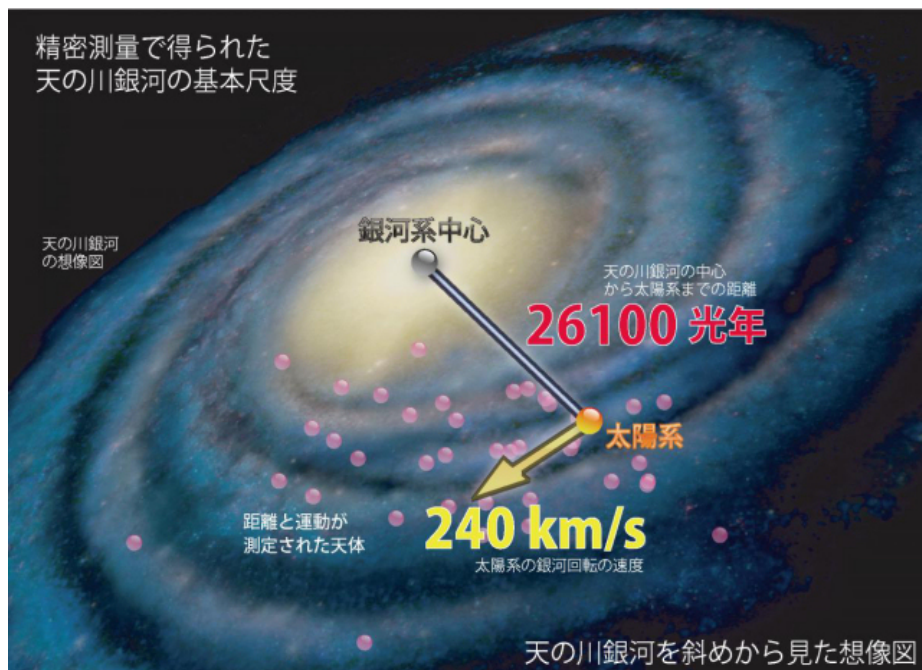


- 大気の成分
- 対流圏・成層圏・圏界面など
- 気圧とは
- 気象観測システム



# 大気の起源など 「天の川」銀河と太陽系



初期の大気：水素、ヘリウム、メタン、アンモニア

第2世代の大気：火山噴火で、水蒸気（80%）、CO<sub>2</sub>（10%）、窒素（数%）

何百万年の間：絶え間ない水蒸気の補給が雲を生成

何千年にも渡って雨が降り、川や湖を形成

この間、CO<sub>2</sub>が大洋中に分解、石灰岩などに固定化

水蒸気とCO<sub>2</sub>の減少で、窒素が豊富に

太陽の高エネルギーで、H<sub>2</sub>Oを水素と酸素に光解離。  
水素は酸素に比べて軽いで、浮き上がり宇宙へ、酸素は残留

植物の光合成を通じて、酸素が増加

ひと呼吸に含まれる空気分子の数はおよそ $10^{22}$ 。重さは約1g

宇宙には約 $10^{11}$ 個の銀河系があり、平均 $10^{11}$ 個の恒星がある

# 大気の組成

## Composition of the Atmosphere Near the Earth's Surface

PERMANENT GASES 永久ガス			VARIABLE GASES、可変ガス			
Gas	Symbol	Percent (by Volume) Dry Air	Gas (and Particles)	Symbol	Percent (by Volume)	Parts per Million (ppm)*
Nitrogen	N <sub>2</sub>	窒素 78.08	Water vapor	水蒸気 H <sub>2</sub> O	0 to 4	
Oxygen	O <sub>2</sub>	酸素 20.95	Carbon dioxide	炭酸ガス CO <sub>2</sub>	0.038	380*
Argon	Ar	アルゴン 0.93	Methane	メタン CH <sub>4</sub>	0.00017	1.7
Neon	Ne	ネオン 0.0018	Nitrous oxide	1酸化2窒素 N <sub>2</sub> O	0.00003	0.3
Helium	He	ヘリウム 0.0005	Ozone	オゾン O <sub>3</sub>	0.000004	0.04†
Hydrogen	H <sub>2</sub>	水素 0.00006	Particles (dust, soot, etc.)	チリ	0.000001	0.01–0.15
Xenon	Xe	キセノン 0.000009	Chlorofluorocarbons (CFCs)	フロン類	0.00000002	0.0002

\*For CO<sub>2</sub>, 380 parts per million means that out of every million air molecules, 380 are CO<sub>2</sub> molecules.

†Stratospheric values at altitudes between 11 km and 50 km are about 5 to 12 ppm.

【館野 2021年4月7日21時】

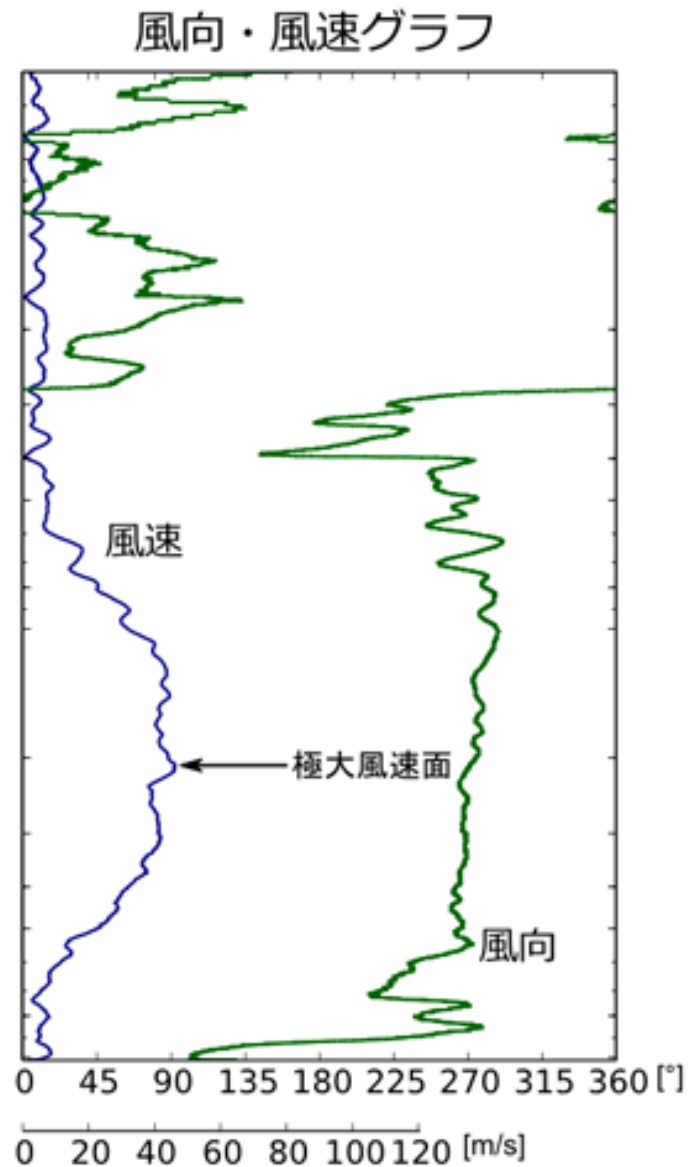
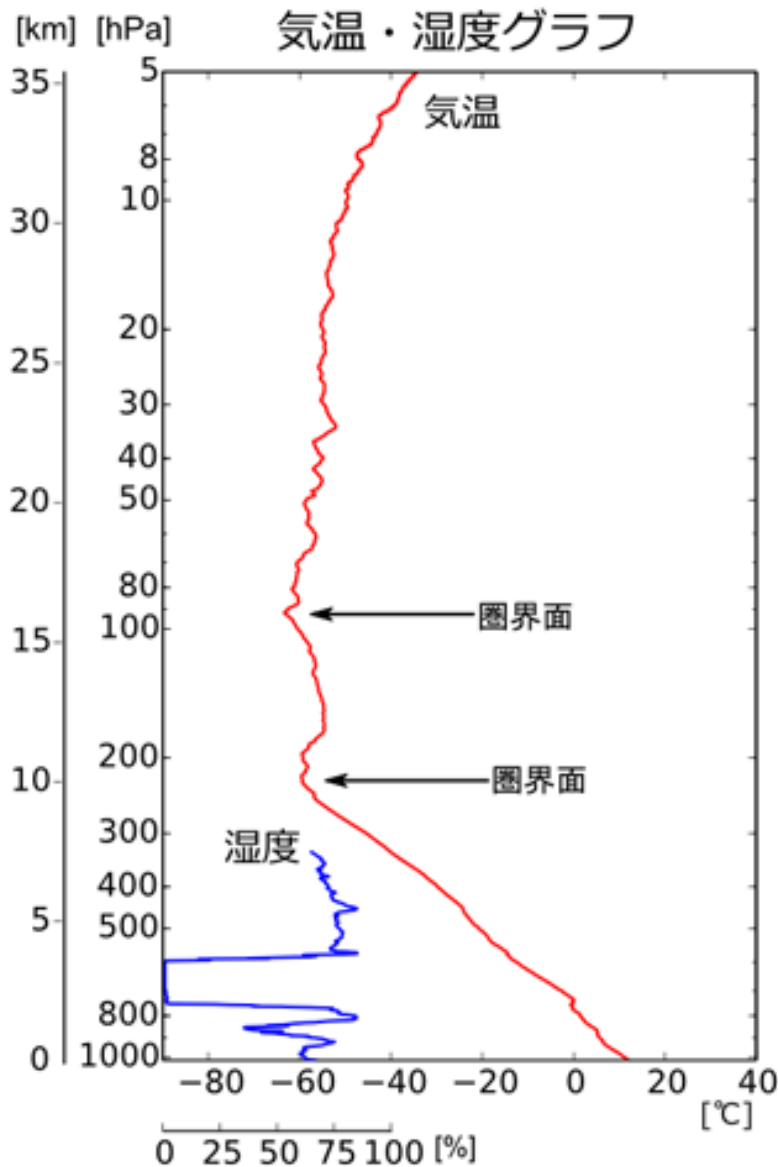
地上

気圧(hPa)	高度(m)	気温(°C)	相対湿度(%)	風速(m/s)	風向(°)
1011.2	26	12.6	69	2.3	100

指定気圧面

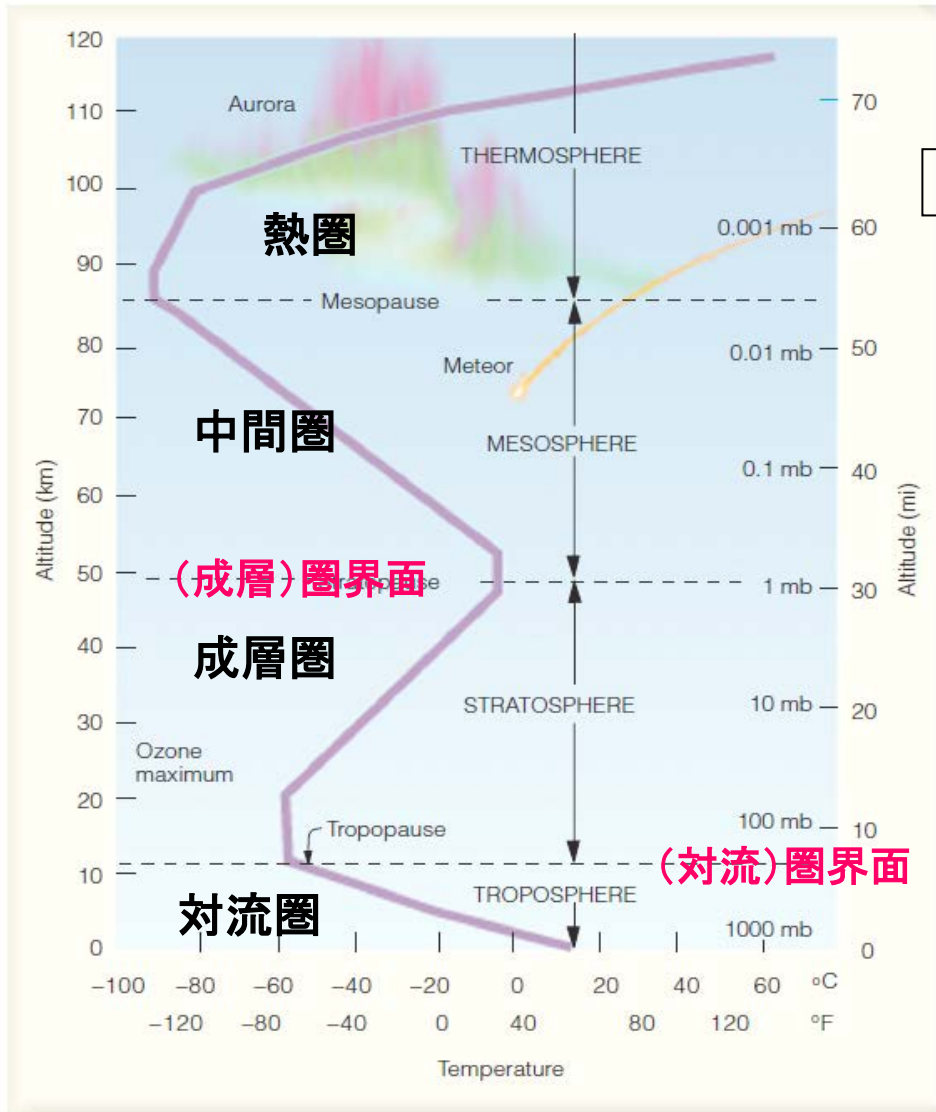
気圧(hPa)	ジオポテンシャル 高度(m)	気温(°C)	相対湿度(%)	風速(m/s)	風向(°)
1000	119	12.3	64	6	110
925	767	7.6	86	6	185
900	993	6.8	65	4	203
850	1459	3.2	77	4	260
800	1947	-0.8	90	5	331
700	2998	-8.3	44	13	300
600	4177	-15.9	11	16	286
500	5528	-24.6	6	20	290
400	7142	-28.2	3	46	283
350	8087	-33.5	3	57	279
300	9160	-39.1	7	70	284
250	10388	-45.7	///	67	289
200	11860	-48.9	///	59	271
175	12738	-49.3	///	64	268
150	13741	-52.8	///	56	275
125	14915	-54.4	///	41	275
100	16326	-60.2	///	34	268
70	18517	-61.8	///	21	263
50	20623	-57.5	///	4	258
40	22053	-53.8	///	1	221
30	23910	-51.7	///	5	151
20	///	///	///	///	///
15	///	///	///	///	///
10	///	///	///	///	///
5	///	///	///	///	///

# 高層観測例



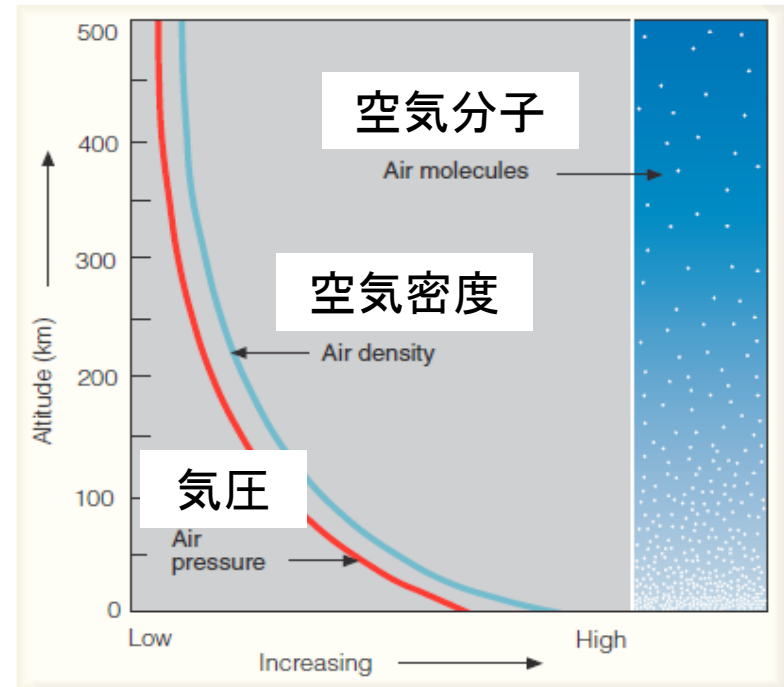
# 大気の鉛直区分

(気温の減率による区分: (標準大気))



大気組成は、約80km上空まで一定。それより上空では、重力による分離が始まる。軽い分子や原子の占める割合が多くなる(窒素、酸素、ヘリウム、水素の順)

気圧と密度は、指数関数的に減少していることに注意



● FIGURE 1.8 Both air pressure and air density decrease with increasing altitude.

ALTITUDE		TEMP. (°C)	PRESSURE		PRESSURE RATIO	DENSITY	SPEED OF SOUND (kt)
(Feet)	(Meters)		(hPa)	(in. Hg.)			
40,000	12,192	-56.5	188	5.54	0.1851	0.2462	573
39,000	11,887	-56.5	197	5.81	0.1942	0.2583	573
38,000	11,582	-56.5	206	6.10	0.2038	0.2710	573
37,000	11,278	-56.5	217	6.40	0.2138	0.2844	573
36,000	10,973	-56.3	227	6.71	0.2243	0.2981	573
35,000	10,668	-54.3	238	7.04	0.2353	0.3099	576
34,000	10,363	-52.4	250	7.38	0.2467	0.3220	579
33,000	10,058	-50.4	262	7.74	0.2586	0.3345	581
32,000	9,754	-48.4	274	8.11	0.2709	0.3473	584
31,000	9,449	-46.4	287	8.49	0.2837	0.3605	586
30,000	9,144	-44.4	301	8.89	0.2970	0.3741	589
29,000	8,839	-42.5	315	9.30	0.3107	0.3881	591
28,000	8,534	-40.5	329	9.73	0.3250	0.4025	594
27,000	8,230	-38.5	344	10.17	0.3398	0.4173	597
26,000	7,925	-36.5	360	10.63	0.3552	0.4325	599
25,000	7,620	-34.5	376	11.10	0.3711	0.4481	602
24,000	7,315	-32.5	393	11.60	0.3876	0.4642	604
23,000	7,010	-30.6	410	12.11	0.4046	0.4806	607
22,000	6,706	-28.6	428	12.64	0.4223	0.4976	609
21,000	6,401	-26.6	446	13.18	0.4406	0.5150	611
20,000	6,096	-24.6	466	13.75	0.4595	0.5328	614
19,000	5,791	-22.6	485	14.34	0.4791	0.5511	616
18,000	5,486	-20.7	506	14.94	0.4994	0.5699	619
17,000	5,182	-18.7	527	15.57	0.5203	0.5892	621
16,000	4,877	-16.7	549	16.22	0.5420	0.6090	624
15,000	4,572	-14.7	572	16.89	0.5643	0.6292	626
14,000	4,267	-12.7	595	17.58	0.5875	0.6500	628
13,000	3,962	-10.8	619	18.29	0.6113	0.6713	631
12,000	3,658	-8.8	644	19.03	0.6360	0.6932	633
11,000	3,353	-6.8	670	19.79	0.6614	0.7156	636
10,000	3,048	-4.8	697	20.58	0.6877	0.7385	638
9,000	2,743	-2.8	724	21.39	0.7148	0.7620	640
8,000	2,438	-0.8	753	22.22	0.7428	0.7860	643
7,000	2,134	1.1	782	23.09	0.7716	0.8106	645
6,000	1,829	3.1	812	23.98	0.8014	0.8359	647
5,000	1,524	5.1	843	24.90	0.8320	0.8617	650
4,000	1,219	7.1	875	25.84	0.8637	0.8881	652
3,000	914	9.1	908	26.82	0.8962	0.9151	654
2,000	610	11.0	942	27.82	0.9298	0.9428	656
1,000	305	13.0	977	28.86	0.9644	0.9711	659
0	0	15.0	1013	29.92	1.0000	1.0000	661
-1,000	-305	17.0	1050	31.02	1.0366	1.0295	664

国際標準大気表（一部）



航空機用気圧高度計

# 空気・気圧？

力

引く力  
押す力  
振じる力  
擦る力

圧力

↓ 空気の及ぼす力

気圧

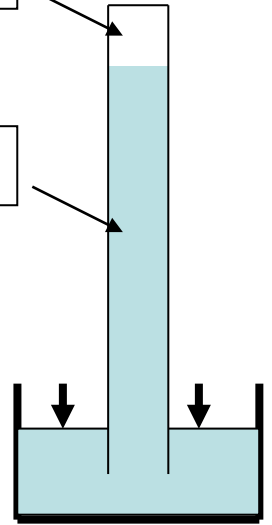
↓ 大気の及ぼす力

大気圧

→ 気圧計で観測する

真空

水銀



水銀気圧計の原理

- 空気  $1\text{m}^3$  の重さ = 約  $1\text{kg}$
- 空気  $1\text{km}^3$  の重さ = 約  $100\text{万トン}$
- 1気圧 : 約  $1013\text{ヘクトパスカル}$

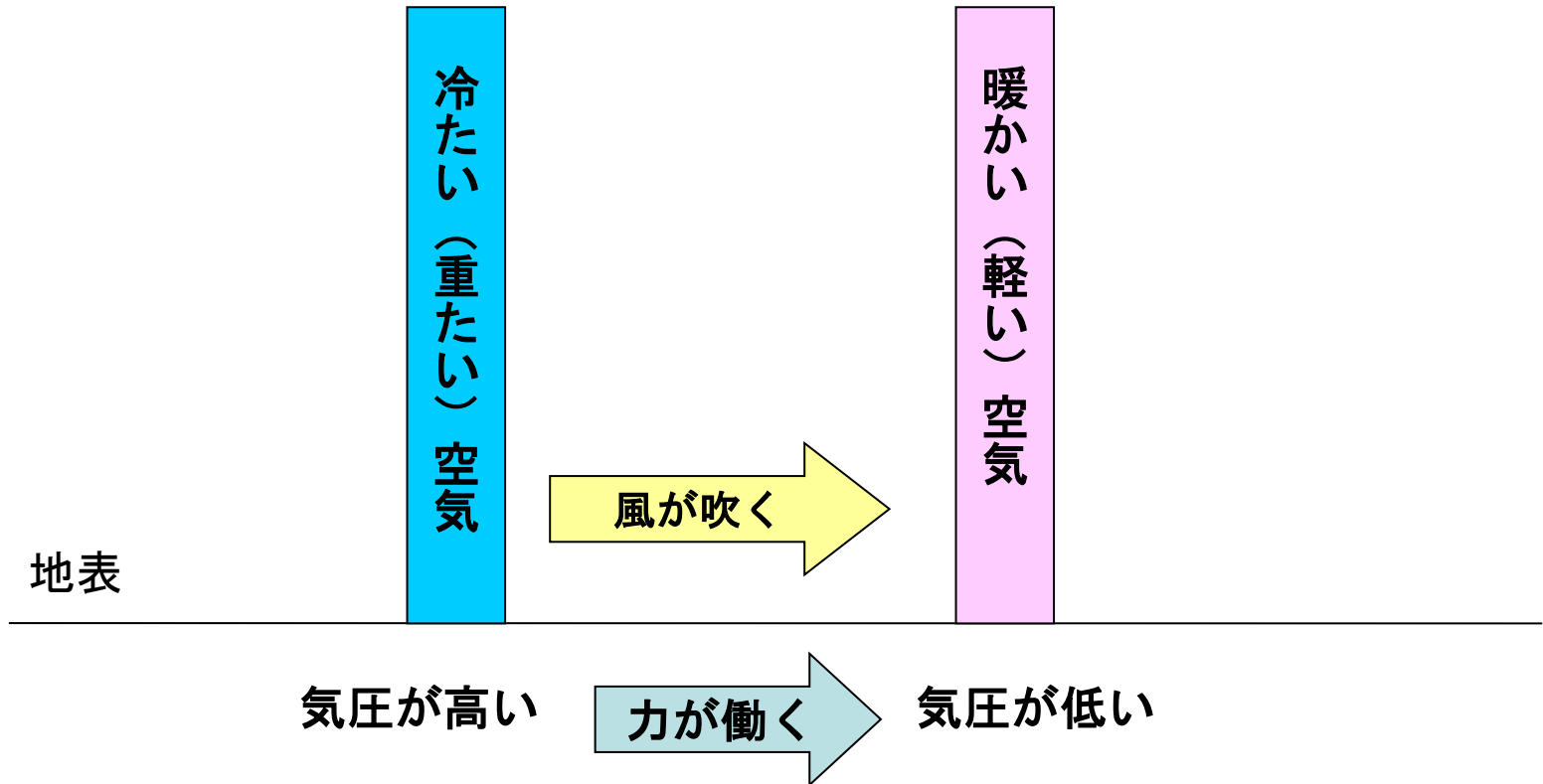
- 底面積  $1\text{平方センチメートル}$  の  
気柱の重さ(大気圧)は約  $1\text{kg}$

- 大気中に水蒸気が含まれていることが天気を複雑にし、予報を難しくしている根源。空気  $1\text{m}^3$  中に  $20\text{g}$  程度の水蒸気を含む！！

- 気圧の単位 :  $\text{ヘクトパスカル}(\text{hPa})$   
 $1\text{ヘクトパスカル} = 1\text{ミリバール}$

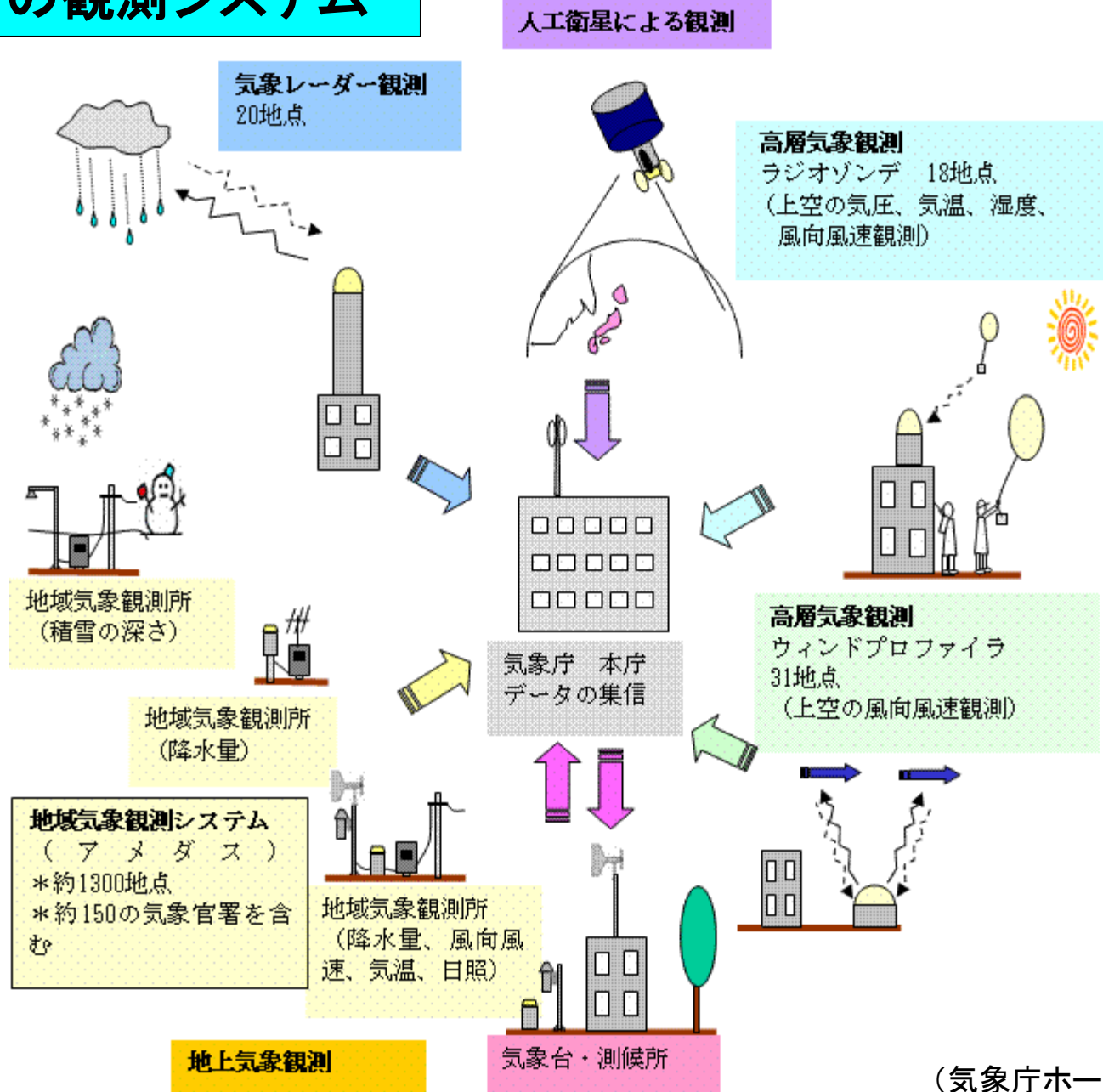


# 気圧の高低と風の吹き方



- ・ 地球が自転しており、我々はその上で風を観測している。
- ・ この影響は、風は高気圧から低気圧に向かって真っ直ぐに吹かずに、右へ右へと曲げられる（ように見える）。 「コリオリ力」あるいは「転向力」と呼ばれる。

# 気象庁の観測システム



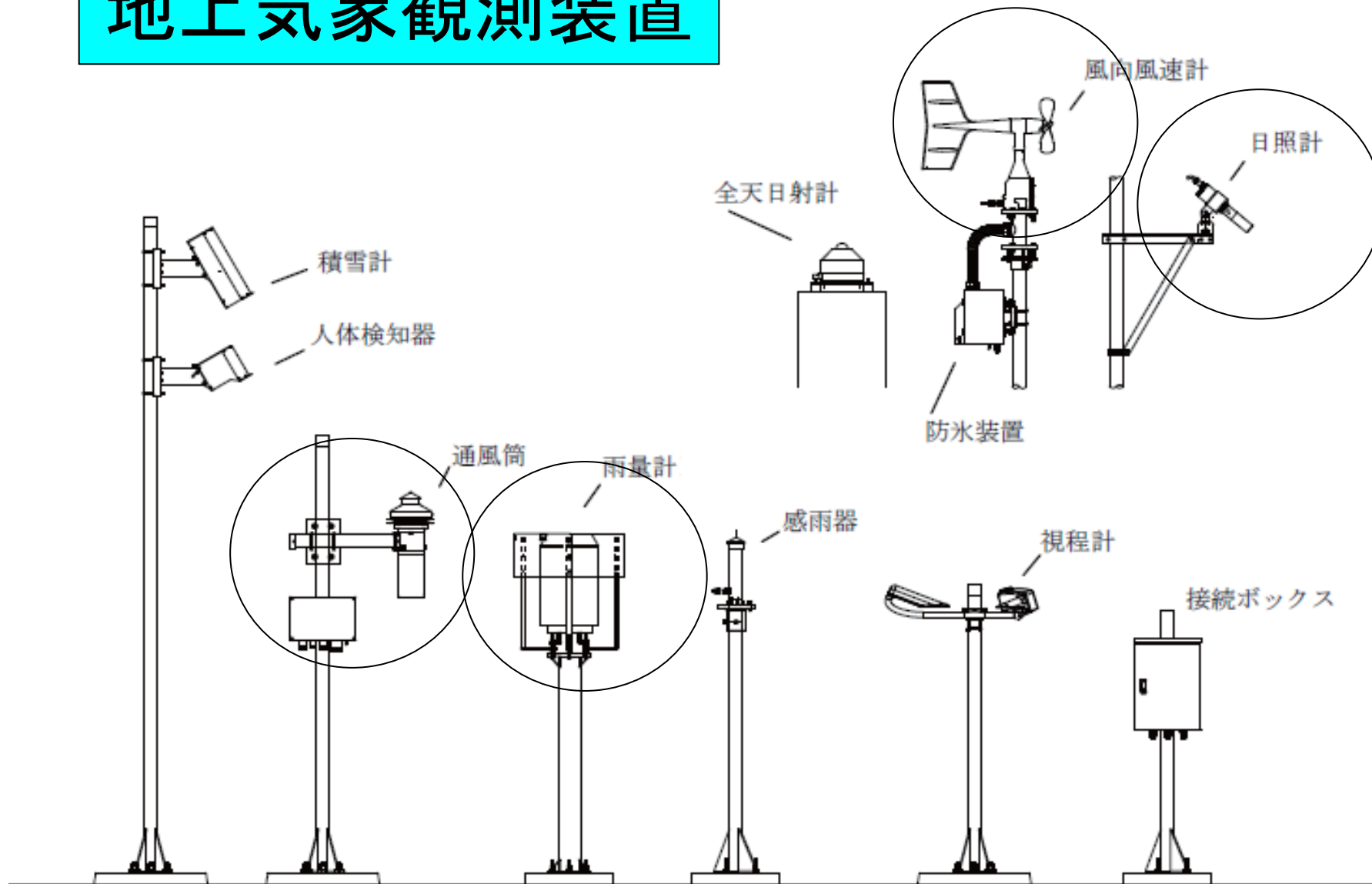
(気象庁ホームページより)

# アメダス(鹿嶋): 県立鹿島高校に隣接



# 地上気象観測装置

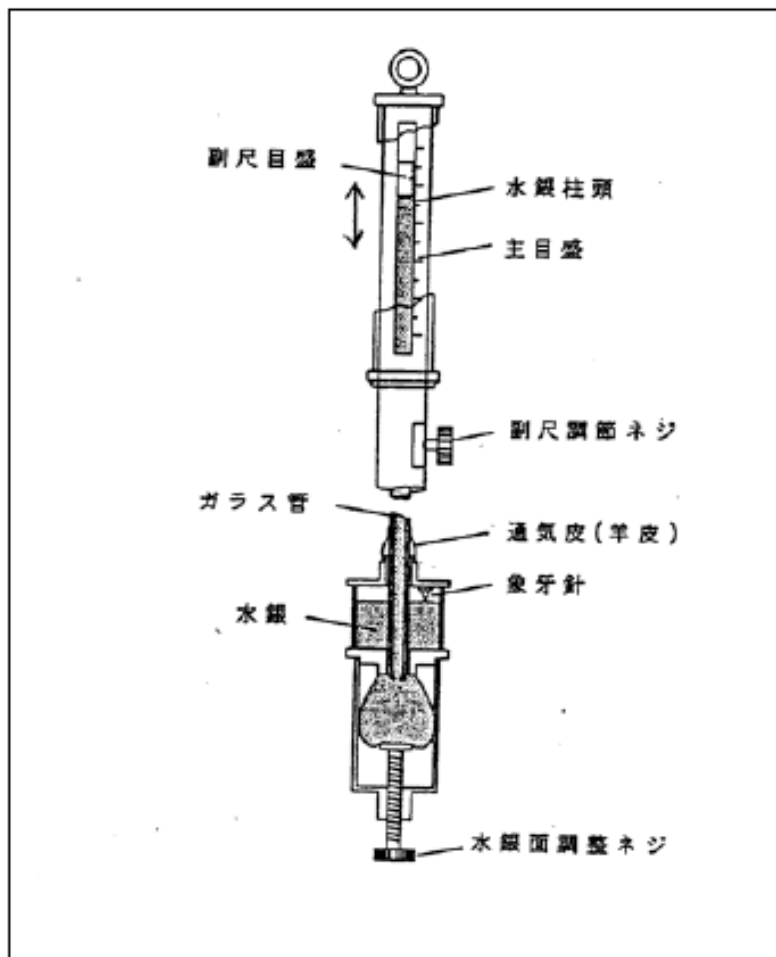
○は「アメダス」の測器



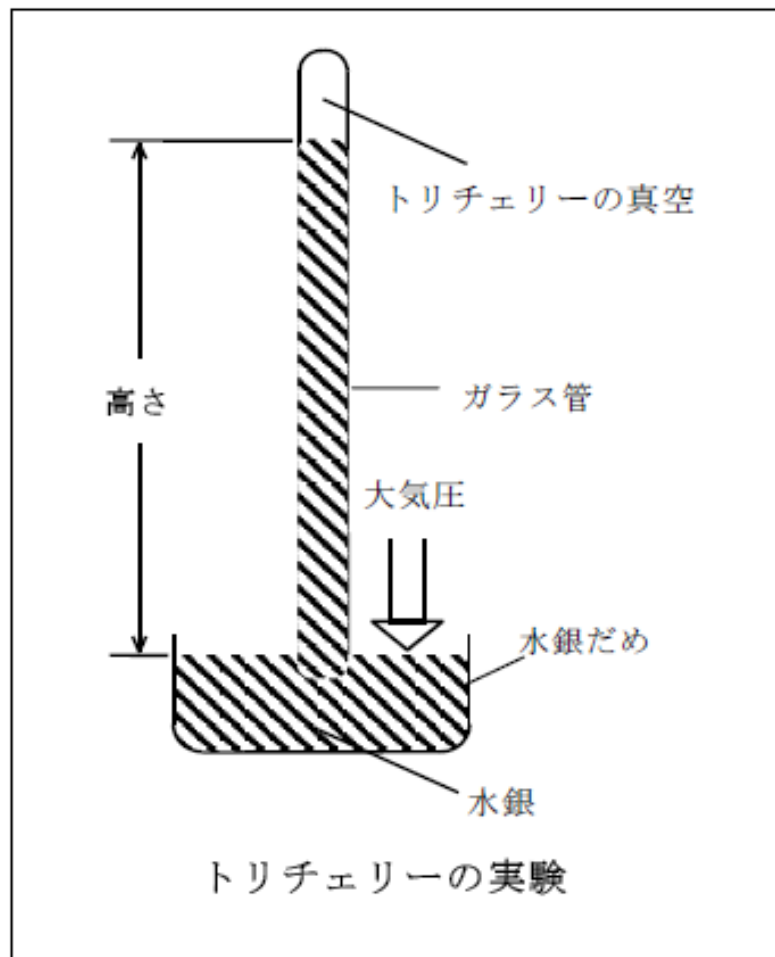
温度計・気圧計・風速計などは、検定を受けなければならない。

# 水銀気圧計(フォルトン型)

[外観図]



[原理図]

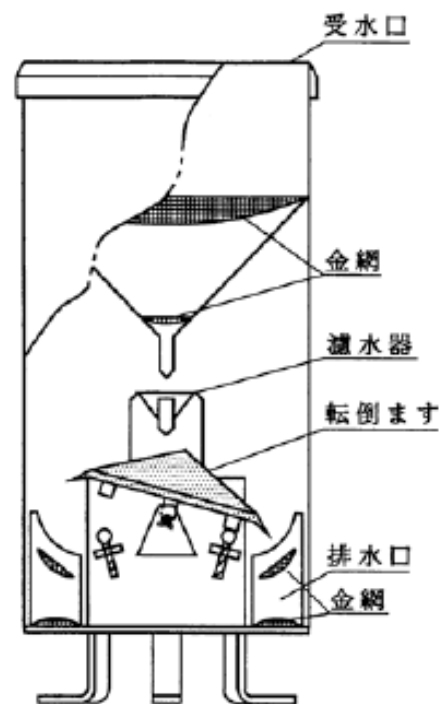


# 転倒ます型雨量計

[外観図]



[原理図]

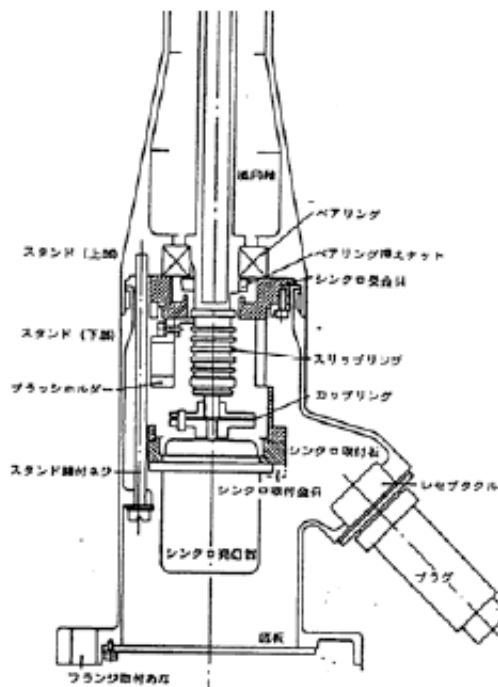
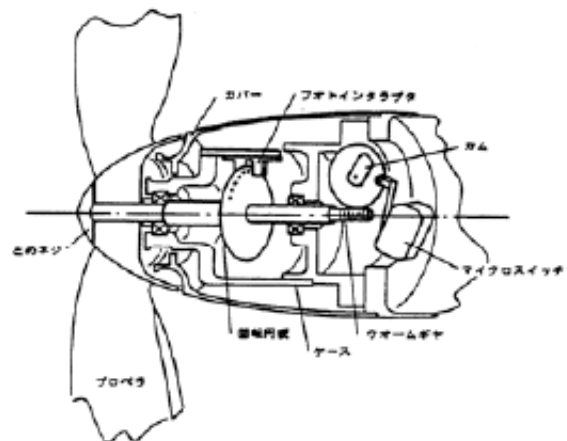


〔外観図〕

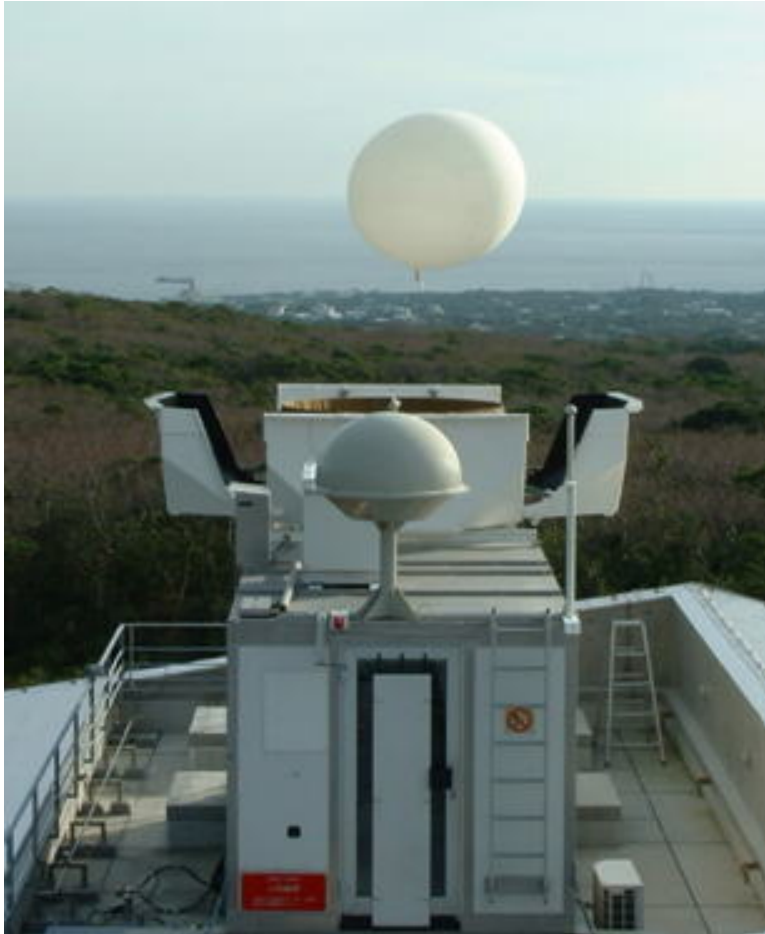
# プロペラ型風向風速計



〔原理図〕



# ラジオゾンデの放球



ゴム気球にセンサーを吊るして、放球し、約30km上空までの気温、湿度、風を無線を利用して観測



(八丈島測候所)



# 高層気象観測、ラジオゾンデ



大きな弁当箱のような発泡スチロール箱の中に、測器、発信機、電池が収められている

- 上空の気象を無線で測る測器を一般に「ラジオゾンデ」と呼ぶ。
- 「レーウインゾンデ」は、気温、湿度以外に、風向・風速を測る測器である。
- 最近では、「GPSゾンデ」と呼ばれる装置で、観測が行われている。
- GPS(測位衛星システム)を用いて、気球の高度が分かるので、「気圧計」は搭載されていないが、温度の鉛直分布から、計算で求めることができる。
- GPSにより、気球の水平位置が時々刻々分かるので、その変位から風速を求める。

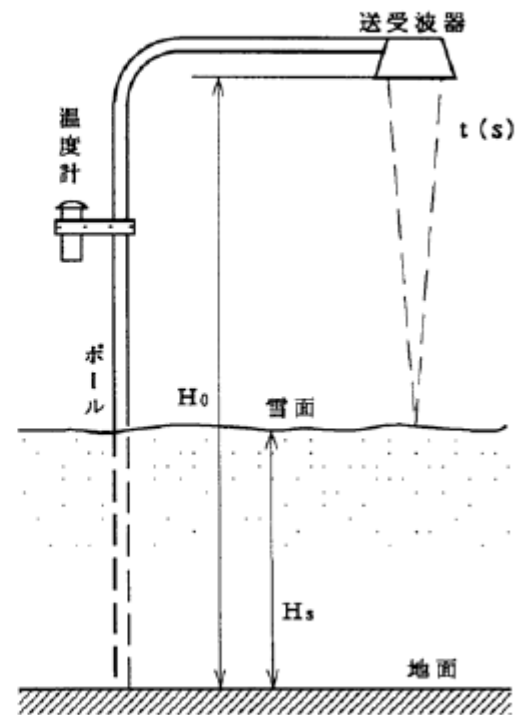
# 超音波積雪計

[外観図]

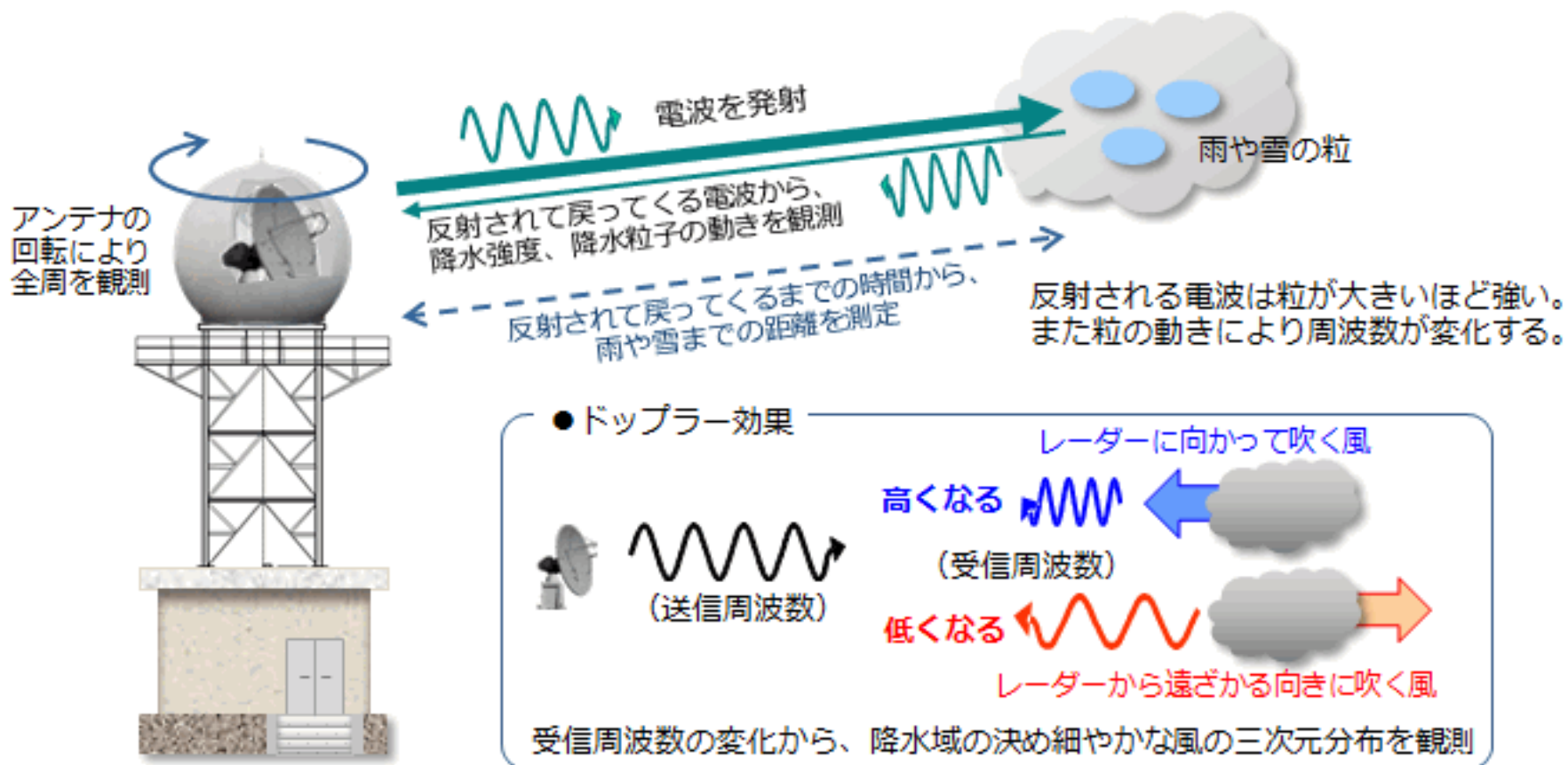


超音波積雪計の送・受波器

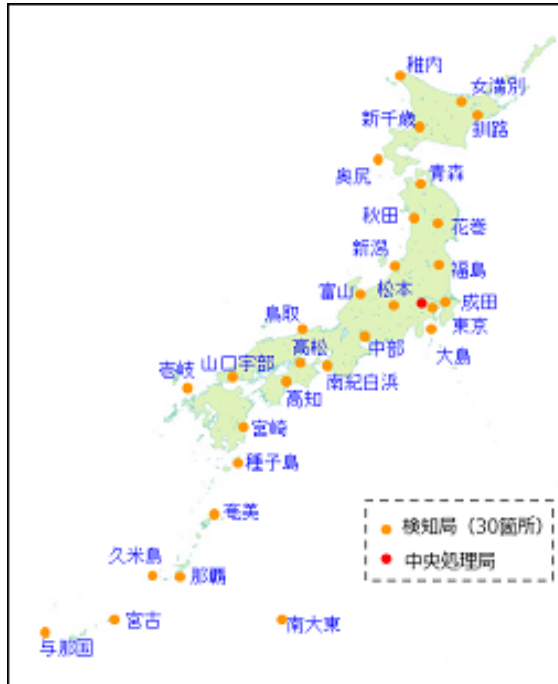
[原理図]



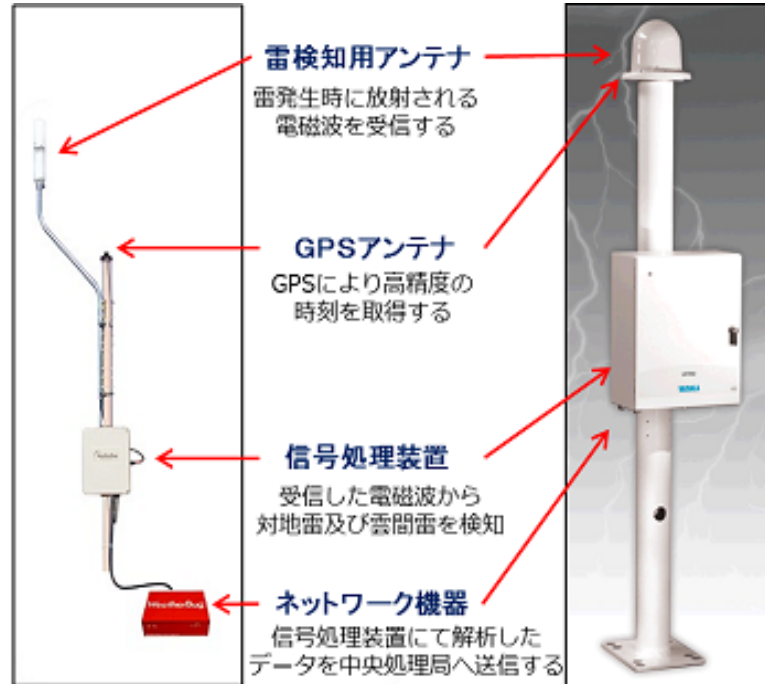
# 気象レーダー・ドップラーレーダー



# 雷監視システム



検知局及び中央処理局配置図



検知局(高知以西)

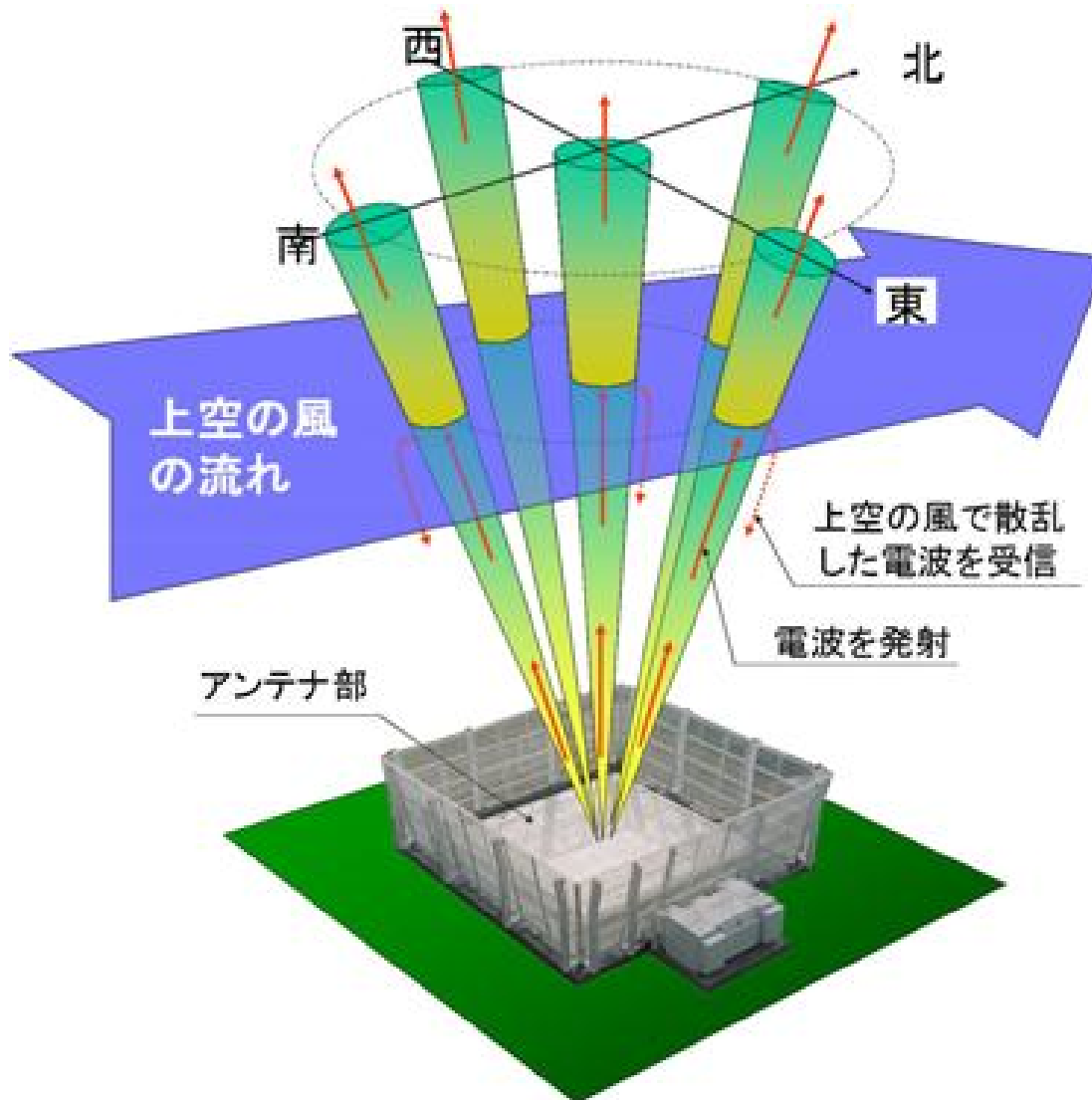
検知局(高松以东)



雷検知局(女満別)

雷監視システムは、全国30か所に設置した「検知局」にて雷から放射された電磁波をアンテナで受信して、この信号から得られる雷の到達時間や波形情報などに、高精度の受信時刻を付加して瞬時に「中央処理局」にその情報を伝送します。中央処理局では、それらの情報を元に雷の種類及び発生位置を自動的に算出(標定)します。

# ウインド プロファイラー

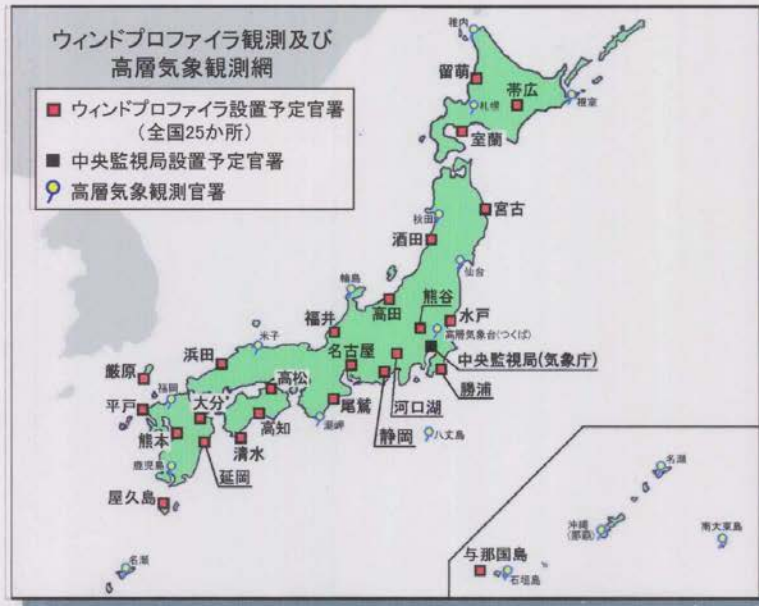


# 空のアメダス

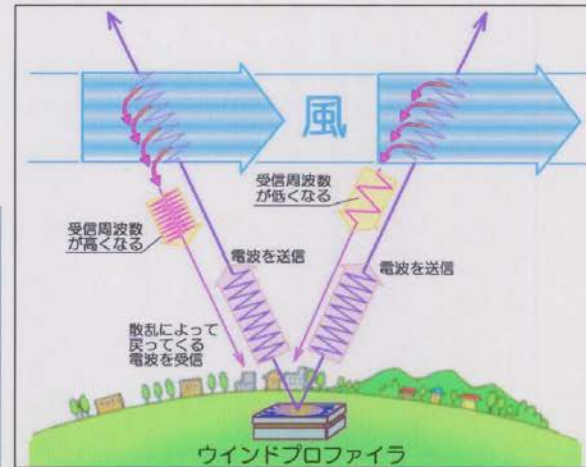
## 局地的気象監視システム

### —ウィンドプロファイラ観測網—

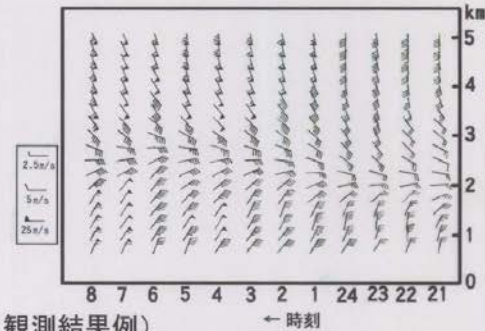
ウィンドプロファイラは、地上から電波を発射して、大気から散乱・反射されてきた電波を受信・処理することにより観測点上空の風向・風速を測定します。



既存の高層気象観測地点と合わせて、平均約120km (沖縄と離島を除く)の高層風の観測網を作ります。



ウィンドプロファイラによる風の観測原理の概念図

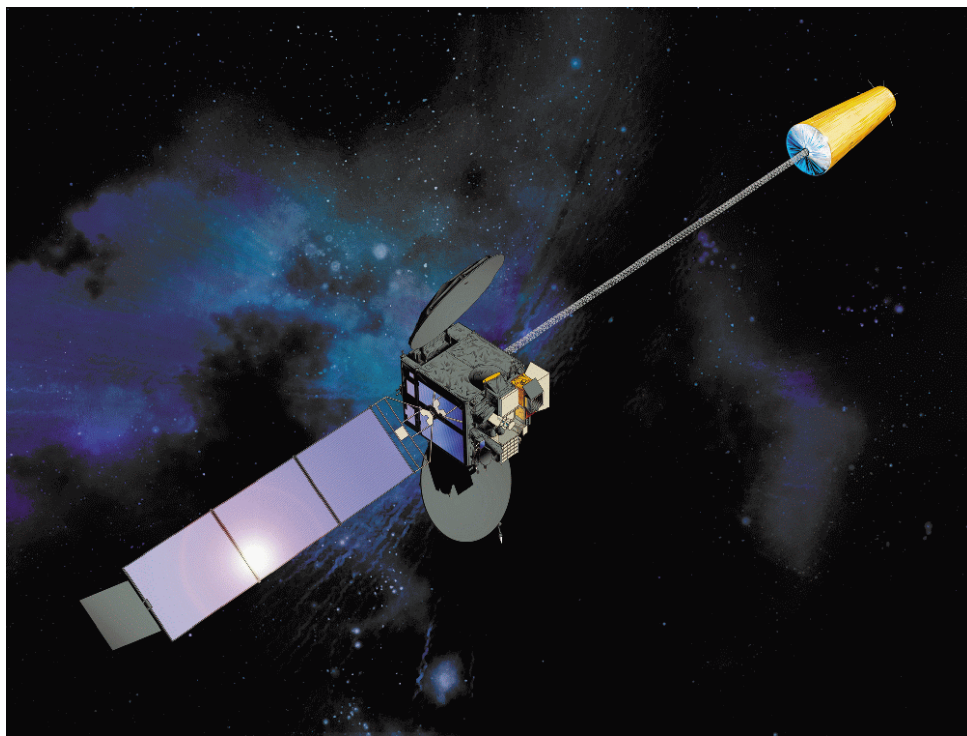


(観測結果例)

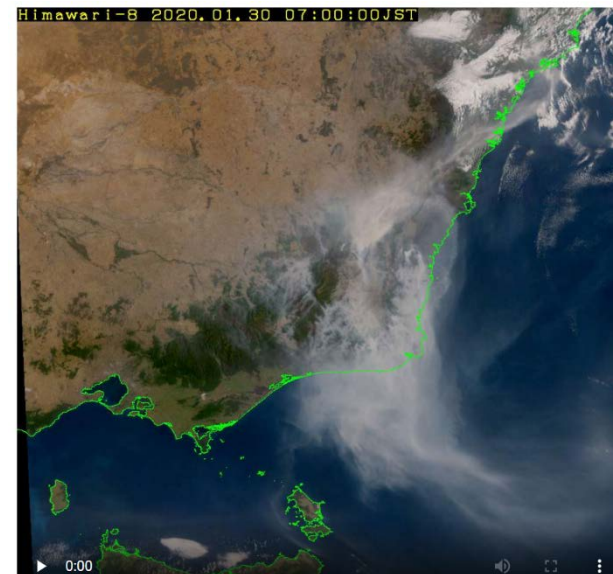
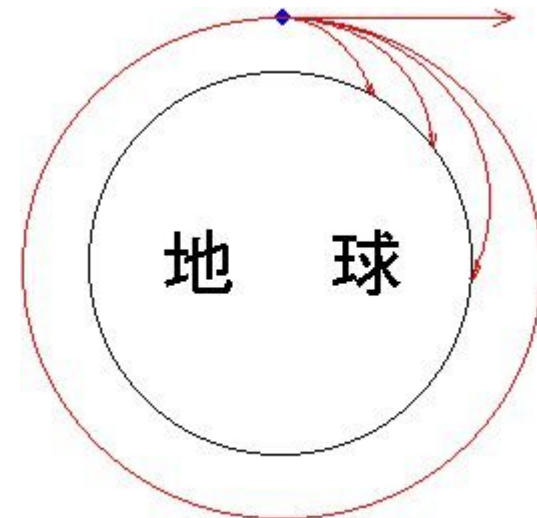
高度及び時間の連続的な変化を観測できます。

# 静止気象衛星「ひまわり」

赤道上空35,800kmの宇宙から、大反射望遠鏡を用いて、  
地表の温度や雲域を、1km程度の細かさで観測



この高度で、外向きの遠心力と重力による下向き  
の力が、釣り合って落下しない



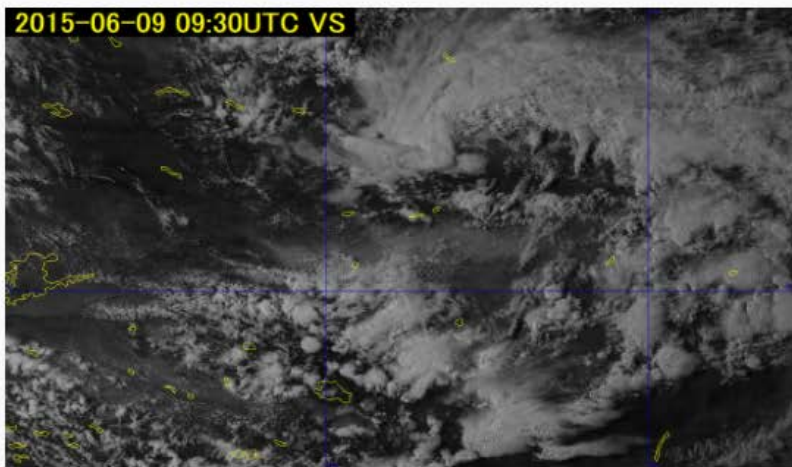


図1 可視画像

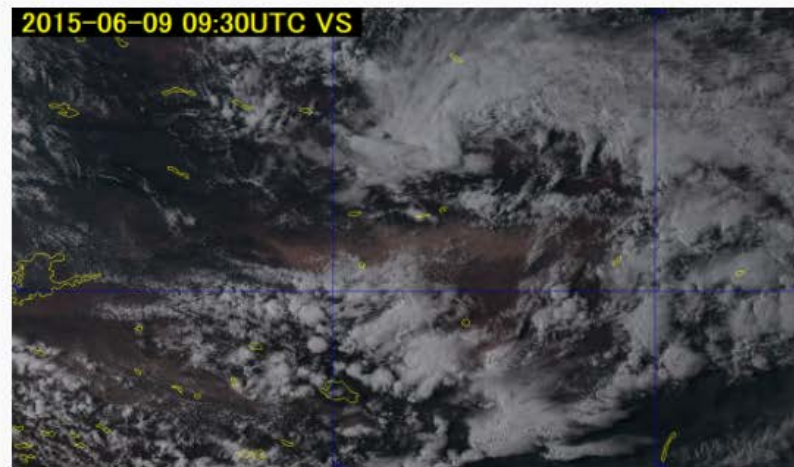


図2 True color RGB合成画像

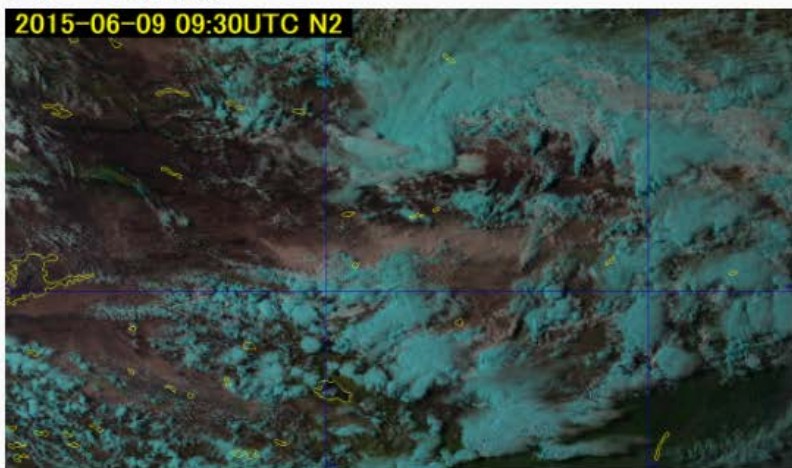


図3 Natural color RGB合成画像

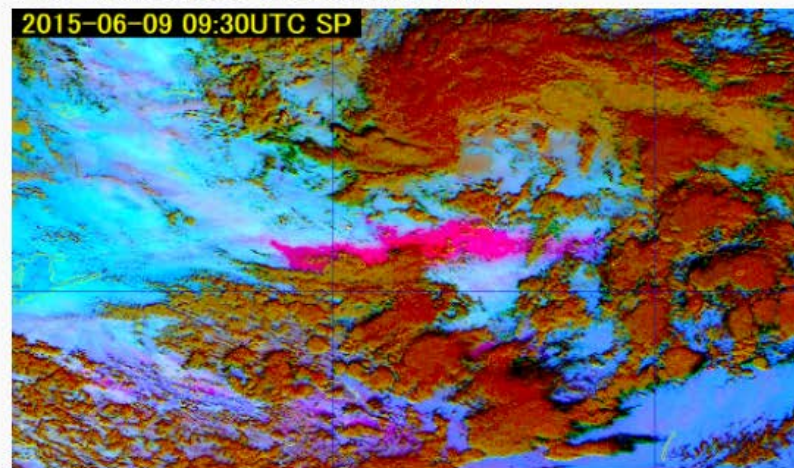


図4 Dust RGB合成画像