

A-5 紫外線の増加が植物等に及ぼす影響に関する研究

(3) 紫外線増加が森林植生に及ぼす影響とその適応機構に関する研究

研究代表者 森林総合研究所 森林環境部森林災害研究室 岡野通明

農林水産省 林野庁 森林総合研究所

森林環境部	森林災害研究室	岡野 通明 吉武 孝
	気象研究室	大谷 義一
	森林災害研究室	中村 幸一(千葉大学)

平成5～7年度合計予算額	30,668千円
(平成7年度予算額)	11,915千円)

[要旨]

成層圏オゾン量減少が顕在化しており、それによって引き起こされる紫外線量増加による生物影響が懸念されている。森林生態系では樹木等が永年的かつ長期間にわたり強紫外線に曝されるために、特に影響が大きいと予想される。

本研究では森林の更新・更生機構の観点に立ち、次世代の森林を担う稚樹・幼樹等の下層植生の反応に着目して、B領域紫外線(以下UV-B)量増加による森林植生への影響の評価に関する研究を行なった。

紫外線の植物影響調査のため、短期および長期に渡る紫外線照射実験を実施した。本年度は、主にアカエゾマツとブナの稚苗を短期UV-B照射試験に供試した。発芽直後のアカエゾマツとブナ実生稚苗に対しては短期間の照射にもかかわらず、顕著な影響を及ぼすことが明らかとなった。強度のUV-B照射により葉の障害が著しく、形態変化や苗の枯死を伴う障害を受けた。

連続照射開始から2年目を迎えた長期照射試験では、主に可視的な影響発現の観察や生長量の測定を行った。昨年度の実験では、UV-B照射による落葉期のブナ幼苗の葉色変化の促進が観察されたが、本年度は処理による差異は認められなかった。またこれらの幼苗に対しては可視的な障害を与えることは少なかった。

トドマツ、アカエゾマツ、ブナの各幼苗ともに紫外線の照射により生長阻害の影響を受け、特に伸張生長が抑えられる傾向が見られた。本実験により、紫外線照射が樹木の稚苗や幼苗に形態の変化や生長量の抑制などの影響を及ぼす可能性のあることが明らかになった。

また高山帯における紫外線強度の予測に関する研究では、1993年度より行っている

山岳地の全天放射スペクトルの観測と、低地での全天放射スペクトルを比較することにより、高山帯における紫外線の潜在的な強度について見積りを行った。高山帯の紫外線量は実測と推定により、標高の低い地点より紫外線強度が潜在的に相当大きいことが示された。

[キーワード] UV-B、森林植生、群落内光環境、放射伝達モデル、植物影響

1. はじめに

本研究では森林の更新・更生機構の観点に立ち、次世代の森林を担う稚樹・幼樹等の下層植生の反応に着目して、B領域紫外線(以下UV-B)量増加による森林植生への影響の評価に関する研究を行なっている。森林樹木等の永年性植物については影響が長期化し、また環境変化に対する緩衝能の高い森林が衰退する等の懸念がある。全球的な生態系への影響評価においてもバイオマスの多くを占める森林に関する研究が重要視されている。

紫外線の植物影響調査には紫外線照射実験を実施している。紫外線照射による林木への影響については特に知見が少なく、可視的あるいは定性的な影響発現さえ観察されていない。本年度は、主にアカエゾマツとブナの幼苗と稚苗をUV-B照射試験に供試した。可視的な影響発現の測定と観察の結果と共に、2年目を迎えた長期照射試験の結果について報告する。また高山帯における紫外線強度の予測に関する研究の成果についても合わせて報告する。

2. 紫外線照射による樹木への影響調査

2.1 研究方法

2.1.1 実生稚苗へのUV-B照射試験

人工光型人工気象室内に設置した紫外線照射装置を用いて、実生苗へのUV-B照射試験を行った。人工光源は蛍光灯とレフランプを合わせて用い、UV-Bランプを使用してB領域紫外線を付加させた。日長は明期/暗期を12/12時間、昼温/夜温は25/15℃に制御した。UV-Bは明期の時間中、照射した。照射強度はUV-B付加量で、対照区の 0.15Wm^{-2} から最も強い処理区の 1.21Wm^{-2} の間に設定した。

樹種は昨年度に感受性が大きいと判定された針葉樹のアカエゾマツと、北半球で同族がひろく分布している広葉樹のブナを供試した。種子をバーミキュライトに播種し、標準水耕液を用いた液耕で栽培した。発芽時からUV-B照射を開始し、実生苗に現れる可視的変化を観察した。

2.1.2 幼苗へのUV-B照射試験

屋外に設置した紫外線照射装置を用いて、幼苗へのUV-B照射試験を行った。UV-B照射強度はUV-Bランプと供試体の頂部との距離で調節した。本試験地の夏の晴天時に観測される自然光UV-B日積算値を約35,000J/m²と見込み、その約2.5~3倍の照射量を与える処理区を最も強い処理として設定した。詳細な強度については1995年度の波長別紫外域日射観測(気象庁高層气象台)の値をもって補正する。照射時間は日出1時間後から日没1時間前までとした。

ポット植えのトドマツ、アカエゾマツ、ブナの幼苗を供試し、1994年晩夏から連続的に照射している。個体毎に生長量や光合成量の測定と、各部位の可視的な変化の観察を行った。

2.2 結果

2.2.1 稚苗で発現したUV-B照射の影響

アカエゾマツでは昨年度とほぼ同様の結果が再現され、生育や形態に著しい可視的影響発現が認められた。発芽後まもなく、UV-B照射強度に伴う実生苗の形態変化が生じ、UV-Bの照射強度の増大に従い葉が下垂する個体が増加した。昨年度と同様に、最も強い処理区では葉端から褐変が生じ、数日間で褐変が葉全体に展開して枯死に至る個体が認められた。総観的には対照区の稚苗は強健で葉色の色相が高く、UV-B照射が強くなると軟弱に生育し葉色も色相が低くなる傾向にあった。

昨年度に得た結果では、地表面から初生葉までの節間長は対照区で短く、UV-B照射強度に従って長くなっていった。本年度では従来の研究で記述されているような紫外線照射が植物の伸張生長を抑制する結果を得た(図1)。針葉の伸張も同様の傾向を示した。

反復実験により、アカエゾマツの実生苗は紫外線照射に感受的で、照射強度の増大に伴って形態変化や生長阻害が発現することが明らかになった。

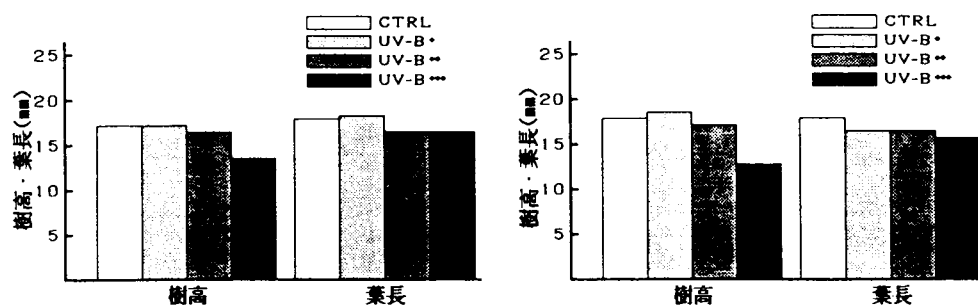


図1 アカエゾマツ実生稚苗の樹高と葉長に及ぼすUV-B照射の影響
(異なる反復実験の結果)

ブナ実生では、生育や形態に著しい可視的な影響発現が認められた（写真1）。発芽後、子葉の展開期までは可視害は認められないが、初生葉の展開と同時にUV-B照射強度に伴う著しい形態変化が生じた。形態変化は、葉の褐変、葉色明度の低下および彩度の増加、奇形斑、萎凋とそれにともなう葉面積の減少、葉面の光沢化、葉の肉厚化等である。総観的にも対照区の稚苗は強健であり、UV-B照射量の増加に伴い苗は形態変化の程度を強めた（写真2）。

ブナ実生の生長量への紫外線照射の影響の例として、伸張生長と葉の形態変化に伴う単葉当りの葉面積への影響について図2に示した。生長量を示す各要素はおおむね照射強度に従って減少しており、紫外線照射によりブナ実生の生長阻害が発生したと考えられる。ただし発芽後の障害により枯死に至った個体は認められなかった。

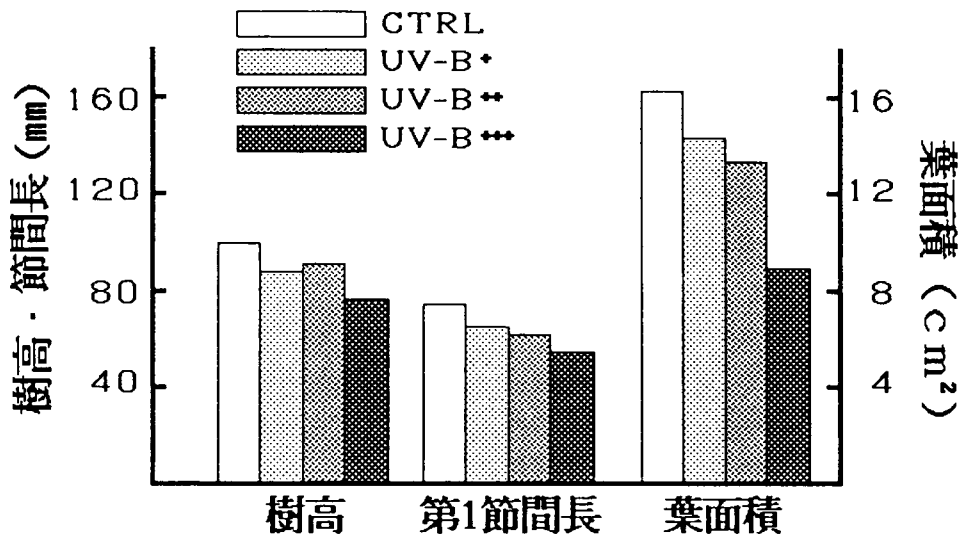


図2 ブナ実生稚苗の樹高と単葉の葉面積に及ぼすUV-Bの影響

2.2.2 幼木で発現したUV-B照射の影響

1994年秋期から屋外の紫外線照射装置を用いた幼木への長期照射試験を継続している。人工気象室内での稚苗に対する照射試験とは異なり、本年度中に形態や樹勢に及ぼす影響はほとんど確認できなかった。

唯一、照射強度の大きい処理区のアカエゾマツでは樹高が押えられ、矮化する形態変化が認められた（写真3）。

94年の秋に発現した、照射強度の違いによるブナの紅(黄)葉の進行速度の差異は、95年度では認められなかった。

94年から95年までの1年間の伸張生長および肥大生長を、樹高と枝下直径の値を用

いた相対量として図3に示した。ブナ(対照区は夏季の病害虫による被害を受けている)とアカエゾマツでは紫外線の照射強度に伴い伸張生長が押えられ、幹の肥大生長は促進される傾向があった。トドマツでは肥大生長が、逆に抑制された。

本照射試験は現在も継続中である。春期の生長期を迎える今後に注目している。

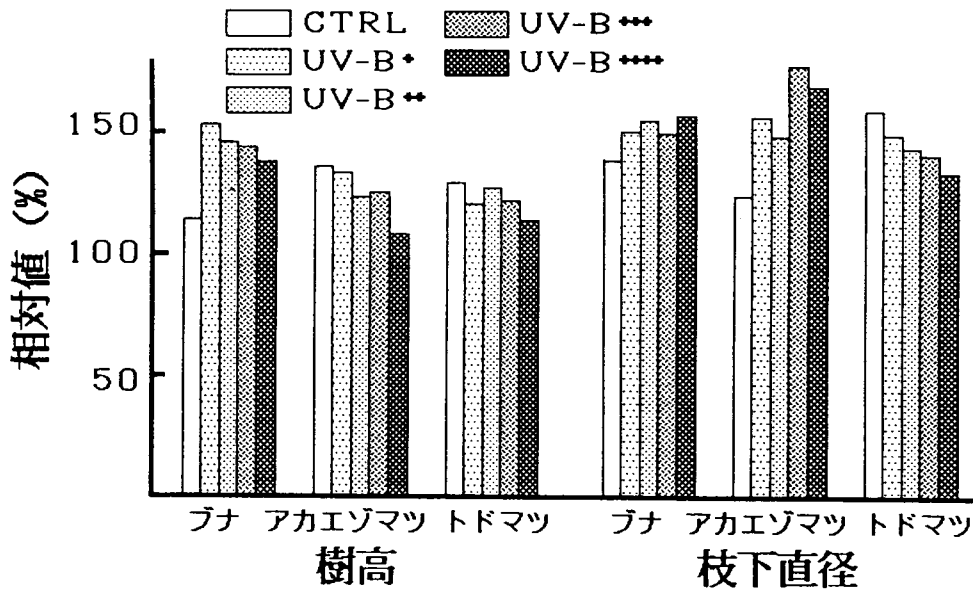


図3 ブナ、アカエゾマツ、トドマツの幼木の伸張・肥大生長に及ぼすUV-B照射の影響(1994年から1995年までの相対生長量,94年を100%とした)

3. 高山帯における紫外線強度の予測

3.1 研究方法

1993年度より行っている山岳地の全天放射スペクトルの観測と、低地での全天放射スペクトルを比較することにより、高山帯における紫外線の潜在的な強度について見積りを行った。

全天放射スペクトルは、日本分光製のMD-10分光放射計を用いて観測した。観測地は富士山南面の片蓋山付近(標高約1,500m)、乗鞍岳山塊の大黒岳山頂(標高約2,800m)および荃崎(森林総合研究所)である。測定したデータセットと、気象庁高層気象台(つくば市館野)による波長別紫外域日射観測データセットを解析した。

3.2 高山帯における紫外線強度の推定結果

観測したデータセットの中から、条件の良い晴天日の観測を行うことができた1995年秋の大黒岳山頂の紫外域可視域全天放射スペクトルと荃崎の同時期のスペクトルを比較した。

大黒岳山頂の正午付近のスペクトルを、同じく荃崎のスペクトルで波長別に除した無次元数を、さらに可視域(400nm~800nm)の平均値で除し、正規化した波長別強度のトレンドを求めた(図4)。この図中で、短波長側が正規化した基線から正に発散していることは、荃崎と乗鞍大黒岳で同じ可視域の放射(スペクトル)が与えられた場合、大黒岳では短波長すなわち紫外域で相対的に高い分光放射を有していることを示している。

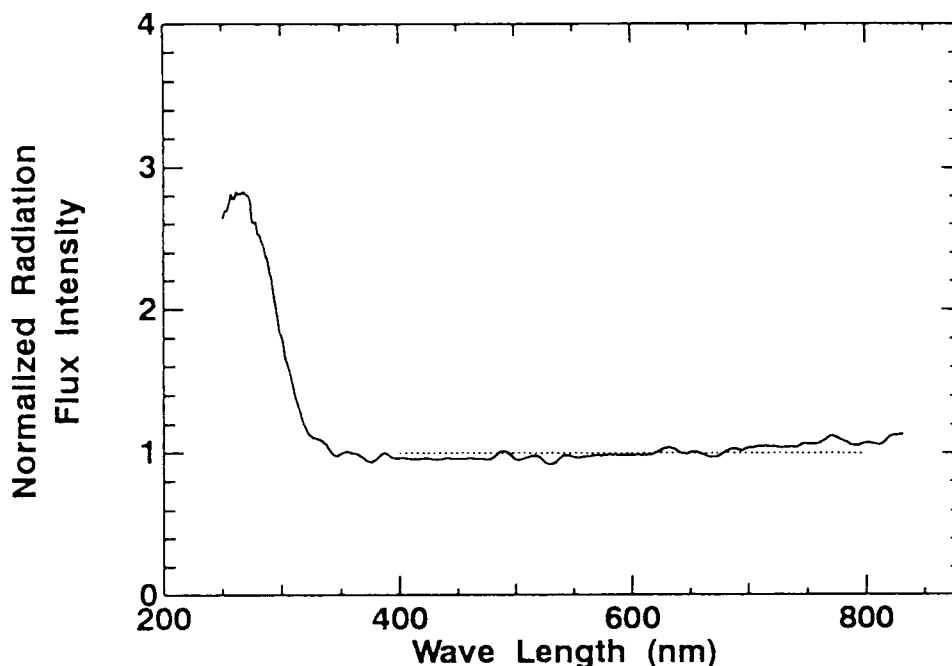


図4 乗鞍と荃崎における正規化されたスペクトル分布の差異

図4の波長別の係数を、気象庁高層気象台(つくば市館野)による波長別紫外域日射観測値に乗じることにより、つくばのデータから大黒岳のスペクトル分布を推定した例を図5に示す。乗鞍大黒岳の推定値は荃崎の値と比較して、総UV-B量で約1.3倍、生物学的影響重みづけ係数(Caldwell, 1971)を乗じた量では約1.6倍多くなった。

前述したように、同じ可視光域放射量が与えられたという仮定において、高山帯ではUV-B照射量がかなり多くなることが予想される。

さらに高山帯では放射が透過してくる大気層が薄いため、太陽放射量全量が低地に比較して大きい。図6に乗鞍と荃崎で観測した、理想的な条件に近い晴天時の紫外領域全天放射スペクトルを示す。観測した月日には隔たりがあるが、乗鞍では紫外域の放射量が非常に大きいことは明らかである。正規化した条件で仮定した量をはるかに超えた紫外線が照射されていることが予想される。図中ではスペクトル中にUV-Cの存在も認められた。紫外線による高山帯での生物学的影響を検討するには、さらに基礎データの蓄積が必要である。

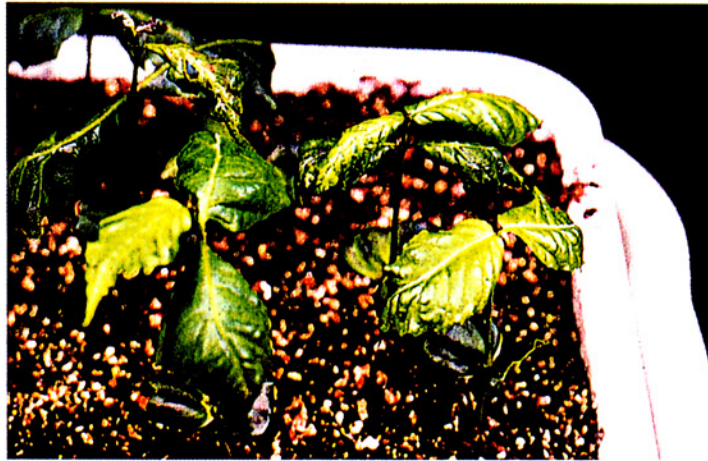


写真1 UV-B照射によって生じたブナ実生稚苗の可視害

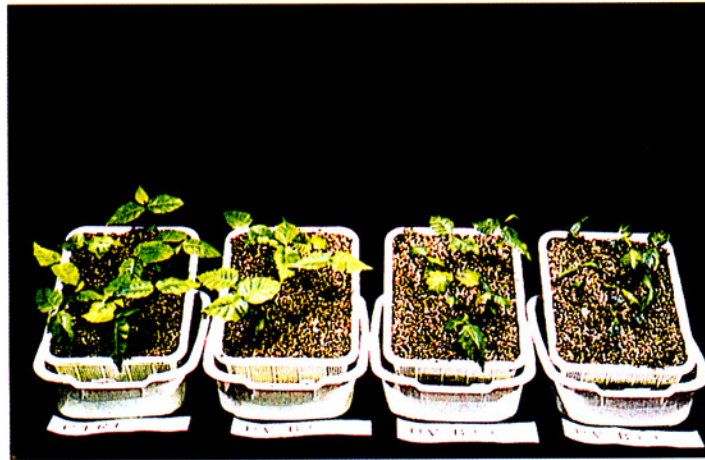


写真2 UV-B照射によるブナ実生稚苗の可視害の比較
(左より対照区, UV-B⁺, UV-B⁺⁺, UV-B⁺⁺⁺)



写真3 UV-B照射によるアカエゾマツ幼木の矮化
(左: 処理区, 右: 対照区)

4. まとめ

成層圏オゾン量減少が顕在化しており、それによって引き起こされる紫外線量増加による生物影響が懸念されている。森林生態系では樹木等が永年的かつ長期間にわたり強紫外線に曝されるために、特に影響が大きいと予想される。

森林植生への影響に関する研究の基礎データとして、広域にわたる森林分布や森林群落の階層性を考慮した紫外線環境の予測がまず必要である。本研究では気象庁の紫外線観測データを使用し、群落の波長別放射伝達モデル(大谷ら, 1993)を適用して、森林植生に影響を与える紫外線環境の推定を行った。

森林群落下端に到達する紫外線量は林冠上に照射される強度に比較して、粗な植被(LAI=1)では1/2オーダー、閉鎖した植被(LAI=5)では2オーダー程度減衰すると推定された。密に閉鎖した植被(LAI=10)では4オーダー以上減衰し、UV-Bは林床にほとんど到達しないことが示された。

紫外域では波長別の全天放射束密度の地域差が大きく、林床に到達する紫外線量の比較では波長が短くなるに従いその差が大きくなる傾向にあった。

また高山帯の紫外線量は実測と推定により、標高の低い地点より紫外線強度が潜在的に相当大きいことが示された

森林の更新・更生機構の観点に立ち、木本性樹種トドマツ、アカエゾマツ、ブナ、ミズナラ、シラカシ、カラマツの実生稚苗と数年生の幼苗を紫外線照射試験に供試し、主に可視的な影響発現の観察や生長量の測定を行った。

発芽直後の実生稚苗に対しては短期間の照射にもかかわらず、顕著な影響を及ぼすことが明らかとなった。特にアカエゾマツやブナの稚苗では、強度のUV-B照射により葉の障害が著しく、形態変化や苗の枯死を伴う障害を受けた。

UV-B照射は落葉期のブナ幼苗の葉色変化を促進したが、他の樹種の幼苗に対しては可視的な影響を与えることは少なかった。長期照射試験では、トドマツ、アカエゾマツ、ブナともに紫外線の照射により生長阻害の影響を受け、特に伸張生長が抑えられる傾向が見られた。

本実験により、紫外線照射が樹木の稚苗や幼苗に形態の変化や生長量の抑制などの影響を及ぼす可能性のあることが明らかになった。

研究発表の状況

岡野通明, 神保亮, 吉武孝, 大谷義一, UV-B照射によって発現する林木苗の可視的影響,
日本農業気象学会1995年度全国大会講演要旨

引用文献

Caldwell, M.M. 1971. Solar UV irradiation and the growth and development of higher plant.

In *Photophysiology VI*, Academic Press, NY. pp.131-268.

大谷他, 1993. 落葉広葉樹林の放射伝達と林内微気象形成過程,

日本農業気象学会1993年度全国大会要旨, pp314-315.