

A background image featuring a compass in the upper left corner and a map of a coastal region, possibly Cape Horn, in the lower left. The text is overlaid on this background.

はじめて学ぶ海洋学:第5回

風が作り出す海水の流れ

高潮発生を知るカギは
吹き寄せ効果の正しい理解

教科書“はじめて学ぶ海洋学”の対応箇所： p.49~p.55

yokose@kumamoto-u.ac.jp

第5回のキーワード

- 世界の海流 (亜熱帯循環など)
- 風成循環 (エクマン輸送)
- 沿岸湧昇流
- 地衡流
- β 効果、ロスビー波
- 西岸境界流
- 赤道湧昇流
- 高潮 (Storm Surge) とは
- 黒潮の蛇行

七つの海ではなく世界の5大洋

大洋 (附属の海を含まない)	面積 (km ²)	平均深度 (m)	水量 (km ³)	最大深度 (m)
太平洋	152,617,160	4,229	645,375,552	10,924
大西洋	81,527,400	3,777	307,905,776	8,605
インド洋	67,469,536	3,877	261,530,400	7,125
南極海	20,973,318	3,410	71,518,408	7,235
北極海	8,676,520	1,935	16,790,582	5,680

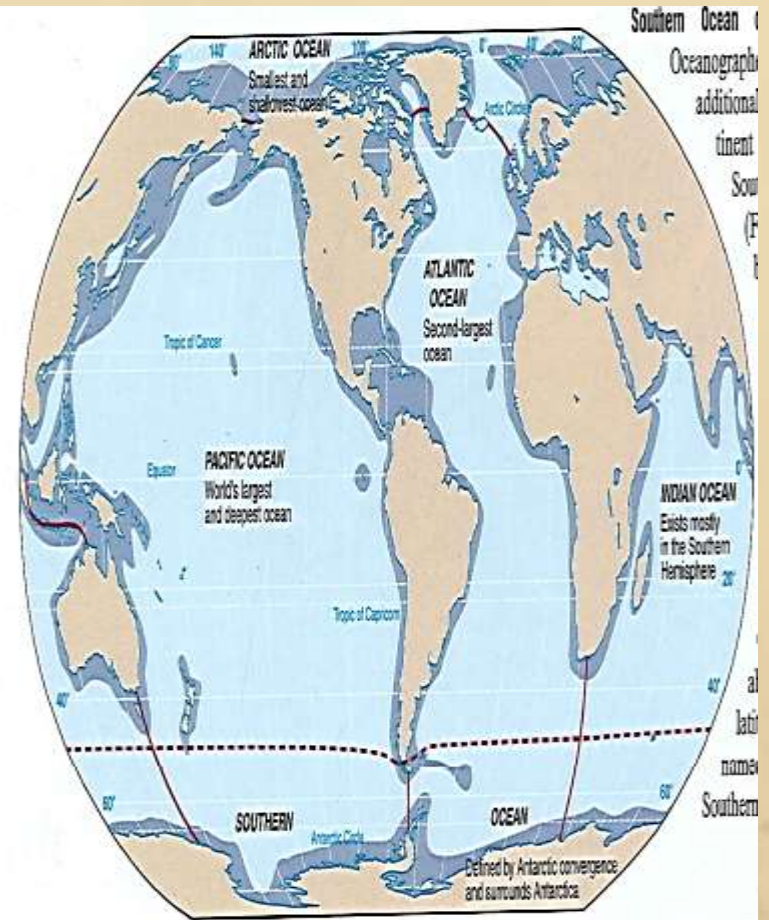
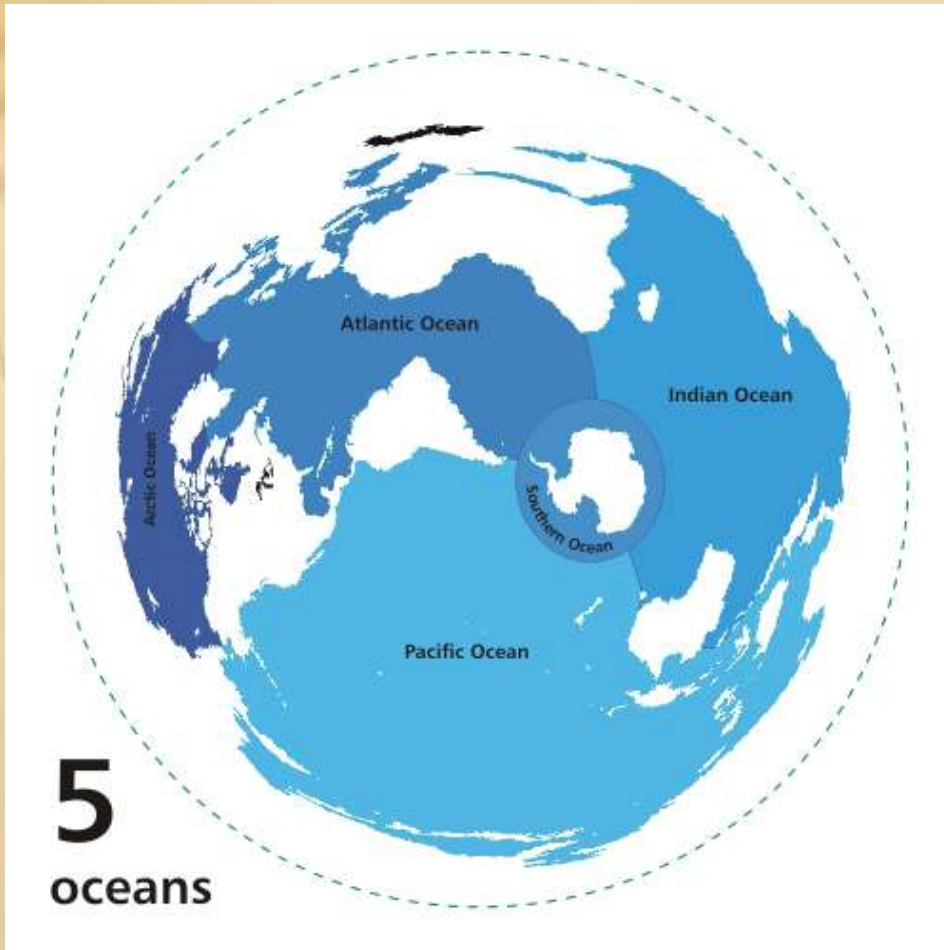


FIGURE 1.2 Earth's oceans. Map showing the four principal oceans, plus the Southern or Antarctic Ocean. Dark blue shading represents shallow areas.

北太平洋・南太平洋・北大西洋・南大西洋にすると、2つ増えて7つの海になる。しかし、大洋の呼び方は、国によって違っている。

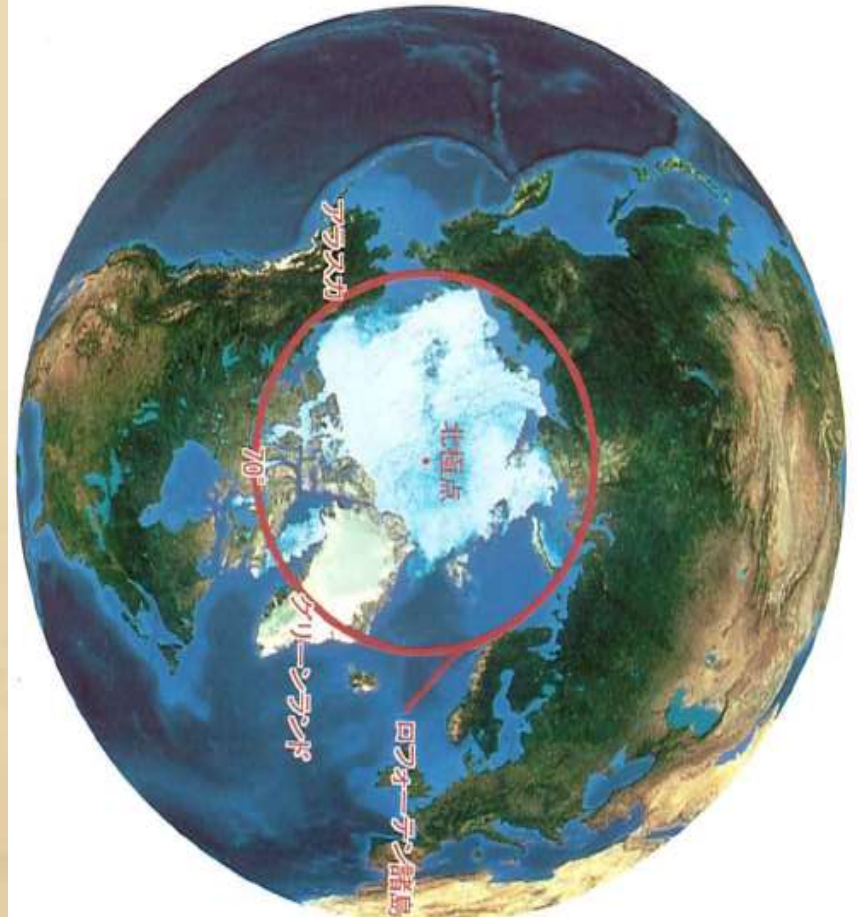
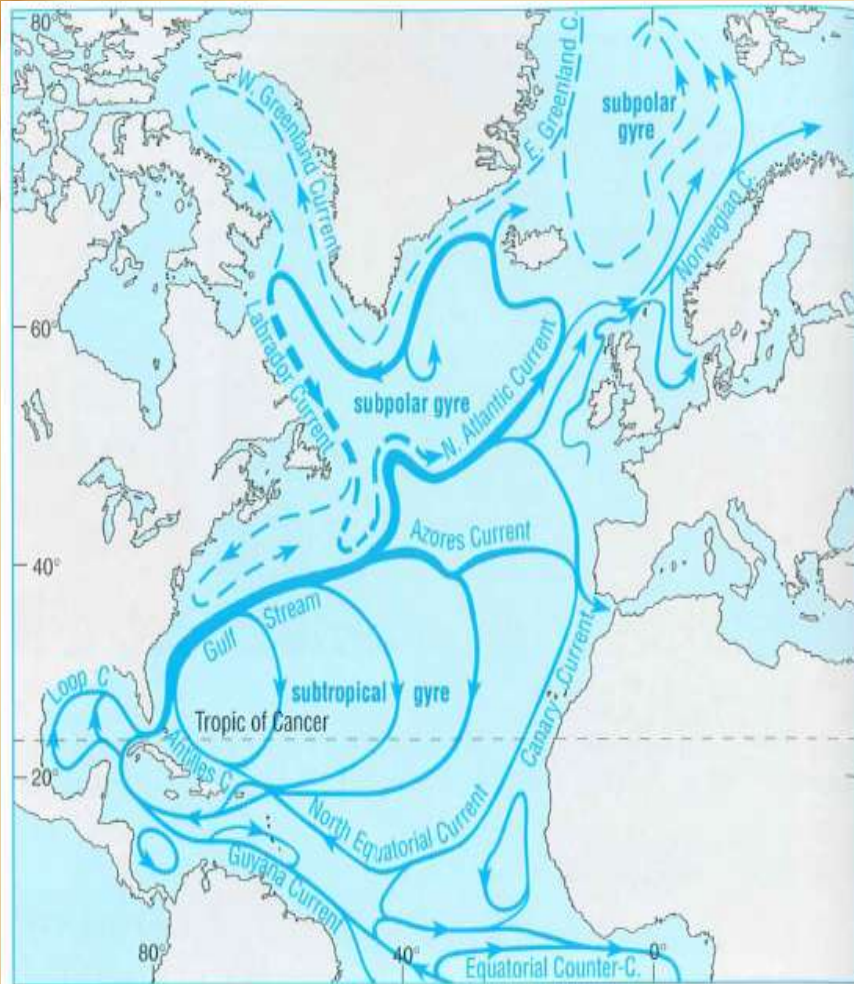
大洋の数は、各国の解釈で異なる。



世界の大洋水域を示す地図。地球は連結した水面で覆われ、世界の大洋は複数の主要な領域で区分されている。太平洋・大西洋・インド洋・北極海・南極海を5大洋と言うが、両極の大洋を前の3大洋に含めてしまう場合もある。

大洋と言えば、海流！

例えば、北大西洋海流(湾流)は暖かい海水が北上していく

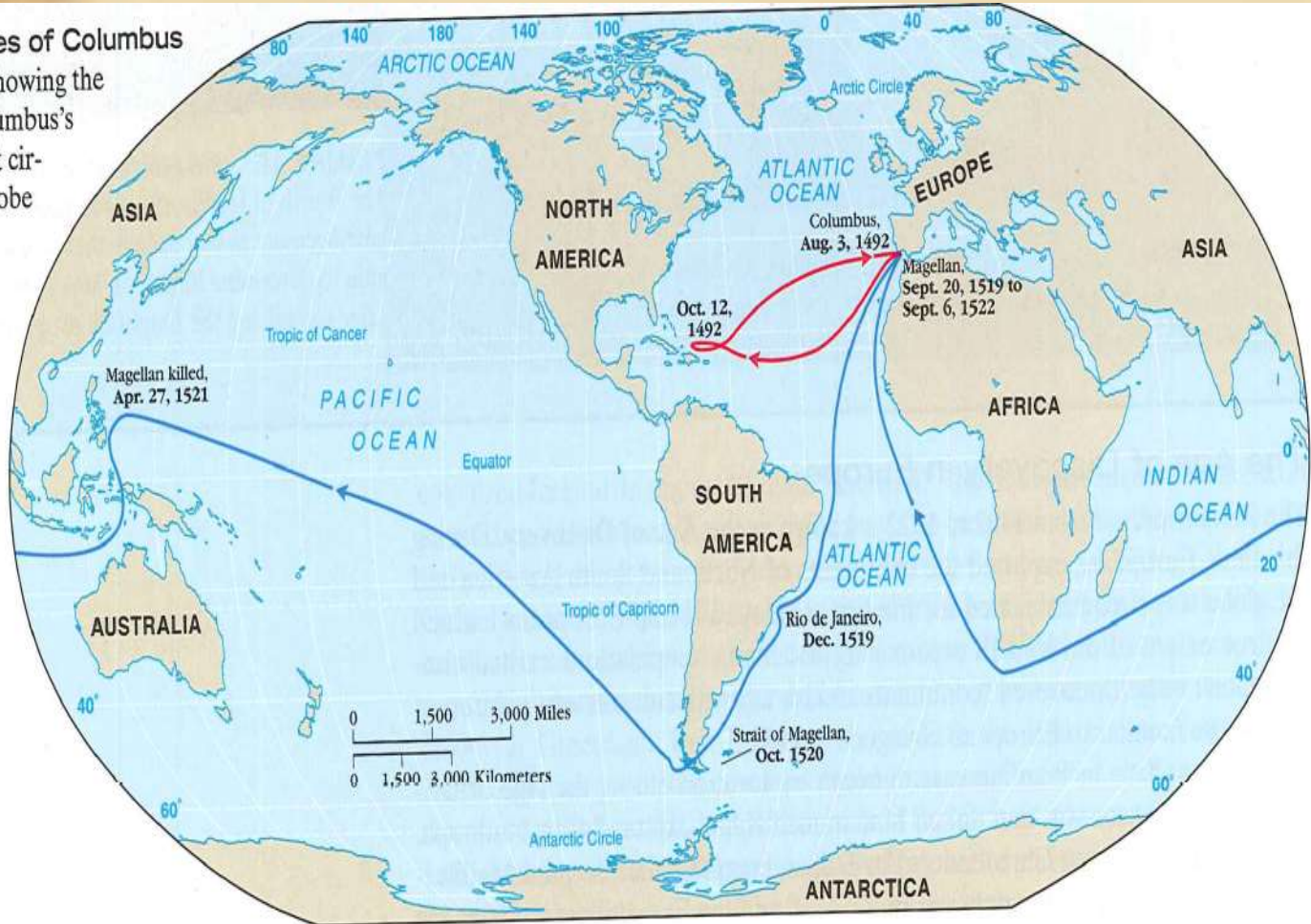


時計回りの海流がなぜか枝分かれして北上流

なので、北極圏なのに氷の張らない海が広がる。

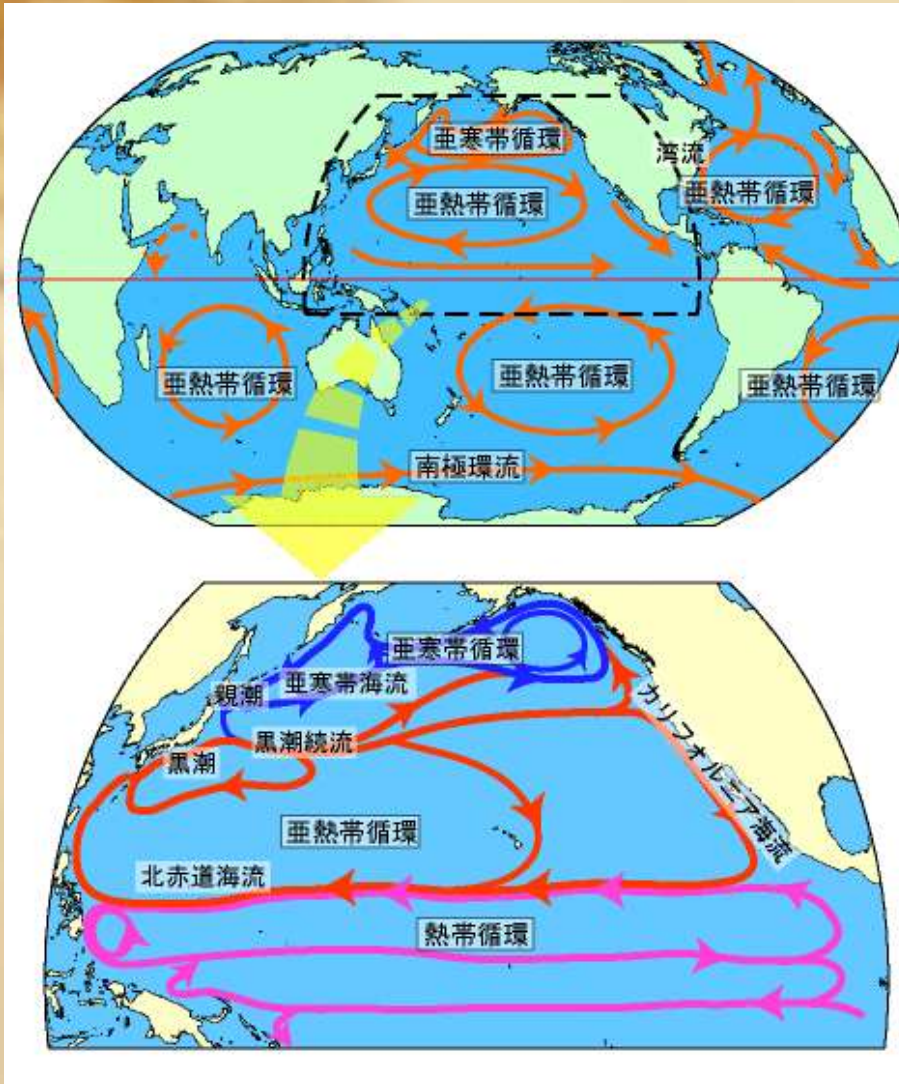
海流のせいで、コロンブスはアメリカ本土に行けず、カリブ海に
辿り着く！

FIGURE 1.7 Voyages of Columbus and Magellan. Map showing the dates and routes of Columbus's first voyage and the first circumnavigation of the globe by Magellan's party.



湾流に導かれるままに行くとカリブ海に辿り着く
(教科書p4, ジパングの海p17~26参照)

Cold-water current ? Warm-water current ?



海流：

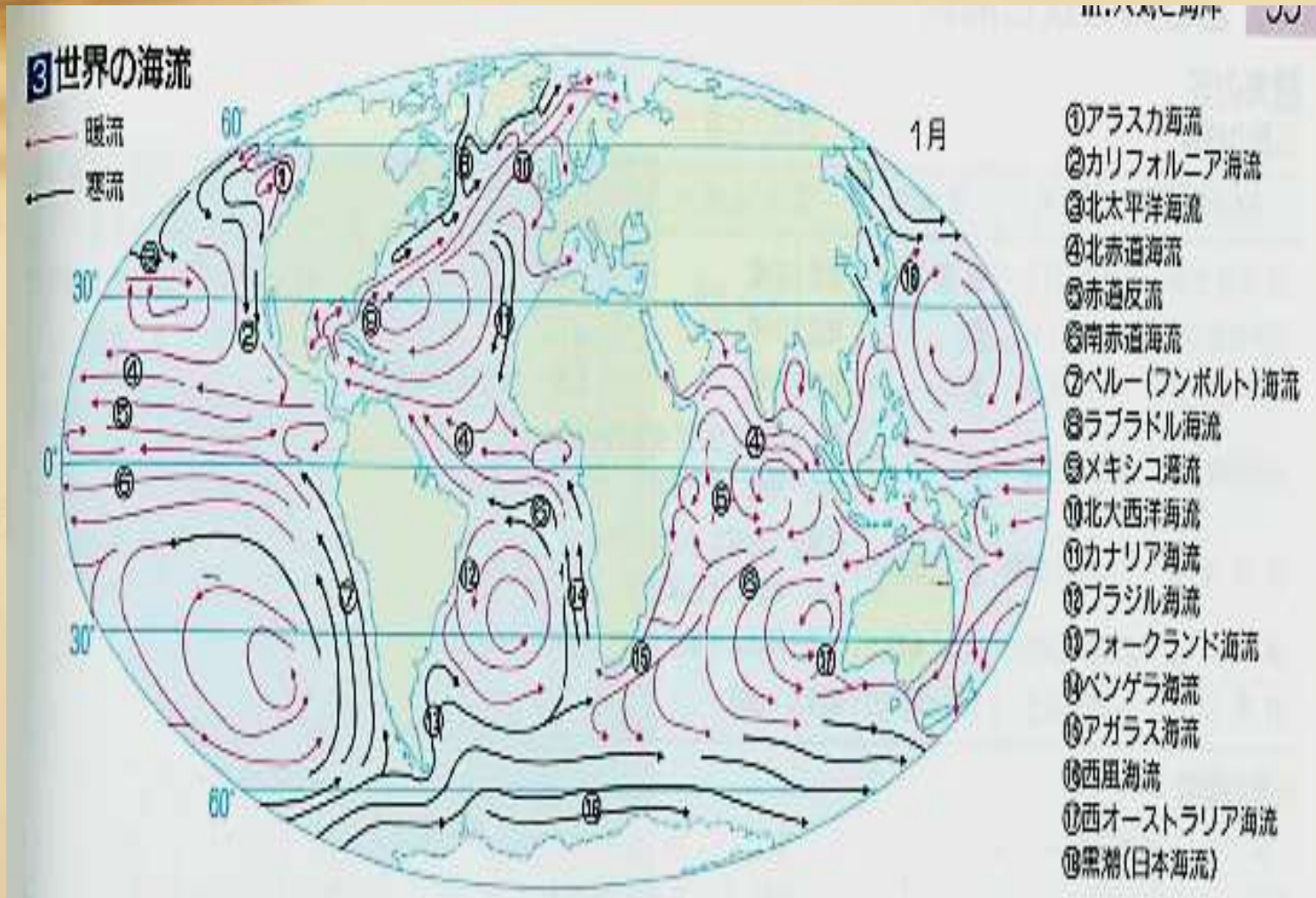
亜寒帯循環	高緯度
亜熱帯循環	
熱帯循環	赤道
亜熱帯循環	
南極還流	高緯度

太平洋：

亜寒帯循環(親潮)
亜熱帯循環 (北赤道海流、黒潮、黒潮続流、カリフォルニア海流)
熱帯循環 (赤道反流)
亜熱帯循環 (南赤道海流)
南極還流 高緯度

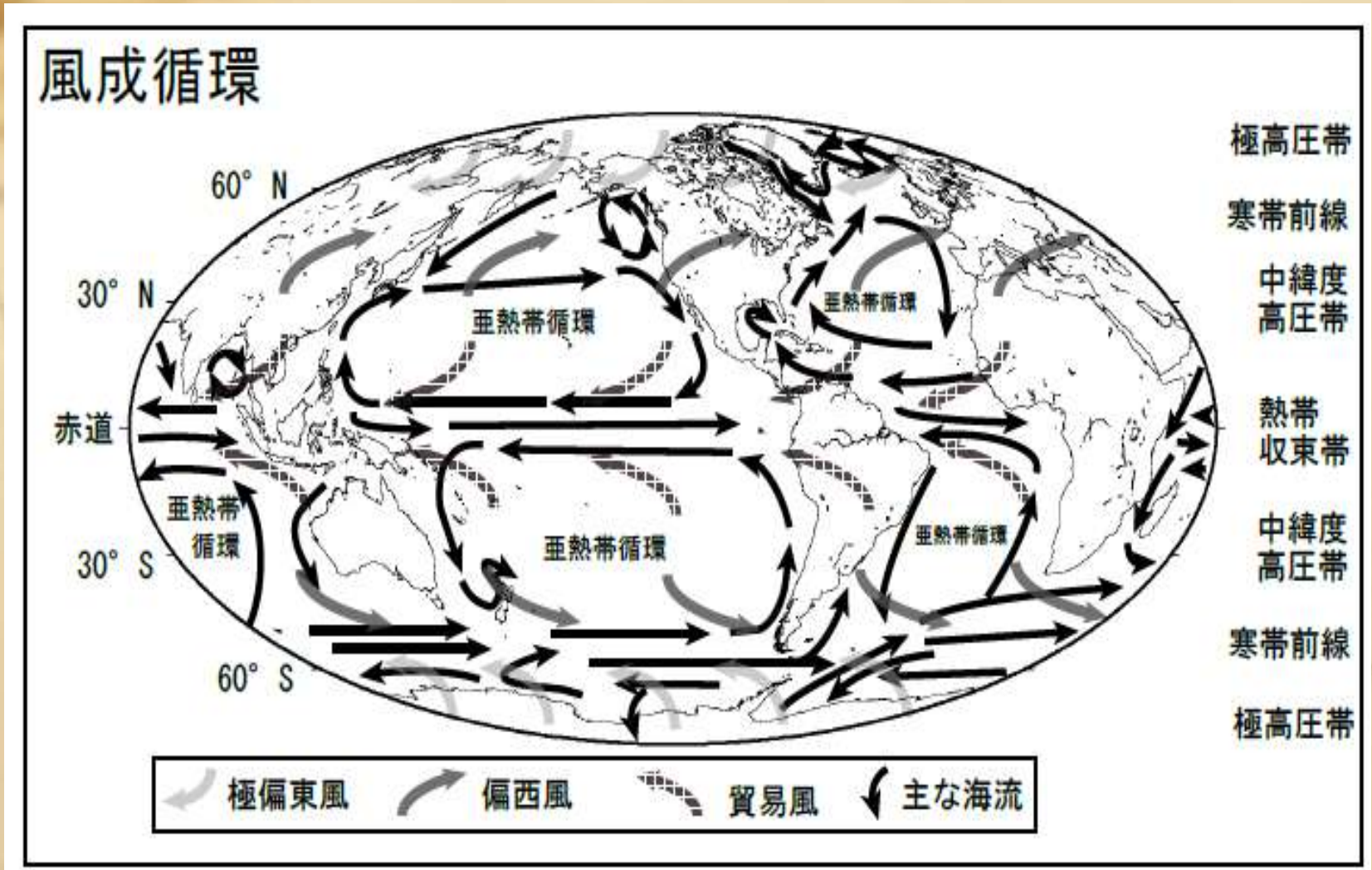
寒流・暖流：この二つは実生活上よく使われるが科学的な厳密さを欠く分類法 (Wikipedia)

世界の海流 (パターンを覚えよう)



- 北半球の中緯度地域の海流は、時計回り。
- 南半球の中緯度地域の海流は、反時計回り。

表層大循環：海流はどのようにして作られるか？

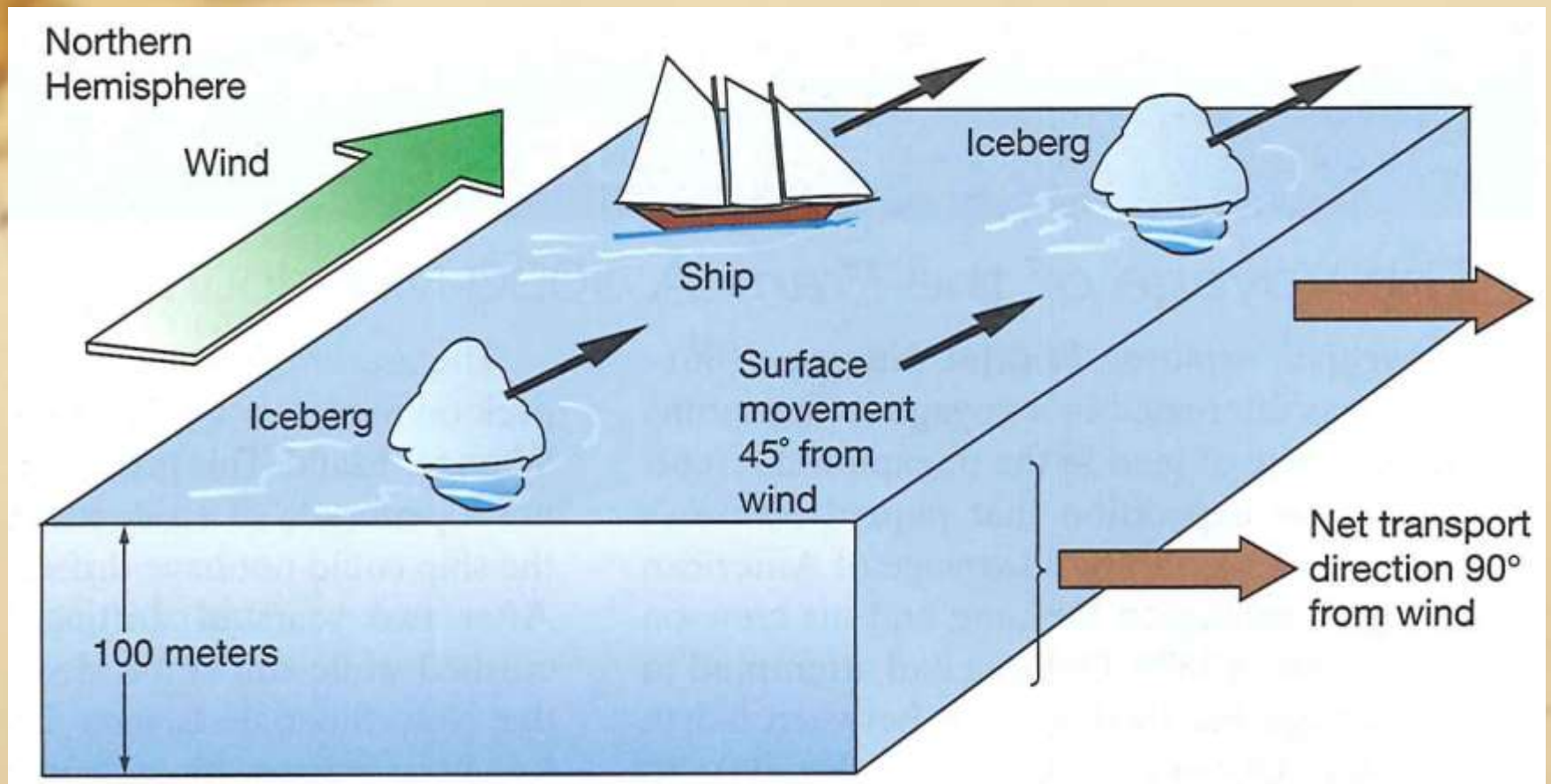


はじめて学ぶ海洋学 (図2-14、p50)

先週のおさらい: コリオリと大気循環

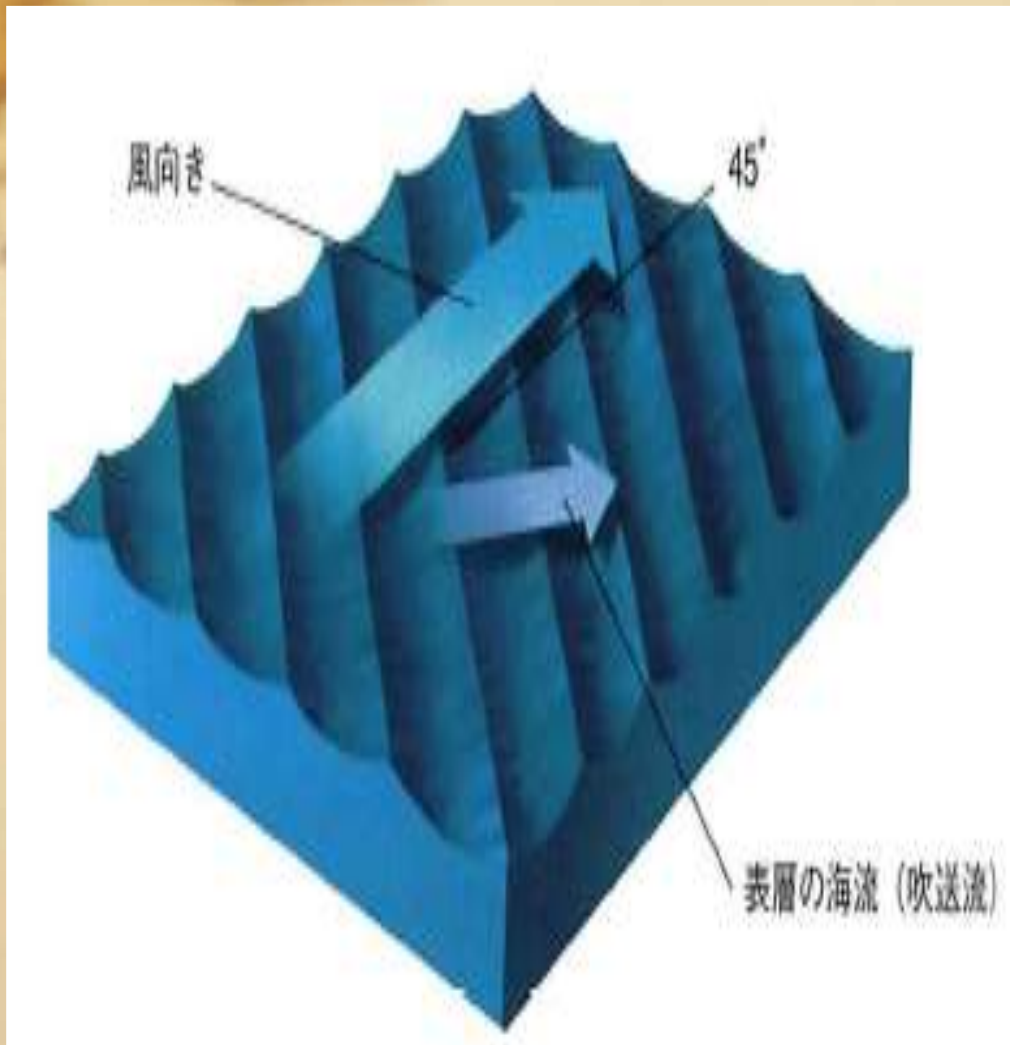
- <https://youtu.be/PDEcAxfSYaI?list=LL6ss7FZdtLMudL7Jphly2GA>

風成循環：風が吹くと海は流れるか？



フリョフ・ナンセンは、北極海の探検において、風向きに対して海流が右偏することを、3年間氷で閉じ込められる調査航海で発見する。これらの観測成果からV・ヴァルフリート・**エクマン**が風走流理論を確立したのは有名な話。

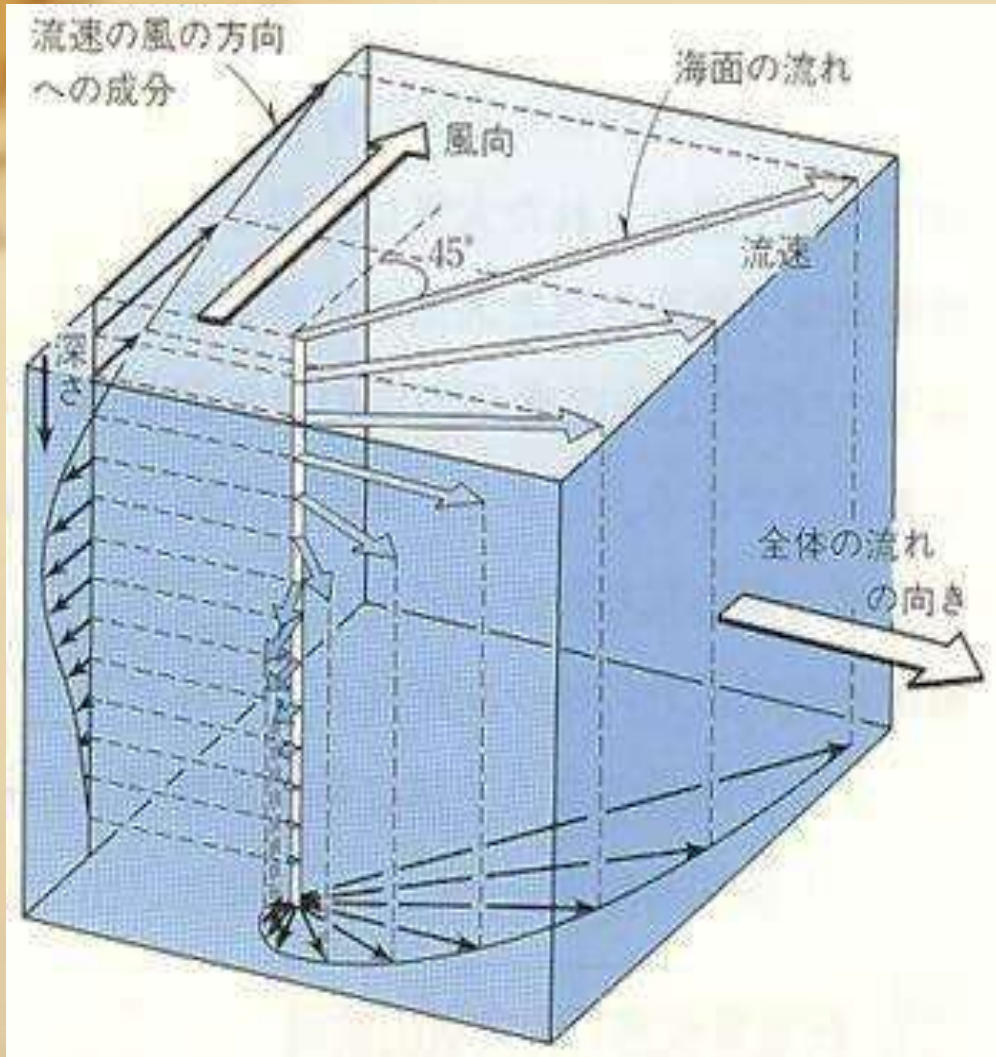
エクマン輸送 (風によって運搬される水)



地球規模で発生する風は、コリオリの力によって、海水を風の吹く方向に流せない。

そのため、深度によって流れる向きが変わり、全体としては風向きに対して右側（北半球）に流れる。

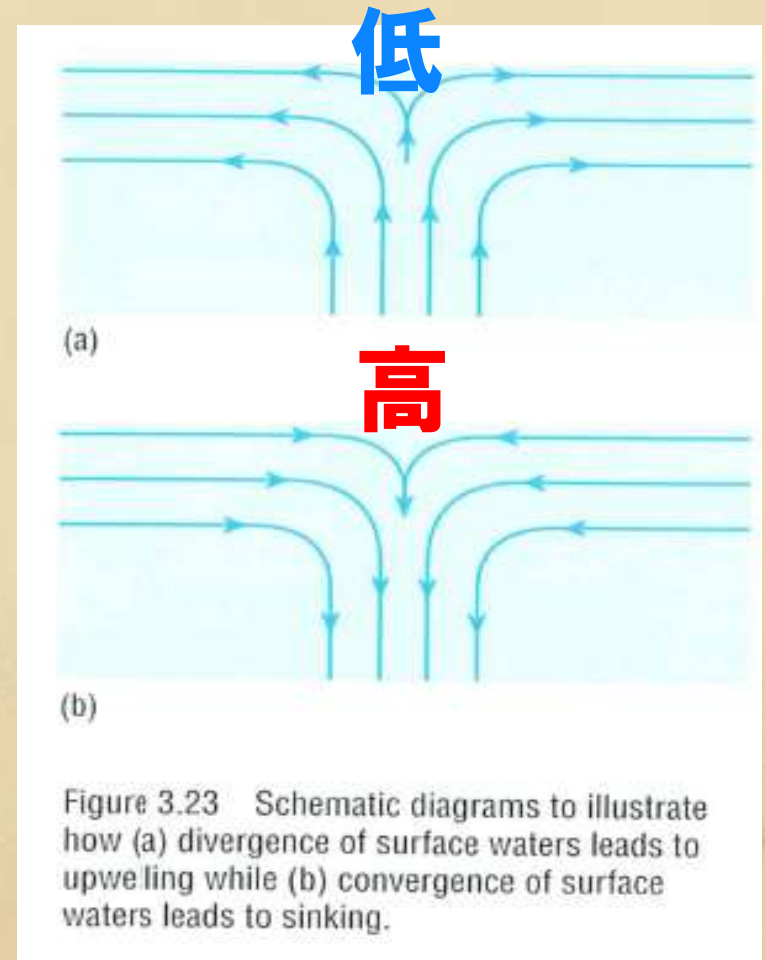
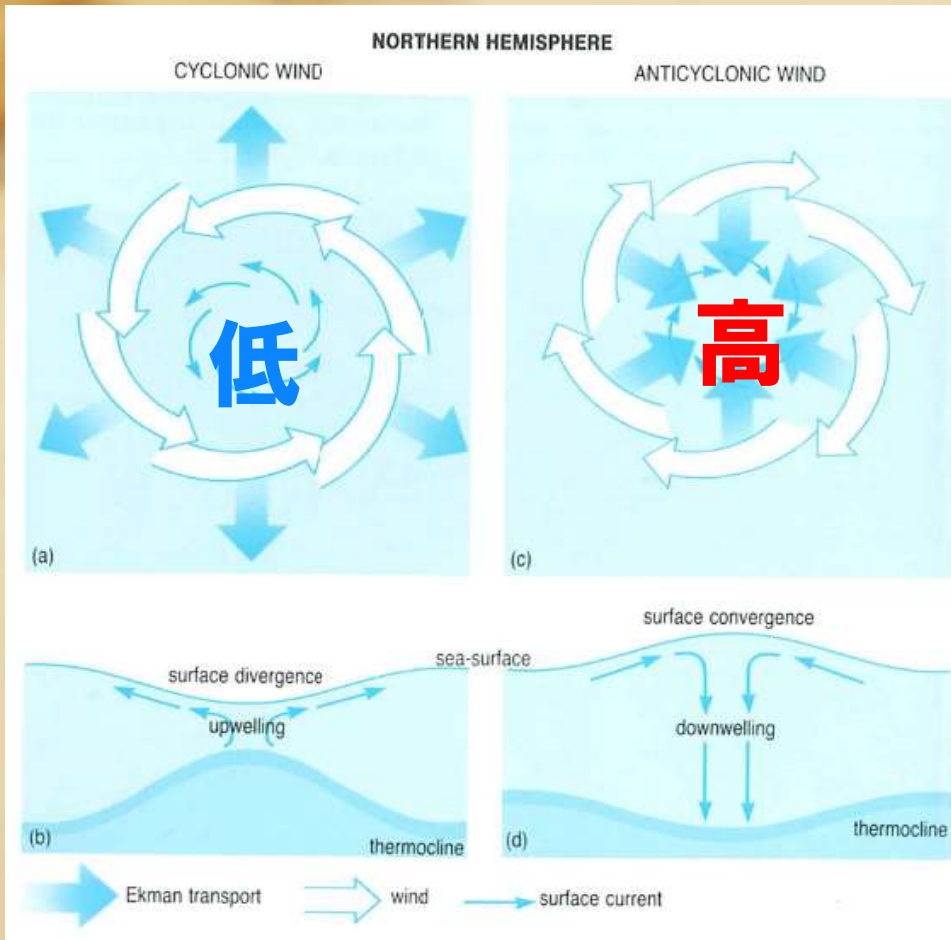
エクマン螺旋



エクマンの吹送流(エクマンのすいそうりゅう) Ekamn drift current

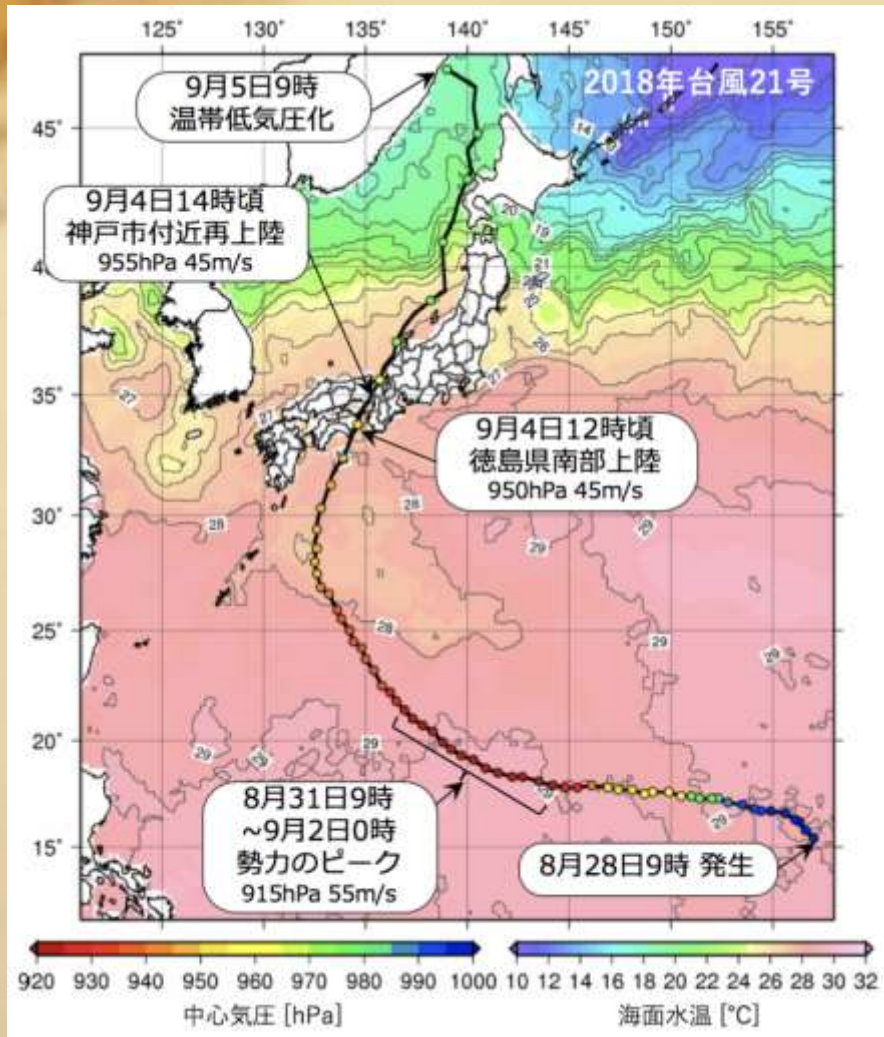
洋上を吹く風の応力によって直接起こされる流れを、初めて理論的に求めたエクマン(V. W. Ekman)の名をとってエクマンの吹送流という。地球自転のため、表面流の方向は風向に対して45度右にずれる(北半球、南半球では逆)。深さと共に、流れは大きさを減じながら右へ右へとずれていく(エクマン螺旋)。この流れによる正味の輸送(エクマン輸送)は風向に対して直角右方向である。海流の形成にかかわるのは、吹送流自体よりは表層におけるその発散・収束である。

風(低気圧や高気圧)によって駆動される海水

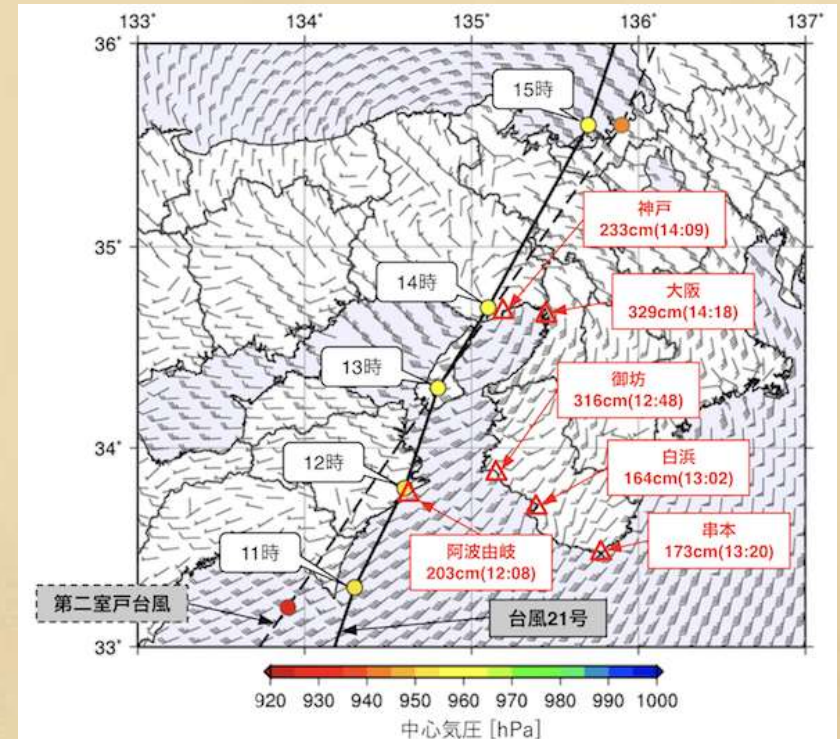


風の流れ方によって、水平方向のみならず垂直方向にも海水は流れ始める。マスコミは、台風(低気圧)の時、海面が吸い上げ効果で高潮ができると言っていますが。。

高潮と台風の関係 (2018年関空を襲った高潮)

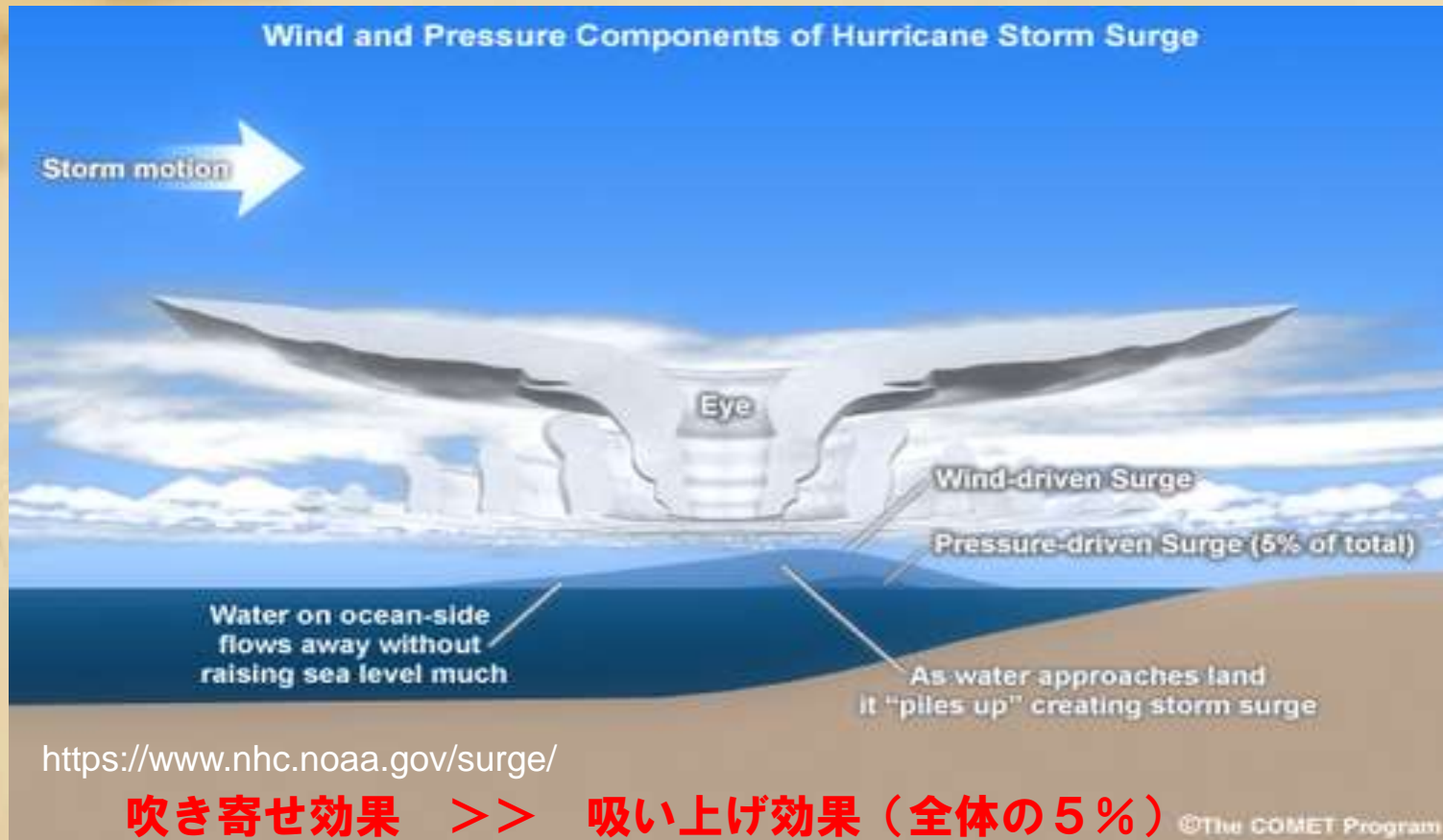


台風21号の経路 (経路上の丸の色は中心気圧、海上の色は8月29日の海面水温 (気象庁))



4日の台風21号の経路と中心気圧 (○印) および最高潮位の記録を更新した地点 (△印) とその潮位点線は第二室戸台風の経路 (国立情報学研究所)、矢羽は4日14時の気象庁毎時大気解析地上風 (knot単位)

高潮 (Storm surge)発生の本当のメカニズムはこれだ！



高潮の発生には、様々な要因が絡んでくる。吸い上げ効果は、全体の5%しかない。2mの高潮なら、10cmが吸い上げ効果となり、マスコミは、誇張しすぎのような気がする。

Storm surge (高潮) のアニメーション

遠浅の海

深い海

風によって生み出される海水の流動が進行方向に随時積み重なっていくため海面が盛り上がり高潮となって陸に打ち寄せる。高潮の正確な予想には様々な要因を考慮する必要があり、中でも日本でことさら強調される吸い上げ効果は、高々5%の影響しか持たない。気象庁のHPでも吸い上げ効果は、1ヘクトパスカル当たり1cm上昇(気象庁HP)。中心気圧が950hPa程度なら50cmしか上昇しない。一方、吹き寄せ効果は、風速の2乗に比例する。つまり、台風の進行方向に海が広がっている場合は、効果的に吹き寄せ効果が働く。2018年秋に発生した関西空港の高潮災害はまさに、海水の吹き寄せを効果的に発生させる条件がそろったのだろう。

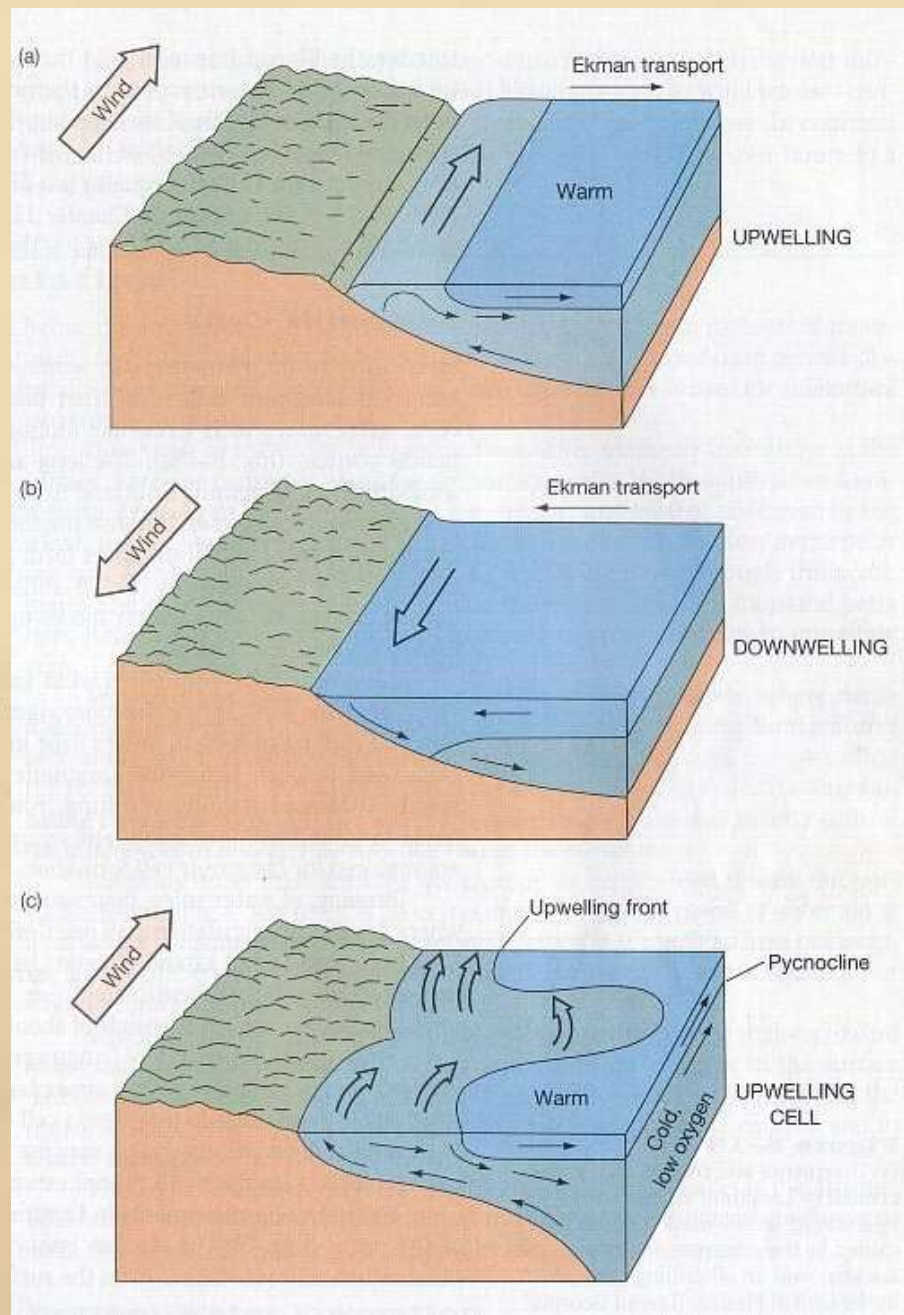
高潮の危険性

- <https://www.youtube.com/watch?v=kfjKsfbLitY&t=0s&index=3&list=LL6ss7FZdtLMudL7Jphly2GA>
- <https://youtu.be/TJ5C7TsBsao?list=LL6ss7FZdtLMudL7Jphly2GA>

海外のメディアは、視覚的に高潮の危険性を視聴者に伝えている。どこぞの国の報道や気象情報と違って、ほとんど無意味な“吸い上げ効果”に時間を割いてはいない。やっと理解できた“吸い上げ効果”を多数決とばかりに吹聴するのは防災という点において正しい姿勢といえるのかな。。勉強不足

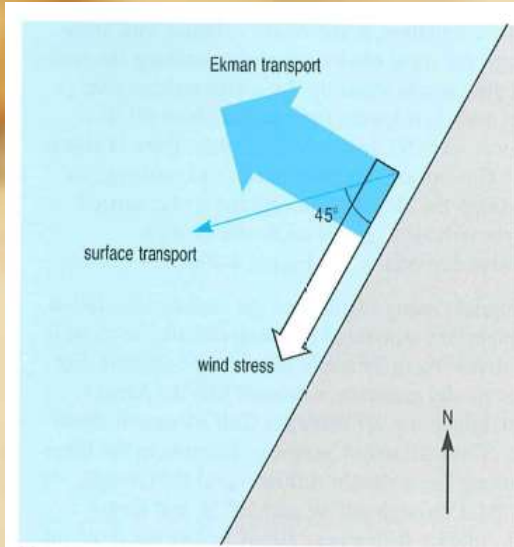
沿岸湧昇流 とエルニー ニョ

片側に境界部があると
風によって、海水は水平
ではなく垂直運動するよ
うになる。
風向き、境界部と赤道と
の位置関係で湧き上がる
か沈降するかが決まる。

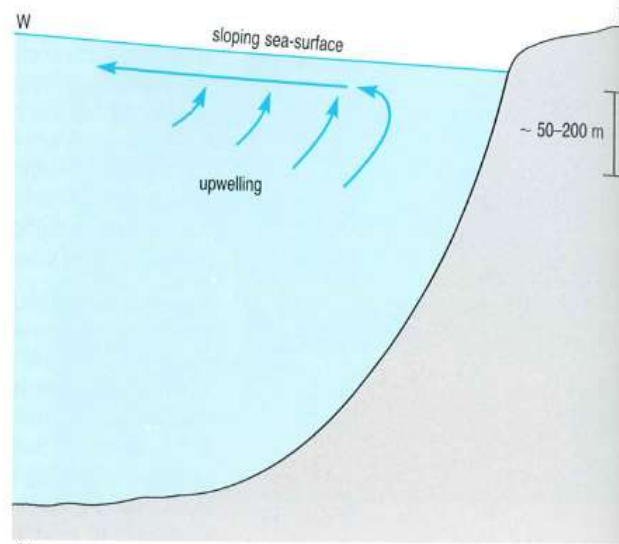


沿岸湧昇流

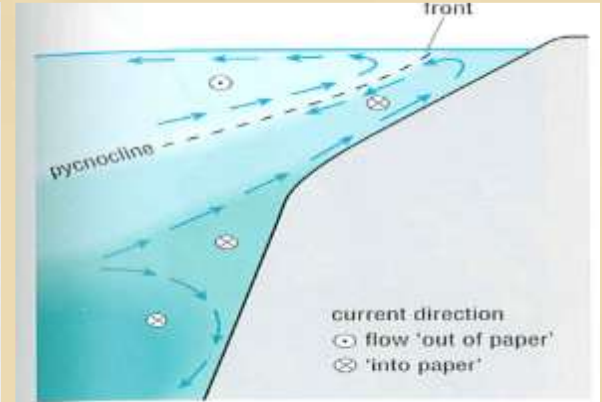
(岸に沿って風が吹くと、海水はどう運搬されるか？)



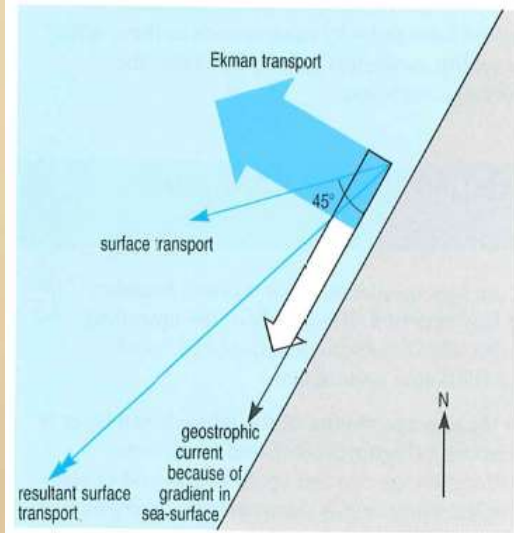
(a)



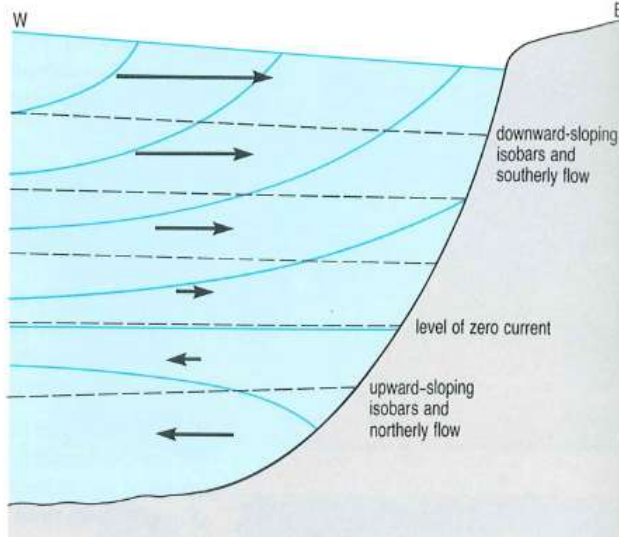
(b)



(a)



(c)

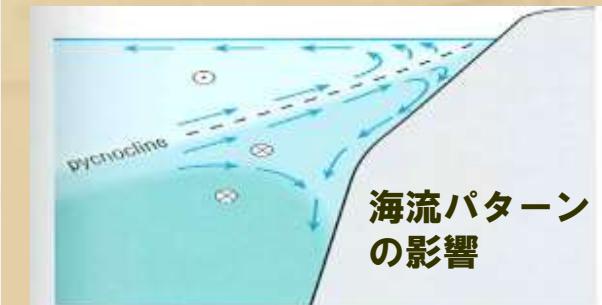


(d)



(b)

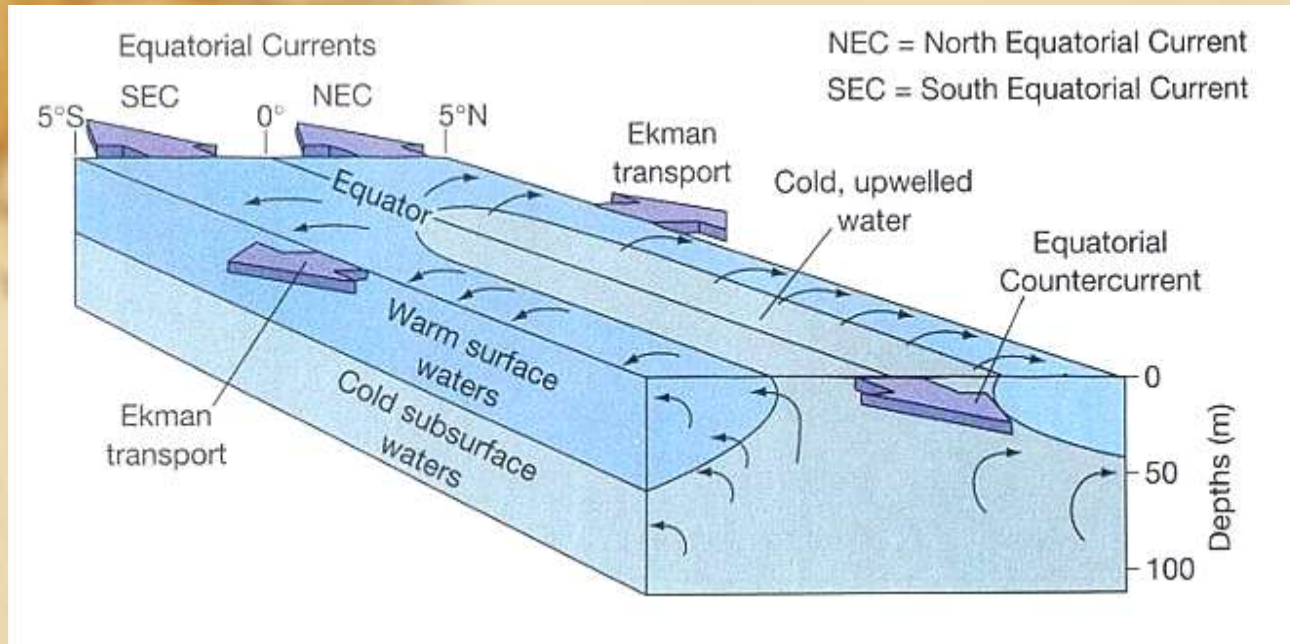
沿岸地形の影響



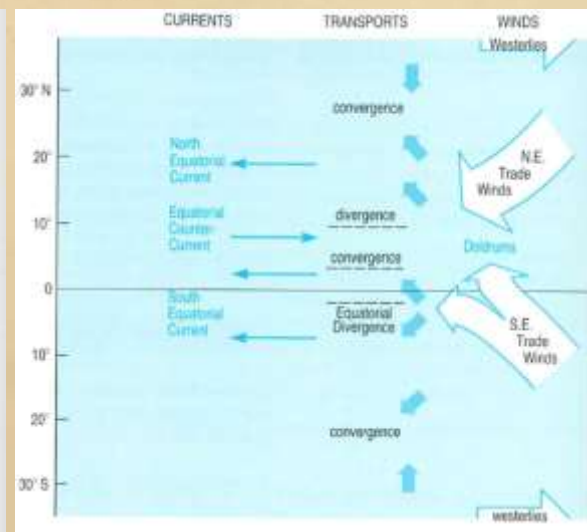
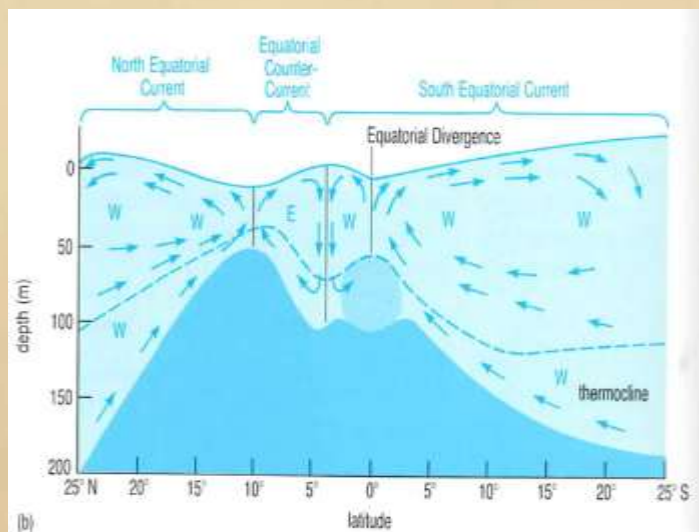
(c)

海流パターンの影響

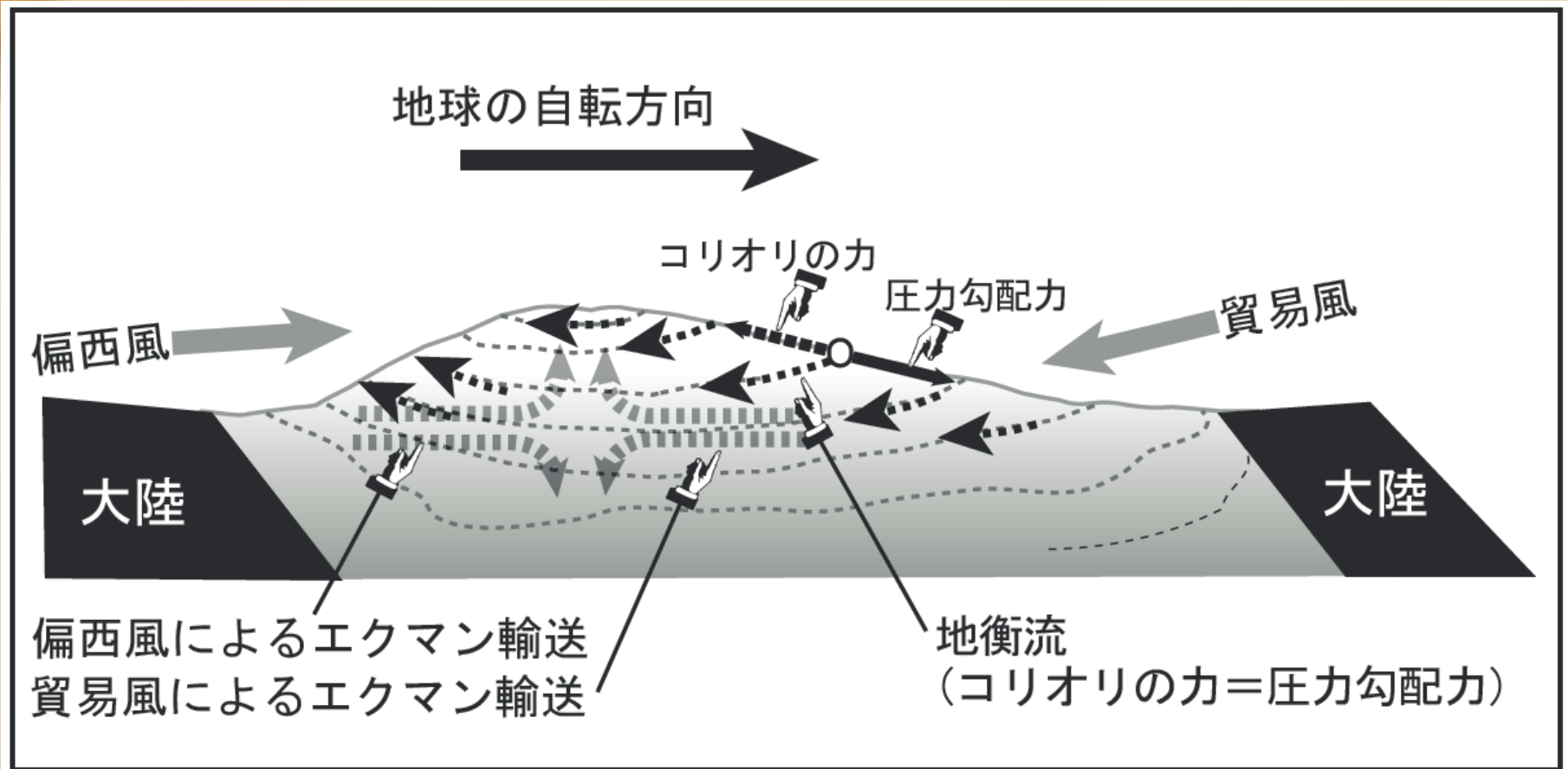
赤道湧昇流 (コリオリの力が逆向きに働く)



- 赤道を挟んでコリオリの力は逆向きに働く。そのため、境界部では異なった動きが生じる。赤道湧昇流と沿岸湧昇流はメカニズムが異なる。



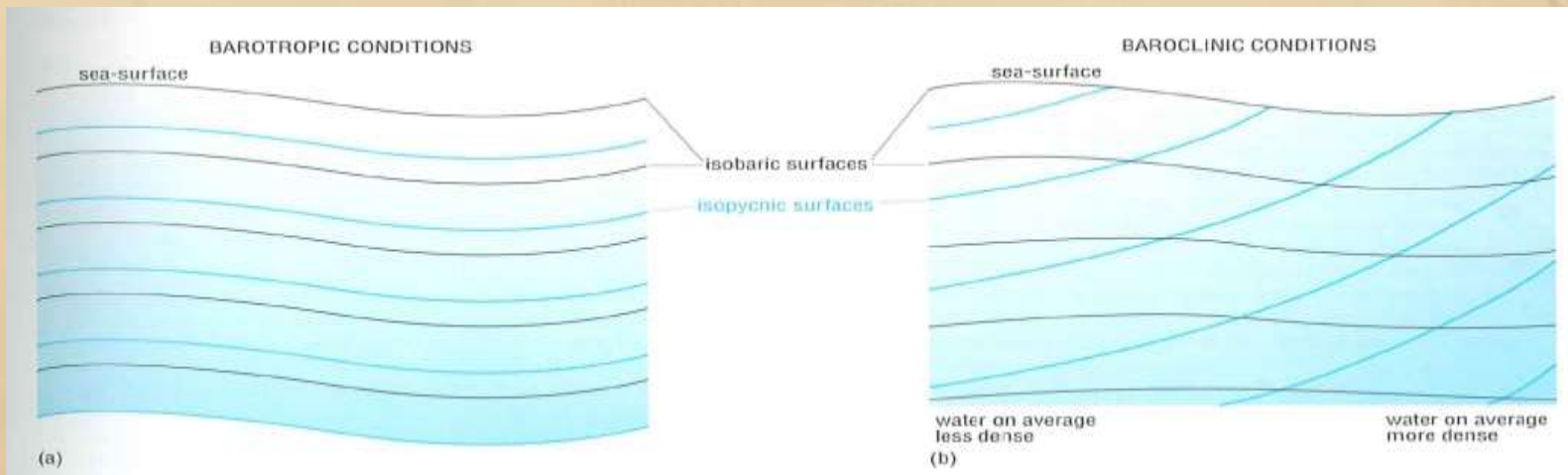
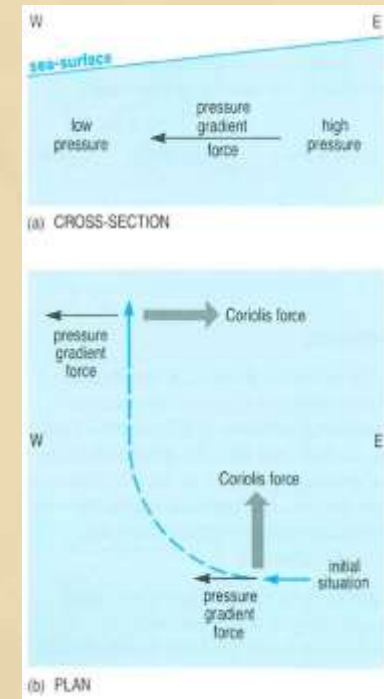
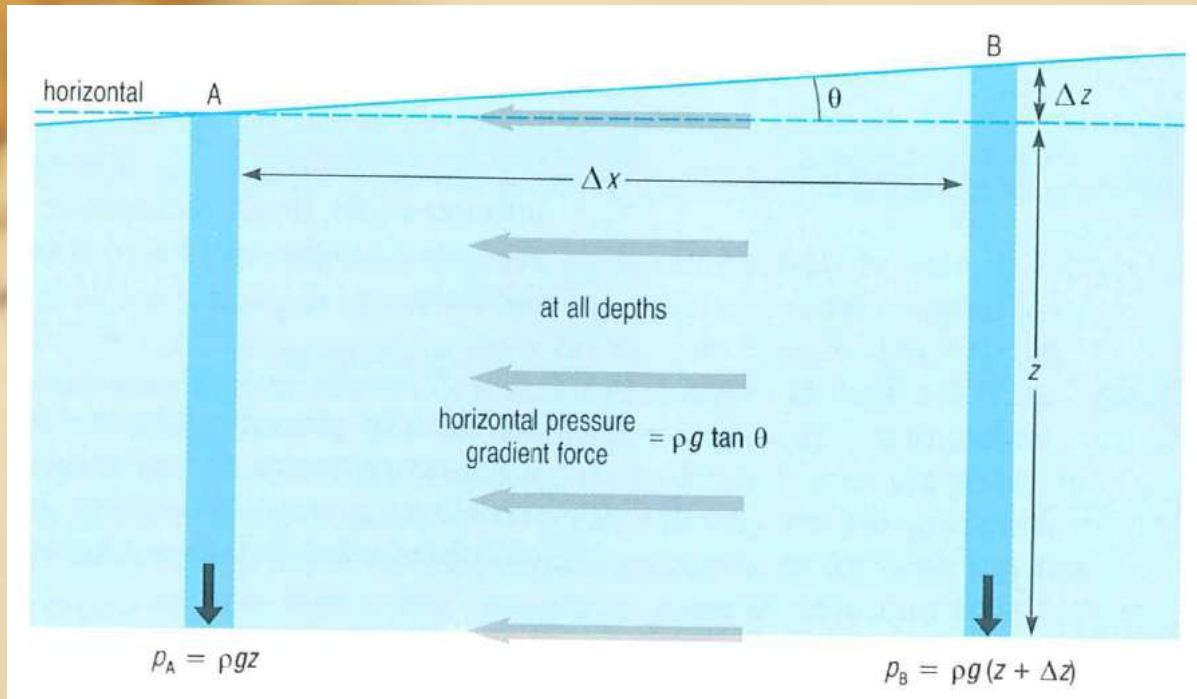
貿易風と偏西風そして大陸間に挟まれた領域が盛り上がることで海流が発生



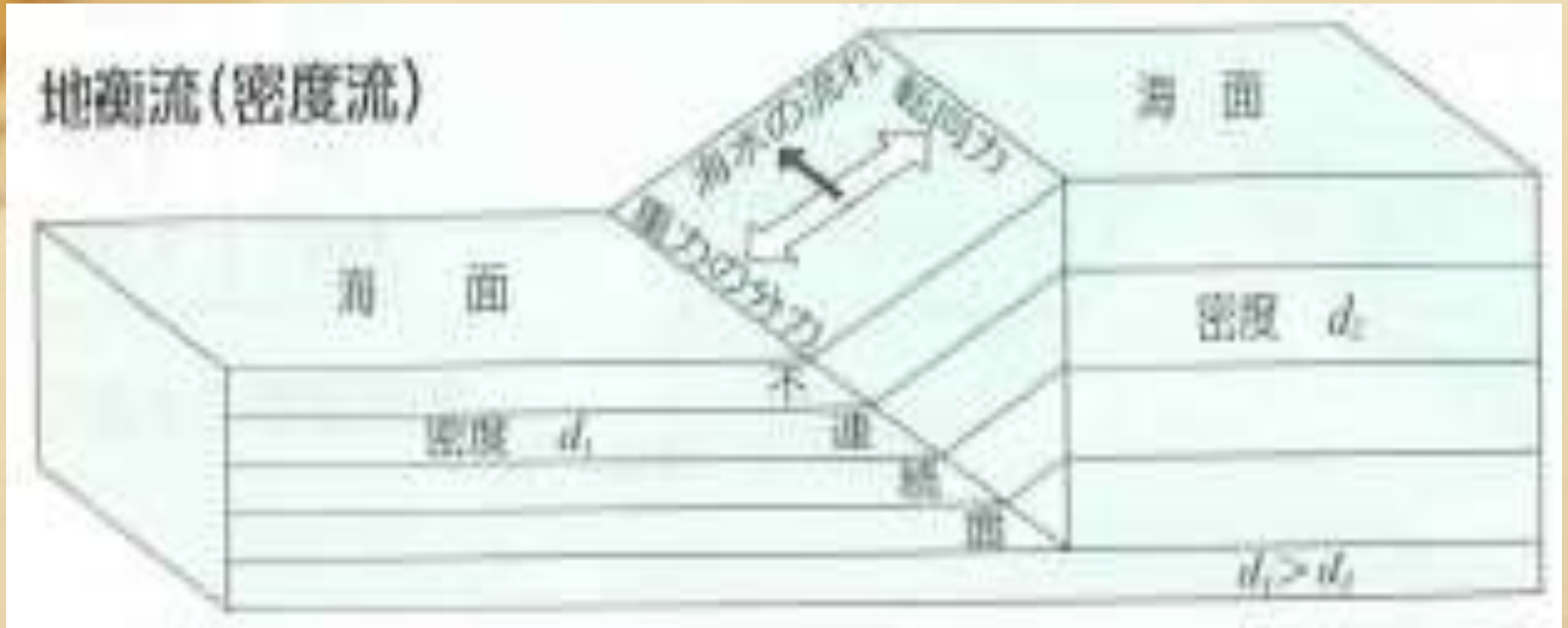
エックマン輸送によって風向きの手側（北半球の場合）に海水が運搬される。
貿易風と偏西風によって挟まれた地域は、両サイドから輸送されるため真中が盛り上がる。

はじめて学ぶ海洋学（図2-16、p53）

圧力勾配・密度勾配によって駆動する流れ



地衡流 (力が均衡に配分されて定常的な流れを作っている場合)



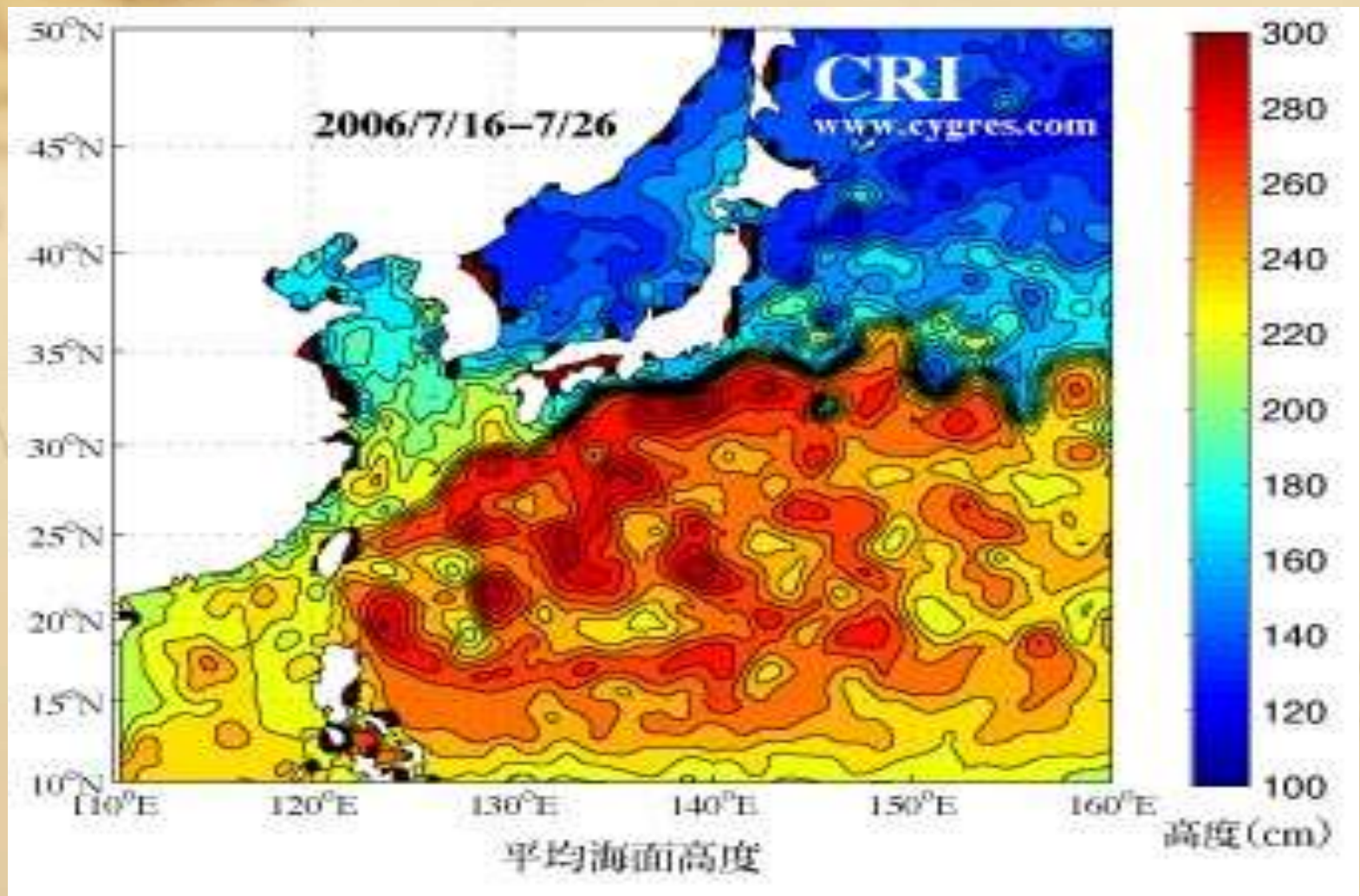
地衡流平衡 (geostrophic balance)

圧力勾配力とコリオリ力が釣り合っている状態

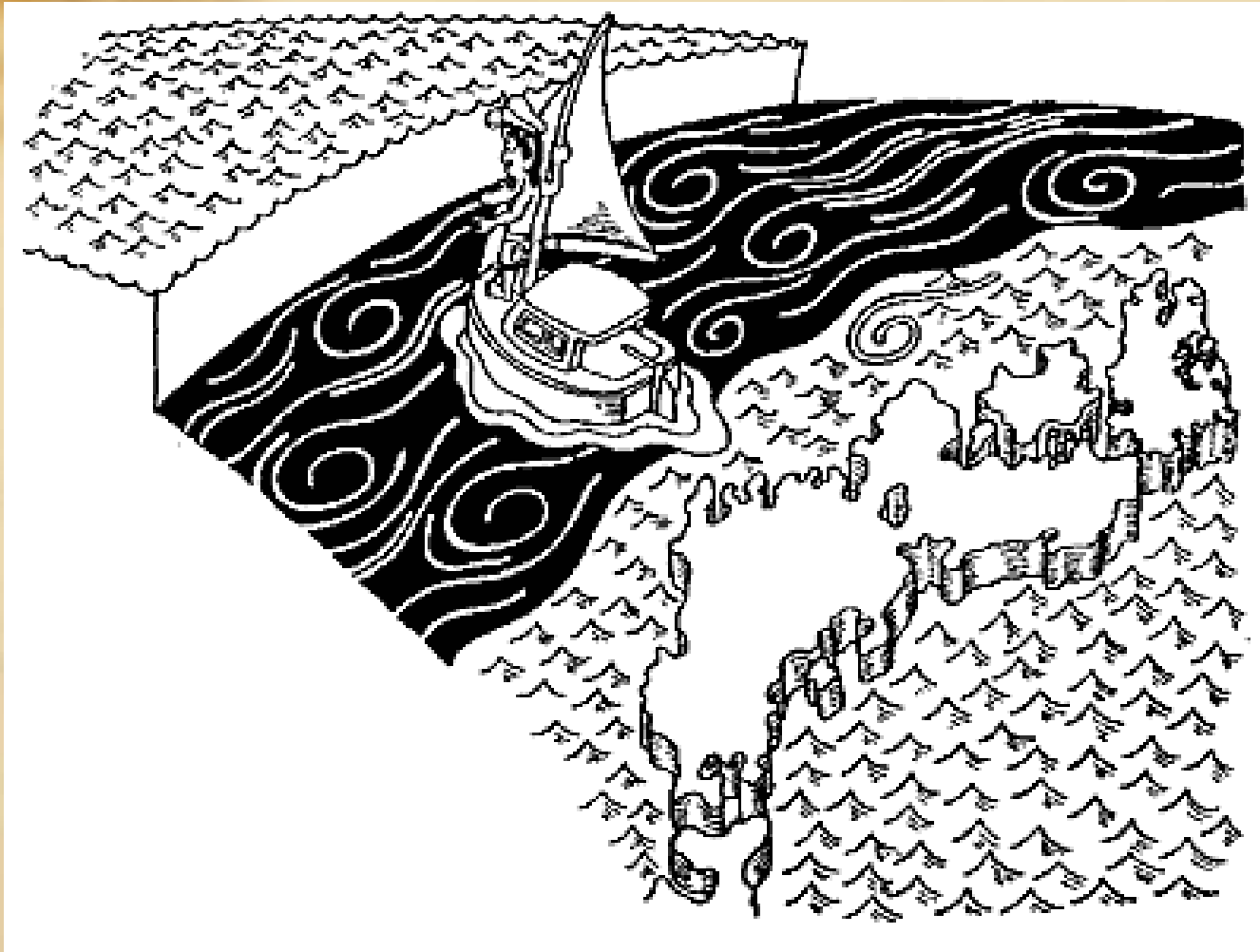
地衡流 (geostrophic current)

地衡流平衡の状態で流れている海流

人工衛星で見た平均海面高度分布

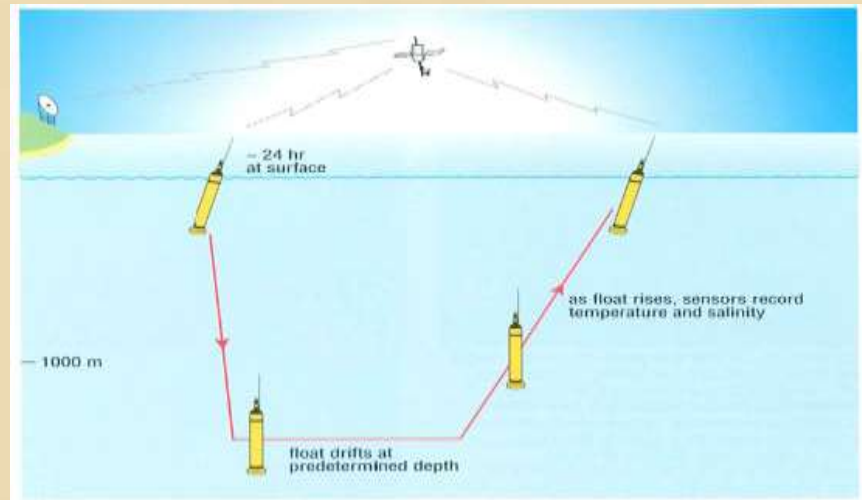


中央に集められた海水の山が海流を作る。

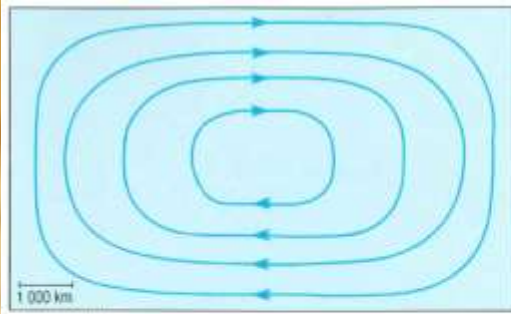


約2mの高低差が海流の原動力

海流を計る (ARGOブイ)

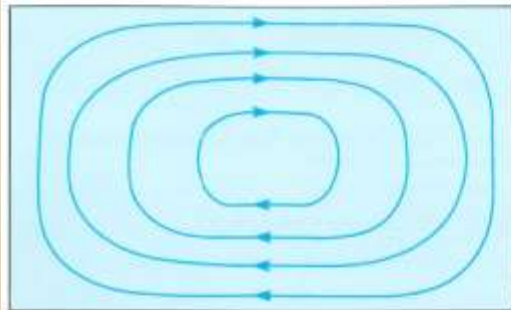
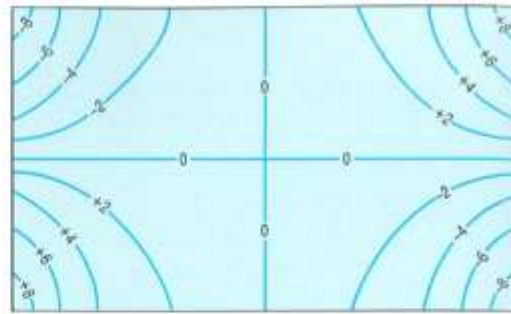


西岸境界流



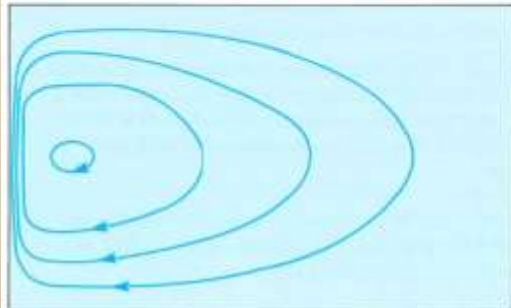
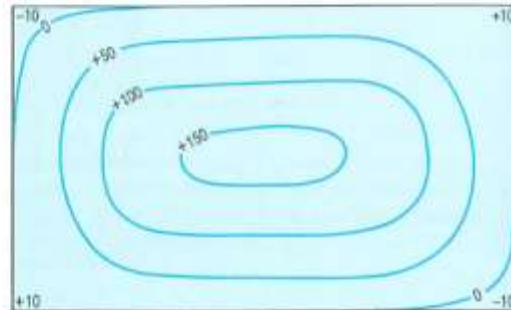
1 NO ROTATION

回転しないところの海流



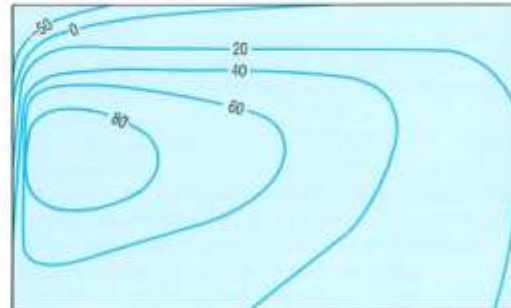
2 CORIOLIS FORCE CONSTANT

コリオリの効果だけの場合



3 CORIOLIS FORCE INCREASES LINEARLY WITH LATITUDE

β 効果を付け加えた場合



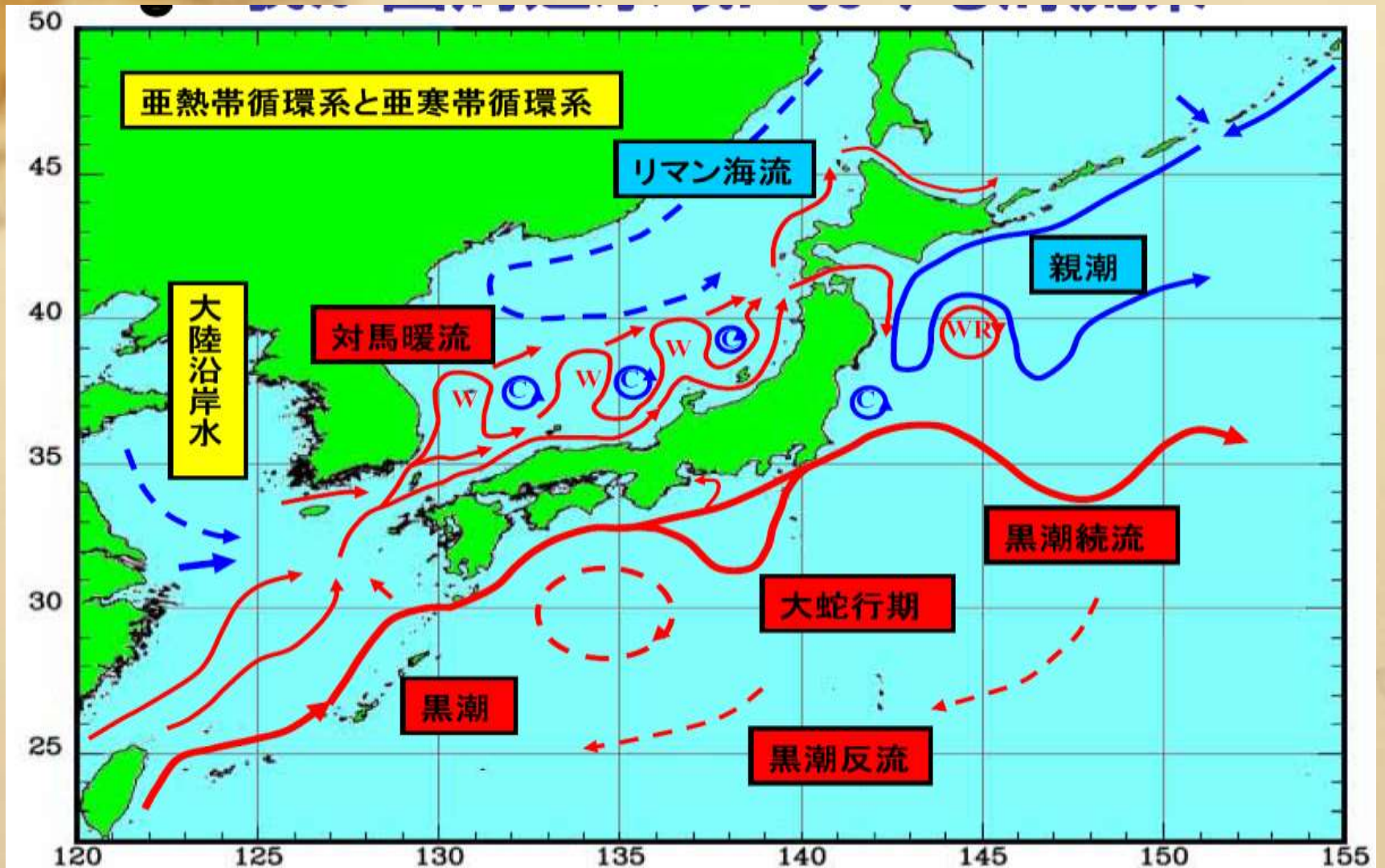
水面の高さ (cm)

エクマン、スベルドラップ、ストーンメルの研究を経て亜熱帯循環の西側の海流がスピードUPするか理解されてきた。

海洋の西の端で強い北上流が発生し、海洋の他の大部分では弱い南下流が形成される。この西側の北上流を西岸境界流(西岸強化流)と呼び、黒潮や湾流がこれに当たる。弱い南下流をスベルドラップ輸送という。風応力と、スベルドラップ輸送に伴う β 効果との力学平衡をスベルドラップ平衡と呼ぶ。

補足：ロスビー波は β 効果によって波が西に移動していく現象を言う。

日本沿岸域の海流



北赤道海流 → 黒潮(フィリピンの沖) → 黒潮続流(銚子沖)

黒潮海流と漁業資源(漁獲量)

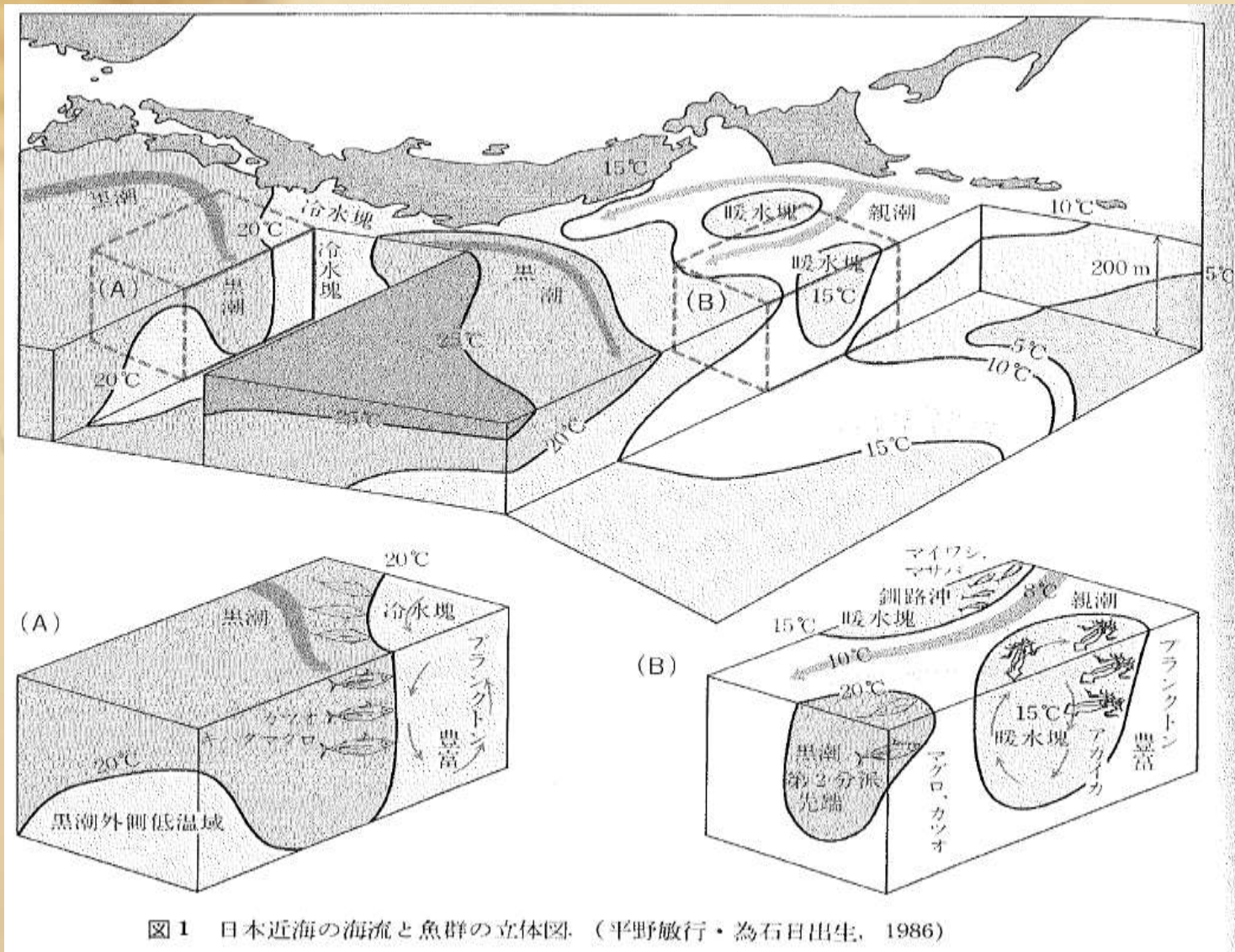
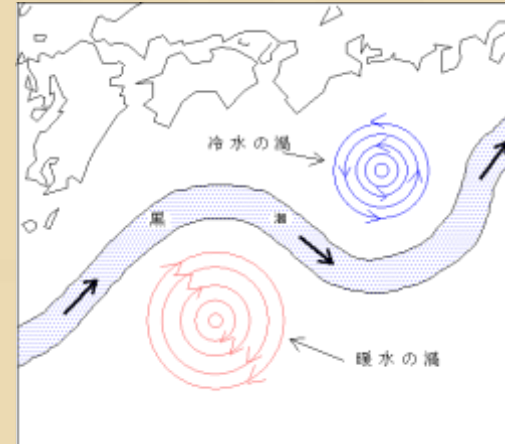
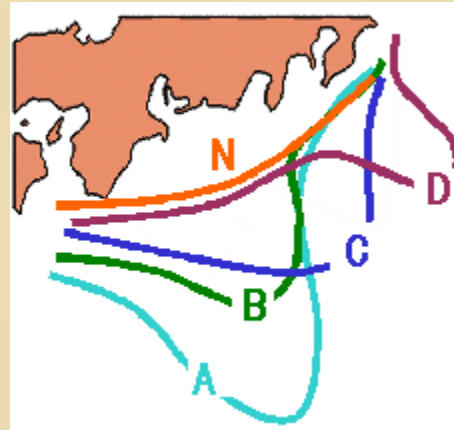
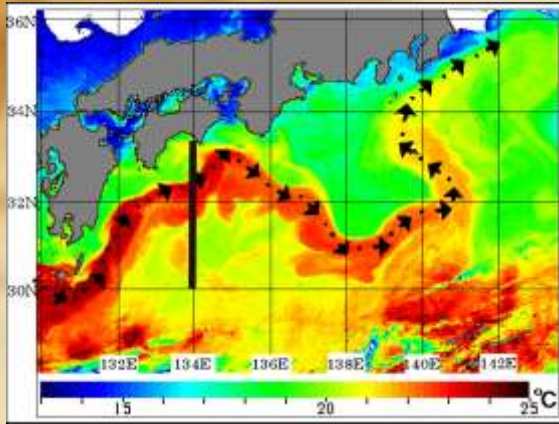


図1 日本近海の海流と魚群の立体図。(平野敏行・為石日出生, 1986)

黒潮の蛇行



大蛇行型 (A)

四国と伊豆海嶺（伊豆諸島を中心とした海底の高まり）の間で、黒潮が大きく南方に張り出すことがあります。この時、遠州灘に大きな冷水渦(約150km～200km)が現れます。これを黒潮の大蛇行と呼び、その状態は数ヶ月から数年の間継続します。黒潮の大蛇行をA型と呼びます。A型は特殊な現象というわけではなく、黒潮の安定した流路の一つです。

非大蛇行型： 大蛇行以外の型を"非大蛇行型"と呼びます。直進型と蛇行型とにわけられます。

直進型(N)： 黒潮が本州南岸に沿ってほぼ直進して流れる型を、直進型(N型)と呼びます。

蛇行型

B型:冷水渦が遠州灘に存在して、黒潮がその南側を迂回しているときB型と呼びます。蛇行は伊豆海嶺の西側に見られます。B型はA型ほど大きく蛇行していません。

C型:冷水渦が伊豆諸島の東西にまたがって存在して、黒潮がその南側を迂回しているときC型と呼びます。蛇行は伊豆海嶺の東西に見られます。

D型:冷水渦が伊豆諸島の東に存在して、黒潮がその南側を迂回しているときD型と呼びます。蛇行は伊豆海嶺の東側に見られます。

黒潮速報



第1図
海流図
Fig.1 Ocean Current

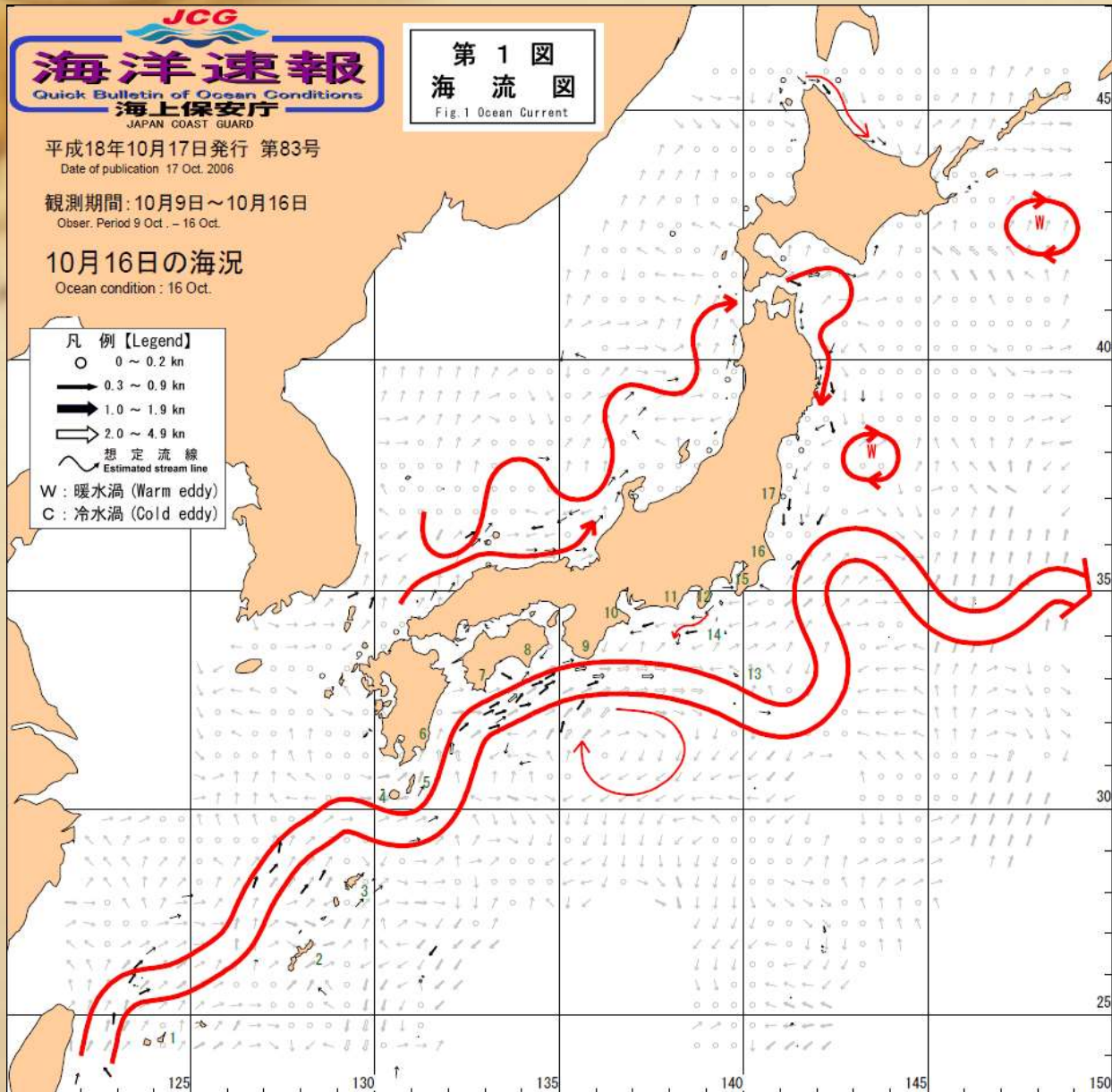
平成18年10月17日発行 第83号
Date of publication 17 Oct. 2006

観測期間: 10月9日~10月16日
Obsr. Period 9 Oct. - 16 Oct.

10月16日の海況
Ocean condition: 16 Oct.

凡例【Legend】

- 0 ~ 0.2 kn
- 0.3 ~ 0.9 kn
- 1.0 ~ 1.9 kn
- 2.0 ~ 4.9 kn
- 想定流線 (Estimated stream line)
- W: 暖水渦 (Warm eddy)
- C: 冷水渦 (Cold eddy)



黒潮本流 (Kuroshio Current)

地名 Place Name	流軸までの方向 Direction	流軸までの距離 Dist. (NM)	黒潮流域の表面水温 Surface Temp. (°C)
1 石垣島 (Ishigaki Shima)	N	90	28
2 沖縄島 (Okinawa Shima)	NW	95	27
3 奄美大島 (Amami-O Shima)	NW	90	27
4 屋久島 (Yaku Shima)	WSW	60	27
5 種子島 (Tane ga Shima)	S	45	27
6 都井岬 (Toi Misaki)	E	45	27
7 足摺岬 (Ashizuri Misaki)	SSE	25	26
8 室戸岬 (Muroto Saki)	SSE	35	26
9 潮岬 (Shio-no-Misaki)	S	20	26
10 大王埼 (Daio Saki)	S	65	25
11 御前埼 (Omae Saki)	S	90	25
12 石廊埼 (Iro Saki)	S	100	25
13 八丈島 (Hachijo Shima)	SE	85	26
14 三宅島 (Miyake Shima)	ESE	145	26
15 野島埼 (Nojima Saki)	ESE	105	25
16 犬吠埼 (Inubo Saki)	SE	55	25
17 塩屋埼 (Shioya Saki)	ESE	115	24

【海洋速報に対する問い合わせ】
海上保安庁 海洋情報部 海洋情報課 「海の相談室」
【Inquiry concerning Quick Bulletin of Ocean Conditions】
Marine Information Service Office,
Oceanographic Data and Information Division,
J.H.O.D. J.C.G.
Tel: 03 - 3541-4296
E-mail: consult@jodc.go.jp
URL: http://www1.kaiho.mlit.go.jp/

黒潮予想図

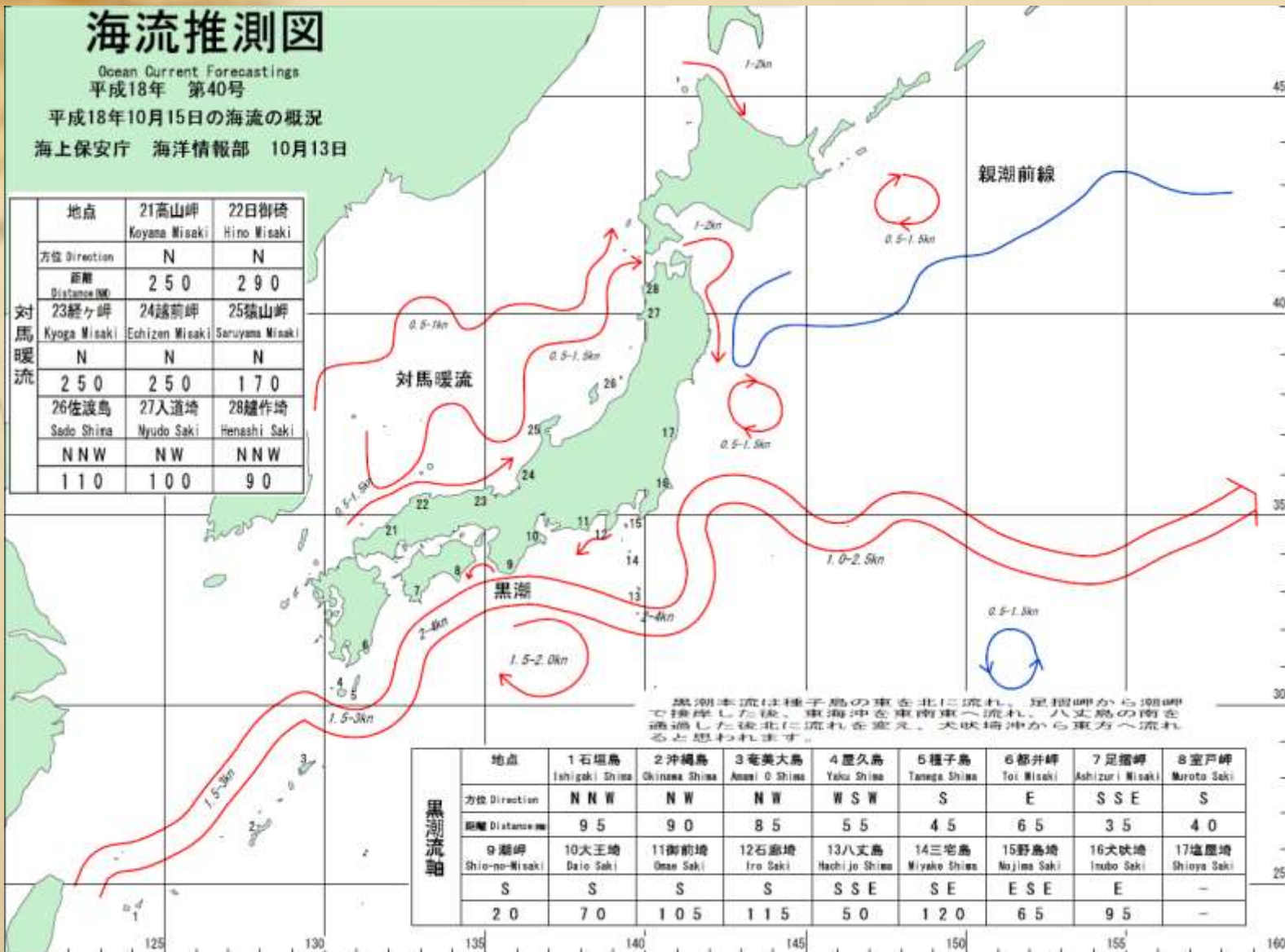
海流推測図

Ocean Current Forecastings
平成18年 第40号

平成18年10月15日の海流の概況

海上保安庁 海洋情報部 10月13日

対馬暖流	地点	21高山岬 Koyana Misaki	22日御碕 Hino Misaki	
	方位 Direction	N	N	
	距離 Distance(km)	250	290	
	23経ヶ岬 Kyoga Misaki	24越前岬 Echizen Misaki	25猿山岬 Saruyama Misaki	
	方位 Direction	N	N	N
	距離 Distance(km)	250	250	170
	26佐渡島 Sado Shima	27入道埼 Nyudo Saki	28雄作埼 Henashi Saki	
	方位 Direction	NNW	NW	NNW
	距離 Distance(km)	110	100	90



黒潮主流は種子島の東を北に流れ、足摺岬から潮岬で接岸した後、東海沖を東南東へ流れ、八丈島の南を通過した後北に流れを変え、犬吠埼沖から東方へ流れると思われます。

黒潮流軸	地点	1石垣島 Ishigaki Shima	2沖繩島 Okinawa Shima	3奄美大島 Amami O Shima	4屋久島 Yaku Shima	5種子島 Tanaga Shima	6都井岬 Toi Misaki	7足摺岬 Ashizuri Misaki	8室戸岬 Muroto Saki
	方位 Direction	NNW	NW	NW	WSW	S	E	SSE	S
	距離 Distance(km)	95	90	85	55	45	65	35	40
	9潮岬 Shio-no-Misaki	10大王埼 Daio Saki	11御前埼 Onae Saki	12石廊埼 Iro Saki	13八丈島 Hachijo Shima	14三宅島 Miyake Shima	15野島埼 Najima Saki	16犬吠埼 Inubo Saki	17塩屋埼 Shiroya Saki
	方位 Direction	S	S	S	SSE	SE	ESE	E	-
	距離 Distance(km)	20	70	105	115	50	120	65	95

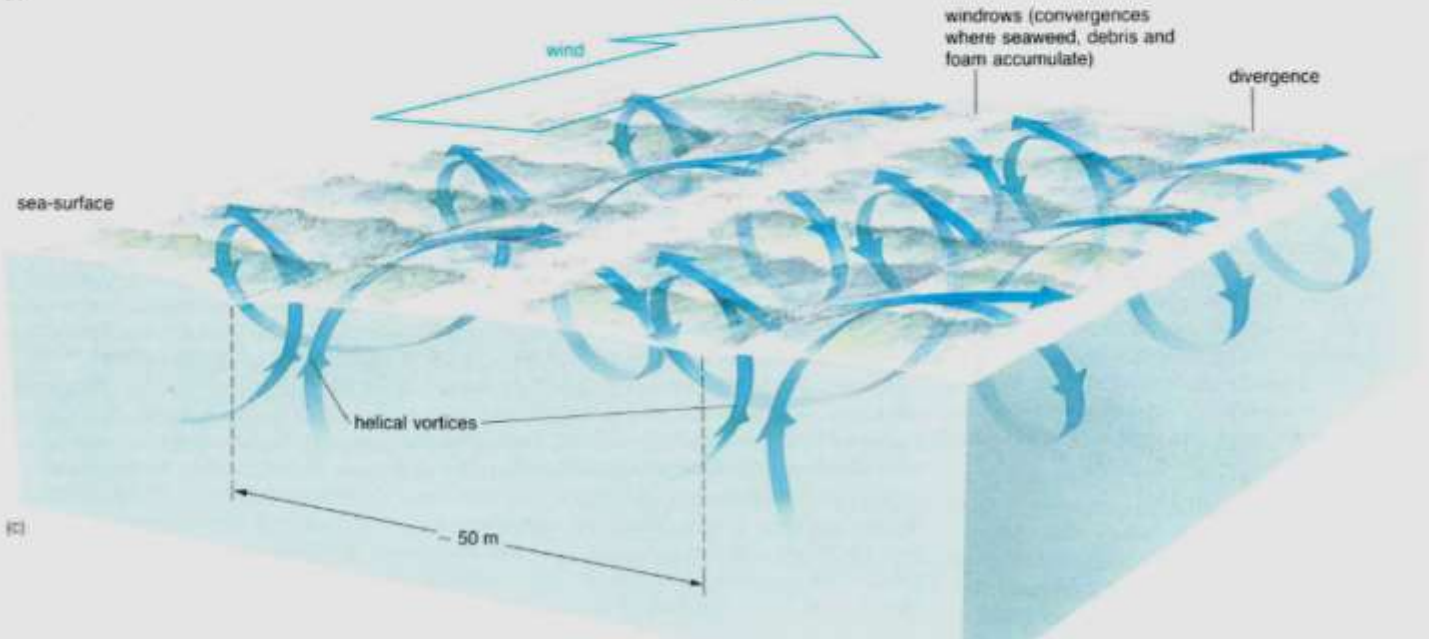
潮目 (風によって作り出される潮目と密度の違う物質の境界線にできる潮目)



(a)



(b)



(c)

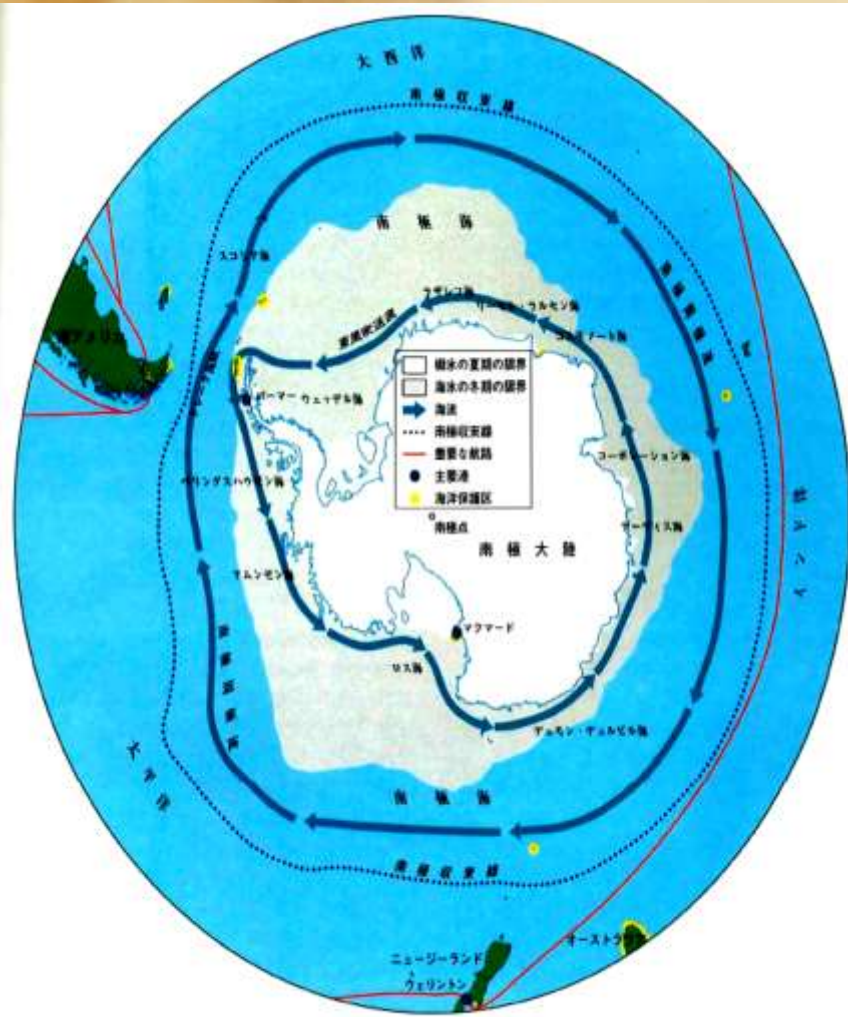
北極海



グリーンランドとスカンジナビア半島の間では、海水は北極海から出たり入ったりして、大西洋のそれと混じり合う。北大西洋海流 (North Atlantic Drift Current) の暖水が大西洋を北上してノルウェー海流 (Norwegian Current) になる。ノルウェーの西岸の大部分と、北極圏内の北岸さえもが、一年中凍結を免れるのは、このノルウェー海流の暖水のお蔭^{かげ}である。

片や、北極海から流れ出る寒流——グリーンランド海流 (Greenland Current) は南下して、グリーンランドの東岸沿いの海を、夏の短い一時期を除き、一年中海氷で覆ってしまう。

南極の海流



南極大陸の周りを回っている海流 (current) には2つあるが、回る方向が互いに逆向きである。東風吹送流 (East Wind Drift) は南極大陸の近くを東から西へ時計の針と反対に流れ、その外側を、南極周極流 (Antarctic Circumpolar Current) が西から東へ向かう。この南極周極流は、陸地に妨げられることなく世界を一周する海流として唯一のものであるが、それはまた、地球で最も水量の豊富な海流で、世界中の河川の水量を全部合計したものの100倍もの水を運んでいる。

大西洋の海流

