

工場廢ガスの衛生問題

大阪市立医科大学* 堀内一弥、大和田国夫
 衛生学、公衆衛生学教室

1 はしがき

近代工業は貴重な技術の研究によつて、着々と改良が加えられ、生産面に於いてすばらしい発達を遂げている。その多方面にわたる工業の発達は吾々の想像もつかなかつた新しい物質を取扱うようになって来た。しかしその一面、これらの生産過程で使用される物質が人体に有害な作用をするということを従来軽視して来た憾がある。

工場から廢棄される種々のガスの中にも人体への有害物質があつて、公衆衛生の立場から色々検討されねばならない。工場廢ガスの衛生問題については工場内の作業員に関する面と、工場周囲の住民に関する面と分割して考えなければならない。前者は労働衛生として、夙に研究されて来たが、後者は都市衛生の一面を語るものとして、最近重要な問題になつて来たものである。

今この問題について夫々両面から考えてみたい。

2 工業内作業員に関する問題

廢ガスが工場内作業員の身体に及ぼす影響については労働衛生の重要な部門に属し、種々の研究が重ねられている。

工場で使用される原料、製品及びその製造過程で発生するガスは当然工場外に排気されておるが、尚充分排出されないときには作業員に影響を及ぼして来る。その影響の程度に多少の差はあるが、吾々はこれらのガスによつて起る疾病(ガス中毒)を職業病と称している。中毒を起す主要なガスを例示すれば第1表の如きものがある。これら以外の化学物質でも中毒発生の頻度は多いが、更に最近の合成工業の発達にともない新しい職業病が増加して来た。

今工業ガス中毒について少しく記述してみる。

人体に中毒を惹起せしめるこれら工業毒物の毒性は人体への侵入方法によつて、その毒作用の程度が異つて来る。体内侵入経路を分類してみると、(1)消化器系、(2)呼吸器系、(3)皮膚或は粘膜からの侵入であつて、そのうち毒物が消化器系から侵入した場合は、

胃腸→肝臓→心臓→肺臓→心臓→全身
 (吸収)(一部解毒) (一部排出)

* 大阪市阿倍野区旭町

即ち胃腸から毒物の何割かが吸収され、肝臓で一切解毒され、肺臓で再び一部が呼吸とともに体外に排出さ

第1表 各種有害化学物質の怒限度

物質	日本	米因	起し易い職業
鉛 (Pb)	* 0.5	* 0.15	活字、合金、蓄電池、鉛管、植字
水銀 (Hg)	* 0.1	* 0.1	メッキ、体温計、寒暖計、宙索、帽子用毛皮、フェルト
三酸化クロム (CrO ₃)	* 0.5	* 0.1	染色、なめし、メッキ、ペイント
砒素 (As)	1	0.05	塗料、合金、染色、農業薬品
黄磷 (P)	* 2	* 0.1	マッチ、薬品
塩素 (Cl ₂)	1	1	染色、製紙、冷凍、さらし粉
塩化水素 (HCl)	10	10	ソーダ、人造肥料
弗素 (F ₂)	3	* 2.5	ガラス製造、いもの、アルミニウム製造、燐酸、過燐酸製造
無水亜硫酸 (SO ₂)	10	10	冶金、硫酸製造
硫酸 (H ₂ SO ₄)	* 5	* 1	人絹、蓄電池製造
硝気 (NO ₂ , N ₂ O, NO, N ₂ O ₃ , N ₂ O ₅ その他)	40	2.5 (NO ₂ として)	硝酸、硫酸製造、人絹肥料
硝酸 (HNO ₃)	—	—	同上
アンモニア (NH ₃)	—	100	冶金、メッキ、石炭かんりゆう
硫化水素 (H ₂ S)	—	20	人絹、セロファン製革、製糖、製紙、石炭ガス精製
二硫化炭素 (CS ₂)	20	20	人絹、セロファン、ゴム工業セルロイド、羊毛、皮革、脱脂
一酸化炭素 (CO)	100	100	金属製錬、ガスをつかうもの
炭酸ガス (CO ₂)	—	0.5%	畑作業、地下作業
青酸 (HCN)	20	* 5 (CNとして)	シアニ化合物製造、メッキ精錬
アニリン (C ₆ H ₅ NH ₂)	7	5	染料、染色、ゴム工業
ニトロベンゼン (C ₆ H ₅ NO ₂)	—	1	香料、染料
ベンゼン (C ₆ H ₆)	100	35	塗料、ゴム工業

備考 単位は P.P.m., 米因は mg/m³, 日本のは労働省米因は1952年度決定からのもの

生産と技術

れ、残部が始めて全身の臓器組織に行くことになる。これに反して、毒物が呼吸器系から侵入すると、

臓器 → 心臓 → 全身
(吸収)

即ち肺臓から吸収された毒物は直に全身に拡がるわけで、前者よりも毒作用は著しい。皮膚或は粘膜から吸収される場合も同様に著明な毒作用を有するが、このものはアニリン、四エチル鉛の如き、皮膚浸透作用を有する特別な物質によるのである。一般に呼吸器系からの侵入が消化器系のものより数倍も毒作用が強いと云われている。工場の廃ガスでは主として呼吸器系から侵入する機会が多いので特に注意を要する。

次にガスを作用形式によつて分けてみると、

- (1) 刺激性ガス (HCl, HNO₂, Cl, NH₃, SO₂等)
- (2) 窒息性ガス
 - (イ) 単純性窒息性ガス (H₂, N₂, CO₂, CH₄ 等)
 - (ロ) 化学性窒息性ガス (CO, CN 等)
- (3) 吸収性ガス(大部分の工業中毒を起す物質)

以上の作用形式に分れ得る。

刺激性ガスは主として粘膜殊に気道粘膜に作用して変化を起し、刺激性反応を起させるものである。水に対する溶解度の高い程上気道を犯し、溶解度の低いものは気道の奥深く入りこんで、気道の終末である肺胞に変化を与える。このものは又眼結膜や皮膚をも犯すことがある。これらは作用した局所で溶解し、間もなく変化するため血液に移行して中毒を起すことは少い。しかし空気中に高濃度に存在したり、溶解度の低い物質では肺胞に達し、肺水腫を起すことがある。

窒息性ガスは単純性窒息性ガスと化学性窒息性ガスがあつて、前者はそれ自身は生理的に殆ど作用がないが、そのものが高濃度で存在しているときは酸素不足のため、肺への酸素の供給を妨げるものである。醸造工場に於ける炭酸ガス、下水のマンホール等で起る窒息はこのためである。後者がガス自体が血液その他の臓器組織に持殊な作用をもつもので、組織呼吸(内呼吸)を妨げる。一酸化炭素や青酸ガスはこれに属し、このものの存在で内呼吸が妨げられて窒息するのである。

吸収性ガスはいわゆる工業ガス中毒を起す大部分の原因ガスがこれに属する。主として呼吸器系から侵入して血液中に入り、全身の各臓器組織に作用して、その機能に影響を与える。これに属するガスを人体に対する生理作用によつて分類してみると、次の如くなる。

- (イ) 麻酔作用を並とするもの
 - (I) 重篤な後作用のないもの
 - 脂肪族炭化水素の：エーテル、ベンジン等
 - (II) 主として内臓々器に器質的変化を起すもの

炭化水素のハロゲン置換体：クロールメタン、クロロフォルム、四塩化炭素等

(II) 主として造血臓器に器質的変化を起すもの
芳香族炭化水素：ベンゼン、フェノール、トルエンキシレン等

(V) 主として神経系に器質的変化を起すもの
アルコール、二硫化炭素等

(2) 血液と血管に作用するもの

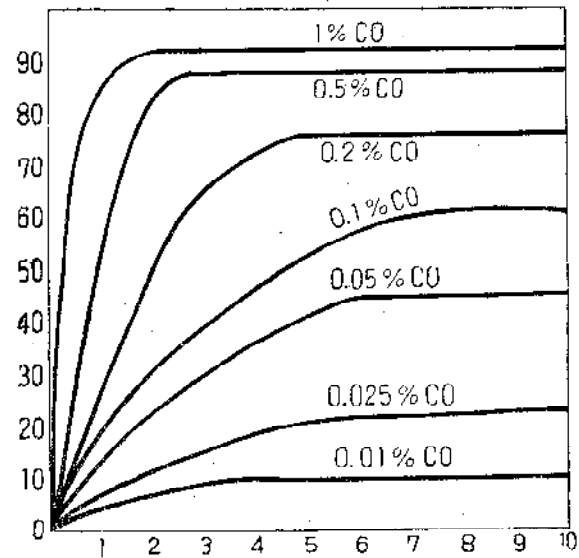
(I) メトヘモグロピンを作るもの
芳香族アミド化合物：-NH₂のあるもの、アニリン等

(II) 血圧を低下させるもの
芳香族ニトロ化合物：-NO₂のあるもの、ニトロベンゼン、トリニトロトルエン等

(3) 主として原形質毒

金属、無機物及び金属有機物：鉛、四エチル鉛、亜砒酸、二硫化水素、パラチオン等

斯る多数のガスが中毒を起し得るわけであるが、ただ空気中に存在するというだけでは判然としない。一般にガスの中毒作用に関係する因子として考えられるのはガ



第 1 図

種々の濃度のCOにより吸気と血液との間にCO濃度が平衡するまでの時間推移

(W. F. von Oettingen, U. S. P ub. Health Bull. No 290 (1944))

スの空気中濃度である。しかもその中で作業する者の滞在時間が関係する。空気中濃度の高い程、又滞在時間が長い程中毒作用は大きくなる。一酸化炭素を例にとつてみる(第1図)。一酸化炭素は血中(赤血球)に存在するヘモグロビン(Hb)と親和力があり、このガスの存在でCO-Hbとなる。図からわかるように0.01%CO濃度では約4時間でCO-Hbは平衡になり、しかも血中CO-Hb

濃度は10%である。0.1%CO濃度になると1時間以内で既に CO-Hb は10%となり、4時間では50%の CO-Hb となってしまう。CO-Hb の量と急性中毒症状の関係を Henderson の提示した表から見ると(第2表)、CO-Hb が10%では殆んど無症状であるが、50%になると頭痛、虚脱等の症状が発現する。

第2表 血中 CO-Hb 量と中毒症状

血中CO-Hb量(%)	中毒症状
10	殆んど無症状、運動すれば呼吸困難
20	軽度の頭痛、中等度の運動により呼吸困難
40~50	頭眩、疲憊、虚脱
60~70	意識喪失、呼吸遅滞、昏睡、放置せば死亡
80	急激に脈搏、呼吸停止
80以上	即死

この他人体の中毒に対する抵抗力の差異(体質)も大いに関係して来るわけである。これらの条件を考慮に入れて、人体が生理的作用を営み得る環境条件、即ちここではガスの濃度を恕限度という言葉で表わしている。恕限度は最大許容濃度(Maximum Allowable Concentration, Threshold Limit)である。例えば一酸化炭素の恕限度は0.01% (100 P.P.m.) となっている。即ち第1図及び第2表からわかるように、一酸化炭素0.01%であるならば、4時間でCO-Hbは10%になり、その後平衡状態を保っている。しかもこのCO-Hb濃度であるならば無症状である。故に0.01%を恕限度としたのは当を得たことになる。各種の毒物には夫々恕限度が決定している。例示すれば第1表の如きものである。

工業ガス中毒の予防対策としては先ず作業場のガス濃度を恕限度以下に保つべきである。そのためには設備の改善が第1であつて、製造方法、機械の改良、排気の改善等が含まれる。第2として、これらの改善がある程度の困難をともなう時、人体への有害ガスの侵入防止対策として保護具の使用を考える。第3の対策として、予防薬服用がある。しかし予防対策の最大の必要性が設備の改善にあることは論を待たない。

人体の側から云えば、性・年齢・体質等を考慮して、適材適所に配置せねばならぬ。

工場廃ガスによる作業者の中毒防止対策として以上の衛生管理を充分に行つてこそ、作業者の健康保持、ひいては労働能率の増進となるのである。

3 工場外に對する問題

工場廃ガスが工場外の建造物、住民に影響を及ぼす場

合が最近屢々みられる。特に周囲の住民に影響して、これが公害問題に取上げられ、工場側と住民側の対立が嵩じて来る場合もある。大市府の調査による騒音、粉塵、熔煙、振動、排ガス、排液等の公害発生数は第3表に示

第3表 大阪府に於ける公害件数

年月別種別	昭和25年 9月~ 26年12月	27年	28年	29年1月 ~ 同年9月	計
騒音	77	61	64	154	356
粉塵	22	13	20	28	83
煤煙	39	40	40	46	165
振動	41	39	37	61	178
排ガス	66	44	57	51	218
排液	39	17	22	41	119
計	284	214	240	381	1,119

(大阪府環境衛生課公害係呈提)

す如く、昭和26年度203件、27年度214件、28年度240件で、29年度は9月末現在で既に381件となり、之等の問題は年々著明な増加を示している。特に騒音、排ガスは件数も多く、将来重要な問題となるであろう。今回はこの中、工場の排ガスのみを取上げてみる。

排ガスが工場周囲の住民に影響する場合、人体に対して有害であるかどうかということが先ず問題にされる。ガスによる中毒が急性におこる時と慢性に作用する場合とが考えられる。前者は短時日に表われるので解決は簡単であるが、後者は長年月を経て身体異常を訴えるのであるから確実に判定することは困難である。その理由は、排ガスの公害問題はたとえ現場の空気汚染度を測定しても、工場内の如く確実なデータが得られないからである。即ち測定に際しての Sampling が問題になる。空気中ガス濃度が常に略一定の値を示すならば問題ではないが、工場の生産過程により時間的に濃度は変化するのであるし、その上工場外部(屋外)では特に風向、風速等が瞬時にして変動するので、ガス濃度も当然著しく変化する。故に少量の Sampling では現状を正確に把握しにくいので、排ガスによる公害は回を重ねて測定しても住民の陳情と相関せぬことが屢々ある。しかも前章のように恕限度を越えているかどうかと云う数字をもつて判定を下すような高濃度のガス存在を示さないから増々困難となつてくる。仮に恕限度を越したデータであるならば、恐らく急性中毒も出るだろうし、又そのような状態では工場内労働者が平然と作業などしておれないだろう。事実吾々が工場周辺で測定しても恕限度を遙かに越したようなデータを一度も得た例がない。では低濃度のガスが果して長年月の間に人体に障害を与えるか否かということは自信をもつて云い切れない現状である。非常に稀薄なガス濃度の時、恐らく安全であろうという

生産と技術

程度の言葉をもちて答え得るのみである。所がガスの中でよく問題にされるのは刺激性ガスである。これが限度以下であつても刺激があるので住民は特にやかましく訴える。一酸化炭素や鉛の如きものでは現実の状態に変化が起らない限り、公害問題は余り発生しない。例へば飼犬が死んだり鶏が頓死でもして始めて問題が起る。しかし刺激性ガスは僅かの存在でも喉頭、咽頭が刺激されるのですぐに問題が起る。例へばアンモニアは限度100 P.P.m.であるが、53 P.P.m.以上になると刺激臭が感じられ、亜硫酸ガスは限度10 P.P.m.であるが、3~5 P.P.m.以上で既に刺激臭が起り8 P.P.m.で直に咽頭を刺激し出すのである。このように限度以下のガス濃度でも人体に感じられるので、刺激性ガスの公害発生が多いようである。

第4表 塩酸ガス測定成績

工場別	場所	HCl (P.P.m.)	備考
活性炭工場	塩化亜鉛濃縮炉前	1.35~2.44	作業場
	焼成炉上	9.91	
	塩酸置場	2.34	
	作業場外部	4.60	作業場より約10m
	道路上	0.37	工場より約50m
	住 宅	0.11	約100m
グルタミン酸工場	分解釜上	4.31	作業場
	ダクト漏出	7.64	
	工場中央	1.80	
	住 宅	1.01	工場より約200m
化成工場	スルホン化遠心分離器前	0.85	工場
	塩酸回収塔前	11.23	
	道路上	8.87	回収塔より約5m
	道路上	1.28~2.10	工場より約20m
	住 宅	0.46~0.57	約100m

HCl 限度は 10 P.P.m.

次にその実例を示してみる。某活性炭製造工場で主として塩酸ガスの排気が工場附近に流れ出すので、その測定を依頼された。測定してみると第4表の如き結果を得た。工場周囲の塩酸ガスは0.37~0.11 P.P.m.で、この値では人体に有害とは考えられない。又工場の作業員全員について健康診断を行ったが塩酸ガスによると考えられる障害は発見されなかつた。しかし工場周辺の住民は種々の陳情をしているのである。又グルタミン酸ソーダの

製造工場に於いても同様の例があつた。表の如く附近の住宅では1.01 P.P.m.のガス濃度で勿論問題とならない。某化成工場（オルト、トルオール、スルファミド製造）では附近の樹木が枯れるという。測定成績は稍高値を示したが、工場横道路上で8.87 P.P.m.、住宅附近で0.57~0.46 P.P.m.であつて、これ又限度以下の値であり、身体に著しい障害を与えるとは考えられない。

しかし「健康」という言葉は単に肉体的のみならず、精神的にも完全な身体を意味するのであつて、排ガスの如き公害の場合は、中毒という肉体的障害を及ぼさなくても、精神的に障害を及ぼすときには考慮しなければならない。これは工場労働者の場合と趣を異にしている所である。低濃度のガスが存在しても常に不快な臭気や刺激物が休養をとるべき家庭の中にあるならば、決して快適な環境とは云えず、肉体的にも精神的にも大きな負担となるであろう。しかれば如何なる基準をもつて判定するかとなると、これは困難な問題であつて簡単に割り切れるものではない。更に今後の検討を待たねばならない。

米、英に於いても最近の工業の発達によつて空気汚染（Air Pollution）の研究が活発になつて来ている。都市に於ける工場排ガスの問題は将来増々重大化して来るであろうし、衛生上さし迫つた問題である。

現在の対策としては工場の排気装置の改善により有害ガスの吸収又は稀釈を行う方法である。又用途地域制を厳重にして工場地域に住宅街をつくらぬことである。現在の如く工場の周囲に住宅が建設され、又住宅の真中に工場があれば公害発生も当然であろう。又よく問題の起るのは中小工業であつて、狭い敷地一ぱいに作業場を建て、それに接して住宅があれば排ガスが直接住居の中に侵入して来るのは明らかである。今後の都市計画には充分この点を考慮しなければならない。

4 むすび

衛生学的問題として工場排ガスの役割を工場内外について述べて来たが、生産に従事する人々は今後二つの問題を考えねばならぬ。

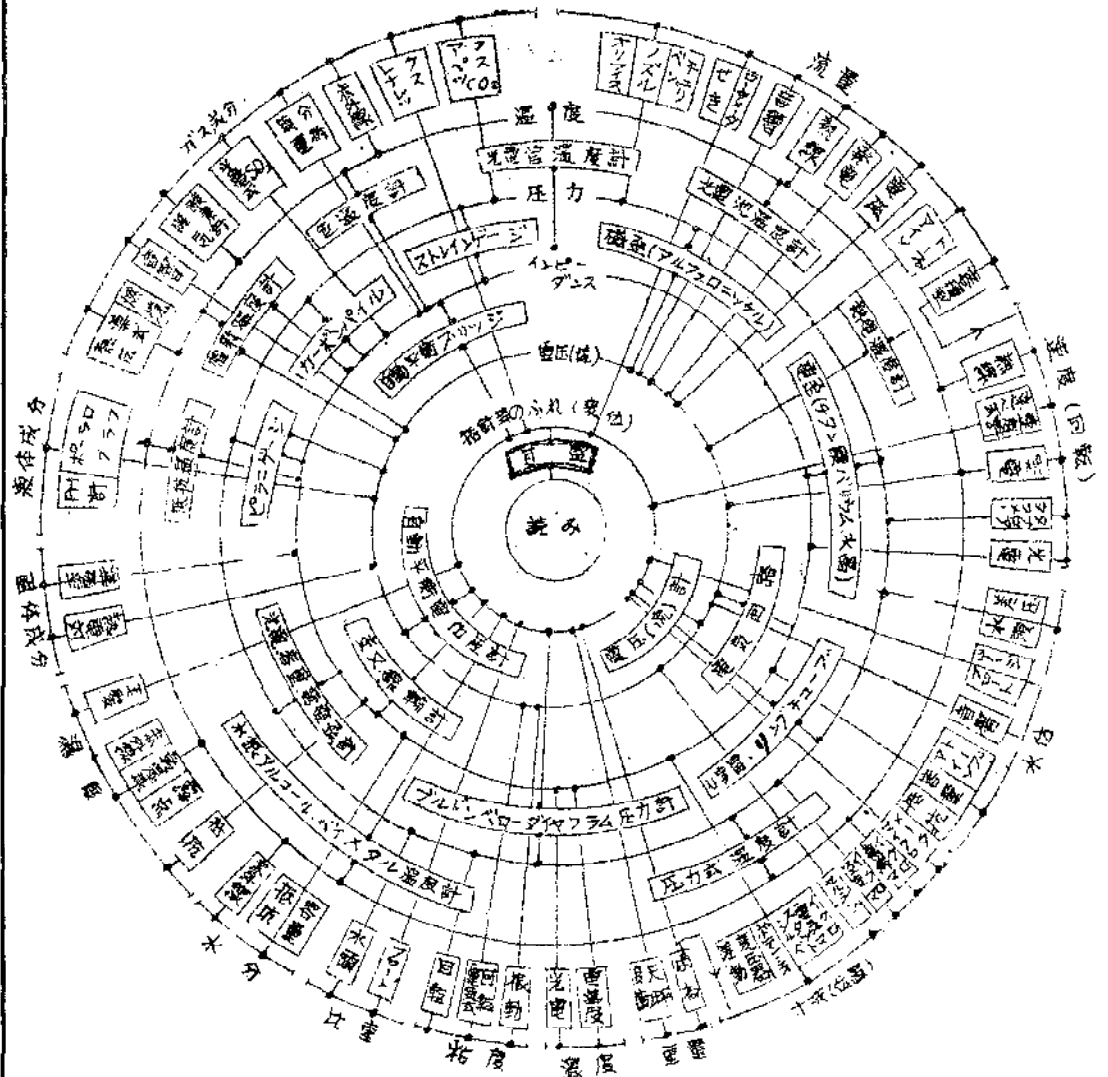
一つは過去の生産技術は生産そのものを主眼としてきたが、今後はそこに依り作業員の身体を考慮しなければならない。苦痛なく安心して労働し得る環境をともなつた生産方法を発展せしめる技術こそ将来進むべき道である。

他の一つは公衆衛生としての空気汚染防止の問題である。公害の一としての工場排ガスによる空気汚染が、かつての煤煙の如く今後重大な問題となるであろう。

内部に於いては作業員のために完全な排気を、外部に

対しては公衆の
ために完全な空
気汚染の防止を
行うという事は
相当困難である
が、技術の進歩
は将来この問題
を解決してくれ
るであろう。

再掲載図面 この図面は前号(1955.8)工業電子装置特集号7頁エレクトロニクスと工業計測一著者・電気試験所寺尾満氏一第1表トランデューサー表が不鮮明のため再掲載しました。



廢ガスの分析法

大阪大学*教授 新良 宏 一 郎

産業の発達に従ひ都市の工場から排出する廢ガス、廢水は多種多量となり、この為周辺の大気と河海水は漸次汚染されてゆく現状にある。近年各国に於て之等の汚染の軽減に対して多大の関心が持たれている。特に大気の汚染は一般住民の健康に直接悪影響を及ぼすものであり極めて重大な問題である。

空気汚染 (atmospheric pollution) の主成分は次の二つの種類に分類される、即ちガス或いは蒸気として存在するものと、固体及び液体粒子からなる煙霧質 (aerosol)

*農中市柴原32、大阪大学北校

の二つである。ガスとは濃度に関せず常温附近でガス状態のもので蒸気は沸点約300°C以下で低濃度では蒸気としてのみ存在するものと云ふのである。煙霧質とは固液体で空气中に微細な状態に分散懸垂し浮遊しているものである。ガス状態のものはその化学的な性質のみが主として関心を持たれるが煙霧質の方はその粒子の大きさその他の物理的性質をも極めて重視されるものである。粒子の大きさが1μ以下になると単なるガス洗滌では捕集し難くなるので分析試料の捕集には特別の考慮が必要である。