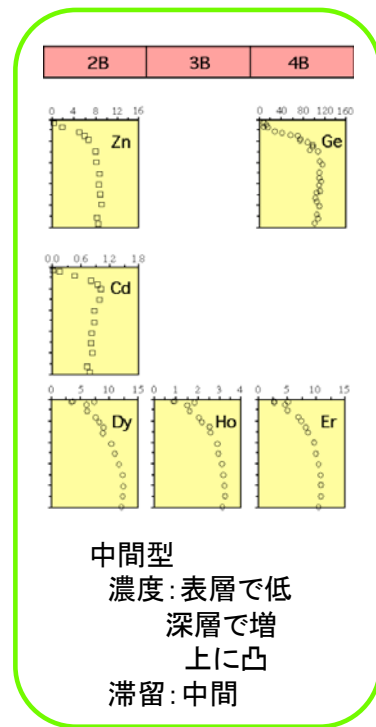
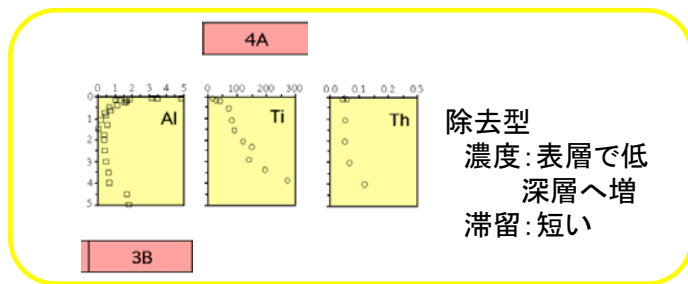
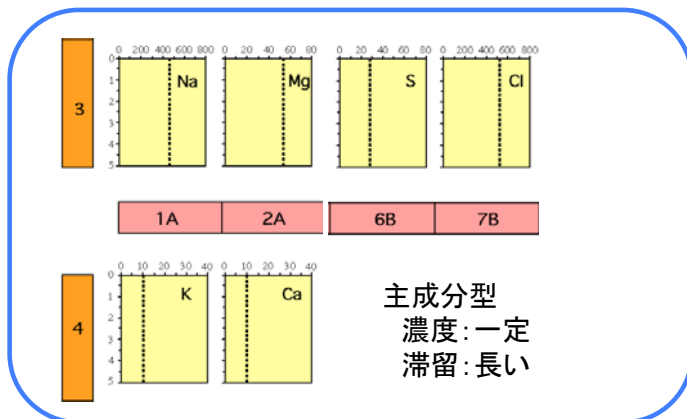


海は元素の博物館である

The Periodic Table of The Elements (2005) with Atomic Orbital

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H 1s ¹ 1.008																	2 He 1s ² 4.003
3 Li [He]2s ¹ 6.941	4 Be [He]2s ² 9.012											5 B [He]2s ² 2p ¹ 10.81	6 C [He]2s ² 2p ² 12.01	7 N [He]2s ² 2p ³ 14.01	8 O [He]2s ² 2p ⁴ 16.00	9 F [He]2s ² 2p ⁵ 19.00	10 Ne [He]2s ² 2p ⁶ 20.18
11 Na [Ne]3s ¹ 22.99	12 Mg [Ne]3s ² 24.31											13 Al [Ne]3s ² 3p ¹ 26.98	14 Si [Ne]3s ² 3p ² 28.09	15 P [Ne]3s ² 3p ³ 30.97	16 S [Ne]3s ² 3p ⁴ 32.07	17 Cl [Ne]3s ² 3p ⁵ 35.45	18 Ar [Ne]3s ² 3p ⁶ 39.95
19 K [Ar]4s ¹ 39.10	20 Ca [Ar]4s ² 40.08	21 Sc [Ar]4s ¹ 3d ¹ 44.96	22 Ti [Ar]4s ² 3d ² 47.87	23 V [Ar]4s ¹ 3d ³ 50.94	24 Cr [Ar]4s ¹ 3d ⁵ 52.00	25 Mn [Ar]4s ² 3d ⁵ 54.94	26 Fe [Ar]4s ² 3d ⁶ 55.85	27 Co [Ar]4s ¹ 3d ⁷ 58.93	28 Ni [Ar]4s ² 3d ⁸ 58.69	29 Cu [Ar]4s ¹ 3d ¹⁰ 63.55	30 Zn [Ar]4s ² 3d ¹⁰ 65.41	31 Ga [Ar]4s ² 3d ¹⁰ 4p ¹ 69.72	32 Ge [Ar]4s ² 3d ¹⁰ 4p ² 72.64	33 As [Ar]4s ² 3d ¹⁰ 4p ³ 74.92	34 Se [Ar]4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁴ 78.96	35 Br [Ar]4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁵ 79.90	36 Kr [Ar]4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 83.80
37 Rb [Kr]5s ¹ 85.47	38 Sr [Kr]5s ² 87.62	39 Y [Kr]5s ¹ 4d ¹ 88.91	40 Zr [Kr]5s ² 4d ² 91.22	41 Nb [Kr]5s ¹ 4d ⁴ 92.91	42 Mo [Kr]5s ¹ 4d ⁵ 95.94	43 Tc [Kr]5s ¹ 4d ⁵ [99]	44 Ru [Kr]5s ¹ 4d ⁷ 101.07	45 Rh [Kr]5s ¹ 4d ⁸ 102.91	46 Pd [Kr]5s ⁰ 4d ¹⁰ 106.42	47 Ag [Kr]5s ¹ 4d ¹⁰ 107.87	48 Cd [Kr]5s ² 4d ¹⁰ 112.41	49 In [Kr]5s ² 4d ¹⁰ 5p ¹ 114.82	50 Sn [Kr]5s ² 4d ¹⁰ 5p ² 118.71	51 Sb [Kr]5s ² 4d ¹⁰ 5p ³ 121.76	52 Te [Kr]5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁴ 127.6	53 I [Kr]5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁵ 126.9	54 Xe [Kr]5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶ 131.29
55 Cs [Xe]6s ¹ 132.91	56 Ba [Xe]6s ² 137.33	L	57 La [Xe]6s ¹ 5f ¹ 138.91	58 Ce [Xe]6s ¹ 5f ² 140.12	59 Pr [Xe]6s ¹ 5f ³ 140.91	60 Nd [Xe]6s ¹ 5f ⁴ 144.24	61 Pm [Xe]6s ¹ 5f ⁵ [145]	62 Sm [Xe]6s ² 5f ⁶ 150.36	63 Eu [Xe]6s ² 5f ⁷ 151.96	64 Gd [Xe]6s ² 5f ⁷ 6d ¹ 157.25	65 Tb [Xe]6s ² 5f ⁹ 158.93	66 Dy [Xe]6s ² 5f ¹⁰ 162.50	67 Ho [Xe]6s ² 5f ¹¹ 164.93	68 Er [Xe]6s ² 5f ¹² 167.26	69 Tm [Xe]6s ² 5f ¹³ 168.93	70 Yb [Xe]6s ² 5f ¹⁴ 173.04	71 Lu [Xe]6s ² 5f ¹⁴ 6d ¹ 174.97
87 Fr [Ra]7s ¹ [223]	88 Ra [Ra]7s ² [226]	A	104 Rf [Ra]7s ¹ 5f ¹⁴ 6d ² [263]	105 Db [Ra]7s ¹ 5f ¹⁴ 6d ³ [263]	106 Sg [Ra]7s ¹ 5f ¹⁴ 6d ⁴ [264]	107 Bh [Ra]7s ¹ 5f ¹⁴ 6d ⁵ [265]	108 Hs [Ra]7s ¹ 5f ¹⁴ 6d ⁶ [268]	109 Mt [Ra]7s ¹ 5f ¹⁴ 6d ⁷ [269]	110 Ds [Ra]7s ¹ 5f ¹⁴ 6d ⁸ [272]	111 Rg [Ra]7s ¹ 5f ¹⁴ 6d ⁹ [277]	112 Uub [Ra]7s ¹ 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ [289]	114 Uuq [Ra]7s ¹ 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ¹ [289]	115 Uuh [Ra]7s ¹ 5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7p ² [289]				
		L	57 La [Xe]6s ¹ 5f ¹ 138.91	58 Ce [Xe]6s ¹ 5f ² 140.12	59 Pr [Xe]6s ¹ 5f ³ 140.91	60 Nd [Xe]6s ¹ 5f ⁴ 144.24	61 Pm [Xe]6s ¹ 5f ⁵ [145]	62 Sm [Xe]6s ² 5f ⁶ 150.36	63 Eu [Xe]6s ² 5f ⁷ 151.96	64 Gd [Xe]6s ² 5f ⁷ 6d ¹ 157.25	65 Tb [Xe]6s ² 5f ⁹ 158.93	66 Dy [Xe]6s ² 5f ¹⁰ 162.50	67 Ho [Xe]6s ² 5f ¹¹ 164.93	68 Er [Xe]6s ² 5f ¹² 167.26	69 Tm [Xe]6s ² 5f ¹³ 168.93	70 Yb [Xe]6s ² 5f ¹⁴ 173.04	71 Lu [Xe]6s ² 5f ¹⁴ 6d ¹ 174.97
		A	89 Ac [Ra]7s ¹ 6d ¹ [227]	90 Th [Ra]7s ¹ 6d ² 232.04	91 Pa [Ra]7s ¹ 6d ³ 231.04	92 U [Ra]7s ¹ 6d ³ 7s ¹ 238.03	93 Np [Ra]7s ¹ 6d ⁴ 7s ¹ [237]	94 Pu [Ra]7s ¹ 6d ⁶ 7s ¹ [239]	95 Am [Ra]7s ¹ 6d ⁷ 7s ¹ [243]	96 Cm [Ra]7s ¹ 6d ⁸ 7s ¹ [247]	97 Bk [Ra]7s ¹ 6d ⁹ 7s ¹ [247]	98 Cf [Ra]7s ¹ 6d ¹⁰ 7s ¹ [252]	99 Es [Ra]7s ¹ 6d ¹⁰ 7s ¹ 7p ¹ [252]	100 Fm [Ra]7s ¹ 6d ¹⁰ 7s ¹ 7p ² [257]	101 Md [Ra]7s ¹ 6d ¹⁰ 7s ¹ 7p ³ [258]	102 No [Ra]7s ¹ 6d ¹⁰ 7s ¹ 7p ⁴ [259]	103 Lr [Ra]7s ¹ 6d ¹⁰ 7s ¹ 7p ⁵ [262]

海水中の元素の分布の形



海水中の元素の分布は様々

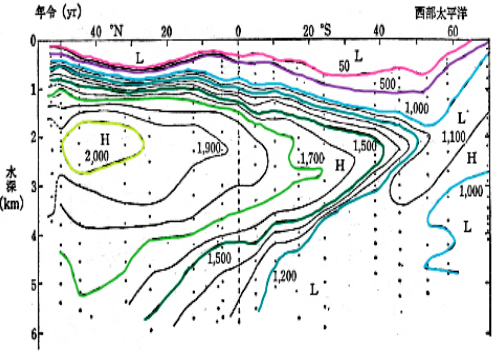
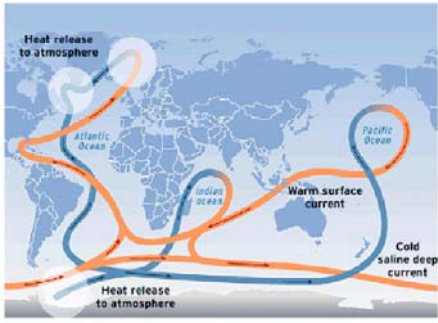


(野崎義行による編集, 2001)

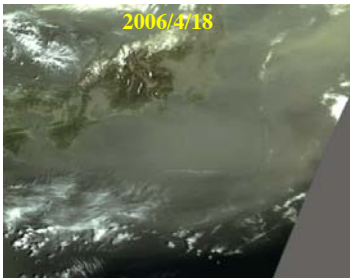
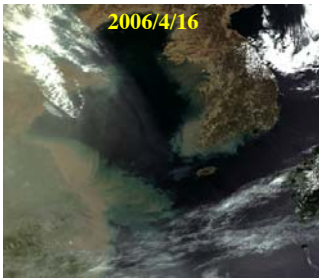
Nozaki, Y. (2001) Elemental distribution: Overview. In: Encyclopedia of Ocean Sciences, Ed. by J. H. Steele, K. K. Turekian and S. A. Thorpe, Academic Press London, pp. 840-845.

海水中の元素の分布に影響を与える要因

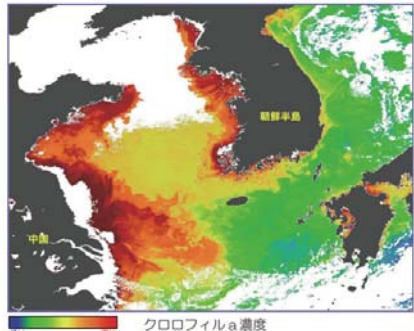
海水の流れ・動き



海への元素の供給経路

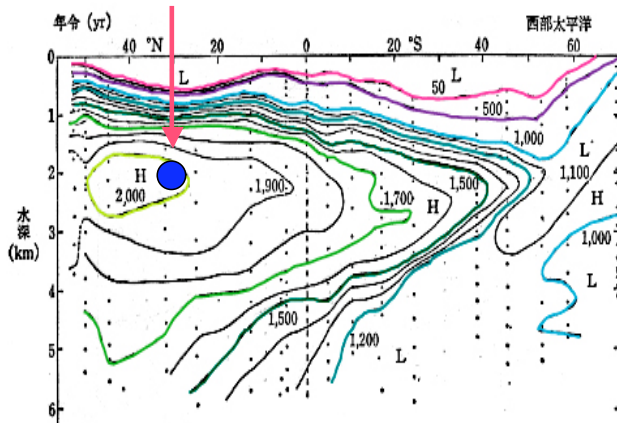


海でのプランクトン活動



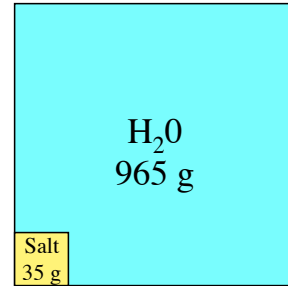
<http://www.eoc.jaxa.jp/satellite/sendata/image>

船上自由テーマ：古代塩製塩・とうふ作り



製塩に使う海水
30° 0.0' N, 137° 40.0' E, 2001 m

- * 海水を煮詰めるとどうなるか？
- * ”にがり”ってどんなもの？
- * できた”にがり”でとうふを作ろう！



Cl: 19.35			
Na: 10.77			
SO_4 : 2.71			
Mg	Ca	K	Others

1.29 0.41 0.40 0.11
g/kg

船上研修／海洋観測の体験：海水中の化学成分を調べる



CTD-Crousel採水システム



栄養塩試料の採水



溶存酸素試料の採水



pH試料の採水

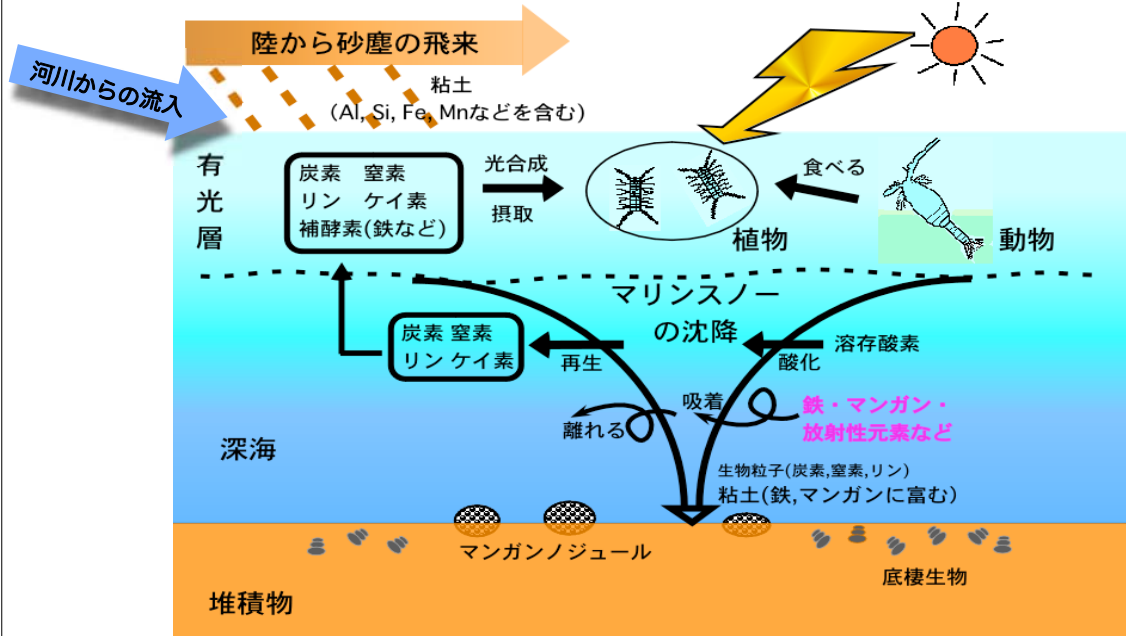


塩分試料の採水

研修テーマ: 海の中の化学成分の分布とその役割を学ぶ

“表層から深層”、“沿岸から外洋へ”

海水中の化学成分がどのように変化するかを調べてみよう!



研修テーマ 6: 海水に溶けている栄養物質を調べる

海水に色をつけて栄養物質の濃度を測定する

色の濃さの度合いは比色計で測定



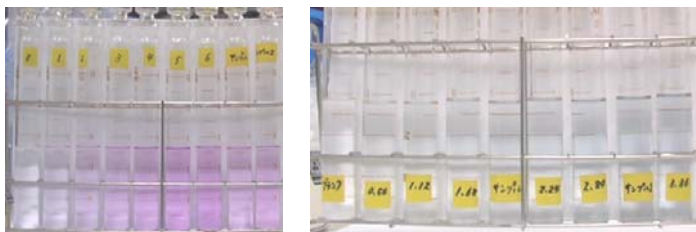
海水に発色試薬を加えよく振り混ぜる



発色した海水をセルに移す



セルを比色計に挿入



海水が発色した様子: 濃度に応じて濃さが違う
(左: 硝酸、右: リン酸)



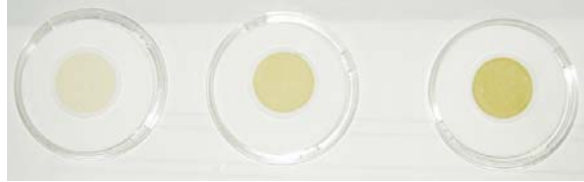
吸光度が表示

研修テーマ 7: 海の植物プランクトンを調べる



海水をろ過し植物プランクトンを集める

植物プランクトンは、光エネルギーを吸収するためのクロロフィルaという色素をもっている



海水をろ過したフィルターの色
一定量の海水をろ過した場合、海水中の植物プランクトン量と種類を反映する



色素測定に用いる蛍光光度計

ろ過したフィルターを、一定量の有機溶媒に浸しクロロフィルaという色素抽出

この溶液中のクロロフィルa濃度を蛍光光度計で測定

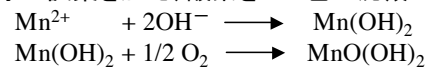
海水中の植物プランクトンの総量が推定できる

研修テーマ 8: 海水中の酸素を調べる

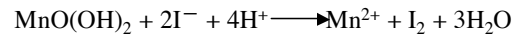
海水中の植物プランクトンは、光合成で酸素を作り出す
生物は、呼吸して酸素を消費する
死んだ生物は、バクテリアが酸素を使って分解する

海水中の酸素濃度(溶存酸素)は、どんな分布になっているか？

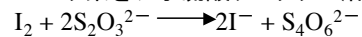
(1) 海水に試薬を加え、酸素をかった色の沈殿として固定



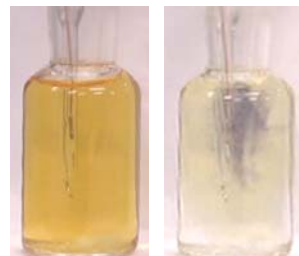
(2) KIとHClを加えるとマンガンは酸化され、代わりにヨウ素が遊離



(3) このヨウ素をチオ硫酸ナトリウム溶液で滴定



海水の酸素量(溶存酸素)を測定するための自動滴定計



最後は、でんぷん溶液を加え青紫色に

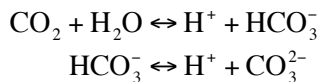
研修テーマ 9: 海水中の二酸化炭素を調べる
10: 海水中のpHを調べる

海水の主要陽イオン(Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, K⁺)の総電価数と陰イオン(Cl⁻, SO₄²⁻)の総電価数を比べた場合、陽イオンの総電価数の方が多い。この差は全アルカリ度(Total Alkalinity)と呼ばれている。

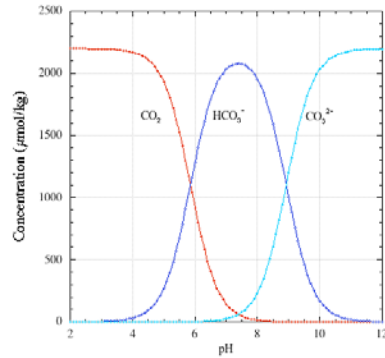
全アルカリ度は以下の式で定義される

$$\text{Total Alkalinity} = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{B}(\text{OH})_4^-]$$

水に二酸化炭素が溶けると、以下の式で表したように二段階に解離して、2価の炭酸となる



海水中に溶けた二酸化炭素はpHに応じて3つの化学形で存在: CO₂, HCO₃⁻, CO₃²⁻



- 海水中の陽イオンの総電価数はどのくらい多いのか？
- 様々な元素の溶けている海水のpHはいくつだろうか？
- 海水のpHは何で決まるのか？ 海水にはどのくらいCO₂が溶けているか？

海水のアルカリ度とpHを測定してみよう！



研修テーマ 11: 海底の堆積物を調べる

- A. 海には様々な大きさ形の粒子が存在する
 - 海水に浮かんでいる粒子、海底にたまった粒子を見て触って実感してみよう！
 - 小さなものは、電子顕微鏡を使って拡大してみよう！
- B. 堆積物の化学成分を分析してみよう
 - 沿岸と外洋では、堆積物の色が違います。化学成分を測定してその違い原因を探ってみよう！



沿岸

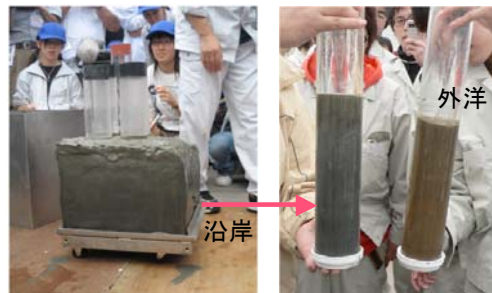
海水に浮かんでいる粒子をろ紙上に集めたもの



ミクロの世界を見るための電子顕微鏡



海底の堆積物を採取する装置



沿岸と外洋の海底では堆積物の色も違う