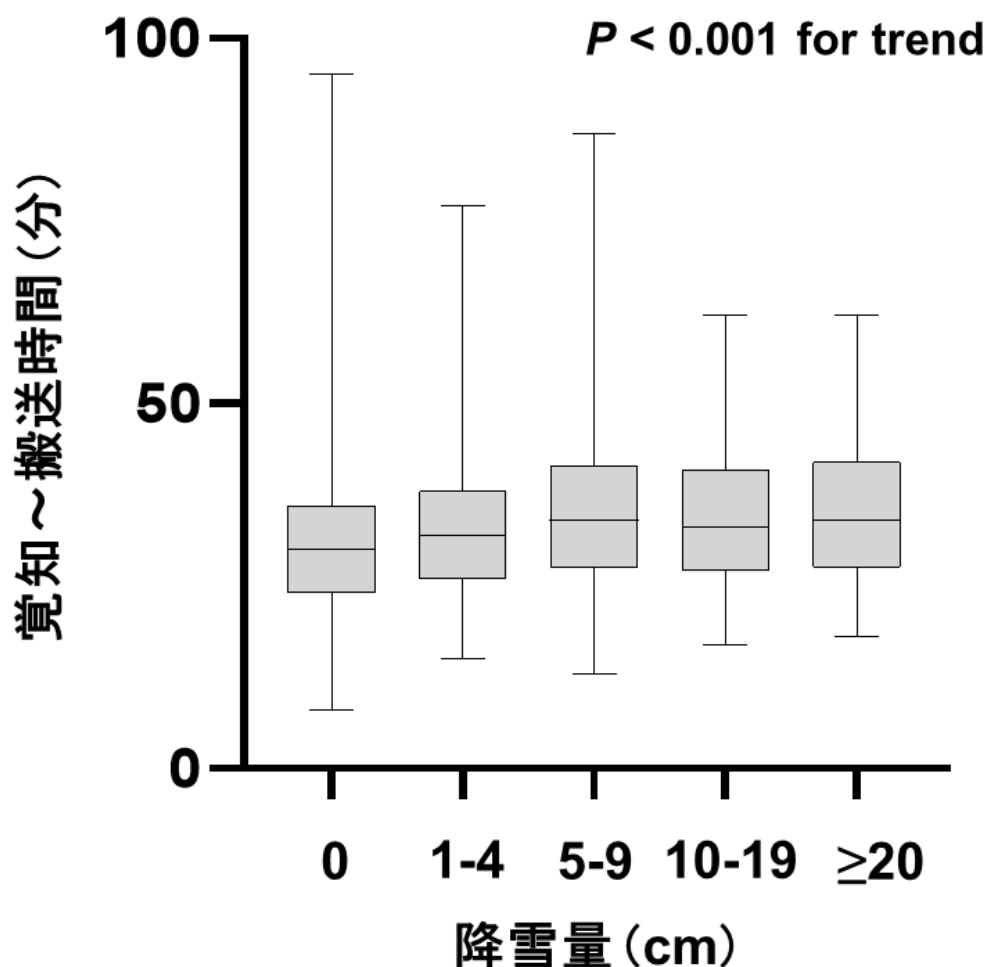


図 7 1 日あたりの降雪量と搬送時間の関係

全体では、院内死亡は 125 名 (5.3%) であった。降雪日群の院内死亡率は非降雪日群と比べて有意に高かった (7.3% vs. 4.6%、 $P=0.011$)。また、変数を年齢、男性、収縮期血圧、Killip 分類、Japan Coma Scale、心不全の既往、および CCU 入院として多変量ロジスティック回帰分析を行ったところ、降雪は院内死亡率の上昇と独立して関連していることが示された (表 3)。

表 3. 院内死亡に関するロジスティック回帰分析

変数	単変量		多変量	
	オッズ比 (95%信頼区間)	<i>P</i> 値	オッズ比 (95%信頼区間)	<i>P</i> 値
年齢	1.08 (1.04–1.10)	<0.001	1.06 (1.04–1.08)	<0.001
男性	2.26 (1.57–3.29)	<0.001	1.05 (0.66–1.66)	0.85
収縮期血圧	0.97 (0.97–0.98)	<0.001	0.98 (0.97–0.99)	<0.001
Killip 4	13.3 (8.19–21.8)	<0.001	3.50 (1.86–6.57)	<0.001
JCS ≥1	8.54 (5.87–12.4)	<0.001	3.58 (2.31–5.56)	<0.001
心不全の既往	3.45 (1.66–7.20)	0.001	2.80 (1.16–6.75)	0.022
CCU 入院	1.67 (1.05–2.65)	0.029	1.42 (0.84–2.40)	0.193
降雪	1.63 (1.11–2.38)	0.012	1.57 (1.00–2.47)	0.048

CCU: cardiac care unit; JCS: Japan Coma Scale.

4. 考察

4.1. 本研究の特徴、新知見

本研究では、札幌市の ACS 搬送体制である札幌市 ACS ネットワークにおける診療実態を検討し、降雪が ACS 患者の臨床的特徴、搬送時間、緊急 PCI 実施率および院内死亡率に与える影響を明らかにした。主な知見は以下の通りである。(1) 降雪日は非降雪日と比較して、救急要請から病院到着までの時間が延長し、院内死亡率も高かったが、緊急 PCI 施行率および DBT には有意な差を認めなかった。(2) 降雪量の増加に伴い、救急搬送時間は段階的に延長した。

4.2. 冬期間の ACS 発症メカニズム、降雪との関係

先行研究において、寒冷な気候が動脈硬化性プラークの不安定化の危険因子となることが報告されている (Kurihara O et al., 2020)。プラーク破綻の主な機械的誘因は高血圧であると考えられているが、これは STEMI 患者でより頻繁に見られ、心筋の梗塞

サイズが大きくなるとされる (Jia H et al., 2013)。気温の低下により交感神経系の活動が優位となり、血圧と心拍数の上昇をもたらすことも報告されている (Russ AA et al., 2022)。また、降雪時に必要となる除雪作業は、血圧と心拍数をさらに上昇させる。除雪による心筋後負荷の増大、冠攣縮の誘発、内因性カテコラミンの増加のために、心筋障害が引き起こされる可能性も指摘されている (図 8, 図 9)。その他、冬季はインフルエンザを含む感染症の有病率が最も高くなるが、これらの感染症により全身性炎症が惹起され、プラークの不安定化が促進される可能性もある (Meier CR et al., 1998)。

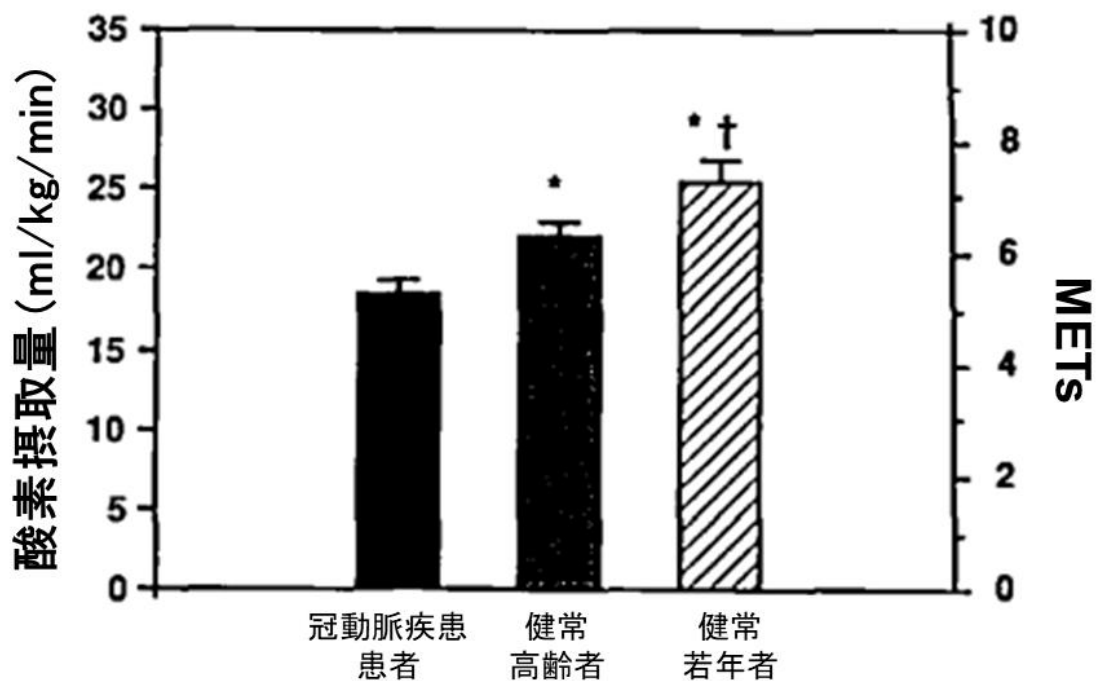


図 8 冠疾患患者の酸素摂取量
(Sheldahl LM et al., 1992 より引用、改変)

- 炎症誘発性効果
(血漿フィブリノゲン、IL-6、CRPの上昇)
- 血管収縮
(血圧の上昇)
- 血液粘稠度の上昇
- 交感神経活動の活発化
(血圧、心拍数の上昇)

図9 気温の低下による人体への影響

(Russ AA et al., 2022 より引用、改変)

CRP: C-reactive protein; IL-6: Interleukin-6; METs: Metabolic Equivalents.

以上のメカニズムより、ACS の発症は他の季節と比較し、冬季に多いことが各国の先行研究において示されている。北米の研究では、冬季に高齢患者の心血管および脳血管死亡率が上昇することが報告され (Sheth T et al., 1999) (図 10)、欧州やニュージーランドにおいても、AMI の発症や死亡者数には季節性があり、死亡率は冬に最大、夏に最小となっていた (Dilaveris P et al., 2006, Swampillai J et al., 2012) (図 11)。その他、降雪量と AMI による入院、死亡リスクとの関連を検証した研究では、男性において、降雪量が多くなるほど AMI による入院、死亡リスクが上昇することが示された (Auger N et al., 2017) (図 12 上)。

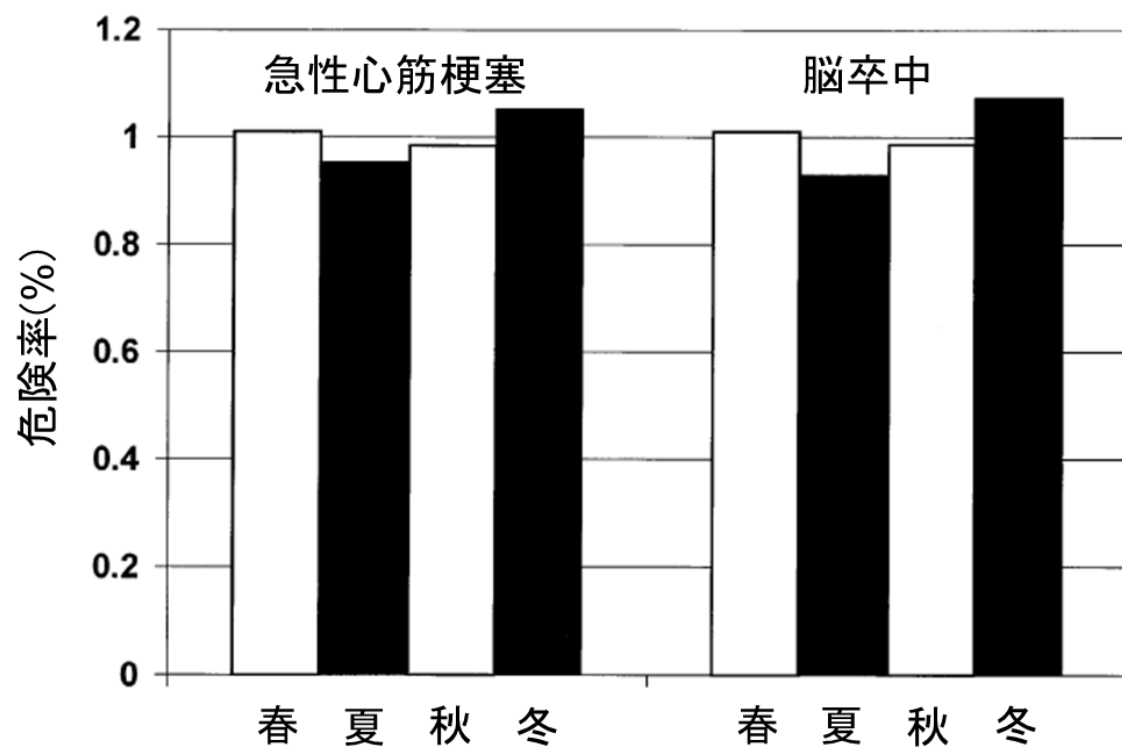


図 10 北米における季節ごとの急性心筋梗塞、脳卒中発症の危険率
(Sheth T et al., 1999 より引用、改変)

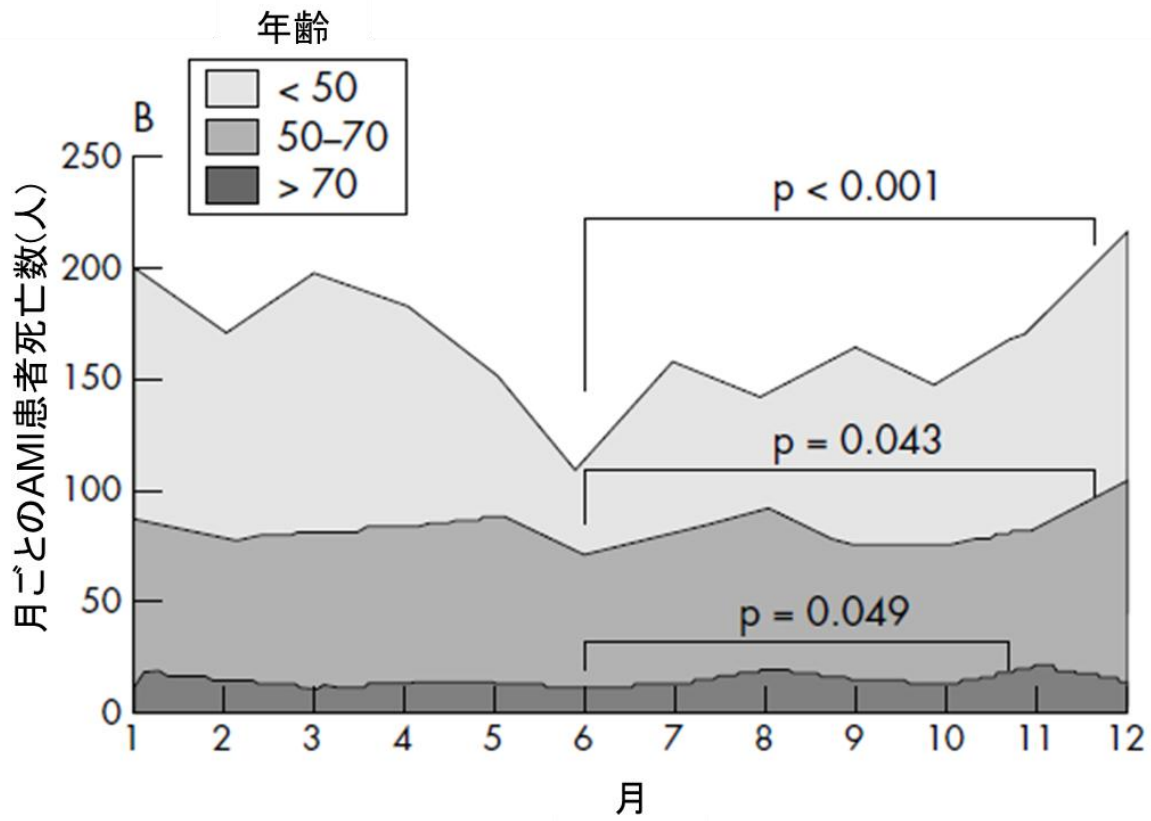


図 11 欧州における月ごとの急性心筋梗塞患者の死亡率

(Dilaveris P et al., 2006 より引用、改変)

AMI: acute myocardial infarction.

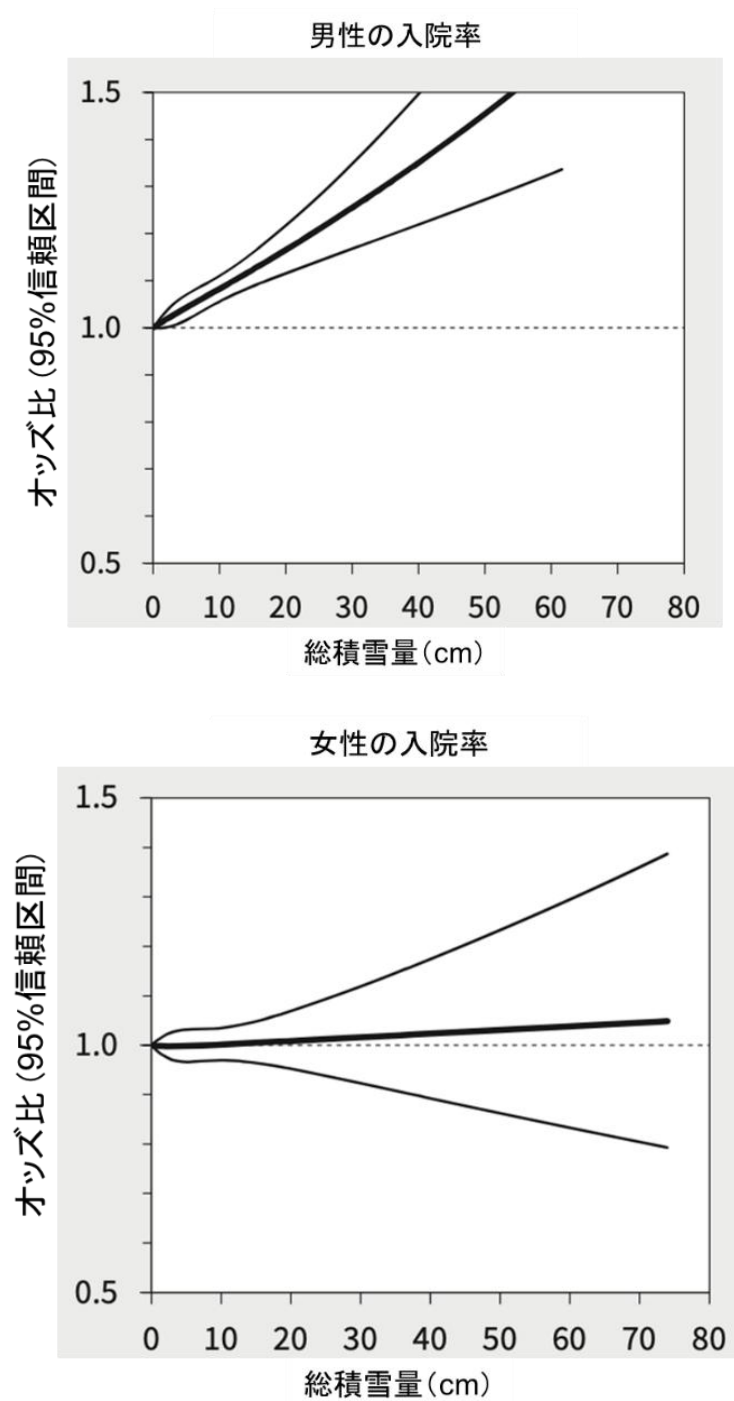


図 12 降雪量と急性心筋梗塞患者の入院リスクの関係（上：男性、下：女性、太線：オッズ比、細線：95%信頼区間の上下限）

（Auger N et al., 2017 より引用、改変）

また、別の研究では、冬季において、気温と降雪のどちらが心血管イベントに悪影響を与えるか検証されたが、結果として降雪が心血管死亡率の上昇により重要な役割を果たしていると結論付けられた (Baker BA et al., 1982)。これらの知見の根底にあるメカニズムとしては、降雪に伴うストレスや不安、さらに除雪作業に伴う身体的負担などが挙げられる (Southern DA et al., 2006)。しかしながら、これらの研究では、降雪が ACS 患者の救急搬送時間や臨床転帰にどのような影響を与えるかは検証されていない。

4.3. 降雪による救急搬送への影響

本研究では、降雪日群では ACS 患者搬送時間の延長と院内死亡率の上昇が認められ、さらに降雪量が増加するほど搬送遅延が顕著となった。本結果は、降雪が都市部の交通状況に影響を及ぼし、救急搬送の迅速性を損なう可能性を示唆するものである。降雪地域では、降雪時の交通渋滞が大きな問題となっている。実際、先行研究においても、札幌市の冬季交通渋滞は気象条件および除雪作業の影響を受けることが報告されている。札幌市内において、2月と10月の主要道路の自動車の平均速度を比較すると、2月の方が平均 10 km/h の大幅な低下を認めた (図 13)。特に、交通量の少ない地域では新雪除去、交通量の多い道路では道路拡幅が移動速度改善に有効であるとされ、1日降雪量および路肩の雪堆積が交通遅延要因となることが示されている (Hong S et al., 2015)。本研究でも同様の要因が、ACS 患者の搬送遅延を生じさせ、結果として院内死亡率上昇に寄与した可能性がある。また、本研究においては、ACS 発症数は降雪日: 1.37 件/日、非降雪日: 1.40 件/日であり、降雪日と非降雪日でほぼ同等であったにもかかわらず、降雪日の方が重症の症例が多かった。これは、降雪による搬送時間の遅延、除雪作業に伴う身体的負担の増加、精神的不安やストレス等により広範囲の心筋虚血が惹起され、急性冠症候群の重症化リスクを高めた可能性が考えられる。

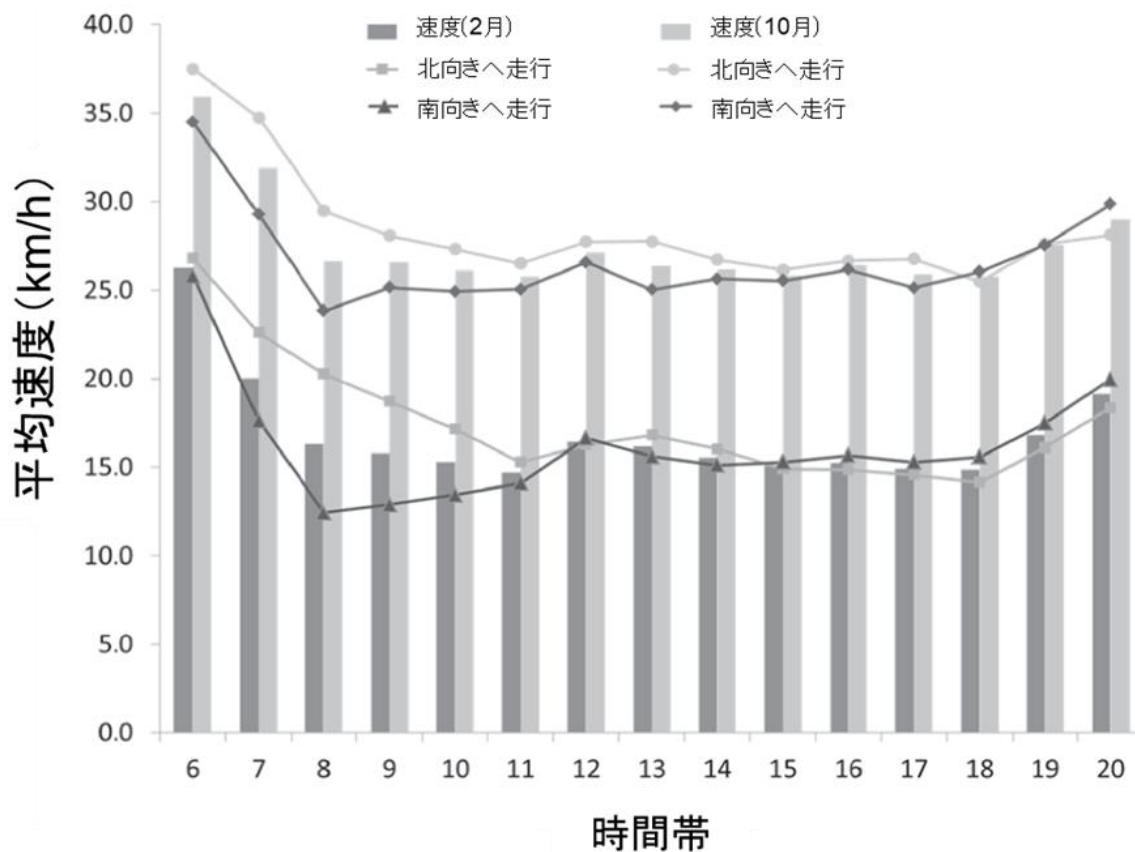


図 13 札幌市の主要道路における、10 月と 2 月の自動車の平均速度の比較
(Hong S et al., 2015 より引用、改変)

4.4. 搬送時間の遅延が ACS 患者の予後に及ぼす影響

先行研究では、最初の医療接触から PCI までの時間が STEMI 患者の予後に強く関連し、10 分の遅延ごとに死亡率が上昇することが示されている。(Scholz et al., 2018)

(図 14)。同研究では、STEMI 患者における救急隊接触から緊急 PCI までの時間と死亡率の間には、ほぼ線形関係があると結論付けている。本研究においては、DBT や入院当日に PCI を受けた割合に差は認められず、札幌市 ACS ネットワークにおいて迅速な PCI 体制が維持されていることが示唆された。

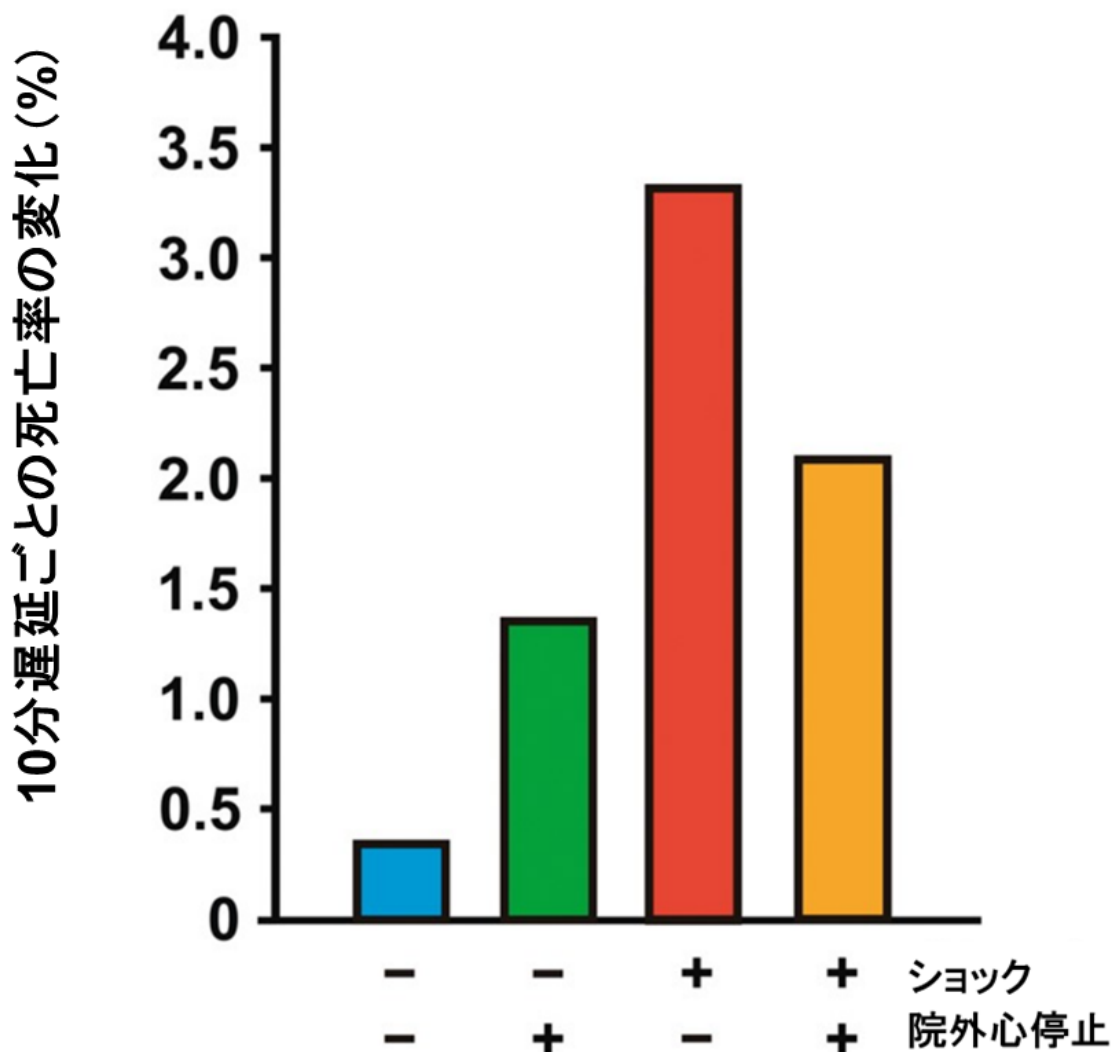


図 14 重症 ST 上昇型心筋梗塞患者における 10 分遅延ごとの死亡率の変化
(Scholz et al., 2018 より引用、改変)

日本の救急医療システムは政府によって運営されるが、国民皆保険制度の存在により、保険者には最低料金で利用可能となっている。さらに、日本では 1 施設あたりに PCI 実施可能な医師の数が多いため、ACS 患者が迅速に PCI を受けられていた可能性がある (Yamaji et al., 2020)。特に札幌市では、ACS が疑われる患者を近隣の PCI 可能な病院に直接搬送できるように、救急隊や地域の医師会の協力を得て ACS ネットワークが運用されている (図 15)。人口あたりの循環器内科を有する病院数と循環器内科医の数が多く、また ACS 当番日には循環器内科の医師が当直業務を担う体制を敷いているため、降雪量が多い日でも、必要な患者に対し、緊急 PCI を迅速に行うこと

が可能であった。その結果、降雪日でも ACS 患者に対する緊急 PCI 実施率は低下しなかったことが考えられる。

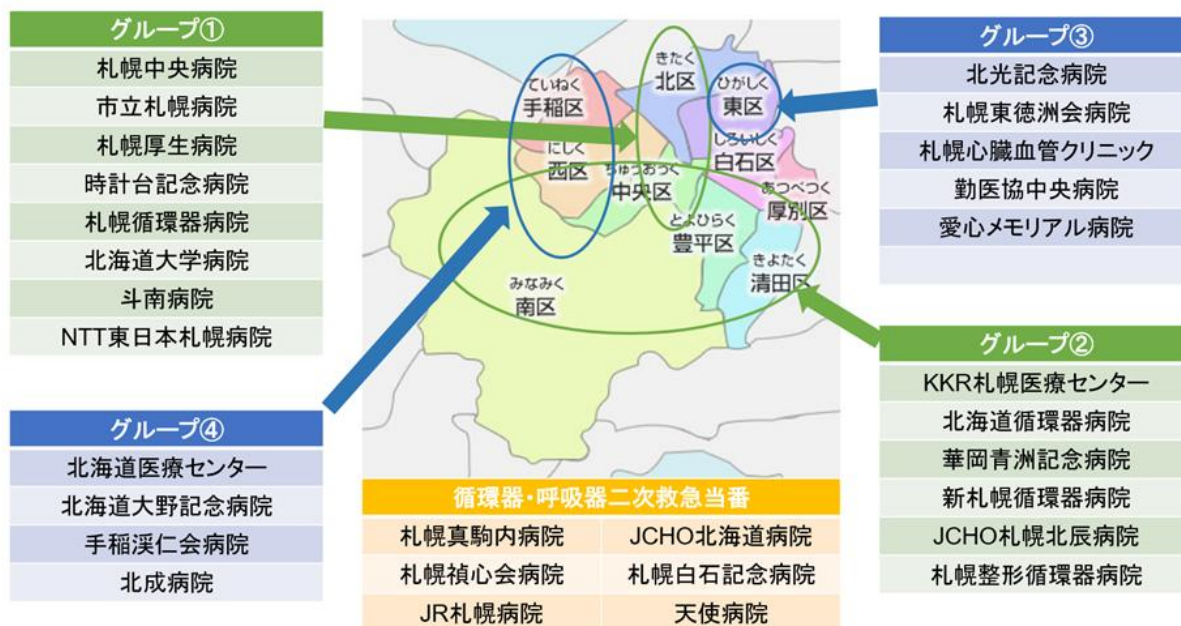


図15 札幌市 ACS ネットワークにおける輪番制

一方で、降雪は ACS 患者搬送時間を大幅に延長させるため、気象データを活用した搬送ルート最適化やリアルタイム交通情報との連携など、救急搬送体制のさらなる改善が求められる。

4.5. 本研究の限界

本研究には、いくつかの限界がある。第一に、後ろ向き研究であり、質問票の月間収集率中央値は 91% (IQR 87-94) であったものの、データ欠損の可能性は否定できない。第二に、ACS 患者の診断・治療は各病院の医師に委ねられており、治療方針の違いによるバイアスが生じた可能性がある。第三に、ACS ネットワークを介した救急搬送例のみを対象としたため、札幌市全体の ACS 診療実態を完全に反映していない可能性がある。第四に、本ネットワークにおいて STEMI と非 STEMI の分類は 2018 年から導入されたため、本研究では両者を ACS として包括的に解析した。第五に、緊急冠動脈バイパス術の対象例は少なく、心室細動や心肺停止症例は高度救命センターに搬送される傾向があるため、左主幹部病変や多枝病変など複雑病変が過小評価されている可能性がある。第六に、本研究では降雪の有無で 2 群に分けて解析を行ったが、

降雪量や積雪量、搬送距離が搬送時間へ影響した可能性も否定できない。最後に、本研究の結果は札幌市のような大都市かつ、ACS ネットワークという心血管救急疾患患者を迅速に搬送できるシステムが構築された上で得られたものと考えられる。搬送距離や救急搬送システム、病院の待機、当直システムを考慮すると同結果をすべての地域に一般化することは、困難であると考えられる。

5. 総括及び結論

本研究から得られた新知見

- 降雪時においても、緊急 PCI 実施率や DBT は延長せず、ACS ネットワークによる救急搬送システムが機能していたことが示唆された。
- しかしながら、降雪時に搬送時間は延長しており、ACS 患者の重症化、院内死亡率増加に影響した可能性がある。
- 降雪時においても、救急要請から病院搬送までの時間の短縮が、患者予後の改善につながると期待される。

新知見の意義

札幌市の ACS 患者においては、降雪時に搬送時間は数分延長したものの、DBT の延長はなく病院到着後、速やかに治療を行うことができていた。さらに、患者を ACS ネットワーク当番病院に迅速に搬送できるため、非降雪日群と比較しても、降雪日群で緊急 CAG および PCI の実施率は低下しなかった。しかしながら、搬送時間の延長が ACS 患者の重症化、院内死亡率上昇に寄与した可能性が示唆された。

今後の課題と研究展開

本研究は札幌市 ACS ネットワークのデータを解析した後向き研究であり、バイアスを生じうる。また、データ収集は調査票を用いて紙媒体で回収していたが、データ回収率の向上が喫緊の課題となっており、現在 WEB 症例登録システムの構築を札幌市と共同で行っている。

北海道内の他の地域においては ACS ネットワークと同様のシステムを構築するこ

とは難しく、本研究と同様の検証をすることは難しいと考えられる。しかし、他の地域でも降雪の影響を受ける可能性は高く、ACS 症例における搬送時間の遅延による予後への影響を検討することは重要であると考えられる。

札幌市は日本国内において有数の大都市であるが、その中では降雪量が多く、冬期間の降雪による救急搬送時間の遅延は避けられない。今後も降雪が ACS 診療に重大な影響を及ぼす可能性があり、札幌市 ACS ネットワークの救急搬送システムのさらなる強化が求められる。

謝辞

本稿を終えるにあたり、本研究の機会を与えていただくとともに終始懇切なる御指導と御校閲を賜りました北海道大学 大学院医学研究院 内科系部門 内科学分野 循環器内科学教室 安斉俊久 教授に深く感謝を申し上げます。併せて、本研究を遂行するにあたり、終始懇切なる御指導と御鞭撻を賜りました北海道大学 大学院医学研究院 内科系部門 内科学分野 循環器内科学教室 永井利幸 准教授、北海道大学病院 循環器内科 竹中 秀 助教、防衛医科大学校病院 内科第1部門 循環器内科 小西 崇夫 講師に感謝と共に厚く御礼を申し上げます。

また、症例登録に際しましてご尽力いただきました、新札幌整形外科 循環器内科 堀田 大介 先生、KKR 医療センター 循環器センター 神垣 光徳 診療部次長、札幌東徳洲会病院 循環器内科 山崎 誠治 院長、札幌ハートセンター 心臓血管クリニック 循環器内科 藤田 勉 名誉会長、札幌孝仁会記念病院 循環器内科 山下 武廣 副院長、手稲循環器クリニック 川初 寛道 院長、勤医協中央病院 循環器内科 鈴木 隆司 院長、カレス記念病院 循環器内科 野崎 洋一 先生、札幌中央病院 心臓血管外科 櫻田 卓 副院長、同交会病院 循環器内科 竹中 孝 統括顧問、札幌厚生病院 循環器内科 五十嵐 康己 診療部長、市立札幌病院 循環器内科 牧野 隆雄 部長に厚く御礼を申し上げます。

また、本臨床研究に参加して下さった全ての患者様、当大学病院の関係者の皆様に深く感謝の意を表します。

COI (conflicts of interest) 開示

本論文発表内容に関連し，開示すべき COI 関係にある企業などは無い。

引用文献

Auger, N., Potter, B.J., Smargiassi, A., Bilodeau-Bertrand, M., Paris, C., Kosatsky, T. (2017). Association between quantity and duration of snowfall and risk of myocardial infarction. *CMAJ* 189, E235-E242.

Baker-Blocker, A. (1982). Winter weather and cardiovascular mortality in Minneapolis-St. Paul. *Am J Public Health* 72, 261-265

Claeys, M.J., Rajagopalan, S., Nawrot, T.S., Brook, R.D. (2017). Climate and environmental triggers of acute myocardial infarction. *Eur Heart J* 38, 955-960.

Danet, S., Richard, F., Montaye, M.L., Beauchant, S., Lemaire, B., Graux, C., et al. (1999). Unhealthy Effects of Atmospheric Temperature and Pressure on the Occurrence of Myocardial Infarction and Coronary Deaths. *Circulation* 100, e1-e7.

Dilaveris, P., Synetos, A., Giannopoulos, G., Gialafos, E., Pantazis, A., Stefanadis, C. (2006). CLimate Impacts on Myocardial infarction deaths in the Athens TERRitory: the CLIMATE study. *Heart* 92, 1747-1751.

Fujimoto, R., Suzuki, E., Kashima, S., Yorifuji, T., et al. (2023). Heat Exposure Following the Rainy Season Is Associated With an Increased Risk of Cardiovascular Emergency Among the Elderly in Japan. *J Am Heart Assoc* 12, e027046.

Hong, S., Hagiwara, T., Takeuchi, S., Lu, B. (2015). Effects of Weather Conditions and Snow Removal Operations on Travel Speed in an Urban Area. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2482, 90-101.

Ito, M., Yamamoto, T., Takaku, K., Tsutsui, N., Sasagawa, M., Hirono, S., et al. (2012). Acute Heart Failure Syndrome Associated With Snow Shoveling. *Int Heart J* 53, 394-395.

Japan Meteorological Agency website. (2023). <https://www.jma.go.jp>. Accessed September 29.

Jia, H., Abtahian, F., Aguirre, A.D., Lee, S., Chia, S., Lowe, H., et al. (2013) In vivo diagnosis of plaque erosion and calcified nodule in patients with acute coronary syndrome by intravascular

optical coherence tomography. *J Am Coll Cardiol* 62, 1748-1758.

Keatinge, W.R., Coleshaw, S.R., Cotter, F., Mattock, M., Murphy, M., Chelliah, R. (1984) Increases in platelet and red cell counts, blood viscosity, and arterial pressure during mild surface cooling: factors in mortality from coronary and cerebral thrombosis in winter. *BMJ* 289, 1405-1408.

Kimura, K., Kimura, T., Ishihara, M., Nakagawa, Y., Nakao, K., Miyauchi, K., et al. (2019). JCS 2018 Guideline on Diagnosis and Treatment of Acute Coronary Syndrome. *Circ J* 83, 1085-1196.

Kojima, S., Michikawa, T., Ueda, Kayo., Sakamoto, T., Matsui, K., et al. (2017). Asian dust exposure triggers acute myocardial infarction. *European Heart Journal* 38, 3202–3208.

Kurihara O, Takano M, Yamamoto E, Yonetsu T, Kakuta T, Soeda T, et al. Seasonal Variations in the Pathogenesis of Acute Coronary Syndromes. *J. Am. Heart. Assoc.* 9(13), e015579 (2020).

Liu, C., Yavar, Z., Sun, Q. (2015). Cardiovascular response to thermoregulatory challenges. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 309, H1793-812.

Mensah, G.A., Roth, G.A., Fuster, V., (2019). The Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors: 2020 and Beyond. *J Am Coll Cardiol* 74, 2529-32.

Meier, C.R., Jick, S.S., Derby, L.E., Vasilakis, C., Jick, H. (1998). Acute respiratory-tract infections and risk of first-time acute myocardial infarction. *Lancet* 351, 1467-1471.

Ogbebor, O., Odugbemi, B., Maheswaran, R., Patel, K. (2018). Seasonal variation in mortality secondary to acute myocardial infarction in England and Wales: a secondary data analysis. *BMJ Open* 8, e019242.

Roth, G.A., Johnson, C., Abajobir A., Abd-Allah, F., Abera, S.F., Abyu, G., et al. (2017). Global, Regional, and National Burden of Cardiovascular Diseases for 10 Causes, 1990 to 2015. *J Am Coll Cardiol* 70, 1-25.

Russ, A.A., Mornos, C. (2022). The Impact of Meteorological Factors and Air Pollutants on Acute Coronary Syndrome. *Current Cardiology Reports* 24, 1337-1349.

Saiin, K., Takenaka, S., Nagai, T., Takahashi, A., Mizuguchi, Y., Konishi, T., et al., (2023). Impact of COVID-19 pandemic on emergency medical system and management strategies in patients with acute coronary syndrome. *Sci Rep* 13, 5120.

Scholz, K.H., Maier, S.K.G., Maier, L.S., Lengenfelder, B., Jacobshagen, C., Jung, J., et al. (2018). Impact of treatment delay on mortality in ST-segment elevation myocardial infarction (STEMI) patients presenting with and without haemodynamic instability: results from the German prospective, multicentre FITT-STEMI trial. *Eur Heart J* 39, 1065-1074.

Sheldahl, L.M., Wilke, N.A., Dougherty, S.M., Levandoski, S.G., Hoffman, M.D., Tristani, F.E. (1992). Effect of age and coronary artery disease on response to snow shoveling. *J Am Coll Cardiol* 20, 1111-1117.

Sheth, T., Nair, C., Muller, J., Yusuf, S. (1999) Increased winter mortality from acute myocardial infarction and stroke: the effect of age. *J Am Coll Cardiol* 33, 1916-1919.

Southern, D.A., Knudtson, M.L., Ghali, W.A. (2006). Myocardial infarction on snow days: Incidence, procedure use and outcomes. *Can J Cardiol* 22, 59-61.

Spencer, F.A., Goldberg, R.J., Becker, R.C., Gore, J.M. (1998). Seasonal distribution of acute myocardial infarction in the second National Registry of Myocardial Infarction. *J Am Coll Cardiol* 31, 1226-33.

Swampillai, J., Wijesinghe, N., Sebastian, C., Devlin, G.P. (2012). Seasonal Variations in Hospital Admissions for ST-Elevation Myocardial Infarction in New Zealand. *Cardiol Res* 3, 205-208.

Takahashi, M., Kohsaka, S., Miyata, H., Yoshikawa, T., Takagi, A., Harada, K., et al. (2011). Association between prehospital time interval and short-term outcome in acute heart failure patients. *J Card Fail* 17, 742-7.

Yamaji, K., Kohsaka, S., Morimoto, T., Fujii, K., Amano, T., Uemura, S., et al. (2017). Relation of ST-Segment Elevation Myocardial Infarction to Daily Ambient Temperature and Air Pollutant Levels in a Japanese Nationwide Percutaneous Coronary Intervention Registry. *Am J Cardiol*

119, 872-880.