



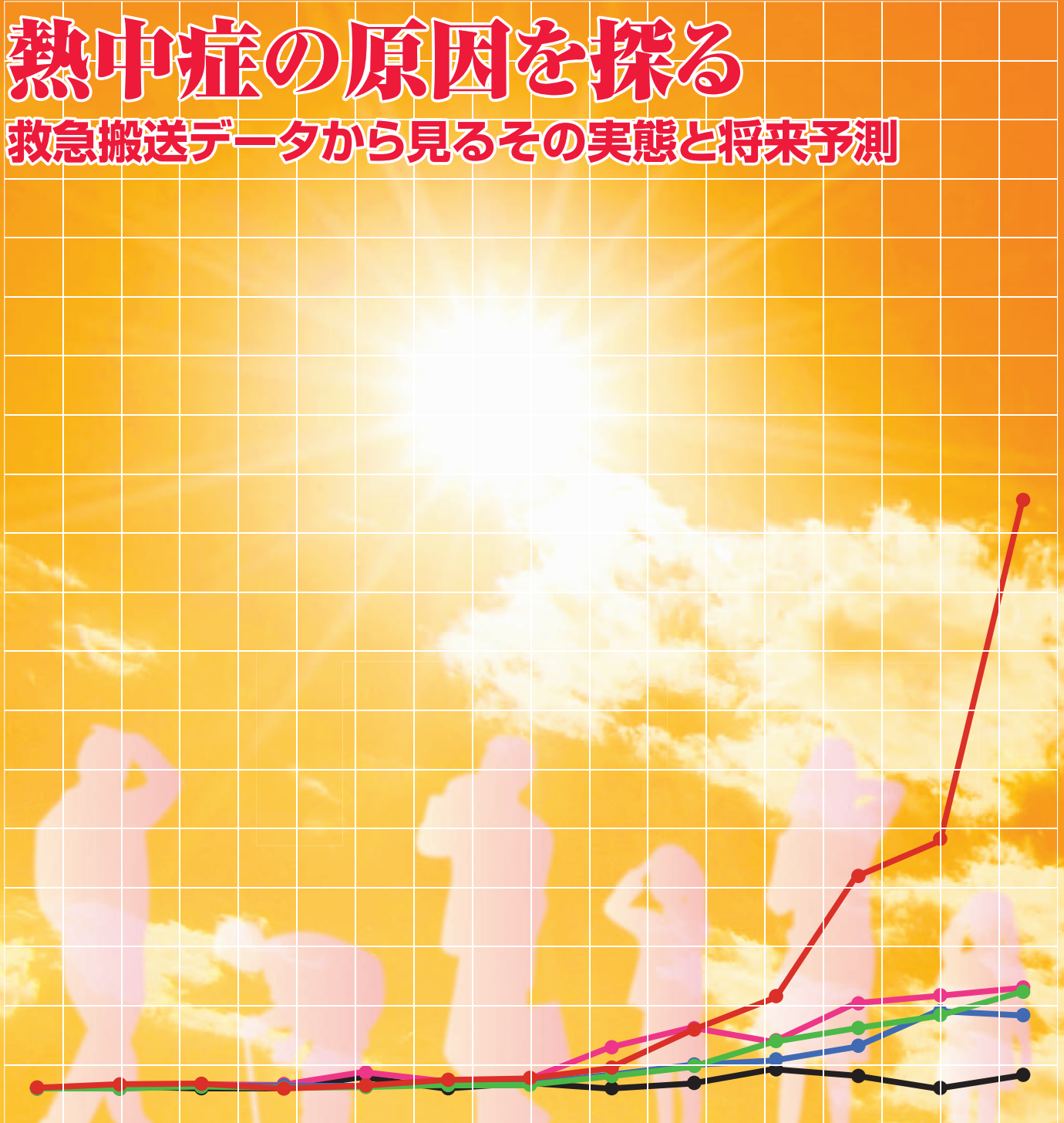
# 環境儀

NO. 32 APRIL 2009

国立環境研究所の研究情報誌

## 熱中症の原因を探る

救急搬送データから見るその実態と将来予測



独立行政法人

国立環境研究所

<http://www.nies.go.jp/>





# 地球温暖化やヒートアイランド現象による 影響が懸念される熱中症。 熱中症の実態把握とリスク要因の解明並びに その予防策を探っています。

地球温暖化に伴う健康影響は、今後人類社会にとって大きな問題となる可能性があります。IPCC（気候変動に関する政府間パネル）によれば、地球温暖化による健康に対する影響は、直接的な影響、間接的な影響および社会、経済システムの崩壊による影響に分けて考えられています。具体的には、低栄養に起因する疾患の増加、熱波、洪水、暴風雨、火災や干ばつによる死亡、疾患の増加、下痢性疾患の増加、光化学オキシダント濃度の上昇による循環器・呼吸器系疾患の増加、そして動物媒介性感染症の増加などが指摘されています。

熱帯、亜熱帯に位置する途上国においては、下痢性疾患の増加や動物媒介性感染症の増加が大きな問題となっています。一方、日本においては、熱ストレスと、その典型である熱中症、および光化学オキシダント濃度の上昇による循環器・呼吸器系疾患の増加が社会的な課題となっています。本号では、このうち、熱中症に関する研究を紹介します。

国立環境研究所では、温暖化と熱中症リスクの関連性を研究するため、東京都と17政令指定都市の消防局の協力を得て、救急搬送された熱中症患者情報を収集し分析しています。これによって、性別、年齢階級別、発生場所別、日最高気温別などでの熱中症患者発生の特徴が明らかになっています。

今号では、2000年以降収集してきた熱中症患者情報の分析結果と、そこから見えてきた熱中症患者の特徴を紹介すると共に、熱中症リスクを避けるための対応策や熱中症患者の将来予測などについても紹介します。

## C O N T E N T S

### 熱中症の原因を探る

救急搬送データから見るその実態と将来予測

● Interview

研究者に聞く!!.....p4～9

● Summary

熱中症患者の  
発生状況と今後の予測.....p10～11

● 研究をめぐって

熱ストレス、  
熱中症に関する研究動向.....p12～13

● 熱ストレス、熱中症に関する

研究のあゆみ.....p14

● 本研究に関する成果は以下の URL で紹介されています。

[http://www.nies.go.jp/s4\\_impact/index.html](http://www.nies.go.jp/s4_impact/index.html)

● 表紙：年齢階級別・日最高気温別に見た熱中症患者発生率。11 ページ参照。

# Interview 研究者に聞く!!

近年、夏期の猛暑日の増加と共に熱中症患者の発生数が増加しています。今後、地球温暖化が進むと、極端に暑い日がより多く出現すると予想されており、熱中症患者はますます増えていくと思われます。今回は、温暖化による健康影響の中でも、日本において特に大きな問題になると思われる熱中症を研究してきた小野雅司さんに、研究の手法、成果、熱中症の予防、将来予測などについてお聞きしました。



小野雅司 / 環境健康研究領域総合影響評価研究室長

## 救急搬送データから見る 熱中症患者の増加

### 1：感染症の疫学調査から熱中症へ

**Q：**熱中症の研究はいつ頃から始められたのでしょうか。

**小野：**本格的に始めたのは2000年過ぎからですが、その前から、熱中症には関心があり、1990年代の初め頃研究したことがあります。1990年に国立公害研究所が国立環境研究所に改組されました。公害だけでなく、地球環境問題を含めたもっと広い研究をすることになったわけです。同じ頃に、地球環境研究総合推進費（環境省）の制度がスタートし、その中心課題の1つに温暖化に関する研究がありました。そこで、感染症とか熱中症の問題を取り上げたのがきっかけです。

私の専門は疫学で、その頃はマラリアやデング熱の研究をしていました（現在は国立感染症研究所が担当しています）。私自身、大学の頃、終戦後沖縄で流行したマラリアの研究をしていた経験もあり、温暖

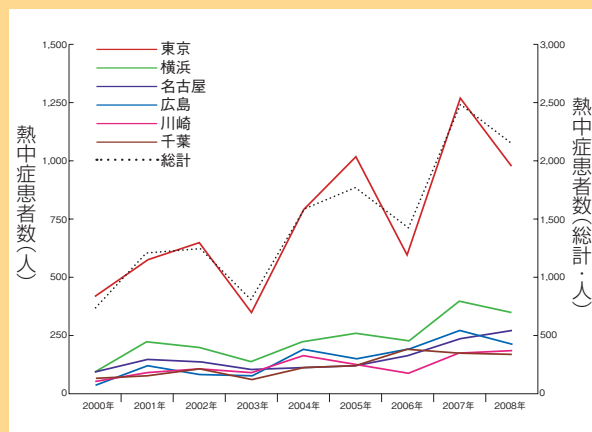
化によって日本でマラリアが再流行するのかを研究をしていました。中国南部のマラリア流行地で、どんな状況でマラリアが起きているか、どのような環境だとマラリアが増えるのかといったデータを集め、マラリアと気象条件との関連を調べていたわけです。

**Q：**当時から温暖化による健康への影響を研究されていたということですね。その前はどのような研究をされていたのですか。

**小野：**大学院を卒業してこの研究所に来てから一番のメインテーマは、大気汚染による健康影響です。私が研究を始めた頃には、四日市とか川崎で起きたいわゆる従来型の公害はもうなくなっていました。問題になり始めていたのは自動車です。モータリゼーションが進んで、都市部でどんどん交通量が増える。幹線道路の周辺に住んでいる人たちの健康に影響が出るのではないかというのが大きな話題になっており、私たちも幹線道路周辺に住んでいる方々を対象にいろいろな健康影響調査をしていました。これが今

### 増加する熱中症

救急搬送記録から見た、2000年以降の地域別熱中症患者の年次推移です。2003年や2006年のように前年に比べて患者が少ない年もありますが、多くの都市で熱中症患者は増加傾向にあります。6都市合計で見ると2007年が2494名で最も多く、次いで2008年となっています。年次推移には各都市の高温日（たとえば日最高気温が35℃以上の猛暑日）の日数が大きく関係しますが、患者の多発する7月あるいは8月の各都市の日最高気温月平均値が患者発生数のおよその目安となります。ちなみに、東京都について見ると患者の最も少なかった2003年の日最高気温の月平均値は7月が26.0℃（患者数18名）、8月が29.5℃（患者数212名）で期間中いずれも最低でした。



■ 図1 地域別に見た熱中症患者の年次推移



もずっと続いていて、最近では、環境省が幼児や小学生、成人を対象にした自動車排出ガスによる健康影響調査を全国規模で実施しており（そらプロジェクト <http://www.env.go.jp/chemi/sora/index.html>）、私もメンバーに加わってお手伝いをしていません。

**Q**：そうした中で温暖化に関する研究のウエイトがだんだん高まってきたということでしょうか。

**小野**：そうですね。研究所の中でもそのあたりをやっている人は少なかったのですが、研究テーマとしては非常に大事なので、どうしても進めなければならない。ということで、そこに力を割いてきたという感じですね。

## 2：増加してきている熱中症患者

**Q**：ちょっと前までは日射病とか熱射病という言葉がよく使われてきました。熱中症という言葉は最近出てきたように感じるのですが。

**小野**：実際は古くから使われていたのです。「熱中」というのは、要するに「熱に中（あた）る」です。「中毒」と同じです。そういう意味では言葉としては昔からあったのですが、確かにこれまでは日射病とか熱射病の方が一般的には知られていました。最近では、その日射病とか熱射病を含め、熱によって引き起こされる

様々な病気、不具合を総称して熱中症と呼ぼうということになってきています。ですから熱中症は、非常に重症の熱射病から、比較的軽度な脱水症状までを含んだ概念ということになります。

**Q**：熱中症の患者は増えているのでしょうか。

**小野**：私たちは東京都と全国の政令指定都市の消防局にご協力いただいて、救急車で搬送される患者の統計を取っています。2000年からのデータで見ると、やはり最近増えてきている。もちろん年によって暑い夏と涼しい夏がありますので、増減はありますが、全体的には増えていると思います。最近では特に2007年の患者数が非常に多かったのですが、これは8月が非常に暑かったためです。1日の最高気温で見ても、平均気温で見ても、やはり暑い日に患者が増えることだけははっきりしています。

**Q**：地域差はあるのでしょうか。

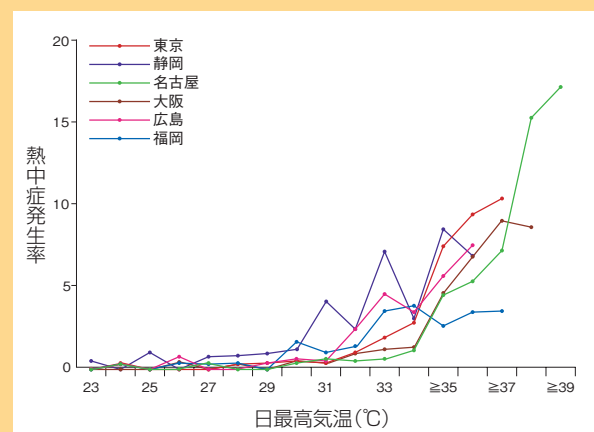
**小野**：1つ大事なことは、暑さに対する慣れがあるかどうかです。熱中症に限らず暑い日の死亡数を見ると、やはり暖かいところは暑さに強い、寒いところは弱いという傾向がはっきりしています。熱中症に関しても、同じことが言えるのではないかと考えています。ただし、かならずしも北の方の都市ほど低い気温での患者数が多いわけでもない。気温だけでなく、湿気なども関係しており、同じ気温でも、非常にカラッとした日はそれほど患者数が多くない。一方、湿気が高く、非常に不快に感じる日は患者数が多くなっています。

**Q**：男女比や年齢別で見るとどうなるのでしょうか。

**小野**：男性が全年齢合計で女性の2倍くらい多くなっています。この原因として一番大きいのは、屋外で過ごす時間です。たとえば、いわゆる働き盛りの年代で見ますと、建設現場のような屋外で激しい作業をするのは、男性が多い。もちろん女性でも、セールス

## 最高気温の上昇に伴って増加する熱中症

いくつかの都市について、日最高気温別の熱中症患者発生率（100万人日当たり患者数）を示しました。日最高気温が25℃あたりから患者が発生し、31℃、32℃を超えると急激に増加する様子が観察されます。しかし、同じ日最高気温であっても地域により熱中症患者発生率にかなりのちがいが見られるほか、日最高気温と発生率の関係が不規則なケース（静岡市）や日最高気温が高く（33℃以上）なっても発生率の上昇が見られないケース（福岡市）などがあります。ここには示していませんが、日最高気温以外にも、相対湿度などが熱中症発生に関係する（湿気の高い、蒸し暑い日には多くの患者が発生する）ことがわかっています。



■図2 日最高気温別に見た熱中症患者の発生率

の仕事など外で働く方もいますが、同じ温度でもきつい仕事、きつい運動をすると熱中症にかかりやすい。働き盛りの男性については、こうした点が効いていると思われる。仕事や屋外での時間に関係なく男女差が出るのは、高齢者です。これもやはり男性の方が多い。これについては今のところ原因はわかりません。人口数からいったら女性の方が多いわけですが、患者としては男性の方が多くなっています。1つには体力的な面から、男性の方が熱中症になりやすいのかもしれない。

人口当たりの患者数で見ると、圧倒的に高齢者が多く、次いで多いのは、小中高生です。その原因は運動です。暑い中、体育の授業や部活動で激しい運動をすることが引き金になっています。

**Q：**高齢化社会が進むと、高齢者の熱中症が大きな問題になってくると思うのですが、いかがでしょうか。

**小野：**そうですね。高齢者で気になるのは、熱中症で倒れた場所の大半が屋内、それも自宅の居室だということです。何か特別なことをしていたということではなく、ふだんの生活をしていて倒れるのです。これにはいくつか理由があると思います。1つは居住環境です。倒れた方のかなりの部分が独居老人だったり高齢者だけの世帯で、冷房を始め居住環境がかならずしも十分ではないのではないかと。きちんとしたデータはないのですが、そんな印象をもっています。

若い方の家庭や職場では、暑くなればエアコンをつけますが、高齢者の場合にはつけるのを忘れていたりすることがあります。また、暑さを感じにくくなっているため、暑いことに気づくのが遅くなります。それから夜、トイレに起きるのが嫌なので、夕方から水分補給を控える。こういったいろいろな要因がからんでいるのではないかと思います。

高齢者ほど重症者の割合は多くなります。この理由

環境省熱中症予防情報サイト

今日、明日の暑さ指数

関東地方の暑さ指数(WBGT)

地域	今日(7月25日)							
	2時	8時	12時	15時	18時	21時	24時	
茨城	27	27	29	28	27	26	25	
栃木	27	28	29	28	27	26	25	
群馬	25	25	27	27	26	25	24	
埼玉	25	25	27	26	25	24	23	
千葉	25	25	27	26	25	24	23	
東京	25	25	27	26	25	24	23	
神奈川	25	25	27	26	25	24	23	

明日(7月26日)

地域	明日(7月26日)							
	2時	8時	12時	15時	18時	21時	24時	
茨城	24	24	27	27	26	25	24	
栃木	22	22	25	25	24	23	22	
群馬	23	23	24	24	23	22	21	
埼玉	23	23	24	24	23	22	21	
千葉	23	23	24	24	23	22	21	
東京	23	23	24	24	23	22	21	
神奈川	23	23	24	24	23	22	21	

環境省熱中症予防情報サイト。全国の暑さ指数、全国6カ所での暑さ

として、高齢者は体力的に弱いことがあげられます。それから、1人暮らしで発見が遅れ、重症になるケースも考えられます。

### 3：熱中症情報の重要性

**Q：**そうすると予防のための対策が非常に大事になってきますね。

**小野：**そうですね。温暖化による健康影響にはいろいろありますが、その中で特に熱中症に関しては、予防が可能だと私は思っています。ただし、自分で気をつけているだけではすまない部分があります。たとえば高齢者の場合には今申し上げたように、暑さに気づきにくいとか、インターネットで提供されている予防情報などを目にする機会が少ないということがあります。役に立つ情報はあるのですが、それを利用できない点に関しては、まわりの人がサポートしてあげることが必要だと思います。

**Q：**その熱中症の予防情報ですが、どのようなものなのでしょうか。

**小野：**熱中症が起きやすいのは暑い日だと申し上げましたけれども、気温だけでなく、湿度や日射も関係してきます。WBGT (wet-bulb globe temperature :

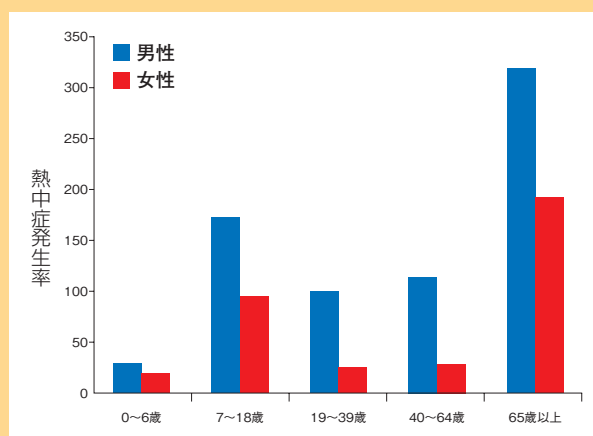


図3 性別・年齢階級別に見た熱中症患者の発生率

## 性別・年齢階級別に見た熱中症患者の発生率

熱中症患者は男性が多く、全患者の2/3を超えています。また人口当たりの患者数も男性は女性の2倍高率です。年齢別に見ると、男性・女性とも最もリスクの高いのは高齢者で、次いで小中高生となります。図では65歳以上をまとめて示していますが、65歳以上でも年齢が高くなるにつれて発生率は上昇しています。その他、青壮年(19~39歳、40~64歳)では男性の発生率が比較的高いのに対して女性の発生率は非常に低く、他の年齢層よりも男女差が大きく、男性が女性の4倍から5倍高率となっています。なお、今回の統計に用いた救急搬送例に限って見ると、幼児の発生例はそれほど多くありません。



指数観測結果を紹介し、熱中症への注意を呼びかけています。

湿球黒球温度) というものがあるのですが、これは気温と湿度と輻射熱を組み合わせた指標で、私たちは「暑さ指数」と呼んでいます。WBGTは気温よりも、熱中症患者発生の目安となるので、これを使って熱中症の予防情報をウェブ上で提供しています。都道府県単位で、気象庁の予報値をもとに、当日と翌日の3時間ごとのWBGTを計算しています。同時に「暑さ指数が28℃を超えた場合には、外出するときは涼しい格好をし、あまり激しい運動をやめましょう」、「暑さ指数が31℃を超えたら、原則、運動はやめてください」といった注意も流しています。屋外で仕事や運動をしている方に対しては、携帯用の情報を流しています。

今はこちらから一方的に情報提供をしているだけですが、佐賀県では、県が提供する安全情報の1つに、暑さ指数を取り入れていただきました。その他独自に予防情報を提供している自治体もあり、今後、こうした情報の効果がきちんと評価され、他の自治体でも導入されていくことを期待しています。

#### 4：救急搬送データによる調査

Q：熱中症の患者数やその時の気温は、こういったデータを使っているのでしょうか。



小野：患者数については、先ほども申し上げたように、東京都と全国の政令指定都市の消防局から原則5月から9月の間救急搬送された患者のデータを、1週間に1回のペースで提供していただいています。気温の方は気象庁がオンラインで公開しているものを自動的に取り込んで使わせていただいています。今は毎日の最高気温と毎日の患者数を発表していますが、最終的にはどんな時に発生しやすいか、どんな人がかかりやすいかといったデータもまとめていきたいと思っています。東京都と全国の政令指定都市を合わせて、現在では全人口の4分の1くらいをカバーしています。ですから日本全体のおよその傾向はつかめていると思っています。

Q：WBGTと患者数との関係は分析されていますか。

小野：私たちの研究によると最高気温別の発生率にはかなりの地域差が見られます。これをWBGTで見ると、都市のちがいが小さくなります。全部が全部それで説明がつくわけではないですが、最高気温よりもWBGTの方がきれいな関係が見えてきます。将来的には毎日のWBGTから患者数を予測することも考えています。

Q：データ収集で、特に難しかったことはありましたか。

小野：私たちにとって非常に助かったのは、緊急搬送の記録が全国で非常によく整備されていたことです。ですから、個人情報に抵触しない範囲でデータを提供していただくことについてはあまり苦労せずに済みました。ただし、救急車で運ばれた熱中症患者のデータが一般の状況を正確に反映しているかどうかは、やはり非常に気になることです。病院のデータは入手しづらいということで、救急車のデータを使用しているのですが、その点はどうしても確認しなければいけない。そこで、関係市で、一般の病院を対象に

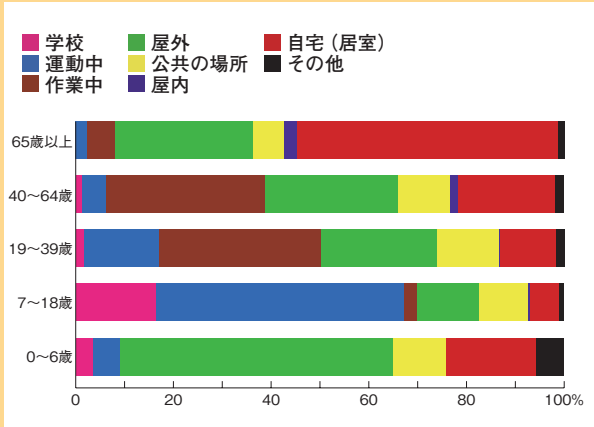


図4 年齢階級別・発生場所別に見た熱中症患者の発生率

### 年齢階級別・発生場所別に見た熱中症患者の発生割合

年齢によって熱中症の発生場所は異なります。青壮年(19~39歳、40~64歳)では作業中(屋内・屋外)、運動中、屋外(作業中、運動中を除く)、公共の場所、自宅、など多様な場所で発生しています。一方、高齢者では半数以上が自宅(居室)で発生しており、次いで屋外(作業中を除く)で多く発生しています。小中高生では約半数が運動中に発生しており、ほかに相当数が学校で発生しています。このように、青壮年の作業中、小中高生の運動中・学校、高齢者の自宅など、それぞれのライフスタイルを反映して、1日の多くを過ごす場所で、あるいは激しい運動や作業をするときに、多くが発生する結果となっています。

アンケート調査を行いました。

その結果、救急車で運ばれる患者の倍くらいの数の患者が病院を受診していることがわかりました。ですから、私たちのデータは全体の約半分をカバーしていることになります。

ただし、病院と救急車で少しちがいもあります。救急車を利用するのは重症者が多い。それと、高齢者が多い。高齢者の場合は重症の方が多くことと、1人暮らしや夫婦2人だけで車がない場合があるため、どうしても救急車で運ばれることが多くなります。こうした点以外では、それほど病院のデータとちがわないので、私たちの救急搬送のデータは全体的な傾向を見るのに問題ないと考えています。

## 5：熱中症の将来を予測する

**Q：**今後、日本の平均気温が上昇した場合、熱中症患者がどれくらい出現するかについての予測はどうなるでしょうか。

**小野：**データがたくさんそろっていますので、それをベースにして将来予測を始めています。

先ほどの日最高気温あるいは日最高 WBGT との関係で、どれくらいの気温ならどれくらいの患者が出るか、およその推定ができます。それをもとにして将来、平均気温が上昇したときの患者数を予測するわけです。

ただし、熱中症の場合には、年平均気温ではなく、気温の高い日がどれだけあるかが効いてきます。たとえば年平均気温が2℃上がっても、極端に暑い日が少なければそれほど影響はないですし、平均気温はそんなに上がらないけれども暑い日がぐんと増えると、影響は非常に大きくなります。国立環境研究所や気象庁が発表している将来予測には、毎日の最高気温、平均



WBGTの観測風景(左)と6インチ黒球温度計(右)。黒色に塗られ

気温、最低気温が含まれていますので、最高気温ごとにクラス分けすることで、患者数を推定していきます。

**Q：**地域差や年齢差についても予測しますか。

**小野：**地域によってその傾向がどれだけちがってくるかは、まだはっきりしていませんが、ある幅を持った予測はできると思います。年齢については、いくつかのグループに分けなければいけないと思っています。特に高齢者の場合発生率が高くなります。将来、日本の総人口は減少しますが、高齢者の数はそれほど減りません。したがって、年齢別に将来どうなるかを見ていく必要があります。

**Q：**今の時点で何かわかったことはありますか。

**小野：**気温の上昇がそれほど大きくない予測モデルでは、2030年、2040年ぐらいでは、患者数は極端には増えません。2007年とそれほど変わらないと思われる。ただし2100年頃になると、現在の2倍くらいに増えていくと思われる。もう少し温度上昇の大きい予測を出しているモデルでは、2倍では収まらず、もう少し増えるのではないかと予想されます。

**Q：**たとえば2003年のヨーロッパの熱波の状況などは、こういう予測に役に立つものなのでしょうか。

**小野：**もちろん役立ちますが、当時のパリの事情と

## 暑さ指数 (WBGT) と 熱中症死亡率

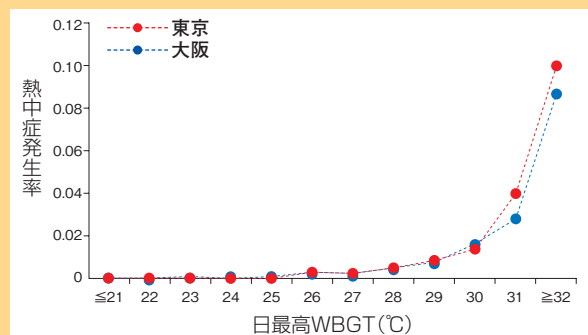
WBGT (wet-bulb globe temperature: 湿球黒球温度) とは暑熱障害のリスクを示す指標としてアメリカで開発されたもので、気温に加え、湿度や輻射熱が考慮されています。図には東京都と大阪府の日最高 WBGT 別の死亡率を示しましたが、WBGT が高くなるにつれて熱中症死亡率が急激に上昇する様子が見られます。

WBGT は乾球温度 (いわゆる気温)、湿球温度、黒球温度を使って、以下の式で求めます。

$$WBGT = 0.7 \times \text{湿球温度} + 0.2 \times \text{黒球温度} + 0.1 \times \text{乾球温度}$$

一般の気象観測では黒球温度は測られていません。そこで私たちは、これまでの観測結果を参考に、気温、相対湿

度、日射量、などから WBGT を簡便に推定する方法を用いています。また、一般の方に理解しやすいように「暑さ指数」という言葉を使っています。



■図5 暑さ指数 (WBGT) で見た熱中症死亡率





次データを収集することではなく、二次的なデータ、すなわち既存の統計資料を利用した研究です。これも疫学研究の1つの大きな柱で、過去のいろいろな出来事を調べる場合には、既存の統計データを使うしかありません。

**Q**：将来の影響を予測する場合にも非常に有効だと思いますが、いかがでしょう。

**小野**：はい、もちろんです。動物実験などで基礎的なことは調べられます。熱中症に関して、温度条件を変えて動物にどんな影響が出るかを調べることはあります。しかし、将来予測ということになると、現実の人間でどんなことが起きているかというデータが一番有用です。環境基準など、いろいろな基準を決めるときも同じですが、動物実験のデータなどがいろいろあっても、現実の人間から得られるデータはプライオリティーが一番高いのです。それが最も信頼のおけるデータだからです。

## 7：今後はアジア地域にも視点を広げて

**Q**：最後に、研究の今後の課題についてお話しください。

**小野**：今、私たちがやっている熱中症の研究は、日本では優先順位が高いという考えのもとに行っているわけです。

しかし、日本に限らず、アジア地域にまで対象を広げると、別の優先課題も見えてきます。たとえば感染症は、日本ではそれほど大きな問題にはならないでしょうが、今後、東南アジアを中心にかなり大きな問題になると思います。不衛生な水が原因で起きる下痢性の疾患が増えて、小さな子どもたちがたくさん亡くなっています。今後は、そういったところまで、日本として責任をもって取り組むべきではないかと思えます。

現在の日本の事情はちがいます。当時パリでは8月初旬に10日間ほど連続して最高気温が35℃を超え、暑さによる多くの死亡者が出ました。平年の同じ時期の平均気温は20℃前後で、ちょうど札幌と同じです。いわば札幌で猛暑日が10日間連続したのと同じですから、あれほど極端なことが起きたのだと思います。日本では、そこまでのことはまだ起きていませんが、将来、同じような極端な暑さの日が何日も続くことが起きることも考えなければいけません。その場合、ヨーロッパの熱波のデータで私たちの予測を補完できるかもしれませんが、うまく予測に取り入れられるかどうかは今後の課題です。

## 6：疫学的研究手法の有用性

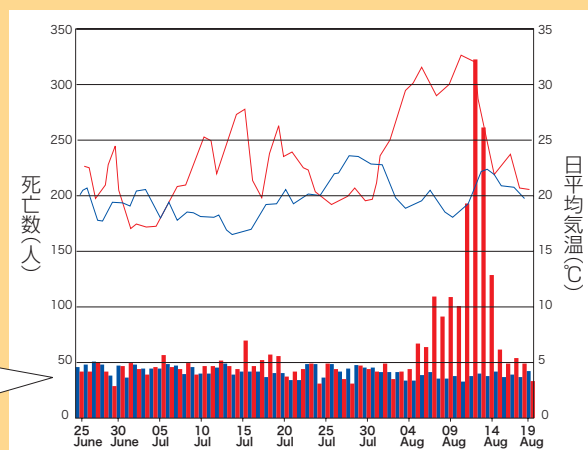
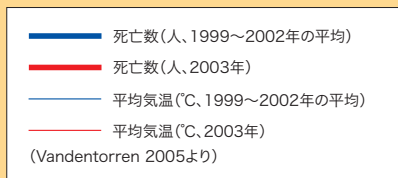
**Q**：先生の専門である疫学的な研究手法は、熱中症の研究においてどのような意味をもっていますか。

**小野**：疫学調査にはいろいろな方法があります。たとえば実際に現地の人たちにインタビューしたり、診療をしながら情報を取るという方法や、大気汚染物質や化学物質の暴露量を計って関係を見ていくという方法です。

熱中症の研究で私たちがしているのは、こうした一

## 熱波による健康影響

2003年夏、ヨーロッパは記録的な猛暑（熱波）に襲われました。図にはパリ市内の様子を示していますが、8月上旬に平均気温が30℃を超える日が10日近く続き（例年は20℃前後）、毎日の死亡者は例年（50名前後）の2倍を超え、多い日には300人を超える結果となりました。また、その影響は高齢者で顕著でした。



■図6 2003年ヨーロッパの熱波における死亡数（パリ市内）

## 熱中症患者の

地球温暖化による気温上昇に伴って増加が予想される熱中症。その影響評価を行うため、東京都及び全国政令指定都市の救急搬送データから熱中症患者の発生状況を掌握し、日最高気温などとの関係、地域や性別、年齢別などによるちがいを分析すると共に、熱中症予防のための情報提供を行っています。

地球温暖化による健康への影響は、国や地域によって異なります。具体的には、下痢性疾患の増加、動物媒介性感染症の増加、光化学オキシダント濃度の上昇による循環器・呼吸器系疾患の増加、熱ストレスなどがあげられます。途上国では、下痢性の疾患による小児の死亡や、マラリアやデング熱といった動物媒介性感染症が大きな問題となっています。しかし、日本の場合は、上水道が整備されているため、不衛生な水が原因となる下痢性疾患の心配はありません。動物媒介性感染症についても流行地域からはずれており、海外旅行者が現地でも感染して帰国するケースはあるものの、帰国後に二次的な感染を引き起こすリスクはそれほど大きくないと考えられます。

日本の場合は、直接的な影響として、熱ストレスやその典型である熱中症が、間接的な影響として、温暖化によって上昇すると予想される大気中の光化学オキシダントによる循環器や呼吸器系の疾患の患者の増加、が予測されています。ここでは、熱ストレスの典型である熱中症リスクについて紹介します。

### ●熱中症患者は増加傾向にある

人口動態統計（厚生労働省統計情報部）によれば、熱中症による死亡者は増加傾向にあり、2007年の

死亡者は904名でした。救急搬送データを見ても、熱中症患者は増加傾向にあり、2007年夏には東京都及び17政令指定都市で5000名を超える熱中症患者が搬送されています。

国立環境研究所では、2003年から全国の主要都市（2008年では東京及び17政令指定都市、沖縄県、滋賀県草津市）の消防局の協力を得て、救急搬送された熱中症患者情報を収集し、ホームページから随時情報提供を行っています。対象地域の人口は、日本全国の4分の1くらいをカバーしており、日本全体のおよその傾向はつかめていると考えています。

これらのデータによる、性別・年齢階級別患者数、発生場所、日最高気温別発生率は以下のとおりです。

#### 性別・年齢階級別患者数

性別では男性が全体のおよそ3分の2を占めています。年齢階級別に見ると、男性では19～39歳、40～64歳、65歳以上がそれぞれ25～30%を占めているのに対し、女性では65歳以上が過半数を占めています。人口当たりの患者数は、65歳以上が最も多くなっています。

#### 発生場所

19～39歳、40～64歳では屋外での作業中を中心に比較的多様な場所で発生していますが、7～18歳では学校、特に運動中、65歳以上では自宅（居室）での発生が特徴としてあげられます。

#### 日最高気温別発生率

同じ日最高気温に対する1日当たりの患者数を見ると、25℃あたりから患者が発生し、31℃を超えると急激に増加します。

これを年齢別に見ると、7～18歳、19～39歳、40～64歳では35℃、36℃を超えると、わずか

人口動態統計（厚生労働省）に基づく、熱中症死亡者数の年次推移を示しました。1994年を境に死亡者数が大きく増加していますが、1995年に行われた国際疾病分類の変更に伴う死亡診断書作成法改訂がその原因の1つと考えられています。

1995年以降に限って見ると、死亡者数には増加傾向が見られます。第一の要因は人口の高齢化です。死亡率の高い高齢者の増加によって熱中症による死亡者が増加しています。2000年以降では、全死亡者のうち、男性の52%、女性の85%が65歳以上の高齢者です。もう1つの要因は、猛暑の年（1994年、2004年、2007年）の高い死亡率と冷夏の年（2003年）の低い死亡率に示される気温との強い関係です。温暖化と高齢化による、熱中症死亡者の増加が懸念されます。

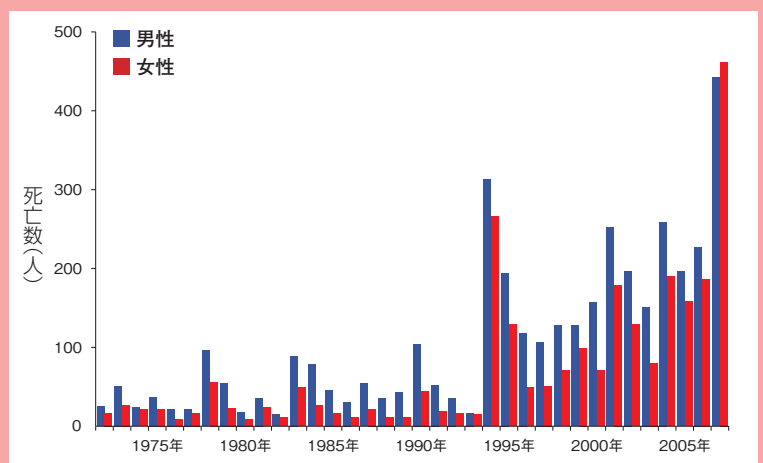


図7 熱中症死亡者数の年次推移（厚生労働省統計情報部資料）



# 発生状況と今後の予測

ではあるものの発生率の上昇が鈍っています。激しい運動や作業を控えたり作業中の休憩をふだんより多くとるなどの自発的な対策の結果と考えられます。一方、高齢者では気温の上昇に伴って発生率も単調に上昇しています。高齢者の多くは1日の大半を自宅で過ごしているため、高温でも普段と同じように生活し、特別の対策がとられなかったと考えられます。

## ●熱中症の予防と対策

国立環境研究所ではホームページから熱中症予防情報を提供しています。都道府県単位で、当日と翌日の3時間ごとのWBGT（暑さ指数）の予報を提供しています。WBGTは気温だけでなく湿度や輻射熱も考慮した指数で、熱中症の危険度を表すのに適しています。

熱中症は高温にさらされることにより引き起こされますが、それに加えて高齢者、小中高生の運動、青壮年（19～39歳、40～64歳）の激しい作業などによりリスクが高まります。このようなリスク集団に対しては適切な対策が必要です。高齢者に対しては予防情報の適切な伝達や居住環境の改善、小中高生の運動については学校での指導の徹底、青壮年の激しい作業については職場の管理者による指導・監督があげられます。また、寒冷地では、ルームエアコンの普及あるいはその代替策など、今後予想される暑熱日への対応が急がれます。

## ●熱中症の将来予測

地球温暖化によって、今後、日本全体でどれだけの

熱中症患者が発生するかという予測にも取り組んでいます。

日最高気温あるいはWBGTとの関係から、それぞれの気温でどれだけの患者が発生するかを推定することができます。これをベースにして、将来気温が上昇した場合を予測します。ただし、熱中症患者予測の場合には、年平均気温ではなく、毎日の気温が問題になります。年平均気温が上昇しても、極端に暑い日が増えなければ、熱中症の発生にあまり影響しません。しかし、平均気温はそれほど上がらなくても、極端に暑い日が増加すると、影響が非常に大きくなります。国立環境研究所や気象庁が発表している予測には、毎日の最高気温も示されていますので、最高気温でクラス分けし、患者数を推定していきます。地域別、及び年齢別の予測も行います。

現段階での予測では、気温の上昇がそれほど大きくない気候モデルに基づいた場合、2030～2040年ぐらいまで、患者発生数に顕著な増加は認められず、2007年とそれほど変わらないと見られます。ただし、2100年ぐらいになると患者数は今の2倍くらいに増加すると考えられます。また、もう少し大きな気温上昇を予測しているモデルの場合には、2倍では収まらず、地域によっては3倍あるいは4倍になることも予想されます。

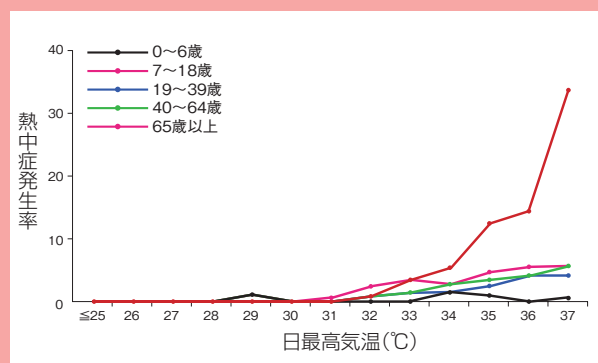


図8 年齢階級別・日最高気温別に見た熱中症患者発生率（東京23区）

日最高気温が高くなるにつれて発生率は上昇しますが、35°Cを超える日の発生率は特に高齢者で顕著です。こういった日には高齢者への熱中症予防対策が重要となります。

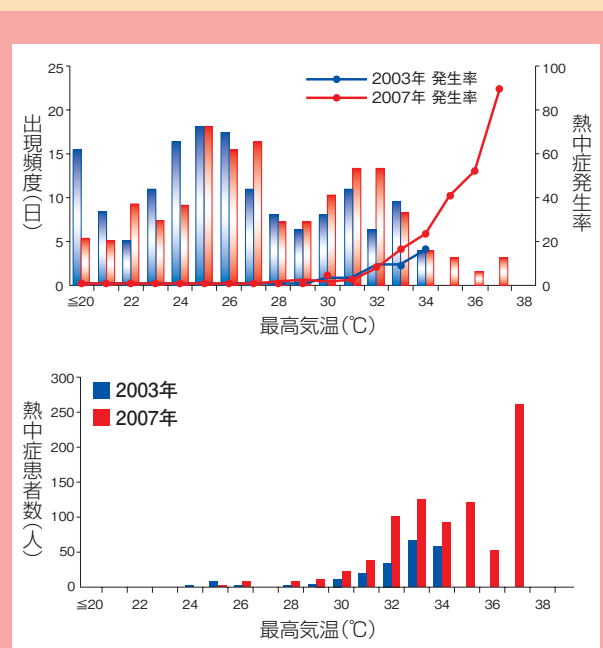


図9 温暖化するとどうなるか

温暖化すると、平均気温が上昇するだけでなく、暑い日（真夏日や猛暑日）が増加するとされています。特に、発生率の高い猛暑日の増加は、患者の増加につながります。

# 〈熱ストレス、熱中症

2003年夏のヨーロッパの熱波を契機に、世界中で熱波を始め世界各地で起きた健康被害の実態の報告と併せて健康被害を未然に防

## ■世界では

世界では、2003年夏のヨーロッパの熱波をきっかけに、異常気象、特に熱波による健康影響（疾病、死亡）に関する研究が急増しています。Web of Scienceによれば、2003年以前は年間10件前後であった熱波と死亡に関する論文が、2004年以降年間30件を超えるようになっています。研究内容は、熱波到来時の超過死亡（同年の同時期の死亡数を超える死亡）や医療機関受診者について検討したものが多く、高温に曝露されることにより、高齢者や基礎疾患を持つ人々が発病したり、循環器疾患など様々な原因で死亡すると考えられています。ファンデントーレン（2005）によれば、フランスでは2003年8月1日～20日の超過死亡（同期間2000～02年平均との比較）は14,802人で、超過割合（超過死亡数／同年死亡数）は、全体で+60%、70歳以上が+70%（45～74歳は+30%）、全年齢を通して女性が男性より15～20%高率、パリ及びその郊外で+142%と特に深刻であった、ことが報告されています。

フランスでは直後に2つの症例・対照研究が計画・実施されました。1つは自宅に居住する高齢者を対象に、もう1つは養護施設に入居する高齢者を対象に、個人のリスク要因（ライフスタイル、既往歴、自立度、医学的状態、薬の服用、など）と環境要因（居住環境、介護要員の質と数、設備状況、など）を、明らかにすることを目的としたものです。同時に、熱波に並行して起きたと想定される光化学汚染（オゾン）の影響、さらには熱波後のハーベスティング（熱波により病弱な人の死期が早まり、結果、その後の死亡数が減少し、トータルとしての死亡数はあまり変化しないこと）についても併せて解明することを目的としています。その結果、

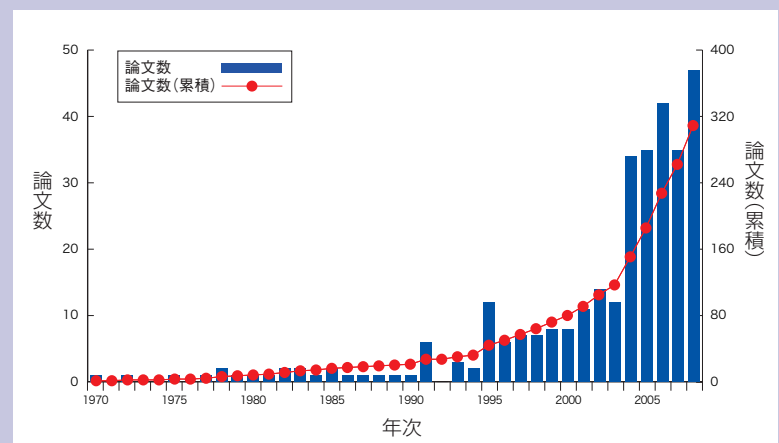
超過死亡の大きかった都市ではオゾンの寄与は小さく、また熱波後3週間に限って見るとハーベスティングは観察されなかったことが報告されています。

2004年3月にはWHOヨーロッパの主催で、「異常気象、気候イベントに対する公衆衛生対策」と題する国際会議が開催され、その後相次いでヨーロッパ各国で、熱波に対する行動計画が策定されました。熱波の影響を明らかにする研究と同時に、熱波の影響を未然に防ぐためのシステム（熱波警報システム）構築が始まっています。そこでは、熱波の襲来を事前に予測し、一般市民へ警報を発すると共に、高齢者や有病者、貧困者など弱者へ必要な対策を講じることが検討されています。

## ■日本では

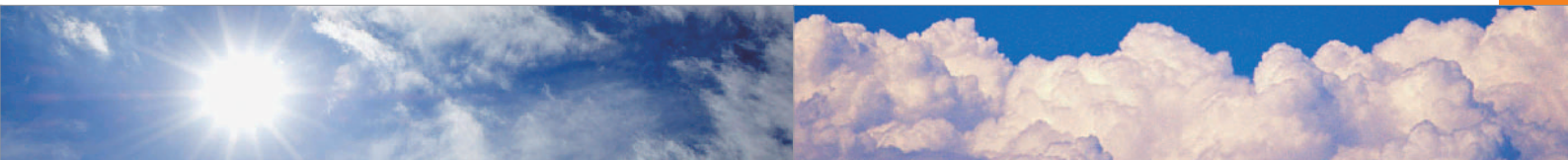
日本では、古くから山嵐により気温と疾病に関する研究が行われてきましたが、寒冷地方における冬季の脳血管系疾患死亡などが主たる研究対象で、熱中症を始めとする熱ストレスに関する研究はかならずしも多くはありませんでした。熱中症を直接対象とした研究としては、1990年代半ばに田村ら、入来らにより救急搬送記録を利用した研究が行われ、特定地域における熱中症の実態と発症の閾値や熱中症が急増する気温など

○熱波と死亡に関する論文の推移



# に関する研究動向

常気象による健康影響に関する研究が盛んになっています。  
止するための早期警戒システムの開発が進んでいます。



が報告されています。その後、星ら（2007）による温度指標についての検討（日最高気温よりも WBGTの方がより適切な指標である）、横山ら（2007）による全国の県庁所在地の消防局を対象とした調査（各地とも気温が高くなるにつれて熱中症患者発生率が上昇するが、高温（約 34℃）になると地域差が大きくなる）などが報告されています。また、三宅ら（2008）は、日本救急医学会が2006年に全国の救命救急センター及び日本救急医学会指導医指定医療施設を対象に実施した熱中症患者実態調査に基づいて、熱中症患者の臨床所見を含む詳細な特徴について報告しています。

その他、中井ら（1996）、星ら（2004）によるインターネット・新聞記事を資料とした研究や Nakai ら（1999）、星ら（2002）による人口動態統計を利用した研究も報告されています。いずれも、公表資料に基づくものですが、熱中症の実態（性別、年齢別の特徴）のほか、年ごとの死亡率と全国主要都市の最高気温とが相関する、ことなどが報告されています。

熱中症の実態把握、原因究明と併せて、様々な熱中症予防のための対策がとられ始めています。環境省では、保健師など保健活動に指導的にかかわっている人々や一般市民に、熱中症についての新しい科学的知見や関連情報を紹介するために「熱中症環境保健マニュアル」を作成・公表しています。さらに、国立環境研究所と共同で熱中症予防情報の提供を行っています。6月から9月の間毎日、全都道府県を対象に、当日及び翌日の3時間ごとの暑さ指数を国立環境研究所のホームページから発信し、熱中症への注意を呼びかけています。地方自治体においても、滋賀県草津市が2004年に市内の高校で体育祭中に16人の熱中症患者を出したことをきっかけに、2005年全国初の熱中症予防条例を施行し、暑さ指数が警戒レベルになると防災無線や携帯電話のメールなどで市民に注意を呼びかけています。同様の動きは、岐阜県多治見市、埼玉県熊谷市、東京都町田市などに広がっています。

救急搬送記録を利用した熱中症患者の実態調査も本格化し、国立環境研究所による全国政令指定都市を対

象とした調査（2003年～）、消防庁による全都道府県を対象とした調査（2007年～）が行われています。

## ■ 国立環境研究所では

国立環境研究所における熱中症並びに熱ストレスに関する研究は、環境省地球環境研究総合推進費がスタートした1990年代に入って本格的に始められました。安藤、田村らによる東京都、南京市、武漢市（中国）における熱中症患者に関する疫学調査、並びに、安藤、山元らによる高温環境が動物に与える病理組織学的、生理・生化学的影響を明らかにするための実験研究が開始されました。東京及び中国における熱中症に関する疫学調査においては、熱中症患者発生と日最高気温・日平均気温との強い関連性、熱中症発生の閾値（平均気温が数日連続して32℃を超える猛暑の第一波に多発する）並びに生理・生化学的及び社会的適応（再度の猛暑では、第一波に比べて熱中症患者発生が少なくなる）が存在する可能性を指摘しています。また2002年、兜らにより、全国数地区で、夏季の家屋内外及び個人曝露温度調査が行われ、一般環境温度と個人曝露温度の関係、及びルームエアコン使用の効果などが検討されました。

その後、2003年より全国規模での熱中症患者調査を実施しています。東京都、政令指定都市、滋賀県草津市では救急搬送患者について、沖縄県では県内主要医療機関受診患者について、情報収集を行っています。2007年からは東京都及び全17政令指定都市、沖縄県、滋賀県草津市を対象に熱中症患者情報を定期的に（原則毎週1回）収集し、熱中症患者の実態を明らかにすると共に、熱中症発生のリスク要因（気象要因、年齢を始めとする個人要因、屋内・屋外での作業や運動など社会的要因、など）の解明に取り組んでいます。また、このようにして集められた熱中症患者情報は、熱中症予防情報の一環として研究所のホームページ「熱中症患者速報」で5月から9月の間公表しています。

# 温暖化による健康影響に関する研究の歩み

本号で紹介した内容は、以下の研究プロジェクト、事業で実施してきました。

## 課題名

### 地球温暖化の影響と適応戦略に関する統合調査 (平成14～17年)

- ・温暖化による健康影響と社会適応に向けた総合的リスク評価に関する研究

## 課題名

地球環境研究総合推進費 S-4

### 温暖化の危険な水準及び温室効果ガス安定化レベル検討のための温暖化影響の総合的評価に関する研究(平成17～21年)

- ・健康面からみた温暖化の危険性水準情報の高度化に関する研究
- ・温暖化と熱中症に関する研究

## 課題名

### 生活環境情報総合管理システム気象情報提供業務 (平成17年～)

- ・熱中症予防情報提供業務

この研究は以下の組織・スタッフにより実施されてきました。

<研究担当者>

環境健康研究領域

小野雅司・兜 真徳(故人)・上田佳代

熱中症患者情報については、下記機関のご協力を得ました。

札幌市消防局、仙台市消防局、さいたま市消防局、千葉市消防局、東京消防庁、横浜市安全管理局、川崎市消防局、新潟市消防局、静岡県消防防災局、浜松市消防本部、名古屋市消防局、京都市消防局、大阪市消防局、堺市・高石市消防本部、神戸市消防局、広島市消防局、北九州市消防局、福岡市消防局、沖縄県、滋賀県草津市

<関連アドレス>

環境省熱中症予防情報サイト

<http://www.nies.go.jp/health/HeatStroke/>

熱中症患者速報

<http://www.nies.go.jp/health/HeatStroke/spot/index.html>

熱中症環境保健マニュアル

[http://www.env.go.jp/chemi/heat\\_stroke/manual.html](http://www.env.go.jp/chemi/heat_stroke/manual.html)



温度は環境を支配する因子の中で最も重要なものです。ほとんどの化学反応、物理特性、生物学的反応が温度によって変化します。生物としてのヒトは環境の温度に敏感です。熱中症は、人が「熱の中（あ）た」ることによって引き起こされるさまざまな病気や不具合のことです。熱中症は、気象の要因（例えば、異常気象による熱波など）、個人の要因（高齢者であるなど）、さらに社会的要因（屋外作業など）が組み合わさり、発症します。

本号の特集では、熱中症患者発生の詳細な実態調査やそこから得られる今後の発生予測を紹介すると共に、熱中症リスク要因の分析から、熱中症を避けるための予防策を説明しています。

熱中症の予防にはさまざまな知識が必要です。地球環境の気候変動や都市のヒートアイランド現象の知識、熱がヒトの身体へおよぼす機構、高齢者や小中高生の行動に関する情報、居住環境の適正な設計方法、あるいは予防のための気象情報の提供の仕方、などです。国立環境研究所は、このような総合的な研究、調査を行える世界でも数少ない研究機関です。この研究、調査の成果が社会に役立ち、熱中症にかかる患者の数が減少することを期待しています。

2009年4月  
理事長 大垣眞一郎

## 環 境 儀 No.32

—国立環境研究所の研究情報誌—

2009年4月30日発行

編 集 国立環境研究所編集委員会

(担当WG: 原島 省、小野 雅司、伊藤 智彦、高橋 善幸、森 保文、  
植弘 崇嗣、岸部 和美)

発 行 独立行政法人 国立環境研究所

〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2

問合せ先 (出版物の入手) 国立環境研究所情報企画室 029 (850) 2343

(出版物の内容) // 広報・国際室 029 (850) 2310

環境儀は国立環境研究所のホームページでもご覧になれます。

<http://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/index.html>

編集協力 財団法人日本宇宙フォーラム

〒100-0004 東京都千代田区大手町2-2-1 新大手町ビル7階

## 「環境儀」既刊の紹介

NO.1	環境中の「ホルモン様化学物質」の生殖・発生影響に関する研究	2001年 7月
NO.2	地球温暖化の影響と対策— AIM: アジア太平洋地域における温暖化対策統合評価モデル	2001年 10月
NO.3	干潟・浅海域—生物による水質浄化に関する研究	2002年 1月
NO.4	熱帯林—持続可能な森林管理をめざして	2002年 4月
NO.5	VOC—揮発性有機化合物による都市大気汚染	2002年 7月
NO.6	海の呼吸—北太平洋海洋表層のCO <sub>2</sub> 吸収に関する研究	2002年 10月
NO.7	バイオ・エコエンジニアリング—開発途上国の水環境改善をめざして	2003年 1月
NO.8	黄砂研究最前線—科学的観測手法で黄砂の流れを遡る	2003年 4月
NO.9	湖沼のエコシステム—持続可能な利用と保全をめざして	2003年 7月
NO.10	オゾン層変動の機構解明—宇宙から探る 地球の大気を探る	2003年 10月
NO.11	持続可能な交通への道—環境負荷の少ない乗り物の普及をめざして	2004年 1月
NO.12	東アジアの広域大気汚染—国境を越える酸性雨	2004年 4月
NO.13	難分解性溶存有機物—湖沼環境研究の新展開	2004年 7月
NO.14	マテリアルフロー分析—モノの流れから循環型社会・経済を考える	2004年 10月
NO.15	干潟の生態系—その機能評価と類型化	2005年 1月
NO.16	長江流域で検証する「流域圏環境管理」のあり方	2005年 4月
NO.17	有機スズと生殖異常—海産巻貝に及ぼす内分泌かく乱化学物質の影響	2005年 7月
NO.18	外来生物による生物多様性への影響を探る	2005年 10月
NO.19	最先端の気候モデルで予測する「地球温暖化」	2006年 1月
NO.20	地球環境保全に向けた国際合意をめざして—温暖化対策における社会科学的アプローチ	2006年 4月
NO.21	中国の都市大気汚染と健康影響	2006年 7月
NO.22	微小粒子の健康影響—アレルギーと循環機能	2006年 10月
NO.23	地球規模の海洋汚染—観測と実態	2007年 1月
NO.24	21世紀の廃棄物最終処分場—高規格最終処分システムの研究	2007年 4月
NO.25	環境知覚研究の勧め—好ましい環境をめざして	2007年 7月
NO.26	成層圏オゾン層の行方—3次元化学モデルで見るオゾン層回復予測	2007年 10月
NO.27	アレルギー性疾患への環境科学物質の影響	2008年 1月
NO.28	森の息づかいを測る—森林生態系のCO <sub>2</sub> フラックス観測研究	2008年 4月
NO.29	ライダーネットワークの展開—東アジア地域のエアロゾルの挙動解明を目指して	2008年 7月
NO.30	河川生態系への人為的影響に関する評価—よりよい流域環境を未来に残す	2008年 10月
NO.31	有害廃棄物の処理—アスベスト、PCB処理の一翼を担う分析研究	2009年 1月

## 「環境儀」

地球儀が地球上の自分の位置を知るための道具であるように、『環境儀』という命名には、われわれを取り巻く多様な環境問題の中で、われわれは今どこに位置するのか、どこに向かおうとしているのか、それを明確に指し示すべしという意図が込められています。『環境儀』に正確な地図・行路を書き込んでいくことが、環境研究に携わる者の任務であると考えています。

2001年7月 合志 陽一  
(環境儀第1号「発刊に当たって」より抜粋)



このロゴマークは国立環境研究所の英語文字N.I.E.Sで構成されています。  
N=波(大気と水)、I=木(生命)、E・Sで構成される○で地球(世界)を表現しています。  
ロゴマーク全体が風を切って左側に進むように動くのは、研究所の躍動性・進歩・向上・発展を表現しています。