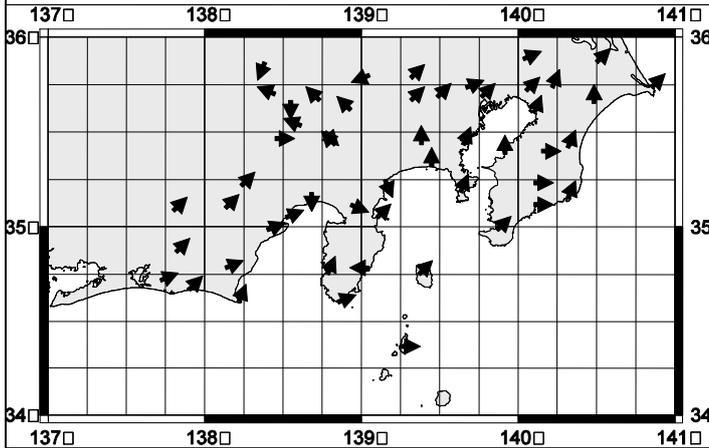
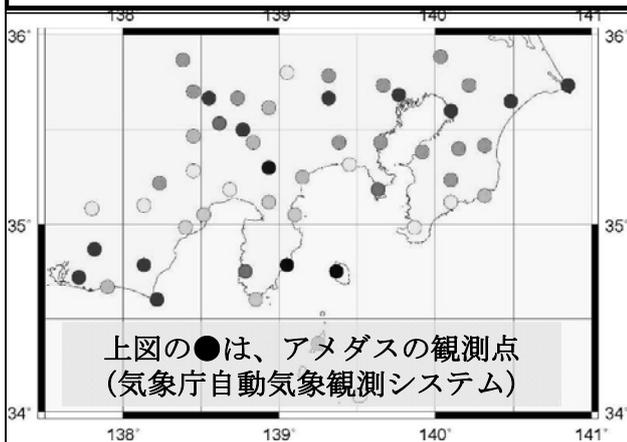
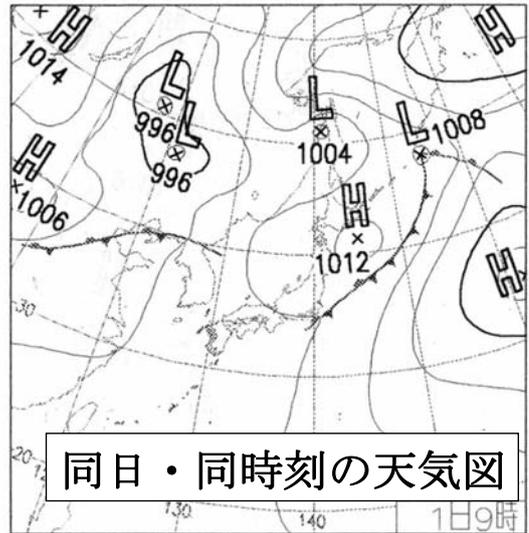


海の天気を調べる



洋上での気象観測を
実体験してみよう！



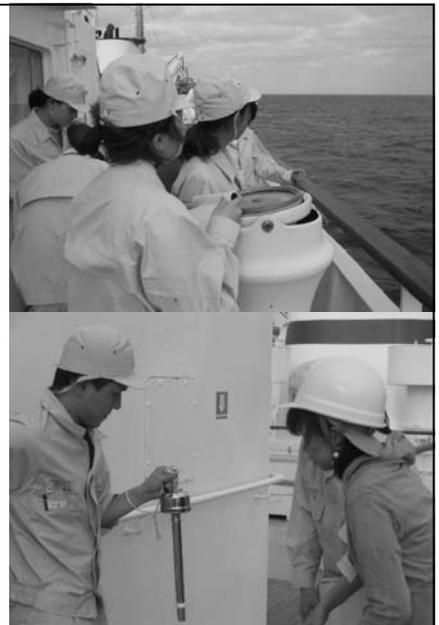
海の天気を調べる

観測項目

雲量・雲形
風浪・うねり → 実際に自分たちの目で観測
(目視観測)

気圧 → 海面気圧に補正
風向・風速 → 真風向・風速の平均 → 船橋にて観測
日射量 → 熱収支に影響

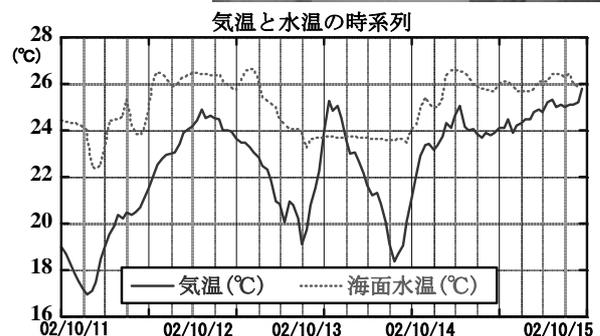
乾球温度 → 湿度 → アスマン乾湿温度計を使用
湿球温度



時系列のプロット
(横軸：日時)

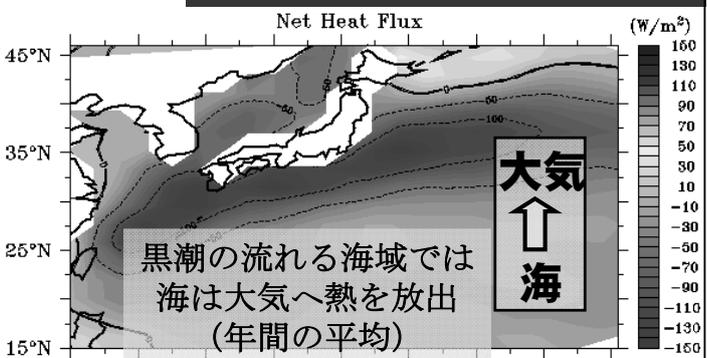
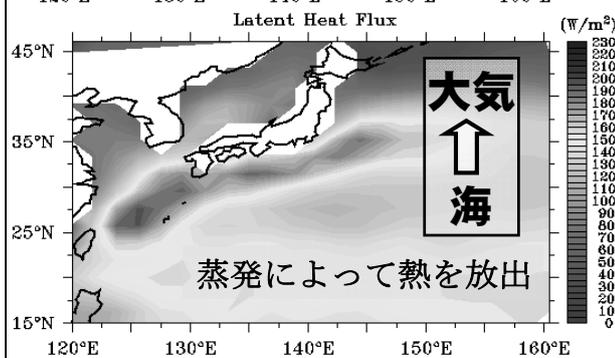
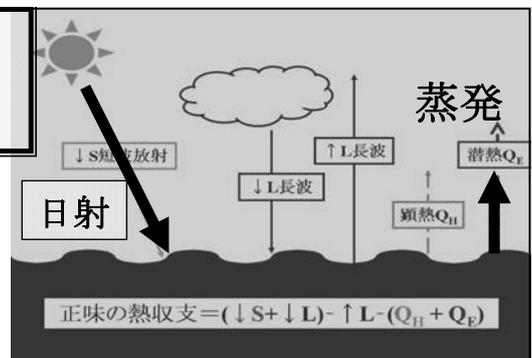
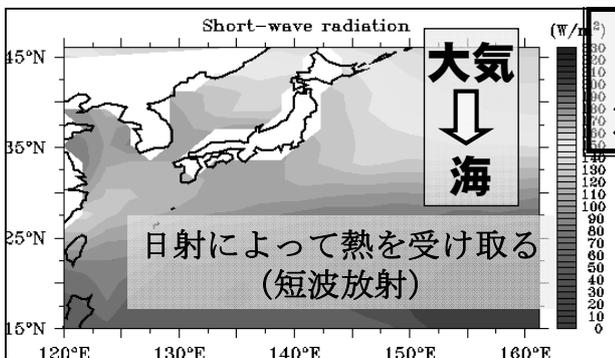
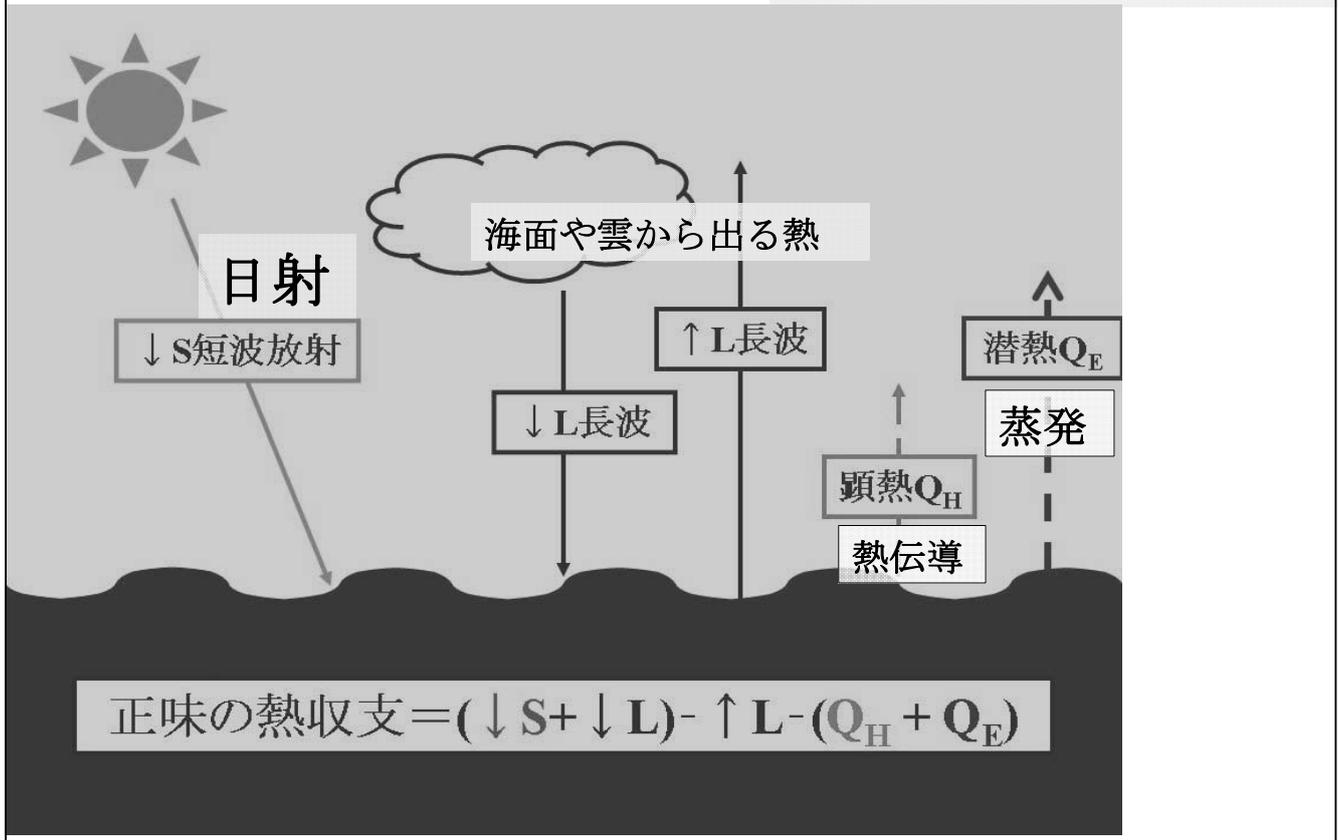


時々刻々の変化を調べる



海も汗をかく

大気と海の中の熱の移動を調べる



日射と蒸発熱が重要

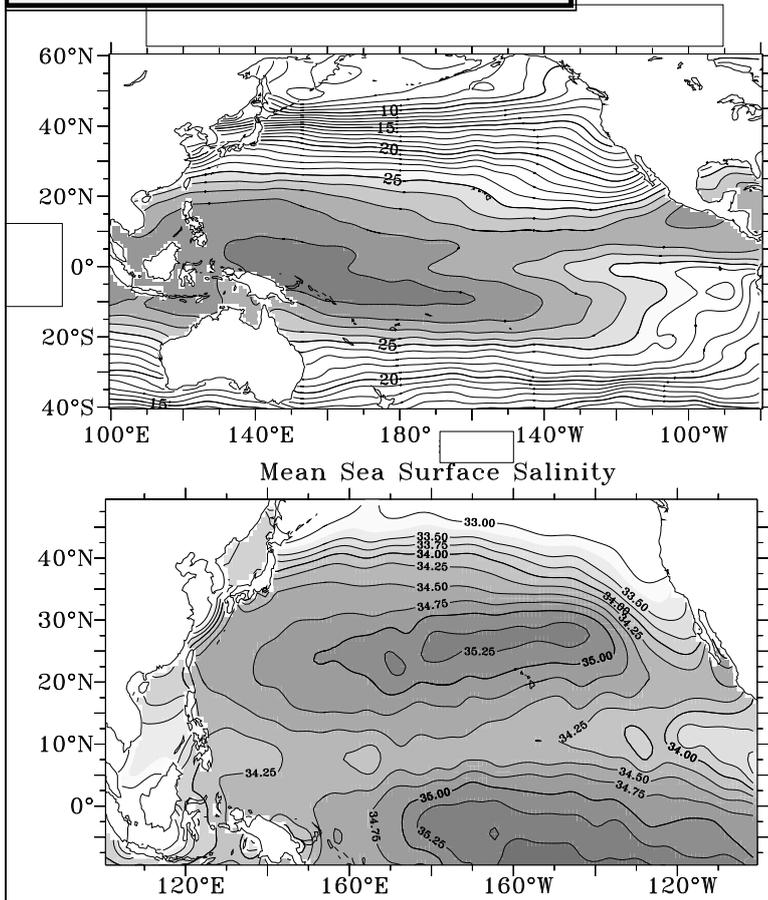
季節によって変化する

日射量
蒸発熱



大気と海の中の熱の移動量を求めてみよう!

海水の性質を調べる



海面水温の分布

赤道付近が高い
 $\leq 30^{\circ}\text{C}$

海面塩分の分布

亜熱帯で高い
 32 ~ 36 ‰ (PSU)
 (千分率)

3.2 ~ 3.6 ‰

海水の性質を調べる

海水中に含まれる塩分とは？

海水中の塩分3.4%の成分内訳

77.9%

9.6%

6.1%

4.0%

2.1%

0.3%

塩化ナトリウム (NaCl)	77.9%
塩化マグネシウム (MgCl ₂)	9.6%
硫酸マグネシウム (MgSO ₄)	6.1%
硫酸カルシウム (CaSO ₄)	4.0%
塩化カリウム (KCl)	2.1%
その他	0.3%

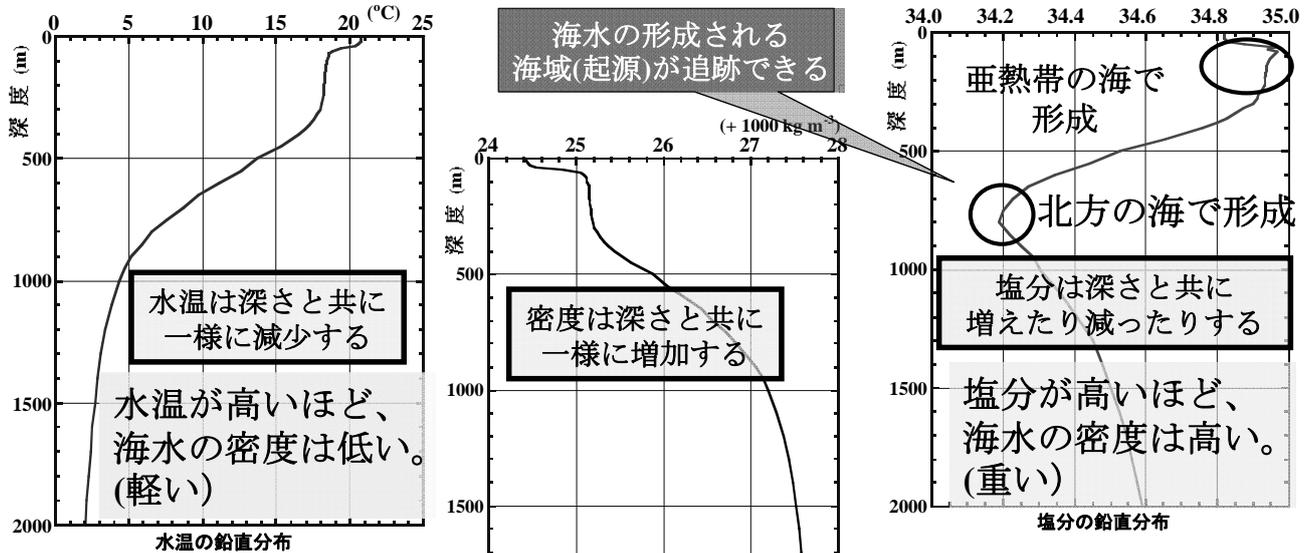
海水の密度(重さ)を調べる

⇒ 水温と塩分による

淡水(塩分=0)の密度 < $1 \text{ (g/cm}^3\text{)} = 1,000,000 \text{ (g/m}^3\text{)} = 1,000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$

海水の密度 > $1,000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$

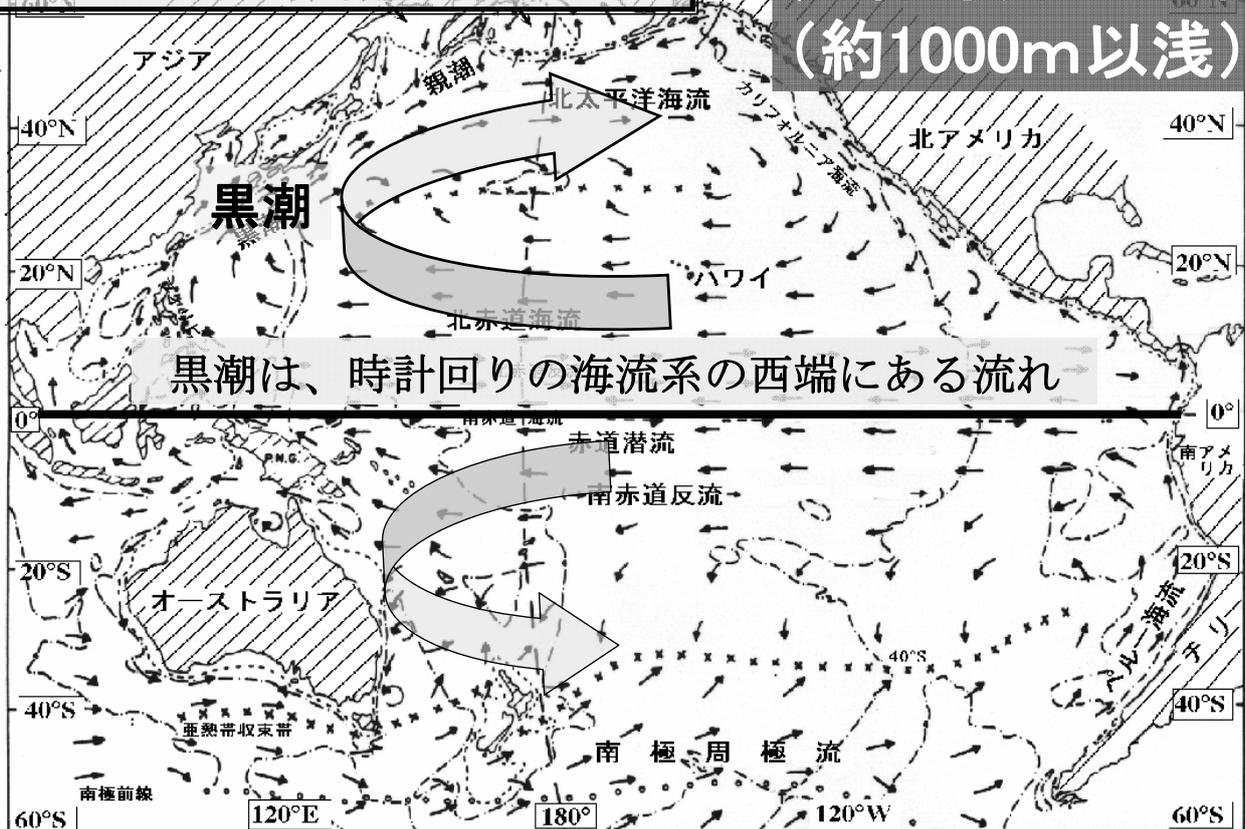
黒潮域での深さ方向の変化



黒潮海域での海水の重さは、主に水温の変化によって決まり、深くなるほど、水温が低下するため、密度は高くなる(重くなる)。

海流の速さと向きを調べる

表層海流の分布 (約1000m以浅)



黒潮は、時計回りの海流系の西端にある流れ

太平洋における表層海流(1000m以浅)

海流の速さと向きを調べる

深層での海水の流れ (2000m以深)

ブロッカーのよって提唱された
海洋ベルトコンベアー(Broecker, 1991)

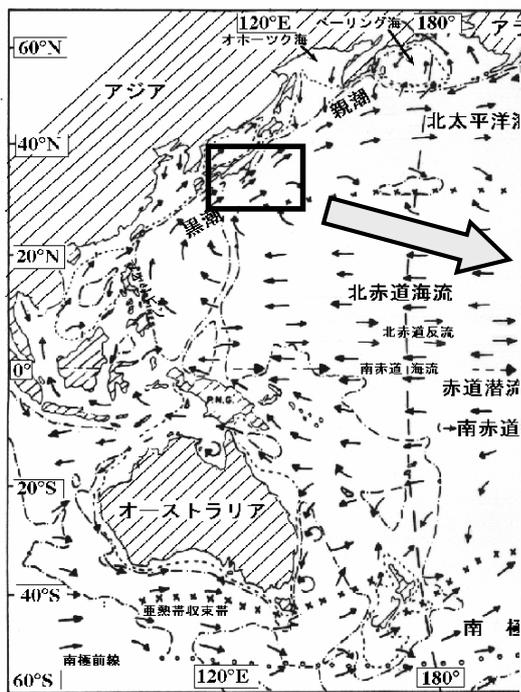
表層海流とは
全く異なります。



(Steele,1989:Oceanus, 32, 5-9 より引用)

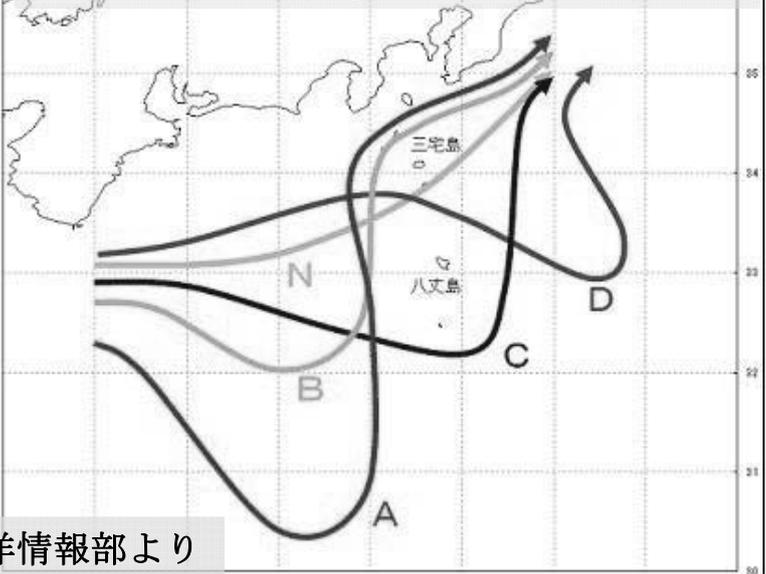
海流の速さと向きを調べる

本州南方における 黒潮の流路



太平洋における表層流

日本南方海域での黒潮の流路は、直進型と大蛇行型などと変化します。流路の変化によって、カツオの漁場などに大きな影響があります。



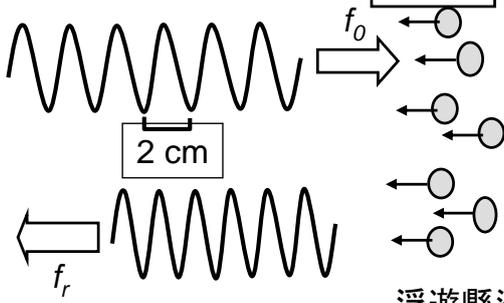
海上保安庁海洋情報部より

海流の速さと向きを調べる

流れの測定方法

音響計測：音のドップラー効果の利用
(超音波流速プロファイラー ADCP: Acoustic Doppler Current Profiler)

超音波 ($f_0 = 75\text{kHz}$)



流速 v

浮遊懸濁物
(プランクトンなど)

$$f_r = f_0 \left(1 + 2 \frac{V}{C}\right)$$

C: 音速 (約1500 m/s)

望星丸のAcoustic Doppler Current Profiler



船底より4本の超音波ビームを放射

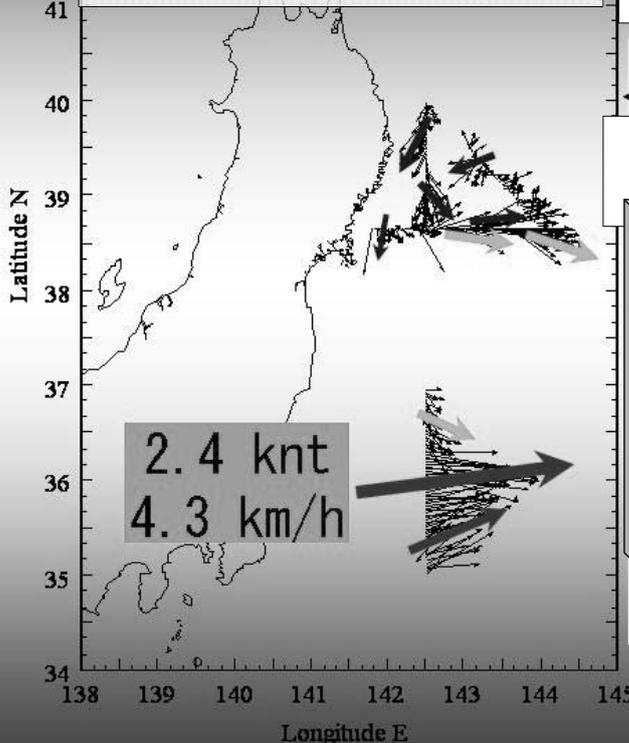
懸濁粒子からの反射波の周波数の変化(ドップラー効果)より、流れを測定

望星丸搭載ADCP

発信周波数	75 kHz
発信パルス	0.5-100 ms
ビーム数	4
ビーム幅	3°
測定層数	最大 128 層
測定可能水深	700 m
測定精度	1 cm / s

海流の速さと向きを調べる

ADCPによる 流向・流速の観測



流速：約1-2m/s前後
(2-4 knot)

流れの幅：100km前後

深さ：500 - 1000 m

幅：100 km

流速
1 m/s

深さ
500m

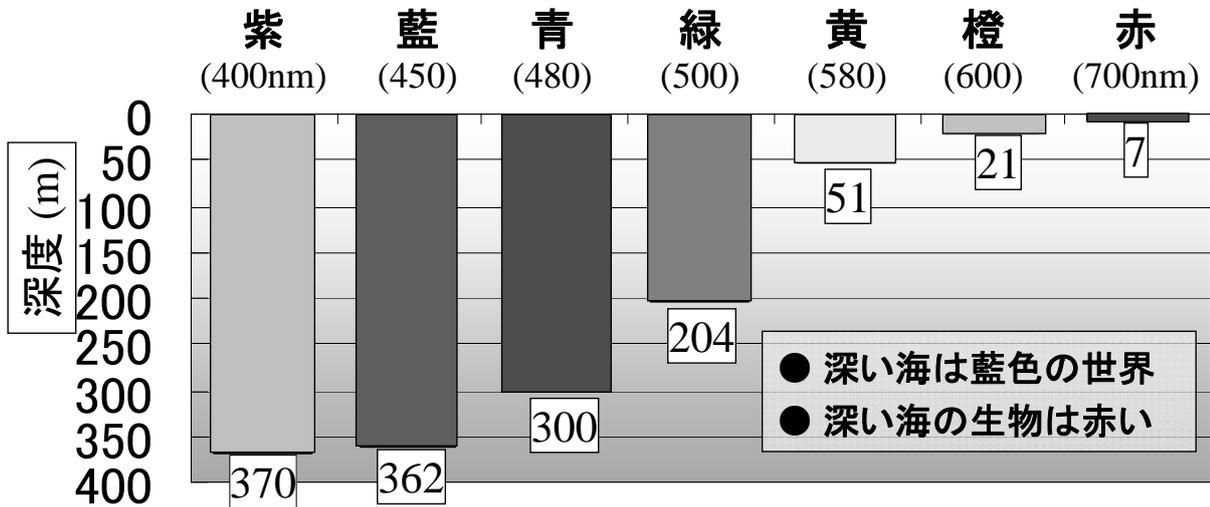
$$\text{流量} = \text{幅} \times \text{深さ} \times \text{速さ} \\ = 50 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

1秒間に約5000万トンの
海水を運ぶ

海の中の色を調べる

水中照度計

水中輝度計



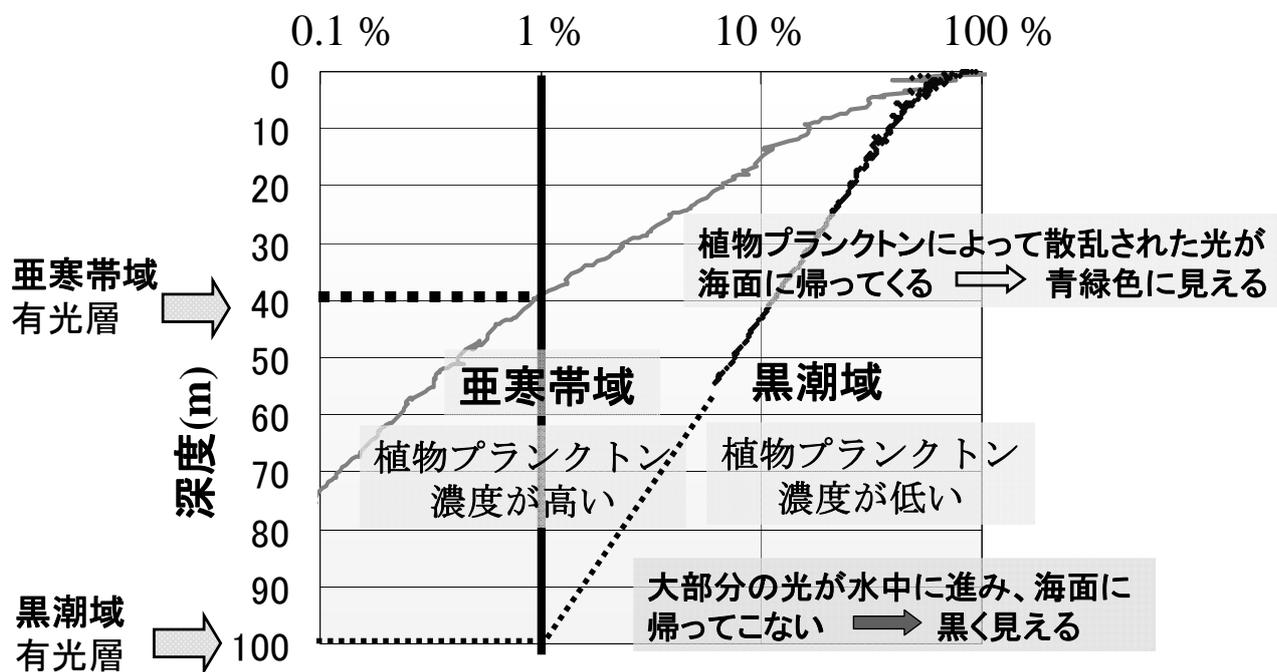
- 深い海は藍色の世界
- 深い海の生物は赤い

きれいな海水中で光強度が表面の1%になる深度

海の中の色を調べる

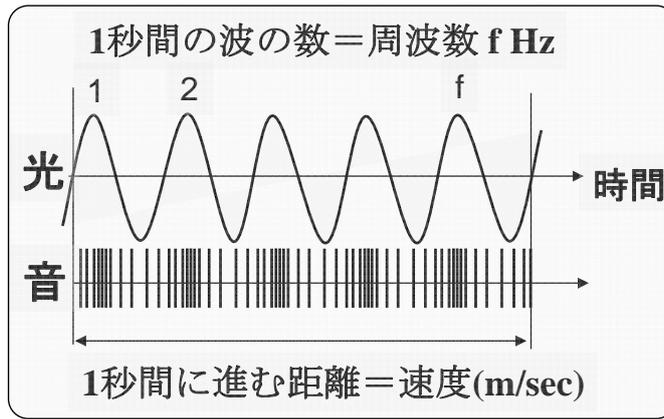
光合成に使われる光(400-700nm)の強さ (PAR) = $\int_{400}^{700} E_d(\lambda) d\lambda$

海域による海の色の違い



海の中の色と明るさを調べる

光の波 と 音の波

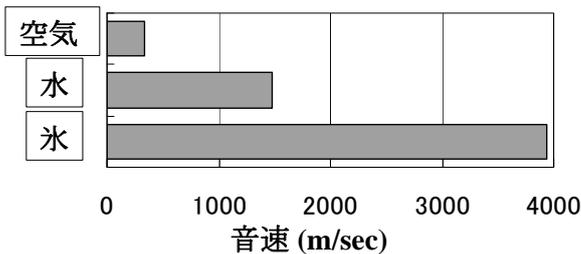


項目	光	音 (*水中)
速度 (m/sec)	(真空中) 3.0×10^8 (水中) 2.3×10^8	(空气中) 341 (水中) 1500*
人が感じる波長 (周波数)	赤 0.7mm (430×10^{12} Hz) 青 0.4mm (750×10^{12} Hz)	最低音 75m* (20Hz) 最高音 7.5cm* (20kHz)
水中での減衰 (1/10になる距離)	3.5m (赤 0.7mm) 185m (青 0.4mm)	25000 km (20Hz) 5.7 km (20kHz)
水中での重要性	植物プランクトン光合成	通信、探査
共通の現象	反射、屈折、回折、干渉	

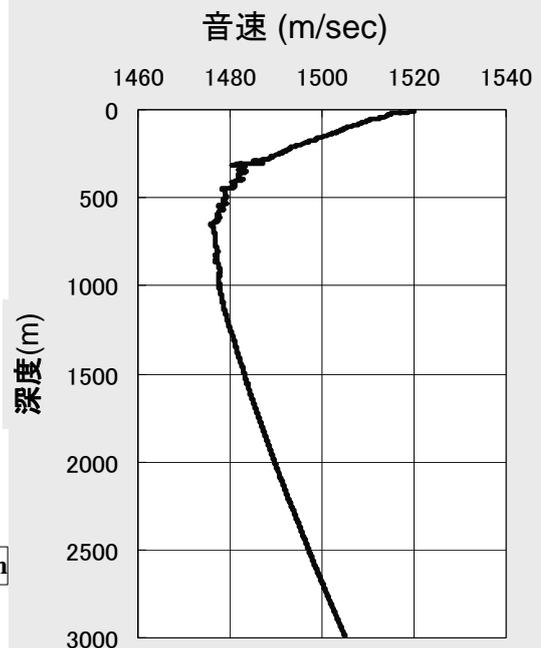
海の中の音の伝わり方を調べる

音波の特性

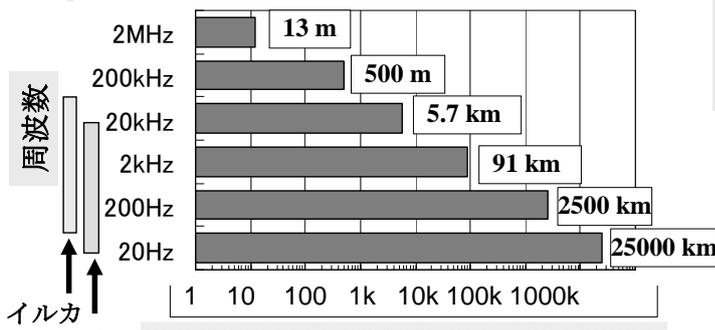
音速: 媒質の密度と弾性率で決まる



海中では音速分布:
最小になる深さ(サウンドチャンネル)



減衰: 水中では音は遠くまで届く



音圧が1/10 になるまでの距離 (m)
(大気圧, 塩分 35, 水温 5°C)

イルカ
↑
人