

## 寒冷指標の防災への適用可能性に関する考察

### Study of applying the cold index to disaster prevention

外間 正浩\*  
 Masahiro Sotoma\*

People in disaster stricken area are exposed to cold environment according to the situation. The cold environment has various influences on a human body and mental side. The restriction of body and mental activity may lead people to risky situation. IREQ, DLE, and WCT are indices that evaluate the influence of the cold on the human body. It may be possible to keep the people away from the cold stress by using these indices. Therefore, the content and the feature of these indices were considered. As a result, it was shown to be able to use the cold index for disaster prevention in Japan by considering relations of indices applicable range and the climate of Japan.

**Keywords:** Cold Index, Disaster Prevention, IREQ, DLE, Wind Chill, Evacuation, Disaster Prevention Plan  
 寒冷指標、防災、IREQ、DLE、Wind Chill、避難、防災計画

#### 1. 研究の背景と目的

我が国は、世界の災害発生割合から見て、位置・地形・気象等の自然的条件から災害が発生しやすい国土とされている<sup>1)</sup>。災害による被害、特に人的被害の減少を目指し、ハード・ソフト両面から研究や災害対策等がおこなわれているが、災害によっては多数の人的被害が発生する状況にある。

災害の発生地域、時期や時間帯、インフラストラクチャの被害等によっては、被災者や災害対応を行う防災関係者等は寒冷な環境にさらされる。たとえば、冬季の積雪地域での地震や、水害等が挙げられる。寒冷環境は、人間の身体および精神面に様々な影響を与え、身体・精神活動の制約につながる事が明らかとなっている<sup>12)</sup>。被災者や災害対応活動中の防災関係者にとって、四肢の活動や認識能力への影響等は、身の安全に直接的に関係するものであり、無視できないものであると思われる。

寒冷環境が人体に及ぼす生理的負担（寒冷ストレス）とその影響に関しては、人間環境工学、医療、産業労働、スポーツ科学等の分野で蓄積がなされてきた。これらの研究成果の一部は、寒冷環境を評価する指標<sup>2)</sup>の整備や、水に関するスポーツ競技等の安全マニュアル<sup>3)</sup>に反映されるなどしているが、このような寒冷ストレスに関する知見を災害時の活動・対策に展開した研究は十分とは言えない状況にある。

以上により、本稿は寒冷な環境が人間へもたらす寒冷ストレスと防災との関係、および寒冷指標の防災への活用可能性について考察することを目的とする。

#### 2. 寒冷環境と人体

##### 2-1. 災害時の寒冷ストレス

寒冷地、たとえば積雪期の北海道での地震、津波、高潮等により外部で活動せざるを得なくなる、あるいは暖房設備が機能しない屋内で救助を待つ、といった状況が発生した場合、対象者は寒冷ストレスにさらされることになる。場合によっては、満足な防寒着を着用していない、着の身着のままの状態である可能性もあ

\* 正会員 NTT 環境エネルギー研究所 環境システムプロジェクト 環境防災グループ (NTT Energy and Environment Systems Laboratories)

る。また、寒冷ストレスが問題となる地域は、いわゆる寒冷地に限られるわけではない。

平成16年10月、台風第23号にともなう大雨により、京都府舞鶴市内の国道上でバスのツアー客ら37名のほか、トラック運転手等が浸水エリアで孤立し、救助されるまでの間車両の屋根の上で一晩を過ごす事態が発生した。10月下旬に水に濡れた状態で長時間夜気にさらされる状況がどのようなものであったかを、塚越らが等価冷却温度を用いて推測している<sup>4)</sup>。救助されたバスの乗客を収容した医療機関によると、収容者の多くが軽度の低体温症（後述）であったという。

現在、災害ごとに防災関係機関から発表される人的被害報告から、直接・間接的に寒冷ストレスが関係した事例や被害数を読み取ることは困難である。また、死傷にまでは至らず、ゆえに人的被害には計上されない事例の中にも、寒冷ストレスにかかった人が相当数存在した可能性があるが、確たるデータはない。しかし避難状況に関する調査等から、寒冷ストレスにつながる可能性の有無を推測することはできる。たとえば廣井らによる一連の調査<sup>5) 6)</sup>によれば、水害時に水の中を避難する人々が数多く存在したことが示されている。一例として2003年十勝沖地震における津波避難行動の際の避難状況を表-1に示す。

【表-1】避難時の水量と状況（参考文献6より引用）

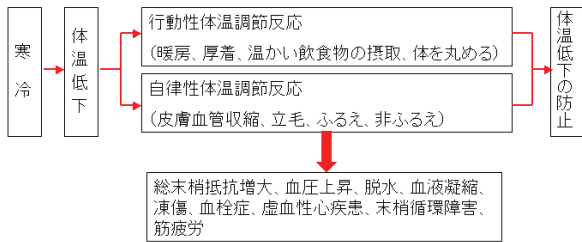
		水はな かった	くるぶ しくらい	ひざく らい	腰くら い	胸以上	合計
二条	車で避難した	7	10	7	2	4	30
	歩いて水の中を浸かりながら避難した			3	10	8	21
	歩いて避難・水には浸からずすんだ	2				1	3
	避難途中でボートやヘリなどによって救助					2	2
	その他				1	3	4
	合計	9	10	10	13	18	60
見附	車で避難した	8	2	1	2		13
	歩いて水の中を浸かりながら避難した	2		8	2	1	13
	歩いて避難・水には浸からずすんだ	3	1				4
	避難途中でボートやヘリなどによって救助					1	1
	その他	2			1		3
	合計	15	3	9	5	2	34
中ノ島	車で避難した	14	3	4	2		23
	歩いて水の中を浸かりながら避難した			2		1	3
	歩いて避難・水には浸からずすんだ	1					1
	避難途中でボートやヘリなどによって救助			1		2	3
	その他			1			1
	合計	15	3	8	2	3	31

発災時期によっては、このような状況に遭遇した人々の中に、寒冷ストレスを受ける人も多く出ると考えられる。廣井ら<sup>5)</sup>も、濡れた衣類の替えがなく困ったという被災者の証言や、かなり高い水位の中で避難した人が多かったという調査結果から、寒い時期であれば生命に関わる問題になりかねないと指摘している。事実、水害被災者の体験談等に、水に濡れることや、気候条件との関係から、寒さに関する証言を見ることができ<sup>7) 8)</sup>。また、木村らによる調査<sup>9)</sup>では発災後に寒さに悩まされ、結果的に健康面に大きな影響を与えたと考えられる事例が報告されている。

2-2. 寒冷環境による人体への影響

前述したように、寒冷環境による寒冷ストレスとその人体への影響については、産業労働分野や医療分野、スポーツ科学分野、人間環境工学分野等で研究がおこなわれている。

寒冷環境に対する人体の体温調節反応と負担は図-1のように整理される。寒冷に対する人体の体温調節反応は、行動性体温調節反応と自律性体温調節反応に分けられる。前者は足踏みや厚着をする等の行動を通じた調節を示し、後者はふるえ等によって熱低下の防止に有効であるが、生理的・身体的負担をも引き起こし、それが身体・精神活動の障害となる場合があるとされる<sup>10)</sup>。



【図-1】寒冷ストレスに対する体温調節反応と生理的・心理的負担 (参考文献10より部分引用)

体温は、手指等の末梢部位や皮膚温度と、身体中枢部の深部体温の2つに大きく分けられる。皮膚温の低下は日常的に感じる機会も多い。皮膚温度と手指・腕の動作および主観的感覚との関係を表-2に示す。一方、深部体温は皮膚温度のように変動せず、平常環境であれば約37℃付近で一定である。しかし、逆に数℃の変動で身体に大きな影響を及ぼすこととなり、深部体温が35℃以下となった病態を低体温症と呼ぶ<sup>11)</sup>。低体温による主な生理学的変化を表-3に示す。

末梢部位の冷却による身体への影響のうち、指の巧緻動作や手足の粗大操作の制限は、避難活動等への悪影響が懸念される。深部温度の低下に至る場合には、身体運動機能とともに意識活動への影響が表れる。軽度の低体温で認知作業への悪影響が示唆されており、体温低下が35℃以下に進行した場合、認知能力・思考力や身体作業能力・運動機能が減弱しはじめ、寒冷ストレスから逃れるためには他人の介護が必要とされる<sup>10)</sup>。こうした特徴も、災害時の活動における危険性の増大につながる事が考えられる。

【表-2】皮膚温の手指・腕の動作および主観的感覚 (参考文献10より作成)

指・皮膚温度	動作・主観的感覚への影響
約30~31℃	指の巧緻動作に影響があらわれる
約20℃	手の粗大動作や筋力への影響があらわれる 不快な冷たさ
約15℃	極度の冷たさ
約10℃	痛み
約6℃	感覚麻痺、巧緻動作不可
0℃	凍傷発生

【表-3】体温低下による主な生理学的変化 (参考文献12より部分引用<sup>1)</sup>)

低体温の程度	深部体温 (°C)	生理学的変化
軽度低体温	36	基礎代謝率増加
	35	ふるえによる熱産生増大
	34	健忘
	33	運動失調出現
中等度低体温	32	混迷、酸素摂取量25%低下
	31	ふるえによる熱産生消失
	30	心房細動・その他不整脈出現、ふるえから筋硬直へ移行
	29	意識水準さらに低下、脈拍数・呼吸数低下、瞳孔散大
高度低体温	28	心室細動発生の危険性あり、酸素摂取量50%低下
	26	反射・痛覚消失
	25	脳血流1/3に減少、心拍出量45%低下
	26	角膜反射消失
超低体温	22	心室細動発生の危険性最大、最大酸素摂取量75%減少
	20	脳波フラット

2-3. 寒冷指標

人間の温熱感覚の評価のためにさまざまな指標が開発・研究されてきた。その多くは、人間にとっての中立域を探るものであるが、寒さや暑さに対する人間の耐性域を示すことができる指標も提唱され、実生活で活用されているものもある。

寒冷に関する指標のひとつに Wind Chill Temperature (WCT) がある。これは風速の影響を加味した気温の冷たさを、静穏状態(風速4.2km/h)の気温であらわしたものである<sup>2)</sup>。元は極地における活動に際して凍傷や低体温症を予防する目的で作成されたものであるが、アメリカおよびカナダで気象情報のひとつとして用いられてきた。2001年から、風速の影響を評価し直した修正版が採用されている<sup>13)</sup>。算出式は次のとおりである。

$$WCT = 13.12 + 0.6215 \times Ta - 11.37 \times V^{0.16} + 0.3965 \times Ta \times V^{0.16} \dots (1)$$

WCTは、太陽による熱の影響を考慮していない。また、3mph (約1.34m/s)での歩行状態における等価気温である<sup>2)</sup>。

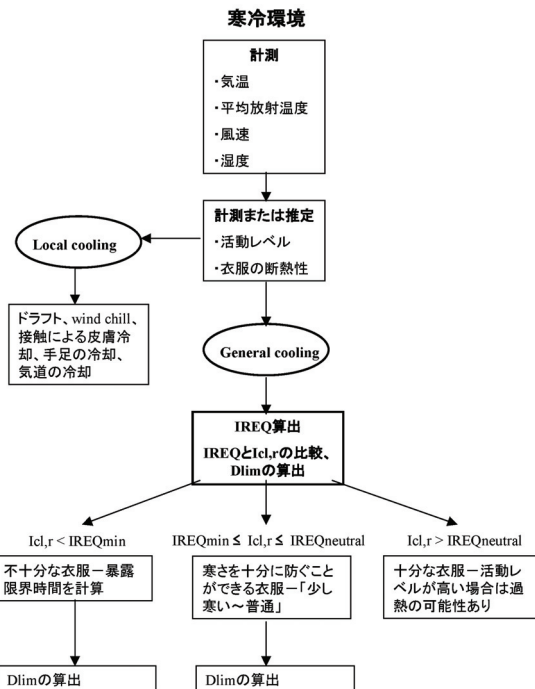
ここで、  
 WCT : [°C]  
 Ta : 気温 [°C]  
 V : 地上高10mにおける風速 [km/h]

図-2 は、気温と風速の組み合わせによる WCT の表である。それぞれの状況において何分で凍傷になる危険性があるかが示されている。

T air	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
V <sub>rel</sub>	5	4	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36	-41	-47	-53
	10	3	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57
	15	2	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60
	20	1	-5	-12	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-56	-62
	25	1	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-44	-51	-57	-64
	30	0	-6	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65
	35	0	-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66
	40	-1	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68
	45	-1	-8	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69
	50	-1	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-70
	55	-2	-8	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70
	60	-2	-9	-16	-23	-30	-36	-43	-50	-57	-64	-71
	65	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72
	70	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72
	75	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73
	80	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74

【図-2】 WCT チャート (気温は°C、風速は km/h 表示、参考文献 14 より引用)

また、寒冷環境の諸条件と人体の熱収支に基づく指標として、ISO 11079 (2007) で定められている IREQ (required clothing insulation) および DLE (duration limited exposure) が挙げられる。ISO 11079 (2007) で提示されている、IREQ および DLE による寒冷環境の評価フローを図-3 に示す。



【図-3】 IREQ・DLE による評価フロー (文献 2 より作成)

IREQ は、寒冷環境での活動において、体温や皮膚温をある許容可能な水準に保つために必要な衣服の保温力と定義され、身体

ランスによって算出される。IREQ の基本定義式は次のとおりである<sup>2)</sup>。

$$IREQ = (T_{sk} - T_{cl}) / R + C \quad \dots\dots (2)$$

ただし、環境条件として次の範囲が推奨されている。

- $T_a \leq 10^\circ\text{C}$
- $0.4\text{m/s} \leq V_a \leq 18\text{m/s}$
- $I_{cl} > 0.078\text{m}^2\text{K/W}$  (0.5clo)

ここで、

$$IREQ : [\text{m}^2\text{K/W}]$$

Tsk : 平均皮膚温度[°C]

Tcl : 衣服表面温度[°C]

R : 放射熱交換量[W/m<sup>2</sup>]

C : 対流熱伝達量[W/m<sup>2</sup>]

Va : 相対風速[m/s]

Icl : 衣服の熱抵抗[m<sup>2</sup>K/W]

また、IREQ を clo 値で示す場合は次式にて換算される。

$$I_{clo} = 0.155 \text{ m}^2\text{K/W}$$

IREQ には、IREQneutral と IREQmin の 2 つのレベルが設定されている。IREQneutral は、平均体温が通常レベルに保たれる熱的中立状態を維持するのに必要な衣服保温力と定義される。IREQmin は、平均体温が通常よりも少し低い状態を維持するのに必要な最小の衣服保温力と定義される<sup>2)</sup>。なお、算出された IREQ 値に対する具体的な衣服の組み合わせについては、基本的なものが文献に示されている<sup>15)</sup>。

衣服の保温力が算出された IREQ よりも小さい場合、進行性の身体冷却のリスクが発生する状態にあるとみなされ、冷却の進行を防ぐために寒冷環境での滞在 (暴露) 時間を制限する必要がある。Dlim (Dlim) は、推奨される滞在最大時間として定義される。Dlim の基本定義式は次のとおりである<sup>2)</sup>。

$$Dlim = Qlim / S \quad \dots\dots (3)$$

ここで、

Dlim : [h]

Qlim : 熱損失の限界値[kJ/m<sup>2</sup>]

S : 貯熱量[W/m<sup>2</sup>]

### 3. 寒冷指標の防災への適用の可能性

対象者の着用している衣服の保温力が IREQmin を下回った、あるいは寒冷環境への時間が算出された DLE を超えれば、必ずしもただちに対象者が活動制限等の危険な状態に陥るというわけではない。ただし、衣服の保温力が IREQ を下回り、時間が DLE を超えた場合、対象者は身体の適正な熱バランスを保つことができず、低体温症につながる進行性の身体冷却リスクが発生する<sup>2)</sup>。つまり、IREQ や DLE は、対象者が置かれた、あるいは置かれる

と想定される環境条件や状況から、生理学的に危険なゾーンに入るか否かという判断を下すことができる一つの手法であり、これらの防災への活用は有益であると考えられる。

IREQ、DLE や WCT は、元来、日本での自然災害等への対応活動等を想定して作成されたものではない。しかし、いずれも生理学的な見地を含めて作成された指標であることから、その評価の内容や特徴を、防災に活用することは可能であろう。表4に、IREQ、DLE および WCT が行う評価の内容と、防災への活用が可能と考えられる特徴、想定される災害対応活動への活用例を示す。

【表-4】各寒冷指標の特徴と想定される災害対応への活用例

指標	評価内容	防災への活用が可能と考えられる特徴	活用例
IREQ	<ul style="list-style-type: none"> <li>外部環境等を考慮した推奨衣服断熱性能の算出</li> <li>着用衣服断熱性能の過不足評価</li> <li>温熱状態を2つのレベルによって評価</li> </ul>	現着用衣服の過不足の提示、環境条件に対応した必要衣服量を具体的な数値で提示	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱生理学的に危険な災害対応活動（避難活動等）の回避</li> <li>寒冷環境での活動に必要な衣服の準備・着用指示・情報提供等</li> <li>要援護者および支援者に対する注意喚起・情報提供</li> </ul>
DLE	<ul style="list-style-type: none"> <li>設定された衣服量および環境における、推奨滞在可能時間</li> <li>IREQ に対応した2つのレベルによる評価</li> </ul>	状況による滞在可能時間の具体的な算出	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱生理学的に危険な避難活動や災害対応活動等の回避、あるいは優先対応の決定支援</li> <li>寒冷環境における推奨活動時間や、交代要員等の必要人数算出、人的ローテーション構築</li> <li>避難勧告等発令時期の決定支援</li> <li>要援護者および支援者に対する注意喚起・情報提供</li> <li>一時避難所等の避難施設の新設や最適配置、既存避難施設等の再評価や整備</li> </ul>
WCT	風速を考慮した等価気温	等価気温による直観的な状況の認識	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難活動、孤立、空調設備損傷等の状態でされる（可能性のある）気温の算出</li> <li>対処、優先対応決定支援</li> <li>一時避難所等の避難施設の新設や最適配置、既存避難施設等の再評価や整備</li> </ul>

一般的には、被災者、防災関係者問わず、寒冷ストレスによる危険な状態を避けるために活用することが可能と考えられる。IREQ、DLE、WCT ともに、衣服量（組み合わせ）や時間、（等価）気温という比較的把握しやすい形で数値として認識できることは、事前対策時だけでなく災害時でも、防災の専門家・非専門家

問わず活用しやすいものである。

IREQ や WCT には、気温や風速の面で適用推奨範囲が示されている<sup>12)</sup>。これらの指標を我が国の防災に活用する際には、この推奨範囲が適用地域や時期を限定するものとなる。冬期に日常的に氷点下にまで気温が低下するような地域、たとえば北海道や北陸においては、比較的広い範囲・時期で適用が可能と予想される。その他の地域についてはより限定されるものの、たとえば IREQ の適用推奨気温の上限が 10℃であることから、十分に活用可能性はあるものと考えられる。また、近年、局地豪雨や急速に発達する低気圧による災害が発生していることから、見方によっては、一般的に寒冷地・寒冷期と認識されている地域・時期、つまり人々が寒冷環境に対応する準備を日常的に行っている地域・時期以外における活用が、より重要である可能性もある。

IREQ、DLE、WCT の3つの寒冷指標を防災に活用する一つの方策として、衣服量や滞在可能時間を具体的に算出する IREQ・DLE を中心とし、これらがカバーできない範囲で WCT を算出して被災者等が置かれる気象的・生理学的状況の把握に援用する、という相互補完的な活用が考えられる。

寒冷ストレスに対する許容度が低い可能性のある災害時要援護者に対しては、支援者に対する情報提供等も含め、有効な活用ができると考えられる。ISO では、ISO で定められている各種の温熱環境評価を、高齢者や身体障がい者等の特別な配慮を必要とする人々へ適用する際に考慮すべき指針が示されている<sup>16)</sup>。IREQ については、このような人々へ適用するにあたり、身体がより厳しい状況におかれる IREQmin ではなく、IREQneutral を用いるべきとされている。この場合、DLE も IREQneutral に対応した数値 (Dlim-neutral) を用いることとなる。いずれにせよ、寒冷指標の防災への活用にあたっては、より安全側の判断を下す運用方針を取ることが重要である。具体的には、IREQ・DLE に設定されている2つのレベルの選択だけでなく、風速や気温、活動量の入力値を人々の安全率を高める方向で採用すること、各指標の適用推奨範囲を柔軟にとらえ、参考値という形でも活動安全性の判断等に活用することなどが考えられる。

また、水害等で雨水や氾濫水に濡れながら避難活動等を行わざるを得ない状況は、これまでの災害事例でも多くみられる。水の熱伝導率は空気の約25倍であり、水に濡れた状態ではかなりの寒冷ストレスを受けることとなる。近年増加している都市型水害では、高度に複雑化した地下空間における被災が問題視されており<sup>17)</sup>、状況によっては身体の大部分を水中に浸したまま長時間救助を待つことも考えられる。しかしながら、本稿で取り上げた3つの寒冷指標は水に濡れた状態における評価を対象としたものではない。活用にあたり、この点は注意を要する。

#### 4. まとめ

災害に関する活動のうち、もっとも重要なことは人的被害の軽減である。人的被害を減らすためには、現在統計的に表れやすい死者・負傷者数のみならず、その背後にある「人的被害に結びつく可能性を生み出す状況」についても注目する必要がある。本稿では、この点について寒冷環境と人体の関係に着目し、寒冷指標

を援用することで、人的被害の軽減に資する対策の可能性について論じた。

今後の課題として、わが国における指標の適用可能地域・時期の詳細な検討や、指標を活用した具体的な災害対策・対応行動の効果の検討等が考えられる。また、本稿で取り上げた寒冷指標は、たとえば降雨や氾濫水等によって水に濡れた状態の評価を行えない。水に濡れた状態で活動せざるを得ない状況は実災害で発生していることであり、なおかつ寒冷ストレス上非常に危険な状態になり得ることから、何らかの評価手法が必要であることも挙げておく必要がある。

#### 補注

(1) 低体温(症)の程度とその温度範囲については、文献により多少の差異がある。本稿で引用した表はそのうちの一例である。ただし、本稿では低体温症の程度の名称が問題ではなく、寒冷環境によって身体・精神活動機能が減弱してしまうことが重要である。文献10)では、深部体温33°C以下は重い低体温で極めて危険な状態、とされている。

(2) WCTの適用推奨範囲については、文献により差異がある。文献18)には「(WCTの算出式は)風速3mph(約4.8km/h)以下、気温-50°C以下あるいは5°C以上で適用できない」とある。ここでの風速の下限値は、WCTが3pmhの歩行時における等価気温を想定していることによる。文献19)には「WCTは-50~10°C、10km/h~80km/hで算出された」とあり、気温上限10°CからのWCTチャートが掲載されている。また、NWSがウェブサイトで提供しているWCT算出プログラムでは、入力値によっては「風速3mph(4.8km/h)~110mph(177km/h)、気温-50°C~1°Cの範囲で入力」とアラートが表示されるが、The Meteorological Service of Canadaのウェブサイトで公開されているプログラムでは「最低風速5km/h、気温-50°C~5°C」との注意書きがある。文献2)で提供されているプログラムでは特に入力範囲の指定はなされていない。(いずれも2008.2時点)

#### 参考文献

- 1) 内閣府編(2007),「防災白書平成19年版」, p17
- 2) International Organization for Standardization (2007),「ISO 11079 Ergonomics of the thermal environment - Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects」
- 3) FISA ( Fédération Internationale des Sociétés d' Aviron) (2005),「FISA Minimum Guidelines for the Safe Practice of Rowing」
- 4) 塚越勝宏・西宮仁史(2006),「水没バスに見る災害時のとるべき行動~37人救った知恵~」, 自然災害科学 Vol.26 No.4, pp477-485
- 5) 廣井脩・市澤成介・村中明・桜井美菜子・松尾一郎・柏木才介・花原英徳・中森広道・中村功・関谷直也・宇田川真之・田中淳・辻本篤・鄭秀娟(2003),「2000年東海豪雨災害における災害情報の伝達と住民の対応」, 東京大学社会情報研究所調査研究紀要, Vol.19, pp1-229

- 6) 廣井脩・中村功・田中淳・福田充・中森広道・関谷直也・黒澤千穂(2005),「2004年7月新潟・福島豪雨水害における住民行動と災害情報の伝達」, 東京大学社会情報学環情報学研究調査報告編, 23号, pp163-285
- 7) 廣井脩・中村功・福田充・中森広道・関谷直也・三上俊治・松尾一郎・宇田川真之(2005),「2003年十勝沖地震における津波避難行動一住民聞き取り調査を中心に」, 東京大学社会情報学環情報学研究 調査報告編, 23号, pp1-161
- 8) 国土交通省天竜川上流河川事務所,(2000),「天竜川ゆめ会議第2回会議資料」
- 9) 木村智博・三橋博巳・川原潮子・猪爪高見・青山清道・福田誠・坂井優美・酒井由美(2006),「アンケート調査による2004新潟県中越地震後の寒冷下での健康問題」, 日本建築学会技術報告集 第24号, pp451-456
- 10) 澤田晋一(2007),「寒冷作業環境における健康問題とその予防対策の進め方」, 産業保健 21 第47号, pp22-25
- 11) 山蔭道明監修(2005),「体温のバイオロジー:体温はなぜ37°Cなのか」, p103, メディカル・サイエンス・インターナショナル
- 12) 山崎昌廣・坂本和義・関邦博(2005),「人間の許容限界事典」, 朝倉書店
- 13) NOAA's National Weather Service, NWS WINDCHILL CHART, English, <http://www.weather.gov/os/windchill/index.shtml>, 2008.2
- 14) The Meteorological Service of Canada, Wind Chill Chart and Tables, English, [http://www.msc.ec.gc.ca/education/windchill/charts\\_tables\\_e.cfm](http://www.msc.ec.gc.ca/education/windchill/charts_tables_e.cfm), 2008.2
- 15) International Organization for Standardization (2007),「ISO 9920 Ergonomics of the thermal environment - Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble」
- 16) International Organization for Standardization (2005),「ISO/TS 14415 Ergonomics of the thermal environment - Application of International Standards to people with special requirements」
- 17) 土木学会地下空間研究委員会防災小委員会(2006),「地下空間浸水時の避難・救助システムに関する研究 重点研究課題報告書」
- 18) Wikipedia, Windchill, English, [http://en.wikipedia.org/wiki/Wind\\_chill](http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_chill), 2008.2
- 19) Randall Osczevski・Maurice Bluestein(2005),「The New Wind Chill Equivalent Temperature Chart」, Bulletin of the American Meteorological Society, October, pp453-458, American Meteorological Society