

# オゾン層破壊に伴う紫外線放射量の増加による植物への影響

誌名	農林水産技術研究ジャーナル
ISSN	03879240
著者	野内, 勇
巻/号	12巻8号
掲載ページ	p. 20-27
発行年月	1989年8月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## オゾン層破壊に伴う 紫外線放射量の増加による植物への影響

野内 勇

大意 近年、フロンガスの大量放出により、成層圏のオゾン層が破壊され、それに伴ってUV-B (280~320nm) と呼ばれる紫外線の放射量が特異的に増加する。このUV-B放射量の増加は、多くの植物の光合成を阻害し、葉面積の展開を減少し、全乾物重を低下させ、農作物の収量の減少をもたらす。また、UV-Bに対する感受性に植物種間で大きな差異があるため、UV-B放射量の増大は植物種間あるいは生物種間の競争関係に影響し、生態系に微妙な影響を及ぼす可能性がある。なお、可視光はUV-Bによる障害を回復する作用をもち、表皮中に存在するフラボノイドはUV-Bの放射を防御する機能がある。

### 1. はじめに

近年、フロンガスの大気中への大量の放出により、成層圏のオゾン層が破壊されつつある。成層圏のオゾンは太陽の紫外線を吸収し、地表面に到達する光を、生物にとって事実上無害なものにする役割を果たしている。紫外線はその波長により、可視光に近い長波長側からUV-A (320-400nm)、UV-B (280-320nm)、UV-C (280-200nm)の3つに区分されている。UV-Aは人間の眼には見えないが昆虫の視覚には重要であり、UV-Bは皮膚の日焼けや紅斑を生じ、UV-Cは殺菌作用がある。オゾンは紫外部に強い吸収があるため、成層圏のオゾンにより290nm以下の波長の短い紫外線はほぼ完全に吸収され、UV-Bの一部とUV-Aが地表面に到達している。アメリカ航空宇宙局(NASA)の報告によれば、1980年レベルのフロン放出が将来

にわたって続いた場合、地球全体のオゾンの減少は平均9%と予想されている。オゾンの紫外部吸光係数が短波長では非常に高く、長波長では低いため、成層圏オゾンが破壊されてもUV-Aの放射量には変化が起らず、UV-Cはオゾン層の40%が破壊されたとしても地表面には到達しないと考えられている。すなわち、成層圏のオゾン量の減少により、紫外線のうちUV-Bが特異的に増加する。

### 2. フロンガスによるオゾン層の破壊

オゾン層は成層圏内の高度25~35kmにあり、成層圏のオゾン濃度は生成と消滅の様々なプロセスによりバランスが保たれていた。しかし、近年のフロンガスの大量の放出により、オゾン層の破壊が進行してきた。このフロンガスは電気冷蔵庫やクーラーの冷媒、スプレー剤、集積回路の洗浄剤、ウレタンなどの発泡剤として大量に使われている。フロンガスは安定なため、対流圏ではほとんど分解されずに徐々に成層圏

Isamu Nouchi: Effects of enhancement of ultraviolet radiation caused by stratospheric ozone depletion on plants

まで上昇する。特に、高度25km以上の領域まで上昇してくると、短波長(190-220nm)の紫外線の作用で分解し、原子状の塩素(Cl)を放出する。この原子状のClは反応性に富み、オゾン破壊するとともに、その後のCl O<sub>x</sub>サイクル(Cl + O<sub>3</sub> → ClO + O<sub>2</sub>, ClO + O → Cl + O<sub>2</sub>)により、オゾンを分解する。触媒として働く一個の塩素原子は平均数万個のオゾン破壊されると言われている。

### 3. UV-Bの植物に及ぼす影響

オゾン層破壊との関連で紫外線の植物に及ぼす影響は、わが国ではほんの2~3年前に関心もたれたにすぎないが、すでにアメリカでは十数年前から特に、農作物の収量にどのような影響を与えるのかが問題になり、メリーランド大学のTeramura一派とユタ大学のCaldwell一派で多くの研究が行われていた。本稿では紫外線、特にUV-Bの増加が植物に及ぼす影響について、現在まで得られている知見を整理する。

#### (1) UV-B照射装置と照射量の評価

植物へのUV-B照射実験を行う際に問題となるのは、紫外線の光源とその照射量の評価である。照射実験では、オゾン量の減少に対応したスペクトル変化を再現することが必要であるが、現実には照射光の質は使用可能なランプとフィルターの種類によって決まってしまう。紫外線ランプには東芝などで市販されている殺菌灯(ピーク波長254nm)、健康線灯(ピーク波長310nm)、ブラックライト(ピーク波長365nm)があり、UV-Bの光源としては健康線灯(sunlamp)が用いられる。このランプは310nmをピークに270~400nmの紫外線を放出する。したがって、UV-C以下の紫外線をカットするフィルターを用いなければならず、アメリカではセルロースアセテート膜(290nm以下をカット)が用いられている。また、対照区(-UV, 320nm以下をカット)用としてのフィルターも必要であり、マイラーやアクラー膜が使われている。わが国では

国立公害研究所が各種フィルターの性能を調べ、290nm以下をカットするフィルターとしては小林ケミカル社製のカットティングシート(000C)が、320nm以下をカットするフィルターとして共和ガス化学工業製のアクリル板(パラグラス)が適当であるとしている。これらのフィルターをランプの直下に取りつけるのが、強烈な紫外線により劣化し、透過率が徐々に変化するため、毎日ないしは1週間毎に取り替える必要がある。国立公害研究所の調査によるカットティングシートとパラグラスのそれぞれの光条件下での1nm毎の光エネルギー分布を図1に示した。我々の

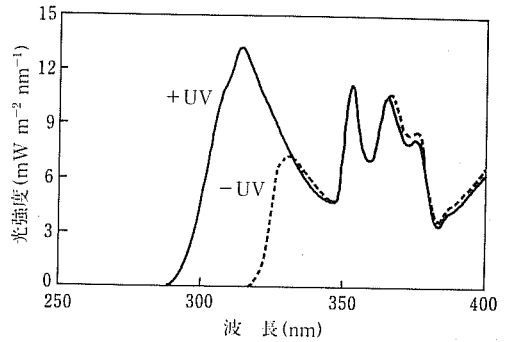
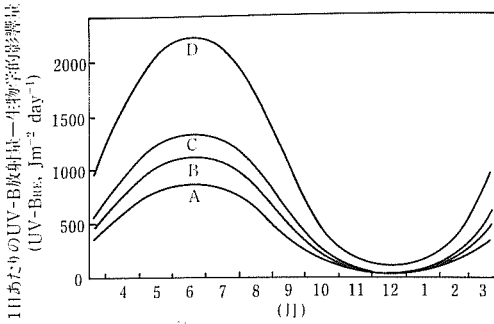


図1 カットティングシート(290nm以下カット、+UV-B照射区)とパラグラス(320nm以下カット、-UV-B照射区)を通過した紫外線強度(竹内・林田, 1987)

研究室でも国立公害研究所と同じフィルターを用いて紫外線の研究に着手している。

紫外線に対するある生物学的な反応の効果は、紫外線の波長に強く依存し、エネルギーの高い短波長の紫外線ほど影響力が強い。そのため、紫外線の照射強度を評価するために、それぞれの波長の照射強度に各波長の生物に対する相対的な効果の重みづけをする必要がある。この重みづけは各種の生物学的反応の作用スペクトルに基づいている(図2)。紫外線強度の評価には、生物学的影響量(UV-B<sub>B E</sub>)、DNAに対する影響量(UV-B<sub>DNA</sub>)などがあるが、紫外線の植物への影響の研究で最も用いられているのは、生物学的影響量で次式で表される。



注) 1日当たりのUV-B放射量を生物学的影響量で表した。図中のA、B、C、Dの実線はオゾン量がそれぞれ現在のレベルの時、15%、25%、50%減少したとき予想される紫外線量を表す

図2 UV-B放射量の季節変動(竹内・林田, 1987)

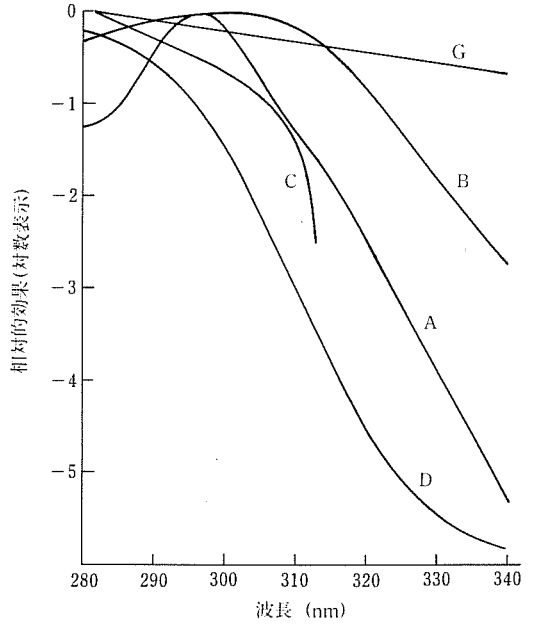
$$UV-B_{BE} = \int I(\lambda) E(\lambda) d\lambda$$

ここで、 $I(\lambda)$  は波長 $\lambda$ における照射強度、 $E(\lambda)$  は波長 $\lambda$ における相対的な効果量であり、300nmでの影響を1として基準化してある(Caldwell, 1971)。なお、Caldwell(1971)の効果量の重みづけは、数種類の異なった植物種の複合した反応に基づいた植物障害スペクトラムから得られている。

図3は竹内・林田(1987)が示した北緯36度の地点における生物学的影響量で表した1日当たりのUV-B放射量の既設変動を示したものである。図中のAの実線は現在のオゾンレベルで、B、C、Dの実線は、オゾン量がそれぞれ5, 25, 50%現在のレベルより減少した時の値を示している。これから、オゾン量が1%減少すると、UV-B放射量は約2%増加することがわかる。

(2) 紫外線による葉被害症状

我々の紫外線照射実験によると、UV-Cでは20分程度の照射で、トマト、ナス、メロン、ピーマンの葉の表面が光沢化やブロンズ化したり、ネクロシスを生じる。一方、UV-Bではそのような短時間の照射では可視被害を生じない



注) A : 人間の皮膚の紅斑  
B : Robertson-Berger マーター、太陽UVモニターのための積算放射線量に使われる。なお、このメーターは人間の皮膚の紅斑に近似してデザインされている。  
C : Caldwellにより提出された生物学的効果  
D : DNA  
G : 光合成(Hill反応)

図3 作用スペクトルから得られた各種の生物学的UV効果の重みづけ係数曲線 (Teramura, 1987)

が、キュウリのような感受性の高い植物では、500時間程度の照射で光沢化やクロロシスが発現した。なお、葉表面の光沢化はワックスが表皮に蓄積したためとされている(Steinmuller & Tevini, 1985)。

(3) 植物の生理活性に及ぼす影響

1) 光合成

UV-B照射は純光合成速度を低下させる。エンドウやダイズなどの植物でUV-Bによる光合成の低下は、Hill反応の活性の低下と平行関係にあることが見出されており(Vuら, 1981)、光化学系Iに比べて光化学系IIの方がUV-Bに対してより感受性が高い(Iwanzikら, 1983)。C<sub>3</sub>植物とC<sub>4</sub>植物のHill活性では、一般的にC<sub>3</sub>植物の方がC<sub>4</sub>植物に比べより感受性が高い

(Basiouny, 1978)。最近, Rangerら (1986) はハウレンソウから単離したクロロプラストを用いて, UV-Bの作用点が光化学系Ⅱのプラストキノンであることを報告している。UV-Bはこのように光合成の電子伝達系を阻害するばかりでなく, 炭酸固定系の酵素, 特にRuBPカルボキシラーゼの活性も低下させる(Vu, 1982)。また, 純光合成の低下はエンドウやダイズのクロロプラストへの微細構造障害と一致しており(Brandleら, 1977), 膜構造の完全性の破壊が光合成の明反応(電子伝達)と暗反応(炭酸固定)の両者に必要な組成物を部分的に障害を与えるものと考えられる。

## 2) 光合成色素

葉のクロロフィル含量に対するUV-B照射の影響も広く研究されているが, その結果は報告により様々である。いくつかの植物では, UV-B照射によりクロロフィル含量が低下するが(Vuら, 1982; Tiviniら, 1981), ほとんど影響がないとする報告も多い(竹内・林田, 1987)。UV-B照射によりクロロフィル量が減少する理由は明らかではないが, クロロフィル生合成の阻害やクロロフィルあるいはその前駆体の分解によるものと考えられる。

## 3) 非光合成色素

葉の表皮組織におけるUV-Bの減衰は, 植物のUV-Bに対する防御機構の一つと考えられる。70種近い野性植物の表皮透過の調査から, 葉の表皮組織を透過するUV-B量は, 葉の表面に照射されたUV-B量の10%以下であり, この表皮組織による吸収は, フラボノイドのようなフェノール物質によるものと考えられている(Robberrechtら, 1980)。これらの物質は植物の光合成に有効な可視領域にはほとんど吸収をもたず, 紫外部に強い吸収を持つため, UV-Bの効果的なフィルターとして機能する。最近, Shimazakiら(1988)は表皮を剥がしやすいソラマメを材料とし, 光合成の電子伝達系の活性を測定できるクロロフィル蛍光誘導期現象を使って, 紫外線の影響を検討した。表皮が存在するときには

UV-C照射によっても葉肉組織のクロロフィル蛍光誘導期が影響を受けなかったが, 表皮を剥がして葉肉組織に直接UV-C照射を行うとクロロフィル蛍光が著しく低下することを見出し, 紫外線に対する表皮による光合成の保護作用を明らかにした。さらに, UV-C照射によって表面側の表皮のフラボノイド物質が裏面側の表皮中よりも2倍も増加していることを見出しており, UVの吸収物質を含む表面側表皮がUV照射に対する葉肉の光合成機能を保護していることを証明した。

## 4) 生体内物質

強い紫外線照射下に暴露されたオオムギ, トウモロコシ, インゲンマメ, ハツカダイコンでは, 葉の可溶性タンパク質が大きく増加することが報告されている(Tiviniら, 1981)。この場合, フラボノイド生合成の前駆体である芳香族アミノ酸の合成が高まったためと推測されている。一方, 弱い可視光下で育成した植物では, UV-B照射は感受性の高い作物の葉の可溶性タンパク質を減少させた(Vu, 1982)。このような相反する結果は, 実験条件の違い, UV-B照射強度の違いや植物の種類によるものと考えられる。

竹内・林田(1987)はキュウリの子葉のUV-B照射の影響を検討し, UV-B照射は子葉のタンパク質含量ではわずかな減少, DNA, RNA, クロロフィル量には顕著な影響を与えなかったが, 一次代謝物質である糖や有機酸の含量が大きく減少したことを報告した。彼等はUV-B照射が植物の一次代謝系とりわけ光合成系に大きな影響を与えたためと考えている。

## (4) 植物の生長に及ぼす影響

### 1) 葉面積

植物の器官の中で最も環境ストレスに対して感受性の高いのは葉である。温度, 水, 養分あるいは大気汚染などの環境ストレスと同様に, UV-B照射によっても葉面積が減少する。植物育成チャンパーを用いた70種以上の種や品種のうち60%以上で, UV-B照射で葉面積の減少が

認められている (Biggs & Kossth, 1978)。最も感受性の高い植物はダイズ、インゲンマメ、エンドウ、キュウリ、スイカ、ダイオウ、コーラビ、コモチカンランであり、イネ、コムギ、オオムギ、カラスムギなどの穀類やピーナツ、ワタ、ヒマワリは葉面積に大きな影響が見られなかった。最も感受性の高い植物では、葉面積が60~70%低下した (Biggsら, 1981)。なお、このような大きな葉面積の減少は生育時に弱光下で育った植物にのみ認められており、可視光線による保護効果が観察されている。

## 2) 乾物生長

植物の全乾物重は生化学的、生理学的、生長パラメータなど全ての長期間の積算によるものであり、UV-B照射による生長への影響のよい指標となり、また、測定も容易なため、多くの報告がある。それらによると、植物の全乾物重はUV-Bによってかなり減少する。Brandleら (1977) はたった9日間のUV-B照射によってエンドウの乾物重が有意に減少したことを見出した。葉面積の減少程度は植物種間で大きな差異があり、また、植物器官へのバイオマスの分配に大きな変化を与える (Teramura, 1983a)。双子葉植物では、葉面積は減少しているにもかかわらずバイオマスの大部分は葉に配分され、茎と根への配分は少ない。ダイズ、エンドウ、インゲンマメ、キュウリのような植物種では、葉のバイオマスの増加は葉の厚みを示す葉面積比 (乾物重/葉面積) の増加の結果である。この傾向は単子葉植物では明確ではなく、種に特異的な反応と考えられる。このような全乾物重と分配へのUV-Bの大きな影響は育成チャンバーや遮光した温室の実験で得られたものである。Teramura (1980) はUV-Bと光合成有効放射量 (PAR) レベルを組み合わせた実験により、ダイズの乾物重と様々な器官への配分が育成中のPARレベルが低下すると影響が大きくなることを見出している。これは全バイオマスのUV-Bによって引き起こされた減少が低いPARレベル下で拡大することを示唆している。

作物の生長ステージにおけるUV-Bの影響も検討されている。Teramura & Sullivan (1987a) は16%と25%のオゾン量の減少に相当するUV-B照射強度下でダイズを温室下でポット栽培し、発芽から生殖成熟期までの期間定期的にサンプリングし、生育ステージへの影響を調べた。その結果、栄養生長期から生殖生長期に移行する生育ステージの時に最もUV-Bの影響を受け、草丈、葉面積、全乾物重が減少することを見出した。この栄養生長期から生殖生長期への遷移段階は複雑な生理的、ホルモ的な変化を含んでおり、代謝的なプロセスに変化を与えたと思われる。

## 3) 収量

UV-B照射の作物への影響のほとんど全ての情報は育成チャンバーや温室での研究である。これらの実験ではスペースが限られており、そのような装置内で子実が成熟まで植物を育てることには無理がある。これまで野外でUV-B照射による作物収量への影響が調査された作物はトウモロコシ、ダイズ、トマト、インゲンマメやジャガイモなど22種であり、それらの結果を表1に示した。この中には紫外線ランプにフィルターを装着していないため、UV-Cの照射も含まれるなど問題点や紫外線照射量に大幅な違いがあるけれども、これらの結果は地表面に到達するUV-B量が増加した場合、グローバルな農作物の収量に影響が現れる可能性を示している。

## 4) 品質

UV-B照射により、欠陥品である異常な形のトマトの果実の数が減ったり (Biggs & Kossth, 1978)、サトウダイコンの糖含量が増加する (Amblerら, 1978) などの報告もあるが、Teramura (1982, 1985) はダイズ種子中のタンパク質と脂肪が、UV-B照射によって変化は少ない (タンパク質で5%以内、脂肪で13%以内) ものの有意に減少していることを認めている。このように、収穫された農作物の品質に対するUV-Bの影響はいくつかの作物で報告されてい

表 1 野外におけるUV-B照射実験による農作物収量に及ぼす影響(Teramura, 1987)

作物名	Ambler's 1978 (1)	Bartholic's 1975 (2)	Becwar's 1978 (3)	Biggs and Kossuth 1978 (4)	Biggs's 1984 (4)	Eisenstark's 1984 (4)	Esser 1980 (5)	Hart's 1975 (1)	Teramura 1981 (4)	Teramura 1982 (4)	Teramura 1983 (4)
クリカボチャ	0										
セイヨウカボチャ		+12~+15		-14~-90			-53~-73				
インゲンマメ	0										
コムギ					-5						
トウモロコシ	0	+29~+39		0	0	-79~-87		0			
ホウレンソウ							-11~-56				
ソルガム	0										
トウガラシ	0							-(?)			
ダイズ	0							0	-8	0	0
ギョウキギシバ											
フダンソウ	0										
キャベツ											
ハナヤサイ	-24~-45						+19~-49				
トマト		-5~-26		-11~-39				0			
タバコ								0			
ダイコン			0								
チカラシバ属											
ジャガイモ			0	0			-2~-41				
カラシナ				-9~-43							
ササゲ				-18~-38							
イネ					0						
ラッカセイ				0							

注) 表中のそれぞれの数値は対照区に対する変化パーセントを表す。

- (1) Westinghouse社のBZS-CLGとFS-40の健康線打てフィルターを装着なし。
- (2) 自然光にUVカットフィルターとしてMylar Tape Sあるいはポリエチレンを使用。
- (3) 自然光にUVカットフィルターとしてセルロースアセテート、Aclar、Mylarのフィルターを使用。
- (4) セルロースアセテートあるいはMylarのフィルターを装着したWestinghouse社のFS-40で照射。
- (5) フィルターを装着していないPhilipsのTL40/42の健康線打て照射とSchott WG305(2と3mm)のフィルターを装着した健康線打て照射。

るが、結論できるほどのデータはほとんど得られていない。

#### 5) UV-Bに対する植物の感受性の差異

UV-Bに対する反応は、植物の種および品種で大きく異なる。育成チャンパーで行われた作物種40種類と品種30種を用いて全乾物重の評価によるスクリーニングで、テストされた作物の30%がUV-Bによって影響をうけないかあるいは生長がよくなり、20%は極めて感受性が高く、残るものは中間の感受性を示した(Biggs & Kossuth, 1978)。このような感受性に差がみられるのは、クチクラの厚さ、UV吸収物質の存在量、葉面積比の変化、葉の反射率など様々な要因が複雑に絡みあっていると思われる。大まかに見ると、単子葉植物は双子葉植物に比べて、UV-B照射の影響を受けにくい傾向が認められる。この感受性の違いは、葉の展開方向の違い、単子葉植物では葉鞘の存在、分裂組織が保護されていることなどの理由が考えられている(Teramura, 1983)。また、 $C_3$ 光合成経路は $C_4$ 経路よりもUV-Bによる影響を受けやすいので、 $C_3$ 植物は(カラスムギ、ピーナツ、ダイズ、コラードなど)は $C_4$ 植物(ソルガム、トウモロコシなど)に比べてUV-Bに対する感受性が高いとされている(Basiounyら, 1978)。

#### 4. おわりに

UV-Bの植物への影響を検討した多くは、農作物を対象としたものであり、樹木や下等維管束植物(シダ、蘚苔類など)に関するものはほとんどない。また、Teramura(1987b)は地上の主な10の生態系(熱帯降雨林、温帯降雨林、サバンナ、亜寒帯林、耕地、かん木帯、温帯草地、湿地、砂漠、ツンドラ)のうち、少しでも調べられたのは温帯降雨林、耕地、温帯草地、ツンドラの4つの生態系で、6%の科の植物に過ぎないと指摘している。そして、温帯の森林と草地に関しては、ごく限られた予備的データがあるだけで、地球規模における生態系の構造

や生産力に対するUV-B放射量の増加の影響を正しく評価することは困難である。

現在までに得られている農作物へのUV-Bの影響によると、UV-Bに対する感受性が植物種間で大きく異なることから、UV-B放射量の増加が植物種間の競争関係に影響を与えることが予想される。例えば、農作物においても、作物と雑草との競合があり、雑草の方が抵抗性が高いとすれば、雑草の防除に人手と費用をかけねばならず、また、雑草の繁茂は作物収量や品質を低下させる可能性がある。さらに、自然植生のUV-Bに対する感受性の微妙な差異は自然生態系の構造と機能にはかりしれない大きな変化を与える可能性がある。今後、研究対象とする植物種や生態系の範囲を拡大するとともに他の環境要因(水ストレス、高濃度炭酸ガス、大気汚染など)の変化とUV-Bとの複合影響を解析することが、オゾン層破壊に伴う紫外線による地球規模の環境への影響を正しく評価する上で重要と思われる。

(農業環境技術研究所 大気保全研究室長)

#### 引用文献

- 1) Ambler, J. E., Rowland, R. A. and Maher, N. K. (1978) UV-B Biological Climate Effects Research (BACER), Final Report. EPA. Washington, D.C.
- 2) Basiouny, F. M., Van, T.K. and Biggs, R. H. (1978) *Physiol. Plant.*, 42, 29-32.
- 3) Bartholic, J., Grommer, F. J., Smith, L., Fuchs, A. and de Vries, F. W. (1983) *Photochem. Photobiol.*, 38, 323-329.
- 4) Becwar, M. R., Moore, F. D. and Burke, M.J. (1982) *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 107, 771-779.
- 5) Biggs, R. H. and Kossuth, S.V. (1978), UV-B Biological Climate Effects Research (BACER), Final Report. EPA. Washington, D.C.
- 6) Biggs, R. H., Kossuth, S.V. and Teramura, A. H. (1981) *Physiol. Plant.*, 53, 19-26.
- 7) Biggs, R. H., Webb, L. A., Garrard, L. A., Sinclair, T. M. and West, S. H. (1984) Year 3 Interim Report. EPA Report 808075-03, EPA, Washington, D.C.



- 8) Brandle, J. R., Campbell, W. F., Sisson, W. B. and Caldwell, M. M. (1977) *Plant Physiol.*, 60, 165-169.
- 9) Caldwell, M. M. (1971) *Photophysiology VI* (Giese, A. C. ed.) pp. 131-177. Academic P Press, New York.
- 10) Einsenstark, A. and Perrot, G. (1985) *J. Agronomy*,
- 11) Esser, G. (1980) Bericht Battelle Institut E. V. Frankfurt, BF-R-63, 984- I.
- 12) Hart, R. H., Carlson, G. E., Klueter, H. H. and Carns, H. R. (1975) Climatic Impacts Assessment Program (CIAP), Monograph 5 (Nachtway, D. S., Caldwell, M. M. and Biggs, R. H. eds) pp. 263-275. National Tech. Info. Serv., Springfield Virginia.
- 13) Iwanzik, W., Tevini, M., Dohunt, G., Weiss, W., Graber, P. and Renger, G. (1983) *Physiol. Plant.*, 58, 401-407.
- 14) Ranger, G., Voss, M., Graber, P. and Schulz, A. (1986) NATO ASI Series G171-184.
- 15) Shimazaki, K., Igarashi, T. and Kondo, N. (1988) *Physiol. Plant.*, 74, 34-38.
- 16) Steinmuller, D. and Tevini, M. (1985) *Planta*, 164, 557-564.
- 17) 竹内裕一, 林田佐智子 (1987) *環境技術*, 16(11), 16-19.
- 18) Teramura, A. H. (1980) *Physiol. Plant.*, 48, 333-339.
- 19) Teramura, A. H. (1981) Annual Report for EPA, EPA, Washington, D.C.
- 20) Teramura, A. H. (1982) Annual Report for EPA, EPA, Washington, D.C.
- 21) Teramura, A. H. (1983a) *Physiol. Plant.*, 58, 415-427.
- 22) Teramura, A. H. (1983b) Annual Report for EPA, EPA, Washington, D. C.
- 23) Teramura, A. H. and Sullivan, J. H. (1987a) *Amer. J. Bot.*, 74, 975-979.
- 24) Teramura, A. H. (1987b) Current risks and uncertainties of stratospheric ozone depletion upon plants.
- 25) Tivini, M., Iwanzik, W. and Thoma, U. (1981) *Planta*, 153, 388-394.
- 26) Vu, C. V., Allen, L. H. and Garrard, L. A. (1981) *Physiol. Plant.*, 52, 353-362.
- 27) Vu, C. V., Allen, L. H. and Garrard, L. A. (1982) *Physiol. Plant.*, 55, 11-16.

## 農林水産業における 環境影響評価

農林水産省農業環境技術研究所編

A5判 285頁 定価2,880円(本体2,800円) 予310円

科学技術の進歩によって、国民生活の向上、農林水産業生産の近代化が進んでいるが、一方、自然環境の破壊がクローズアップされてきた。本書は、これら自然環境への影響について、その現状と動向を解説し、さらに、土、水、海域にわたって、その影響評価を論じた良書です。

発行所

社団法人 **農林水産技術情報協会**

〒103 東京都中央区日本橋兜町15-6 (製粉会館内)  
電話 03 (667) 8931(代) 振替 東京 1-71476