

5.4 視程低下

5.4.1 はじめに

視程が低下する事により通常の状態に比べて回りの景色がはっきり見えにくくなる。人々は大気汚染が発生している事を先ず視程の低下により直感する。視程の低下は霧などの気象条件によるものもあるが、ここでは大気汚染による視程低下の問題を取り上げる。

5.4.2 視程低下の原因

空気分子による散乱、水蒸気や大気汚染物質による吸収、エアロゾルによる吸収と散乱などにより太陽からの光は減衰する。大気汚染による視程低下の主な原因は大気中にあるエアロゾルとガスであるが、その時の光の強さや分布、対象となる物の光学的な特性、湿度などの大気の状態によって視程の状況は大きく異なる。大気汚染が激しくなると大気に色がついたような状態になるが、汚染の種類によってその色は異なる。石炭燃焼などの煤煙による大気汚染の時には黒い色となり、光化学大気汚染の場合には白っぽい色となる。

(1) 消散係数 : extinction coefficient: (b_{ext})

視程目標からの光 (I_0) が距離 (x) 離れた人の目にとどく時の光の強さを (I) とすると、Lambertの法則により、(1) 式が成立する。

$$I = I_0 [Exp(-b_{ext})]^x \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここでは b_{ext} 消散係数と呼ばれ (2) 式が得られる。単位は m^{-1} である。

$$b_{ext} = -\frac{\ln I_0}{x} \quad \dots\dots\dots (2)$$

大気汚染による視程低下の主要な要因は光の散乱と吸収であるので消散係数 b_{ext} は (3) 式のように以下の四つの部分に分解される。すなわち大気中のガスによる散乱 : b_{gs} (これは一般にはレーリー散乱と呼ばれている)、大気中の粒子状物質による散乱 : b_{sp} (大気中の微少粒子による散乱は一般にはミー散乱と呼ばれている)、大気中のガスによる吸収 : b_{ag} 大気中の粒子状物質による吸収 : b_{ap} である。

$$b_{ext} = b_{gs} + b_{sp} + b_{ag} + b_{ap} \quad \dots\dots\dots (3)$$

この中でも大気中の粒子状物質による散乱 : b_{sp} が視程低下にとって重要である。大気中の粒子状物質はその粒径により光学的な特性が大きく異なる。光の波長に比べて粒径が 10 倍以上になると光の屈

折が起こる。空中の水滴による虹が、その代表的な現象である。これに対して光の波長と粒径が同程度の大きさの場合には散乱が主体となる。太陽光の平均波長は0.52 μm 程度なので粒径が0.1から10 μm 程度の微小粒子によるミー散乱が視程の低下に最も大きな影響をおよぼす。

(2) 識別限界値：日中の状態での実験室での結果によれば人が識別出来るコントラストの閾値 (threshold contrast value) は $\frac{I}{I_0} = 0.018 \sim 0.03$ である。平均的な値として0.02を(2)式に代入すると

(4) 式が得られる。これは Koschmeider の式と呼ばれている。

$$b_{\text{ext}} = \frac{3.912}{x} \dots\dots\dots (4)$$

視程 (x) が10 kmの時には消散係数 b_{ext} は $3.91 \times 10^{-4} (\text{m}^{-1})$ となり、視程が1 kmときには $3.91 \times 10^{-3} (\text{m}^{-1})$ となる。一方空気中に汚染物質が全く無い状態の大気は理想大気状態と呼ばれており、空気分子によるレーリー散乱のみが影響する。この時の海拔高度0 mでの消散係数は約 $13.2 \times 10^{-6} (\text{m}^{-1})$ であり識別限界距離で296 kmとなる。ちなみに高度3 kmでは、約403 kmとなる。

視程と大気汚染濃度との関連性に関する最近の研究は少ないが、概略の目安としては大気中の浮遊粒子状物質の濃度が1 m^3 あたり約0.12 mgを越えると視程は10 km以下、約0.24 mgを越えると5 km以下、約1.2 mgを越えると視程は1 km以下となる。しかしこの値は粒子組成や気象条件により異なる。

(3) 視程低下と大気汚染物質

視程低下に影響を及ぼす大気汚染物質は、その地域における発生源の特徴や季節により大きく異なる。視程はまた気象条件とも密接な関係がある。冬季の早朝などのような、接地逆転が発生し風が弱い時には、大気の拡散能力が低下するため大気汚染濃度が高くなり、視程は悪くなる。日中になり逆転層が解消されるとともに視程が回復する場合が多い。一方夏季の光化学大気汚染の場合には二次生成粒子状物質が反応の進行とともに生成するため、日中から午後にかけて視程が低下する。この汚染気塊が海陸風の局地風により内陸地域に運ばれ視程の悪い地域もこれとともに移動する現象がしばしば観測される。ロスアンゼルスにおける測定結果では夏季に視程の低下が見られる場合には、そうでない日と比べて0.1-1.0 μm の粒径の粒子状物質が顕著に増加している事が明らかにされている。

Seinfeld (1986) は視程に関するアメリカでの幾つかの観測結果を取りまとめて以下の見解を示している。1. 視程の低下の60-95%は粒子状物質の光散乱によるものである。2. サルフェートは常に最も重要な光散乱物質である。ついで有機炭素粒子が重要である。ナイトレートはある地域においては、重要であろう。3. すず粒子による光の吸収は視程の低下の5-40%の原因となる。4. 二酸化窒素は火力発電所の排煙の場合以外はあまり視程の低下の原因とはならない。5. 大気浮遊粒子状物質の内、すず粒子の単位体積あたりの視程の低下能はサルフェート、ナイトレート、有機炭素粒子の3倍である。

5.4.3 視程の測定

視程の測定は一般には目視により行う。具体的には測定する場所から各方位に距離のわかっている

建物や山などの目標物をあらかじめ決めておき、これを目視して視程を測定する。目標物の設定にあたっては、出来るだけ空などの白っぽいものが背景となっており、それ自体の色が白色ではなく適度の大きさを持っていることが望ましいとされている。これらの目標物がやっと識別できる時の距離が視程である。夜間の視程の測定は難しいが、距離が既知の場所にあつて光度が分かっている集光されていない光を目標とする事もある。また夜空を背景とする山の輪郭なども目標物として利用される。同一地点でも観測の方向により、最大視程、最小視程、平均視程、卓越視程などの値が異なる。観測地点からの視程値が地平円の全方位のうち 180 度以上の範囲に適用される最大水平視程を卓越視程 (prevailing visibility) と言う。この時、範囲は必ずしも隣り合っている必要はない。具体的には、視程の大きい扇形から順に角度の大きさを合計し、その値が 180 度以上になる最初の扇形部における視程を用いる。以上は目視による方法であるが、視程が特に安全面で重要な空港においては、トランスミッシオメーター (transmissometer) が利用されている。これは、地上 3 m の高さから水平に投光しこれを 150 m 程度離れた場所で受光する事により、この間の視程をもとめる装置である。現在は、10 m から 100 km の範囲での測定も可能な装置が作られている。

5.4.4 視程低下の影響

視程低下は景観の悪化などの生活環境質の低下をもたらすばかりではなく、観光地においては、美しい景色が損なわれる事により観光客が減少し、地域経済に損失を及ぼす。また視程が低下すると有視界飛行の発着が出来なくなる為、経済的な被害が発生する。特に個人所有の航空機が多いアメリカでは大きな問題となっている。飛行機の飛行方式には計器飛行方式 (IFR ; Instrument flight rule) と、有視界飛行方式 (VFR ; visual flight rule) とがある。一般には地上視程が 5 km 以上で雲高が 300 m 以上であれば有視界気象状態 : VMC (VFR meteorological condition) となり VFR が可能である。しかしこれ以外の場合には計器飛行気象状態 : IMC (IFR meteorological condition) となり VFR が認められない。視程が悪い地域では VFR の為の特別な装備とパイロットの証明が新たに必要となり社会的コストの追加を余儀なくされる。さらに視程が極端に悪化すると交通事故の発生率が増加する。陸上では視程が約 100 m 未満になると交通事故、航空機事故などが、また海上では視程が約 1 km 未満になると海難事故が発生しやすくなると言われている。