

目 次

1. ディーゼル排気の特徴

| | |
|----------------------|---|
| 1.1 ディーゼル車からの粒子の排出 | 1 |
| 1.1.1. 粒子の生成 | 1 |
| 1.2. DE の性状 | 2 |
| 1.2.1 構成成分 | 2 |
| 1.2.1.1. 炭素成分 | 2 |
| 1.2.1.2. 有機可溶成分 | 3 |
| 1.2.1.3. 多環芳香族炭化水素類 | 3 |
| 1.2.1.4. サルフェート | 4 |
| 1.2.1.5. その他の物質 | 4 |
| 1.2.1.6. DE の変異原性試験例 | 4 |
| 1.2.2. 物理的・化学的性状 | 5 |
| 1.2.2.1. 粒径 | 5 |
| 1.2.2.2. その他 | 5 |
| 1.3. 排出に及ぼす諸因子の影響 | 5 |
| 1.3.1. 燃料性状の影響等 | 6 |
| 1.3.1.1. 燃料中の硫黄分 | 6 |
| 1.3.1.2. その他の燃料性状 | 6 |
| 1.3.2. 低減技術による相違 | 7 |
| 1.3.2.1. 燃焼改善 | 7 |
| 1.3.2.1.1. 燃料噴射系 | 7 |
| 1.3.2.1.2. 中間冷却ターボ過給 | 7 |
| 1.3.2.2. 後処理技術 | 7 |
| 1.4. まとめ | 9 |

2. 沈着と動態

| | |
|------------------------|----|
| 2.1.沈着 | 10 |
| 2.1.1. 粒子の性状と沈着 | 10 |
| 2.1.2. 気道沈着の機構 | 10 |
| 2.1.3. 気道沈着に影響する解剖学的要因 | 14 |
| 2.1.4. 呼吸パターンの影響 | 14 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 2.1.5. | 実験的研究 | 15 |
| 2.1.6. | 動物実験からヒトへの外挿 | 17 |
| 2.2. | 動態 | 17 |
| 2.2.1. | 粒子状物質の動態 | 17 |
| 2.2.2. | DEP 以外の粒子状物質の動態 | 19 |
| 2.2.3. | DEP の動態 | 23 |
| 2.2.4. | 粒子状物質に吸着した物質のクリアランス, 滞留, 結合 | 25 |
| 2.2.5. | 粒子状物質の肺外への輸送 | 32 |
| 2.3. | モデルを使った沈着, 動態の推定 | 33 |
| 2.3.1. | 沈着モデル | 34 |
| 2.3.2. | 動態モデル | 36 |
| 2.4. | まとめ | 37 |
| 2.4.1. | 沈着 | 37 |
| 2.4.2. | 動態 | 37 |
| 2.4.3. | 動物からヒトへの外挿に際しての注意点 | 37 |
| 3. | 有害性の同定 | |
| 3.1. | 発がん影響と遺伝子傷害性 | 39 |
| 3.1.1. | 発がん影響に関する疫学研究 | 39 |
| 3.1.2. | 発がん影響に関する動物実験 | 70 |
| 3.1.2.1. | 発がん実験 | 70 |
| 3.1.2.2. | 発がんの機序に関する検討結果(DNA 付加体)DEP の成分についての検討結果 | 89 |
| 3.1.3. | 遺伝子傷害性 (変異原性) | 91 |
| 3.1.3.1. | DEP の変異原性 | 91 |
| 3.1.3.2. | DEP 中の変異原物質 | 97 |
| 3.1.3.3. | DEP 中の芳香族二トロ化合物 | 98 |
| 3.1.3.4. | 芳香族二トロ化合物の変異原性 | 98 |
| 3.1.3.5. | 芳香族二トロ化合物の DNA 付加体の形成 | 101 |
| 3.1.4. | 有害性 (発がん影響と遺伝子傷害性) の同定のまとめ | 102 |
| 3.1.4.1. | 有害性 (発がん影響に関する疫学研究) の同定のまとめ | 102 |
| 3.1.4.2. | 有害性 (発がん影響に関する動物実験) の同定のまとめ | 104 |
| 3.1.4.3. | 有害性 (遺伝子傷害性) の同定のまとめ | 104 |
| 3.2. | 非発がん影響 | 105 |
| 3.2.1. | 非発がん影響に関する人への実験的負荷研究 | 105 |
| 3.2.2. | 非発がん影響に関する疫学研究 | 108 |

| | |
|---|-----|
| 3.2.2.1. 急性影響に関する疫学研究 | 108 |
| 3.2.2.2. 慢性影響に関する疫学研究 | 110 |
| 3.2.3. 非発がん影響に関する実験的研究 | 121 |
| 3.2.3.1. 一般毒性 | 121 |
| 3.2.3.1.1. DEP の急性毒性 | 121 |
| 3.2.3.1.2. DE の急性曝露影響 | 121 |
| 3.2.3.1.3. DE の短期曝露影響 | 121 |
| 3.2.3.1.4. DE の長期曝露影響 | 124 |
| 3.2.3.1.5. 成長への影響 | 124 |
| 3.2.3.1.6. 生存率（死亡率）への影響 | 124 |
| 3.2.3.1.7. 臓器重量への影響 | 124 |
| 3.2.3.2. 呼吸機能への影響 | 125 |
| 3.2.3.3. 気道への影響 | 128 |
| 3.2.3.3.1. 気道炎症の機構 | 128 |
| 3.2.3.3.1.1. 気道上皮細胞や末梢血中細胞による気道炎症の機構 | 128 |
| 3.2.3.3.1.2. 肺胞マクロファージによる炎症の機構 | 134 |
| 3.2.3.3.2. 非アレルギー性気道炎症 | 136 |
| 3.2.3.3.3. アレルギー性気道炎症 | 141 |
| 3.2.3.3.3.1. 喘息 | 141 |
| 3.2.3.3.3.2. アレルギー性鼻炎 | 147 |
| 3.2.3.4. 気道及び肺組織への影響 | 151 |
| 3.2.3.5. 感染抵抗性・免疫系・血液成分への影響 | 154 |
| 3.2.3.5.1. 感染抵抗性への影響 | 154 |
| 3.2.3.5.2. 免疫系への影響 | 156 |
| 3.2.3.5.3. 血液成分への影響 | 161 |
| 3.2.3.6. 循環器への影響 | 163 |
| 3.2.3.7. 生殖器への影響 | 163 |
| 3.2.3.8. 神経・行動への影響 | 169 |
| 3.2.4. 有害性（非発がん影響）の同定のまとめ | 171 |
| 3.2.4.1. 有害性（非発がん影響に関する人への実験的負荷研究）の同定のまとめ | 171 |
| 3.2.4.2. 有害性（非発がん影響に関する疫学研究）の同定のまとめ | 171 |
| 3.2.4.3. 有害性（非発がん影響に関する実験的研究）の同定のまとめ | 172 |

4. 用量 反応評価と曝露評価

| | |
|---------------------------|-----|
| 4.1. 用量 反応評価 | 177 |
| 4.1.1. 発がん影響に関する用量 反応評価 | 177 |
| 4.1.1.1. 疫学研究による用量 - 反応評価 | 177 |
| 4.1.1.1.1. 発がん影響に関する疫学研究 | 177 |
| 4.1.1.1.1.1. 米国鉄道従事者の疫学研究 | 177 |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 4.1.1.1.1.2. 米国トラック運転手の疫学研究 | 179 |
| 4.1.1.1.1.3. 疫学データによるリスク推定に関する報告例 | 180 |
| 4.1.1.1.2 疫学データによるリスクの概算 | 181 |
| 4.1.1.2. 動物実験による用量 反応評価 | 183 |
| 4.1.1.2.1. 発がん影響に関する動物実験 | 183 |
| 4.1.1.2.1.1. 発がんメカニズム | 183 |
| 4.1.1.2.1.2. 外挿モデル | 184 |
| 4.1.1.2.2. ヒトへの外挿 | 186 |
| 4.1.2. 非発がん影響に関する用量 - 反応評価 | 187 |
| 4.1.2.1. 疫学研究による用量 - 反応評価 | 187 |
| 4.1.2.2. 動物実験による用量-反応評価 | 187 |
| 4.1.2.2.1. 非発がん影響に関する動物実験 | 187 |
| 4.1.2.2.2. ヒトへの外挿 | 193 |
| 4.2. 曝露評価 | 197 |
| 4.2.1. 環境大気中での DE の挙動 | 197 |
| 4.2.1.1. ガス状物質の挙動 | 197 |
| 4.2.1.1.1. ガス状有機成分 | 197 |
| 4.2.1.1.2. ガス状無機成分 | 198 |
| 4.2.1.2. 粒子状成分の挙動 | 198 |
| 4.2.1.3. DE の移流・拡散・反応モデル | 198 |
| 4.2.1.4. まとめ | 200 |
| 4.2.2. 大気中濃度の推定 | 200 |
| 4.2.2.1. 排出量の推定 | 200 |
| 4.2.2.2. CMB レセプターモデルによる発生源寄与の推定 | 203 |
| 4.2.2.2.1. DEP の推定例 | 204 |
| 4.2.2.2.2. 諸外国の状況（米国の例） | 209 |
| 4.2.2.3. 発生源モデルによる推定 | 211 |
| 4.2.2.4. まとめ | 212 |
| 4.2.3. 人への曝露態様 | 213 |
| 4.2.3.1. 職業曝露に関する海外の研究事例 | 213 |
| 4.2.3.2. 国内における個人曝露と職業曝露の実測例 | 213 |
| 4.2.3.3. 曝露推定の数値モデル | 213 |
| 4.2.3.4. わが国における曝露量推定の可能性と問題点 | 214 |
| 4.2.4. まとめ | 215 |
| 4.2.5. 今後の課題 | 216 |
| 4.2.5.1. 排出量推計の精度向上 | 216 |
| 4.2.5.2. 発生源モデルによる濃度推定 | 217 |
| 4.2.5.3. レセプターモデルによる課題 | 217 |
| 4.2.5.3.1. 環境大気粒子の測定について | 217 |
| 4.2.5.3.2. モデル化と発生源プロファイル・データ | 218 |
| 4.2.5.4. 曝露評価モデル | 218 |

5. 国際機関，諸外国等の発がん影響の定量的評価の概要

| | |
|-------------------------------|-----|
| 5.1. 世界保健機関（WHO） | 219 |
| 5.1.1. 疫学データ | 219 |
| 5.1.2. 動物実験のデータ | 219 |
| 5.1.2.1. 発がん影響 | 219 |
| 5.1.2.2. 非発がん影響 | 221 |
| 5.2. 米国カリフォルニア州環境保護局（Cal EPA） | 223 |
| 5.2.1. 疫学データ | 223 |
| 5.2.2. 動物のデータ | 223 |
| 5.2.2.1. 発がん影響 | 223 |
| 5.2.2.2. 非発がん影響 | 224 |
| 5.3. 米国環境保護庁（U.S.EPA） | 224 |
| 5.4. 米国健康影響研究所（HEI） | 224 |
| 5.4.1. 疫学のデータ | 224 |
| 5.4.2. 動物のデータ | 225 |
| 5.4.2.1. 発がん影響 | 225 |
| 5.4.2.2. 非発がん影響 | 226 |
| 5.5. 国際がん研究機関（IARC） | 226 |

6. 健康リスクの評価

| | |
|-------------------------------|-----|
| 6.1. 健康リスクの評価手法について | 227 |
| 6.2. 沈着と動態 | 227 |
| 6.3. 有害性の同定 | 228 |
| 6.3.1. 発がん影響と遺伝子傷害性 | 228 |
| 6.3.1.1. 発がん影響に関する疫学研究 | 228 |
| 6.3.1.2. 発がん影響に関する動物実験 | 229 |
| 6.3.1.3. 遺伝子傷害性（変異原性） | 229 |
| 6.3.2. 非発がん影響 | 230 |
| 6.3.2.1. 非発がん影響に関する人への実験的負荷研究 | 230 |

| | | |
|------------|---------------------|-----|
| 6.3.2.1. | 非発がん影響に関する疫学研究 | 230 |
| 6.3.2.2. | 非発がん影響に関する実験的研究 | 230 |
| 6.3.2.2.1. | 動物での実験的検討 | 230 |
| 6.3.2.1.2. | 培養細胞での検討 | 232 |
| 6.3.3. | 有害性の同定についてのまとめ | 232 |
| 6.4. | 用量 - 反応評価 | 232 |
| 6.4.1. | 発がん影響に関する用量 - 反応評価 | 232 |
| 6.4.1.1. | 疫学研究による用量 - 反応評価 | 234 |
| 6.4.1.2. | 疫学データによるリスクの概算の試み | 236 |
| 6.4.1.3. | 動物実験による用量 - 反応評価 | 237 |
| 6.4.2. | 非発がん影響に関する用量 - 反応評価 | 238 |
| 6.4.2.1. | 疫学研究による用量 - 反応評価 | 238 |
| 6.4.2.2. | 動物実験による用量 - 反応評価 | 239 |
| 6.5. | 曝露評価 | 240 |
| 6.5.1. | 環境大気中での DE の挙動 | 240 |
| 6.5.2. | 大気中濃度の推定 | 240 |
| 6.5.3. | 人への曝露態様 | 241 |
| 6.5.4. | 今後の課題 | 241 |
| 6.6. | 健康リスクの評価のまとめ | 241 |
| 6.7. | 調査研究の今後の課題 | 242 |
| | 参考文献 | 244 |
| | 略語一覧 | 283 |