

気候変動に対応した ベントグリーンの管理

第60回KGAグリーン研究講習会

グリーン委員会参与
柳 久

本日の話題

- I 最近の気候変動とその特徴
- II 気候変動の芝草への影響
- III ベントグラスの特性と夏季の衰退
- IV 気候変動を乗り切る管理法

I . 最近の気候変動とその特徴

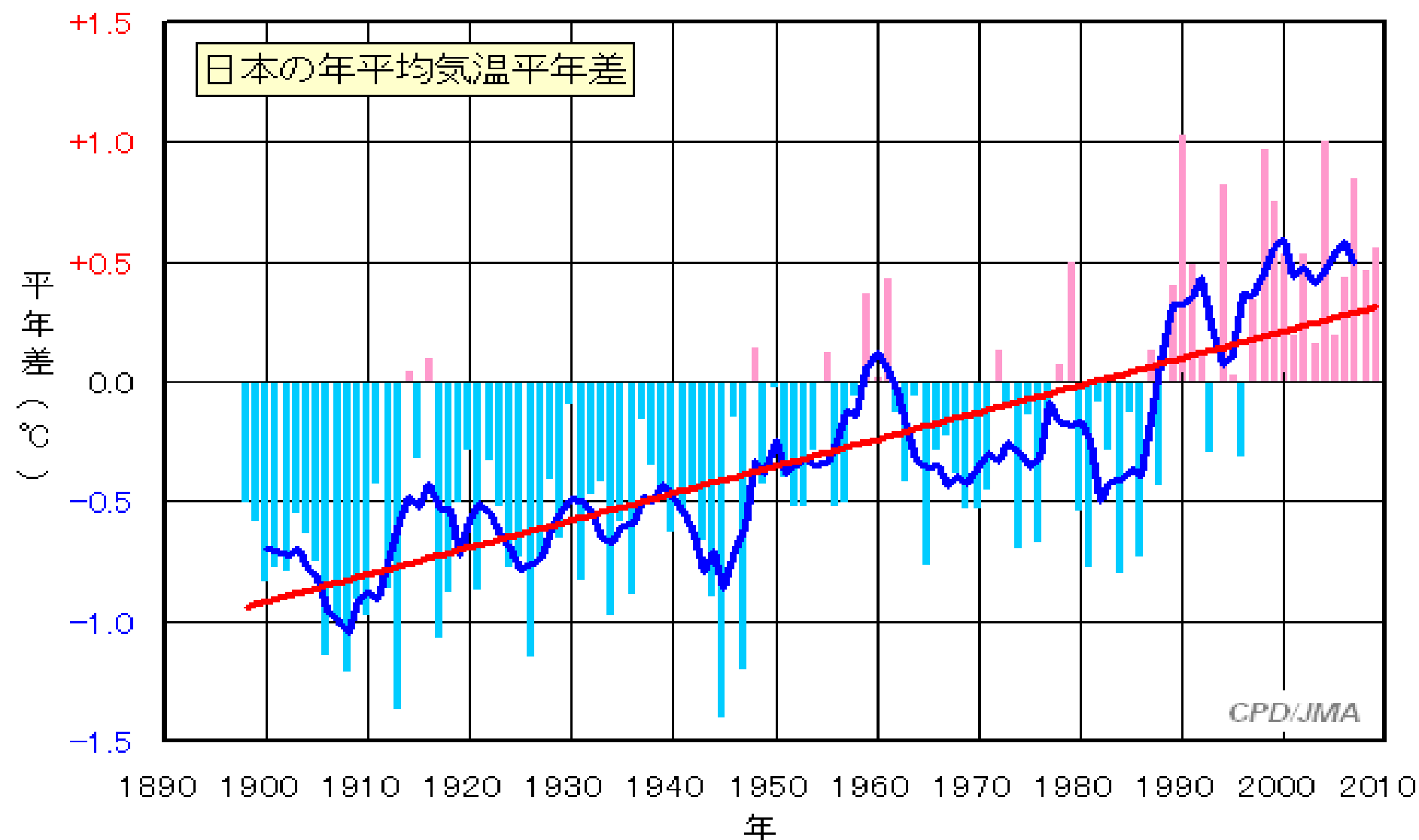
1. 進む地球温暖化

- 1) 日本の年平均気温の変化
- 2) 世界の年平均気温の変化

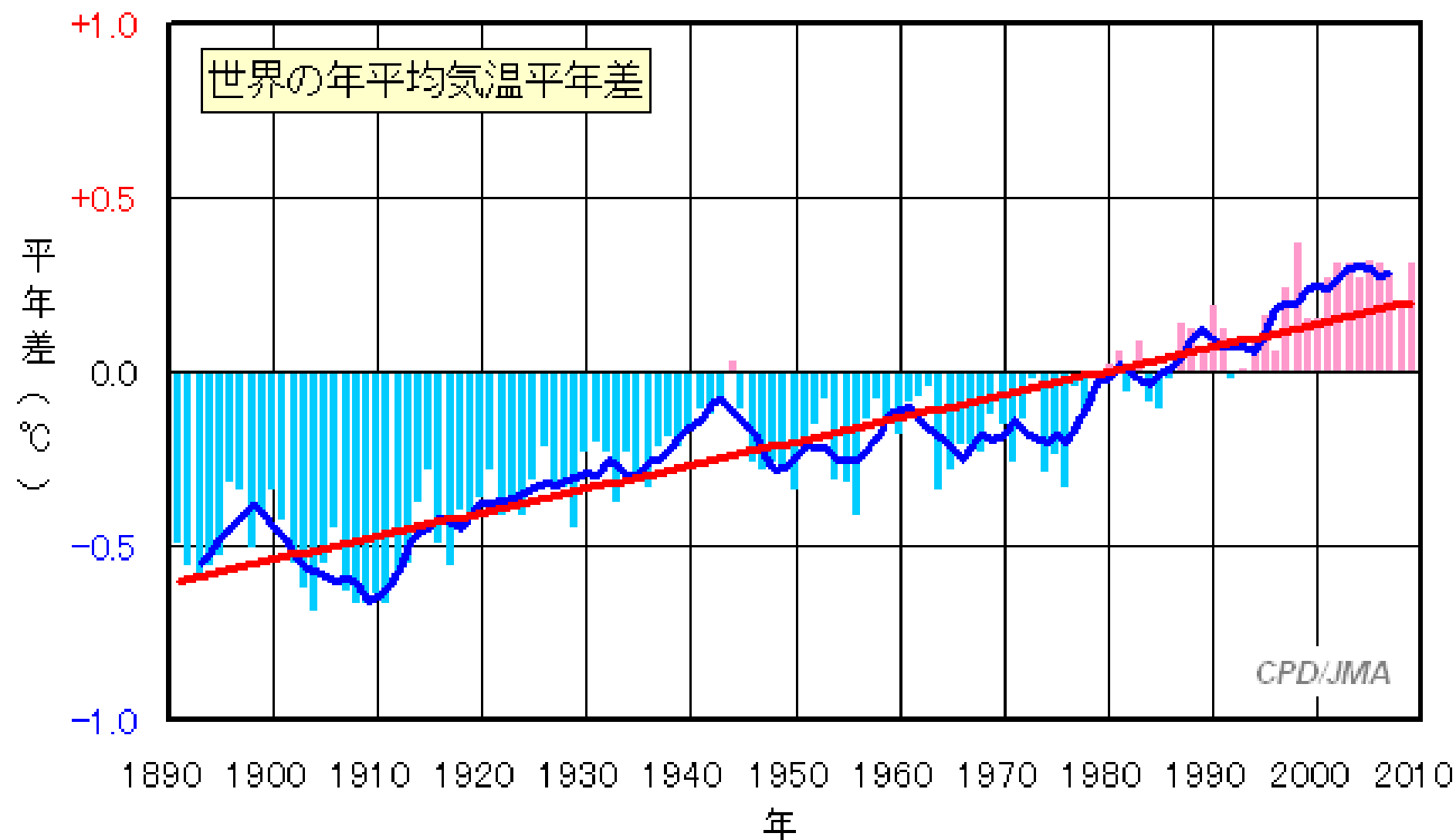
2. 昨年の天候の主な特徴

- 1) 年平均気温は高く、降水量は一部を除き多い
- 2) 春の気温の変動が大きい
- 3) 夏の平均気温は過去113年間で最も高い
- 4) 台風の発生数が最も少ない

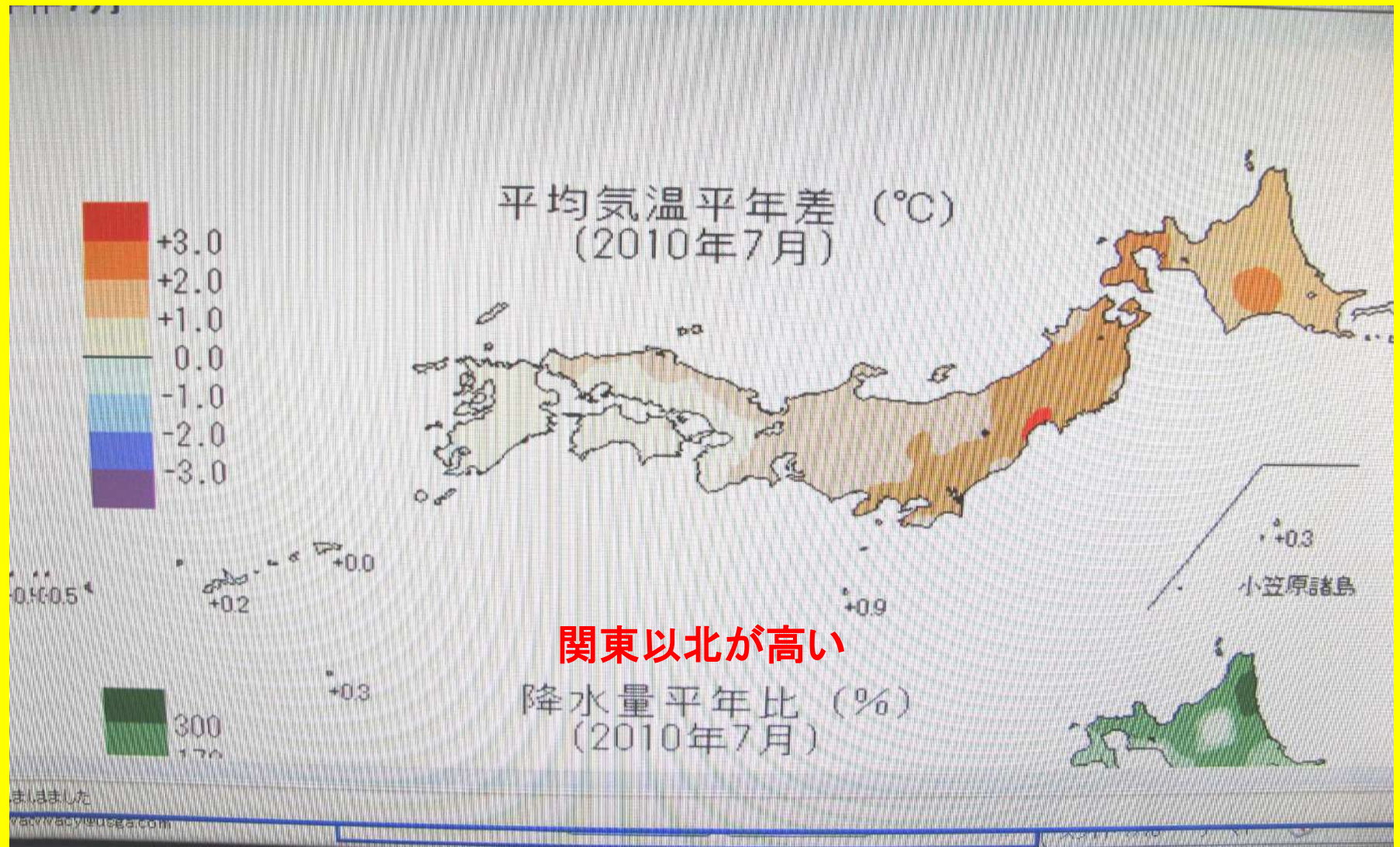
I・1・1 日本の年平均気温の経年変化



I・1・2 世界の年平均気温の経年変化



I・2・1 2010年7月平均気温平年差



I・2・2 2010年8月平均気温平年差



I・2・3 2010年9月平均気温平年差



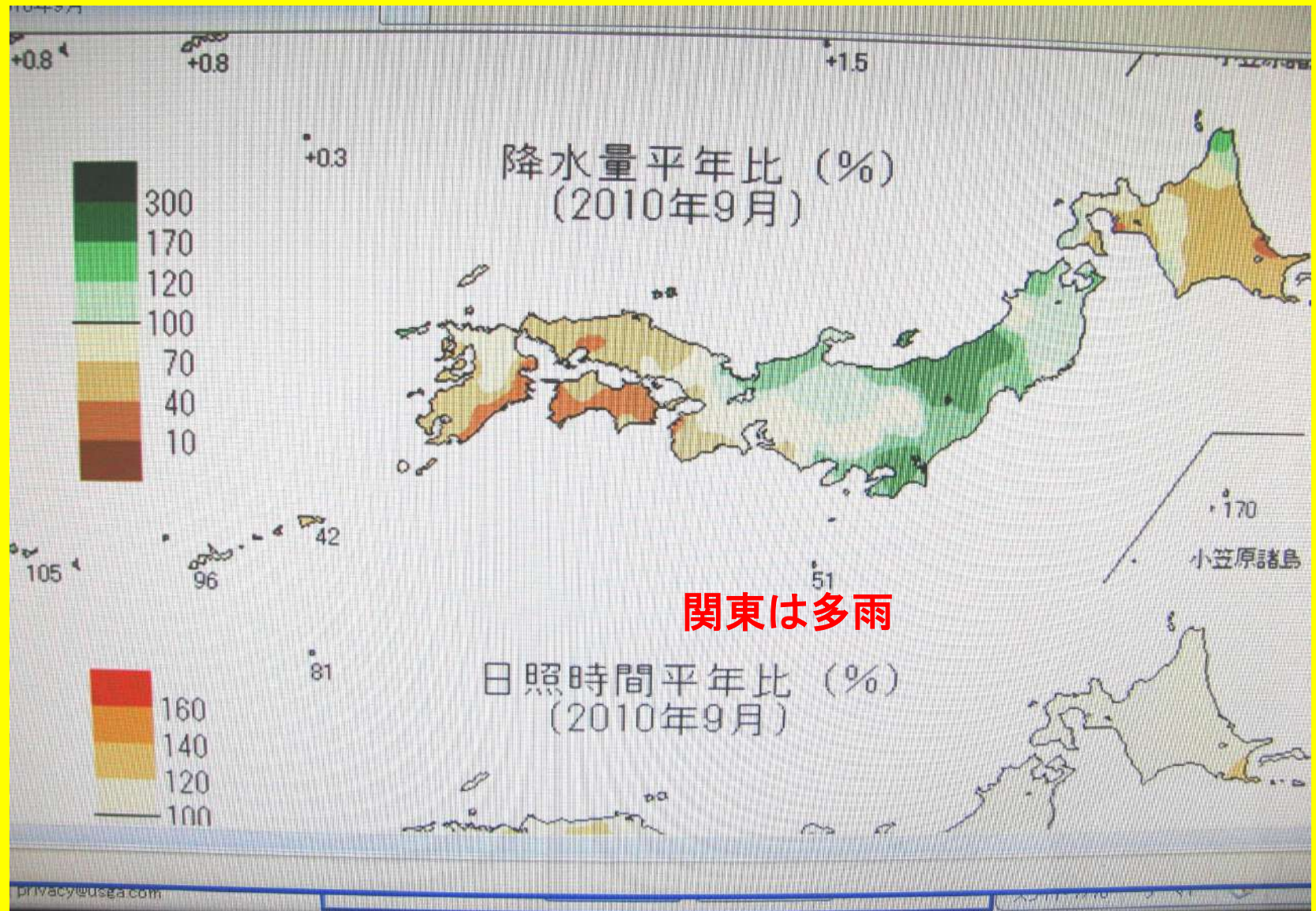
I・2・4 2010年7月降水量平年比



I · 2 · 5 2010年8月降水量平年比



I・2・6 2010年9月降水量平年比



I・2・7 2010年7月日照時間平年比

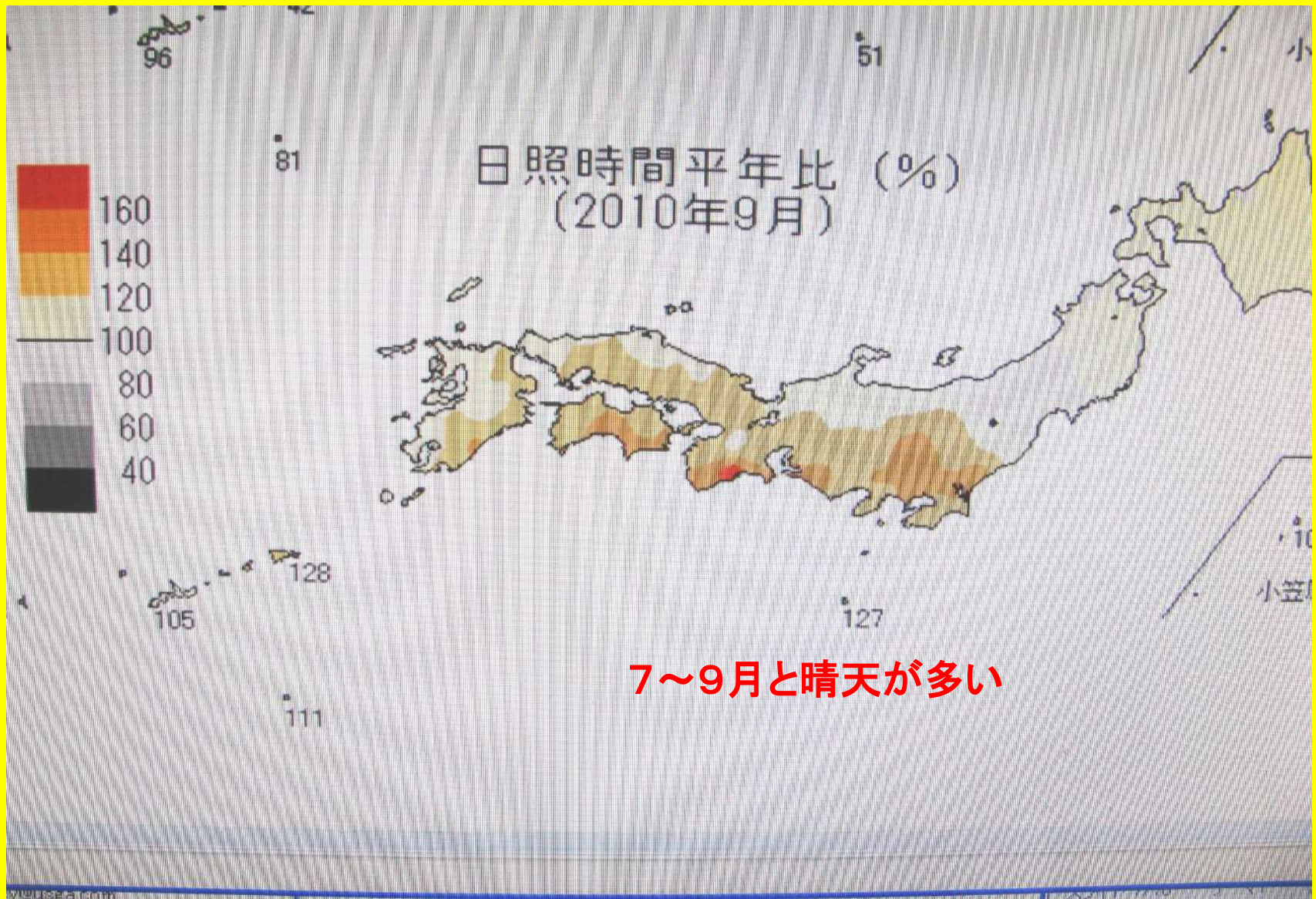


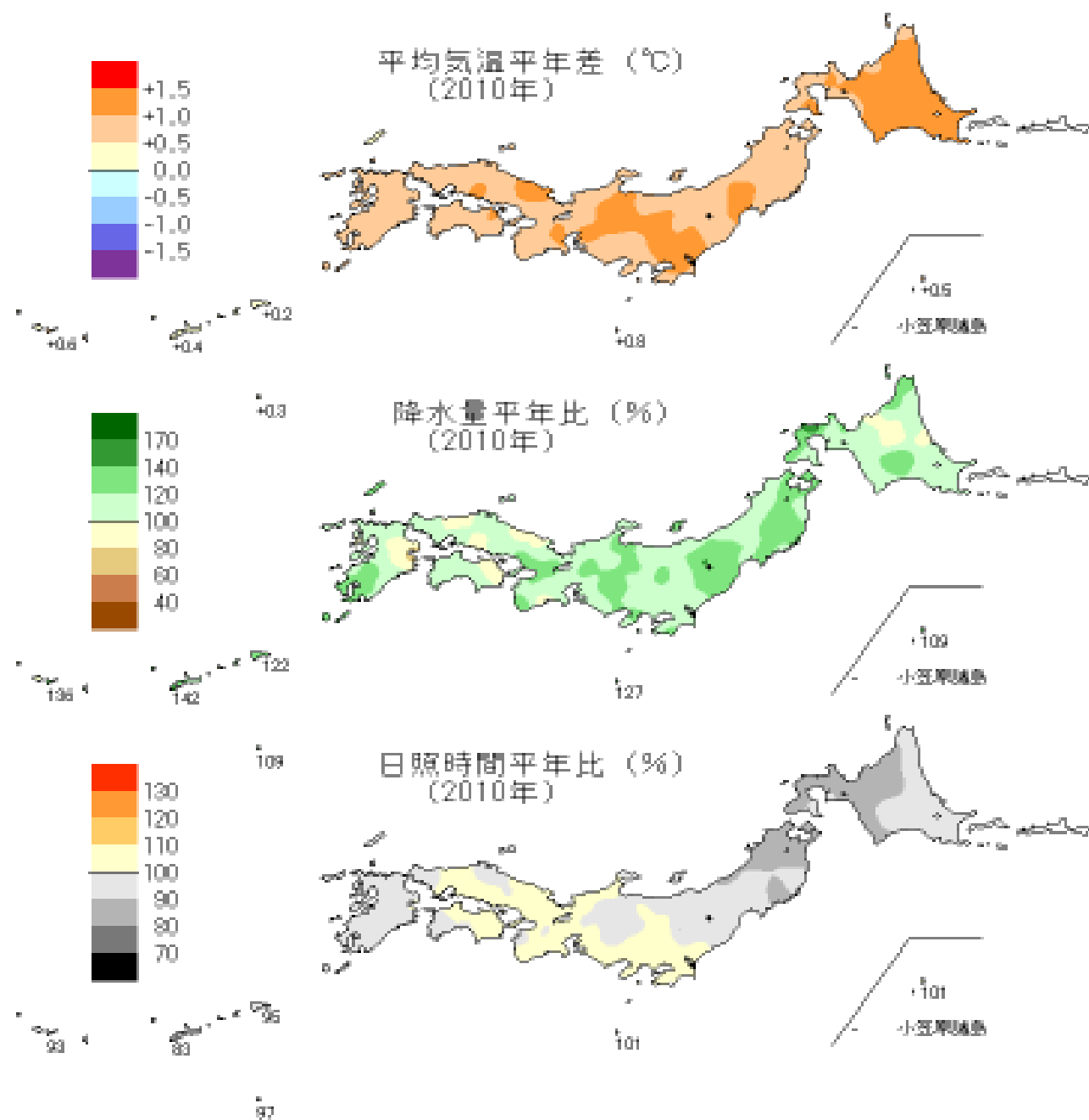
関東は晴天が多い

I・2・7 2010年8月日照時間平年比



I・2・8 2010年9月日照時間平年比





I・2・9 気象庁のまとめ

世界的な高温の要因は

- 温暖化
- 自然変動(数年から数十年周期で起こる)
- 春から続いたエルニーニョ現象



Ⅱ．気候変動の芝草への影響

1. 昨夏の被害発生状況 (一季出版調べ)

2. 関西グリーン(研)の調査

3. アメリカの状況 (Green Section)

1) 各地域の状況

2) Green Section の指導書

Ⅱ・1 昨夏の被害発生状況

コースの被害状況

- 被害発生コース: 79 / 89
(88,8%)
- 被害箇所: より
- ベントグリーン52 (58,4%)
フェアウェイ48 (53,9%)
ラフ35 (39,3%)
ティグラウンド24 (30%)
コウライグリーン5 (5,6%)

グリーンの被害(病徴)

- | | |
|-------------|------------|
| 1. 日焼け | 34 (43,8%) |
| 2. ドライスポット | 31 (34,8%) |
| 3. ピシウム病 | 19 (21,3%) |
| 4. 乾燥害 | 18 (20,2%) |
| 5. 炭疽病 | 14 (15,7%) |
| 6. 赤焼病 | 6 (6,7%) |
| 7. ウエットウィルト | 5 (5,6%) |

(注): 一季出版「月刊ゴルフマネジメント」11月号より

Ⅱ・2 関西グリーン(研)の調査

昨年のグリーンの状態

- 悪くなった 45%
- 少し悪い 44%
- 問題なし 11%
- 例年との比較
- 悪い 9%
- 同じ 25%
- 良い 16%

管理者が上げた被害原因

1. 高温
2. 病害
3. 排水不良
4. 乾燥
5. 刈り傷み
6. 通風・日照不良
7. サッチの蓄積
8. ウエットウィルト
9. 雑草
10. 水管理
11. 薬害
12. 転圧
13. 雨

Ⅱ・3・1 アメリカの状況

A Region by Region Review of What Happened and Why

From the North-Central Region

by Bob Brame, director

From the Mid-Atlantic Region

by Darin Bevard, senior agronomist

From the Northeast Region

by Adam Moeller, agronomist

From the Southeast Region

by Chris Hartwiger, agronomist

From the Mid-Continent Region

by Bud White, director

Note: While you might be tempted to view only the region in which you live, each of the presentations offers advice and insight that will prove helpful, regardless of your location.



アメリカの昨夏のグリーンの状況

- 東部の諸地域で大きな被害が続出
- 主な原因：異常高温下での多雨（豪雨）と、その後の高温が衰退、湿害、病害を起こす
- 草種：スズメノカタビラのグリーンの被害が甚大、ペンクロスも南東部では適応不可となる
- Green Sectionでは9月に今年のグリーンの夏越し対策を指南

Ⅱ・3・2 Green Section の指導書

USGA Green Section Record, Sept 3, 2010

TGIF Record Number: 168681



Summer of 2010: From Bad to Worse

By the USGA Green Section staff

Summer survival of bentgrass and *Poa annua* putting greens took on a whole new meaning throughout a great deal of the country in the summer of 2010. Much of what a golf course superintendent does throughout the year is designed to get the putting greens through the summer. This fall will be dedicated to bringing back a great deal of turf that was damaged by the challenging conditions. Depending on location, budget, and conditions, the following are items that your golf course superintendent may implement to help the golf course conditioning.

- *Core Aeration* – One of the cornerstones of successful putting greens over a long period of time is the management of the organic layer in the upper root zone. Core aeration and sand topdressing are the two best tools to manage organic matter and promote acceptable soil physical properties.
- *Surface Topdressing Applications*- The regular topdressing of the putting greens with sand dilutes organic matter accumulation and promotes

Ⅲ. ベントグラスの特性と夏季の衰退

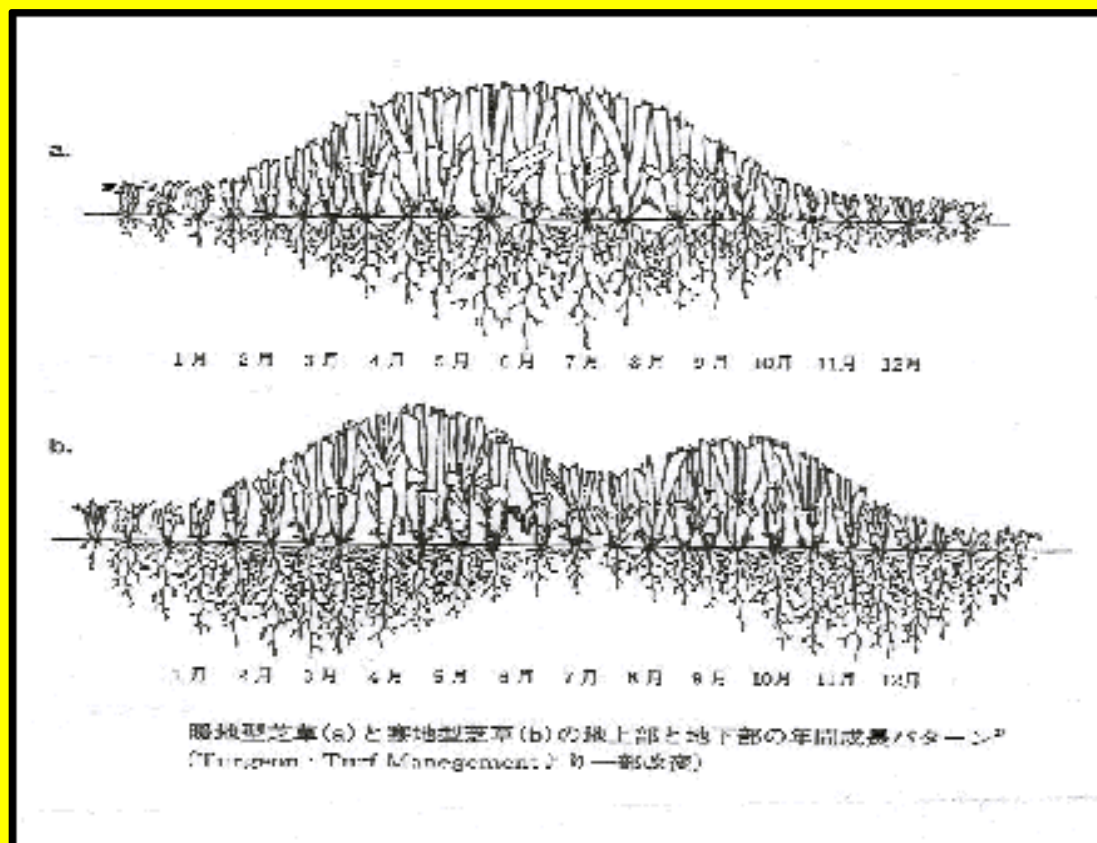
1. ベントグラスの生育とその特性

- 1) 芝草の生育パターン
- 2) ベントグラスの生育特性

2. ベントグラスの夏季衰退とその原因

- 1) 1998年以前：病害説が支配的
- 2) 1998年以降：高温（地温）による生育の減退が主な要因

Ⅲ・1・1 芝草の生育パターン



- 上: 暖地型芝草
- 下: 寒地型芝草
- * 生育は冷涼な気温を好む
- * 高温の夏は生育が衰退する

Ⅲ・1・2 ベントグラスとその特性

(L. B. McCarty)

炭素の代謝方式	寒地型(C3)
最大光合成に必要な光量	25～50% 快晴
光呼吸の有無	有
新芽の生長に最適な温度	15,5～23,9℃
新根の生長に最適な温度	10～18,3℃
根の50%が枯死する温度	23,9～25℃
根の生長が停止する温度	26,7～35℃
枯死温度	37,8～43,3℃
チツソの最適施用時期	(2～3月)+5月+(9～11月)
チツソ過多による傷害の危険	6～8月
年間チツソ必要量(m ²)	20～40g
好適なpHの範囲	6～6,5

Ⅲ・1・2・1 芝草の根は酸素を求める-1



- 素焼鉢に栽培したケンタッキー・ブルーグラス
- 生育が旺盛な時期のもの

Ⅲ・1・2・2 芝草の根は酸素を求める・2

- 芝草の根は酸素を求めて通気性のある鉢の縁に集まる



Ⅲ・1・2・3 芝草の根は酸素を求める・3



- 鉢の底に伸びた根群
- 根毛の生育の旺盛さが分かる
- 芝草の健全さは根毛の量に比例する

Ⅲ・2 ベントグラスの夏季衰退

**Summer Bentgrass Decline:
Physiology and Management**

Bingru Huang

Rutgers University

Spring



Late Summer



Ⅲ・2・1 ベントグラスの夏期衰退とは

Summer Bentgrass Decline

- Dernoeden (1998) : 病害主因説否定
- Huang (R g 大1999) : 夏期ベントグラスの衰退・・高温が主要因
- 対策 :刈高上げと地温のコントロール
- 根圏へのサイトカイニンの施用
- 殺菌剤の予防散布は病害の抑制に有効
- ニューベント (L-93) は耐性がある

Ⅲ・2・2 寒地型芝草の根の生長と地温の影響

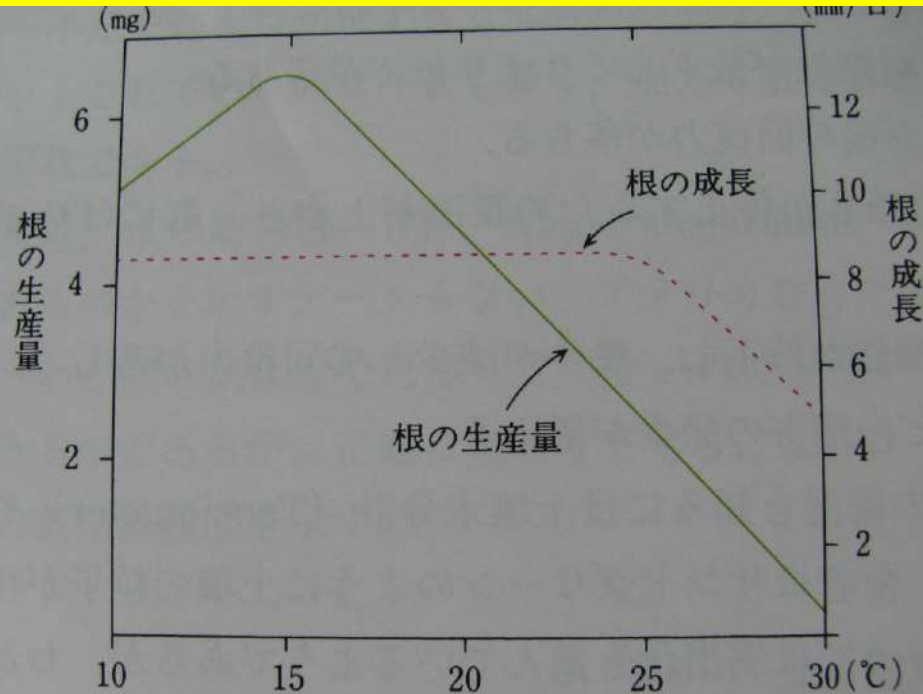


図5-5 寒地型芝草の成長と地温の影響
(Beard, 1973)

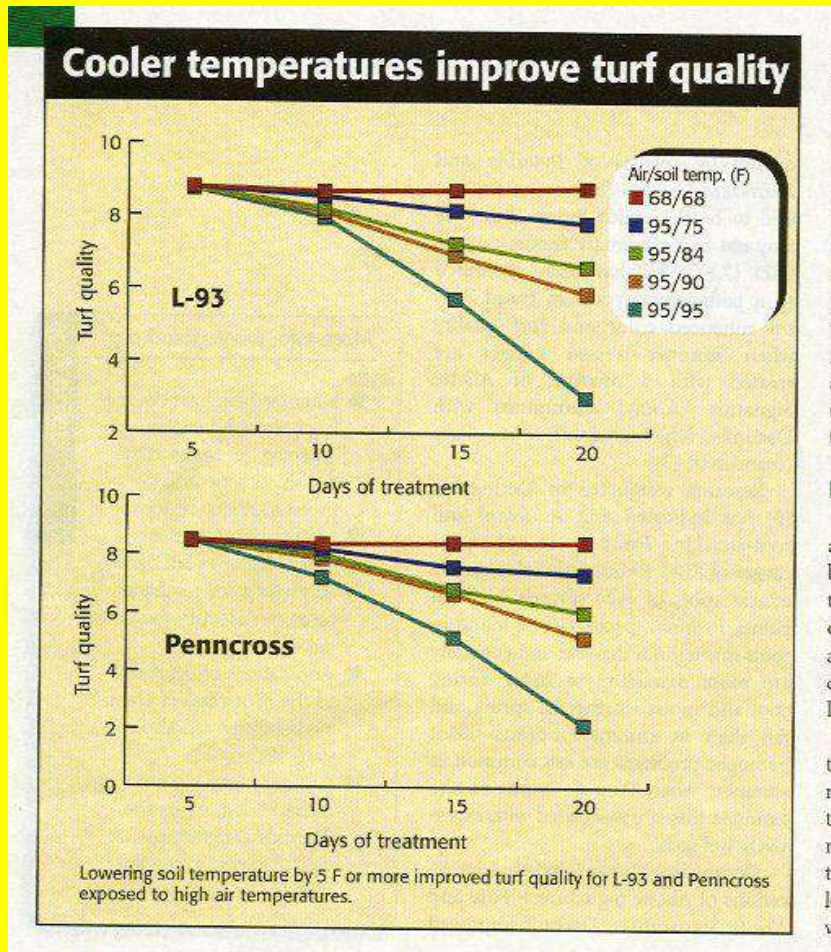
- 寒地型芝草に対する地温の影響はBeardによる研究がある(1973年)
- 根の生長が最も旺盛な温度は15°C
- 地温が25°Cを超えると下降

Ⅲ・2・3 真夏のベントの根系



- ワグナーポットに栽培したペンクロスベントの根の状態
- ヒゲ根が細くなって活性が低下

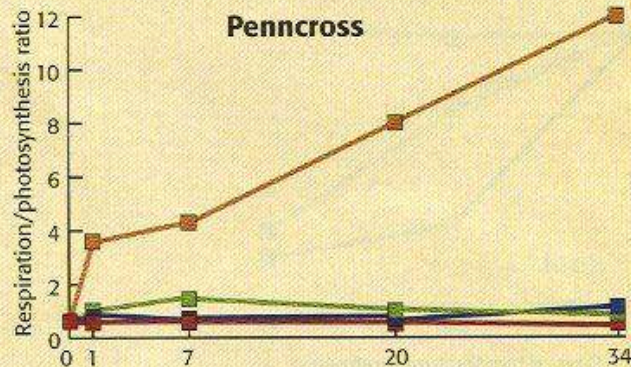
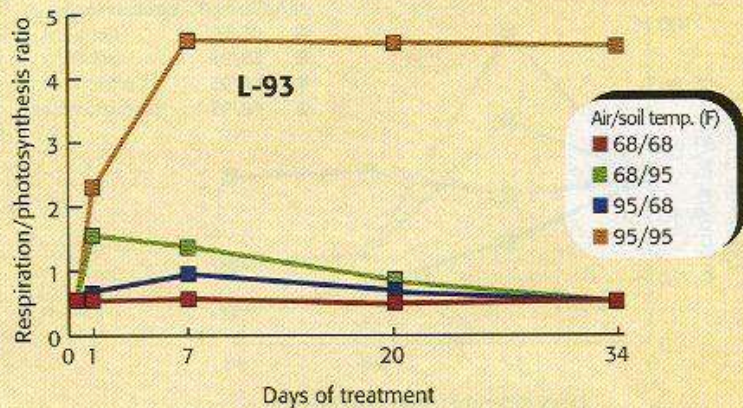
Ⅲ・2・4 冷涼な温度がターフの品質向上



- 種々な温度条件でのペンクロとL-93の品質の違いを示している
- 高温になるほどL-93よりペンクロの品質低下が大きい

Ⅲ・2・5 高温ほど呼吸量が増える

Respiration/photosynthesis ratio



The ratio of respiration to photosynthesis increased at high air or soil temperatures for L-93 and Penncross, but decreased at low air or soil temperatures.

- 芝草の呼吸量は高温ほど増加する
- 高温下で日数を経るほど呼吸量が増す
- 呼吸量の増加は
ペンクロ > L-93
- L-93がペンクロより
高温に強いことを示している

Ⅲ・2・6 ベントグラスの高温耐性(1)



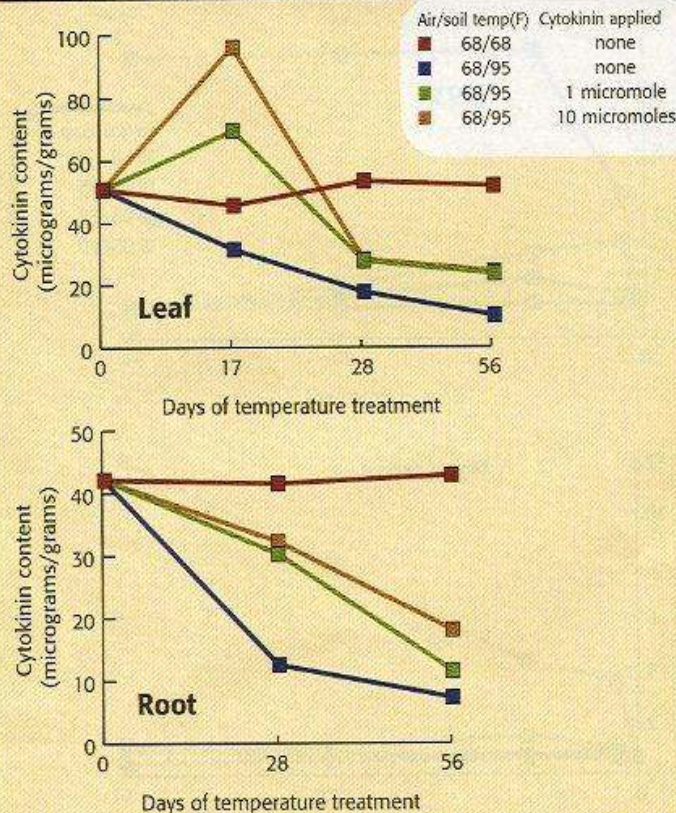
Ⅲ・2・7 ベントグラスの耐暑性(2)



Ⅲ・2・8 夏季ストレスを緩和する サイトカイニン

- サイトカイニンは根で作られ芝草の夏季ストレスを和らげる働きがある
- 根が衰退した芝草ではサイトカイニンが作れず、芝草の活性は衰える

Cytokinin relieves summer stress



For Penncross, cytokinin synthesis in roots and cytokinin supply to leaves decreased at high soil temperatures. Application of cytokinin to the root zone increased cytokinin content in leaves and roots.

IV. 気候変動を乗り切る管理法

1. グリーンの生育環境改善
2. サッチコントロール
3. 適切な刈込み：刈高上げ
4. 的確な灌水：水撒きでなく水遣り、霧状灌水
5. 施肥（含む生長調節剤）
6. 有害生物の防除
7. 高温期の表層通気作業
8. 耐暑性草種への転換（ニューベントのIS）

IV・1 グリーンの生育環境改善

1. 日照の改善

朝日を取り込む：早春の地温上昇、光合成にプラス
西日は要注意：夜間の地温高く病害発生に関連
日陰を作る樹木の切除

2. 通風の改善：

間伐、下枝落し、**扇風機**の利用

3. 床土の排水改良

受けグリーンの下部など：スマイル排水工

4. **深く発達した根系作り**

深耕（ドリル、バーチドレーンなどロングタインの活用）

IV・1・1 日蔭のグリーン(設計ミス)



- 朝日の当たらぬグリーンは失格
- 西日のみでは不足
- 夏季の西日は寒地型芝草の根の衰退を速める
- 病害発生危険を含む

IV・1・4 根系の発達に効果的な深耕-1



- 深耕に効果の高いドリル&フィル
- 最深45cm
- 早春の施工が最適
- バーチドレーンも同様の効果が期待できる

IV・1・4 根系の発達に効果的な深耕-2



深耕の効果

- 排水性の向上
- 長い根系を作る
耐乾性、耐暑性を増す
- 夏季の衰退を軽減
(地温は下方ほど低くなるため根が枯死しない)

IV・1・5 根系の発達に効果的な深耕-3



- ドリル&フィルの施工例
- 茨城GC
- コウライグリーンのベントグラスへの転換に利用
- 床土(黒土)中に伸びたベントの長く活性の高い根に注目

IV・1・6 深耕の効果



- 深く伸びた根は高温期でも枯死しない
- 湿害や病害で枯死してもコアの穴からは再生する

IV・2 サッチの削減

1. サッチの過剰蓄積

- 根系衰退の最大原因(透水性、通気性の低下)

①罹病性増、②湿害(ウェットウィルト)、③浅根化、
④スズメノカタビラの侵食、⑤藻の発生

2. サッチのスリム化根系の発達促進

- 1)適正なサッチ量:3~4%(重)、厚さ5mm
- 2)春:バーチカッティング(3mm)+コアリング+目土
- 3)春~梅雨明け前:コアリング3回(目土施用含む)
 タイン:コア>ムク刃、 Φ 8,0~6,0mm

IV・2・1・1 サッチの過剰蓄積



- サッチとは
- 地表に堆積した未分解、分解途上の有機残渣(根や茎葉)。難分解性のリグニンが多く緻密。
- サッチの特性
 - 透水性と通気性を阻害
 - 加湿になりやすい
 - 乾くと撥水性を持つ
 - 熱伝導率が低い
 - 害虫や土壌病原菌の棲み処

IV・2・1・2 サッチ層の削減-1



- 厚いサッチ層を高温期まで持ち越さない
- 早春にバーチカルモアでサッチ層を薄くする
- コアリングでサッチの削減と通気性、透水性を改善
- 根系の発達促進

IV・2・1・3 サッチ層の削減-2



- サッチ層は根を浅根化する
- 夏期の衰退を速める

IV・2・1・4 高能率のバーチカルモア



IV・2・3・1 重要度が増すコアリング-1



- 表層のサッチ削減に不可欠な作業機
- 早春から梅雨明けまで、3回以上を
- タイン: Φ 6mm～12mm
- ムク刃よりコアタインが効果的

IV・2・3・2 重要度増すコアリング-2



- 時期と回数
早春から梅雨明け
前まで3回
- タインの太さ
*低温期と高温期前:
Φ 6mm
*生長旺盛時: Φ 8mm
- 種類
*コアタイン>ムク刃

IV・3 夏期の刈込み

1. 適切な刈込み

1) 1/3法を厳守

2) 茎刈を避ける

①傾斜に対応:モアは22in>26in

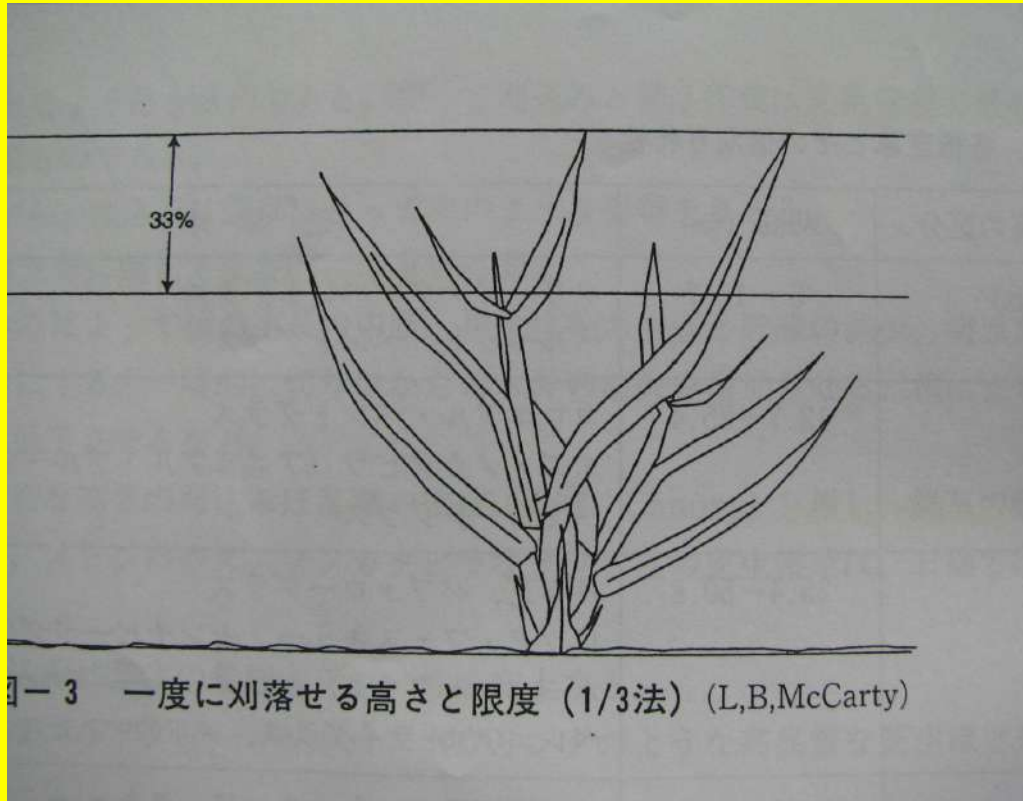
3) 刈高を上げる

①ペンクロスベントグラス:4,5mm以上へ

②ニューベントグラス類:4,0mm~それ以上

2. グルーマーからローラーへ

IV・3・1 刈り落としの原則を厳守



- 3分の1法
一度に刈り落とせる限度は上から1/3まで
- 高温期こそ遵守を
- 茎刈はターフの衰退枯死へ直結

IV・3・2 ターフの状態に合った刈高



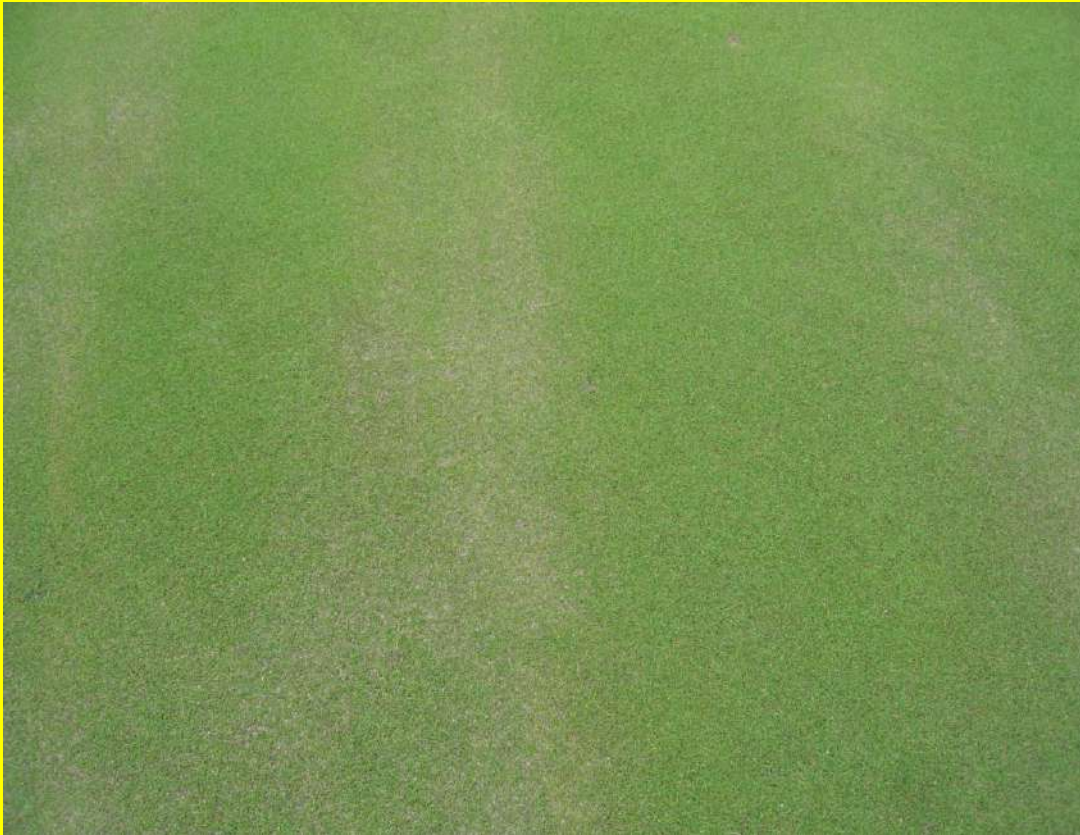
- 高温期は刈高を上げる
- モアのタイプ
22in > 26in
- ブレード
11枚刃 > 8枚刃

IV・3・3 過度な低刈によるダメージ



- 高温期のダメージは
 - * 単純なミスから起こりやすい
 - * 日ごろの部下への教育が重要

IV・3・4 調整不良モアによるダメージ



- ・ モアの調整ミスによる茎刈と損傷

*専門の機械担当が必要な時代

IV・3・5 不均一な面が低刈で損傷



- 茎刈は面の不陸と関連
- 速くてスムーズなグリーンは一朝一夕には出来ない
- 日ごろの肌理細かな作業が必要

IV・3・6 夏の低刈によるダメージ

(ペンクロスベント)



- 被害を受けやすい
ペンクロスのグリーン
- 加湿と傾斜が低刈
になりやすい
- モアのブレード数も
関連(11枚刃)

IV・3・7 芝草の節間と低刈耐性



IV・4 正しい灌水(水遣り)

1. 事前の点検管理

ヘッド位置の修正、水圧、サークル修正etc

2. 床土の保水力を活かす

一度に十分な水量と間隔をあける

3. スプリンクラーと手撒き併用

スプリンクラーのみではムラになりやすい

4. シリンジングの活用

冷却効果

IV・4・1 事前の点検管理



- スプリンクラーヘッドの位置は事前に点検修正を
- 芝草の伸び過ぎはムラ撒きの元となる
- 水圧やサークルも調整必要

IV・4・2 床土の保水力を活かす（砂質壤土）



- 床土の保水力を活用する
- 長い根系ほど乾燥に強い証拠
- 粗い砂ほど保水力は小さい

IV・4・3 スプリンクラーだけでは不完全



- スプリンクラーは万能ではない
- 風の影響を受けやすい
- 均一な散水は不可能

IV・4・4 灌水に不可欠な手撒き

HAND WATERING GREENS

There is a correct way.

by PAT GROSS



Hand watering greens may seem easy, but improper technique may actually cause more harm than good.

SUMMER IS HERE, and there is nothing an overheated maintenance staff member would rather do than hand water greens on a hot afternoon. After all, it's an easy job — grab a hose, hook it up to a quick coupler, and soak the grass. Right?

levels before applying any water. Many disease and insect problems display symptoms similar to localized dry spots. Watering these areas will often make the situation worse. If the turf is wilting and adequate moisture is present, staff members should report

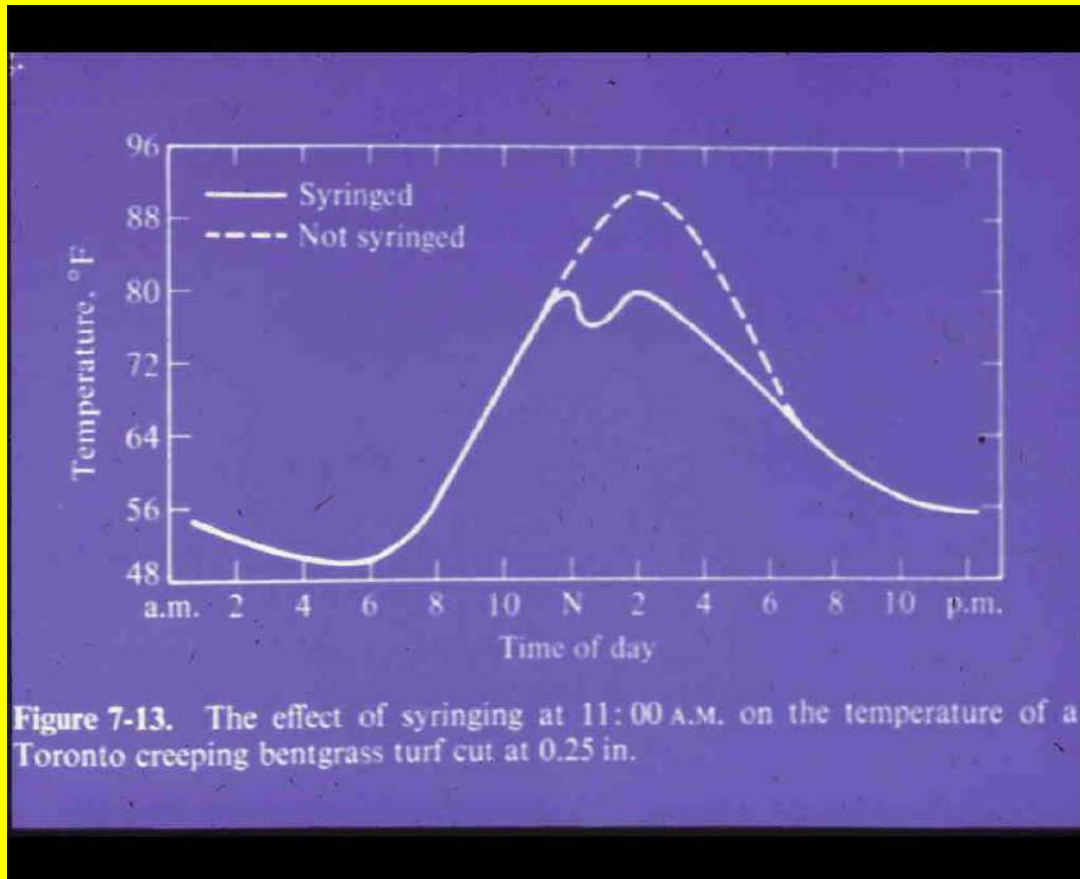
high winds, and hours of intense sunlight. In these cases, syringing the greens with a light application of water can help revive the plant. The idea is to reduce the moisture stress of the leaf tissue and allow the plant to continue a balanced transpiration rate.

写真5-8 手撒き灌水の重要性

(USGA Green Section Record より)

- 「水遣り3年」(園芸)の言葉あり
- “水遣り”は手撒きから
- USGAのグリーンセクションですら奨励
- 日ごろからの訓練が必要

V・4・5 シリンジングの冷却効果



- 高温時の温度降下に有効
- 昼頃から午後2時まで(2回程度)
- 高圧で茎葉が濡れる程度
- タンク車でもOK

IV・4・6 藻の発生は灌水ミス



- 藻の発生は灌水ミスから
- 事前にコアリングなどで排水性改良を

IV・4・7 ブラックレイヤー



- 真夏に人工的に発生させたもの
- グリーンのソッドをシャーレに入れて水を張っておく
- 最初に藻が発生し、やがて表面がゼリー状となって土は黒色を呈し亜硫酸ガスが発生(還元層)

IV・5 施肥のポイント

1. 床土の調整

1) 土壌pH(弱酸性)

2. 高温期の施肥

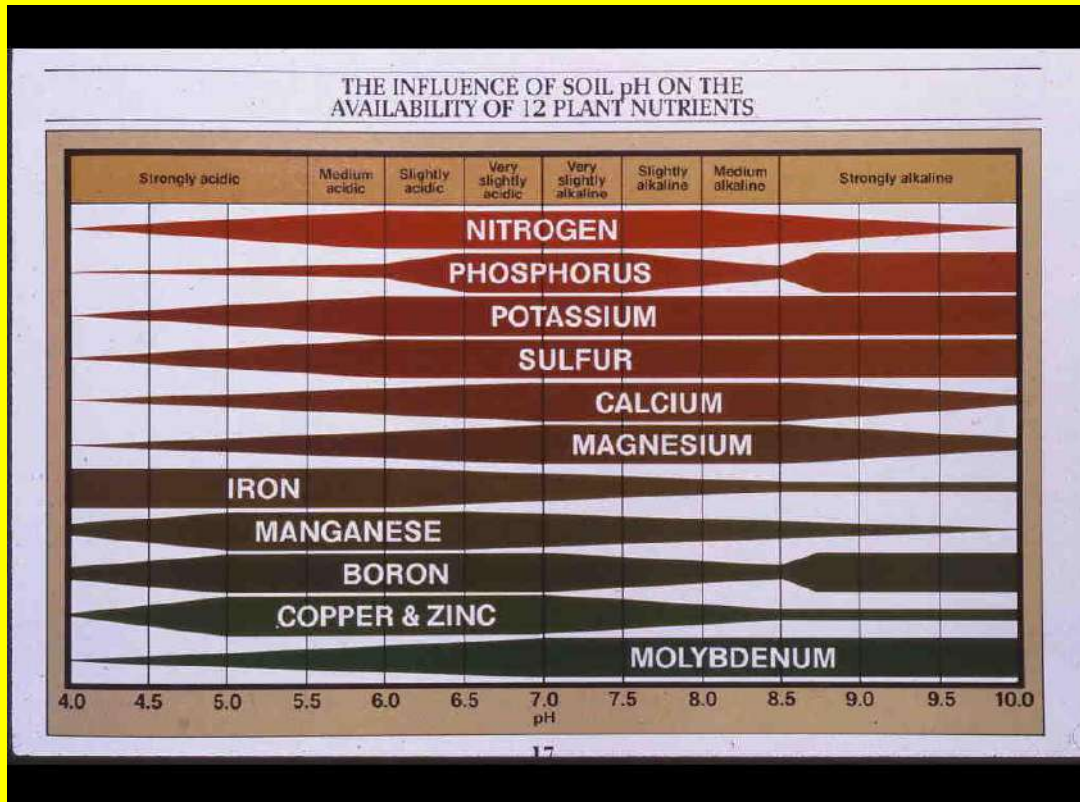
1) 施用量: Nを控えKを増す(N:P:K=1,0:0,5:1,0~1,5g/m²)

2) 微量元素(Fe,Ca,Mg,Mn、サイトカイニンなど)

3) 少量多回(スプーンフィーディング)3回/月

4. 生長調節剤の活用

IV・5・1 床土の調整



- 床土の特徴を知る
- PHを弱酸性に維持

IV・6 有害生物の予防

1. IPMを駆使

1) 密な観察、早期発見早期防除

2. 高温期に多い病害の防除

1) ピシウム病：夕方の灌水厳禁、予防第一

2) 炭疽病：N不足と加湿曇天、

3) ベントグラス・デッドスポット：若いグリーンに多い

3. イネ科雑草

1) アキメヒシバの発生増：発生前処理

IV・6・1 朝露の除去と刈込



- 朝露除去の効果
 - *茎葉病害の有効な手段(ダラースポットなど)
 - *モアによる菌の伝播防止

IV・6・2 最近増えた炭疽病

N不足の過湿部に出やすい

葉面に黒い菌糸叢が見える



IV・6・3 ベントグラス・デッドスポット



- 病原菌
Ophiosphaerella agrostis
- 病斑：ダラースポット
やボールマークに類似
- 新設のピュアサンドに
夏から秋まで出やすい
- Nの施肥と殺菌剤散布

IV・6・4 砂土でもピシウム病は発生



- ・ サンドグリーンでも夕方の灌水は発生しやすい
- ・ 遅くまで西日が当たるグリーンなど予防散布を

IV・6・5ドライスポット(局所乾燥班)



- 早期発見早期処置が第一(朝の萎れの段階で見つけること)
- 浸透剤加用水の丹念な処理必要
- 乾燥部の全体の完全な湿りが必要

IV・6・6 ドライスポット初期に発見



- 萎れ寸前の状態で発見が肝心
- この段階なら回復が可能
- 管理部員全員が観察を密に

IV・7 ベンティング

- **Summer Venting:** 夏期サッチの蓄積したグリーン表層への通気作業
- 目的: 表層の穴あけにより通気性、排水性を改善し、根系の枯れ込み防止効果を狙う
- 使用機材: 6mmタイン、6mmムク刃、灌注機、各種スライシングタイプetc
- 施工: 年間を通し可能、特に高温多雨の夏期に必要な作業、最近アメリカで推奨

IV・7・1 真夏の灌注機施工



- 高温+降雨(過湿)
+高温の酷暑時
- 根の衰退防止、**ウェットウィルト**(高温湿害)の防止に効果

IV・8・1 温暖化で増えるアキメヒシバ



- 温暖化で急増
- グリーンのPQを低下
- 5月頃から土壌処理除草剤の散布が必要
- 発生生育期間が長期となり2回処理が必要

IV・9 耐暑性草種への転換(長期的)

1. ニューベントグラスとその利点

- 1) 高い耐暑性その他高密度高品質
- 2) 耐病性、濃緑色、斑が出難い、低刈耐性など利点多い

2. インターシーディングの勧め

- 1) ISの技術の進歩と機械の発達、
- 2) 年に4～5回の播種可能
- 3) ISの利点: 手軽、経済的、
- 4) ISの欠点: 完全転換までに年数は必要

管理部員各自の技能と協力を形に



まとめ

気候変動下でのベントグリーンの上手な夏越しは

1. ベントグラスの特性を良く理解
2. 夏までに深く発達した根系を作る
3. 高温期は刈高を上げターフの維持に重点
4. 灌水はスプリンクラーと手撒きを併用
5. 高温期の施肥はNを控えめに少量多回
6. 高温+降雨(過湿)+高温では表層通気作業を
7. 病害の予防
8. 管理者は自己研鑽と部下のトレーニングを怠るな
9. 部下の能力を引き出しそれに載れ
10. 経営者は管理者を信頼しよき理解者に