



北海道大学

極端気象ハザード(強風)の原理と予測

—原子力規制人材育成事業コンテンツ(導入教材)—

2024年4月1日

北海道大学 大学院理学研究院 地球惑星科学部門
地球惑星ダイナミクス分野 気象学研究室

教授 稲津 將

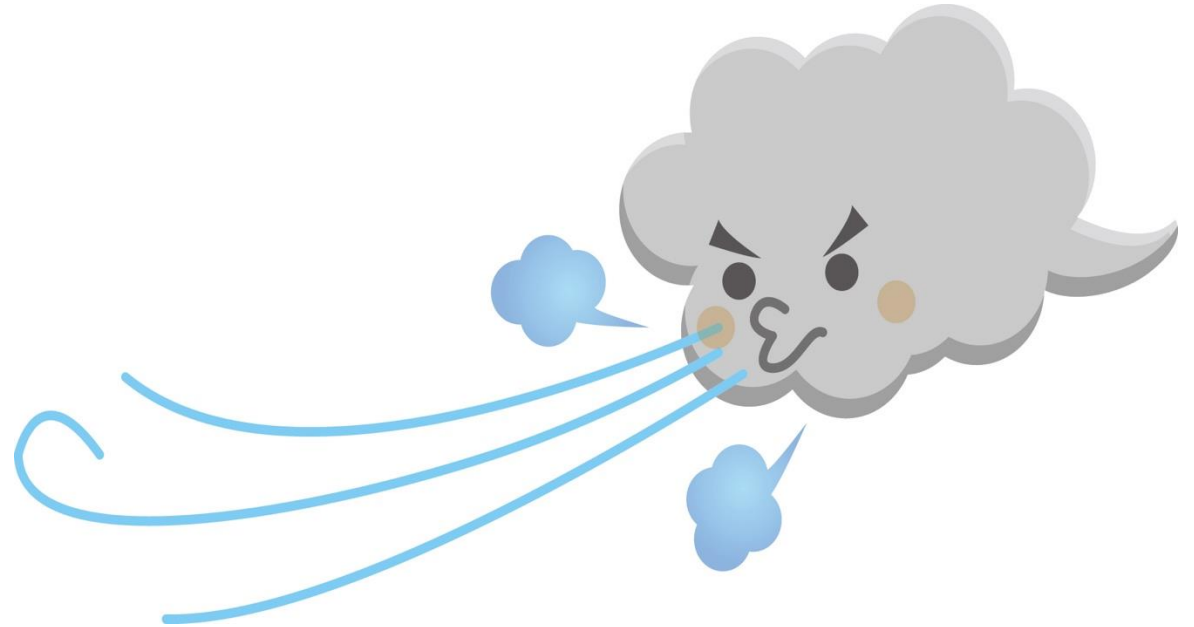
はじめに

- われわれ地球に住むすべての生物は、気象によってその生活生態を左右されます。
- 高度文明を築き、多様な気象に適応してきた人類も、その例外ではありません。**想定を超える極端な気象**は、人間や家畜を危害し、建造物を損傷させ、土地を侵食します。
- 気象現象及び水文現象は、原子炉等施設の立地地点上の全ての安全上重要な**構築物、系統及び機器**に同時に影響し、あるいは立地地点区域周辺の**通信網及び輸送網**にも影響を及ぼし、かつ**事故時の退避・避難**との関連も深いものです。

【1】参考:原子力規制委員会ホームページ SSG-18 Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations (原子炉等施設の立地評価における気象学的及び水文学的ハザード) (https://www.nra.go.jp/activity/kokusai/honyaku_01.html)

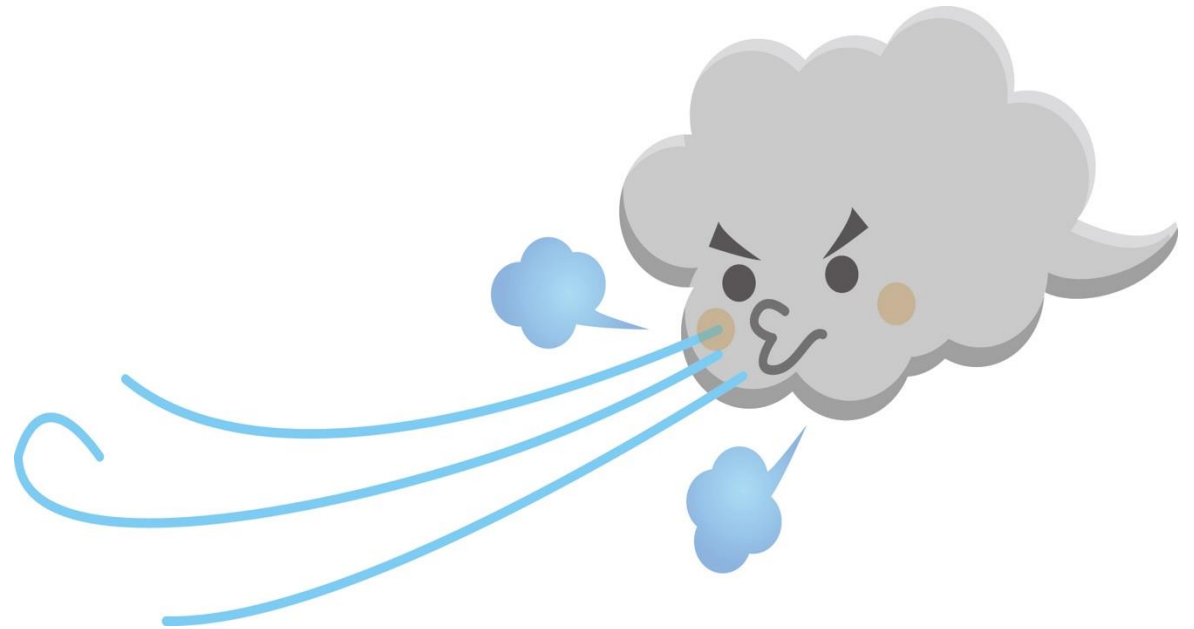
目次

1. 極端気象ハザード
2. 日本付近の風系
3. 強風ハザードをもたらす気象



目次

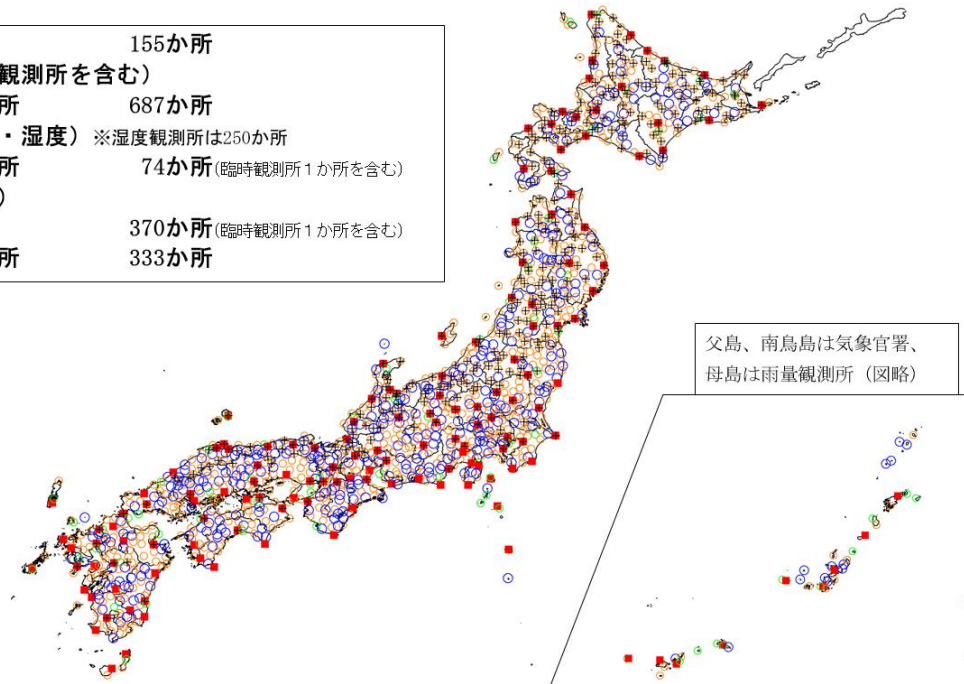
1. 極端気象ハザード
2. 日本付近の風系
3. 強風ハザードをもたらす気象



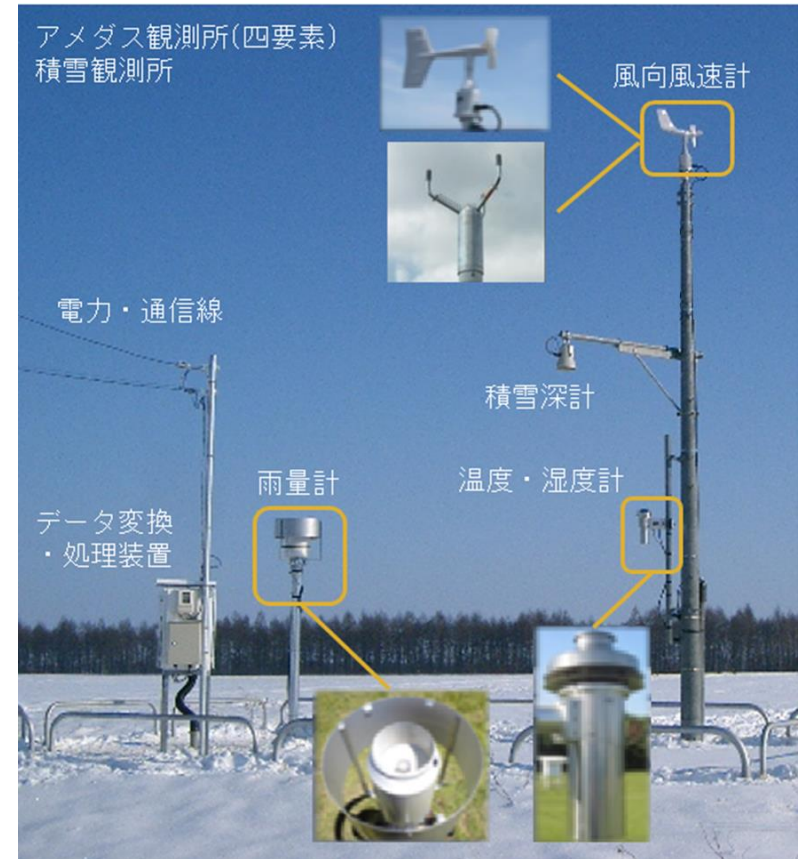
極端気象ハザードの観測

気象庁地域気象観測システム(アメダス)は全国に約1300か所あります。降水量、風、気温、湿度、積雪深を観測しています。

■ 気象官署 (特別地域気象観測所を含む)	155か所
○ 四要素観測所 (雨・気温・風・湿度) ※湿度観測所は250か所	687か所
● 三要素観測所 (雨・気温・風)	74か所(臨時観測所1か所を含む)
○ 雨量観測所	370か所(臨時観測所1か所を含む)
+	積雪深観測所 333か所



【2】 出典: 気象庁ホームページ「地域気象観測システム(アメダス)観測網(令和6年4月1日現在)」
(<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/amedas/kaisetsu.html>)

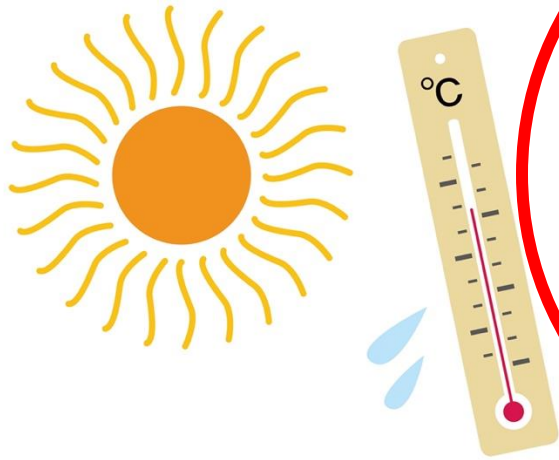


【3】 出典: 気象庁ホームページ「アメダス観測所の例」
(<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/amedas/kaisetsu.html>)

極端気象ハザードの分類

人間活動に影響を及ぼす**極端気象**は以下である。

異常高温



強風



豪雨・雷・雹

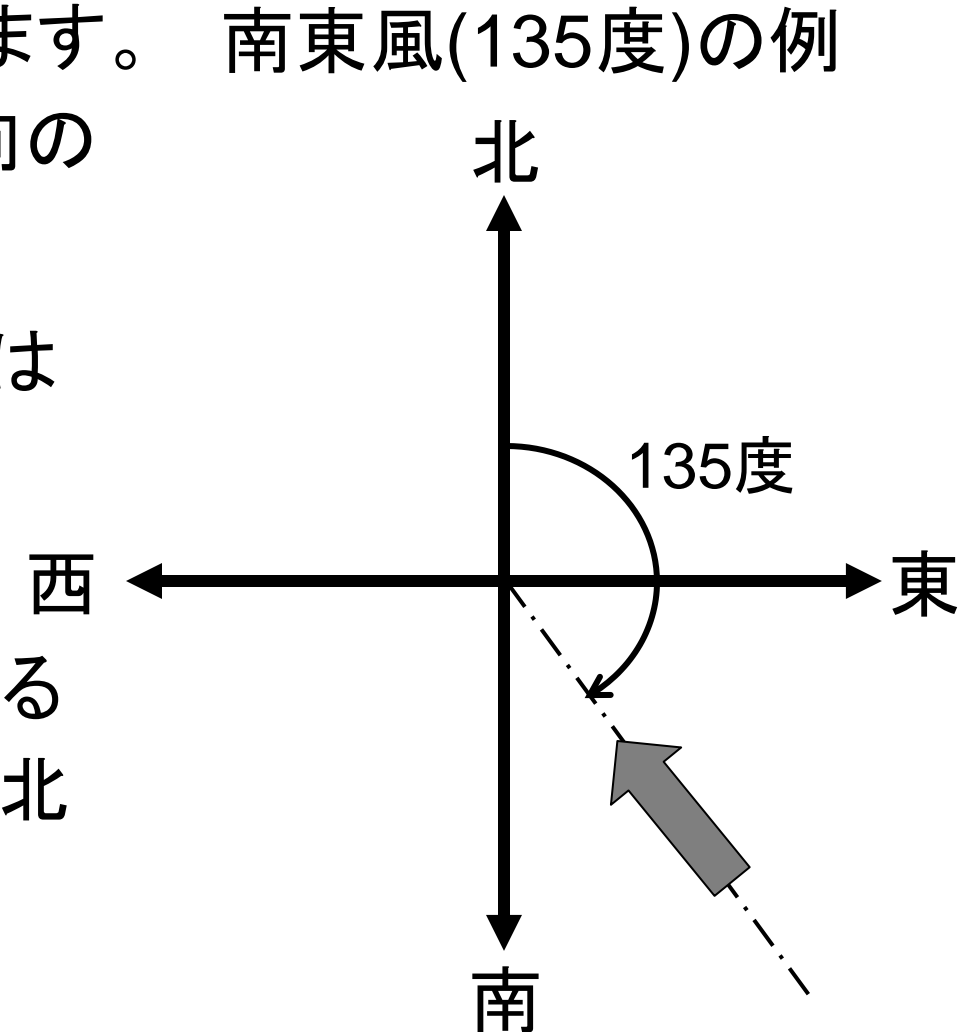


豪雪・吹雪・融雪



風の定義

- 風は**空気の移動速度ベクトル**として定義されます。鉛直方向の風は著しく弱いことから、水平方向のみを観測することが一般的です。
- 水平方向の風の強さを**風速**といいます。単位はm/sですが、慣用でkt(ノット)を使います。
1 kt \approx 0.51 m/sです。
- 観測点から見た水平方向の風が吹き込んでくる方角を**風向**といいます。風向は16方位または北から時計回りに計った角度で定義されます。



地上風の観測方法

風車型風向風速計



【4】出典: 福岡管区気象台ホームページ「風向風速計のしくみ」
(<https://www.data.jma.go.jp/fukuoka/kansoku/wind/wind.html>)

超音波風速計



【5】出典: 株式会社プリード,
Gill Instruments社使用許諾済

ドップラーレーダー



【6】出典: 気象庁ホームページ「空港気象ドップラーレーダーのしくみ」
(https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kouku/2_kannsoku/23_draw/23_draw.html)

強風の定義

- 風速は10分間平均値、**瞬間風速**は3秒平均値として観測されます。瞬間風速は風速の1.5倍程度になることが多いです。
- 気象庁では、強風によって災害が起こるおそれのあるときは**強風注意報**を、暴風によって重大な災害が発生するおそれのあるときは**暴風警報**を、さらにそのおそれが著しく大きいときは**暴風特別警報**を発表します。警報・注意報基準は都道府県ごとに設定しており、例えば、東京地方の暴風警報基準は25 m/sです。

【7】参考：気象庁ホームページ(https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/kazehyo.html)

強風の影響

瞬間風速と人や街の様子との関係

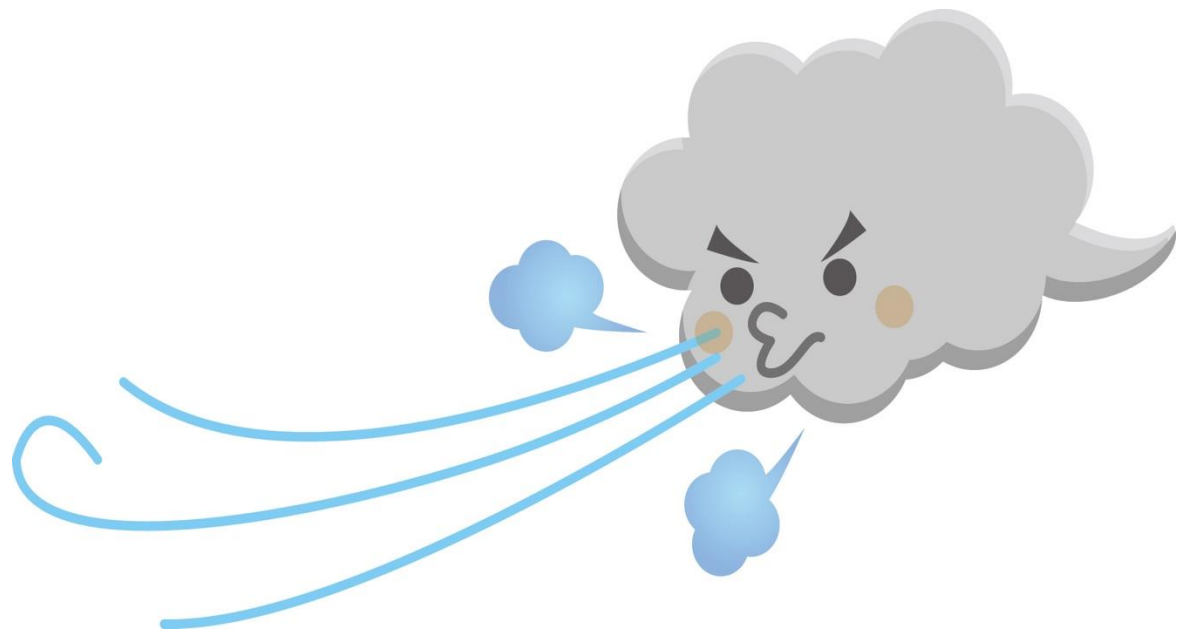
Ver.2.0 (2016/3/17)

街の様子	10m/s		20m/s		30m/s		40m/s		50m/s		60m/s	
風の呼び方			やや強い風		強い風				非常に強い風		猛烈な風	
人が風から受ける力 ^{※1}	4.3kg		17.1kg		38.6kg		68.6kg		107.1kg		154.3kg	
瞬間風速	0m/s	10m/s (36km/h)	20m/s (72km/h)	高速道路を走る 車の速度くらい	30m/s (108km/h)	プロ野球選手 の球速くらい	40m/s (144km/h)	50m/s (180km/h)	60m/s (216km/h)	新幹線の 速度くらい		
歩行者や 屋外作業	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 風に向かって歩きにくくなる。 ▶ 意思通りの歩行は困難。^[1] ▶ 傘がさせない。 		<ul style="list-style-type: none"> ▶ 風に向かって歩けない。 ▶ その場にかがみ込みたくなる。 ▶ 風の音が凄まじく、物が飛んできそうな身の危険を感じる。 ▶ 高所での作業はきわめて危険。 		<ul style="list-style-type: none"> ▶ 風に向かって歩けない。 ▶ その場にかがみ込みたくなる。 ▶ 風の音が凄まじく、物が飛んできそうな身の危険を感じる。 ▶ 高所での作業はきわめて危険。 		<ul style="list-style-type: none"> ▶ 屋外での行動は危険。 					
屋外設置物	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 看板やタン板がばたつき始める。 ▶ アンテナが揺れる。 		<ul style="list-style-type: none"> ▶ 看板やタン板が外れ始める。 		<ul style="list-style-type: none"> ▶ 看板が落下・飛散する。 		<ul style="list-style-type: none"> ▶ 看板が飛散する。 ▶ 道路標識が傾く。 		<ul style="list-style-type: none"> ▶ 電話ボックスや自動販売機が倒れたり、移動したりする。 ▶ 電柱や街灯が倒れる。 ▶ ブロック壁が倒壊する。 			
建造物	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 樋が揺れ始める。 		<ul style="list-style-type: none"> ▶ 屋根瓦・屋根葺材がはがれ始める。 ▶ 雨戸やシャッターが揺れる。 ▶ ビニールハウスのフィルム(被覆材)が広範囲に破れる。 		<ul style="list-style-type: none"> ▶ 屋根瓦・屋根葺材が飛散し始める。 ▶ 外装材がはがれ始める。 ▶ 自転車置き場などのひさしが変形する。 ▶ カーポートなどの屋根が変形し始める。 ▶ 固定されていないプレハブ小屋が移動、転倒する。 ▶ ビニールハウスの骨組みが曲がり始める。 		<ul style="list-style-type: none"> ▶ 屋根瓦・屋根葺材が広範囲にわたって飛散し始める。 ▶ 外装材が飛散し、下地が露出し始める。 ▶ 固定の不十分な金属屋根の葺き材がめくれる。 ▶ 養生していない仮設足場が崩落する。 ▶ 鉄骨の温室が倒壊し始める。 		<ul style="list-style-type: none"> ▶ 屋根瓦・葺材および野地板・下地板が飛散し、小屋組が露出する。 ▶ 外装材が広範囲にわたって飛散し、下地材が露出し始める。 ▶ 老朽化した木造住宅が倒壊する。 ▶ 木造小屋の屋根が骨組みごと飛散し始める。 ▶ 金属屋根の葺き材が広い範囲で剥がれる。 ▶ 固定していない雨戸や窓シャッターが外れ始める。 		<ul style="list-style-type: none"> ▶ 木造住宅の倒壊が始まる。 ▶ 鉄骨倉庫が変形する。 	

[8] 出典：日本風工学会ホームページ(<https://www.jawe.jp/ja/activities/disaster/298-kazesai gai.html>)

目次

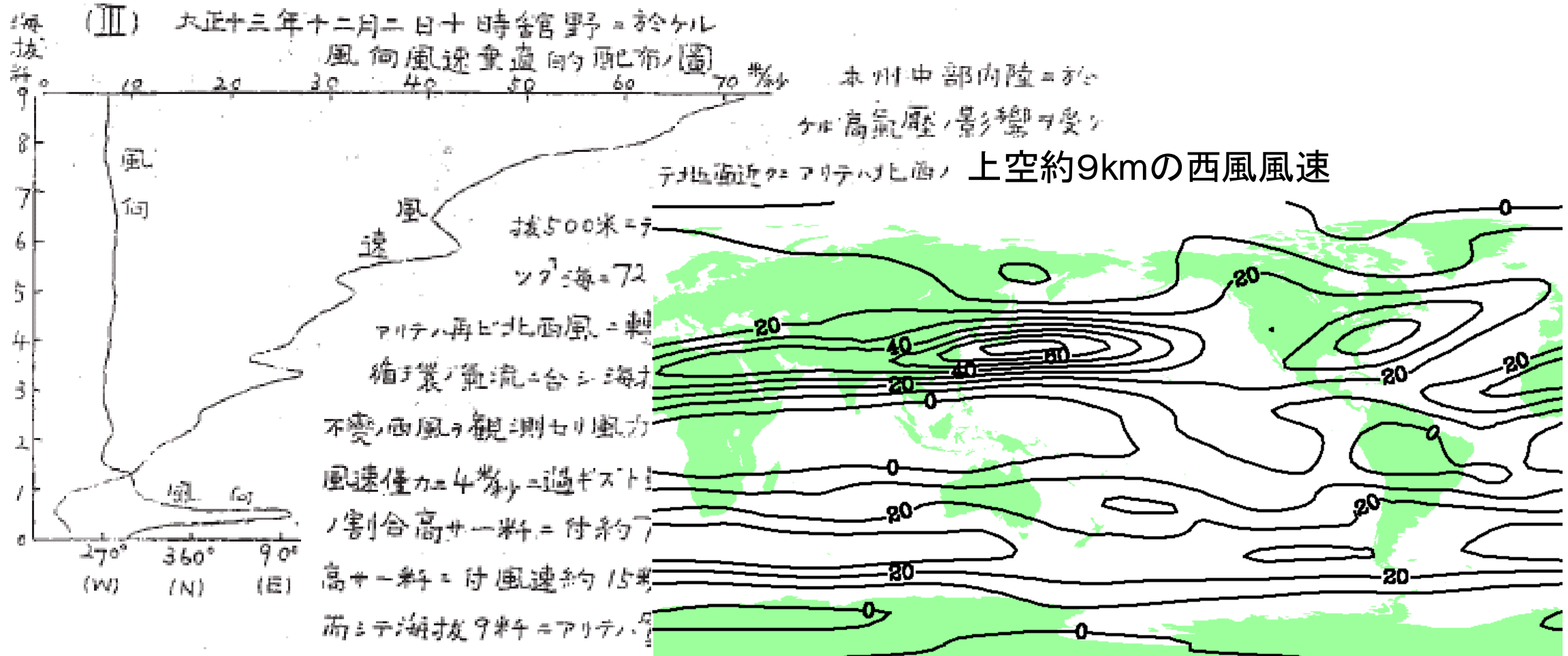
1. 極端気象ハザード
2. 日本付近の風系
3. 強風ハザードをもたらす気象



日本付近の風系

- 中緯度上空には**ジェット気流**（強い西風）が吹いていて、その中心風速は、冬季には100 m/sに達することもあります。天気図規模の気象は基本的にジェット気流により、西から東へと流されています。
- 日本はアジアモンスーンの勢力範囲です。ユーラシア大陸が冬季は冷え、夏季は温められることで、季節にともなって逆向きの**モンスーン**が吹きます。
- 暖候期の晴天静穏時には、昼間は陸が暖められます。そのため、海岸付近では、昼から夕方にかけて海から陸への**海風**が卓越します。

ジェット気流



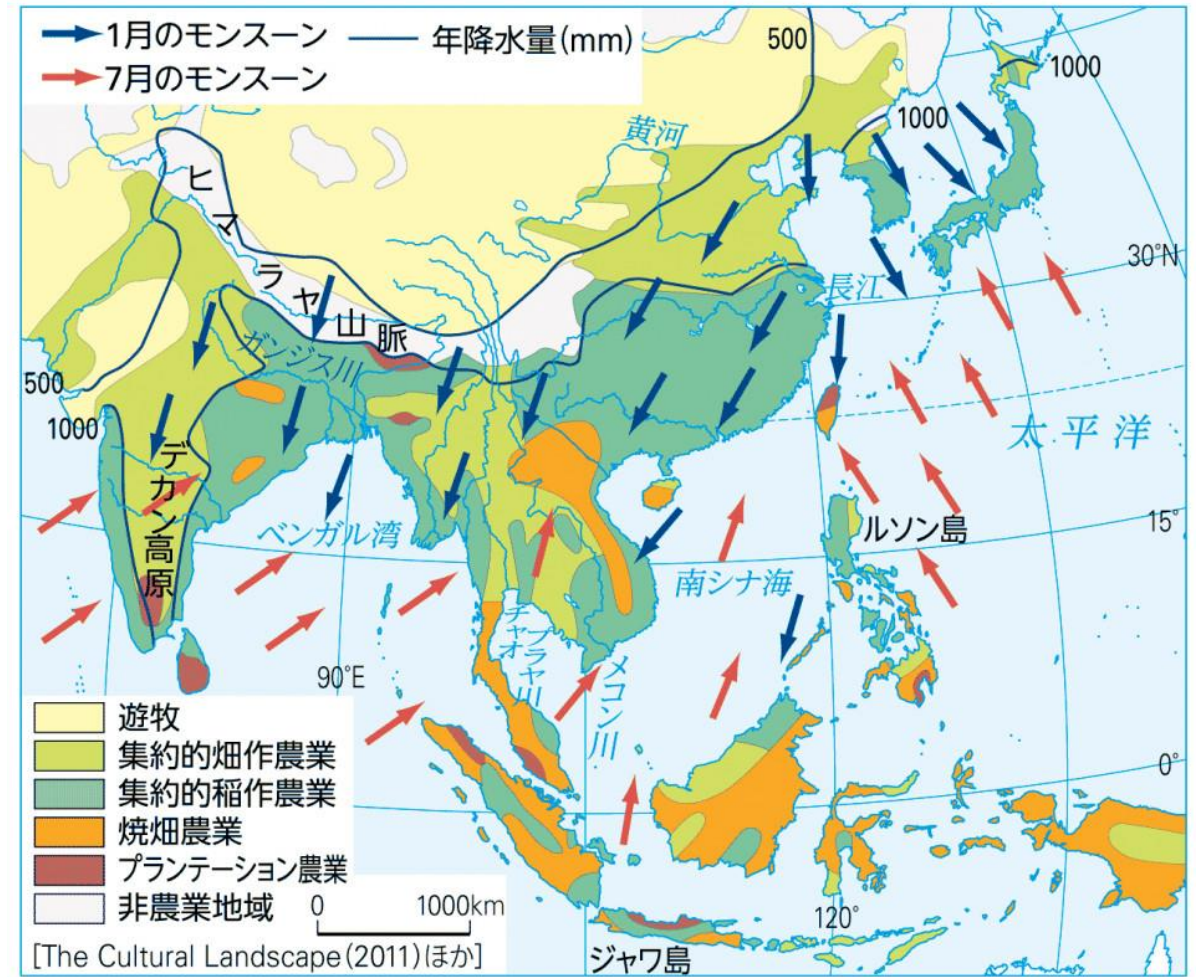
[9] Used with permission of American Meteorological Society, from Ooishi's Observation: Viewed in the Context of Jet Stream Discovery, American Meteorological Society, 84, 1920; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc.

モンスーン

ムンバイ(インド)の雨温図



【10】 出典: 気象庁ホームページ「地点別平年値データ・グラフ (世界の天候データツール (ClimatView 月統計値))」
https://www.data.jma.go.jp/cpd/monitor/climatview/graph_mkhtml_nrm.php?n=43057&m=1

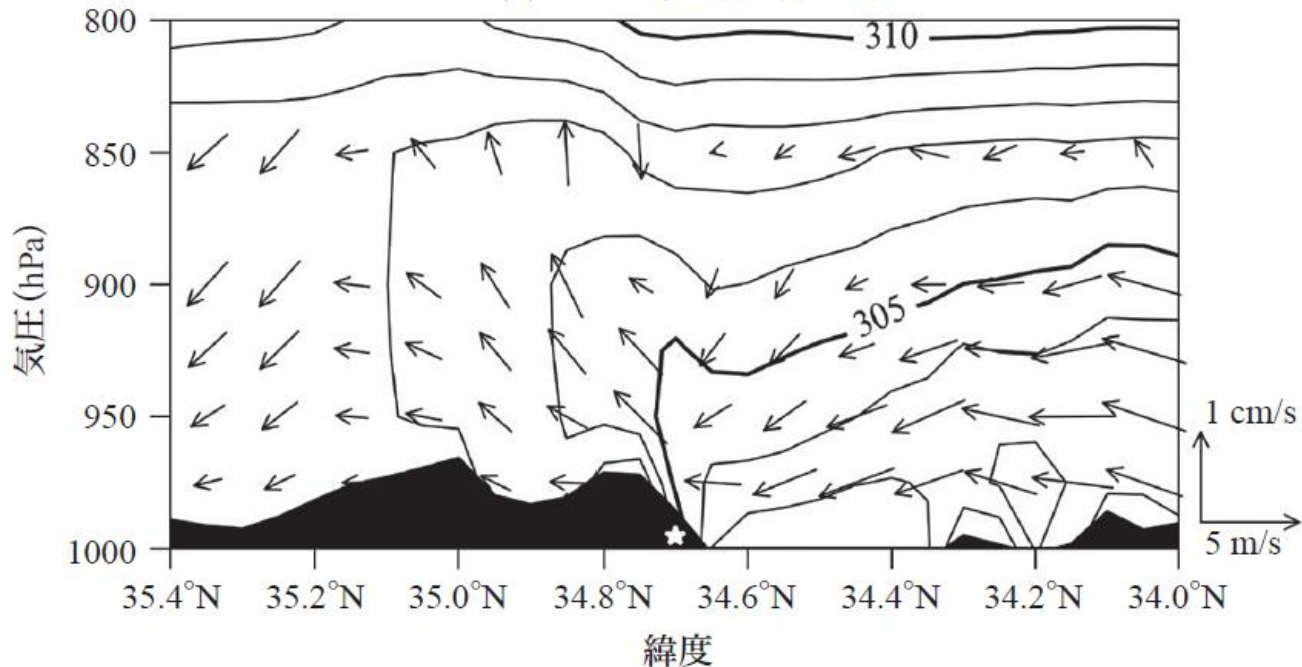


【11】 出典: 「新編詳解地理B改訂版」, 二宮書店, P90, 図1

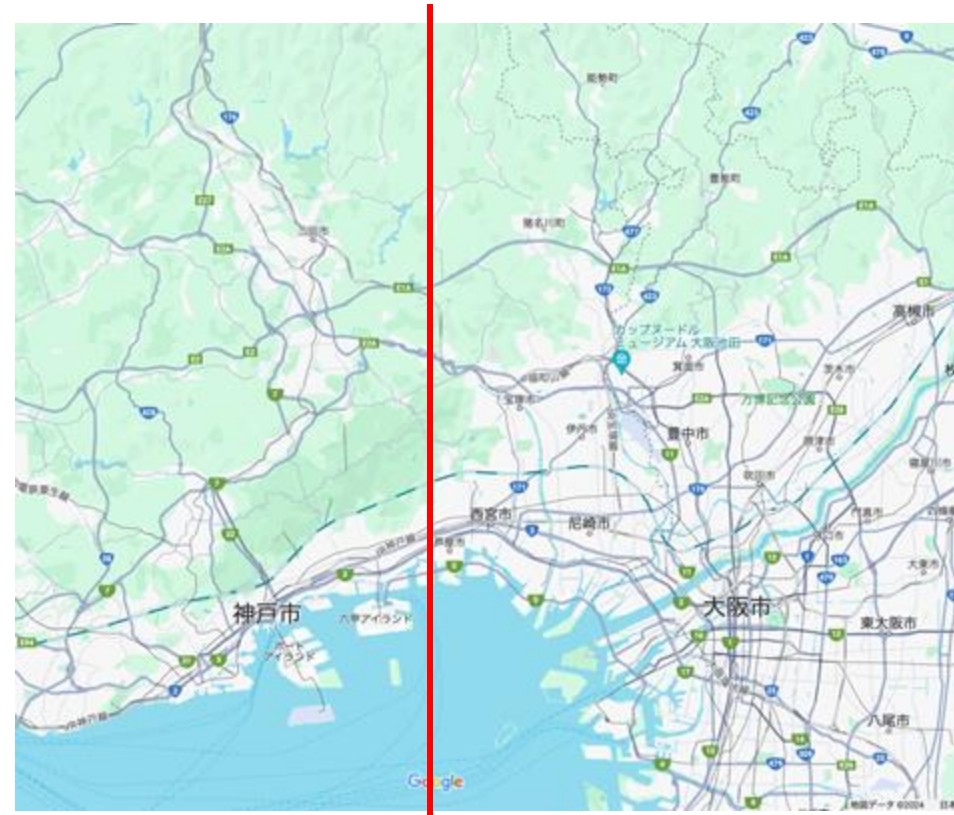
海風

陸の方が海より温まりやすいので、陸の空気が軽くなり上空に運ばれます。そのときの空気を補償するように、海から陸への流れができます。

(b) 2016年8月12日15時



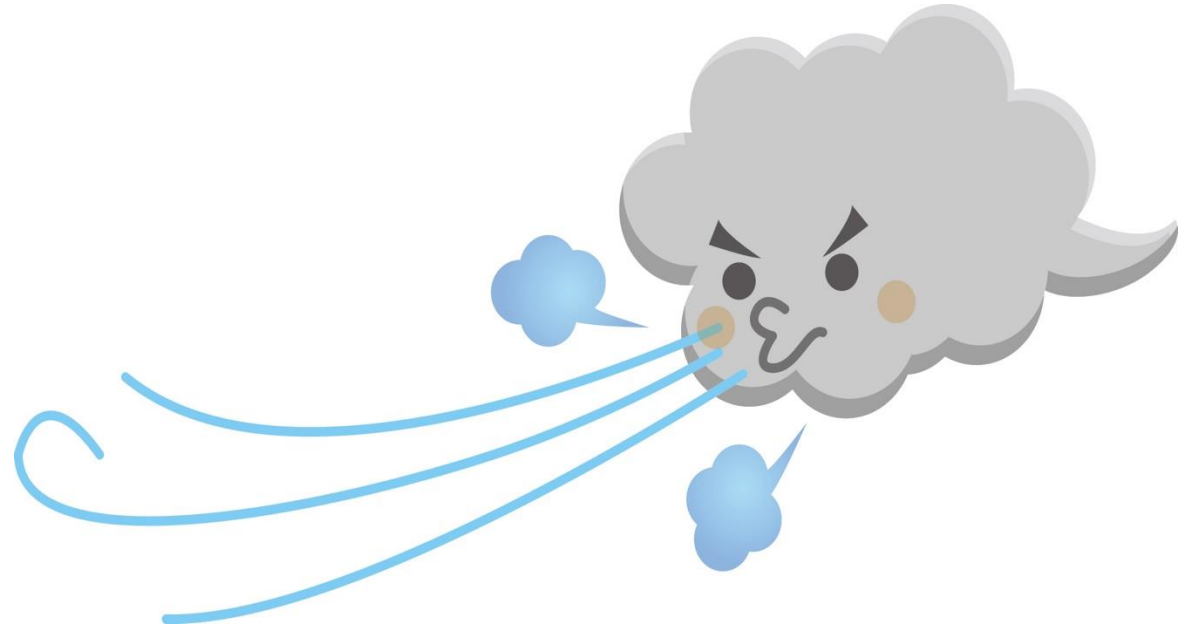
【12】出典:「気象学の教科書」, 稲津将, 成山堂書店



【13】出典: Googleマップ

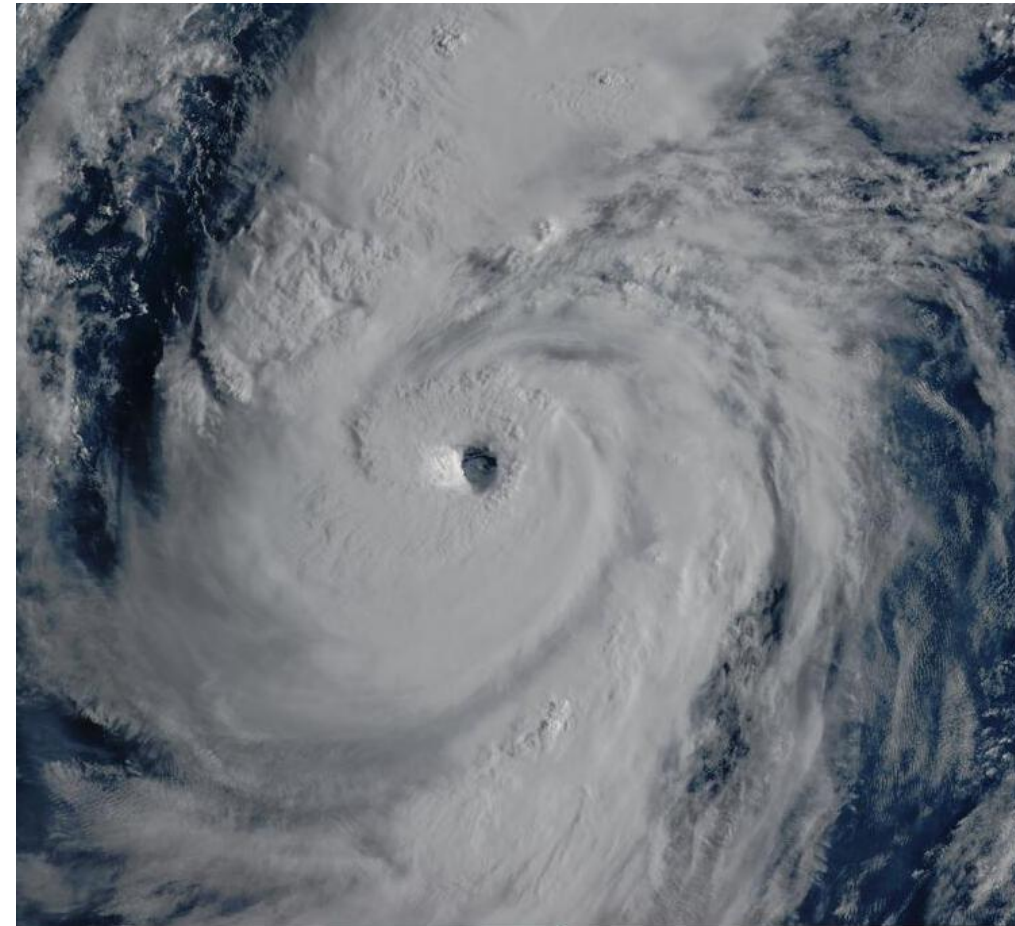
目次

1. 極端気象ハザード
2. 日本付近の風系
3. 強風ハザードをもたらす気象



強風ハザードをもたらす気象

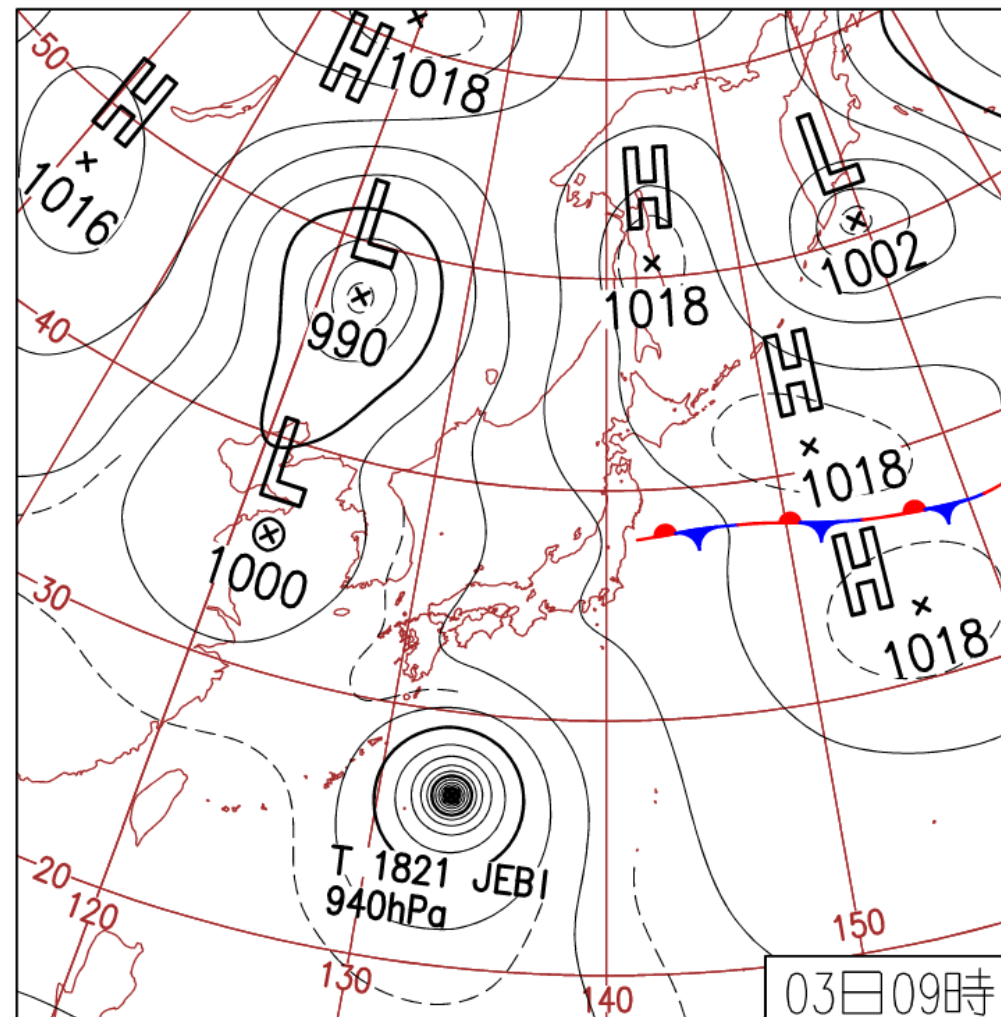
- 熱帯低気圧(台風)
- 温帯低気圧
- 竜巻
- ダウンバースト
- ガストフロント



【14】出典:国立情報学研究所「デジタル台風」

台風

- 熱帯の海上で発生する低気圧を**熱帯低気圧**と呼びます。
- 熱帯低気圧のうち北西太平洋(赤道より北で東経180度より西の領域)または南シナ海に存在し、かつ低気圧域内の最大風速がおよそ17 m/s以上のものを**台風**と呼びます。

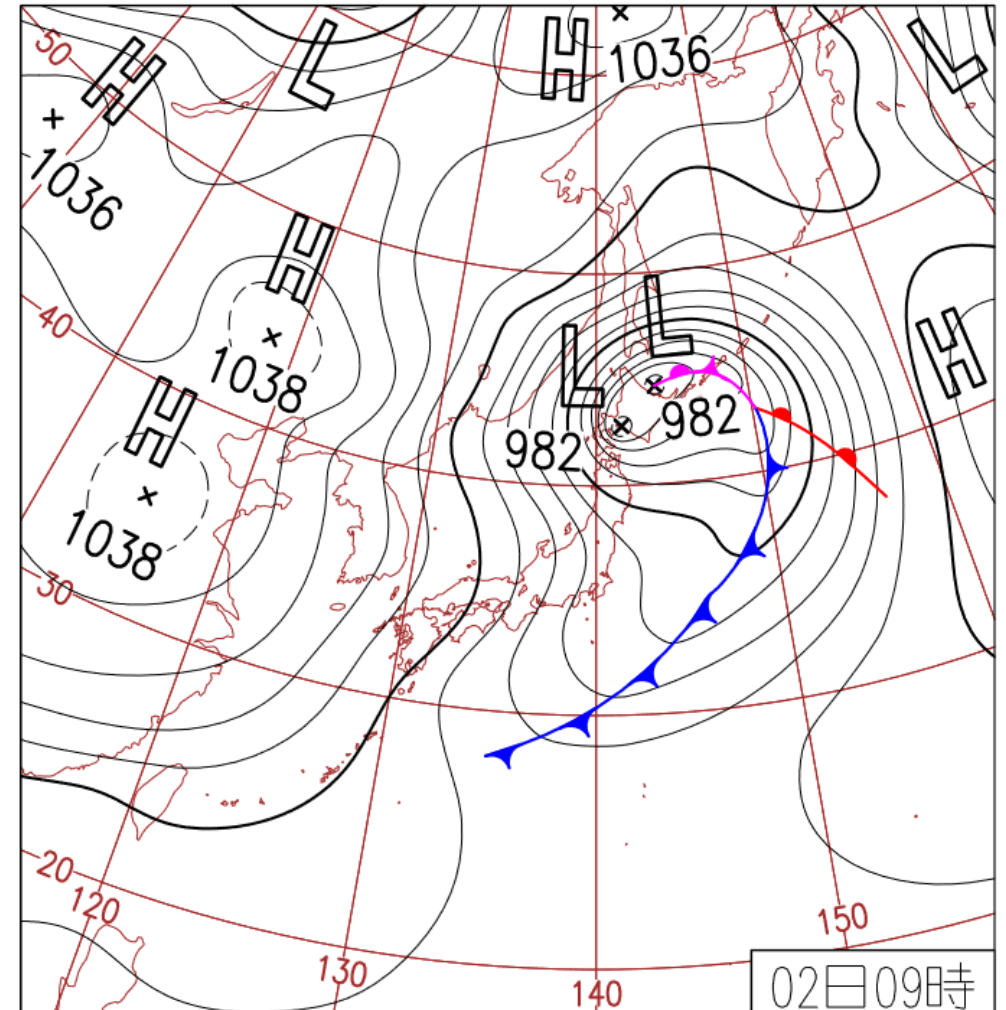


【15】出典:気象庁ホームページ 2013年3月3日分
(<https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html>)

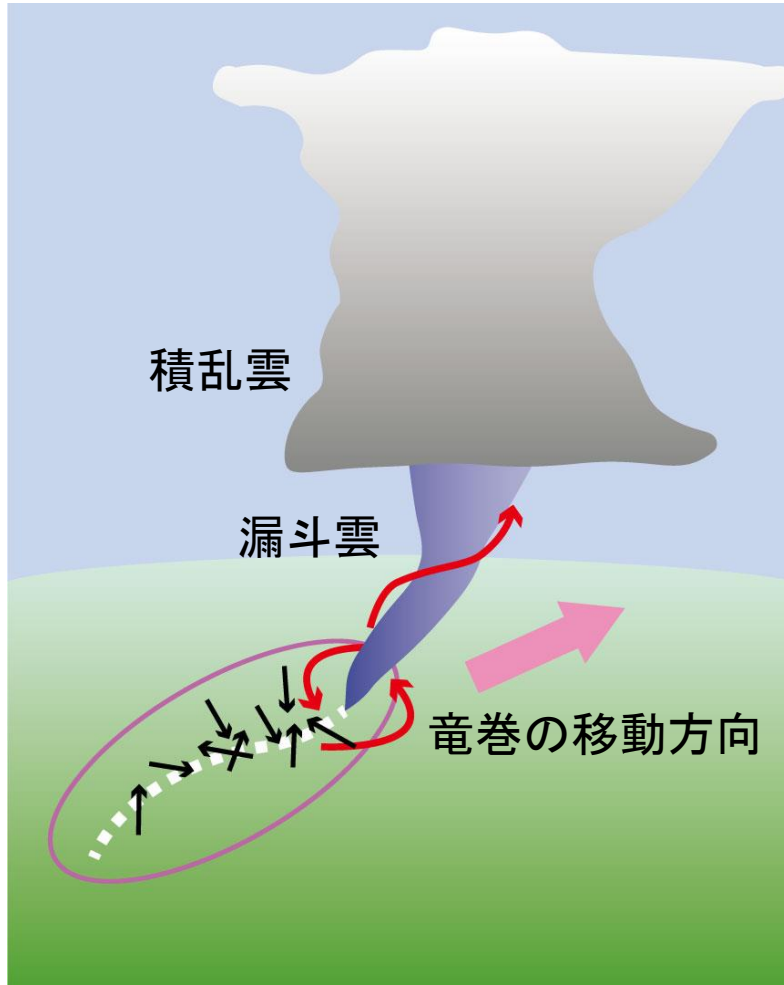
温帯低気圧

- 中高緯度に見られる低気圧のうち熱帯低気圧を除くものを**温帯低気圧**と呼びます。
- 温帯低気圧の東側には**温暖前線**が、西側には**寒冷前線**が見られることが多いです。
- 温帯低気圧は日本付近を通過するとき、急速に発達し、台風並みの勢力ともあります。

【16】 出典: 気象庁ホームページ 2013年3月2日分
(<https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html>)



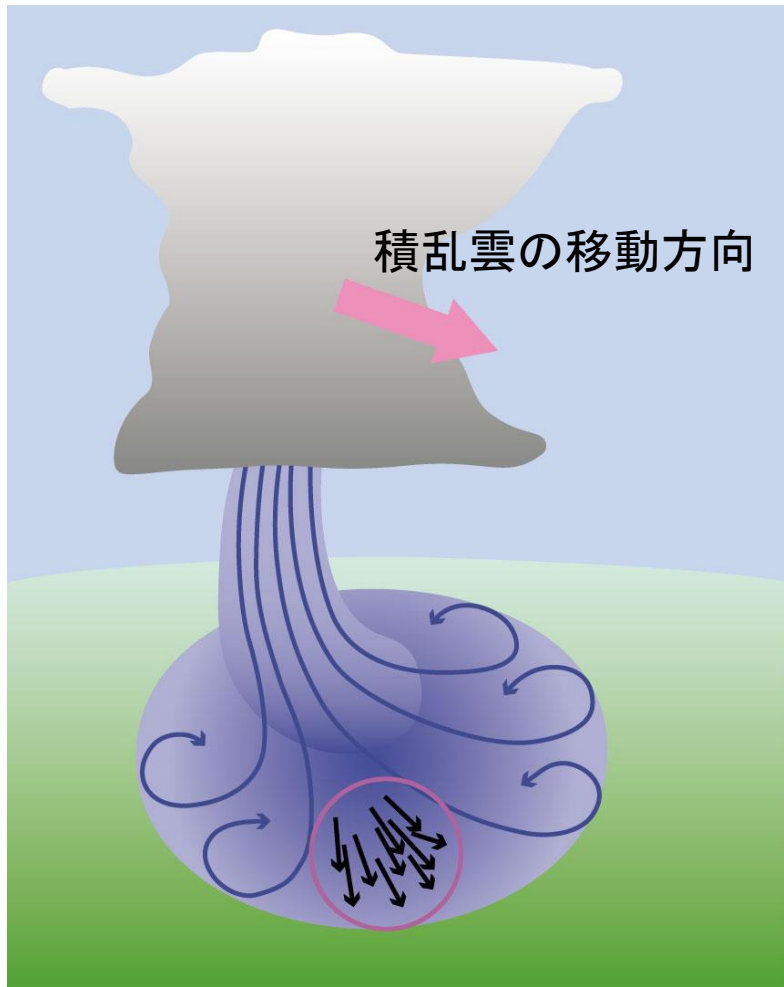
竜巻



積乱雲に伴う強い上昇気流により発生する激しい渦巻きで、多くの場合、漏斗状または柱状の雲を伴います。被害域は、幅数十～数百メートルで、長さ数キロメートルの範囲に集中しますが、数十キロメートルに達したこともあります。

【17】気象庁ホームページ「主な突風の種類 (<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/toppuu/tomado1-1.html>)を元に作図

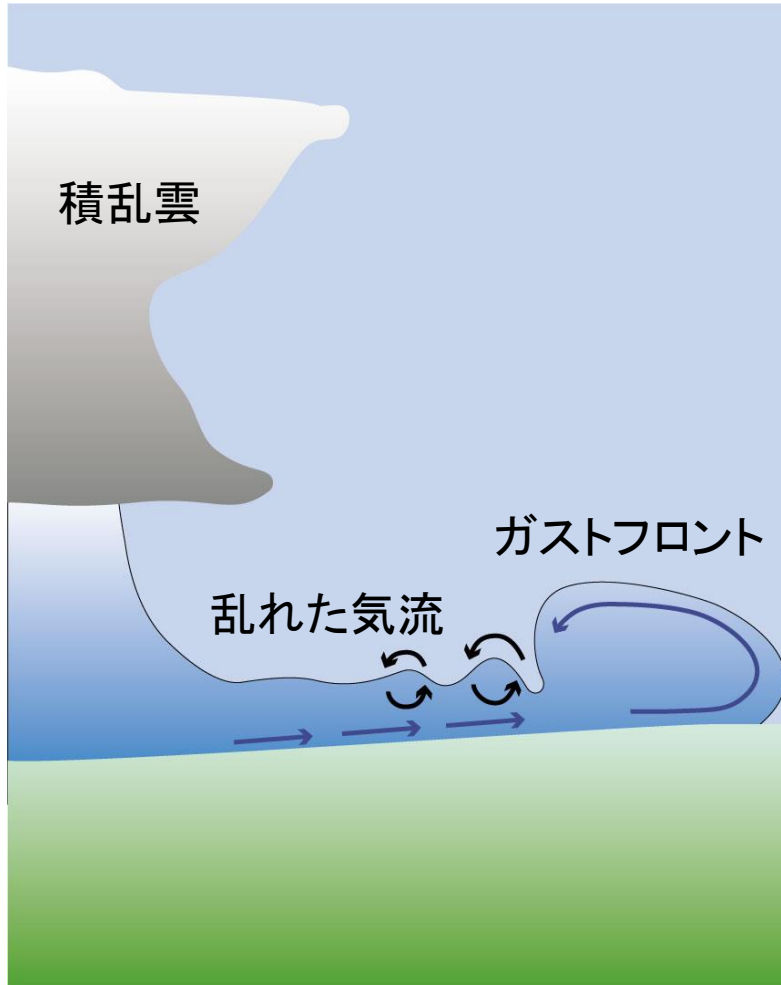
ダウンバースト



積乱雲から吹き降ろす下降気流が地表に衝突して水平に吹き出す激しい空気の流れです。吹き出しの広がりには数百メートルから十キロメートル程度で、被害地域は円形あるいは楕円形など面的に広がる特徴があります。

【17】気象庁ホームページ「主な突風の種類 (<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/toppuu/tomado1-1.html>)を元に作図

ガストフロント



積乱雲の下で形成された冷たい(重い)空気の塊が、その重みにより温かい(軽い)空気の側に流れ出すことによって発生します。水平の広がりや竜巻やダウンバーストより大きく、数十キロメートル以上に達することもあります。

【17】気象庁ホームページ「主な突風の種類 (<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/toppuu/tomado1-1.html>)を元に作図

まとめ

1. 極端気象ハザード

極端気象ハザードには異常高温、強風、豪雨・雷・雹、豪雪・吹雪・融雪があります。本教材ではそのうち強風ハザードを解説します。

2. 日本付近の風系

日本付近の風系は、ジェット気流、モンスーン、海風によって特徴づけられます。

3. 強風ハザードをもたらす気象

強風ハザードをもたらす気象には、熱帯低気圧・台風、温帯低気圧、竜巻、ダウンバースト、ガストフロントがあります。

出典一覧

No.	ライセンス	出典情報
【1】	+	参考：原子力規制委員会ホームページ SSG-18 Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations（原子炉等施設の立地評価における気象学的及び水文学的ハザード） (https://www.nra.go.jp/activity/kokusai/honyaku_01.html)
【2】	+	気象庁ホームページ「地域気象観測システム（アメダス）観測網（令和6年4月1日現在）」 (https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/amedas/kaisetsu.html)
【3】	+	気象庁ホームページ「アメダス観測所の例」 (https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/amedas/kaisetsu.html)
【4】	+	福岡管区気象台ホームページ「風向風速計のしくみ」 (https://www.data.jma.go.jp/fukuoka/kansoku/wind/wind.html)
【5】	+	株式会社プリード， Gill Instruments社使用許諾済
【6】	+	気象庁ホームページ「空港気象ドップラーレーダーのしくみ」 (https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kouku/2_kannsoku/23_draw/23_draw.html)
【7】	+	参考：気象庁ホームページ (https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/kazehyo.html)
【8】	+	日本風工学会ホームページ (https://www.jawe.jp/ja/activities/disaster/298-kazesai.html)
【9】	+	Used with permission of American Meteorological Society, from Ooishi's Observation: Viewed in the Context of Jet Stream Discovery, American Meteorological Society, 84, 1920; permission conveyed through Copyright Clearance Center, Inc.
【10】	+	気象庁ホームページ「地点別平年値データ・グラフ（世界の天候データツール (ClamatView 月統計値)）」 (https://www.data.jma.go.jp/cpd/monitor/clamatview/graph_mkhtml_nrm.php?n=43057&m=1)

出典一覧

No.	ライセンス	出典情報
【11】	+	新編詳解地理B改訂版, 二宮書店, P90, 図1
【12】	+	「気象学の教科書」, 稲津将, 成山堂書店
【13】	+	Googleマップ
【14】	+	国立情報学研究所「デジタル台風」
【15】	+	気象庁ホームページ 2013年3月3日分 (https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html)
【16】	+	気象庁ホームページ 2013年3月2日分 (https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html)
【17】	+	気象庁ホームページ「主な突風の種類」 (https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/toppuu/tornado1-1.html) を元に作図