

表 6 作業場管理区分 2, 3

揮発性評価コード 作業区分	1		2		3		4		5		6	
	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値
イ	30	30	90	45	135	90	270	410	1230	550		
		2	11	2	18	20	36	7	0			
ロ	15	15	45	25	75	50	150	220	660	290		
		1	5			7	112					
ハ	15	15	45	20	60	40	120	180	540	250		
		26	36	24	2/13, <43	29	72					
ニ	65	65	195	95	285	190	570	890	2670	280		
ホ	15	15	45	25	75	50	150	220	660	310		
	1/1, <19	5	15	31	58	26	33	87	24			
ヘ	45	45	135	65	195	130	390	610	1830	830		
		5	15	49	1/9, <47	21	47	81	24	25	50	
ト	5	5	15	10	30	20	60	100	300	130		
		5	15	49	1/7, <26	24	47	81	0			
チ	20	20	60	30	90	60	180	260	780	370		
		4	34	14	84	16	112	46	104	14	50	
リ	25	25	75	40	120	80	240	380	1140	480		
		2	22	5	52	19	105	46	45	1	2	
ヌ	5	5	15	5	15	10	30	60	180	60		
	1/1, <19	4	14	9	1/3, <2	38	5/6, <22	4	5	1	2	
ル	30	30	90	50	150	100	300	440	1320	620		

\*飽和蒸気圧の濃度まで

表7 濃度管理する場合（局所排気装置等による）

揮発性評価コード	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
作業区分	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値	上限
イ	10	10	30	10	30	20	60	60	180	80	240
ロ	5	5	15	5	15	10	30	30	90	40	120
ハ	5	5	15	5	15	10	30	25	75	35	105
ニ	15	15	45	20	60	40	120	125	375	170	510
ホ	5	5	15	5	15	10	30	30	90	40	120
ヘ	10	10	30	15	45	30	90	85	255	115	345
ト	2	2	6	5	15	5	15	15	45	20	60
チ	5	5	15	10	30	20	60	35	105	50	150
リ	5	5	15	10	30	20	60	55	165	70	210
ヌ	1	1	3	5	20	10	30	20	60	30	90
ル	10	10	30	10	30	20	60	60	180	85	255

表8 濃度管理しない場合（全体換気又は自然換気による）

揮発性評価コード	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
作業区分	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値	上限	平均値	上限*
イ	30	30	90	45	135	90	270	410	1230	550	
ロ	15	15	45	25	75	50	150	220	660	290	
ハ	15	15	45	20	60	40	120	180	540	250	
ニ	65	65	195	95	285	190	570	890	2670	1250	
ホ	15	15	45	25	75	50	150	220	660	310	
ヘ	45	45	135	65	195	130	390	610	1830	830	
ト	5	5	15	10	30	20	60	100	300	130	
チ	20	20	60	30	90	60	180	260	780	370	
リ	25	25	75	40	120	80	240	380	1140	480	
ヌ	5	5	15	10	30	20	60	60	180	90	
ル	30	30	90	50	150	100	300	440	1320	620	

\* 飽和蒸気圧の濃度まで

表9 揮発性評価コード

評価コード	蒸気圧（対象物質分圧）範囲	揮発性分類
1	非常に低い	V. P. $\leq$ 0.001KPa
2	低い	0.001<V. P. $\leq$ 0.5KPa
3	低いから中程度	0.5<V. P. $\leq$ 1.5KPa
4	中程度	1.5<V. P. $\leq$ 10KPa
5	中程度から高い	10<V. P. $\leq$ 25KPa
6	高い	V. P. >25KPa

表10 有機溶剤作業の号別作業区分

イ	有機溶剤等を製造する工程における有機溶剤等のろ過、混合、攪拌、加熱又は容器若しくは設備への注入の業務
ロ	染料、医薬品、農薬、化学繊維、合成樹脂、有機顔料、油脂、香料、甘味料、火薬、写真薬品、ゴム若しくは可塑剤又はこれらのものの中間体を製造する工程における有機溶剤等のろ過、混合、攪拌又は加熱の業務
ハ	有機溶剤含有物を用いて行う印刷の業務
ニ	有機溶剤含有物を用いて行う文字の書込み又は描画の業務
ホ	有機溶剤等を用いて行うつや出し、防水その他物の面の加工の業務
ヘ	接着のためにする有機溶剤等の塗布の業務
ト	接着のために有機溶剤等を塗布された物の接着の業務
チ	有機溶剤等を用いて行う洗浄（フに掲げる業務に該当する洗浄の業務を除く。）又は払しょくの業務
リ	有機溶剤含有物を用いて行う塗装の業務（フに掲げる業務に該当する塗装の業務を除く。）
ヌ	有機溶剤等が付着している物の乾燥の業務
ル	有機溶剤等を用いて行う試験又は研究の業務
ヲ	有機溶剤等を入れたことのあるタンク（有機溶剤の蒸気の発散するおそれがないものを除く。）の内部における業務

表 1 1 作業環境濃度から推定した上限値がばく露推定モデルの推定上限値以下の割合

揮発コード 作業区分	1	2	3	4	5	6	合計
イ	-	97.8%	93.5%	91.3%	97.6%	100.0%	95.7%
ロ	-	98.7%	93.5%	63.6%	100.0%	-	89.9%
ハ	100.0%	98.3%	86.1%	76.7%	95.7%	100.0%	89.7%
ニ	-	99.2%	100.0%	99.1%	100.0%	-	99.4%
ホ	-	96.6%	92.6%	90.8%	89.7%	100.0%	93.6%
ヘ	-	98.4%	98.4%	97.5%	97.4%	100.0%	98.0%
ト	-	81.7%	90.8%	69.8%	80.5%	66.7%	79.0%
チ	100.0%	96.1%	97.3%	95.7%	92.8%	98.9%	96.4%
リ	100.0%	96.7%	97.0%	98.3%	100.0%	100.0%	97.0%
ヌ	100.0%	84.8%	93.5%	88.1%	75.0%	95.8%	87.8%
ル	-	100.0%	97.2%	99.0%	100.0%	100.0%	99.3%

## E. 結論

曝露濃度測定結果を、有機溶剤作業の号別作業区分および揮発性評価コードおよび管理区分1と管理区分2または3で分類し、それぞれのA測定の幾何平均値の平均値、曝露濃度の最大値を抽出し、前年度に作成した曝露推定モデルと比較した。平均値と幾何平均値最大値、上限値と曝露濃度を比較した結果、推定値の上限値を超える例は少なく、多くが推定上限値以下となった。

号別作業区分ヌ（有機溶剤等が付着している物の乾燥の業務）については複数例が上限を超えており、作業の特性から環境濃度より曝露濃度が高くなる可能性が高いことから平均値および上限値を変更した。この変更により、3年間に測定した延べ992例の曝露濃度測定のうちおおむね90%が推定値の上限以下の値となった。

曝露濃度に直接関連すると思われる有機溶剤の使用量（時間当たり）および単位面積当たりの使用量と曝露濃度との相関は小さく、弱いながら有機溶剤の蒸気圧と曝露濃度の相関が使用量等より高かった。この結果は、揮発性コードで曝露濃度を推定することを支持する。

この曝露濃度推定法は、日本の作業環境のデータに基づいており、推定に必要なデータは、蒸気圧と作業形態だけであり非常に簡便に利用できるものとする。

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

なし

### 2. 学会発表

菅野誠一郎、芹田富美雄、小堀 衛、山室 堅治（2007）作業環境データベースによるばく露推定モデル 個人ばく露との比較、第47回日本労働衛生工学会・第28回作業環境測定研究発表会抄録集、P78

## H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

健康有害物質の職場での曝露の評価  
**EASE (Estimation and Assessment of Substance Exposure)**  
モデル (仮訳)

## 健康有害物質の職場での曝露の評価

### EASE (Estimation and Assessment of Substance Exposure)モデル (仮訳)

#### はじめに

1. 職場における健康有害物質の労働者の受ける曝露評価は、厳密な科学とは言えない。つまり専門的な経験と判断をかなり必要とするものであり、この場合に広範囲に亘る科学的および技術的学問に基づく技術情報を用いることになる。その主な理由は、曝露に影響を与え、決定付ける要因が実に様々であり、化学、物理学、工学、生理学、それに行動科学がすべて関与してくるからである。このような複雑な状況に加えて、労働者個人と職場状況間の大きな確率変数があり、また相当の信頼性をもって判断するための十分なデータを収集するには、現実に経済的な制約があるため、曝露限界値および曝露の抑制についての決定の根拠になるような結論を導き出すことは困難である。

#### EASE のコンセプト

2. 従って、評価方法を標準化できる方法があれば、評価を行う当事者にとっては、得る所大である可能性があり、しかもこのことは国単位あるいは国際的な産業全体をベースにする場合（例えば曝露限界値の再検討のため、あるいは現行化学物質規則の趣旨に沿って）であるか否かを問わず、また企業内の調査の場合のようなより限定され、特定化された目的であるか、あるいは工場を変更した場合に生じる効果を評価するためであるか否かを問うものではない。従って、複雑な評価プロセスを組み立て、標準化された方法を形式化出来る方法を考案することができれば、曝露予測はある程度の画一性と信頼性を持って立てることができる。このような予測方法を実際の曝露データに照らしてその妥当性を確認すれば、より精密で、より正確な予測方法が得られることと思われる。これが EASE を生み出すために用いられたプロセスであり、このプロセスでは曝露に影響を与える様々な要因を組織的に調べて、体系化することによって初期のモデルが構築されたのである。このモデルは、その後 HSE の National Exposure Database (NEDB)(全国曝露データベース)に入っているデータと比較し、改良の上最終的なモデルに至ったのである。

#### EASE モデル

3. EASE は本質的に言って、一連のデシジョン・ツリーである。すなわち、ある物質に対し、この方法では、物質の物理的特性、使用される場合の状況、それに曝露抑制のために用いられる措置についてのいくつかの質問に対して（温度や蒸気圧などの物理的データを問うような質問とは別に）、EASE ユーザーは、いくつかの代表的なカテゴリーから選択しなければならない。すべての質問に回答したら、曝露予測は、その選択に応じて必然的に決まる仕組みになっている。

#### モデル化実測曝露データ

4. 実測値は重要であり、検討対象の状況を代表するものとして慎重にデータが選別されている限り、有り得ると思われる曝露についてかなりのことが把握できる。しかしながら、実測データは、それらを収集するだけでも非常に経費が嵩む。ある大規模化学メーカーでの最近の推定によると、汚染物質の空中浮遊濃度を高い信頼性をもって測定する場合の実際のコストは、1 標本当たり £250 前後である。しかしながら、実測データは必ずしも代表的ではないため、標本収集した場所以外での曝露を予測するためにデータを用いると重大な過ちを犯すことになる。それに代わって、職場での汚染物質濃度を予測ないし推定するためには、コンピュータ技術を用いることができる。おそらく現時点での最適方法は、実測した職場とモデル化した職場とを組み合わせれば、これら両方法から最善のものが得られるであろう（少なくともそれぞれの方法での最悪の不正確さと誤謬だけは避けられる）。

5. これら 2 種類のデータの相対的重要性は、とりわけ実測データの質が高いか否かによって

影響をうける。最良の曝露推定値は、化学物質が使用される工程で質の高い実測値が得られた場合である。実測職場曝露データは、多くの化学物質に対し得られるものの、これらのデータだけでは不十分で、当該物質の使用が広範囲に亘っている場合、データがこれらすべての使用から得られた可能性は低いからである。新規化学物質の場合、実測曝露データは当然限られてくるが、しかし試験的工場や他の開発作業あるいは類似物質を用いた作業からもデータは入手できることがある。

6. モデル化データは、職場での曝露評価用の一般的予測モデル、例えばEASEモデルあるいはその他のより特定化されたモデルから入手できる可能性があるが、これらは性質上確定的であるか、または統計ないし経験に基づく予測であると考えられる。ここでは、EASEモデルに限って論ずることにするが、HSEとしては今後いくつかからのより具体的モデルを創出するため、その可能性を模索中である。

7. EASEは知識ベースの電子エキスパート・システムである。使用法が簡単で職場で遭遇する様々な状況に対応するため有用である。エキスパート・システムは、適格性の低い経験に乏しい職場の衛生技師の専門的判断や経験に取って替わることを意図したものではない。このシステムは、他の入手可能情報と専門家による判断の状況の中でこそ用いられるべきものである。他の適切に評価されたモデルがあれば、状況によってはそのモデル単独で、あるいはEASEと組み合わせて用いることがより妥当であることもある。曝露評価は、実測データが直ぐ入手できるような詳細に亘る職場(曝露)レベルあるいは、一般用途用モデルが、とりわけ適当であると考えられる程詳細ではないが、産業全体の供給ベースレベルで実施可能である。

8. 曝露レベル推定の他に、職場曝露の完全評価には、曝露持続時間と回数、また曝露を受けた全作業員数とその構成などの、他のパラメータも加えなければならない。これらの要因のいくつかは実測曝露データやモデル化曝露データのいずれからも直接には把握できず、従って、これらのデータを追加して収集しなければならない。ある化学物質の使用についての情報は、当該物質を含有する製剤の使用態様を良く示した製品登録簿または類似の在庫表からも入手できる。

#### 職場曝露評価の一般的原則

9. 職場での化学物質は、吸引、経皮吸収または摂取によって体内に入ることがある。これらの化学物質は、接触部位、例えば皮膚、気道などの部位に局所効果を与える原因になる場合もある。吸引による曝露は、呼吸領域での化学物質の濃度と定義され、通常基準期間中の平均濃度として表される。慣行により、この基準期間は長期間(おそらく年単位)を代表的に表すために8時間、または短期間曝露を代表的に表すために15分間のいずれかにしている。本マニュアルの趣旨に沿って皮膚への曝露(皮膚曝露)は専ら手掌および前腕に対する潜在的線量率として評価し、モデルからのアウトプットとしての数値以外には入手できない。このような方法で定義された曝露は呼吸保護装置(RPE)を含む作業員保護装置(PPE)の使用については考慮されていない。これらの種類の装置は、曝露を抑制するが、装置そのもののもつ能力に依存し、また使用状況下でもこの能力を生かせる装着者の技能によって変わる。摂取曝露は、通常定量化されていない。

#### 実測曝露データ

10. 曝露測定値は、標本採取期間中の曝露を正しく代表するものでなければならない。さらに、時間加重平均基準期間(通常8時間)のすべてを通し、曝露を代表的に表すことができるものでなければならない。データには、曝露を使用態様、抑制態様およびその他の関係するプロセス・パラメータに関連付けた十分な情報が伴っていなければならない。また、データには、これらの態様との関連で曝露頻度と持続時間が記述されていなければならない。さらに、



データはとりわけ例えば欧州基準のような標本採取戦略および測定方法に関し標準化された手順を用いることが望ましいが、適正職業衛生実施基準に準拠して採集したものでなければならぬ。データ内に有意な偏りがあれば少なくとも定性的な用語で確認・同定されなければならない。またこのことが該当する場合、適宜対応しなければならない。このような偏りがあっても考察に当たってそれをデータから外してはならない。

11. 実測曝露データおよび関連のある適切な情報は、職場評価から、また業界が行うルーチンのモニター制度から入手することができると考えられる。このようなデータは、特定の調査から試験的工場および他の開発中の作業から、または化学的または物理的に近似物質を用いた作業から入手できる。データは、関連文献からも入手可能である。このような実測データの質および評価プロセスの適用可能性については、これらを曝露評価に組み入れるのに先立って慎重に評価する必要がある。この評価を最も良い形で実施するには、統計的方法を厳密に適用するのではなく、むしろ職業衛生上の専門的知識を適用することである。基準期間は、例えば 8 時間ではなく、むしろ測定のために要する採集時間にかかわるものであり、この点は考慮に入れられなければならない。

12. 特に考慮しなければならない点は、データを収集したときの諸条件であるが、これは諸条件がどのように標本採取の時間枠と工程、また曝露評価工程内の重み付けの両者を表しているかをはっきりさせるためのものである。工程がうまく行かないときに収集したデータは、通常作業を正しく代表して表すことにはなりそうもない。もっともそのようなデータから、様々な条件に対して結論を引き出すことは可能である。また、工程が不十分なときの曝露であるときに集められたデータは、通常作業を正しく代表して表すこともあれば表さない場合もあり、従って、そのようなデータを使用するときはその点について判断をしておく必要がある。これとは反対に生産工程の通常作業から、ある物質について収集した膨大な量のデータは、この物質を多くの下流で用いる場合、代表して表していないことは、ほとんど確実である。

#### モデル

13. 実測データに依存するモデルは、類似または実験モデルであるのに対し、既知の変数からアウトプットの合成を求めるモデルは確定的または数学モデルである。モデルの適用は、極めて一般的であるか、または累進的に特定化され、極端な場合には、再現が全くできないような作業態様での唯一の工程にしか対応できないものもある。高度に特定化されたモデルでは、特定の曝露アウトプットを創出するが、適用面では非常に制限される。これに対し、一般用途用モデルは適用範囲は広いものの、せいぜい曝露範囲だけの一般的アウトプットしか得られない。これらすべての種類のモデルはそれぞれの用い方があるものの、この中で EASE 型の一般用途用モデルが一般的な曝露のプロファイルに最も広く適用できるものである。さらに、すべてのモデルは仮定に基づくものであり、従って、アウトプットはせいぜい近似的であり、場合によると誤っている場合もあることを念頭に置いておくことは重要である。

#### モデル化と EASE の役割

14. 実測データは、モデル化したものから求められるデータよりも望ましいが、これらから入手した情報にギャップがある場合、それは両者のデータを重ね合わせて考察した場合、より完全に関連性のある曝露評価が可能になることを意味している。実測データであっても不完全なものもあれば質の良くないものもある。これら 2 つの種類のデータ間の均衡は、ケースバイケースで評価しなければならないが、曝露評価のプロセスは EASE のようなモデルからのアウトプットを用いて補正することができる。ベースがしっかりした予測モデルがあればいつでも主観的推定を大幅に改善できる。このことはとりわけ、EASE モデルの場合のように、ある結果に到達するためには論理的アプローチによって評価をしなければならない場

合に有効である。

15. EASE モデルは、短時間で、かつ論理的で矛盾のない方法で職場曝露に関し熟慮した判断を下す上で一助となる。このモデルは吸入または皮膚への曝露を推定することに直接用いることができる。皮膚に対しては、このモデルは構造が極めて簡単であるため、それなりに用いられなければならない。EASE が特に有用であるのは、曝露査定に論理的方法をとっているからであり、これによって入手できた実測データの解釈に役に立つのである。モデルが最も有効に働くのは職業衛生技師が用いる場合であるが、訓練を余り積んでいない操作者が用いた場合でも、その結果は許容できるものである。このように柔軟性があるのは、モデルの中に組み込まれた広範囲に基礎付けられた衛生論理の産物によるものであり、また特定の数値とは異なり幅で表示する、というアウトプットの性質によるものである。モデルは意図的に簡単にしているが、それはアウトプットが、供給目的のための曝露評価を含めた職場での一般的曝露予測をカバーできるからである。

16. EASE モデルは、新規および既存物質の両方に対する曝露評価の一助になるよう設計されている。職場で遭遇する実に様々な状況下での曝露をモデル化しよう特に関与されたものである。留意しなければならないことは、モデルでは仮定した条件以外には時間変数と使用強度を特に考慮していないことである。モデルは化学物質の通常の使い方から生じる曝露を対象にしたものであって、予測可能な漏出、封入内容物の偶発的消失あるいは通常は信頼できる措置が機能しないことから生じる曝露は対象にしていない。これらのパラメータは必要があれば別途考察すればよい。現場を誘導するためモデルに用いたロジックは、次に記述する判断基準を単に組み合わせた場合に想定されるよりも複雑である。EASE の論理構造は、添付書類 I の図表に要約した。

#### 職場での吸引による曝露評価のための EASE モデル

##### 吸入モデルの限界

17. モデルに範囲を与えるために用いた吸入曝露のデータの出所は、HSE の National Exposure Database (NEDB)(国有曝露データベース)である。モデルによって得られるアウトプットが有効な場合は、評価される曝露が検討対象の工程で連続的に曝露にかかわっているときに限られる。モデルは直接的には短期または急性の曝露を予測するものではないが、そのような予測も可能である。EASE では吸入データが工程に特異的であるため曝露は全 8 時間を通した場合、またはそれより短い時間のいずれかでも当該工程から生じた曝露であると考えることができる。従って、これらの短時間はそれぞれの時間から当然に得られた評価結果として用いることができるか、または時間の重み付けを行い、8 時間重み付け平均値を出すことができる。もっともこのモデルの仕組みは EASE によって対応できる短期間曝露しか使えないが、そのような重み付け平均値は慎重に見なければならない。

18. 本モデルでの用語エアロゾルの用い方は、空气中に細かく分散した液状微粒を指すものである。細かく分散した液状微粒子は、ダストと仮定しているが、この仮定はすべての場合に当て嵌まるわけではなく、専門家による判断を加えて実際的な結果を出さなければならない。

##### 吸引モデルの基礎

##### ガスおよび蒸気

19. ガスおよび蒸気の吸引曝露に対する職場曝露評価への EASE によるアプローチは、以下に示した加工中にガスと蒸気を発生する物質の揮発性（空中浮遊になる傾向）、使用態様および制御態様に基づいて生じると考えられる曝露の種類を広く記述するため論理的判断基準を規定している：

<b>A. 揮発性（空中浮遊になる傾向）</b>
ガス
液体または固体、高蒸気圧
液体または固体、中等度ないし高蒸気圧
液体または固体、軽度蒸気圧
液体または固体、低蒸気圧
液体または固体、超低蒸気圧
エアロゾル
<b>B. 使用態様</b>
閉鎖系
基質内
非分散型
広範囲分散型

<b>D. 制御態様</b>
完全封じ込み
局所排気装置 (LEV)
隔離
希釈換気下での直接操作
直接操作

20. このような処理は、原則として 140 件のモデル結果をもたらすが、これは 140 個の A, B, C の判断基準の組み合わせに等しい。しかしながら、エキスパートシステムではすべての可能性のある組み合わせに対し曝露を予測するのに対し、実際の幅は、それぞれ与えられた幅をもつ僅か 59 の現場に限定される。この限定は次の理由による：

超低蒸気圧液体または固体は、論理チャートで 3 件しか成果が得られない。

閉鎖系使用態様では、論理チャートで僅か 1 件の結果しか得られない。

完全封じ込みの制御態様は、論理チャートで 2 件しか結果が得られない。

エアロゾルの曝露のアウトプットは、高揮発性、中等度ないし高揮発性、中等度、中等度ないし低揮発性および低揮発性に包含される。

制御の完全封じ込みと LEV 態様は、広範囲に亘る分散使用に対しては適さないと考えられる。

#### ダスト

21. ダストの吸入曝露の取り扱い、EASE ではガスと蒸気の取り扱いとは異なる。論理判断基準は以下の通り。

<b>D. 粒子サイズ</b>
粒状 (曝露は、ゼロと仮定)
レスピラブル又はインハラブル
<b>E. ダストの種類</b>
繊維状
非繊維状

22. EASE のダスト扱扱いは繊維状か非繊維状によって異なる。

#### 繊維状ダスト

23. 繊維状ダストに対する判断基準は以下の通り。

<b>F. 浮遊傾向 (固有のダスト性状)</b>
高度固有ダスト性状
中等度固有ダスト性状
低度固有ダスト性状
<b>G. 使用態様 (プロセス型)</b>
乾式破碎および粉砕

乾式操作
低ダスト技法
<b>H. 制御態様</b>
局所排気装置 (LEV)
LEV なし

24. この処理方法により原則として繊維状ダストに対し 18 件のモデル結果が得られる（粒状ダストに対する曝露をゼロと数えた場合、19 件）が、これは F, G, H の判断基準を 18 件の可能性として組み合わせに相当するものであり、これらすべては EASE で処理できる。しかしながら、LEV がある場合、これは「低ダスト」技法には無関係とみなされ、論理チャートでの現場は、17 に減少する。

#### 非繊維状ダスト

25. 非繊維状ダストに対する判断基準は以下の通り。

<b>I. 空中浮遊になる傾向(固有ダスト性)</b> (エキスパート・システムおよび添付書類 I は、この局面を非繊維状ダストに対しては 最後とみなす)
非繊維状ダスト、凝集しない
非繊維状ダスト、凝集する
<b>J. 使用態様 (工程型)</b>
乾式破碎および粉碎
乾式操作
低ダスト技法
<b>K. 制御態様</b>
局所排気装置 (LEV)
LEV 無し

26. この処置により原則として非繊維性ダストに対しては、12 件のモデル結果が得られ、これは I, J, K で得られると考えられる 12 個の判断基準に等しく、またこれらすべては、EASE 対応したものである。しかしながら、ダスト性は「低ダスト」技法に対し関係があるとはみなされないが、論理チャートでの現場の数を 10 に抑制する。

27. かくして、吸引モデルは、170 の現場に基づいて記述される。数字の幅は英国国有曝露データベース (NEDB) 内に含まれている実測データを用いて、これらの現場に与えられる（添付書類 II）。この工程では、他のデータベースを参照することにより後の段階で、または情報が新たに入手されるに従い幅の中の数字を上方修正することができる。

### 皮膚曝露評価用 EASE モデル

#### 皮膚モデルの限界

28. 皮膚曝露は一定として仮定し、専ら手掌と前腕（約 2,000 cm<sup>2</sup>）での潜在的曝露率として評価した。ガスおよび蒸気による皮膚曝露は極めて低いと仮定した。さらにまたいかなる種類の保護具も装着していないものとし、かつ曝露は用手接触のみによるものと仮定した。保護具 (PPE) の効果に関しては別途考察する必要があると思われるが、論理と専門的知識に基づいて結論を導き出さなければならない。本モデルでは、個人衛生（手洗いなど）の影響も、

あるいはまた皮膚からの蒸発または他の種類の消失（例、発汗または擦過による）についても対応していない。

#### 皮膚モデルの基礎

29. 皮膚評価モデル化のための構成は、吸入の場合とその構造は類似している。「皮膚接触の潜在性」という考え方が、このモデルの基礎になっている。液体と固体との接触のみが重要であること、重要な皮膚曝露の原因になる使用と制御の態様のみが、非分散性であると仮定した。また広範囲に及ぶ使用および直接的取り扱い、基質内のシステムは、非分散的使用と同等と仮定した。吸入シナリオ開発の基準は、以下の通り接触レベル基準と組み合わせた。

### 接触レベル基準

無し	接触無し
偶発的	1日当たり1事象
断続的	1日当たり2-10事象
広範囲	1日当たり>10事象

30. 曝露範囲は、いくつかの情報源、とりわけ米国環境保護局（EPA）および英国健康・安全局(HSE)からのデータに基づく推定値である。ダストの範囲は、液体に対するデータから外挿法により決めた。単位は  $\text{mg}/\text{cm}^2/1$  日である。皮膚曝露評価は、上述した吸入曝露評価と共通しているが、いかなる種類の摂取（皮膚曝露の場合の、経皮吸収など）は含まれない点に留意しなければならない。

### 経口摂取評価

31. 摂食曝露は、本報告書で記述した一種のモデル化に従うこともできるが、他の2つの経路よりも、人的要因と衛生施設の有効な監督と提供があればより影響を受けるものと考えられる。ダストについて摂食からの曝露推定値は、起点として吸入したダストのレベルを用い、また摂食した割合を推定することにより、より優れたモデル化が可能と思われる。これらの仮定に立てば摂食曝露の大まかな推定値は、もしこの曝露が懸念される場合、求めることができる。

### 曝露評価モデル化のための知識ベース・システム(KBS)

32. 吸入および皮膚曝露の両予測のための論理基準は、職場曝露の評価を容易にするため設計した知識ベース（エキスパート）電子データ・システム(KBS)の中に組み込んだ。このシステムは「専門的知識」が増大するにつれ、それを改善するという進化的方法で開発したものである。モデルは、異なる曝露シナリオを考慮に入れて、数回実際に使用してみる必要があると思われる。各シナリオに関連する曝露範囲は、ログ(経過記録)ファイルで示される。

33. 定義およびヘルプ画面は、意思決定およびモデル実行の一助として、エキスパート電子システムのどこでも直ちに、あるいは要求あり次第みられる。モデル使用時に適用される、またエキスパート・システムの運用および曝露評価の両方にとって一助となる慣例、記述および定義は、総じて添付書類Ⅲに含まれている。

### 混合物および他の特殊状況

34. モデルでの範囲を求めるために用いられる実測データは、測定対象物質が唯一しかないとは考えられないような職場で収集した。ある種の化学物質は、実際に混合物として測定される。例えば、オイル・ミストあるいは鋳物工場の粉粒子がそうである。とは言え、実測データがあたかもその発生源で「純粋」の物質であるかのような、またこのようにして処理したデータが拒絶されたモデルの目的用に仮定した、ある化学物質が常に混合物として供給または使用される場合、かつ混合物がどのように空中浮遊になるのかについて関連データが入手できないとき、簡単な方法は推定曝露を混合物中の当該物質濃度と同等の倍数で減少させることである。他の特殊な状況（例えば、極めて長い、極めて短い作業期間）では、類似の調節を必要とする。

## 添付書類Ⅱ

### モデル内で現場に吸入範囲を規定

35. EASE 予測範囲は、HSE 固有曝露データベース(NEDB)の中に入っている実測職場曝露データから部分的に求めた。すべての曝露データベースは不完全であり、何故データが最初の場所で集められたかの理由によって偏りを受ける(特定問題、法律の施行など)ことは、銘記しなければならない。NEDB 内のデータは既存の化学物質に対して集められ、また習慣・慣行および物質関連リスク認知力を表している筈である。実際の曝露データを専門家が解釈するには、このようなまた他の要因を考慮にいれなければならない。

36. NEDB から現場に曝露範囲を設定するために用いることができる方法はいくつかあり、これらすべてに長所がある。モデルの趣旨に沿ってそのような曝露範囲は、多くの化学物質に対する四分位範囲および箱ひげ図によるプロセスを精査することによって求めた。この箱ひげ図によって対称性、分布仮定を検討する上で、また外れ値を検出するために有用な探索的データ解析ができる。またこの図は、データを頻度が同等の4つの領域に分ける。箱には中間50%を囲い込む。中央値は、箱の中の水平線として描かれている。ひげと呼ばれる垂直線が箱の各端から伸びる。下のひげは第1四分位範囲から、この第1四分位から1.5四分位範囲内の最小データ点まで伸びる。別のひげは第3四分位範囲から、第3四分位から1.5四分位範囲の最大データ点に伸びる。

37. 曝露範囲をモデル内の各現場に設定しようとするときにかかわる作業量が膨大であるため、NEDB から論理的に求められる10個の曝露帯の1つをすべての現場に与えることが便利であると当初思われた。その後、モデルはNEDB を用いて適当な物質から求めた曝露データで今度は各現場を比較することにより精密にした。おそらくこのプロセスで最も重要な特徴は、新しい技法および新しいデータが入手するにつれ、継続的に改善する余地があることである。



## 添付書類Ⅲ

### 定義

#### 化学物質の物理的状态および蒸気圧

39. 完全に封じ込められていない全工程は、大気圧下にあることを前提としている。化学物質の物理的状态と蒸気圧は工程温度に依存している。化学物質の物理的状态と蒸気圧は、曝露の程度と種類に影響を与える工程温度での化学物質の物理的状态と蒸気圧が判れば最高である。物理的状态を確認するには、融点、沸騰点および工程温度が判れば容易である。異なる温度での蒸気圧が判っていれば EASE によってきせつな計算方法が得られ、これによって工程温度での蒸気圧を、クラウジウス・クラペイロンの式にトルートンの規則を組み合わせて推定することができる (A.L.Horvath, Elsevier による「分子設計」1992 年、頁 285)。必要があり、また該当する場合、電子システムはアントワーヌの式 (W.J.Lyman, W.F.Reehl, D.H.Rosenblatt 編集、「化学特性推定法便覧」、発行者米国化学協会、Washington D. C. 1990 年第 14 章 C.F. Grain 著を参照のこと) を用い、化学物質基準が蒸気圧を計算する。アントワーヌの式が適用できるのは、ある種類の有機化合物に対してだけである。

#### 曝露源

40. 固形物質の曝露は、その物質が用いられている工程がダストを発生させるために生じるものである。工程温度で著しい蒸気圧をもつ固形物質があり、その蒸気による曝露を受けることがある。ある一つの種類の曝露に制御措置が有効であっても、別の種類では有効ではないことがある。

#### 完全封じ込め

41. 工程に適用する制御レベルを決めておくことは重要である。制御レベルが完全封じ込めである場合、この工程は実質上閉鎖系である。

#### 局所排出換気

42. 有効局所排出換気装置 (LEV) があれば、曝露レベルに大きな効果をもたらす。有効 LEV は、起点または発生点での汚染物質を除去する。従って、汚染物質が吸入することが考えられる職場の空気中に入ることを防止する。モデルは、有効 LEV の有無を質問してくる。このことは、適格する LEV が備えられていれば設計有効点で、またはその近辺での LEV としての目的と操作は適格であるに違いないことを意味する。

## 隔離（または手続き上制御）

43. LEVのような他の制御措置が取られていない場合、曝露は当該物質から作業員を離す、典型的には曝露源から2,3メートルの間隔を設ければ抑制できる。

## 希薄化換気

44. 化学物質は、自然換気が曝露抑制で有効であるような状況下または機械的（局所的ではなく）換気で希薄化された化学物質によって異なってくる。このような場合にそのような仮定に立つと、当該物質は直接取り扱うことができ、また希薄化のための換気は著しく曝露を抑える。自然換気は、建物が大きく広々とし、空気の出入りのために大型で適当な位置に窓が設けられている場合、促進される。戸外作業は、この種の希薄化換気の一つの極端な例である。1時間当たり空気の入換回数が高頻である一般的な機械的換気を伴う職場も、この種の制御に該当する。

## 直接取り扱い

45. 他の制御手順が無い場合、作業者は何らの予防措置を執らずに化学物質を直接取り扱うものと仮定した。呼吸保護装置（RPE）を含む身体保護装置(PPE)の効果については、別途定める必要がある。

## 使用態様

46. 化学物質の用いられ方（使用態様）は、曝露推定で考慮にいれなければならない一つの要因である。吸入モデルには4つの主なカテゴリーがある（ダストに対する使用態様は以下の“ダスト発生工程”で論じた）：

- 閉鎖系での使用
- 基質上に包含
- 非分散型使用
- 広範囲分散型使用

47. （これらのカテゴリーは、既存化学物質に関する規則（EEC）No. 793/93に基づくデータ収集のための Harmonized Electronic Data Set (HEDSET)(調和化電子データセット)にも用いられている。しかしながら、明確に理解しておかなければならないことは、環境に放出される場合に適用される HEDSET で用いられたカテゴリーの意味は、職場だけに適用される本モデルで使用される用語とは厳密には同一ではない。ここでの定義はより一般的に、とりわけ HEDSET では適用してはならない）。

## 48. 閉鎖系

化学物質が反応装置内にとどまっているか、または容器から容器へ、閉鎖式配管によって搬送される場合、工程はこのカテゴリーに入る。工程での中間体は、反応槽とその専用装置に制限される。遊離産物は、その現場で保有されるか、または制御された条件下で輸送される。化学物質が閉鎖系で使用されても生産後に環境に放出されることが考えられる場合、または環境内に著しく放出されることがないように生産中に行われなかった場合、これらの使用態様は「非分散型使用」または「広範囲分散型使用」のカテゴリーとなる。時として閉鎖系に介入する必要がある場合、例えば、標本抽出あるいはメンテナンスを行う場合、これらのシステムを他の使用カテゴリーで考察する選択肢をモデルの中でとることもできる。

## 49. 基質内または基質上に包含

基質内および基質上に包含することで成り立っている使用は、化学薬品が製品または品物に組み込まれる工程で、環境への放出が実質的にカットされている場合のすべての工程を指す。職場内では、標本には、固体の水中での分散（固体が濡れている場合、ダスト生成は少ない）、ペレット状の原料使用およびエラストマー・マスターバッチ（親練り）の使用が含まれる。

基質調整中、例えば粉末染料を水を混合するとき有意な量の化学物質が職場環境に放出されることがある。このような工程は「非分散型使用」カテゴリーに分類しなければならない。

50. 非分散型使用 非分散型使用とはある一定の作業グループのみがこれらの化学薬品に接触するような態様で、化学物質が用いられる工程を指す。手順は、通常の場合、リスクに匹敵する曝露を十分制御できるよう仕組みられている。このカテゴリーは、他のカテゴリーに割り振ることが特にできないようなほとんどの職業的使用のために意図したものである。

51. 広範囲分散型使用 広範囲分散型使用とは、直接かかわる工程作業員に対してのみでなく、他の作業員あるいは時として一般人に無制限の曝露を与えるような活動を指す。このカテゴリーに入る典型的な活動としては、ペンキ塗りと殺虫剤の噴霧である。

### 粒子サイズ

53. 固体粒子が空中浮遊できるか否かは、そのサイズによって決まる。モデルによる粒子は呼吸に適しているかどうか吸入できるか否か、または顆粒状か否かに分類される。空中浮遊ダスト粒子の発生は、工程とエネルギー・インプットの性質に依存している。細分割物質の取り扱い、バルク状固体物質の破碎、粉碎および穿孔などの機械加工、煙霧を発生する工程および固体物質の噴霧は、すべて空中浮遊粒子を発生させる。アスベスト状ダスト、高温金属煙霧および細分割結晶性シリカは、空中浮遊ダストの典型的な例である。呼吸できるダストは、肺のガス交換領域に浸入する断片をシミュレーションするよう意図されたものである。吸入に適した断片用の標本採取器の目標仕様は、国際標準化機構（ISO）および欧州標準化機構（CEN）によって規定されている。

54. 全体的吸入可能ダストは、呼吸中に鼻および口に入る空中浮遊物質の破片であり、従って、呼吸器官のどこであれ付着する。標本採集器の目標仕様は、ISO および CEN が定めている。EASE では、呼吸できるダストと吸入できるダストとに分けてはいない。

55. 上記に関連して、顆粒状とは、粒子が吸入問題の原因になる程長時間空中に浮遊してはいないようなサイズの粒子を指す。

### ダストの種類

56. 生成されたダストの性質、すなわち繊維状もしくは非繊維状か否かは、曝露に影響を与える。モデルは工程中に生じるダストの種類を選択するよう指示を出す。このモデルの目的に沿って、繊維とは、適当な光学顕微鏡下で長さ 5 マイクロメートル以上、幅 3 マイクロメートル未満、長さの幅に対する比率が 3:1 より大であるような物体として通常の方法で規定される。

### 繊維状ダストの空中浮遊となる傾向

57. 空中浮遊になる傾向の低い繊維には、パラ・アラミド繊維が含まれる。クリソタイル石綿、細粒グラスファイバーおよびセラミック・ファイバーは、空中浮遊になる傾向が中等度の繊維の例である。空中浮遊になる傾向が強い繊維の例としては、クロシドライトおよびアモサイト石綿がある。

### ダストを作る工程（ダストの仕様態様）

58. 物質が用いられる工程は、生成されるダスト量に影響を与える。3 種類の工程を以下に示した。モデルは物質が用いられる工程の内、最も良く記述されている工程がどれであるか選択するよう質問してくる。

59. 乾燥破碎および粉碎：このカテゴリーには、圧縮空気による洗滌、徒手研磨および機械

研磨また乾式破碎および粉碎が含まれる。操作機械によってダストが発生する工程はすべて含まれる。

60. 乾燥操作：このカテゴリーには、乾燥物質の操作をすべて含む。材料の乾式ブラッシングも含まれる。

61. 低ダスト技法：低ダスト技法には、潜在的曝露を実質的に抑制するため十分な注意が払われる湿式工程および他の技法が含まれる。また物質が小間あるいは通気設備付きキャビネットあるいはクリーンルームなどの中に置かれた状態で用いられる場合も含まれる。

62. 容易に凝集する固体：集合組織が、ろう質かまたは何らかの別の形で固体粒子が容易に凝集する程粘性がある物質は、固体の粒子が容易には凝集しない固体の場合よりもダスト生成は少ない。

#### 皮膚曝露

63. 皮膚曝露の範囲は、米国環境保護局が開発したコンセプトに基づくものであり、このコンセプトおよびそれを裏付けるデータから得られた最良の推定値である。ダストの数値は、液体の場合のデータから外挿法で得られる。「皮膚接触の潜在性」という EPA のコンセプトは、次に述べる仮定に依存する皮膚曝露モデルの基礎を形成するものである：

- 曝露は主として手掌と前腕である。
- 特別の身体保護具は装着していない。
- 曝露は、用手接触に依存している。

皮膚曝露は専ら約 2000 cm<sup>2</sup> の面積の手掌と前腕に対する潜在的線量率として評価される。曝露単位は皮膚/1 日当たり mg/cm<sup>2</sup> である。

#### 皮膚接触レベル

64. 無し：皮膚曝露の生ずる機会が無い。

65. 偶発的：偶発的曝露は 1 日当たり 1 回の事象と仮定し、例えば塗料混合のときの工程から生じる飛散あるいはこぼれがその典型的な例である。

66. 間欠的：間欠的曝露は、1 日当たり 2～10 回の事象と仮定し、工程の一部が曝露を生じさせるものである；例えば、計量工場などでの判定にかかわる装置による材料搬送の場合。

68. 多発：多発曝露は、手掌が工程の一部である作業、例えば「濡れた」対象物を液槽からピーカー架に移す工程から生じる 1 日当たり 10 回以上の事象と仮定する。

#### 物質の可動性

69. 本システムは、皮膚曝露が生じる可能性の有無を評価しようとするものである。可動性固体とは、固体としていくつかの特性をもつ固体、例えば皮膚に移動することがある粉末または粘性物質である。このシステムは皮膚曝露を調べ、そのアウトプットの範囲が変わっていないことだけを殊更推奨するものである。