

B-10 温暖化による健康影響と環境変化による社会の脆弱性の予測と適応による
リスク低減化に関する研究

(1) 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

富山国際大学地域学部	安藤 満
独立行政法人国立環境研究所	
環境健康研究領域生体防御研究室	山元昭二・藤巻秀和
大阪大学医学部保健学科	彼末一之・大野ゆう子・雑賀公美子・安間明日香
京都女子大学	中井誠一
産業医科大学産業生態科学研究所	高橋 謙・寶珠山 務
松本歯科大学	川原一祐
山梨県環境科学研究所所長	入來正躬
日本農村医学研究所	清水茂文・浅沼信治
海外研究協力機関	中国環境衛生・衛生工程研究所、武漢職業病防治院

平成 11～13 年度合計予算額 34,792 千円

(うち、平成 13 年度予算額 9,122 千円)

[要旨]

近年世界各地において夏季の異常高温が頻繁に報告されているが、日本においても夏季の記録的高温が報告されている。IPCC の最新報告(2001)によると、今後一層の気温上昇が予測されており、都市域のヒートアイランド現象の増強と併せ、夏季の熱ストレスによる健康影響が重要課題と考えられる。ヒトは一般に気温変化に対する馴化による適応能を保持しているが、気温が順応可能な閾値温度を超えて上昇したときには、健康に対するリスクが増加する。健康のリスクを把握するため、疫学調査と気象データを収集し、気温と健康影響の相互関係について検討した。

代表的熱ストレス疾患である熱中症は毎年全国的に発症し死亡例も多数見られるため、熱中症発症のリスクに関してヒトの適応能を予測するため、地域による変化を比較検討した。日本の調査対象地域は熱中症のリスクの高い亜熱帯域の沖縄県、温帯域の福岡県、神戸市、山梨県と東京都を選定し、中国においては熱中症の発生の顕著な南部の武漢市を選定し、地域住民の熱中症発症と地域の気象条件との関連を解析し、閾値温度を相互比較し適応能について検討した。

熱中症関連疾患で救急搬送患者症例のデータを収集し解析した結果、日本においては熱中症の発生動向は類似し、地域差は比較的少ないことを伺わせていた。熱中症は男性のリスクが女性に比べ著しく高い特徴がある。男性においては、15 歳以上の 65 才未満の年齢層は 65 歳以上の高齢者と変わらない高い熱中症のリスクを示す。女性においては、65 歳以上の高齢者のリスクは同世代の男性に類似したリスクを示す。その一方、15 歳以上の 65 才未満の年齢層においては、男性に比べ女性のリスクが著しく低く、行動的・生理的適応現象が現れていると考えられる。

熱中症の急増する気温には明確な地域差が観られず、日本においては地域による住民の閾値気温に関する適応は少ないことを伺わせる。母集団の多い東京都において 1980 年から 1995 年の 16 年間(リスク人口:1 億 9 千万人)の救急搬送の熱中症患者データを解析した結果、日最高気温が 30℃を超える真夏日は、熱中症発生の閾値温度を超えるため、「熱中症注意報」が必要な日と予想される。さらに日最高気温が 35℃を超える酷暑日は、熱中症発生が急増する状態のため、「熱

中症警報」が必要な日と予想される。今後温暖化の進行に備え、熱中症発症のリスクの低減化に向けた猛暑の直近における熱中症予報や警報が必要と考えられる。日本においては、30℃を超える日最高気温は熱中症発生の閾値温度と予想されるため、リスク低減化のため猛暑の直近における熱中症予報や警報が必要と考えられる。同時に学校教育や一般啓蒙により熱中症のリスクの低減化を図る必要がある。

一方中国武漢市においては、日本に比べ熱中症発生の閾値温度が2℃高く、日最高気温が32℃を超えると熱中症のリスクが上昇する。同じモンゴロイドに属する日本人と中国人ではあるが、馴化による生理的適応と行動学的適応により、夏季の気温に対する熱中症リスクの閾値気温には、明確な適応の違いが存在する。

将来温暖化の進行に際し、このような適応の差が日本でも生じる可能性があるかどうか非常に興味がある課題である。アジアの種々の社会集団に対して技術的適応策と並行して、馴化による生理的適応と行動学的適応を促進し住民の適応能を利用した温暖化対応策により、夏季気温の上昇に脆弱な地域社会を改善していく可能性の検討が必要と考えられる。このことは、熱ストレスの感染症への影響等さらに広範な健康影響を予防していく上からも重要と考えられる。

[キーワード] 熱中症、熱ストレス、ヒートアイランド、健康影響、呼吸器疾患、

1. はじめに：

温暖化による健康リスクの評価を行うためには、現在観測される記録的高温の際に発生する地域住民の健康リスクを解析し、環境温度と健康リスクの関連性を明確にする必要がある。解析に基づき、リスクの増加する閾値温度を確定し、ヒトの高温に対する馴化や行動的適応状況を把握し、地域社会の脆弱性を予測していく必要がある。脆弱性の予測に基づき温暖化の進行に伴う住民の健康影響を予防し、日本やアジアにおける健康リスクの低減化に向け最適な適応対策を確立する必要がある。

既に世界各地において夏季の異常高温が頻繁に発生し健康被害が報告されているが、近年日本においても夏季に記録的高温と健康被害が報告されている。IPCCの最新報告(2001)¹⁾やWHOの報告(1996)²⁾においても、これまでの夏季の高温による健康のリスクが予測されており、温暖化に伴う夏季の熱ストレスによる健康影響が重要課題と指摘されている。住民は長年地域毎の気候条件に適応して生活しているため、一定の気温変化に対しては馴化による適応能を保持している。しかしながら気温が順応可能域を超えて上昇した際には、適応能は破綻し健康リスクが増加すると考えられる。適応域を超える閾値温度を把握することは、温暖化による健康リスクの低減化の方策を検討する上で欠かせない。地域社会の健康のリスクを予測し脆弱性を評価するために、健康リスクに関する疫学調査を実施するとともに、当該時期の気象データを収集し、気温と健康影響の相互関係について解析した。

気温との因果関係が明確な熱ストレス疾患である熱中症は、毎年全国的に発症し死亡例も多数見られるため、熱中症発症のリスクに関してヒトの適応能を予測するため、地域による変化を比較検討した。日本の調査対象地域は熱中症のリスクの高い亜熱帯域の沖縄県、温帯域の福岡県、神戸市、山梨県と東京都を選定し、中国においては熱中症の発生の顕著な南部の武漢市を選定し、地域住民の熱中症発症と地域の気象条件との関連を解析し、閾値温度を相互比較し適応能につい

て検討した。

IPCC(2001)の温暖化予測とヒートアイランドによる気温上昇は相加的に作用するため、これまでの影響予測の幅を広げる必要がある。これまでの研究により、夏季気温の上昇は熱中症を始めとした熱ストレスによる様々な健康影響を引き起こすことが明らかになってきた。一方、地域住民は比較的安定した気候への適応を示しており、熱ストレスに対しても生理的適応や行動的適応を行うと指摘されている。このため熱ストレスに対する健康影響も適応能の観点から解析し、日本全体のリスクを予測する研究が必要とされている。

本研究においては、典型的熱ストレス疾患である熱中症について首都圏、日本国内、中国の事例を比較するとともに、日本全体の予測に基づき「注意報」や「警報」を検討する事態が起こっているかどうかについて検討した。同時に熱中症発生状況の地域差や閾値温度に関して解析するため、福岡県、沖縄県、神戸市において個別の地域研究を実施した。さらに熱ストレスによる免疫系をはじめとした広範な生体機能への影響について予測するため、モデル実験により都市大気汚染との相互作用について解析した。本研究において実施したこれら個別の地域研究とモデル実験の詳細は、本報告の後半に記載している。

2. 研究目的：

既に進行しつつある地球温暖化と都市域のヒートアイランド現象の増強は、局地的に気温上昇を相加的に進めると予測されている。多くの巨大都市の存在する日本やアジアの社会集団の中に温暖化への適応不全の事例が多数発生すると、重大な健康上のリスクとなると予想される³⁾⁴⁾。このため熱ストレス感受性の年齢差や性差を比較検討し、個人の適応能を組み込んだ健康影響を調べる必要がある。その結果に基づき集団内の生理的感受性を反映した社会の脆弱性を予測し、行動的適応や社会的インフラ整備による適切な予防策を確立していく必要がある。

本研究においては、日本を含むアジア地域において温暖化による健康リスクを予測し、生理的順応や社会的適応により将来予想される影響を緩和していく研究を目的としている。このため熱ストレスが強く反映する大都市域を中心に疫学調査資料を収集し、地域社会の脆弱性を健康面より評価する研究を実施した。特に熱ストレスによる代表的疾患である熱中症増加に関しては、人の適応能の向上や地域社会の社会的適応策により、社会全体の健康影響の低減化の可能性に関して研究を遂行した。

研究では夏季における熱中症の発生動向と気象データを神戸市、福岡県、沖縄県、山梨県で収集し、東京都における調査と比較しつつ、気温への適応能の有無と熱中症の急増する閾値温度に関する研究を進めた。研究により得られた閾値温度の解析と熱中症に関する疫学調査に基づいて、地域社会の脆弱性を気温の予測に沿った「事前の注意喚起」により、熱中症への関心を強めその影響を緩和し、発生の低減化に結びつけることの可能性について検討した。さらに熱ストレスの広範な生体機能への影響について明らかにするため、都市域で顕著なオキシダント汚染と高温環境が感染抵抗性に及ぼす相互的影響について解析した。

本研究は、アジア地域の温暖化のシナリオによるアジアの地域社会ごとの気候変化を予測し、疾病に関する疫学調査に基づいて地域社会の脆弱性を評価するとともに、生理的順応と社会的適応により健康影響を緩和し、温暖化影響の低減化に結びつけることを目指している。

3. 研究方法：

夏季高温環境下における熱ストレスに対する住民の生理的順応と、適応破綻により健康障害の発生する閾値温度についての関係を把握するため、代表的熱ストレス疾患である熱中症の症例の収集を行った。日本においては夏季に強い熱ストレスの予想される九州、関西、関東において救急搬送症例データの収集を行い、地域間比較と個人差の解析を進めた。日本に比べさらに夏季の熱ストレスの強いことで知られる中国武漢市において、救急病院における熱中症患者の搬送症例データの収集を行い、国際比較のため解析を進めた。

東京都消防庁および各自治体消防本部に保存されている救急搬送記録より熱中症の症例データを収集しコンピュータ入力後、気象観測点における同期間の気象データを入手し解析に供した。入手データは1日単位で集計し、危険人口として調査地域の年央人口を用い1日発生率を算出し、気象要因が及ぼす影響を調べた。

山梨県については県消防防災課の救急搬送記録より熱中症症例を入手するとともに、県医師会の協力を得て、内科、外科、産婦人科、小児科など熱中症に関係する各科の医師会会員を対象に質問票による調査を実施した。質問項目は熱中症発生状況、発生時所見（体温、症状、一般状態）、熱中症患者の主な既往歴、治療内容、熱中症の経過、熱中症の予後等である。

中国武漢市については、住民の馴化適応能と適応破綻による健康障害の発生する閾値温度について国際比較するため、日本と同様に熱中症に関する疫学データを収集した。熱中症の症例に詳しい医師が、武漢市内の救急病院を訪問し、カルテより熱中症の症例の収集し、コンピュータ入力後解析した。同時期の気象データは中国武漢市の日別気象関連データを収集し、コンピュータ入力し解析した。

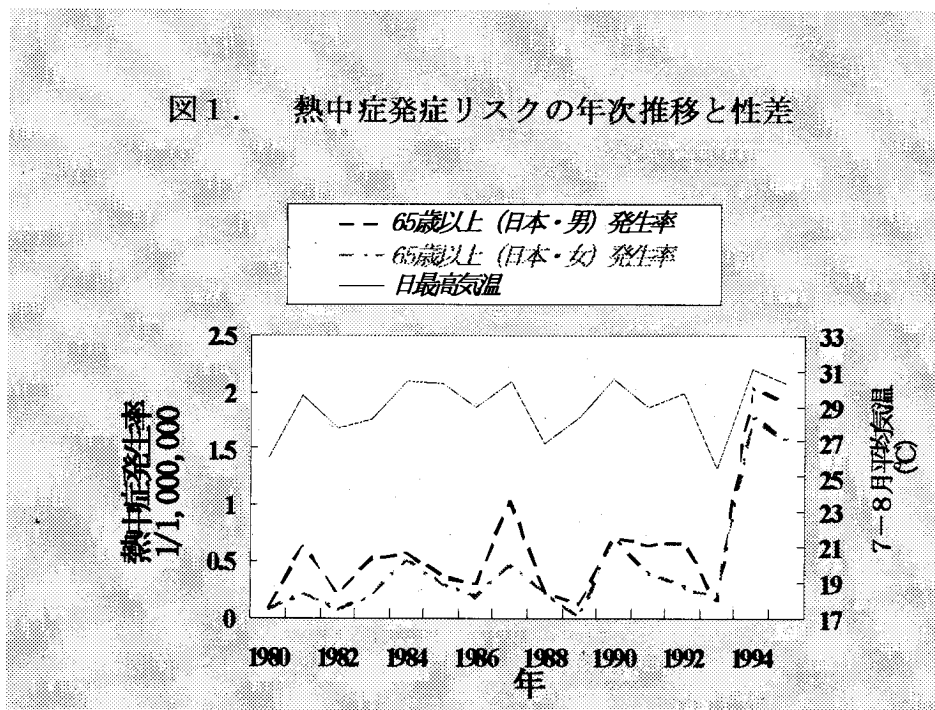
熱ストレスは免疫系をはじめ広範な生体機能に影響するため、代表的呼吸器疾患である肺炎への影響について救急搬送症例データを解析し、気象データ及び大気汚染に関する測定データとの関連について解析した。さらに熱ストレスはラジカル生成を促進し生体機能を低下させることが予想されるため、熱ストレスの広範な健康影響について検討した。夏季気温の上昇は熱ストレスによる呼吸器系への障害に加え、光化学オキシダントの生成を促進すると予測され、呼吸器へのリスクは重大と考えられる。このため温暖化に伴う熱ストレスによる肺の感染防御能に対する影響と、オゾン暴露による複合影響を明らかにする予測実験を行った。

4. 結果・考察：

熱ストレスに曝される地域住民の間における馴化適応能の解析は、健康影響のモデルを完成する上で重要な分析項目である。健康障害の発生する閾値温度への住民の適応能について検討するため、代表的熱ストレス疾患である熱中症の症例の収集と解析を、熱ストレスの顕著な九州圏、関西圏、関東圏の地域集団について実施した。さらに国際比較のため、中国武漢市において救急搬送症例データの収集を行い、気象要因との関連について解析を進めた。

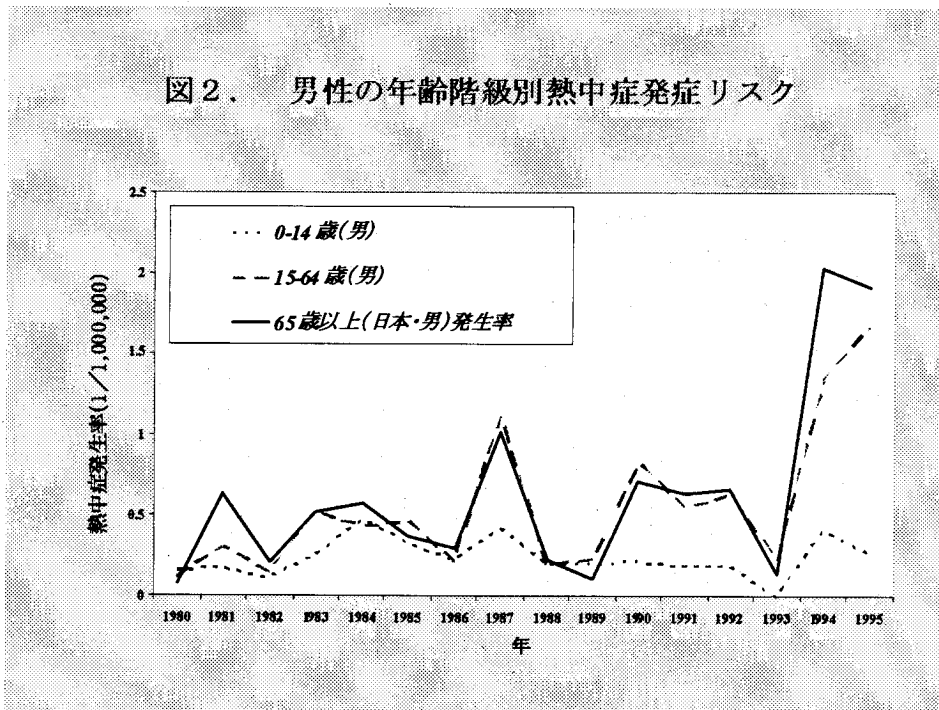
解析に用いるリスク人口の多い東京都においては、長期にわたる救急搬送記録を入手し、熱中症発生の性差、年齢差について解析した。1980年から1995年の16年間（リスク人口：1億9千万人）に渡る熱中症患者発生と、7、8月の平均日最高気温の関係を図1に示す。

図1. 熱中症発症リスクの年次推移と性差



熱中症は最高気温の高い年に多発しているが、特に1994年と1995年は熱中症発症が多い。また女性に比べ男性の発生率が明らかに高い特徴がある。この傾向は他の地域においても共通して観察されている。男性の年齢階級別熱中症発生リスクを図2に示す。男性の熱中症発生については、15-64歳の年齢層におけるリスクと65歳以上の年齢層におけるリスクが高く、14歳以下のリスクが低い。

図2. 男性の年齢階級別熱中症発症リスク



女性の年齢階級別熱中症発生リスクを図3に示す。女性においては、64歳以上の熱中症発生の