

化学物質のリスクアセスメント の戦略的な進め方

国立大学法人 東京工業大学 橋本晴男^{*}

司会 それでは時間になりましたので、始めさせていただきます。次の研修は化学物質のリスクアセスメントの戦略的な進め方、というテーマで、国立大学法人東京工業大学キャンパスマネジメント本部、総合安全管理部門長代理特任教授の橋本晴男先生をお願いを致します。先生のご略歴について、簡単にご紹介をさせていただきます。橋本先生は東京大学理学部生物化学科をご卒業後、東燃ゼネラル石油に勤務され、環境安全衛生統括部産業衛生部長などを歴任されました。また、厚生労働省の化学物質の在り方に関する委員会委員や、トンネル建設工事の技術的事項に関する検討委員会委員。また、中災防の個人ばく露測定に関する検討委員会委員なども歴任されております。さらに日本産業衛生学会、日本作業環境測定協会においては、要職も、現在務められております。橋本先生、よろしくお願い致します。

橋本 ご紹介どうもありがとうございました。橋本でございます。80分ぐらいとなりますが、

よろしくお願い致します。今日は皆さま、お暑いところをどうもお疲れさまです。私はもう10年ぐらいこのコンサルタント会の会員にならせて頂いていますが、あまり真面目な会員ではありませんで、実はこの今回の研修会の出席は初めてということで、恐縮しております。ただ、毎年会費はきちんと払っておりますのでご容赦下さい。

私につきましては、今ご紹介頂きました。もともと私は化学の分野で研究開発を結構やっていました。約20年ぐらい前から安全衛生、環境の方に移って、特に衛生を専門として、東燃ゼネラル石油、今年合併してJXTGエネルギーと変わりましたが、ここで仕事をしています、約2年前から東工大に移り安全管理を担当しております。よろしくお願い致します。

早速、今日のお話に入ります。今日は化学物質のリスクアセスメント、健康障害防止の戦略的な進め方という内容でお話しさせていただきます。ここで戦略的と言いますのは、いわゆる戦術、つまりその手法はいくつもありまして、簡単なものから複雑なものまであります。そこでまず初めに合理的な戦略をしっか

^{*}橋本晴男（はしもと はるお）
キャンパスマネジメント本部
総合安全管理部門長代理 特任教授



講演する橋本晴男氏

り立てて、その次に適切な戦術をうまく選んで使いこなしましょうというお話をしたいと思っています。

まず法律面については皆さんもご存知のとおり、平成 26 年に法改正がありまして、化学物質のうち当初は 640 物質、現時点ではこれから増えて 663 物質に対してリスクアセスメントが義務化されました。この結果に応じたリスク低減措置、リスクマネジメントは努力義務ということになっています。それが昨年の 6 月から施行され、各事業所でもかなり力を入れて、それぞれ一生懸命進めてきているという状況だと思っています。

まず、厚労省のリスクアセスメントの指針に沿って、リスクアセスメントの概観だけちょっとおさらい致します。化学物質について危険性有害性の特定、リスクの見積もり、それからリスク低減措置の内容を検討するところまでが厚労省の定義ではリスクアセスメントということになっています。その後のリスク低減措置の実施とか、その後の労働者への周知等々、つまりリスクマネジメントが努力

義務ということになっております。

リスクの見積りの基本

それからこのリスクアセスメントの進め方の基本ですが、厚労省の資料にもあり皆さまもご承知のとおり、リスクの見積りの基本は、ハザードの重篤度や影響度と発生確率や可能性の積、これらの掛け算でリスクが見積もれます。典型的には 2 次元のリスクマトリックスを考えて、縦軸に確率を取って、横軸に重篤度を取って、この組み合わせでリスクを判定する考え方が、特に安全のリスクアセスメントでは基本の考えになっています。

一般のリスクについては、ハザードの影響度×発生確率ですね。ところで、化学物質の健康障害防止のリスクアセスメントの場合は、ハザードの影響度の代わりに、その化学物質固有の、有害性の程度が来ます。それから発生確率の代わりに、ばく露の量が来ます。ある作業をしていて、化学物質のばく露がある場合に、そのばく露が大きければ大きいほど、健康障害が発生する確率が高まります。影響度と発生確率、この 2 つをどうやって調べるかが、リスクアセスメントの要点ということになります。

それで、有害性の程度×ばく露の量、これでリスクの大小を判定して、それに応じてリスク管理、リスク低減措置を行う、となります。ここの有害性の程度とばく露の量のところですが、具体的に申し上げますと、まずばく露の量については、主には経気道ばく露、つまり鼻とか口を通して肺に入って、体内に吸収される、これが一番可能性が高いので、まずそちらを考えて、呼吸域の空気の濃度を

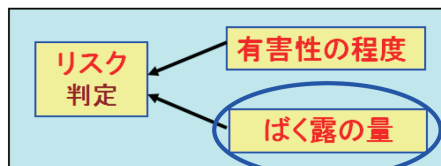
◆ 測定する

－ 個人サンプラーを用いた測定

- ・ 個人ばく露測定ともいう
- ・ 最も標準的
- ・ 「呼吸域」での測定

◆ 他の評価方法

- － 「ばく露の推定」も可能
- － 生物学的モニタリング
- － 場の測定(代替法)



個人ばく露測定

場の測定
(作業環境測定)

図1 化学物質のリスクアセスメント：「ばく露の量」の評価

測定する。これが一番直接的なばく露量の評価方法です。これを個人ばく露測定、または個人サンプラーを用いた測定と言います。

ここで図1の写真に示しますが、このバッチは3M バッチという典型的な個人サンプラーで、これを襟元に1日8時間着けておいてもらう。そうすると自然対流でこの呼吸域の化学物質が、この中の活性炭のシートに吸着されるので、後で分析すると、1日の積算の化学物質ばく露量が分かります。個人ばく露の他にもばく露の評価法はありまして、例えばばく露を推定することも可能で、これは後でお話しします。

後は尿とか血液の中の代謝物などの物質量を測るというやり方も、特定の物質についてはできます。他には、この呼吸域を直接測らないで、作業場内の場所を測定するという、法定の作業環境測定のような方法も、ある意味代替法としてリスクを評価する手法として有効です。これらの中で、基本は呼吸域の空気を測定するということになります。

それから次に有害性の程度です(図2)。

こちらについては、ばく露限界値という数値が化学物質毎に約1,000物質弱ぐらいについて決められています。ばく露限界値は化学物質毎にそれぞれの有害性の程度に応じて、その健康影響と関係して設定されているものです。ちょっと詳しくご説明しますと、たとえばトルエンですと20ppmがばく露限界値であり若干匂いがするぐらいの濃度だと思います。

この20ppmという濃度を、1日8時間、かつ週5日、それを10年、20年とずっと長い間浴び続けても、ほとんどの労働者には健康影響が発生しないという、簡単に言いますと安全性の限界値に相当する数字です。これは疫学的な根拠または動物実験による根拠に基づいて設定されているもので、代表的にはアメリカのACGIHのTLVという値が一番世界的なスタンダードでして、日本でも産業衛生学会が許容濃度という言い方で、約200物質ぐらいについて定めています。日本ではどちらも用いられます。

ばく露限界値は物質によって数値がすごく

◆ 「ばく露限界値」を使用(最も標準的)

- － 有害性の程度(健康影響)と関連して設定されている

◆ それ以外の評価

- － 生物学的ばく露指標値(生物学的モニタリングの場合)
- － 管理濃度(作業環境測定の場合)

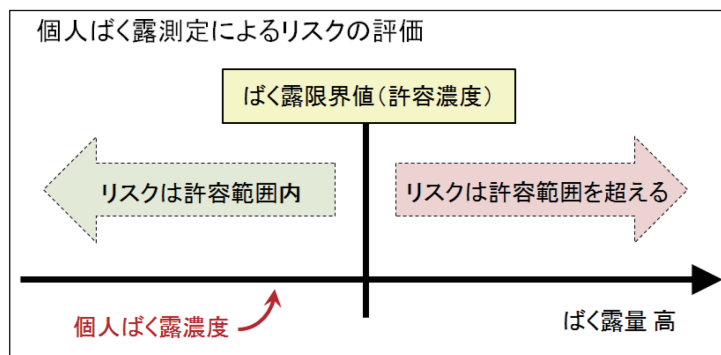
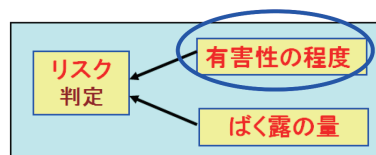


図 2 化学物質のリスクアセスメント：「有害性の程度」の評価

違います。ベンゼンは白血病のもととなる明らかな発がん物質ですので、0.5ppm という、匂いの閾値より下の匂いがしない極めて低い濃度であり、環境濃度をこれより下に抑えなさいということになっています。一方アセトンですと 250ppm でベンゼンの数百倍です。アセトンで 250ppm と言いますと、結構匂いがする感じだと思います。ただ、ここにはきちんとした根拠があって、この 250ppm であれば、ずっとばく露してもほとんどの労働者は大丈夫という証拠があるわけです。ですから、アセトンは比較的 안전한化学物質と言うことが出来ると思います。

このばく露限界値は先ほどの 663 物質についてもほとんどすべて決められています。それで、ここのリスク判定の有害性の程度についてはばく露限界値を使います。このばく露限界値が基準であって、先ほどのばく露の量、これは測定するなどの方法で見積もるのです

が、この量がこの基準値よりも大きい小さいかで、リスクの大きさを判定します。これが一番の基準になっています。生物学的モニタリングをした場合とか、作業環境測定をした場合は、また別途それぞれ基準値はあります。ともかく一番の基本は、このばく露限界値に対しばく露の量を比較することになります。

これ以降ご紹介する、健康のリスクアセスメントのツールがいくつかありますけれども、基本はすべてこの概念に基づいて、何らかの方法でリスクを推定することになっています。くり返しになりますが、「有害性の程度×ばく露の量」でリスクを判定します。ここで、このばく露限界値に対するばく露量の比を取ると分かりやすいですね。基準値に対するばく露量の比です。この比が 1 より大きければリスクが大きい。1 より小さければリスクが小さいと、単純には判定できます。厚労省のリスクアセスメント指針にもこのこと

が書いてありまして、化学物質等の気中濃度等を、ばく露限界値と比較する方法を取ることが望ましい、これが一番の基本ですよ、ということが言われています。

リスクアセスメントの進め方

さて、それで次にその戦略、リスクアセスメントの進め方、全体像についてお話ししたいと思います。一番最初に戦略が重要と申し上げました。また後で詳しく申し上げますけれども、リスクアセスメントの手法、つまり戦略は簡単なものから複雑なものまでたくさんあります。化学物質取り扱い作業毎にリスクアセスメントを行うわけですが、その毎にどの手法を使うのか、あるいは複数使うのか、その場合順番はどうするのか、そういった判断が重要になります。大局とか全体像を考えて、この戦略を判断するところが大事です。それを行える人というのが、専門家ということになります。

ここで、誰がリスクアセスメントを行うかを申しますと、厚労省のリスクアセスメント指針では、化学物質管理者という人を事業所の中で指名して、この人がやるということになっています。ただ具体的に化学物質管理者とは誰なのかとか、資格は何とかは決まっていません。実際のところ、各事業所では作業環境測定士とか、衛生管理者とか、作業主任者とか、いろいろ工夫しながらやっているのが実情です。リスクアセスメントを行うにはそこそこ専門性が要るはずですが、それを行う者が誰なのかが日本でははっきりしていません。

ご参考までに、欧米ではこのリスクアセスメントを行う専門家がはっきりしています。その専門家はインダストリアルハイジニスト、これはアメリカの言い方でして、ヨーロッパ

ではオキュペーショナルハイジニストといます。こういった職業が確立されています。日本語で言うと産業衛生技術者とでも言いましょう。アメリカでは1万人ぐらいおり、資格者だけでも6千人ぐらいいます。私もこの資格を持っております。

欧米ではこの産業衛生技術者という資格と専門家が確立されているので、リスクアセスメントは基本としてその人がやる、あるいはその人が他の人を率いてやる、という概念がはっきりしています。日本はそうになっていないので、各事業所でもさてどうやろうかと、なかなか困っているというのが実情です。先ほどの全体戦略、全体像について整理してみたのがこの表です(図3)。リスクアセスメントとマネジメントについて、流れを大きく言いますと、事前準備と調査をして、それに基づいてリスクアセスメントを行って、リスクマネジメントを行う。こういうように進めることが基本かと思います。

リスクアセスメントでは事前準備が大事なので、ここでは1つのステップとしてわざわざ取り上げています。その内容はここに書いたようなものです。事前準備では、まず化学物質リストの作成、これはちょっと分かりにくいかもしれませんが、自分の事業所に主にどんな化学物質があるのかのリストを作ることです。これがないと何も始まらないです。リストを作って、それに対応するSDSを揃えて、それから現場に化学物質があるというこの3点セットを整備してもらうことが第一歩です。

次に、リスクアセスメントの対象とする化学物質と、その作業を選びます。厚労省によると、化学物質の作業毎にリスクアセスメントをすることになっていますので、どの化学物質取り扱い作業を対象にするのかをまず決めないといけません。次にSDSから有害性

順序	方法	内容
1	事前準備と調査	① 化学物質リストの作成, ② 対象とする「化学物質と作業」を選定 ③ 有害性情報の入手(SDS) ④ 文書・記録, ヒアリング, 観察, 等による状況調査
2	リスクアセスメントの実施 戦術(手法)	A 事前調査に基づく専門的判断
		B ① 簡易版コントロールバンディング ② 改良版コントロールバンディング
		C 数理モデルによるばく露推定
		D 簡易測定(検知管, 直読計)
		E 個人ばく露測定(8時間, 短時間)
		リスク低減措置の内容を検討
3	リスクマネジメントの実施	① リスク低減措置を実施 ② 労働者に結果を周知, 報告 ③ フォローアップ(健康管理, 継続教育, 再評価等)

図 3 リスクアセスメント・リスクマネジメントの全体像(戦略)

情報を入手します。その後皆さまも作業現場へ行かれると思いますが、作業場に行って、文書や記録を見て、それから現場でいろいろ話を聞く、また観察をする、作業を見る、こういった状況調査が大変大事です。

以上の事前調査に基づいて、リスクアセスメントを実施し、マネジメントを実施します。このアセスメントの実施のところです。先ほども申し上げましたようにその手法、戦術はたくさんあります。表に整理してみました(図3)。良く知られているところでは、このコントロールバンディングがあります。今日はこの2番目の「改良版」について特にご紹介します。後は数理モデルによる推定もありますし、あと簡易的な測定もあり、検知管のお話を今日はします。あとは個人ばく露測定です。もう少しきちんとした測定という位置づけで、長時間の測定と短時間があります。

リスクアセスメントの手法としては、この

図3.2-A としましたが、事前調査に基づく専門的判断という方法があります。事前調査として観察したり、話を聞いたりした場合、皆さまのような、ある程度ご経験のある専門家の方であれば、これは過去に自分が見た例からして、発生源が充分密閉化されているので、どう考えてもリスクは低いだろう、というような状況を言っています。そういう判断が出来ますし、その判断すること自体が立派なリスクアセスメントだと考えられます。このことは厚労省の担当の方にも、既に確認しましたが、厚労省の指針にはこのことを書いていないのですが、専門的判断や技術的な常識に基づく判断はそれでよろしいとのことでした。

代表的なリスクアセスメントの手法、戦術というものを、このように今日はこの5つに整理しました。この中からどれかを選んでリスクアセスメントを進めることになります。

ここでちょっと全体像をもう1回整理しま

すと、まずは事前準備と調査を行って、それに応じてリスクアセスメントを実施する。この戦術はいろいろあるので、この中のどれかを使う。それから、リスク低減措置の内容の検討もやらないといけません。これも厚労省の定義で言うリスクアセスメントの一部に入っています。それからリスクマネジメント、これは低減措置の実施とか、労働者への周知とか、健康管理を行います。

さて、以上の順番に従って、主なポイントのところをご説明していきたいと思います。まず事前調査です。これはとても大事です。その目的とすると、いきなりリスクアセスメントを行うことは明らかに適切ではありませんので、まずは現場を見て出来るだけ現場の人の話を聞いて、それによって戦術を考えることになります。

ここでの注意事項としては、リスクアセスメントを実施する人は、机の上でSDS見ているだけではだめで、出来るだけ現場の状況を見て、そこで話を聞いたり、自分の目で観察することが大事です。それが経験となって次のリスクアセスメントに活きるので、現場経験の蓄積こそが大事だと思います。

これはさきほど申し上げた化学物質リストの作成です。化学物質があって、物質のリストがあって、SDSがあって、これらがしっかりしていることが大事です。職場の巡視をする時に、職場に置いてある化学物質を取り上げて、これはSDSありますか、リストに乗っていますかと確認するのもとても良いと思います。

それから、事前調査でヒアリングをしたり、観察したりするわけですが、そこで何を把握しなければいけないのか、情報として何の情報を取らないといけないかをお話しします。この事前調査は法定の作業環境測定の前回の調査と似ていますけれども、リスクアセスメ

ントの場合は少し違うところがあります。それを主なところだけ申し上げますと、まず化学物質取り扱い作業を選ぶのが第一で、もちろん化学物質取り扱い作業はたくさんありますので、自分の見たり聞いたりした様子で、リスクに順番をつけて、高そうなものからリスクアセスメントすることが定石だと思います。

次に有害性情報を集める。それから作業を行う労働者や労働者のグループを把握します。これはあとで個人ばく露測定のところに出てくるのですが、同じ作業をやっている人のグループを同等ばく露グループ（SEG）と言います。これを把握します。それから、事前調査の段階でも経験などに基づいて、リスクが高そうか低そうかとかを推定して、さらには測定をした方がいいのかどうか、こんなことも考えます。

それから現場を見るのですから、何か問題がありそうだとした場合に、自分だったらどんな対策をするのか、また空気の流れを見たり、換気の状態を見たり、そういう後日のための情報もしっかり見ておきます。保護具を使用しているのかいないのかも重要な情報だと思います。なかでも特に、リスクの大小をある程度推定するということが、これが後につながる特に大事なところかと思っています。

リスクアセスメントの戦術

では次にリスクアセスメントの戦術ということで、特に4つの手法についてご紹介したいと思います。事前調査に基づく判断、それからコントロールバンディング、検知管法、個人ばく露測定ですね。この順番でご紹介します。

まず1番目の事前調査に基づく判断（図3.2-A）は、先ほど言いましたように、これ

は立派なリスクアセスメントです。リスクアセスメントを省略したのではなくて、ある判断でリスクの大小を判定したわけですから、立派なリスクアセスメントです。実際には、たとえば明らかに密閉系で取り扱っているとか、リスクを判断出来る場合が結構あると思います。

たとえばリスクを「大」「中」「小」の3段階ぐらいで判定します。あるいは「不明」というケースがあるかもしれません。この結果としてリスクが「小」であったら、その記録は残した方が良いですが、それでリスクアセスメントは終了で結構だと思います。それからリスクが「中」とか「不明」の場合、これはやはりもう少し調べないといけないです。それから「大」の場合も、さらに調べる選択肢もありますが、たとえば粉塵が目に見えて激しいとか、明らかに匂いがひどくてどう考えてもまずいということもあります。そういう時は改めて測定するとかでなく出来る対策

をどんどんやる方がむしろいいと思います。

以上のようにリスクの大小を判断するには、化学物質のばく露の推定をしないといけないのですが、では何を根拠に判断するのが課題になると思いますのでそれを図4に整理してみます。1つは過去のリスクアセスメントの結果とか、データです。その作業場で他の物質がどうだったのか、他の作業はどうだったか、あるいは類似の作業場ではどうだったか。

それから簡易測定です。検知管について後でお話しますが、現場の観察の調査の時、検知管を持っていて、怪しそうな作業についてそこで測定してしまう。これはとても良いと思います。あるいは密閉系とか、きちんと管理された局排の中で、比較的少量のものを扱っているといった状態。あとは経験的な判断として、粉塵が発生しない状態とか、揮発しない物質。あるいは逆にリスクが明らかに大きいとか、労働者からの苦情があるとか。こ

判断, 根拠	例, 注意など
過去の評価・測定結果 類似・代替データ	対象作業場, 類似作業場の過去の結果
簡易測定(検知管, 直読計)	<u>現場の事前調査時に簡易測定を行うことは非常に有効で勧められる</u>
密閉系, または十分な局所排気装置	密閉系での取扱い(グローブボックス等) ドラフトチャンバー(規定性能)内作業
常識的・経験的な判断	粉じんが発生しない固体(ペレット, 顆粒状) ほとんど揮発しない(潤滑油等) 明らかに臭気, 粉じん濃度が高い 職場からの問題提起, 苦情(リスク大?)

経験の重要性: 作業場を調査, 観察, 評価した経験により判断力が向上

図4 事前調査におけるリスク(ばく露)の推定(リスク(ばく露)推定のための判断, 根拠の例)

ういったことで判断がかなり出来ると思います。

ここは特に経験が大事で、実際にいろいろな作業場を見て、自分の目で事前にある程度推定をして、不確実なケースについては、あと別の方法でリスクアセスメントをしたり、測定をしたりして、自分の推定が正しかったのか、間違っていたのかを確認する。こういう経験をくり返すことがこの判断力の一番の基本だと思います。ここのところはあまり難しいことではなくて、まず出来ることからやってみてとりあえず判断してみてください。怪しいものはさらに進んで調べて下さい。それをくり返していくことがリスクアセスメントの能力を高め、より専門家に近づく方法だと思っています。

で、次に図3の2-B、コントロールバンディングについて、お話ししたいと思います。コ

ントロールバンディングは、国内では現在主に2つの方法が、使えます。1つは厚労省の方法で、これは厚労省のウェブサイトであり一番簡単な方法です。それから中災防がそれを改良した方法を出してしまして、これはなかなか良い方法です。特に作業の時間とか頻度、それから換気などの要素が入られますので、結構現実に即したそこそこ精度の高いリスクアセスメントが出来るようになっていきます。さらに福井大学がこの中災防の方法をウェブ上の自動システムにして公開してしまして、無料で誰でも使えますので、今日はこれをご紹介します。あと、市販品のシステムも別途あり、こちらは何十万円か、結構高額です。

厚労省のコントロールバンディングは皆さまご存知とは思いますが、簡単にご紹介しておきます（図3.2-B①）。「職場の安全サイト」

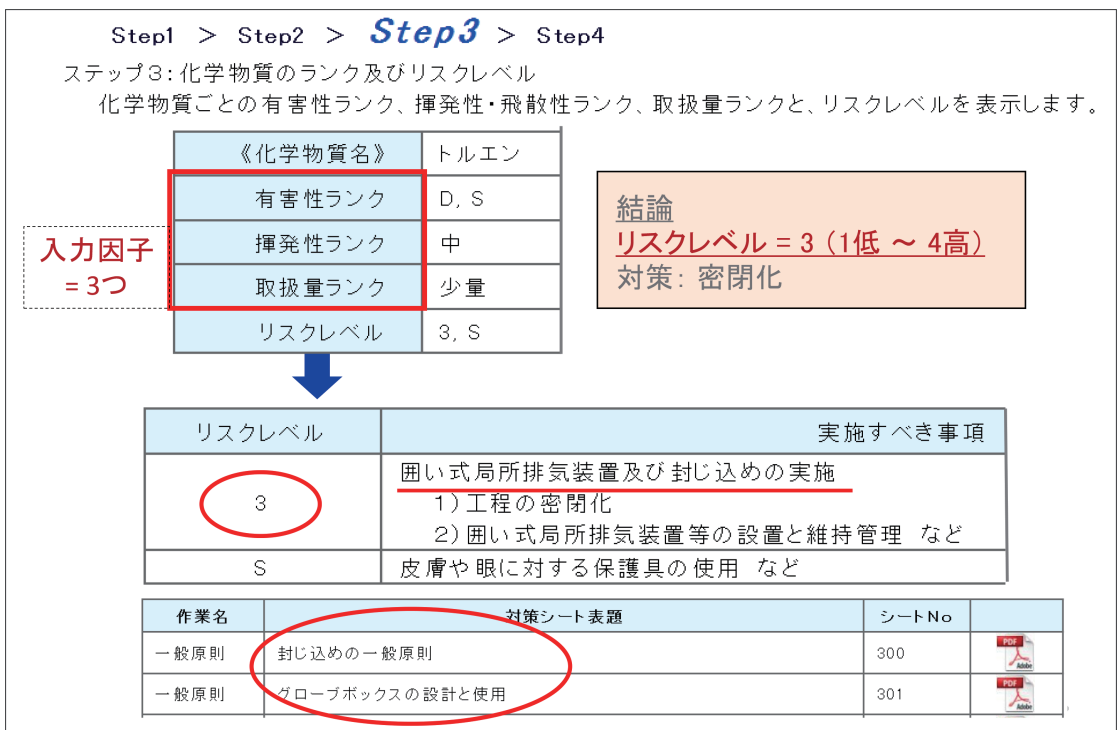


図5 簡易版コントロール・バンディング（厚生労働省）＜トルエンを常温で100ml使用する作業の評価例＞

の「リスクアセスメント実施支援システム」に行きますと、厚労省のツールがあります。ここに入っていき、初めに入力する因子が3つだけ必要です（図5）。まず有害性のランク、これは物質の名前を入れますとその有害性が自動で仕込まれていて出てきます。例えばトルエンと入れれば、出てきます。次に揮発性で、これ、高、中、低の3段階で自分で入れます。あとは取り扱い量のランク、これはトン単位、キログラム単位、グラム単位の3つなので、これも自分で入れます。入れる因子はこの3つだけです。

これらを入力しますと、すぐそのリスクの判定が出てきます。たとえばトルエン。トルエンは揮発性ランク「中」なのですが、これをたとえば100ミリリットル使用する作業としたら、これはリスクレベル「3」というように出ます。リスクのレベルは4段階の内の

3で、4が一番高く3が次です。ここではリスクが高いという判定出ています。

さらに、実施すべき事項も示されます（図5）。囲い式局排装置、及び封じ込めということで、密閉化または囲い式排気装置でかなりしっかり管理しなさいという答えが出てきます。

リスクレベルが4段階のうちの3で基本的に密閉化というように答えが出ますと、実は結構困ることが多いです。この方法は判定がやや厳しめに設計されているのです。さらにここで困るのは、3つしか入力因子がないので、あとでたとえば使用量を減らしたとか、ドラフトチャンバーの作業にしたとか対策をしてもそれが反映出来ないのも、そこがなかなかやりにくいところです。

次の中災防の方法は昨年本が出ましたが、そういうところを改善したものです（図

実験条件入力 Experimental Condition

☒ 半定量的手法 ☐ 定性的手法 | ☒ 日本GHS ☐ EU-GHS ← [【説明】](#)
☐ 中災防テキスト発行以降の更新を適用 [【説明】](#) (テキストに合わせたい場合はチェックを外して下さい)

CAS No. : 108-88-3

試験名 : トルエン

→ GHS分類での有害性ハザードレベル : 4 & S (眼・皮膚)
 職業性ばく露限界での有害性ハザードレベル : 2 & S (眼・皮膚)

ハザードレベル割付名称 : JISHA

安全衛生特別規則等 : [有機溶剤中毒予防規則 \(第2種\)](#) [【劇物】](#)

☐ 固体 ☒ 液体 ☐ 蒸気 (融点-93℃ 沸点111℃ 引火点4.4℃)

この化学物質を使用して行う実験の条件を入力して下さい。

操作名 溶液調整
 使用温度 25℃
 使用量 (※1) 100 mL (1gまたは1mL未満は対象外です)
 作業時間 (※2) 30 min (1分以内は対象外です)
 作業頻度 ☒ 週1回以上 ☐ 週1回未満 → 1 回/週
 換気状況 ☐ なし ☐ 全体換気 ☒ 局所排気 (外付け式) ☐ 局所排気 (囲い式, ドラフト) ☐ 密閉化
 汚染状況 作業者の作業服・手足・保護具に化学物質による汚れが ☒ 見られない ☐ 見られる
 全量散布 「全量が空气中に散布され、かつ発生源に動的な動きがある」に ☒ 該当しない ☐ 該当する

※1 : 1日の中で複数回/バッチ作業を行う場合は1回当たりの最大量。

連続作業の場合は1日の使用量。

※2 : 当該物質の使用のため実験室内に滞在する時間。複数回/バッチ作業を行う場合はトータルの時間。

OK

リセット

アセスメントに用いる因子

- ・有害性(GHS情報)
- ・使用量
- ・沸点(飛散性)
- ・作業時間と頻度
- ・換気
- ・作業服の汚染

改良・追加

結論

リスクレベル = I
 (I 低 ~ IV 高)
 対策: 不要(良好)

図6 改良版コントロール・バンディング (中災防 & 福井大学)
 <トルエン使用作業の評価例 (100ml, 週1回30分, 外付け式局排)>

3.2-B ②)。それで福井大学がホームページにこの方法を掲載していますので、この方法についてご説明します（図6）。福井大学のサイトでは誰でもアクセス出来ます。ただ入場制限があって同時に10人がマックスで、10人超えると入れなくなってしまいます。ただ1人あたり30分しか入れないので、30分待てば次の人は入れます。こんなようになっています。私は最近触てみましたが、ほぼ10人までは入っていないので、特に朝方とか夕方なら充分自由に使えると思います。

ここの実験条件入力というところで、トルエンを100ミリリットルを使い、外付け式の局排、つまりドラフトチャンバーの作業を仮定してやってみます。まずトルエンを入れると、中に有害性情報が仕込まれていて、それが出てきます。あと自分で入れるのは、使用温度25℃、使用量100ミリリットル、作業時間30分と、あと頻度は週1回以上で1回、これらを入れるということです。

それから換気の状態というものもあるので、外付け式局排と入れます。あとは作業服の汚れの有無、それとこの全面散布つまりスプレー塗装とか、あるいは平らな板に広く塗るとかの特別なケースの情報を入れる。このように、先ほどの手法との違いは、時間や頻度、それから換気、作業服の汚染、これらが新しく入っています。その後、ボタンを押しますと、答えが出てきます。答えは4段階のうちの一番下で「1」、つまりリスク小と出てきます。些細なリスクということです。ですから、外付け式局排でOKということになります。

ここで、現実的に考えてみますと、私の自分の経験から言ってもトルエン100ミリリットルをドラフトチャンバーで取り扱うケースはリスクが小さいと思います。類似の化学物質を測定したこともあります。それぐらいだったらもうドラフトチャンバーの外側だっ

たら、物質はほぼゼロですので、これはかなり妥当な答えだと思います。先ほどのですね、厚労省の方法と比較してみますと、入力因子がこちらは3つ増えてます。

それから先ほどの例での答えは密閉化を求めています。ここではドラフトチャンバーでもいいとなります。私は次に局排の外付け式、更には全体換気の条件をやってみました。全体換気であってもリスクレベル「2」となりました。いずれもOKということで、かなり現実的な答えが出ていると思います。そういったことで、こちらの中災防の方法をお勧めしたいと思います。長所としましては、特に福井大のツールは大変容易です。GHS情報も入ってます。それから、このリスク判定の精度が上がっており、判定が過剰にならないこと、それから対策が反映出来ること、こういったところがかなり改善されておりますので、皆さま自身がお使いになるとか、あるいはコンサルティングされている先の事業所さんにご紹介するとかに利用して頂ければと思います。

橋本 では次に、**検知管を用いた方法**についてご紹介します。最初の全体像の中で言いますと、リスクアセスメントの簡易測定法です（図3.2-D）。なお、今日はお話しませんが、直読計、すなわちガス検知器とか、VOCモニターという直読式の機器もあって、これも大変役には立ちます。今日は検知管の部分のみをお話します。

「検知管を用いた化学物質のリスクアセスメントガイドブック」が今年の3月に公開されました。この「職場の安全サイト」にあります（図7）。今までも、もちろんリスクアセスメントで検知管を使って、簡易的に呼吸域の有害物濃度を評価することはやって良かったわけです。検知管の測定は比較的安価に

厚生労働省
Ministry of Health, Labour and Welfare

職場のあんぜんサイト

働く人の安全を守るために有用な情報を発信し、職場の安全活動を応援します。
働く人、家族、企業が元気になる職場を創りましょう。

労働災害統計 災害事例 リスクアセスメント実施支援システム 安全衛生キーワード 化学物質 免許・技能講習

ホーム > 化学物質のリスクアセスメント実施支援ツール

化学物質のリスクアセスメント実施支援ツール

○ リスクアセスメント実施支援システム (コントロール・バンディング)
(有害性に関するリスクアセスメント)

○ 検知管を用いた化学物質のリスクアセスメントガイドブック

- ・ [ガイドブック](#)
- ・ [リスクアセスメント実施支援シート](#)

- 簡易な測定法である検知管による測定を活用したリスクアセスメントのガイドブックです。
- ガイドブックには、対象作業の選定、検知管による測定回数、安全係数、評価方法等がとりまとめられています。
- リスクアセスメント実施支援シートは、ばく露限界値や測定値を入力・評価するためのものです。
- 検知管を用いた方法は、簡単な方法のため、専門家でなくても実施可能で、安価に実施できる等のメリットがありますので、リスクアセスメント手法の一つとして是非ご活用ください。

化学物質 (更新情報)

- ① 新規化学物質関連手続きの方法
- ② 安衛法名称公表化学物質等
- ③ GHSモデルラベル・SDS情報
- ④ GHSモデルラベル作成法
- ⑤ 国際表示マーク (GHSとは)
- ⑥ 強い変異原性が認められた化学物質
- ⑦ がん原性に係る指針対象物質
- ⑧ リスク評価実施物質
- ⑨ 化学物質による災害事例
- ⑩ がん原性試験実施結果
- ⑪ 変異原性試験 (ヒスタミン変異試験) 結果
- ⑫ 日本バイオアッセイ研究センター
- ⑬ 有害性・GHS関係用語解説

7

図 7 検知管を用いた化学物質のリスクアセスメントガイドブック〈職場の安全サイト (厚生労働省)〉

出来ますので、中小企業とかでも少し使いさえ覚えれば誰でも出来ます。ただ、そういう時に、1点とか2点測定して、それでばく露限界値と比較して判断して大丈夫なのかの不安がありました。測る人も作業環境測定士とかコンサルタントとかではなくて慣れない方が場合があり、どれぐらい的確に測っているか分からないし、どんなタイミングで測るかもはっきりしていませんでした。

そういうことを踏まえて、特に中小の事業場で検知管の測定をして頂いて、その結果をもう少し慎重にきちんと評価するような方法があると、リスクアセスメントが行いやすくなる、こういう考えでこのガイドブックが作成されました。

私は昨年、これを作成する委員会の座長を務めさせて頂きました。この職場の安全サイトではガイドブックという本文と、実施支援シートという、計算が非常に簡単に出来るエクセルシートもついています。これについて

ご紹介します。このガイドブックには作業をどうやって選ぶか、測定の回数とか安全係数とか、また評価、リスクの判断、こういうことをまとめています。こちらの実施支援シートは、計算とか記録を容易にしているものです。専門家でもなくても実施出来ます。特に中小事業所で普及するようにとの目的で作られています。この背景になったのは日本産業衛生学会の個人ばく露測定のガイドラインの考え方です。検知管測定は皆さまご承知とは思いますが、この気体採取機、手動ポンプを使います。価格は2万円ぐらいです。検知管は1本200円程度ですが、もともとは左右が封管されているのでこれを切って空気が通るようにして、空気を矢印の方向に基本的に100CC吸い込みます。そうすると、あるところまで変色するので、その変色した位置を読み取るというものです。

この厚労省のガイドブックに沿ってお話ししますと、進め方としては5つのステップに

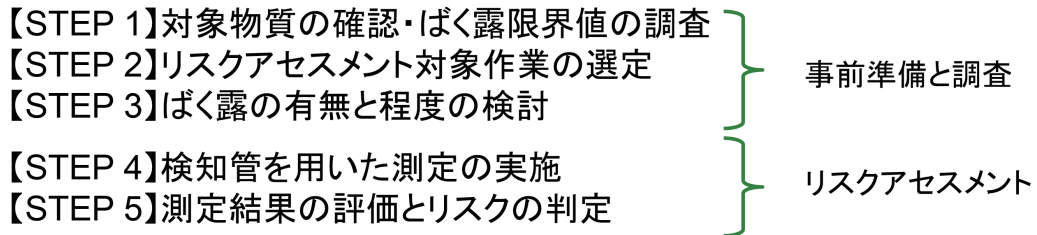


図8 検知管を用いたリスクアセスメントの進め方

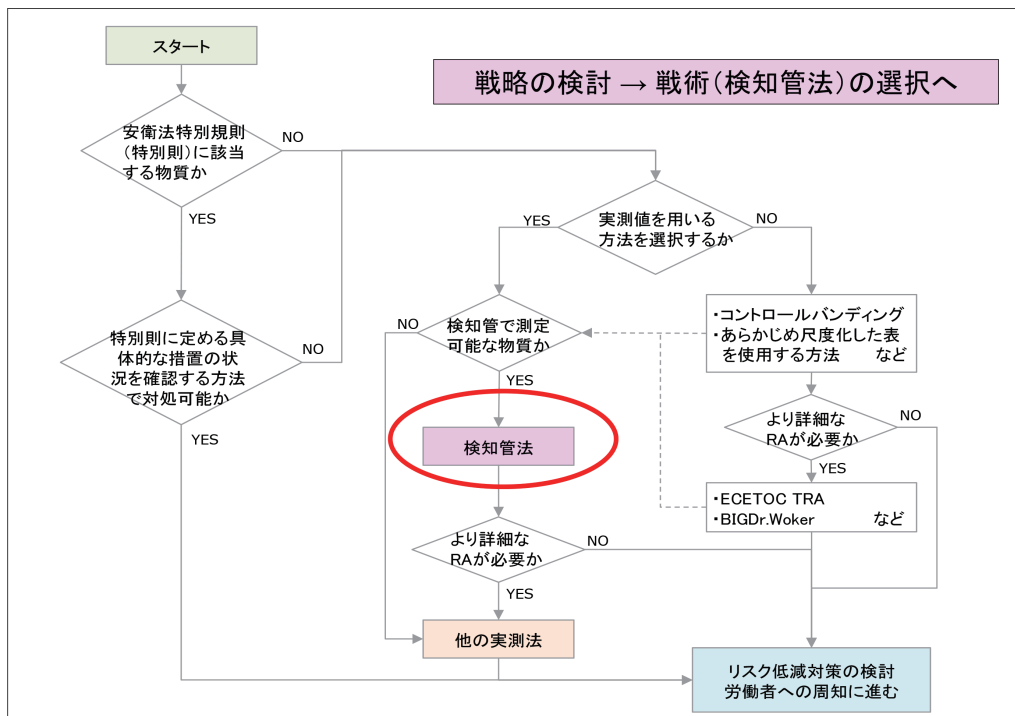


図9 検知管を用いたリスクアセスメント：事前準備と調査【STEP1～3】

なっています(図8)。まず対象物質の確認とばく露限界値の調査。次に対象作業の選定。次にばく露の有無と程度の検討。おおよそばく露があるのかないのかをここで推定して、ばく露がありそうだとしたら、次の測定に進みます。ですから、このステップ1から3は、先ほど私が申し上げた事前準備と調査にまさに該当します。次の4と5がリスクアセスメントに該当します。実際に測定して、後

はリスクを判定することになります。

まず事前準備と調査についてお話しします(図9)。大変小さな図で申し訳ありません。スタートは、その化学物質が安衛法特別則に該当するかどうかです。該当する場合、法令に対応した措置を行ってれば、これはリスクアセスメントが出来ていると判断して良いです。そうでない場合には、右方向に進んで、事前調査に基づいて、実測値を用いる方法を

選択するのかどうかを選択します。これは、要は戦略を立てるということです。実測値を用いる場合にはまず検知管で測定します。

一方、実測値を用いない場合、先ほどのコントロールバンディングとか、この ECETOC-TRA 等の方法があります。

また、検知管法で測定し、さらにより詳細なリスクアセスメントが必要だったら他の実測法、たとえば個人ばく露測定ということになります。

対象物質の確認について少し詳しくお話します（図 8）。検知管で測定可能な物質は約 220 種類です。それから共存ガスが存在する場合、つまり混合物の場合は、これは検知管の弱点ですが、混合物の影響を受けますので、正確に測定することはなかなか難しくなります。但し一般的には検知管による測定は可能です。これはどういうことかと言うと、一般には共存ガスは指示値をプラスの方に作用させることが多いからです。ただ一部マイナスの方に作用する物質もあるので、その場合は不適切ということです。検知管のそれぞれの説明書にどんな物質だとマイナスに出るかが必ず書かれているので、そこを良く見て頂くことが重要です。

それから次に、ばく露限界値を SDS で調べて頂きます。ここでは注意がありまして、ばく露の基準値としては短時間のばく露の基準値を用います。検知管は、短時間の作業、15 分とか 20 分とか比較的短時間の作業について適用することになっています。短時間の作業ですと、その基準となるばく露限界値が 8 時間の場合と変わってきます。たとえばベンゼンの場合、8 時間だと 0.5ppm（ACGIH-TLV）まで許容出来ませんが、15 分までだと 2.5ppm まで OK となります（ACGIH-STEL）。

たとえばアセトンだと 15 分間で 500ppm

までと値が決まっていますので、そちらを使って頂くことになります。ACGIH の STEL、あるいは天井値（C）がある場合もあるし、それから日本産業衛生学会の場合は、天井値の代わりに最大許容濃度というのがあるので、これらがある場合はそれを使います。もしそれがない場合、たとえばトルエンの場合、20ppm（8 時間値）を 3 倍した 60ppm という値を使います。

次に対象作業の選定です。さきほどと同じ考えで、一般にある 1 つの化学物質についても、作業はたくさんありますので、最もリスクが大きいと思われる作業から、順に行うことがいいです。いずれにしる原則として、短時間の作業、具体的には 1 時間以内の作業を評価します。あるいはその物質を扱う作業が 1 日に 3 回に分かれている場合も、その合計が 1 時間以内の作業、そういう作業を対象にします。

もし 1 時間を超えるような作業があった場合は、別途、1 日 8 時間を通してのリスク評価が必要になるという意味です。ですから、検知管を使ったリスクの評価は、あくまでも短時間の作業について行なうということです。

次に、**実際にどう測定するか**というところこの図です（図 10）。具体的に言いますと、たとえば 15 分間の作業があつて、その 15 分間を測定しようという場合、その 15 分間を、たとえば 3 から 5 くらいに等分します。たとえば 5 等分すると一区画が 3 分毎です。その 3 分の区画毎に、その中の適当な 1 点を測定します。あるいは 15 分を 3 つに分けたとした場合、5 分毎の区画の中で 1 点ずつ測定します。実際の話、15 分間で 5 回測定するというのは結構忙しいと思いますので、かなり慣れた人だと出来ませんが、一般にはちょっと厳しいかなという気もします。

それで、この 3 分の中のどこで測るのかと

測定の時間、サンプル数、タイミング

◆ 15分間の測定が標準（15分間の作業を対象とする）

- － 作業時間内にn回測定（推奨：n=3～5、最低：n=2*）
- － 最低の回数は2回。1回は不可
 - ・ 不適切なタイミングの設定、測定時の不具合、急な気流の変動などによる誤測定の影響を小さくするため。
 - ・ (* ただし繰り返し測定を実施する場合には、n=1も可)

測定のタイミングについて

✓ 15分間における測定のタイミング例

- (1) 15分間を、等間隔の時間帯に測定回数で分ける
- (2) 上記の各時間帯の中で最もばく露が高いと考えられるタイミングで測定
- (3) 上記の各時間帯の中で最もばく露が高いと考えられるタイミングが不明な時は任意に測定

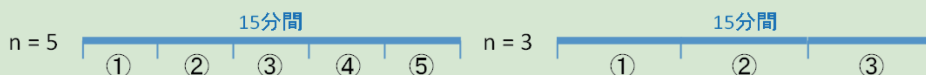


図 10 検知管を用いたリスクアセスメント：検知管を用いた測定の実施【STEP4】

ということについては、一応各時間帯の中で最もばく露が高そうなところで測って下さいとしています。ただし、ここはあまり厳密に考えなくてもよく、大体この辺が高いだろうということの良いという考えになっています。また、そういうタイミングが分からない時は、どこでもいいということになっています。

それから、測定の回数です。これはだいぶ議論をしたのですが、合計1回だけの測定、つまり1点測定はやはりちょっと危ないだろうということで、これはおすすめしていません。最低2点以上となっています。気流の影響とか何か測定上の不備とかの懸念があるので1点はまずいだろう、2点以上にして下さい、ということになっています。

それから、例えば1時間の作業がある時はどうすればいいかということです。これもケースバイケースですが、たとえば、特にその

中のある15分間が一番ばく露が高いだろうと事前に予想できれば、この15分間について先ほどと同じように評価をすることになります。あるいは予備的な測定で、どの時間のばく露が高いかを調べてみることも出来ます。

あとは、測定に対する考慮として誰に対して検知管で測定するのかについてです。たとえば5人のグループがあって、同じ作業をしているとします。そうすると、リスクアセスメントというのは、このグループを対象に行うという考え方なんです。そのグループには5人いて、人によってやり方のばらつきもあったり、日によって少しずつ違ったりとかあるのですが、あくまでそのグループ全体のリスクを評価して抑制することが目的です。直接は個人を測るのですが、個人に対して対策するのが目的ではないです。そこで、この5人がほぼ同じような作業をしているとしたら、

1. 個々の測定結果を読み取る

2. 算術平均値の算出

- － 「測定結果」(n個)を算術平均 → その値を「測定値」とする
- － 作業時間が15分未満の場合、残りの時間のばく露を「0」として、15分の平均ばく露値を「測定値」とする

$$[\text{測定値(15分平均値)}] = \text{AM} \times (T / 15)$$

T: 作業時間(分)

AM: T分間における測定結果(n個※)の算術平均値(時間内平均値)

図 11 検知管を用いたリスクアセスメント：測定結果の評価【STEP5】

測定対象者は原則任意に選んで頂いていいです。一応その日の作業内容を確認して、特に異なった仕事をやる人は除いて、典型的な作業をやる人からランダムに選んで頂ければいいです。

次に検知管測定 of 技術的な内容に入ります。検知管の測定範囲は検知管によって決まっています。たとえばトルエン用の検知管も、種類が複数あって、その測定出来る範囲が違います。それなので、この場合は測定結果をばく露限界値と比較しないといけませんから、測定範囲にばく露限界値が入っているものを選ぶことが基本になります。それからくり返しの測定は精度の向上のために行うことが勧められます。

検知管で測定した結果をどうするかのお話をします(図 11)。まずはたとえば3点測定したとしますと、個々の結果を読み取って、それから算術平均値を出します。3点の測定結果を3で単純に平均して、その値を「測定値」と呼びます。

それから特に、10分間作業があったが、残りの5分は作業がなくばく露という意味ではありませんという場合、5分の部分をゼロとして、15分の平均値を求めます。

どうするかというと、たとえば10分間の

平均値が、図 11 の「AM」である時、残りの5分間のばく露はゼロですから、15分平均値はAMを15分の10にすればいいわけです。測定時間が15分より短い場合はこのような計算を行う必要があります。なおちょっと細かい話になりますが、天井値とか最大許容濃度を採用した場合は、この平均はしません。

次に15分間の平均値、「測定値」に安全係数をかけるということを行います。安全係数は図 12 のようになっていまして、たとえば測定が1回、ワンセットの測定で、その中でたとえば3点測定した場合、3という安全係数をかけるということになります。先ほどの「測定値」にこの3を掛けて補正します。安全係数はサンプル数が多いほど測定のくり返しが多いほど少なくなってきます。

このようにして、「補正測定値」というものを求めて、これを図 13 の表に適用してリスクを判定します。この管理区分は作業環境測定の管理区分の1から3に相当するもので、更に管理区分1と2の中をもう少し細かく細分化したものです。たとえば今の補正測定値が、OEL、すなわち検知管用ばく露限界値を超えていたら、リスクが一番高いということで、作業環境測定で言う管理区分3です。

◆ 「測定値」に「安全係数」を乗じて、「補正測定値」を求める

- － 検知管は「スポット測定」であり、作業の変化、気流の変化等の影響が大
 - ・ サンプルング結果が本来の濃度より低くなる可能性を一定程度解消するため

$$[\text{補正測定値}] = [\text{測定値}] \times [\text{安全係数}]$$

		測定の繰返し数 (m)				
		1	2	3	4	5
一つの作業 (15 分間等) の 測定回数 (n)	1		4.0	3.0	2.5	2.0
	2	4.0	2.5	2.0	1.5	1.5
	3	3.0	2.0	1.5	1.0	1.0
	4	2.5	1.5	1.0	1.0	1.0
	5	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0

- － n>5回, m>5回の場合は, 5回として扱う

図 12 安全係数の適用

◆ 下記の「管理区分」で判定 (日本産業衛生学会ガイドラインの方法)

管理区分	定義	解釈 (判定)	リスク
1A	補正測定値 < OEL × 0.03	極めて良好	小
1B	補正測定値 < OEL × 0.1	十分に良好	
1C	補正測定値 < OEL × 0.3	良好	
2A	補正測定値 ≤ OEL × 0.5	現対策の有効性を精査、更なるばく露低減に努める	
2B	補正測定値 ≤ OEL	リスク低減措置を実施する	大
3	OEL < 補正測定値	リスク低減措置を速やかに実施する	

* OEL : 検知管用ばく露基準値

◆ 「ばく露比 (下記)」を算出すると、より容易に判定可。

$$[\text{ばく露比}(\%)] = [\text{補正測定値}] \div [\text{検知管用ばく露基準値}] \times 100 (\%)$$

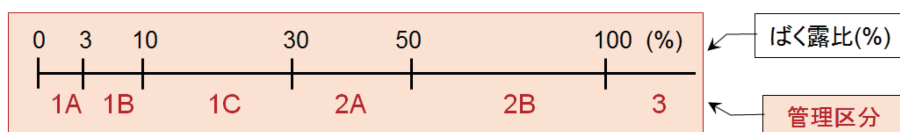


図 13 検知管を用いたリスクアセスメント：リスクの判定【STEP5】

◆ トルエンのばく露限界値

- 産衛生許容濃度 50ppm, ACGIH TLV-TWA 20ppm
→ 最小の値(20ppm) × 3倍 = 検知管用ばく露基準値(60ppm)

◆ 1つの作業を3回(n=3)、同じ作業を2回繰り返し測定(m=2)

測定No.	1回目の作業	2回目の作業
1	8ppm	13ppm
2	6ppm	9ppm
3	10ppm	5ppm



◆ 算術平均値 = 8.5ppm

$$(8\text{ppm} + 6\text{ppm} + 10\text{ppm} + 13\text{ppm} + 9\text{ppm} + 5\text{ppm}) \div 6 = 8.5\text{ppm}$$

◆ n=3, m=2 → 安全係数 = 2.0

$$\text{補正測定値} = 17\text{ppm} = 8.5\text{ppm} \times 2.0$$

◆ ばく露比 = 28 (%)

$$\text{補正測定値}(17\text{ppm}) \div \text{検知管用ばく露基準値}(60\text{ppm}) \times 100 = 28\%$$

◆ リスク判定 = 管理区分1C

図 14 検知管を用いたリスクアセスメント例：トルエンを用いた 15 分間の作業

それから区分 2 の中も、2A とか 2B と分けています。

より分かりやすくしますと、図 13 の下段の指標になります。ここで、先ほどの「補正測定値」の「検知管用ばく露基準値」に対する比を取ります。これを「ばく露比」として、それが 100% を超えている場合、先ほどの区分 3 です。

また、このばく露比が 50 から 100% だったら、区分 2B になり、リスク低減措置を実施するというにしています。それから 2A が 30 から 50% まで。あとは管理区分の 1 に相当する 1A、1B、1C はばく露比が 30% より下だったら 1C、10% より下で 1B、3% より下で 1A と合計 6 区分になります。以上のようにリスク判定するということです。この 6 段階の区分というのは、皆さま初めてかもしれませんが、個人ばく露測定ガイド

ラインに基づくものです。

ここで、検知管に基づくリスクアセスメントの実例をご紹介したいと思います（図 14）。たとえばトルエンを用いる 15 分間の作業があったとします。まずはこの作業を観察して、これだとそこそこばく露もありそうだから、測定してみようか、検知管でやってみようかという判断になって測定するとします。ばく露限界値は産業衛生学会の許容濃度が 50ppm で ACGIH の TLV が 20ppm なので、これは低い方を取って 20ppm を使います。ここで、短時間のばく露限界値はありませんので、20ppm を 3 倍して、検知管用をばく露基準値として 60ppm という基準値になります。

それからここで計 2 回、この時の作業と、後のタイミングの作業で、2 回測り 1 回に 3 点ずつ測ったとします。これは比較的丁寧な

◆ リスクの判定

- 「測定値」「補正測定値」「ばく露比」を自動算出
- 「管理区分」を自動判定

トルエンを用いた作業

- 検知管測定結果
1回, 5サンプル
- 検知管用ばく露基準値
60ppm (=20ppm x 3)

測定値(時間内平均値)	11.0	ppm	
測定値(15分平均値)	11.0	ppm	
安全係数	2.0	-	補正測定値を自動的に算出
補正測定値	22.0	ppm	
ばく露比	37	%	
管理区分	2A		
リスクの判定	現対策の有効性を精査、更なるばく露低減に努める 皮膚や眼に有害な影響		

図 15 リスクアセスメント実施支援シート（使用例）

測定の仕方かなと思います。それで、測定値が、8, 6, 10ppm と、13, 9, 5ppm だったとします。この6つの値を算術平均すると8.5ppm となります。これは15分間の作業ですから、8.5ppm が15分間の平均値ということになります。

今度は安全係数は、先ほどのこの安全係数の表（図12）を見ると、測定が3回で、くり返し2回ですから、2が安全係数になります。そうしますと、先ほどの8.5に2を掛けて17ppm、これが補正測定値になります。次にばく露比を求めます。ばく露比は、補正測定値の基準値に対する比ということですから、28%と出ます。28%を図13の区分軸に入れると「1C」です。管理区分「1C」で良好ということになりました。

検知管を用いたリスクアセスメントのガイドブックは先ほどのウェブサイトにあります

て、結構ページが多く70～80ページぐらいあります。

ガイドブックの最後の方に便利な表が出ていまして、現在義務化となっている663物質についての情報、つまりCAS番号、ばく露限界値、3社のメーカーの検知管の種類とその測定範囲も載っています。このように非常に便利なガイドブックになっています。それからエクセルシートがついていて非常に使いやすいので簡単にご紹介します。まず化学物質毎のGHS情報は自分で入力します。それから測定結果の取扱いの部分を図15に示します。この場合はたとえばくり返し1回の測定で測定結果が5点あって、10, 10, 15, 10, 10ppmという測定結果が入れています。そうすると15分の平均値が11ppmと出てきます。それから安全係数は5点測定でくり返し1回なので、「2」と自動

的に出てきます。続いて補正測定値が 22ppm と自動で計算されます。それからばく露限界値は自分で、手で別途入力しますが、そうするとばく露比が 37% と出ます。すると、管理区分が「2A」と自動的に判定されます。

それから、初めの有害性の入力のところで皮膚と目に対する影響の情報が入ると、この最後に、そういった注意書も自動で出てきます。このようにこのエクセルシートは非常に使いやすくなっています。

今、ご紹介しましたこの検知管を用いたリスクアセスメントは、このように中小企業の方が使っても、一応安全も確保しながら、きちんとした評価が出来るようなツールになっています。ここでちょっと注意しておきたいのは、このガイドブックは皆さまのような検知管の測定に慣れた方による様々な使い方を制約するものではありません。ある程度慣れた人が使う場合、本来検知管はもっと自由に使えるものです。

ですからたとえば事前調査の時にスポット測定で様子を見るとか、それから毎日作業する作業場で、一応確認のために朝一番でパッ

と測って環境の確認をするとか、それからガスの濃度のオーダーを見るとか、職場の人に環境が良くないことが目で見えるように検知管で測って見せるとか、いろいろな任意の使い方が既にあるわけです。そういうものを制約するものではありません。

次に個人ばく露測定について、簡単にご紹介したいと思います。個人ばく露測定については、日本産業衛生学会がそのウェブサイト、「個人ばく露測定のガイドライン」を出しています。これは実は私がその検討委員会の委員長でした。先ほどの検知管の測定の仕方のところにもこの概念がかなり入っています。これは単なる測定のガイドラインではなくて、リスクアセスメントとマネジメントをどう進めるのか、その中で個人ばく露測定が必要になった場合は、こういうように測定して下さい、というガイドラインになっています。これは適宜ご参照頂きたいと思います。

個人ばく露測定の進め方をご紹介します（図 16）。進め方としては、計画を立てて、測定をして、分析をする。それから測定値を

手順	方法	内容
1	測定計画立案	SEG(同等ばく露グループ)の確認、測定対象物質 測定方法、測定の諸条件、分析方法など
2	測定	測定実施、測定時の記録
3	分析	分析機関を利用、または内部で分析
4	測定値の評価	異常値などのチェック、時間加重平均濃度の算出、 統計量の算出
5	リスクの判定	データの評価、リスク判定(管理区分)、 対策の要否

参照：日本産業衛生学会産業衛生技術部会「個人ばく露測定のガイドライン」
<http://jsoh-ohe.umin.jp/kojinbakuro/kojinbakuro.html>

図 16 個人ばく露測定の進め方

A: パッシブサンプラー: 自然対流でガスを固体捕集材に吸着

- ・ 軽量. 長時間の測定により適す.

B: アクティブサンプラー: ポンプで吸引し同様に吸着

- ・ 短時間の測定にも広く適用可. 捕集材が安価.

A:

パッシブ
サンプラー



B:

アクティブ
サンプラー



空気の
流れ

図 17 個人ばく露測定の方法

評価して、リスク判定するということになります。実際の測定は作業環境測定機関がかなり出来ますので、こちらに依頼することが実際多いかと思います。分析もそうです。今、かなりの作業環境測定機関が、これが出来るようになってきています。サンプリングの方法は、大きく2つあります(図17)、一つは、最初にご紹介したサンプリングバッチです。パッシブサンプラーと言います。自然対流でサンプリングする。それからポンプを使うもあります。アクティブサンプリングと言います。

計画の部分のポイントのところだけご紹介します。測定のサンプル数は統計的な正確さからいうと、5点以上がおすすめですが、1から4点でも可能です。それから測定は、作業環境測定は原則2日測定と言いますが、これはあまりそれにこだわらず、1日で結構です。それから1シフト、つまり8時間測定を

行う場合も、8時間全部測定しなくても結構で、作業の比較的变化が少ない場合は、2時間程度以上でOKということになっています。

それから、たとえば5点なら5点測定した場合、測定値が得られた後の取扱いは次のようにします。まず8時間荷重平均濃度を算出します。たとえば7時間だけの作業があった場合で残りの1時間はばく露がゼロという時は、あくまで8時間のばく露限界値と比較するので、測定した値を8時間値に換算しないといけません。この場合、たとえば7時間の平均値が10ppmだったとすると、8時間値は、その8分の7として8時間値を求めます。

そうしてたとえば5つの測定値が得られたとします。その値の扱いは作業環境測定の場合と非常に良く似ています(図18)。第2評価値に相当する算術平均値は作業環境測定と少し違って直接平均して算出します。また、対数正規分布の上側95%、これは作業環境

統計指標値の算出

(1) 算術平均値 (AM) [第2評価値相当]

- n個のデータから直接算出

作業環境測定における
統計値と同等

(2) 対数正規分布の上側95%値 (X_{95}) [第1評価値相当]

- 算出法は作業環境測定と同じ

$$\log(X_{95}) = \log(GM) + 1.645 \times \log(GSD) \quad (GM: \text{幾何平均値})$$

(3) 幾何標準偏差 (GSD)

対数正規
分布

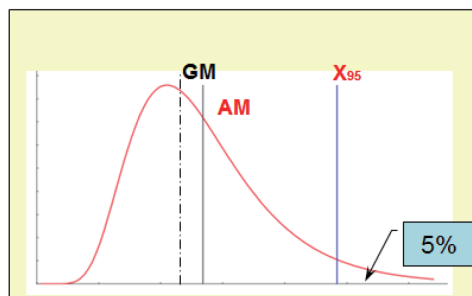


図 18 個人ばく露測定における測定値の評価

測定で言う第1評価値のことですが、これは同じ式を使って算出します。これで、このAMという平均値と、 X_{95} 、つまり上側95%値、この2つが大事な数値になります。

また、測定サンプル数が5点以上でなくて1から4点の場合は、算術平均値はそのまま平均します。あるいは1点だったらその値をそのまま使います。上側95%値については、これは平均値を単に3倍します。前のように計算するとかえって不正確になるため、実際のところこれは統計的に一般に大体3倍ぐらいの値になるものです。

それでこの2つの値を使ってどうリスクを判定するかを図に示します(図19)。まず簡単な判定とすると、作業環境測定の概念とまったく同じで、算術平均値と X_{95} 、それからばく露限界値を使って作業環境測定と同じように第1、第2、第3管理区分で判断します。

ただし、ここではもう少し丁寧に6区分で

判断することをお勧めします。第2管理区分をもう少し丁寧に評価していて、その上の方(「2B」)はばく露低減策を行うことになっています。それから第1管理区分も、もう少し丁寧に3つに区分しています。この理由は、「十分に良好」とか、「更に良好」という区分があると環境の良さの目安にもなり、より良くしようというインセンティブになるということで設定しています。

それから短時間の測定もあります。先ほどお話ししたのは8時間の基本測定でそれと別に短時間、たとえば15分の測定もあります。たとえば15分間の作業があって、その作業のところだけかなりばく露が高いのではない、危ないのではない、他の残りの時間帯はおそらく大丈夫だ、といったケースです。こういう時は短時間の測定を行います。

この場合、測定の結果の取り扱い方とか、管理区分の仕方は先ほどと同じです。実際の

◆ **管理区分(6区分)によりリスクを判定(推奨)**

区分	定義		解釈(判定)
1A	$X_{95} < OEL$ かつ	$X_{95} < (OEL * 10\%)$	極めて良好
1B		$AM < (OEL * 10\%)$	十分に良好
1C		$(OEL * 10\%) \leq AM$	良好
2A	$AM \leq OEL \leq X_{95}$ かつ	$AM \leq (OEL * 50\%)$	現対策の有効性を精査。 更なるばく露低減に努める
2B		$(OEL * 50\%) < AM$	ばく露低減策を行う
3	$OEL < AM$		ばく露低減策を速やかに行う

◆ **大きな区分け(区分1~3)は作業環境測定と同じ**

- X_{95} : 「第1評価値」相当
- AM: 「第2評価値」相当

OEL: ばく露限界値
AM: 算術平均値
 X_{95} : 分布の上側95%値

図 19 個人ばく露測定におけるリスクの判定

ところ、実は8時間の測定にこだわらなくても良く、短時間について測定して、評価して、それ以外の時間帯がその化学物質について充分大丈夫だろうと思われるのであれば、わざわざ8時間測定する必要はありません。それから短時間の測定の基準値には短時間のばく露限界値を用います。ここで、先ほどの検知管の場合と同じですが、短時間のばく露限界値がない物質があるので、その時は8時間ばく露限界値の3倍値を使います。先ほど示したトルエンの例と同じです。

この個人ばく露測定は日本では法律で定められていないので、あまり普及していません。アメリカとかヨーロッパではもっぱら個人ばく露測定が行われていて、場の測定は簡易的な測定として時々行いますが、基本は個人ばく露測定です。世界的に場の測定を法律で決めている国は、日本だけです。

個人ばく露測定は健康リスクの直接評価という意味では呼吸域で直接測定しているので、

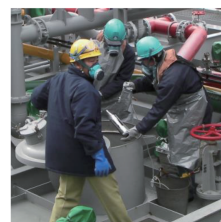
リスクを正しく評価できます。また、時間の寄与を捉えられるとか、作業者の動きに対応できるといった。リスクに応じた評価ができます。一方で測定の容易さという意味では、サンプル数とか判断の余地があるところに関しては若干の知識、経験を要します。ただ、現在は、作業環境測定機関に依頼すれば、かなり出来るようになっていきます。

コストについては、3Mのバッチは約3,000円ぐらいします。国産品はもう少し安いですが。測定費用としては、このバッチを、一点測定して化学物質をたとえば4物質分析してもらった場合だと、1万円近く程度かかります。

ここで、測定事例を簡単にご紹介したいと思います(図20)。ある化学物質が船で運ばれてきて、このサンプルを取るという実際私が以前いた企業であった作業です。化学物質はETBEと言い、8時間のばく露限界値が25ppmのものです。

測定データ

作業者	測定時間(分)	測定値	8hr 平均	15min平均
1	27	110	6.2	110
2	28	68	4.0	68
3	11	190	4.4	139.3
4	17	52	1.8	52



ppm

結果の整理

単位 ppm	8時間ばく露評価			短時間(15分)ばく露評価		
	AM	X ₉₅	ばく露限界値	AM	X ₉₅	ばく露限界値
結果	4.1	12.3	25	92	277	75

ppm

- ・X₉₅ = AM x 3
- ・ばく露限界値(8hr): 25ppm
- ・短時間ばく露限界値 = 8hr値 x 3 = 75ppm

リスク判定: < 1C >

< 3 >

図 20 個人ばく露測定の事例（サンプリング作業）

作業は船の甲板の上でサンプルを採取するものでハッチ（フタ）を開けて、サンプル瓶をひもをつけて投げ込んで中に液を入れて、それを引き上げるという動作です。事前の調査ではかなりばく露があるだろうと思われるので、とりあえずマスクして作業をしています。これは測定して評価した方がいいだろうということで、個人ばく露測定をやってみたという状況です。

実際の結果は4点測定しました。15分の測定値は数十から百 ppm 以上ということで、基準値が 25ppm ですから、結構高いです。

結果を整理しますと 15 分間の平均値が 92ppm で、その上側 95% 値が 277ppm です。ばく露限界値は 8 時間値の 3 倍値を使うので 75ppm で、ばく露限界値よりも平均値の方が高い結果になっています。また 8 時間の評価だと平均値 4.1ppm で、こちらは、ばく露

限界値よりだいぶ低いです。

この結果を、先ほどの 6 段階の区分に入れますと、短時間の平均値が基準値より高いので、短時間評価の管理区分は 3 でリスク「大」。それから 8 時間の評価は 25ppm に対する 4.1ppm ですから、「1C」で、これは「良好」でした。結論としてこの短時間の作業については、対策が必要ということで、呼吸用保護具を着用することは妥当となりました。

まとめ

最後にまとめますと、リスクアセスメントの進め方については、その全体像を理解した上で実施者が戦略を立てて、適切な手法、戦術を選んで進めるということで、慣れないうちは易しい方法で、出来るところからでいいと思います。それをくり返していくことによ

って専門性が高まると思いますし、それに加えて知識、技術を、別途習得していくことで専門家に近づいていけると思います。

我が国の労働衛生管理の体制については、産業医がまず主管的な立場にいます。産業医が衛生管理者とか作業環境測定士および化学物質管理者に要請して、リスクアセスメントを行ない、合わせてコンサルタントの先生も指導をすることになります。ただリスクアセスメントが実行できる者やその指導者がまだまだ日本全体で少ない状況です。それなので、これからはリスクアセスメントを行なう技術者が経験を積んで専門家としてある程度成長して頂くこと、そういう人が日本で数多く出てくること、そうすると化学物質のリスクアセスメントがしっかり出来、また労働衛生管理の体制としても充実します。衛生管理者とか測定士そういう技術者に成長して頂くことも重要です。

労働安全・衛生のコンサルタントとしますと、リスクアセスメントのできる人が育つような、そういう指導をすることが大事になっ

てくると思います。

最後のまとめをしますと、化学物質の健康面のリスクアセスメントはリスクは「ばく露×ばく露限界値」で評価します。リスクアセスメントの全体戦略が重要で、適切な手法、戦術を局面に応じて選択、判断します。それができる者が専門家です。それから戦術としてご紹介したのは、事前評価に基づく判断、これは立派なリスクアセスメントの1つということ。それから改良コントロールバンディングで中災防と福井大学の方法。それから検知管の方法と個人ばく露測定です。更には実際に各事業所で化学物質管理者等がリスクアセスメントを行います。そういう人に専門家となっていって頂くことが大事だということを申しあげました。

以上でございます。どうもご静聴ありがとうございました。

司会 橋本先生、どうもありがとうございました。ちょうど時間ですので、この講演はこれで終えさせて頂こうと思います。