

## 第 I 章 緒 言

### 第 1 節 背景及び目的

北海道における畑・酪農は、昭和30年代後半から大きく転換し、それまでの畑酪混同農業あるいは有畜農業から、草地型酪農へ政策的に誘導された。そして、経営面積においては前者で一戸当たり約5 haであったものが、後者では20~50haに、乳牛の飼養頭数では数頭から50頭前後へと飛躍的に拡大された。

このような経営形態の変革を技術的に支えるため、土壤肥科学分野では、未墾地の草地開発時における表土の処理法<sup>22)</sup>、播種床整備<sup>23)</sup>、造成当初の施肥管理<sup>21,62,69,73,90)</sup>、そして、これに続く、造成された草地の生産性の維持向上、また、経営規模の拡大によって生ずる労働力不足を補うために放牧期間の延長<sup>24,26,89)</sup>、放牧草地の季節生産性の平準化<sup>25)</sup>、等の研究がされた。

北海道におけるイネ科牧草の主流はオーチャードグラスとチモシーである。根釧地方と天北地方とは北海道における2大草地型酪農地帯として発展を遂げ、前者はチモシー、後者はオーチャードグラスが基幹牧草として作付されてきた。一般に、オーチャードグラスはチモシーより多収であり、かつ、種々の利用法にも耐えうる汎用性牧草である。しかし、根釧を含む道東は少雪地帯であり、土壤の凍結に起因する断根・凍害<sup>65,100)</sup>、大粒菌核による病害<sup>2,67)</sup>等により、オーチャードグラスは冬枯れが多発し、維持年限は短い。一方、チモシーは耐凍性にすぐれ、冬枯れによる消滅は稀れである<sup>66)</sup>。道東においてチモシーとオーチャードグラスとを混播すると、オーチャードグラスは越冬中に損傷を受け、枯死したりあるいは萌芽再生が低下するため、チモシーが優占するに至る。一方、天北を含む道北では多雪のために土壤の凍結・牧草の凍害がない。それ故、この地域では前述したような長所を持つオーチャードグラスが基幹草種とし

て使用されている。

一般に、高緯度地帯における北方型牧草の管理に当っては、短夏・厳冬・積雪などの気象環境を前提として、(1)早春から夏にかけて効率よく光合成させて、これを収穫利用し、(2)秋から初冬にかけては厳冬期にも生存を続けて、翌春の萌芽再生を良好にすること、に留意すべきである。このためには牧草の生活環と利用・管理との関連について十分な知見を得ることが必要である。

以上のことから、筆者は(i)晩秋の生育と越冬態勢、(ii)早春の萌芽再生、(iii)1番草生育と収量、(iv)1番草刈取り後の再生と2番草生育・収量へと順次連結する牧草の生活環と刈取り利用あるいは施肥管理との関連について研究を行なった。

なお、草地の施肥管理上、肥料3要素はいずれも重要な要素である。すなわち、磷酸は草地造成時において極めて重要な要素であり、とりわけ、新墾地においては生物的に濃縮・集積された表土の磷酸を有効に利用するための表土の処理法が重要である<sup>69)</sup>。また、その過程で露出した心土が播種床となりがちであるが、このような場合には磷酸の施肥法が草地造成の成否を左右している。しかし、一般に同要素が耕作歴とともに富化され、かつ、牧草は永年作物であることから幼植物である期間を除き、常時発達した根系で磷酸を吸収しうる体制にある。また、球茎・株・根等のいわゆる貯蔵器官が磷酸を保有している。

このようなことから、経年草地では磷酸の肥効が概して小さい。カリは牧草の吸収量が著しく多い要素であるために、土壤中のカリは枯渇し易い<sup>38,43)</sup>。しかし、これに対処するために多量のカリを施肥すると、カリと枯抗関係にあるマグネシウム<sup>48,72)</sup>の欠乏を引き起しがちである。本邦における草地の大部分は塩基的にも乏しい火山性土壤に立地していることもあって、カリを中心とする塩基の供給法が重要であることは言うまでもない。

また、生理的にもカリの欠乏は耐凍性を減じ冬枯れを助長すると言う<sup>1,92)</sup>。しかし、天北地方はカリ及びその他の塩基類の供給能にすぐれた鉾質土地帯であり<sup>29,69)</sup>、この地域の研究圃場及び一般農家草地における試験例<sup>68,74)</sup>において、カリが収量に及ぼす影響は僅かである。

以上のことから、本試験地及びこの周辺地域においては、磷酸及びカリの施肥についての問題は比較的少ない。窒素は当地域における草地の生産・維持において最も重要な要素である。このため、本研究では肥料要素と施肥法に関しては、磷酸・カリに不足しない条件で、窒素を中心に検討した。

## 第2節 既往の研究

オーチャードグラスは生産性が高く、植生も安定しており、かつ、放牧・採草のいずれにも利用可能であること等から、採草地・放牧地のいずれにも混播あるいは単播で作付されている。また、栽培地域も広く西南暖地では高地、関東あるいは東北地方の山麓・高原及び台地、北海道では高地から低地の殆どあらゆる地域において存在している。オーチャードグラスの生育適温は平均気温で15～20℃<sup>6,12)</sup>、生育の下限は5℃付近である。夏期の平均気温が25℃以上になると土壤水分<sup>46)</sup>、窒素施肥量<sup>4,2)</sup>等と関連しながら再生障害・生育不良に陥り、いわゆる夏枯れに見舞われる。また、冬季の最低気温が-10℃以下になると凍害を受け<sup>66)</sup>、これに雪腐病が発生すると、著しい冬枯れを起こす。年間の利用回数も採草利用を例にとると、東北以南では4～6回、北海道では2～3回と栽培地の夏季間の長短に対応している。従って、同草に対する研究もそれぞれの地域の気象及び土地条件あるいは営農の形態によりその主要テーマが異っている。すなわち、東北以南では利用回数が多いので、刈取り後の再生に関する諸問題<sup>50,54,55,56,57,61)</sup>、夏枯れの発生機作に関する研究<sup>42,46)</sup>、群落構造の変化に対応して、刈取り適期の判定法などを含むいわゆる乾物生産に関する解明<sup>3,4,5,71,77,98)</sup>、同一種間の個体間競争、他の牧草あるいは雑草との競合の結果生ずる基底被度の減少と収量の関連について研究されている<sup>37,86,88)</sup>。北海道においては夏季に高

温に由来する生理的障害がなく、1番草収量が年間収量に占める割合が高いことから、1番草自体に関する研究<sup>28)</sup>がある。また、冬季に積雪量が多い道央・道北では雪の断熱効果により冬枯れ問題に乱されることが少ないために、晩秋時の利用・施肥等を越冬器官の生育あるいは体内成分に及ぼす影響<sup>47,95)</sup>、あるいは翌春生育との関連<sup>79,80,81,84)</sup>が検討されてきた。一方、道東では少雪地帯であり、雪による被覆が十分得られないために、凍害またはこれに付随する病害が多発し、草地の生産性が阻害されている。これらに関しては佐久間・成田<sup>85)</sup>や尾崎<sup>75)</sup>の病理的研究、能代・平島<sup>66,67)</sup>の生理的研究が行なわれ、また、平島<sup>32)</sup>は同地域の永年放牧草の維持管理法に関する体系的研究のなかで、各種牧草について刈取り及び施肥と越冬性との関連を報告している。

本報告は、北海道立天北農業試験場において、農林水産省草地土壤指定試験事業の研究成績のうち、昭和43年より54年までの分について取りまとめたものである。

本稿を草する当たり、北海道大学農学部教授田中明博士には終始懇篤な御指導と御校閲を賜った。また、北海道大学農学部教授岡島秀夫博士及び同教授後藤寛治博士には本稿の御校閲をいただいた。謹しんで深甚なる謝意を表する。

本研究は、北海道立天北農業試験場土壤肥料科科長奥村純一博士（現根釧農業試験場長）の懇切な御指導下に実施したもので、取りまとめ途次においても御激励をいただいた。そして、後任の同科長高尾欽弥氏には終始変わらぬ御援助と御激励をいただいた。ここに記して心から感謝の意を表する。

研究の遂行中には、同科研究員の大崎玄佐雄氏（現北海道立十勝農業試験場土壤肥料科長）、関口久雄氏（現北海道立中央農業試験場土壤肥料第1科長）、佐藤辰四郎氏（現北海道専門技術員）、とりわけ山神正弘氏（現北海道立中央農業試験場）には御助言をいただいたり、有益な論議をともにした。この間に在任された北海道立天北農業試験場長高倉正臣氏、同森哲郎氏、同永田俊郎氏及び

同後藤計二氏には御激励と御援助を賜わった。また、筆者と同じ草地の研究者である農林水産省北海道農業試験場草地第3研究室長原楨紀氏、同室研究員林満氏、近藤秀雄氏、元北海道立根釧農業試験場草地科長平島利昭博士（現農林水産省北海道農業試験場草地第1研究室長）、同科研究員能代昌雄氏（現北海道立中央農業試験場）、北海道立天北農業試験場草地科長藤田保氏（現北海道立滝川

畜産試験場飼料科長）及び天塩支場長木戸賢治氏（退職）、同場研究員南山豊氏（現北海道立北見農業試験場）、永井秀雄氏（現北海道立滝川畜産試験場）、には適切な御指摘をいただいたり、論義をともにした。

以上の諸氏に心から感謝の意を表する次第である。

## 第 II 章 試験地の環境及び試験方法

### 第 1 節 試験地の気候・土壌環境

本研究は北海道枝幸郡浜頓別町 北海道立天北農業試験場で実施した。同場は北海道の最北部北緯45°07'東経142°22'に位置し、標高は22mである。この地域一帯は天北地方と呼ばれている。

年間の平均気温は5.0℃、降雨量は1143mm、雨量係数は228で、ケッペンの気候分類によれば、亜寒

帯に属する。農耕期間（5月～10月）の平均気温は13.6℃、降水量は678mm、日照時間は939である。晩霜は5月18日、初霜は10月10日で、無霜期間は144日であり、根雪始は11月26日、根雪終は4月17日で積雪期間は141日である。

天北農業試験場の土壌は砂礫岩・泥岩を母材とする腐植を含む埴壌土であり、北海道農牧地土壌分類（第2次案）によれば酸性褐色森林土である。

表 1 天北地方の気象\*

| 項 目        | 1 月   | 2 月   | 3 月  | 4 月  | 5 月  | 6 月  | 7 月  | 8 月  | 9 月  | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 平 均     |
|------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| 平 均        | -8.4  | -8.8  | -3.8 | 3.6  | 9.3  | 12.8 | 17.0 | 18.4 | 15.1 | 8.8  | 1.5  | -5.0 | 5.0     |
| 気 温        |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |
| 最 高        | -4.5  | -4.0  | 0.8  | 7.8  | 14.1 | 17.0 | 20.7 | 22.0 | 19.3 | 13.1 | 5.0  | -1.2 | 9.2     |
| (℃)        |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |         |
| 最 低        | -12.5 | -13.6 | -8.1 | -0.7 | 4.3  | 8.3  | 13.1 | 14.6 | 11.2 | 4.2  | -2.2 | -8.6 | 0.8     |
| 降 水 量 (mm) | 75    | 64    | 61   | 54   | 85   | 74   | 113  | 134  | 144  | 128  | 121  | 90   | 1,143** |
| 日 照 時 間    | —     | —     | —    | —    | 178  | 160  | 146  | 145  | 171  | 139  | —    | —    | 939***  |

| 5 月～10 月の<br>平 均 気 温 | 晩 霜    | 初 霜    | 降 雪 始  | 根 雪 始  | 根 雪 終  | 無霜期間  | 積雪期間  |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 13.6℃                | 5 月18日 | 10月10日 | 10月26日 | 11月26日 | 4 月17日 | 144 日 | 141 日 |

注) \* 天北農業試験場内の農業気象観測点における1960～1979年、20年間の平均値。

\*\* 1 月～12 月の積算値

\*\*\* 5 月～10 月の積算値

### 第 2 節 供試草地及び刈高

試験は原則として造成後3～6年目のオーチャードグラス草地で行った。播種量は2kg/10aであり、散播した。この草地の試験開始時の株数は40～80株/m<sup>2</sup>、基底被度は40～60%である。

供試品種は1968年～1974年はフロード、1975年以降はキタミドリで、いずれもこの地域の奨励品種である。

収穫時の刈高は約5cmである。また、オーチャードグラスの養分貯蔵部位は根元より地上数cmの部位で、leaf base<sup>64)</sup>、stem base<sup>93)</sup>あるいは

stubble<sup>10,14,97)</sup>と呼ばれているが、ここでは茎基と言うこととする。この茎基の試料としては原則として根元から5cmとし、萌芽期のみ3cmの長さとした。

### 第 3 節 分けつの分類

オーチャードグラスの分けつ体系を片山の同伸葉同伸分けつ理論に基づく研究<sup>34,58)</sup>は少なく、この場合も播種後2年目までであり、経年草地の研究に用いた例は殆ど見当たらない。これは(1)茎数が多い、(2)個体変異が大きい、(3)越冬→萌芽→刈取り

→再生と生育期間が長く複雑である、こと等のために個々の分けつを継続して調査することが困難なためと思われる。

経年草地での既往の分類方法は研究の目的などにより多少異なるが、概括すると、春には生殖生長した茎と栄養生長茎、夏～秋には既存の茎と新たに発生した分けつとに区別し、必要に応じ発生時期、着生節位あるいは葉令に基づいて分類している<sup>17,39,40,49,52,70,87,91</sup>。

本稿では分けつを以下のように分類した。すなわち、最終刈取りである3番草を構成する茎を既存茎 A とし、3番草刈取り後から越冬時までに発生した分けつを秋発生分けつとした。翌春の萌芽期から1番草刈取り時（穂揃期）までに発生した分けつを春発生分けつとした。1番草刈取り時において、節間伸長している茎を出穂茎とし、この他を栄養茎とした。栄養茎のうち、比較的大きな分けつを既存茎 B、葉数が4～6枚の幼若なものを幼分けつとした。なお、この時点で葉数が3枚以下の分けつが多少存在しているが、これらは枯

死あるいは枯死寸前の状態にあるので計数していない。また、秋及び春発生分けつは葉令によりさらに分類した。そして、2番草収量を構成している分けつを既存茎 C とした。

## 第4節 分析方法

作物体の分析試料は70℃で24～48時間通風乾燥後、ワイレーの粉碎機で0.5mm篩を全通するように調整した。窒素はセミマイクロケルダール法で定量し、茎基及び根の total available carbohydrate（以下 TAC と略記する）は0.25% 蔞酸で1時間加水分解<sup>44,45</sup>、中和及び除蛋白処理した後、anthron 法により糖を定量した。重窒素の分析は試料をケルダール法で分解後、蒸溜法によって硫酸アンモニア溶液に調整し、その<sup>15</sup>N 存在比の測定は光興業に依頼した。また、土壤中の無機態窒素は生土を用い10%塩化カリ溶液で置換浸出し、Conway の微量拡散法で定量した。

### 第III章 晩秋から早春におけるオーチャードグラスの生育の特徴とその管理法

#### 第1節 最終刈取り時期が翌春の生育に及ぼす影響

晩秋の草地管理法に関する研究は、欧米において古くから着手され、茎基・根等の food reserve としての炭水化物含有率と越冬性・翌春収量の関係について多くの報告がある<sup>10,11,20,53</sup>。

日本においてこの分野の研究が活発化したのは1960年代であり、東北で蛇沼等<sup>33</sup>、渡辺<sup>98</sup>がオーチャードグラス、橋本・竹内<sup>36</sup>が北陸でイタリアンライグラス、北海道では田口等<sup>95</sup>が各種マメ科牧草、帰山<sup>41</sup>がオーチャードグラスについてそれぞれ最終刈取り時期と越冬性あるいは翌春収量に及ぼす影響について検討し、また、北海道十勝地方で西埜等<sup>63</sup>は混播草地の放牧利用について報告している。

これらの報告を通覧すると、試験地の晩秋における気温の推移、実験方法あるいは冬季間の積雪の有無等を反映し、現象としては幾分食い違いがあるものの、晩秋の特定時期の利用によって、翌春の生育が悪化することを指摘している。

本実験は積雪期間が11月下旬から4月中旬までの141日間と非常に長く、また、土壤の凍結、牧草の凍害が殆どない条件で、オーチャードグラスの経年草地について上記の関係を検討してものである。

#### 実験方法・結果

##### 試験 I

##### 実験方法

1964年造成の4年目草地を供試し、1967年秋から同一圃場において2年間試験を反復した。3番草として9月1日の一斉刈取り後、硫酸・過石・硫加を用いて  $N \cdot P_2O_5 \cdot K_2O$  としてそれぞれ  $2 \cdot 4 \cdot 2 \text{ kg/10a}$  施肥し、9月20日、10月1日、10月10日及び11月1日に最終刈取りする4区を設けた。翌春は施肥することなく、1番草は6月上旬の穂揃期に刈取り調査した。試験規模は  $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ 、3

反復である。

#### 実験結果

1番草収量は2ヶ年とも10月10日刈取り区が他の3区よりおよそ20%低かった(図1)。

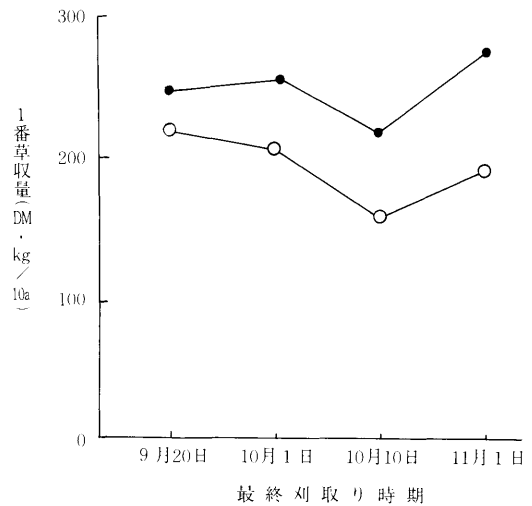


図1. 最終刈取り時期が翌春の1番草の収量に及ぼす影響

●——● 1968年      ○——○ 1969年

##### 試験 II

##### 実験方法

試験は1970年秋から1971年に行なった。造成2年目及び6年目草地を供試し、2番草を8月1日、8月15日及び9月1日に刈取りを行う3前刈取り区を設けた。施肥は試験Iと同じ肥料を用いて  $N \cdot P_2O_5 \cdot K_2O$  としてそれぞれ  $4 \text{ kg/10a}$  を刈取り後に施与した。そして、各前刈取り区について、3番草を9月20日から11月10日まで10日間隔で最終刈取り区を組合わせた(表2参照)。翌春は施肥することなく、1番草は6月上旬の穂揃期に刈取った。試験規模は試験Iと同じである。

#### 実験結果

1番草収量は、造成後の経年数について全処理

区平均でみると、2年目草地で195kg/10aであり、6年目草地で149kg/10aであって、経過年数が少ない草地が高かった(表2)。前刈取り処理間では8月15日刈取り区がその他の区より高収であった。また、最終刈取りの影響は、9月20日刈取りから10月10日刈取りまでは収量が徐々に低下し、以後刈取り時期が遅くなるとともに再び上昇した。なお、収量が最低値を示した10月10日最終刈取り区は、9月20日最終刈取り区のおよそ30%減であった。

2年目草地における調査結果では、越冬前の1茎基重及びTAC含有率は10月10日最終刈取り区が最も低く、この時期より前あるいは後に離れるほど、両者はいずれも高まった(表3)。そして、翌春萌芽期においては、1茎基重はやや低下し、TAC含有率は越冬前の30~40%の値が萌芽期には2~15%に低下した。また、10月10日最終刈取り区では、1茎基重及びTAC含有率とも最低値を示した。

表2 経年数と前刈取り時期を異にする条件で、最終刈取り時期が  
翌春の1番草収量に及ぼす影響

(1970~1971年)

| 経<br>年<br>数 | 最終刈取り<br>時 期 | 1 番 草 の 収 量 (DM・kg/10a) |       |      |     | 同 左 指 数     |       |      |     |
|-------------|--------------|-------------------------|-------|------|-----|-------------|-------|------|-----|
|             |              | 前 刈 取 り 時 期             |       |      |     | 前 刈 取 り 時 期 |       |      |     |
|             |              | 8月1日                    | 8月15日 | 9月1日 | 平 均 | 8月1日        | 8月15日 | 9月1日 | 平 均 |
| 2<br><br>年  | 9月20日        | 197                     | 220   | 238  | 218 | 100         | 100   | 100  | 100 |
|             | 10月1日        | 208                     | 202   | 186  | 196 | 105         | 92    | 78   | 91  |
|             | 10日          | 150                     | 153   | 148  | 150 | 76          | 70    | 62   | 69  |
|             | 20日          | 181                     | 202   | 150  | 178 | 91          | 92    | 63   | 82  |
|             | 11月1日        | 199                     | 185   | 176  | 187 | 101         | 84    | 74   | 81  |
|             | 10日          | 254                     | 253   | 218  | 242 | 129         | 115   | 96   | 111 |
|             | 平 均          | 198                     | 203   | 186  | 195 | —           | —     | —    | —   |
| 6<br><br>年  | 9月20日        | 149                     | 176   | 164  | 163 | 100         | 100   | 100  | 100 |
|             | 10月1日        | 110                     | 174   | 170  | 151 | 74          | 99    | 104  | 93  |
|             | 10日          | 76                      | 122   | 133  | 110 | 51          | 69    | 81   | 67  |
|             | 20日          | 109                     | 155   | 141  | 135 | 73          | 88    | 86   | 83  |
|             | 11月1日        | 127                     | 163   | 156  | 149 | 85          | 93    | 95   | 91  |
|             | 10日          | 156                     | 207   | 187  | 183 | 105         | 118   | 114  | 112 |
|             | 平 均          | 121                     | 166   | 159  | 149 | —           | —     | —    | —   |

表3 最終刈取り時期が越冬前及び萌芽期における茎基の  
1茎重・TAC含有率に及ぼす影響

| 前刈取り時期 | 最終刈取り時期 | 越冬前 (1970年11月9日) |                |            | 萌芽期 (1971年4月12日)      |                |            |
|--------|---------|------------------|----------------|------------|-----------------------|----------------|------------|
|        |         | 草丈<br>(cm)       | 茎基*            |            | 茎葉の<br>1茎重<br>(DM・mg) | 茎基**           |            |
|        |         |                  | 1茎重<br>(DM・mg) | TAC<br>(%) |                       | 1茎重<br>(DM・mg) | TAC<br>(%) |
| 8月15日  | 9月20日   | 22               | 98             | 39.2       | 47                    | 142            | 14.8       |
|        | 10月1日   | 20               | 113            | 36.6       | 27                    | 74             | 6.7        |
|        | 10月10日  | 14               | 84             | 29.6       | 24                    | 66             | 1.8        |
|        | 10月20日  | 13               | 97             | 31.8       | 64                    | 100            | 4.3        |
|        | 11月1日   | 6                | 162            | 34.8       | 54                    | 132            | 7.8        |
|        | 10月10日  | 6                | 190            | 34.8       | 72                    | 134            | 13.9       |

注) \* 20株採取し、大きい茎の順に20本選抜し、根元より5cmを茎基とした。

\*\* 越冬前と同様に採取し、根元から3cmを茎基、この上部を茎葉とした。

### 試験III

#### 実験方法

素焼きの植木鉢（直径14cm 深さ13cm）に農試圃場の表土を生土で約1kgを充填し、施肥は5cmの深さに硫酸・過石・硫酸を用いて $N \cdot P_2O_5 \cdot K_2O$ として、それぞれ0.2g/鉢施与した。1967年7月2日

に播種し、ガラス室内で発芽させた後、5本/鉢立とし、戸外の圃場に埋設した。9月1日に一斉に刈取った後、9月20日、10月10日及び11月1日に最終刈取りを行い、この後10日おきに4反復で抜き取り調査を行った。

#### 実験結果

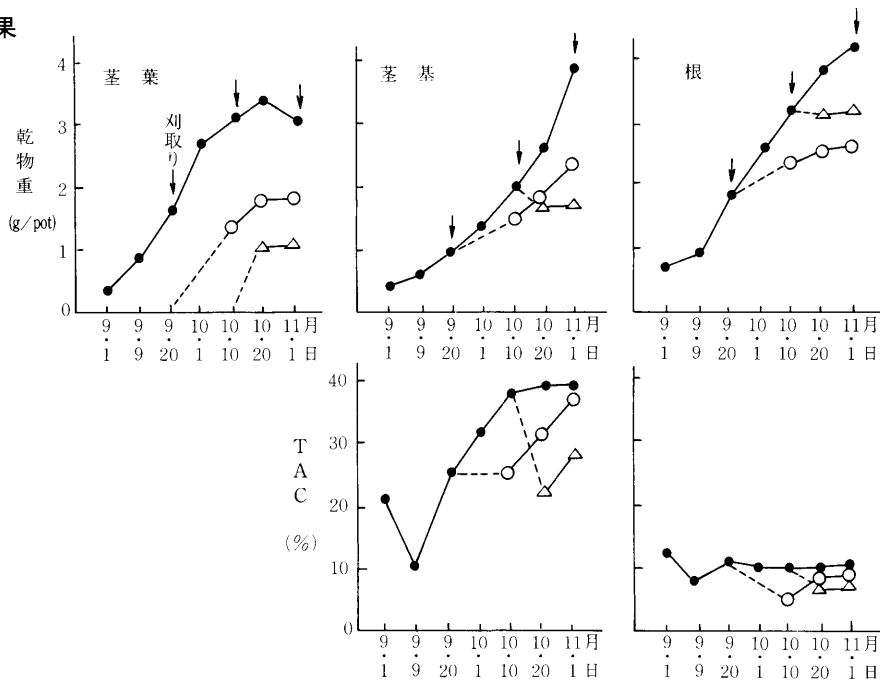


図2. 最終刈取り時期が乾物重及びTAC含有率に及ぼす影響 (1969年)

●—● 9月1日刈    ○—○ 9月20日刈    △—△ 10月10日刈



9月1日に一斉に刈取り後、茎葉の乾物重は10月20日まで増加を続け、11月1日では葉の枯凋により減少した(図2)。茎基及び根は9月1日から9月9日までは乾物量はあまり増加しないが、以後11月1日まで増加を続けた。茎基のTAC含有率は9月1日の刈取り時に22%であったが、9月9日には10%に低下し、以後10月10日まで急速に上昇し、その後11月1日まで僅かに高まった。根のTAC含有率は9月1日には13%であったが、9月9日では8%に低下し、9月20日以降では11%であった。

9月20日刈取り区では刈取り10日後の調査データがないが、10月10日には茎葉の乾物重はかなり増加した。また、茎基及び根は9月20日刈取り時点よりやや高まり、これ以降の乾物の増加傾向は、刈取らない場合に類似していた。

10月10日刈取り区の乾物重は、10月20日には茎葉で増加していたが、茎基及び根では減少し、その後11月1日でも回復しなかった。TAC含有率は、茎基では10月10日に36%であったが、10月20日では23%に低下し、11月1日では僅かに上昇しているにすぎなかった。根では、茎基に比較しTAC含有率が概して低く、刈取り後の減少量も小さかった。

越冬前において、茎基の乾物重及びTAC含有率はともに11月1日>9月20日>10月10日刈取り区の順であった。根では乾物重が11月1日>10月10日>9月20日刈取り区、TAC含有率が11月1日>10月10日・9月20日刈取り区の順であった(表4)。

翌春の1番草刈取り時の茎葉の乾物重は10月10日刈取り区が他区より明らかに低かった。

表4 最終刈取り時期が越冬前の部位別乾物重・TAC含有率及び翌春1番草の茎葉重に及ぼす影響

| 最終刈取り<br>時 期 | 越 冬 前 (1969年11月3日) |      |      |            |      | 翌春(1970年5月28日)        |
|--------------|--------------------|------|------|------------|------|-----------------------|
|              | 乾 物 重 (g/ポット)      |      |      | TAC含有率 (%) |      | 1 番草の茎葉乾物重<br>(g/ポット) |
|              | 茎                  | 葉    | 根    | 茎          | 根    |                       |
| 9 月 20 日     | 1.79               | 2.28 | 2.71 | 37.8       | 8.5  | 9.9                   |
| 10 月 10 日    | 1.11               | 1.80 | 3.10 | 31.0       | 8.6  | 5.8                   |
| 11 月 1 日     | 0                  | 3.28 | 4.21 | 39.4       | 11.4 | 10.2                  |

## 考 察

天北地方では10月10日に最終刈取りを行うと、翌春の1番草収量が著しく低下する。この現象の生理的意味を考察する。

オーチャードグラスは秋季の短日及び気温の下降とともに分けつの発生が旺盛となり、草型は直立型からロゼット型へ変化し、これに付随して新根が発生し、越冬器官である茎基は肥大するとともに、炭水化物含有率が著しく高まる。晩秋に採草または放牧等に草地を利用すると、牧草は同化器官である茎葉を喪失するために上述した過程が中断されるに止まらず、再生するために貯蔵炭水化物の消費が起る。

天北地方の秋季の平均気温は、9月上旬が15℃、

10月上旬が10℃で、11月上旬に北方型牧草の生育限界温度である5℃に下がり、11月中旬に1℃となる(図3)。

以上のことを念頭において、最終刈取り時期が越冬態勢及び翌春の生育にどう影響するかを図4に模式的に示した。すなわち、秋季の最終刈取りがオーチャードグラスの越冬態勢へ及ぼす影響は次の3時期に分かれる。

(1) 第1期(9月下旬まで)この時期の刈取りでは刈取り後は再生し、さらに越冬準備を整える時間的余裕がある。

(2) 第2期(10月10日を中心とする前後5日から10日の期間、10月上・中旬)この時期は越冬態勢を整備している最中であり、刈取られるとこれが

中断される。そして、刈取り後の再生によって貯蔵物質を消費し、茎基の肥大及び炭水化物含有率が十分高まらないまま冬を迎えることになる。すなわち、この時期がアルファルファについて言われている critical period<sup>20)</sup>あるいは hardening period<sup>93)</sup>に相当する。そして、本報告ではこれを危険帯と呼ぶこととする。

(3) 第3期(10月下旬以降) この時期までに越冬態勢が整い、刈取られても気温が生育限界付近、あるいはそれ以下であるために、刈取り後の再生による消耗が殆ど起こらない。

さて、上記の危険帯は晩秋時に牧草の生育限界温度以下に気温が降下する時点と関連があり、各地の試験例について危険帯から生育限界温度以下

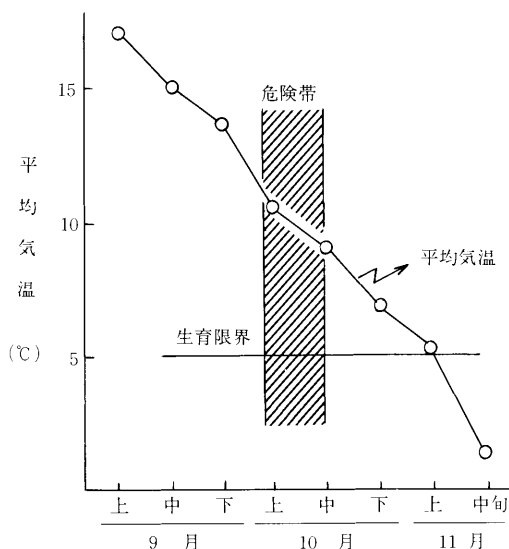


図3. 天北地方の秋季の平均気温

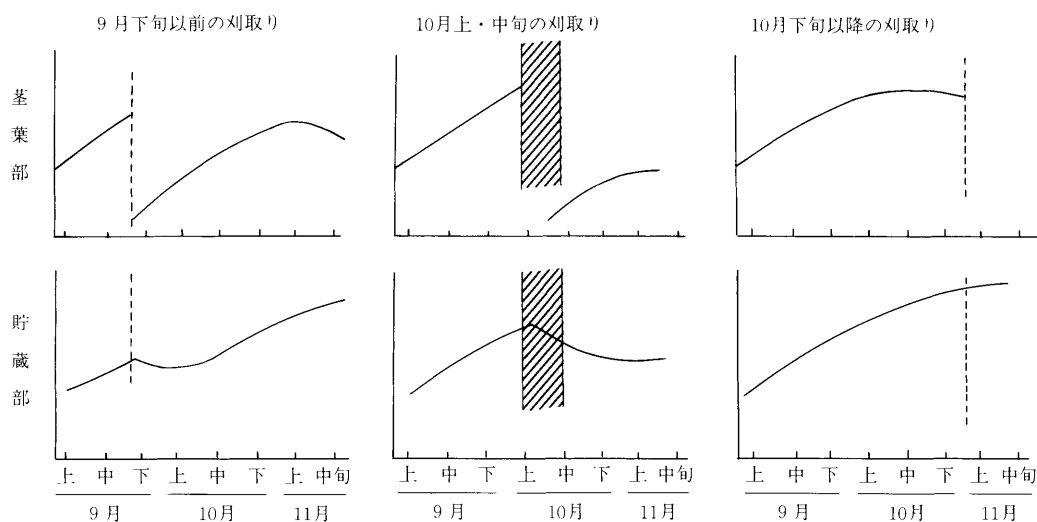


図4. 最終刈取り時期がオーチャードグラスの越冬態勢に与えるモデル

表5 オーチャードグラスの危険帯に関する試験例

| 試験地   | 危険帯        | 生育の<br>停止期 | 危険帯と生育停止期との期間 |         | 研究者(研究年)          |
|-------|------------|------------|---------------|---------|-------------------|
|       |            |            | 日数            | 積算温度    |                   |
| 浜 頓 別 | 10月10日     | 11月上旬      | 30日           | 270℃    | 坂本・奥村(1968~1971年) |
| 中 標 津 | 9月下旬~10月上旬 | "          | 20 ~ 40       | 130~300 | 平島・能代(1968~1969年) |
| 芽 室   | 9月中旬~下旬    | "          | 40 ~ 50       | 430~570 | 帰 山 (1964~1966年)  |
| 盛 岡   | 10月中旬      | "          | 30            | 300     | 渡 辺 (1969~1970年)  |
| 盛 岡   | 10月下旬      | 11月中旬      | 25            | 260     | 蛇沼ら (1966~1967年)  |

に下降する時点までの日数及び積算温度を求めた(表5)。これによると、浜頓別においては日数で30日、積算温度で表わすと270℃である。

## 第2節 最終刈取り後の窒素施肥が翌春の生育に及ぼす影響

オーチャードグラス草地に対して晩秋に窒素を施肥すると越冬性あるいは耐凍性が低下するという<sup>1,9,30,35)</sup>。また、窒素の晩秋施肥は早春のそれより施肥効率が低いと言われている<sup>11,16,53)</sup>。しかし、施肥によって越冬器官が肥大し、翌春の生育が高まり<sup>32,76)</sup>、また、雪腐大粒菌核病に対する抵抗性が増すという報告もある<sup>85)</sup>。

このような試験結果に食い違いがある原因のひとつは、最終刈取りに就いては時期が問題であったように、窒素の施肥についても施肥時期が重要な意味を持つためと推測される。近藤<sup>47)</sup>は札幌において最終利用が9月であれば同月末までの窒素施肥は越冬器官を大きくし、翌早春の生育を促進するとし、渡辺<sup>98)</sup>は盛岡(10月下旬が同地の危険帯)において10月上旬・中旬の追肥は、刈株を大きくし、耐凍性はやや低下するものの越冬障害は減少し、翌春の生育が促進するとしている。また、平島・能代<sup>31)</sup>は中標津において、10月上・中旬の施肥が翌春の再生草量を向上させ、一方、11月以降では施肥窒素の翌春における残存量の影響が大きいと報告している。

### 試験方法・結果

#### 試験 I

##### 実験方法

1968年造成の3年目草地において、1970年2番草まで均一栽培し、最終番草としての3番草を9月20日、10月10日(危険帯)及び11月1日に刈取った3区を設けた。これらの各区に刈取り直後から11月20日まで時期を変えて硫酸・過石・硫加を用いて  $N \cdot P_2O_5 \cdot K_2O$  としてそれぞれ  $4 \text{ kg}_{10a}$  施肥した処理区を設けた。すなわち、9月20日刈取り区では4処理を、10月10日刈取り区では3処理を、11月1日刈取り区では2処理を設けた(図5参照)。翌早春には施肥をしなかった。さらに、上記

施肥試験とは別に上記3刈取り区について、(a)各施肥要素  $8 \text{ kg}_{10a}$  を最終刈取り後に施肥した区(秋施肥区)、(b)最終刈取り後及び早春にそれぞれ  $4 \text{ kg}_{10a}$  を均等に分施した区(分施肥区)、(c)秋には無施肥とし、早春時に  $8 \text{ kg}_{10a}$  施肥した区(早春施肥区)の3処理を設けた(図6参照)。以上2つの試験規模は  $2.5\text{m} \times 3 \text{ m}$ 、3反復である。1970年の根雪始は11月28日、1971年の融雪期は4月12日であった。越冬前の調査は11月22日、早春施肥は4月18日、1番草の刈取りは6月8日であった。

#### 実験結果

越冬前の調査によると、9月20日刈取り区では、茎基の窒素含有率は10月10日 > 11月1日 > 11月20日・9月20日施肥区の順であり、TAC含有率は9月20日・11月20日 > 10月10日・11月1日施肥区の

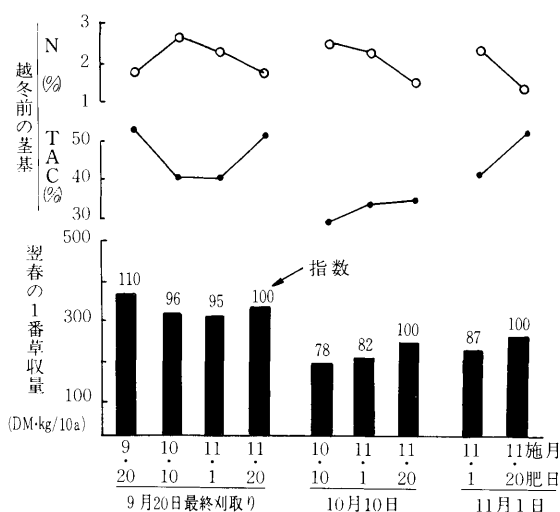


図5. 最終刈取り後の施肥時期が越冬前の茎基の窒素・炭水化物含有率及び翌春の1番草収量に及ぼす影響(1970~1971年)

順であった(図5)。10月10日刈取り区では、茎基の窒素含有率は10月10日 > 11月1日 > 11月20日施肥区の順であり、TAC含有率はいずれの施肥処理もこの前後の刈取りと比較して著しく低く、そして、11月20日 > 11月1日 > 10月10日施肥区の順であった。11月1日刈取り区では、窒素含有率は11月1日 > 11月20日施肥区、TAC含有率は11月20日 > 11月1日施肥区の順であった。

つまり、危険帯前の刈取りで直ちに施肥された

場合は、窒素含有率は低く、TAC含有率が高い。一方、危険帯以降の刈取りでは、施肥時期が早いほど窒素含有率は高く、TAC含有率では低く、とりわけ、10月10日刈取り後直ちに施肥した場合はTAC含有率が著しく低下する。

翌春の1番草収量についてみると、最終刈取り時期間では10月10日刈取り区が施肥処理にかかわらず最も低かった。施肥時期についてみると、9月20日刈取り区では9月20日>11月20日>10月10日・11月1日施肥区、10月10日刈取り区では11月20日>11月1日>10月10日施肥区、11月1日刈取り区では11月20日>11月1日施肥区の順に高かった。

つぎに、秋施肥区、分施肥区及び早春施肥区についてみると、越冬前の茎基では各刈取り区とも窒素含有率は秋施肥区>分施肥区>早春全肥区、TAC含有率は早春施肥区>分施肥区>秋施肥区の順であった(図6)。但し、9月20日刈取り区の分施肥区と

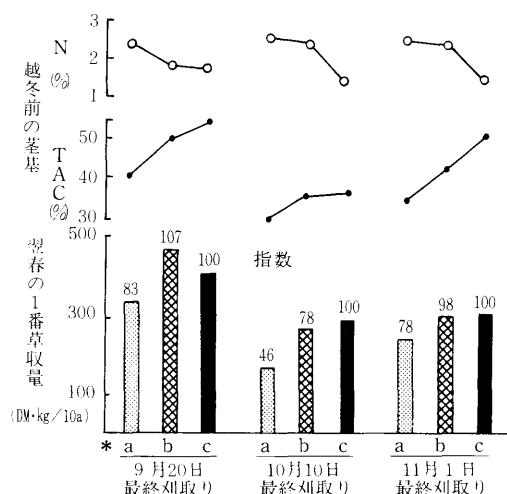


図6. 秋施肥、秋・早春の分施、早春施肥が越冬前の茎基成分及び翌春の1番草収量に及ぼす影響(1970~1971年)

| *           | 最終刈取り後<br>(kg・N/10a) | 早 春 |
|-------------|----------------------|-----|
| a 秋 施 肥 区   | 8                    | 0   |
| b 分 施 区     | 4                    | 4   |
| c 早 春 施 肥 区 | 0                    | 8   |

早春施肥区の窒素含有率の差は認められなかった。すなわち、9月20日刈取り区では4kgN/10aの施肥

窒素が十分吸収利用され、牧草体が大きくなることにより、茎基の窒素含有率は無施肥の場合に近い水準まで低下し、拡大された葉からの同化産物の転流も多く、この結果TAC含有率も高まる。8kgN/10aでは窒素吸収量が生育量に対し過大なために、茎基の窒素含有率は低まらず、かつ、同化産物が茎葉の伸長に多く消費され、茎基への転流が少ないため、TAC含有率は低い。10月10日及び11月1日刈取り区では、刈取り時点から越冬時までの生育可能期間は短いものの、窒素が施肥されることにより茎基の窒素含有率は上昇し、TAC含有率は低下した。

つぎに、翌春の1番草収量をみると、最終刈取り区間では9月20日>11月1日>10月10日刈取り区の順であった。施肥処理について早春施肥区を対照とし、秋施肥区及び分施肥区とを比較すると、9月20日刈取り区では分施肥区が最も収量が高く、早春施肥区に対し7%の増収を示し、秋施肥区は13%の減収であった。しかし、10月10日刈取り区では早春施肥区が最も高く、これに比較し分施肥区が22%減、秋施肥区においては54%の著しい減収を示した。11月1日刈取り区では早春施肥区と分施肥区とはほぼ収量が等しく、これらより秋施肥区は22%減収した。

## 試験II

### 実験方法

1971年6月20日に30cmの間隔で条播し、7月中旬に掃除刈り後、9月20日に最終刈取りを行った。そして、9月20日から11月1日まで10日間隔で、硫酸・過石及び硫加を用い、N・P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>・K<sub>2</sub>Oとしてそれぞれ4kg/10a施肥した5処理区を設けた。翌早春は施肥しなかった。試験規模は2m×2m、2反復である。この試験年の根雪始めは11月25日、融雪期は4月18日、1番草の刈取りは6月8日であった。

### 実験結果

越冬前における乾物重は、9月20日施肥区及び10月1日施肥区では、茎葉、茎基及び根のいずれの部位も著しく増加した(表6)。しかし、10月10日以降の施肥区では茎葉の乾物重は増加したが、

表6 秋季の施肥時期が越冬前及び萌芽期の部位別乾物重・1番草収量に及ぼす影響

(DM・kg/10a)

| 最終刈取り時期 | 施肥時期   | 越冬前 (1971年11月16日) |     |     | 萌芽期 (1972年4月20日) |    |   | 1番草収量 |
|---------|--------|-------------------|-----|-----|------------------|----|---|-------|
|         |        | 茎                 | 葉   | 根   | 茎                | 葉  | 根 |       |
| 9月20日   | 9月20日  | 39                | 138 | 112 | 23               | 27 |   | 1,090 |
|         | 10月1日  | 37                | 119 | 82  | 22               | 23 |   | 770   |
|         | 10月10日 | 27                | 81  | 70  | 16               | 15 |   | 680   |
|         | 10月20日 | 26                | 82  | 67  | 18               | 19 |   | 750   |
|         | 11月1日  | 27                | 87  | 63  | 13               | 10 |   | 790   |
|         | 無施肥    | 11                | 87  | 60  | 6                | 10 |   | 610   |

表7 秋季の施肥時期が越冬器官の窒素及び炭水化物含有率に及ぼす影響

(%)

| 最終刈取り時期 | 施肥時期   | 越冬前  |       |      |       | 萌芽期  |       |   |       |
|---------|--------|------|-------|------|-------|------|-------|---|-------|
|         |        | 茎    |       | 根    |       | 茎    |       | 根 |       |
|         |        | N    | T A C | N    | T A C | N    | T A C | N | T A C |
| 9月20日   | 9月20日  | 2.01 | 35.5  | 0.91 | 7.9   | 4.05 | 6.8   |   |       |
|         | 10月1日  | 2.10 | 33.8  | 0.95 | 8.3   | 4.07 | 6.0   |   |       |
|         | 10月10日 | 2.47 | 30.9  | 0.96 | 8.0   | 4.17 | 5.1   |   |       |
|         | 10月20日 | 2.38 | 30.1  | 1.17 | 7.4   | 3.92 | 5.0   |   |       |
|         | 11月1日  | 2.01 | 33.1  | 0.95 | 7.7   | 3.22 | 6.0   |   |       |
|         | 無施肥    | 1.55 | 35.9  | 0.64 | 10.1  | 3.38 | 7.4   |   |       |

表8 秋季の施肥時期が越冬時までの窒素吸収量に及ぼす影響

(1971年)

| 最終刈取り<br>時 期 | 施 肥<br>時 期 | 牧 草 体 の 窒 素 量 (kg N/10a) |         |      |      |                    | 施肥窒素の吸収量*<br>(kg N/10a) |                    | 窒 素 の**<br>利 用 率<br>(%) |
|--------------|------------|--------------------------|---------|------|------|--------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|
|              |            | 茎 葉                      | 越 冬 器 官 |      |      | 全 体                | 越冬器官                    | 全 体                |                         |
|              |            |                          | 茎       | 基    | 根    |                    |                         |                    |                         |
| 9 月 20 日     | 9 月 20 日   | 1.13                     | 2.77    | 1.01 | 3.78 | 5.01 <sup>a)</sup> | 2.05                    | 2.74 <sup>c)</sup> | 69                      |
|              | 10 月 1 日   | 1.19                     | 2.50    | 0.78 | 3.28 | 4.47               | 1.55                    | 2.20               | 55                      |
|              | 10 月 10 日  | 1.06                     | 2.00    | 0.67 | 2.67 | 3.73               | 0.94                    | 1.46               | 37                      |
|              | 10 月 20 日  | 0.98                     | 1.95    | 0.78 | 2.73 | 3.71               | 1.00                    | 1.44               | 36                      |
|              | 11 月 1 日   | 0.89                     | 1.75    | 0.60 | 2.35 | 3.24               | 0.62                    | 0.97               | 24                      |
|              | 無 施 肥      | 0.54                     | 1.35    | 0.38 | 1.73 | 2.27 <sup>b)</sup> | —                       | —                  | —                       |

注) \* 各区と無施肥区との差 a) - b)

\*\* 施肥量に対する施肥窒素の吸収量の百分比 c)  $c/4 \times 100$ 

茎基及び根では施肥の影響は殆ど認められなかった。

茎基の窒素含有率は、10月10日施肥区が最も高く、この時期より早く施肥するほど低くなり、ま

た、10月10日以降は遅く施肥するほど低かった(表7)。また、TAC含有率はほぼ窒素含有率と逆の関係であった。根の窒素含有率は茎基の約1/2であり、施肥時期の早晩との関係は茎基の場合と同様

な傾向であったが、窒素含有率が最も高い処理区は10月20日施肥区であって、茎基の窒素含有率がピークを示した時期とは若干のずれが認められた。また、根の TAC 含有率は、茎基とはほぼ同じ傾向であったが、その含有率は茎基が30%以上であるのに対して、7～8%と著しく低く、施肥処理間差も小さかった。

翌春の萌芽期における茎葉及び茎基の乾物重は越冬前の傾向とはほぼ同じであった。1番草収量は9月20日施肥区が最も高く、施肥時期が遅れるにつれ、10月10日施肥区まで漸減し、以後再び増加する傾向を示した(表6)。

越冬前までの施肥窒素利用率を算出すると(表8)、9月20日、10月1日、10月10日、10月20日、11月1日施肥区の順にそれぞれ、69、55、37、36、24%となり、また、越冬器官に存在した施肥窒素は同順に2.05、1.55、0.94、1.00、0.62kgN/10aであって、両者とも施肥時期が早いとかなり高い値を示すが、遅れるとともに漸減する。

### 試験Ⅲ

#### 実験方法

直径7.5cm、深さ40cmのエスロンパイプに農試験場の表土(H・CL)を生土で1kg詰め圃場に埋設し、これに1970年10月20日及び11月20日の2時期に硫酸で100mg Nを表面施肥し、越冬前及び翌春の萌芽期に試料採取し、土壌中の無機態窒素を測定した。

#### 実験結果

10月20日に硫酸を散布した場合は、11月20日までに施肥窒素の約1/2量が硝酸態に変化し、翌春において40cmの深さまでの土層中に残存した量は、NH<sub>4</sub>-N及びNO<sub>3</sub>-Nがそれぞれ4.7mg、15.3mgであった(表9)。一方、気温が氷点下に下降した11月20日に硫酸を散布すると、翌春の萌芽期にNH<sub>4</sub>-N及びNO<sub>3</sub>-Nがそれぞれ47.5mg、6.4mg存在した。

表9 晩秋における窒素の施肥時期が翌春萌芽期の残存量に及ぼす影響

(mg N/パイプ)

| 施肥時期   | 土層深<br>(cm) | 越冬前 (1970年11月20日)  |                    | 萌芽期 (1971年4月16日)   |                    |
|--------|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|        |             | NH <sub>4</sub> -N | NO <sub>3</sub> -N | NH <sub>4</sub> -N | NO <sub>3</sub> -N |
| 10月20日 | 0～3         | 28.9               | 4.1                | 4.7                | 6.1                |
|        | 3～10        | 22.3               | 16.5               | —                  | 1.9                |
|        | 10～20       | —                  | 13.4               | —                  | 2.3                |
|        | 20～40       | —                  | 9.9                | —                  | 5.0                |
|        | 計           | 51.2               | 43.9               | 4.7                | 15.3               |
| 11月20日 | 0～3         |                    |                    | 11.2               | 1.7                |
|        | 3～10        |                    |                    | 21.5               | 3.2                |
|        | 10～20       |                    |                    | 9.8                | 1.5                |
|        | 20～40       |                    |                    | 4.5                | —                  |
|        | 計           |                    |                    | 47.5               | 6.4                |

### 試験Ⅳ

#### 実験方法

1969年に造成した2年目草地を用い、1970年は均一に栽培し、最終番草としての3番草を9月20日に刈取った。そして、10月24日、11月4日、11月20日及び1971年4月18日の施肥時期の異なる4区

を設けた。窒素は硫酸及び硝酸石灰を用いてそれぞれ4kgN/10a施肥し、また、燐酸及びカリは過石・硫加をそれぞれP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>・K<sub>2</sub>Oとして4kg/10aを均一に施与した。試験規模は3m×3m、4反復で行い、1番草は6月14日に刈取った。

## 実験結果

硫安の場合の1番草収量は、10月24日施肥区より11月4日施肥区がやや高く、これらに比較し、11月20日施肥区は明らかに高かった。また、11月20日施肥区と早春施肥区とはほぼ同じ収量であった(表10)。

硝酸石灰の場合の1番草収量は、晩秋の施肥時期が遅れるほど低下し、これらの晩秋施肥区はい

ずれも早春施肥区より著しく低かった。

各施肥時期について硫安区と硝酸石灰区との施肥窒素の吸収量を比較すると、10月24日、11月4日施肥区では硫安区が硝酸石灰区よりやや高く、11月24日施肥では硫安区が硝酸石灰区より著しく高かった。そして、早春施肥区では両者はほぼ同じであった。

表10 晩秋における窒素の施肥時期が翌春の1番草収量及び窒素吸収量に及ぼす影響

(1971年)

| 施 肥 時 期 |           | 1 番 草 収 量<br>( D M・kg／10a) |      | 窒 素 吸 収 量<br>( kg・N／10a) |                   | 施肥窒素の吸収量*<br>( kg・N／10a) |      |     |
|---------|-----------|----------------------------|------|--------------------------|-------------------|--------------------------|------|-----|
|         |           | 硫 安                        | 硝酸石灰 | 硫 安                      | 硝酸石灰              | 硫 安                      | 硝酸石灰 |     |
| 晩 秋     | 10 月 24 日 | 312                        | 291  | 5.5 <sup>a)</sup>        | 5.3               | 1.7                      | 1.5  |     |
|         | 11 月 4 日  | 323                        | 311  | 4.9                      | 4.6               | 1.1                      | 0.8  |     |
|         | 11 月 20 日 | 392                        | 264  | 6.3                      | 4.5               | 2.5                      | 0.7  |     |
| 早 春 施 肥 |           | 4 月 18 日                   | 394  | 399                      | 7.4               | 7.5                      | 3.6  | 3.7 |
| 無 窒 素   |           |                            | 244  |                          | 3.8 <sup>b)</sup> | —                        |      |     |

注) \* 各地区と無窒素区との窒素吸収量の差  $a) - b)$

## 考 察

危険帯前に最終刈取りを行い、気温がかなり高い9月下旬までに窒素が施肥された場合は、翌春の生育が盛んであった(試験I)。この理由は以下のように考えられる。すなわち、上記の施肥時期では、施肥後から越冬時までの生育期間が30~40日あるために、施肥窒素が十分吸収され、まず、茎葉の生長が促進される。この結果光合成の場が拡大し、同時に葉の窒素含有率の上昇により光合成能が高まるから、その後における茎基・根の越冬器官の生長に有利に作用する。一方、牧草体の窒素含有率が上昇すると、茎基のTAC含有率は施肥時期が遅い場合は低まるが、9月下旬までの施肥では僅かしか低下しない。従って、このような条件では窒素施肥は越冬器官を大きくし、TAC含有率の低下も僅かなため、翌春の生育が旺盛となる。

9月20日に最終刈取りを行い、その後8kgN/10a

を(a)秋施肥、(b)秋と早春とに分施、(c)早春施肥の三者を比較すると、1番草収量は分施肥が最も高かった。一方、9月20日最終刈取り後に直ちに施肥した場合の窒素の吸収量は2.7kg/10a、このうち2.1kg/10aが越冬器官に存在した(試験II)。さらに、晩秋に施肥された窒素のうち、牧草に吸収されなかったNH<sub>4</sub>-NはNO<sub>3</sub>-Nに変化し、溶脱した(試験III)。

以上のことから、8kgN/10aを秋施肥した場合は、施肥量の過半量が吸収されずに土壤中に残ることになり、この部分が流亡するために、翌春の生育に利用しうる窒素量が少ない。8kgN/10a早春施肥した場合は、晩秋に窒素の供給を欠くためこの間の生育が不十分であり、これを反映して萌芽再生が遅く、早春に多量の窒素の供給を受けてもこれを乾物生産に十分利用できない。一方、秋と早春とに各4kgN/10a分施した場合は、秋施肥された窒素を能率よく吸収することによって、越冬器

官が増大し、かつ、施肥窒素の半量は同部に存在する。この結果翌春の生育は萌芽再生から盛んとなり、このような状態で早春に再び窒素の供給を受けることにより、乾物生産が一層高まったと考えられる。

気温がやや高い10月中旬の施肥についてみると、危険帯前に刈取りを行い、10月10日及び10月20日に施肥した区は、この前後の施肥区に比較し、越冬前における茎基・根の乾物重が小さく、窒素含有率が高く、TAC含有率が低い(試験I, II)。また、危険帯に刈取りし、この直後に施肥した場合は11月1日及び11月20日施肥区より窒素含有率が高く、TAC含有率は低い。そして、窒素の施肥量が多いほどこの傾向が助長された(試験I)。翌春の収量は危険帯前刈取りの場合は、10月中旬の施肥区がこの前後の施肥区より低く、また、危険帯刈取りの場合は、10月中旬の施肥区は11月上・中旬の施肥区より低く、とりわけ、秋の窒素施肥量が多い場合は翌春の収量低下が著しい。

つまり、10月中旬に施肥された窒素は牧草に吸収され、これが茎葉の伸長を促進する。しかし、その後の生育期間が短いため、拡大された同化器官からの光合成産物の転流が不十分となり、越冬器官が十分大きくなることができず、かつ、TAC含有率も上昇しない。とりわけ、この時期に刈取りと重複すると、再生によってTACが消費されるために越冬態勢はさらに悪化し、翌春生育は著しく低いものとなる。

つぎに気温が下降した10月下旬以降の時期についてみると、越冬前における茎基・根の乾物重、窒素及びTAC含有率のいずれも施肥の影響が小さい(試験I, II)。翌春収量は、11月下旬施肥区が10月下旬及び11月上旬施肥区より高かった(試験I, IV)。

硫酸を10月20日に土壌表面に散布すると、その窒素は11月20日には大部分が $\text{NO}_3\text{-N}$ に変化し、この部分は翌春までに流亡した。しかし、11月20日に散布した場合では、施肥窒素の過半量が $\text{NH}_4\text{-N}$ として翌春時に残存した(試験III)。ANDERSON<sup>8)</sup>によれば、 $\text{NH}_4\text{-N}$ は6℃の低温下でも硝酸化成によって数週間では消失し、2.8℃では

硝化作用は著しく低下すると言う。試験年の10月下旬の平均気温は6.9℃、地温は6.8℃、11月上旬及び中旬の平均気温はそれぞれ5.3℃、2.8℃であった。牧草の生育限界気温が5℃であるから、10月下旬以降は生育が著しく低下し、11月上旬には停止に至るから、施肥窒素の吸収もこれに対応して減少する。

以上のことから、10月下旬以降の施肥時期の優劣は、牧草の生理面との関連は小さく、施肥窒素の土壌中での硝酸化成を受ける程度、すなわち、翌春時までの残存量に支配される。

### 第3節 1 番草生育における秋施肥と早春施肥の相互関係

秋季の最終利用後に行なわれる施肥は秋施肥と総称されている。しかし、前項で施肥時期に関して検討した結果、危険帯前に最終刈取りを終え、直ちに施肥する方法が特に有効であることが明らかになった。そこで、ここでは、この施肥を限定した意味の秋施肥と呼ぶこととし、従来から重要視されてきた早春施肥と秋施肥とが1番草の収量形成に如何に関与するかを知ろうとする。

#### 実験方法

1969年に造成し、以後採草利用している7年目草地を供試し、1975年秋から1976年春に試験を行った。試験当年の1975年春からは1番草6月中旬、2番草8月上旬、3番草9月18日(危険帯前)に刈取り、施肥は各番草に対して草地化成肥料3号( $\text{N} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{K}_2\text{O}$ ; 8・10・8%)を用いて、4 kg N/10aづつ施与した。9月18日に3番草を刈取り、直ちに前記の草地化成を用いて、0, 1, 2, 4 kg N/10aの4処理区を設けた。ついで、融雪直後の萌芽期に各区をさらに分割し、それぞれ3小区を設け、同上の草地化成を用いて、2, 4, 8 kg N/10a、早春施肥した。但し、秋施肥の0 N/10aで早春施肥2 N/10aの処理は設けなかったため、全体で11区である。試験規模は3 m×3 m、4反復、分割試験区法である。生育調査は越冬前11月14日、萌芽期4月21日、栄養生長期5月12日、節間伸長



始期5月22日及び穂揃期6月10日に行なった。なお、1975年の根雪始は11月30日、翌春の融雪日は4月17日であった。

## 実 験 結 果

### 1) 秋施肥が晩秋から翌春萌芽期までの生育に及ぼす影響

**茎数：**秋施肥後から約30日経過した越冬前において、既存茎A（3番草収量を構成した分げつ）の茎数は秋施肥の影響を受けず、1,040～1,210本/m<sup>2</sup>の範囲であった。3葉令以下の秋発生分げつ数は秋施肥量に対応して増加した（表11）。

冬を経た萌芽期の調査では、各分げつの分類の手掛りとなる葉身及び葉鞘の大部分が枯爛してお

表11 秋施肥が越冬前及び萌芽期の茎数に及ぼす影響

(本/m<sup>2</sup>)

| 調 査 時 期               | 秋 施 肥<br>(kg・N/10a) | 既 存 茎 A | 秋 発 生 分 げ つ |       |       | 計     |
|-----------------------|---------------------|---------|-------------|-------|-------|-------|
|                       |                     |         | 3 葉 令       | 2 葉 令 | 1 葉 令 |       |
| 越 冬 前<br>(1975年11月4日) | 0                   | 1,120   | 150         | 150   | 620   | 2,040 |
|                       | 1                   | 1,040   | 340         | 400   | 930   | 2,710 |
|                       | 2                   | 1,210   | 510         | 500   | 760   | 2,990 |
|                       | 4                   | 1,160   | 650         | 590   | 790   | 3,190 |
| 萌 芽 期<br>(1976年4月21日) | 0                   | 830     | 390         | 400   | 400   | 2,020 |
|                       | 1                   | 1,100   | 680         | 320   | 300   | 2,300 |
|                       | 2                   | 1,140   | 960         | 300   | 290   | 2,690 |
|                       | 4                   | 1,130   | 1,780       | 560   | 350   | 3,820 |

り、さらに越冬期間中に若干の生育があったために分げつの分類は必ずしも正確ではなかった。既存茎Aの茎数は各処理とも若干減少し、3葉令及び2葉令分げつでは秋施肥量に対応して著しく増加し、1葉令分げつでは逆に減少していた。このことから、越冬前の時点で1葉令及び2葉令分げつとして計数されたもののうち、かなりの分げつが葉令を増したと推測される。

**1 茎基重：**越冬前の1茎基重は、秋施肥量が増しても既存茎Aでは僅かしか増加せず、一方、秋発生分げつではかなり増加した（表12）。萌芽期においては、1茎基重はいずれの分げつも越冬前に比較し、約半量に減少した。この減少の程度と秋施肥量との間には一定の関係が認められなかった。

**既存茎Aの茎基成分：**茎基の窒素含有率は、秋施肥量が多いほど高く、TAC含有率は逆に低まった（表13）。しかし、この場合施肥から越冬に入るまでに十分な生育日数があったため、施肥に伴うTAC含有率の低下の程度は僅かであった。

萌芽期には、窒素含有率は秋施肥量順に高く、

表12 秋施肥が越冬前及び萌芽期における1茎基重に及ぼす影響

(DM・mg/本)

| 調査時期  | 秋 施 肥<br>(kg・N/10a) | 既 存 茎 A | 秋 発 生 分 げ つ |       |       |
|-------|---------------------|---------|-------------|-------|-------|
|       |                     |         | 3 葉 令       | 2 葉 令 | 1 葉 令 |
| 越 冬 前 | 0                   | 57.4    | 26.3        | 17.8  | 4.0   |
|       | 1                   | 57.2    | 28.6        | 13.2  | 3.8   |
|       | 2                   | 58.0    | 28.6        | 14.9  | 6.5   |
|       | 4                   | 59.1    | 34.2        | 18.2  | 7.9   |
| 萌 芽 期 | 0                   | 30.2    | 14.3        | 8.7   | 3.5   |
|       | 1                   | 31.0    | 14.4        | 6.1   | 4.1   |
|       | 2                   | 32.8    | 14.9        | 11.3  | 4.0   |
|       | 4                   | 32.0    | 16.3        | 6.3   | 3.1   |

いずれの処理区も越冬前の値の2～3倍に高まっていた。一方、TAC含有率は秋施肥量が増すとともに急激に低下した。

つぎに窒素とTACの1茎基当りの量を算出し、越冬前(A)と萌芽時(B)との差(B-A)、すなわち、越冬期間の増減を求めると、窒素では増加し、TACは明らかに減少していた。すなわち、

表13 秋施肥が越冬前及び萌芽期における茎基成分に及ぼす影響

| 項 目                       | 秋 施 肥<br>(kg・N/10a) | 越 冬 前 (A) |       | 萌 芽 期 (B) |       | B - A |       |
|---------------------------|---------------------|-----------|-------|-----------|-------|-------|-------|
|                           |                     | N         | T A C | N         | T A C | N     | T A C |
| 含 有 率<br>(%)              | 0                   | 1.15      | 44.6  | 3.15      | 18.7  | 2.00  | -25.9 |
|                           | 1                   | 1.20      | 44.2  | 3.25      | 13.3  | 2.05  | -30.9 |
|                           | 2                   | 1.30      | 43.5  | 4.00      | 11.7  | 2.70  | -32.4 |
|                           | 4                   | 1.61      | 41.2  | 4.05      | 9.7   | 2.44  | -31.5 |
| 1 茎基当り<br>の 成 分 量<br>(mg) | 0                   | 0.66      | 25.6  | 0.95      | 5.6   | 0.29  | -20.0 |
|                           | 1                   | 0.69      | 25.3  | 1.01      | 4.1   | 0.32  | -21.2 |
|                           | 2                   | 0.75      | 25.2  | 1.30      | 3.6   | 0.55  | -21.6 |
|                           | 4                   | 0.95      | 24.3  | 1.30      | 3.1   | 0.35  | -21.2 |

越冬期間における窒素含有率の顕著な上昇は、TACの越冬中における消耗による窒素の濃縮化の他に、茎葉からの転流ないし土壌からの吸収があったと推定される。越冬前には TAC は 1 茎基当り約25mg

であったが、萌芽時では 3～5 mg の範囲となり、その差は窒素の施肥量に関係なくほぼ一定値の21 mgであった。

## 2)秋施肥と早春施肥が1番草生育に及ぼす影響

**乾物重：**萌芽期において、乾物重は秋施肥量が多いほど増加した(表14)。早春施肥20日後の栄養生長期では、乾物重は秋施肥量に対応して増加したが、早春施肥の影響は認められなかった。節間

伸長始期では、早春施肥の効果が若干認められた。そして、穂揃期(1番草刈取り適期)に至ると、乾物重は秋施肥と早春施肥のそれぞれに対応し、両施肥量が多いほど高かった。また、秋施肥と早

表14 秋施肥と早春施肥とが1番草の各生育ステージにおける乾物重に及ぼす影響 (DM・kg/10a)

| 秋 施 肥<br>(kg・N/10a) | 早 春 施 肥<br>(kg・N/10a) | 萌 芽 期    | 栄養成長期    | 節間伸長始期   | 穂 揃 期    |                   |
|---------------------|-----------------------|----------|----------|----------|----------|-------------------|
|                     |                       | 4 月 21 日 | 5 月 12 日 | 5 月 22 日 | 6 月 10 日 |                   |
| 0                   | 4                     | 5.7      | 37       | 104      | 292      | 108 <sup>a)</sup> |
|                     | 8                     |          | 36       | 119      | 353      |                   |
| 1                   | 2                     | 9.3      | 46       | 102      | 289      |                   |
|                     | 4                     |          | 44       | 147      | 342      |                   |
|                     | 8                     |          | 45       | 146      | 400      |                   |
| 2                   | 2                     | 11.5     | 56       | 124      | 315      | 127 <sup>b)</sup> |
|                     | 4                     |          | 54       | 155      | 347      |                   |
|                     | 8                     |          | 52       | 173      | 437      |                   |
| 4                   | 2                     | 14.9     | 94       | 177      | 354      |                   |
|                     | 4                     |          | 86       | 185      | 447      |                   |
|                     | 8                     |          | 95       | 186      | 476      |                   |
| 有 意 差               | 秋 施 肥                 |          | ***      | ***      | ***      |                   |
|                     | 早 春 施 肥               |          | n・s      | n・s      | ***      |                   |
|                     | 交 互 作 用               |          | n・s      | n・s      | n・s      |                   |

注) a)、b) 早春施肥のみに対する指数、\*\*\* 1%水準有意

春施肥とをそれぞれ  $2 \text{ kg N}/10\text{a}$  づつ (計  $4 \text{ kg N}/10\text{a}$ ) または  $4 \text{ kg N}/10\text{a}$  づつ (計  $8 \text{ kg N}/10\text{a}$ ) とした場合と、これに対応する合計量を早春施肥した区とを比較すると、前者が明らかに高く、それぞれ 8% または 27% の増加率であった。

**構成要素：**穂揃期の節間伸長した穂孕茎及び出穂茎を 1 括して出穂茎とし、節間伸長していない分げつを栄養茎として取り扱い、両者の乾物重の構成率を算出した (表15)。

出穂茎収量は秋施肥と早春施肥の施与量にそれぞれよく対応して高まった。しかし、栄養茎収量は秋施肥との間に一定の傾向は認められず、早春施肥量に対応して増加した。出穂茎と栄養茎との

構成割合は前者が 80% 以上の大部分を占めた。また、秋施肥と早春施肥とを組合わせた区と早春施肥のみの区とを比較すると、前者の出穂茎割合が高かった。

出穂茎収量を茎数と 1 茎重とに分けて検討すると、茎数増に対する秋施肥効果は早春施肥量が多いほど大きく、また、早春施肥効果も秋施肥量が多いほど大きかった (表16)。そして、両効果を比較すると、秋施肥効果が著しく大きかった。

表15において、秋施肥と早春施肥をそれぞれ  $2 \text{ kg N}/10\text{a}$  づつ (計  $4 \text{ kg N}/10\text{a}$ ) または  $4 \text{ kg N}/10\text{a}$  づつ (計  $8 \text{ kg N}/10\text{a}$ ) 施与した場合と、これらに対応する量を早春施肥のみで施与した場合を対比すると、

表15 秋施肥と早春施肥とが穂揃期の収量及び収量構成要素に及ぼす影響

| 秋 施 肥<br>( $\text{kg} \cdot \text{N}/10\text{a}$ ) | 早春施肥<br>( $\text{kg} \cdot \text{N}/10\text{a}$ ) | 収 量 ( $\text{DM} \cdot \text{kg}/10\text{a}$ ) |     | 同左構成割合 (%) |     | 出 穂 茎 の 形 質          |                               |         |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----|------------|-----|----------------------|-------------------------------|---------|
|                                                    |                                                   | 出穂茎                                            | 栄養茎 | 出穂茎        | 栄養茎 | 茎数(本/ $\text{m}^2$ ) | 1茎重 ( $\text{DM}/\text{mg}$ ) | 草丈 (cm) |
| 0                                                  | 4                                                 | 232                                            | 60  | 79         | 21  | 484                  | 483                           | 51      |
|                                                    | 8                                                 | 271                                            | 82  | 77         | 23  | 504                  | 544                           | 54      |
| 1                                                  | 2                                                 | 238                                            | 49  | 83         | 17  | 517                  | 462                           | 51      |
|                                                    | 4                                                 | 281                                            | 61  | 82         | 18  | 525                  | 539                           | 50      |
|                                                    | 8                                                 | 309                                            | 91  | 77         | 23  | 554                  | 561                           | 54      |
| 2                                                  | 2                                                 | 269                                            | 46  | 85         | 15  | 586                  | 464                           | 53      |
|                                                    | 4                                                 | 294                                            | 53  | 85         | 15  | 594                  | 494                           | 53      |
|                                                    | 8                                                 | 356                                            | 81  | 81         | 19  | 666                  | 538                           | 52      |
| 4                                                  | 2                                                 | 291                                            | 63  | 82         | 18  | 603                  | 483                           | 55      |
|                                                    | 4                                                 | 377                                            | 70  | 84         | 16  | 780                  | 489                           | 57      |
|                                                    | 8                                                 | 380                                            | 96  | 80         | 20  | 769                  | 495                           | 53      |

表16 出穂茎数に対する施肥効果 (指数)

| 秋 施 肥 効 果                                            |                                                 |     |     | 早 春 施 肥 効 果                                        |                                                   |     |     |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----|-----|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----|-----|
| 早 春 施 肥<br>( $\text{kg} \cdot \text{N}/10\text{a}$ ) | 秋 施 肥 ( $\text{kg} \cdot \text{N}/10\text{a}$ ) |     |     | 秋 施 肥<br>( $\text{kg} \cdot \text{N}/10\text{a}$ ) | 早 春 施 肥 ( $\text{kg} \cdot \text{N}/10\text{a}$ ) |     |     |
|                                                      | 1                                               | 2   | 4   |                                                    | 2                                                 | 4   | 8   |
| 2                                                    | 100                                             | 113 | 117 | 1                                                  | 100                                               | 102 | 107 |
| 4                                                    | 100                                             | 113 | 149 | 2                                                  | 100                                               | 101 | 114 |
| 8                                                    | 100                                             | 120 | 139 | 4                                                  | 100                                               | 129 | 127 |
| 平 均                                                  | 100                                             | 115 | 135 | 平 均                                                | 100                                               | 111 | 116 |

表17 出穂茎の1茎重に対する施肥効果(指数)

| 秋 施 肥 効 果           |                  |     |     | 早 春 施 肥 効 果         |                    |     |     |
|---------------------|------------------|-----|-----|---------------------|--------------------|-----|-----|
| 秋 施 肥<br>(kg・N/10a) | 秋 施 肥 (kg・N/10a) |     |     | 秋 施 肥<br>(kg・N/10a) | 早 春 施 肥 (kg・N/10a) |     |     |
|                     | 1                | 2   | 3   |                     | 2                  | 4   | 8   |
| 2                   | 100              | 100 | 105 | 1                   | 100                | 117 | 121 |
| 4                   | 100              | 92  | 91  | 2                   | 100                | 107 | 116 |
| 8                   | 100              | 96  | 88  | 4                   | 100                | 101 | 102 |
| 平 均                 | 100              | 96  | 95  | 平 均                 | 100                | 108 | 113 |

出穂茎数は、前者がそれぞれ586, 780本/m<sup>2</sup>, 後者が484, 504本/m<sup>2</sup>であった。つまり、出穂茎数は春のみの施肥よりも、秋と春とに分施する方が多い。

1茎重に対する秋施肥効果をみると、早春施肥量が2 kg N/10aと低い場合は、秋施肥量が増加するとやや高まるが、早春施肥が4～8 kg N/10aと高い場合は、秋施肥量が増加するとともに低下した(表17)。早春施肥効果をみると、秋施肥量が低い場合は明らかに認められたが、秋施肥4 kg N/10aでは認められなかった。

一方、秋施肥によって顕著に増加した3葉令以下の分けつは、1番草において殆ど栄養茎である。この栄養茎が1番草収量に占める割合はほぼ20%

にすぎなかった。

以上のことから、秋施肥は初期生育を高めるとともに、1番草収量の大部分を構成する出穂茎の数を増加させる。また、早春施肥は1番草の生育後半における1茎重を高めること、栄養茎の収量を増加させることに寄与する。

**茎葉の窒素含有率**：萌芽期における窒素含有率は秋施肥量に対応して高かった(表18)。栄養生長期において、同一秋施肥区間を比較すると、窒素含有率は早春施肥量に対応して高まった。

一方、同一早春施肥区間、例えば早春施肥4 kg N/10a区について秋施肥の影響をみると、秋施肥が0, 1, 2, 4 kg N/10aの順に、窒素含有率はそれ

表18 秋施肥と早春施肥とが茎葉の窒素含有率に及ぼす影響

| 秋 施 肥<br>(kg・N/10a) | 早 春 施 肥<br>(kg・N/10a) | 萌 芽 期    | 栄 養 生 長 期 | 節間伸長始期   | 穂 摘 期    |
|---------------------|-----------------------|----------|-----------|----------|----------|
|                     |                       | 4 月 21 日 | 5 月 12 日  | 5 月 22 日 | 6 月 10 日 |
| 0                   | 4                     | 4.13     | 5.03      | 3.35     | 1.83     |
|                     | 8                     |          | 6.91      | 4.55     | 2.97     |
| 1                   | 2                     | 4.25     | 5.00      | 3.30     | 1.82     |
|                     | 4                     |          | 4.90      | 3.33     | 2.06     |
|                     | 8                     |          | 6.15      | 4.51     | 2.82     |
| 2                   | 2                     | 4.45     | 4.88      | 3.05     | 1.65     |
|                     | 4                     |          | 4.85      | 3.40     | 2.07     |
|                     | 8                     |          | 5.97      | 4.35     | 2.72     |
| 4                   | 2                     | 4.75     | 4.69      | 2.89     | 1.62     |
|                     | 4                     |          | 4.80      | 3.08     | 1.87     |
|                     | 8                     |          | 5.75      | 3.79     | 2.57     |

ぞれ5.03, 4.90, 4.85, 4.80%であって、秋施肥量の増加とともに逆に低下した。この現象は、秋施肥量に対応して萌芽再生期間の生育が著しく促進されたため、牧草体の窒素が希釈されたことによる。そして、この傾向は栄養生長期以後も引き続き認められた。

**窒素吸収量・吸収速度：**窒素吸収量についてみると、栄養生長期までは、秋施肥の影響が強く、早春施肥のそれは僅かであった(表19)。節間伸長始期になると、早春施肥量に対応して高まるようになり、穂揃期にはこの傾向が一層明らかになった。

1 番草の生育期間を萌芽再生期間(4月21日～5月11日)、栄養生長期(5月12日～5月21日)及び節間伸長期間(5月22日～6月10日)の3期間に分割し、それぞれの期間における茎葉の窒素吸収速度を算出した(表19)。これによると、萌芽再生期間における早春施肥4 kg N/10a区の吸収速度は、秋施肥の0, 1, 2, 4 kg N/10aの順にそれぞれ85, 90, 105, 170 mg N・m<sup>-2</sup>・day<sup>-1</sup>であって、秋施肥量が多いほど吸収速度は高かった。この現象は秋施肥が生育を促進させた結果、早春施

肥窒素の吸収を早めたことによるのか、あるいは、牧草体内の貯蔵部位に存在していた窒素が茎葉に転流したことに起因しよう。しかし、萌芽初期に茎葉で増加する窒素は、主として茎基から転流したものであるとの山神・奥村<sup>9,9)</sup>の報告を考慮すると、茎葉で増した窒素の一部は転流によると類推される。栄養生長期において、秋施肥0～2 kg N/10a区では早春施肥量に対応して窒素吸収速度が高まるが、秋施肥4 kg N/10a区では早春施肥にあまり反応しない。節間伸長期になると、窒素吸収速度は秋施肥1～2 kg N/10a区で早春施肥8 > 4 ≥ 2 kg N/10a区であり、秋施肥4 kg N/10a区では早春施肥8 > 4 > 2 kg N/10a区である。一方、同一早春施肥区について検討すると、早春施肥が少ない2 kg N/10a区では秋施肥1, 2, 4 kg N/10a区の順にそれぞれ100, 74, 37 mg N・m<sup>-2</sup>・day<sup>-1</sup>と吸収速度が低下し、早春施肥8 kg N/10a区では同順にそれぞれ247, 232, 278 mg N・m<sup>-2</sup>・day<sup>-1</sup>と秋施肥量にかかわらず高い吸収速度を示した。これは秋施肥量が多いほど初期生育が促進されるために、早春施肥量が少ない場合は節間伸長期に窒素が枯渇してくることによる。

表19 秋施肥と早春施肥とが茎葉の窒素吸収量及び吸収速度に及ぼす影響

| 秋 施 肥<br>(kg・N/10a) | 早春施肥<br>(kg・N/10a) | 窒 素 吸 収 量 (kg・N/10a) |           |             |          | 窒素の吸収速度 (mg・N・m <sup>-2</sup> ・day <sup>-1</sup> ) |                        |                        |
|---------------------|--------------------|----------------------|-----------|-------------|----------|----------------------------------------------------|------------------------|------------------------|
|                     |                    | 萌 芽 期                | 栄 養 成 長 期 | 節 間 伸 長 始 期 | 穂 揃 期    | 萌芽再生<br>期 間                                        | 栄 養 生 長<br>期 間         | 節 間 伸 長<br>期 間         |
|                     |                    | 4 月 21 日             | 5 月 12 日  | 5 月 22 日    | 6 月 10 日 | 4 月 21 日<br>～ 5 月 11 日                             | 5 月 12 日<br>～ 5 月 21 日 | 5 月 22 日<br>～ 6 月 10 日 |
| 0                   | 4                  | 0.24                 | 1.9       | 3.5         | 5.4      | 85                                                 | 160                    | 100                    |
|                     | 8                  |                      | 2.5       | 5.4         | 10.5     | 115                                                | 290                    | 267                    |
| 1                   | 2                  | 0.40                 | 2.3       | 3.4         | 5.3      | 95                                                 | 110                    | 100                    |
|                     | 4                  |                      | 2.2       | 4.9         | 7.0      | 90                                                 | 270                    | 111                    |
|                     | 8                  |                      | 2.8       | 6.6         | 11.3     | 120                                                | 380                    | 247                    |
| 2                   | 2                  | 0.51                 | 2.7       | 3.8         | 5.2      | 111                                                | 110                    | 74                     |
|                     | 4                  |                      | 2.6       | 5.3         | 7.2      | 105                                                | 270                    | 100                    |
|                     | 8                  |                      | 3.1       | 7.5         | 11.9     | 130                                                | 440                    | 232                    |
| 4                   | 2                  | 0.71                 | 4.4       | 5.1         | 5.8      | 185                                                | 70                     | 37                     |
|                     | 4                  |                      | 4.1       | 5.7         | 8.4      | 170                                                | 160                    | 142                    |
|                     | 8                  |                      | 5.5       | 7.0         | 12.3     | 240                                                | 150                    | 278                    |

**生長速度：**1番草生育期間における茎葉の作物生長速度 $[g \cdot m^{-2}(\text{圃場面積}) \cdot day^{-1}]$ 、以下CGRと略す。及び葉面積指数(以下LAIと略す)を表20に示した。

萌芽再生期間のCGRは早春施肥に反応せず、秋施肥量の増加とともに高まった。

この間の新葉形成に要する炭水化物は貯蔵部からの転流と光合成との二者が考えられる。しかし、萌芽再生期のCGRは単位面積当りのTACとではなく、窒素量に対応していた(図7)。従って、萌芽直後の新葉形成に際し、茎基に貯蔵されていたTACが利用されるとしても、萌芽再生期の後半に

表20 秋施肥と早春施肥とがCGR及びLAIに及ぼす影響

| 秋 施 肥<br>(kg・N/10a) | 早 春 施 肥<br>(kg・N/10a) | C G R ( $g \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$ ) |                 |                 | L A I     |           |           |
|---------------------|-----------------------|-------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|
|                     |                       | 萌 芽 再 生 期                                 | 栄 養 生 長 期       | 節 間 伸 長 期       | 萌 芽 再 生 期 | 栄 養 生 長 期 | 節 間 伸 長 期 |
|                     |                       | 4月21日<br>～5月11日                           | 5月12日<br>～5月21日 | 5月22日<br>～6月10日 | 4月21日     | 5月12日     | 5月22日     |
| 0                   | 4                     | 1.6                                       | 6.7             | 9.9             | 0.11      | 0.6       | 2.3       |
|                     | 8                     | 1.5                                       | 8.3             | 12.3            |           | 0.7       | 3.0       |
| 1                   | 2                     | 1.9                                       | 5.6             | 9.8             | 0.19      | 0.9       | 2.3       |
|                     | 4                     | 1.8                                       | 10.3            | 10.3            |           | 0.9       | 2.6       |
|                     | 8                     | 1.8                                       | 10.1            | 13.4            |           | 1.0       | 3.6       |
| 2                   | 2                     | 2.3                                       | 6.8             | 10.0            | 0.23      | 1.1       | 2.6       |
|                     | 4                     | 2.2                                       | 10.1            | 10.1            |           | 1.2       | 2.9       |
|                     | 8                     | 2.1                                       | 12.1            | 13.9            |           | 1.1       | 4.2       |
| 4                   | 2                     | 4.0                                       | 8.3             | 9.3             | 0.30      | 1.7       | 3.6       |
|                     | 4                     | 3.6                                       | 9.9             | 13.8            |           | 1.8       | 4.0       |
|                     | 8                     | 4.0                                       | 9.1             | 15.2            |           | 2.0       | 4.6       |

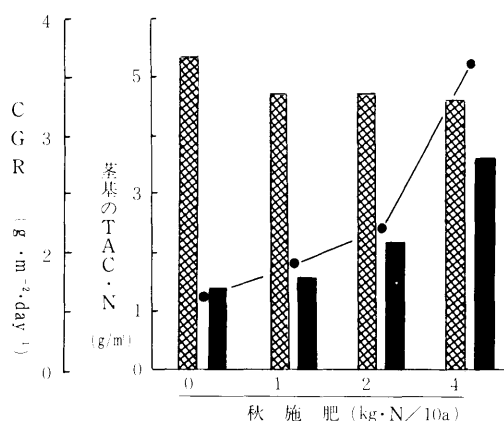


図7 萌芽期における茎基のN・TACと萌芽再生期間のCGRとの関係

TAC
  N
  4月21日～5月11日のCGR

における体組織形成に用いられた炭水化物は直接光合成によって賄われていたと推論される。

栄養生長期におけるLAIは早春施肥の影響は殆ど認められず、秋施肥0, 1, 2, 4 kg N/10a区の順に0.6, 0.9, 1.1, 1.8と顕著に増加した。このLAIを基礎にして栄養生長期間の乾物生産が行なわれるのであるが、この間のCGRは秋施肥1～2 kg N/10a区において、早春施肥8 ≧ 4 > 2 kg N/10a区の順であり、秋施肥4 kg N/10a区においては、早春施肥処理間に差が殆どない。つまり、前者のように秋施肥量が低い場合は、早春施肥2 kg N/10a区では窒素が不足することによりCGRが低下し、一方、高い場合には早春施肥2 kg N/10aでも盛んに生育する。

節間伸長始期のLAIは、秋施肥及び早春施肥の両者に反応し、それぞれの施与量に対応していた。

節間伸長期間のCGRは、秋施肥 $1 \sim 2 \text{ kg N}/10\text{a}$ 区では早春施肥 $8 > 4 \approx 2 \text{ kg N}/10\text{a}$ 区であり、秋施肥 $4 \text{ kg N}/10\text{a}$ 区では早春施肥 $8 > 4 > 2 \text{ kg N}/10\text{a}$ 区であった。

## 考 察

秋施肥すなわち危険帯前に刈り終え、直ちに適量の窒素を施与する方法が翌春1番草の生育を高める。

秋施肥によって、晩秋の生育が盛んとなり、翌春の萌芽期における茎基の窒素含有率及び単位面積当りの窒素量が増加し、これに対応して萌芽再生期間の生育が促進された。一方、茎基のTAC含有率は秋施肥量に対応して低下したが、萌芽再生期間の生育はTAC含有率の低下の影響が認められなかった。

このような結果となった原因のひとつに、萌芽再生期間を4月21日～5月11日の20日間とやや長く取り過ぎたためとも考えられる。すなわち、その期間は新葉形成に要する炭水化物を越冬器官からのTACに負う前期と、展開された葉での光合成から供給される後期とに分かれ、葉面積の拡大は窒素によって促進されるから、この効果が加味されたためとも考えられる。従って、萌芽再生期間をより細分化し、それぞれの時期における生育が萌芽期の諸形質と如何にかかわり合うかはさらに検討を要する。

しかし、上述のような問題を残しているが、危険帯前に刈り終えることにより、この直後に施肥された窒素を利用して牧草は越冬態勢を十分に整えることが可能となるために、萌芽再生は越冬器官のTACが制限要因にならず、秋施肥に由来する窒素に支配される、と考えることが出来る。

穂揃期の収量構成をみると、秋施肥によって1番草生育を特徴づける出穂茎数が著しく増加した。これには秋施肥によって増加した新分げつが関与している可能性がある。この点を検討するために、穂揃期の出穂茎数をみると、早春施肥のみの場合は $400 \sim 500 \text{ 本}/\text{m}^2$ であるが、秋施肥により $800 \text{ 本}/\text{m}^2$ にまで高まっていた。しかし、この数は越冬前及び萌芽期の既存茎Aの茎数およそ $1,100 \text{ 本}/\text{m}^2$ を越

えるものではなかった。また、萌芽期からの経時的調査によると、3葉令以下の分げつが既存茎Aを追い越して生育した例もなかった。従って、秋施肥によって増加した新分げつが出穂茎として加わるのではなく、既存茎Aの有効茎歩合が高まったためと推測される。

早春施肥した窒素は萌芽初期から吸収され、茎葉の窒素含有率は若干高まる。そして、秋施肥によって初期生育が盛んになるほど早春施肥した窒素の吸収が促進される。しかし、早春施肥の乾物生産に対する効果が現われるのは節間伸長期間である。収量構成要素についてみると、その効果は主として出穂茎の1茎重の増加であり、出穂茎数を高める効果はきわめて小さい。

## 第4節 秋施肥及び早春施肥窒素の利用効率

秋施肥及び早春施肥窒素のオーチャードグラス草地における利用率を知るため、重窒素( $^{15}\text{N}$ )標識硫安を用いて実験を行なった。

### 実験方法・結果

#### 試験 I

1975年に造成し、以後年3回刈取り、各番草に対し $4 \text{ kg N}/10\text{a}$ 施肥して採草利用してきた4年目草地を用い、1978年秋～1979年春に実験した。9月20日に最終番草の刈取りを行ない、直ちに硫安を $2 \text{ g N}/\text{m}^2$ 施肥し、越冬前の調査を11月21日に行なった。根雪始は11月30日、翌春の融雪期は4月21日であった。4月25日に早春施肥として硫安を $4 \text{ g N}/\text{m}^2$ 施肥し、1番草を6月14日に刈取り調査した。試験規模は1区面積 $3 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ 、2反復であるが、試験区内の $75\text{cm} \times 75\text{cm}$ の小区画内には通常硫安の代わりに $^{15}\text{N}$ 標識硫安を施肥し、試料採取はこの中心部 $25\text{cm} \times 25\text{cm}$ について行った。

#### 実験結果

越冬前の乾物重は茎葉が $31.9 \text{ g}/\text{m}^2$ 、茎基が $144.4 \text{ g}/\text{m}^2$ であった(表21)。茎葉の窒素吸収総量は $0.78 \text{ g N}/\text{m}^2$ で、そのうち秋施肥由来量が $0.28 \text{ g N}/\text{m}^2$ であった。また、茎基の総量は $2.51 \text{ g N}/\text{m}^2$ であり、

表21 越冬前における乾物重・由来別窒素吸収量

(1978年)

| 乾物重 (g/m <sup>2</sup> ) |       | 窒素吸収量 (g <sup>N</sup> /m <sup>2</sup> ) |                     | 茎葉と茎基との由来別窒素吸収量の合計 (g/m <sup>2</sup> %) |                   |                   |                    |
|-------------------------|-------|-----------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
|                         |       | 秋施肥由来量                                  | 総量                  |                                         |                   |                   |                    |
| 茎葉                      | 茎基    | 茎葉                                      | 茎基                  | 秋施肥 <sup>a)</sup>                       | 刈株 <sup>b)</sup>  | 土壌 <sup>c)</sup>  | 総量 <sup>d)</sup>   |
| 31.9                    | 144.4 | $\frac{0.28}{0.78}$                     | $\frac{0.75}{2.51}$ | $\frac{1.03}{31}$                       | $\frac{1.13}{34}$ | $\frac{1.13}{34}$ | $\frac{3.29}{100}$ |

注) b) 3番草刈取り時の刈株(茎基)中の窒素で、乾物重78.7g/m<sup>2</sup>と、窒素含有率1.43%との積

c) 総量から秋施肥及び刈株中の窒素の差引値 d = a + b

\* 総量に占める由来別窒素の百分比

表22 1番草の乾物重・由来別窒素吸収量及び利用率

(1979年)

| 部 位 | 乾物重<br>(g/m <sup>2</sup> ) | 由来別窒素吸収量 (g/m <sup>2</sup> %) |                   |                          |                                        |                    | 利 用 率 (%) |      |
|-----|----------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------|----------------------------------------|--------------------|-----------|------|
|     |                            | 施 肥 <sup>a)</sup>             |                   | 施 肥 以 外                  |                                        | 総 量 <sup>e)</sup>  | 秋 施 肥     | 早春施肥 |
|     |                            | 秋                             | 早 春               | 前年の <sup>b)</sup><br>刈 株 | 土 壌<br>秋 <sup>c)</sup> 春 <sup>d)</sup> |                    |           |      |
| 茎 葉 | 336                        | $\frac{0.57}{10}$             | $\frac{1.68}{29}$ | ← $\frac{3.64}{61}$ →    |                                        | $\frac{5.89}{100}$ | 29        | 42   |
| 茎 基 | 125                        | $\frac{0.13}{9}$              | $\frac{0.43}{30}$ | ← $\frac{0.89}{61}$ →    |                                        | $\frac{1.45}{100}$ | 7         | 11   |
| 計   | 461                        | $\frac{0.70}{10}$             | $\frac{2.11}{29}$ | $\frac{1.13}{15}$        | $\frac{1.13}{15}$ $\frac{2.27}{32}$    | $\frac{7.34}{100}$ | 35        | 53   |

注) b) c) は表21と同じ数値を使用した。

d) 春の土壌由来量は、総量から施肥、前年の刈株、秋の土壌を差引いて求めた、

d = e - a - b - c である。

そのうち秋施肥由来量が0.75g N/m<sup>2</sup>であった。

牧草体の窒素を (1)秋施肥由来窒素、(2)最終刈取り時の刈株(茎基)に含まれていた窒素、(3)土壌(リターからの無機化窒素も含む)由来の窒素、に区別すると、茎葉と茎基とに存在した総窒素量は3.29g N/m<sup>2</sup>であり、そのうち秋施肥由来窒素は1.03g N/m<sup>2</sup>、刈株中の窒素は1.13g N/m<sup>2</sup>、土壌由来窒素は1.13g N/m<sup>2</sup>であった。

翌春の1番草刈取り時において、茎葉の乾物重は336g/m<sup>2</sup>であり、総窒素吸収量は5.89g N/m<sup>2</sup>であった。このうち秋施肥及び早春施肥に由来する量はそれぞれ0.57及び1.68g N/m<sup>2</sup>であり、この秋施肥由来量は越冬前における茎基の窒素の76%に相当する。また、両施肥窒素以外に由来する量が3.64g N/m<sup>2</sup>であった(表22)。そして、各由来窒素の総

吸収窒素に占める割合は、秋施肥由来10%、早春施肥由来29%、施肥以外に由来61%であった。

茎葉と茎基の全体についてみると、施肥由来窒素の総量は2.81g N/m<sup>2</sup>で、この内訳は、秋施肥由来0.70g N/m<sup>2</sup>、早春施肥由来2.11g N/m<sup>2</sup>であった。また、総吸収量7.34g N/m<sup>2</sup>から秋及び早春施肥由来窒素(2.81g N/m<sup>2</sup>)、前年秋の刈株由来窒素(1.13g N/m<sup>2</sup>)、前年秋の土壌由来窒素(1.13g N/m<sup>2</sup>)を差引いて得られた値2.27g N/m<sup>2</sup>は春季における土壌由来窒素と推定される。これらが総吸収量に占める割合は秋施肥由来10%、早春施肥由来29%、前年最終刈取り時の刈株由来15%、前年秋の土壌由来15%及び春の土壌由来32%であった。また、茎葉に存在した施肥由来窒素について利用率(施肥量に対する百分比)を求めると、秋施肥



は29%，早春施肥は42%であった。

## 試験 II

### 実験方法

試験 I と同様に管理した造成 3 年目の草地を用い、1977年秋～1978年春に試験を行なった。9月20日に最終刈取りを行ない、直ちに草地化成肥料 3 号を用い、秋施肥処理として0, 2, 4g N/m<sup>2</sup>の3区を設定した。翌春4月24日に<sup>15</sup>N 標識硫酸で各区均一に 4 g N/m<sup>2</sup>施肥した。根雪始めは11月30日、翌春の融雪期は4月15日であった。生育調査は萌芽期の4月16日、栄養生長始期5月11日、節間伸長期5月22日及び穂揃期6月8日に行なった。

### 実験結果

萌芽期において、茎葉及び茎基の乾物重・窒素

含有率とも秋施肥量に対応して増加した（表23）。

栄養生長期には、茎葉の乾物重は秋施肥量に対応して増加し、この傾向は穂揃期においても変わらなかった。

早春施肥窒素の吸収量は、いずれの生育時期においても秋施肥量に対応して増加し、特に栄養生長期において顕著であるが、その後生育が進むにつれて小さくなった（表24）。穂揃期における早春施肥窒素の吸収量は、秋施肥 0, 2, 4 gN/m<sup>2</sup> 区の順に1.51, 1.72, 1.87g N/m<sup>2</sup>であり、利用率は同順に38, 43, 47%あった。つまり、早春に施肥された窒素の利用率は秋施肥量に比例して高まる。

### 考 察

これまでに報告されている草地における施肥窒素についてトレーサー法で得られた利用率は50～70%である<sup>7,13,96)</sup>。これらと比較すると、本実験で得られた38～47%の値はやや低い。

さて、越冬時において、秋施肥窒素は茎葉には僅かしか存在せず、大部分は越冬器官である茎基に存在し、この窒素の76%が翌春1番草の茎葉に転流した。

早春施肥窒素は施肥20日後の栄養生長期において、かなり吸収され、かつ、秋施肥によって初期生育が盛んになるほど促進された。これらの事実

表23 萌芽期の乾物重・窒素含有率

(1978年4月16日)

| 秋施肥<br>(g・N/m <sup>2</sup> ) | 乾物重 (g/m <sup>2</sup> ) |      | 窒素含有量 (%) |      | 窒素量 (gN/m <sup>2</sup> ) |      |
|------------------------------|-------------------------|------|-----------|------|--------------------------|------|
|                              | 茎 葉                     | 茎 基  | 茎 葉       | 茎 基  | 茎 葉                      | 茎 基  |
| 0                            | 5.4                     | 45.7 | 4.38      | 3.00 | 0.23                     | 1.37 |
| 2                            | 11.5                    | 69.7 | 4.83      | 3.60 | 0.55                     | 2.50 |
| 4                            | 9.4                     | 72.7 | 4.98      | 4.28 | 0.47                     | 3.11 |

表24 1 番草における早春施肥由来窒素の吸収量・利用率

| 時 期                    | 秋 施 肥<br>(g・N/m <sup>2</sup> ) | 早 春 施 肥<br>(g・N/m <sup>2</sup> ) | 乾 物 重<br>(g/m <sup>2</sup> ) | 窒 素 吸 収 量 (g・N/m <sup>2</sup> ) |      | 利 用 率*<br>(%) |
|------------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------------------|------|---------------|
|                        |                                |                                  |                              | 早春施肥由来                          | 総 量  |               |
| 栄 養 生 長 期<br>(5月11日)   | 0                              |                                  | 57                           | 0.48                            | 2.62 | 12            |
|                        | 2                              | 4                                | 71                           | 1.04                            | 3.11 | 26            |
|                        | 4                              |                                  | 103                          | 1.27                            | 4.26 | 32            |
| 節 間 伸 長 始 期<br>(5月22日) | 0                              |                                  | 127                          | 1.41                            | 4.06 | 35            |
|                        | 2                              | 4                                | 162                          | 1.62                            | 4.85 | 41            |
|                        | 4                              |                                  | 222                          | 1.92                            | 6.29 | 48            |
| 穂 揃 期<br>(6月8日)        | 0                              |                                  | 302                          | 1.51                            | 5.27 | 38            |
|                        | 2                              | 4                                | 374                          | 1.72                            | 6.04 | 43            |
|                        | 4                              |                                  | 484                          | 1.87                            | 7.66 | 47            |

注) \* 早春施肥由来量/早春施肥量 × 100

は、前項までの秋施肥に就いて行なった論議を裏付けている。

しかし、越冬時において牧草体を構成する窒素のうち、34%が最終刈取り時の刈株(茎基)、34%が土壤にそれぞれ由来していた。この最終刈取り時の刈株中の窒素は最終番草に対する窒素施肥量に影響される。三木<sup>60)</sup>は草地土壤で無機化する窒素は秋に高まると言う。また、(1)土壤の PH が高い場合、(2)マメ科牧草の混生率が高い場合、(3)糞

尿が還元されている場合、等の条件では晩秋時に無機化する窒素が多く、そのために牧草の生育は秋施肥された場合に非常に類似している<sup>83)</sup>。

1 番草の牧草体を構成する窒素は (a)最終番草に対する施肥、(b)秋施肥、(c)地力、(d)早春施肥、等から成る。従って、これらからの窒素の供給量に対応して、1 番草生育はさまざまに変化するものと思われる。