

大気環境と健康

高木 廣文
東邦大学看護学部
国際保健看護学研究室

1

大気環境

大気の組成

成分	ppm(parts per million)
窒素	780,840
酸素	209,460
アルゴン	9,340
二酸化炭素	360
ネオン	18.2
ヘリウム	5.2
メタン	1.2
クリプトン	1.1
...	...

2

地球の温暖化

- ・猿人：2000カロリー／日－食物消費のみ
- ・ホモエレクトス：5000／日－火の使用
- ・農耕牧畜者：12000／日－畜力，水車，風車
- ・工業者：8万／日－石炭，石油，電力
- ・脱工業者：23万／日－輸送，農産物，工業製品，冷暖房，原子力



消費エネルギー量の増加
二酸化炭素の増加(2100年に700ppm)

3

温室効果 greenhouse effect

大気中の二酸化炭素濃度の増加により、地熱の放散が妨げられ、地表温度が上昇。

逆に、火山などにより大気中の粒子状物質が増加すると、太陽の輻射が妨げられ、地表の温度が低下。

- ・二酸化炭素の影響64%：
メタン，フロン，亜酸化窒素なども影響。
1997年「国連気候変動枠組み条約第3回締約国会議（京都議定書）」二酸化炭素の発生抑制
・2010年までに1990年基準で日米欧：
6, 7, 8%の削減目標が設定・採択

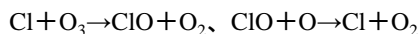
4

オゾンホール ozone hole

オゾン層：成層圏（13～40Km）で紫外線により酸素からオゾンが生成，オゾン層を形成

－太陽からの紫外線の99%を吸収。

- ・フロンflon、フッ化炭素類 fluorocarbonsによるオゾン消滅：とくに極地方上空



- ・オゾンの減少 → 地表の紫外線量の増加
→ 植物プランクトンの減少、農作物の減収、皮膚がんの増加、白内障の増加など。
⇒ 1995年フロンの製造禁止。

5

大気環境の変化による影響

(1) 気圧の変化

- ・高山病：

正常気圧下（1気圧：760mmHg）での酸素分圧約160mmHg → 気圧の低下 → 酸素分圧も低下：低酸素症 hypoxia：呼吸困難、心悸亢進、悪心、嘔吐、視力低下 → 虚脱状態

- ・酸素分圧の上昇－酸素中毒：てんかん様の痙攣、肺の炎症性変化（順化なし）
→ヘリウム、酸素混合ガスの使用

6

潜水病

水面下10m降下につき、約1気圧の水圧上昇

- ・高窒素分圧による、**窒素酔い**
- ・高酸素分圧による、**酸素中毒症**
- ・高圧下から急激に減圧すると、血液や組織中の空気、とくに窒素、が遊離。
血管を塞ぐ（塞栓）：血液循環、神経、筋に障害を与える。
 - － **減圧症** decompression sickness

7

潜函病

水排除、または地質構造の保持のため、1気圧以上の圧縮空気下での潜函、または、トンネル内の作業では潜水病と同様に「**潜函病** caisson disease」が起こる可能性有

- ・海拔5.4km以上（0.5気圧以下）の航空機乗務では、密閉が不完全な場合、**航空減圧症**が起きる可能性有

8

(2) 有害成分の混入

- ・産業現場でとくに問題となることが多い。

空気の正常成分：

- ・窒素 約78%
- ・酸素 約21%
- ・二酸化炭素 0.03%（呼気中に約4%）
毒性は比較的低い：**屋内基準0.1%**
 - －空気汚染の指標としての意味。

9

1. 一酸化炭素CO

- ・日常生活でも最も吸入の危険性のある有害ガス。毒性も強い。
- ・炭火、石炭ガス、自動車排気ガス、タバコの煙（1～10%）
- ・**性質：**
無味、無臭の気体。
空気の0.968倍の比重。

10

急性一酸化炭素中毒

COはHb（血色素）に対する親和性がO₂の約300倍。

COを含む空気の吸入→ HbCO増加：

HbO₂の減少→組織のO₂欠乏→**急性中毒**

- ・**空气中濃度が0.15%の場合：**1時間の曝露によりHbのCO飽和率は40%に達する
 - 激頭痛、虚脱、痙攣、運動麻痺など
- ・**0.50%以上20分の曝露**
 - HbのCO飽和率は50%
 - 意識混濁、虚脱、長引けば死亡

11

慢性一酸化炭素中毒

激しい急性中毒の後では、四肢の運動・知覚麻痺、精神障害等の後遺症

- ・**慢性一酸化炭素中毒：**多くは職業性に発生
症状：自覚的：もの忘れしやすい。
他覚的：慢性軸性視神経炎（色視野狭窄、中心暗点）、ST低下（心電図所見）
- ・**基準値：**1時間値の1日平均値10ppm以下、かつ1時間値の8時間平均値20ppm以下。

12

2. いおう酸化物 sulfur oxides, SO_x

- ・二酸化硫黄、三酸化硫黄などの総称で、焼産物として、大気汚染の一因（四日市市）。硫化亜鉛焙焼、硫酸製造、製紙、石油精製などの職場で危険性が大：**主に固定発生源**
- ・**症状**：咽喉部の痛み、咳、嘔声、胸痛、眼の急性結膜炎。慢性中毒では、歯牙酸触症、慢性気管支炎、肝障害をおこす。
- ・**SO₂の基準値**：1時間値の1日平均値0.04ppm以下、かつ1時間値が0.1ppm以下。

13

3. 窒素酸化物 nitrogen oxides, NO_x

- ・**毒性からNOとNO₂が問題**
重油、ガソリンなどの有機物が高温燃焼する際に、空気中の窒素ガスが酸化されて生じる。主に自動車排ガス：**移動発生源**
NO₂は水溶性が小さく、SO₂と違って、容易に肺胞に達し、亜硝酸HNO₂、硝酸HNO₃になり、肺胞を刺激
—慢性気管支炎、肺気腫
- ・**環境基準**：1時間値の1日平均値0.04-0.06ppmのゾーン内またはそれ以下。

14

4. 光化学オキシダント photochemical oxidant

- ・大気中のNO_xや炭化水素が紫外線により、光化学反応を起こして生成：**二次汚染物質**
 - ・オゾン ozone、アルデヒド aldehyde、PAN(peroxy-acetylnitrate)などの総称。90%以上はオゾン。
 - ・無風、24°C以上、正午前後2時間以上の強い日射が必要：夏の暑い正午前後
- ・**症状**：眼や喉の刺激。ひどい場合、手足のしびれ、頭痛、痙攣、発熱、呼吸困難。
- ・**環境基準**：1時間値が0.06ppm以下。

15

5. 浮遊粒子状物質 suspended particulate matter

- ・空気中に浮遊する微粒子の総称：塵埃（粉塵）
動物性、植物性、鉱物性と様々であり、大きさも一定していない。
 - ・**粒子大**：鼻咽喉、上部気道の内壁に捉えられ、大部分が排出される。
 - ・**粒子極小**：細気管支、肺胞に達する（粒子直径0.1-5μ）：**吸入可能粉塵** respirable dust
- ・**環境基準**：浮遊粒子状物質（粒径10μ以下）の1時間値の1日平均値が0.10mg/m³以下であり、かつ1時間値が0.20mg/m³以下。

16

塵肺 pneumoconiose

珪肺 silicosis 石綿肺 asbestosis
炭肺 anthracosis 滑石肺 talcosis など

このうち、**珪肺**が古くから知られている。
遊離珪酸SiO₂の粉塵吸入による。**肺の繊維化**。
—呼吸困難、咳、胸痛が主症状。
肺循環系障害のため右心室肥大。
結核を合併した場合、結核の経過が促進。

17

体温調節と空気

体熱の放散

- (1) 伝導・対流
- (2) 輻射
- (3) 水分蒸発

18

(1) 伝導・対流

体表面（皮膚、肺・気道面）が低温の物体に触れることにより、熱が人体から外部へ移動する。

19

(2) 輻射

高温の人体から、より低温の周囲の物体に直接的に熱が移行する。

20

(3) 水分蒸発

・皮膚・気道面からの水分蒸発により熱が移行する。

皮膚表面へ細胞間隙の水分がしみでて、直ちに蒸発する。感覚的に感知できない人体からの水分蒸発：水 1 g 約0.5cal

－不感蒸泄 perspiratio insensibilis
(insensible perspiration)

・熱放散を大きくする必要がある場合：
汗腺 → 汗を分泌 → 水分蒸発量の増加

21

体熱放散と空気の物理的特性

温熱の4要素

- (1) 気温 air temperature
- (2) 気湿（湿度） air humidity
- (3) 気流 air movement
- (4) 輻射熱 radiant heat

22

(1) 気温 air temperature

気温と体温の差により、体熱放散の仕方が変化

1) 気温 < 体温： 伝導・対流、輻射による熱放散量の増大。汗腺活動の停止。

2) 気温 = 体温： 発汗による熱放散。

3) 気温 > 体温： 伝導・対流、輻射により外部から人体内に熱が流入：水分蒸発による調節（エクリン腺：30°C以上で活動）

23

(2) 湿度 air humidity

・空気の水蒸気含有量の程度

・空気が乾燥：

水分蒸発は促進－体熱放散大

・空気の水蒸気量大：

水分蒸発量小－体熱放散小

24

相対湿度と絶対湿度

- 1) **絶対湿度** absolute humidity
空気中に存在する水蒸気の絶対量。
g/m³もしくはmmHg（水蒸気圧）で表す。
- 2) **相対湿度** relative humidity : (通常使用)
その空気を含みうる最大の水蒸気量（飽和湿度）に対する絶対湿度の割合（%）。
* 相対湿度 = (絶対湿度) / (飽和湿度) × 100 (%)
- 3) **飽和湿差** deficiency of saturation
= (飽和湿度) - (絶対湿度)

25

(3) 気流 air movement

気温が体温より低ければ、風速が大きいほど熱放散も大きい。

26

(4) 温熱指数

空気の総合効果を表す指標

- 1) **感覚温度** (**実効温度** effective temperature)
飽和、無風で気温t°Fの環境と全く等しい温感を与える環境状態をすべて、感覚温度t°Fとする。
— 快感線、快感帯：最多数が快感と感じる感覚温度（感覚温度図表により求める）

27

2) 等温指数 (等価温感 equivalent warmth)

- ・ 気温、気湿、気流、および輻射熱の4因子の総合効果を示す指標

気湿100%、風速0m/sec、気温と壁面が同温度t°Fのときと等しい温感を与える環境状態を「t°EW」とする。

(気温、水蒸気圧、風速、黒球温度計で測定)

28

カタ寒暖計 Kata thermometer

空気の冷却力を調べる。

湯で加温し、100°F (37.8°C) とし、95°F (35°C) に下がるまでの時間を測定（単位はsec）。この値で、カタ係数（カタ寒暖計に刻まれている）を割る。

カタ冷却率 = (カタ係数) / 時間 (秒)
(乾カタ (乾いた状態) の場合)

快適感の標準値：安静時5、坐業時6、軽労作時7

- * 湿カタ：濡れた袋を付けて測定。
人間の温感覚に合わない。

29

寒冷と暑熱に対する人体の反応

- ・ **空気の冷却力が大きい場合**
 - ・ まず、皮膚の熱伝導性を低下させ、熱の体外への拡散を防ぐ。
(物理的調節)
 - ・ 次に、体内での熱産生が高まる。
(化学的調節)

30

1) 物理的調節

(1) 皮膚血管の収縮

体深部からの熱を運ぶ血液量を減少し、体熱の損失を防ぐ。

(2) 汗腺活動の停止

不感蒸泄はなくなる。

(3) 骨格筋の緊張、震え (shivering)

骨格筋の緊張が亢進し熱産生が高まる。不随意的に収縮と伸展を繰り返すことがある。

31

2) 化学的調節

(1) 内分泌

副腎髄質からの adrenalin 分泌。視床下部の興奮により、下垂体前葉から甲状腺、副腎皮質刺激ホルモン分泌が起こる。

(2) 肝臓の glycogen 分解亢進

(3) 酸素摂取量の増大

熱産生のため酸素消費量が増大する。呼吸量の増加と呼吸が深まる。

32

空気の冷却力が小さい場合(暑い場合)

(1) 皮膚血管の拡張

(2) 汗腺の活動

裸体時、気温30°C以上で皮膚のエクリン腺より発汗。暑さに慣れるに従い、汗の塩分濃度は低下し、より低い皮膚温で発汗を開始。

(3) 体内の熱産生の低下

(4) 呼吸・循環

呼吸数は増加するが浅い。肺胞内換気をあまり増大せず、気道からの熱放散を盛んにする。脈拍数も初期には増加するが、順化とともに減少。

33

体温調節の障害

1. 空気の冷却力が過大な場合

(1) 凍瘡: 皮膚の血流減少による組織障害。

発赤、腫脹、かゆみを伴う。手、足、耳朶などに多発。

(2) 凍傷: 極端な寒冷曝露により、末梢の血流が途絶し、組織の壊死が起きる。

寒冷感、疼痛が始めに起こる。次ぎに、感覚を失う。手指、足趾、鼻端、耳朶など。

・ 体温程度の微温湯で氷結部を解かすのがよい。罹患後、壊死が進行した場合、回復せずに脱落。

34

2. 空気の冷却力が過小な場合

・ 熱中症 heat apoplexy

循環機能障害、水分、塩分の喪失。

熱痙攣

熱ストローク (熱射病、日射病)

熱疲憊、熱失神、熱疲労など

35

1) 熱痙攣 heat cramps

・ 高温、高湿下で起きる古典的職業病
船舶の火夫、石炭鉱山の鉱夫:

— 火夫痙攣、鉱夫痙攣の別名あり。

・ 原因: 多量の発汗によるNa, Cl喪失、水分の過剰摂取。

・ 症状: 四肢筋と腹筋の有痛性痙攣
体温正常、血圧正常、血液濃縮、
尿中Cl排泄量は著しく減少。皮膚は湿潤

・ 治療: 食塩水の経口投与、生理食塩水静注

36

2) 熱疲労 heat exhaustion

- ・ **原因** :
発汗量に対する水分摂取量不足。
食塩摂取不足。皮膚血管および四肢筋、
血管拡張による脳の循環障害。
(熱失神 heat syncope)
- ・ **症状** : 疲労、悪心、頭痛、めまい、失神、
血圧降下、皮膚湿潤、体温正常。
- ・ **治療** : 涼処安静、食塩水の経口投与、
生理食塩水静注。

37

3) 熱ストローク heat stroke (日射病 sun stroke)

- ・ **原因** :
温熱中枢の失調。
発汗停止と体温の急激な上昇。
- ・ **症状** :
皮膚は熱く乾燥。
体温上昇、痙攣、昏睡、**致命率が高い**。
血清GOT, GPT, LDH上昇。
乏尿が起こるとBUNが上昇。

38

(用語)

GOT: glutamic oxaloacetic transaminase

GPT: glutamic pyruvic transaminase

LDH: lactic dehydrogenase (乳酸脱水素酵素)

BUN: blood uric nitrogen (血清尿素窒素)

39

熱ストローク (続)

- ・ **治療** : シャワー、冷風、アルコール湿布などによる体温降下療法。脳浮腫、肝不全、腎不全に対して集中強化治療。

・ 予防方法 :

- (1) 環境条件の改善
- (2) 作業負担の軽減
- (3) 不適格者の排除 (アルコール摂取者、肥満、過労、慢性疾患患者)
- (4) 個人対策 (高温順化、0.1%食塩水飲用、保護具 (冷房服))

40