

無人ヘリコプター散布農薬の大気経路による 飛散リスクの評価の考え方について

1. リスク評価の対象

(1) 評価の対象とする暴露経路

無人ヘリコプター散布農薬について、次の2つの経路によるばく露について評価を行う。

① 経気道によるばく露

大気中に揮散した農薬を吸入することによるばく露

農薬（液剤）の散布で発生するミストについては、慣行ノズルを用いた慣行法での液剤の散布では、体積中位粒径（VMD）は数十～百 μm 、ドリフト低減ノズルを用いた場合で百～数百 μm とされており、10 μm 以下の粒径のミストはほとんど含まれていない。一方、肺の深部にまで到達する微粒子の粒径は4 μm 以下とされている。従って、経気道によるばく露は、揮散を対象とする。

② 経皮によるばく露

噴霧された農薬の液体噴霧微粒子（ミスト）の落下・付着によるばく露

(2) 評価対象者

散布に係る防護具等を付けていない一般市民（通行者及び近隣住民）をリスク評価対象者とする。

通行者のばく露は一過性（1haのほ場（100m×100m）の1辺を通行する場合、通過に要する時間（=ばく露時間）は1.5分）と考えられる。また、近隣住民のばく露は、気中農薬が減衰するまで継続的なものと考えられるが、建物による遮蔽による低減が期待できる。

今回は、より安全側に立ち評価を行うとの考えから、継続的に遮蔽物が無い状況でばく露が行われるとの条件で評価を行う。

事務局メモ：公園及び街路樹等における飛散リスクについて、農薬飛散リスク評価手法確立調査（H21）においては、1日あたり公園は3時間、街路樹等は5分間と暴露時間を設定している。

無人ヘリ散布農薬のリスク大気経路による飛散リスク評価においては、通行者の通行時間や近隣住民の室外活動時間を踏まえた暴露時間ではなく、安全側に立ったばく露条件の設定としている。

(3) ばく露量のシミュレートを行う地点及び時間

農薬のばく露については、散布地点からの距離及び散布後の時間経過により、減衰していくこととなることから、次に示す距離及び時間それぞれについてのばく露量を求め、評価を行うこととする。

① 距離

0m(散布)地点、5m地点(0-10m)、20m地点(20-30m)、50m地点(50-60m)、100m地点(100-110m)

② 経過時間

散布時間中、散布終了後1時間後、2時間後、……、1日後、2日後、……、28日後。

事務局メモ：時間の設定は、ばく露量の減衰の状況を踏まえて設定する。

また、散布時間については、散布平均速度と飛行距離から算出する。

2. 評価の方法

(1) 経気道によるばく露についての評価

経気道ばく露については、気中濃度評価値と揮散に係るばく露濃度を比較して評価を行う。

評価は、吸入毒性試験により気中濃度評価値を算出した農薬について行うものとする。

なお、気中濃度評価値は、当該濃度を継続して吸入した場合の亜急性毒性に基づき算出されたものであることから、評価に当たっては、28日間の平均ばく露濃度と比較する。

気中濃度評価値及び揮散に係るばく露は、次の方法で求める。

① 気中濃度評価値

亜急性吸入毒性試験に基づき算出した、気中濃度評価値とする。なお、成人と小児の体重及び呼吸量の違いを踏まえ、成人・小児それぞれについて計算し、より低い値を評価値とする。

ア. 許容一日経気道ばく露量 (mg/kg 体重/日)

＝ラットの無毒性量 (mg/kg 体重/日) × 1/100 (種差、個体差)

イ. 気中濃度評価値 (mg /m³)

＝許容一日経気道ばく露量 (mg/kg 体重/日)

／ {呼吸量 (L/min/kg 体重) × 1/1000m³/L × 60 分 × 24 時/日}

② 揮散に係るばく露濃度

ベーパードリフトのシミュレーションモデル (CALPUFF) を用い、気中濃度を推計する。

事務局メモ：気中濃度については、気中濃度評価値の算出にあたり、28日間の亜急性毒性試験に基づく気中濃度評価値に基づいていることから、評価にあたりばく露量を計算する際には、同様に28日間の平均ばく露濃度を用いている。

(2) 経皮によるばく露についての評価

経皮ばく露については、落下量評価値とミストに係るばく露量を比較して評価を行う。なお、落下量評価値は、1日あたりの摂取許容量に基づき得たものであることから、ばく露量についても、評価開始時点から累積24時間のばく露量の28日間平均値を求める。

評価は、シミュレーションによりばく露量の算定した35農薬のうち、ADIが既に設定されている30農薬について行い、累積24時間のばく露量が、落下量評価値を超えないこととする。

落下量評価値とミストに係るばく露量は、次の方法で求める。

① 落下量評価値

一日摂取許容量 (ADI) の10%とする。成人と小児の体重差を踏まえ、成人・小児それぞれについて、評価値を求める。

落下量評価値 (mg/日) = ADI (mg/kg 体重/日) × 体重 (成人 : 53.3kg、小児 : 15kg) × 10%

② ミストに係るばく露量

スプレードリフトのシミュレーションモデル (A g D R I F T) を用い推計した累積落下量から、付着体表面積 (成人で 5,000 cm²、小児で 2,800 cm²) 及び皮膚吸収率 (10%) を加味して算定する。

落下ミストからの経皮によるばく露量 (mg/人) = 付着量 x 皮膚吸収率
= [落下ミストに係る付着体表面積^a (m²/人)] x [ミスト落下量 (mg/m²)] x [皮膚吸収率^b (10%)]

事務局メモ：落下評価量については、ADIに基づき設定がされている。ADIは、当該濃度を下回れば一生摂取しても問題のない一日あたりの摂取量であるが、より安全側に立ち、気中濃度評価値と同様、累積24時間のばく露量の28日間平均値としている。

3. リスク管理措置の取りまとめにあたっての留意事項

2の評価の方法に基づきリスク評価を行い、必要に応じてリスク管理措置を提示することとする。その取りまとめにあたっては、以下の点に留意することとする。

- ・ 各農薬で行われたリスク評価に基づき、その他農薬も含めたリスクについて考察を行い、汎用的なリスク管理措置について検討する。
- ・ リスク管理措置を検討する際には、評価結果のうちリーズナブルなワーストケースとなる事例を活用して定めることとする。ただし、他の農薬と比べてリスクが極端に異なる農薬があった場合には、個別にリスク管理措置を定めることも検討する。
- ・ 評価は科学的な根拠に基づき実施をするが、化学物質過敏症の方やより慎重な配慮が必要な場合を考慮し、参考情報として、さらに踏み込んだリスク管理措置を講じた場合のリスク低減効果等について記載することとする。

市街地公園及び街路樹への農薬散布に係る立入制限範囲及び期間について

■ 背景情報

1. 市街地公園（以降、公園と称す）及び街路樹への農薬散布の実態*

- ① 農薬散布は、病虫害の発生する 4 月から 11 月にかけて、年間 1 回が 40～47%、2 回以内が 74～78%。
- ② 使用される農薬は 10 種類以内に集中している。
- ③ 散布は主に専門業者が実施している。

*平成 17 年度環境省が実施した公園及び街路樹への農薬散布の実態に関するアンケート調査結果による。

2. 農薬散布に係る指針

平成 19 年 1 月 31 日環水大土発第 070131001 号農水省消費安全局長・環境省水・大気環境局長連名通知「住宅地等における農薬使用について」が出されている。

3. 公園、街路樹の周辺状況

幅 4 m 程度の生活道路や幅 2 m 程度の歩道を隔てて一般民家やその他の居住空間と接していることも少なくない。

■ 散布に伴うばく露源の特徴

本事業で得られた知見から、農薬散布に伴い、散布液ミストの土壌及び下葉への落下および皮膚への付着、大気中への揮発が生じる。ミスト落下量、気中濃度、土壌中濃度、葉面付着量はいずれも風下側で高く、散布区域内から離れるにしたがって低下する。

1. ミスト落下量

- ・噴霧された農薬の液体噴霧微粒子（ミスト）の落下量（時間当たり面積当たりの農薬落下量）は、散布中が最も高く、散布直後には急激に低下する。
- ・農薬（液剤）の散布で発生するミストの平均粒径および粒径分布は、散布ノズルの種類及び噴霧圧力に依存し、粒径が小さいほど落下速度は遅く、飛散距離は長い¹⁾。
- ・慣行ノズルを用いた慣行法での液剤の散布では、体積中位粒径（VMD）は数十～百 μm 、ドリフト低減ノズルを用いた場合で百～数百 μm とされており^{1) 2)}、10 μm 以下の粒径のミストはほとんど含まれていない。一方、肺の深部にまで到達する微粒子の粒径は 4 μm 以下とされている。
- ・従って、農薬散布に伴うミストのヒトへのばく露は、その大部分が経皮経路である可能性が高いと考えられる。なお、経気道経路については、気中濃度評価値（以下、「評価値」という。）を用いて、リスク評価を行うことが可能と考えられる。

出典：1) Akesson N. B. and Yates W. E.: Physical parameters relating to pesticide application, in Roberts, R.B., 1976, Pesticide spray application, behavior, and assessment: Workshop proceedings

2) ドリフト低減型ノズルの活用上のポイント、独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター 生産システム研究部（特別研究チーム「ドリフト」）、平成 19 年度 共通基盤研究成果情報

2. 気中濃度

測定値の中には、大気中に揮発した農薬気体のほか、ミストの一部も含まれていると考えられる。散布中または散布直後に最高となり、24 時間までに急速に低下するが、散布区域外で散布 7~14 日後に極く微量検出されることもある。

3. 土壌中濃度（表層 5 cm）

散布した樹木から滴り落ちた薬液と落下したミストが中心となっていることから、土壌中濃度は採取地点間のばらつきが大きく、短期間の調査では減衰傾向が明確には認められない場合もある。

4. 葉面付着量

葉の表面に付着した農薬は、光分解、蒸発、組織への浸透により、経時的に消失する。その速度は概して急速である。測定値は、その分析手法から、人との接触で皮膚に移る葉表面付着物だけではなく、葉組織内部にまで浸透したのも一部計り込まれていると思われる。

■ 検討対象者

散布に係る、所定の防護具を付けた作業者を除く、無防備の一般市民（成人及び小児）を検討対象者とする。

- ① 街路樹については、一般通行者及び隣接住宅等居住者が対象となる。
- ② 公園については、入園者及び隣接住宅等居住者が対象となる。

1. 街路樹

- ① 通行者：大気中農薬の吸入による経気道によるばく露及び落下する農薬ミストが皮膚に付着して生じる経皮によるばく露が想定される。これらのばく露は一過性（100 m の街路樹帯とするとばく露時間は 1.5 分）だが、一日に複数回のばく露もありうる。土、葉との接触は通常は無いと思われる。
- ② 隣接住宅等居住者：農薬で有意に汚染した土、葉との接触は通常はないと思われる。大気経由のばく露は夜間を含んで可能性があるが、気中濃度が低下するまでの短期的なばく露が主体となると考えられる。散布中の窓閉め要請及び外出自粛要請によるばく露の低減は期待できる。

2. 公園

- ① 入園者：大気経由以外に、土壌、葉との接触による経皮によるばく露及び土壌摂食及び葉表面接触後の皮膚を舐めることによる経口によるばく露も想定されうる。ばく露は降雨日以外の天候の昼間時間帯で、かつ成人と小児で入園の頻度は異なる。また、葉と接触する頻度にも支配される。
- ② 隣接住宅等居住者：夜間を含んで大気からのばく露の可能性はある。農薬ミストが落下または付着した土、葉との接触は、通常は無いと思われる。散布中の窓閉め要請及び外出自粛要請によるばく露の低減は期待できる。

3. 留意点

近隣居住者は街路樹と公園のいずれにおいても、同一者が①と②の両方の対象となっている確率が高い。

■ 立入制限範囲と立入制限期間の設定

I. 基本的考え方

1. 「住宅地等における農薬使用について」（平成 19 年 1 月 31 日付 18 消安第 11607 号環水大土発第 070131001 号農水省消費安全局長・環境省水・大気環境局長連名通知）を遵守し、病虫害の状況に応じた適切な防除、農薬使用の回数及び量の削減、ラベルに記載されている使用方法及び使用上の注意事項の遵守、農薬の飛散防止への最大限の配慮、散布前の周辺住民への周知、農薬使用記録の保管、現地混用による危害等発生の防止等が実施されていることを前提とする。

2. 農薬散布の現実的な最悪状況を勘案した上で、成人及び小児へのばく露量が健康影響の観点から許容しうるレベルを超える恐れのある範囲と期間を立入制限範囲及び立入制限期間の考え方とする。本事業のモニタリング調査で結果が得られた 5 種農薬* について具体的に評価を行う。

* 市街地での使用頻度が高い農薬（平成 17 年度環境省アンケート調査結果より）
〔フェニトロチオン、トリクロロホン、エトフェンプロックス、
イソキサチオン及びグリホサート〕

3. 許容しうるレベルを評価するに当たっては、農薬のばく露経路毎に次の指標を用いることとする。

1) 大気からの経気道によるばく露（気中濃度）については、評価値*とする。

*評価値は、農薬吸入毒性評価手法確立調査部会（以下、「毒性部会」という。）でフェニトロチオン、トリクロロホン及びイソキサチオンの 3 農薬について設定。

2) 落下ミストからの経皮によるばく露及び土や葉からの経口・経皮によるばく露については、一日摂取許容量（ADI）を指標とすることとし、より安全性を見込んで ADI の 10%とする。なお、経皮によるばく露については、皮膚への付着量に皮膚吸収率を加味して評価することとする。ただし、許容レベル以下の場合であっても、散布中の散布区域内には、適切な防護具を装着した作業関係者を除いて、原則、立入るべきでない。

4. 評価値は、「一般にこれ以下の濃度であれば、人の健康に好ましくない影響が起きることとはないと考えられる大気中の農薬濃度であり、安全と危険との明らかな境界を示すものではなく、気中濃度が短時間わずかにこの値を超えることがあっても、直ちに人の健康に影響があるというものではない。」*とされている。

* 平成 21 年度農薬吸入毒性評価手法確立調査部会（第 3 回）資料 3 参照

また、ADI は人が生涯にわたって当該農薬を摂取したとしても安全性に問題がないと

認められる 1 日当たりの農薬摂取量を示すものである。市街地等における農薬散布は短期間であり、その健康影響は亜急性的なものと考えられることから、経口及び経皮によるばく露量が ADI の 10% を超えることがあっても、直ちに人の健康に影響があるというものではないと考えられる。

5. 立入制限範囲及び立入制限期間については、公園、街路樹の周辺環境が様々であることから、一律に適用すれば非現実的となるおそれがある。人の健康へのリスクを減らすために講じうる措置、有毒衛生害虫の発生など害虫の種類と害虫の発生による人への危害の程度を考慮して、関係住民の理解と協力を得た上で防除措置及び立入制限範囲及び期間を適用することが望ましい。

II. 設定方法

立入制限範囲と期間は、散布区域内と散布区域外、樹木に散布する農薬と雑草に散布する除草剤、公園（入園者及び隣接住宅等居住者を想定。以下同じ。）と街路樹（通行者を想定。隣接住宅等居住者は公園に準ずる。以下同じ。）等に分けて考え、以下の組み合わせの場合（シナリオ）について設定する。

1. 散布区域外における立入制限範囲と期間の設定

1-1. 基本的考え方

散布区域外における各種シナリオを下表に示す。

農薬の種類	農薬使用場所	区域	風速	対象*	液剤散布の向き
樹木に散布する農薬	公園及び街路樹	散布区域外	平穏（～軽風） （風速<1.5 m/s）	中木	横向
				高木	横向
				高木	吹上
			軽風 （1.5m/s≤風速<3 m/s）	中木	横向
				高木	横向
				高木	吹上
除草剤	公園		軽風 （1.5m/s≤風速<3 m/s）	雑草	通常

*中木は 4m 程度、高木は 9m 程度とする。

各シナリオにおける次に示すばく露評価対象とばく露時間で、ばく露評価を実施する。なお、散布区域外においては、土壌及び葉表面からの経口・経皮によるばく露は想定されないため、落下ミストからの経皮によるばく露のみを考慮することとする。

- ・ばく露評価対象：成人（体重 53.3 kg）及び小児（体重 15 kg）
- ・ばく露時間：1 日当たり公園については 3 時間、街路樹については 5 分間と仮定

1) 立入制限範囲

散布区域外において、下記 2 条件をともに満たす範囲とする。

落下ミスからの経皮による ばく露量	<	ADI の 10%
気中濃度	<	評価値

この条件における立入制限範囲のイメージは次のようになる。

① 公園の場合

散布中及び散布後（X1）時間までは、散布区域から、

- ・平穏の中木で（Y1） m
- ・軽風の中木で（Y2） m
- ・平穏の高木（吹上）で（Y3） m
- ・軽風の高木（吹上）で（Y4） m
- ・平穏の高木（横向）で（Y5） m
- ・軽風の高木（横向）で（Y6） m
- ・雑草で（Y7） m の範囲を立入制限すべき。

② 街路樹の場合

前項の項目から、雑草を除いた項目。

2) 立入制限期間

散布区域外のすべての範囲において、下記 2 条件をともに満たすまでの期間とする。

落下ミスからの経皮による ばく露量	<	ADI の 10%
気中濃度	<	評価値

1-2. 具体的な経皮によるばく露評価及び設定方法

1) 立入制限範囲

経皮によるばく露量の算定

A. 樹木に散布する農薬

下記（1）及び（2）をともに満たす範囲を立入制限範囲とする。

（1）落下ミスからの経皮によるばく露量

本事業のモニタリング調査で結果が得られた 4 種農薬（フェニトロチオン、トリクロルホン、イソキサチオン及びエトフェンプロックス）について、下記①～⑤に基づき、落下ミスからの経皮によるばく露量を算出し、ADI の 10%以下となる範囲を求める。

- ① 軽風下で、高木への吹上げ散布によって実施した平成 19 年度のモニタリング調査におけるフェニトロチオン*及びエトフェンプロックスのミス落下を基本シナリオとする。

* 平成 19 年度のモニタリング調査では、トリクロルホン及びイソキサチオンについては実施されていないが、当該農薬の落下量算出に同じ有機リン系農薬であるフェニトロチオンの結果を参考として算出することとし

た（下記④を参照）。

- ② 落下ミスト量は、平成 19 年度のモニタリング調査の結果を用いて、公園でのばく露時間（3 時間）、街路樹でのばく露時間（5 分間）について、最も落下量が多くなる下記のケースを想定して算出する（別紙 1 の f）を参照）。
- ・公園：散布開始から散布終了までの 1 時間及びその後の 2 時間の計 3 時間の累積落下量（mg/m²）
 - ・街路樹：散布中 5 分間の累積落下量（mg/m²）
- ③ 平穏な風速下での中木への横向き散布など、軽風／高木／吹上げ散布以外の 5 種のシナリオ**における落下ミスト量は、平成 21 年度のエトフェンプロックスの調査結果を用いて、軽風／高木／吹上げ散布とその他 5 種シナリオによるミスト落下量との比率を距離別に補正して算出する（別紙 1 の e）を参照）。
- ** 軽風／高木／横向、平穏／高木／吹上、平穏／高木／横向、
軽風／中木／横向、平穏／中木／横向
- ④ トリクロロホン及びイソキサチオンのミスト落下量については、平成 20 年度調査結果からフェニトロチオンとの成分投下量比率を用いて補正する。
- ⑤ 得られたミスト落下量から、次式（式 1）を用いて落下ミストからの経皮によるばく露量を算出し、ADI の 10%以下となる距離を求める。

$$\begin{aligned} \text{落下ミストからの経皮によるばく露量 (mg/人)} &= \text{付着量} \times \text{皮膚吸収率} \\ &= [\text{落下ミストに係る付着体表面積}^a \text{ (m}^2\text{/人)}] \times [\text{ミ} \\ &\quad \text{スト落下量 (mg/m}^2\text{)}] \times [\text{皮膚吸収率}^b \text{ (10\%)}] \\ &\text{-----式 1} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} \cdot \text{付着体表面積}^a : \text{成人で } 5,000 \text{ cm}^2\text{、小児で } 2,800 \text{ cm}^2 \\ \cdot \text{皮膚吸収率}^b : 10\% \end{array} \right)$$

出典：

- a: 土壌中のダイオキシン類に関する検討会第一次報告（環境省土壌中のダイオキシン類に関する検討会 第一次報告（平成 11 年 7 月））
- b: 一般用医薬品及び医薬部外品としての殺虫剤の室内使用時のリスク評価方法ガイドライン(案)（厚生労働省医薬食品局審査管理課（平成 19 年 11 月 28 日））

(2) 気中濃度

散布区域外の 4 種農薬（フェニトロチオン、トリクロロホン、イソキサチオン及びエトフェンプロックス）の気中濃度が評価値以下となる範囲を求める。

B. 雑草に散布する除草剤（グリホサート）

下記（１）及び（２）をともに満たす範囲を立入制限範囲とする。

（１）落下ミストからの経皮によるばく露量

平成 21 年度モニタリング調査で得た距離別ミスト落下量から上記式 1 に基づいて得られたグリホサートの落下ミストからの経皮によるばく露量が ADI の 10% 以下となる距離を求める（別紙 2 参照）。

（２）気中濃度

毒性部会において、グリホサートの評価値は設定されていないが、平成 21 年度モニタリング調査結果から、グリホサートの散布区域外の気中濃度は、フェニトロチオンの気中濃度（平成 19 年度調査）に比べて低く、かつ、ADI の値がより大きいことから、大気からの経気道によるばく露の観点からは、立入制限範囲は、1-2. 1) A (2) のフェニトロチオンの結果に準ずることとする（表 1）。

表 1 フェニトロチオン及びエトフェンプロックス（平成 19 年度調査）並びにグリホサート（平成 21 年度調査）の散布中及び散布後の気中濃度の最高検出値

農薬名	気中濃度検出最高値* (mg/m ³)	ADI (mg/kg/day)
フェニトロチオン	0.010	0.006
エトフェンプロックス	0.00054	0.031
グリホサート	0.00034	0.75

* 散布区域内及び区域外で測定した結果の中の最高値

2) 立入制限期間

落下ミストからの経皮によるばく露量

A. 樹木に散布する農薬

散布区域外のすべての範囲で、4 種農薬（フェニトロチオン、トリクロルホン、イソキサチオン及びエトフェンプロックス）の落下ミストからの経皮によるばく露量*が ADI の 10% 以下となり、かつ、当該 4 種農薬の散布区域外の気中濃度が評価値を下回るまでの期間とする。

* 公園については 3 時間ばく露、街路樹については 5 分間ばく露とする。

B. 除草剤（グリホサート）

下記（１）及び（２）をともに満たす期間を立入制限期間とする。

（１）落下ミストからの経皮によるばく露量

平成 21 年度のモニタリング調査から、散布区域外のすべての範囲でグリホサートの落下ミストからの経皮によるばく露量が ADI の 10% 以下となるまでの期間を求める（別紙 2 参照）。

(2) 気中濃度

1-2. 1) Bの立入制限範囲の場合と同様に、経気道によるばく露の観点からは、立入制限期間は、のフェニトロチオンの結果に準ずることとする。

大気汚染に係る環境基準

1 大気汚染に係る環境基準

物質	環境上の条件(設定年月日等)	測定方法
二酸化 いおう (SO ₂)	1時間値の1日平均値が0.04ppm以下であり、かつ、1時間値が0.1ppm以下であること。(48.5.16告示)	溶液導電率法又は紫外線蛍光法
一酸化 炭素 (CO)	1時間値の1日平均値が10ppm以下であり、かつ、1時間値の8時間平均値が20ppm以下であること。(48.5.8告示)	非分散型赤外分析計を用いる方法
浮遊粒 子状物 質 (SP M)	1時間値の1日平均値が0.10mg/m ³ 以下であり、かつ、1時間値が0.20mg/m ³ 以下であること。(48.5.8告示)	濾過捕集による重量濃度測定方法又はこの方法によって測定された重量濃度と直線的な関係を有する量が得られる光散乱法、圧電天びん法若しくはベータ線吸収法
二酸化 窒素 (NO ₂)	1時間値の1日平均値が0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内又はそれ以下であること。(53.7.11告示)	ザルツマン試薬を用いる吸光光度法又はオゾンを用いる化学発光法
光化学 オキシ ダント (Ox)	1時間値が0.06ppm以下であること。(48.5.8告示)	中性ヨウ化カリウム溶液を用いる吸光光度法若しくは電量法、紫外線吸収法又はエチレンを用いる化学発光法

備考

1. 環境基準は、工業専用地域、車道その他一般公衆が通常生活していない地域または場所については、適用しない。
2. 浮遊粒子状物質とは大気中に浮遊する粒子状物質であってその粒径が10μm以下のものをいう。
3. 二酸化窒素について、1時間値の1日平均値が0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内にある地域にあつては、原則としてこのゾーン内において現状程度の水準を維持し、又はこれを大きく上回ることはならないよう努めるものとする。
4. 光化学オキシダントとは、オゾン、パーオキシアセチルナイトレートその他の光化学反応により生成される酸化性物質(中性ヨウ化カリウム溶液からヨウ素を遊離するものに限り、二酸化窒素を除く。)をいう。

<告示全文>

- ・ 大気の汚染に係る環境基準について
- ・ 二酸化窒素に係る環境基準について

2 有害大気汚染物質(ベンゼン等)に係る環境基準

物質	環境上の条件	測定方法
ベンゼン	1年平均値が $0.003\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であること。(H9.2.4告示)	キャニスター又は捕集管により採取した試料をガスクロマトグラフ質量分析計により測定する方法を標準法とする。また、当該物質に関し、標準法と同等以上の性能を有使用可能とする。
トリクロロエチレン	1年平均値が $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であること。(H9.2.4告示)	
テトラクロロエチレン	1年平均値が $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であること。(H9.2.4告示)	
ジクロロメタン	1年平均値が $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であること。(H13.4.20告示)	

備考

1. 環境基準は、工業専用地域、車道その他一般公衆が通常生活していない地域または場所については、適用しない。
2. ベンゼン等による大気汚染に係る環境基準は、継続的に摂取される場合には人の健康を損なうおそれがある物質に係るものであることにかんがみ、将来にわたって人の健康に係る被害が未然に防止されるようにすることを旨として、その維持又は早期達成に努めるものとする。

3 ダイオキシン類に係る環境基準

物質	環境上の条件	測定方法
ダイオキシン類	1年平均値が $0.6\text{pg-TEQ}/\text{m}^3$ 以下であること。(H11.12.27告示)	ポリウレタンフォームを装着した採取筒をろ紙後段に取り付けたエアサンプラーにより採取した試料を高分解能ガスクロマトグラフ質量分析計により測定する方法。

備考

1. 環境基準は、工業専用地域、車道その他一般公衆が通常生活していない地域または場所については、適用しない。
2. 基準値は、2,3,7,8-四塩化ジベンゾ-パラ-ジオキシンの毒性に換算した値とする。

4 微小粒子状物質に係る環境基準

物質	環境上の条件	測定方法
微小粒子状物質	1年平均値が $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ、1日平均値が $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること。(H21.9.9告示)	微小粒子状物質による大気汚染の状況を的確に把握することができる認められる場所において、濾過捕集による質量濃度測定方法又はこの方法によって測定された質量濃度と等価な値が得られると認められる自動測定機による方法

備考

1. 環境基準は、工業専用地域、車道その他一般公衆が通常生活していない地域又は場所については、適用しない。
2. 微小粒子状物質とは、大気中に浮遊する粒子状物質であって、粒径が $2.5\mu\text{m}$ の粒子を50%の割合で分離できる分粒装置を用いて、より粒径の大きい粒子を除去した後に採取される粒子をいう。

<告示全文>

- ・ ベンゼン等による大気汚染に係る環境基準について
- ・ ダイオキシン類による大気汚染、水質汚濁及び土壌汚染に係る環境基準について
- ・ 微小粒子状物質による大気汚染に係る環境基準について

5 大気汚染に係る指針

光化学オキシダントの生成防止のための大気中炭化水素濃度の指針

光化学オキシダントの日最高1時間値0.06ppmに対応する午前6時から9時までの非メタン炭化水素の3時間平均値は、0.20ppmCから0.31ppmCの範囲にある。(S51.8.13通知)

1. はじめに

(1) 本検討会の目的

散布農薬が人の健康に与える影響については、これまで主として食品・水経由の摂取を考慮して評価がなされており、大気を経由した農薬曝露の影響については必ずしも十分に評価されてこなかった。その一方で、近年、航空防除後に大気中から農薬が検出される事例が報告され、航空防除による健康影響について、散布地周辺の住民の関心が高まっている。このため、環境庁では昭和63年度より平成5年度までの6年間に「農薬環境動態・影響調査研究事業（大気中への拡散等に関する調査）」として農薬散布時の気中濃度の情報、農薬の吸入曝露による健康影響を評価するための関連情報を収集し、平成3年度にはその一部をとりまとめて公表している。さらに平成6年度からは、これらの知見を踏まえ、航空防除における農薬の気中濃度のモニタリング調査を実施してきたところである。

本報告書は、これらの調査等を通じて得られた知見を踏まえ、航空防除による散布地周辺住民の健康への影響について、現時点における評価をとりまとめたものである。

(2) 我が国の航空防除の現状

① 航空防除の実施時期及び回数

我が国の航空防除は主に水稻病害虫及び松くい虫等の防除を目的として実施されており、その実施時期は、水稻で7、8月、松くい虫等で6、7月に集中しており、それぞれ全体の9割以上を占めている（表1）。また、散布回数は水稻で年間2～3回が最も多い（表2）。

表1 実施時期（平成8年度）¹⁾ (単位：%)

	5月	6月	7月	8月	9月	計
水 稻	1.5	7.5	47.5	44.9	0.4	100
松くい虫 ²⁾	4.4	79.3	15.8	—	—	100

表2 散布回数別頻度（水稻）（平成8年度）¹⁾ (単位：%)

1回	2回	3回	4回	5回	計
10.9	39.8	38.9	8.7	1.7	100

注1)：平成8年度農林水産航空事業関係資料（農林水産省）より抜粋

2)：民有林

② 航空防除の実施地域

a. 地域の特徴

平成7、8年度における航空防除実施面積の実績一覧表を巻末に付した（参考資料1）。散布区域は、平坦地のまとまった水田から山間地の細長い水田や山林等まで地形条件によって様々であり、また都市化の進んだ地域では数ヶ所に分散していることもある。

b. 散布区域周辺等における人の活動

散布区域においては、散布中は人々の活動は想定されないが、散布後には農林業従事者や一般住民等の立入りが考えられる。一方、周辺区域では混住化の進展や生活スタイルの多様化等により、防除が行われる早朝であっても人々の活動が見込まれる。

③ 航空防除に使用される農薬の特徴

平成7年度に航空防除において使用された農薬（以下「航空防除農薬」という。）の種類別数量一覧表を巻末に付した（参考資料2）。我が国では、航空防除時に農薬粒子等が直接飛散することを防止するため、種々の剤型の製剤が開発されている。例えば、水稻では液剤

と微量剤が全体の8割以上を占め(表3)、さらに液剤散布の場合、展着剤の添加によって農薬粒子の粒径を大きくするなど飛散防止のための所要の措置がとられている。

表3 剤型別実施面積割合(平成8年度)¹⁾ (単位:%)

	液剤	液剤少量散布	微量剤 ²⁾	微粒剤	粒剤	粉剤	その他
水 稲	47.9	12.4	34.4	0.6	4.6	—	—
民 有 林	42.7	—	13.7	0.7	42.9 ³⁾	0.1	0.0

注1):平成8年度農林水産航空事業関係資料(農林水産省)より抜粋

2):航空防除専用の液剤でそのまま散布するもの

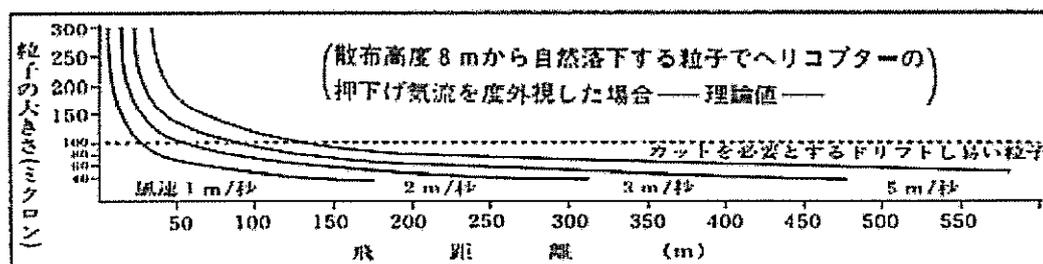
3):大半が野そ駆除用

④ 大気中における農薬の挙動

我が国の航空防除では、ヘリコプターの利用に加え、ブーム・ノズルの改良、剤型の工夫、上昇気流の少ない早朝の実施等の理由から、ドリフトによる農薬の飛散は少なく、粒径100 μ m以上の農薬粒子は速やかに散布区域内に落下するが、細かい粒子及びガス状の農薬の一部は風等により散布区域外へも飛散することがある(図)。

農薬の気中濃度は、散布開始とともに上昇し、散布中又は散布直後にピークを示した後、徐々に希釈減衰するパターンを示す。また、蒸気圧の高い農薬では日中にも揮発による濃度のピークが認められるほか、上空に逆転層が形成される場合など農薬の上昇・拡散が阻害される気象条件下では、夜間にピークが現れることがある。なお、降雨があると農薬がウォッシュアウトされるため、気中濃度が急激に低下し、それ以降検出されないことが多い。

図 風速と粒径及び飛散距離の関係



農林航空安全対策の手引き 平成8年版(農林水産航空協会)より抜粋

⑤ 航空防除農薬散布時の気中濃度

航空防除農薬のうち主なものを対象として、これまで環境庁、都道府県、(社)農林水産航空協会等によって実施された航空防除農薬の気中濃度の実態調査結果を収集し、一覧表にとりまとめたものを巻末に付した(参考資料3)。

2. 安全性評価の基本的考え方

(1) 担保すべき健康の範囲について

航空防除農薬による散布地周辺の地域住民への健康影響評価に当たり、担保すべき「健康」の範囲を明らかにしておく必要があると考えられる。

そのためには、昭和53年3月に中央公害対策審議会大気部会二酸化窒素に係る判定条件等専門委員会が示した、環境大気中の二酸化窒素による人の健康影響についての考え方が参考になると思われる。同専門委員会では、大気汚染の健康への影響の程度の概念を6段階に分類整理し、そのうちの第3段階である「観察された影響の可逆性が明らかでないか、あるいは生体

の恒常性の保持の破綻、疾病への発展について明らかでない段階」を健康状態からの偏りと位置づけた上で、このような偏りが見いだされない状態を担保すべき健康と定義している（参考資料4）。

航空防除農薬の健康影響評価に当たっても、基本的にはこの中央公害対策審議会専門委員会の考え方が準用できると考えられる。

(2) 想定すべき健康影響の評価について

1. (2)でも述べたように、航空防除は限定した地域で平均年2～3回、多い場合で年5回（主として6～8月）程度行われ、気中濃度の実態調査結果にみられるように、散布後長い場合でも数日（おおむね5日以内）で検出されなくなる。航空防除のこのような実施実態及び曝露期間を考慮すると、基本的に亜急性の影響として評価すべきであると考えられる。

(3) 農薬の一日摂取許容量（ADI）との関係について

農薬の一日摂取許容量（ADI）とは、人が生涯にわたって当該農薬を摂取したとしても安全性に問題がないと認められる1日当たりの農薬摂取量であり、作物残留及び水質汚濁に係る登録保留基準はこのADIを考慮して決められている。一方、航空防除農薬による健康影響は、2. (2)でも述べたように、亜急性的なものであり、慢性的な健康影響を評価したADIとは性質を異にすると考えられることから、例えば、水質汚濁に係る登録保留基準を設定する場合のようにADIの配分を予め設定する手法は、必ずしも妥当でないと考えられる。

(4) 感受性の高い人々への影響について

一般の人々の健康には影響が出ない濃度であっても、感受性の高い人々に対して何らかの影響が生じる可能性が指摘されている。

近年、特に環境汚染による子供の健康への影響について関心が高まっており、子供に特有の曝露や感受性に配慮したリスク評価や試験方法、基準等の開発の必要性が指摘されている（参考資料5）が、この問題に関する現在までの科学的知見は十分とは言えない。

また、感受性の高い人々には、いわゆる化学物質過敏症と呼ばれる人々が含まれる。化学物質過敏症については、従来の毒性学では説明がつかず、現在までの研究で得られている科学的知見も十分でないことから、現時点における評価は困難だが、その存在を否定することはできないと考えられる（参考資料6）。

これらの問題については、今後の研究の進展を待たなければならないと考えられる。

(5) 内分泌攪乱作用等の新たな毒性について

近年、世界各地で報告されている野生生物の生殖・発生障害等が、ある種の化学物質が野生生物の内分泌系を攪乱することによって引き起こされたものである可能性があり、人にも同様の影響が生じるおそれがあるとする、いわゆる内分泌攪乱作用等、新たなタイプの毒性が国際的に注目を集めている。

現在、我が国では、農薬取締法に基づく農薬登録の際に、人の健康を保護する観点から、種々の毒性試験成績に基づき厳密な安全性評価が行われているが、これらの新たな毒性については、世界的にも研究が始まったばかりであり、これまでに得られている科学的知見が十分でないことから、新たな毒性指標として直ちに評価の対象とすることは困難である。今後、国際的な動向も踏まえて、これらの毒性についての評価が必要かどうかを検討していかなければならないと考えられる。

(6) 吸入曝露による影響を経口毒性試験結果からどのように評価するかについて

農薬については、農薬取締法に基づく農薬登録の際に、毒性に関する種々の試験成績の提出

が義務づけられており、農薬の安全性に関する情報は他の化学物質に比べて多いと考えられる。

しかし、その多くは経口曝露に係る毒性試験成績であり、吸入曝露による毒性試験についてみると、ほぼすべての農薬で急性吸入毒性試験が要求されているものの、亜急性吸入毒性試験は必須ではなく、急性吸入毒性以外の情報は限られていることから、多くの場合、経口毒性試験の結果から吸入曝露による影響の評価を行わなければならない。

海外で労働環境以外の一般環境における農薬の吸入曝露に対する安全性評価指針を定めた例は、我々の調査した範囲ではなかった。一方、我が国でこのような評価を行ったものとしては、「農薬環境動態影響調査（大気）検討会—平成3年度とりまとめ—」（環境庁水質保全局、平成4年3月）及び（社）農林水産航空協会が医学、農薬学等の専門家に委嘱し、日本産業衛生学会の許容濃度を基に設定した「航空散布地区周辺地域の生活環境における大気中の農薬の安全性についての評価に関する指針」（平成3年3月）（参考資料7）がある。そこで、これらにおいて示された指針値も参考にしつつ、以下の問題について検討を行った。

① 経口毒性試験成績から吸入毒性を推定する際の問題点

a. 経口毒性試験成績をもとに吸入毒性を評価する際の問題点として、①腸管と肺における農薬の吸収率の差、②腸管吸収の場合の肝初回通過効果の検討を行った。

①に関しては、標識化合物を用いた動物代謝試験において求められた尿中排泄率（尿中の標識体量／投与した標識体量）を腸管吸収率として用いることも検討したが、本来、吸収率は尿中排泄、胆汁排泄、呼気中排泄の総和としてとらえられるべきものであり、そのうちの尿中排泄率のみをとりあげて、これを腸管からの吸収率とみなすことには限界があると考えられる。肺吸収率についても、現時点では、評価のために十分な知見が得られているとは言い難い。

また、②に関しても裏付けとなるデータがなく、これを定量的に評価することは難しいと考えられる。

b. 一方、フェニトロチオン（MEP）についてはラットを用いた亜急性吸入毒性試験の最大無作用量が確認されていることから、肺吸収と腸管吸収の差及び肝初回通過効果については、MEPで求められた吸入曝露による最大無作用量と経口曝露による最大無作用量の比（1/4）を用いることにより一定の評価を行うことができると考えられる。

なお、MEP以外の農薬については、当該農薬の尿中排泄率とMEPの尿中排泄率の比を用いて、上記最大無作用量の比をさらに補正することにより、農薬ごとの性質をある程度反映した評価が可能になると考えられる。

② 吸入以外の曝露経路について

航空防除農薬の一般環境における曝露経路として、経皮吸収は呼吸器経由の曝露に比べてわずかであると考えられるので、主として吸入による影響を対象に評価することが可能と考えられる。

③ 混合製剤の毒性について

現在、農薬については登録申請の際に「農薬の登録申請に係る毒性試験成績の取扱いについて」（昭和60年1月28日付59農蚕第4200号農林水産省農蚕園芸局長通知）の別添「農薬の安全性評価に関する基準」の別表に基づき、原体についての急性毒性、亜急性毒性、慢性毒性、発がん性、繁殖、催奇形性、変異原性等に係る試験成績の他、製剤について急性経口毒性、急性経皮毒性、急性吸入毒性、眼一次刺激性、皮膚一次刺激性及び皮膚感作性の各試験成績が提出され、安全性評価が行われている（参考資料8）。

当該通知は混合製剤にも適用されるが、混合製剤については評価の結果、複数の有効成分

の投与による相乗作用が示唆された場合には、さらに追加の毒性試験等の実施が求められることとされている。

しかしながら、混合製剤でこれまで実際に相乗作用が示唆されて追加試験を行った例はないこと、及び航空防除で曝露する程度の低濃度では相乗作用は問題にならないと推定されることから、混合製剤については相加作用のみを考慮すれば十分であると考えられる。

相加作用については、次式によりその毒性を評価することとし、Iの値が1を超える場合に、気中濃度評価値（「3. 気中濃度評価値の設定」を参照）を超える曝露と判断することが適当であると考えられる。

$$I = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_i}{T_i}$$

C_i = 各農薬の気中濃度

T_i = 各農薬の気中濃度評価値

④ 一般環境中における変化物の毒性について

一般環境中で有機リン系農薬のオキソン体が微量生成しても速やかに分解すると考えられており、その影響は小さいと考えられるが、同じ有機リン系農薬の一般環境中における変化物であるチオールオキソン体については比較的安定で、オキソン体と酵素阻害活性が同程度であると言われている。いずれの変化物も、その一般環境中での生成についてこれまで必ずしも十分な知見が集積されておらず、また、両物質が眼表面から直接吸収された場合に何らかの影響が生じる可能性も指摘されていることから、これらの一般環境中における変化物の気中での動態も視野に入れた調査が、今後検討されるべきであろう。

3. 気中濃度評価値の設定

2. (2) で検討したように亜急性経口毒性試験の最大無作用量 (NOEL) (ヒトでの試験と動物での試験とがある場合には、ヒトでの試験における最大無作用量を優先) を用い、以下の考え方1又は2の式により、航空防除農薬の気中濃度評価値を求めることとした。

ただし、亜急性経口毒性試験と慢性経口毒性試験との間で最大無作用量に10倍以上の差が見られた農薬 (フサライド、プロフェジン及びフルトラニル) については、両試験間の投与量の設定の差がその原因として考えられるが、それを考慮してもなお明らかでない部分が残っており、より安全側に立った判断を行うため、さらに1/10の安全係数を乗じることとした。

また、考え方1、2には2. (6) で述べたような問題点があることから、考え方1及び2式の計算により得られた値のうちの小さい方を採り、それを気中濃度評価値とした。

個々の農薬の気中濃度評価値については、参考資料9を参照のこと。

気中濃度評価値は、人の健康を保護する観点から、航空防除農薬による人の健康への影響を評価する際の目安として、毒性試験成績等を基に適切な安全幅を見込んで設定したものである。一般に気中濃度評価値以下の濃度であれば、人の健康に好ましくない影響が起きることはないと考えられる。気中濃度評価値は、安全と危険との明らかな境界を示すものではなく、航空防除農薬の気中濃度が短時間わずかにこの値を超えることがあっても、直ちに人の健康に影響があるというものではない。

(考え方1)

亜急性経口NOEL × 体重50kg (×種差1/10) × 個体差1/10 × MEPの経口・吸入毒性差1/4
/1日呼吸量15m³ (亜急性NOELが慢性NOELの10倍より大きい場合は、さらに1/10を乗じる)

(考え方2)

亜急性経口NOEL×体重50kg (×種差1/10) ×個体差1/10×MEPの経口・吸入毒性差1/4
×当該農薬の尿中排泄率 (%) / MEPの尿中排泄率 (%) / 1日呼吸量15m³ (亜急性NOELが
慢性NOELの10倍より大きい場合は、さらに1/10を乗じる)

4. 個別農薬の気中濃度の評価

航空防除農薬のうち、使用量が多く、かつ、評価のための知見の集積が比較的十分と考えられる以下の10農薬について、気中濃度の評価を行った。

これまでの調査の結果、大気中の農薬はおおむね5日以内に検出されなくなると考えられることから、各農薬の散布後5日間の散布区域内及び散布区域外それぞれの平均気中濃度を求め(参考資料10)、それと気中濃度評価値とを比較することにより評価した。なお、これまでに収集された気中濃度の実測値(散布区域内については散布中の値を除く)と気中濃度評価値との比較も併せて行い、気中濃度評価値を超えているものがある場合には、その旨を記載した。

その結果、いずれの農薬についても散布後5日間の平均気中濃度は気中濃度評価値を下回っており、現在までに得られている知見に照らして特段問題となるような状況は発生していないと考えられる。

散布区域外では気中濃度評価値を超える濃度が検出された事例はなかったが、散布区域内では、ダイアジノン、フェニトロチオン(MEP)及びフェノブカルブ(BPMC)で散布直後に気中濃度評価値を超える濃度が検出された事例が各1件報告されている(参考資料11)。しかし、いずれも気中濃度評価値を短時間わずかに超過しただけであり、この間の各農薬の吸入量を1日呼吸量(15m³)で除して得られる濃度は気中濃度評価値に比較して十分低いレベルにとどまっていることから、特に問題となるようなものではないと考えられる。

ただし、気中濃度評価値を超える濃度が検出されたものや、測定事例の少ないものについては、今後さらに測定事例の集積に努める必要がある。また、今回本報告書で取り上げなかった航空防除農薬についても、さらに気中濃度等の知見の集積に努め、十分な知見が集まった段階で評価を行うこととする。