

自家用座学資料 科目2-4
気象情報(WX)

公益財団法人日本学生航空連盟
2011年6月作成
2022年5月改訂

気象(WX)全般

目的

- 航空機の安全運航にとって重要な気象状態を知る
- ソアリングするために適した気象条件かどうかを判断する

地上天気図

ASUS

- (1) 気団
- (2) 前線
- (3) 等圧線
- (4) 高気圧
- (5) 低気圧
- (6) 日本の四季

高層天気図

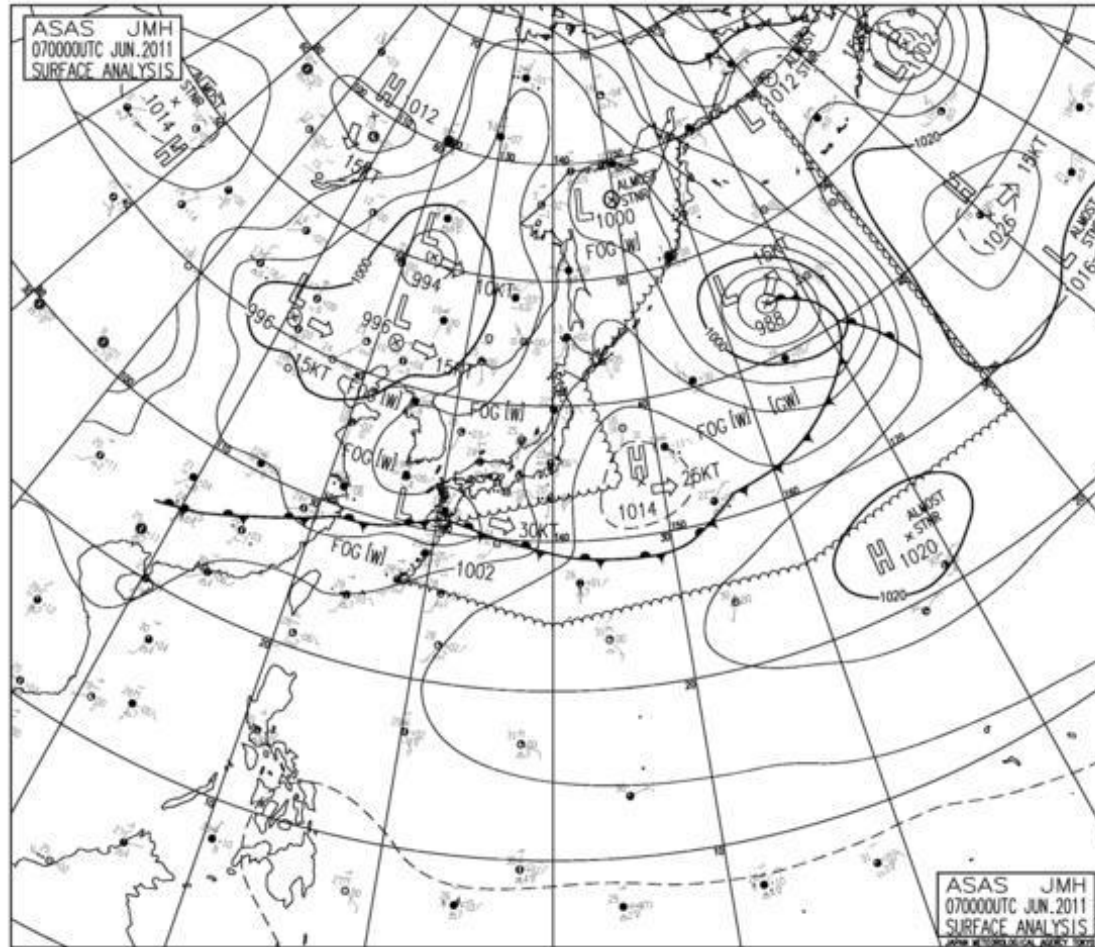
850hPa,700hPa,500hPa

METAR&TAF

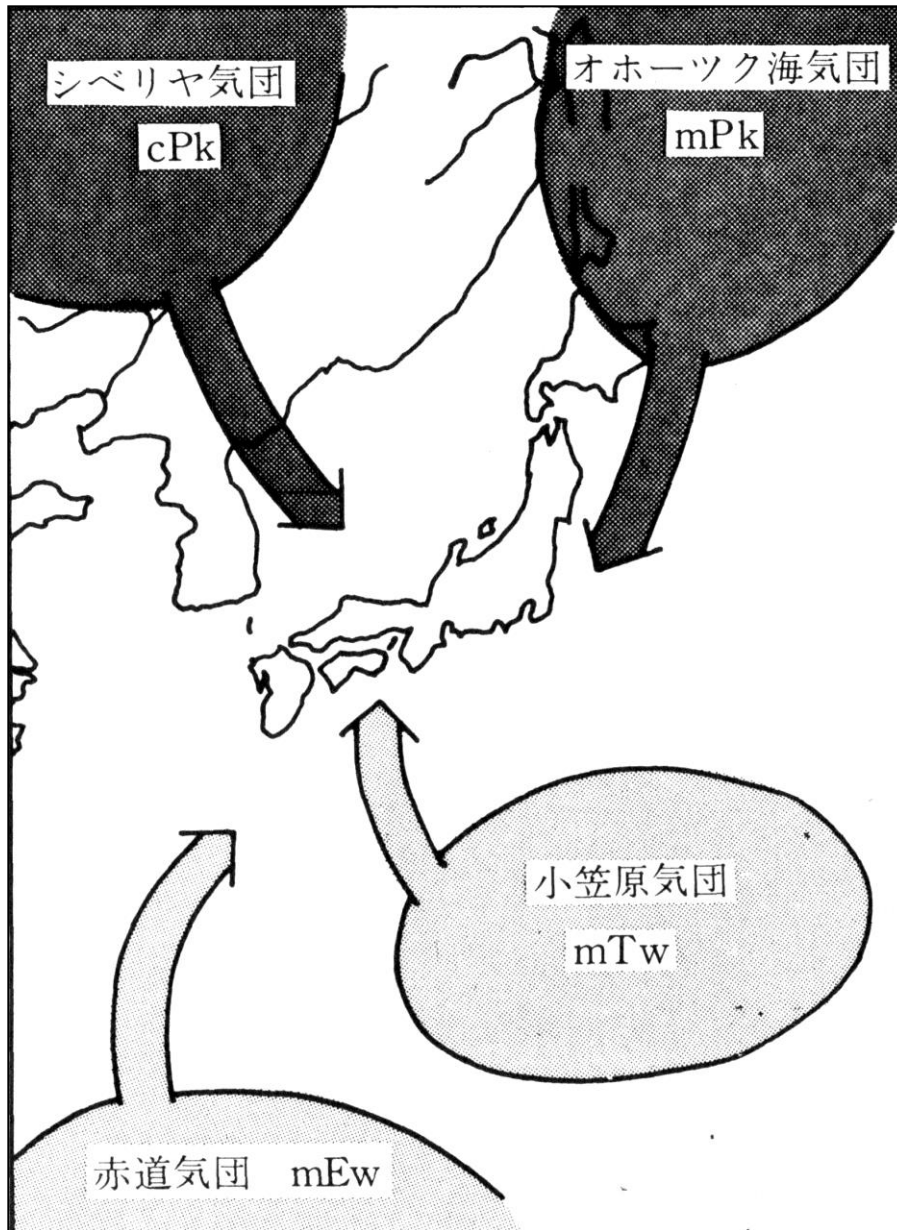
天候基準

大気の安定について

地上天気図



気象の分析は時系列に並べて動きを予測する
 この図で日本付近の経度線、緯度線間の距離は？



(1) 気団 (Air Mass)

- 水平方向に一様な性質をもった大きな空気のかたまり
- 垂直方向には気温も湿度も違う

日本付近の気団

シベリヤ気団

- 大陸性、寒帯
- 主として冬に進入

オホーツク海気団

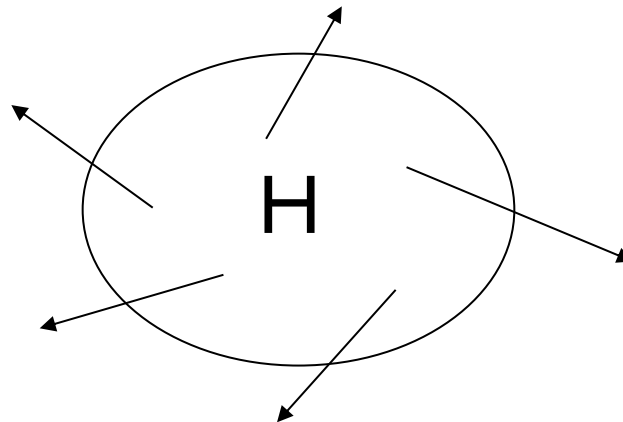
- -海洋性、寒帯、
- 6~7月、9~10月に出現
- 冷湿な北東気流となって日本列島に流入し、小笠原気団との間に停滞前線を形成し陰鬱な天気をもたらす。

(2) 等圧線 (Isobar)

- ・ 天気図上で気圧が等しい点を結んだ線を等圧線という。
- ・ 等圧線は、一定の間隔 (4hpa) の間隔で引かれている。
- ・ 等圧線の間隔が狭いほど気圧傾斜度が高く風が強い。

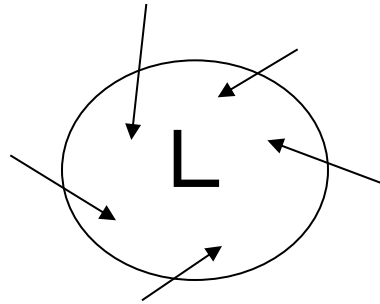
(3) 高気圧 (High Pressure)

- ・ 周りより気圧が高い区域
- ・ 天気図上では円形もしくは楕円形をした数本の等圧線で囲まれ、内部へいくほど気圧が高くなっている。
- ・ 北半球では、矢印のように吹きだす。



(4) 低気圧(Low Pressure)

- 天気図上で閉じた等圧線で囲まれた周囲より気圧が相対的に低い領域を低気圧という



- 温帯低気圧
 - 寒気と暖気のぶつかり合いによってできる
 - 前線を伴う
- 熱帯低気圧
 - 熱帯地方で偏東風の波動が起こり発生
 - 前線を持たない
- 台風
 - 最大瞬間風速17.2m/s以上の熱帯低気圧

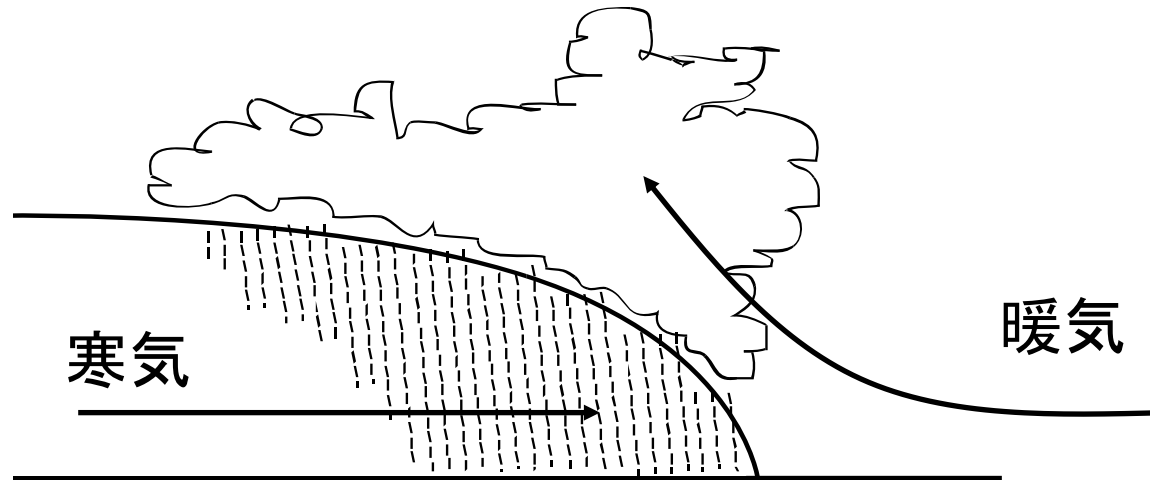
10種雲形

高度	雲形		
上層	巻雲 (きぬ雲)	Ci Cirrus	極地方 3-8KM
	巻積雲 (うろこ雲)	Cc Cirrocumulus	温帯 5-13KM
	巻層雲 (かさ雲)	Cs Cirrostratus	熱帯 6-18KM
中層	高積雲 (ひつじ雲)	Ac Altocumulus	2-8KM
	高層雲	As Altostratus	
	乱層雲 (雨雲)	Ns Nimbostratus	
下層	層積雲	Sc Stratocumulus	
	層雲 (ちぎれ雲)	St Stratus	-2KM
	積雲	Cu Cumulus	
	積乱雲 (入道雲)	Cb Cumulonimbus	
霧	地面に接している雲 Fog, Mist 放射、移流、蒸発、前線、滑昇		

(5) 前線 (Front)

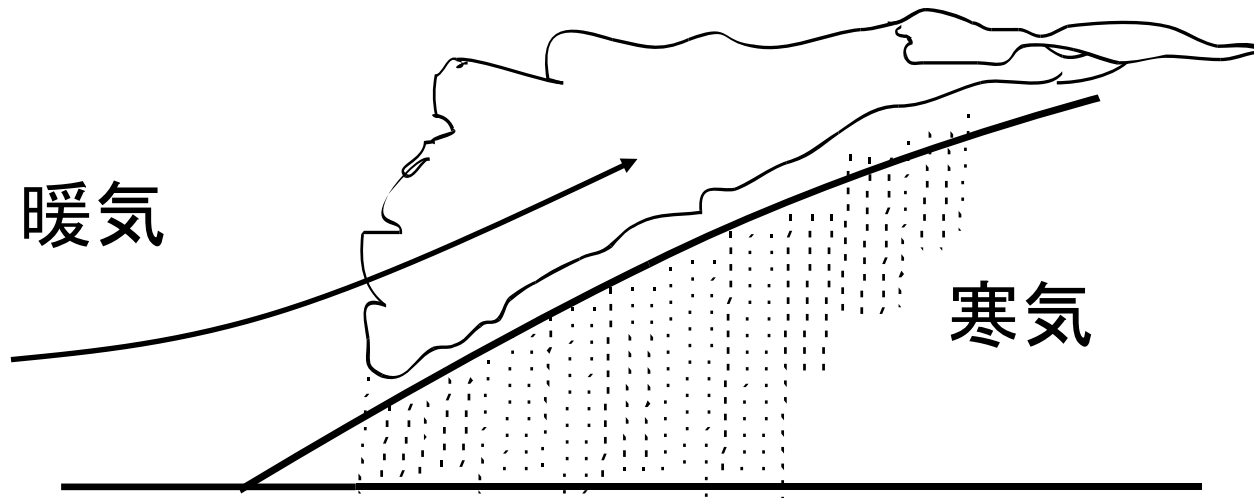
- 異なる気団が互いに接触している境界面を前線面という
- 前線面が地表面と交わる線を前線という
 - 寒冷前線 (Cold Front)
 - 温暖前線 (Warm Front)
 - 停滞前線 (Stationary Front)
 - 閉塞前線 (Frontal Occlusions)
 - 海陸風前線 (Sea Breeze Front)

寒冷前線



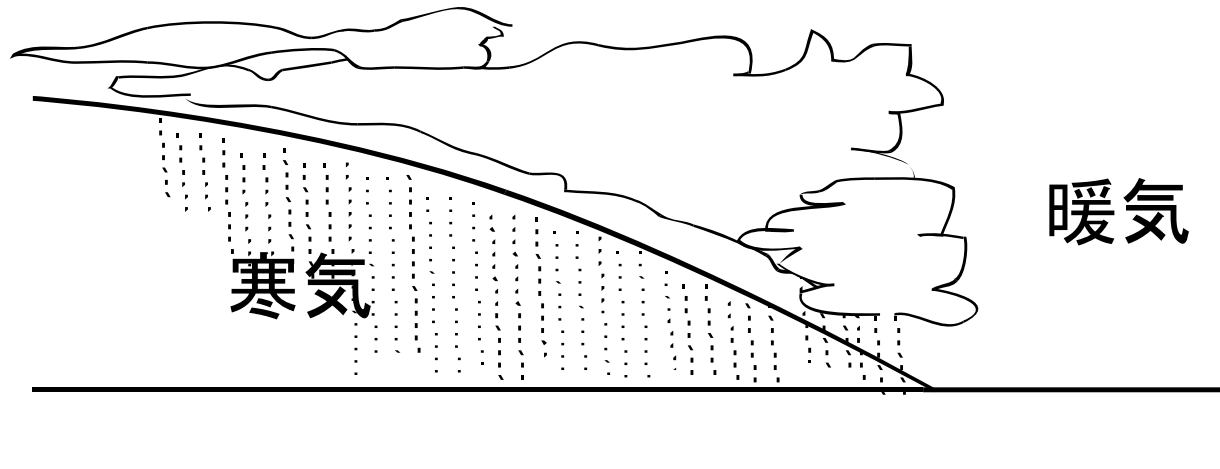
- 寒気団の先端は暖気団の下にもぐりこみ、暖気を押し上げる。
- 前線の進行速度は速い。雨域は狭く積雲系の雲が発生。
- 強いしゅう雨性の雨、時には突風を伴う。
- 前線通過後、視程はクリアに、風向は南西から北西に変化して気温は下がる。
- 航空機に著しく危険な気象現象を引き起こす。

温暖前線



- 前進する暖気団の地上における先端。前線面では、暖気は寒気団の上を上昇する。
- 前線の進行速度は比較的遅い。温暖前線に伴う雲は、ゆるい勾配のため層雲系で、数百キロの広い範囲に発生する。
- しとしと雨が連続的に降る。
- 視程は悪く、雲底は徐々に低くなる。
- 風向きは前線通過後に南東から南西へ変化。気温は上昇する。

停滞前線

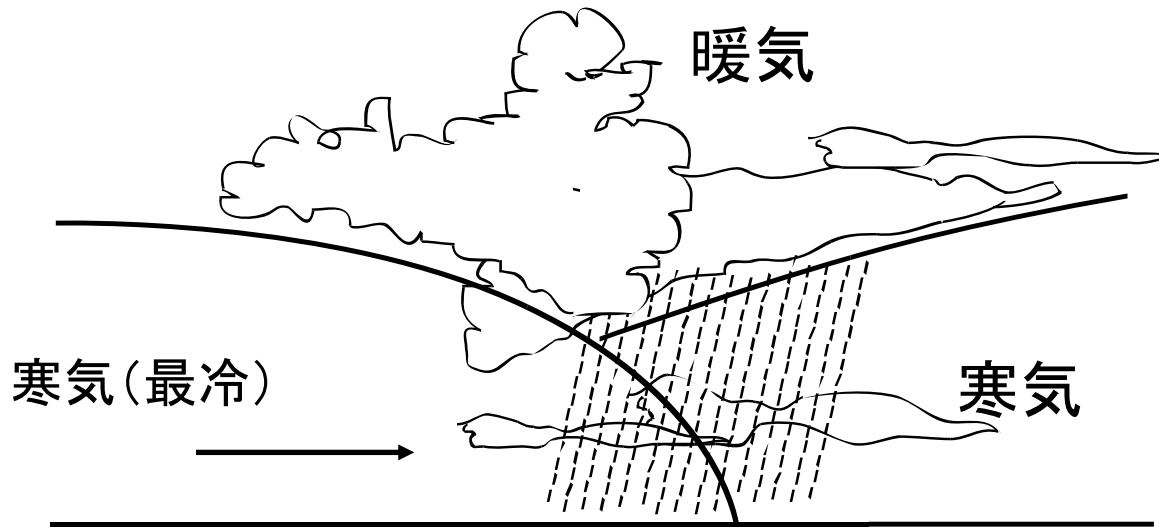


- 2つの気団によって形成された前線が、地表上で動いていないか、わずかしか動かないもの。

例) 梅雨前線、秋雨前線

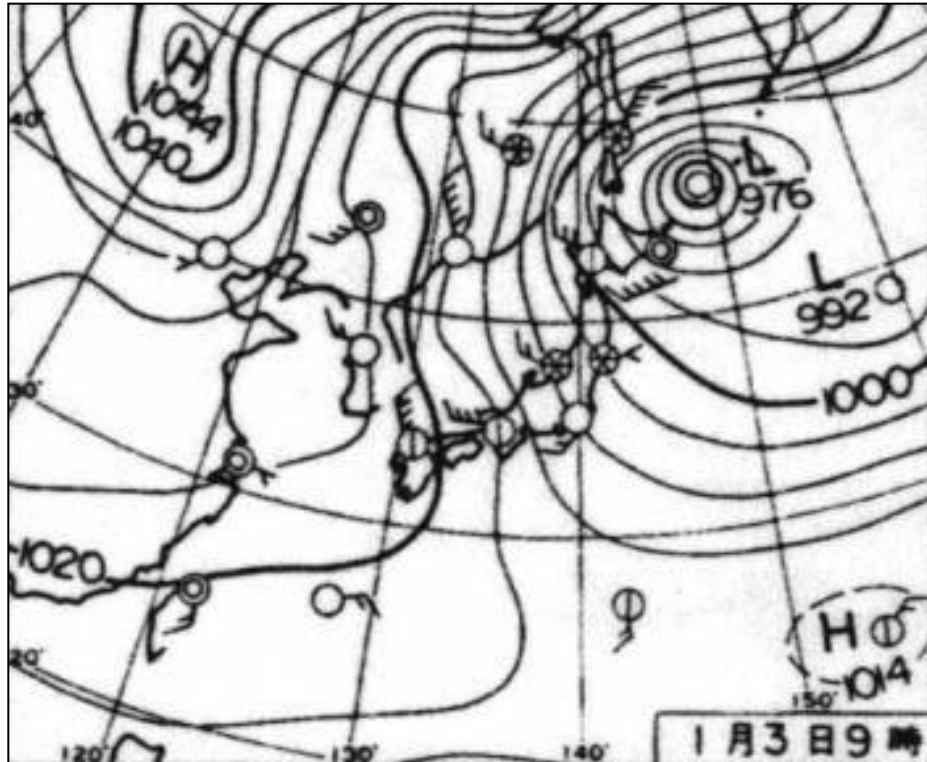
- 前線の南では比較的天気は良好。
- 数日かそれ以上の間、前線性の悪天が持続し、航空機の運航を妨げる。

閉塞前線



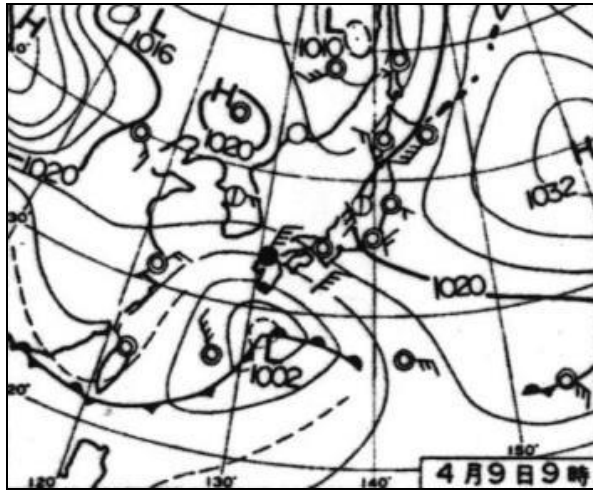
- 寒冷前線が温暖前線に追いついた状態。
- 寒冷前線、温暖前線の両方の現象が重なり、一般にきわめて悪天候をもたらす。
- 閉塞の初期には激しい気象現象をもたらすが、暖気の上昇に伴い天気活動は減少する。

(6) 日本の四季 冬期(11月～2月)



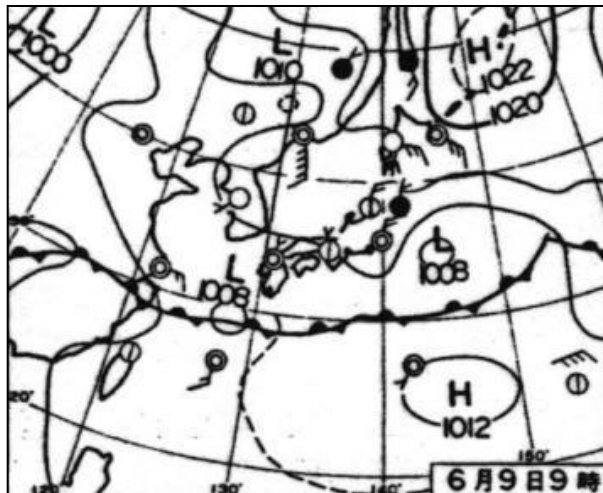
- シベリア気団が、北西風となって日本に吹き込んでくる。これが日本海でたくさんの水分を補給し日本海側に多量の雪をもたらす。
- 日本列島の山脈を超える際にフェーン現象で、太平洋側ではいわゆるからっ風が吹き、天気は一般的に良好。
- 西高東低、高気圧の北偏、

春期(3月～5月)



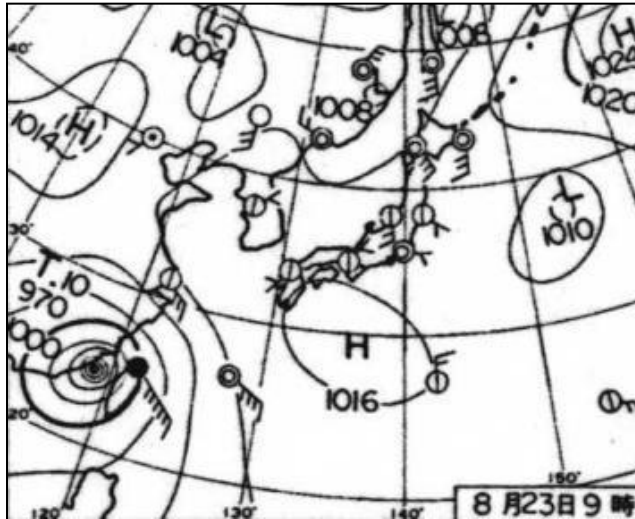
- ・ 移動性高気圧にともない、周期的に天気は変化する。 春の長雨、三寒四温
- ・ 移動性低気圧(南岸低気圧)による春一番、季節外れの雪。

雨期 (6月～7月)



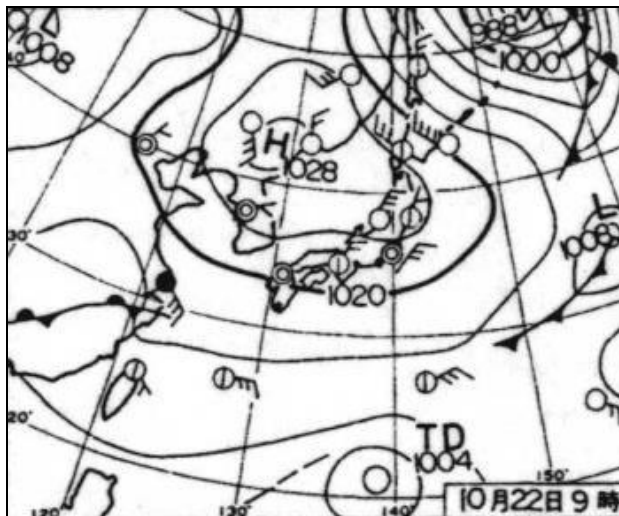
- ・ 北の冷たい気団と南の温かい気団の間に前線が形成され、日本列島の南岸に停滞する。
- ・ 日本付近は湿った陰鬱な天気が続く。

夏期(7月～8月)



- 南高北低の気圧配置で、小笠原高気圧の勢力が強いと暑さが持続する。
- 上層の気圧の谷、小笠原高気圧

秋期(9月～11月)



- 移動性高気圧の通過する位置で天気は変わる。
- 秋雨前線

高層天気図

- 850hPa(約1,500m)
 - 風が地上の影響を受けなくなる高度、前線の検出に役立つ。
- 700hPa(約3,000m)
 - 対流圏(Troposphere)の下層を代表する。この層における気圧の谷の強さ、上昇下降気流、温度移流、水蒸気の分布などから、下層の雲の広がり具合や降水量を判断できる
- 500hPa(約5,400m)
 - 対流圏の中間を代表する層。台風の進路や、冬の寒気団の移動を推定するときを使う。

密度は地上天気図の等圧線に替わり、等温線(Isotherm)を用いて表現する。

- 高層天気図は等圧面であるので高度は概算値、

METAR & TAF

METAR/SPECIの構成

Where: RJTT (東京国際(羽田))
When: 091730Z(9日のUTC17:30(日本時間は+9時間で2:30))
Wind 08012KT(真方位3桁+2桁KT=080から12KT)
Visibility: 8000 (4桁メートル9999は10Km以上、0000は100m未満)
Significant Present Weather: (現在天気:別紙)
Clouds: (雲量、雲底3桁X100フィート、雲形)
SKC,FEW,SCT,BKN,OVC
Clear,0-2, 3-4, 5-7, 8
Temperature/Dew Point (2桁/2桁°C)
QNH (Q +hectoPascal/ A +Inchesの4桁)
Remark: SLPなど

TAFの構成

Where, When, Wind: METARと同じ
Time: FM2030Z (=fromUTC20:30)
TEMPO2022 (=Temporary change between 2000Z and 2200Z)
BECMG 1315(=becoming: start 1300Z , end 1500Z)

略号 (Abbreviations)

AMD	Amended Forecast	BR	Mist, Brume
CAVOK	Clearness and Visibility OK	DS	Dust Storm
CLR	Clear under 12000ft	DU	Widespread Dust
COR	Correction to the observation	DZ	Drizzle
FM	From	FC	Funnel Cloud
LDG	Landing	+FC	Tornado
M	Minus in temperature	FG	Fog
NO	Not available	FU	Smoke
NSW	No Significant Weather 視程や降雨などの支障が終了	FZ	Freezing(特性)
PK WIND	Peak Wind	GR	Hail
PROB40	probability 40%	GS	Small Hail/Snow Pellets
R/RV/RWY	Runway	HZ	Haze
RMK	Remark	IC	Ice Crystals
SLP	Sea Level Pressure	PE	Ice Pellets
SM	Statute Mile	PO	Dust/sand Wind
SPECI	Special Report	PY	Spray
TKOF	Takeoff	RA	Rain
VC	Vicinity	SA	Sand
VRB	Variable Wind Direction < =6KT	SG	Snow Grain
VV	Vertical Visibility	SH	Shower(特性)
WS	wind Shear	SS	Sand Storm
MI/BC/PR	Shallow(地)/patches(散在)/Partial(部分)	TS	Thunder Storm(特性)
DR/BL	Drifting(低い)/Blowing(高い)2m 特性	UP	Unknown Precipitation
U/D/N	Up/Down/No change	VA	Volcanic Ash

天候基準

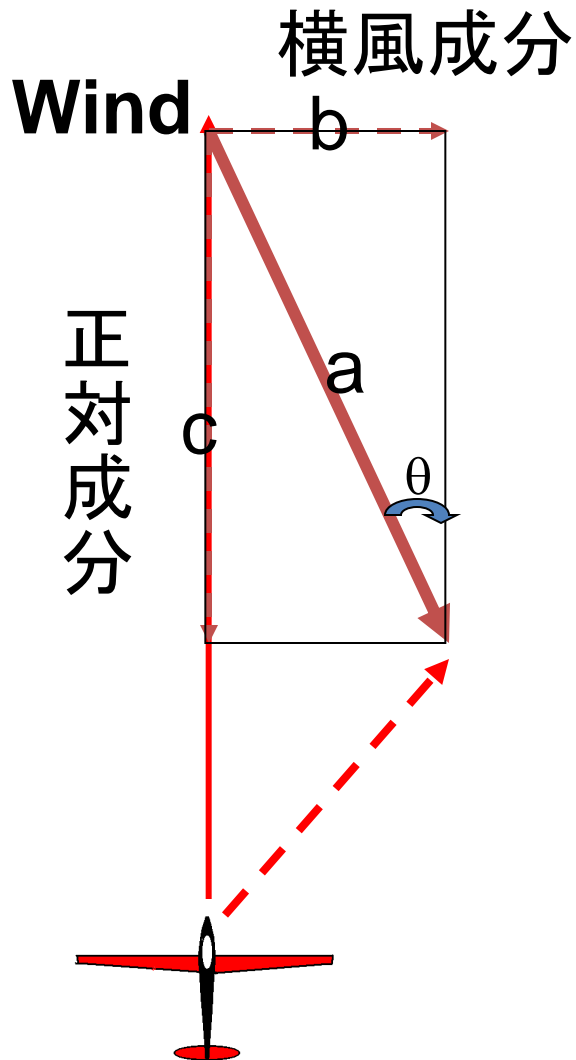
学連規定で、訓練を中止しなければならないのは以下の気象状態の時。

- VMCを満たしていない時
- 正対風10m/sを超える時(横風成分4m/s以上)
- 背風2m/sを超える時(ウインチ曳航)
- 突風度の激しい時
- 上空に危険を予想される擾乱気流がある時
- 遠雷を聴き閃光が5NM(9km)以内にあると予想される時
- 横風のため曳航索が滑空場外に落下する恐れのある時

運輸省航空局が定めた単独飛行にかかわる安全基準

- 地上および飛行視程 5000m
- 雲高 400m(降水現象および300m以下に雲がないこと)
- 正対風 5m/s以下
- 横風分力 3m/s以下
- 雲量2/8以上の場合雲上飛行は行なわないこと
- 日没どきで操縦に支障をきたす日光の照射を受ける場合は、
離着陸は行なわないこと

橫風成分



橫風成分 $b = a \times \sin \theta$

正対成分 $c = a \times \cos \theta$

風向 橫風成分 正対成分

θ	$\sin \theta$	$\cos \theta$
0°	0	1.00
15°	0.25	0.97
30°	0.50	0.86
45°	0.7	0.7
60°	0.87	0.50
90°	1.00	0

$$\sin \theta = b/a$$

$$\cos \theta = c/a$$

大気の安定について

空気は、酸素や窒素などの気体の混合物である。

組成→窒素78%、酸素21%、炭酸ガス0.03%、アルゴン0.93%

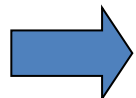
これに水蒸気が加わる。

分子量は窒素：28 酸素：32 炭酸ガス：44 水蒸気：18

水蒸気の特徴：

一定容積の空気を含むことのできる水蒸気量の最大限が
気温によって変化する。 (15°C：約12g/m³ 30°C：約30g/m³)

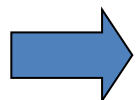
飽和 空間がその温度によって決まった最大限の水蒸気量を含んだときを飽和したという



最大限の水蒸気量を超える(飽和する) と凝結する。
(気体から液体、固体へ) そのときの温度を露点温度(Dew point)という

空気の温度が次第に低くなって、露点温度以下になったら . . . ?

余分な水蒸気は、凝結、昇華して水滴や氷晶となって空気中に浮かぶ

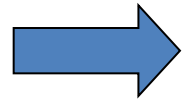


雲、霧の発生

空気の動き（鉛直方向）

雨や雪を降らす雲は、空気が冷却して露点温度以下になったときにできる

どのようなときに空気は冷却するのか？

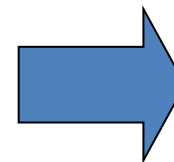


空気は上昇運動により（減圧され）冷却する
減圧で降温、加圧で昇温

：ボイル・シャルルの法則

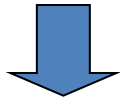
大気中を上昇しつつある一塊の空気の
内部に起こる変化を考えてみる

大気現象は規模が大きいので、
このような時は、空気の塊は
周囲の空気と熱の交換をせずに
上昇すると考える。



断熱変化

空気の塊が断熱的に上昇する



大気は上空ほど気圧が低いので、
空気の塊は膨張する



膨張するには熱が必要



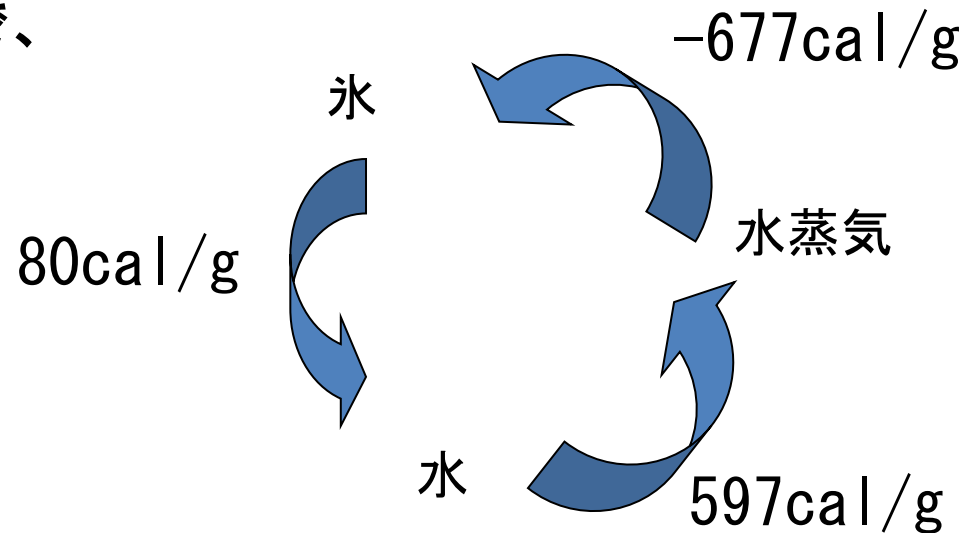
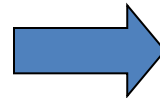
空気の塊の気温が下がる



気温が露点温度以下に
達すると雲が発生



雨や雪を降らすようになる



上昇気流の発生するところでは
天気が悪くなる

断熱減率とは？

空気が上昇すると、どのくらいの割合で温度がさがるのか？
高さ100mあたりの空気の塊の温度が断熱的に変化する割合を
断熱減率という

①乾燥空気の断熱減率 → **乾燥断熱減率**
(100mにつき1°Cの大きさ)

乾燥空気 相対湿度が100%に満たない不飽和空気
(相対湿度とは、その空気が気温に応じた、含みうる最大の水蒸気を含んだときを100%とし、その何%を含んでいるかをあらわしたもの)

②湿潤空気の断熱減率 → **湿潤断熱減率**
(100mにつき0.4°Cから0.7°Cぐらいの大きさ)

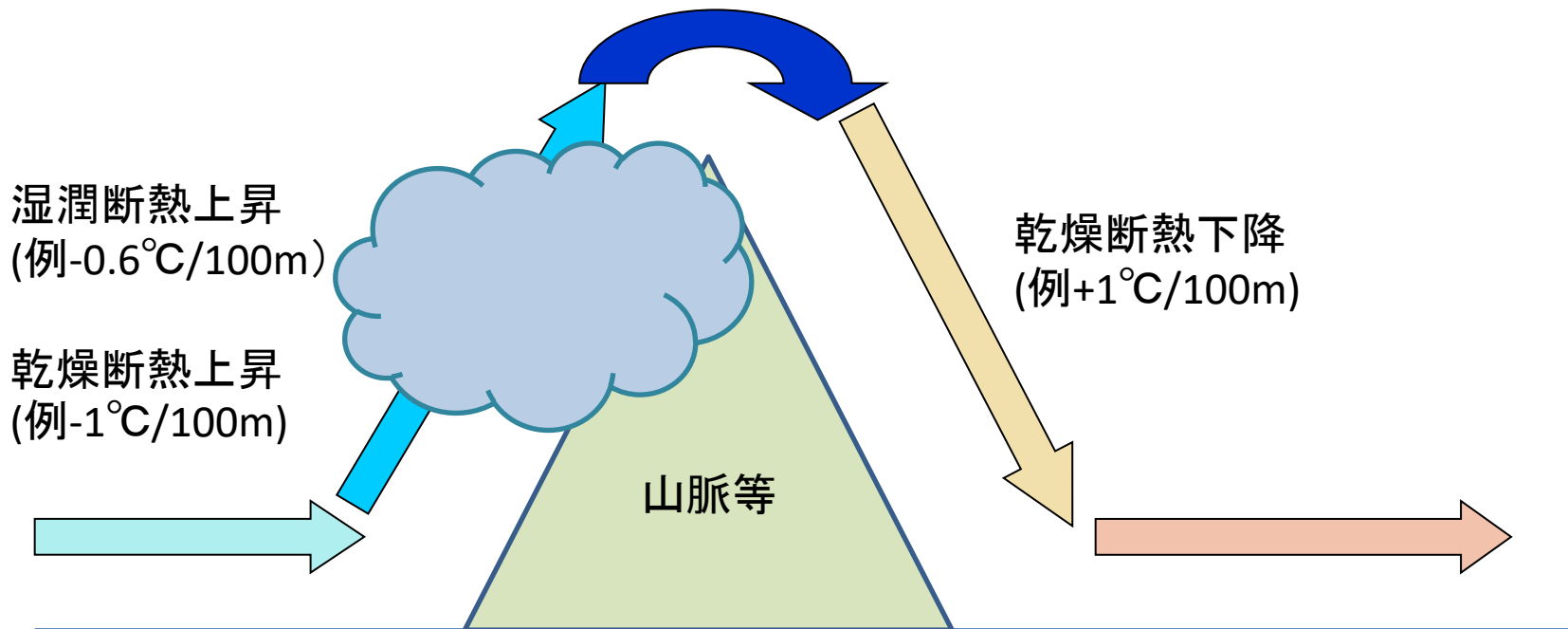
湿潤空気 相対湿度が100%の飽和空気

湿潤空気は、上昇に伴う断熱冷却と露点高度で凝結し雲となり潜熱を発生

地表の露点温度により雲の高さがわかる

フェーン現象 (Foehn Phenomenon)

湿った空気塊が山腹を登る際に当初は乾燥断熱上昇で気圧低下で気温が下がり飽和状態の湿潤空気となり雨や雪を降らせる。その後山を越えて降りる際は乾燥断熱下降(圧縮)で気温が上昇し、乾燥した空気塊になることがフェーン現象という、



上昇の飽和していた空気もすぐに相対的に乾燥しはじめて、
下降気流のあるところでは雲が無くなり天気が良くなる。

Q) 上図で標高約2000mの山脈に北から5°Cの季節風が吹くとすると
山脈の下手ではどのような風が吹くか？

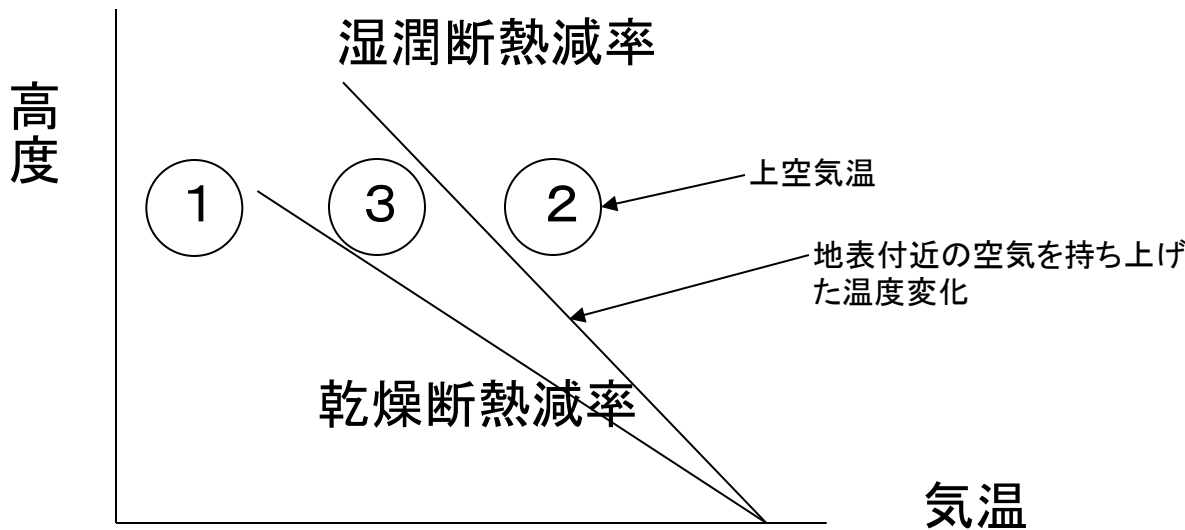
安定・不安定とは？

上空気温の地表温度からの低下割合をRとする

- 上空気温①のR > 乾燥断熱減率 のとき**絶対不安定**
- 上空気温②のR < 湿潤断熱減率 < 乾燥断熱減率 のとき**絶対安定**
- 上空気温③の乾燥断熱減率 > R > 湿潤断熱減率 のとき**条件付不安定**

乾燥断熱変化なら安定

湿潤断熱変化なら不安定



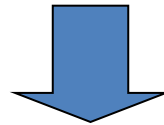
グライダー運航にあたって重要な上昇気流条件の予想をするには・・・？

高層天気図

気温逓減率（上空と地表大気の温度差/高度）で
地表近くの大気が安定しているか不安定か判定

エマグラム

（各高度での上空気温と露点温度の
分布に対する地表大気の断熱上昇推定図）



その日のサーマルのトップ、逆転層や雲底高度などが分かる

逆転層・・・上空へいくに従って気温が高くなるなど
逆転している状態の大気層

エマグラム

