人工光の遮光条件下における *Zoysia* 属植物の生育について

張 文三¹⁾・水庭千鶴子²⁾・飯島健太郎³⁾・近藤三雄²⁾

1) 東京農業大学大学院農学研究科 Grad. Sch. of Agri., Tokyo Univ. of Agri.

2) 東京農業大学地域環境科学部 Fac. of Regi. Envi. Sci., Tokyo Univ. of Agri.

3) 桐蔭横浜大学工学部 Fac. of Eng., Toin Yokohama Univ.

摘要:本研究では、人工環境気象室内で異なる光強度の4処理区で、ビロードシバとコウライシバの生育反応と耐性度合を調べた。その結果、両種共PAR373 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (約22klx) 区では健全生育が望めて、PAR97 (約4.5klx) 区では生育維持が可能、PAR41 (約2klx) 区は生存臨界点、PAR10 (約0.55klx) 区では生存不可能であることが解った。ビロードシバの方が光強度が低下しても茎葉への被害の発現や進行が遅く、かつほふく茎の発生や地下部の発達が良いことから、耐陰性に若干優れることが示唆された。

キーワード:遮光, ビロードシバ, コウライシバ, 耐陰性

CHANG, Wensan, MIZUNIWA, Chizuko, IJIMA, Kentaro and KONDO, Mitsuo: A Study on the growth conditions of genus *zoysia* by interrupting the artificial light

Abstract: *Zoysia matrella* and *Zoysia tenuifolia* were experimented how response to and how much resist in the different 4 shade categories in the artificial control room. From those results, it was recognized that it can be viewed growing well either 2 species in the PAR.373 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (about 22klx), it can be maintained to grow in the PAR.97(about 4.5klx), it reached to the marginal point to PAR.41(about 2klx),and unable to grow in the PAR.10(about 0.55klx). Consequently, it can be suggested that *Zoysia tenuifolia* is better than *Zoysia matrella* to resist shade slightly because damage and damaging process appeared in *Zoysia tenuifolia* later than *Zoysia matrella* although downed the light grade, and developed the repent stems and rhizosphere well.

Key words: Shading, *Zoysia tenuifolia*, *Zoysia matrella*, Shade tolerance

1. 緒言

長引く経済不況の中、家庭や公共空間の芝生地において、維持管理のさらなる省力化が求められている。このような状況に対応するため、筆者らは、形態も小型で草丈も短く、刈込み等の管理の省力化や刈りかすの低減が期待できるビロードシバ(*Zoysia tenuifolia* Willd.)による芝生造成を目論んでいる。

新たに芝生の導入が期待される空間としては建物の北側園地や中庭、樹林下、高い建築物が隣接する屋上、さらには建築物のアトリウム等の室内空間、室内競技場など光条件の制約を受け、人工光でしかも低照度となる空間も多い。

このような光条件の制約を受ける空間の中で、果たしてビロードシバがどの程度の条件まで生育可能であるか判然としない。ビロードシバの耐性を明らかにした研究事例も少ない。同属のコウライシバ(*Zoysia matrella* Merr.)については

関連研究^{3,4,7,11)}があるが、低照度条件に対しての耐性度合が十分明らかになっているとは言い難い状況にもある。

そこで本研究では、ビロードシバが人工光の遮光条件に置かれた場合、どのような生育反応を示すのか、またどの程度の耐性度合があるのかをコウライシバとの比較も含め明らかにする目的で実験を行った。特にどの程度の光強度であれば植物体そのものが健全な状態で生育できるのか、また形態異常は生じてでも生存できるのか、さらに枯死に至るかを具体的な植物の生育反応から究明することを主眼とした。

2. 材料及び方法

2.1 実験区および実験材料

本実験は2002年7月20日から同年12月28日までの23週とし、実施場所は東京都世田谷区内の大学構内のメタルハライ

ドランプ(陽光ランプ)を光源とした人工環境気象室(明期12時間/暗期12時間の気温設定25/20℃,湿度75±10%)で生育実験を行った。

供試植物は東京都世田谷区内の大学実験圃場(世田谷区上用質)で約1年間育成したコウライシバ(市販苗),ピロードシバ(鹿児島徳之島原産)の2種を用いた。2002年6月6日,それぞれのターフ状態から5cm×5cm(根長・草丈ともに約2cm)の芝苗を切り取り,水洗いした後に1/5000aワグネルポット(内径16cm,高さ20cm)に芝苗を植え付けた。各々の芝苗の生体重はコウライシバで5.5g内外,ピロードシバで4.3g内外であった。実験ポットには下層より排水層の砂利1.5kg,川砂0.5kg,土壌層として関東火山灰表土を1.8kgを充填した。6月11日に粒状固形肥料($N_2O:P_2O_5:K_2O=6:4:3$)を1ポットにつき5gずつ与えた。7月5日まで同大学研究棟屋上で養生し,その後,人工環境気象室に移した。7月9日には再度,粒状固形肥料を5g与え,さらに人工環境気象室内で2週間養生を続けた。7月20日に寒冷紗の種類と枚数を変えた遮光枠を設置して光強度を調整し生育実験を開始した。処理区は澤田⁸⁾らの研究成果を参考にして,①無遮光区:光合成有効放射 $373\mu mol\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$ (照度約22klx,以下PAR373区)②弱遮光区(寒冷紗の黒色2枚・白色1枚): $97\mu mol\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$ (約4.5klx,以下PAR97区)③中遮光区(寒冷紗の黒色3枚・白色2枚): $41\mu mol\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$ (約2klx,以下PAR41区)④強遮光区(寒冷紗の黒色5枚・白色3枚): $10\mu mol\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$ (約0.55klx,以下PAR10区)の4段階の処理とした。また,遮光処理により中波長紫外線(UV-B)がカットされ,そのことにより草丈等の生育反応にいかなる影響を及ぼすかを明らかにするために⁸⁾,各処理区のUV-B強度も測定(高性能デジタルUVメーターUV203:macam社)¹⁰⁾した。各処理区にピロードシバとコウライシバをそれぞれ3反復,合計24ポットを設置した。灌水は光強度の違いによって乾燥度合が異なり,土壌水分状態を極力,均一に保つため,ポットの表面が乾いた時に適宜,灌水した。

2.2 測定項目及び方法

光強度の違いが生育に与える影響を把握するため,実験期間中は週1回,達観視調査により生育状態(被害度,枯死状況)を把握した。被害度は以下に示す5段階の判定基準,すなわち被害度0:健全生育,被害度1:一部の葉に貧弱な状態が見られる,被害度2:全体に葉が細く,貧弱な状態が顕著となり一部の葉に枯損も見られる,被害度3:葉の枯損が顕著で,僅かに緑色部がある,被害度4:枯死の5段階とした。さらに実験期間中に草丈やほふく茎の発生状況を測定し,葉の色調,色度の計測した。測定は緑葉を色彩色差計CR-200b(ミノルタカメラ販売(株)製)のL*a*b*表色系を用いて行い1ポット測定時5反復,各3ポットを対象とした。測定結果は,各区の明度指数L*,クロマトクネス指数a*,b*とそれから算出した彩度C* $\{C*=(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}\}$ の平均

値を用いて表した。その後,ポットから植物体を掘り上げて生体重,根数及び根長を測定した後,乾燥させ,茎葉部,根部に分けて乾物重を計測した⁶⁾。

3. 結果及び考察

異なる光強度が両種の芝草の生育に及ぼす影響が,達観視調査による被害度(図-1),生体重の増加比・乾物重(表-1),及び草丈(図-2)やほふく茎数(図-3)の経時的変化から明らかとなった。

達観視調査による被害度は,被害度の変化が見られなくなった13週目までの結果を図-1に示した。ピロードシバでは,強遮光のPAR10区で実験開始から4週目にはいずれの個体も葉の枯損が顕著で被害度も3となった。実験終了時には被害が甚大となったものの,枯死する個体は見られなかった。PAR41区では5週目で葉が軟弱となる徒長現象が見られ,被害度が1となった。PAR97区では,実験開始から6週目には部分的に徒長現象が見られ,被害度も1となった。無遮光の

図-1 異なる光強度条件下における供試植物の被害度の経時的変化

注)被害度0:健全生育,1:一部の葉に貧弱な状態が見られる,2:全体に葉が細く,貧弱な状態が顕著となり,一部の葉に枯損も見られる,3:葉の枯損が顕著で,僅かに緑色部がある,4:枯死。また,コウライシバでは12週間目に1個体が枯死した。

Fig. 1 The temporary changes of the damage under the different conditions of light.

写真-1 実験終了時の生育状態。右より3列はピロードシバ、奥からPAR373区、97区、41区、10区。左よりはコウライシバ。

Photo.1 The condition of genus *Zoysia* experiment finished

PAR373区では、外観の達観視調査による被害は認められなかった。

コウライシバは、PAR10区では実験開始から3週目には3個体のいずれも葉の枯損が顕著となり、被害度も3となり、12週目に1個体が枯死した。残りの2個体では被害が甚大であったが枯死には至らなかった。PAR41区では4週目に一部の葉に徒長現象が見られ、被害度は1となり、10週目には葉身が細くて軟弱となる徒長現象が見られ、被害度も2となった。PAR97区では実験開始から6週目には部分的徒長が見られ、被害度1となり、20週目には個体全体で草丈が長く徒長現象が見られた。無遮光のPAR373区では、ピロードシバ同様、外観の達観視調査による被害は認められなかった(写真・1)。

PAR10区や41区の強い遮光区ではピロードシバよりコウライシバの方が被害の発現が速かった。

実験期間中の草丈の経時変化を図・2に示した。実験開始8週目までは遮光度合の強い処理区の草丈の方が光不足による生育不良ということで明らかに短かった。その後、PAR97区、41区では次第に徒長現象が顕著となり、実験終了間近の時点ではPAR97区は373区に比べて草丈の測定値で、ピロードシバでは0.8cm、コウライシバでは2.2cm長くなった。なお、この徒長現象は、単なる光強度不足^{1,5)}だけではなく、草丈の伸長を抑制する働きのあるUV-B強度が図・3に示すように373区の $8.6\text{mW}\cdot\text{m}^{-2}$ に比べて遮光した97区では $1.5\text{mW}\cdot\text{m}^{-2}$ と1/6となるなど著しくカットされるため、詳しくは今後の研究に待たなければならないが、何らかの影響もあったものと推察される^{9,10)}。強遮光区のPAR10区では、光不足のため伸長生長は認められず、実験期間中、ほとんど変化はなかった。各区の生育量を生体重増加比や掘上げ時の乾物重で見ると、ピロードシバでは、373区の生体重増加比が21.6に対して97区、41区ではそれぞれ5.2、

◆ PAR373 □ PAR97 ▲ PAR41 ○ PAR10

◆ PAR373 □ PAR97 ▲ PAR41 ○ PAR10

図-2 異なる光強度条件下における *Zoysia* 属植物の草丈に及ぼす影響

Fig. 2 The different conditions of the light to influence the shoot length of genus *Zoysia*.

図-3 異なる光強度条件下のUV-B強度の変化

Fig. 3 The change of the UV-B intensity and photosynthesis under the different conditions of the light.

1.9と、また、乾物重でもそれぞれ1/5、1/10と極めて生育が低下することが明らかとなった。

また、97区と41区でも有意な生育量の差が認められた。コウライシバでも、ほぼ同様な傾向を示した。生体量増加比はPAR373区の14.8に対して97区、41区ではそれぞれ3.8と1.6、また、乾物重でもそれぞれ1/5、1/10と著しい生育量の差が見られ、PAR97区と41区間でも有意な生育量の差が認められた(表・1)。

ほふく茎の発生数は、実験終了時点では、PAR373区ではコウライシバの方が120本とピロードシバの98本に比べると多かった。遮光度合が強くなり、光強度が低下するに伴い、光エネルギー不足のため、成長と増殖が著しく制限された証しとして顕著に漸減した。なお、ピロードシバの方がPAR97区で44本、41区で3本、10区でも1本とコウライシバの97区で34本、41区で1本、10区で0本と比べてほふく茎の発生数が多かった(図-4)。

表-1 異なる光強度条件下における *Zoysia* 属植物の生体重と乾物重

Table 1 The Biomass and shoot:root ratio of genus *Zoysia*.

コウライ	97	5.31	19.91b	3.8	8.01b	0.53b	15.1
シバ	41	5.66	8.94c	1.6	3.57c	0.26b	13.7
	10	4.89	4.89c	1.0	2.31	0.25	9.1
	373	4.78	103.25a	21.6	34.20a	8.74a	3.9
ピロード	97	4.17	21.72b	5.2	7.70b	1.26b	6.1
シバ	41	3.87	7.50c	1.9	3.29c	0.44b	7.5
	10	4.44	4.89c	1.1	2.02c	0.36b	5.6

注1) 異なるアルファベット間に5%水準で有意(Duncan)。

注2) 増加率は、実験終了時/実験開始時の値を示す。

注3) コウライシバの10区は1個体枯死したため、2個体の平均値。

図-4 異なる光強度条件下における *Zoysia* 属植物のほふく茎に及ぼす影響

Fig. 4 The different conditions of light to influence the number of repent stems of genus *Zoysia*.

根部 (1次根) についても同様に、根重、根数、根長のい

ずれも光強度の低下に伴い、両種共に漸減した。PAR373区に比べると、他の処理区では著しく根部の発達が悪かった(図-5)。なお、注目されることは、ピロードシバはコウライシバに比べて、いずれの処理区においても根数、根長、根重などの地下部の値が明らかに大きいことである。したがってT/R比の値は各処理区共にピロードシバはコウライシバの1/2程度であった(写真-2)。

葉色については、ピロードシバ、コウライシバ共に、光強度の低下に伴い色調の変化は認められなかった(図-6)が、色度の変化は生育低下を反映し、黄方向になる傾向が明らかとなった(図-7)。

本研究は、ピロードシバの耐陰性を究明する一環として行ったわけであるが、光強度PAR373区ではピロードシバ、コウライシバとも、その生育状態・生育量から判断して健全な

写真-2 *Zoysia* 属2種の掘上げ時の生育状態。上段はコウライシバ、下段はピロードシバ。左からPAR373区、97区、41区、10区

Photo 2 The growth conditions of the roots dug over, *Zoysia matrella*(Upper), *Zoysia tenuifolia*(Below).

図-5 異なる光強度条件下における *Zoysia* 属植物の根部に及ぼす影響

Fig. 5 The different conditions of light to influence the number of roots of genus *Zoysia*.

図-6 異なる光強度条件下における *Zoysia* 属植物の色調変化
Fig. 6 The hue of leaves under different light conditions.

図-7 異なる光強度条件下における *Zoysia* 属植物の色度変化
Fig. 7 The chromaticity diagram of leaves under different light conditions.

生育が営める光強度である。このことは、他の芝草でも澤田ら⁷⁾によって20~30klxが適当という指摘がされていることと近似する。

PAR97区になると、生育量も顕著に低下し、UV-B強度も著しくカットされ、何がしかの影響を受けた可能性もあり、葉の徒長現象も明らかに認められた。しかし、ほふく茎の発生もみられたことから生育の維持が可能な光強度であると判断した。PAR 41区では著しく生育が低下し、ほふく茎の発生もコウライシバで1本、ヒロードシバで3本というように僅かであったことから生存するための臨界点に近い光強度であると判断した。PAR 10区では枯死する個体も見られ、このままではいずれも他の個体も枯死に至り、生存不可能な光強度であることと判断した。

なお、PAR97区、41区ではヒロードシバの方がコウライシバより被害の発現が遅れたこと。また、ほふく茎の発生数も多かったことからヒロードシバの方がやや耐陰性に優れると推察された。

また、いずれの処理区においてもヒロードシバの方が根の本数、長さ、重量ともコウライシバを明らかに上回り、コウライシバより地下部の発達に優れることが明らかになった。

なお、本実験においては、実験区の光強度の違いがもたらすポット内土壌の乾燥度合の差をなくし、水分状態を均一に保つため、灌水量を変えて施用した。このことによって各実験区のポット内の土壌はほぼ同様な水分状態に保てたことで生育量や生育状態に差異をもたらす、つまり実験結果に影響を及ぼしたとは考えられない。土壌水分含量と芝草の生育との関係を見た既往の知見²⁾でも土壌水分含量に相当な違いがなければ、芝草の生育に差をもたらすことはなく、このことから上記の見解の妥当性は伺える。

4. おわりに

本実験の結果、人工光条件下における遮光の有無、程度によって4段階に設定した光強度でのヒロードシバ、コウライシバの生育可能性の一端が具体的な植物の生育反応量からある程度明らかとなった。

いずれにしても本実験で設定したPAR373区では両種共健全生育が望めて、PAR97 (約4.5klx) 区では生育維持が可能、41 (約2klx) 区は生存臨界点、10 (約0.55klx) 区では生存不可能であることが解った。なお、これまで、その生育特性がほとんど明らかにされていなかったヒロードシバは人工光の遮光条件にはコウライシバよりも若干、耐性に富むような、また、ほふく茎や地下部の発達に優れるような傾向が本実験から伺われた。

今後、さらに実験区を細かく設定し、生理学的、細胞学的な解析を加え、光強度の健全生育の臨界点、生存臨界点等を究明することが望まれる。

引用文献

- 1) 江原薫(1977)芝生の発育, 生長の生理. 日本芝草研究会編, 総説芝生と芝草, pp.107-119.
- 2) 江原薫(1972)芝草と芝地, 養賢堂, 東京, pp.42-44.
- 3) Beard, JB. (1973) Turfgrass, Science and Culture. Prentice-Hall Inc. : 146pp.
- 4) 興水肇・沼尻直人(1986)遮光のコウライシバの生育に与える窒素成分施肥と糖質系葉面散布施用および刈込みの効果について, 芝草研究15(1): 5-9.
- 5) 中村直彦(1993) Zoysiagrass ノシバ, コウライシバ〜その特性とコースにおける管理〜, ソフトサイエンス社, 東京, pp.106-108.
- 6) 日本芝草学会編(2001)最新芝生・芝草調査法, ソフトサイエンス社, 東京, pp46-60. pp102-106.
- 7) 小沢知雄(1950)芝の日射要求度に関する実験的研究の(第1報) 其の1光線の強弱が芝の生育に及ぼす影響, 其の2光線の時間的制限が芝の生育に及ぼす影響, 造園雑誌14(1): 33-40.
- 8) 澤田祐樹・速水和彦(1997)人工光によるスポーツターフの育成, その1-光強度及び照明時間が芝草の生育に及ぼす影響, 芝草研究大会誌第26号: 130-131.
- 9) 鈴木広子・高橋新平・近藤三雄(2003) UV-Bが室内緑化空間の生育に及ぼす影響に関する研究, 芝草研究大会誌第26号: 130-131.
- 10) (社)照明学会編(1998) UV-B生物産業, 養賢堂, 東京, pp.51-61.
- 11) 高橋新平・曾我聡・近藤三雄(1994)弱光条件下における芝草類の生育と光合成反応, 造園雑誌57(5): 163-168.

(2004.6.19 受理)