

A-5 紫外線の増加が植物に及ぼす影響に関する研究

(2) 紫外線増加が植物プランクトンに及ぼす影響の評価に関する研究

研究代表者 北海道区水産研究所 田口 哲

水産庁 北海道区水産研究所
生物環境研究室

齊藤宏明・葛西広海

平成2-4年度合計予算額 29,218千円

[要旨] 紫外線を含む光合成有光照射培養装置を作製した。紫外線放射量は $19\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ であり光合成有光光子量は $1.2\text{mW}\cdot\text{cm}^{-2}$ として紫外線照射実験と非照射実験を連続して紫外線の影響を受けた緑藻 *Tetraselmis* sp. 細胞が回復する過程をこの種の生息可能な温度の上限に近い 32°C 、下限に近い 13°C 、及びそのほぼ中央値の 23°C で行った。紫外線照射によるクロロフィル a の減少は 13°C で最も大きかった。紫外線照射によって細胞はクロロフィル a 及び b を消失するがそのかわりにカロチノイド色素を生産して紫外線からの影響を減少させていた。富栄養性沿岸水域である北海道厚岸湾の植物プランクトンを使って現場実験を行った。紫外線を除去すると細胞の化学組成比及びクロロフィル a あたりの光合成速度の増加比は1日の間で変化するが24時間後には2以上の増加比がクロロフィル a あたりの光合成速度で観測された。このことは現場の植物プランクトンは紫外線の影響から1日以内で回復しえない場合もあることを示唆している。

紫外線を含む現場の光環境を水中紫外線分光光度計と水中可視分光光度計で解明した。従来よく測定されてきた青色光の消散係数から紫外線の消散係数の推定はある程度可能となった。紫外線の消散係数はクロロフィル a 濃度に依存していた。外洋親潮海域では表面の紫外線放射量の1%は 305nm で 12.2m 、 320nm で 16.0m まで到達していたが、厚岸湾では両波長とも 1m にすぎなかった。これら紫外線の到達する層の有光層内に占める割合は外洋親潮海域で $23\sim 30\%$ 、厚岸湾で $16\sim 19\%$ であり、植物プランクトンは紫外線 UV-B の増加の影響を外洋親潮水域でより受けやすいことが示唆された。

過去の植物プランクトン種組成と当研究で得られた種組成にあまり変化が見られなかったことと本実験及び当研究で得られた光環境の結果から、現場の植物プランクトンは海水の鉛直混合等によって1日の昼夜の明暗周期を利用して紫外線の影響から回復していると示唆された。

[キーワード] 植物プランクトン、紫外線 UV-B、クロロフィル a、*Tetraselmis* sp.、
消散係数

1. 序

人類の活動結果によるオゾン層破壊物質の大気への放出が原因で地球にとどく紫外線放射量が増加している。地球上にとどいたこの紫外線は海表面で10%以上反射するが、その残りの紫外線は海水中に透過する。海水中に透過した紫外線は海洋の生物にさまざまな影響を与えている。南極上空のオゾンホールはその形及び位置を時間とともに変動している。その変動にともない地球上

にとどく紫外線の放射量も大きく変動する。同じような現象が北半球でも予期されるが、まだその変動の大きさは北半球ではほとんど不明である。

2. 研究目的

北緯43°に位置する北海道厚岸湾において表層の植物プランクトンの光合成に対する紫外線の影響の変動の大きさを把握することを目的とした。また外洋域を含めた植物プランクトン濃度の異なる海域で植物プランクトンの生息している海洋表層の紫外線及び可視光を含んだ光環境の類型化を図ることを目的とした。さらに紫外線の影響が比較的大きい高緯度の海域は低緯度の海域と比較すると水温は季節的に大きく変動する。植物プランクトン生息可能温度域で紫外線の影響に対する水温の影響を解明することを目的とした。特に紫外線照射によって成長が阻害された細胞が紫外線照射除去後に起こる回復過程に対する温度の影響の解明を図ることを目的とした。

3. 研究方法

(1) 測定機器

米国Biospherical Instrument社製の水中紫外線分光光度計の測定波長は305, 320, 340, 及び380nmの4波長である。前者の2波長はUV-Bに、後者の2波長はUV-Aに相当する。同社製の水中可視分光光度計の測定波長は410, 441, 465, 488, 520, 540, 560, 589, 625, 656, 683, 及び694nmの12波長である。さらに400-700nmの光合成有効光子量を測定することができる。

(2) 現場測定

外洋親潮水域の5定点と厚岸湾の2定点のSt. 3とSt. 4で現場測定を行った(図1, 2)。St. A2は水深400mでその他定点の水深は5000m以上あり、St. 3とSt. 4は水深17mと7mであった。現場測定は当研究所の探海丸で行った(表1)。光環境の測定と同時に水温及び塩分はSTDで測定した。さらにニスキン採水器により各層採水を行った。植物プランクトン量の指標としてクロロフィルa量を測定するためGF/F型グラスファイバーフィルターで各層水を濾過した。濾過海水を栄養塩類の分析に供した。

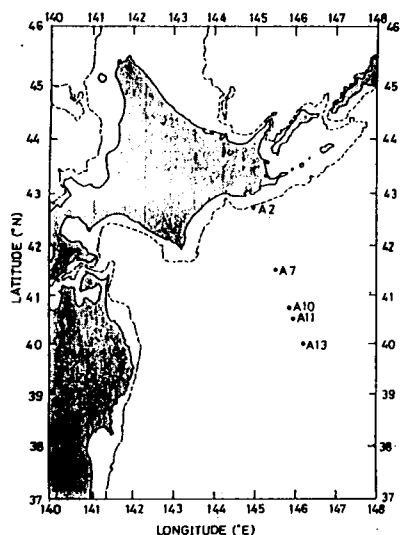


図1. 外洋親潮水域の観測地点A2, A7, A10, A11, 及びA13の位置

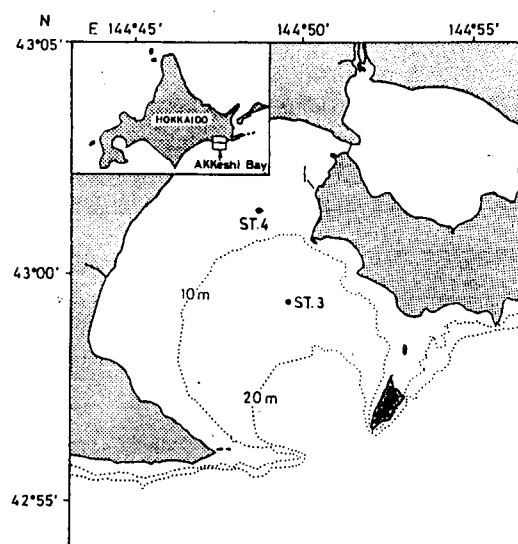


図2. 北海道厚岸湾の湾中央地点St. 3と湾奥地点St. 4の位置

表1. 現場測定と現場実験を行った月日と定点の位置

年 月 日	定点	位置	測定実験内容
1990年10月13-14日	St. 3	42° 59' N, 144° 50' E	現場実験
1991年 3月 8- 9日	St. 3	42° 59' N, 144° 50' E	現場実験
1991年10月16-17日	St. 3	42° 59' N, 144° 50' E	現場実験
1992年 3月16-17日	St. 3	42° 59' N, 144° 50' E	現場実験
1992年 6月30日-	St. A7	41° 30' N, 145° 30' E	現場実験
7月 4日	St. A11	40° 30' N, 146° 00' E	現場実験
	St. A13	40° 00' N, 146° 18' E	現場実験
1992年10月11-15日	St. A2	42° 40' N, 144° 55' E	現場実験
	St. A11	40° 30' N, 146° 00' E	現場実験
	St. 3	42° 59' N, 144° 50' E	現場実験及び測定
	St. 4	43° 01' N, 144° 49' E	現場実験及び測定
1993年 1月21-22日	St. A7	41° 30' N, 145° 30' E	現場実験
	St. A11	40° 30' N, 146° 00' E	現場実験
1993年 3月16日	St. A10	40° 45' N, 145° 53' E	現場実験
3月20-21日	St. 3	42° 59' N, 144° 50' E	現場実験及び測定

(3) 現場実験

厚岸湾内定点St. 3において(図2)、1990年10月と1993年3月の間に6回実験を行った(表1)。現場実験は厚岸湾の植物プランクトンが最も増殖している春季の3月と秋季の10月を選んだ¹。紫外線の影響を観察するため、容量250mlの石英ガラス瓶とピアレックス標準ガラス瓶の光透過特性はオプトリサーチ社製の分光光度計で測定した(図3)。日出前の朝4時にバケツで採水した表面海水を183 μ mのネットで大形の動物プランクトン等を除去して実験に供した。実験海水に

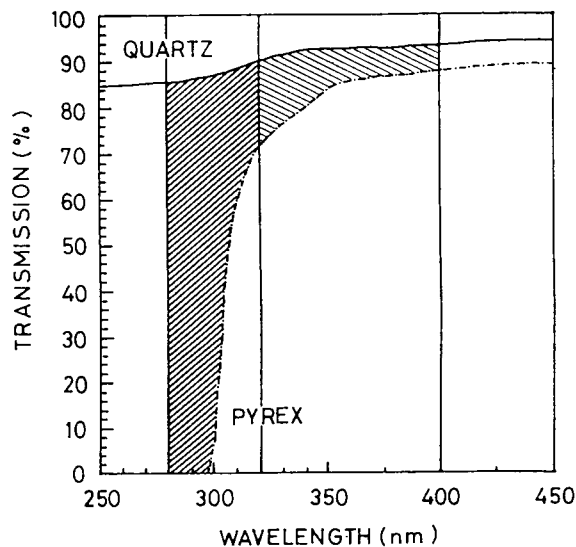


図3. 石英ガラス瓶とピアレックス標準ガラス瓶の紫外線UV-AとUV-Bの透過率

安定同位体 ^{13}C を $\text{Na}_2^{13}\text{CO}_3$ の形で加え船上実験を行った。実験温度は表層海水を常時流すことによって現場温度に保った。現場実験は日出とともに開始し、光合成活性の測定のため実験開始時、正午時、日没時、真夜中時、そして日出時に試水を前もって500°Cで焼いたグラスファイバーフィルター（GF/F型）で濾過した。植物プランクトン量の指標としてクロロフィルa量を測定するためのGF/F型のフィルターで濾過して直ちに数mlの100%アセトンの入っている暗容器の中に浸透させ抽出を行った。植物プランクトン量の他の指標として懸濁有機炭素及び窒素量を測定するために、前もって500°Cで焼いたGF/F型のフィルターで濾過した。溶存栄養塩類の測定のために濾過海水を供した。植物プランクトン種固定用には試料に5%ホルマリンを加えて固定した。

（４）室内実験

紫外線を含む光合成有効光を光源とし、容量250mlの石英ガラス瓶を培養瓶として培養実験装置を作製した。290nm以下の短い波長の紫外線はカッティングシートで除去した。実験対象種として緑藻の*Tetraselmis* sp.を使い半連続培養実験を行った。細胞が均一に紫外線を受けることができるようにスターラーで連続に攪拌した。紫外線と光合成有効光の照射時間は毎日10時間とした。パイレックス標準ガラス瓶での実験をコントロールとした。栄養塩培液はf/2を使用した²。紫外線照射は35日間行い、その後紫外線照射を取り除いて光合成有効光照射だけで細胞の回復実験を21日間行った。培養実験温度はこの細胞が生息可能温度の上限に近い32°Cと下限に近い13°C及びほぼ中央値の23°Cとした。紫外線照射・非照射実験を32°Cで2回繰り返した。毎週1回容積で25%を無菌状態で希釈した。この試料を細胞数、クロロフィルa含量、有機炭素及び窒素の測定用に分けて上述の方法で処理した。緑藻*Tetraselmis* sp.はクロロフィルa以外にもクロロフィルb及びカロチノイド色素を有しているので紫外線照射を5時間行い紫外線非照射の細胞と比較した。

（５）分析方法

厚岸湾から採集した植物プランクトンの同定はオリンパス転倒顕微鏡で行った³。培養実験の細胞計数は血球計数板で行った⁴。クロロフィルa量の測定は蛍光光度計で行った⁵。有機炭素及び窒素の測定はCHN分析機で行った。安定同位体 ^{13}C の分析は赤外吸光分光光度計で行った⁶。溶存栄養塩類の中で硝酸塩、リン酸塩、珪酸塩の測定を自動栄養塩分析機で行った。クロロフィルa、b及びカロチノイドの分析は分光光度計で行った⁷。

4. 実験結果

（１）現場測定

紫外線及び可視光の海水中の透過特性を明らかにするための波長ごとに下方向の光の消散計数(K_z)を $I_z = I_0 e^{-K_z z}$ の式から計算した。ここで I_z と I_0 は深度 z mと0mでの波長 λ nmの光量、 e は自然対数である。厚岸湾内の定点St. 3とSt. 4及び外洋親潮水域定点St. A11で1992年10月に観測した結果を図4に示す。全観測定点で305nmの紫外線が深度とともに最も早く減衰し、380nmの紫外線が最も遅く減衰した。その減衰の仕方は外洋親潮水域で最も小さく305nmで 0.38m^{-1} であり、厚岸湾湾奥定点St. 4で最も大きく 4.2m^{-1} であった。両海域間では10倍以上の違いがあった。厚岸湾湾央定点St. 3ではSt. 4よりやや低い値を示すが両定点とも内湾の紫外線透過の特徴を示した。またSt. 3では2日間の測定を行いその間の変動の大きさを調べた。その変動は380nmの11%を除き他の波長では5%以下であった。

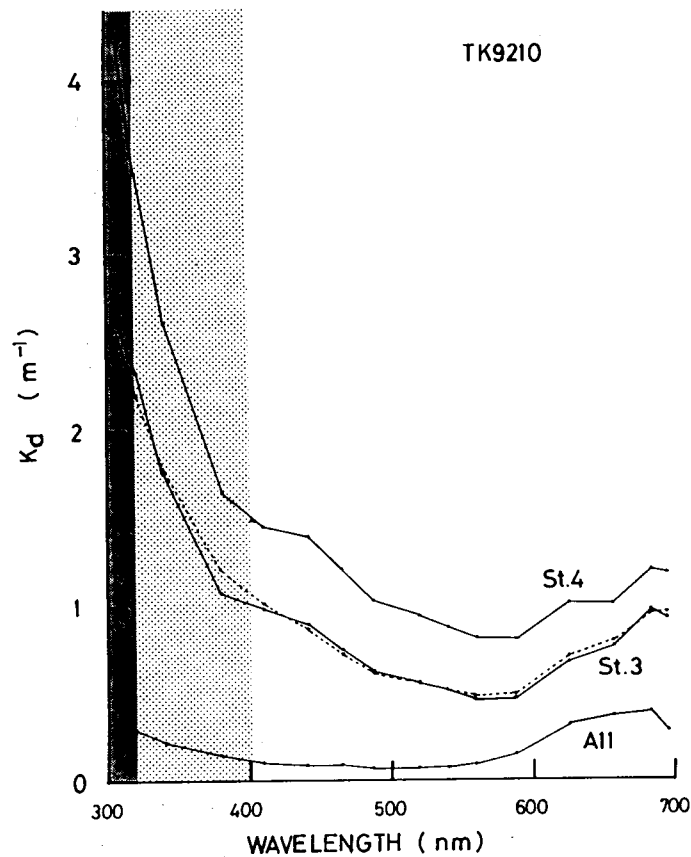


図4. 外洋親潮水域の定点A11, 厚岸湾湾奥定点St. 4及び湾央定点St. 3における波長ごとの消散係数。濃い影の部分は紫外線UV-Bを、薄い部分は紫外線UV-Aの波長範囲を示す。

外洋親潮水域では488nmの波長が最も小さい消散係数 0.063m^{-1} であったが厚岸湾湾奥定点のSt. 4では589nmの波長が最も小さい消散係数 0.81m^{-1} であり、厚岸湾湾央定点では560nmの波長が最も小さい消散係数 $0.45\sim 0.47\text{m}^{-1}$ であった。このような後者の値は典型的な沿岸水の特徴を示している。全水域でも600nmより長波長域で消散係数の増加がみられた。特に外洋親潮水域では、この長波長域の消散係数よりも紫外線UV-Aの消散係数は小さく、紫外線UV-Bの消散係数はほぼ同じような値を示した。

(2) 現場実験

現場実験中の空中光合成有効光子量、水温及び塩分を表2に示す。3月は雪解けの影響で塩分は低下し、水温も 0°C と低いが空中光合成有効光子量は10月の2倍に近い値である。

表2. 厚岸湾湾央定点St. 3における現場実験中の空中光合成有効光子量、水温及び塩分

実験番号	年 月 日	空中光合成有効光子量 ($\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$)	水 温 ($^{\circ}\text{C}$)	塩 分 (ppt)
1	1990年10月13-14日	—	14.2	32.986
2	1991年 3月 8- 9日	32	0.00	32.479

3	1991年10月16-17日	18	13.3	33.124
4	1992年 3月16-17日	32	0.03	32.050

実験開始時は実験4の硝酸塩(0.4 μM)を除き、比較的栄養塩類は充分にあった。実験開始時のクロロフィル a 濃度は4mgCHLa・m⁻³以上であり、これらの実験時期は春季あるいは秋季の大増殖期であったことを示した。実験期間中にクロロフィル a 濃度及び炭素と窒素濃度が増加した実験を除き、他の実験2,3と4では経時変化は比較的無かった。¹³C同化量は暗瓶ではほとんど無く時間によって変化がなかったが石英ガラス瓶でもパイレックス標準瓶でも時間とともに増加し実験2を除き日没後に最大となり、それ以後やや減少した(図5)。全ての実験でパイレックス標準瓶での¹³C同化量が石英ガラス瓶での値よりも高かった。

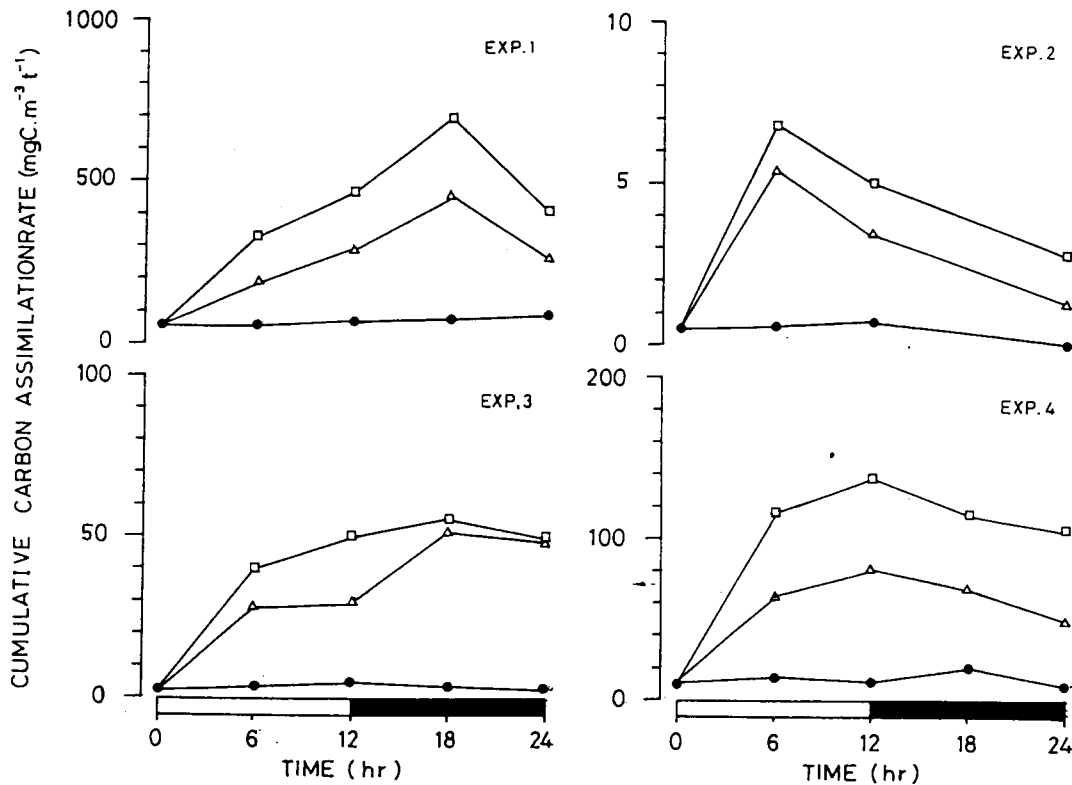


図5. 厚岸湾における植物プランクトンによる¹³C同化量の日周変化

(3) 室内実験

細胞数は石英ガラス瓶でもパイレックス標準瓶でも紫外線照射時以外ではほぼ同じであったが、紫外線照射期間中は石英ガラス瓶中の細胞は全く分裂しなかった。しかし紫外線照射を除去するとパイレックス標準ガラス瓶中の細胞数とほぼ同じとなった。クロロフィル a 含量も同じ経時変化を示した。パイレックス標準ガラス瓶中の両者の間には細胞が増加するとクロロフィル a 含量も増加するという関係がある(図6)。紫外線照射を除去した後では石英ガラス瓶中の細胞もパイレックス標準ガラス瓶中の細胞の有している両者の関係式にもどる。この細胞数とクロロフィル a 含量との間には各培養温度ごとに有意義な関係がある(表3)。

表3. 紫外線照射下での各培養温度ごとの細胞数 (X , 細胞数 $\cdot l^{-1}$) とクロロフィル a 含量 (Y , $\mu gCHLa \cdot l^{-1}$)

培養温度	関係式	相関係数
32°C	$\log Y = 0.2812 + 0.8958 \log X$	0.9523
23°C	$\log Y = 0.5854 + 0.7815 \log X$	0.9892
13°C	$\log Y = 1.3612 + 0.6388 \log X$	0.9333

この関係式の傾きは細胞あたりのクロロフィル a 含量に相当する。*Tetraselmis* sp. の生息可能な温度範囲の最高水温で最も高い値を示す。同じような関係を紫外線照射下で比較すると表4に示すようになる。全ての関係式は95%で有意義である。細胞あたりのクロロフィル a 量を表す関係式の傾きは明らかに紫外線照射を除去した場合は異なり、かなり大きい。紫外線照射期間は全く分裂しないか減少するので25%の希釈による細胞の減少がこの関係式の傾きとなる。しかし紫外線照射によるクロロフィル a の減少は生息可能な温度範囲の最低水温の13°Cで最も大きかった。

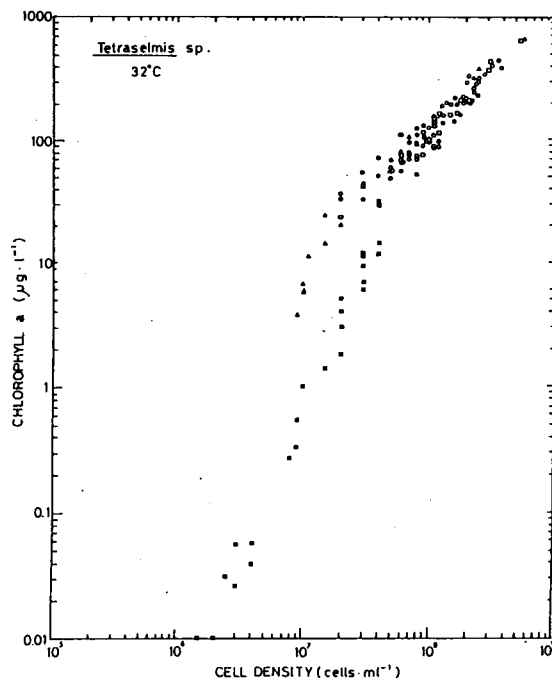


図6. 紫外線照射・非照射下における細胞数とクロロフィル a 含量の関係。白丸はパイレックス標準ガラス瓶、白四角は石英ガラス瓶、黒四角は紫外線照射下の石英ガラス瓶、白三角は紫外線照射除去後の石英ガラス瓶中の細胞数とクロロフィル a 含量を示す。

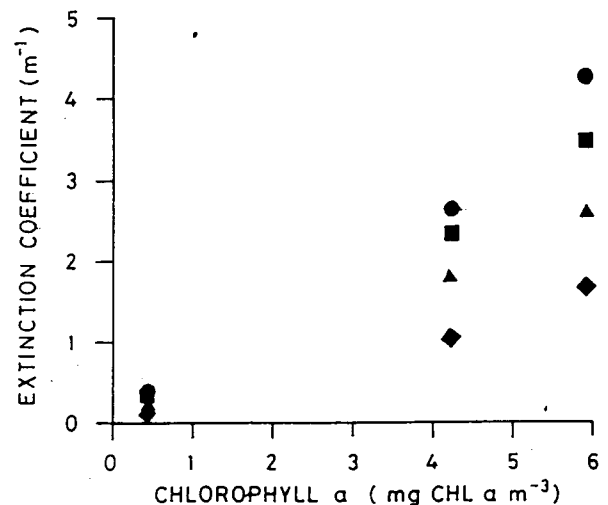


図7. クロロフィル a 濃度と紫外線の消散係数との関係。黒丸は305nm, 黒四角は320nm, 黒三角は340nm, 黒ダイヤモンドは380nmを示す。

表4. 紫外線照射下での各培養温度ごとの細胞数 (X , 細胞数・ l^{-1}) とクロロフィル a 含量 (Y , $\mu gCHLa \cdot l^{-1}$)

培養温度	関係式	相関係数
32°C	$\log Y = -2.3895 + 2.2412 \log X$	0.9835
23°C	$\log Y = -2.3394 + 2.8883 \log X$	0.9181
13°C	$\log Y = -5.2587 + 3.5109 \log X$	0.8592

5時間の紫外線照射のクロロフィル a、b 及びカロチノイド濃度に対する影響はカロチノイドに対する影響が大きかった (表5)。

表5. クロロフィル a、b 及びカロチノイド ($\mu g \cdot l^{-1}$) に対する紫外線照射の影響

培養条件	クロフィルa	クロフィルb	カロチノイド	カロチノイド/クロフィルa
実験開始前	0.135	0.066	0.029	0.215
紫外線照射	0.171	0.111	0.095	0.556
紫外線非照射	0.228	0.136	0.051	0.224

5. 考察

紫外線特にUV-Bの海水透過特性の測定には特別な装置が必要とされていたので、現在までその測定例はきわめて少ない。従来は青色光の海水透過特性の測定が容易であったことと、多くの測定例があるので青色光と紫外線の消散係数との間に有意な関係があれば、青色光の測定から紫外線の消散係数の推定が可能となる。波長465nmの青色光の下向きの消散係数 $K_d(465nm)$ と紫外線の下向きの消散係数 K_d の関係を各波長ごとに求めることができる (表6)。

表6. 波長465nmの青色光の下向きの消散係数 $K_d(465nm)$ と紫外線の下向きの消散係数 K_d の相関関係

$K_d(305nm) = 0.084 + 3.42K_d(465nm)$	$r = 0.999$
$K_d(320nm) = 1.103 + 2.85K_d(465nm)$	$r = 0.999$
$K_d(340nm) = 0.100 + 2.16K_d(465nm)$	$r = 0.996$
$K_d(380nm) = 0.077 + 1.36K_d(465nm)$	$r = 0.989$

これらの相関関係は全て95%の段階で意義である。このことからクロロフィル a 濃度が $0.2mg CHLa \cdot m^{-3}$ 以上ある外洋親潮水域も含めて北海道近海の富栄養塩水域では青色光の消散係数から紫外線の消散係数は波長ごとに推定できる。しかしこれらの関係式の信頼性を高めるためには今後さらに測定数を増やして解析しなくてはならない。

現場での紫外線の影響を考慮する上で問題となるのは紫外線と光合成有効光が透過する深度である。その深度を決めるのに大きく貢献しているのは海水自体の他に懸濁物質、特に植物プラン

クトンである。紫外線の各波長ごとの消散係数はクロロフィル a 濃度の増加とともに増加する（図7）。内湾や沿岸水では溶存有機物質の影響も大きいことが知られているが²、今回の観測では溶存有機物質を測定しなかったので影響の大きさは不明である。海表面直下の1%の光量が到達できる深度を波長ごとに図8に示す。外洋親潮水域のA11では紫外線Bに相当する305nmと320nmの波長の光は12.2mと16.0mまで到達する。紫外線Aに相当する340nmと380nmは21.4mと33.6mに到達する。このように海表面直下の光の1%の光量が到達する深度は波長の増加とともにほぼ直線的に深くなる。懸濁物質や溶存有機物質の最も多い厚岸湾湾奥のSt. 4では紫外線Bに相当する305nmと320nmの波長の光は1.1mと1.3mまで紫外線Aに相当する340nmと380nmの波長の光は1.8mと2.8mまで到達する。光合成有効光で測定した1%深度は外洋親潮水域のA11で53.9m、厚岸湾湾奥のSt. 4で6.7mである。両海域で海表面直下の1%の紫外線が到達する層の有光層内で占める割合はそれぞれ23~30%及び16~19%である。このように外洋親潮水域では内湾と比較して紫外線は深く透過するとともに有光層のなかで占める割合が大きいので、植物プランクトンは紫外線Bの増加の影響をより受けやすい。

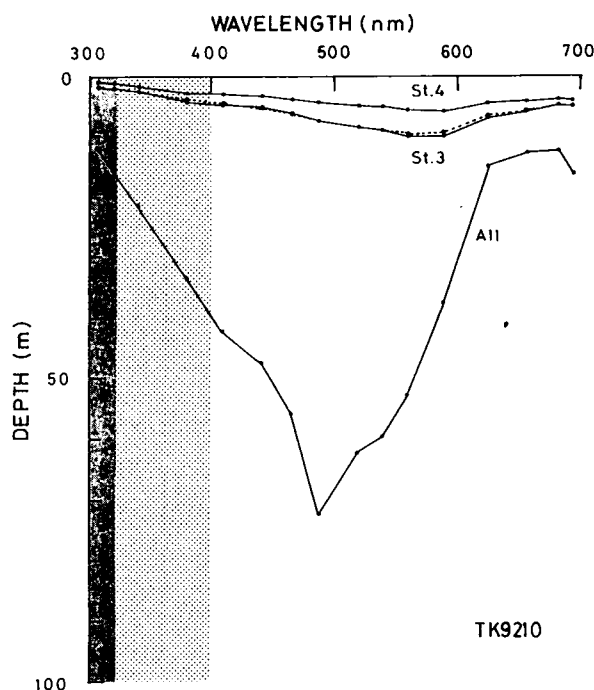


図8. 外洋親潮水域の定点A11, 厚岸湾湾奥定点St. 4及び湾央定点St. 3における波長ごとの表面直下の1%の光が到達する深度。濃い影の部分は紫外線UV-Bを、薄い影の部分は紫外線UV-Aの波長範囲を示す。

石英ガラス瓶で得られた紫外線の影響に比較してパイレックス標準ガラス瓶で得られた実験結果は紫外線の影響を取り除いた結果起こる光合成速度の増加、そして細胞の化学組成の変化を示す。石英ガラス瓶に対するパイレックス標準ガラス瓶の結果の比をとり厚岸湾湾央定点St. 3で行った実験結果の値を時間ごとに図9に示す。この比は増加比と呼ばれる。細胞の化学組成を示す細胞の炭素：クロロフィル a 比の増加比は時間的に変化しないが、窒素：炭素比の増加比は大きく変化し、その変化も実験ごとに大きく異なるが24時間後には増加比はほぼ1に回復した。クロロ

フィルあたりの光合成速度の増加比は実験1と3では比較的時間的に変化しないが、実験2と4では2以上の値となり、紫外線照射を取り除くと大きく増加することが明かである。このような日周変化は植物プランクトンが現場の海で紫外線も含む有光層とその下層の光のない層を海水によって移動している場合にも適用できる。

海表面直下の紫外線B放射量の1%が透過する層を紫外線障害層と呼ぶ。この紫外線障害層と光合成有光層で測定した有光層と表層混合層の関係を2つの組合せでモデルを作成する(図10)。厚岸湾は図10Bに相当する。すなわち、紫外線障害層は浅く、有光層は7~10mである。特に植物プランクトンが大増殖を起こす3月には海水は表面から底(17m)までよく混合しているので表層混合層は底までである。仮に海水の鉛直混合が表層混合層内で1日1回以下とすると、植物プランクトン細胞の化学組成の変化は紫外線照射のため起こるものの細胞が海表面から海底まで運搬され

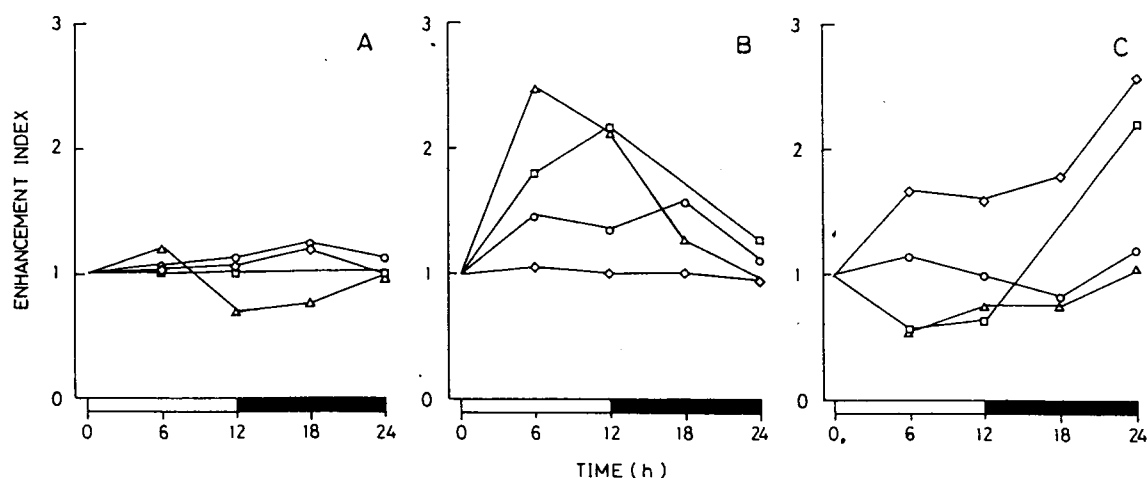


図9. クロロフィルa:炭素比(A),窒素:炭素比(B),及びクロロフィルaあたりの光合成速度(C)の増加比の日周変化。白丸は実験1、白四角は実験2、白三角は実験3、及び白ダイヤモンドは実験4を示す。

海表面にもどるまでに100%回復していることは明かである。またクロロフィルaあたりの光合成速度も100%回復していると考えられる。風及び潮汐による海水の鉛直混合が1日2回以上になるとクロロフィルaあたりの光合成速度は100%回復することができなくなる。このような状態が5日以上継続すると厚岸湾の植物プランクトン群集の基礎生産量には紫外線の影響が起こる。

外洋親潮水域は図10Aに相当する。すなわち有光層の深さは表層混合層の深さよりも深いか等しい。有光層の中で紫外線障害層が占める割合は厚岸湾と比較して多く30%位にはなる。さらに海水の鉛直混合によって植物プランクトン細胞が移動する深度範囲は有光層内であるため植物プランクトン細胞は常に光合成を行える。仮に海水の鉛直混合が表層混合層内で1日2回以下とすると植物プランクトン細胞の化学組成の変化は紫外線照射のため起こるものの、細胞が海表面から海底まで運搬され海表面にもどるまでに100%回復することは明かである。またクロロフィルaあたりの光合成速度も100%回復していると考えられる。風による海水の鉛直混合が1日2回以上になるとクロロフィルaあたりの光合成速度は100%回復することができなくなる。このような状態が3日以上継続すると外洋親潮水域の植物プランクトンの群集の基礎生産量に紫外線の影響が生じる。

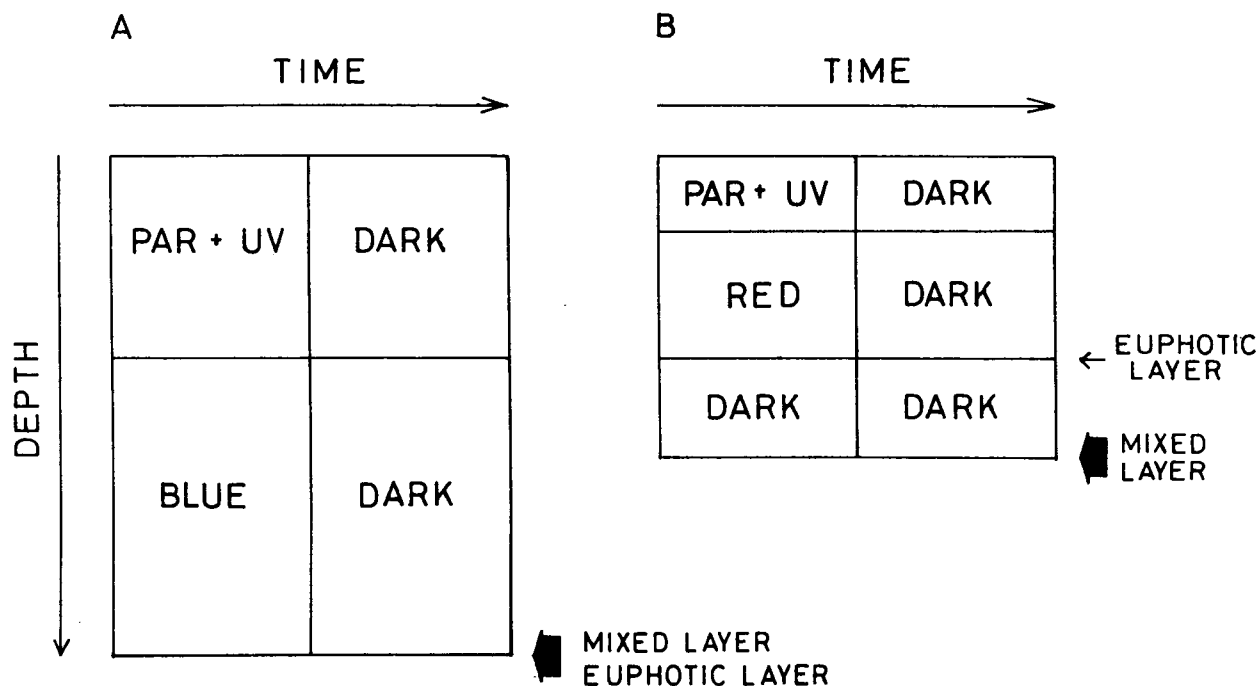


図10. 海洋表層の光環境構造と表層混合層との関係

現在オゾンホール拡大によってどの程度紫外線B放射量が増加しているか厚岸湾では測定値がないので明かでないが、厚岸湾湾央定点における植物プランクトン群集を20年前に発表された結果と比較すると明かな差異は認められなかった。このことは次の2点の可能性を示唆する。

- (1) 厚岸湾付近では紫外線B放射量の増加は植物プランクトン群集に変化を与える程大きくはない。
- (2) 厚岸湾付近では紫外線B放射量の増加は植物プランクトンの生理状態に影響を与えたが、海水の鉛直混合等によって回復するので植物プランクトン群集には変化が現れなかった。

紫外線B放射量の植物プランクトンへの影響とそれらの回復は紫外線B放射量、光合成有光光子量、及び暗期の組合せによって支配されているが、紫外線B照射が長期間たとえば3週間にわたっても *Tetraselmis* sp. のように回復する速度が温度によって異なる種もあるので、上記の三者の組合せの効果にも水温によって異なる影響が示唆される。表層混合層内の海水の循環は物理的要因によって決まるもので、1回転に数時間から数日かかるとされている。今後は図10に示すモデル水柱を細胞がさまざまな周期で循環していく場合を想定して室内実験を行うことが必要である。

6. まとめ

富栄養性海域である北海道厚岸湾では20年前の植物プランクトン種組成と当研究で得られた種組成に大きな変化が無かったこと、培養実験で紫外線によって阻害を受けた細胞も紫外線を除去すると回復すること、現場実験でクロロフィルaあたりの光合成速度の増加比は2以上にもなることがあり24時間以内には回復しないこと、海洋の有光層中に占める表層紫外線の1%が到達できる層の割合が少ないことから、厚岸湾の植物プランクトンは海水の鉛直混合等によって1日の昼夜の明暗周期を利用して紫外線の影響を受けるものの回復していることが示唆された。

7. 参考文献

- 1) Taguchi, S., K. Iseki (1977) Phytoplankton flora, Akkeshi Bay. In : Hogetsu K, Hatanaka M, Hanaoka T, Kawamura T (eds), Productivity of Biocenoses in Coastal Regions of Japan, JIBP Synthesis Vol.14, Tokyo, Univ. Tokyo Press, pp.227-232.
- 2) Guillard, R.R.L. & J.H. Ryther (1962) Studies of marine planktonic diatoms. I. Cyclotella nana Hustedt and Detonula confervacea (Cleve) Gran. Can. J. Microbiol. 8:229-239.
- 3) Hasle, G.R. (1978) The inverted-microscope method. In : Sournia, A (ed), Phytoplankton manual, UNESCO, Paris, pp.88-96.
- 4) Thronsdon, J. (1978) Centrifugation. In : Sournia, A. (ed), Phytoplankton manual, UNESCO, Paris, pp.98-103.
- 5) Holm-Hansen, O., C.J. Lorenzen, R.N. Holmes and J.D.H. Strickland (1965) Fluorometric determination of chlorophyll. J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer. 30:3-15.
- 6) Satoh, H., Y. Yamaguchi, N. Kokubun and Y. Aruga (1985) Application of infraed absorption spectrometry for measuring the photosynthetic production of phytoplankton by the stable ^{13}C isotope method. La mer 23:171-176.
- 7) Jeffrey, S.W., G.F. Humphrey (1976) New spectrometric equations for determining chlorophyll a, b, c, and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. Biochem. Biophys. Pflanz. 167:191-194.
- 8) Duursma, E.K. (1974) The fluorescence of dissolved organic matter in the sea In : Jerlov, N.G. & Steeman Nilsen (eds), Optical aspects of oceanography, Academic Press, London, pp.237-256.