

海面フラックスと熱収支

大気・海洋における熱フラックスの
大きさや時間スケールの
“常識”を身に付けよう！

今週のポイント

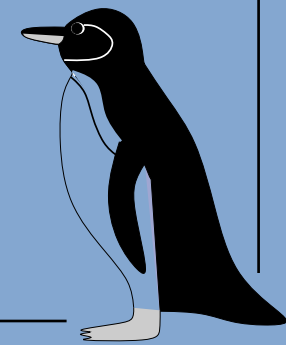
- ◆ 海面水温(Sea Surface Temperature, SST)の分布
- ◆ 海面における熱収支と熱輸送との関係(どの程度の大きさか)
- ◆ 熱容量と応答時間(どの程度の時間スケールか)

今週のレポート問題

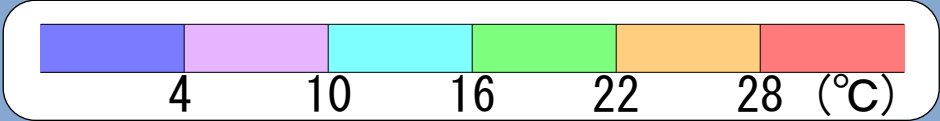
- 30Nより低緯度の海洋が平均 $15\text{W}/\text{m}^2$ だけ大気から熱を吸収し、定常状態を保つためには、30Nでどの程度熱輸送をしていなければならないか？
- 日本近海や北アメリカ東海岸沖では、海面から熱が 1m^2 あたりどの程度放出されているか？図から読み取れ。また、総量でだいたいどの程度になるか？

参考文献(教科書)

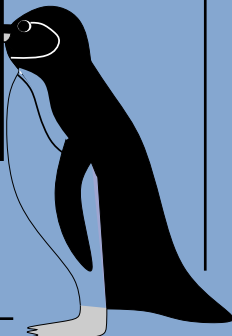
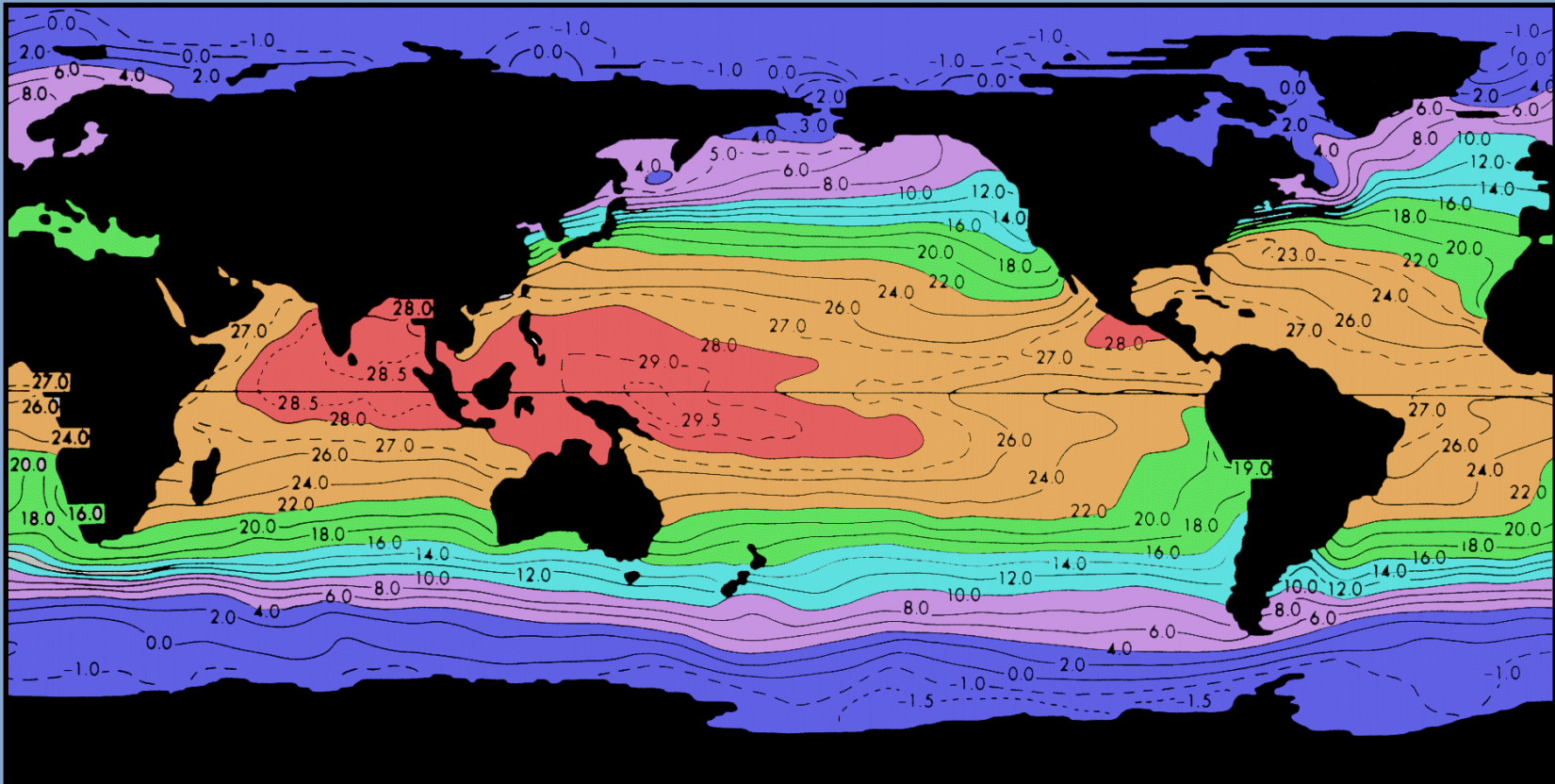
- G.L. Pickard & W.J. Emery “Descriptive Physical Oceanography”(海洋の地誌)
A.E.Gill “Atmosphere-Ocean Dynamics”(海洋力学)



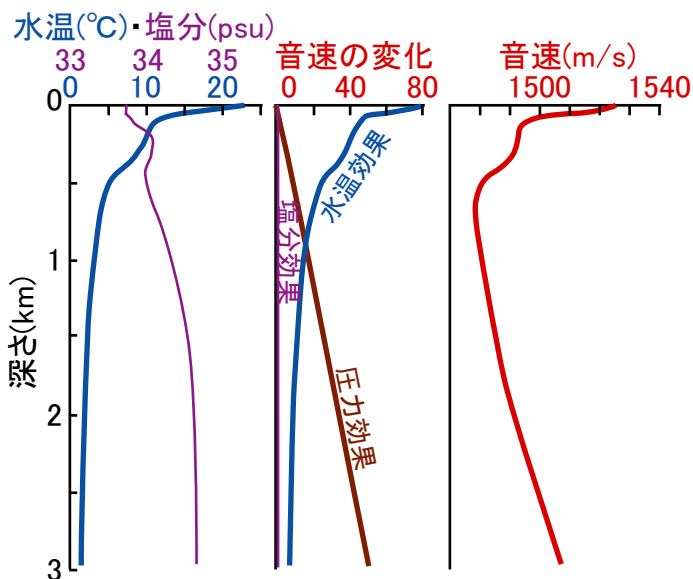
海面における水温 (Sea Surface Temperature, SST)



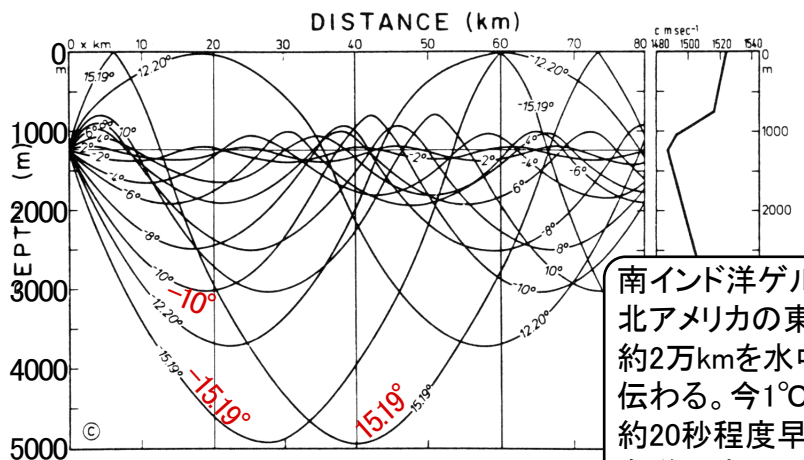
[年平均]



音波の典型的な鉛直分布



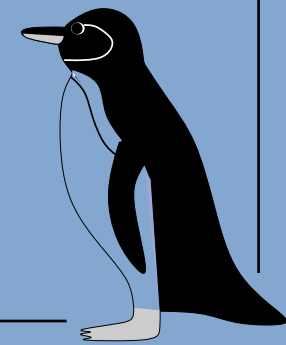
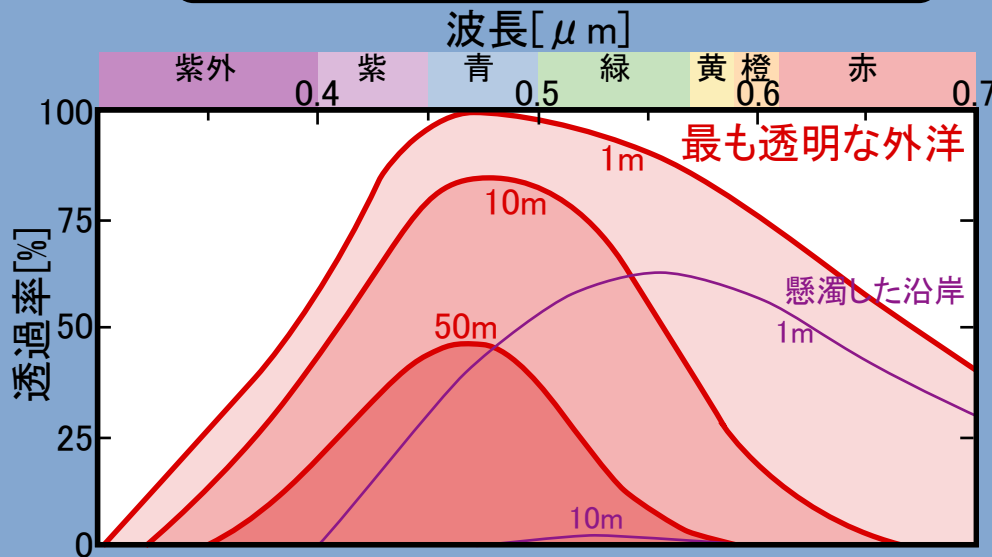
導波管のように音が遠くへ伝わる



南インド洋ゲルゲデン島から発した音は北アメリカの東海岸・西海岸に届く。約2万kmを水中音速1.4km/sで約4時間で伝わる。今1°C水温が上昇したとすると、約20秒程度早く伝わることを利用して、海洋の水温上昇の検出に利用するアイデアがある。

海水中に入射した光の透過率

1mでの減衰率	1/e深度	1%深度
10%	0.4m	2m
20%	0.6m	3m
30%	0.8m	4m
40%	1.1m	5m
50%	1.4m	7m
60%	2.0m	9m
70%	2.8m	16m
80%	4.5m	21m
90%	9.5m	44m

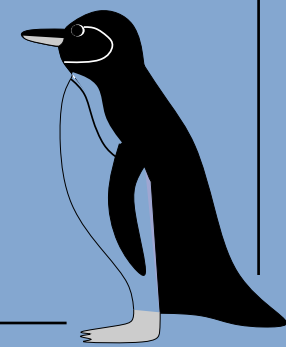
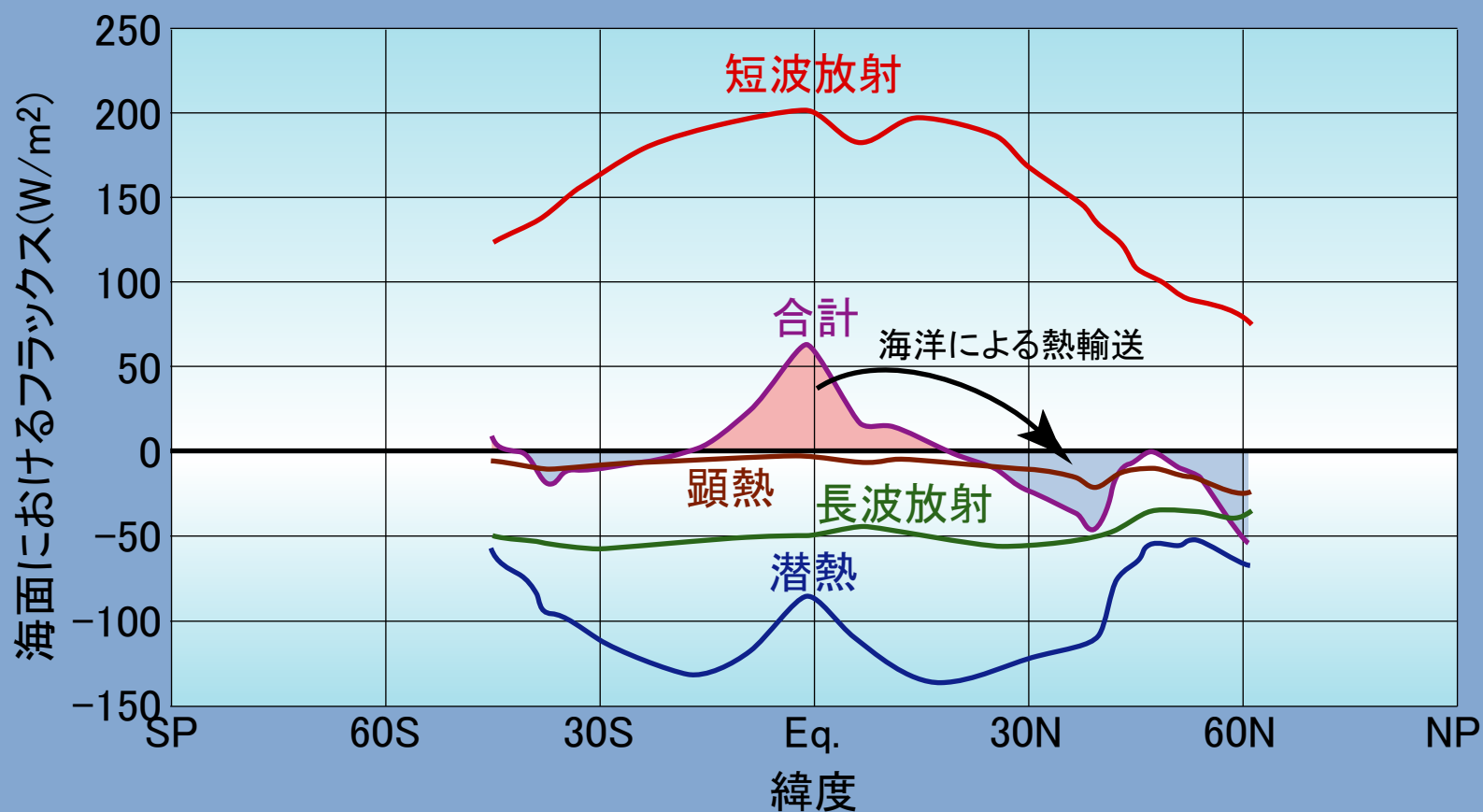


海面における熱収支

短波放射 - (長波放射 + 顕熱 + 潜熱) = 合計 (海洋による熱輸送の発散)

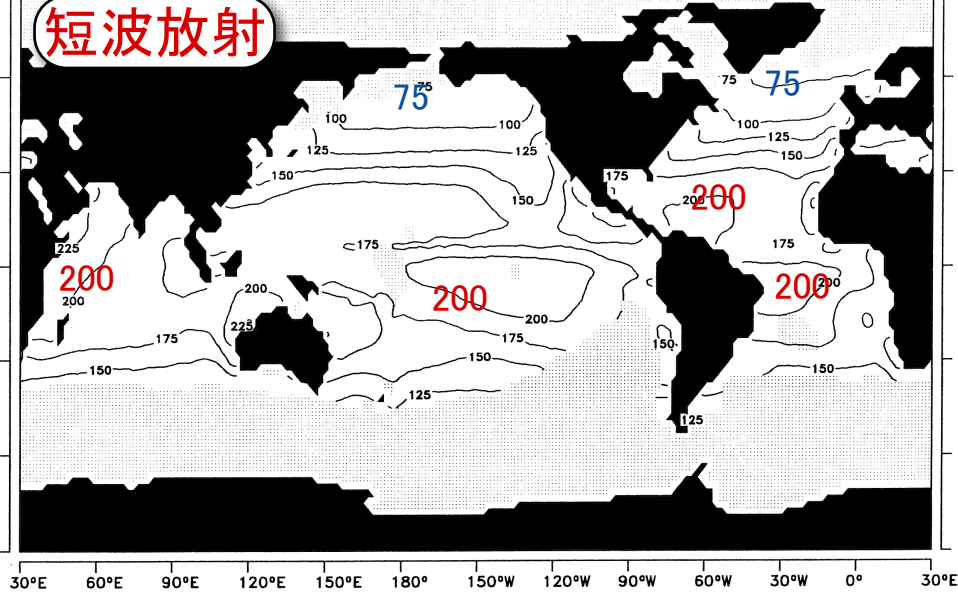
顕熱 = 定圧比熱 × 空気密度 × バルク係数 × 風速 × (海上気温 - 海面水温)

潜熱 = 気化熱 × 空気密度 × バルク係数 × 風速 × (大気比湿 - 飽和比湿)

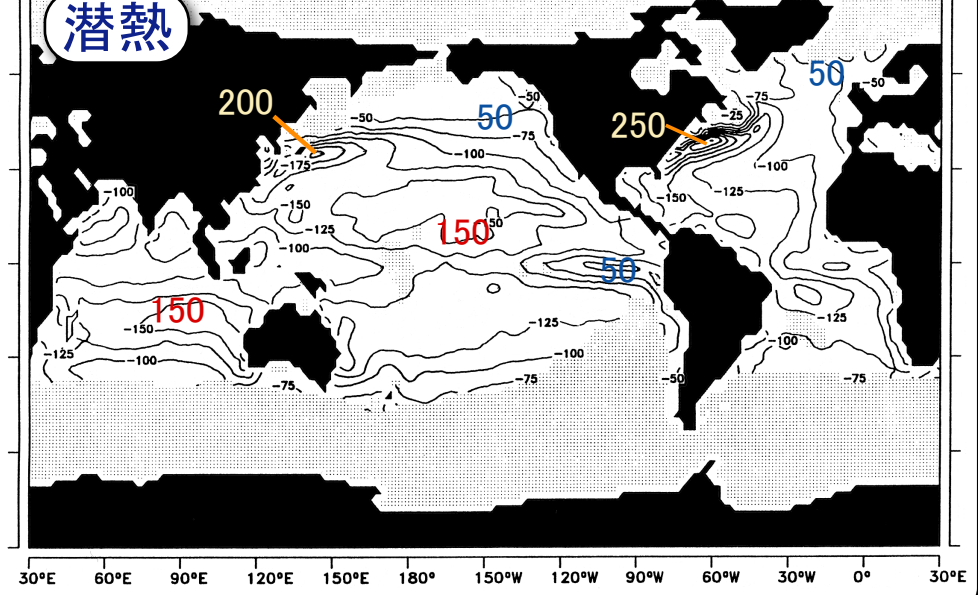


海面における年平均した大気-海洋間の熱フラックス [Oberhuber, 1988]

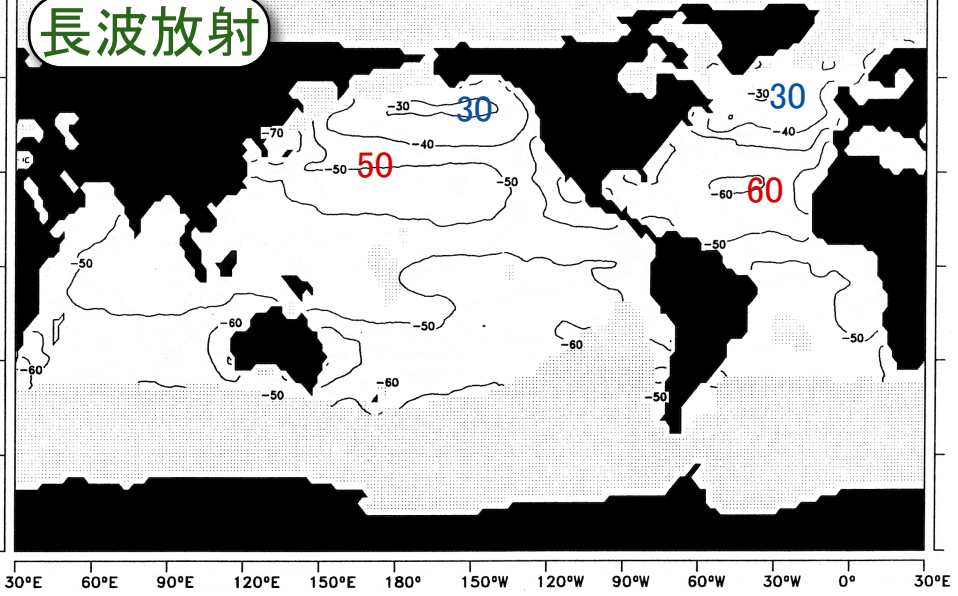
短波放射



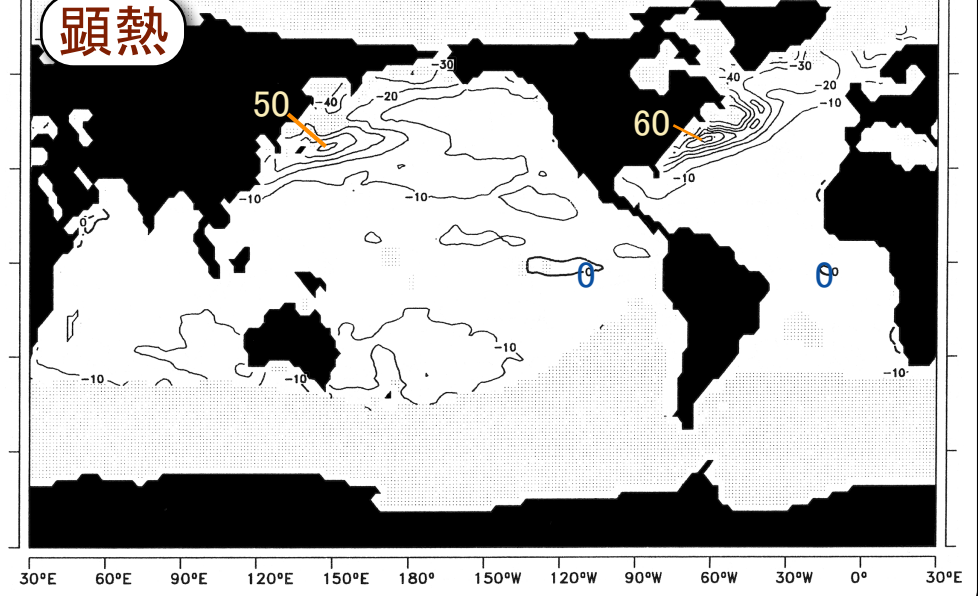
潜熱



長波放射



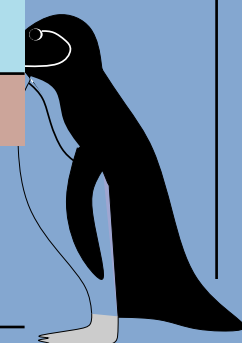
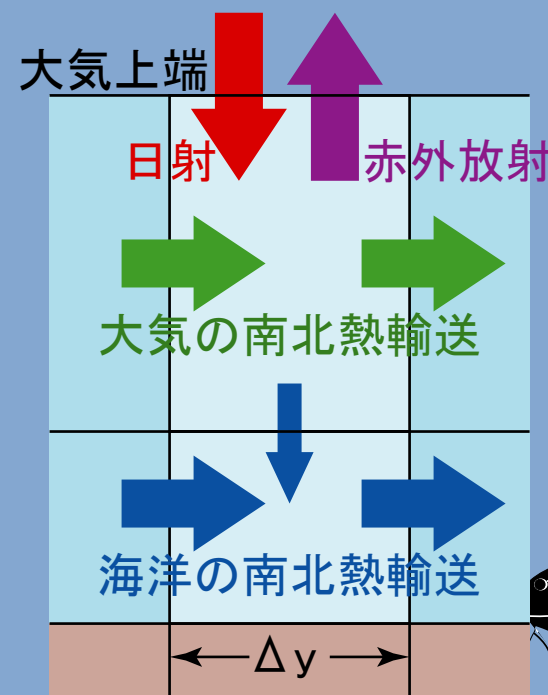
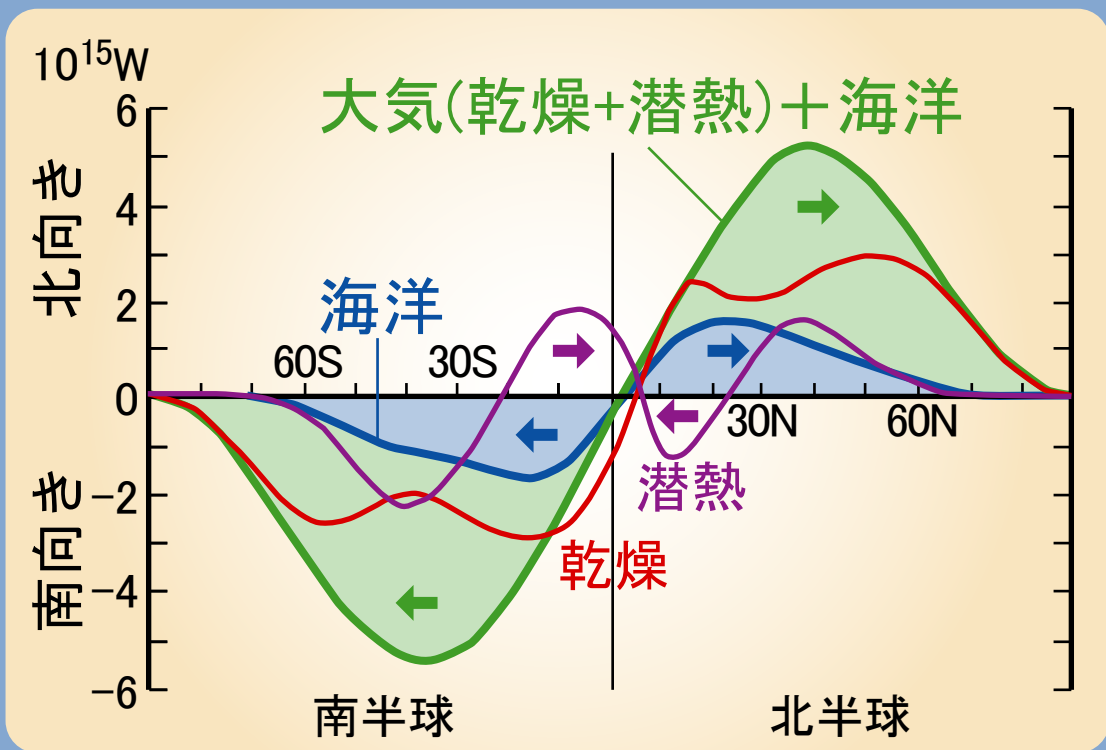
顕熱



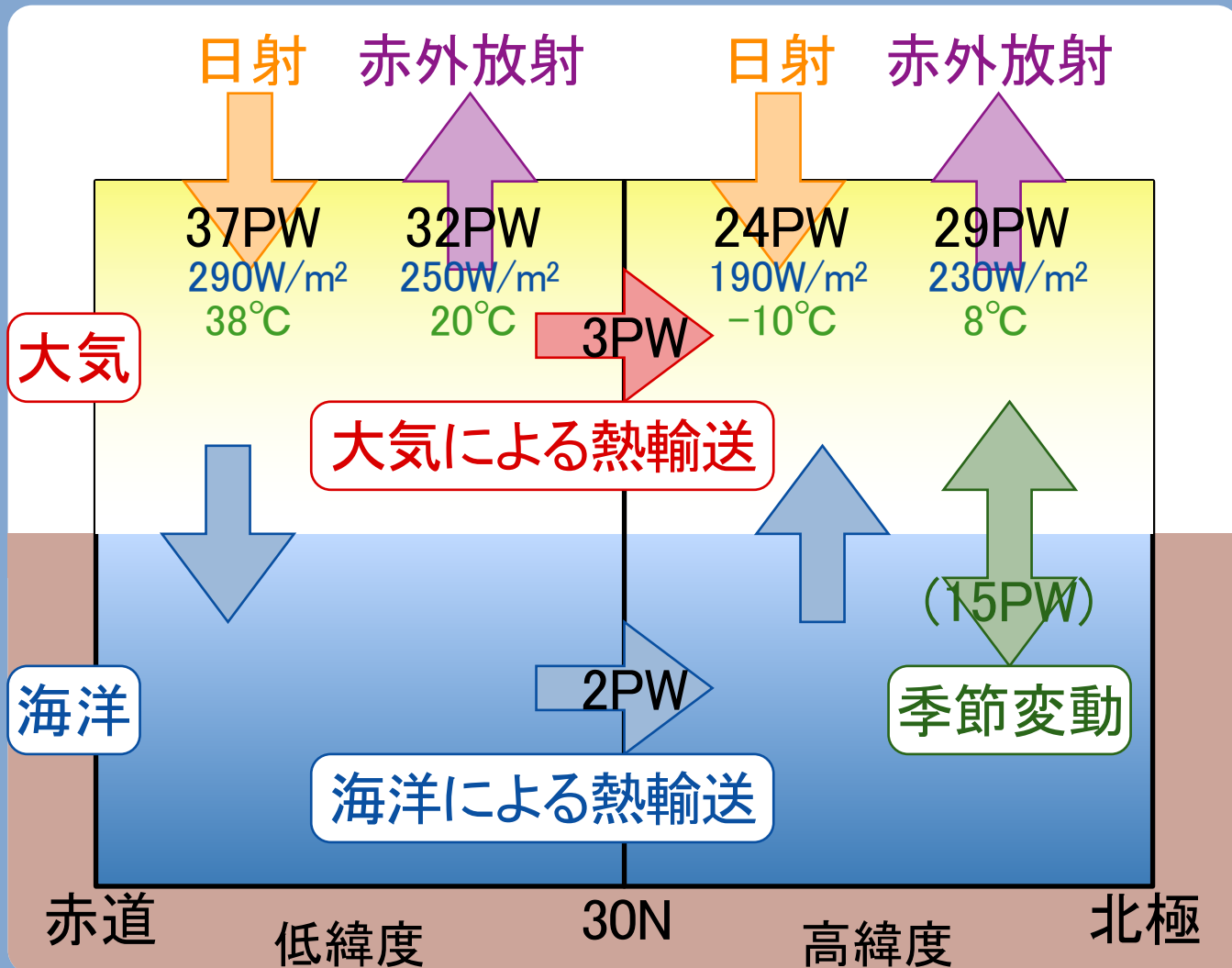
大気および海洋による南北熱輸送

$$\text{平均熱容量} \frac{\partial(\text{平均温度})}{\partial t} = \frac{\partial(\text{南北熱輸送})/x}{\partial y} + (\text{日射}-\text{赤外放射})$$

x = 東西幅



4ボックス間の熱輸送 (年平均)



単位面積あたりのフラックスとフラックスとの関係

$$1PW = 1 \times 10^{15}W = 8W/m^2$$

全球面積(5.1x10¹⁴m²)の1/4を仮定

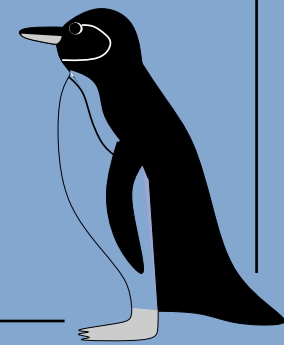
赤外放射をA+BTとして求めた温度(地表面温度との経験的關係)

$$A = 210 W/m^2$$

$$B = 2.1 W/m^2K$$

70%を海が占め水深50mが3ヶ月変化するとすると

$$15PW = 6K$$



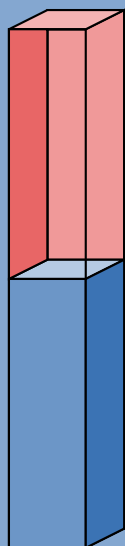
大気、海洋と陸面の熱容量

水と空気の特徴

水 $1\text{cm}^3 = 1\text{g} = 4.2\text{J}/^\circ\text{C}$

空気 $1\text{g} = 1.0\text{J}/^\circ\text{C}$

1m^2 柱で考えると覚えやすい



		厚さ	質量 (水に換算)	熱容量 (水に換算)	応答時間
大気	全体	8km	10m	24m	60日
	境界層	1km	1m	0.2m	6日
海洋	表層	50m	50m	50m	~3年
	全体	3700m	2600m	2600m	~200年
陸面	日変化	5cm	15cm	2.5cm	0.6日
	季節変化	3m	5m	1.5m	40日

(参考:
海洋循環2000年)

応答時間

$$C \frac{dT}{dt} = -BT \quad \longrightarrow \quad T(t) = T_0 \exp(-t/\tau)$$

$T(t=0) = T_0$ $\tau = C/B$: 応答時間

B : 熱伝達効率を度合いをあらわす

大気の典型的値として $2.1\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ を用いて対応時間を計算

