

## 寒冷適応にみる技術の進歩と生理的機能の退行

### Technological Development and Physiological Regression Concerning Adaptability to the Cold, Snowy Environment

原 文宏 ((社) 北海道開発技術センター)

新森 紀子 ((社) 北海道開発技術センター)

#### I はじめに

現在の私たち人類の祖先は、およそ 20 万年ぐらい前にアフリカに生まれたという「一地域進化説」と 100 万年以上前にアフリカからユーラシア大陸に移り住んだホモ・エレクトスがそれぞれの地域で進化をとげたという「多地域進化説」の二つの説があり、それぞれ賛否両論がある(赤澤 1995 : 6-24)。いずれにしてもアフリカという暖かい地域に発生し、その後、世界各地に拡散して 1 万年ぐらい前には地球上のほぼ全ての主な陸地に居住していたといわれている。

人類が発生した場所がアフリカ大陸であったために、その後の人類の拡散は北上の歴史といっても差し支えないであろう。北上の過程で人類は寒冷な環境に適応するために生理的適応によって、寒さに耐えるための様々なしくみを身体に備えてきた。しかし、人間の身体的な耐寒機能は、他の動物に比べて低く、裸で寒い冬を過ごすことは不可能である。

そのため、厳しい寒冷環境への適応は、衣服による保温、火や住居による暖房などの技術によってはじめて可能になった。このような環境適応を生理的適応と区別して、文化的適応と呼んでいる(広重・山村・小田 1985 : 130-140)。文化的適応は、人間の創意工夫によって雪氷や寒さを克服する能動的な行為であり、技術そのものである。

このような技術によって、現在では性能の良い防寒衣料、高断熱・高気密な住宅と暖かな室内暖房システムによって快適な冬の生活をおくることがきる。さらにはアトリウムや

地下街などの大規模な屋内空間も整備されている。この空間の中では、一年中、ほぼ一定の温度で過ごすことができるようになり、冬の厳しい寒さや雪による物理的な障害もない生活ができる。しかも、モータリゼーションの進展でドア・ツ・ドアの生活スタイルが日常化するにいたり、屋内空間を自動車で結ぶことによって、ほとんど外環境の影響を受けない生活も可能になってきた。

そして、人類はもっとも過酷な自然条件である南極や北極地域にさえも一定の居住環境を創り出し、長期間の滞在を可能にしている。

このような技術によって創られた人工環境の中は、一年を通じて温度変化も少なく、季節感もない。最近、このような人工環境に生理的に適応しはじめたと思われる現象がみられるようになってきた。特に、冬の衣料の軽装化の進行は、新素材の開発による軽量化を考慮しても説明がつかない。

本論文では、寒冷適応における生理的適応と文化的適応の変遷を整理するとともに、文化的適応=技術によって作り出された人工環境への適応と思われる事例を札幌を中心に収集し、そのことの問題点を指摘する。さらに、これらの結果を踏まえて、生理的適応と文化的適応のバランスや寒冷地域における技術と生活様式のあり方について考察する。

なお、本論文は技術の有用性を否定するものではない。技術の発達によって生存環境は改善され、寿命が延びたのは事実である。ただ、人類の住みよい環境を人工的に作り出す中で人工環境に適した生活様式や生理的適応が進行することの危うさと、エネルギー・地球環境などへの影響等を指摘し、そのような

技術と我々の生活様式の関係を見直したいと考えている。

## II 寒冷適応

寒冷適応の歴史について、生理的適応と文化的適応に区分して概要を整理する。なお、文化的適応については、寒冷適応の基本ツールである防寒衣料、暖房、住宅及び交通、都市について具体的にまとめる。

### 1 生理的適応

人間の寒さに耐えるための体の適応方法は、代謝型（産熱型）適応と断熱型適応の二つに大きく区分される。

人間の体温はおよそ 37℃の一定温度に保たれており、外環境との温度差を前述した二つ方法で調整しながら、暑さや寒さに対して体内の恒温性を維持している。つまり、寒くなると皮膚温を低くして体からの放熱を防止（断熱型）するほか、体温が 28℃以下になると化学的体温調節作業が働いて、体内での新陳代謝が上昇し、熱生産を高める産熱型の適応をする（佐藤方彦 1987：129-139）。

温度条件によって体型も変化するといわれている。寒冷地域に生息する恒温動物は、放熱面積を小さくするために体重に比べて体表面積が小さくなる傾向があり、ベルグマンの生態学的法則と呼ばれる。また、寒冷地域の動物は熱帯地方に比べて首、肢、尾が短く丸くなる傾向があり、アレンの生態学的法則と呼ばれる。寒冷気候への適応がもっとも進んだ形質と考えられているモンゴロイドにこれらの傾向が顕著である（伊藤 1974：116-120）。

人間の発汗機能をつかさどる能動汗腺は2歳までに、その数が決定される。生後2年間を温暖な地域に育った人の汗腺数は多く、寒冷な地域の人は少ない。このことは、人間の体温調節に密接に関連しており、生後2年間の生活温度環境が汗腺の発達に決定的な影響を及ぼし、発育初期の寒さの経験が成長後の耐寒性に影響すると予想されている（伊藤

1974：116-120）。

このように、寒冷地域に進出しはじめた人類は、まず自らの耐寒機能を向上させ、寒冷環境へ生理的適応を進めてきた。しかし、生理的適応だけで亜寒帯や寒帯地域にまで進出することは困難である。そのため、本格的な人類の寒冷地域への進出は火、衣服、住宅で寒さをしのぐ技術（文化的適応）を獲得してからである。

### 2 防寒衣料

文化的適応の中でもっとも早くから獲得された技術は衣料であろう。防寒服は、それぞれの地域にある素材を使用して工夫されて進歩してきた。例えば、アラスカのイヌイトがカリブーの毛皮でつくった防寒服は二重になっていて、毛を外側にした外衣と内側にした內衣から構成され、零下数十度の屋外でも仮眠がとれるほど暖かく、活動して暑くなった時にも容易に放熱できるような工夫がされている（伊藤信次 1974：116-120）。また、中国新疆ウイグル自治区で発見された「楼蘭の美少女」と呼ばれる 4000 年前のミイラは、現在、ウルムチの博物館に展示されているが羊毛を材料とした衣服をまとっていた。現在でも新疆ウイグル自治区の生活は、羊と密接な関係をもっている。

北海道では、昔はアイヌの人々が獣皮や水鳥の羽根つき皮でつくった防寒服を着ていたが、明治時代になり軍用毛布を加工した外套等の防寒衣料が使用されるようになる（広重・山村・小田 1985：130-140）。1972年に実施された札幌冬季オリンピックごろから防寒衣料に対する関心が高まり、合成繊維や新素材の開発もあって、現在では防寒性と通気性を併せ持ち、暖かくて蒸れず、しかも軽く、デザインされたものが防寒衣料の主流となっている。

### 3 住宅・暖房

「火」のコントロールも寒冷環境への文化的

適応の重要な要素である。アルプスの頂上付近で発見され、その後の調査で約5000年前の羊飼いであることがわかった、通称「アイスマン」と呼ばれるミイラは、種火を入れて持ち歩く道具を携帯していたと推測されている（コンラート 1994：148-153）。したがって、5000年前にはすでにある程度「火」をコントロールしていた可能性がある。その後の技術の改善によって様々な暖房機器が、それぞれの地域特性に併せて進歩した。

例えば北東アジアに広く分布するオンドルやペチカなどのいわゆる「カン」と呼ばれる暖房機器がある。このような暖房機器は我が国ではほとんどみられず、本州における基本的な暖房は火鉢や火燵であった。北海道では、比較的早い時期からストーブが導入され、薪、石炭、石油とエネルギー源が変化しながら現在にいたっている。

室内の暖房は、住宅性能によっても異なる。北海道は、日本の中でも冬の気象条件が厳しかったために、伝統的な日本様式とは異なる形で住宅が進歩した。当初、北海道開拓使は、米国からの技術を導入した防寒住宅を奨励したが費用がかかるために普及しなかった。第二次世界大戦後、北海道独自の寒地住宅の技術開発が行われるようになり、排雪に便利な三角屋根形式のブロックづくりの住宅が寒地住宅の基本となった。その後、市街地などの敷地の無い地域に変形屋根形式や無落雪屋根形式も用いられるようになる（山村 1985：70-71）。

同時に住宅の隙間を無くし高気密化することによって「すきま風」による室温低下を防止し、断熱材や二重窓、断熱ガラスを使用することによる壁や窓からの熱損失を小さくした。このような高気密・高断熱な寒地住宅が現在の北海道の住宅の主流となっている。

一般に最適な室温は、病院、教室、居間などで22℃前後とされているが、部屋の用途や作業の種類、着衣などによって異なる。三浦他の実験によれば、男性の場合は、室内の暖房温度が22℃になると上着を脱ぎ始め、24℃になるとと着衣が一枚少なくなる。女性は個

人差が大きく明瞭ではない（三浦 1985：119）。

## 4 交通（除雪）

冬期生活のライフラインとも言うべき冬の道路交通について、北海道における道路除雪の変遷を以下にまとめる。

明治から戦前までは、人力、馬力による雪踏みや、除雪が主流であり、機械による除雪は戦後になって本格化する。

### 1) 除雪の胎動期：1925年頃～1944年 (昭和初期～昭和19年)

札幌市では米国製トラクターに転圧用ローラーを引かせて市内の主要幹線及び消防業務用道路の圧雪を1929年（昭和4年）から行っていた。また、1932～1933年（昭和7～8年）ごろに札幌市内で米国製トラクターによる除雪が試験的に実施された（渡邊 1983：1-25）。終戦直前の1943年、1944年（昭和18年、19年）には、当時北海道土木試験所所長の高橋敏五郎氏を中心に、貨物トラック及びトラクターを使った除雪試験が行われ、貨物トラックにプラウを取り付けたタイプが、新雪の高速除雪に有利であることが確認された（北海道庁土木試験所 1943：1-19）。現在のように除雪トラックにプラウを取り付けて行われた除雪はこの実験が初めてである。

### 2) 道路除雪の黎明期：1945年～1955年 (昭和20年～昭和30年)

戦後は、駐留米軍の物資輸送を目的に米軍の命令によって、昭和20年から札幌市内18km、札幌～小樽間37kmの計55kmの区間で除雪が開始された。このことは、北海道における定常的な機械による道路除雪のはじまりという点で、除雪事業の幕開けと位置づけられる（渡邊 1983：1-25）。

1950年（昭和25年）7月札幌陸運局長に就任した札幌出身の武田利雄氏は、北海道の総合開発には冬期の道路交通確保が最重要という信念から、北海道土木部及び自動車業界と連携して「北海道道路運送冬期対策協議会」を結成した。協議会では北海道全体を対象に除雪計画路線の選定を行い149路線、2633km

を設定し、関係団体や市町村が機材や費用を分担して除雪が開始された。これは、北海道における初めての総合的な除雪計画と位置づけられる(原・新森 2000 : 623-626)。

### 3) 道路除雪の本格化:1956年~1965年 (昭和31年~昭和40年)

これまで、それぞれの地域やバス事業者の自助努力で行われてきた感のある除雪事業であるが、昭和31年に「積雪寒冷地域における冬期交通確保等に関する特別措置法(雪寒法)」が制定され、主要道路の除雪は道路管理者が行うことが明確となり、バス事業者は除雪から開放されることとなったが、国や地方公共団体の除雪事業が軌道に乗るまでには時間がかかり、バス事業者による除雪事業は昭和39年まで続いている(原・新森 2000 : 623-626)。

### 4) 道路除雪の技術革新:1966年~1971年 (昭和41年~昭和46年)

昭和41年の豪雪と冬季オリンピックの札幌開催が決定したことをうけて、除雪技術の一層の向上が求められた。そのため、1967年(昭和42年)3月に高橋敏五郎氏を委員長とする「札幌市除雪対策専門委員会」が設置され、同年11月には中間報告が行われ、当該年度の除雪計画及びオリンピックに向けた五カ年計画策定の基礎となった(渡邊 1983 : 1-25)。

その後、札幌オリンピック冬季大会組織委員会除雪対策実行本部除雪対策会議が設置され、オリンピックを意識した、高いレベルの除雪水準が設定され、体制や機材が整備された。この時確立した除雪体制は、個人の自動車保有数が急激に増加する時代背景もあって、その後の除雪体制の骨格となった。

### 5) 道路除雪の質的向上:1979年~ (昭和54年~)

昭和50年代にはいり、市民の除雪に対する要望も少しずつ変化しはじめ、より身の回りの雪処理ニーズが顕在化しはじめた。また、スパイクタイヤ粉塵による健康被害が社会問題化し、市民運動が盛り上がる中で、スパイクタイヤの使用規制が法制化され、1993年

(平成5年)には札幌市のスタッドレスタイヤ装着率がほぼ100%となった。しかし、タイヤが異なることによる路面との滑り抵抗の低下は、スリップ事故等を増加させたほか、スタッドレスタイヤも一因と考えられる「滑りやすい路面(通称つるつる路面)」が頻発するようになった。(原・新森 2000 : 623-626)。

そのため、除雪事業もそれまでの幅員確保を主体とした冬期道路管理から、路面の滑り抵抗値をあげるために凍結防止剤や砂、微砂利の散布、危険箇所へのロードヒーティングの設置などの対策が必要となり、除雪事業に質的な変化が促された。

以上のように道路除雪は、積雪による物理的な障害の除去から質的な路面管理のレベルに達している。道路交通だけでなく、我が国においては鉄道、船、飛行機のいずれの交通機関も、現在では夏期冬期の区別なく異常気象時を除けば定常的な運行をしている。

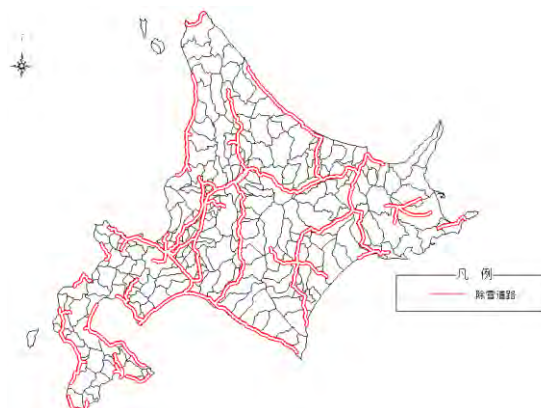


図1 北海道の除雪延長 (1960年・昭和35年)

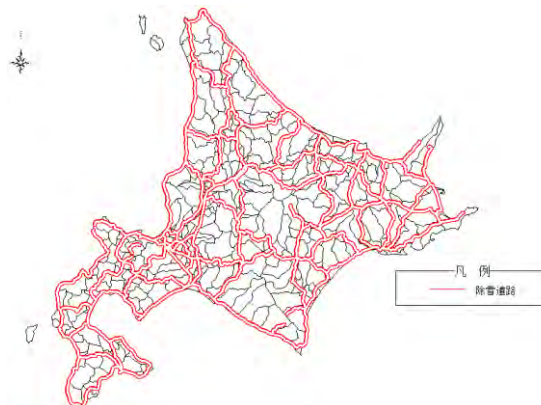


図2 北海道の除雪延長 (1991年・平成3年)

## 5 都市

寒冷な気候に配慮した住宅、オフィスビルや交通機関が整備されるにしたがって、都市全体としての防寒機能を持つようになる。例えばビルの2階レベルを空中回廊で接続した歩行ネットワークである米国、ミネアポリス市の「スカイウェイシステム」やカナダ、カルガリー市の「+15」。カナダ、モントリオール市の地下鉄駅を中心とした「アンダーグラウンド・ペデストリアン・コリドール」、トロント市の「ダウンタウンウォークウェイ」などの地下ネットワークがある。これらの都市では、冬でも夏期と同じような買い物や散歩ができる。



写真1 スカイウェイ・システム  
(米国・ミネアポリス市)



写真2 ダウンタウンウォークウェイ  
(カナダ・トロント市)

札幌市も1968年頃は、狸小路もごく一部がアーケード化されているにすぎなかった。また、歩道ロードヒーティングも駅前通りと呼ばれる西三丁目の札幌駅～大通りにかけて、設置されているが、44件で約12000㎡程度であった。(図3)



図3 札幌都心部の防寒・防雪化 (1968年)

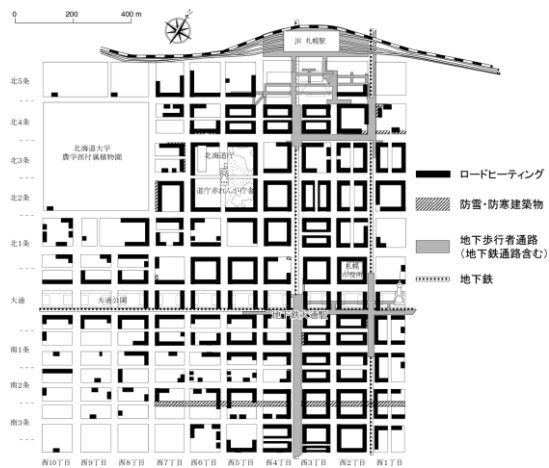


図4 札幌都心部の防寒・防雪化 (2000年)

しかし、現在では歩道ロードヒーティング面積は、約60000㎡にのぼり、西2丁目～西4丁目と、北5条～南4条(国道36号線)で囲まれる地域の歩道は、ほとんどロードヒーティング化されている。(図4) また、狸小路もアーケード部分が拡張され、都心のビルでは1階部分をセットバックして歩行路としている箇所も多い。交通機関でも地下鉄が整備

されて、大通り駅、すすきの駅、バスセンター駅を結ぶ地下ショッピングモールが建設されているほか、JR 札幌駅地下にも大規模な地下ショッピングモールが形成されている。

交通拠点を中心とした地下ショッピングモール及び周辺ビルの連結による広大な屋内空間、歩道ロードヒーティングとアーケードによって、札幌の都心は、冬でも夏に近い状態といえる。

気象条件別での休日の歩行交通量の比較を図5に示す(高西・城戸・高宮・原 1993 : 238-243)。地下街の交通量は晴れている時には少ないが、雨や雪の時には多く、特に雪が降った時には多い。地上の歩道は地下街と全く逆の傾向を示す。また、アーケードは、天候の違いによる歩行交通量の変化は見られない。

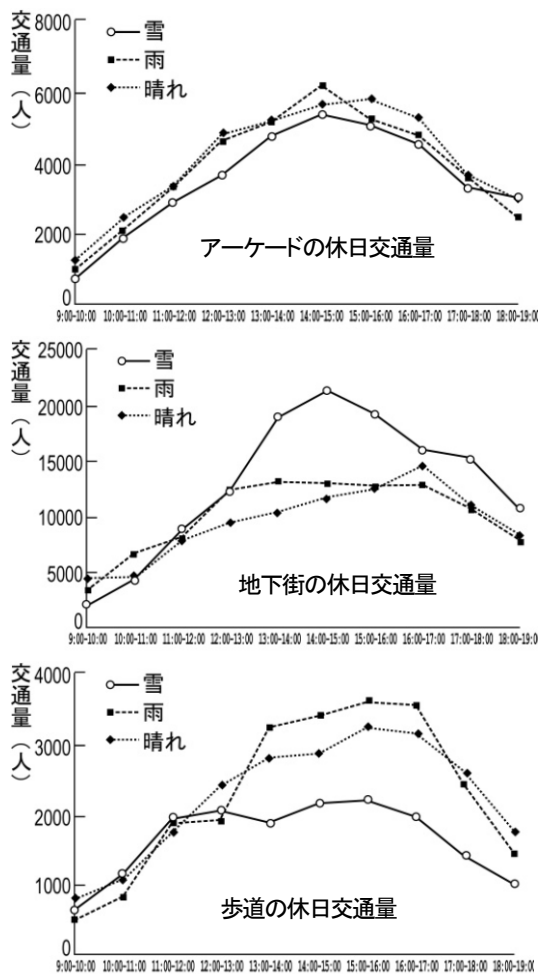


図5 歩行空間と気象の関係

このように気象条件による歩行空間の選択が明確に行われている。気象条件の悪い雪の日には雪による歩きにくさと寒さをしのぐことのできる地下街を選択する割合が高くなっている。

### III 生理的機能の退行と、高くなるニーズ

#### 1 軽装化

紺野他(1996)は過去と現在の札幌市民の冬の服装について調査しており、その結果を表3にまとめる。札幌市民は以前に比べて手袋の着用率は減少し、ポケットに手を入れて歩く割合が高く、この傾向は男性に顕著であると指摘している。また、靴については、長靴が減り、短靴を履く割合が高く、女性は冬も傘を持つ割合が増加している。

この調査結果をもとに、手袋、帽子、傘、靴、手荷物、コート、ズボン及びスカートの各項目で着用割合や所持割合の高い項目を抽出し、札幌(昔)、札幌(現在)の冬の装いを表したのが図6である。図からも明らかのように、札幌市民の現在の冬の装いは、見るからに防寒対策が弱い。

表3 札幌の冬の服装調査結果

	札幌(昔)	札幌(最近)	防雪・防寒機能
手袋	51%	26%	—
帽子	47%	10%	—
傘	0%	26%	—
ポケットに手	26%	32%	—
靴	長靴	62%	4%
	中靴	31%	18%
	短靴	7%	78%



図6 札幌市(昔・現在)代表的な冬の装い