

低温による国内死者数と冬季気温の長期変動

藤部 文昭*

要旨

1909～2014年の人口動態統計資料を使い、低温による国内の死者数の長期変動、およびそれと冬季気温との関係を調べた。低温による死者数は1990年代から増え、2010年以降は年間1000人を超えている。この増加は高齢者の死者数が増えたためであり、それには高齢者の人口増加と死亡率の上昇が関わっている。これに対して若～中年者の死者数・死亡率は減少傾向にある。一方、年ごとの変動に関しては若～中年者と高齢者の死亡率がほぼ同期して増減し、近年は冬季気温（1, 2月平均値）1℃当たり-10%程度変化する。この値は暑熱（熱中症）による死亡率の夏季気温に対する変化率（40～60%/℃）に比べて小さく、低温死亡率に対する気象条件の寄与は暑熱死亡率の場合ほど大きくないことが示唆される。

1. はじめに

暑熱による健康被害（熱中症）に比べ、低温による被害への社会の関心は低い。しかし厚生労働省の人口動態統計によれば、「自然の過度の低温への曝露」（詳しくは第2節参照）による国内の死者数は2010年から2014年まで毎年1000人を超え、2010年を除いて暑熱の死者数を上回る。2001～2014年を合計すると、低温による死者数は13204人になり、暑熱の8789人を大きく超える。

低温による健康被害の統計的研究としては、1980年前後の東京都の凍死症例を調べた田中ほか（1988）のものがある。それによると、凍死は40, 50歳代の男性に多く、酩酊し路上で死亡するケースが目立つが、高齢者が自宅で亡くなる例もあり、季節的には1, 2, 12月の3ヶ月で年間の80%近くを占める。また、日本救急医学会熱中症に関する委員会（2013）は低体温症による救急搬送例を調べ、低体温症は高齢者の屋内発

症が多く、原疾患の悪化、低栄養状態、寒冷環境などの結果として生ずることを指摘した。しかし、低温による健康被害についての情報は暑熱・熱中症に比べて乏しく、その実態や気象条件との関係については不明な点が多い。

藤部（2013）は、1909年以降の死因統計や人口動態統計の資料を使って、暑熱による国内死者数の長期変動と夏季気温の関係を調べ、近年の死者数増加の要因について、高齢者人口の増加、気温変動、診断運用の変化などの影響を分析した。本研究では同様の方法を使って、低温による死者数・死亡率の実態と冬季気温との関連を調べた。

2. 資料

日本では1909年以降、国際疾病分類（International Classification of Diseases, ICD）に準拠した分類項目により、低温による死者数の統計が行われてきた。そのデータは、「日本帝国死因統計」（～1931）、「死因統計」（1932～1938）、「人口動態統計」（1939～1943, 1947～）に性別、かつ年齢階級別に掲載されている（1944～1946年は統計がない）。年齢階級は、1935年までは満0歳, 1～14歳, 15～59歳, および60歳以上の4つだったが、その後区分が増え、1940年以降は90歳

* 首都大学東京 都市環境学部。
ffujibe.bs@gmail.com

—2015年12月8日受領—

—2016年2月22日受理—

まで、1947年以後は100歳まで5歳階級ごとの資料が得られる（詳細は藤部（2013）参照）。また、1909～1942年、1947～1949年と1999年以降は都道府県別の死者数データが得られる。このほか、1999年以降は死亡場所を10種類に分けた年齢階級別・男女別の資料が公開されている。

第1表はICDにおける低温死亡についての分類項目の変遷を示す。1995年から適用されている第10回ICD（ICD-10）では、低温の項目が「自然の過度の低温への曝露（X31）」（英語表記=Exposure to excessive natural cold）と「人工の過度の低温への曝露（W93）」（Exposure to excessive cold of man-made origin）とに分かれたが、W93の件数はごく少ない。また、ICD-6以降は外因のほかに傷害の性質としての死因分類も行われている。ICD-10の場合、傷害の性質の中で低温に関連する項目としては「多部位の凍傷及び詳細不明の凍傷（T35）」（Frostbite involving multiple body regions and unspecified frostbite）と「低体温（症）（T68）」（Hypothermia）があり、これらを合わせた件数はX31よりやや多い。最近の例を示すと下記のようなになる。

	2011年	2012年	2013年	2014年
X31	1214	1294	1082	1216
W93	0	0	0	1
T35	553	530	426	418
T68	758	793	683	826

これらの項目のうち、菊地（2008）はX31の件数を「低体温症死者」として掲げた。また、X31と対になっている「自然の過度の高温への曝露（X30）」は、厚生労働省などの資料で熱中症死者数の尺度として使

われている。国外のいくつかの研究でもX31の値が低温死者数の尺度とされている（Thacker *et al.* 2008；Goklany 2009）。よって本研究では、X31およびこれに対応するICD-9以前の各項目（第1表）の件数を低温による死者数として使った。これらは低温を直接の原因とする死亡数であり、病気の発症や悪化など低温が間接的に影響したものは含まれないことに注意してほしい。

なお、人口動態統計のデータは年で区切られているため、2つの冬季にまたがった値になる。このことは1冬季ごとの変動を見る上で好ましくないが、止むを得ないことであり、結果の解釈に当たって注意する必要がある。

人口データは、藤部（2013）と同様、総務省統計局による「年齢各歳、男女別人口（明治17年～平成17年）」と「都道府県、男女別人口（明治17年～平成21年）」を組み合わせて補間し、年ごと・年齢階級ごとに構成したものを使った。

気温については、気象庁の気候監視に使われている国内15地点のうち、南西諸島を除く13地点の月平均値を使った。具体的には、網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、飯田、銚子、境、浜田、彦根、宮崎、多度津である。凍死事例が1、2、12月に多いという田中ほか（1988）の結果を参考にして、1月と2月の平均値を冬季気温の尺度とし、1981～2010年の平均値からの偏差で表示した。

3. 近年の低温死亡の概要

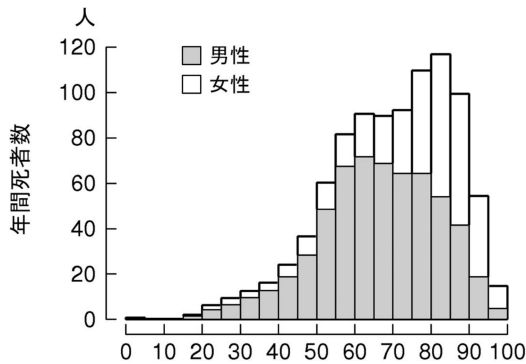
まず死亡場所の年齢・男女別資料が得られる1999～2014年を対象にして、近年の低温死亡の特徴を概観する。

第1図は5歳階級ごと・男女別の低温死者数を示す。死者数のピークは80代前半にあるが、男性に限れば60代前半が最大である。60代までは男性が女性の数倍多く、80代以上は女性のほうが多い。なお図は省略するが、1980年前後は40代後半の死者が最も多く、その9割は男性であり、凍死が40、50歳代の男性に多いという田中ほか（1988）の所見と一致する。言い換え

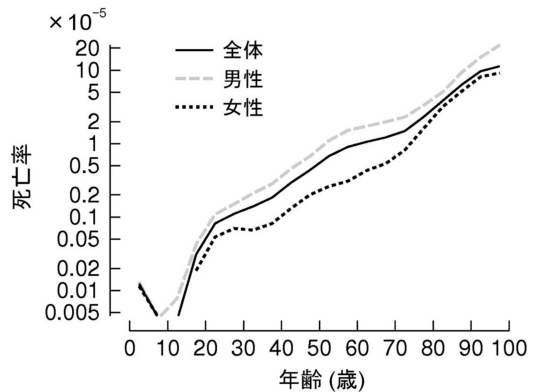
第1表 ICDにおける低温に関連する項目の変遷。

ICD	日本の適用期間	外因（コード）
2	1909～1922	互寒（194）
3	1923～1932	凍死（193）
4	1933～1943	凍死（190）
5	1947～1949	凍死（190）
6	1950～1957	過度の低温（E932）
7	1958～1967	過度の低温（E932）
8	1968～1978	過度の低温（E901）
9	1979～1994	過度の低温（E901）
10 ¹⁾	1995～	自然の過度の低温への曝露（X31） 人工の過度の低温への曝露（W93）

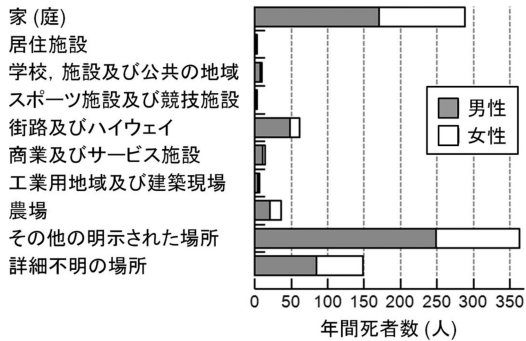
1) 2003年に一部改訂されたが、X31やW93の変更はない。



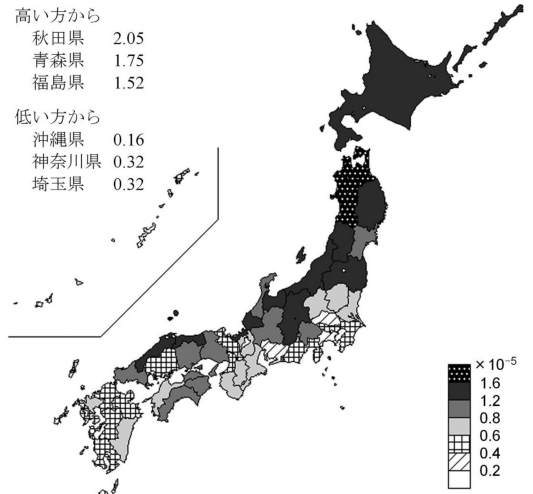
第1図 低温による5歳階級ごとの年間死者数(1999~2014年の平均)。95~99歳の項目には100歳以上を含む。



第2図 低温による5歳階級ごとの死亡率(1999~2014年の平均)。95~99歳の項目には100歳以上を含む。



第3図 低温による場所別の年間死者数(1999~2014年の平均)。



第4図 低温による県別死亡率(1999~2014年、非調整値)。

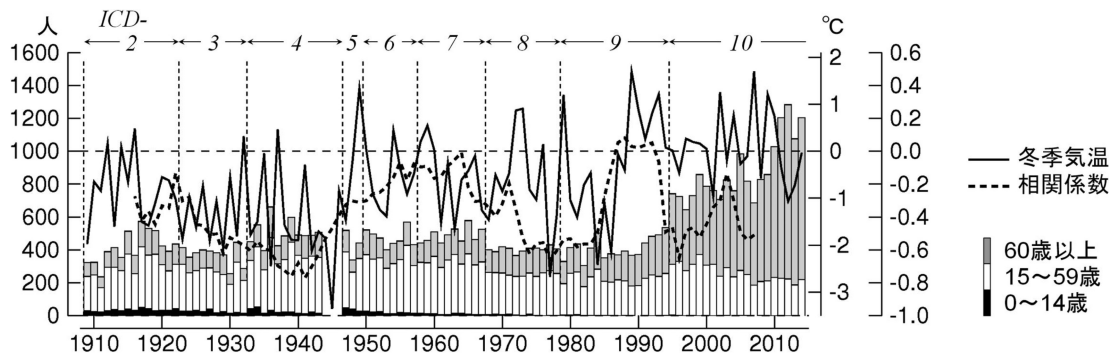
ると、近年は1980年前後に比べて死者の年齢構成が高年齢側へ移っている。

第2図は、低温による死亡率を示す。死亡率は、5歳階級 k の年間死者数を d_k 、人口を p_k とし、 $m_k = d_k/p_k$ で定義される。第2図はこれを対数で表示している。グラフは20代から90代までほぼ直線的に上昇していて、低温死亡率が年齢とともに指数関数的に高まることがうかがえる。20歳以上の部分に最小2乗法で直線を当てはめると、1歳当たりの増加率(男女計)は6.6%である。また、すべての年代で男性の死亡率が女性よりも高く、第1図で80歳以上の女性の死者数が男性より多いのは、この年代の人口そのものの男女差によることが分かる。

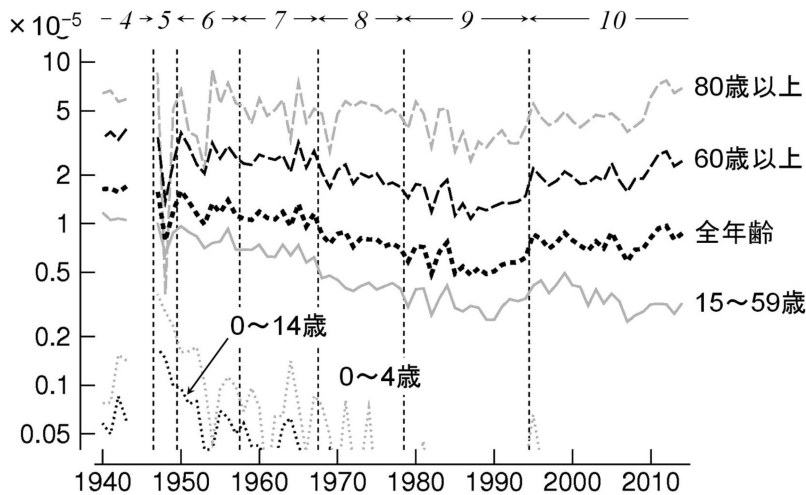
第3図は死亡場所の統計結果である。「家(庭)」(Home) が約3割を占める。図は省略するが、「家(庭)」の比率は女性が男性よりも、また高齢者のほう

が若年者よりも高めであり、15~59歳の男性は26%であるのに対して60歳以上の女性は35%である。一方、最も数が多い「その他の明示された場所」(Other specified places) は、多くは屋外であろうと考えられる。例えば2014年9月の御嶽山の噴火災害などアウトドア活動の際の死亡は、ここに分類されている。

第4図は、1999~2014年の都道府県別の低温死亡率を示す(都道府県ごとの年齢別データがないため非調整値; 第4節参照)。死亡率は北へ行くほど高い傾向がある。ただし、戦前に比べると近年は北海道の死亡率低下と鹿児島・沖縄県の上昇が目立ち、北高南低傾



第5図 低温による年間死者数(棒グラフ, 目盛りは左側), 冬季気温(実線, 目盛りは右の内側), および各年の前後計15年間の両者の相関係数(点線, 目盛りは右の外側). 対象期間は1909~2014年. 縦の細点線はICDの更新時.



第6図 低温による年齢調整死亡率の経年変化(1940~2014年). 縦の細点線はICDの更新時.

死者数は年々の変動が小さい。また、1968年と1995年のICD更新時には、それぞれ不連続的な減少・増加が見取れる。

第5図には、冬季気温、および各年の前後15年間(7年前~7年後)を対象にした低温死者数と冬季気温の相関係数を併せて示す。多くの期間に低温死者数と冬季気温の間に負の相関があるが、相関の小さい時期も見られる。

第6図は5歳階級の死者数データが得られる1940年以降について、各年齢層の

向は戦前ほど顕著ではない。

4. 低温死者数・死亡率の長期変動

第5図は低温による死者数の経年変化を示す。年齢区分は1935年以前の資料に合わせて14歳以下、15~59歳および60歳以上とした。死者数は戦前から1980年代までは年間400人前後で推移したが、1990年代から増加した。この増加は60歳以上の死者が増えたためである。戦前~終戦直後は14歳以下の死者が年間十数人、多い年は30人以上あったが、近年は年間1人程度である。

高齢者の死者数の急激な増加は、暑熱の場合(藤部2013)と共通する。しかし、暑熱死者数に比べ、低温

死亡率の変動を示す。死亡率の定義は第3節に記した通りであるが、複数の年齢階級にまたがる年齢層の死亡率 M を求める際、単純に死者数÷人口すなわち

$$M = \frac{\sum_k d_k}{\sum_k b_k} \tag{1}$$

とすると(∑は年齢階級についての和)、各年齢階級の死亡率 m_k が変わらなくても、人口の年齢構成が変われば M の値が変化してしまう。これを避けるため、 d_k を基準年の人口構成に補正した年齢調整死亡率 M^* が使われる。その定義は

$$M^* = \frac{\sum_k d_k (P_k / p_k)}{\sum_k P_k} = \frac{\sum_k m_k P_k}{\sum_k P_k} \quad (2)$$

であり、 P_k は基準年の年齢階級 k の人口である。基準年としては、公式統計では1985年が使われるが、当時は高齢者人口が少なかったため、1985年の人口で調整を行うと近年の高齢者の死亡率上昇が十分反映されない。そこで、本研究では2010年を基準年とした。

第6図を見ると、死亡率は戦後一貫して高齢者が高かったこと、1990年ごろまでは各年代とも低下する傾向にあったことが分かる。1995年以降も15～59歳の死亡率は低下しているが、60歳以上と80歳以上の死亡率は上昇している（具体的な数値は後出の第2表参照）。その一方、年ごとの変動に関しては15～59歳も60歳以上・80歳以上もほぼ同期して増減している。年々の変動には各年齢層に共通する要因が働いていることが示唆される。

低温による死亡率の年々変動について、気温への依存性と経年変化率を量的に評価するため、次の最小2乗法を使った。

$$\sum_n [\ln M^* - \{A + BT + C(n - n_0)\}]^2 \rightarrow \text{最小} \quad (3)$$

ここで M^* は調整死亡率、 T は冬季気温（平年値からの偏差）、 n は年、 n_0 は期間の中央年であり、 A 、 B 、 C が最小2乗係数である。 A は気温が平年値であるときの死亡率を与え、 B は気温変動への依存性、 C は経年変化率を表す。解析は藤部（2013）と同様、対象期間を4つに分けて式(3)を適用した。ただし、ICDの変更による不連続の存在を考え、藤部（2013）とは少し変えて期間1を1909～1943年（ICD-2～4）、期間2を1947～1967年（ICD-5～7）、期間3を1968～1994年（ICD-8～9）、期間4を1995～2014年（ICD-10）とした。なお期間1は5歳階級の資料がないため、死亡率として非調整値を使った。

第2表は B と C の値を掲げたものである。ただし80歳以上の期間1のデータはない。また、80歳以上の期間2と14歳以下については、死者数が少なく結果の信頼性が低いため表示しない。第2表によると、 B は期間1と期間4には $-10\%/^{\circ}\text{C}$ 程度の負の値を持つ（期間2、3は値が小さく有意でない）。 C は、15～59歳については期間2以降一貫して $-2\%/年$ 程度の負値（低下傾向）であるのに対し、60歳以上や80歳以上については期間3の負値の後に期間4には1

第2表 式(3)の回帰による B 、 C 項の値（期間別・年齢層別）。

	期間	15～59歳	60歳以上	80歳以上
B (%/°C)	1909～1943	-8.5	-11.1	
	1947～1967	-2.1	-2.2	
	1968～1994	-3.6	-2.1	-4.1
	1995～2014	-9.2	-9.7	-10.3
C (%/年)	1909～1943	-0.2	0.0	
	1947～1967	-1.8	0.0	3.0
	1968～1994	-1.6	-2.0	-1.7
	1995～2014	-2.4	1.3	2.2

—— 1%有意, — 5%有意, 10%有意.

～2%/年の正値となっていて、高齢者の死亡率の上昇傾向が裏づけられる。

なお、本研究の年齢調整死亡率は5歳階級ごとの死者数と人口から計算した値であるため、各5歳階級内の人口構成変化の影響は調整されずに残っている。しかし、死亡率の年齢依存性（6.6%/歳；第2図）と年齢別人口に基づき、期間4における各5歳階級内の人口構成の変化による死亡率の見かけの変化を見積もると、すべての階級で0.04%/年以下となり、無視できる大きさであることが分かる。

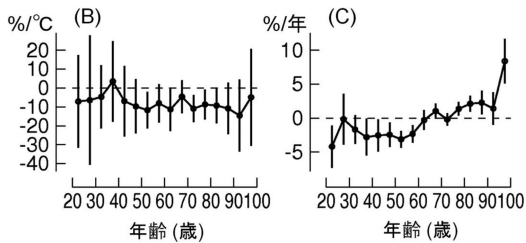
以下、補足的な解析結果を示す。

①高齢者の死者数増加に対する人口増加と死亡率上昇の寄与

式(3)と同じ方法で期間4の死者数の経年変化率を求めると、60歳以上については5.0%/年、80歳以上は7.6%/年の増加になる。これには高齢者の人口自体の増加と低温死亡率の上昇が関わっている。上記期間の各年齢層の人口増加率はそれぞれ2.8%/年、5.1%/年である。死者数の増加に対する人口増加と死亡率上昇の寄与は線形（単純な和）ではないが、上記の人口増加率と第2表の C 値（それぞれ1.3%/年、2.2%/年）を比べると、これらの年齢層の死者数増加に対する寄与は人口の増加が主、死亡率の上昇が従であると見なすことができる。

②5歳階級ごとに見た気温依存性と死亡率変化

第7図は期間4について、5歳階級ごとに B 、 C の値を求めた結果を示す。 B 値すなわち気温への依存性は、信頼区間の中心値に関しては年齢を問わずマイナスである（ただし、高齢になるほどやや負値が増す）。 C すなわち経年変化率は、50代まではマイナス、70代後半以降は有意にプラスである。このように、近年の死亡率の経年変化は60～70歳を境にして符



第7図 式(3)の回帰による5歳階級ごとのB, C項の値。期間は1995～2014年。縦棒は95%信頼区間。

号が反対になる。

③ ICD 更新時の不連続

第5図で見たように、1968年と1995年のICD更新時に死者数の不連続変化が認められる。この不連続の大きさを評価するため、式(3)に階段関数の項を加えて

$$\sum_n [\ln M^* - \{A + BT + C(n - n_0) + DS(n - n_1)\}]^2 \rightarrow \text{最小} \quad (4)$$

とした回帰分析を行った。ただし

$$S(x) = -0.5 \quad (x < 0)$$

$$S(x) = 0.5 \quad (x \geq 0)$$

であり、 n_1 はICDの変更年である。対象期間は n_1 の前後10年ずつ、すなわち $n_1=1968$ 年については1958～1977年、 $n_1=1995$ 年については1985～2004年とした。結果は第3表のようになり、それぞれ $D = \pm 0.3$ すなわち30%程度の不連続的な増減が認められる。

なお、第5図と第6図を見ると2009年と2010年の間にも不連続的な増加らしいものがある。試みに $n_1=2010$ 年として式(4)を1995～2014年に適用すると、60歳以上と80歳以上については有意な不連続が算定される(それぞれ $D=0.24$ と 0.48 ;ともに危険率1%で有意)。しかし、15～59歳については不連続は見出されない($D=0.13$;危険率10%でも非有意)。2009年

第3表 式(4)の回帰によるD項の値。

n_1	15～59歳	60歳以上	80歳以上
1968	-0.31	-0.26	-0.25
1995	0.25	0.31	0.22

==== 1%有意, ____ 5%有意, 10%有意。

と2010年の間に診断基準の変化はなかったはずであり、高齢者に限定された不連続の変化が存在すべき理由は見当たらないことから、2010年の不連続は高齢者の死亡率の長期的な上昇傾向に年々の変動が重なって生じた見かけのものであろうと考えられる。

5. まとめと補足

- ①低温による国内の死者数は1990年代から増加し、2010年以降は1000人を超えている。死者の大半は高齢者であり、5歳階級ごとに見ると80代前半が最多である。
- ②若～中年者の死者数・死亡率は戦後一貫して減少してきたのに対し、高齢者の死者数は1995年以降大幅に増加し、死亡率も上昇している。高齢者の死者数増加の要因は、人口増加が主、死亡率の上昇が従である。
- ③年々の変動においては、若～中年者と高齢者の死亡率が同期して増減する傾向がある。1995年以降、冬季気温の変動 1°C 当たり、死亡率は -10% 程度変動する。

上記のうち、近年の高齢者の死亡率上昇が真の変化かどうかについては議論の余地があろう。1995年のICD更新後も高齢者の死亡率は経年的に上昇していることから、死亡率の増加をICD更新だけで説明することはできない。しかし、何らかの診断運用上の要因が関わった可能性は否定できず、今後の検討が必要である。

一方、③は死亡率の年々変動に対して各年齢層に共通する因子があり、その1つとして冬季気温が関わっていることを示している。しかし、暑熱死亡率の夏季気温に対する依存性が 1°C 当たり40～60%であることに比べ、低温死亡率の気温依存性は小さく、有意な関係が認められない期間もある。これは、低温死亡に対する気象要因の寄与が、暑熱の場合よりも小さいことを示唆する(冬季気温の対象地点を北日本に限定する等、選び方を変えても結果はほとんど変わらない)。ただ、死者数の統計が年単位であり、2つの冬季にまたがっているため、気温との対応関係が過小評価された可能性もあろう。この疑問に答えるためには月・日ごとのデータを使った解析が必要である。

また、低温を原因とする死亡の中には、山岳遭難や劣悪な居住環境における孤独死など、いろいろなケースがある。低温被害の防止を図っていくためには、死亡要因に踏み込んだ分析が求められる。第2節で触れ

たように、人口動態統計には傷害の性質による死因分類として「多部位の凍傷及び詳細不明の凍傷 (T35)」と「低体温 (症) (T68)」の2項目がある。しかし、それぞれの具体的な状況は必ずしも明確ではない。例えば、T35は概念的には登山などアウトドア活動による遭難死の類が想定されるが、2014年のデータによるとT35による死者の37% (154人) は80歳以上であり、その中に占めるアウトドア遭難者の比率は低いはずである。より詳しい資料に基づく実証的な要因分析を通じ、低温による死亡と気象条件との関連をきめ細かく解明していくことが今後の課題であろう。

最後に国外の状況に触れておく。低温による死亡は、欧米でも気象要因による人的被害の中で少なからぬ比率を占める (Dixon *et al.* 2005; Thacker *et al.* 2008; Deschenes and Moretti 2009; Goklany 2009; Berko *et al.* 2014; Vardoulakis *et al.* 2014)。使われたデータや尺度はさまざまであり、統計結果は必ずしも整合しないが、多くの研究は低温死者数が暑熱の死者を上回ることを示している。また、これらの研究は低温による死亡を極端気象に伴う災害として扱っていることが注目される。低温の被害は、風水害に比べ個別的で目立ちにくいのが、これを気象災害という観点から捉え、対策を図っていくことが望まれよう。

謝 辞

研究費の一部として、日本学術振興会科研費基盤研究(S)「過去120年間におけるアジアモンスーン変動の解明」(研究代表者: 松本 淳) および首都大学東京新大都市リーディングプロジェクト基金「極端気象災害軽減にむけた都市気候学研究プロジェクト」(事業責任者: 松本 淳) の助成を受けた。

参 考 文 献

Berko, J., D. D. Ingram, S. Saha and J. D. Parker, 2014:

Deaths attributed to heat, cold, and other weather events in the United States, 2006–2010. *Natl. Health Stat. Rep.*, (76), 1–16.

Deschenes, O. and E. Moretti, 2009: Extreme weather events, mortality and migration. *Rev. Econ. Stat.*, 91, 659–681.

Dixon, P. G., D. M. Brommer, B. C. Hedquist, A. J. Kalkstein, G. B. Goodrich, J. C. Walter, C. C. Dickerson IV, S. J. Penny and R. S. Cerveny, 2005: Heat mortality versus cold mortality: A study of conflicting databases in the United States. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 86, 937–943.

藤部文昭, 2013: 暑熱 (熱中症) による国内死者数と夏季気温の長期変動. *天気*, 60, 371–381.

Goklany, I. M., 2009: Deaths and death rates from extreme weather events: 1900–2008. *J. Amer. Physicians Surg.*, 14, 102–109.

菊地洋介, 2008: 監察医から見た熱中症の実態. 第16回東京都監察医務院公開講座資料, <http://www.fukushiho-ken.metro.tokyo.jp/kansatsu/kouza.html> (2015.12.4 閲覧).

日本救急医学会熱中症に関する委員会, 2013: 本邦における低体温症の実態. *日本救急医学会雑誌*, 24, 377–389.

田中正敏, 徳留省悟, 大中忠勝, 藤井幸雄, 1988: 東京都における凍死症例の検討. *日本生気象学会雑誌*, 25, 119–127.

Thacker, M. T. F., R. Lee, R. I. Sabogal and A. Henderson, 2008: Overview of deaths associated with natural events, United States, 1979–2004. *Disasters*, 32, 303–315.

Vardoulakis, S., K. Dear, S. Hajat, C. Heaviside, B. Eggen and A. J. McMichael, 2014: Comparative assessment of the effects of climate change on heat- and cold-related mortality in the United Kingdom and Australia. *Environ. Health Perspect.*, 122, 1285–1291.

Long-term Variations in Cold Mortality and Winter Temperature in Japan

Fumiaki FUJIBE*

* *Faculty of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University, 1-1 Minami-Osawa, Hachioji, 192-0397, Japan.*
E-mail: ffujibe.bs@gmail.com

(Received 8 December 2015; Accepted 22 February 2016)

Abstract

Variations in cold mortality in Japan were examined in relation to winter temperature, using vital statistics data for 1909 to 2014. Deaths due to excessive cold were found to have increased since the late 1990s, and exceeded a thousand in each year from 2010. This increase is due to increases in the population and cold mortality rate of elderly people, although cold mortality of people in young and middle ages has decreased. A regression analysis for 1995 to 2014 has revealed that cold mortality changes by about -10% for a 1°C increment in wintertime temperature defined by the average for January and February. This dependence is weaker than that of heat mortality on summertime temperature, implying a smaller contribution of climatic factors to cold mortality than to heat mortality.
