粉じんおよび有害ガスの恕限度の問題
――作業関係における場合――

大阪市立大学医学部　堀　内　一　弥*

はじめに

人類は大昔から労働しつづけてきた．人体機能にほとんど害を及ぼさない労働の種類もあるが，また人類の生命を常におびやかすような環境で作業しなくてはならない労働も少なくない．このことは私どもが現在知りうる最も古い時代の遺物，たとえばエジプトの壁画のようなものにも記載されており，ピラミッド建設の時代にさえ鉛中毒が職業的に認められたといわれる．

人類の生活の幸福と向上をはかるための生産手段として，近代における各種技術の進歩はまことにめざましい．しかしそこに出現した新しい技術すなわち物理学的あるいは化学的方法は多くはヒトの生理機能に反するものであることが多い．強大なエネルギーを潜めている方法――それが電気であれ，熱であれまた化学的なものであれ，それをわれわれは駆使している．これらがうまく調整せられている時には，人類はそれを日常茶飯事の如く考えて何の危惧もいだかない．しかし一度コントロールが失われるとわれわれは突如として大惨害をうけることになる．交通機関の衝突，炭鉱の爆発のような本年わが国民を驚ろかしたような大惨事ともなり，小さくは家庭のガス中毒のように災害の形でわれわれに襲いかかってくる．その最大のものは現在では原子力エネルギーであろう．このような災害の形で現われるものに対してはその結果があまりにも悲惨であるので，対策についても直ちに相当の努力がなされる．しかし生産技術の進歩とヒトの生理との相反はこのように急におこるものだけではない．作業環境の空気 1m³ あたり mg あるいは μg であらわされるような微量の有害物質を，そこで働く人々が長期にわたって吸入すると，疲病の原因となりまた死因となることも少なくないのである．このように比較的長期間有害物質に曝露することによってその職業におこる特有な疲患を職業病と称する，職業病のなかにも比較的急性な症状を示すものもあるが，多くは慢性長期の経過をとるものが多く，前述の災害にくらべて，結果は同じように悲惨なことになるにしても，一度に急に多数現われないので，その対策は災害に比して緩慢になりがちである．

職業病のなかには，労働の姿勢が悪いためとか，作業時間が過長あるいは作業が過重であるためとか，精神神経学的な刺げきがヒトの生理機能に相反するためとか，のような原因によるものも少なくないが，作業環境の空気中おける有害物質（粉じん，蒸気，ミスト，ガスなど）の吸入による障害が現段階では最も多く見られる職業病である．このような職業病の発生機転はその源がいわゆる外因にあるのであるから，これを病原微生物による伝染病の発生の場合と比較すると，その防遏手段も理解しやすい[1]．

伝染源（発生源）× 接触機会（量と時間）× ヒトの感受性 → 健康障害（患者）→ 死亡
（多発）↘ 恢復

まず伝染病の場合にはある種の病原体が伝染原とし充分多量に存在する必要があるが，これにわれわれが接触する機会がなければ罹患することは無い．伝染源に接触する機会がただ1回短時間であっても，その病原性が強いときは罹患することもあるが，接触する機会が多いほど病原体がヒトの体内に侵入する機会も最も大であり，従って患者となる可能性も大きいのが普通である．もっとも伝染病の場合は，その病原体に対し各個人の持つ感受性も幅が広く，弱い病原体に対してはほとんど罹患状態を示さない人から，死亡に至るまでの結果が認められるし，また免疫という現象もしばしば見られる．したがって伝染病予防のためには，まず伝染病の撲滅を第一とし，次には接触機会を小さくすることが行われ，やむを得ないときには予防接種などで個人の感受性を低下させるような手段をとるのが常である．労働現場における有害物質の人体に及ぼす影響を防ぐのにも，当然上述の伝染病の場合に似た手段がとられる．すなわちまず発生源から有害物質が発生しないような方法を実行する．しかしこれはいうは易く，行う難い場合が少なくない．そこで第2の接触機会を小さくしなければならないことが多い．接触機会を小さくするには，労働者がその有害物質に接触曝露する時間，具体的には作業時間を短かくする方法と，有害物質の絶体値たとえば空気中有害物質濃度

＊　教授

を小さくする方法，の両者がある．後者の場合すぐ問題になることは，どの程度の有害物質の濃度ならば人体に影響が長いであろうかということである．恕限度，許容濃度ということばは，人体に影響を及ぼさない程度の有害物質の量を示す語である．

恕限度とは

1）有害ガスの場合

恕限度あるいは許容濃度とは，その濃度以下の有害物質に毎日曝露して労働していても健康に有害な影響が生じないような有害物質の濃度である．と規定するならば[2,3]，その意味は極めて明白なように思える．しかしよく考えてみるとここに多くの問題が含まれている．まず，その濃度の決定のしかたが問題となる．ガス室などで動物や人体実験をするならばともかく，現場における有害物質（この場合は空気中有害物質とする）の濃度は絶えず変動する．その変動の幅が狭く，一定数の労働者が常にそれに曝露されているような場合は，時間の重みをかけた平均濃度で表現することも可能である．もしもこのようにして得られた平均濃度とそこに働く労働者に認められる医学的検査諸成績との間に統計学的関連性が認められるなら，その濃度をもって恕限度ということができよう[4]．このような平均値を外国語では単に許容平均濃度といっている場合もあり，Threshold Limit Value (TLV)[2] といったり，広い意味で Maximum Allowable Concentration (MAC) といったりしている．他方作業中の濃度の変動が著しい場合，あるいは TLV と人体の反応が対応しないで，むしろ作業時間中における最高濃度との対応が認められるような場合もしばしばある．後者には有機溶剤で刺げき性の強いものや急性中毒のおそれのあるものなどがこれにあたる．こういう場合には平均濃度を恕限度とすることは不適当なので，最高濃度すなわちこれ以上の濃度には短時間でも曝露してはならない濃度というのを定めている．これを私どもは最大瞬間濃度と称している[5]．外国では Maxima Acceptable Concentration とか[6]，MAC や TLV のなかで特に Ceiling Concentration (value) とか称している[2]．なお本年4月開催せられた工場における有害物質の恕限度（MAC）に関する第2回国際シンポジウムでは，MAC を次のように分けて記載することを勧めている[7]．すなわち，①有害物質のなかでそれに短時間曝露すると，直ちにもしくは短時間の潜伏期の後に刺激症状や急性中毒病状をおこすものについての MAC は，短時間でもそれを起えてはならないという最大濃度 (ceiling value) を考えるべきである．②有害物質のなかでそれに繰りかえし曝露すると，体内に蓄積作用をおこすものについての MAC は時間の重みをつけた平均 (time-weighted average) を考えるべきである．③一次的に発癌作用のある物質については現状ではいかなる恕限 (any allowable limit) をも定めることは出来ない．このようにしてみると，①場合は作業環境における空気中有害物質，濃度の許さるべき最高限界で，それ以下ならば濃度は変動してもよい，ことになり具体的に理解しやすい．また平均濃度の方は，時間的考慮にもとずいた濃度であって，労働衛生学ないし中毒学的概念から考えると，有害物質濃度とそれへの曝露時間すなわち吸入時間の両者が組み入れられているのでこの点では適当な考え方であるといえる．しかし平均濃度はあくまで概念的であるので，具体的には TLV の周辺のある範囲内での上下は許されることになり，これが実際の現場ではその適用に大いに迷うところとなる．

空気中有害物質の濃度を労働者の健康障害の度合をむすびつけて考えることだけでも上述のような問題点がくるのであるが，健康障害の定義にいたっては更に困難である．ロシアをはじめ共産圏諸国の平均恕限度は極めて低く，殊に溶剤などではアメリカの TLV の $^1/_5$～$^1/_{10}$ あるいはそれ以下の値を示している．Ceiling 値にいたってはさらにその $^1/_5$（ときに $^1/_3$）の値となっている．これはロシアとアメリカの健康障害についての定義が異るからであって，この点はいつの国際学会やシンポジウムでも問題になるところである．すなわち，アメリカはたとえば末梢血液の質的量的変化のようないわゆる病理学的処見の出現を以て健康障害の目安とし，これに対しロシアは条件反射学的な検査法による生理学的処見の変動を目印にしているので，この差が恕限度値の差となってあらわれてくるのである．従前は両者互いに自説を持してゆずらなかったが[8]，最近ようようやく歩みよりをみせてきて本年の第2回国際シンポジウムではある点では一致をみせたようである．

以上述べたようにいわゆる恕限度については現在なお極めて問題が多く，いくつかの国ではそれぞれいわゆる恕限度表を公表しているが，西欧諸国[9]，南米[10]，日本[3]などのものはアメリカの TLV を範とし，共産圏[11]の方はロシアのものに準じている．ただイギリス[9]は国柄といえようか Imperial Chemical Industry の研究所が多年の研究と経験の結果得られた数値を公表している[9]．また同じアメリカでもアメリカ基準協会は主としていわゆる Ceiling value を表示しているが，最近はこれを症状別などにわけた方がいいという意見もあるようである．

混合有害物質たとえばガスとガス，ガスと粉じんとなると，ことは更にめんどうになる．以前から2種類以上

のガス（蒸気をふくむ）の人体に及ぼす作用についてはいくつかの数式の提出があった[8]．一般に2種以上の有害物質の人体に対する影響は，①相加作用（additive effect），②独立作用（Independent effect），③相乗作用（Synergistic effect），④結抗作用（Antagonistic effect）の4種にわけられる．今までの経験によれば[12]．相加作用についてはある程度の法則性を見つけることが可能であり，1963年のアメリカのTLVにもはじめて記載されている．独立作用に関しても記載されているが，その例は私には疑問を抱かせるような例である．③と④について未だよくわかっていない．現場でもっと問題になるある有害物質と物理的環境条件たとえば気温などについては，未だ実験の段階でしかない[13,14]．そこで現場で2種以上の有害物質が混合する場合，とくにそれらの物質が人体に対して似たような作用を有する場合は（たとえば麻酔作用），一応少なくも両者の相加作用があると考えて対策を樹てるべきであると考える．

ii）粉じんの場合

粉じんと称する職場における空気中有害物質のなかには，その粉じんが有する化学的性質をもって有害性を発揮するもの（たとえば鉛，マンガン，等々），一般に鉱物性粉じん（mineral dusts）と呼ばれて，主としてそれに含有せられる結晶性の無水けい酸によって肺に有害な変化を起すもの，結晶性無水けい酸はほとんどあるいは全く含まないがそれを多量に吸入することによってやはり肺に有害な変化を起すものに分けることができる．化学的性質をもって人体に有害な変化をおこす場合は前述の有害ガスのそれにほぼ準ずると考えてよいであろう．ただここでガスと粉じんの人体に及ぼす影響を考えると，粉じんの場合はその物質の有害性のほかに，粉じんの大きさ，形状がまず問題になる．これは鼻孔から鼻腔—咽頭—喉頭—気管—気管支を経て肺胞に至る経路のうち，ガスならば粘膜表面の水分とか吸入速度などとそのガスの水溶性（体液への溶解度などを含む）が問題となるくらいのものであるが，粉じんの場合は末梢気管支の内径よりも大きいものは肺胞に達することができず，従って肺自体にはもとより，体液に溶けこんで全身の組織へ移動して有害性を発揮する可能性が極めて低くなるからである．従来の研究によれば大約5μ以上の粉じんは鼻孔から咽頭までの間で，鼻毛や粘膜壁によって物理的に取り去られることはたしからしい．その上肺胞への入口の末梢気管支の内径は約10μといわれているので，特別の場合を除いて5〜10μ以上の大きさの粉じんが肺胞内に達することは少ないようである．そこで空気中の粉じんを量的に表示する場合は大きさ5〜10μ以下の粉じんの単位容量中における絶対数（コ/cc）あるいは重量（mg/m^3）をもってする．一方人体に吸入された粉じんの有害作用としては，肺に沈着してその呼吸面積を狭くして肺機能ひいては循環機能の障害ないしは他の疲患の発展（主として肺結核を）促進するようなことであって，これを一般にじん肺症（塵肺症，pneumoconiosis）と称する．そのうち結晶性無水けい酸塵は特に強い有害作用をおこすのでとくにこれをけい肺症（珪肺症，silicosis）と呼ぶ．しかし前述のようにほとんどあるいは全く結晶性無水けい酸を含有していない石炭粉じんなどでもこれを多量に吸入すれば軽度ながらじん肺症を惹起することが知られている．SiO_2を多量に有する粉じんでおこるけい肺症をふくめて高度のじん肺症は現在の医学では恢復させることが極めて困難であるので，わが国においても特に「じん肺法」という法律を設けて，その予防に努力しているくらいである．治療が困難であれば予防以外に方法はない．このような人体における障害の発展が主として粉じんの肺への沈着，蓄積ならびにその粉じん微粒子を中心とした肺の中へ肺でない組織が極めてゆっくりながら確実に増殖していく（その程度はSiO_2の量にほぼ並行する），などを考えると，直ちにわかることはこれらの障害の出現度は吸入された粉じんの量，換言すれば作業環境空気中粉じん濃度とその環境で働いていた長さ（勤続年数）の積になるだろうということである．事実多くの現場調査の成績はそれを物語っていてたとえば南アフリカにおける金鉱労働者のけい肺症発生数と，空気中粉じん濃度と勤続年数の積との間には直線関係がなりたち，たとえば1920年に就業してその引き続き労働しているものでは，15年後に20%が，30年後には実に80%がけい肺症と設定されているという恐るべき事実が認められる．この事実からこの金鉱でけい肺症の患者を発生せしめないためには，上の職場の空気中粉じん濃度を0.27mg/m^{3}以下に保つべきであるという結果が得られた[15,16]．これに類する多くの経験からアメリカの鉱物性粉塵に対する許容濃度数値（TLV）がつくられた[2]．一方ロシアにおいても多くの実験と経験から独自の数値が許容濃度として挙げられ，その数値は有害ガスの場合と同様アメリカの場合に比較して小さい．アメリカとロシアの数値を比較すると鉱物性粉じんでは大約2〜9：1の比となると概算されている[17]．このように記述すればじん肺症をおこす可能性のある粉じんの空気中恕限度の決定は比較的簡単であるように思われる．しかしここにもいくつかの問題点がある．第一に恕限度の表現法が単位容積の空気中の粉じんの粒子数と重量との2種あることが問題となる．まず粒子数の計測であるが上限は5〜10μ以下の大きさのものを算定することとして，下限は如何にすべきであろうか．今までのけい肺症

発生の研究で大きさ1μ前後の粒子が肺胞に達し易く，したがって障害をおこす可能性すなわち有害度が高いと考えられていた．しかし滑石や蠟石の粉じんでおこるじん肺症では粒子は細長い針状でその長さが3～5μぐらいのものが1μ前後のものよりもむしろ多く肺胞内に認められ，この程度の大きさのものもある種のじん肺病形成では重要なこともわかって来た．また1μ以下殊に0.1μ以下の粒子はいったん吸入せられても再び呼出せられる可能性が大きく(タバコの煙のごとき)，従って有害度は低いだろうと思われていたが，熔接工のじん肺病ではその吸入しているのが主として0.1μ以下のfumeである場合でも，肺硫内で3～4μ大きさの円形の粒子として認められるような場合もある（凝集によるものか)[18]．このような事実から果して下限は如何にあるべきか，あるいは粉じんの種類別による最も有害度の高い粒子の大きさはどのくらいであるべきか，などの問題はまだ充分解決せられていない．もっと基本的問題としては各種粉じん採取器，たとえば労研式塵埃計などを用いて採取した標本がどの程度真実に空気中の粉じんの大きさの分布と一致しているかという問題もあり（採取空気量は極めて短時間でわずかに50～100cc)，またその標本を顕微鏡下などで計数する場合の光源による倍率の問題などから，はたして如何程の大きさ以上の粒子が計数されるか，という問題がおこってくる．アメリカでは人体1μ以上の大きさのものが計数されるが，わが国では0.5μ以上が多くの場合計数されるようである．さらに標本を電子顕微鏡で観察すると当然もっと小さい粒子も計数出来るし，光学顕微鏡では1コの粒子と思っていたのが，さらに微小な粒子の集合したものであって，はたして生体内ではどうなっているのかしばしば疑問を持たれるような標本も出てくる．結局以上のような不満を一応計算に入れておいて，一定の測定方法（器具，採取方法，測定者，場所計数方法，その他）で一定または類似した空気中有害物質の粉じん濃度を測定比較することは学問的にも正しいが，以上のうちいくつかの条件を変更して彼我を比較するときは余程慎重に結論を導き出すべきである．いわんや空気中有害粉じん濃度の大小と生体内におこった障害との関連性を求めようとするときはなおさら慎重を要するし，異った発生源による異った濃度の有害粉じんによって，そのおのおのに対応するような生体の障害が得られるような場合は極めて稀である．すなわち粉じんによる人体障害の観察を試みる場合，粉じん単位空気容積中における粒子数のみでこれを行うのは不充分である場合が多いといえよう．

一方単位空気量中の有害粉じん濃度を重量で表現しようとする方法は，前述の粒子数であらわそうとする場合に比較して，impinger その他の器具を必要とするのがめんどうである．また当然被検粉じんの比重によりその重量はことになるし，現在用いているような方法では5～10μ以上の人体に障害を起すのにあまり関係のない大きな粒子が飛びこんでこないとはいえない（しばしば経験する)，したがってこの方法も，ある程度，まず粒子の大きさがわかっているところで実施すればよいがそうでなければある程度信頼性を割り引かねばならない．

さらに粒子数と重量との関連性はどうかといえば，粒子の直径と粉じんの比重がわかっていれば両者の換算は容易であることはいうまでもない．しかしこれについて粉じんの種類別の一般関連性をあらわす数値を提供しようとするのは，現場における粒子の径の代表値が決定しないからには極めて困難であるし，極言すれば無意味ともいえよう．事実けい肺症を発生する可能性の高いSiO_2を多量に含有する典型的な鉱物性粉じんについてだけでも，1mgは$30\sim50\times10^6$コ，石炭などでは60×10コ，その他多くの換算値があがっている．

このように現在主として用いられている方法すなわち粉じんの単位空気容積中における粒子数ならびに重量による濃度表現法にはともにまだ改められなくてはならない点が少なくない．またもう一つの問題は，上述の両方法ともに計測を完了するのには相当の手数と器具と時間とを要することである．もっと簡単なTyndallometerやフィルター（ガラス線維，沪紙，その他）による方法に5—10μのスリットを取りつけた方式が用いられることがのぞましいと思う[19,20]．

その他平均濃度を探るべきか最大濃度でおさえるべきか，その決定方法等については有害ガスの場合と同じ問題が現在なおのこされている．

iii) そ の 他

Time weighted average concentration というと如何にも具体性がありそうであるが，実際は各国の労働者で，その労働時間が異るのが実情である．1日では8時間としても1週となるといかがであろうか，日本では48時間でありアメリカでは40時間というところが実際であって，そうなると有害物質への接触時間すなわち人体への有害作用も同じ濃度でも異ってくることが考えられる．

急性中毒あるいは刺激性の強い有害物質のときには最大濃度でおさえ，蓄積作用を主とする場合は平均濃度で律していこうとする考えも概念的にはうなづけるところである，しかし蓄積という語の真の意味はどうであろうか．じん肺症（けい肺症）をおこすような高度の有害粉じんの場合は既述のように濃度と労働時間（勤続年限）の積が障害の度合と高い関連性を有するが，その他の軽

度の有害粉じんの場合ではこの関連性は統計学的に有意でないことがしばしばある．代表的な蓄積急中毒である鉛中毒でもまたしかりである．ここにも問題が横たわっている．

さらに環境における有害物質の濃度を測定してその許容限度を定めようとする以外に，人体に侵入した有害物質がそのままの形であるいは何らかの代謝産物として体外に排世される場合には，その量をもって許容限界を定めようとする試みも相当なされている．

おわりに

恕限度の問題はわかっているようで詳しく検討してみるとまだ不明確な点が少なくない．年々才々改められるべきことは（科学的にも社会的にも）各専門家のひとしく認めているところである．現場における場合は不満足ながら上述の各点を諒解して，有害環境に働く人々の健康を保持増進することを第一の目的として環境条件の改善をはかる目安とし現行の各数値を利用することが大切である．

なお本稿に述べた事柄や附表はすべて労働現場におけるものであって，社会一般における大気汚染の場合にはまた異った見解で恕限度（許容濃度）が論ぜられるべきであって，上述の論旨を全て大気汚染の場合にもあてはめることは正しくない．

文　献

1) K. Horiuchi, : Maximum Allowable Concentrations of toxic substances in industrial atmospheres. Osaka City Med. J., 7 : 63, (1961).

2) American Conference of Governmental Industrial Hygienists, : Threshold Limit Values for 1963, J. Occup. IHealth, 5 : 491, (1963)

3) 日本産業衛生協会許容濃度等委員会：産業医学，5 : 462 (1963).

4) K. Horiuchi and N. Ida : Studes on the MAC of lead in the air. Osaka City Med. J., 2 : 57, (1955).

5) K. Horiuchi, et al : Studies on the MAC of benzene in air, Abstract of XIV International Congress on Occupational Health, 175, (1963).

6) H. E. Stokinger : T. L. and Maximum Acceptable Concentrations. Arch. Env. Health., 4 : 115, (1962).

7) Resolutions of the 2nd International Symposium on MAC of toxic substances in industry. Reported at XIV Intenat. Congr. Occup. II., (1963).

8) I. U. P. A. C. : MAC of toxic substances in industry. (1961).

9) 日本産業衛生協会： 資料第1集； 各国の許容濃度 (1962)

10) Concentrations maximas paras contaminantes atmosfericos, 1961～1962 : Salud Occupational, 7 : 1, (1962).

11) チエコスロバキア政府：労働現場ならびに一般社会における大気中有害物質の許容濃度表，(1962)

12) H. F. Smyth, Jr., et al : The toxicological basis of TLV. Amer. Industr. Hyg. Assoc. J., 20 : 5, (1959).

13) A. Baetjer and S. Horiguchi : To be published.

14) 堀内一弥　堀口俊一：第5回日本熱帯医学会総会，シンポジウム (1063)

15) 南阿東邦共和国政府：1950年度けい肺症報告(1953)

16) T. Hatch : Permissible dustiness (T. L.), Amer. Industr. Hyg. Assoc. J., 16 : 30, (1955).

17) H. B. Elkins : M. Acceptable C. —A comparison in Russia and U. S., Arch. Envir. Health, 2 : 45, (1961).

18) 宗来善次ほか：じん肺における粉じん許容濃度について，日本産業医学会総会，(1962)

19) たとえば，労研式汚紙塵埃計など

20) 三浦豊彦：粉塵の許容濃度について，労働科学39 : 157 (1963)

附表　1. アメリカ，日本及びソ連の TLV（平均濃度）

㊟ 1. アメカのものは文献(2)による．

2. ソ連のものは，V. Zhudanov, (1959) による．近く改訂予定といわれる．

3. (　) を附したのは，第2回国際 MAC シンポジウム (1963) 〔文献 (7)〕において，大体意見の一致した数値を示す．

4. 〔　〕を附したものは，1963年度日本産業衛生協会発表の許容濃度表による〔文献 (3)〕

5. Appendix はアメリカのものを示す．

Substance	アメリカ ppm*	アメリカ Mg/M³†	ソ連 Mg/M³
Acetaldehyde	200	360	5
Acetic acid	10	25	5
Acetic anhydride	5	20	
Acetone	1,000	2,400	200
Acetonitrile	40	70	
Acetylene tetrabromide	1	14	
‡ Acrolein	0.1	0.25	0.7
Acrylonitrile—Skin	20	45	
Aldrin (1, 2, 3, 4, 10, 10-hexachloro-1, 4, 4a, 5, 8a-hexahydro-1, 4, 5, 8-dimethanonaphthalene)—Skin	—	0.25	
Allyl alcohol—Skin	2	5	
‡ Allyl chloride	1	3	
C Allyl glycidyl ether (AGE)	10	45	
Allyl propyl disulfide	2	12	
‡ Ammonia	50 〔100〕	35	20 (35)
Ammonium sulfamate (Ammate)	—	15	
‡ Amyl acetate	100	525	100
Amyl alcohol (isoamyl alcohol)	100	360	100
Aniline—Skin	5 〔5〕	19	3
Antimony	—	0.5	
ANTU (alpha naphthyl thiourea)	—	0.3	
Arsenic	—	0.5	〔0.5〕
Arsine	0.05	0.2	(0.2)
Barium (sohible compounds)	—	0.5	
C Benzene (benzol)—Skin	25 〔25〕	80	20
Benzidine	—	A[1]	
Benzyl chloride	1	5	
Beryllium	—	〔0.002〕 0.002	0.002
Boron oxide	—	15	
C Boron trifluoride	1	3	
Bromine	0.1	0.7	
Butadiene (1, 3-cutadiene)	1,000	2,200	
2-Butanone (methyl ethyl ketone)	200	590	200
2-Butoxy ethanol (Butyl Cellosolve)	50	240	
Butyl acetate (n-butyl acetate)	200 〔200〕	950	200
Butyl alcohol	100	300	200(300)
tert Butyl Alcohol	100	300	
C Butylamine	5	15	10 (15)
n-Butyl ghycidyl ether (BGE)	50	270	
Butyl mercaptan	10	35	
p-tert. Butyltoluene	10	60	
Cadmium oxide fume	—	〔0.1〕 0.1	0.1
Calcium arsenate	—	1	
Carbon dioxide	5,000	9,000	
Carbon disulfide—Skin	20 〔20〕	60	10
Carbon monoxide	100 〔100〕	110	20
Carbon tetrachloride—Skin	10	65	20
Chlordane (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, -octachloro-3a, 4, 7, 7a-tetrahydro-4, 7-methanoindene)	—	0.5	

Substance	アメリカ ppm*	アメリカ Mg/M³†	ソ連 Mg/M³
Chlorinated camphene, 60%	—	0.5	
Chlorinated diphenyl oxide	—	0.5	
Chlorine	1 〔1〕	3	1 (3)
Chlorine dioxide	0.1	0.3	
C Chlorine trifluoride	0.1	0.4	
C Chloroacetaldehyde	1	3	
Chlorobenzene (monochlorobenzene)	75	350	50
Chlorobromomethane	200	1,050	
Chlorodiphenyl (42% Chlorine)—Skin	—	1	
Chlorodiphenyl (54% Chlorine)—Skin	—	0.5	5
C Chloroform (trichloromethane)	50	240	
1-Chloro-1-nitropropane	20	100	
Chloropicrin	0.1	0.7	
Chloroprene (2-chloro-1, 3-butadiene)	25	90	2
Chromic acid and chromates (as CrO_3)	—	〔0.1〕 0.1	0.1(0.1)
Cobalt	—	0.5	0.5
Crag (R) herbicide (sodium) 2- (2, 4- dichlorophenoxy) ethanol hydrogen sulfate)	—	15	
Cresol (all isomers)—Skin	5	22	
Cyanide (as CN)—Skin	—	5	
Cyclohexane	400	1,400	
Cyclohexano	150	200	
Cyclohexanone	50	200	10
Cyclohexene	400	1,350	
2, 4-D (2, 4-dichlorophenoxyacetic acid)	—	10	
DDT (2, 2 bis1p-chlorophenyll-1, 1, 1-trichloroethane)—Skin	—	1	
Decaborane—Skin	0,05	0,3	
Diacetone alcohol (4-hydroxy-4-methyl-2-pentanone)	50	240	
Diborane	0.1	0.1	
1, 2-Dibromoethane (Ethylene dibromide)	25	190	
o-Dichlorobenzene	50	300	20
p-Dichlorobenzene	75	450	
Dichlorodifluoromethane	1,000	4,950	
1, 1-Dichloroethane	100	400	10
1, 2-Dichloroethane (ethylene dichloride)	50	200	
1, 2-Dichloroethylene	200	790	
C Dichloroethyl ether	15	90	
Dichloromonofluoromethane	1,000	4,200	
C 1, 1-Dichloro-1-nitroethane	10	60	
Dichlorotetrafluoroethane	1,000	7,000	
Dieldrin (1, 2, 3, 4, 10, 10-hexachoro-6, 7-epoxy-1, 4, 4a, 5, 6, 7, 8, 8a-octahydro-1, 4, 5, 8-dimethanonaphtaalene)—Skin	—	0.25	

Substance	アメリカ ppm*	アメリカ Mg/M³†	ソ連 Mg/M³
Diethylamine	25	75	30
Difluorodibromomethane	100	860	
‡C Diglycidyl ether (DGE)	0.5	2.8	
Diisobutyl ketone	50	290	
Dimethyl acetamide—Skin	10	35	
Dimethylaniline (N-dimethylaniline)—Skin	5	25	
Dimethylformamide	20	60	10
1,1-Dimethylhydrazine—Skin	0.5	1	
Dimethylsulfate—Skin	1	5	
Dinitrobenzene—Skin	—	1	1
Dinitrotoluene—Skin	—	1.5	1
Dinitro-o-cresol—Skin	—	0.2	
Dioxane (diethylene dioxide)	100	360	10
Dipropylene glycol methyl ether	100	600	
EPN (o-ethyl o-p-nitrophenyl thionobenzenephosphonate)—Skin	—	0.5	
Ethyl acetate	400〔400〕	1,400	200
Ethyl acrylate—Skin	25	100	
Ethyl alcohol (ethanol)	1,000	1,900	1,000
Ethylamine	25	45	
C Ethylbenzene	200	870	
Ethyl bromide	200	890	
Ethyl chloride	1,000	2,600	
Ethyl ether	400	1,200	300
Ethyl formate	100	300	
‡C Ethyl mercaptan	20	52	
Ethyl silicate	100	850	
Ethylene chlorohydrin—Skin	5	16	
Ethylenediamine	10	30	
Ethylene glycol dinitrate (Combined EGDN+NG)—Skin	0.2	1.2	
Ethylene imine—Skin	5	9	
Ethylene oxide	50	90	1
2-Ethoxyethanol (Celloselve)	200	740	
2-Ethoxyethylacetate (Cellosolve Acetate)	100	540	
Ferbam (ferric dimethyl dithiocarbamate)	—	15	
Ferrovanadium dust	—	1	
Fluoride	—	2.5	
Fluorine	0.1	0.2	
Fluorotrichloromethane	1,000	5,600	
C Formaldehyde	5〔5〕	6	1
Fhrfural	5	20	10
Furfuryl alcohol	50	200	
Gasoline	500〔500〕	2,000	
Glycidol (2,3-Epoxy-1-propanol)	50	150	
Heptane (n-heptane)	500	2,000	
Hexane (n-hexane)	500	1,800	
Hexanone (methyl butyl ketone)	100	410	

Substance	アメリカ ppm*	アメリカ Mg/M³†	ソ連 Mg/M³
‡ sec-Hexyl acetate	50	295	
Hexone (methyl isobutyl ketone)	100	410	
C Hydrazine—Skin	1	1.3	0.1
Hydrogen bromide	3	10	
C Hydrogen chloride	5〔5〕	〔7〕7	10〔7〕
Hydrogen cyanide—Skin	10〔10〕	11	0.3
Hydrogen fluoride	3	2	0.5
Hydrogen peroxide, 90%	1	14	
Hydrogen selenide	0.05〔0.05〕	0.2	
C Hydrogen sulfide	20〔10〕	30	10 (15)
Hydroquinone	—	2	
C Iodine	0.1	1	1
Iron oxide fume	—	15	
Isophorone	25	140	
Isopropylamine	5	12	
Isopropyl glycidyl ether (IGE)	50	240	
Ketene	0.5	0.9	
Lead	—	〔0.15〕0.2	0.01*
Lead arsenate	—	0.15	
Lindane (hexachlorocyclohexane, gamma isomer)	—	0.5	
Lithium hydride	—	0.025	
Magnesium oxide fume	—	15	
Malathion (o,o-dimethyl dithiophate of diethyl mercaptosuccinate)—Skin	—	15	
C Manganese	—	5	0.3
Mercury—Skin	—	〔0.1〕0.1	0.01
Mercury (organic compounds)—Skin	—	0.01	
Mesityl oxide	25	100	
Methoxychlor (2,2-di-p-methoxy-phenyl-1,1,1-trichloroethane)	—	15	
Methyl acetate	200〔200〕	610	100
Methyl acetylene	1,000	1,650	
Methyl acrylate—Skin	10	35	
Methyal (dimethoxymethane)	1,000	3,100	
Methyl alcohol (methanol)	200〔200〕	260	50
C Methyl bromide—Skin	20	80	
Methyl cellosolve (2-methoxyethanol)—Skin	25	80	
Methyl cellosolve acetate (ethylene glycol monomethyl ether acetate)	25	120	
C Methyl chloride	100	210	
‡ Methyl chloroform (1,1,1-trichloroethane)	350	1,900	
Methylcyclohexane	500	2,000	
Methylcyclohexanol	100	470	
Methylcyclohexanone	100	460	
Methyl formate	100	250	
Methyl isobutyl carbinol (Methyl amyl alcohol)	25	100	
C Methyl mercaptan	20	40	
xMethyl styrene	100	480	

Substance	アメリカ ppm*	アメリカ Mg/M³†	ソ連 Mg/M³
Methylene chloride (dichloromethane)	500	1,750	50
Monomethyl aniline—Skin	2	9	
Molybdenum			
(soluble compounds)	—	5	4
(insoluble compounds)	—	15	8
Naphtya (coal tar)	200	800	
Naphtya (petroleum)	500	2,000	
β-Naphthylamine	—	A²	
Nickel carbonyl	0.001	0.007	
Nicotine—Skin	—	0.5	
Nitric acid	10 〔10〕	25	
p-Ntroaniline—Skin	1	6	
Nitrobezene—Skin	1 〔1〕	5	3
Nitrethane	100	310	30
C Nitrogen dioxide	5 〔5〕	9	
C Nitroglycerin (combined EGDN+NG)—Skin	0.2	2	
Nitomethane	100	250	30
1-Nitropropane	25	90	30
2-Nitropropane	25	90	30
N-Nitrosodimethylamine (Dimethylnitrosamine)—Skin	A³	—	
Nitrotoluene—Skin	5	30	
Octane	500	2,350	
Osmium tetroxide	—	0.002	
Ozone	0.1 〔0.1〕	0.2	0.1(0.1)
Parathion(o, o, diethyl-o-p-nitrophenyl thiophosphate)—Skin	—	〔0.1〕 0.1	
Pentaborane	0.005	0.01	
Pentachloronaphthalene—Skin	—	0.5	
Pentachlorophenol—Skin	—	〔0.5〕 0.5	
Pentanone (methyl propyl ketone)	200	700	
Pentane	1,000	2,950	
Perchloroethylene (tetrachloroethylene)	100	670	
Perchloromethyl mercaptan	0.1	0.8	
Perchloryl fluoride	3	13.5	
Phenol—Skin	5	19	5
Phenyl glycidyl ether (PGE)	50	310	
Phenylhydrazine—Skin	5	22	
Phosdrin (2-carbomethoxy-1-methyl vinyl dimethyl phosphate)	—	0.1	
Phosgene (carbonyl chloride)	1	4	0.5
Phosphine	0.3	0.4	(0.07)
Phosphoric acid	—	1	
Phosphorus (yellow)	—	0.1	0.03
Phosphorus pentachloride	—	1	
Phosphorus pentasulfide	—	1	
Phosphorus trichloride	0.5	3	
Picric acid—Skin	—	0.1	
Platinum (Soluble Salts)	—	0.002	

Substance	アメリカ ppm*	アメリカ Mg/M³†	ソ連 Mg/M³
Propyl acetate	200	840	200
Propyl alcohol (isopropyl alcohol)	400	980	200
Propyl ether (isopropyl ether)	500	2,100	
n-Propyl nitrate	25	110	
Propylene dichloride (1,2-dichloropane)	75	350	
Propylene imine—Skin	25	60	
Propylene oxide	100	240	
Pyrethrum	—	5	
Pyridine	5	15	5
Quinone	0.1	0.4	
Rotenone (commercial)	—	5	
Selenium compounds (as Se)	—	〔0.1〕 0.1	
Sodium fluoroacetate(1080)—Skin	—	0.05	
Sodium hydroxide	—	2	0.5
Stibine	0.1	0.5	
Stoddard solvent	500	2,900	
Strychnine	—	0.15	
Styrene monomer (phenylethylene)	100	420	
Sulfur dioxide	5 〔5〕	13	10 (10)
Sulfur hexafluoride	1,000	6,000	
Sulfuric acid	—	〔1〕 1	1 (1)
Sulfur monochloride	1	6	
Sulfur pentafluoride	0.025	0.25	
Sulfuryl fluoride	5	20	
2,4,5T (2,4,5-Trichlorophenoxyacetic acid)	—	10	
TEDP (tetraethyl dithionopyrophosphate)—Skin	—	0.2	
Teflon decomposition products	—	A₄	
TEPP (tetraethyl pyrophosphate)—Skin	—	0.05	
Tellurium	—	0.1	0.01
1,1,2,2-Tetrachloroethane—Skin	5	35	
Tetrahydrofuran	200	590	
Tetranitromethane	1	8	0.3
Tetryl (2,4,6-trinitrophenylmethylnitramine)—Skin	—	1.5	
Thallium (soluble compounds)—Skin	—	0.1	
Thiram (tetramethyl thiuram disulfide)	—	5	
Titanum dioxide	—	15	
C Toluene (toluol)	200 〔200〕	750	50
o-Tohudine—Skin	5	22	3
C Tolylene-2,4-diisocyanate	0.02	0.14	(0.14)
Trichloroethylene	100 〔100〕	520	
Trichloronaphthalene—Skin	—	5	
1,2,3-Trichloropropane	50	300	
1,1,2-Trichloro 1,2,2-trifluoroethane	1,000	7,600	
Triethylamine	25	100	

Substance	アメリカ ppm*	アメリカ Mg/M³†	ソ連 Mg/M³
Trifluoromonobromomethane	1,000	6,100	
Trinitrotoluene—Skin	—	1.5	1
Triorthocresyl phosphate	—	0.1	
Triphenyl phosphate	—	3	
Turpentine	100	560	300
Uranium			
(soluble compounds)	—	0.05	0.15
(insoluble compounds)	—	0.25	0.75
Vauadium			
C (V_2O_5 dust)	—	0.5	0.5(0.5)
(V_2O_5 fume)	—	0.1	0.1(0.1)
C Vinyl chloride (chloroethylene)	500	1,300	30
Vinyl toluene	100	480	
Warfarin (3-[x acetonylbenzyl]-4-hydroxycoumarin)	—	0.1	
Yttrium	—	5	
C Xylene (xylol)	200	870	50
Xylidine—Skin	5	25	
Zinc oxide fume	—	5	5 (5)
Zirconium compounds (as Zr)	—	5	5

Note : The word "Skin" following a substance indicates that the substance can penetratethe skin to contribute to the exposure, and threshold limit value should be reduced acordingly.

* Parts of vapor or gas per million parts of air by volume at 25°C and 760 mm. Hg pressurei.

† Approximate milligrams of particulate per cubic meter of air.

‡ 1963 Revision.

A Numbers, see Appendix A.

‡‡ 1963 Addition

C Numbers, see Appendix C.

Radioactivity : For permissible concentrations of radio-isotopes in air, see U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards. Handbook 69, "Maximum Permissible Body Burdens and Maximum Permissible Concentrations of Radionuclides in Air and in Water for Occupational Exposure," June 5, 1959. Also, see U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards, Handbook 59, "Permissible Dose from External Sources of Ionizing Radiation," September 24, 1954, and addendum of April 15, 1958.

Mineral Dusts

Substance	m.p.p.c.f.§
SILICA	
Crystalline	
Quartz, Threshold limit calculated from the formula	250 / %SiO_2+5
Cristobalite 〃 〃	〃
Amorphous, including natural diatomaceous earth	20
SILICATES (less than 1% crystalline silica)	
Asbestos	5
Mica	20
Soapstone	20
Talc	20
Portland Cement	50
Miscellaneous (less than 1% crystalline silica)	50

Conversion factors

mppcf×35.3=million particles per cubic meter =particles per c.c.

Tentative Values Substance	アメリカ ppm*	アメリカ Approx. Mg/M³†	
C tert. Butyl chromate (as CrO_3)—Skin	—	0.1	
‡‡Calcium oxide	—	5	
‡Camphor	—	2	3 (ソ連)
‡‡Copper Fume	—	0.1	
Dusts & Mists	—	1.0	
DDVP (o,o-Dimethyl-2,2-dichlorovinyl phosphate)	—	1	
‡‡Demeton (Systox)	—	0.1	
‡Endrin (1,2,3,4,10,10-hexachloro-6,7-epoxy-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octa hydro-1,4-endo-5,8-dimethano-naphthalene)—Skin	—	0.1	
Epichlorhydrin	5	19	1
‡Etha5nolamine	3	6	(ソ連)
‡‡Graphite	—	15mppcf	
‡‡Hafnium	—	0.5	
‡Heptachlor (1,4,5,6,7,8-8-heptachloro-3a,4,7,7a-tetra-hydro-4,7-methanoindene)	—	0.5	
‡‡Methylamine	25	31	
‡‡Methyl Methacrylate	100	410	
C Methylene bis phenylisocyanate	0.02	0.2	
‡‡Mineral Wool (Fiberglas)	—	2	
‡‡Naphthalene	10	50	20 (ソ連)
Oil (mineral)	—	5	
‡‡β Propiolactone	—	A[5]	
‡‡Silver	—	0.05	
‡‡Tantalum	—	5	10 (ソ連)
‡‡1,1,2-Tethachloro-2,2-difluoroethane	1000	8340	
‡‡1,1,2,2-Tetrachloro 1,2-difluoroethane	500	4170	
‡‡Tetraethyl lead—Skin	—	0.075	0.005
‡‡Tin			
(inorganic compounds)	—	2	
(organic compounds as Sn)—Skin	—	0.1	

*Parts of vapor or gas per million parts of air by volume at 25°C and 760 mm. Hg pressure.

†Approximate milligrams of particulate per cubic meter of air.

‡1963 Revision.

‡‡1963 Addition.

A Numbers, see Appendix A.

Appendix A

A[1], Benzidine. Because fo high incidence of bladder tumors in man, any exposure including skin, is extremely hazardous.

A[2], β-Naphthylamine. Becauseof the extremely high incidence of bladder tumors in workers handling this compound, and the inability to control exposures, β-naphthylamine has been prohibited from manufacture, use, and other activities that involve human contact by the State of Pennsylvania.

A[3], N-Nitrosodimethylamine. Because of extremely high toxicity and presumed carcinogenic potential of this compound, contact by any route should not be permitted.

A[4], Teflon decomposition products. At least one identified component of Teflon decomposition products is extremely toxic, but, in the absence of more complete toxicity information and suitable analytic methods, a definite threshold limit value is not recommended at this time; but air concentrations should be minimal.

A[5], β Propiolactone. Because of high acute toxicity and demonstrated skin tumor production in animals, contact by any route should be avoided.

Appendix B

Threshold Limit Values of Mixtures

When two or more hazardous substances are present, their combined effect, rather than that of either individually, should be given primary consideration. *In the absence of information to the contrary, the effects of the different hazards should be considered as additive.* That is, if the sum of the following fractions.

$$\frac{C_1}{T_1}+\frac{C_2}{T_2}+\cdots\cdots\frac{Cn}{Tn}$$

exceeds unity, then the threshold limit of the mixture should be considered as being exceeded. C indicates the observed atmospheric concentration, and T_1 the corresponding threshold limit, (See Example 1A. a.).

Exceptions to the above rule may be made when there is good reason to believe that the chief effects of the different harmful substances are not in fact additive, but independent as when purely local effects on different organs of the body are produced by the various components of the mixture. In such cases the threshold limit ordinarily is exceeded only when at least one member of the series $\left(\frac{C_1}{T_1}\text{ or }\frac{C_2}{T_2}\text{etc.}\right)$ itself has a value exceeding unity. (See Example 1A. b).

Antagonistic action or potentiation may occur with some combinations of atmospheric contaminants. Such cases at present must be determined individually. Potentiating or antagonistic agents are not necessarily harmful by themselves. Potentiating effects of exposure to such agents by routes other than that of inhalation is also possible, e.g. imbibed alcohol and inhaled narcotic (trichlorethylene). Potentiation is characteristically exhibited at high concentrations, less probably at low. When a given operation or process characteristically emits a number of harmful dusts, fumes, vapors or gases. it will frequently be only feasible to attempt to evaluate the hazard by measurement of a single substance. In such cases, the threshold limit used for this substance should be reduced by a ***suitable*** factor, the magnitude of which will depend on the number, toxicity and relative quantity of the other contaminants ordinarily present. Examples of processes which are typically associated with two or more harmful atmospheric contaminants are welding, automobile repair, blasting, painting, lacquering, certain foundry operations, diesel exhausts, etc. (Example 2.)

Threshold Limit Values for Mixtures: Examples

1A. General case, where air is analyzed for each component.

a. *ADDITIVE EFFECTS*

$$\frac{C_1}{T_1}+\frac{C_2}{T_2}+\frac{C_3}{T_3}+\cdots\cdots\frac{C_n}{T_n}=1$$

Air contains 5 ppm of carbon tetrachloride (TLV, 10) 20 ppm of ethylene dichloride (TLV, 50) and 10 ppm of ethylene dibromice, (TLV, 25).

$$\frac{5}{10}+\frac{20}{50}+\frac{10}{25}=\frac{65}{50}=1.3$$

Threshold limit is exceeded.

b. *INDEPENDENT EFFECTS*

Air contains 0.15 mg./m³ of lead (TLV, 0.2) and 0.7 mg./m³ of sulfuric acid (TVL, 1).

$$\frac{0.15}{0.20}=0.75,\quad \frac{0.7}{1}=0.7$$

Threshold limit is not exceeded.

1B. Special case when souce of contaminant is a mixture and atmospheric composition is assumed similar to that of original material, i.e. vapor pressure of each component is the same at the observed temperature.

a. *ADDITIVE EFFECTS* approximate solution.

1. A mixture of equal parts (1) trichloroethylens (TLV, 100), and (2) methyl chloroform (TLV, 350).

$$\frac{C_1}{100}+\frac{C_2}{350}=\frac{C_m}{T_m}$$

$$C_1=C_2=\frac{1}{2}C_m$$

$$\frac{C_1}{100}+\frac{C_1}{350}=\frac{2C_1}{T_m}$$

$$\frac{7C_1}{700}+\frac{2C_1}{700}=\frac{2C_1}{T_m}$$

$$T_m=700\times\frac{2}{9}=155\text{ ppm}$$

solution applicable to "spot" solvent mixture usage, where all or nearly all, solvent evaporates.

b. General Exact Solution for Mixtures of N Components With Additive Effects and Different Vapor Pressures.

(1) $\frac{C_1}{T_1}+\frac{C_2}{T_2}+\cdots\cdots+\frac{C_n}{T_n}=1$;

(2) $C_1+C_2+\cdots\cdots+C_n=T$;

(2.1) $\frac{C_1}{T}+\frac{C_2}{T}+\cdots\cdots+\frac{C_n}{T}=1.$

By the Law of Partial Pressures.

(3) $C_1=ap_1$,

And by Raoult's Law.

(4) $p_1=F_1 p_1°$

Combine (3) and (4) to obtain

(5) $C_1=aF_1 p_1$

Combining (1), (2.1), and (5), we obtain

(6) $\frac{F_1 p_1°}{1}+\frac{F_2 p_2°}{1}+\cdots\cdots+\frac{F_n p_n°}{T}=\frac{F_1 p_1°}{T_1}+\frac{F_2 p_2°}{T_2}+\cdots\cdots+\frac{F_n p_n°}{T_n}$

and solving for T,

(6.1) $$T=\frac{F_1 p_1°+F_2 p_2°+\cdots\cdots+F_n p_n°}{\frac{F_1 p_1°}{T_1}\ \frac{F_2 p_2°}{T_2}\ \frac{F_n p_n°}{T_n}}$$

T = Threshold limit value in ppm.
C = Vapor concentration in ppm.
p = Vapor pressure of component in solution.
p° = Vapor pressure of pure component.
F = Mol fraction of component in solution.
a = Aconstant of proportionality.
Subscripts 1, 2, ... n relate the above quantities to components 1, 2, ... n, respectively.
Subscript i refers to an arbitrary component from 1 to n.
Absence of subscript relates the quantity to the mixture.

or (6.2) $$T=\frac{\sum_{i=1}^{i=n} F_i p_i°}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{F_i p_i°}{T_i}}$$

Sohution to be applied when there is a reservoir of the solvent mixture whose composition does not change apreciably by evaporation.

Exact Arithmetic Solution of Specific Mixture

	Mol. wt.	*Density*	*T*	*p° at 25°C*	*Mol. fraction in half- and half solution by volume*
Trichloroethylene (1)	131.4	1.46 g./ml.	100	73mm Hg	0.527
Methylchloroform (2)	133.42	1.33 g./ml.	350	125mm Hg	0.473

$F_1 p_1°=(0.527)\ (73)=38.2$

$F_2 p_2°=(0.473)\ (125)-59.2$

$$T=\frac{38.2+59.2}{\frac{38.2}{100}+\frac{59.2}{350}}=\frac{(97.4)(350)}{133.8+59.2}=\frac{(97.4)(350)}{193.0}=177$$

T = 177 ppm

(Note difference in T. L. V. when account is taken of vapor pressure and mol fraction in comparison with above example where such account is not taken.)

2. A mixture of one part of (1) parathion (TLV, 0.1) and two parts of (2) EPN (TLV, 0.5).

$$\frac{C_1}{0.1}+\frac{C_2}{0.5}=\frac{C_m}{T_m};\ C_2=2C_1 \qquad C_m=3C_1$$

$$\frac{C_1}{0.1}+\frac{2C_1}{0.5}=\frac{3C_1}{T_m} \qquad \frac{7C_1}{0.5}=\frac{3C_1}{T_m}$$

$$T_m=\frac{1.5}{7}=0.21\ \text{mg./m}^3$$

1C. *INDEPENDENT EFFECTS*

1. From naphtha (TLV, 500) containing 10 mole per cent benzene (TLV, 25) the narcotic effects can be considered as approximately the same as that of benzene-free naphtha. The blood effects can be considered as due to the benzene alone.
   For *intermittent exposure.* a TLV of 500 ppm may be used as long as the *average* concentration does not exceed $25\times\frac{100}{10}=250$ppm, the TLV based on the benzene content.
2. Diesel sngine exhaust contains several irritants, one of which is nitrogen dioxide. A limit of 2 ppm NO_2 has been found to correlate fairly well with the beginning of subjective (irritation) effects from such gases, although no subjective effects are experienced from NO_2 alone at 5 ppm.

Appendix C

Bases for Assigning Limiting "C" Values°

T. L. V. RANGE ppm or mg./m³	Permitted Fluctuation Factor of T. L. V. for 5, 10 or 30 min.	Examples
0 −1	3	Boron trifluoride (1 ppm) at 3 ppm if repeatedly encountered for periods of 5, 10, or 30 minutes, may lead to pneumonitis; a "C" listing recommended.
1+−10	2	
10+−100	1.5	Ethyl benzene (200 ppm) at 250 ppm if repeatedly encountered for periods of 5 or 10 minutes may prove intolerably irritating to the eyes; a "C" listing recommended.
100+−1000	1.25	

*According to this limitation, the presently listed TLVs will or will not be candidates for a "C" (ceiling) listing. 1963 TLVs not coming within fhis limitation will bear a "C" before the substance name. Judgmentdis based on whether the excursions in concentration under the time limits stated may result in a) intolerable irritation, b) chronic or irreversible tissue change, or c) narcosis of sufficient degree to increase accident proneness or materially reduce work efficiency.