

1 1 - 2 1 . 粉じんによる障害

粉じんを長期にわたって吸引すると、「じん肺」という不治の病が発生する可能性がある。じん肺患者の肺では線維の増殖が起こり、肺が固くなって呼吸が困難になる。そのうえ、じん肺患者では、肺結核、気管支炎などの病気が起きやすくなる。また、粉じんの種類によっては、アレルギーやがんなども生じる。

日本には、粉じんにさらされて働く人の健康を守るために3つの特別な法規がある。第1は、「じん肺法」で、健康管理について定めている。この法律では、じん肺を「粉じんを吸入することによって肺に生じた線維増殖性変化を主体とする疾病」と定義している。第2は、「粉じん障害防止規則」という省令で、粉じんにさらされる職場の粉じん発生源に**局所排気装置**を設置するなどの設備的な対策を講じるとともに、**有効な呼吸用保護具**を使用することなどを定めている。第3は、「石綿障害予防規則」という省令で、とくに有害性の高いアスベスト（石綿）粉じんについて、その吸入防止や健康診断等を定めている。

(1) 粉じんの種類と障害

粉じんの種類別に健康障害を挙げると次のようになる。

有機粉じんによる障害

綿肺、コルク肺、農夫肺、砂糖きび肺、線香肺、合成樹脂肺など

IARC（国際がん研究機関）の発がんリスク分類には、木工粉じんがグループ1（ヒトに対する発がん性が認められている）に挙げられている。

無機粉じんによる障害

けい肺、石綿肺、蠟石肺、滑石肺、珪藻土肺、アルミニウム肺（金属粉）、酸化鉄肺（溶接工肺）、

黒鉛肺、炭鉱夫じん肺（石炭じん肺）、炭素肺（活性炭粉）

けい肺の原因になる結晶質シリカ（遊離けい酸）は、IARCの発がんリスク分類では、グループ1（ヒトに対する発がん性が認められている）に分類されている。

特定粉じんによる障害

アスベストによる、中皮腫、肺がん、その他のがん、石綿肺、良性石綿胸水、びまん性胸膜肥厚

その他の粉じんによる障害

紙粉、穀物粉、煙、油煙、煤などがあり、鉱山や炭鉱、陶磁器製造業、製紙業、石切業、鋳物業、トンネル工事、建築や建造物の解体など粉塵の多い環境に従事する職業にみられる。

(2) 発生と進行

1) じん肺の発生

ヒトの呼吸器には、粉じんなどの異物を捕捉・排除する機能が備わっており、比較的大きな粉じんは鼻と喉で捕捉され、細かな粉塵は気管や気管支のせん毛で排除される。しかし、

大きさがおよそ1~5 μm の粉じんは気管・気管支に沈着し、1 μm 以下の粉じんは肺胞に到達する。

肺胞に到達した粉じんは、呼吸とともに体外へ出されたり、肺胞マクロファージ（大食細胞）に貪食されて肺外に運ばれたりするが、一部は排出されず残る。そのため、粉じんの濃度の高い空気を吸入しつづけると肺胞に粉じんがたまっていく。このような生活が続くと、肺胞やその周辺で次の変化がおこる。

気管支の炎症：吸い込んだ粉じんが、喉の粘膜や気管支～肺の粘膜に付着してそこで化学反応を起こし、粘膜を刺激して炎症を起こす。肺の奥の方まで炎症が及び、肺に水が貯まる、肺水腫という状態になると致命的になる。

肺線維症：正常な肺胞が壊れて線維組織に置き換わり、肺線維症を来す。

気腫性変化：肺胞がふくらんだまま弾力を失う。

初期は自覚症状がないため、気づかない間に進行し、やがて咳、痰、息切れがおこる。さらに進行すると呼吸困難、動悸を起こす。また、じん肺になると肺結核などの病気を合併しやすくなる

2) じん肺の合併症

以下の疾病が認められている。

①肺結核

②結核性胸膜炎 肺の周囲に胸水がたまる。発熱や胸痛が見られることがある。

③続発性気胸 胸痛、息切れで発症する。肺の表面が破れ、空気もれるために肺が収縮した状態になる。胸部レントゲン検査で診断する。

④続発性気管支炎 1年のうち3ヶ月以上、毎日のように咳と痰がある。起床後おむね1時間のうちに膿性痰が3cc以上みられる。

⑤続発性気管支拡張症 膿性痰や血痰がみられる。胸部レントゲン検査やCT検査で診断される。

⑥原発性肺がん

(3) じん肺の種類

症状の現れ方、進行の早さは、原因となる粉じんの化学組成、粒子の大きさ、吸入量（空気中の粉じんの濃度×毎時吸気量×時間）、個人差（性、年齢、生活パターン、体質）により異なる。粉じんの化学組成によるじん肺の分類のうち主なものを列挙する。

珪肺 石英、珪石など遊離珪酸を含む粉じんの吸入が原因。

アルミ肺 アルミニウム粉じんの吸入が原因。進行が早く、数年間程度で呼吸困難、衰弱などの症状が現れる。

ボーキサイト肺 アルミニウムの原料であるボーキサイトの粉じんの吸入が原因。進行が極めて早く、2~4年で死亡にいたる。

酸化鉄肺（鉄肺） 酸化鉄の吸入が原因。電気溶接工にみられる。あまり進行しないといわれるが、吸い続けていると数十年で肺が膠（にかわ）の様に硬くな

り呼吸困難に陥り、治療は不可能となる。

石綿肺

アスベストの吸入が原因で、肺がんの続発率が 2~3 割と言われる。

表 11-21-1 主な原因物質と職業

原因物質	疾患名	職種・職場
石炭	炭坑夫じん肺	炭鉱
遊離珪酸	珪肺	鉱山、隧道工事、窯業
炭素	炭素肺	炭素製造工場
	黒鉛肺	黒鉛、電極工場
珪酸化合物	石綿肺	建設業、石綿鉱山、自動車工場
	滑石肺	採石、ゴム工場
	珪藻土肺	珪藻土工場
	セメント肺	建設業
酸化鉄	溶接工肺	建設業、造船業
アルミニウム	アルミニウム肺	金箔製造工場
ベリリウム	ベリリウム肺	ベリリウム精錬

(労働者健康安全機構 労災疾病等医学研究普及サイトより)

(4) 粉じん障害の予防

このような粉じんによる障害を防止する対策としては、①粉じん発散および粉じんへのばく露を低減すること、ならびに②粉じん作業従事労働者に対する健康管理をすることが基本となる。具体的には、本節の冒頭に記した粉じん障害防止規則、石綿障害予防規則およびじん肺法に規定されている。

粉じん発散及び粉じんばく露を低減するためには、以下の対策が必要である。

- ① **発生源対策**として、作業環境中の粉じんを極力減少させる。そのために、作業場所での「**局所排気装置の設置**」が重要である。
- ② 作業方法の改善として、粉じん吸入を減らすように、作業者に対する**安全教育**を実施すること。防じんマスクの着け方のトレーニングを実施し、作業時に必ず着用する。
- ③ じん肺の早期発見と進展程度の把握のための定期的な**じん肺健康診断**の実施。
- ④ じん肺**予防に必要な教育**の実施。
- ⑤ これらの対策を推進するための**管理体制**の整備。

(5) じん肺法にもとづくじん肺管理区分申請と、労働災害申請

じん肺管理区分は、粉じん作業従事者のじん肺予防のための作業内容の監督や指導、健康管理の指標となる。

じん肺管理区分の管理1は、「じん肺所見なし」であるが、管理2は胸部X線写真像の区分の「第1型」で、管理2、3、4となるにつれて重症となる。管理4では、「著しい呼吸機能障害」を伴う場合は、悪化すると酸素ボンベが手放せなくなる。

管理2または3で、上に示した合併症が認められる場合、ならびに管理4の場合は、労働災害の認定対象になる。

(6) 大気汚染と粉じん障害

大気汚染による浮遊粉じんを吸引することによってもいろいろな障害が発生する。公害などの形で、近代の工業や交通の発展にともなって人類を苦しめてきた。

1) 大気汚染防止法（以下大防法）の位置づけ

大防法では、「ばい煙」について、物の燃焼等に伴い発生する**いおう酸化物**、**ばいじん**（いわゆるスス）、**有害物質**（カドミウム及びその化合物、塩素及び塩化水素、フッ素、フッ化水素及びフッ化珪素、鉛及びその化合物、窒素酸化物）をいうとされている。

大防法で「粉じん」と規定するものは、「物の破砕やたい積等により発生し、又は飛散する物質」とされ、このうち、人の健康に被害を生じるおそれのある物質を「特定粉じん」（現在、石綿を指定）、それ以外の粉じんを「一般粉じん」として定めている。つまり一般粉じんは健康被害をもたらすものとは位置づけられていない。

しかし、人の身体に障害をもたらす物質は、気体として吸引することもあるが、例えば黄砂は、いろいろな有害物質を吸着して降り注いでくることが知られてきた。PM2.5 など、微小粒子状の物質として、おもに呼吸を通じて人体に入り込むものなどの仕組みの解明が進んできた。さらにそうした有害物質同士が結びついて人の身体に作用するのではないかという見方も多く、いっそうの解明が求められている。

今日なお、気管支ぜんそく患者は増え続けている。環境に起因する物質を、粒子、粉じんとして吸引することによって障害がもたらされる問題は、古くて新しい問題として私たちの前に提起されている。

2) 窒素酸化物（NO_x）

NO_x は、主に自動車の排気ガスを発生源としている。

特に毒性の高い二酸化窒素（NO₂）は、大防法によって環境基準が定められており、1時間値の1日平均値が0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内またはそれ以下であることとされている。NO₂自体は中性で肺から吸収されやすい赤褐色の気体または液体であり。細胞内では強い酸化作用を示して細胞を傷害するので、粘膜の刺激、気管支炎、肺水腫などの原因となる。1992年に制定（2001年改正）された「自動車から排出される窒素酸化物及び粒子状物質の特定地域における総量の削減等に関する特別措置法」（自動車 NO_x・PM法）によって規制されている。

3) 黄砂

タクラマカン砂漠やゴビ砂漠、黄土高原でおこる砂嵐で吹き上げられた砂じんのうち、大きさが約0.05mm以下のものは浮遊運動をするといわれている。大きい砂塵は発生地周辺に落下し、移動する砂丘を構成する。浮遊運動をする小さな砂は風に乗って上空を移動し、遠くまで到達する。これが黄砂となる。

その組成は、主に石英、長石、雲母、緑泥石、カオリナイト、方解石（炭酸カルシウム）、石膏（硫酸カルシウム）、硫酸アンモニウムなどである。日本の普通の表土に比べるとカルシウムの含有率が高いことが特徴の1つとなっている。

粒子の種類によって度合いは異なるものの、黄砂は空気中のさまざまな粒子を吸着する。北京など中国の主要都市では、黄砂が増加する冬季にエアロゾル（気体の中に微粒子が多数

浮かんた物質の総称)の量が増加するため、その多くが黄砂であると考えられているが、黄砂発生地(中国主要都市)のエアロゾルと中国主要都市のエアロゾルの成分を比較すると、後者のほうが硫酸イオンや硝酸イオン、重金属である鉛の濃度が高い。また実験により、黄砂の粒子が触媒となって、二酸化硫黄ガスが黄砂粒子の表面に吸着されて反応し硫酸イオンになることや、中国主要都市の大気に多く含まれる硫酸アンモニウムが、湿度が高いときに黄砂に吸着され、黄砂中のカルシウムがアンモニアと置換反応して硫酸カルシウムになることも分かっている。黄砂は上空を浮遊しながら次第に大気中のさまざまな粒子を吸着するため、その成分は発生する地域と通過する地域により異なると考えられ、中国・韓国・日本などの工業地帯を通過した黄砂は硫黄酸化物や窒素酸化物を吸着するとみられている。

4) PM2.5

PM2.5とは、大気中に浮遊する小さな粒子のうち、粒子の大きさが2.5 μm (1 μm =1mmの千分の1)以下の非常に小さな粒子のことである。その成分には、炭素成分、硝酸塩、硫酸塩、アンモニウム塩のほか、ケイ素、ナトリウム、アルミニウムなどの無機元素などが含まれている。また発生源によりさまざまな粒径のものが含まれており、地域や季節、気象条件などによってその組成が変動する。

PM2.5には、物の燃焼などによって直接排出されるもの(一次生成)と、環境大気中で化学反応により生成されたもの(二次生成)とがある。一次生成粒子の発生源としては、ボイラーや焼却炉など、ばい煙を発生する施設、コークス炉や鉱物堆積場など粉じんを発生する施設、自動車、船舶、航空機などのほか、土壌、海洋、火山など自然由来のものもある。また家庭内でも、喫煙や調理、ストーブなどから発生する。二次生成粒子は、火力発電所、工場・事業所、自動車、船舶、航空機、家庭などの燃料燃焼によって排出される硫黄酸化物(SO_x)やNO_x、燃料燃焼施設のほかに溶剤・塗料の使用時や石油取扱施設からの蒸発や森林などから排出される揮発性有機化合物(VOC)等のガス状物質が、大気中で光やオゾンと反応して生成される。

PM2.5は粒子の大きさが非常に小さい(髪の毛の太さの30分の1)ため、肺の奥深くまで入りやすく、喘息や気管支炎などの呼吸器系疾患のリスクが上昇する。また、肺がんのリスクの上昇や、循環器系への影響もある。

PM2.5の環境基準(人の健康を保護する上で維持されることが望ましい基準)として、1年平均値が15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ、1日平均値が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であることが定められている。

環境省が平成25年2月に設置した「微小粒子状物質(PM2.5)に関する専門家会合」では、健康影響が出現する可能性が高くなると予測される濃度水準として、注意喚起のための暫定的な指針となる値を1日平均値70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と定めている。ただし、呼吸器系や循環器系の疾患のある者、小児や高齢者などでは、これより低い濃度でも健康影響が生じる可能性は否定できないとしている。そして、この暫定的な指針となる値については、今後新たな知見やデータの蓄積等を踏まえ、必要に応じて、見直しを行うとしている。

世界保健機関(WHO)の専門組織、国際がん研究機関(IARC)は、2013年10月、PM2.5の発がんリスクをグループ1(ヒトに対する発がん性が認められている)に分類した。

(7) 学校における粉じん障害の危険

1) チョーク

チョークには、主成分が、石膏（硫酸カルシウム）のものと、貝殻や卵殻を粉碎した炭酸カルシウムのものである。最近は炭酸カルシウムを使ったものが増えている。しかし炭酸カルシウムのチョークの粉塵でも肺に入るとじん肺を引き起こす危険がある。

黒板に書いているときよりも、黒板消しで消しているときと黒板消しをきれいにするときのほうが、多量の粉じんが飛散しやすい。少なくともチョーク粉をまき散らさないための「黒板拭きクリーナー」の使用などが必要である。また、「黒板拭きクリーナー」の除じん後の粉じんの処理の仕方などもマニュアル化して健康被害を防がなければならない。



パナソニック MC-330EP 製品を紹介する HP か

2) 消石灰、生石灰

グラウンドに線を引くのに、以前は消石灰（水酸化カルシウム、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）の使用がほとんどであったが、消石灰は強アルカリ性で、皮膚・粘膜に炎症を起こす。眼に入ると角膜や結膜などを侵し、視力に重大な影響を及ぼすこともある。今日では、眼科医学会の指摘をうけて、炭酸カルシウム（貝殻粉など）に変わっているが、一部に消石灰でライン引きをすると残っていると報告されている。そのような場合は、ただちに使用中止すべきである。



防じんゴーグル YG-507 製品紹介 HP から

農業実習では、酸性土を中和するために生石灰を使ったり、アルカリ土を中和するために硫酸カルシウムを使う。その場合は、防じんマスクとゴーグルの使用などの必要がある。



防じんマスク 3M8000J 製品紹介 HP から

3) 石膏

石膏（せっこう、gypsum）は、硫酸カルシウム（ CaSO_4 ）を主成分とする鉱物である。美術の実習、陶芸などの実習で使用することが考えられるが、皮膚障害、アレルギーの発生が報告されている。使用に際しては、防じんマスクやゴーグルの着用が必要である。

防じんマスクやゴーグルには、多様な製品があります。用途や顔の大きさ、メガネの有無、などよく調べて購入、活用しよう。

また、石膏製品に、硫化水素や不純物が含まれ、それが原因で頭痛や鼻血、呼吸障害が引き起こされたという事件も報告されている。

4) 砂埃

学校のグラウンドの砂埃も、それを吸い込むと、肺胞や気管に届くものがある。大量にそ

1.1. 危険有害因子と傷病の予防

れらを吸い込み続ければ、肺に障害を与える危険性がある。また地域によっては、グラウンドに、有害物質が混ざっている可能性がある。子どもの場合、地面に近いところで呼吸をする分、多くの砂埃を吸い込む危険性もある。とくに福島原発事故による放射性物質汚染地では要注意である。

気道の繊毛運動や、肺のなかのマクロファージ（大食細胞）などの働きによって、吸入した物質を痰として排出する機能がある。しかしその処理能力を超える大量の粉じんの吸入を避けることがなにより重要である。風下にたたない、マスクをするなども必要である。また、芝を植える、散水などによって砂じんの舞い上がりを抑える措置も必要である。

(8) まとめ

じん肺は粉塵（細かい粒子）を吸い込むことによって起る。粒子径が $10\mu\text{m}$ 以上あれば肺まで届かず鼻でトラップして除去出来るが、 $5\mu\text{m}$ を切るような小さな粒子は肺に沈着してしまう。いろいろな組成の物質が、肺胞に沈着して化学反応をおこす。

また有害物質は、がんを発生させる。

粉じんを発生させる作業にあたって、できるだけ粉じんを発生させないことと、防護の方法、用具の活用が必要である。

大気汚染防止法などにより以前に比べれば大気はきれいになったと考えやすいが、例えばこどものぜん息は増え続けている。

PM2.5は粒子径が $2.5\mu\text{m}$ 以下のものの総称であるが、このサイズなら肺まで到達できるため健康被害が大きいと言われている。

原発事故などによる放射性物質も浮遊粉じんなどと結びついて広がる。

学校は、あらゆる粉じんにはく露する危険が存在するところである。アスベストの対策をふくめて学校でのばく露を防止する対策と、教育が重要である。

【コラム 11-21-1： NO₂汚染と船舶】

「大阪から公害をなくす会」は 5 年に 1 度、府民の自主的な大気汚染測定を府内一斉に実施している。一昨年は 4000 人が参加して実施した。そのなかでわかってきたことは、①幹線道路で NO₂濃度が高く、周辺住民にぜん息様の異常や疾患を持つ人がおおいこと、②大阪湾岸の地域はそれについて NO₂濃度が高いことである。

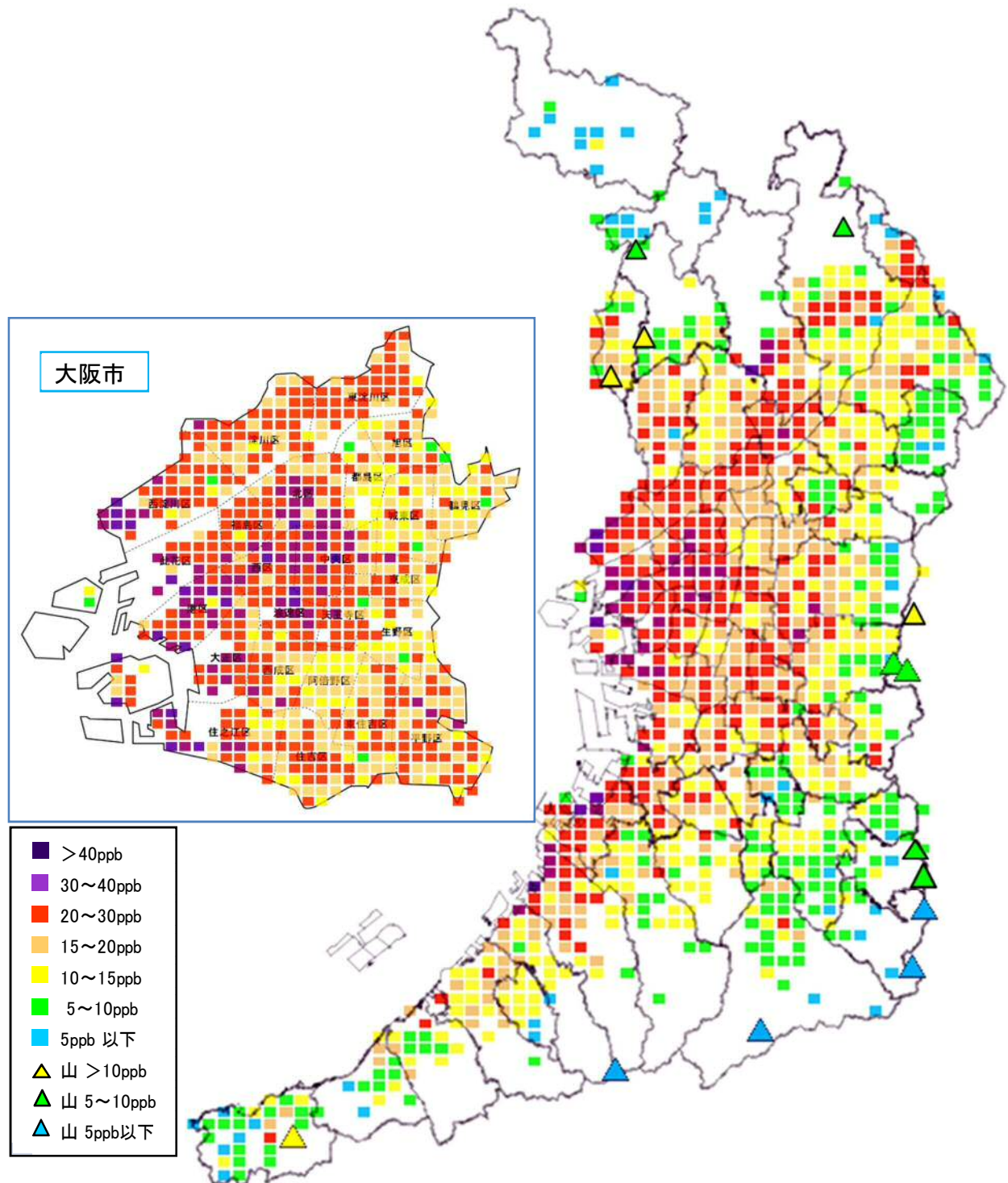
湾岸地域の大気汚染の原因は、船舶エンジンの大気汚染防止の義務が低いことと、コンテナを運ぶ大型トラックがたくさん走る湾岸道路にありそうである。2005 年に船舶エンジンの大気汚染防止策がはじまった。しかし、対象は 13Kw 以上のエンジンで、おおよそ 176.8ps（馬力）、車輻でいえば、4 トントラック以上の大きさのエンジンとなる。しかも検査を受ける義務があるのは 400 トン以上の大きい船舶だけである。

規制値は、海洋の汚染防止条約に基づいて何度か強化されてきている。しかし今回の大気汚染調査などによると湾岸地域の大気汚染は、改善されるよりも悪くなっている。例えば明石海峡を通航する船舶の数だけで、年間 164,600 隻（2015 年）あるとされ、この数字はずっと増えてきている。毎日 450 隻が通航している。うち 3000 トン以上の大きな船舶が 4 分の 1 ほどである。

湾岸地域の住民に分かる形で、NO_x、SO_x、PM2.5 等の数値も公表し、衆人環視の中で改善していく必要がある。

第8回大阪NO₂簡易測定運動（ソラダス2016）による濃度分布

—測定日時：2016年5月19日（木）18時～5月20日（金）18時—



描画ソフト作成：千葉 賢（四日市大学教授）