

海洋生物におよぼす紫外線の影響

1. UV-B 照射によるホソメコンブの配偶体の成長阻害

矢部和夫¹・牧野 愛²・鈴木 稔²

¹北海道東海大学工学部海洋開発工学科 (〒005 札幌市南区南沢5条1丁目1の1)

²北海道大学大学院地球環境科学研究科物質環境科学専攻 (〒060 札幌市北区北10条西5丁目)

K. Yabe¹, M. Makino² and M. Suzuki² 1996: The influence of ultraviolet irradiation on marine organisms. 1. Growth inhibition on gametophytes of *Laminaria religiosa* induced by UV-B irradiation. Jpn. J. Phycol. (Sôrui) 44:139-144.

Spores of *Laminaria religiosa* settled on the glass slides were irradiated with UV light of various qualities, then incubated at 10°C at 10L : 14D. Wet weight of young sporophytes on a unit area of each glass slide was measured two months after the UV irradiation. The results obtained showed that the growth of gametophytes was strongly inhibited by irradiation with UV-B (320-280 nm). The inhibition rates were about 50, 70 and 90% for 0.5, 1 and 3 KJm⁻² of damaging-UV, respectively. These results indicate that the reproduction of *L. religiosa* in shallow waters might be inhibited by sun light since the maximum of the mean value of daily amount of damaging-UV in July 1994 at Sapporo was reported to be 0.7KJm⁻².

Key Index Words : Cut-off filters-gametophytes-Laminaria religiosa-sunlamp-UV-B

¹ Department of Marine Sciences and Technology, School of Engineering, Hokkaido Tokai University, Sapporo, 005 Japan.

² Division of Material Science, Graduate School of Environmental Earth Science, Hokkaido University, Sapporo, 060 Japan.

近年、クロロフルオロカーボン (CFC) 等による成層圏オゾン層の破壊が進み、紫外線量は増加しつつあり (Scott *et al.* 1988, Blumthaler and Ambach 1990), その生態系への悪影響の兆候も現れ始めているといわれる (Sullivan and Teramura 1989, 1992)。特に成層圏オゾン層の破壊につれて増加し生体への悪影響も大きいと言われている中波長紫外線 (320~280 nm: UV-B) については、多くの陸上植物に対する影響が調べられているが (Shibata *et al.* 1991, Takeuchi 1993, Lois 1994, 武田 1993, 熊谷 1994, Ros and Tevin 1995), 海中に生育する海藻も、浅所では紫外線の影響を強く受けることが示されている (Sivalingam and Nishizawa 1990, Maegawa *et al.* 1993)。北海道ではコンブ類の生産量が漸減傾向にあるが (駒木 1993), この現象についても紫外線量増加との関係を検討する必要がある。

これまでコンブ類の生育に対する紫外線の影響についての知見は得られていないが、この仲間の海藻でも潮間帯に生育する個体は、干潮時には太陽光に直接さらされるため、とくに紫外線の影響を強く受ける可能性がある。本研究では北海道の日本海沿岸で生産量の激減している1年生のホソメコンブを材料として選び、配偶体の初期発生に対する紫外線照射の影響を調べることにした。

材料と方法

小樽市祝津海岸で1994年10月から12月にかけて採取したホソメコンブの成熟藻体からおよそ 2×10^5 cell ml⁻¹ の遊走子液を調製し、半分にカットしたスライドガラス10枚を敷いた直径14.5 cmのペトリ皿に遊走子液100mlを注ぎ、暗所に一夜静置した。このようにし

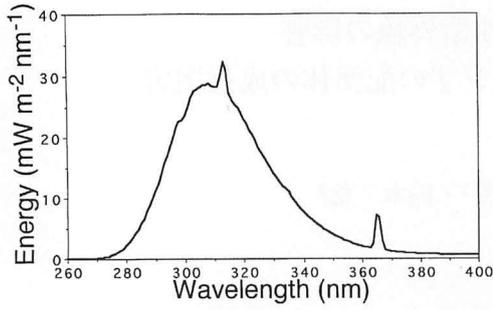


Fig. 1 Spectral properties of UV radiation from a Toshiba FL-20E sunlamp.

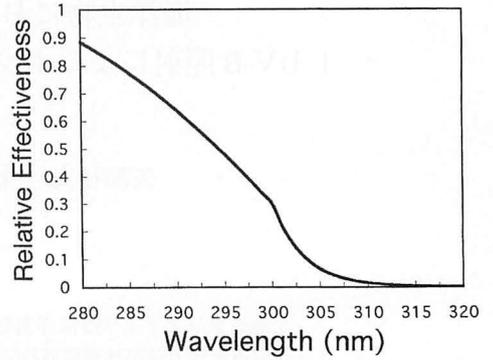


Fig. 4 Action spectrum of Damaging-UV (DUV) .

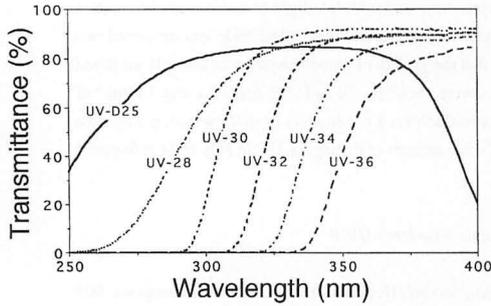


Fig. 2 Transmittance spectra of the cut-off filters used in the present study.

Table 1 Amount of Damaging-UV (DUV) in the light supplied from a sunlamp and passed through each filter for 1 hour.

Filter	Energy (J m ⁻²)
UV-D25	332.73
UV-28	215.60
UV-30	45.00
UV-32	0.50
UV-34	0.01
UV-36	0.00

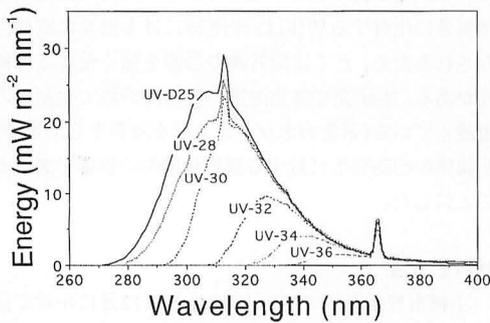


Fig. 3 Spectral distribution of UV light supplied from a sunlamp and passed through each of cut-off filters.

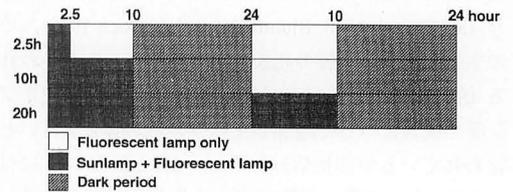


Fig. 5 Program of UV irradiation on the samples.

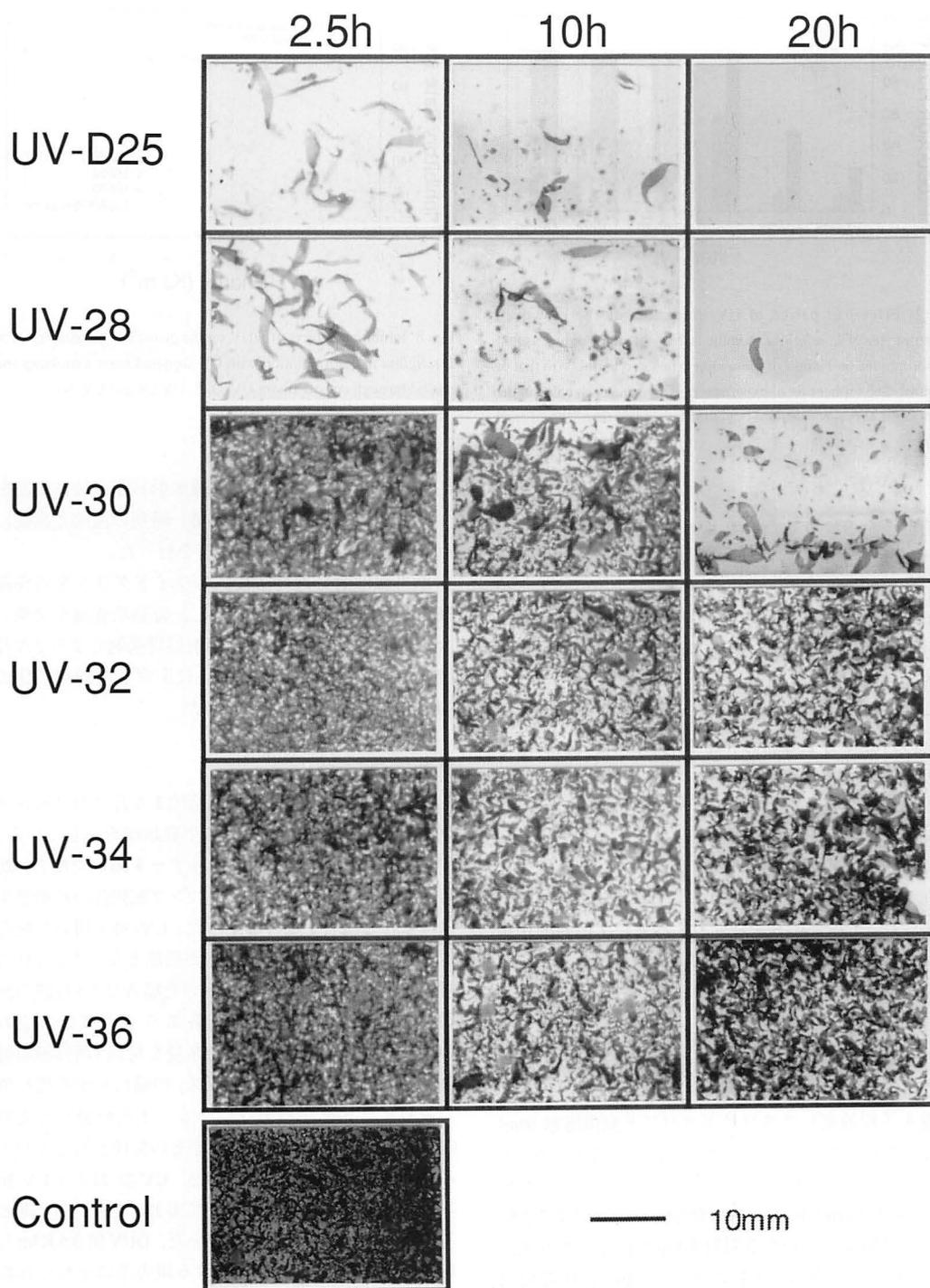


Fig. 6 Young sporophyte of *Laminaria religiosa* on the glass slides two months after UV irradiation for 2.5, 10 and 20h using a sunlamp and cut-off filters.

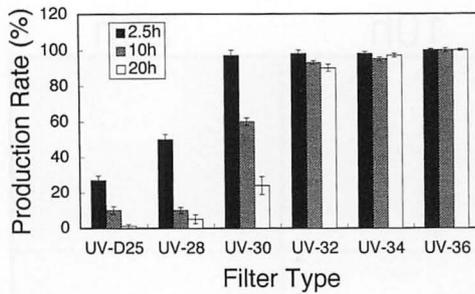


Fig. 7 Effects of period of UV irradiation on the growth of gametophytes of *L. religiosa*. A value is the percentage of wet weight of sporophytes on 10mm² of glass slide irradiated with UV to that of a control. The replication of experiments is five and each value in the figure is the average. Standard deviations were less than 20% of each average.

て遊走子を着底させたスライドガラスを多数用意し、1枚ずつ滅菌海水10mlの入った直径5cmのペトリ皿に移し、それぞれに所定の紫外線照射処理を行った。紫外線照射のための光源としてはToshiba健康線ランプFL-20Eを用いたが、その20cm離れた位置における光の紫外域のスペクトル分布として、スペクトロラジオメーターPGD-25C(日本分光株式会社製)によってFig. 1が得られた。分光分布の異なる6通りの紫外線を得るために、紫外線カット・オフ・フィルター、Hoya UV-28, UV-30, UV-32, UV-34, UV-36, Toshiba UV-D25(各50mm x 50mm)を用いた。各フィルターの透過スペクトルはFig. 2に示したが、健康線ランプからの光の各フィルター透過後のスペクトル分布はFig. 3のようになった。それぞれのスペクトル分布に米国政府産業衛生学会議(ACGIH)による紫外域の許容被曝基準作用スペクトル(Fig. 4)の荷重をかけて波長積分してDamaging-UV(DUV)の値を求めたが、それらをフィルターごとに照射時間1時間あたりの値として表わすとTable 1のようになる。

遊走子が着底したスライドガラスと滅菌海水10mlの入った直径5cmのペトリ皿の上に紫外線カット・オフ・フィルターを被せ、周りからの光をさえぎった状態で、直上20cmの位置からの健康線ランプによる2.5, 10および20時間にわたる照射をFig. 5に示した方式によって行った。紫外線照射処理の後、10℃、10時間明期(蛍光灯光20-25μmol m⁻²s⁻¹):14時間暗期の条件下で培養を行うことにしたが、2.5時間照射区では紫外線照射終了後7.5時間の蛍光灯照射を続けてから暗期を

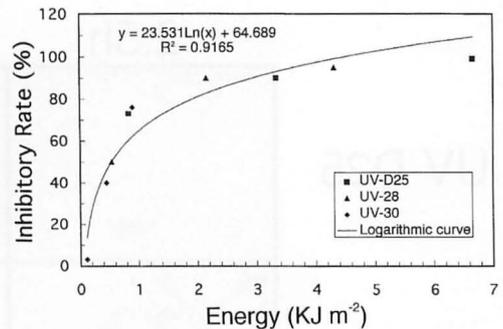


Fig. 8 Inhibitory effects of DUV on the growth of gametophytes of *L. religiosa* in the irradiation with UV supplied from a sunlamp and passed through cut-off filters UV-D25, UV-28 and UV-30.

与え、10時間照射区では紫外線照射終了直後に暗期を与え、また20時間照射区では第一暗期の直前と直後にそれぞれ10時間の紫外線照射を行った。

紫外線照射処理終了後、スライドガラスを培養液PESI(Kawashima 1984)に移し、毎週培養液を交換しながら培養を行い、紫外線照射処理開始時から2カ月後の時点でスライドガラス上に生育した幼孢子体の10mm²あたりの生産量を求めた。

結果

Fig. 6は紫外線照射処理開始後2カ月における各スライドガラス上の幼孢子体の生育状況を示している。UV-32からUV-36までのフィルターを用いた場合、20時間の照射によってもホソメコンブ配偶体の初期発生はほとんど阻害を受けなかった。UV-30を用いた場合は20時間の照射で初めて阻害が明瞭となった。これに対して、UV-D25, UV-28を用いた場合は2.5時間の照射で阻害が顕著となった。各スライドガラス上の10mm²あたりの幼孢子体の生産量を対照(紫外線照射を受けなかったスライドガラス)の値に対する相対値で表わすとFig. 7のようになる。また照射した光のDUV値と配偶体初期発生阻害率との関係として表わすとFig. 8のようになり、UV-D25, UV-28およびUV-30のいずれのフィルターを用いてもDUV値と阻害率との関係はほぼ同一の曲線を描いた、DUV値0.5 KJm⁻², 1 KJm⁻²および3 KJm⁻²における阻害率はそれぞれ約50%, 70%および90%であった。

考察

健康線ランプと6種の紫外線カット・オフ・フィルターの組み合わせによって得られた6通りの光は、互いにスペクトル分布を異にするものであるが、UV-D25, UV-28 および UV-30 の各フィルターの透過光の主成分はUV-Bであるのに対して、UV-32, UV-34 および UV-36 の各フィルターの透過光の主成分はUV-Aである。前3者のフィルターを用いた紫外線照射によって、ホソメコンブ配偶体の初期発生は、試みた範囲内で明瞭な阻害を受け、その阻害率はDUV値0.5, 1 および 3 KJm^{-2} でそれぞれ50, 70 および90%となることが明らかとなった。これに対して、後3者のフィルターを用いた紫外線照射によるホソメコンブ配偶体初期発生の阻害率は、試みたいずれの場合においても、ほとんどゼロであった。しかし、本研究の結果からはUV-Aがホソメコンブ配偶体の初期発生に影響をあたえないものと断定することはできない。なぜならUV-32透過光の光量はUV-30の1%ほどしかなく、UV-34及びUV-36のそれはさらに小さいからである。UV-30透過光によるホソメコンブ配偶体初期発生の阻害効果は10時間照射では不明瞭であり、20時間照射によってはじめて顕著となったが、UV-32透過光を20時間照射しても、その積算光量はUV-30透過光を10時間照射した場合の積算光量よりかなり小さいのである。ホソメコンブ配偶体の初期発生に対するUV-Aの影響についての研究は今後に残された課題である。UV-Bのホソメコンブ配偶体の初期発生に対する影響の度合は本研究によって明らかとなったが、それはホソメコンブの生態上無視出来ないほど大きいと言える。気象庁によると1994年7月の札幌における日積算DUV量の月平均値の最大値は 0.70 KJm^{-2} (Japan Meteorological Agency 1996) であるという。本研究の結果からは 0.7 KJm^{-2} のDUVがホソメコンブ配偶体の初期発生を約70%阻害することが明らかであると言える。ホソメコンブその他のコンブ類の生育帯の上限付近は、大潮を中心とする数日間干潮時に通算してこれを越える量のDUVを被曝する可能性があり、最近各地で進行している磯焼けに対する紫外線の関与を検討する必要があるものと考えられる。

謝辞

本実験への助言および各種スペクトルの測定を行っていただきました、北海道東海大学工学部生物工学科・竹内裕一教授に心より御礼申し上げます。

引用文献

- Blumthaler, M. and Ambach, W. 1990. Indication of Increasing Solar Ultraviolet-B Radiation Flux in Alpine Regions. *Science* 248 : 206-208.
- Japan Meteorological Agency. 1994. Annual Report on Monitoring the Ozone Layer, No. 5 Observation Results for 1993.
- Japan Meteorological Agency. 1996. Annual report of ozone layer monitoring : 1995.
- Kawashima, S. 1984. Kommbu cultivation in Japan for human food stuff. *Jpn. J. Phycol* 32 : 379-394.
- 駒木 成 1993: 日本沿岸域の水温変動に伴うコンブ植生の変化及びその生産量に関する調査 海洋生物環境研究所 (報告書): p. 1-29.
- 熊谷 忠 1994: イネと紫外線 UV-B の影響を中心に. *化学と生物* . 32 : 506-512.
- Lois, R. 1994. Accumulation of UV-absorbing flavonoids induced by UV-B radiation in *Arabidopsis thaliana* L. 1. Mechanisms of UV-resistance in *Arabidopsis*. *Planta* 194 : 498-503.
- Lubin, D. and Jensen, E. H. 1995. Effects of clouds and stratospheric ozone depletion on ultraviolet radiation trends. *Nature* 377 : 710-713.
- Maegawa, M., Kunieda, M. and Kida, W. 1993. The influence of ultraviolet radiation on the photosynthetic activity of several red algae from different depths. *Jpn. J. Phycol* 41 : 207-214.
- Ros, J. and Tevini, M. 1995. Interaction of UV-radiation and IAA during growth of seedlings and hypocotyl segments of sunflower. *J. Plant Physiol.* 146 : 295-302.
- 佐々木 政子 1993. 太陽放射中の UV-B、UV-A の測定と評価. 東海大学開発技術研究所 研究報告書: p. 584-588.
- Scotto, J., Cotton, G., Urbach, F., Berger, D. and Fears, T. 1988. Biologically effective ultraviolet radiation : Surface measurements in the United States, 1974 to 1985. *Science* 239 : 762-764.
- Shibata, H., Baba, K. and Ochiai, H. 1991. Near-UV irradiation induces shock proteins in *Anacystis nidulans* R-2 ; Possible role of active oxygen. *Plant Cell Physiol.* 32 : 771-776.
- Sivalingam, P. M. and Nisizawa, K. 1990. Ozone hole and its correlation with the characteristic UV-absorbing substance in marine algae. *Jpn. J. Phycol* 38 : 365-370.
- Sullivan, J. H. and Teramura, A. H. 1989. The effects of

- ultraviolet-B radiation on loblory pine. 1. Growth, photosynthesis and pigment production in greenhouse-grown seedling. *Physiol. Plant.* 77 : 202-207.
- Sullivan, J. H. and Teramura, A. H. 1992. The effects of ultraviolet -B radiation on loblory pine. 2. Growth of field-grown seedlings. *Tree* 6 : 115-120.
- 武田幸作 1993. フラボノイド色素合成の光制御と生理学的意義. *化学と生物* 31 : 563-565.
- 竹内裕一 1987. 環境庁「オゾン層保護検討会」編 オゾン層を守る. 日本放送出版協会 p. 48-57.
- Takeuchi, Y., Ikeda, S. and Kasahara, H. 1993. Dependence on wavelength and temperature of growth inhibition induced by UV-B irradiation. *Plant Cell Physiol.* 34 : 913-917.
- 鳥居茂樹・田沢信雄 1987. 北海道におけるコンブ生産について. *北水試月報* 44 : 275-334.
- (Received March 8, 1996 ; Accepted September 3, 1996)