

## 2.1. 黄砂の分類と定義

黄砂は、低気圧などの発生により、中国大陸内陸部のタクラマカン砂漠や黄土地帯、モンゴルのゴビ砂漠など乾燥・半乾燥地域で数千メートルの上空にまで巻き上げられた土壌あるいは鉱物粒子が、偏西風によって運ばれながら沈降する現象である。この現象は、北東アジアに広く見られる現象で、多くの国では気象現象のひとつとして取り扱っている。

西日本では、春先から初夏にかけて低気圧が通過した後の空が淡黄色に霞むことがある。これは中国大陸から黄砂が日本まで飛来したためで、この季節になると雨に混じって降った黄砂が窓ガラスや自動車を汚すことが多くなる。地域によっては灰西・赤霧・山霧・粉雨などとも呼ばれる黄砂は、年間を通して日本列島に降下しているが、特に2月から増加し始め、4月にピークを迎える。

黄砂の発源地域に当たる中国・モンゴルでは、黄砂は強風によって発生する砂塵嵐として認識され、その暴風被害が問題とされる。一方、日本・韓国においては、飛来するダストによる大気汚染現象と認識されてきた。更に黄砂は、日本を越えて北太平洋にも大量に降下していると推計されている。衛星観測によると、黄砂は北太平洋を越えてアメリカ大陸まで到達していることも確認されている(口絵 - 1)。

### 2.1.1. 黄砂の定義

#### 2.1.1.1. WMO による定義

世界気象機関(WMO)に定める現在天気コードの内、表2 - 1に示す11種類が黄砂現象に関連している。

表2 - 1 黄砂現象に関連した現在天気コード

数字 符号	現在の天気
06	ちり煙霧(黄砂を含む) 空中広くちりが浮遊している
07	観測時に、観測所または観測所付近から風に巻き上げられたちりまたは砂はあるが、発達したじん旋風または砂じんあらしはない、また船舶の場合は観測点で高いしびきがある
08	観測時または観測時前1時間内に観測所または観測所付近に発達したじん旋風が現れたが、砂じんあらしはない
09	観測時に視界内に砂じんあらしがあり、または観測時前1時間内に観測所に砂じんあらしあり
30	砂じんあらし (視程 500m 以上) 前1時間内に薄くなった
31	砂じんあらし (視程 500m 以上) 前1時間内に変化なし
32	砂じんあらし (視程 500m 以上) 前1時間内に始まった、または濃くなった
33	砂じんあらし (視程 500m 未満) 前1時間内に薄くなった
34	砂じんあらし (視程 500m 未満) 前1時間内に変化なし
35	砂じんあらし (視程 500m 未満) 前1時間内に始まった、または濃くなった
98	雷電 観測時に砂じんあらしを伴う

### 2.1.1.2. 中国での定義

中国では、「砂塵暴天気(黄砂)」の現象を「浮塵」、「揚砂」、「砂塵暴(嵐)」、「強砂塵暴(嵐)」、「極強砂塵暴(嵐)」の5つに分類している(表2 - 2)。浮塵現象は無風あるいは風力の比較的弱い状況で、砂塵及び細かい砂等が一様に空中で浮遊し、水平視程が10km以内となることを指す。浮遊する砂塵及び細かい砂の源は、風に流されてきた遠方のダスト、あるいは砂塵嵐と揚砂が発生した後、まだ沈着していないダストである。揚砂現象は比較的強い風のため、地面の砂塵が巻き上げられたもので、水平視程は1~10kmである。砂塵嵐は、強風によって地面の大量の砂塵が空中に巻き上げられる現象で、空気が非常に濁って、視程は1km以下になる。特に強い砂塵嵐(瞬間風速は24.5m/s、風力は10級以上)では視界は50m以下になり、破壊力が強大であり、「黒風」、「黒霾」または「黒風暴(カラブラン)」と呼ばれている。

### 2.1.1.3. 日本での定義

日本の場合、強風を伴わない場合が多いので、正確には中国における「砂塵暴天気」と日本の「黄砂」の定義は対応しない。日本の黄砂は、概念としても、定義としても、中国とは異なっている。日本の気象庁は黄砂とは「主として、大陸の黄土地帯で吹き上げられた多量の砂の粒子が空中に飛揚し天空一面を覆い、徐々に降下する現象」と定義している。現在、気象台や測候所では目視により黄砂現象を判断している。前述のWMOによる現在天気の06番の中で、視程が10km未満となるような黄砂現象を観測した場合、「大気現象の記事」として記録される。なお、1989年4月以降では、視程が10km以上でも明らかに黄砂現象と判断した場合にも大気現象の記事において「黄砂」と記録している。

### 2.1.1.4. 韓国での定義

韓国語で黄砂は Hwangsa と呼ばれ、漢字では日本と同じ「黄砂」と書かれる。黄砂現象の観測は以前は目視により行われており、レベル0~2の3段階で記録されていたが、2002年より、黄砂注意報・警報の発表を開始した。そのため、従来の目視による観測は、WMOデータとしてGTS配信にのみ利用されており、予報に当たっては黄砂(PM10)濃度を利用している。2004年からは、PM10濃度が向こう2時間に渡って時間平均500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えると予想される場合は黄砂注意報を、平均1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えると予想される場合は黄砂警報を出している。

## 2.1.2. 用語

各国の黄砂定義を表2 - 2にまとめる。黄砂は文字上は「砂」と書かれているが、地

質・鉱物学で定義される「砂」とは別のものであり、この分野での分類に従えば、粒径上はダスト(10 $\mu$ m程度)に分類される。日本の黄砂は、ダストによる視程の低下という現象と、ダストの降り積もりという影響で認識される。韓国では大気中に浮遊する物質の濃度が基準になっている。中国では、砂塵暴天氣の分類においては、風の強さと視程距離による濃度が大きさ程度を表わす基準となり、砂塵暴(嵐)被害により認識される。ただし、英語でDSS (Dust and sandstorms)あるいは単にダストストームと表現する場合は、日韓の黄砂も含む場合が一般的である。

表2 - 2 各国の「黄砂」の定義

[ 中国 ]

視程	用語	備考：(http://www.weathercn.com/room/shuyu.jsp) (中国国家気象局「地面気象観測の手引き(2003)」)
10 km 以下	浮塵	・大気中に浮遊している砂粒子あるいは土壌粒子で、水平視程を10km以下にさせる天気現象
1 ~ 10 km	揚砂	・風により地表砂塵が巻き上げられ、大気が混濁し、水平視程が1 ~ 10kmになる天気現象(別称：高吹砂塵)
1 km 以下	砂塵暴(嵐)	・風により地表砂塵が大量に巻き上げられ、大気がかなり混濁し、水平視程が1km以下になる天気現象
500 m 以下	強砂塵暴(嵐)	・大風(強い風)により地表砂塵が巻き上げられ、大気が非常に混濁し、水平視程が500m以下になる天気現象 (参考：大風は一般に風力8級(瞬間風速17.2m/s)以上)
50 m 以下	極強砂塵暴(嵐)	・狂風(非常に強い風)により地表砂塵が大量に巻き上げられ、大気が非常に混濁し、水平視程が50m以下になる天気現象 (参考：狂風は一般に風力10級(瞬間風速24.5m/s)以上)

[ 韓国 ]

粒径、濃度	用語	備考：(韓国気象庁 2002、Chu 2004)
1 ~ 1000 $\mu$ m 1 ~ 10 $\mu$ m	砂 ダスト、黄砂  黄砂	無風あるいは弱い風による一様な空中分布 粒径10 $\mu$ m：数時間～数日間浮遊 粒径1 $\mu$ m：数年間浮遊 主として春季に、アジア大陸のバグインジャラン、テンゲル、ムウス、フンシャンダーク、ケルチン、ゴビ地域及び黄土高原を含む乾燥・半乾燥地域から、砂塵が浮遊・降下し視程・大気質に影響を与える現象

[ 日本 ]

粒径・視程	用語	備考：(気象庁 2002)
	黄砂	主として、大陸の黄土地帯で吹き上げられた多量の砂塵が空中に飛揚し天空一面を覆い、徐々に降下する現象。甚だしいときは天空が黄かっ色となり、太陽が著しく光輝を失い、雪面は色づき、地物の面には砂じんが積もったりすることもある。气象台や測候所が目視により判断

粒子自体を表現する際は、黄砂粒子(Kosa particle)、ダスト粒子(Dust particle)等が用いられる。また、風によって運ばれる点を強調する場合には風送ダストという用語が用いられ、それらの粒子が大気中に浮遊している状態で存在する場合エアロゾルま

たは大気エアロゾルと呼ばれる。エアロゾルという用語は、風によって巻き上がったものの他に、大気中で二次的に生成するものも含んでいることを意識して使われる傾向がある。風送ダストは土壌粒子だけでなく、氷期に陸化した海底から舞き上げられた細粒物質、海浜や河床から飛ぶ微砂、火山灰、花粉や孢子類、プラントオパール、海塩などの自然物質や、自動車や工場から出る煤煙、都市の塵埃、放射性降下物などの人為物質から成る。ミネラルダストとは、自然物質のうち火山灰や花粉・孢子類・プラントオパール・海塩を除いたものを指しており、最も多量なのは、地面から生じた細砂・シルト(粒径約 0.06~0.004mm)、粘土(粒径約 0.004mm 以下)などの表土粒子である。風送ダストには海塩粒子など土壌以外の起源の粒子が含まれており、土壌起源に限定する場合は土壌粒子(Soil particle)と呼ばれる。発生源地域の土壌化が進んでいないことを強調したりする場合には鉱物粒子(Mineral particle)と呼ぶことも多い。また、中国・モンゴル起源のダストを特にアジアダストと呼ぶこともある。

近年、計測法が進歩し、従来観測が及ばなかった上空においても盛んに観測が行われるようになってきている。典型的な低気圧の発生・発達に伴わない黄砂も、しばしば報告されるようになり、これらは従来のものと区別して「弱い黄砂」、「バックグラウンド黄砂」等と呼ばれている(Iwasaka 他 1988、Matsuki 他 2003)。このような黄砂は上空のみに現れることが多く、地上付近の視程観測からは検出されない。

### 2.1.3. 大気中に浮遊する粒子の大きさ

粒子状物質を粒径によって分類することは、多くの分野で行われており、それぞれの分野で独自の定義や基準を設けている。気象学においては、大気中に浮遊する粒子状物質として雲・雪・雨等を取り扱ってきた経緯がある。このため、これらの粒子に比べはるかに粒径の小さい黄砂やその他の大気エアロゾルについては、他の分野で使われている定義を準用することが多い。一方で、既存の定義及び基準は現在問題となっている黄砂現象に準用することが不適切な点もあることから、本報告書では、必ずしもダストという言葉を特定の定義に基づいて使っていない。しかし、黄砂と並んでしばしば使われているダストには、大気中をかなりの時間浮遊する程度の大きさの粒子状物質との意味が与えられている。

衛生工学などでは、パウダーと同じ意味で使用されることが多く、日本語では粉塵を当てるのが普通である。固体を細分化して微粒子になった、粒の大きさが平均粒径1 $\mu$ mから74 $\mu$ mまでの範囲にある粒子状物質を示すことが多い。

建設分野では、塵やごみの意味で使われることが多く、作業現場に応じて特定のものを言うことも多い。例えば、アスファルト舗装の関係では「砕石を作るときに出る石の粉末をいい、2.5mmメッシュのふるいを通った細かいもの」を、ダストあるいは砕石ダストと呼んでいる。

気象学・大気環境分野では、固体状のもので機械的な力によって物質が破碎されてできた1 $\mu$ m以上の粒子状物質で、通常大気中に浮遊しうる限度の大きさ(数mm)までのものを示すことが多い。

労働衛生などでは、ダストに対応する日本語として粉塵を当てることが多く、機械的な作用によって発生した空気中に浮遊している固体状の粒子を示す。粒径は、 $1\mu\text{m}$  から  $150\mu\text{m}$  とするのが普通である。

サイズに加えて、濃度とサイズの関係(濃度 - 粒径分布と略すことが多い)についても、黄砂関連の分野では注目されている。黄砂の粒径分布は、黄砂が与える様々な環境影響を評価する上で、重要なものであり、日本では 1970 年代から多くの研究者によって調べられてきた。

例えば、日本で観測を行っている多くの研究者は、黄砂時には粒径  $5\sim 10\mu\text{m}$  の粒子濃度が急増することを指摘している。しかし、いわゆる微小粒子(直径  $1.0\mu\text{m}$  以下)においても濃度増加を示す例がある一方、逆に黄砂時にはこの粒径のエアロゾル濃度が低下するとする例も示されている。これらの 2 つの例は、一見矛盾しているように見えるが、黄砂時の空気と平常時の空気の相対的な違いから説明することが可能である。黄砂を運んできた空気塊が都市の大気で汚されていない場合には(例えば上空から沈降してくる場合に多い)、黄砂を日本の都市で観測していると、都市特有の人為起源の微小粒子を含んだ空気とその空気塊が入れ替わり、人為起源の微小粒子濃度が低下するからである。