

氏 名(国籍)	かん 姜	へ 惠	すく 淑
学位の種類	博 士 (農 学)		
学位記番号	農 博 第 5 6 6 号		
学位授与年月日	平 成 11 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
研究科専攻	東北大学大学院農学研究科農学専攻 (博士課程)		
学位論文題目	紫外線 UVB がイネの生育に及ぼす影響 —UVB 誘導 DNA 損傷 (シクロブタン型ピリミジン ダイマー) とその光修復能からの解析—		
論文審査委員	(主 査)	教 授	熊 谷 忠 教 授 高 橋 秀 幸 教 授 亀 谷 壽 昭

# 論文内容要旨

## はじめに

今日、成層圏オゾン層の減少に伴う紫外線 UVB の増加が植物の生育・収量に及ぼす影響が懸念されている。しかしながら、世界重要3大穀物であるイネを材料に、UVB がその生育に及ぼす影響に関して解析された研究は少ない。本研究室ではこれまでに、アジア栽培イネ 198 品種を用い、UVB の増加がそれらの生育に及ぼす影響を調べてきた。その結果、①同じ生態型やグループに属するイネ品種間でも UVB 抵抗性が異なる、②調査した5つの生態型のうち、日本の水稻グループと *boro* 生態型には抵抗性の強い品種が多く含まれていることを見出し、UVB 感受性の差異は栽培されてきた地理的分布に起因しないことを示した。またさらに、③日本水稻の中でも、ササニシキは強い抵抗性を示すが、ササニシキと近縁関係にある農林1号は弱い抵抗性を示すことを見出し、これら2品種の抵抗性の差異が2個以上の主動遺伝子によって支配されていることを示した。

UVB による生育阻害の要因は様々考えられているが、その1つに UVB によって引き起こされる DNA の損傷（ピリミジンダイマーの生成）があげられる。UVB によって生成されるピリミジンダイマーは、その様々な様式の違いにより数種存在することが知られている。その中でもシクロブタン型ピリミジンダイマー（CPD）は最も多く生成され、細胞に変異を引き起こしたり、癌を誘発するといった生物効果を有している。一方、生物は生成した DNA 損傷を修復する機構（光・暗修復能力）を重ね備えている。しかし、植物の UVB による DNA 損傷とその修復に関する研究は極めて遅れており、特に、イネに関しては皆無である。

本研究ではまず第1章で、紫外線抵抗性の異なるイネ (*Oryza sativa* L.) 品種ササニシキと農林1号の生長および光合成関連因子の含量に及ぼす影響を解析した。その結果、UVB は両品種の生長を抑制し、また、葉内の全窒素、可溶性タンパク質、炭酸固定酵素である Rubisco、クロロフィルの含量を減少させた。次に、第2章では、UVB がイネに DNA 損傷を引き起こすのかを確認し、植物の生育状態

---

注：太陽光から放射される紫外線は次の3つの光域に分けられる。

UVC; 210-280 nm 域の光、UVB; 280-320 nm 域の光、UVA; 320-400 nm 域の光  
尚、本文中には紫外線 UVB は、単に UVB として表す。

に大きく影響する生育時の光環境に注目しながら、DNA 損傷（シクロブタン型ピリミジンダイマー：CPD）の動態について解析した。

## 第1章 紫外線 UVB がイネの生育に及ぼす影響

これまでに述べた我々の研究結果は多少の UVC を含んだ UVB を用いて、実験が行われてきた。そこで本章では、UVC を除去した純粋な UVB がイネの生長に及ぼす影響を検討し、さらに、UVB によって起る生育阻害の機作を明らかにする手がかりを得るために、UVB が葉内の窒素含量、クロロフィル、Rubisco、可溶性タンパク質含量および UV 吸収物質の蓄積に及ぼす影響を解析した。材料にはササニシキと農林1号を用い、環境調節実験室において、可視光のみ（対照区）および可視光に UVB を付加した区（UVB 処理区）を設定し、35 日間栽培した。なお、UVB 蛍光管（UVB 光源）に含まれる UVC を除去するため、3 種類の UVC カットフィルターを用いた実験区（UV29 区；UVB 強度が  $0.67 \text{ W/m}^2$  で約 2.5 % の UVC を含む実験区、UV31 区；UVB 強度が  $0.21 \text{ W/m}^2$  で UVC を含まない実験区、Film 区；UVB 強度が  $0.23 \text{ W/m}^2$  で UVC を含まない実験区）を設定し解析を行った。

### 草丈の伸長、分けつ、新鮮重、乾物重に及ぼす付加 UVB の影響

35 日間栽培した後の両品種の生育を比較した。ササニシキ、農林1号共に、各生長因子の増加は、いずれも UVB 処理によって抑制された（図1）。両品種間の UVB に対する感受性の差異は UV31 区と Film 区では新鮮重、乾物重において、UV29 区では草丈、分けつ、新鮮重、乾物重において明確な差

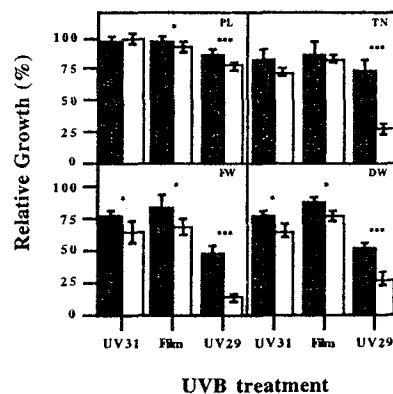


図1. ササニシキおよび農林1号の草丈、分けつ、新鮮重および乾物重に及ぼす各種付加紫外線UVBの影響

(■)および(□)はそれぞれササニシと農林1号の結果を示す。縦軸は対照区で生育したイネの生長に対する紫外線処理区で生育したイネの生長率 (%) を示す。PL, TN, FWおよびDWはそれぞれ草丈、分けつ、新鮮重および乾物重を示す。\*, \*\*, \*\*\*は統計ソフトANOVAを用いた有意差検定により有意差がそれぞれ $P < 0.05$ ,  $P < 0.01$ および $P < 0.001$ を示す。

異が認められ、農林1号はササニシキと比較して、純粋な UVB に対しても感受性であることを確認した。

**葉内全窒素含量、クロロフィル含量、可溶性タンパク質含量、Rubisco 含量に及ぼす付加 UVB の影響** 解析には 35 日間の栽培において最上位葉であった第 8 完全展開葉を用いた。各 UVB 処理区で生育したササニシキと農林 1 号の葉内全窒素、クロロフィル、可溶性タンパク質、Rubisco の含量を測定した (表 1)。表中の値は全て、単位葉面積当りの窒素量で示した。どの種類の UVB も葉内の全窒素、クロロフィル、可溶性タンパク質および Rubisco の量を減少させ、その程度は UVB 量の増加に伴い増加した。しかしながら、減少の程度は品種間および因子によって異なっていた。特に、可溶性タンパク質および Rubisco 含量の減少は農林 1 号において著しかった (表 1)。そこで、葉内全窒素量を基準として、可溶性タンパク態窒素、Rubisco 窒素およびクロロフィル窒素が、UVB 処理

表1. 各種付加紫外線UVBがイネ葉内の全窒素、クロロフィル窒素、可溶性タンパク態窒素およびRubisco窒素量に及ぼす影響

Fraction	Cultivar	UVB treatment			
		Control	UV31	Film	UV29
		mmol N m <sup>-2</sup>			
Total N	Sasanishiki	152±3 <sup>a</sup>	140±2	145±3	128±6
	Norin 1	151±5	138±3	142±5	112±6
Chlorophyll N	Sasanishiki	3.0±0.1 (2.0) <sup>b</sup>	2.8±0.1 (2.0)	2.9±0.1 (2.0)	2.6±0.1 (2.0)
	Norin 1	3.1±0.1 (2.1)	2.8±0.1 (2.0)	2.9±0.1 (2.0)	2.5±0.1 (2.2)
Soluble protein N	Sasanishiki	89±3 (58.9)	78±3 (55.7)	83±4 (57.2)	69±3 (53.8)
	Norin 1	90±1 (59.2)	77±2 (55.8)	80±1 (56.3)	53±3 (48.2)
Rubisco N	Sasanishiki	60±1 (40.3)	53±2 (37.8)	56±1 (38.6)	47±2 (36.7)
	Norin 1	63±2 (41.4)	52±1 (37.7)	54±3 (38.0)	28±2 (25.1)

対照区および各種紫外線処理区 (UV31, Film, UV29区) で育てたササニシキおよび農林 1 号の第 8 葉を用いて葉内窒素含量を分析した。

<sup>a</sup> mean ±SD, n = 3-8

<sup>b</sup> ()内の値は全窒素中に占める割合 (%) を示す。

によってどのように変わるのかを対照区に比べ一番大きい減少を示した UV29 区を用いて、まとめた (図 2)。ササニシキでは UVB を付加しても全窒素中に占める可溶性タンパク態窒素と Rubisco 窒素の割合は対照区の場合と比較し、ほぼ同じ割合であるのに対して、農林 1 号の場合は UVB 付加によって全窒素中に占めるそれらの割合が著しく低下した。すなわち、この結果は農林 1 号では葉内に取り込まれた窒素に対して、可溶性タンパク質や Rubisco に利用された窒素の量が UVB によって減少したことを意味し、ササニシキとの品種間差異があることを示す。この結果から、少なくとも 2 種類の反応が UVB 照射による Rubisco 含

量の減少に関わると考えられた。1つは、UVB による葉内全窒素含量の減少に伴う Rubisco 含量の減少、もう1つは、UVB による特異的な効果 (例えば、DNA 損傷に伴うタンパク質合成阻害、タンパク質の分解系の促進、直接的な分解など) によるものである。しかし、この UVB による特異的な効果の主な要因についてはまだわかっておらず、今後の大きな課題である。

**UV 吸収物質の蓄積量に及ぼす UVB の影響** UVB の細胞内への透過の低下に有効に作用し、また、フリーラジカルを消去する作用を持つ UV 吸収物質の蓄積量を調べた (表 2)。その結果、ササニシキでも農林 1 号でも UVB を付加することによって著しく増加した。その蓄積量の増加の程度は、両品種とも UV31 区と Film 区においては同程度であったが、UV29 区においては、明らかにササニシキが、農林 1 号より多く蓄積することがわかった。

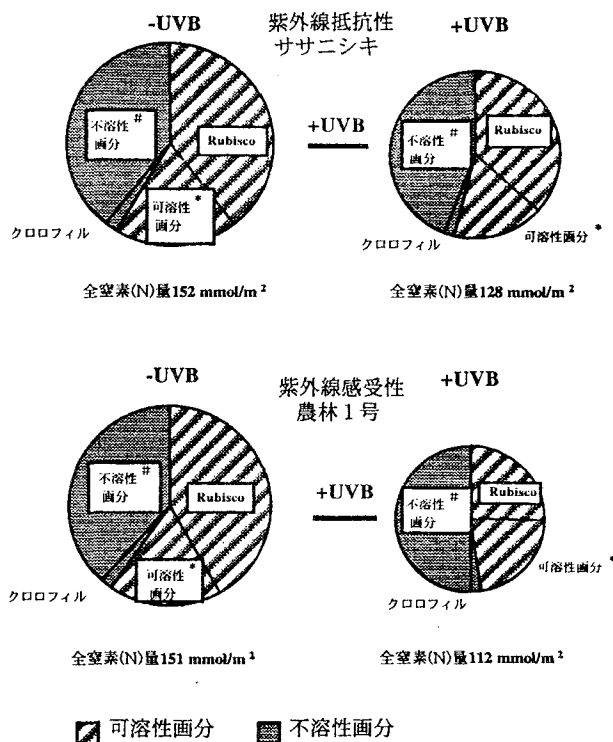


図2. ササニシキと農林 1 号の葉内全窒素中に占める可溶性窒素、Rubisco 窒素、クロロフィル窒素の割合に及ぼす紫外線 UVB の影響  
 円の大きさは葉内の全窒素含量を示す。  
 \*可溶性タンパク態窒素  
 #約 10% の核酸やアミノ酸を含む全窒素中に占める可溶性画分を除いた窒素画分

表 2. 各種付加紫外線UVBがイネ葉へのUV吸収物質の蓄積に及ぼす影響

		UVB treatment			
		Control	UV31	Film	UV29
		$1 \times 10^3 \text{ A}_{330} \text{ m}^{-2} \text{ }^a$			
Sasanishiki	Absorbance	7.0	8.3	9.2	10.5
	Sample /Control, %	100	120	132 **	151 **
Norin-1	Absorbance	6.7	8.5	8.8	9.3
	Sample /Control, %	100	126	131	139 *
Treatment X Cultivar. (P value)			NS	NS	*

対照区および各種紫外線処理区 (UV31, Film, UV29区) で育てたササニシキおよび農林1号の第8葉を用いて各種の葉内UV吸収物質含量を分析した。

\*,\*\* : ANOVAによる有意差検定テストにより対照区処理との有意差が  $P < 0.05$  と  $P < 0.01$  を示す。  
NS=not significant.

<sup>a</sup> 単位葉面積当たりの330 nmでの吸光度を示す。

## 第2章 UVB誘導DNA損傷と光修復能から見たイネの紫外線UVBの影響の解析

第1章で示したように、UVBはイネの生育を阻害し、また、葉内の可溶性タンパク質含量およびRubisco含量を減少させることが明かとなった。一方、これらUVBの阻害効果（生育の抑制）は同時に存在する可視光量の増加に伴って緩和されることが知られている。ところで、UVBの生育阻害効果の要因はいくつか考えられるが、その1つとして、UVBによって引き起こされるDNA損傷があげられる。そこで本章では、植物の生育およびUVBによる阻害効果に大きな影響を及ぼす生育時の光環境に着目し、葉内のCPDレベル、UVB誘導CPD生成能およびその光修復能に、生育時の光環境が及ぼす影響について調べた。材料はササニシキを用い、栽培は野外および環境調節実験室にUVB付加の有無の条件区を設定し、行われた。CPDレベルの定量はCPDの絶対量を測定することができるアルカリバイアス正弦電場ゲル電気泳動法を用いて行った。

異なる生育時の光環境下で生育したイネの葉内に存在する CPD レベル 異なる光環境条件下で生育したイネの完全展開した第3葉を採取し、直ちに葉内に存在している CPD レベル（内因性 CPD レベル）を調べた。環境調節実験室において、UVB を付加した条件で生育した植物の内因性 CPD レベルは可視光量の違い（低可視光量  $50 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  と高可視光量  $350 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ）に関係なく、UVB を付加しない条件で生育した植物に比べ数倍高かった（表3）。一方、野外では UVB 付加に関係なくほぼ同じ内因性 CPD レベルを示した（表4）。これらの結果から、付加した UVB（室内）、あるいは、付加した UVB+太陽光に含まれる UVB によって生成された CPD は、 $50 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  の可視光量でも十分に光修復されるものと考えられた。

表3. 環境調節実験室内で、異なる光強度の可視光±付加紫外線UVBの条件下で育てたイネの第3葉の内因性CPDレベル

	Dark	低可視光量区		高可視光量区	
		UVB treatment		UVB treatment	
		-	+	-	+
内因性CPD レベル (CPD/Mb)	$0.8 \pm 0.9$	$1.5 \pm 0.1$	$6.1 \pm 1.9$	$1.3 \pm 1.2$	$5.3 \pm 0.7$

高可視光量区で付加紫外線UVBの有無の条件、低可視光量区で付加紫外線UVBの有無の条件および暗黒（Dark）下で育てたイネの完全展開した第3葉を採集し、直ちに、CPD レベルを測定した。

表4. 生育時の付加紫外線UVBがイネの内因性CPDレベルに及ぼす影響の野外試験の結果

付加UVB * の有無	採集日 † (月、日)	日射量 ‡ (MJ/m <sup>2</sup> /d)	UVBの § 最大値 (W/m <sup>2</sup> )	内因性CPD レベル (CPD/Mb)
-	5月12日 <sup>a</sup>	13.3	0.80	4.1±0.9
-	5月19日 <sup>b</sup>	16.1	0.82	5.0±0.2
-	6月19日 <sup>c</sup>	13.9	0.91	4.7±2.5
+	5月7日 <sup>d</sup>	16.3	1.79	4.5±0.2
+	5月12日 <sup>a</sup>	13.3	1.82	4.7±0.5
+	5月30日 <sup>e</sup>	19.8	1.77	3.3±1.6

\*付加紫外線UVBの照射時間：午前6時から午後6時までの12時間

付加紫外線UVBの強度：1.0 W/m<sup>2</sup>

†栽培期間：a, 4月14日-5月12日；b, 5月2日-5月19日；c, 6月3日-6月19日；d, 4月9日-5月7日；e, 5月15日-5月30日(1997年)。植物は正午に採集した。

‡栽培期間中の1日当たりの太陽光の平均日射量

§紫外線UVBは栽培期間の間、毎日、午前12時から午後1時まで10分ごとに測定し、平均値を求めた。栽培期間中、毎日、その値を求め、その平均値をもって、1日のUVBの最大値とした。

### 生育時の光環境がイネの CPD 生成とその光修復能に及ぼす影響 図3に9

kJ/m<sup>2</sup>のUVB処理によって生成されるCPDレベルとUV吸収物質の蓄積量の関係を示した。短時間のUVB照射によって生成されるCPDレベル(UVB誘導CPD生成能)は黄化植物で最も高く、生育時の可視光量が50、350 μmol/m<sup>2</sup>/s、野外と高くなるにつれて低下した。その低下の程度は付加UVBによって増大した。一方、葉内のUV吸収物質量は全く逆で、黄化植物で最も低く、可視光量が増大すると増大し、さらに、付加UVBによってより増大した。ここで、両者の関係を見ると、UVB誘導CPD生成能とUV吸収物質の蓄積量とは高い負の相関関係にあることがわかった(図3)。

次にイネ葉におけるCPDの光修復能について調べた(図4)。高可視光量下で生育したイネの光修復能は低可視光量下で生育した植物より高く、さらに野外で



生育した植物で最も高かった。しかし、可視光量が 50、350  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 、野外と増大しても、それに比例して光修復能は増大しなかった。また、生育時に付加した UVB は植物の光修復能に影響を及ぼさなかった。これらの結果から、生育期間中の可視光が 50  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  でも CPD の光修復能はほぼ飽和に達することがわかった。黄化植物においては、30 分以内での CPD の光修復能は認められなかった。つまり、イネの CPD の光修復能の活性誘導には、生育時の可視光が作用し、UVB は無効であることが明かとなった。

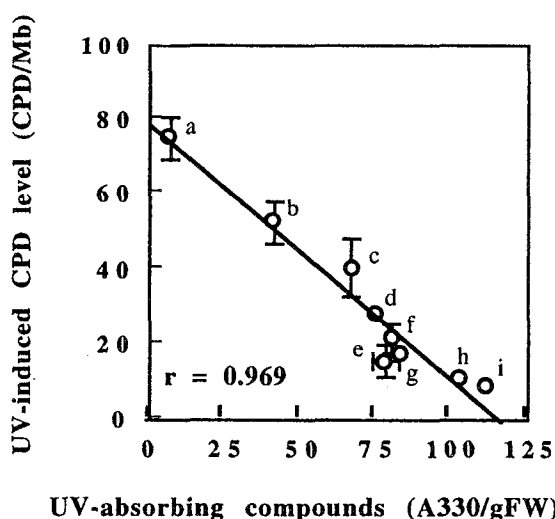


図3. 種々の光条件下で育てたイネ葉のUV吸収物質の蓄積量とUVB誘導CPD生成量との相関関係

生育条件: a, 暗黒; b, 低可視光量区; c, 高可視光量区; d, 低可視光量区で紫外線UVBを付加した条件; e, 高可視光量区で紫外線UVBを付加した条件。

野外の生育条件および期間: f, 4月14日から5月12日; g, 6月3日から6月19日; h, 5月15日から5月30日、紫外線UVBを付加; i, 4月9日から5月7日、紫外線UVBを付加。相関係数はCA-Cricket GraphⅢのソフトを用いて求めた。

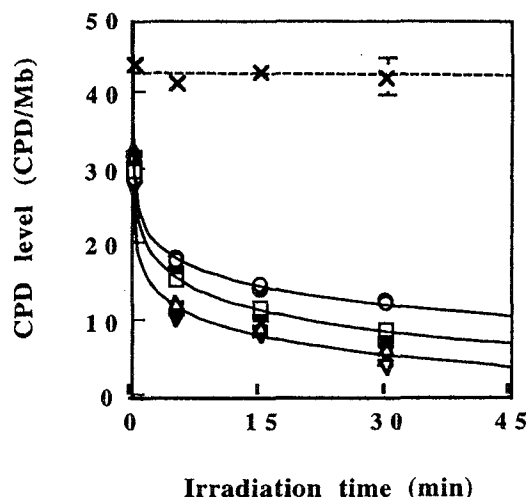


図4. 生育時の付加紫外線UVBがイネ葉のCPDの光修復能に及ぼす影響

生育条件: (○), 低可視光量区; (●), 低可視光量区で紫外線UVBを付加した条件; (□), 高可視光量区; (■), 高可視光量区で紫外線UVBを付加した条件; (X), 暗黒。

野外の生育条件および期間: (△), 5月2日から5月19日; (▽), 6月3日から6月19日; (▲), 5月15日から6月3日、紫外線UVBを付加; (▼), 7月4日から7月16日、紫外線UVBを付加。

野外および環境調節実験室で生育しているイネの CPD の日変化

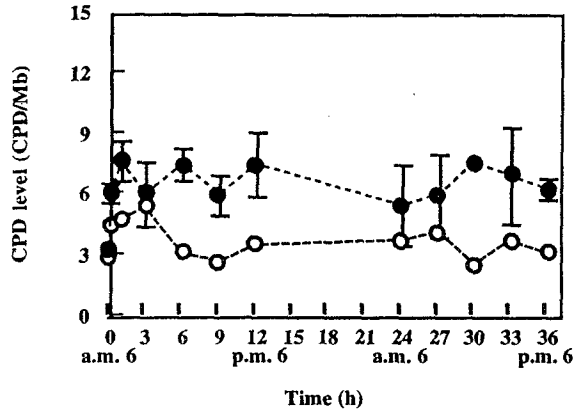


図 5. 野外で付加紫外線UVBの有無の下で生育したイネの葉内のCPDレベルの日変化  
(○), 付加紫外線UVBの無い条件 ; (●), 紫外線UVBを付加した条件

生育している時の葉内の CPD レベルの動態を調べるために、イネを野外および環境調節実験室の UVB を付加しない条件で第 3 葉が完全展開するまで栽培した後、UVB 付加有無の実験処理区に移し (図 5、6、7 の 0 時間を示す)、その下で生育している時の葉内の CPD レベルの日変化を調べた (図 5、6、7)。野外で生育している植物において、UVB を付加すると、CPD

レベルは、UVB を付加しない場合に比べ若干増加するが、そのレベルは日中、ほぼ一定であった (図 5)。また、環境調節実験室において、UVB を付加しない条件で生育している植物に比べ、UVB を付加した条件下で生育している植物の CPD レベルは、可視光量の違い (50 と 350  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) に関係なく、数倍増加したが、5 日間の生育期間中ほぼ一定の状態が続いた。一方、UVB のみの条件下で生育している植物では、実験処理期間中一定のレベルを維持することなく、はるか

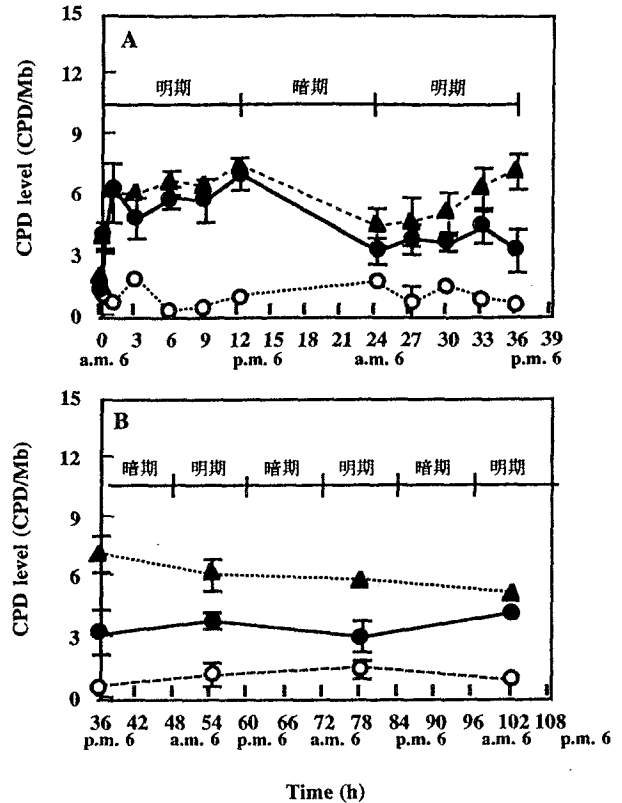


図 6. 可視光±付加紫外線UVBの下で生育しているイネ葉のCPDレベルの日変化  
A. 実験処理区に移した後、1日半までの間、可視光±付加紫外線UVBの下で生育しているイネ葉のCPDレベルの日変化  
(○), 高可視光量区 ; (●), 高可視光量区で紫外線UVBを付加 ; (▲), 低可視光量区で紫外線UVBを付加  
B. 実験処理区移した後、1日半日から5日目までの間、可視光±付加紫外線UVBの下で生育しているイネ葉のCPDレベルの日変化  
生育条件はAの条件と同様である。36時間目の値はAの36時間目の値を示す。

に多くの CPD を持つことがわかった (図7)。したがって、可視光+UVB の下で生育している植物の CPD レベルが、増加することなくほぼ同じレベルに保たれるのは、UVB による CPD の生成と、UVA と青色光による光修復が作用し、平衡状態に達しているためと考えられる。この際、UVB 誘導 CPD 生成能に大きな影響を及ぼす UV 吸収物質は、野外でも環境調節実験室でも実験処理の間、ほぼ一定であっ

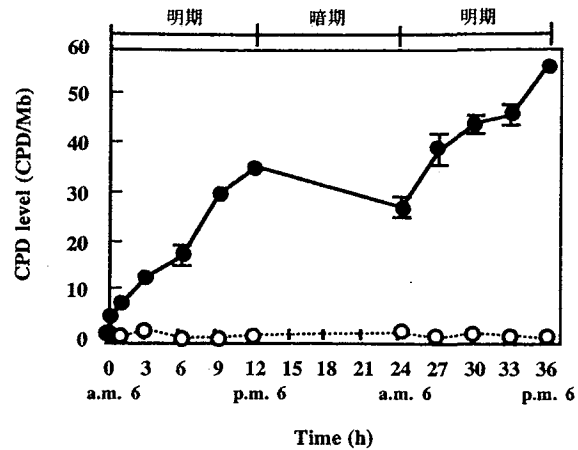


図7. 可視光、あるいは、付加紫外線UVBの単独照射下で生育しているイネ葉のCPDレベルの日変化  
 (○)、350  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ の可視光；  
 (●)、付加紫外線UVBのみ。

た。これらの結果から、葉内に蓄積した UV 吸収物質は、長時間の照射により葉内に存在する CPD レベルには影響を及ぼさず、野外や環境調節実験室で生育している植物の CPD レベルは、光修復が大きく関係していると考えられた。

### まとめ

本研究ではまず、紫外線に対して抵抗性の差異を示したササニシキと農林1号を用い、UVB がイネの生育および光合成関連因子に及ぼす影響を解析した。次に、UVB による生育阻害の原因の1つとして考えられる DNA 損傷 (シクロブタン型ピリミジンダイマー: CPD) に着目し、種々の光環境条件下での CPD の動態およびそれらの生育時の光環境が UVB 誘導 CPD 生成とその光修復能に及ぼす影響について解析を行った。その結果以下のことが明らかとなった。

- ① UVB は両品種の生長因子を抑制し、また、葉内全窒素、可溶性タンパク質、炭酸固定酵素である Rubisco、クロロフィルの含量を減少させた。そして、UVB 強度の増加に伴い品種間差異は明確に現れた。また、農林1号においては Rubisco 含量の著しい減少が認められた。
- ② イネの UVB 誘導 CPD 生成能およびその光修復能は生育時の可視光および UVB

によって左右され、葉内に蓄積される UV 吸収物質は短時間の UVB 照射による CPD の生成能と高い負の相関関係を示し、有効に作用することが明かとなった。しかしながら、UV 吸収物質量の違いは生育期間中の長期間の UVB 照射により生成した葉内の CPD レベルには影響を与えないことが確認された。

③植物が生育している時の CPD レベルは、UVB を付加することによって増加するが、その後、そのレベルは一定に維持され、蓄積し続けることはなかった。このことは、可視光に含まれる UVA と青色光による光修復能と、UVB による CPD 生成能とが適当なバランスの下で平衡に達しているためであると考えられた。

以上の事が明らかになったが、植物における CPD の生理的意義や、DNA 損傷と生育阻害との関係については不明な点が多く、多くの課題が残されている。特に CPD と生育阻害の関連性についての問題を考えていく場合、本研究結果で得られた平衡状態にある CPD レベルが、植物の生育にどのような影響を及ぼすかを考えなくてはならない。この点を考える場合、この CPD レベルが葉内にどの程度存在し、そしてどこにどの程度の期間存在しているかということが重要であることは言うまでもない。今後は、紫外線抵抗性の異なるイネ品種や、変異体、さらには他の植物などを材料に、本研究で得られた今後の課題を解決していきたいと考えている。

本研究に関連して発表した論文

Sato, T., Kang, H.S. and Kumagai, T. (1994) Genetic study of resistance to inhibitory effects of UV radiation in rice (*Oryza sativa* L.). *Physiol. Plant.* 91: 234-238

Hidema, J., Kang, H.S. and Kumagai, T. (1996) Differences in sensitivity to UVB radiation of two cultivars of rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Cell Physiol.* 37: 742-747

Kang, H.S., Hidema, J. and Kumagai, T. (1998) Effects of light environment during culture on UV-induced cyclobutyl pyrimidine dimers and their photorepair in rice (*Oryza sativa* L.). *Photochem. Photobiol.* 68: 71-77

## 論文審査結果要旨

本論文は、紫外線 UVB (280~320 nm の紫外域の光) UVB がイネの生育および光合成関連因子に及ぼす影響と、生育時の光環境が生命の根幹と深く関わる DNA 損傷 (シクロブタン型ピリミジンダイマー ; CPD) の生成とその修復に及ぼす影響について検討したものである。

UVB は分けつや乾燥重などの生長因子の増加を抑制し、葉内全窒素、可溶性タンパク質、炭酸固定酵素である Rubisco, クロロフィルの含量を減少させた。一方、UVB は UVB の組織内への透過を低下させ、ラジカルを消去する紫外吸収物質の蓄積を増加した。その様な UVB の効果に対して農林 1 号 (感受性品種) とササニシキ (抵抗性品種) は異なった感受性を示す。UVB 感受性の差異は UVB 付加量が増えると顕著に現れること、UVB は感受性品種の Rubisco 含量を著しく低下し、抵抗性品種の葉内紫外吸収物質の蓄積を著しく増加した。

イネの UVB 誘導 CPD 生成能およびその光修復能および紫外吸収物質の蓄積量は生育時の可視光および UVB 付加によって左右され、葉内紫外吸収物質の蓄積はイネの UVB 誘導 CPD 生成能と高い負の相関関係を示し、UVB 誘導 CPD 生成能に有効に作用することが判った。しかしながら、生育中の個体のもつ葉内 CPD レベルは定常状態に達するが、そのレベルは葉内紫外吸収物質の蓄積量の違いに影響されないことが判った。

植物が生育しているときの CPD レベルの日変化を調べた結果、CPD レベルは太陽光の下ではおおよそ数個の CPD/Mega bases が何時でも維持されること、また、UVB を付加することによって室内外に拘わらず増加するが、その後、そのレベルは一定であり、蓄積し続けることはなかった。すなわち、CPD レベルは可視光に含まれる青色域と UVA 域 (320~400nm 域の紫外放射) による光修復能と UVB による CPD 生成能の適当なバランスの下では動的平衡状態が維持されることが判った。

以上、本研究は地球規模での環境の変動が農作物の生育に及ぼす影響を明らかにする研究の一環として紫外線 (UVB) がイネの生育に及ぼす影響を取り上げ、とくに生育時の光環境が生命の根幹に関わる DNA 損傷の生成とその光修復能に及ぼす影響を明らかにしたものであり、植物の紫外線に対する防御と適応の機構の解明に大きく寄与するものと考え、博士 (農学) の学位を授与するに値するものと判断した。