

2. 大気安定静穏の概要と現行の沿道大気質予測における大気安定静穏発生影響の取扱いについて

本章では大気安定静穏の発生状況を概要整理した上で、現行の沿道大気質予測の標準的な手法である「道路環境影響評価の技術手法」における大気安定静穏発生に関する取扱いについて解説する。

2.1 大気安定静穏の概要

大気は、通常、地表付近の気温が高く、上空になるほど気温が低くなっていく状態となっており、この状態を大気不安定という。この状態においては、地表付近のより暖かい空気が上空へ向かおうとするとともに、上空のより冷たい空気が地表付近へ向かおうとして大気の上下方向の対流が起こり、これに伴い大気汚染物質も攪拌され大気拡散が盛んに起こる。

一方、夜間などにおいて、地表付近の気温が一時的に低下し、気温の上下方向分布が地表よりも上空の方が高くなるという逆転現象が生じる場合があり、この状態を大気安定静穏あるいは大気逆転という。この状態においては、地表付近のより冷たい大気は地表付近に留まろうとし、大気は鉛直方向に滞留し、これに伴い大気汚染物質も地表付近に停滞し、大気質濃度が高くなるといわれている。

大気不安定・安定状態を図 2.1 に示す。

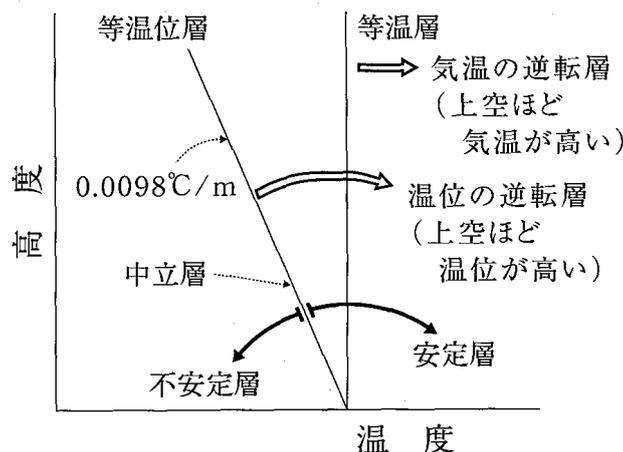


図 2.1 大気不安定・安定状態

出典：岡本眞一「大気環境予測講義」，ぎょうせい

大気安定静穏（大気逆転）の種類を生成要因別に整理すると、表 2.1 のようになる。

このうち、放射性逆転については日常的な発生しているもの、地形性逆転については盆地・谷地等でのみ発生するもの、前線性逆転・沈降性逆転・乱流性逆転については広範囲かつ特異的な気象現象に伴う発生するものと考えられる。このことから、本調査研究では一般的に発生することが想定される放射性逆転と地形性逆転の 2 つに着目することとした。

表 2.1 大気安定静穏（大気逆転）の種類

大気逆転の種類	生成原因
放射性逆転 (接地逆転層)	晴れた風のない夜は放射のために地表面や地物が冷却し、これに接する低層大気が冷却される。これに風が弱い条件が加わると、大気下層に逆転層が形成される。風が強いと空気が混ぜられてしまうため現れない。
地形性逆転	局地的な地形効果によって生成されるもので、山越えのフェーン気流が風下で離脱し、逆方向の弱風域を作る場合に、両者の境界に不連続な逆転が生じる。また、盆地では、冷えた空気が斜面に沿って盆地に流れ込み、冷気の湖が形成された場合に、上部の暖かい空気との境界に不連続面ができる。これが地形性の逆転層であって、山岳地帯の谷が深いところではこの現象が顕著に発生する。
前線性逆転	大規模な寒冷または温暖前線にともなう逆転である。 地表に近い北寄りの寒冷な気団（空気塊）の上に、温暖な南よりの気団がはい上がる逆転である。
沈降性逆転	高気圧圏内では、一般に大気は安定で、緩やかな下降運動があり、とくにその移動前半域では高層で沈降がおこる。沈降による空気塊は下層に向かうほど温度が高くなり、ある程度の高さで周辺空気より高温になる。このため逆転層ができる。
乱流性逆転	かなり風が強くと、下層と上層の乱流混合が盛んになると（たとえば空気塊が山に吹き当たって急激に上昇する場合）、その空気の気温減率は乾燥断熱減率（標準より減率が大きい）に近くなる。このため、上昇した空気塊は周囲大気よりも気温が低くなり、上空に逆転層が生ずることがある。これを乱流性の逆転とよぶ。

放射性逆転の形成メカニズムを図 2.2 に示す。

晴天時，あまり風が強くない場合，太陽が沈み始めると，まず地面は放射のため急速に冷え始める．地表近くの気層では，地面に接した空気から冷却され，その上部の空気より低温となり逆転層となる．気温の低下は時間と共に地表面から徐々に上層に及び，逆転層が成長する．また，日の出後には地表面が日射により暖められ，逆転層は地表に面した下層から解消される．

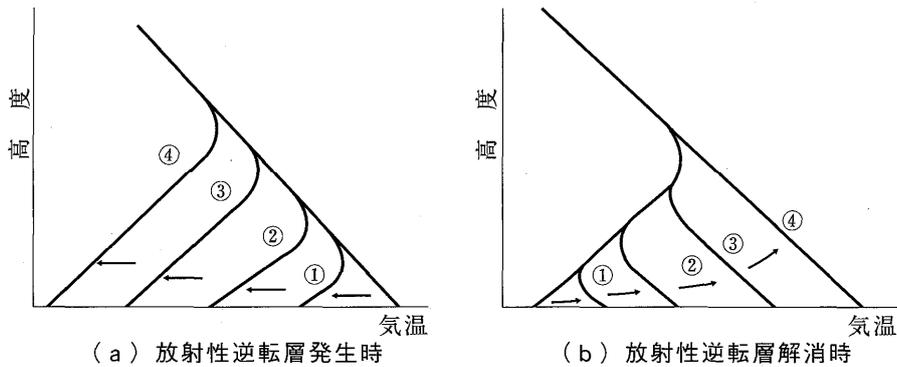


図 2.2 放射性逆転の発生時と解消時の気温の鉛直分布

出典：岡本真一「大気環境予測講義」，ぎょうせい

地形性逆転の形成メカニズムについて，盆地における冷気湖形成の例を図 2.3 に示す。

夕方，放射冷却によって盆地の底や側斜面の地面が冷え始めると，地面に接した空気が冷却され，斜面の地表面付近の空気が周りの空気より低温であることから，斜面に沿って冷気流として下降し，盆地の底へと流れ込む．冷却し始めた頃は斜面の頂上付近で発生した冷気流は盆地の底まで到達するが，時間が経過すると，盆地底では放射冷却と冷気塊の流れ込みにより気温低下が進むため，斜面上部の冷気はある程度の高度で滞留する．この現象が繰り返されることにより冷気湖が形成され，盆地の底では安定した空気の層が形成される．なお，冷気湖は太陽が昇り始めると地面が暖められることとこれに伴い発生する暖かい空気の斜面に沿った上昇流により徐々に消滅していく．

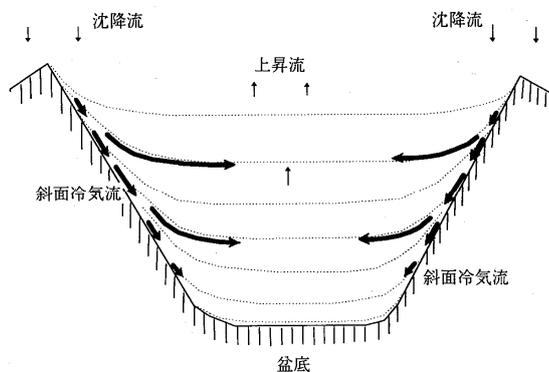


図 2.3 盆地冷気湖の模式図

出典：近藤純正「地表に近い大気の科学」，東京大学出版会

大気安定静穏に伴う大気質濃度への影響について、煙突や換気塔のような高煙源の例を表2.2に示す。大気安定時には、煙源からの大気汚染物質は上下方向に拡散されず、同程度の高さのみを高濃度な煙が移流すると考えられる。

この現象を道路周辺に置き換えると、道路周辺における大気汚染物質の発生源は自動車であることから、地表付近における線状の低煙源群と想定され、沿道周辺で大気安定状態が発生した場合、地表付近で大気汚染物質が滞留し、大気質濃度が高くなると考えられるが、一方で、道路周辺では、道路舗装面からの放射熱や自動車の走行風による影響により大気の大気対流が活発化され、大気安定状態が形成されにくいとも考えられる。

しかしながら、道路周辺における大気安定静穏の発生状況については十分な解明されていないことから、今回、これらを把握するための気象観測を実施することとしたものである。

表 2.2 気温勾配とそのときの煙の流れ方

大気の状態	気温勾配	出現時間	煙の流れ方（高煙突の場合）	高煙源についての地上濃度
不安定		よく晴れた日中 あまり風は強くない	ループ形：上下に大きく蛇行し、時間平均をとると輪郭は点線のようになる 	時々、高濃度が出現する
中立～弱安定		常に現れる（特に曇天時や風のやや強いときに多い）	錐形 	平均的（最大着地濃度は不安定時よりも遠方で出現し、やや低い値となる。）
強安定（逆転層）		風の弱い夜間	扇形：偏平な扇の形状 	地上濃度は非常に低い

(注) z : 高度 T : 気温 γ_d : 乾燥断熱減率 dT/dz : そのときの気温勾配

出典：岡本眞一・溝呂木昇「大規模大気特論」, 社団法人 産業環境管理協会

2.2 現行の沿道大気質予測における大気安定静穏発生影響の取扱いについて

現行の沿道大気質予測の標準的な手法である「道路環境影響評価の技術手法」における大気安定静穏発生に関する取扱いの基本的な考え方を下記に示す。

- ・過去の沿道拡散実験結果より道路近傍における大気安定度の拡散幅への影響は全体的に小さかったことから、プルーム・パフ式で道路寄与濃度の年平均値を算出する際の拡散幅は大気安定度別に設定する必要はない。なお、弱風時における鉛直方向の拡散幅は、昼夜で有意な差が認められることから、夜間において小さい値を用いるものとする。
- ・プルーム・パフ式での予測・評価に用いる NO_x から NO₂ への変換式及び年平均値から年間 98% 値・2% 除外値への換算式は、様々な地形の箇所における年間データから作成しており、大気安定静穏時の影響も包括的に加味されている。

沿道大気質予測において弱風時（パフ式）に用いる拡散幅の設定方法について概説する。

パフ式は、拡散幅を時間の 1 次関数と仮定することにより簡略化し、 $t =$ まで積分することにより解析的に導かれたものである。そこで、沿道大気質予測に用いる水平方向及び鉛直方向の拡散幅については時間の 1 次関数となるものとし、過去の沿道拡散実験結果から図 2.4 のように設定している。このうち、鉛直方向の拡散幅については、実験結果から昼夜で有意な差が認められており、この要因は秋期から冬期の風が弱く晴れた日の夜間に発生しやすい接地逆転層によるものと考えられたことから、昼夜で異なる拡散幅に関する係数を用いることとしている。

弱風時(パフ式)に用いる拡散幅に関する係数：

(水平方向)=0.3 (鉛直方向)=0.18(昼間)、0.09(夜間)

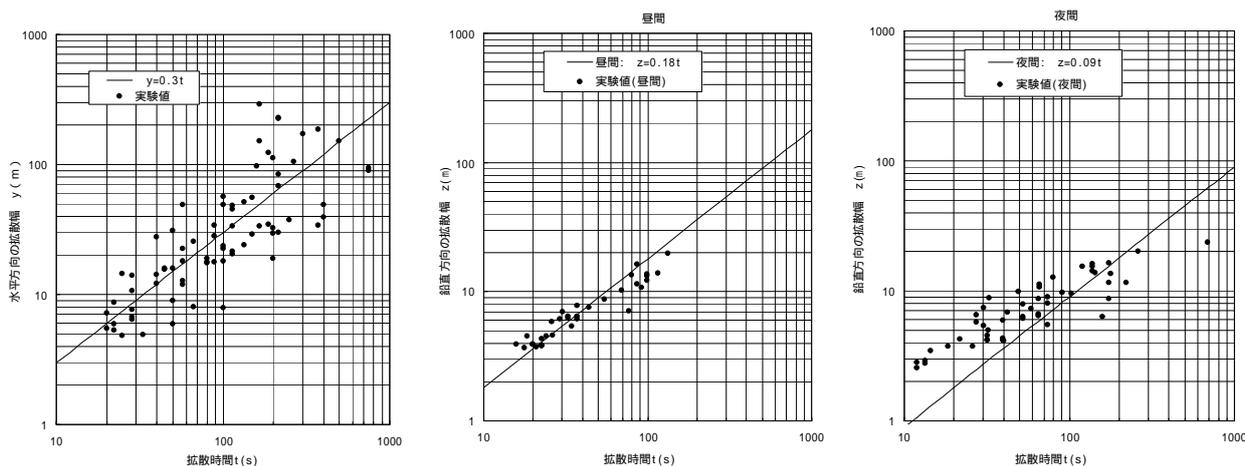


図 2.4 弱風時に用いる水平方向及び鉛直方向の拡散幅

(左：水平方向，中：鉛直方向(昼間)，右：鉛直方向(夜間))

出典：国土技術政策総合研究所資料 第 383 号「道路環境影響評価の技術手法 2.1 自動車の走行に係る NO₂ 及び SPM」

沿道大気質予測において用いる NO_x から NO₂ への変換式及び年平均値から年間 98% 値・2% 除外値への換算式について表 2.3 に示す。これらは 1995 年～2004 年（10 年間）の全国の一般局及び自排局の年平均値を用い、自排局の値からその自排局と同一市町村にある全ての一般局の平均値を差し引き、道路の影響と考えられる年平均濃度を計算し、これらを変数として最小二乗法により変換式及び換算式のパラメータを設定したものである。自排局は全国各地の平地・盆地・谷地に点在していることから、これらの式は様々な周辺地形を有する箇所での実測データから作成されており、大気安定静穏時の影響も包括的に加味されていると考えられる。

表 2.3 NO_x 変換式及び年間 98% 値等換算式

NO _x 変換式 (NO _x 年平均値 NO ₂ 年平均値)	$[NO_2]_R = 0.0683[NOx]_R^{0.499} (1 - [NOx]_{BG} / [NOx]_T)^{0.507}$
NO ₂ 換算式 (年平均値 年間 98% 値)	$[年間 98\% 値] = a([NO_2]_{BG} + [NO_2]_R) + b$ $a = 1.10 + 0.56 \cdot \exp(-[NO_2]_R / [NO_2]_{BG})$ $b = 0.0098 - 0.0036 \cdot \exp(-[NO_2]_R / [NO_2]_{BG})$
SPM 換算式 (年平均値 2% 除外値)	$[年間 2\% 除外値] = a([SPM]_{BG} + [SPM]_R) + b$ $a = 2.12 + 0.10 \cdot \exp(-[SPM]_R / [SPM]_{BG})$ $b = 0.0155 + 0.0213 \cdot \exp(-[SPM]_R / [SPM]_{BG})$

[NO₂]_R: 二酸化窒素の対象道路寄与濃度の年平均値(ppm)

[NO₂]_{BG}: 二酸化窒素のバックグラウンド濃度の年平均値(ppm)

[NO_x]_R: 窒素酸化物の対象道路寄与濃度の年平均値(ppm)

[NO_x]_{BG}: 窒素酸化物のバックグラウンド濃度の年平均値(ppm)

[NO_x]_T: 窒素酸化物のバックグラウンド濃度と対象道路寄与濃度の合計値(ppm) ($[NOx]_T = [NOx]_{BG} + [NOx]_R$)

[SPM]_R: 浮遊粒子状物質の対象道路寄与濃度の年平均値(mg/m³)

[SPM]_{BG}: 浮遊粒子状物質のバックグラウンド濃度の年平均値(mg/m³)

出典：国土技術政策総合研究所資料 第 383 号「道路環境影響評価の技術手法 2.1 自動車の走行に係る NO₂ 及び SPM」