

人工物環境システム

第1部 環境情報の把握



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

		授業予定日
授業計画	第1部 環境情報の把握(担当:作野)	
	1. 環境情報把握の概要	4/14
	2. 都市環境のモニタリング	4/21
	3. 海洋環境のモニタリング	4/28
	4. 大気環境のモニタリング	5/12
	5. 第1部試験	5/19
	第2部 環境のモデル化と解析(担当:陸田)	
	6. 人工物と大気・海洋環境の相互作用モデル(1)	5/26
	7. 人工物と大気・海洋環境の相互作用モデル(2)	6/2
	8. 人工物と都市環境の相互作用モデル	6/9
	9. 人工物と海洋・生物環境の相互作用モデル	6/16
	10. 第2部試験	6/23
	第3部 環境影響の評価(担当:濱田)	
	11. 人工物のライフサイクルと環境影響	6/30
	12. ISO14000	7/7
13. ライフサイクルアセスメント(LCA)	7/14	
14. ライフサイクルアセスメント(LCA)	7/21	
15. 第3部試験	7/28	



「関心のある環境問題を2つあげなさい」という問いに対する回答

- ・地球温暖化 26
- ・水質汚染 10
- ・オゾン層破壊 8
- ・大気汚染 5
- ・地下資源の枯渇 5
- ・森林伐採 3
- ・海面上昇 3
- ・砂漠化 2
- ・エネルギー 2
- ・気候変動 1
- ・騒音 1
- ・酸性雨 1
- ・水 1
- ・ごみ 1
- ・人口 1
- ・食料 1

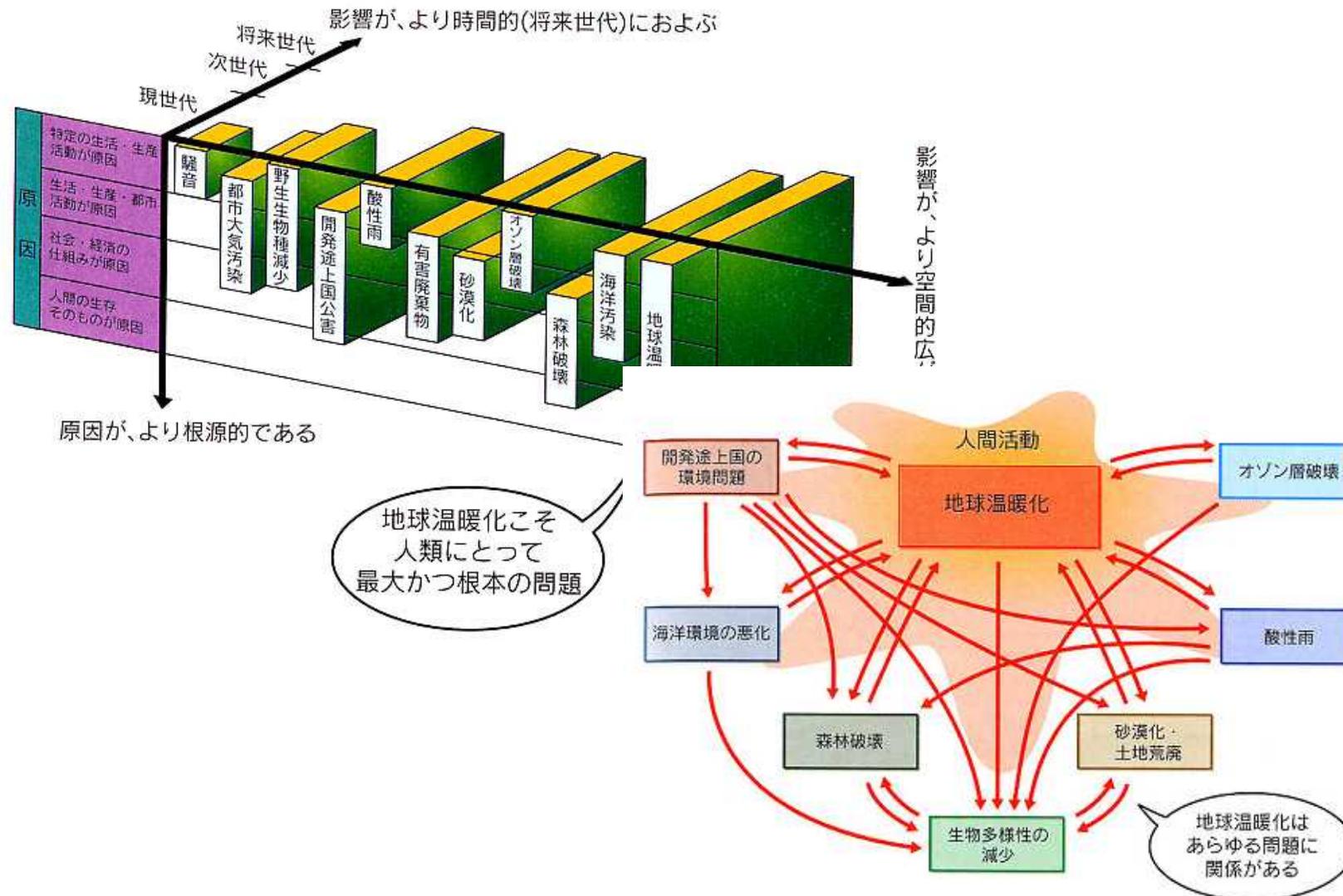


「環境情報を2つあげなさい」という問いに対する回答

- ・ **温室効果ガス(CO₂)** 15
- ・ エコカー 10
- ・ エコ家電 6
- ・ エネルギー 4
- ・ **オゾン層** 4(オゾンを含む)
- ・ **降水量** 2
- ・ 燃費 2
- ・ リサイクル 1
- ・ 環境行政 1
- ・ **人口増加** 1
- ・ **気温** 1
- ・ **海面上昇** 1
- ・ 京都議定書 1
- ・ Eco-Priceless 1
- ・ 自然 1
- ・ **雪** 1
- ・ 資源 1
- ・ **森林・砂漠の規模** 1

大気環境のモニタリング

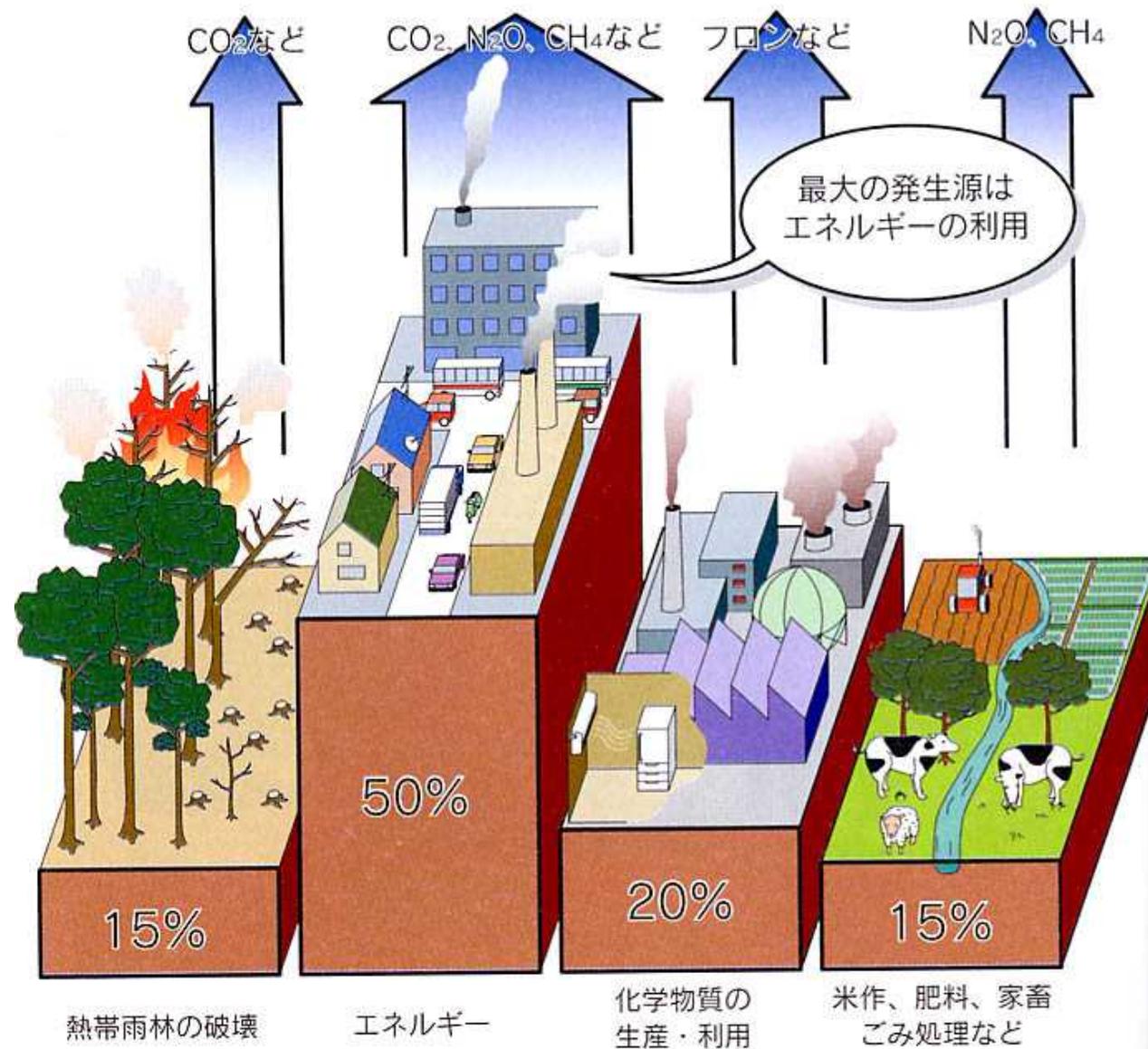
地球温暖化とは？



大気環境のモニタリング 地球温暖化の原因



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



大気環境のモニタリング

日本の大気汚染の歴史



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

1. 第二次世界大戦前の大気汚染

- 890年頃 : 足尾銅山鉍毒事件
- 1900年頃 : 愛媛県別子銅山における煙害
- 1910年頃 : 日立鉍山における煙害
- 1880～1920年頃 : 工場立地による局地的大気汚染

2. 高度経済成長前半の大気汚染

- 1955～1964年 : 高度経済成長による産業の重工業化と大気汚染
- 1960年代前半 : 四日市の大気汚染
- 1962年 : ばい煙の排出の規制等に関する法律の成立

3. 高度経済成長と公害の激化

- 1967年 : 公害対策基本法の成立
- 1968年 : 大気汚染防止法の成立
- 1969年 : SO₂に係る環境基準の設定と達成に向けた様々な対応策
- 1970年 : 光化学スモッグの頻発
- 1970年 : 公害国会の召集
- 1971年 : 環境庁の発足
- 1972年 : 四日市公害裁判の判決
- 1973年 : 公害健康被害補償法の制定
- 1974年 : 硫黄酸化物(SO_x)総量規制の導入

4. 石油危機と安定経済成長期以降の大気汚染

- 1978年 : 日本版マスキー法(自動車排出ガス規制)の実現
- 1978年 : 二酸化窒素(NO₂)の大気環境基準の改定
- 1981年 : 窒素酸化物(NO_x)総量規制の導入

5. 都市・生活型大気汚染 / 地球化時代の大気汚染

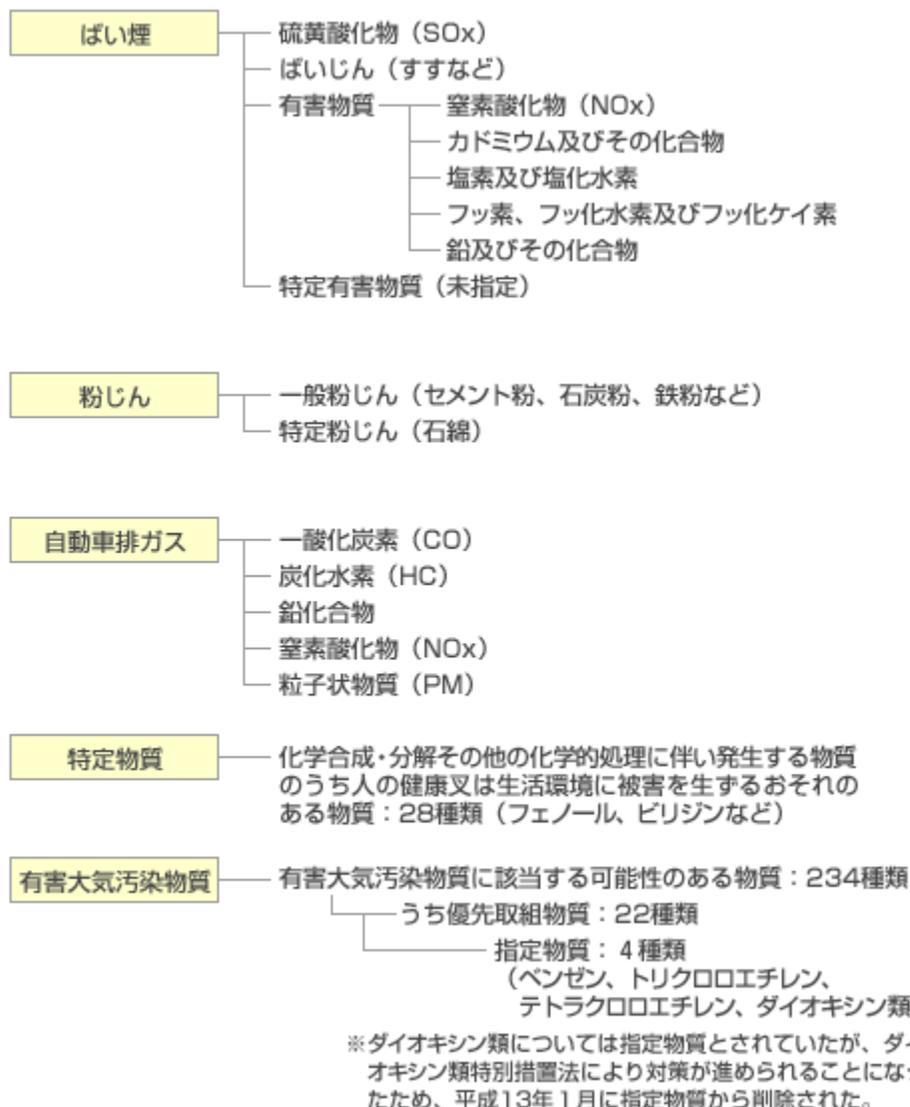
- 1985年 : オゾン層の保護のためのウィーン条約の採択
- 1987年 : 公害健康被害補償法の一部改正
- 1987年 : WCEDレポート(持続可能な開発)の提出
- 1992年 : 地球サミットの開催
- 1992年 : 自動車NO_x法の制定 (提供:毎日新聞社)
- 1993年 : 環境基本法の制定
- 1996年 : 有害大気汚染物質に対する環境リスク対策
- 1998年 : 地球温暖化対策推進法の制定 地球温暖化防止京都会議

6. 環境省の発足と大気汚染対策

- 2000年 : グリーン購入法の制定
- 2001年 : 自動車NO_x法の一部改正

出典: <https://www.erca.go.jp/taiki/history/index.html>

大気環境のモニタリング 大気汚染物質の種類

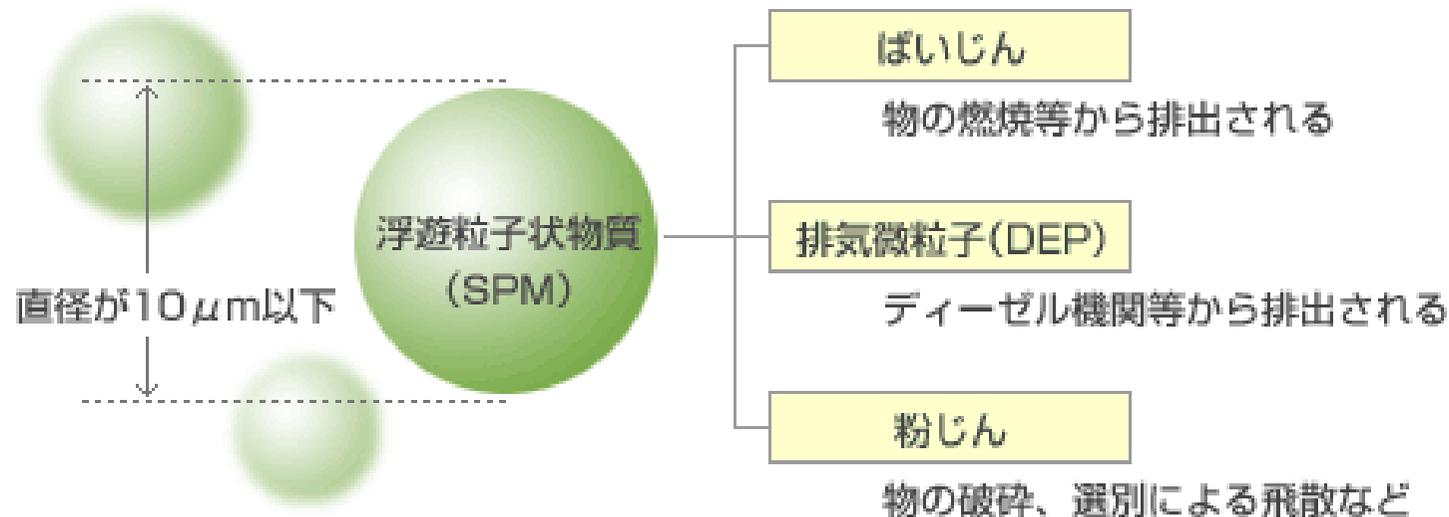


規制物質	発生形態	発生施設	規制基準の設定方法	規制措置等
硫黄酸化物 (SOx)	物の燃焼 石油燃焼	ばい煙発生施設	・排出基準 →量規制、地域ごとにK値方式 ・特定工場については総量規制基準 →指定地域内、工場単位量規制、知事が定める。	改善命令、直罰など
ばいじん	物の燃焼又は熱源としての電気の使用	ばい煙発生施設	排出基準 →濃度規制、施設の種類・規模ごと	改善命令、直罰など
ばい煙 有害物質	窒素酸化物 (NOx)	物の燃焼、合成、分解など	・排出基準 →濃度規制、施設の種類・規模ごと ・特定工場については総量規制基準 →指定地域内、工場単位量規制、知事が定める。	改善命令、直罰など
	カドミウム 鉛 フッ化水素 塩素 塩化水素	物の燃焼、合成、分解など	排出基準 →濃度規制、施設の種類・物質の種類ごと	改善命令、直罰など
粉じん	一般粉じん	物の粉碎、選別体積など	一般粉じん発生施設	構造・使用・管理基準 基準適合命令
	特定粉じん	物の粉碎、選別体積など	特定粉じん発生施設	規制基準 →敷地境界での濃度基準 改善命令
自動車排出ガス	自動車の運行	特定の自動車	許容限度 保安基準(道路運送車両法)で考慮	車両検査、整備命令など(他法による)
特定物質	物の合成等の科学的処理中の事故	特定施設(政令等で特定せず)	なし	事故時の措置命令

大気環境のモニタリング ばいじん, 粉じん, SPMとは



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



SPM: 大気中に浮遊する粒子状物質のうち、**粒径が10 μ m (1 μ mは1mの100万分の1) 以下**のものをいう。微小なため大気中に長期間滞留し、肺や気管などに沈着して、呼吸器に影響を及ぼす。通常SPMは、直径10 μ m以下のものをいうが、それより小さい、**直径2.5 μ m以下のものは、「PM2.5」と呼ばれている**。PM2.5は、通常のSPMよりも肺の奥まで入り込むため、ぜん息や気管支炎を起こす確率が高いとの研究が米国で報告されている。

出典: https://www.erca.go.jp/taiki/taisaku/geiin_syurui.html

大気環境のモニタリング 大気環境基準と現状

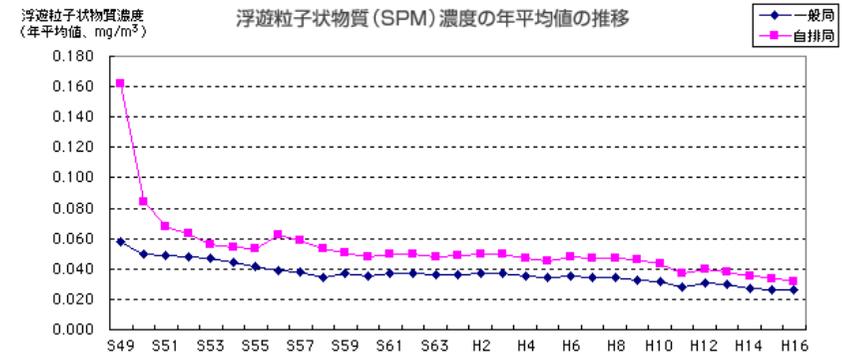


Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

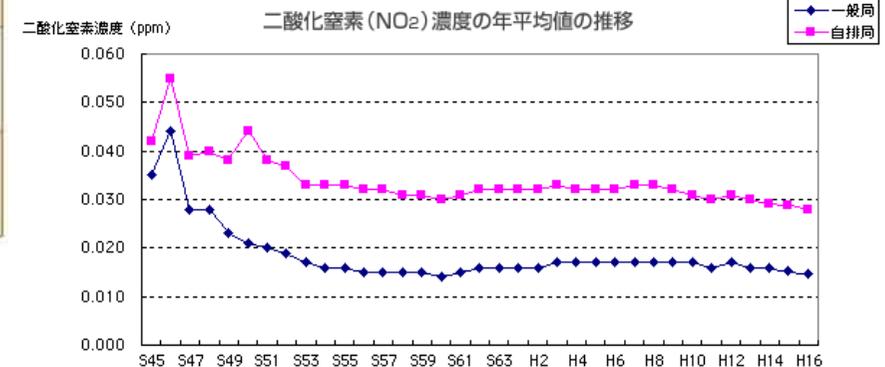
環境基本法第16条に基づく大気環境基準

物質	環境上の条件	測定方法
二酸化硫黄 (SO ₂)	1時間値の1日平均値が0.04ppm以下であり、かつ、1時間値が0.1ppm以下であること。	溶液導電率法又は紫外線蛍光法
一酸化炭素 (CO)	1時間値の1日平均値が10ppm以下であり、かつ、1時間値の8時間平均値が20ppm以下であること。	非分散型赤外分析計を用いる方法
浮遊粒子状物質 (SPM)	1時間値の1日平均値が0.10mg/m ³ 以下であり、かつ、1時間値が0.20mg/m ³ 以下であること。	濾過捕集による重量濃度測定法又はこの方法によって測定された重量濃度と直線的な関係を有する量が得られる光散乱法、圧電天びん法若しくはベータ線吸収法
二酸化窒素 (NO ₂)	1時間値の1日平均値が0.04ppmから0.06ppmまでのゾーン内又はそれ以下であること。	ザルツマン試薬を用いる吸光光度法又はオゾンを用いる光学発光法。
光化学オキシダント	1時間値が0.06ppm以下であること。	中性ヨウ化カリウム溶液を用いる吸光光度法または電量法、紫外線吸収法又はエチレンを用いる化学発光法。

SPM



NO₂



出典: https://www.erca.go.jp/taiki/taisaku/ta_kijyun.html

大気環境のモニタリング 固定発生源と移動発生源の排出現状



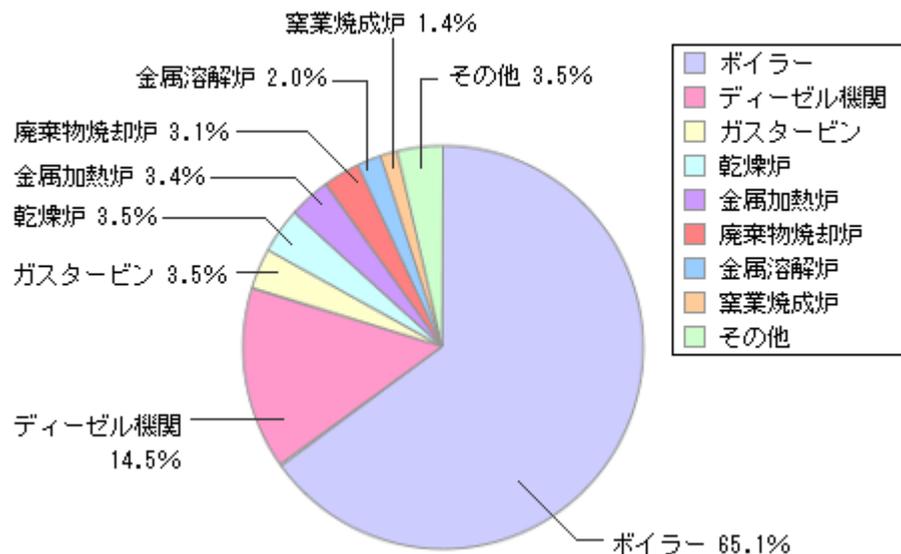
Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

年度	届出数			工場・事業数
	全施設	大気(注)	電気・ガス・鉱山	
平成12年度	214,702	183,959	30,743	91,451
平成13年度	214,820	183,107	31,713	90,542
平成14年度	215,161	181,384	33,777	91,010
平成15年度	214,157	187,057	36,100	91,020
平成16年度	216,954	178,903	38,051	92,154

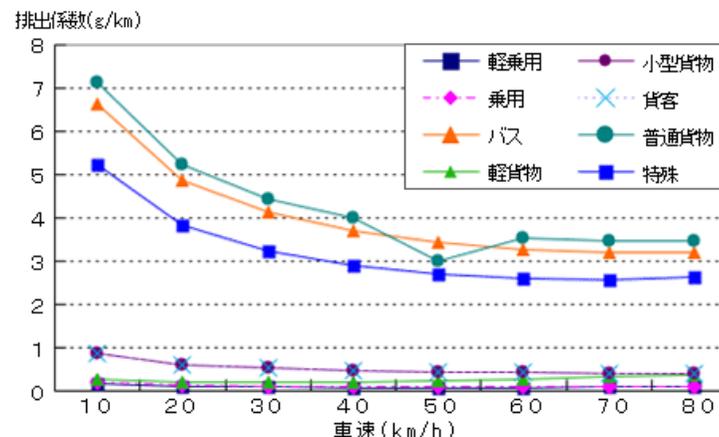
(注)大気汚染防止法届出ばい煙発生施設

出典：環境省水・大気環境局「平成17年度大気汚染防止法施行状況調査」(平成16年度実績)

種類別のばい煙発生施設数

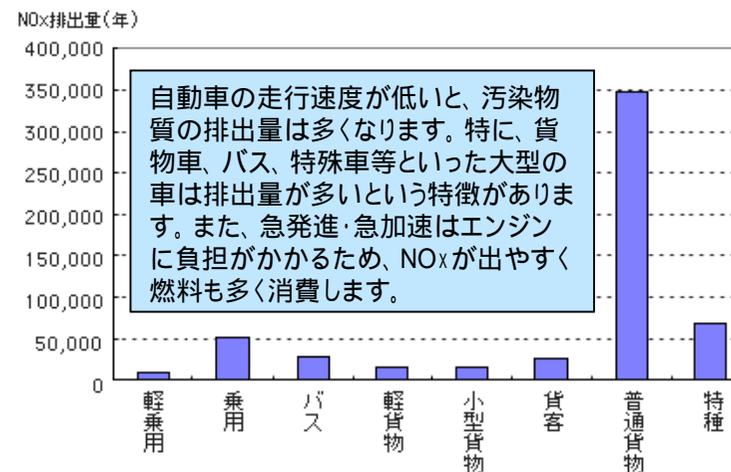


NOxの8車種区分別の車速別排出係数(全国平均:平成17算定)



出典：「自動車排出ガス原単位及び総量算定検討調査」環境省環境管理局(H16年度結果報告書より)

車種別NOx排出量(全国平均:平成17算定)



出典：「自動車排出ガス原単位及び総量算定検討調査」環境省環境管理局(H16年度結果報告書より)

出典：https://www.erca.go.jp/taiki/taisaku/id_jyoukyou.html

大気環境のモニタリング 日本の大気観測網



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

国設大気測定網配置図



地方大気汚染監視体制

- 一般環境大気測定局(一般局)
- ・二酸化窒素(NO₂) 1,444局
- ・浮遊粒子物質(SPM) 1,508局
- ・光化学オキシダント 1,162局
- ・二酸化硫黄(SO₂) 1,361局
- ・一酸化炭素(CO) 96局
- ・非メタン炭化水素 319局

自動車排出ガス測定局(自排局)

- ・二酸化窒素(NO₂) 434局
- ・浮遊粒子物質(SPM) 409局
- ・光化学オキシダント 28局
- ・二酸化硫黄(SO₂) 89局
- ・一酸化炭素(CO) 306局
- ・非メタン炭化水素 189局

全国で2086局(一般局1639, 自排局447局)

出典：https://www.erca.go.jp/taiki/taisaku/ka_sui.html

大気環境のモニタリング 気象庁の大気観測



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

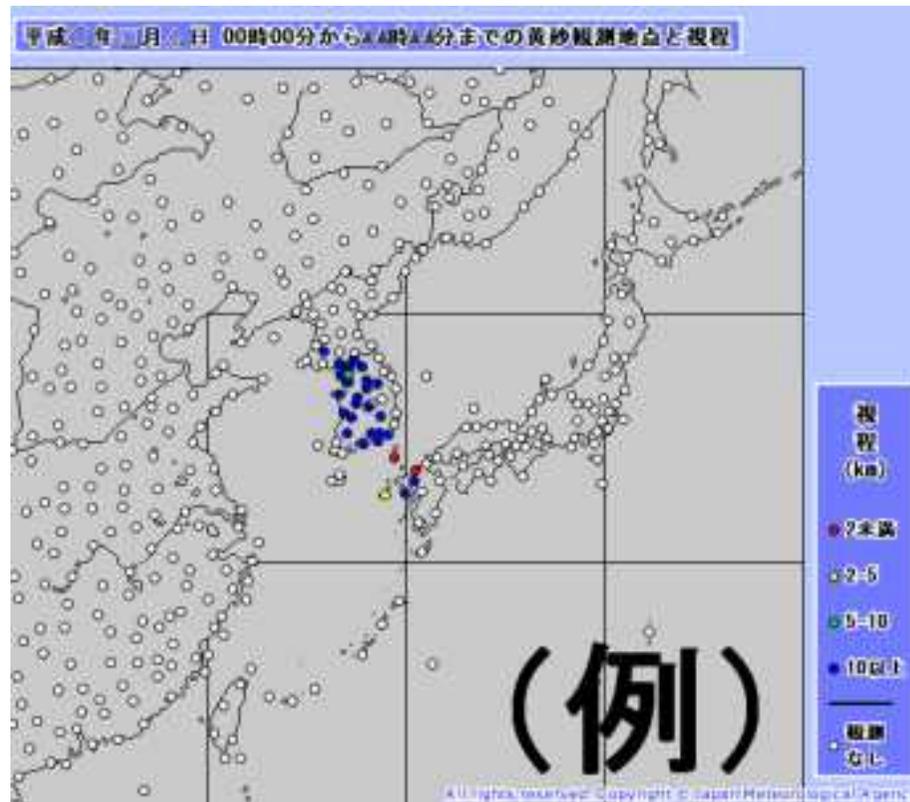
出典: <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

出典: <http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/kosateikyou/kosa.html>

大気環境のモニタリング 目視による観測



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



出典: ウィキペディアより

視程は地表付近の大気の混濁の程度を距離で表したもので、気象観測法などでは、視程目標の形を識別できる最大距離を示す。その観測結果は、交通機関の視程障害など安全上の観点から重要である。また、大気の濁度を示す点で、大気汚染を直感的に表すことができ、汚染状況の指標として使うことができる。

日本とその周辺(北緯20度~50度, 東経110度~150度の範囲)の気象観測所で、黄砂または局地的に舞い上がった砂や塵が大気中に浮遊している状態を、観測者が目視で観測した地点を、視程(水平方向の見通し)により区分して表示します。黄砂観測実況図は、随時更新します。本日の実況図では、00時から実況図を更新した時間までの間に黄砂を観測した地点を、速報値として表示しています。黄砂観測地点の視程は、その日、その地点での黄砂の観測通報の中の最小の視程を表しています。なお、黄砂以外の大気現象で、視程が低下することもあります。

大気環境のモニタリング ライダーとは



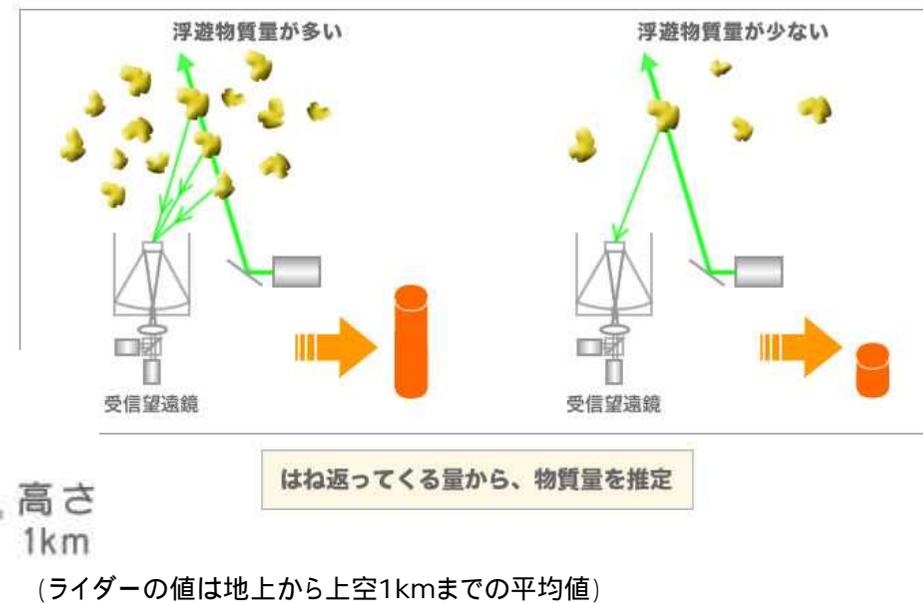
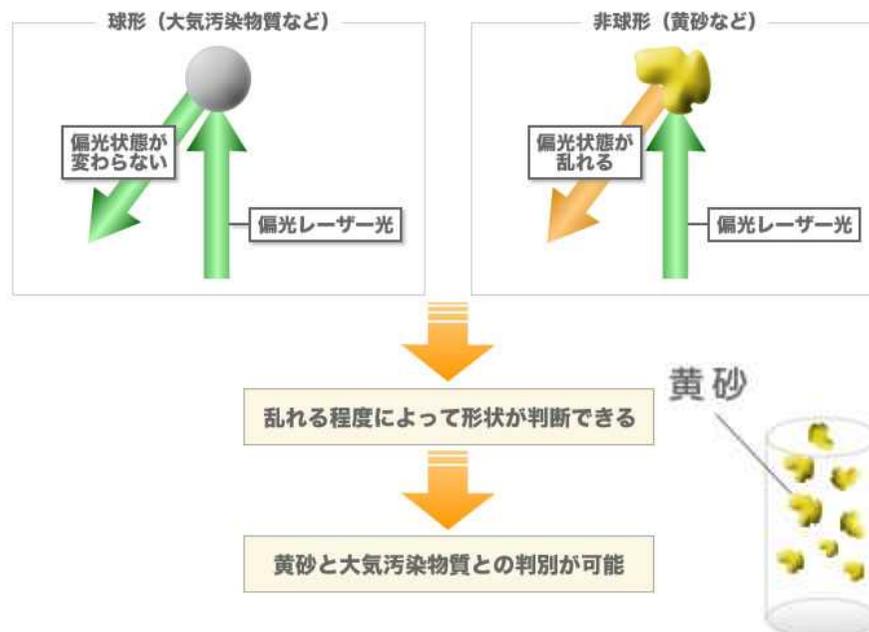
Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



ライダー:レーザー光を用いたレーダーで上空を通過する黄砂をリアルタイムで計測する機器



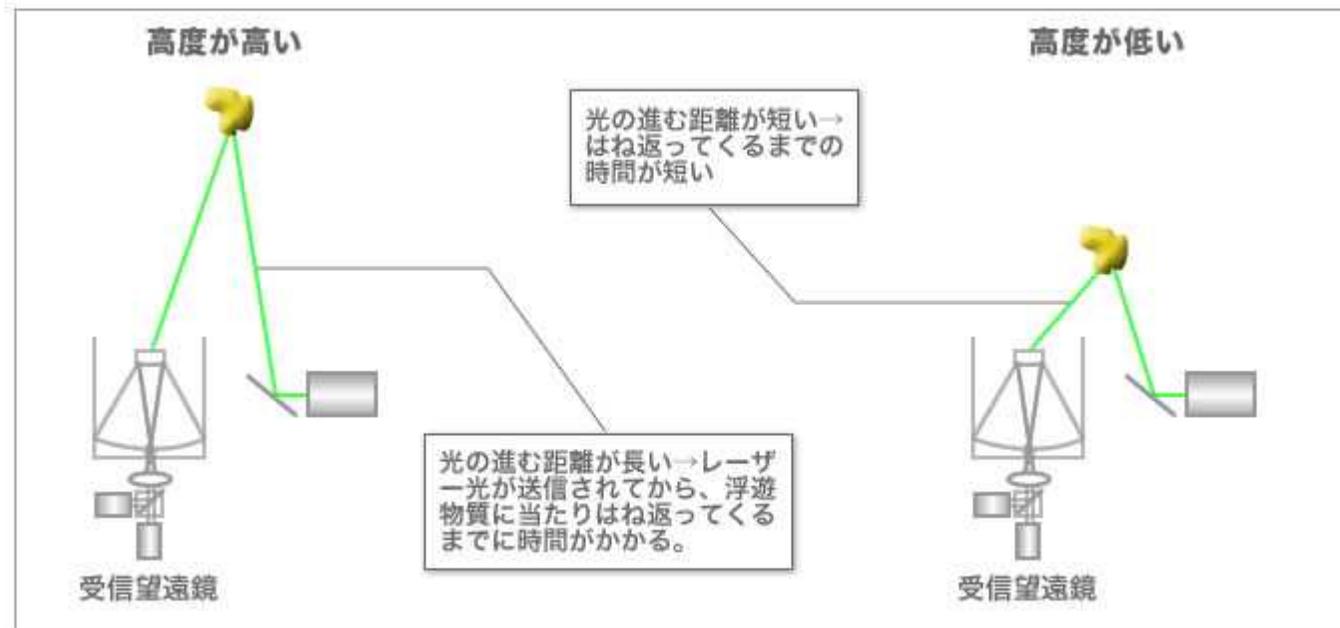
一般的に排ガスなどの粒子状の大気汚染物質は球形だが、黄砂粒子は球形ではない。この形状の違いをライダーは判別できるため、肉眼では区別できない黄砂と黄砂以外の大気汚染物質等の粒子状物質を判別して観測することが可能となる。



大気環境のモニタリング ライダーによる大気浮遊物質の鉛直分布測定



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



微粒子に当たってはね返ってきたレーザー光の乱れ具合から、黄砂の高度別の濃度 (= 上空のどの辺りに、どの程度黄砂が飛来しているか)を知ることができる



大気環境のモニタリング 日本の大気広域監視システム



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



そらまめ君
そらまめ君は、空をマメに監視します。

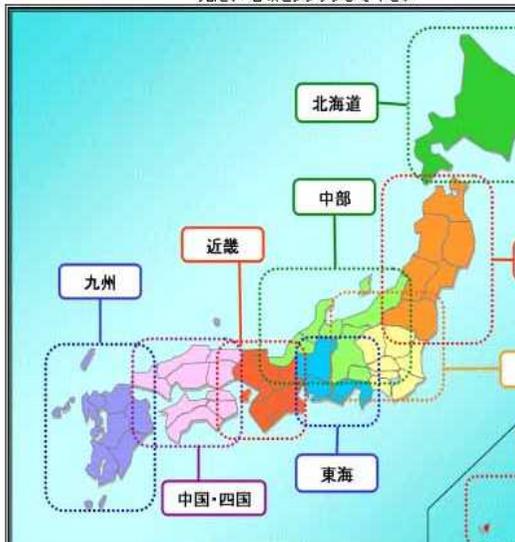
環境省大気汚染物質広域監視システム
Atmospheric Environmental Monitoring System

全国の大気汚染状況について、24時間、情報大気汚染測定結果(時間値)と光化学オキシダント測定結果(時間値)を閲覧することができます。

環境省 > 大気環境・自動車対策 > 大気汚染状況・常時監視関係 > 環境

測定時報値

見たい地域をクリックして下さい



そらまめ君に掲載されているデータは、速報値であり確定値ではありません。

表示項目を選択する

- 二酸化硫黄(SO2)
- 一酸化窒素(NO)
- 二酸化窒素(NO2)
- 光化学オキシダント(O3)
- 非メタン炭化水素(NMHC)
- 浮遊粒子状物質(SPM)
- 風向・風速(WD・WS)
- 気温(TEMP)

測定局種別を選択する

一般局

表示日時を選択する

2008年5月2日14時

地図切替

表示地域を選択する

中国・四国

表を見る

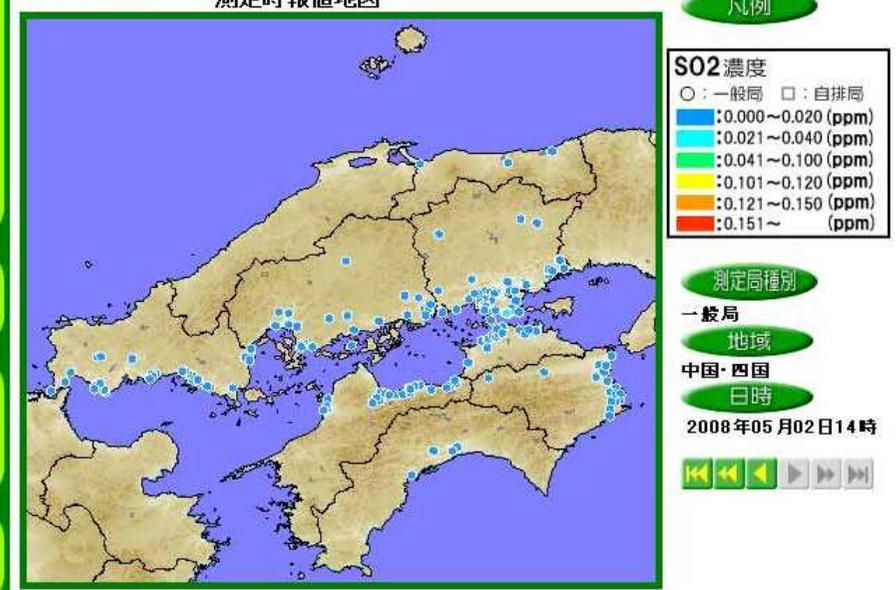
時報値表

HOME 操作説明 工事情報 説明のページ 携帯サイト

測定時報値 光化学オキシダント 注意報・警報発令状況 測定局一覧 測定局配置図 測定局検索 データ収集状況 問い合わせ先

2008年04月25日01時～2008年05月02日14時の測定時報値地図および時報値表がご覧になれます。過去7日間の時報値は測定局一覧からご覧下さい。

測定時報値地図



凡例

SO2濃度

- ：一般局 □：自排局
- 0.000～0.020 (ppm)
- 0.021～0.040 (ppm)
- 0.041～0.100 (ppm)
- 0.101～0.120 (ppm)
- 0.121～0.150 (ppm)
- 0.151～ (ppm)

測定局種別

- 一般局
- 地域
- 中国・四国
- 日時

2008年05月02日14時

別ウィンドウで表示

出典: <http://soramame.taiki.go.jp/>

大気環境のモニタリング 広島の大気観測所の位置



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



出典: <http://soramame.taiki.go.jp/>

大気環境のモニタリング 広島のSPM比較

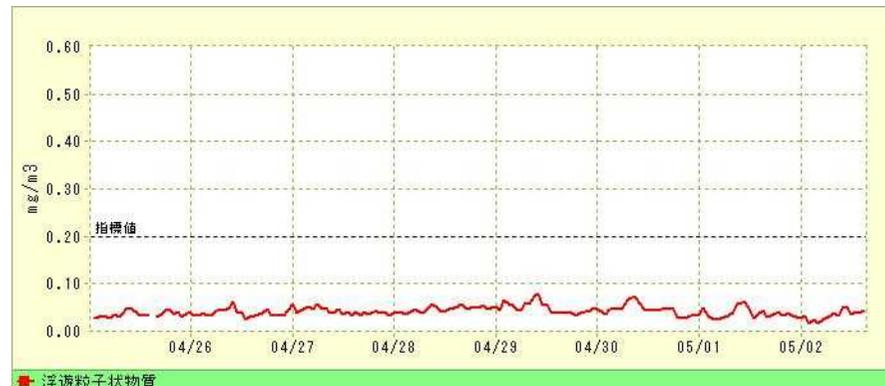


Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

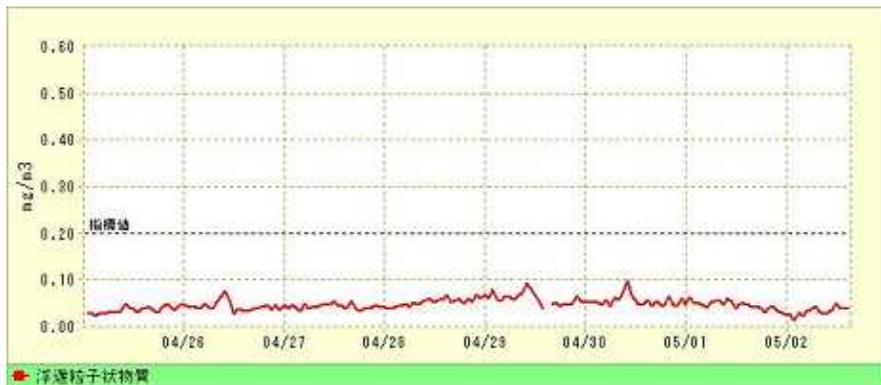
紙屋町



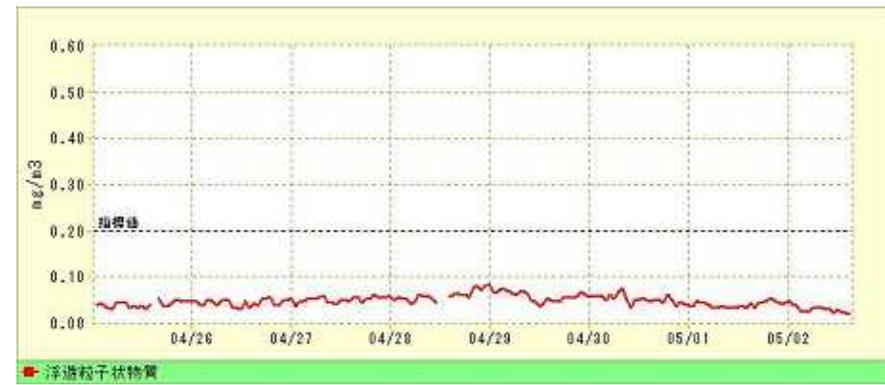
呉市



福山市



西条

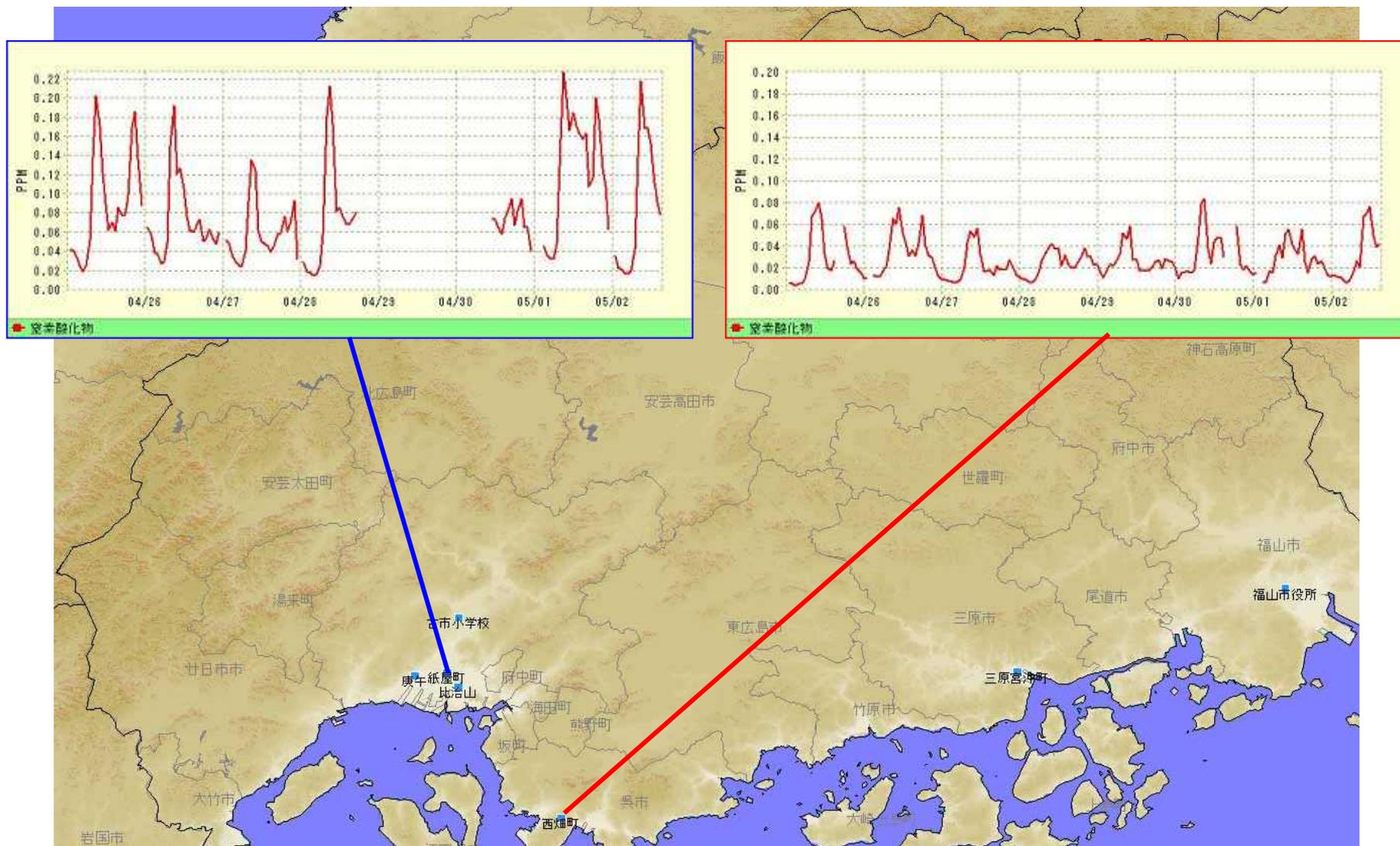


出典: <http://soramame.taiki.go.jp/>

大気環境のモニタリング 広島県の自動車排出ガス測定局の位置



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



出典: <http://soramame.taiki.go.jp/>

大気環境のモニタリング 韓国の大気観測情報サイト



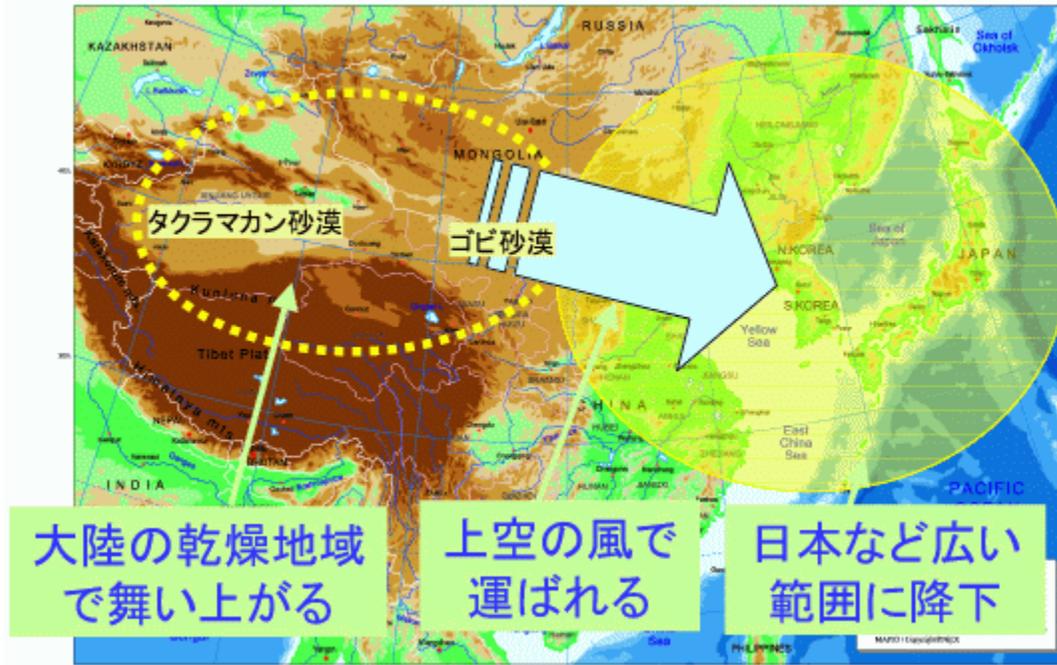
Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

The screenshot displays the AIRKOREA website interface. At the top, there are navigation links: Home, Sitemap, Contact us, Korean, and About AIRKOREA. Below this is a secondary menu with categories like Real-Time Air Quality, Data Retrieve, Information, and What's CAI. A banner image shows a satellite and a globe with the text: "We check even small changes in air quality to make sure that you breathe clean air." The main content area is titled "Metropolitan Air Quality" and includes a note: "You can find the graphs of 24-hour concentrations of specific pollutants in major cities. Note that this data is prior to approval for use." There are tabs for different pollutants: PM-10, O₃, NO₂, CO, and SO₂. Two line graphs are shown: one for Seoul and one for Busan, both plotting concentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ over time from 05-01 17 to 05-02 13. A "Quick Links" sidebar on the right contains links for Metropolitan Air Quality, CAI Animation, Air Quality Standards, and Site Links.

大気環境のモニタリング 黄砂現象について



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



黄砂解説図

黄砂現象とは、東アジアの砂漠域(ゴビ砂漠、タクラマカン砂漠など)や黄土地帯から強風により大気中に舞い上がった黄砂粒子が浮遊しつつ降下する現象を指す。日本における黄砂現象は、春に観測されることが多く、時には空が黄褐色に煙ることがある。

黄砂現象発生の有無や黄砂の飛来量は、発生域の強風の程度に加えて、地表面の状態(植生、積雪の有無、土壌水分量、地表面の土壌粒径など)や上空の風の状態によって大きく左右される。

黄砂粒子はいったん大気中に舞い上がると、比較的大きな粒子(粒径が10マイクロメートル以上(1マイクロメートルは1ミリメートルの千分の一の長さ))は重力によって速やかに落下するが、小さな粒子(粒径が数 μm 以下)は上空の風によって遠くまで運ばれる。例えば、東アジアが起源の黄砂粒子が太平洋を横断し、北米やグリーンランドへ輸送されたことも報告されている。

大気環境のモニタリング 黄砂のライダー観測



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

ライダー(LIDAR: Light Detection And Ranging)は、目で見ただけでは判らない黄砂と黄砂以外の粒子状物質(例えば、大気汚染物質)を区別し、リアルタイムで観測できる装置です。このページでは、ライダーの観測結果(観測値)をもとに、地上付近の黄砂の濃度を推計し、円柱で示しています。

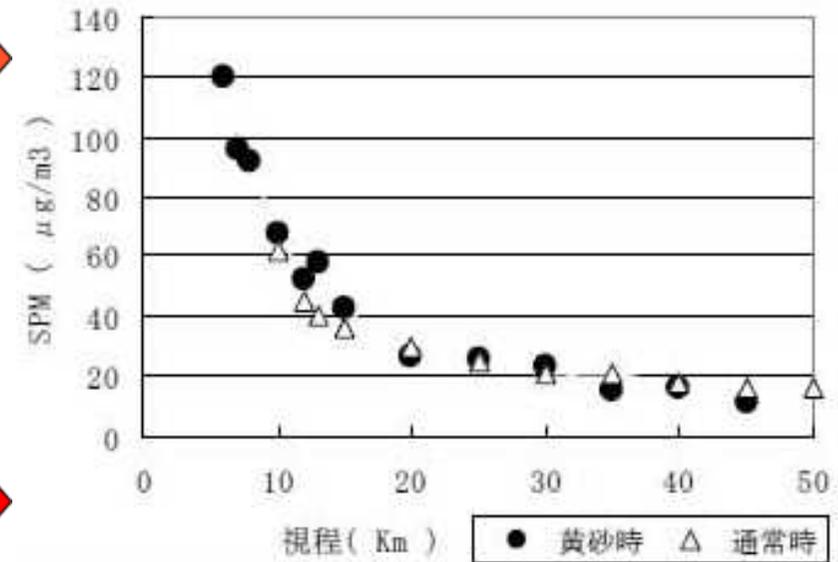
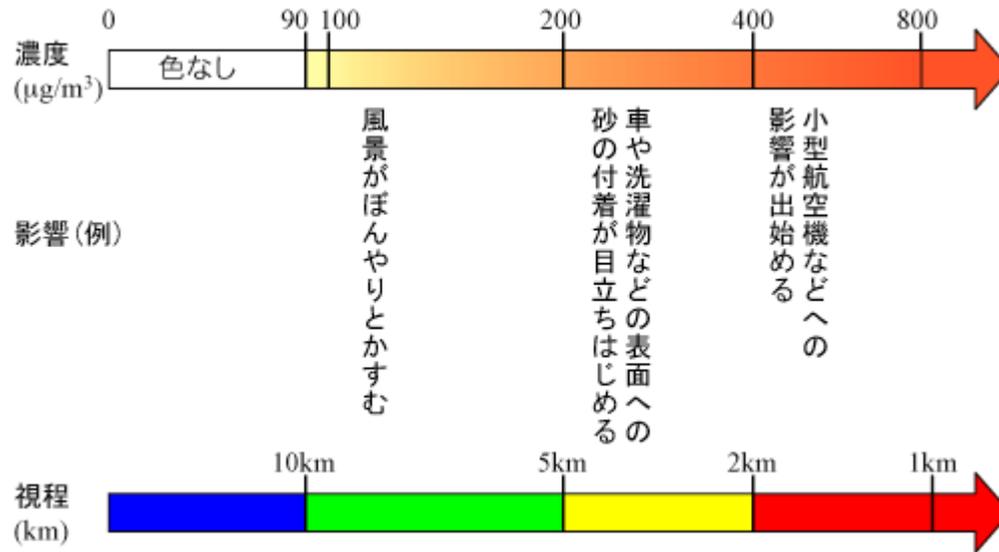


ライダー(LIDAR: Light Detection And Ranging)は、目で見ただけでは判らない黄砂と黄砂以外の粒子状物質(例えば、大気汚染物質)を区別し、リアルタイムで観測できる装置である。

大気環境のモニタリング 黄砂の濃度と視程の関係



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



地表付近の黄砂の濃度と視程およびその影響のおおまかな関係

出典: <http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/kosahp/4-7kosa.html>

松江における視程とSPM濃度との関係

1993 ~ 2001年、時刻(9,12,15h)、天候(快晴,晴れ)
湿度60%以下、SPM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上、通常時: 3月 ~ 5月

出典: 多田納力、宮廻隆洋、藤原誠(島根県保健環境科学研究所)の報告より

大気環境のモニタリング エアロゾル観測について



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

エアロゾルとは

エアロゾルは大気中に浮遊するちりなどの微粒子のこと。大きさは半径1nm(1mmの100万分の1の長さ)程度から10 μ m(1mmの100分の1の長さ)程度で、化石燃料やバイオマス燃焼などの人間活動から放出されるものや、海塩粒子、土壌粒子などがある。

エアロゾルは、太陽放射を散乱・吸収して地上に到達する日射量を減少させ、気温を低下させる「日傘効果」を持つ一方で、地球からの赤外放射を吸収・再放射するという「温室効果」も持っている。さらに、これら直接効果のほかに、雲粒の核となる微粒子(雲核)として雲の性状(雲粒の数や粒径分布、滞留時間)を変化させることによって、間接的に地球の放射収支を変えるという効果も持っている。このようなエアロゾルが気候へ与える影響を評価するために、その組成分布、粒径分布、空間・時間分布などを把握することが必要とされている。

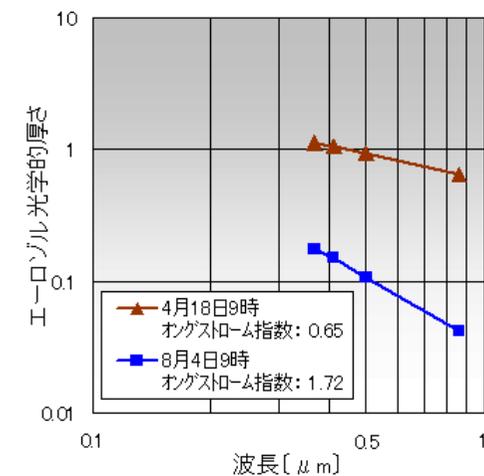
直達日射計



サンフォトメータ



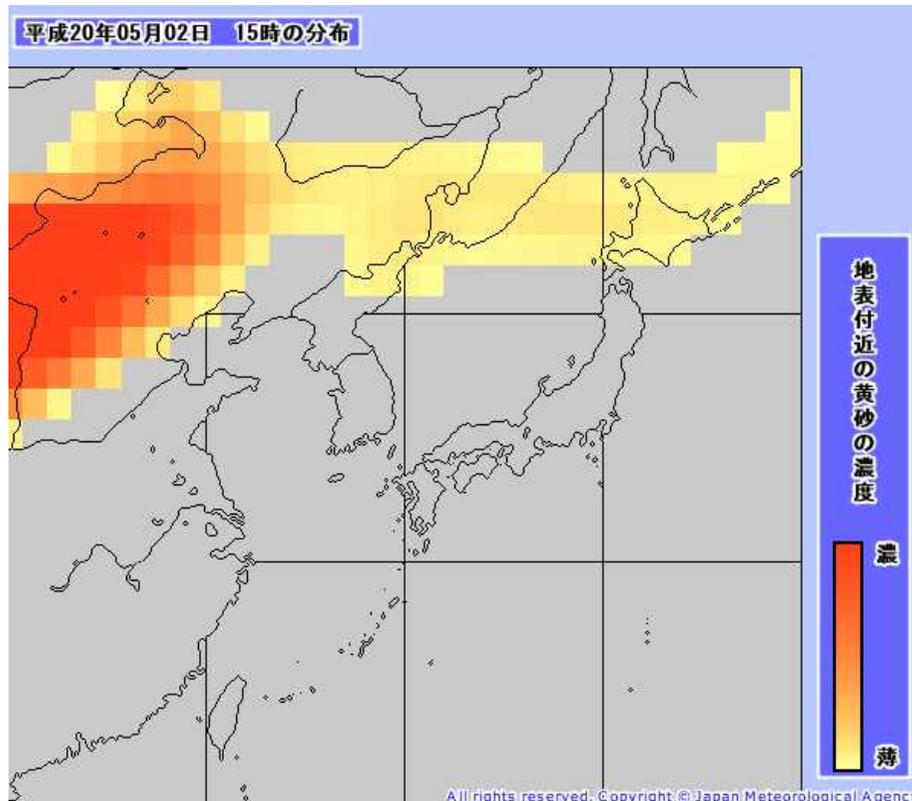
エアロゾルライダー



大気環境のモニタリング 黄砂の予測について



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



黄砂予測図例(地表付近の黄砂の濃度)2008/5/2 15時

出典: <http://www.jma.go.jp/jp/kosafcst/>



黄砂予測モデルの模式図

気象庁では黄砂の予測には、黄砂発生域での黄砂の舞い上がり、移動や拡散、降下の過程等を組み込んだ数値予測モデルを用いている。

気象庁で用いている黄砂の数値予測モデルは、水平解像度が約110km、鉛直解像度が20層(地表～約23km)で、粒径0.1マイクロメートル～10マイクロメートルの黄砂を10段階に分割して、96時間先までの黄砂の濃度などを予測している。

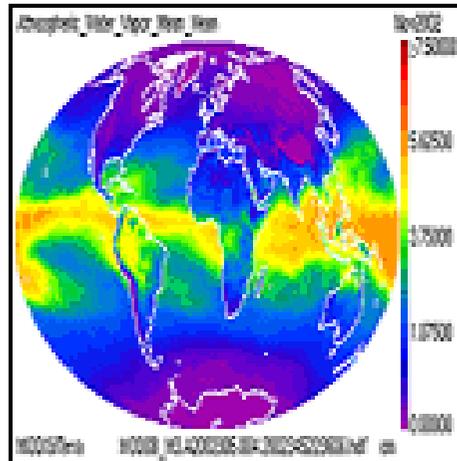
黄砂情報のページの図では、この黄砂予測モデルの結果をもとに、地表付近(高度1kmまで)の濃い黄砂(黄砂濃度が90マイクログラム/立方メートル以上の領域、視程では10km未満に相当)の予測領域などを表示している。

大気環境のモニタリング

世界規模の大気モニタリング例



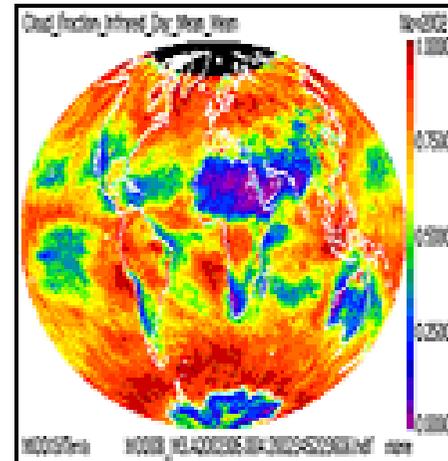
Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University



2002 November

Clear-sky Precipitable Water (IR)

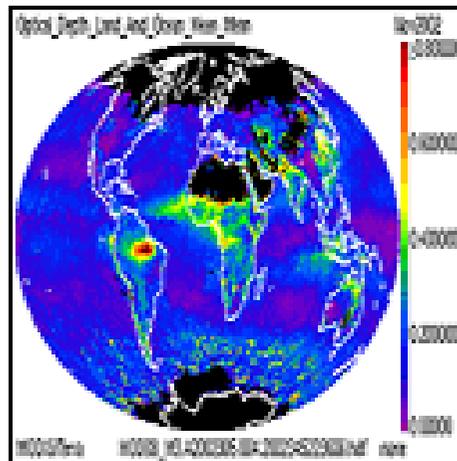
This animation shows clear-sky total-column atmospheric water vapor (precipitable water) from November 2002 through June 2003. The monthly average data, ranging from 0 (violet) to 7.5 cm (red), were derived using infrared (IR) retrieval techniques. The seasonal migration of high vapor content in the inter-tropical convergence zone (ITCZ) is clearly visible.



2002 November

Cloud Fraction (Daytime)

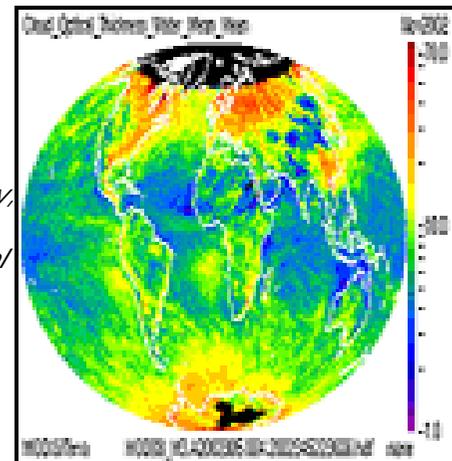
Monthly average daytime-only cloud fraction data from November 2002 through June 2003, computed at 1-degree resolution using 5x5 1-km cloud mask data as input, range from 0% (violet) to 100% (red). Large scale Hadley cell circulations in the equatorial regions as well as the stormy latitude bands between 40 and 60 degrees, driven by dynamic global-scale thermal gradients, are clearly visible.



2002 November

Aerosol Optical Depth

This animation depicts monthly average aerosol optical depth from November 2002 through June 2003. The unit-less data, computed in daytime scenes only, range from 0.0 (violet) to 3.0 (red). High-concentration aerosol plumes being transported over the Atlantic Ocean west of the Sahara and over the Pacific Ocean northeast of the dust-producing deserts of China are clearly visible.



2002 November

Cloud Optical Thickness (Water)

Monthly average cloud optical thickness for liquid water clouds from November 2002 through June 2003 are displayed on a log scale to help bring out detail. The unit-less data values range from 1.0 (violet) to 10.0 (green) to 76.0 (red).

大気環境のモニタリング

世界規模の大気モニタリング例



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

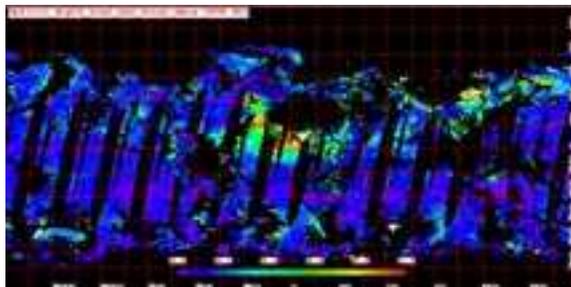
Level-2 (Orbital Swath) MODIS Atmosphere products

- 1.The Aerosol Product :MOD04_L2 (Terra) and MYD04_L2 (Aqua)
- 2.Water Vapor Product :MOD05_L2 (Terra) and MYD05_L2 (Aqua)
- 3.Cloud Product :MOD06_L2 (Terra) and MYD06_L2 (Aqua)
- 4.Atmosphere Profile Product :MOD07_L2 (Terra) and MYD07_L2 (Aqua)
- 5.Cloud Mask Product :MOD35_L2 (Terra) and MYD35_L2 (Aqua)
- 6.Joint Atmosphere Product :MODATML2 (Terra) and MYDATML2 (Aqua)

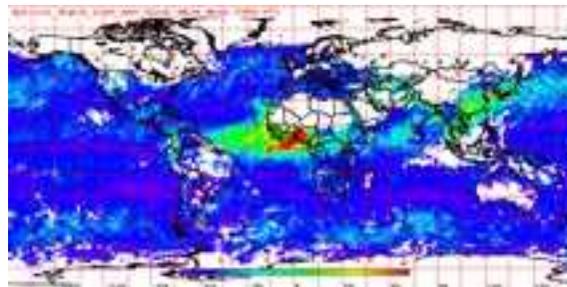
Level-3 MODIS Atmosphere Products

- 1.Daily Global Joint Product :MOD08_D3 (Terra) and MYD08_D3 (Aqua)
- 2.Eight-Day Global Joint Product :MOD08_E3 (Terra) and MYD08_E3 (Aqua)
- 3.The Monthly Global Joint Product :MOD08_M3 (Terra) and MYD08_M3 (Aqua)

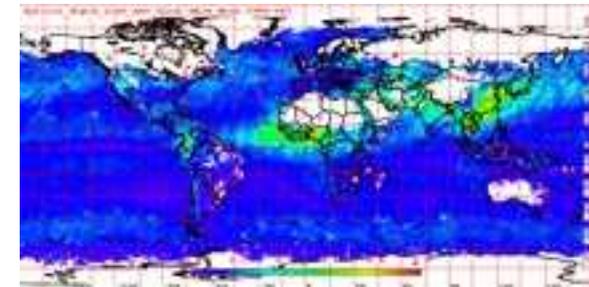
Level-3(1)の画像例



Level-3(2)の画像例



Level-3(3)の画像例



第一部試験と授業資料について



Social and Environ. Eng.
Graduate School of Eng.
Hiroshima University

第一部試験:5月19日(水) 218教室 持ち込み不可

授業資料(カラーPDF):

http://home.hiroshima-u.ac.jp/sakuno/Jugyo/jinko/index_jinko.html