

微小粒子状物質健康影響評価検討会 報告書

目 次

1. 目的及び背景	1-1
1.1. 目的及び背景	1-1
1.2. 検討体制	1-2
1.3. 評価文書の構成	1-2
2. 大気中粒子状物質の特性	2-1
2.1. 物理的な特性	2-1
2.1.1. 粒径の定義	2-1
2.1.2. 粒径分布	2-2
2.1.3. 形態・構造	2-5
2.1.4. 密度・重さ	2-5
2.1.5. 吸湿性・潮解性	2-5
2.2. 化学組成	2-6
2.2.1. 概要	2-6
2.2.2. 無機成分	2-7
2.2.3. 炭素成分・有機成分	2-8
2.2.4. 金属成分・土壌成分	2-8
2.3. 生成機構	2-9
2.3.1. 粒子形成機構	2-9
2.3.2. 一次粒子生成	2-10
2.3.3. 二次粒子生成	2-11
2.4. 大気中挙動	2-12
2.4.1. 拡散と移流	2-12
2.4.2. 沈着	2-14
2.4.3. 滞留	2-15
2.4.4. その他	2-15
2.5. 発生源	2-16
2.5.1. 概要	2-16
2.5.2. 人為起源	2-17
2.5.3. 自然起源	2-18
2.5.4. 越境移流	2-18

2.6. 環境動態	2-18
2.6.1. 日内変化	2-19
2.6.2. 週内変化	2-19
2.6.3. 季節間変化	2-19
2.6.4. 経年変化	2-20
2.6.5. 統計的特性	2-20
2.7. 大気中濃度測定方法	2-21
2.7.1. 概要	2-21
2.7.2. 粒径別測定方法	2-21
2.7.3. 測定方法の動向	2-25
2.7.4. 成分別測定方法	2-30
2.8. まとめ	2-39
2.8.1. 物理的な特性	2-39
2.8.2. 化学組成	2-40
2.8.3. 生成機構	2-41
2.8.4. 大気中挙動	2-41
2.8.5. 発生源	2-42
2.8.6. 環境動態	2-43
2.8.7. 大気中濃度測定方法	2-43
2.9. 参考文献	2-47
3. 曝露評価	3-1
3.1. 大気中濃度	3-1
3.1.1. 米国の事例	3-1
3.1.2. 日本的事例	3-7
3.1.3. 米国と日本のデータの特徴	3-18
3.2. 発生源影響	3-21
3.2.1. 粒子状物質の排出量推計	3-21
3.2.2. 日本の粒子状物質排出インベントリの現状	3-27
3.2.3. 海外の粒子状物質排出インベントリの現状	3-31
3.2.4. 排出量推計の課題	3-35
3.2.5. 発生源別寄与濃度の推定（レセプターモデル）	3-37
3.2.6. シミュレーションモデル	3-50
3.3. ヒトへの曝露様態	3-63
3.3.1. 基本概念	3-63
3.3.2. 環境濃度	3-64
3.3.3. 個人曝露濃度との関係	3-66

3.3.4.	環境濃度から個人曝露濃度の推定	3-68
3.3.5.	個人曝露量の推定	3-72
3.4.	まとめ	3-77
3.4.1.	大気中濃度	3-77
3.4.2.	発生源影響	3-80
3.4.3.	ヒトへの曝露様態	3-83
3.5.	参考文献	3-85
4.	生体内沈着及び体内動態	4-1
4.1.	生体内沈着	4-1
4.1.1.	吸入粒子の大きさの特性	4-1
4.1.2.	呼吸器系の構造	4-1
4.1.3.	呼吸器の神経分布	4-3
4.1.4.	粒子特性と沈着	4-3
4.1.5.	気道沈着の機構	4-4
4.1.6.	呼吸形態による影響	4-8
4.1.7.	換気量や呼吸回数による影響	4-9
4.1.8.	粒径による粒子の沈着部位	4-9
4.1.9.	生物学的要因による影響	4-12
4.1.10.	刺激物質による影響	4-16
4.1.11.	種差	4-16
4.2.	体内動態	4-18
4.2.1.	動態・クリアランス	4-18
4.2.2.	超微小粒子の動態・クリアランス	4-20
4.2.3.	超微小粒子の循環血液系への移行	4-21
4.2.4.	調整因子	4-22
4.2.5.	刺激物質による影響	4-22
4.2.6.	種差	4-22
4.3.	曝露形態の違いによる比較	4-24
4.3.1.	曝露形態の違いによる生体内沈着や体内動態の比較	4-24
4.3.2.	過剰曝露時の影響	4-25
4.4.	数学的モデルによる推定	4-25
4.4.1.	数学的モデルの意義	4-25
4.4.2.	数学的モデル	4-26
4.4.3.	ICRP(LUDEP)モデルと MPPD モデルを用いた沈着率の推定	4-26
4.4.4.	ヒトとラットの推計沈着率の比較	4-31

4.5. まとめ	4-36
4.5.1. 生体内沈着	4-37
4.5.2. 体内動態	4-38
4.5.3. 曝露形態の違いによる比較	4-38
4.5.4. 数学的モデルによる推定	4-39
4.6. 参考文献	4-40
5. 毒性学研究の健康影響に関する知見の整理	5-1
5.1. 導入	5-1
5.2. 呼吸器系への影響	5-4
5.2.1. 仮説の紹介	5-4
5.2.2. 論文の紹介	5-4
5.2.3. 論文による仮説の検証	5-44
5.3. 循環器系（心血管系）への影響	5-48
5.3.1. 仮説の紹介	5-48
5.3.2. 論文の紹介	5-49
5.3.3. 論文による仮説の検証	5-93
5.4. 免疫系その他への影響	5-102
5.4.1. 仮説の紹介	5-102
5.4.2. 論文の紹介	5-102
5.4.3. 論文による仮説の検証	5-114
5.5. 変異原性・遺伝子傷害性及び発がん影響	5-118
5.5.1. 仮説の紹介	5-118
5.5.2. 論文の紹介	5-119
5.5.3. 論文による仮説の検証	5-128
5.6. 粒子成分と健康影響の関係	5-135
5.6.1. 仮説の紹介	5-135
5.6.2. 論文の紹介	5-135
5.6.3. 論文による仮説の検証	5-143
5.7. 粒径と健康影響の関係	5-149
5.7.1. 仮説の紹介	5-149
5.7.2. 論文の紹介	5-149
5.7.3. 論文による仮説の検証	5-154
5.8. まとめ	5-156
5.8.1. 呼吸器系への影響	5-156
5.8.2. 循環器系(心血管系)への影響	5-156
5.8.3. 免疫系その他への影響	5-158

5.8.4. 変異原性・遺伝子傷害性及び発がん影響	5-158
5.8.5. 粒子成分と健康影響の関係	5-159
5.8.6. 粒径と健康影響の関係	5-160
5.8.7. 粒子状物質に対する高感受性	5-160
5.8.8. 共存汚染物質との相互作用	5-160
5.9. 参考文献	5-162
参考資料 文献一覧	参考-1
6. 疫学研究の健康影響に関する知見の整理	6-1
6.1. 導入	6-1
6.2. 短期曝露影響	6-5
6.2.1. 死亡	6-5
6.2.2. 入院及び受診	6-7
6.2.3. 症状及び機能変化	6-10
6.3. 長期曝露影響	6-46
6.3.1. 死亡	6-46
6.3.2. 疾病発症・症状及び機能変化	6-53
6.4. 成長・発達影響	6-56
6.5. 粒子成分と健康影響の関係	6-57
6.6. 粒径と健康影響の関係	6-58
6.7. 疫学研究の評価に関連する影響要因等	6-60
6.7.1. 測定誤差及び曝露誤差	6-60
6.7.2. 統計モデル仕様の相違	6-63
6.7.3. 共存汚染物質及びその他の因子による交絡と影響修飾	6-64
6.7.4. 曝露と健康影響の時間構造	6-66
6.7.5. 影響度の地域差に関する不均一性	6-67
6.7.6. 高感受性群に対する影響	6-68
6.7.7. 平均余命に関する影響	6-68
6.7.8. 閾値	6-69
6.8. 疫学知見に基づく評価	6-70
6.8.1. 関連性の強さ	6-70
6.8.2. 関連性の頑健さ	6-72
6.8.3. 一貫性	6-73
6.8.4. 時間的關係	6-74
6.8.5. 量-反応關係	6-75
6.8.6. 自然の実験（介入研究）	6-75
6.8.7. まとめ	6-76

6.9. 参考文献	6-78
7. 知見の統合による健康影響評価	7-1
7.1. 粒子状物質の大気・体内中の挙動	7-1
7.1.1. 粒子状物質の特性の整理	7-1
7.1.2. 曝露評価の整理	7-5
7.1.3. 生体内沈着及び体内動態の整理	7-8
7.2. 適切なカットポイント	7-10
7.2.1. 物理的・化学的要素からの検討	7-10
7.2.2. 曝露データからの検討	7-12
7.2.3. 粒子の体内挙動からの検討	7-13
7.2.4. 科学的知見の蓄積等からの検討	7-13
7.2.5. 適切なカットポイント	7-14
7.3. 影響メカニズム	7-15
7.3.1. 呼吸器系への影響	7-15
7.3.2. 循環器系（心血管系）への影響	7-16
7.3.3. 免疫系への影響	7-16
7.3.4. 発がん影響	7-16
7.3.5. 粒子成分と健康影響の関係	7-17
7.3.6. 粒径と健康影響の関係	7-17
7.3.7. 粒子状物質に対する高感受性	7-17
7.3.8. 共存汚染物質との相互作用	7-17
7.4. 有害性の同定	7-18
7.4.1. 生物学的妥当性や整合性に関する評価	7-18
7.4.2. 有害性の同定	7-22
8. まとめ及び今後の課題	8-1
略語一覧	i