

氏 名 (本籍) 小 関 純 一

学 位 の 種 類 農 学 博 士

学 位 記 番 号 農 第 276 号

学位授与年月日 昭和 59 年 11 月 8 日

学位授与の要件 学位規則第 5 条第 2 項該当

学位論文題目 イネ科牧草の夏がれ発生の要因解析

論文審査委員 (主 査)

教授 伊藤 巖 教授 水間 豊

教授 大平 幸次

論 文 内 容 要 旨

わが国においては、従来からの自然立地条件に立脚した稲作中心の農業が行なわれてきたが、第二次大戦後の1950年代の半ばに至り国民の食生活の変化に伴ない、新しい農業形態としての人工草地を利用した草地畜産が台頭してきた。このような後発農業のために残されていた土地は必然的に自然条件・社会条件などが不良な場所に立地していた。

さらに、人工草地に導入された多くの牧草（主として、寒地型草種）は全く気候・土壌条件を異にする地域に起源を有するために、本邦の条件は決して好ましいものではなかった。本邦の条件の中で、土壌条件あるいは社会的条件については人為的に改善の余地が残されていたが気候的条件は不可避の与件となっている。とくに、関東以西の低地にみられるように草地の維持年限が短かく、また、季節生産性の変動も大きいことが知られていた。この主要な原因は夏期における夏枯れであると考えられ、多くの研究が1950年代半ばに入ってから進められてきたが、夏がれ現象の発生メカニズムについて完全に解明されるに至らず、耐暑性または耐病性のより強い品種の育成が強調されてきた。

しかしながら、現実的な対応としては比較的生産性が高い寒地型牧草（品種）に依存せざるを得ない社会経済的条件がある。したがって、これらの草種よりなる草地の安定維持・向上を図るためにも、夏がれ発生の回避あるいは軽減策の確立が急務とされている。

このため、著者は夏がれ発生の機作を明らかにし、その発生に対する草地の造成、維持管理上の対応策確立のための基礎的資料を得ることを目的として、本研究を実施した。

なお、本研究の特色は夏がれ現象をわが国が置かれた環境条件下における「気象－牧草－人為的管理（土壌条件を含む）」の相互関係の把握に重点をおいたことである。ここにいう夏がれは、夏に牧草が枯れるという狭義な意味に解釈せず、夏期における再生不良、牧草個体密度の低下、植生の悪化、長期的にみて収量の漸減とともにその維持年限の短縮までも含む広義の現象を考えることにした。

また、本研究では夏がれの発生程度（あるいは生産性低下の程度）を表示する方法として年次間または地域間の比較を容易にするために夏がれ指数（年間日平均生産量を夏期日平均生産量で除した値）を用いた。この指数が大きいほど、生産性の低下度が著しく、2をこえた場合に夏がれ発生甚大とした。

1) 夏がれ発生の実態

本邦における夏がれ現象の発生は草種、施肥条件、地域および年次によって著しい変動が認められた。

① 夏がれ発生程度は同一気象条件下でも、草種間に著しい差異があり、その発生程度はペレニアルライグラス (Pe) > オーチャードグラス (Or) > トールフェスク (Tf) > レッドトップ (Rt) > ケンタッキーブルーグラス (Kb) の順に小さくなる傾向がみられた。(第1表)

② いずれの草種の場合も、多肥条件は少肥条件に比較して夏がれ発生割合が著しく高い。(第1表)

③ 地域間の比較では、年平均気温との関係が認められ、中国、九州地方(低地)の場合には、ほとんど毎年その発生がみられるが、関東地方(8月の平均気温が25℃)では年次によってその発生程度に大きな違いが認められた。(第1~2表)

本邦の草地では、かなり広範囲にわたって草地の生産パターンに大きな影響を受けていることが確認された。

2) 夏がれ発生が草地生産性に及ぼす影響

① 夏がれ発生は草生密度の低下、施肥効果の減少、夏期のみならず秋の収量低下(第1図)をも惹起し、これらは生産性の不安定(第2図)ならびに維持年限の短縮(第2表, 第3図)の原因となっている。

② 草種構成の変化は各草種の夏がれに対する抵抗性によって支配されやすく、抵抗性が大きい草種(KbないしはRt)が経年的に増加することが認められた。(第4図-Kbの例)

3) 夏がれ発生に及ぼす気象要因の影響

夏がれ発生における地域性、年次間差異、草種による違いならびに施肥条件の影響を基礎にして、夏がれ発生に及ぼす気象要因の解明を実施した。その主要な成果は次のとおりである。

① 気象要因(第5図)の中で、夏がれ発生と密接な関係があるものとして梅雨期の降水量を指摘し、この降水量の著しい増大は夏がれ発生を助長することを明らかにした。(第5~6図, 第4表)

さらに、気温の場合も、夏期当該再生期間中の高温よりも、前回再生期間中の高温がより大きく夏がれの発生に関与していることを明らかにした。(第3~4表)

② 施肥条件によって各気象要因の影響程度が異なり、いずれの草種も多肥条件下より鋭敏に気象要因(とくに、梅雨期雨量)にレスポンスした。(第3表)

③ 気象要因のなかで、Pe, OrとTfの場合は梅雨期降水量がその発生に大きく

関与し、RtとKbでは気温（前回再生期間中）がその発生に密接に関与していた。

（第4表）

夏がれ発生については、草種、施肥条件ならびに気象条件が相互に関係して起こっている現象として理解する必要があるが、とくに、気象要因のなかでは従来等閑視されていた梅雨期降水量が重要な要因となっていることを強調した。

4) 夏がれ発生に及ぼす牧草の養分吸収特性の影響

圃場試験ならびに現地調査で得られた牧草の分析調査から、各草種の養分吸収特性を明らかにし、それらと夏がれ発生との関係を解明した。得られた成果のあらまは次のとおりである。

① 多量要素含有率およびそれらの間の比から、各草種の養分吸収特性を明らかにした。（第5表、第7図）さらに、これら特性のうちで牧草の夏がれ発生に関与する要素として、N、P、CaとMgを指摘した。

② 上記各要素の根系発達に及ぼす効果を勘案して、根系値を $\left[N/P \times 1 / (Ca + Mg) \right]$ （地上部の乾物中％比）と定義した。この値と圃場における牧草の根系発達と密接な関連があることを確認した。（第8図）

③ 夏がれ発生と春期の根系値との間に密接な関係が認められ、各草種ともに、この値の増大は夏がれ発生を助長する方向に作用した。しかし、根系値の夏がれ発生に及ぼす影響程度は草種によって異なり、その大きさは、 $Pe > Or > Tf > Kb > Rt$ の順であった。（第6表）この傾向は各草種の夏がれ抵抗性の傾向とほぼ対応していた。

④ 根系値の構成要素である N/P と $(Ca + Mg)$ の各要素ごとにみると、 N/P の重要度が大きい草種（P欠乏、N過多に弱い）はOrとPeであり、逆にRtでは極めて小さかった。他方、 $(Ca + Mg)$ が重要な草種（土壌酸性に弱い）はPeとTfであった。（第7表）

以上のごとく、牧草の養分吸収特性は根系値という形で夏がれ発生と関連づけることができた。この根系値による検討結果は、施肥管理によって気象要因による夏がれ発生の程度を軽減し得ることを示唆している。

5) 気象条件および養分吸収特性と夏がれ発生との関係

前述の気象要因ならびに養分吸収特性の要因が夏がれ発生に及ぼす相互関係を明らかにするために、これらの要因と夏がれ指数との重回帰式を算出し、その結果を第8表に示した。ここに得られた関係を図式化し、夏がれ発生の機作を第9図の形で表現するこ

とができた。この中の草種特性は前述の検討結果から次のごとくに3型に分類することが可能であった。

夏がれ発生に対する各草種の特性

| 分類型 | 要因関係 | | 根系値に関して抵抗性が小さい項目 | 気象要因のうち、抵抗性が小さい項目 | その他 |
|-----|----------|------------------|------------------|-----------------------|---------------------|
| | 草種 | | | | |
| I | Kb Rt | | | T (夏期高温) T (") | N/Pに極めて強い |
| II | Tf Or | (Ca + Mg) N/P | | R (梅雨期降水量) R (") | 相対的に根系値が気象要因より大きく関与 |
| III | Pe | (Ca+Mg), N/P | | T, R | 上に同じ |

本論文の結果に基づいた対応策として、次のことが挙げられる。

第一に、草地の造成に当たっては、多雨による過剰水の排水を考慮した地形の選択または修正（例、緩傾斜地化）ならびに土壌物理性の改良を行なうことである。

第二に、造成時には土壌改良資材の十分な投入によって夏がれ抵抗性を強める。

第三に、草地の維持段階では、早春の追肥時にP, Ca（多量の場合は前年最終刈取後に施用）およびMgに十分留意する。すなわち、早春の追肥はその年の造成時とみなして、N-P-Kの施用割合も造成時に近い形のP重点の施用を行ない、さらに、CaやMgについては、牧草の年間収奪量や土壌の酸性化の程度を考慮した上でその量を施用する。

以上は各草種に共通的な事項を示したが、実際には、本論文で明らかにしたように、各草種の土壌・気象条件に対するレスポンスが著しく異なるので、造成段階から維持段階まで各草種の特性、地域の条件を十分考慮した対策を講ずる必要がある。

第1表 西那須野における夏がれ発生程度 (1)

| 草種 刈取回数 年次 | 刈取回数 | | | | 平均 | |
|------------------|------|------|-------|-------|-------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| 少肥 | 昭44 | 0.35 | 0.59 | 0.82 | 1.69 | 0.86 |
| | 45 | 1.06 | 1.01 | 0.50 | 0.69 | 0.82 |
| 肥 | 47 | 0.30 | 0.44 | 0.62 | 1.49 | 0.71 |
| | 48 | 0.82 | 1.41 | 0.84 | 0.36 | 0.86 |
| 49 | 0.61 | 0.68 | 0.85 | 0.59 | 0.68 | |
| 多肥 | 昭44 | 0.87 | 0.60 | 1.54 | 0.49 | 0.88 |
| | 45 | 1.00 | 1.47 | 0.66 | 0.96 | 1.02 |
| 肥 | 47 | 0.50 | 1.01 | 1.54 | 1.77 | 1.21 |
| | 48 | 1.00 | 2.55 | 1.64 | 0.91 | 1.53 |
| 49 | 1.14 | 2.10 | 1.85 | 1.92 | 1.75 | |
| 少肥 | 昭44 | 0.49 | 1.09 | 1.52 | 1.66 | 1.19 |
| | 45 | 1.62 | 0.91 | 1.03 | 1.74 | 1.33 |
| 肥 | 47 | 0.42 | 0.57 | 1.14 | 1.17 | 0.83 |
| | 48 | 0.78 | 0.88 | 2.76 | 1.17 | 1.41 |
| 49 | 0.80 | 0.64 | 2.57 | 3.21 | 1.81 | |
| 多肥 | 昭44 | 0.78 | 1.43 | 2.31 | 0.90 | 1.36 |
| | 45 | 1.26 | 2.71 | 1.39 | 1.67 | 1.76 |
| 肥 | 47 | 1.03 | 2.49 | 1.88 | 3.58 | 2.25 |
| | 48 | 1.16 | 1.75 | 2.53 | 1.69 | 1.78 |
| 49 | 2.18 | 2.44 | 20.62 | 67.00 | 23.06 | |
| 少肥 | 昭44 | 0.59 | 0.94 | 1.30 | 2.38 | 1.30 |
| | 45 | 1.70 | 1.13 | 0.71 | 1.02 | 1.14 |
| 肥 | 47 | 0.43 | 0.81 | 1.18 | 0.81 | 0.81 |
| | 48 | 2.12 | 1.11 | 6.35 | 1.02 | 2.65 |
| 49 | 1.40 | 1.53 | 13.50 | 4.50 | 5.23 | |
| 多肥 | 昭44 | 1.41 | 1.64 | 2.89 | 0.95 | 1.72 |
| | 45 | 1.30 | 3.01 | 0.91 | 1.21 | 1.61 |
| 肥 | 47 | 1.01 | 2.07 | 1.86 | 1.99 | 1.73 |
| | 48 | 1.92 | 3.31 | 4.92 | 1.77 | 2.98 |
| 49 | 1.11 | 5.44 | 29.25 | 21.27 | 14.27 | |

* 7月から9月上旬までに刈取回数

第1表 西那須野における夏がれ発生程度 (2)

| 草種 刈取回数 年次 | 刈取回数 | | | | 平均 | |
|------------------|------|------|------|-------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| 少肥 | 昭44 | 0.46 | 0.65 | 0.62 | 1.91 | 0.91 |
| | 45 | 1.37 | 1.69 | 0.64 | 1.03 | 1.18 |
| 肥 | 47 | 0.34 | 0.59 | 1.13 | 1.41 | 0.87 |
| | 48 | 1.05 | 9.00 | 10.00 | 0.51 | 5.14 |
| 49 | 0.87 | 1.54 | 2.22 | 1.00 | 1.41 | |
| 多肥 | 昭44 | 1.23 | 0.90 | 2.20 | 0.55 | 1.22 |
| | 45 | 1.76 | 1.52 | 0.70 | 0.97 | 1.24 |
| 肥 | 47 | 0.50 | 1.05 | 1.73 | 1.61 | 1.22 |
| | 48 | 0.90 | 3.40 | 4.68 | 0.69 | 2.42 |
| 49 | 1.87 | 1.04 | 8.25 | 1.82 | 3.25 | |
| 少肥 | 昭44 | 0.37 | 0.74 | 1.24 | 1.98 | 1.08 |
| | 45 | 1.13 | 1.07 | 0.63 | 0.87 | 0.93 |
| 肥 | 47 | 0.62 | 0.62 | 1.07 | 0.83 | 0.79 |
| | 48 | 1.66 | 1.25 | 5.46 | 1.05 | 2.36 |
| 49 | 0.94 | 0.93 | 2.02 | 2.67 | 1.64 | |
| 多肥 | 昭44 | 1.03 | 1.05 | 2.60 | 0.79 | 1.37 |
| | 45 | 1.11 | 1.40 | 0.70 | 1.05 | 1.07 |
| 肥 | 47 | 0.74 | 1.18 | 1.50 | 1.50 | 1.23 |
| | 48 | 0.98 | 1.37 | 2.66 | 0.88 | 1.47 |
| 49 | 1.87 | 1.60 | 2.90 | 2.87 | 2.31 | |
| 少肥 | 昭44 | 0.47 | 0.74 | 0.84 | 1.18 | 0.81 |
| | 45 | 1.93 | 1.31 | 0.67 | 0.97 | 1.22 |
| 肥 | 47 | 0.42 | 0.56 | 0.71 | 1.72 | 0.85 |
| | 48 | 0.60 | 1.14 | 1.22 | 0.60 | 0.89 |
| 49 | 0.69 | 0.63 | 1.27 | 0.88 | 0.87 | |
| 多肥 | 昭44 | 0.83 | 1.14 | 2.28 | 0.67 | 1.23 |
| | 45 | 1.10 | 1.34 | 1.16 | 0.93 | 1.13 |
| 肥 | 47 | 0.69 | 1.40 | 1.73 | 2.01 | 1.46 |
| | 48 | 0.84 | 1.72 | 1.61 | 0.98 | 1.29 |
| 49 | 1.32 | 1.78 | 2.53 | 3.54 | 2.29 | |

** 発生程度は川鍋らの夏がれ指数の計算方法によった。

第2表 オーチャードグラスの各地域における指数による生産性の変化

| 地 点 | 利用年次 | 刈 取 回 次 | | | | | | | 日平均乾物 生 産 量 (Kg/a) |
|------|------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|--------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 厨 川 | 第1年目 | 1.42(5) | 1.15(6) | 0.92(7) | 0.43(8) | 1.16(9) | 1.44(10) | | 0.78 |
| | 2 " | 0.92(6) | 0.62(7) | 0.76(8) | >2 | | | 1.61(11) | 0.50 |
| | 3 " | 1.04(5) | 0.84(6) | 0.74(7) | 0.73(8) | >2 | 1.50(10) | | 0.48 |
| 西那須野 | 第1年目 | 0.75(5) | 0.61(6) | 0.94(7) | 1.24(7) | 1.17(9) | 0.91(10) | | 0.68 |
| | 2 " | 0.76(5) | 0.42(6) | 0.95(6) | 1.15(7) | 1.29(8) | 2.08(10) | 1.35(11) | 0.54 |
| | 3 " | 1.00(5) | 0.61(6) | 0.47(7) | 1.13(8) | >2 | 1.44(10) | 2.08(11) | 0.52 |
| 福 山 | 第1年目 | 1.19(4) | 0.60(6) | 0.68(7) | 2.67(8) | ≥2 | | | 0.56 |
| | 2 " | 0.72(4) | 0.46(6) | 0.68(7) | >2 | 4.78(10) | | | 0.43 |
| | 3 " | 1.05(5) | 1.03(6) | 0.89(7) | ≥2 | | | | 0.39 |
| 阿 蘇 | 第1年目 | 0.74(5) | 0.41(6) | 0.58(6) | 1.63(8) | 1.86(9) | 3.25(10) | | 0.39 |
| | 2 " | 0.82(5) | 0.56(6) | 1.00(7) | 0.82(8) | 1.60(9) | 2.50(10) | | 0.40 |
| | 3 " | 0.90(4) | 0.43(5) | 0.95(7) | 0.61(8) | 1.89(9) | 4.00(11) | | 0.36 |
| 鹿 屋 | 第1年目 | 1.83(5) | 0.49(6) | 0.65(7) | ≥2 | | | | 0.42 |
| | 2 " | 1.90(6) | 0.32(7) | ≥2 | | | | | 0.19 |

⊕ >2は推定値である。()の数字は刈取の月を示す。なお、計算方法は夏がれ指数と同じ。

第3表 気象要因の相互関係

(n=20)

| 施 草 肥 種 | 変数 | a(x ₁) | b(x ₂) | c(x ₃) | d(x ₄) | e | 重相関係数 R | 有意水準 (%) |
|------------------|----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------|------------|-------------|
| | | 少 肥 | Kb | 0.0199 | 0.0103 | -0.0001 | | |
| | Or | 0.1100 | -0.1241 | 0.0022 | -0.0041 | 2.6390 | 0.670 | 5 |
| | Pe | 0.3548 | 0.1972 | 0.0144 | -0.0145 | -9.5174 | 0.603 | 25 |
| | Rt | 0.4409 | 0.4160 | 0.0044 | -0.0133 | -14.0484 | 0.754 | 5 |
| | Tf | 0.1063 | -0.0513 | 0.0026 | -0.0075 | 2.2989 | 0.566 | 25 |
| 多 肥 | Kb | 0.0840 | 0.0642 | 0.0022 | -0.0023 | -1.9598 | 0.566 | 25 |
| | Or | 0.4034 | -3.6316 | 0.0471 | -0.0684 | 94.4231 | 0.698 | 5 |
| | Pe | 0.7877 | -0.1582 | 0.0378 | -0.0330 | -9.1829 | 0.688 | 5 |
| | Rt | 0.3265 | 0.3051 | 0.0079 | -0.0067 | -12.7285 | 0.652 | 10 |
| | Tf | 0.1023 | -0.0023 | 0.0035 | -0.0031 | -0.7528 | 0.687 | 5 |

x₁: 夏期前回再生期間中の平均気温

x₂: 夏期再生期間中の平均気温

x₃: 梅雨期間中の合計雨量

x₄: 夏期間の合計雨量

第4表 標準偏回帰係数による相互関係

| 標準偏回 帰係数 施肥 草種 | | 相互関係 | | | |
|-------------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | a (X ₁) | b (X ₂) | c (X ₃) | d (X ₄) |
| 少肥区 | Kb | 0.143① | 0.059② | -0.027④ | -0.031③ |
| | Or | 0.394③ | -0.353④ | 0.507② | -0.555① |
| | Pe | 0.325③ | 0.144④ | 0.838① | -0.498② |
| | Rt | 0.458② | 0.344③ | 0.291④ | -0.520① |
| | Tf | 0.263③ | -0.101④ | 0.414② | -0.692① |
| 多肥区 | Kb | 0.407③ | 0.247④ | 0.666① | -0.420② |
| | Or | 0.074④ | -0.532② | 0.550① | -0.473③ |
| | Pe | 0.296③ | -0.047④ | 0.899① | -0.465② |
| | Rt | 0.498② | 0.359④ | 0.764① | -0.386③ |
| | Tf | 0.392③ | -0.007④ | 0.860① | -0.441② |

① ④ ○中の数字は標準回帰係数の大きさ(絶対値)の順位。

② ③ X₁, X₂, X₃, X₄ は第3表のx₁, x₂, x₃, x₄に対応している。

第5表 再生期間中のカチオン合計量の変化

| 季節 項目 施肥 草種 | | 春 | | 夏 | | 秋 | | 三つの 季節 平均 |
|----------------------|----|------|------|------|------|------|------|-----------------|
| | | 平均 | C.V. | 平均 | C.V. | 平均 | C.V. | |
| 少肥区 | Kb | 942 | 17.3 | 1003 | 4.7 | 1154 | 5.6 | 1033 |
| | Or | 1098 | 7.4 | 1629 | 4.5 | 1494 | 7.4 | 1407 |
| | Pe | 976 | 4.0 | 1467 | 5.5 | 1401 | 4.3 | 1282 |
| | Rt | 1112 | 12.2 | 1199 | 4.8 | 1267 | 6.4 | 1193 |
| | Tf | 1119 | 7.3 | 1398 | 4.7 | 1441 | 2.1 | 1317 |
| 多肥区 | Kb | 1117 | 10.1 | 1160 | 3.8 | 1163 | 3.6 | 1165 |
| | Or | 1429 | 4.9 | 1650 | 7.2 | 1622 | 10.1 | 1567 |
| | Pe | 1202 | 3.8 | 1602 | 4.1 | 1625 | 6.1 | 1480 |
| | Rt | 1385 | 4.5 | 1319 | 6.1 | 1456 | 11.6 | 1387 |
| | Tf | 1129 | 10.5 | 1649 | 7.1 | 1581 | 7.6 | 1453 |
| 少肥区 との 多差 | Kb | 227 | | 157 | | 9 | | 132 |
| | Or | 331 | | 21 | | 128 | | 160 |
| | Pe | 226 | | 133 | | 224 | | 188 |
| | Rt | 273 | | 120 | | 189 | | 194 |
| | Tf | 10 | | 251 | | 140 | | 134 |

(注) C.V. は変動係数を示す。

(m.e/Kg)

第6表 春期根系値と夏がれ指数との関係

- Kb $y = -0.74 + 0.14x$ $r = 0.86^{***}$
- Or $y = -1.95 + 0.41x$ $r = 0.79^{**}$
- Pe $y = -10.50 + 1.44x$ $r = 0.80^{**}$
- Rt $y = +0.01 + 0.10x$ $r = 0.79^{**}$
- Tf $y = -0.97 + 0.20x$ $r = 0.78^{**}$

ただし、 y : 夏期平均夏がれ指数, x : 春期平均根系値, r : 相関係数 (各草種とも, $n = 8$),
 *** と ** : それぞれ1と2%水準で有意

第7表 春期N/Pおよび(Ca+Mg)と夏がれ指数との関係

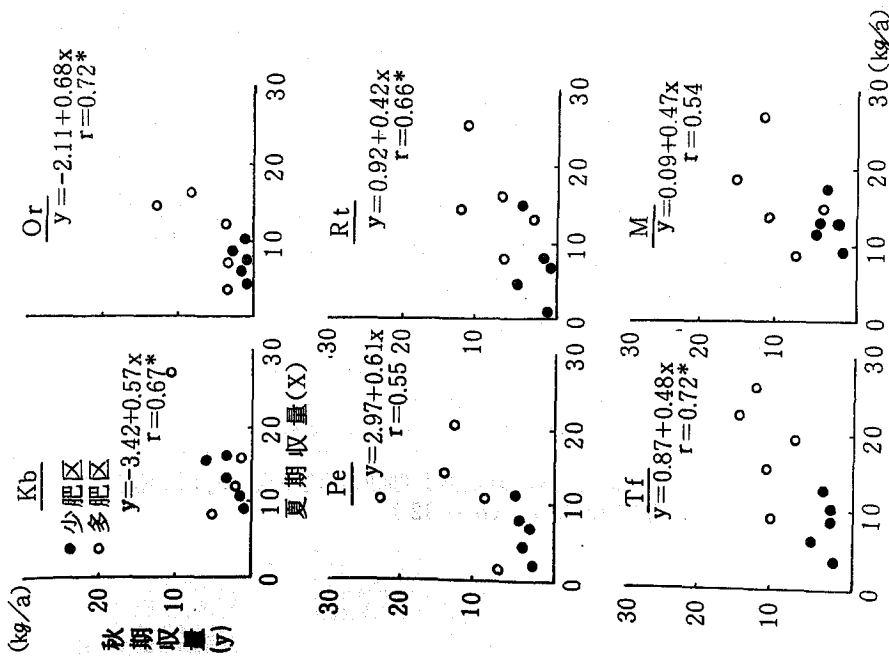
- Kb $y = -0.40 + 0.36x_1 - 2.02x_2$ $R = 0.86^{**}$
- Or $y = -24.0 + 1.01x_1 - 2.92x_2$ $R = 0.79^*$
- Pe $y = -6.11 + 3.16x_1 - 16.29x_2$ $R = 0.78^*$
- Rt $y = +2.89 + 0.02x_1 - 2.74x_2$ $R = 0.90^{**}$
- Tf $y = +3.33 + 0.22x_1 - 5.51x_2$ $R = 0.86^{**}$

ただし、 y : 夏期平均夏がれ指数, x_1 : 春期平均N/P, x_2 : 春期平均の(Ca+Mg)含有率, R :
 重相関係数, ** と * : 1と2.5%水準で有意, いずれも, $n = 8$ である。

第8表 夏がれ指数に及ぼす気象および養分吸収条件の影響および相互関係

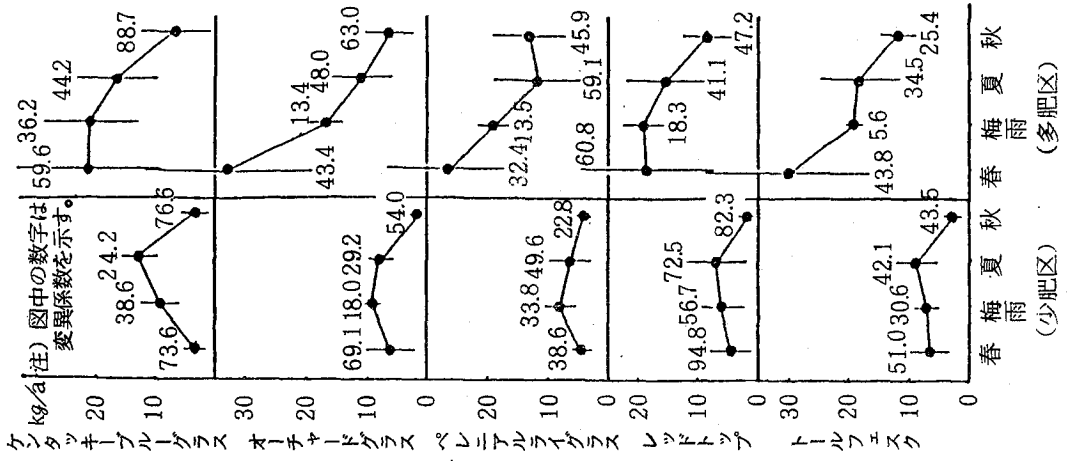
| 係 数 | 草 種 | 変数 | | | | | 定 数 | 重 相 関係数 R | 有 意 水 準 (%) |
|---------------------------------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|----------|-----------------|----------------|
| | | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | | | |
| 偏 回 帰 係 数 | Kb | 0.0617 | 0.0805 | 0.0002 | 0.0004 | 0.1193 | -4.0311 | 0.669 | 1.0 |
| | Or | 0.3669 | -1.8987 | 0.0177 | -0.0237 | 1.5482 | 29.7649 | 0.590 | 5.0 |
| | Pe | 0.7314 | 0.2821 | 0.0197 | -0.0157 | 1.5839 | -34.1129 | 0.685 | 0.5 |
| | Rt | 0.4514 | 0.4911 | 0.0039 | -0.0039 | 0.4256 | -25.6483 | 0.744 | 0.5 |
| | Tf | 0.1042 | 0.0020 | 0.0029 | -0.0046 | 0.0582 | -0.7412 | 0.543 | 10.0 |
| 標 準 偏 回 帰 係 数 | | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | | | |
| | Kb | 0.322③ | 0.335② | 0.056⑤ | 0.080④ | 0.604① | | | |
| | Or | 0.089⑤ | -0.367① | 0.274③ | -0.211④ | 0.287② | | | |
| | Pe | 0.340③ | 0.105⑤ | 0.583① | -0.269④ | 0.343② | | | |
| | Tf | 0.534① | 0.463② | 0.295④ | -0.131⑤ | 0.345③ | | | |
| | | 0.309③ | 0.005⑤ | 0.556① | -0.503② | 0.086④ | | | |

(注) x_1 : 夏期前回再生期間平均気温, x_2 : 夏期再生期間の平均気温, x_3 : 梅雨期雨量,
 x_4 : 夏期雨量, x_5 : 春期平均根系値 ($n = 32$)

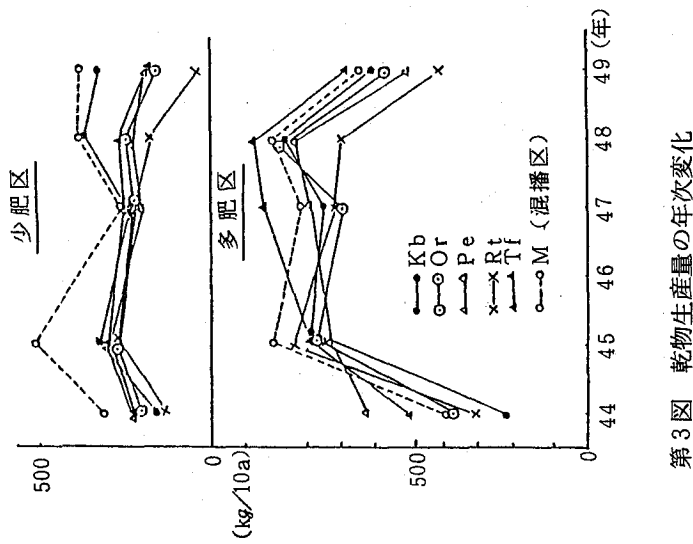


第1図 夏期収量と秋期収量との関係

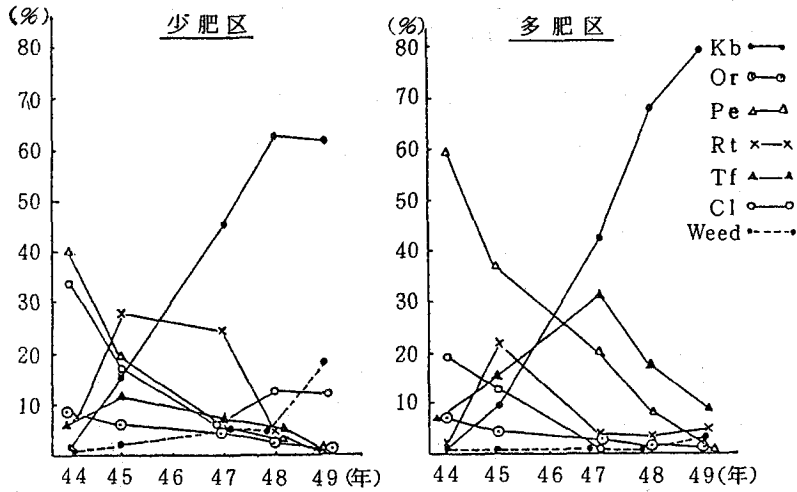
* 5%水準で有意



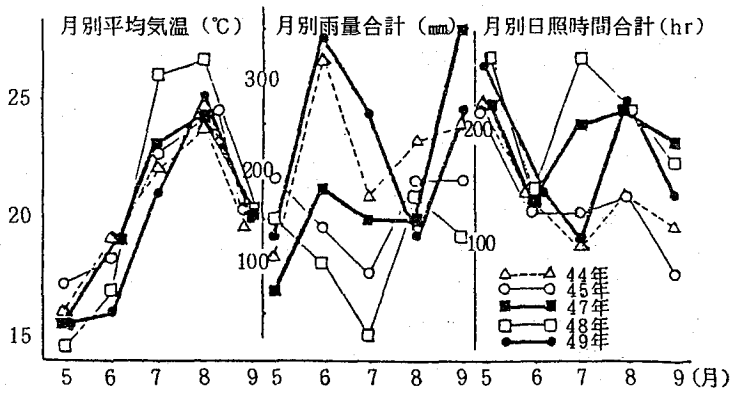
第2図 各草種の季節生産性 (多肥区)



第3図 乾物生産量の年次変化

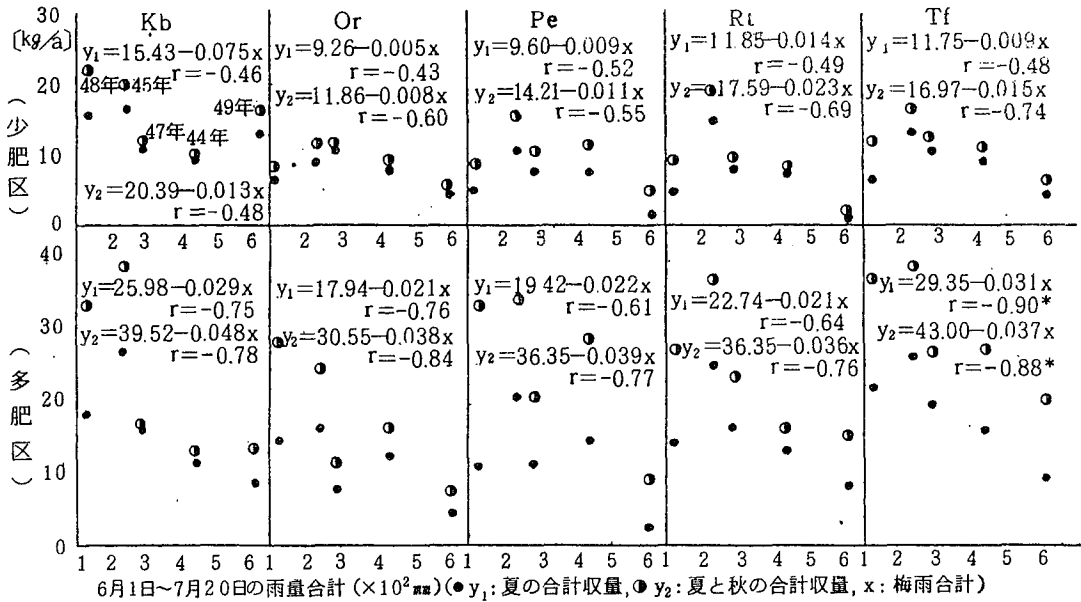


第4図 草種構成割合の年次変化 (西那須野)

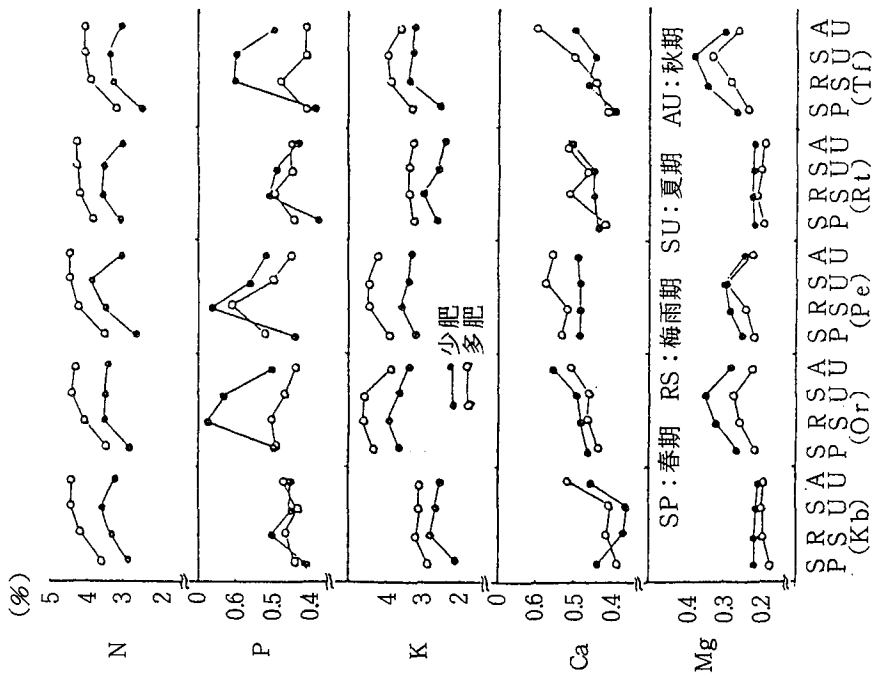


第5図 各年次の主な気象図

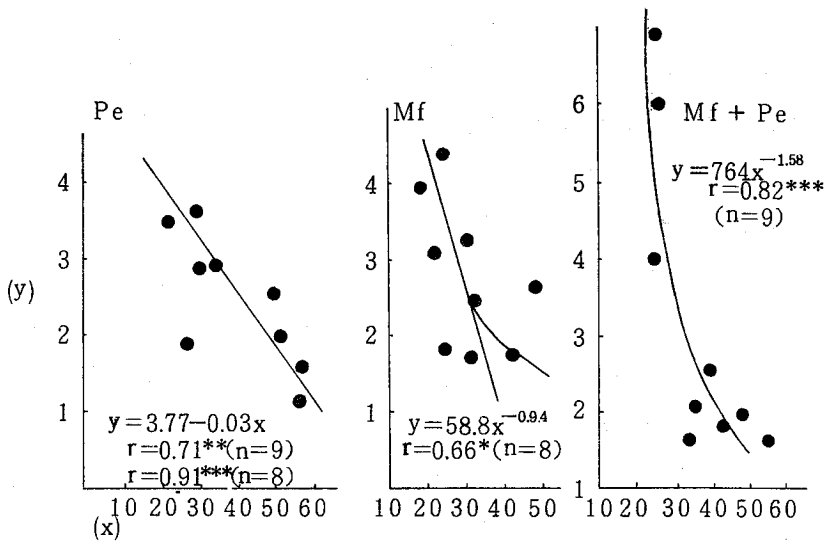
注) 44年は春播きで造成した年である。



第6図 梅雨期の雨量と夏以降における各草種の生産量
* 5%水準で有意



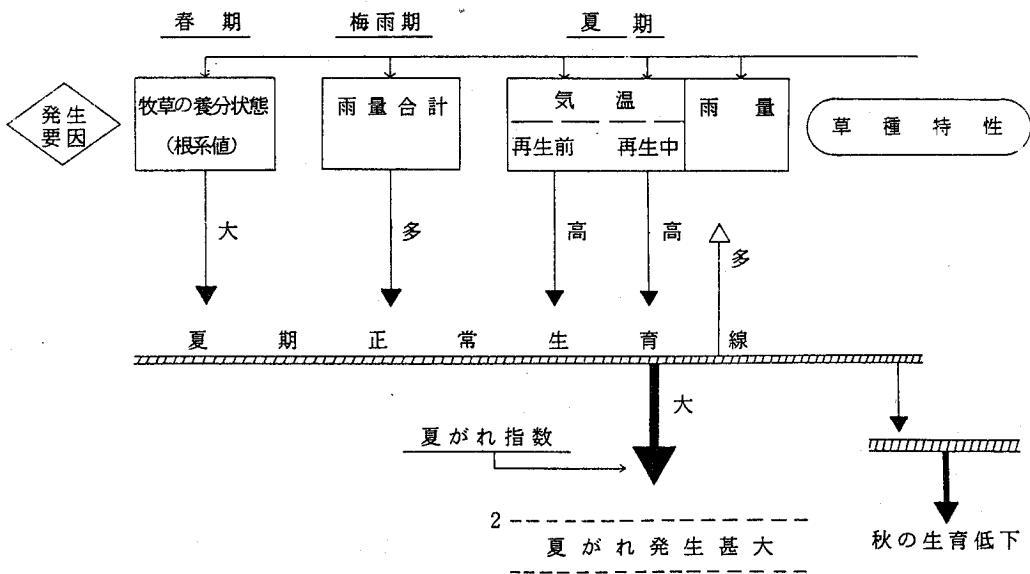
第7図 多量要素含有率の季節変化
(4年平均)



第8図 各草種構成別の根系値と根系発達

(注) y : 根系発達, $(0 \sim 30\text{cm}$ の全根量) $\times \frac{10 \sim 30\text{cm}$ の根量
 $0 \sim 10\text{cm}$ の根量

x : 根系値



第9図 牧草の夏がれ発生機作

審 査 結 果 の 要 旨

わが国で用いられている牧草の大部分は寒地型牧草であり冷涼少雨の気候条件下の西欧、西アジアを原産地としている。このため夏期の高温に対する抵抗性が弱く、再生不良、個体密度の低下さらに永年生牧草であっても利用可能年限が短くなる等の現象が起り、これらを牧草の夏がれと総称している。

従来、夏がれの主因は夏期の高温であり、その対応策としては耐暑性牧草の育成、暖地型牧草の導入、夏期休牧などの方策がとられているが、筆者は長期にわたる夏がれ発生の実態調査、気象要因とくに梅雨期降水量と夏がれ発生との因果関係さらに草種毎の養分吸収特性と夏がれ発生との関係を研究し、つぎの新知見を提供した。①夏がれ発生と密接な関係にあるものとして梅雨期降水量を指摘し、この降水量の著しい増大は夏がれ発生を助長すること。②夏がれは多肥条件下で多発すること。③夏がれ発生と関連のある要素としてN、P、CaおよびMgを指摘し、④これら要素と牧草根系の発達との相互関連性に着目し、根系値を提唱した。根系値によって牧草の夏がれ発生の危険性を養分吸収面から数量的に予知することを可能にした。⑤夏期の高温、梅雨期降水量および根系の発達程度の面から夏がれ発生の要因を解析したが、それぞれの要因の作用程度は草種によって相違することを明らかにし3つの型に分類した。⑥自然的な気象条件が夏がれの主因であっても、夏がれをかなり回避、軽減する牧草地造成法、維持管理利用法がこの研究成果から明らかになり、その具体策を提示した。

これらの成果に地し審査員一同筆者に農学博士の学位を授与するに値すると判定した。