

地球温暖化による人類の生存環境と 環境リスクに関する研究

—地球環境研究総合推進費シンポジウム報告書—

Proceedings of Symposium on Evaluation of the Effects
and the Risks of Global Warming on Health

期日 平成5年9月10日

会場 国立環境研究所

安藤 満 編
Edited by M. Ando

NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

環境庁 国立環境研究所

巻頭の辞

二酸化炭素の上昇に伴う温暖化が科学的な議論の対象となり始めたのは、1960年代末からであったと記憶している。温暖化に対応した生物の反応に対する予測の不正確さと、その後一時的にみられた世界的寒冷化の進行が、地球温暖化問題を今日まで持ち越してきた。この経緯を振り返ったとき、今回のシンポジウムのように、地球温暖化の影響についての予測を科学することは、もっとも基礎的な作業の一つで、一時的な流行とは別に根気よく続けなければいけないことと感じる。

ヒトを含め生物の適応力にはすばらしいものがあり、事実現在問題となっている以上の温暖化にも十分対応してきたようである。そのことを考えていくと、今日温暖化で問題となっているのはその大きさではなくその早さであり、地球環境問題の急進展に対し、急速な対応を迫られている理由もそこにある。

地球環境問題全てに共通することではあるが、温暖化の健康リスクに関しても既存の科学的知見を適用して、如何に科学的検証に耐え得る正確な予測を行うかが問われている。そのためにはこれまでの環境研究の既成枠を越えた多方面の知識を必要とすることになる。温暖化の健康リスクの研究に際しても多くの方々に協力いただき、本シンポジウム報告書の場合を借りて記して感謝したい。

また独り地球環境のみではなく多くの環境分野において、国際的広がりをもった研究活動が必要とされている時代に際し、環境研究の学際性と国際性のため今後とも諸学兄の更なる協力をお願いする次第である。

平成5年9月

国立環境研究所副所長
鈴木継美

B-13 地球温暖化による人類の生存環境と環境リスクに関する研究

研究課題代表者 安藤 満 (国立環境研究所)

(1) 熱波・熱ストレスの健康影響に関する研究

①生理生化学的影響に関する研究 研究代表者 安藤 満 (国立環境研究所)

②社会集団への影響に関する研究 研究代表者 内山巖雄 (国立公衆衛生院)

(2) 動物媒介性感染症の拡大予測に関する研究

研究代表者 小野雅司 (国立環境研究所)

シンポジウム報告書の内容は、環境庁「地球環境研究総合推進費」による、地球の温暖化 (B-13) 研究の一環として実施したものである。

地球環境研究総合推進費シンポジウム
**地球温暖化による人類の生存環境と
環境リスクに関する研究**

日時 平成5年 9月10日(金) 13:00-17:00
場所 国立環境研究所 第三会議室(本館3階)

開会の挨拶

国立環境研究所 安野正之

セッションⅠ 地球温暖化の予測

国立環境研究所 沼口 敦

セッションⅡ 熱ストレスによる健康影響

[生理生化学的影響]

山梨医科大学 入来正躬
東京都老人総合研究所 浅木 恭
松本歯科大学 川原一祐
国立環境研究所 安藤 満

[社会集団への影響]

国立公衆衛生院 内山巖雄
国立公衆衛生院 佐々木昭彦

セッションⅢ 動物媒介性感染症の拡大予測

国立環境研究所 小野雅司
群馬大学 鈴木 守・川合 覚
長崎大学 高木正洋
琉球大学 宮城一郎

閉会の挨拶

国立環境研究所 三浦 卓

目 次

巻頭の辞	国立環境研究所副所長 鈴木継美	
セッション I	地球温暖化の予測	1
	国立環境研究所 沼口 敦	
セッション II	熱ストレスによる健康影響	
	[生理生化学的影響]	
熱ストレスによる生理機能の変化		6
	山梨医科大学 入來正躬 東京都老人総合研究所 浅木 恭	
高温負荷と生体の影響－動物実験による病理組織学的研究		12
	松本歯科大学 川原一祐	
熱ストレスによる生体影響－暑熱負荷による生化学的影響		17
	国立環境研究所 安藤 満	
	[社会集団への影響]	
人口動態統計死亡票と栄養調査の分析		22
	国立公衆衛生院 内山巖雄	
種々の社会集団における温度環境と生活行動の調査		27
	国立公衆衛生院 佐々木昭彦	
セッション III	動物媒介性感染症の拡大予測	
東アジア地域におけるマラリア及び媒介蚊の地理的分布と、 その規定要因の解明に関する研究		32
	国立環境研究所 小野雅司	
動物媒介性感染症の拡大予測－マラリアへの影響		34
	群馬大学 鈴木 守・川合 寛	
亜熱帯・中国云南省南部におけるコガタハマダラカの生態		38
	長崎大学 高木正洋	
琉球列島におけるハマダラカの分布・生育状況		43
	琉球大学 宮城一郎	
Appendix WHO(1990): POTENTIAL HEALTH EFFECTS OF CLIMATE CHANGE 気候変化による健康影響の予測(抄訳)		48
	国立環境研究所 安藤 満	

セッション I

地球温暖化の予測

地球温暖化の予測

国立環境研究所大気圏環境部 沼口 敦

1 はじめに

温暖化現象の予測には、

- 温室効果気体の増加予測
- 平衡温度上昇とそれに伴う大気現象の予測
- 海の熱慣性による遅れを考慮した時間発展の予測
- 生物圏、社会システム等の各系の応答と相互作用の予測

のような諸段階が存在する。我々のグループでは、このうち、第2、第3の点について数値モデルを用いた研究を行なうために、現在モデルの開発を行なっている。

2 地球温暖化予測モデルの現状

地球温暖化を予測する数値モデルとしては、重点とする対象によっていろいろな物が考えられる。温室効果ガスの濃度が与えられた場合の温暖化の程度と、それにとまなう現象を予測する場合によく用いられるものは、以下のようなモデルである。

2.1 鉛直1次元放射対流平衡モデル

鉛直1次元放射対流平衡モデルは、鉛直1次元方向のエネルギーの流れのみを考慮し、大規模な大気の流れを直接取扱わないモデルである。主に各種温室効果気体が大気放射過程を通じて直接的に大気の変化する効果を評価することに用いられる。気体の放射過程については精度よく計算することが可能だが、雲や地表面を通じたフィードバックは正しく評価することができないので、フィードバックを含めた議論は定性的なものに留まる。

2.2 全球3次元大気大循環モデル

全球3次元大気大循環モデルは、全地球上を3次元の格子で切って風速、温度、水蒸気量などを表現し、その時間発展の方程式を解くことによって、外部から与えた条件に対応した大気の平均的状态を求めるものである。陸地表面の温度、水分に関しても内部で求めるのが普通である。具体的には、標準的な格子間隔は水平方向で300km、鉛直方向で1km程度であり、バランスした大気状態を得るまでの計算を行なうのに、スーパーコンピューターで数十から数百時間の計算を必要とする。外から与える条件としては、海の表面水温(SST; sea surface temperature)、CO₂などの気体濃度、陸地表面の特性(反射率など)であり、これらが変化した場合の大気の応答の評価に用いることができる。

2.3 海洋混合層と結合した全球3次元大気大循環モデル

地球温暖化の予測においては、SSTの変化を無視することはできない。そこで、大気大循環モデルを簡単なSSTの予測モデル(海洋混合層モデル)と組み合わせることにより、SSTを予報変数として扱うモデルとして用いることが行なわれる。この海洋混合層モデルでは、平衡状態に達したときの応答に関しては、海洋循環が変化しないと仮定する限りにおいて定性的に正しいものとなりうる。しかし、海洋の熱的な慣性の効果が正しく評価されないため、その時間的变化は現実のふるまいとは異なる。

2.4 全球3次元大気海洋結合大循環モデル

現実的なシナリオを考えてCO₂が徐々に増加して行く時の年々の温度変化量を知りたい場合などには、海洋の循環による熱の輸送と蓄積を考慮する必要がある。それには海洋の循環をあらわに表現する3次元の海洋大循環モデルを大気大循環モデルと結合して用いることになる。

2.5 湧昇拡散海洋モデル(0~1次元)

大気と海洋の結合モデルは非常に多くの計算量を必要とするので、いくつかのシナリオを与えて比較するなどという研究は困難である。そこで、IPCCのレポートなどでは、海洋の熱的な慣性の効果のみを考えた湧昇拡散海洋モデルを用い、大気モデルの平衡状態での温暖化量を入力として与えることによって、海洋による応答の時間的遅れを入れた温暖化の時間的推移を評価している。

2.6 局地3次元大気循環モデル

全球を対象としたモデルにおいては、計算量の制限から分解能がせいぜい数百 km であり、地域的な応答を見るには明らかに不足している。その点を補うために局地的であるが格子点の細かい大気循環モデルを用いて、全球モデルの結果を境界条件として与えて予測計算を行なうことが試み始められている。

2.7 モデルの問題点

現在の大気モデルおよび海洋モデルは、与えられた境界条件の下での気候の再現という点において全く問題ないというレベルには達していない。特に降水量などの水循環過程関係においてモデルの間の差異がかなり大きい。また、現在の気候が再現できれば温暖化時の気候予測が正しいとは必ずしも言えないことに注意しなければならない。特に、雲、雪氷、地表面などに係わる各種のフィードバック過程が、いかに正しく表現されているかが大きな問題であり、観測ならびに理論的研究の充実が望まれている。

3 地球温暖化予測の現状

ここでは、海洋混合層モデルと結合した大気大循環モデルを用いて予測した、CO₂ 倍増加時の平衡温度上昇とそれに伴う直接的な大気変動の予測を中心に述べる。

3.1 温度上昇

全球平均の気温の上昇幅は、モデルにより 2°C から 6°C となっている (図 1)。その違いは各モデルのいろいろな物理的過程の取扱いの差に起因するが、特に雲の量とその放射特性の取扱いの差が大きい。昇温量が特に大きいのは高緯度の冬であり、雪氷の減少によるフィードバックが効果的である (図 2)。一方、低緯度海洋上の昇温は比較的小さい。

3.2 降水量の変化

全球降水量は、大気を含みうる水蒸気の増加と共に増大する。大きな昇温を予測するモデルほど降水量の増加も大きい傾向がある (図 1)。中高緯度では特に冬期で増加の傾向が強いが、局地性が大きい。低緯度では積雲対流の活発な場所の移動を伴うため、増加域と減少域が混在し、モデル間の差異が大きい。

3.3 土壌水分の変化

冬期高緯度で降水の増加により湿潤化し、夏期中緯度では蒸発の増加が効いて乾燥化するが、かなりモデル間の差異が大きい。

3.4 雲量・日射量の変化

雲量は高緯度で湿潤化のため増加する(5%程度)。低緯度・中緯度では、積雲の増加と層雲の減少のために下層の雲量は5%程度減少するが、上層の雲は増加する可能性がある。日射量はこの雲量の変化の他、水蒸気の増加、雲の放射特性の変化によって変化する。そのため、日射量の変化の見積りはモデルによって定性的に異なる。

3.5 日変化、日々変動、年々変動、極値の変化

温暖化により気温の日変化幅は減少することが理論的に予測されるが、モデルによる見積り量は僅かなもの(0.2°C程度)である。局所的には、土壌が乾燥化する地域で日変化幅がかなり大きくなる。気温の日々の変動度は雪氷が減少する冬の高緯度域で小さくなること、中緯度の陸上でやや大きくなる領域がみられる他は、特に大きな変化は現われない。これは年々の変動についても同様である。降水に結びついた変動の活発化、特に台風の強化などについて理論的な予想がなされているが、それを確かめるためにはモデルの分解能等が不十分であり、まだ確認されてはいない。

3.6 海洋の熱慣性による応答の遅れ

現実的なシナリオに基づいて漸増するCO₂に対する応答は、海洋の熱慣性に対応する遅れを伴い、平衡応答の60%程度になる。変化のパターンは平衡実験に似るが、南極周辺および北大西洋北部では海洋深層との混合が盛んなために温度変化がかなり小さくなる。

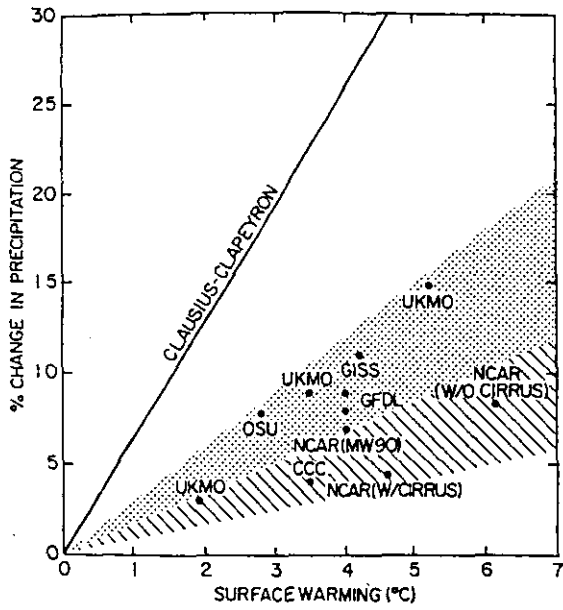


図 1: 各モデルによる, 全球平均地表気温上昇量 (横軸) と全球平均降水量 (縦軸). Washington and Meehl (1993).

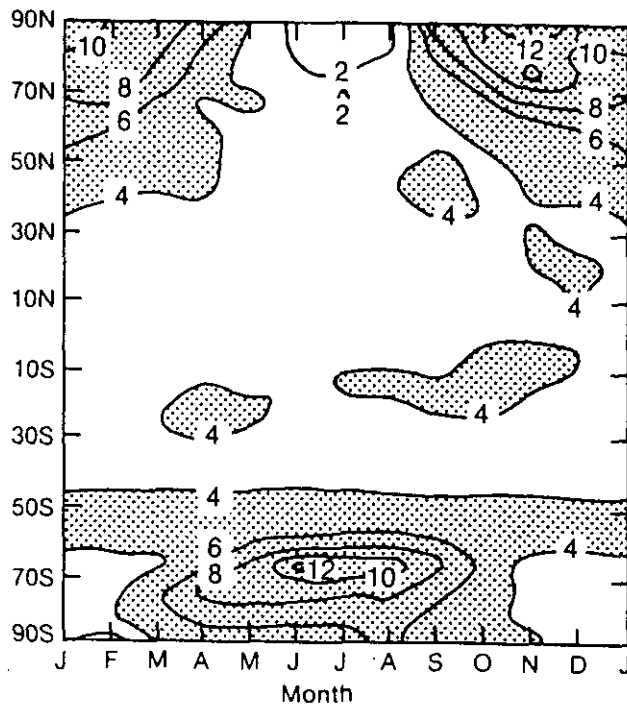


図 2: GISS モデルによる, 地表気温上昇量の緯度 (縦軸)-月 (横軸) 分布. IPCC(1990).

セッションⅡ

熱ストレスによる健康影響

熱ストレスによる健康影響

— 熱ストレスによる生理機能の変化 —

山梨医科大学 入来正躬
東京都老人総合研究所 浅木 恭

地球温暖化の人の健康に及ぼす影響を図1に模式的に示した。地球温暖化にともなう気候変動は、直接的に、また間接的にも人の健康に影響を与える。直接的な作用として、熱波ストレスの作用のほか、UV放射増加による皮膚癌や白内障の危険が報告されている。間接的な作用として地相変化による食糧不足のための飢餓の危険が予測されている。さらに地相変化のために媒介動物やアレルゲンの分布の変化が起こり、災害や大気汚染とともに伝染病やアレルギー疾患の増加がある。また新しい疾患の発症が危惧されている。ここでは熱ストレスの人の健康に及ぼす作用についてとりあげる。

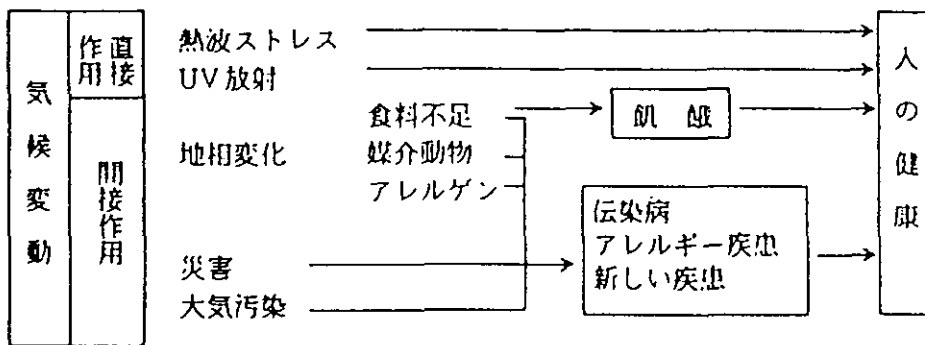


図1 気候変動（地球温暖化）と人の健康影響

1. 熱ストレスの体温調節系への作用

よく知られているように、熱ストレスにより熱放散の増加と熱産生の減少が起こる。皮膚からの放射や伝導・対流による熱放散（乾性熱放散）量の増加は、皮膚血流量の増加による皮膚温上昇による。また発汗により皮膚からの水分蒸発が増加することによる熱放散（湿性熱放散）量が増加する。これにより核心温が上昇しないよう調節が行われる。しかし、熱ストレスが非常に強く、生体に供給される熱量（熱吸収）の増加が熱放散量の増加をさらに上回ると、核心温が上昇しはじめる。また熱ストレスの持続が長いと、汗腺などの疲弊がおこるため熱放散反応が不十分となり核心温の上昇がはじまる。

核心温が正常範囲を超えて上昇した状態は、高体温（症）といわれる。図2に

高体温時の区分をまとめた図を引用した。核心温が41℃を超えると、体温調節機能が著しく障害される。このため体温調節反応である熱放散の反応が起こらなくなる。皮膚血流は血圧低下のためにむしろ減少して、顔面が蒼白となる。発汗反応も起こらなくなる。

核心温上昇による死の危険は、42℃を超えると危惧される。44℃を超えると短時間に限って耐え得るのみである。45℃を超えると短時間でも生体の酵素系に不可逆的な変化が起り回復が難しい。

核心温が正常範囲を超えると熱中症とよばれる状態となる。熱中症には熱痙攣、熱疲労、熱射病の病態がある。熱痙攣は多量の発汗が続き、水分は補給されても、Naなどの電解質の補給が不十分なときに下肢や腹壁の筋肉に好発する強直性痙攣である。

熱疲労では、大量に発汗して、水分またはNaが欠乏するための循環血漿量減少のために虚脱がおこる。循環血漿量減少の程度により、頻脈、乏尿、低血圧となる。まだ発汗機能は残っているので、核心温は40℃を超えない。元気な若齢者に起りやすい。処置が遅れると熱射病となる。

熱射病は、核心温が41.5～42℃を超えて体温調節機能が著しく障害された状態である。昏睡、皮膚乾燥（発汗停止）、頻脈かつ微弱などの症状を呈する。脳、肝、心、腎の細胞に障害がみられ、DIC（播種性血管内凝固）などの多臓器の障害がおこる。これらの変化が高体温そのものにより引き起こされるのか、低酸素や他の機序も関与しているのかについては、なお検討が続けられている。熱射病は体温調節機能など生体調節機能の低下した高齢者、病弱者などに起こりやすい。

2. 熱ストレスのホメオスタシス調節系への作用

ホメオスタシス（内部恒常性）維持は、生体の生存に不可欠の条件である。体温のほかに、循環血漿量、心拍出量、血液ガス濃度、血漿の浸透圧、PH、ナトリウム、カリウム、カルシウム、ブドウ糖、脂肪酸、アミノ酸のそれぞれの濃度などが一定の値に維持されている。ホメオスタシス維持には多くの生体調節系が相互に関連しながら関与している。

熱ストレスによる熱出納に直接関連する体温調節反応のみではなく、他の生体

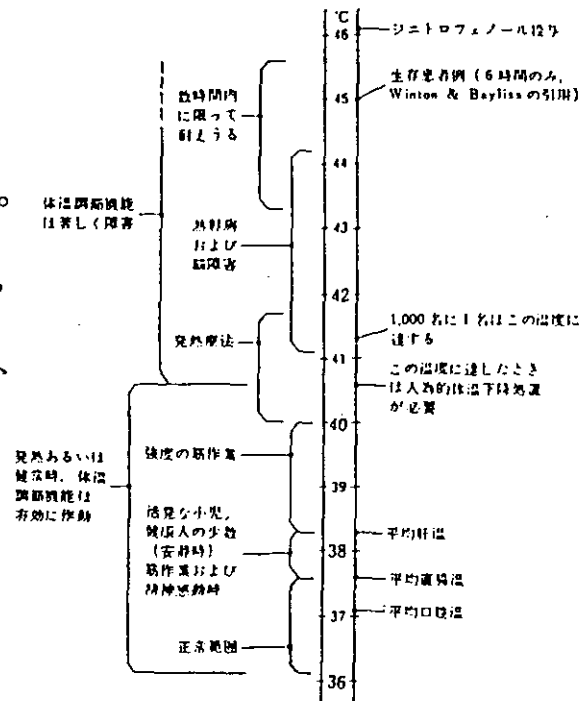


図2 高体温（ヒト）の区分

機能にも変化がみられる。次のような例も報告されている。図3に、熱ストレスにより引き起こされる交感神経地域性反応（不均一性交感神経系応答）を示した。

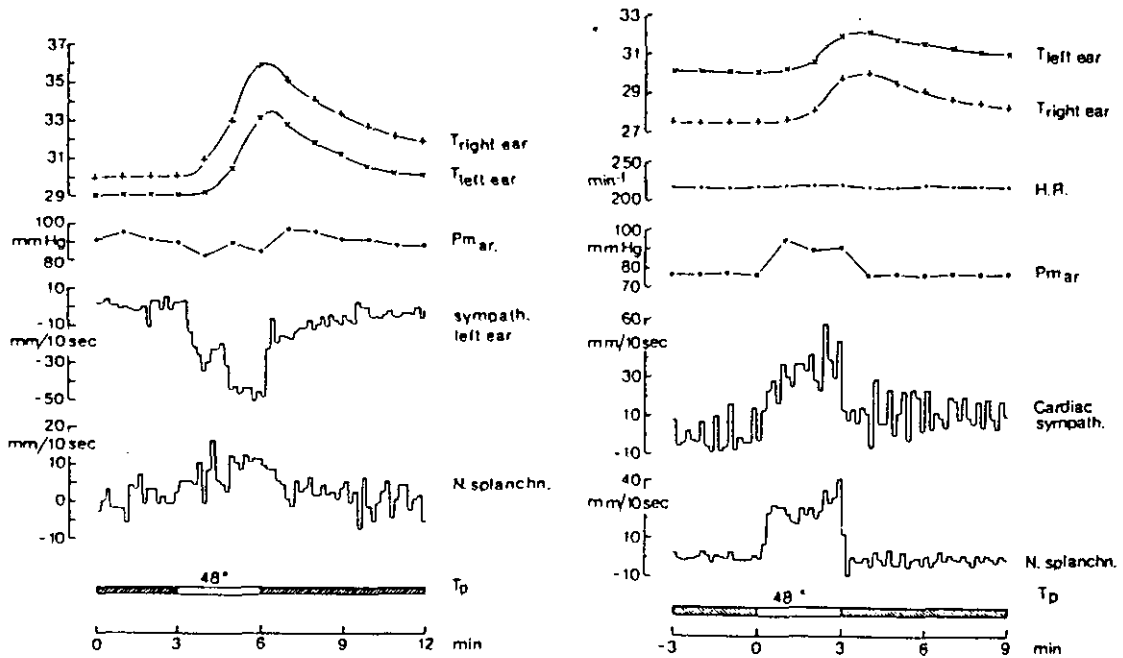
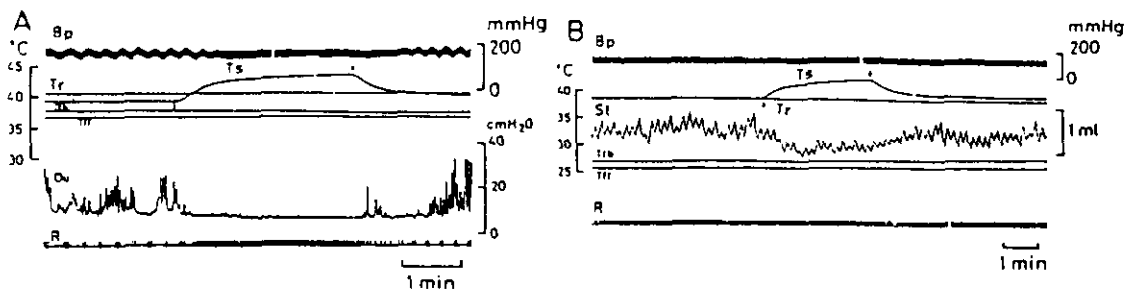


図3 熱ストレスに対する交感神経系の応答 (Iriki & Simon, 1973)

熱ストレスにより皮膚交感神経（血管収縮神経）活動性が低下し、皮膚血管が拡張して皮膚温が上昇する。しかし、同時に内臓交感神経と心交感神経の活動性は反対に増加している。冷ストレスでは、これと逆のパターンがみられた。

図4は、熱ストレスの胃と腸の運動への作用を示している。熱ストレスにより胃腸運動が抑制される。



The effects of spinal cord heating on the motility of the duodenum (A) and of the stomach (B) in the anaesthetized dog. (Tutiya & Iriki, 1974)

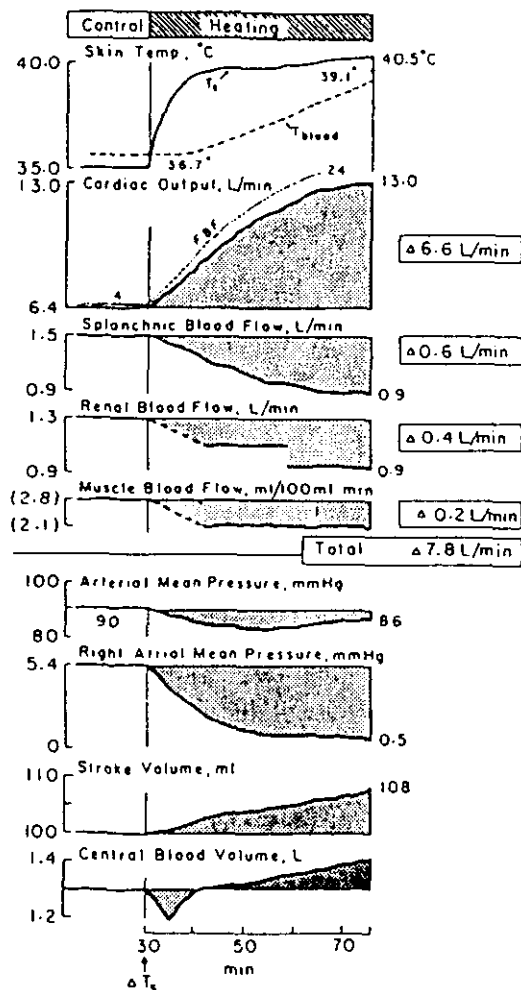
図4 熱ストレスに対する (A) 十二指腸と (B) 胃運動の応答

図5は、熱ストレスの心血管系への作用を示している。熱ストレスにより前腕（皮膚）血流量が増加する。つまり、末梢に血液が貯留し、心臓への環流血が減少し、その結果平均血圧と右心室平均圧が低下する。この低下を補うように体内部の内臓、腎血流量は低下し、循環血液量維持に働く。さらに皮膚血流量が増加すると補償の限界を超え、中心静脈圧の低下、ひいては心拍出量の低下がおこる。このような循環系の異常が熱中症の発症に重要な役割を果たしている。

熱ストレスによって、このように種々の生体機能の変化がおこる。熱ストレスの生体への影響を検討するときには、単に体温調節のみに注目するだけではなく、

このような生体の種々の機能の応答にも注意することが重要であろう。

温度刺激が体温調節反応のみでなく、他の生体機能にも影響を与えると同時に、温度刺激以外の刺激も体温調節反応に影響を与える。たとえば、よく知られているように、脱水状態の個体では発汗反応が起こりにくい。これは血液量受容器の刺激が、体温調節反応である発汗反応に影響するためである。このように、熱ストレスに対する生体の応答を検討する際には、体温調節系のみならず、ホメオスタシス維持調節系との関連を考慮することが重要である。



Cardiovascular response in humans at rest warmed with a water-perfused suit. T_s =skin temperature; T_{blood} =blood temperature; FBF=forearm blood flow (representing skin). From Rowell (1974), courtesy of the American Physiological Society.

図5 熱ストレスに対する心血管系の応答

3. 熱ストレスの生体防御系への作用

熱ストレスは、上述のようにホメオスタシス調節系に作用するほかに生体防御系にも作用することが明らかにされつつある。生体防御系は、細菌など微生物の生体への侵入に対して作動する。免疫系がこれを担当している。免疫系の機能は、大きく体液性免疫と細胞性免疫に分けられる。前者は、抗原の生体内への侵入に対して、特異的に結合するリンパ球である骨髄由来のB細胞 (bone marrow derived cell) が抗体産生細胞に分化し、抗原に特異的な抗体を産生することによって機能する。後者は、骨髄由来のリンパ球であるが、胸腺を経て発生するT細胞 (Thymus derived cell) が、抗原又は、ウイルスや細菌に感染した細胞、腫瘍細胞、他の個体からの移植細胞に対して、選択的に活性化する免疫応答である。T細胞は、いくつかの亜集団があり、細胞障害性 (キラー)、ヘルパー、サプレッサーT細胞などがある。このうちヘルパーT細胞とサプレッサーT細胞は、B細胞の抗体産生細胞への分化をそれぞれ促進したり、抑制することによって体液性免疫にも関与してくる。したがって、T細胞は、細胞性免疫にだけ働くのではなく、免疫応答全体を制御する機能をもつことが明らかにされてきている。

熱ストレスが、免疫機能に、どのような影響を与えているか、マウス (C57BL/6) を用いて検討した。熱ストレスは、急性に暴露した群と、長期暴露による体温調節系ではみられる順化、慣れの影響を考慮した群を用意した。具体的には、22°Cで飼育している対照群と、36.5°Cに4日暴露したAcute群と2週間暴露したAcc群を用いた。暑熱暴露期間の違いによる免疫能への影響について、その結果を以下に要約する。

体重は、熱ストレスにより減少したが、Acute群とAcc群で差がなかった。胸腺重量は、暑熱で減少したが、長期暴露で少し回復がみられた。胸腺の細胞数は、Acute群で減ったが、Acc群で回復した。成熟したT細胞やB細胞などの免疫細胞が多く定着している主な器官の代表として脾臓を調べた。脾重量は、暑熱により減少し、長期暴露での回復がみられなかった。脾細胞の数は、暑熱暴露期間が長いほど減少した。さらに脾細胞を膜表面抗原の違いにより、T細胞とB細胞に分けてみると、T細胞は、Acc群で減少し、B細胞は、暑熱暴露期間が長いほど減少した。

以上の臓器重量、免疫細胞の数の変動によっても免疫系に対する熱ストレスの影響が示

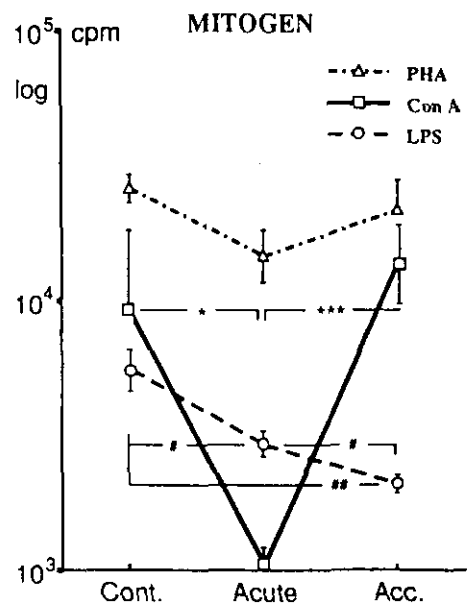


図6 マイトジェン反応

されるが、より細胞レベルの機能を明らかにするために、マイトジェン反応（リンパ球幼若化反応）をみた。マイトジェンとは、抗原ではないが、リンパ球を活性化し、細胞分裂を誘起するレクチンで、T細胞を活性化するフィトヘマグルチニン（PHA）とコンカナバリンA（Con A）、さらにマウスのB細胞を活性化するリポポリサッカライド（LPS）を用いた。図6にその結果を示す。PHAでは3群で差がなかったが、Con Aでは、Acute群で低下し、長期で回復を示した。しかし、LPSでは、暑熱暴露とともに低下を示した。

T細胞依存性の抗体産生能をみるためにヒツジの赤血球（SRBC）を抗原とした抗SRBC抗体産生能を赤血球の溶血斑（PFC）でみた結果を図7に示す。抗体産生能は、脾臓器当たりまたは、脾細胞当たりでも、暑熱暴露により低下した。

以上、今回7週齢と若いマウスを用いた結果は、急性の熱ストレスに対して免疫機能がダメージを受けた。長期の熱ストレスに対して免疫系の一部に適応とみられる回復がみられたが、抗SRBC抗体産生能、LPSのマイトジェン反応などをみると、B細胞を介した免疫能への侵襲は大きく、回復がみられなかった。

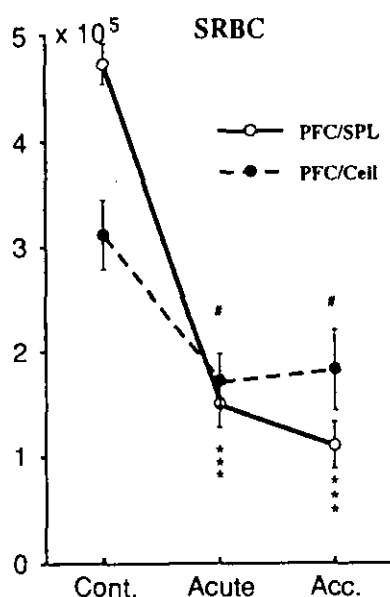


図7 抗SRBC抗体産生反応

参考文献

- 大原孝吉 体温調節不全. 温熱生理学 中山昭雄編 理工学社, pp. 465-472, 1981
- Iriki, M. & Simon, E. Differential autonomic control of regional circulatory reflexes evoked by thermal stimulation and by hypoxia. *AJEBAK* 51, 283-293, 1973
- Tsuchiya, K., Kozawa, E. & Iriki, M. Changes of gastrointestinal motility evoked by spinal cord cooling and heating. *Pflügers Arch.*, 351, 275-286, 1974
- Hales, J.R.S. Proposed mechanisms underlying heat stroke. In: *Heat stress*, Eds. Hales, J.R.S. & Richards D.A.B., Excerpta Medica, Amsterdam, pp. 85-102, 1987

高温負荷と生体の影響 — 動物実験による病理組織学的研究 —

松本歯科大学 川原一祐
日本農村医学研究所 浅沼信治、佐々木喜一郎
臼田 誠、松島松翠

1. はじめに われわれの生活様式は時代とともに変化し、それに伴って消費されるエネルギー量は増加の一途をたどっている。このため地球の環境は急速に変わり、一つの結果として自然環境の温暖化が指摘される。

社会環境としては長寿、高齢化の現象と相まって、人間の環境への適応性が相対的に低下し、健康問題に深刻な影響が考えられる。

地球環境の温暖化をモデルとした動物実験を行い、組織解剖学的な検索を行った。

2. 材料及び方法 被験動物はマウス（18例）、ラット（155例）、モルモット（44例）；（合計217例）を用いた。温度条件は、25、30、32、35℃とし、湿度はいずれも40±10%に設定した。温度被曝期間は、2日～42日間で比較した。検索は組織学的に顕微鏡観察、および細胞学的に電顕観察を併用した。

3. 結果および考察 32℃温度被曝を28日間（4週）連続的に経過した例から病理組織学的変化が明確になった。ラット、マウス、モルモットとも肝、腎心、肺、内分泌系およびリンパ系各臓器に所見を得た。

肝：35℃、42日間（6週）被曝の群では全例に肝静脈と小葉下静脈の周辺にある肝細胞に膨化や萎縮がみられた。電顕的には脂肪顆粒の増生とマイクロ小体の変形分布が目立ち、ミトコンドリアの変形、小胞体の増生が伴われた。肝の小葉構造や門脈系には特異所見はなかった。32℃、28日間（4週）の群からこれらの諸変化が現われはじめ、高温被曝の程度に応じてそれらは増強した。血液とは直接物質交換がない部位から、血管拡張に基づく血流速度の減衰や渦流形成、粘性の増加などにより、蓄熱効果が促進され、マイクロ小体由来の脂肪酸化酵素の活性異常が考えられた。

腎は肝に比べて組織学的変化が現われる時期はやや遅れる傾向がある。腎の葉間静脈、弓状静脈には拡張傾向がみられ、毛細血管の拡張は中等度である。尿路では糸球体に特異はなく、尿細管上皮に軽度な浮腫と尿細管内腔、特に遠位尿細管内に円柱状および不整形のタンパク様物質の貯溜が散見された。これも高温負荷の程度に応じて増加がみられた。32℃、2日目の群から35℃、42日間（6週）の各群に認められた。

心は高温の負荷により冠状静脈には拡張の傾向があり、毛細血管にも軽度ながら同様で、鬱血像が散見された。35℃、28日間（4週）の群から右心室壁の心筋細胞に萎縮がみられ、35℃、42日間（6週）の群では全例にこの変化が出現した。心筋細胞はH-E染色で好酸性に傾き、筋線維が萎縮して細胞間隙が目立つ。核は萎縮的で不整形を呈した。この部位には反応性の細胞浸潤が局所的にみられた。好発部位は右室壁上位で右心房に近く、やや背側に現われた。

肺は気道末梢部の肺胞に拡張の傾向がみられ、小気腫の形成がみられた。肺門近域の気管支にそった肺野には浮腫が散見された。肺動脈および肺胞の毛細血管には特異がなかった。気腫形成や浮腫などの所見はやはり高温負荷の依存性があり、35℃、42日間（6週）の群に多数認められた。

内分泌系として副腎では皮質球状帯にリポイドの減少がみられた。甲状腺では濾胞の形態が不揃いで、小濾胞を形成した部位では濾胞上皮細胞は小型で重層があり、緊満性であった。対照的に巨大濾胞が混在した。35℃、42日間（6週）の群で顕著であった。

リンパ系として、腸間膜リンパ節では、やや腫大傾向を示し、輸出管側の髄質にリンパ球の流失像がみられた。脾の白脾ではリンパ濾胞の縮小とこれを取り巻く細網組織球系の増生があった。これらの所見も高温負荷の程度に依存性であった。

4. 参考文献

- 1) 小川和朗ほか： 電子顕微鏡学事典， 朝倉書店， 1968
- 2) Shlomo Shibolet et al: Heat Stroke:A Review. Aviation, Space and Environmental Medicine, 280, March 1976
- 3) George H. A. Clowes et al: Current concepts, Heat Stroke. The New England Journal Of Medicine, 564, Sept. 12, 1974
- 4) Christiansen E. N. et al: Effects of thermal treatment on mitochondria of brain, liver and ascites cells. Acta Physiol. Scand, 76: 472, 1969

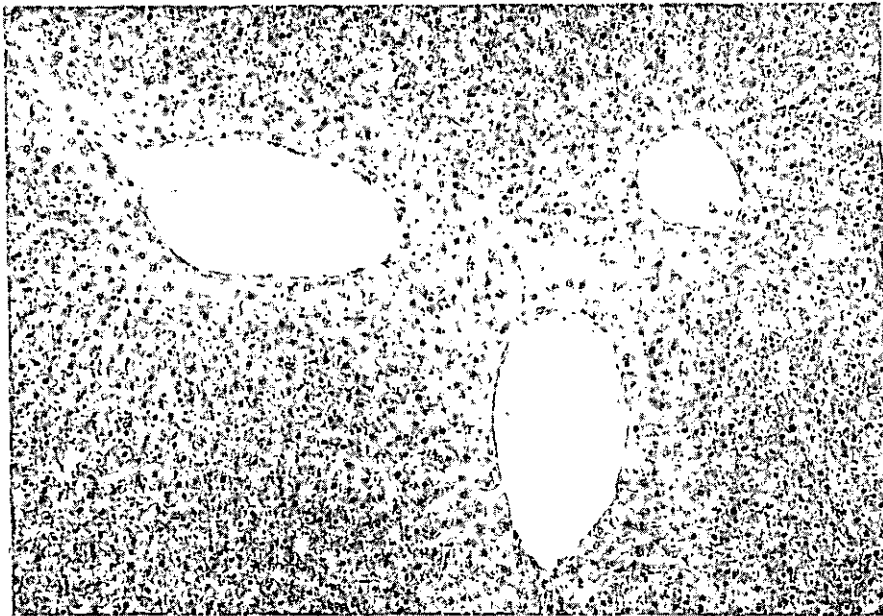


図1. 35℃の温熱ストレス下、一週間目のラット肝。肝静脈、小葉下静脈周囲の肝細胞には膨化と空胞変性が著しい。(100倍)

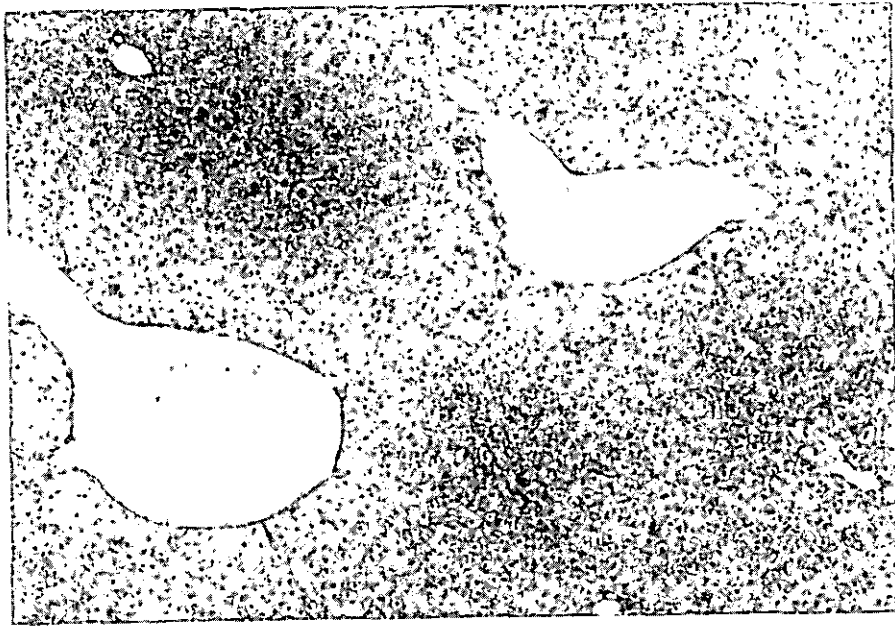


図2. 35℃の温熱ストレス下、六週間目のラット肝。肝静脈、小葉下静脈に近接した肝細胞には膨化が著しく、萎縮した肝細胞が散見される。(80倍)

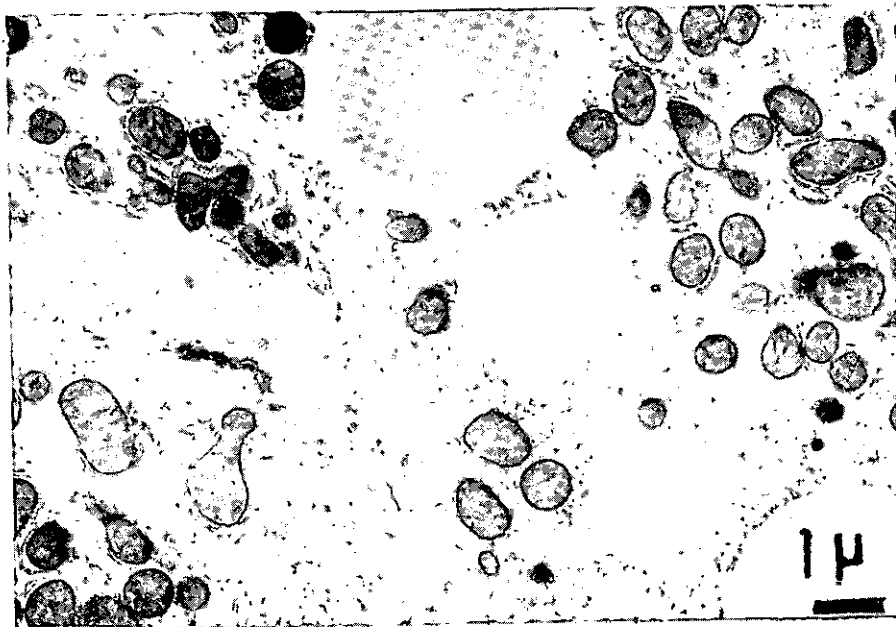


図3. 35℃の温熱ストレス下、一週間目のモルモット肝の電子顕微鏡写真。脂肪顆粒とペルオキシゾーム(マイクロ小体)が近接し、ミトコンドリアの変形がみられる。(5000倍)

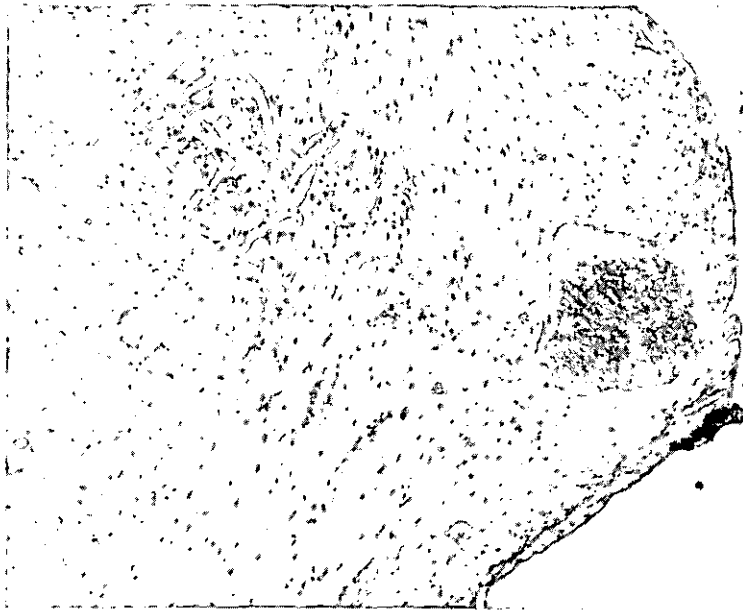


図4. 32℃の温熱ストレス下、六週間目のラット心。右心室壁の心筋萎縮巣。
心筋細胞には巣状の萎縮があり、筋線維束は細く、細胞間隙が目立つ。核
も萎縮的で濃染性である。近くの冠状静脈は拡張し、うっ血像がある。
(100倍)

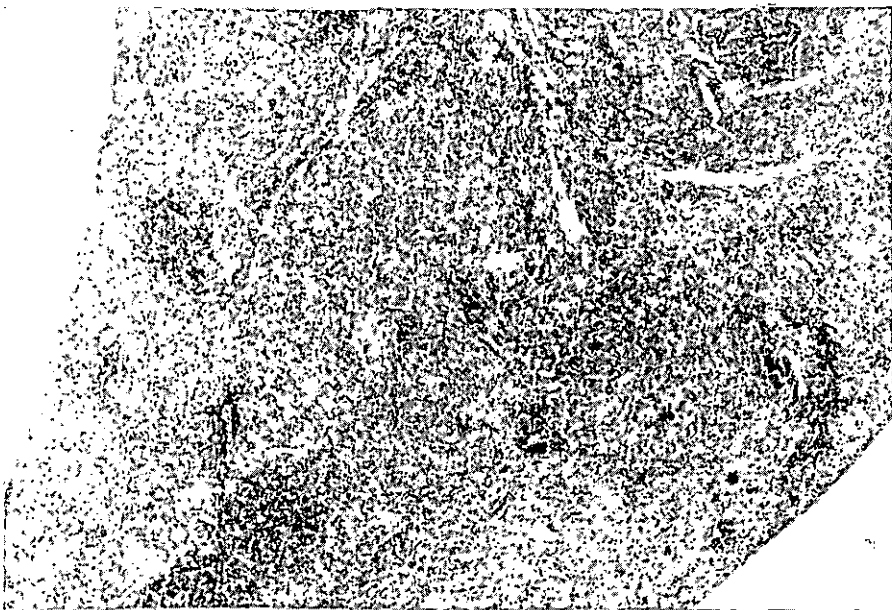


図5. 32℃の温熱ストレス下、六週間目の脾。白脾野ではリンパ濾胞が萎縮性
で、近接した脾索の細網細胞系の増殖により、リンパ濾胞は圧排されてい
る。赤脾野へリンパ球の流出もみられる。(80倍)

熱ストレスによる生体影響 — 暑熱負荷による生化学的影響 —

国立環境研究所 安藤 満・山元昭二
日本農村医学研究所 浅沼信治・松島松翠
福岡女子大学 若松國光

1. はじめに 地球温暖化の健康リスクを考慮する際は、大陸性気候帯やヒートアイランド現象の際観察される夏期の暑熱や熱波による熱ストレスの解析が重要である。その際、年齢、健康状態、生理的適応能に加え、先進国と開発途上国の間にみられる社会的適応の違いを充分考慮する必要がある。急速な高齢化社会の進展と並行した暑熱の負荷増大は、調節機能と適応能力の低下している高齢者の健康に深刻な影響を及ぼすと予想される。暑熱による健康障害は、高齢者に集中することが判明しており、地球温暖化に伴う夏期の熱ストレスによる高齢者等の健康リスクの予測が必要とされる。このため暑熱の著しい地域における健康リスクの予測のための詳細な疫学調査と、熱ストレスによる細胞・組織レベルの障害発現機構の解明のためのモデル実験を並行して行った。

2. 調査・方法 熱波が頻繁に襲来する中国において国際共同調査を実施し、暑熱と疾病や死亡発生との関連について検討した。さらに熱波の状況を基準として、大気大循環モデルによるIPCCの夏期の気温上昇予測(BaU)に基づいたモデル実験を行い、暑熱による細胞、組織への影響発現機構を解明した。このため高体温症を人工環境制御下でのモデル実験によって再現し、健康障害の発現機構を解明した。疫学調査結果と実験的研究により環境温度による肝細胞等の生体障害発現機構を生化学的手法を用いて解明した。

3. 結果および考察 中国南京市の日中共同調査に基づき、熱波の際の平均気温・最高気温と熱射病患者発生数、熱射病患者の死亡数との関連性について検討した。図1に示すように、平均気温が数日連続して32℃を超えた最初の猛暑の時期に、熱射病患者が多発している。平均気温が数日連続して32℃を超えた再度の猛暑の時期の熱射病患者の発生は、最初ほど著しくなかった。熱射病患者の死亡動向と気温との関係は、患者発生動向ほどには明確ではない。中国ではこのような著しい熱波の際は、屋外での労働の制限、労働時間の短縮や休暇等により熱中症の発生の予防に努めている。さらに昏睡等の中枢神経障害や肝障害を伴う熱射病が発生する場合に備え、救急医療体制を整備している。

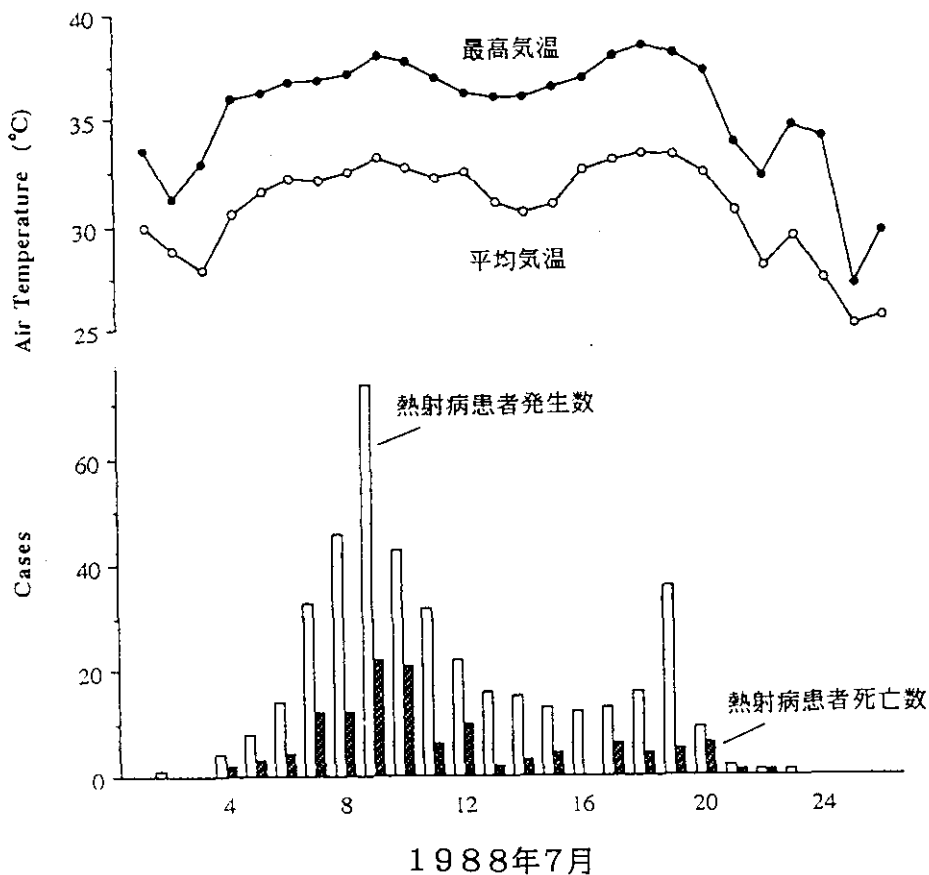


図1 中国南京市における熱波の際の熱射病患者の発生数推移

中国において熱波による健康障害が観察された時期の気温に、IPCCの2030年の上位昇温予測値を加味し、平均気温25℃、30℃、35℃、湿度40±10%の人工環境下における高体温症のモデル実験を実施した。実験動物に暑熱負荷を加えた際の細胞、組織、臓器への影響を、病理組織化学的検索と並行して、生化学面について検討し、急性・亜急性の健康障害の発生機構を解析した。

図2に示すように、暑熱下では動物の核心温が上昇し、高体温の症状を示すが、高体温症に伴い多彩な生体の障害が起こる一方、生化学的修復機構と生理的適応が働く。病理組織学的研究により明らかにされたように、暑熱負荷による高体温症に伴い肝静脈と小葉下静脈の周辺にある肝細胞における膨化や萎縮が現れる。

暑熱負荷による肝細胞の生化学的変化としては、図3に示すように、核心温の上昇の初期にラジカル障害が引き起こされ、暑熱負荷の続く間過酸化脂質の生成が増大する。過酸化脂質生成の増大は、生体高分子の変性をもたらし、細胞の代謝機能の低下に結びつくため、広範な生体障害作用へと進展する恐れが強い。

その一方図4に示すように、ラジカルに対する防御系酵素として重要なグルタ

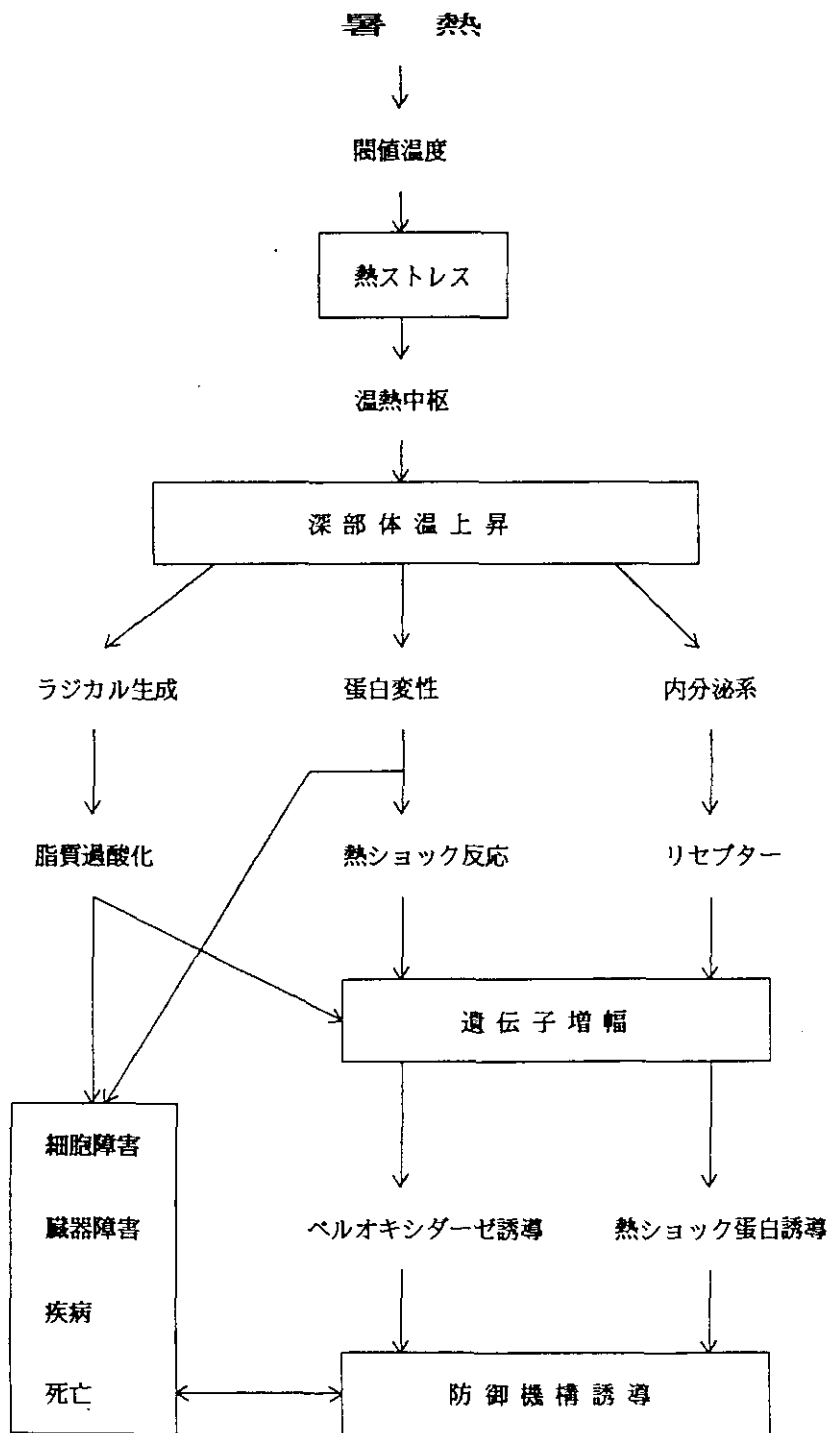


図2 熱ストレスによる生体障害機構と防御機構の発現

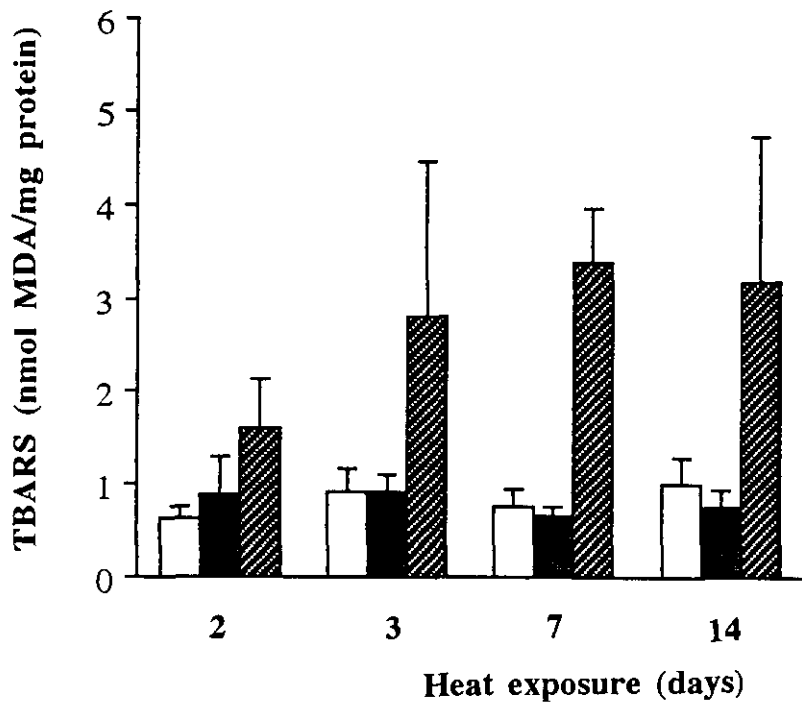


図3 熱ストレス負荷による肝臓の過酸化脂質生成
 (□ : 25℃ ■ : 30℃ ▨ : 35℃)

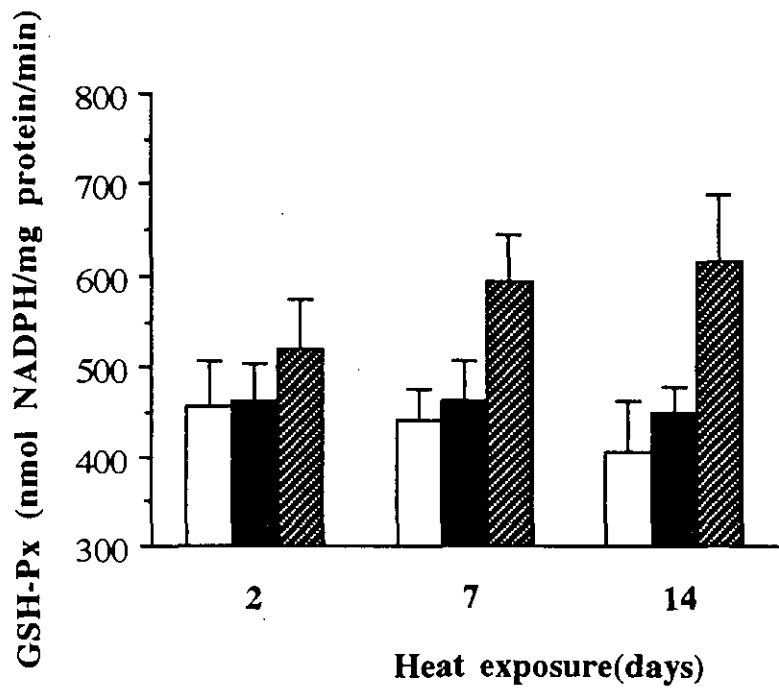


図4 熱ストレス負荷による肝臓のグルタチオンペルオキシダーゼ活性の変化

チオンペルオキシダーゼ活性が誘導される。このようにラジカル障害に対する適応として、熱ショック蛋白の誘導やラジカル障害に対する生化学的防御機構が発現することが明らかになった。

4. 結論 暑熱による健康影響解明のため、熱波時の健康障害に関する日中共同調査と、暑熱負荷下の実験動物における高体温症の影響に関する実験を行った。著しい猛暑が頻発する中国南京市における熱波時の実態調査により、高体温症発生には閾値が存在し、数日連続して平均32℃を超えた最初の猛暑の時期に、熱射病患者が多発していた。また再度の猛暑の時期における熱射病患者の発生は、最初ほど著しくなかった。このような暑熱の顕著な影響の違いは、生理生化学的適応の発現と社会的適応の違いによると考えられる。熱射病患者の死亡動向は患者発生と類似してはいるが、患者発生動向ほどには明確な気温依存性はない。

熱波による健康障害が観察された時期の気温を基準に、IPCCの昇温予測値を加味し、高体温症発症のモデル実験を実施し、健康障害の発生機構を解析した。暑熱下では動物の核心温が上昇し、高体温の症状を示した。

高体温症の動物においては、肝静脈と小葉下静脈の周辺にある肝細胞における膨化や萎縮といった病理組織学的変化と並行して、細胞の脂質過酸化によるラジカル障害が引き起こされ、細胞の代謝機能の低下等、広範な生体障害作用へと進展する。その一方、ラジカル障害に対する生化学的防御機構が発現するため、高体温症による生体障害と生体防御機構の関連を明らかにする必要がある。

5. 参考文献

- Hales, J.R.S., and Richards, D. A. B. 1987: Heat Stress. *Excepta Medica*
- WHO Task Group 1990: Potential Health Effects of Climatic Change.
- 安藤 満 1990:地球温暖化に伴う健康リスク 日本農村医学会誌 39巻 907-913.
- U.S.EPA 1990:The Potential Effects of Global Climate Change on the U.S.
- Ando, M. 1990: The IPCC Impacts Assessment. WMO/UNEP/IPCC pp.27-31.
- 安藤 満 1991: 地球環境変化の進行と健康リスクの予測 日本公衆衛生雑誌 38巻 469-471
- Ando, M. 1991: Risk evaluation of global warming on health. WMO/TD No. 435 pp. 49-54
- 安藤 満 1991: 地球環境問題と健康 医学のあゆみ 157巻 647
- 安藤満、鈴木継美(編著) 1992: 地球の気候変化と健康リスク 合同出版
- 安藤満1992: 地球環境変化と疾病および免疫 アレルギー 金芳堂 pp.108-117
- 山元昭二、安藤満、浅沼信治: 温熱環境下で飼育したモルモットの体温・血液性状・血液生化学性状の変化と温熱適応 アニテックス 5,39-44, 1992

熱ストレスによる健康影響

[社会集団への影響（I）人口動態統計死亡票と栄養調査の分析]

国立公衆衛生院 内山 巖雄・上田 伸男・佐々木 昭彦
東京大学医学部 柏崎 浩
国立環境研究所 本田 靖・小野 雅司

1. はじめに

地球温暖化による健康影響は、IPCCによりいくつかのシナリオが描かれているが、実際にそれを確認するためには、種々の情報をもとにした長期的観察が重要である。しかし、わが国のように都市化の影響の強い地域では、環境温度は人為的に制御されており、その健康影響はより複雑なものとなっている。また、それと共に現代社会に生活する我々は様々な社会生活上のストレスのもとに生活している。本研究班は、地球温暖化の集団的健康影響のリスクを評価するために、どのような情報が必要か、また、それらの情報を多角的にどのように評価したら良いかを研究目的とした。本シンポジウムでは、その1部として人口動態死亡票および県民栄養調査を用いた分析を報告する。

2. 日最高気温と死因別死亡率との関係

(1) 資料と方法 資料として1972年、1980～1990年の12年次における人口動態統計死亡票（総承統第156号）による毎日の死亡数と気象庁の各測候所における毎日の気象情報ファイルを用いた。今回は我が国で比較的気温の高い九州地方（沖縄県を除く）を選び、日最高気温別総死亡率および死因別死亡率を調べた。日最高気温別総死亡率の求め方は、Rogetらの方法を改変して行った。即ち、各県における日最高気温を県庁所在地で代表させ、図1の横軸に示す様に両端を33℃以上、8℃未満とし、その間を5℃毎に区切る6つのカテゴリーに分けた。各県ごとに、1年間のうちで各カテゴリーに属する日数にその年の県人口を乗じて人日を求め、同時に各カテゴリーに属する日の県内死亡数を求めた。各カテゴリーにつき、各県の死亡数の和を各県の人日の和で除し、九州地方の日最高気温別総死亡率とした。同様の方法で日最高気温別死因別死亡率を求めた。1972年の死因は、第8回修正の国際疾病分類、1980年以降は第9回修正のものを用いた。

(2) 結果と考察 図1は、1972年の性別日最高気温別総死亡率である。日最高気温が上がると総死亡率は減少し、28～33℃の日が最も低くなるが、33℃以上の日に再び増加するV字型のパターンを示した。1980年以降もほぼ同様のパターンを示して推移しており（図2, 1990年）、この間のエアコンの普及などをはじめと

する社会経済的変化の影響をあまり受けていないように思われた。各死因別の解析では、図3（1972年）に示す様に循環系疾患死亡が気温と最も強い関連を示し、総死亡率と同じパターンを示したが、日最高気温が33℃以上の日の死亡率の上昇が見られない年もあった（図4, 1985年）。これは、死亡数が少なくなるために統計上値が不安定になることの他に、湿度、年齢との関連も考えられる。その他の疾患では呼吸系疾患がやや気温との関連を示した。循環系疾患の中では、脳血管疾患、心疾患死亡率が気温との関連が強く、虚血性心疾患ははっきりした関連は示さなかった（図5, 1972年、図6, 1990年）。

今回は九州地方の粗死亡率と日最高気温との関連を分析したのみであるが、現在、日本全地域の粗死亡率および、年齢調整死亡率に関する分析を続行中である。

図1 日最高気温と総死亡率との関係、九州（1972年）

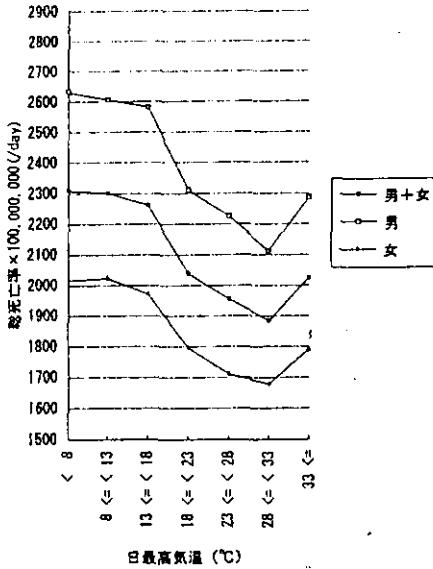


図2 日最高気温と総死亡率との関係、九州（1990年）

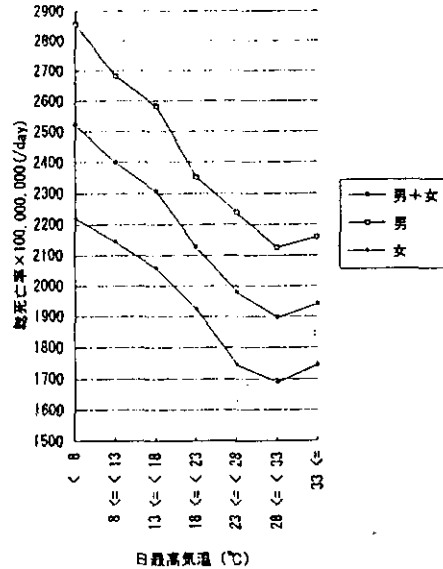


図3 日最高気温と死因別死亡率との関係、九州（1972年）

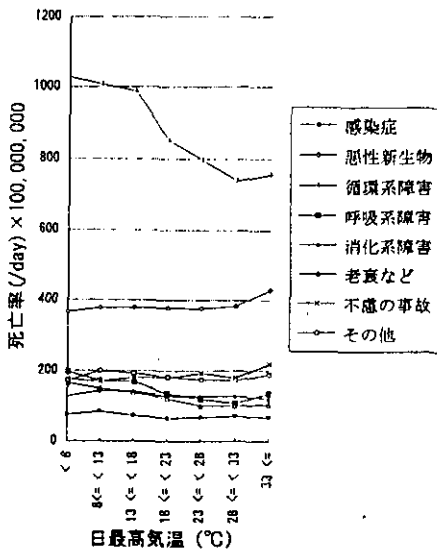


図4 日最高気温と死因別死亡率との関係、九州（1985年）

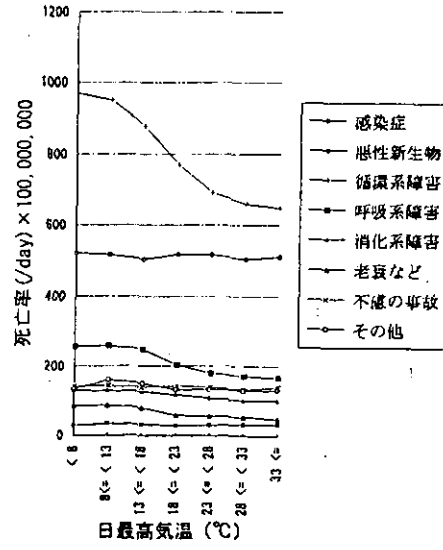


図5 日最高気温と死因別死亡率との関係、九州（1972年）

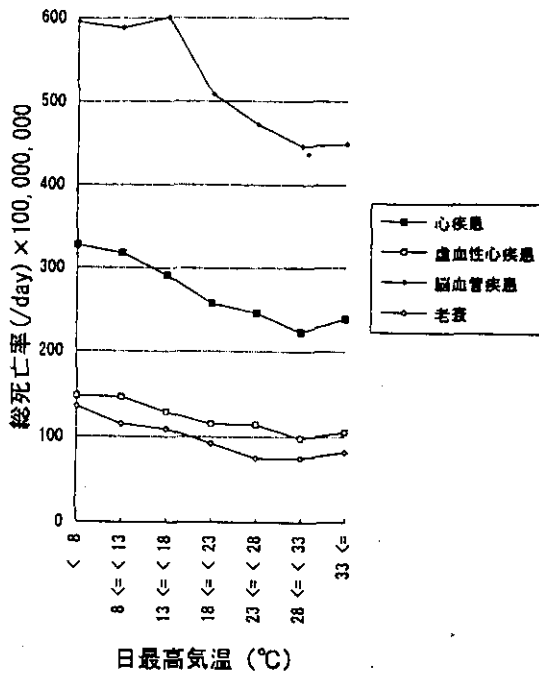
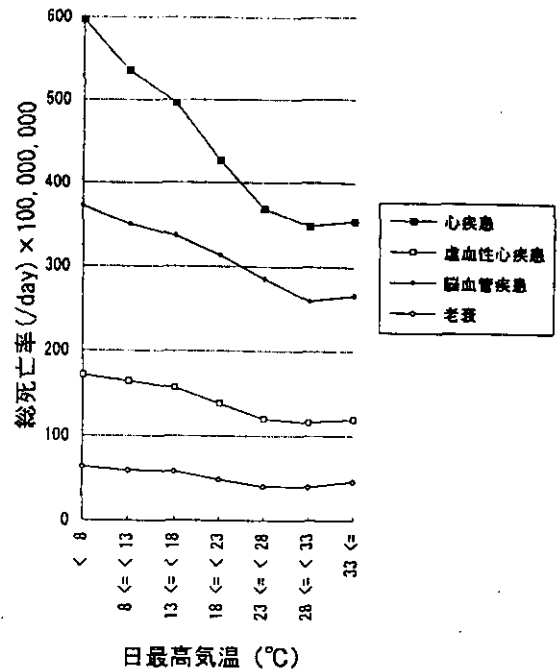


図6 日最高気温と死因別死亡率との関係、九州（1990年）



3. 食物摂取量と気温との関係

(1)資料と方法 1982年～1990年までの主に11月に行われた県民栄養調査報告書と、気象庁地域気象観測記録および学校保健統計を用い、平均気温とエネルギー摂取量および各種栄養素摂取量との関係を解析した。対象地区は、北海道、宮城、秋田、山形、栃木、群馬、新潟、富山、長野、静岡、三重、兵庫、島根、広島、高知、福岡、佐賀、熊本、沖縄の1道18県、計345地区（都市部193地区、町村部152地区、1地区平均23.6世帯、70.9人）で、国民栄養調査法に準拠した3日間の食事記録より得られた成人1人1日当たりの栄養摂取量と、対象地区に最も近い気象庁気象観測所の11月平均気温とを対応させた。

(2)結果と考察 対象地区の平均気温は1～24℃であった。沖縄県を除いた都市部と町村部の平均気温に差はなかった。各地区の平均気温とエネルギー摂取量（図7）、蛋白、糖質、および脂質摂取量との間には有意の負の相関が認められた。即ち、気温の高い地区ほどエネルギー摂取量および各栄養素摂取量が少なかった。この傾向は都市部よりも町村部に顕著であった（表1）。

従来から気温の低い地域の人種ほど体型が大きいことが知られている。そこでこの要因を補正する目的で、学校保健統計から、20歳の県別年度別体型（身長、体重）を推計し、BMI（Body mass index）を求めた。対象地区の栄養摂取量をこれらのBMIで補正し同様の方法で平均気温と各栄養素摂取量との関連を検討した。この結果、補正した後もいずれの摂取量も有意の負の相関を示し、特に糖

質は強く認められた。

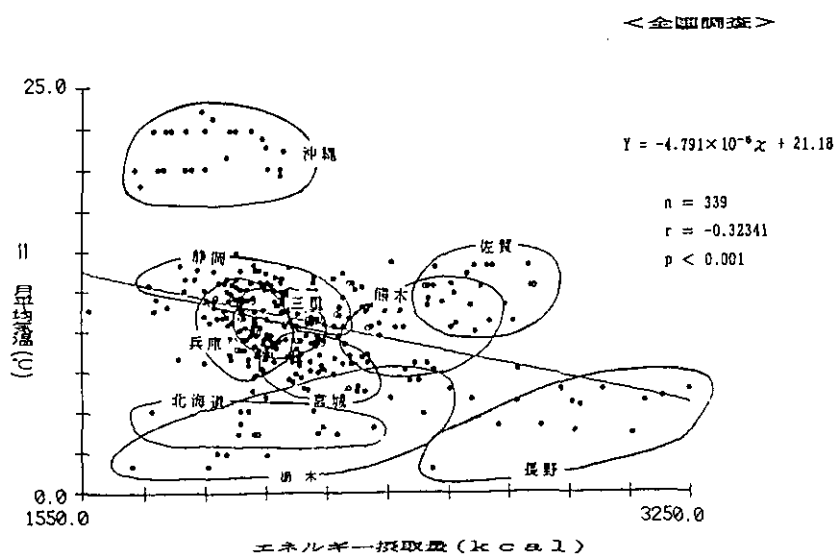
年代を1982～1986年、1987～1990年の2つに分けて同様の分析を行うと（表2）1986年まではより強い負の相関が認められ、町村部で顕著であったが、1987年以降は平均気温と各栄養素摂取量との相関は認められなくなり、わずかに糖質摂取量が平均気温との負の相関を示した（全体および町村部）のみであった。

以上より、体格で補正しても平均気温と各栄養素摂取量は負の相関が認められたが、これは1982～1986年の町村部でより顕著であり、最近はその傾向は認め難くなってきた。これは最近郊外の農村の都市化が進んで、都市と農村のライフスタイルが似てきたこと、暖房、エアコンの普及により生活環境温度の差が外気温ほど無くなってきたことなどが推測される。

いずれにせよ、我が国の場合、地球温暖化によりある程度の気温までは食物摂取量は減少する方向にシフトすることが予測されるが、その場合に、栄養状態の変化がおこる可能性は否定できない。今後は同じ地区で異なる気温の時の栄養調査を行い継続的に観察する要がある。

4. 今後の研究の課題

現在はっきりとした地球温暖化がおこっていない段階での疫学調査には限界がある。従って、地球温暖化による健康影響を集団として捉えるためには、今後長期的なモニタリングが必要である。しかし、集団としての健康影響を評価するための指標として何が最も効果的かもはっきりしていない。平成5年度からはこれらの視点から、既存の各種データおよび、新たに必要なデータを収集し長期健康影響モニタリングが可能となるようなデータベースの作成を中心として研究を継続していく予定である。



単相関係数値

地 域	全 体 (N=321)	都 市 (N=179)	農 村 (N=142)
エネルギー	-0.194 ^{***}	-0.093	-0.298 ^{***}
たんぱく質	-0.170 ^{**}	-0.118	-0.280 ^{***}
脂 質	-0.228 ^{***}	-0.115	-0.379 ^{***}
糖 質	-0.366 ^{***}	-0.240 [*]	-0.505 ^{***}
エネルギー摂取量 = 2185±262 kcal (1569~3245 kcal, n=321) たんぱく質摂取量 = 80.1±10.2 g (34.0~110.7 g, n=321) 脂 肪 摂取量 = 57.6±8.6 g (35.5~94.6 g, n=312) 糖 質 摂取量 = 307.5±39.4 g (232.0~495.0 g, n=291) 11月 平均気温 = 10.0±2.77 °C (1.5~14.9 °C, n=316)			

いずれも沖縄県を除く

Abbreviation : *; p<0.05 **; p<0.01 ***; p<0.001

表1 平均気温と栄養素摂取量との相関係数

年代	一年代背景一			〈単相関係数値、男性〉		
	1982~1986			1987~1990		
地域	全 体 (N=128)	都 市 (N=64)	農 村 (N=64)	全 体 (N=187)	都 市 (N=110)	農 村 (N=77)
平均気温	9.1±3.47	9.1±3.52	9.1±3.42	10.6±1.91	10.7±1.93	10.6±1.89
エネルギー	-0.204 [*]	-0.102	-0.314 [*]	-0.007	0.078	-0.108
たんぱく質	-0.248 ^{**}	-0.155	-0.335 ^{**}	-0.035	0.046	-0.044
脂 質	-0.274 ^{**}	-0.116	-0.430 ^{***}	-0.020	0.050	-0.159
糖 質	-0.322 ^{***}	-0.207	-0.457 ^{***}	-0.154 [*]	-0.103	-0.261 [*]

Abbreviation : *; p<0.05, **; p<0.01, ***; p<0.001.

ただし、沖縄県を除く

表2 年代別による平均気温と栄養素摂取量との相関係数

熱ストレスによる健康影響

2. 社会集団への影響 (II) 種々の社会集団における温度環境と生活行動の調査

国立公衆衛生院 内山 巖雄・上田 伸男・佐々木昭彦
東京大学医学部 柏崎 浩
国立環境研究所 本田 靖・小野 雅司

1. はじめに

温暖化による都市構造や生産-消費関係を介する生活の変化が、新たな健康リスクの増加をもたらすと考えられる。環境温度は都市生活の基本的条件であり、暑熱への適応は社会的規模の温度調節に依存し、この調節は人々の行動選択と結び付いている。したがって健康リスクを予測するためには、都市の温度環境や家庭での空調利用と関連した人々の行動、とくに活動レベルが高く、必要不可欠である労働環境、通勤・通学、消費行動における暑熱暴露、を観察する必要がある。本研究では、都市の一般中高年者とより若年のオフィス労働者の生活行動を調査して、実測された時間別・行動別心拍数と温度環境から、健康リスクを評価するための手法の開発を課題とした。また亜熱帯性気候で、空調が急速に普及した那覇市近郊の空調利用と健康影響を調査し、職業や地域特性との関連性を検討した。

2. 調査対象と方法

中高年者として選んだ千葉県M市の健康増進センター利用者（男15人、平均49.1歳、女16人、53.7歳）は、常勤・パートの就労者が各々57%、38%で、全員が屋内作業に従事していた。夏期の睡眠時の空調利用は20%であった。1990年8月と1991年2月に2回調査した。24時間心拍数・環境温度（ T_m ）自動記録計を装着し、行動を自己記録した。また、自転車エルゴメータ負荷より求めた最大酸素消費曲線と平均心拍数からエネルギー消費量（ EE ）を推定した。オフィス労働者は東京の大手コンピュータソフト会社の男性25人（平均29.5歳）で、1991年7-8月の平日に調査した。職場は都心部の3ヶ所の雑居ビルで、日中は集中冷房により24-27°Cに調節されていた。自宅での空調利用は64%、睡眠時は48%であった。

アンケート調査は職場・自宅の温度環境と健康状況に関する50項目の選択式調査票を用いて、人間ドックを受診した那覇市で働く人々294人（男女とも平均47歳）に自記式で実施した（1992年11月）。また近郊の2市の旧市街地、新興団地、農村に居住する40歳以上の地域健診参加者344人（平均年齢は男59歳、女55歳）から自宅の温度管理と身体症状を聞き取った（1992年9-10月）。調査に協力した人々はいずれも受診者の80-90%を占めた。

3. 結果

(1) 個人別温度環境の実測調査

中高年者：夏冬の中高年者の温度環境と心拍数を性・年齢、昼夜別に示した（表1）。温度環境では群間差は見られなかった。心拍数では、女性の50歳未満と50歳以上の間で冬の昼夜差（D-N）が、また男女間で夏の昼夜差（17.7対22.5/分）および夜の夏冬差（+1.4対-3.9/分）が見られた。女性の方が昼夜および季節による心拍数変動が大きいといえる。冬期の活動別の温度環境と心拍数は個人差が大きく、群間差がみられないが、電車・バス通勤の心拍数のみは男女差を示した（81.5対89.0/分）。以下、夏期の結果を述べる。

夏期の24時間 T_m は男 30.4°C 、女 31.2°C であり、平均心拍数は男73.9/分、女73.2/分であった（エネルギー消費量は男2148kcal、女2311kcal）。睡眠時の空調使用者は非使用者と比べて T_m が低く（ $29.5^{\circ}\text{C}<30.8^{\circ}\text{C}$ ）、心拍数が高い（ $78.4>73.1$ /分）。 T_m で2群に分けると（ $<31^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 31^{\circ}\text{C}$ 以上）、心拍数は活動時には差がないが、睡眠時には $62.4>55.2$ /分と有意差がみられた。前者は全員が仕事（平均4時間）と電車・バス通勤（97分）を行い、後者は7人が散歩（69分）を行っていた。中高年者はあまり空調を利用しないが、労働の制約が少ないために心拍数を下げて活動を抑さえることができたと思われる。

オフィス労働者：オフィスの温度は空調の切れる夕方以降は 28.5°C となり、対象者の心拍数は日中よりも約5%増加した。調査を行った1991年7-8月の東京気象台の外気温は、約 30°C と 25°C の時期に分けられる（図1）。一方、個人別温度環境（ T_m ）は各々 $28.5\pm 2.8^{\circ}\text{C}$ 、 $27.0\pm 2.3^{\circ}\text{C}$ 、また24時間平均の心拍数は 86.4 ± 18.5 /分、 83.4 ± 22.4 /分、と有意差が見られた。両時期のEEには差がなかったが、全ての活動の T_m ならびに睡眠、労働（10-17時）、趣味、運動の心拍数では有意差が見られた（図2）。

そこで、時期に関係なく24時間平均 T_m によって2群（ $<27.5^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 27.5^{\circ}\text{C}$ ）に分けると、仕事を除く全ての活動で両群に差がみられ、通勤や食事の $1-2^{\circ}\text{C}$ に対して、家庭生活では $3-5^{\circ}\text{C}$ と大きかった（図3）。このうち食事、テレビ観賞、通勤では心拍数にも差が見られ、低い温度環境で過ごす人々は心拍数が約10%高かった（表2）。一方、外気温によって分けた2群間（ $<28.0^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 28.0^{\circ}\text{C}$ ）には、睡眠（ 27.8°C 対 29.0°C ）と通勤（ 27.4°C 対 29.4°C ）を除いて差が見られず、心拍数でも差がなかった。

(2) 地域と職域における温度環境のアンケート調査

人間ドック受診者：職場に空調があるのは72%で、空調時にだるさや疲労などの体調不良は20%に見られた。自宅での空調利用は76%で、睡眠と休憩を目的としていた。職場の設定温度は最低が $22.7\pm 2.9^{\circ}\text{C}$ 、最高が $25.0\pm 2.6^{\circ}\text{C}$ であった。自宅の空調温度は昼（ $24.0-25.7^{\circ}\text{C}$ ）と夜（ $24.7-25.9^{\circ}\text{C}$ ）の差が小さく、職場の快適

温度(23.5-25.4℃)に近かった。最高温度と最低温度の差は、空調職場2.7℃、非空調職場2.5℃に対して、自宅では日中22℃、夜間19℃と、職場の快適温度の差2.1℃に近い。職種別にみると管理職・事務職が高めの最低温度を職場、自宅とも取るのに対して、技術職は最高、最低とも低い温度環境にいる(図4)。人間ドックの検査で異常所見ありの人は異常なしの人よりも温度環境が低く、最低温度では心電図、ヘモグロビンA1c、尿蛋白、中性脂肪、尿酸に、また最高温度ではヘモグロビンA1cとHDLに有意差が見られた(図5)。

地域健診受診者：空調の使用年数が4年以下の人は早い時期に使用を止めて、余り温度を低くしないが、10年以上の人では除湿や騒音のための利用が多かった(表3)。空調を止める時期は、年齢および健康のために実行していることと関連していた(表4)。住居の風通しが悪い場合(集合住宅居住者に多い)、日中空調した室内に居ることが多く、身体症状を伴っていた(表5)。

4. 考察と今後の研究課題

都市生活においては外気温よりも個人の温度環境の方が、暑熱適応における行動の多様さを反映しており、極端な暑熱条件でなくとも24時間および行動別温度環境と心拍数から影響を評価できることがわかった。また冬期には中高年者は男性が平滑化された温度環境にいるのに対して、女性では活動時と睡眠時の温度環境が年齢により逆転し、女性の役割との関連が考えられる。暑熱適応は空調利用や仕事の有無、交通機関の利用などによって違うが、中高年者では労働を必須としない限り活動水準を下げて耐えるという形をとった。オフィス労働者では大きな気温変動が個人の温度環境では全体としては緩和されていたが、通勤や睡眠ではかならずしも緩和されていなかった。温度環境の画一的な調節では予防できないリスクに対して、今後の研究課題として検討する必要がある。

5. 文献

- 1) 佐々木昭彦、上田伸男、内山巖雄、柏崎 浩：24時間心拍数からみたエネルギー代謝への温度環境の影響 1.夏期。日本衛生学会、1991年
- 2) 同上 2.冬期。日本公衆衛生学会、1991年
- 3) 同上 3.オフィス労働者。日本衛生学会、1992年
- 4) 上田伸男、佐々木昭彦、内山巖雄、柏崎 浩：生活行動からみたエネルギー代謝への外気温の影響。日本栄養・食糧学会、1991年
- 5) 佐々木昭彦ほか：沖縄県那覇市近郊住民の空調利用と夏の生活状況。日衛生学会誌, 48 : 454, 1993
- 6) 同上：職場、家庭の空調利用と健康-那覇市近郊。第28回日循協管理研究協議会総会

Table 1 Environmental temperature (Tm) and heart rate (Hr) in winter and summer (mean±S.D.)

Group	Winter			Summer			Summer - Winter	
	Day	Night	D-N	Day	Night	D-N	Day	Night
Tm (°C)								
<50M	22.6±1.8	21.3±9.4	1.3±9.4	29.2±0.77	31.5±1.4	-2.4±1.4	6.6±1.9	10.2±10.1
≥50M	22.6±2.9	22.9±9.1	-0.4±8.5	30.9±1.9	32.3±2.0	-1.4±1.4	8.7±3.5	9.8± 8.7
Hr (beats/min)								
<50F	22.1±1.4	18.1±7.5	4.0±7.2	30.6±1.3	31.1±1.9	-0.5±2.5	8.6±2.0	13.1± 7.5
≥50F	20.5±2.6	23.0±7.8	-2.5 ±7.1	28.8±3.9	31.3±1.7	-2.4±4.2	8.4±5.7	8.3± 7.7
<50M	80.2±12.8	61.0±11.8	19.2±9.7	80.2±11.1	63.4±13.1	16.8±4.9	0±5.8	2.4±7.4
≥50M	77.5± 8.7	58.7± 6.5	18.8±4.6	76.8± 4.6	58.2± 4.2	18.6±3.9	-1.6±7.7	-0.3±6.5
<50F	80.1± 6.2	61.6± 9.4	18.4±4.6 #	79.7± 3.0	57.0± 7.0	22.8±8.0	-0.3±6.7	-4.7±6.5
≥50F	83.4± 6.1	60.5± 6.6	22.9±3.7	79.7± 4.9	57.5± 5.7	22.1±2.3	-3.7±2.8	-3.0±5.0

#p<0.05 between age groups. @p<0.05 between both sex groups.

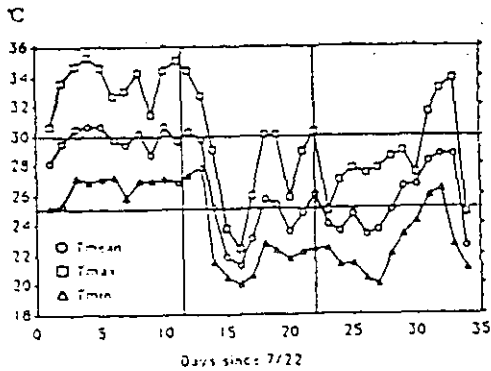


Fig.1 Mean, maximum, and minimum outdoor temperature of Tokyo during 7/22-8/6 (group 1) and 8/9-8/24 (group 2), 1991.

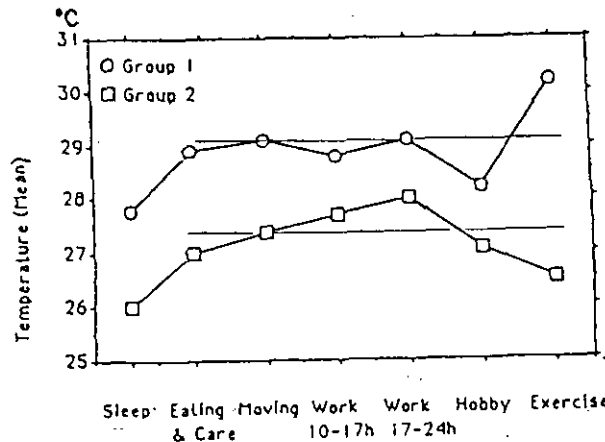


Fig.2 Mean personal temperature during various activities in office workers

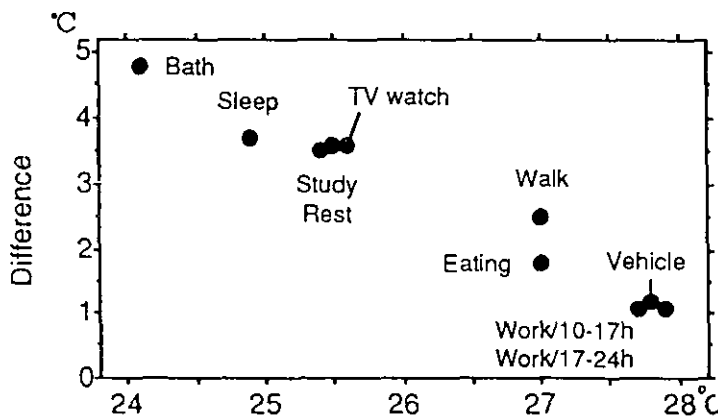


Fig.3 The temperature during various activities in the group with 24-h Tm<27.5 °C and the difference from those in the group with Tm≥27.5 °C

Table 2 Significant differences in the heart rate during various activities between the two groups

Activity	Groups with 24h Tm	
	<27.5°C	≥27.5°C
Mean Heart Rate		
Eating	101.0	88.5
TV watch	93.5	83.5
Vehicle	107.9	93.8

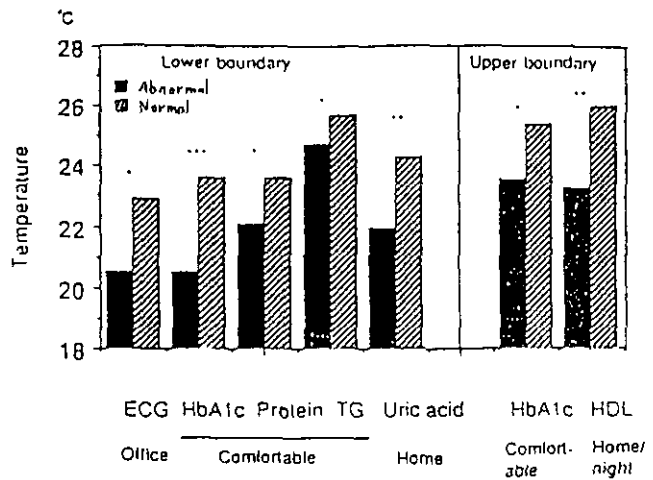
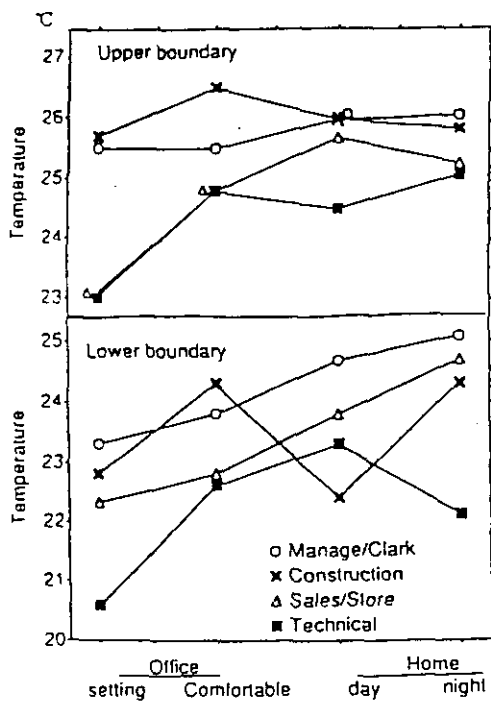


Fig.4 The frequency of abnormal laboratory data related with the temperature in the workplace and home (Rt)

Fig.3 The emperature of the workplace and home in various occupations (Lt)

表3 家庭における空調使用年数と関連する項目(%)

使用年数(人数)	使用期間の終わり		夜間の利用目的		日中の設定温度/°C			検査異常	
	9月まで	10月以降	睡眠	除湿	-24	25-27	28+	あり	なし
4年以下 (67)	74.6	25.4	78.4	21.6	8.5	57.5	34.0	46.9	46.1
5-9年 (36)	55.6	44.4	80.6	19.4	33.3	58.3	8.3	15.3	32.9
10年以上 (50)	52.0	48.0	40.0	60.0	28.1	65.6	6.3	37.8	21.1
χ^2 値	7.31* ¹		23.0* ⁴		15.9* ³			9.70* ²	

表4 対象者の特徴と空調利用状況(1)

(人数)	空調使用の終わり		χ^2 値
	9月まで	10月以降	
年齢:			
<60歳 (112)	55.2%	44.8%	
≥60歳 (60)	79.2	20.8	7.08* ²
実行していること:			
十分な睡眠 (24)	83.3	16.7	
運動・食事 (81)	60.5	39.5	
禁煙・節酒 (12)	33.3	66.7	8.93* ²

表5 対象者の特徴と空調利用状況(2)

(人数)	日中室内にいる		空調中の体調		
	はい	いいえ	よい	不変	わるい
風通し					
よい (89)	48.3%	51.7%	17.0%	55.9%	27.1%
わるい (17)	82.4	17.6	15.0	30.0	55.0
χ^2 値	5.35* ¹		6.51* ¹		

¹p<0.05, ²p<0.01, ³p<0.005, ⁴p<0.001 (表3-5共通)。

セッションⅢ

動物媒介性感染症の拡大予測

東アジア地域におけるマラリア及び媒介蚊の地理的分布と、その規定要因の解明に関する研究

国立環境研究所 小野 雅司

1. 研究目的

地球の温暖化に伴って分布域の拡大が予想される動物媒介性感染症に関して、最大のリスクが予想されるマラリアについて、熱帯、亜熱帯から一部温帯地域に広がる東アジア地域を対象に、マラリア及び媒介蚊と気象条件との関係を定量的に把握し、流行モデルの作成とパラメータの決定を行う。

フィールド調査（中国雲南省及び沖縄）から得られた結果に基づき、東アジア地域気候変動シナリオにそって、計算機シミュレーションによりマラリアの流行域の拡大を予測する。

2. 研究内容

1) マラリア流行地における、マラリア及び媒介蚊の実態調査（海外調査）

マラリアの現在の分布の北限の一つと考えられている、中国大陸雲南省思茅地区において現地調査を実施する。調査は中国予防医学科学院寄生虫病研究所及び雲南省瘧疾防治研究所と共同で、住民検診（問診及び触診、血液検査）、蚊の採取、気象観測（気温、降水量）、関連資料の収集を行い、マラリア流行の現況並びに媒介蚊の分布を明らかにする。

現地調査はマラリアの無病地及び有病地（低流行地域と中度流行地域）を選び、流行期、非流行期に繰り返し実施する。

2) わが国におけるマラリア媒介蚊の実態調査

沖縄本島及び周辺の離島、奄美諸島について、マラリア媒介蚊の分布を明らかにするため現地調査を実施する。マラリア媒介蚊生息地域については、生息場所の特定と生息規定条件について検討し、併せて温暖化に伴って拡大が予想される分布域を推定する。

3) マラリア流行と各種要因の関係解明に関する統計的研究

既存統計資料に基づき、マラリア及び媒介蚊の分布と気象条件及びその他要因との関連を解析する。

- ①中国雲南省におけるマラリア及び媒介蚊の地理的分布と気象条件との関連解析
- ②台湾における過去のマラリア及び媒介蚊の地理的分布と気象条件との関連解析

4) 気温、湿度の変化に伴う媒介蚊の生存率、吸血行動パターンの変化に関する実験的研究

5) 東アジア地域における、温暖化に伴うマラリアの拡大予測

現地調査及び動物実験結果より得られたパラメータをもとに計算機シミュレーションを行い、東アジア地域温暖化シナリオに基づき、温暖化に伴って予想される、マラリアの拡大予測図を作成する。

動物媒介性感染症の拡大予測 (マラリアへの影響)

群馬大学医学部寄生虫学教室	川合	寛
	鈴木	守
国立環境研究所	小野	雅司
群馬県立医療短期大学	脇	誠治

1、はじめに：

我々は地球の温暖化がマラリアの流行に与える影響について、中国雲南省南部思茅地区にある雲南省マラリア防治研究所と共同研究体制を組み、疫学的視点から調査を進めた。調査は本研究の目的に最もふさわしいと考えられる地域を設定したうえで実施し、後述の結果を得た。また血清学的方法は今回の研究課題を追及するにあたり非常に適した方法であることが以下の理由から考えられた。

- (1) 従来のマラリアのサーベイにおいて行われてきたマラリア原虫陽性者を検出する方法では、調査時点での原虫保有者数を知ることができる。
- (2) しかしながら年間を通じてのマラリアの流行を把握するためには毎月の検査をくりかえさなければならない。現実問題としてこれは困難である。
- (3) 血清中のマラリア原虫に対する特異抗体を測定する方法によると、現在のマラリア原虫保有者と同時に、近い過去に感染を受けた住民数をも把握することが可能である。
- (4) さらに抗体価の相違により、現在、近い過去、および数か月以前の罹患者を区別することが可能である。
- (5) したがって最終的には1年に数回程度の調査でも対象地の流行状況を時間的に把握することが可能である。

現在までのところ、上述の解析方法が非常に有効であることを裏付ける結果を得ており、今後の調査の進展で、一定条件のもとでの方法論と法則とが結論づけられることが予想される。

2、調査地の概略および調査方法：

中国雲南省西双版纳自治州向東村を調査対象地とした。同地はミャンマー国境（約 30 km）へ通じる比較的大きな街道沿いに位置し、人口 約500人、戸数 102戸の水田およびゴム栽培を中心とした農村である。担当のヘルス・ワーカーによると発熱患者のほとんどがマラリアの確定診断を受け、その数は毎年 100例以上記録されている。我々は本地をマラリアの高度流行地と考え、1992年6月～93年1月の期間における毎月のマラリア患者発生件数の記録収集と、1992年9月、1993年5月の2回、住民のマラリア原虫に対する抗体価の測定（IFA法）および住民への聞き取り調査を実施した。

3、現在までの調査結果：

1) 住民へ聞き取り調査

住民 455人より解答を得た。その結果、過去にマラリアの既往歴を有する住民は 268例（59.0%）で、その内 257例（96%）が同地での感染であった。これらマラリア罹患者に対する治療は、251例（94%）になされとおり、近郊の病院での入院治療も 32例（12%）が経験していた。

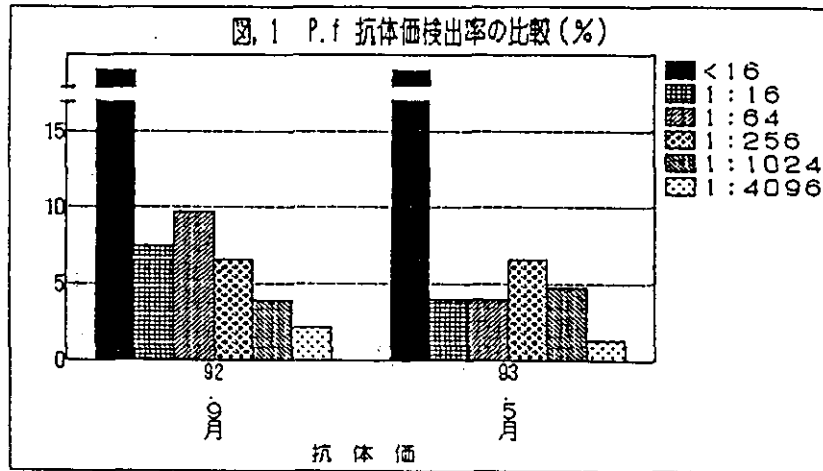
過去の既往歴

既往歴	男子	女子	合計（%）
有り	146	122	268 59
無し	86	101	187 41

* 全例数：455 例

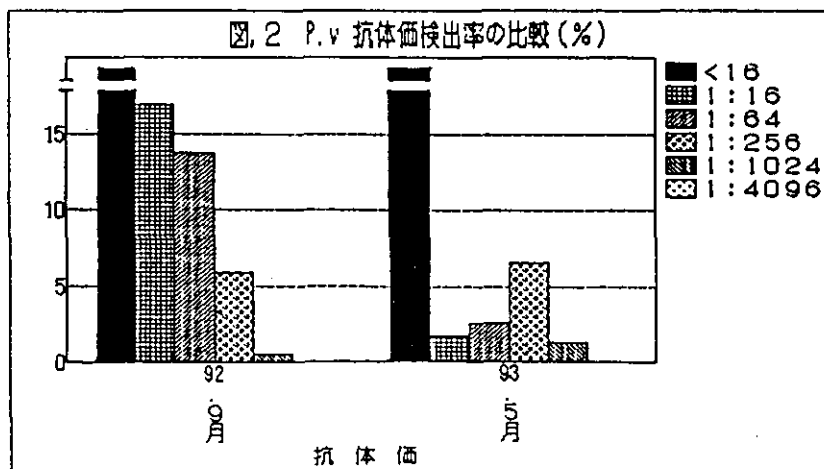
2) 熱帯熱マラリア原虫に対する抗体価の測定

92年9月の調査では 29.9%、93年5月の調査では 24.2% が陽性 (1:16 以上) を示した。熱帯熱マラリア原虫に対する抗体価頻度分布曲線では (図, 1)、92年 9月の調査、93年5月の調査ともに二峰性を示すことから本地では熱帯熱マラリアの流行が一年を通じて発生しており、特に雨期中の中旬に高度の流行があるものと示唆された。



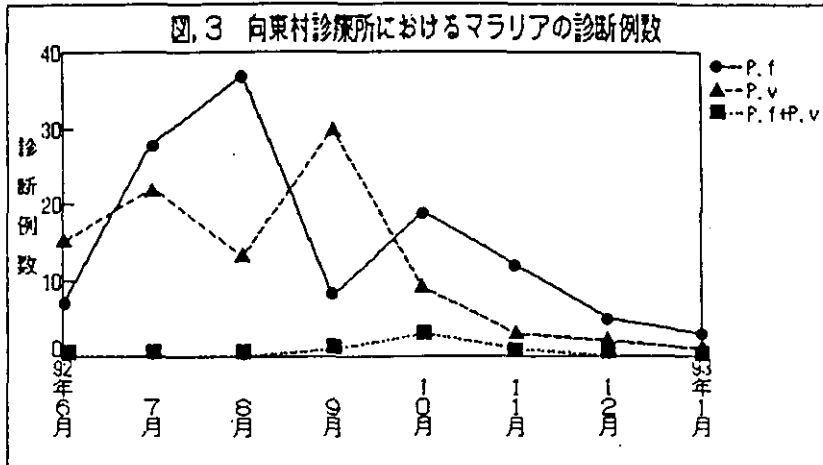
3) 三日熱マラリア原虫に対する抗体価の測定

92年9月の調査では 37.2%、93年5月の調査では 12.3% が陽性 (1:16 以上) を示した。三日熱マラリア原虫に対する抗体価頻度分布曲線は (図, 2)、92年 9月の調査では一峰性を、93年5月の調査では二峰性を示すことから、本地では三日熱マラリアは一年を通じて感染者が持続的に存在し、雨期の初旬にあわせて高度の流行があるものと示唆された。



4) 向東村診療所におけるマラリアの診断例数

1992年6月～93年1月の期間、現地のヘルスワーカーに駐在してもらい本地でのマラリア患者発生件数を記録した。その結果、熱帯熱マラリア、三日熱マラリアともに雨期初旬から増加し、雨期下旬から乾期にかけて減少傾向を示した(図, 3)。



4、温暖化とマラリア流行の研究戦略：

前述のように熱帯熱マラリアに対する特異抗体価は、92年9月の調査では1:64が最も高い頻度を示したのに対し、93年5月の調査では1:256が最も高い分布頻度であった。(図, 1)。この見所から、(1) 熱帯熱マラリアの流行が5月の調査時点においてはじまったため、高い抗体価を示す住民数が増加するが感染者の総数はまだ多くないこと。(2) 9月の時点に至ると流行は峠を過ぎたため、感染した住民の中で抗体価が低下した者が増えるが、陽性者の総数は5月の時点より多いことが判明した。現地の調査資料(図, 3)からもこの事実を裏づけをとることができた。以上の結果から同地において温暖化とマラリア流行との関係を血清疫学的方法によって調査を進める場合、流行開始時点で、しかも気温が上昇しはじめる4月ないし5月を調査の時期に選び、流行期の終る9月～10月の時点でその年の感染者の総数を把握することが温暖化とマラリア流行との関係を読み取る上で、有利な戦略であろう。三日熱マラリアの流行においても同様の見解が考えられた。

現在、先に示した向東村(高度流行地)に加え、基諾村(低度流行地)、整碗村(非流行地)についても同様の調査を進行中である。今後、現地スタッフと協力のうえ同調査を定期的に続け、各地におけるマラリアの流行パターンを解析し、各年次の流行パターンの変化と気候要因との関連性について考察する予定である。

亜熱帯・中国云南省南部における コガタハマダラカ (*Anopheles minimus*) の生態

長崎大学熱帯医学研究所

高木正洋

1. はじめに

地球温暖化に伴う昆虫媒介性疾患の拡大リスクを考える場合、まず吟味しなければならないのは媒介昆虫の生理生態である。特に、熱帯中央以上にドラスティックな変化が起こることも予想される亜熱帯に分布北限をもつ媒介種の生態は、ぜひ精査しておく必要がある。主要昆虫媒介性疾患のひとつであるマラリアの媒介蚊についていえば、東南アジアではコガタハマダラカ (*Anopheles minimus*) は重要な媒介種である上、日本の八重山群島辺りまで分布しているという点で注目種である。また、この蚊には多様な種内変異も認められており (Harrison, 1980)、いわゆる生態型として認知されつつあるものもある。

そこで調査条件を満たす中国云南省において、云南省マラリア防治研究所の協力により、1992年9月よりコガタハマダラカの生態について基礎的な定期調査を開始した。また、これを比較生態学的研究とするために、可能な限り同様の方法による北タイと石垣島での調査も実施中である。

今回は、これまでに得られた結果に基き、云南省個体群のいくつかの生態的特性について他と比較しながら報告する。

2. 調査方法

中国云南省西双版纳自治州向東村を調査地とした。同村の詳細については班内の他の報告者の記述を参照されたい。コガタハマダラカの生息環境という点では、調査地は標高500m程度のあまり深くない谷筋に位置し、ゴムのプランテーションを中心にした二次林に囲まれており、谷底にあたる部分には小規模の水田地帯が散在する。その水田地帯を繋ぐ形で、コガタハマダラカの主要発生源である小川が流れていた。いわゆる山脚部の景観であり、典型的なコガタハマダラカの生息環境といえる。

成虫と幼虫両方の調査を毎月実施することにした。

成虫調査：集落に接したSCと、集落から1km以上離れるが、小川に接したRVの2地点を採集ポイントとした。両ポイント同時に2終夜採集した。採集は、3人の人囷と1頭の水牛囷によった。2種の囷は、一方の囷の影響が他方に及ばない

距離に配置した。水牛は外側の一辺が6 mの二重蚊帳内に係繋し、蚊帳に飛来した蚊を、一人の専任採集者が15分毎に吸虫管により採り尽くすまで集めた。人囀は毎時50分間採集に専念した。採集蚊は持ち帰り実体顕微鏡下で種を同定した。

幼虫調査：調査地を流れ下る小川を調査対象とした。事前調査ではこの小川以外に有力な発生源はみつからなかった。小川が集落に達する地点の約300 m (MD)、成虫採集のRVポイントの300 m (UP)を抽出流域とし、各々から柄杓法で30サンプルずつ採集した。径13 cm深さ7 cmの柄杓による30杯を1サンプルとした。サンプルは現場にてアルコール固定した上持ち帰り顕微鏡下で終令幼虫のみ種を同定した。

中国側研究者よりコガタハマダラカの水田からの発生が示唆されたので、UPの上流部に水が流れ込んでいる数ヘクタールの水田 (PD/UP)と、MDに隣接する同等の面積の水田 (PD/MD)についても、小川と同様の方法で毎月調査した。

流域の属性を評価する資料のひとつとして、92年9月にはこの小川の流速を測定した。

3. 結果及び考察

成虫の季節的消長と襲来密度 (Table 1)：成虫は水牛囀、人囀とも9月には年間第2位の密度を記録したが、直後から減少し始め、11月には採れなくなった。再び採集され始めたのは3月で、4月に最高の密度に達し、その後は漸減傾向となった。9月と4月の両月は、雨季のかかりと終わりに当たる。幼虫密度の推移とも対照しながらみていくと、このような成虫の発生活消長は以下のように解釈出来る。

向東村では12-2月頃は乾季のため生息可能水域の面積が減少する（これには水のある面積の直接的な減少と、小水域に起こる水質の悪化の両方がある）、また冷涼で幼虫の発育が進まない。4月頃になると、時を同じくする気温の上昇と雨季の先駆けにより、溜まった幼虫個体群が一気に成虫発生へと進んだ。一方、雨季の直中は、水温は高く成長は速いが、水域の物理的条件が安定せず、ダメージも大きいのであろう。したがって、次に発生に都合の良い条件が生まれるのは、降雨間隔が長くなる9月頃となるのだ。

向東村でみられた季節消長パターンは、北タイ、石垣島のいずれとも異なった独特のものである。かなり冷涼な乾季を持つ大陸内陸部故にみられるものかもしれない。温暖化のモニター個体群として極めて示唆に富んだ、分布の周辺個体群だと思われる。平均密度も水牛囀、人囀とも3地域中もっとも低かった（通年平均

均密度：向東(SH)村:2.7、北タイMT村:27.3、同BT村:16.9、石垣島:9.3)。

北タイの2地方で得られた消長間に大きな差異が認められていない。これらでは明瞭な成虫のピークは乾季に入る11月頃であった。その後1月頃まで多く、乾季が厳しくなるにつれ減少する。気候は5月頃からゆっくりと雨季に入るが、成虫密度にピークというほどの山は現れないまま雨季の終わりへと推移し、また11月のピークが巡ってくる。

石垣島では明らかにいわゆる夏季に成虫が多い。梅雨明けが早く、その後に降雨間隔の比較的長い安定した高温期が続くからであろう。

Table 1. Average density (No./ unit of bait x half night) of Anopheles minimus females collected by one buffalo bait (1B) or three human baits (3H) in Shandong Village, Yunnan Province, China.

Month	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.
By 1 buffalo	5.8	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	9.5	5.5	0.5	2.0	0.3
By 3 humans	0.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.5	0.2	0.1	0.3	0.3
Total	6.3	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	10.0	5.7	0.6	2.3	0.6

吸血嗜好性：吸血嗜好性を評価する指数としてfeeding index等が提案されているが、そもそも吸血嗜好性とは何か、という議論や、どういう方法なら正しく評価できるのか、という根本的問題がクリヤーされている現状ではない。ここではとりあえずごく大雑把に吸血嗜好傾向を比較する意味で、2種の囹採集法の比を百分率で表した。値はどの場合も大きく振れたが、平均値でみると、向東個体群では水牛1頭(1B)に襲来したコガタハマダラカに対して、その9.5%が3人の人囹を襲ったことが判った。北タイのMT村個体群でのそれは6.5%で、差は無いというべきであろう。これに対し、北タイのBT村では28.4%となり、前2個体群より3倍多いコガタハマダラカが人に来ていたことが判った。石垣島では水牛囹採集法が他とは異なるので(石垣島では捕虫網採集)直接比較はできないが、BT村で実施した同法の結果から換算すると25.5%となり、BT村に近いことが推察された。

幼虫発生源の流速 (Table 2)：コガタハマダラカは、止水域ではなく流水域から発生する。しかし、当然ながら速い流れに逆らう程の遊泳力はない。緩流水域の岸や倒木等の基質に体を寄せて、出来るだけ流れに乗らないようにしているのである。一定の流速以上の所には住めない。大きくても1cmに満たない幼虫が係留している点そのものの流速を測定するのは不可能であるが、小型の電磁流速計を用いれば発生水域の流速分布ならかなり詳細にチェック出来る。幼虫調査対象

となった小川では、上流側、UPの平均流速が遅く(161.1mm/sec)、下流側、MDの方が速かった(268.2mm/sec)。また、遅いUPには淵やトロ場と瀬が現れるので変動係数が大きくなったが(0.920)、平均流速はどこをとっても変わらなかった。これに対しMDでは、最初の100mが377.3mm/sec、次の100mでは305.3mm/sec、最下流の100mは122.1mm/secと変化した。変動係数は速い区画ほど小さかった。実際、川の形態としても速い区画は直線的で比較的深く掘れ込んでいた。幼虫は、若令密度(全Anopheles)が、UP:0.356/10dips, MD:0.078/10dips、老熟幼虫(Anopheles minimus)では、UP:0.222, MD:0.144であり、流速の速い所で低い傾向が窺われた。

流速と幼虫密度の同様な関係は、北タイで調べた2河川、石垣島の1河川でも認められた。ただ河川の微細な部分の形態や状況は千差万別なので、いくら以上の平均流速でコガタハマダラカが生息出来なくなるとはなかなかいえない。

Table 2. Current of streams (mm / second) and the larval density (No./ 10 dips) of Anopheles minimus.

Site	Current (100CV)	Young An.	Old An. <u>minimus</u>
SH/UP1	166.1 (93.8)	0.53	0.20
SH/UP2	129.9 (104.8)	0.43	0.33
SH/UP3	188.0 (78.5)	0.10	0.13
SH/UP	161.1 (92.0)	0.36	0.22
SH/MD1	377.3 (35.3)	0.13	0.13
SH/MD2	305.3 (47.0)	0.00	0.13
SH/MD3	122.1 (77.5)	0.10	0.17
SH/MD	268.2 (61.6)	0.08	0.14
SC/DN	193.0 (54.8)	2.9	1.9
RV/UP	83.1 (85.8)	1.8	1.9
RV/DN	76.8 (54.9)	3.5	0.6
LI/UP	33.2 (195.8)	1.4	0.9
LI/MD	191.3 (70.9)	0.5	0.3
LI/DN	321.5 (43.0)	0.2	0.4
FA/ALL	18.7 (116.6)	85.3	13.4

幼虫密度 (Table 3, 4) : 調査対象とした小川から採集された蚊種はこれまでの

どの河川よりも多様で14種に達した。とはいえ、採集された全Anophelesの40%以上がコガタハマダラカによって占められた月は8ヶ月にわたった（北タイや石垣島では80%以上を占めることが多い）。優先種はやはりコガタハマダラカといえる。密度は年間を通じて低く、ピークも、強いて云うなら9月、3-6月にみとめられるがあまり明瞭とはいえない。これを他の例と較べてみると、北タイでは乾季中に、また石垣島では6-10月に高い密度を示し、違いは明瞭である。平均密度も、北タイは概ね向東村個体群の10倍から20倍に達するし、石垣島では100倍に近い。分布の中心に位置する隆盛な個体群ではないようである。

尚、小川と同時に調査した水田におけるコガタハマダラカの密度は、ごく低いものであった。

Table 3. Average density (No. / 10dips) of Anopheles minimus larvae in the slow running streams in Shandong Village, Yunnan Province, China.

Month	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.
<u>An. minimus</u>	.18	.04	.07	.07	.09	.07	.12	.08	.09	.13	.04	.02

Table 4. Annual average density of Anopheles minimus larvae in various slow running streams.

Site	Young <u>An.</u>	Old <u>An. minimus</u>
SH/RV/ALL	0.58	0.08
MT/ALL	0.72	0.72
BT/ALL	2.95	1.63
LI/ALL	0.66	0.51
MA/ALL	9.33	5.75

4. 参考文献

Harrison, B. A.: Medical Entomology Studies. 13, The Myzomyia series of Anopheles (Cellia) in Thailand, with emphasis in intra-specific variations (Diptera: Culicidae). Contribution of the American Entomological Institute, 17, 198pp (1980).

琉球列島におけるハマダラカの分布・生息状況

琉球大学医学部 宮城一郎、當間孝子

琉球列島にはハマダラカが7種生息し（表1）、このうちマラリア伝播に関係するのはコガタハマダラカ *Anopheles minimus*、シナハマダラカ *An. sinensis*、オオツルハマダラカ *An. lesteri*、オオハマハマダラカ *An. sapersoi* である。シナハマダラカとオオツルハマダラカは三日熱マラリアの媒介蚊として著名で、東南アジアから日本本土まで広く分布している。両者は形態的に非常によく似ており区別が困難のためシナハマダラカ群として取り扱われることが多い。コガタハマダラカは熱帯熱マラリアの媒介蚊として著名で、宮古島を北限として東南アジアに広く分布している。オオハマハマダラカは琉球列島特産種で沖縄本島北部と西表島に分布している。シナハマダラカ群の幼虫の生息水域は、主に開けた地域の水田、休耕田で、コガタハマダラカは比較的きれいな溪流や湧水に、オオハマハマダラカはきれいな溪流に生息している。

沖縄本島の南に位置する宮古島、石垣島における最近のコガタハマダラカの発生状況についてまとめた。

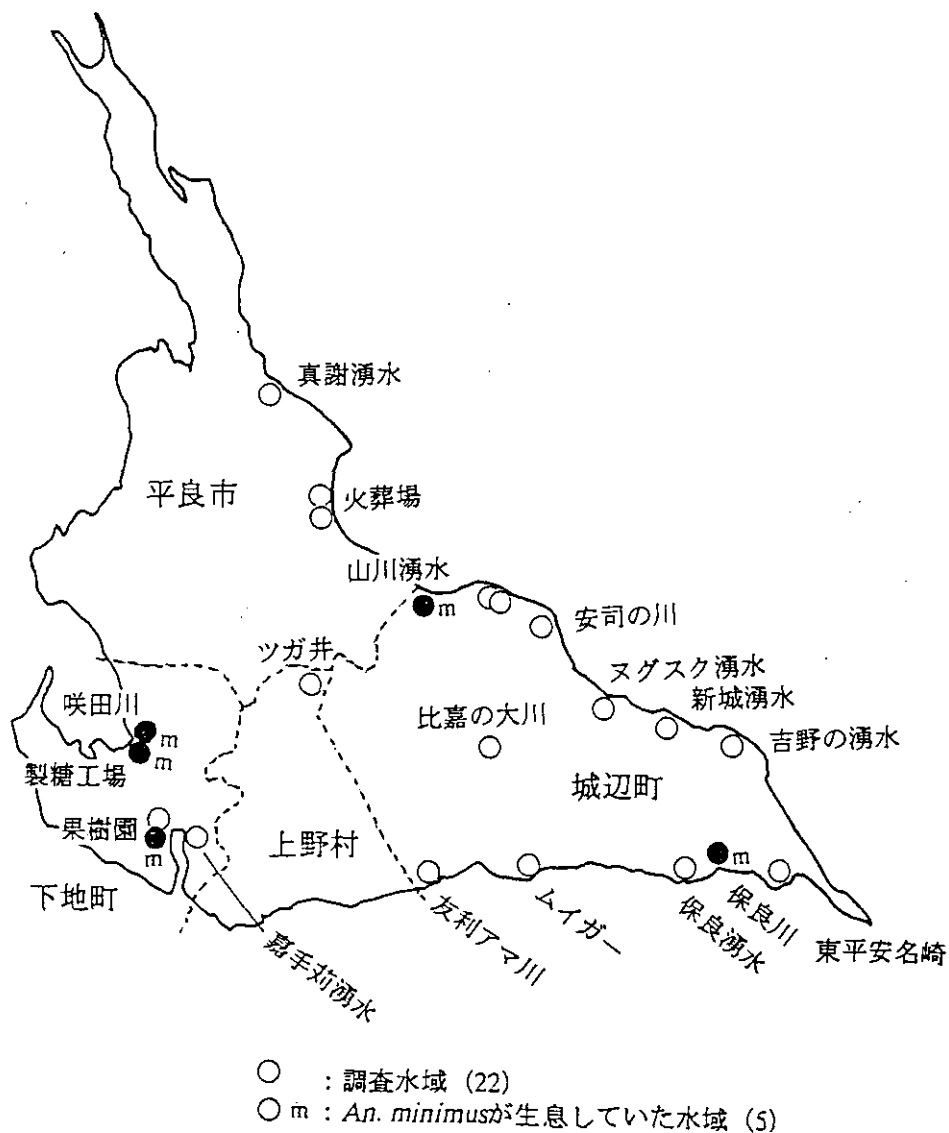
表1 琉球列島に生息するハマダラカ属の分布

種名	琉 球 列 島														東洋区 (含台湾)	旧北区 日本				
	中 之 島	宝 島	口 島	奄 美 大 島	徳 之 島	沖 繩 島	伊 平 屋 島	伊 是 名 島	水 納 米 島	久 米 島	宮 古 島	石 垣 島	西 表 島	黒 島			波 照 間 島	与 那 国 島	北 大 東 島	南 大 東 島
モンナシハマダラカ <i>An. bengalensis</i>				○	○														⊕	
ヤマトハマダラカ <i>An. l. japonicus</i>	○	○																		⊕
オオハマハマダラカ <i>An. sapersoi</i>						○						○	○							
シナハマダラカ <i>An. sinensis</i>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	⊕	⊕
オオツルハマダラカ <i>An. lesteri</i>				○		○	○					○	○			○			⊕	⊕
コガタハマダラカ <i>An. minimus</i>												○	○	○		○			⊕	
タテンハマダラカ <i>An. tessellatus</i>						○							○	○					⊕	

宮古島のコガタハマダラカ *An. minimus* 幼虫の生息状況

宮古島の調査は1991年2月9日～2月12日にかけて行い、図1、表2のような結果を得た。調査は湧水で行った。以前には湧水があちこちにみられたが、現在では水が枯れたり、非常に少なくなっているところが多かった。22地点で調査し、この内で水がなくなっていた所やほとんどない所が5箇所あった。5水域でコガタハマダラカを採集することができた。コガタハマダラカが生息していた水域は少な

図1 宮古島における *An. minimus* 幼虫の生態調査 (1991年2月9日～2月12日)



く、しかもその個体数も少なかった。最も多くの個体が得られた下地町洲鎌にある果樹園裏の湧水でも、81すくいで7個体を得たのみであった。1985年に岸本、比嘉が同果樹園でライトトラップを用いてコガタハマダラカ成虫を採集した成績では1,943個体が採集され、その21%がコガタハマダラカであった。その結果と比較すると我々の今回の調査で得た個体数は明らかに少ない。宮古島は面積159kmで平らな陸起珊瑚礁石灰岩からなる島である。島で使用される農業用水や生活用水はすべて地下水に頼っている。これらの地下水は以前はあちらこちらから湧水として流れ、小川になりコガタハマダラカの絶好の発生場所となっていた。しかし、最近では、地下水を有効利用するためにこれらの水を汲み上げタンクに貯水するようになった。その結果、湧水が減り、外に湧き出る量も極端に減り、コガタハマダラカ個体数が減少して来たものと考えられる。

表2 宮古島の湧水におけるコガタハマダラカ幼虫の調査 (1991年2月9日～2月12日)

水域名	市町村名	回数*	<i>An. minimus</i>					平均個 体数**	<i>An. sinensis</i>						
			I	II	III	IV	P		合計	I	II	III	IV	P	合計
真謝湧水	平良市真謝	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
火葬場近く	平良市	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
火葬場裏	平良市	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
咲田川	下地町	14	0	2	0	2	0.14	0	4	0	4				
製糖工場裏湧水	下地町	10	0	1	0	1	0.1	0	0	0	0				
果樹園裏湧水	下地町洲鎌	81	3	4	0	7	0.09	0	0	0	0				
果樹園近くの溝	下地町洲鎌	7	0	0	0	0	0	0	1	0	1				
嘉手苧湧水***	下地町嘉手苧	-													
ツガ井	上野村野原	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
友利アマ川***	城辺町友利	-													
ムイガー	城辺町	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
保良湧水***	城辺町保良	-													
保良川	城辺町保良	116	5	0	0	5	0.04	0	0	0	0				
東平安名崎****	城辺町	-													
山川湧水	城辺町山川	29	0	2	0	2	0.07	0	0	0	0				
山川湧水と安司の 川の間の(上流)	城辺町与那浜	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
山川湧水と安司の 川の間の(下流)	城辺町与那浜	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
安司の川***	城辺町	-													
比嘉の大川	城辺町比嘉	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
ヌグスク湧水	城辺町福北	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
新城湧水	城辺町新城	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
吉野の湧水	城辺町	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0				

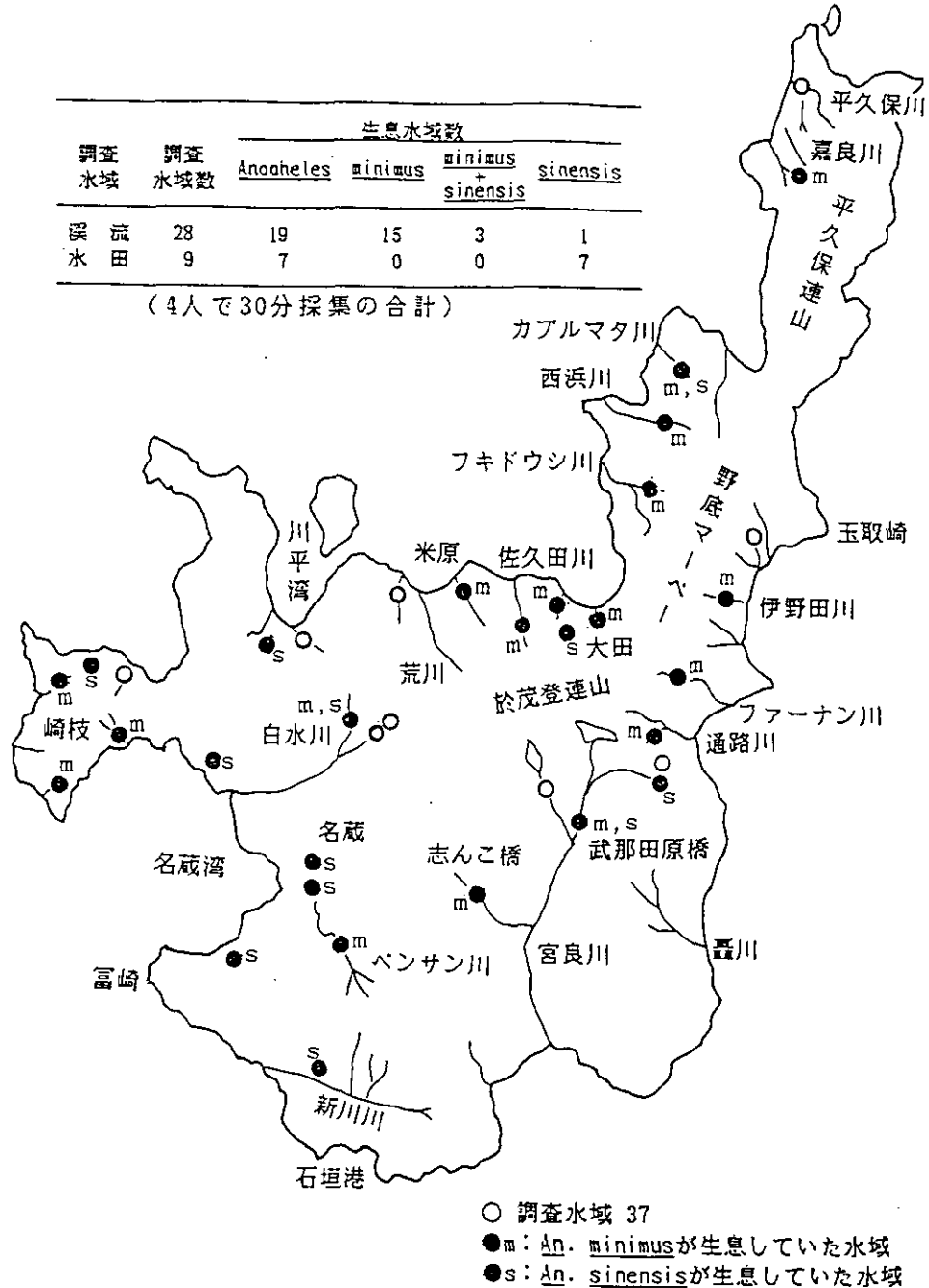
* ヒシャクですくった回数、** ヒシャク1回当たりの平均個体数、

*** 水がほとんどない、**** 水枯れ

石垣島のコガタハマダラカ *An. minimus*、シナハマダラカ *An. sinensis* 幼虫の生息状況

1990年8月9日～8月15日に溪流28箇所、水田9箇所を調査した。その結果は図2に示した。都市部の汚染のひどい河川にコガタハマダラカ幼虫は生息せず、人家の少ない於茂登連山周辺部の緩やかな溪流に多数生息していた。

図2 石垣島における *Anopheles* 属幼虫の生態調査 (1990年8月9日～8月15日)



1992年10月8日～11日まで7溪流にてコガタハマダラカの調査を行った(表3)。いずれの水域にもコガタハマダラカ幼虫は生息しており、個体数の多い溪流はファーナン川、西浜川、観音崎1で、ヒシャク1回当たりの平均個体数は各々2.4、2.2、2.3であった。

1993年3月16日～19日にかけて通常コガタハマダラカの発生が多い通路川、ファーナン川、嘉良(カーラ)川、西浜川、崎枝川で調査を行った。結果は表4の通りである。調査した7溪流水域中、3水域でのみコガタハマダラカが採集され、個体数も非常に少なかった。調査時の水温や気温は15～16℃で、この温度は成虫活動や幼虫の発育にとって良い条件ではないと思われた。

以上のことからコガタハマダラカの発生は季節、年でかなり異なることが予想され、今後は年間を通して長期間本種の生息状況を継続調査する必要がある。

表3 石垣島の溪流に生息するハマダラカ幼虫の調査成績(1992年10月8日～10月11日)

水域名	回数*	<i>An. minimus</i>					平均個体数**	<i>An. sinensis</i>				
		I. II	III. IV	P	合計	I. II		III. IV	P	合計		
トール川	250	203	119	4	326	1.3	0	7	0	7		
ファーナン川	208	182	266	43	491	2.4	0	0	0	0		
カーラ川	150	72	54	13	139	0.9	0	0	0	0		
西浜川	370	384	315	118	817	2.2	0	0	0	0		
カブルマタ川	195	3	7	1	11	0.06	0	0	0	0		
観音崎 1	176	161	203	39	403	2.3	0	0	0	0		
観音崎 2	190	70	63	5	138	0.7	0	0	0	0		

* ヒシャクですくった回数

** ヒシャク1回当たりの平均個体数

表4 石垣島の溪流に生息するハマダラカ幼虫の調査成績(1993年3月16日～3月19日)

水域名	回数*	<i>An. minimus</i>					平均個体数**	<i>An. sinensis</i>				
		I. II	III. IV	P	合計	I. II		III. IV	P	合計		
トール川	200	9	3	1	13	0.07	0	17	0	17		
ファーナン川	200	9	7	1	17	0.09	0	0	0	0		
カーラ川	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
西浜川上流(橋の上)	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
上流(橋の下)	360	0	14	1	15	0.04	0	0	0	0		
中流(合流地点)	1195	13	48	4	65	0.05	0	0	0	0		
下流	740	0	9	0	9	0.01	0	4	1	5		
太田川	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
観音崎 1	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
観音崎 2	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

* ヒシャクですくった回数

** ヒシャク1回当たりの平均個体数

Appendix

WHO(1990)

気候変化による健康影響の予測(抄訳)

WHO/PEP/90/10
Distr: General
Original: English

Potential health effects of climatic change

Report of a WHO Task Group

*This report contains the collective views of an international
group of experts and does not necessarily represent the decisions
or the stated policy of the World Health Organization*

World Health Organization Geneva

© World Health Organization 1990

This document is not a formal publication of the World Health Organization (WHO), and all rights are reserved by the Organization. The document may, however, be freely reviewed, abstracted, reproduced and translated, in part or in whole, but not for sale for use in conjunction with commercial purposes.

The views expressed in documents by named authors are solely the responsibility of those authors.

Computer typesetting by HEADS, Oxford OX7 2NY, England

Printed in Switzerland
90/8601 - Gloor-Luder SA - 2000

前書き

本報告書の最初の草稿は1989年6月ジュネーブで開かれた作業委員会で作成された。WHOの専門家からの意見を取り入れた後、1990年4月ジュネーブで開催されたWHO専門委員会の会合で最終的な報告書が作成された。

WHOは全ての専門委員と、世界気象機関(WMO)、国連食糧農業機関(FAO)、環境問題に関する科学委員会(SCOPE)、アメリカ環境保健研究所(NIEHS)の報告書に対する重要な貢献に対し、謝辞を表す。

この報告は、1990年11月開催される第2回世界気候会議に対する「気候変化に関する政府間パネル」(IPCC)の報告の健康の章(注: IPCC第2作業部会第5セクション)を補完するよう作成された。

この報告は温室効果ガスの増加と、オゾン層枯渇による地球環境変化に伴い生じると予想される健康問題について、政策を決定する担当者や公衆衛生上の企画を行う人を援助するために企画された。世界の全ての地域で同じ健康問題が起こるわけではないため、一般的な指針のみが記述してある。各国の保健部門の責任者は、各国でどのような健康影響が起こる可能性があるかを決定し、その影響を最低限に抑えるため、最適な行動をとる必要がある。この報告書は専門家に向けた完全な論文ではない。この報告書が技術的正確さに配慮しながらも、広範に利用され、理解し易く記載されている形式になっていることを期待して止まない。

健康影響の予測のため採用した気候変化のシナリオ

気候や気候帯の変化の程度については、現段階では正確に把握されているとは言い難いが、WMOとUNEPによって1987年末に開催されたヴィラック・ベルジオ会議で予測可能なシナリオが発表された(WMO/UNEP, 1988)。モデルと予測の精度の向上が、「気候変化に関する政府間パネル」で行われている(IPCC, 1990)。これらのシナリオを出発点とした以下の予測は、人類の健康への影響についての議論の基礎となる。

1) 地球表面の平均気温は2030年までに3°C(1.5~4.5°Cの範囲)まで上昇するであろう。気温上昇の範囲は1.5°Cから4.5°Cと予想される。(注:

IPCCの予測値(1990)としては、10年間で0.3℃(0.2~0.5℃の範囲)の上昇、すなわち2025年に約1℃の上昇を採用している。))

2) この上昇は北半球の高緯度地域で最も顕著に現れ、そこでは8℃から10℃に達するであろう。赤道付近や低緯度地域では、地球平均に近いか、あるいは変化の範囲の最低レベルの上昇(1.5℃位)に止まるであろう。

3) 海面は来世紀半ばまでに、0.10m~0.32mにまで上昇するだろう。この原因の多くは海水温の上昇による水の膨張によるが、一部は極地の氷床の溶解によって起こる水量の増加によるものである。(注: IPCCの予測値では10年間に6cm(3cm~10cmの範囲)の上昇、2030年までに約0.2mの上昇を見込んでいる。)

4) 厳しい気候事象(熱波、モンスーン、干ばつ等)の発生の方が平均気温の変化より、大きなインパクトをもたらすであろう。ことに平均気温の変化が少ない時でも、重大な影響をもたらすであろう。

5) 一年間の間に起こる気候変化の振幅が大きくなり、そのため冬期に異常低温が起きる場合もあるであろう。

6) 降雨や風のパターンの地域的な変化は、ここ10年間については確実な予測は出来ないであろう。熱帯の台風の発生は少なくなるが、より大型の台風になるであろう。

7) 重大な変化は、少なくとも今後10年間のうちにはみられないであろう。

8) 紫外線、主として紫外線Bは2050年までに最大限20~25%の増大が見込まれるが、緯度によっていくらか相違があるであろう。

第一章 気候変化のメカニズム(略)

第二章 健康への直接影響

a) 気候ストレスと適応

人間は他の生物よりはるかにうまく環境の変化に適応できるし、あらゆる気候に合わせて生存してきた。気候条件が変化すれば、身体の内メオスタシスの維持のため機能調整が必要となるため、自律神経系あるいは知覚行動の調節等の生理学的反応に緊張をもたらすストレスとして感じる。

植物や他の動物と違って、ヒトには適応能力がある上に将来を予想し、対策を立て気候ストレスを和らげ避ける能力もある。さらに気候の影響に気づいて適応能力をさらに向上させることもできる。このことは人間と環境の間で絶え間なく続く相互作用を通じた発達して行く、習慣、風習、文化等に明白に示されている。

現人類が招いた大規模な気候変化ではあるが、人類が進化史上体験し、適応力を発達させてきた気候変動の範囲を越えるほど大きな変化とはならない可能性もある。

あらゆる集団に共通して云えることであるが、適応能力の低い人が第一に、種々の気候ストレスに苦しむことになるだろう。危険因子としての気候ストレスは、心臓血管、呼吸器、腎臓、ホルモン、免疫などの機能に欠陥のある人や、幼児、子供等免疫システムの未熟な人、老人、身体障害者等調整機能が衰えた人々に特に大きくなる。各集団の中のこのようなハイリスクグループの占める割合によって、気候ストレスに対する病気のり病率や成人病等の病気による死亡率の増加が左右されるだろう。

b) 温熱因子

熱ストレスの大きさに比例して、健康な人は優れた熱調節機能により、周りの気温の適度な上昇にうまく対処していく。このように穏やかな熱ストレスに対する身体の調節能と適切な温度調節の行動による順応は、数日間の熱暴露後養われ、熱ストレスを軽くするのに役立つ。しかし強い熱ストレスは熱射病を含む健康状態の悪化を引き起こし、その影響は軽い心臓血管障害からひどい組織の損傷へと進み、死亡にまで及ぶ。一番気遣われるのは、軽い熱ストレスによってさえ異常な熱による緊張や病気を起こし得る適応力の低いハイリスクグループのことである。

熱による病気は熱ストレスが突然増大することによって起きる場合が最も多い。熱波は常に暑熱による被害の発生を増やし、厳しい暑さに不慣れな人は、暑熱暴露の初めの数日間に起こる健康障害の危険性を無視できない。激しい熱射病は熱帯地方に限られているわけではない。深刻な熱射病の中には、温帯の気候の都市で発生するヒートアイランドによるものもあり、それは地球温暖化に伴って増大しそうである。継続的に起こるこのような地域的な温度の急変の方が、順応できる長期的気候傾向よりも、健康にとって一層深刻な直接的影響となるであろう。

暑熱に対する身体の最初の機能調整として、上皮層の血管拡張と水分バランスの変化により足首や足に軽い浮腫が出来る（熱浮腫）。温暖化すると多くの水分が必要となるので、まず健康維持のために利用可能な水を確保することが必要である。飲料水が自由に手にはいるような時ですら、高温環境下の発汗による水分の喪失は、完全には取り戻せない。このタイプの脱水の際は、口に合う液体を即座に補給することが最も緊急である。暑熱下での塩分の消耗は、よく筋肉にけいれん、疲労、食欲減退という形ではっきり現れる。

大都市における熱波の際でも、戸外での運動を制限したり、日陰を探したり、水分の準備をしておける時には、無汗症、水分不足、塩分不足による激しい熱疲

弊症は起こりにくい。現在、世界には水の供給や空調システムが不十分な多くの大都会がある。熱波の条件下で人間が生き残るためには、水を供給できることが非常に重要である。熱疲労症候群と熱不耐性は、極端な場合体温が41℃以上になる高熱症、けいれんや昏睡を起こす中枢神経障害等の特徴を持ち、しばしば皮膚が暑くなって乾燥してしまい、無汗症となってあられ熱射病を引き起こす。

都市部に住んでいる気候に順応できない多くの人々、特に身体機能に欠陥のある人、抵抗力の少ない人にとって、暑熱によって起こる一番の脅威は、心臓血管系の緊張が増加することである。都会の熱波はヒートアイランドにより、夜間熱が建物にこもってしまう時、特に問題となる。平均温湿度が完全に熱ストレスの徴候を代表するとは限らない。暑熱による被害者の数は、暑熱暴露の期間が長くなるにつれて増加する。扇風機による人工的な風は、大抵有益ではあるが、周囲の温度が38℃を超える時には、温度に対する不快感を増加させる可能性がある。人口過密地で熱ストレスが長期にわたった場合、住民の初期の行動上の徴候としては、不快感、社会的な不慣れ、短気、産業事故等の増加が現れる。これは都会のヒートアイランド現象が起きる場所で特に重要である。熱ストレスに不慣れたために、睡眠をとる上で、高熱による間接的な悪影響が現れるかもしれない。このため熱ストレスの指数に基づいて、健康の安全を守るための新しい判断基準を必要とするだろう。特に熱帯では、熱耐性の限度近くで働く人々のために、産業活動は短縮される必要があるだろう。

降水パターンはまだ予測できないが、地域によっては地球温暖化が、湿度の増加を伴う所も予想される。そういう所では、湿度が暖かい環境とあいまって、皮膚表面からの汗の気化による体温の冷却を減少させてしまうため、熱ストレスと熱による不快感を著しく増大させる。

要約すれば予想される地球の温暖化は、種々の集団に有害な熱ストレスを加えると思われる。長期間の穏やかな温暖化には容易に適応できる可能性があるが、特に大きな熱ストレスのある低緯度地域や、人口過密都市での温熱条件の極端な変動や急速な変化は熱性疾患のリスクを大きくすると予想される。

c) 紫外線 (UVB) の人への影響

先にも述べたように最近の記録によると、地球の北半球のオゾン層は過去20年間で、1.7~3%減少していることがわかる。北緯40°~50°での総カラムオゾン減少は冬から春の月間に5%以上に上り、夏季は2%以下で秋には減少はみられない。赤道帯と南半球(南極を除く)は、現在のところ観測が乏しいので数値を求められない。主なオゾン減少は冬の月間にみられるため、オゾン層の減少が少なかった間は生物学的影響を持つ紫外線への暴露は少なくなる。オゾン層の減少には著しい季節的な変動もあるため、地球の全表面での紫外線の増加は量的に

はかなり少ない。成層圏のオゾンが1%減少すれば、生物学的に影響を持つ紫外線照射は、1.25~1.5%増加するだろうと予測されてきたが、過去15年間の生物学的影響を持つ紫外線の実測では、地上での増加は全くみられていない。地上での計測で紫外線が増加していないのは、成層圏オゾンの減少に対応した対流圏のオゾンレベルの増加が原因である可能性がある。

オゾンは325nm以下の紫外線を吸収するため、大気中オゾンの減少によって増加が見込まれる太陽紫外線の波長領域は、290~325nmの短い波長域にあると予想される。この波長域は、生物学的作用スペクトルが大部分を占めるため、生物学的影響を持つ紫外線照射の増加として反映してくる。

主として生物学的影響のある紫外線照射の増加が原因となる健康への影響としては、非黒色種性皮膚癌(NMSC)と悪性黒色種(MM)の増加、白内障と免疫反応の抑制が考えられている。皮膚癌は悪性黒色種(MM)と非黒色種(NMSC)に二大分類が出来る。非黒色種の中で代表的なものに、基底細胞癌(BSC)と有細胞癌(SCC)があるが、いずれも紫外線B暴露量と密接に関連することが明らかにされている。

皮膚癌の増加

紫外線暴露による健康への悪影響の中で、最もよく証明されているのが皮膚癌の増加である。NMSCは紫外線B(290~320nm)に長い間度々曝されることによって起こるため、オゾン減少が続けばNMSCが増加するであろうことは、確かである。遺伝的感受性は人によってかなり異なり、紫外線暴露によりたやすく色素沈着する人種への影響はかなり少ない。このためNMSC発生の増加は、主に世界の人口の20%を占める皮膚の色の薄い白人に強い影響をもたらすと予想される。

最近の報告によれば、アメリカ西部において1960年代に比べ1980年代は、有細胞癌が男性で260%女性で460%増加した。最も有力な仮説に基づくと、成層圏オゾンが3%減少したとすれば、有細胞癌は約10%、悪性黒色腫(MM)は3%増加すると予想される。NMSC発症は皮膚への紫外線の照射後、20~30年の長い潜伏期が必要とされているところから、過去20年間のNMSCの発生増加の原因は、最近観測されたオゾン減少によって起こっているのではなく、日光浴を好むライフスタイルへの転換によって生じたと考えられる。

成層圏のオゾンが1%減少すれば、それに伴ってNMSCは約3%増えると予想される。紫外線照射量とNMSC発生率の関係式と、成層圏オゾン濃度の将来予測のモデルを適用すれば、NMSCは2060年以降に6~35%増加すると予想される。南半球は総オゾン量の減少が著しく、対流圏のオゾンも工業地域の

外側で減少してきているため、NMSCの増加は南半球の方がはるかに大きくなると予想される

紫外線がMMの発生に果たす役割についての証拠はあまり明確ではない。日光の暴露がなんらかの役目をするという重要な証拠はあるが、そのメカニズムはNMSCへの作用とは明らかに異なっている。定量的な予測はさらに困難ではあるが、アメリカの疫学研究では、オゾンの1%減少でMMは0.6%増加することが示唆されている。(注：日本における皮膚癌による死亡の年次推移からは、皮膚癌による死亡の増加は観察されていない。)

免疫系への影響

動物によるモデル実験の研究から、紫外線Bへの多量の暴露が、皮膚の免疫反応の抑制をもたらすことが証明されている。この免疫抑制は、NMSCの発生にとって重要である一方、伝染病の発生と進行に影響し、さらに自己免疫反応を抑制すると予想される。

成層圏オゾンの減少により、最も増加する紫外線の波長は、動物では最も免疫を抑制するため、オゾンの減少が日射による人間の免疫系への影響を増大させる恐れがある。

紫外線B照射と人間の免疫系に関しては、(1)メラニン沈着が、人間の皮膚癌の発症を抑制する防御系を保護するか、(2)伝染病の発生とワクチンの効果に対する影響はあるか、(3)免疫系への障害に対する防御機能を発達させる能力が、人間の皮膚にあるのか、といった検討が必要となる。

眼科疾患への影響

眼への紫外線B暴露と白内障(皮質の白内障と核質の白内障)との間に照射量-影響関係があることが明らかにされてきた。世界各地で盲目をもたらす主な原因が白内障であることを考慮すれば、紫外線B暴露量が増えれば、白内障も増えると予想される。眼が紫外線Bに曝されると、翼状片、飛沫角膜炎、急性の日光角膜炎(雪盲)といった角膜の変化をもたらす。

大気汚染への影響(略)

第三章 気候変化の間接影響

食糧生産への影響(略)

伝染病特に動物媒介性感染症への影響

動物媒介性感染症は、熱帯・亜熱帯そして温帯地方まで広範囲に存在する。動物媒介性感染症の発生の重要な決定要因は、以下の3つである。

- ①媒介動物、中間宿主、患者・宿主が豊富に存在すること。
- ②感染の原因となる原虫や病原菌が、媒介動物、人間・動物の宿主、地域環境条件（気温、湿度）に適応し、広く分布していること。
- ③社会の予防や治療の行動によって、動物媒介感染症の分布が変化すること。

気候はこれらの各要因に影響するため、気候変化による動物媒介性感染症の影響は、疫学モデルを用いて最良の研究できる。例えば、マラリアでの推移予測が1957年マクドナルドによって説明されてきており、最近さらに検討が加えられている。

気候変化によって動物媒介性感染症の分布を左右する重要なパラメーターと、病原体と媒介動物の生態系が変化し、リスクを受ける地域が移動することが予想される。最も重要な動物媒介性感染症は、世界人口のかなりの部分を占める熱帯地方の人々が、高いリスクを負っている。最近マラリアが、ヨーロッパや北アメリカの一部に広がり、時に黄熱病がポルトガル、スペイン、合衆国で流行した。しかし、厳重な規制法例と経済発展によるライフスタイルの変化によって、これら感染に適さない環境条件下の地域では、マラリアと黄熱病の感染は無くなった。

その一方、最近予期せずアメリカに移入された熱帯シマカの拡がりか懸念されている。熱帯シマカは、東南アジアでデング熱とデング出血熱を発症させるウイルスの媒介動物であり、気候変化による高い気温がこの蚊の媒介能力を高めるかもしれないからである。

動物媒介性感染症の分布の変化

(1)マラリア—気候変化により気温が上昇し、降雨量が増えたとほとんど確実にマラリア媒介動物は生き残り、現在の分布限界を直ちに拡大する。これらの地域がどの程度拡大するかということは、気候変化の大きさ次第である。今日マラリアは、熱帯及び亜熱帯地方で発見されるが、マラリア発生のためには、寄生体マラリア原虫、媒介動物ハマダラカと一定の温度条件が必要である。ハマダラカには400種以上があるが、マラリア媒介動物として重要なのは10分の1もない。

気候、特に気温が直接には蚊の発生、生殖周期、寿命に影響すると共に、マラリア原虫（プラズモデューム寄生体）の成長にも外部要因として影響する。雌のハマダラカはマラリア患者の血を吸う時に、有性期のマラリア原虫を取り込む。この原虫は蚊の体内でスポロゴニー期を過ごした後、伝染性のスポロゾイトとなって次の吸血の時に人に伝達される。蚊の体内で原虫が成熟する成功率は気温（16～35℃）により決まり、26℃の時、成長周期が最も短い。このように、

蚊の寿命とマラリア原虫の成熟のいずれもが気温に影響されるため、気温がマラリア感染の決定要因である。マクドナルドにより1957年に提案されたマラリア疫学は、媒介能力、つまり媒介動物、寄生体、人宿主の気候依存性を数式で現している。このため気候条件の変化による媒介動物の分布の変化について、シミュレーションを行うことが可能である。気候変化の影響を予測する際にこのようなモデルは非常に有益と考えられる。

マラリアが以前流行していたが現在発生していない地域では、輸入された寄生体による地域的流行はあり得るだろう。気候変化が媒介動物の繁殖を促進する可能性はあるが、効果的規制策のためそれらの地域が以前の状態に戻ることはないと考えられる。しかし、特に亜熱帯地方の発生地域やそれに隣接する地域では、気温の上昇と降雨の増大が、ハマダラカにとっての環境を快適なものとし、個体数と寿命を変化させる。

気候変化によるハマダラカの繁殖シーズンの長期化もしくは短縮化により、マラリアの発生と流行に変化が起こる。人宿主が以前獲得した免疫は、非流行シーズン間に失われるため、季節的なマラリア流行を経験する地域では、毎年流行シーズン間に全ての年齢層の人々に劇的なマラリア疾病流行がみられる。同様に、年中流行を経験する地域でも、その繁殖条件がよくなれば、マラリア発生率は増加する。このように気候変化によって、マラリアの発生率と流行が世界的に強く影響されることになる。

(2)リンパ性フィラリア症—リンパ性フィラリア症の媒介動物は、主として無計画な都市化によって広がった熱帯の蚊である。気候変化により熱帯地方が拡大するにつれ、この媒介動物も広がる可能性が高い。しかし、この病気の発生はトイレや下水施設等地域の公共施設に左右されるため、拡大の危険性は環境要因よりも、社会経済の発達程度によって決定される。

(3)オンコセルカ症—オンコセルカ症の分布は媒介動物ブユの存在で左右される。気候変化によって媒介動物の分布の小さな地域変化が起こるであろうが、重大な分布の変化は予測されていない。

(4)住血吸虫症—住血吸虫症の分布パターンは、それに適したミヤイリガイ等の中間宿主の存在と集約農業等、水に接触する労働習慣によって感染が増える。気候変化と水質管理の悪化により中間宿主の分布が広がれば、人間の健康にとって危険な地域が著しく拡大するかもしれない。住血吸虫症の流行は、多くの地域では灌がい農業と密接に結びついているので、米作の増加は住血吸虫症をさらに増加させる恐れがある。

(5)アフリカトリパノゾーマ症—アフリカトリパノゾーマ症の現在の分布は、熱帯アフリカのいたる所で途切れており、感染に必要な環境要因が揃ったときに深刻な流行が起こる。気候変化による森林地帯の雨量の増加は、アフリカトリパノゾ

一ハ症の媒介動物ツェツェバエの繁殖を増加させるとともに、媒介動物体内の寄生虫の成長にも影響を及ぼすだろう。気候変化による環境変化が緩慢な限り、ツェツェバエの分布の変化に応じて、感染の増加を避けるため速やかに対策をとることは可能と考えられる。

(6) リューシマニア症—気象条件に対応してさまざまなリューシマニア症があるが、気候変化による媒介動物サシチョウバエへの影響は明かではない。

(7) メジナ虫症—メジナ虫症の分布は、井戸や淀んだ水に住んでいる小さな甲殻類の中間宿主の存在できるが、気候変化が中間宿主の分布の拡大をもたらすかどうかは明かではない。

(8) アルボウイルス病—アルボウイルス病の媒介動物は気候帯の広い範囲にわたり、繁殖することが知られている。気温と湿度が上昇すると、現在の無発生地域にも侵入するであろう。媒介動物の中には、合衆国における熱帯シマカのように新しい地域で定着できる種もある。デング熱や日本脳炎等のアルボウイルス病は、気候変化によっては、風土病から流行病に変わりうるので、警戒する必要がある。気温の上昇は病原菌の生殖周期とそれに伴う発生期間を短縮し、ある種のアルボウイルス病の感染域を広げるであろう。

気候変化に伴う移住 (略)

第四章 結論と勧告

地球温暖化とオゾン減少の影響は、非常に複雑で地域によってかなりの変化がある。気候変化の健康に対する主な影響は、①熱ストレス、②大気汚染、③感染症発生率の変化、④栄養不良、⑤洪水により引き起こされる。各国政府保健衛生当局は、気候変化の影響を受け易い地域や集団について、気候変化と健康との関係について総合的検討に着手しなくてはならない。

各国は気候変化による健康影響に関する監視システムを設け、

①気候変化に伴う上記健康影響に関する評価を行うため、現時点での疾病発生率の基礎データを収集すること

②疾病予防と治療、健康教育のための施策と研究に関し、優先すべき分野を決定し、評価すること

③実施された健康影響に関する施策と研究を評価すること

等の事項を実施するよう努力する必要がある。