

200000071A

厚生科学研究研究費補助金

厚生科学特別研究事業

致死ガス等による人体への健康影響評価に関する研究

平成12年度 総括研究報告書

主任研究者 山木戸 道郎

平成13年3月

研究班員一覽

主任研究者 山木戸道郎 国家公務員共済組合連合会呉共済病院長

分担研究者 相澤 好治 北里大学衛生学・公衆衛生学教授

井上 尚英 九州大学医学部衛生学教授

大城戸宗男 東海大学名誉教授

金子 昌弘 国立がんセンター気管支内視鏡医長

川城 丈夫 国立療養所東埼玉病院長

河野 修興 広島大学医学部第二内科教授

成田 亘啓 奈良県立医科大学第二内科教授

行武 正刀 国家公務員共済組合連合会呉共済病院忠海分院前院長

協力研究者 石岡 伸一 広島大学医学部第二内科講師

目 次

致死ガス等よる人体への健康影響評価に関する研究・・・・・・・・・・ 1

山木戸道郎、相澤好治、井上尚英、大城戸宗男、金子昌弘、川城丈夫河
野修興、成田亘啓、行武正刀、石岡伸一

致死ガス等による人体への健康影響評価に関する研究

主任研究者	山木戸道郎	国家公務員共済組合連合会呉共済病院長
分担研究者	相澤 好治	北里大学衛生学・公衆衛生学教授
	井上 尚英	九州大学医学部衛生学教授
	大城戸宗男	東海大学名誉教授
	金子 昌弘	国立がんセンター気管支内視鏡医長
	川城 丈夫	国立療養所東埼玉病院長
	河野 修興	広島大学医学部第二内科教授
	成田 亘啓	奈良県立医科大学第二内科教授
	行武 正刀	国家公務員共済組合連合会呉共済病院忠海分院前院長
協力研究者	石岡 伸一	広島大学医学部第二内科講師

1. はじめに

第二次世界大戦中、東京第二陸軍造兵廠忠海製造所（広島県竹原市忠海町・大久野島）においてイペリット、ルイサイト等の致死ガス（いわゆる毒ガス、以下「毒ガス」という。）（表1）の製造が行われていたが、戦後、従事者の中から毒ガスに起因すると思われる健康障害を訴える者が相次いだ。そのため昭和29年より大蔵省（現財務省）は同製造所に工員として従事した旧陸軍の共済組合員に対し、昭和49年からは厚生省（現厚生労働省）も国と直接の雇用関係がなかった動員学徒等の民間人に対し、それぞれ毒ガス障害者として救済措置を講じた。その後、旧陸軍忠海分廠従事者、旧陸軍曾根製造所従事者、旧相模海軍工廠従事者についても順次救済の対象に加えられてきたところである。しかしながら、忠海製造所等に工員として従事した旧陸軍等の共済組合員（以下「組合員」という。）に対する大蔵省の救済措置と同製造所等に民

間人として従事した動員学徒等（以下「非組合員」という。）に対する厚生省の救済措置において支給される手当に格差が存在していた。そこで平成11年12月に、大蔵省の救済措置における認定患者（以下「認定患者」という。）と厚生省の救済措置における対象者についてそれぞれの毒ガスの曝露状況や健康状態を比較することにより、厚生省の救済措置対象者について認定患者に相当する者の存在の有無を明らかにすることを目的として毒ガス障害者対策検討委員会が設置された。平成12年5月、同委員会は報告書を取りまとめ、厚生省の救済措置対象者においても認定患者と同様の健康障害を有する者が存在する可能性を確認した。

今後、厚生労働省が毒ガス障害者に対する救済措置を改めて検討する際には、厚生労働省の救済措置対象者において認定患者に相当する健康障害を有する者がいるかどうかについても医学的に客観的な判断を行

う必要がある。そのため本研究においては毒ガス障害者についてこれまで明らかにされている医学的な知見等を整理し、できる限り客観的な医学的判断のめの目安となる指標を作成することを目的とした。

2. 従事した作業と健康障害について

(1) 忠海製造所の工員が担った作業とこれに伴う健康障害について

組合員については、従事した作業内容やこれにより生じた健康障害について既に詳細が明らかにされており、それを基に以下、主な作業ごとに概括的に整理する。

【イペリット・ルイサイト製造工員】

最も危険な職種であり、びらん性の毒ガスを扱う関係で全身を「タコ」と呼ばれた完全防護服で覆って作業した。タコを脱衣する前に除毒液をかぶって除毒したが、脱衣する際に少量であっても液が下着に付着するとその部分に皮膚障害を生じた。一般的にゴム手袋やゴム長靴は常に汚染されていたため、それらを取り扱う際にも毒ガスに接触することがあった。作業場は常に刺激性のガスが漂っている環境であったため、従事者には目、鼻又は咽喉の粘膜に局所の急性炎症が生じ、そのほとんどが以後において気道の慢性炎症に移行した。また、イペリットやルイサイトは発癌性を有していたため、従事者には呼吸器癌が高率に発生し、ルイサイトは砒素を含有していたため、さらに皮膚癌も発生した。

【工務係・焼却係】

工務係はイペリットやルイサイト工室内でタコを着用して作業したが、着用した防毒面は完全ではなかったため、常に微量の毒ガスを吸引する危険があった。また、毒ガスで汚染された機械の修理に従事していたため、毒ガスと接触する機会があった。

焼却係は、製造工場から出てくる毒物残渣や、毒物で汚染された廃棄物などを焼却炉で焼却していたため、焼却時に発生するガスを吸引する危険が多かった。

【赤1工室（くしゃみガス）製造工員】

くしゃみガス（ジフェニルシアンアルシン）は、目・鼻・咽喉の粘膜に対して強い刺激性を有するため、従事者には局所の急性炎症が生じるとともに、その後、気道の慢性炎症を生じた。また、くしゃみガスは砒素も含有していたため、皮膚癌を発生させた。

【催涙筒・発煙筒製造工員】

目、鼻又は咽喉の粘膜に対して強い刺激性を持ち、従事者には局所の急性炎症が生じた。その後、気道の慢性炎症を生じた。

【事務・医務】

日常の作業部署は工場の建家と離れていたが、風向きの関係で悪臭が流れてくることがあり、危険なときは防毒面を着用して避難していた。また、事務連絡のために製造工場の建家の間に入ることも多かった。慢性気管支炎の発生率は一般市民の統計よりも明らかに高い。

(2) 非組合員の作業とこれに伴う健康障害について

忠海に大規模な製造工場が完成するとともに多数の男子が工員として採用されたが、昭和12年に日中戦争が開始されたため、次々に男子工員は出征することとなった。そのため養成工、徴用工、女子工員が採用されたが、それでも足りず、民間人である女子挺身隊、勤労奉仕、学徒が動員された。

毒ガス作業は身体にとって危険であるとともに軍事上の機密事項であったため、非組合員には任せられず、もっぱら組合員が

毒ガス作業に従事するよう命令された。したがって、従事した作業内容から判断すれば、非組合員は組合員に比べ危険性が少なかった。

しかし、発煙筒の点火薬装着作業の際に発火事故がしばしば発生し、緊急避難する事態があった。また、非組合員が従事している作業場に行く際には、製造工場の間を通り抜けて行くことや、天候によっては作業場の周囲の工場から悪臭が漂うなど、作業場の環境も劣悪であった。このように非組合員も組合員と同様に汚染された環境の中で長時間勤務しなければならなかった。非組合員は毒ガス周辺作業の他、風船爆弾の紙貼り、防空壕掘りなどを担当したが、一定の大気汚染下における作業であったと考えられる。

【女子挺身隊】

昭和 16 年頃より地元の国防婦人会・愛国婦人会が、工場の要請で女子挺身隊を派遣するようになった。

【勤労奉仕】

昭和 16 年頃より地元の忠海高等女学校の生徒が、勤労奉仕として短期間作業に従事した。その後、青年学校の生徒なども参加した。

【動員学徒】

昭和 19 年より忠海高等女学校、瀬戸田高等女学校、竹原高等女学校などの生徒が動員され、作業に従事した。

【人夫】

主に、工場の建設期、拡張期に建築業者に雇用されて、工場の建設や海岸線の埋立て拡張工事などに従事した。

【戦後処理】

昭和 21 年から 22 年にかけて T 株式会社三原工場の従業員が工場解体や毒ガス

廃棄処理の作業を行った。

戦時中には、非組合員の毒ガス関連作業は、イペリット、ルイサイト関係ではなく、そのほとんどが発煙筒や赤筒を完成させるものであった。組合員が、充填されて運ばれてきた筒に蓋をし、非組合員はこれにテープを巻いて密封し、点火線に点火薬を塗りつけて発煙筒や赤筒を完成させ、これらを木箱に収納した。周辺作業として、終戦前に赤 1 の原料であるシモリン ($(C_6H_5)_2AsOH$) の入ったドラム罐を大久野島の南の大三島に疎開させる作業を高等女学校の動員学徒が担当したことがあった。このように戦時中には、非組合員は組合員の周辺作業に終始し、組合員以上に危険な作業をすることはなかった。

戦時中に非組合員が行った作業に起因する健康障害の事例を以下に示す。

①大正 12 年生まれの男性

青年学校から 10 日間の勤労奉仕に大久野島に行った。発煙筒製造工室から直接製品を受け取る作業をしており、作業環境は非常に悪かった。戦後早くから喀痰があり、慢性気管支炎の症状を呈した。平成 7 年、肺癌で死亡した。

②大正 5 年生まれの女性

N 社の人夫として大久野島と忠海駅間の荷物運搬作業に従事したが、毒物容器を洗浄した水により左足部に火傷を生じた。戦後、粘液性痰があり、慢性気管支炎として加療中である。

③大正 13 年生まれの女性

青年学校から 30 日間の勤労奉仕に従事していた。組合員の女子工員と一緒に作業をしていた際に、高熱のため溶けた蠟により背部に熱傷を負った。

④昭和5年生まれの女性

忠海高女在学中、動員学徒として大久野島で作業した。昭和20年の夏に大久野島の南の愛媛県大三島にわたり、船で運んできた毒液の入ったドラム罐を砂浜から二人で転がして運搬する作業をした。この時、液のもれているドラム罐もあり、涙やくしゃみに悩まされた。同じ作業で手に皮疹を生じた者がある。膿性痰を認める。

しかしながら、戦後処理については非組合員が全てを担っており、イペリット、ルイサイトなどの毒ガスに直接接触する作業が多かったため、身体への危険性は戦時中の組合員に匹敵すると推測される。非組合員が行った戦後処理作業による健康障害の事例を以下に示す。

①大正12年生まれの男性

ガス溶接工。T株式会社の下請けの工業所から毒ガス工場の解体作業に派遣された。20代の後半から息切れがあり、35歳の時、働けないほどの呼吸困難を来し、平成2年から殆ど就労不能となり平成8年から在宅酸素療法を開始し、平成11年死亡した。

②昭和3年生まれの男性

米軍上陸用舟艇(LST)の内部改装作業中、溶接の火花が火災を生じ、消火作業中に毒ガスを吸引した。また、昭和21年7月、台風のためLSTのロープと毒ガスのパイプが切断され、毒ガスで汚染した海中に飛び込んで全身に皮膚障害を生じた。

③昭和4年生まれの男性

ガスでパイプ、ボイラーを切断する作業に従事していた。咽喉の障害、身体各所の水疱形成を来した。戦後肺炎に罹患し毎日咳や痰が出る。

④大正8年生まれの男性

当人を含めた9名が、T株式会社から大

久野島に派遣された最初の日に、LSTに乗って作業中、毒ガスによる急性障害を受け全員が倒れた。この9名から、後にイペリットによる気管狭窄で窒息死1名、肺癌による死亡1名が発生した。

大久野島毒ガス傷害研究会がまとめた平成8年度毒ガス傷害者健康診断報告書によれば、組合員と非組合員を対象とした健康診断の結果では、職種別の慢性気管支炎の発生率は表2のとおりであった。また、大久野島毒ガス傷害研究会と忠海病院で調査研究した旧従業員からなる癌登録患者のうち、死後に登録された者と曾根製造所関係の腫瘍登録患者を除外し、組合員と非組合員について男女別に呼吸器癌の発生率を求めると表3のとおりであった。

表2において慢性気管支炎の発生率を比較すると、組合員で認定患者とされた者が59.3%で最も高率であり、認定外とされた者は35.2%と最も低率であった。これに対し、非組合員の各職種における慢性気管支炎の発生率は両者の間にあった。

次に、表3において呼吸器癌の発生率を比較すると、男子工員が群を抜いて最も高率であり、従事者については男女とも工員のそれよりも低率であったが、男子従事者における発生率は女子工員の約3倍であった。

3. 毒ガスによる健康被害の内容について

昭和27年7月、当時30歳の男性が咳嗽・喀痰・高度の呼吸困難を主訴として広島大学第2内科に入院した。本患者は約1カ月後に死亡し、剖検の結果は気管分岐部に原発した扁平上皮癌であった。本患者は第二次世界大戦中、約1年半の間、大久野島毒ガス工場でイペリットの製造に従事しており、工場の近隣には同様の症状を訴えてい

る旧従業員が多数いることが分かった。直ちに保健所や広島大学病理学教室の協力を得て、210名の健康診断が行われ、その結果、90%を超える症例が、咳嗽・喀痰を有しており、重症者は強い呼吸困難を訴え、臨床的に慢性気管支炎と診断できる状態であることが判明した。また、同時に旧従業員の死亡診断書の検討も行われた。呼吸器疾患による死亡が多く、それらの中には喉頭癌や肺癌を疑わせる症例がみられた。

昭和36年には、竹原市に在住する旧従業員約1,000名の名簿が作られ、定期的な健康診断が開始された。昭和42年には広島県内の旧従業員の実態調査が行われ、健康診断の対象者数は大幅に拡大した。昭和53年12月末の集計で名簿に登録されている者は、生存者3,844名、死亡者799名であった。799名の死亡者のうち、昭和27年以降に死亡した男性の正規従業員434名について主要な死因をみると、気道癌84名（うち肺癌62名）・消化器癌75名（うち胃癌56名）・閉塞性肺疾患56名・脳血管障害55名などであった。生存者についてFletcherの基準により慢性気管支炎の有病率を算出すると、全体で約50%であった。イペリット、ルイサイト製造群ではさらに高率で、勤務期間が長い者においてより高率であった。典型的な症例は、気管支拡張症、肺炎、肺気腫、肺線維症などのいずれとも診断し得るような多彩な臨床像を示し、難治で次第に悪化し、呼吸不全・肺性心等で死亡する例が多かった。

気道癌はイペリット製造及びそれに関連する作業者に多発し、舌・咽頭・副鼻腔・喉頭・気管・気管支と気道のあらゆる部分から発生している。組織学的には扁平上皮癌・未分化癌が大部分を占め、腺癌は稀であった。毒ガス障害者には重複癌は稀でな

く、気道癌と消化器癌または皮膚癌の2重癌のほか3重癌もみられた。また、喉頭と気管支の重複気道癌もみられた。気道癌以外の悪性腫瘍では、胃癌が56名と最も多く、広島県住民に対する訂正死亡率でみても有意に高率であった。ボーエン病、皮膚の基底細胞癌などの皮膚癌が16名にみられたが、死亡例はなかった。これらの癌は皮膚の数カ所に多発する傾向がみられた。

以上、毒ガス障害では、呼吸器を始め、消化器・皮膚・循環器などに疾患がみられるのが特徴と考えられる。（表4）

4. 毒ガス曝露による呼吸機能障害の評価項目と評価方法について

（1）毒ガス暴露による呼吸機能障害の評価について

呼吸機能障害の評価に当たって、加齢による呼吸機能低下、喫煙による呼吸機能障害および偶発する呼吸器疾患などに起因する呼吸機能障害と、毒ガス暴露による呼吸機能障害とを分けて評価することが望ましいが、その対象者が有する諸々の原因による呼吸機能障害を合せて評価せざるを得ないのが現状である。

また一方、病変についても、気道炎症、気腫化などは、一般的呼吸器病変であり、毒ガス暴露によっても発生するが、それが毒ガス暴露によったものである（続発症）のか、それとも毒ガス暴露ではない別の原因により惹起された病変であるのか、の判別も困難である。

従ってわれわれは包括的に肺機能を知ることができるのみであって、病変の局所分布を知ること、病変の原因を特定すること、には限界がある。毒ガス暴露による換気機能障害としては拘束性、閉塞性、混合性のいずれも発生しうる。またガス交換障害も

種々の程度で発生し、肺高血圧・肺性心をとともなうこともある。

この様な種々の制約のなかで毒ガス暴露による呼吸機能障害を評価することになる。

(2) 自覚症状の調査と評価

毒ガス暴露による呼吸機能障害を評価するために自覚症状と他覚所見を収集する際に、自覚症状・他覚所見・検査所見は必ずしも並行しないことに注意する必要がある。特に、高齢者では症状が出現しないこと、自覚症状としてとらえられていないこと、呼吸機能検査が十分に行なわれない場合があること、毒ガス暴露による呼吸機能障害評価のための呼吸機能検査は対象が安定期にある時期に行なわれるべきであること、を念頭に置くべきである。

自覚症状は多彩であり、特有なものはない。経過が急性であったか慢性であったかにより、また同じ経過であっても対象者によって症状は大きく異なる。換気機能障害とガス交換機能障害とは必ずしも並行しない。

①呼吸困難

呼吸困難は自覚症状であり、主観的な感覚である。安静時には呼吸困難を認めないが、労作時に呼吸困難を自覚する対象者が実際には多い。

呼吸困難を客観的定量的に把握する方法で広く普及しているものはない。現時点では呼吸器疾患による労作時呼吸困難の程度分類には一般に Hugh-Jones の分類が用いられることが多い。呼吸困難の程度判断には丁寧な問診が最も重要である。

②咳嗽・喀痰

気道に炎症がある場合、咳嗽・喀痰が一般に認められるが、咳嗽・喀痰は気道炎症以外の病態によっても惹起される。咳嗽・

喀痰は呼吸器領域において呼吸困難とともに、最もよくみられる症状である。咳嗽については問診によってその概略を把握し、問診中および診察中にその症例の咳嗽の状況を観察し参考とする。喀痰は実際に医師が自分の目で診ることが大切である。一般には喀痰の性状は漿液性、粘液性、膿性と区分され、Miller と Jones の分類 (表 5) に準じて表現される。

③その他の症状

肺機能の低下に伴って特に体動時に心悸亢進を訴えることがあるが、心悸亢進をしばしば呼吸困難と誤って表現することがあるため、両者を区別して聴取する必要がある。その他の心呼吸器系の自覚症状についても、検査の場面で聴き取りを行う。胸痛、熱感、脱力感、盗汗等の訴えがある場合には罹患を疑う必要がある。

④喫煙歴の調査

喫煙歴と呼吸器症状との関連が問題とされているが、その影響の的確な評価については必ずしも明確となっていない。しかしながら、健康管理には、喫煙歴の情報は重要である。

(3) 他覚所見の検査と評価

①視診

呼吸困難を示唆する他覚的所見としては、一回換気量の増加あるいは呼吸数の増加、tracheal tug (吸気時に胸骨上窩に陥凹を認める)、呼吸補助筋 (胸鎖乳突筋、前斜角筋など) 活動などがあり、多彩である。しかしこれらが観察されるのは、かなり高度に進展した呼吸困難を有する対象者である。

チアノーゼは表在毛細血管中で還元型ヘモグロビンが 5g/dl 以上存在すると表れる。従って貧血では出現しにくく、多血症では出現しやすい。呼吸不全の定義にある 60

Torr ではチアノーゼは通常は出現しない (表 6)。チアノーゼの視診は毛細血管の中を流れる血液中のヘモグロビンの色調を外部分からみて認識するものである。観察部位は皮膚・粘膜が比較的薄いところが好ましい。耳介、鼻、唇、爪などがよく観察に利用されている。

中心性チアノーゼと末梢性チアノーゼがあるが、呼吸器疾患の評価には、中心性チアノーゼを診る。血流が寒さなどによって減少し末梢性チアノーゼが出現することがあるので、口腔粘膜、舌などが中心性チアノーゼの観察にはより好ましい観察部位と考えられる。

②聴診

右心負荷・肺高血圧を意味する身体所見 (表 7) を見落さないように注意する。疾患によって種々の聴診所見が発生し得るが、呼吸器循環器の聴診所見は短時間に容易に変化しやすいことを念頭に置くことが必要である。

(4) 肺機能検査

①換気機能 (スパイロメトリー)

スパイロメトリーでは被験者の最大の努力が求められ、被験者の理解、協力、努力などによってその成績が異なる。さらに検者の被験者を適切に誘導する技術・熟練が求められる。得られたスパイロメトリーの成績が満足すべきものかの判断は得られたスパイログラムのパターンに異常はないか、再現性があるか、などが参考とされ、採用基準が示されている。スパイロメトリーでは、静的条件で測定される肺活量 (VC) と動的条件下で測定される努力呼出曲線の 2 種類の検査が行なわれる。

a) パーセント肺活量及び 1 秒率の算出

VC が正常限界以下の状態を拘束性換気障

害と呼ぶ。VC は性別、年齢、体格、体位などによって異なる。従って、ある被験者の VC を経時的に比較するなどの場合以外では、VC の評価は絶対値で評価することより基準値 (予測肺活量) に対する割合 (%肺活量、%VC) で評価することの方が多。実測 VC と予測肺活量から %VC を計算する。

$\% \text{肺活量} (\%) = \text{実測肺活量} / \text{予測肺活量} \times 100$

予測肺活量とは被験者の性別、年齢、体格などより健常人として予測される VC の平均値である。VC は加齢とともに低下する。多くの報告があるが、現在我が国においては Baldwin の予測式から求めることが多い。Baldwin の予測式は次の如くで、与えられる VC の単位は ml である。

男性： $(27.63 - 0.112 \times \text{年齢}) \times \text{身長} (\text{cm})$

女性： $(21.78 - 0.102 \times \text{年齢}) \times \text{身長} (\text{cm})$

努力呼出曲線は最大呼出努力のもとで測定される。呼出開始より最初の 1 秒間の呼出量を一秒量 (FEV₁) とし、その過程で得られる肺活量を努力肺活量 (FVC) とする。FEV₁、FVC は性別、年齢、体格、体位などによって異なる。ある被験者の FEV₁ を経時的に比較するなどの場合以外では、FEV₁ を絶対値で評価することより一秒率 (FEV₁%) で評価することの方が多。FEV₁% は次の式によって計算される。

$\text{FEV}_1\% (\%) = \text{FEV}_1 / \text{FVC} \times 100$

FEV₁ および FVC とともに実測される。

FEV₁% が正常限界以下の状態を閉塞性換気障害と呼ぶ。

静的条件下で求められた %VC と動的条件下で求められた FEV₁% とを組み合わせる換気機能障害を評価する。%VC と FEV₁% のそれぞれに正常限界が報告されており、それによって %VC と FEV₁% を評価するが、概略の評価を与える場合に

は%VCの正常限界を80%、FEV₁%の正常限界を70%とすることがある。

換気機能障害の評価に用いられているのに予測肺活量1秒率(FEV₁/予測肺活量)を指数としたものがある。指数は、静的条件下でのVCと動的条件下でのFVCとが等しいと仮定すれば、%肺活量とFEV₁%とを掛合わせたものである。

②フローボリューム曲線

努力呼出曲線(図1)の横軸は時間で縦軸は呼出量である。全く同じデータを、縦軸をその時の呼気速度とし横軸を呼出量として、プロットした曲線がフローボリューム曲線(図2)である。最大呼出努力のもとで測定される。フローボリューム曲線はMaximal Expiratory Flow Volume Curve(MEFV)と呼ばれることもある。肺気量が70%肺活量以下の肺気量ではある程度以上の呼気努力をすればそれ以上呼出努力をましても呼気流量は増加しない現象がみられる(flow limitation)。この各肺気量位における最大流量(V_{max})をつらねた曲線がフローボリューム曲線である。つまりV_{max}はその肺気量位における最大呼気流量である。その低下は気道抵抗の増大 and/or 肺の弾性収縮力の低下を意味する。フローボリューム曲線は、努力呼出曲線に比べ、パターン認識が容易であることや、得られる各肺気量位における最大呼気流量から各肺気量位における(特に低肺気量位における)呼出障害を検出できることから有用である。

(5) 動脈血ガス

動脈血ガス所見は肺でのガス交換機能を見る総合的指標である。安静時室内気吸入のもとでPaO₂が60 Torr以下は呼吸不全と、PaCO₂が45 Torr以上はCO₂蓄積ありと判断される。CO₂蓄積は肺泡低換気を意味する。血液ガス測定装置では動脈血O₂分圧(PaO₂)、

動脈血CO₂分圧(PaCO₂)、pHの3つの指標測定できる。臨床ではこれら3つの測定値を常に1組として評価に用いる。

動脈血ガスの採取は覚醒安静時室内気吸入のもとで行う。原則として仰臥位で行う。対象が十分に安静であること、過換気状態にないこと、息こらえ(breath hold)をしていないこと、を確認しながら行う必要がある。採血後直ちに測定を行う。

なお、最近普及したパルスオキシメーターにより、動脈血O₂飽和度(SaO₂)を非侵襲的かつ連続的に概略を知るパルスオキシメトリーという方法もある。特長としては、運動中、睡眠中はもとより麻酔中、酸素投与中、人工呼吸器装着中などのモニターとして有用であり、較正を必要としないので簡便である。2波長の吸光度の脈動成分を測定し、その比を計算し、その比と内蔵の較正曲線から動脈血成分のSaO₂を求める。その限界あるいは精度に影響を与える因子などを理解して用いることが必要である。使用に際しては次の注意点がある。

末梢循環不全によって脈派が小さくなると精度が落ちること、SaO₂の1%の変動はPaO₂では大きな変動であること、SaO₂が低い領域(約60%以下)では精度が低下すること、センサー部分が体動などによって振動し測定誤差が大きくなること、光量が大きいかあるいは周期性をもつ外部光がセンサーに入ることによって誤差が発生しうること、などである。

パルスオキシメーターによる測定は簡便で、モニターとしてトレンドを知る上で有用である。パルスオキシメトリーで動脈血採血の回数を減らすことはできるが、呼吸障害把握の基本はやはり動脈血ガス所見である。

(6) 運動時の呼吸障害

運動時の呼吸障害を覚醒安静時の呼吸機能検査から推定することは困難である。安静時には呼吸障害が認められないが、運動時に呼吸障害を認めることは、日常臨床でしばしば遭遇することである。ある対象者の呼吸障害の実態を把握しようとする際には、安静時の呼吸障害解析のみでは不足で、運動時の呼吸障害の観察が不可欠である。

運動負荷試験の目的には運動能力を他覚的に評価すること、限界の運動量を把握すること、運動を制限している要因を解析することなどがある。

運動を負荷する方法には色々ある。一定の負荷をかけて経過を観察する方法、また次第に負荷量を増加させながら経過を観察する方法がある。用いる道具にはトレッドミルおよびエルゴメーターなどがある。運動負荷試験中は自覚症状を注意深く観察することがまず重要である。測定項目には、心拍数、血圧、心電図、呼吸数、換気量、1回換気量、呼気ガス酸素・炭酸ガス濃度、パルスオキシメトリー、動脈血ガス分圧、血中乳酸などがある。これら実測するパラ

メーターを組み合わせることで種々の指標を計算し、評価に用いる。常に危険を考慮しながら実施する必要がある。

階段昇降試験については、原則として運動負荷による脈拍数の上昇及び負荷終了後の脈拍数の経過をもって測定する。

1段昇降試験は、高さ25cmの1段階において4秒に1回程度3分間の昇降を行い、2段昇降試験は、高さ25cm及び50cmの2段階において4秒に1回程度4分間の昇降を行う。

まず1段昇降試験を行い、その結果、負荷後の脈拍数の増加率が10%に満たない場合は、改めて2段昇降試験を行う。脈拍数の変動の測定に際しては、適正な安静時脈拍数を厳に保った上で行う。

(7) 呼吸機能障害に対する現行の障害認定について

① 障害者福祉法に基づく呼吸器機能障害について

以下、「身体障害者障害程度等級表について」(昭和59年9月28日社更第127号)より引用する。

『a) 呼吸器の機能障害の程度についての判定は、予測肺活量1秒率(以下「指数」という。)、動脈血ガス及び医師の臨床所見によるものとする。指数とは1秒量(最大吸気位から最大努力下呼出の最初の1秒間の呼気量)の予測肺活量(性別、年齢、身長の場合で正常ならば当然あると予測される肺活量の値)に対する百分率である。

1級:(呼吸器の機能の障害により自己の身の日常生活活動が極度に制限されるもの場合、)呼吸困難が強いため歩行がほとんどできないもの、呼吸障害のため指数の測定ができないもの、指数が20以下のもの又は動脈血 O_2 分圧が50 Torr以下のものをいう。

3級:(呼吸器の機能の障害により家庭内での日常生活活動が著しく制限されるもの場合、)指数が20を超え30以下のもの若しくは動脈血 O_2 分圧が50 Torrを超え60 Torr以下のもの又はこれに準ずるものをいう。

4級:(呼吸器の機能の障害により社会での日常生活活動が著しく制限されるもの場合、)指数が30を超え40以下のもの若しくは動脈血 O_2 分圧が60 Torrを超え70

Torr 以下のもの又はこれに準ずるものをいう。

』

これに加えて、「四訂 身体障害認定基準 企画課監修）において、以下のような説明
解釈と運用」（厚生省大臣官房保健福祉部 が加えられている。

『 a) 診断書の作成について

エ 換気の機能と動脈血ガス

呼吸器機能障害の場合、予測肺活量 1 秒率と動脈血ガス O_2 分圧が障害程度の認定の基本となるので重要である。ただし、両者を全例に必ず実施する必要はなく、実状に応じいずれか一方法をまず実施し、その結果が妥当でないと思われる場合（例えば自覚症状に比し）に他の検査を実施する。

b) 障害程度の認定について

- (1) 呼吸器の機能障害の程度についての認定は、「指数」、動脈血ガス及び医師の臨床所見によるものとする。
- (2) 呼吸器機能障害の検査指標を指数方式又は動脈血ガス方式としているのは、換気機能障害とガス交換機能障害の両面から判定するのが客観的な方法であり、単一の検査による見落としをさけ公平を保つ必要があるためである。
- (3) 基本的には指数又は動脈血ガス O_2 分圧のいずれか低位の数値をもって認定することとなるが、診断書に書かれた指数、動脈血ガスの数値と活動能力の程度、臨床所見等との間に極端な不均衡がある場合には、慎重な取扱いをして認定することが必要である。
- (4) 活動能力の程度と障害等級との間にはおおむね次のような対応関係があるものとして、認定上の参考に用いる。なお、活動能力の程度と呼吸器機能障害の程度とは必ずしも一義的な関係にあるとは限らないので注意が必要である。

ア 階段を人並みの早さで登れないが、ゆっくりならのぼれる。・・・非該当

イ 階段をゆっくりでも登れないが、途中休み休みならのぼれる。・・・4 級

ウ 人並みの速さで歩くと息苦しくなるが、ゆっくりなら歩ける。・・・4 級

エ ゆっくりでも少し歩くと息切れがする。・・・3 級

オ 息苦しくて身のまわりのこともできない。・・・1 級』

② 国民年金・厚生年金保険障害認定基準における肺機能障害について

以下、昭和 61 年 3 月 31 日庁保発第 15 号「国民年金・厚生年金保険障害認定基準について」より引用する。

『 a 』 国民年金・厚生年金保険障害認定基準における肺機能障害については、障害の程度は、予測肺活量 1 秒率、活動能力の

程度、必要に応じて行う動脈血ガス分析の結果又は階段昇降試験等により、総合的に認定するものとし、当該疾病の認定の時期以後少なくとも 1 年以上の療養を必要とするものであって、長期にわたる安静を必要とする病状が日常生活の用を弁ずることを不能ならしめる程度のものを 1 級に、日常生活が著しい制限を受けるか又は日常生活

に著しい制限を加えることを必要とする程度のもを2級に、また、労働が制限を受けるか又は労働に制限を加えることを必要とする程度のもを3級に該当するものと

認定する。各等級に相当すると認められるものを一部例示すると次の通りである。

1級：

- 1 活動能力の程度が次表のエ又はオに該当し、かつ、次のいずれかに該当するもの
 - (1) 予測肺活量1秒率が20%以下のもの
 - (2) 動脈血ガス分析値に高度の異常があるもの
- 2 いかなる負荷にも耐え得ないもの

2級：

- 1 活動能力の程度が次表のウに該当し、かつ、次のいずれかに該当するもの
 - (1) 予測肺活量1秒率が20%を超え30%以下のもの
 - (2) 動脈血ガス分析値に中等度又は軽度の異常があるもの
- 2 2段昇降試験は不能であるが、1段昇降試験において3分間の負荷終了後5分経過しても脈拍数が安静値に比し10%以上増加を示し、かつ、呼吸促進を認めるもの、又は1段昇降試験においても発汗、頻脈(120以上)等のため3分間の負荷試験が継続不能と認められるもの

3級：

- 1 活動能力の程度が次表のア又はイに該当し、かつ、次のいずれかに該当するもの
 - (1) 予測肺活量1秒率が30%を超え40%以下のもの
 - (2) 動脈血ガス分析値に軽度の異常があるもの
- 2 2段昇降試験において、4分間の負荷終了後10分経過しても脈拍数が安静値に比し10%以上の増加を示し、かつ、呼吸促進を認めるもの、又は発汗、頻脈(120以上)等のため4分間の負荷試験が継続不能と認められるもの

呼吸器疾患活動能力区分表

区分	活動能力の程度
ア	階段を人並みの早さで登れないが、ゆっくりなら登れる。
イ	階段をゆっくりでも登れないが、途中休み休みなら登れる。
ウ	人並みの速さで歩くと息苦しくなるが、ゆっくりなら歩ける。
エ	ゆっくりでも少し歩くと息切れがする。
オ	息苦しくて身のまわりのこともできない。

b) 動脈血ガス分析値の異常の程度を参考として示せば、次のとおりであるが、年齢、居住地の海拔等を考慮し、また1回のみ検査成績によることなく、総合的に判定するものとする。

区分	検査項目	単位	正常	軽度異常	中等度異常	高度異常
1	動脈血 O ₂ 分圧	mmHg	76 以上	75～66	65～56	55 以下
2	動脈血 CO ₂ 分圧	mmHg	34～45	46～50	51～59	60 以上
3	肺胞気—動脈 血 O ₂ 分圧較差	mmHg	24 以下	25 以上	—	—

c) %肺活量（肺活量予測値に対する肺活量実測値の百分率）が59%以下であって（じん肺にあっては、%肺活量のいかんにかかわらずすべての者）、予測肺活量1秒率が日常生活能力を必ずしも正確に反映していないと判断される者については、必要に応じて動脈血ガスの測定又は階段昇降試験を実施し、総合的に判定するものとする。』

③ 両制度における障害認定基準の比較 (表8)

両制度における認定基準の違いは、動脈血ガス分析値での閾値にある。身体障害者障害程度等級表1級では、PO₂が50以下に対し国民年金・厚生年金保険障害認定基準1級では55以下でPCO₂が60以上とされている。同様に身体障害者障害程度等級表3級では、PO₂が50を超え60以下に対し国民年金・厚生年金保険障害認定基準2級では65～56でPCO₂が51～59、身体障害者障害程度等級表4級ではPO₂が60を超え70以下に対し国民年金・厚生年金保険障害認定基準3級では75～66でPCO₂が46～50とされている。すなわちPO₂の評価において、身体障害者障害程度等級表の基準に比べ、国民年金・厚生年金保険障害認定基準が高く設定されている。

この違いは、身体障害者福祉法別表において、「5 心臓、じん臓又は呼吸器の機能の障害その他政令で定める障害で、永続し、かつ、日常生活が著しい制限を受ける程度であると認められるもの」とされているの

に対し、国民年金・厚生年金保険障害認定では、2級において、「日常生活は極めて困難で、労働により収入を得ることができない程度のものである。」とされ、3級では「傷病が治癒したものにあつては、労働が著しい制限を受けるか又は労働に著しい制限を加えることを必要とする程度のものである」とされており、「日常生活が著しい制限を受ける」程度よりも「労働に制限を受ける」程度の方が呼吸機能の障害の程度が軽いとの判断に基づくものと考えられる。

5. 毒ガスによる皮膚障害について

(1) 毒ガスによる皮膚症状と皮膚疾患

① 毒ガス受傷時の皮膚症状

酸、アルカリ、金属、有毒ガス、有機性薬物などによる皮膚障害を化学熱傷、化学傷、薬傷などと称する¹⁾。毒ガスの種類によって、皮疹の重症度が異なるが、イペリットはルイサイトより毒性は強かったといわれる²⁾。毒ガス障害者の証言³⁾ および学

会誌に記載されている遠山⁴⁾の臨床講義からイペリットの皮膚症状をまとめると、次の如くなる。その濃度、付着時間、受傷部位さらには過去の受傷の有無によって、

皮膚症状は異なるが、付着から数時間を経たのち出現する：

軽 症：紅斑性浮腫性腫脹として表れ、後に癬痕などを残さず治癒する。熱傷第1度の症状と類似する。イペリット皮膚炎名は、これに由来する。
中等症：その紅斑性浮腫性腫脹上に、小水疱、水疱が出現し、それらがびらん化する。後に色素沈着（褐色斑）もしくは色素脱失（白斑）を残す。熱傷第2度の症状と類似する。びらんガス名はこれに由来する。
重 症：その紅斑性浮腫性腫脹上に、小水疱、水疱、びらんに加え、潰瘍が出現する。深い時には、筋膜まで達する。後に癬痕を残すが、その色は褐色または白色である。
合併症：中等症および重症の皮疹には細菌感染が合併し易い。
自覚症：自覚症無しから、いちじるしい疼痛まで幅広い。

②毒ガス受傷による皮膚後遺症^{3) 5) 6) 7) 8) 9)}

発症部位に一定の傾向がみられた。皮疹は着衣の末端に近い露出部に多かった。また自分の手を介して二次接触がおこり易く、陰茎にもみられた。さらに蒸気として衣服

内に侵入した為、体幹および四肢中枢部位に、広島大学グループのいう毒ガス斑がみられた。

皮疹は、色素沈着（斑色斑）、色素脱失（白斑）、褐色癬痕、白色癬痕などである。なお、毒ガス斑とは、小指爪大までの円形、だ円形、もしくは不整形の多発性白斑であるが、表面に縮緬皺（ちりめんじわ）を有することから、浅い潰瘍が治癒したあとの軽度な癬痕と考えられる。これが多発する為、多発性白斑と報告書³⁾には記載しているが、正確には多発性白斑性癬痕が正しいと思われる。

③毒ガス癬痕上に出現する皮膚疾患

皮脂欠乏症（皮膚そう痒症）：癬痕組織には汗腺、脂腺などが含まれぬ為、皮膚の表面が乾燥する。そのため、皮脂欠乏症（または皮膚そう痒症）が発生し易い。

皮脂欠乏性湿疹（貨幣状湿疹 自家感作性皮膚炎）：進展すると皮脂欠乏性湿疹（または貨幣状湿疹、自家感作性皮膚炎など）になる。

皮膚がん：熱傷癬痕がんと同様に、種々の皮膚がんの発生が考えられている。

④毒ガス原料の砒素による皮膚疾患

ボーエン病：ルイサイトおよびジフェニルシアンアルシン（くしゃみ毒ガス）の原料として、亜砒酸が用いられ、その体内侵入によって数年、時には数10年後に皮膚の諸々に発症する。広島大学の調査でも、多数例が認められている。

前がん状態：手掌、足底に好発する砒素角化症は有棘細胞がんが発展し易い。

（2）診断と治療¹⁰⁾

皮脂欠乏症（皮膚そう痒症）：皮膚表面の萎

進月歩であり、今後にも必要に応じて最新の 知見に基づき検討を加えていく必要がある。

表1 製造された毒ガスの種類・性質

毒ガス名	化学式	陸軍呼称	性質	傷害時間	持久性	製品
イペリット	(C ₂ H ₄ Cl) ₂ S	黄1 (A1、2、3)	びらん性	遅効性	持久性	液
ルイサイト	CHCL=CHAsCN	黄2 (A4)	びらん性	即効性	持久性	液
ジフェニルシアン アルシン	(C ₆ H ₅) ₂ AsCN	赤1号	くしゃみ性 (刺激性)	即効性	一時性	固
塩化アセトヘノン	C ₆ H ₅ COCH ₂ Cl	緑1号	催涙性 (刺激性)	即効性	半持久性	固
ホスゲン	COCl ₂	青1号	窒息性	即効性	一時性	気
青酸	HCN	茶1号	窒息性	即効性 (中毒性)	一時性	液

表2 組合員等の工員又は非組合員の従事者における職種別の慢性気管支炎発生率

職 種	組合員等の工員			非組合員の従事者					合計
	認定	認定外	小計	学徒	婦人会 挺身隊	戦後処理	その他	小計	
慢性気管支炎		192	384	348	104	84	101	637	1,021
人 数	324	546	870	927	198	198	201	1,524	2,394
発生率 (%)	59.3	35.2	44.1	37.5	52.5	42.4	50.2	41.8	42.6

表3 組合員等の工員又は非組合員の従事者における男女別の呼吸器癌の発生率

	呼吸器癌				計
	組合員等の工員		非組合員の従事者		
	男	女	男	女	
腫瘍数	161	10	35	11	217
人 数	2,407	1,123	1,364	1,843	6,737
発生率 (%)	6.69	0.89	2.57	0.60	3.22

表 4 毒ガスによる主な疾患

<p>1. 慢性呼吸器疾患並びに同疾患に罹患している者に発生した気道癌及び皮膚癌（ボーエン病を含む）</p> <p>ただし、これらの疾患のうち、ガスの障害作用に起因するものではないことが明らかであるものは除く。</p> <p>2. 上記の慢性呼吸器疾患にかかっている者に併発した右心不全、呼吸器感染症、消化器疾患及び皮膚疾患</p> <p>なお、ここでいう慢性呼吸器疾患、気道癌、皮膚癌、呼吸器感染症、消化器疾患、皮膚疾患とは、次のものを指す。</p> <p>(慢性呼吸器疾患)</p> <p>慢性鼻咽頭炎、慢性副鼻腔炎、慢性気管支炎、慢性気管支拡張症、慢性肺気腫、慢性喉頭炎、肺線維症及び喘息</p> <p>(気道癌)</p> <p>副鼻腔癌、舌癌、咽頭癌、喉頭癌、気管癌、肺癌及び縦隔癌</p> <p>(呼吸器感染症)</p> <p>急性鼻咽頭炎、急性副鼻腔炎、急性気管支炎、インフルエンザ、肺炎、胸膜炎、肺化膿症及び肺結核</p> <p>(消化器疾患)</p> <p>胃癌、胃潰瘍、十二指腸潰瘍</p> <p>(皮膚疾患)</p> <p>砒素角化症、化学熱傷瘢痕上に生じた湿疹及び皮膚炎</p>
--

表 5 : Miller&Jones 分類

M1 : 純粹に粘液性であり、膿性の部分を全く認めないもの
M2 : 主として粘液性で、膿性の存在が疑わしいもの
P1 : 膿性の部分が全体の 1/3 を超えないもの
P2 : 膿性の部分が全体の 1/3~2/3 までのもの
P3 : 膿性の部分が全体の 2/3 を超えるもの

表 6 チアノーゼの出現と動脈血ガス所見

チアノーゼ	SaO ₂ (%)	PaO ₂ (Torr)
なし	> 85	> 55
時に	70~85	40~55
必ず	< 70	< 40

表7 右心負荷を意味する身体所見

著名な頸静脈 a 波
著名な頸静脈 v 波
parasternal の右室の heave
第2肋間胸骨左縁の肺動脈 impulse
肺動脈の収縮期駆出音
IIP の亢進
肺動脈弁口領域の拡張期逆流性雑音 (Graham-Steell 雑音)
肺動脈の収縮期駆出性雑音
右室拡張期 gallop (右室性 3 音)
右房前収縮期 gallop (右室性 4 音)
三尖弁逆流音全収縮期性漸減性雑音 (Rivero-Carvalho)

表8

活動能力	予測肺活量 1 秒率	動脈血ガス分析値	負荷試験
障害 1 級 Hugh-Jones の V 度	測定不能又は 20% 以下	PO ₂ : 50 以下	いかなる負荷にも耐え得ない
障害 3 級 年金 1 級 Hugh-Jones の III 度又は IV 度	20% を超え 30% 以下	高度異常 PO ₂ : 55 以下 PCO ₂ : 60 以上 PO ₂ : 50 を超え 60 以下	2 段階終了後、呼吸器が、は発め継続 1 段階終了後、呼吸器が、は発め継続 呼吸器が、は発め継続 呼吸器が、は発め継続
障害 4 級 年金 2 級 Hugh-Jones の II 度	30% を超え 40% 以下	中等度異常 PO ₂ : 65 ~ 56 PCO ₂ : 51 ~ 59 PO ₂ : 60 を超え 70 以下	2 段階終了後、呼吸器が、は発め継続 1 段階終了後、呼吸器が、は発め継続 呼吸器が、は発め継続 呼吸器が、は発め継続
障害 年金 3 級 Hugh-Jones の I 度		軽度異常 PO ₂ : 75 ~ 66 PCO ₂ : 46 ~ 50 正常 PO ₂ : 76 以上 PCO ₂ : 34 ~ 45	