

V. 飼料作物に対する影響

1. 牧草

1) 目的

本節では、地球温暖化が牧草の生育や収量に及ぼす影響を予測する。なお、対象草地は、道内の主要酪農・畜産地域で栽培面積が最も大きい、チモシー単播およびチモシー・マメ科草混播草地（以下、単にチモシー草地と表記）とし、対象品種は普及面積が最も広い早生とする。

2) 方法

(1) 気象要因と収量の関係解析

過去20年間（1989～2009年）の上川農試天北支場および根釧農試の定期作況圃場における各番草の平均乾物生産速度（以下CGRと略記、CGR＝乾物収量÷生育日数）と平均気温、日射量および降水量との関係を、萌芽または再生開始からの日数を10日ごとに区切って解析した。

供試草地の収量データ等の概要は表V-1-1の通りである。なお、チモシー草地の刈取り回数は年2回の地域が多いので、これ以降の解析対象は1, 2番草に限定した。

また、予備解析の結果、CGRと気象要素との関係は単播草地とマメ科草混播草地で大差なかったため、今後は特に断りのない限り、単播と混播を込みで扱うこととした。

(2) DVR法による1番草出穂期の予測

チモシーの出穂期は温度や日長の影響を受けるため、温暖化に伴って変化すると予想される。そこで、作物の生育予測法の一つであるノンパラメトリックDVR法を用いて、2030年代のチモシー1番草の出穂期を予測する。

①対象地点

道内の主要な牧草栽培地域として、以下の11市町村を対象とした。八雲、名寄、遠別、稚内、枝幸、紋別、訓子府、浦河、大樹、釧路、中標津。

②ノンパラメトリックDVR法の概要

DVR法では、チモシーの発育ステージを、萌芽期に0、出穂期に1の値をとるような発育指数（Developmental Index, DVIと略す）で表し、これを毎日の発育速度（Developmental Rate, DVRと略す）の積算値として表現する¹⁾。チモシー1番草の出穂期予測には、日平均気温と可照時間を用いた2次元ノンパラメトリック法が有効²⁾なことから、ここでは本手法を用いることとした。

実際のDVIの計算には、三枝ら²⁾に基づいて道総研農試で作成された「チモシー1番草出穂期予測システム」における地域別のパラメータ（日平均気温および可照時間とDVRとの関係）を用いた（付図V-1-1）。対象品種は早生の「センボク」である。

③萌芽期の設定

1番草の出穂期予測には、計算の起点となる萌芽期の設定が必要である。ここでは、一般的なイネ科牧草の生育下限温度が約5℃であることから、日平均気温が冬季以降に初めて5℃以上となった期日を萌芽期とした。

④供試気象データ

現在の日平均気温データには、対象地点に気象官署がある場合はその年平均値を、無い場合は地点近傍のアメダス年平均値を用いた。

2030年代の気象データには、II章で整備したCCSRおよびCGCM1による日平均気温予測値を利用した。ただし、これらは約10km四方を平均化した面データであり、気象官署やアメダスのような点データとは空間スケールが異なるので直接比較ができない。そこで、対象地点とした各市町村の重心直近のメッシュについて、CCSRまたはCGCM1による2030年代予測値と現在の「メッシュ気候値2000」との差を求めた後、その差を対象地点の気象官署またはアメダスデータに加算し、これを当該地点の2030年代の値として用いた。

可照時間は各地点の緯度と暦日から求めた。

表V-1-1 気象要因との関係解析に用いた牧草収量データの概要（平均値±標準偏差）

地域 ¹⁾	草地 ²⁾	データ数	萌芽期	刈取日(月/日)			乾物収量(kg/10a)			
				1番草	2番草	3番草	1番草	2番草	3番草	年間合計
天北	TY単播	7	4/23±7	6/22±4	8/14±5	10/6±7	739±96	265±71	186±67	1191±150
	TY・RC混播	19	4/18±6	6/25±5	8/16±5	10/10±5	653±107	336±84	185±38	1175±172
根釧	TY単播	13	4/27±2	6/25±3	8/21±3	-	649±73	272±56	-	921±106
	TY・RC混播	53	4/25±4	6/28±5	8/22±4	-	686±106	349±66	-	1035±137

¹⁾天北は上川農試天北支場、根釧は根釧農試の定期作況圃場の1989～2009年のデータ。土壌は天北では台地褐色森林土、根釧は表層多腐植質黒ボク土。

²⁾TYはチモシー（ノサップまたはセンボク）、RCはアカローバ（ノハミドリ、ホクセキまたはサツポロ）。年間施肥量(N-P₂O₅-K₂O, kg/10a)は、天北では16-6-15(TY)または12-10-18(TY・RC)、根釧では17-8-17(TY)または10-12-22(TY・RC)。いずれの草地とも更新後2または3年目。天北のTYは2003～2009年、TY・RCは1990～2002年のデータ。根釧のTYは2003～2009年、TY・RCは1989～2006年のデータ

(3) 蒸発散量と水利用効率を利用した収量予測

結果および考察で後述するように、気象要素から収量を直接予測することは困難と判断された。一方、中辻³⁾は、気象要素の総合的指標として蒸発散量を用い、これに牧草の水利用効率を乗じて収量を推定し、実測値と概ね良好な対応をみている。

ここでは、まず既往のデータからチモシー草地の水利用効率を求め、次いで2030年代の気象データから求めた蒸発散量にこれを利用して将来の収量を推定した。

①対象地点

出穂期予測と同じ11地点とした。

②水利用効率の設定

方法(1)で用いた牧草収量データと、近傍のアメダスデータから中辻³⁾に従って求めた蒸発散量との関係を検討し、チモシー単播草地、およびチモシー・アカクローバ混播草地の水利用効率を付表V-1-1のように算出した。

水利用効率 ($\text{kg } 10\text{a}^{-1} \text{cm}^{-1}$) の平均値は、1番草が単播で44、混播で43、2番草が単播で17、混播で24であった。このように単播および混播草地で水利用効率に大差がなかったことから、本成績では単播と混播の区別なく、一律に、1番草の水利用効率は $40 \text{ kg } 10\text{a}^{-1} \text{cm}^{-1}$ 、2番草は $20 \text{ kg } 10\text{a}^{-1} \text{cm}^{-1}$ とすることとした。

③生育期間の設定

後述するが、温暖化によってチモシー草地の萌芽期や出穂期が変化するため、2030年代の各番草生育期間も現在とは異なったものとなる。ここでは、方法(2)による結果に基づき、現在および2030年代における対象地点の各番草生育期間を図V-1-1のように設定した。これによれば、2030年代の生育期は現在よりもおおむね10日早まるが、各番草の生育日数は紋別を除き現在と同様である。なお、設定の前提として、年間刈取り回数は2回とし、1番草は出穂期に、2番草は生育日数60日間で刈り取るものとした。

④蒸発散量の推定

蒸発散量は日平均気温と日射量を用いた以下の式で求めた³⁾。

$$ET = (0.0135 \times T + 0.24) \times R_s / L$$

ここで、ET: 蒸発散量 (cm d^{-1})、T: 日平均気温 ($^{\circ}\text{C}$)、 R_s : 日射量 ($\text{J cm}^{-2} \text{d}^{-1}$)、L: 蒸発潜熱 ($2499 - 2.5 \times T$, 単位: J cm^{-3}) である。

現在の気象データには、対象地点に気象官署がある場合はその平年値を、無い場合は地点近傍のアメダス平年値を用いた。また、アメダスで観測していない日射量は日照時間および対象地点の緯度等から推定した。

2030年代の気象データには、II章で整備したCCSRおよびCGCM1による日平均気温および日射量の予測値を利

用した。ただし、これらは約10 km四方を平均化した面データであり、気象官署やアメダスのような点データとは空間スケールが異なるので直接比較ができない。そこで、対象地点とした各市町村の重心直近のメッシュについて、CCSR または CGCM1 による 2030 年代予測値と現在の「メッシュ気候値2000」との差(日射量では比)を求めた後、その差を各市町村の気象官署またはアメダスデータに加算(比の場合は乗算)し、これを当該地点の2030年代の値として用いた。

地点	年代	4月			5月			6月			7月			8月		
		上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
八雲	現在				1st						2nd					
	2030年代															
名寄	現在															
	2030年代															
遠別	現在															
	2030年代															
稚内	現在															
	2030年代															
枝幸	現在															
	2030年代															
紋別	現在															
	2030年代															
訓子府	現在															
	2030年代															
浦河	現在															
	2030年代															
大樹	現在															
	2030年代															
釧路	現在															
	2030年代															
中標津	現在															
	2030年代															

図V-1-1 現在および2030年代におけるチモシー草地1, 2番草の生育期間の設定

1番草は出穂期、2番草は生育日数60日で刈取り。年2回刈り。早生品種を想定。

⑤収量の推定

上述の方法で現在および2030年代の1, 2番草生育期間の蒸発散量を旬ごとに求めた後、これに先の水利用効率を乗じ、それらを積算して各番草の収量を推定した。

ただし、本節で算出した水利用効率は、適切な肥培管理が行われた更新後2, 3年目の高収草地から得られた値であり、水分環境の影響を除けば、この値を用いて推定される収量はいわゆるポテンシャル収量に近いと考えられる。そこで以下では、収量の絶対値よりも、現在から2030年代への変化の傾向を中心に論ずることとする。

3) 結果および考察

(1) 気象要因と収量の関係解析

①1番草のCGRと気象要素との関係

1番草の平均CGRは全般に萌芽後11日目以降の平均気温と有意な正の相関を示すことが多く、天北と根釧を込みにすると、萌芽後11日目~40日目までの平均気温と最も強い相関を有した(表V-1-2)。降水量に関しては、負の相関を示すことが多く、根釧、天北ともに萌芽後11

表V-1-2 1番草の平均CGRと最も強い相関を示した各気象要素の算定期間とその相関係数

地域	気象要素	算定期間	相関係数
天北 (n = 26)	平均気温 (°C)	萌芽後11日目～40日目	0.662
根釧 (n = 66)		萌芽後11日目～60日目	0.513
天北+根釧 (n = 92)		萌芽後11日目～40日目	0.555
天北 (n = 26)	平均日降水量 (mm d ⁻¹)	萌芽後11日目～60日目	-0.454
根釧 (n = 66)		萌芽後11日目～60日目	-0.472
天北+根釧 (n = 92)		萌芽後11日目～60日目	-0.344

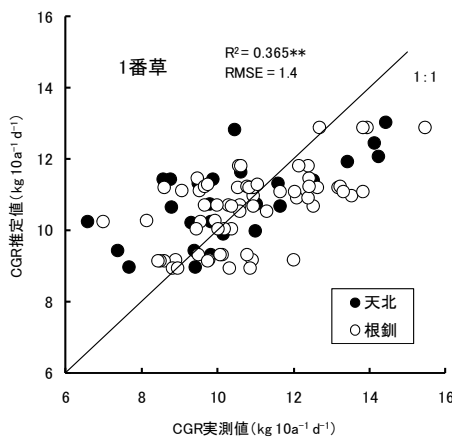
注)相関係数はいずれも1%水準で有意.

日目～60日目の降水量との関係が最も密接であった(表V-1-2)。一方、日射量とCGRとの間には有意な相関はほとんど認められなかった(データ省略)。

以上のように、1番草のCGRは平均気温とは正の、降水量とは負の相関を示す傾向にあった。そこで、CGRを目的変数、10日ごとに区切って算定した平均気温と降水量を説明変数とする重回帰分析(ステップワイズ法)を行い、いずれの期間の平均気温と降水量がCGRに最も強く影響するかを検討したところ、以下の重回帰式を得た(決定係数=0.365**).

$$CGR = 0.544 \times T_{11-40} - 0.345 \times P_{11-60} + 6.89$$

ここで、CGR:1番草の平均乾物生産速度(kg 10a⁻¹ d⁻¹)、T₁₁₋₄₀:萌芽後11日目～40日目までの平均気温(°C)、P₁₁₋₆₀:萌芽後11日目～60日目までの平均日降水量(mm d⁻¹)。



図V-1-2 気象要素を説明変数とした重回帰式による1番草CGRの推定値と実測値との関係

重回帰式は以下の通り。CGR=0.544×T₁₁₋₄₀-0.345×P₁₁₋₆₀+6.89。ここで、CGR:1番草の平均乾物生産速度(kg 10a⁻¹ d⁻¹)、T₁₁₋₄₀:萌芽後11日目～40日目までの平均気温(°C)、P₁₁₋₆₀:萌芽後11日目～60日目までの平均日降水量(mm d⁻¹)。

説明変数として選択された期間は、平均気温、降水量ともに、CGRと最も強い単相関を示した期間と合致した(表V-1-2)。各説明変数のCGRに対する偏相関係数はT₁₁₋₄₀が0.507、P₁₁₋₆₀が-0.470とともに1%水準で有意であったが、得られた重回帰式の決定係数は0.365と小さく、CGR推定値と実測値も良い対応を示さなかった(図V-1-2)ことから、本式による1番草収量の推定は困難と考えられた。

②2番草のCGRと気象要素との関係

2番草の平均CGRは、いずれの気象要素との間にも1番草ほどの強い相関を示さず、平均気温に対して、根釧で0.24～0.39、両地域込みで0.22～0.26程度の相関係数を有する程度であった。

また、日射量および降水量とCGRの間には有意な相関はほとんど認められなかった。このため、2番草収量を気象要素から直接的に推定するのは困難と判断した。

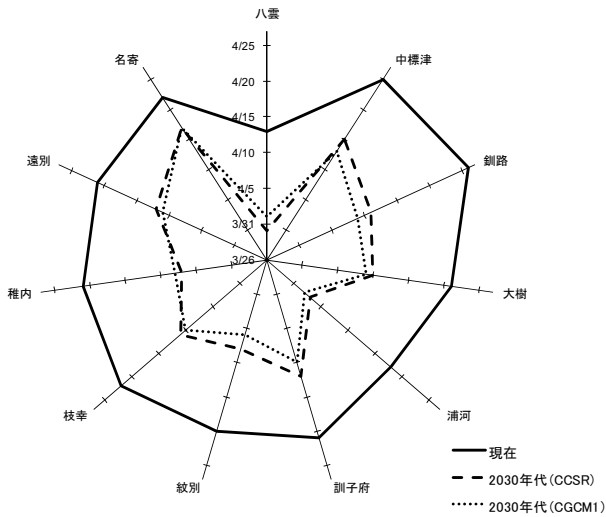
(2) DVR法による1番草出穂期の予測

①萌芽期の変化

2030年代のチモシー1番草の萌芽期は、CCSRおよびCGCM1のいずれの場合でも、すべての地点で現在より5～17日(平均12日)早まると推定された(図V-1-3)。地域的には、名寄や訓子府のような内陸部よりも、釧路や浦河のような沿岸部の方が前進程度はやや大きい傾向にあった。

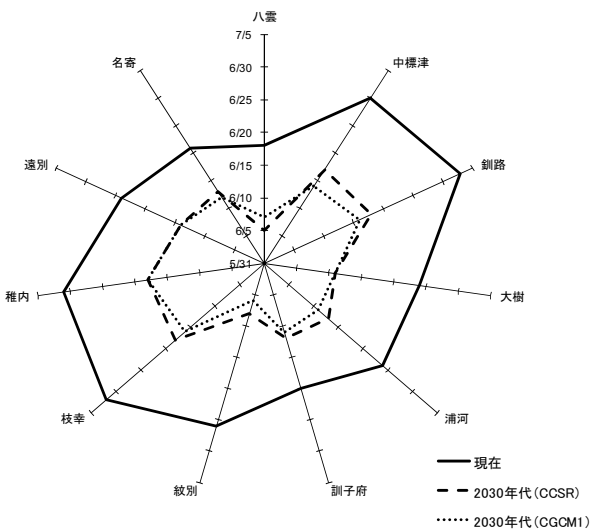
②出穂期および1番草生育日数の変化

2030年代のチモシー1番草の出穂期は、萌芽期と同様、すべての地点で現在よりも8～20日(平均13日)早まると見込まれた。特に、枝幸、紋別、釧路、中標津での出穂期は現在よりも2週以上前進し、現在のオーチャードグラス(早生または中生)の出穂期に該当する6月上旬～6月中旬にまで早まると推定された(図V-1-4)。



図V-1-3 温暖化に伴うチモシー1番草萌芽期の変化

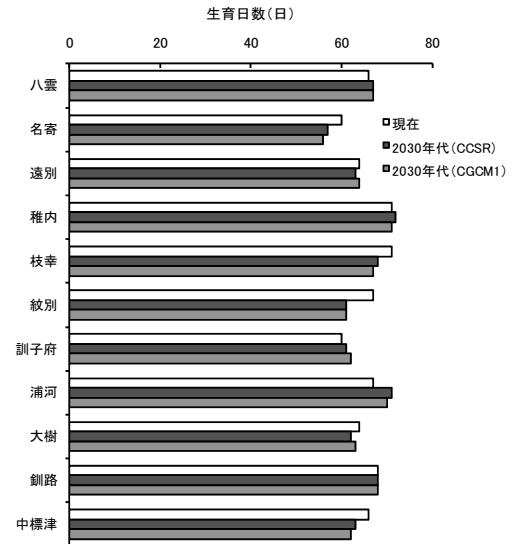
早生品種「センボク」の場合。軸の単位は月/日。



図V-1-4 温暖化に伴うチモシー1番草出穂期の変化

早生品種「センボク」の場合。軸の単位は月/日。

1番草の刈り取り時期を一般的な出穂期とすると、2030年代のチモシー1番草の生育日数（萌芽期から出穂期まで）は、現在より短くなる地点が5ヶ所（名寄-4日、枝幸-4日、紋別-6日、大樹-2日、中標津-4日）、長くなる地点が3ヶ所（八雲+1日、訓子府+2日、浦河+4日）、ほぼ変わらない地点が3ヶ所（遠別、稚内、釧路）であった（図V-1-5）。全地点平均の生育日数は65日で、現在の66日とほとんど変わりがなく、温暖化により1番草の生育期は現在よりも早まるが、一部の地域を除き、萌芽期から出穂期までの生育日数には大きな変化はないものと推察された。



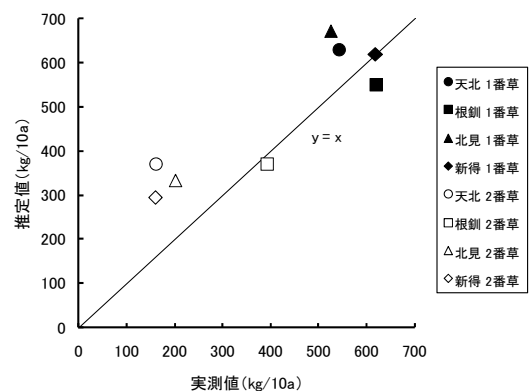
図V-1-5 温暖化に伴うチモシー1番草生育日数（萌芽期から出穂期まで）の変化

早生品種「センボク」の場合。

(3) 蒸発散量と水利用効率を利用した収量予測

はじめに、ここで用いた収量推定手法の妥当性を検証するため、上川農試天北支場、根釧農試、北見農試、畜試の各定期作況圃場における2010年のチモシー収量実測値と本法による推定値との関係を図V-1-6に示す。2番草収量の推定値は実測値よりやや過大となる傾向にあったが、年間収量の大半を占める1番草については両者の対応は概ね良好で、両者間のRMSエラーは119 kg/10aであった。

以上のことから、本手法はチモシー収量の予測法として有効であると判断し、以下の検討を進めた。



図V-1-6 チモシー乾物収量の実測値と推定値との関係（2010年）

実測値は上川農試天北支場、根釧農試、北見農試、畜試の各定期作況圃場における2010年のデータ。

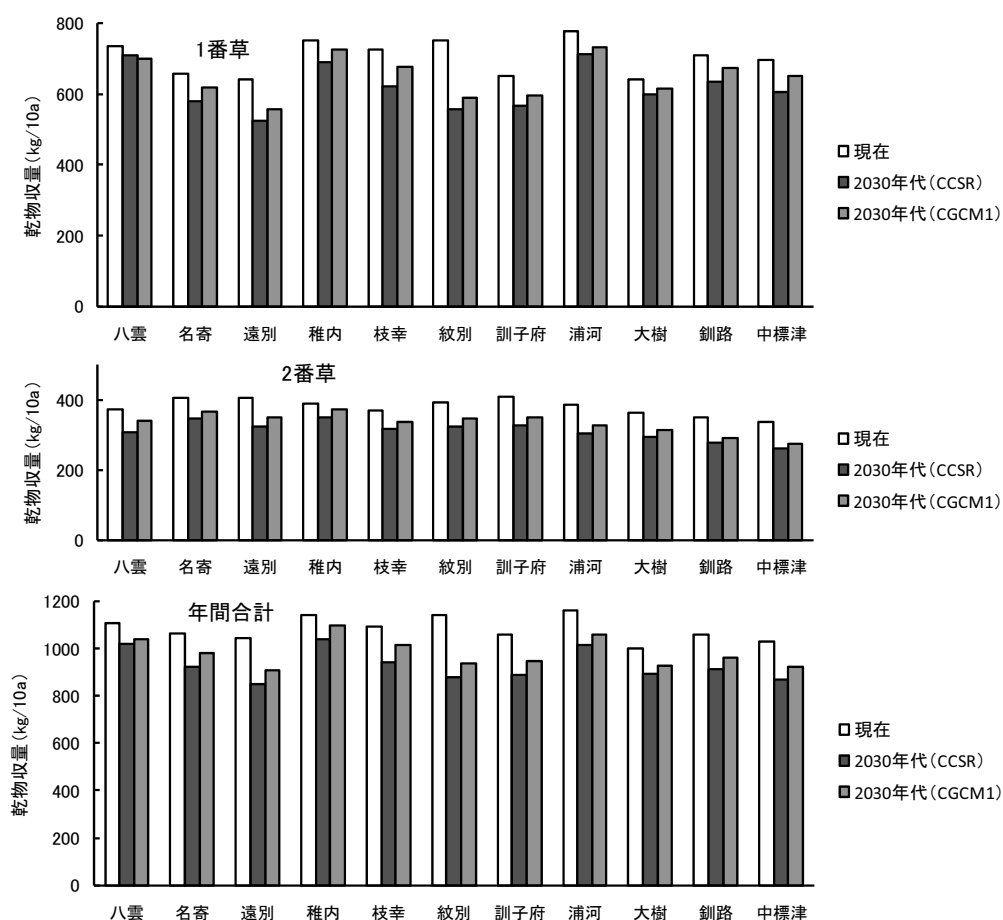
2030年代のチモシー1番草収量は、すべての地点で現在(640~780 kg/10a)から4~26%低下し、530~730 kg/10a程度に減少すると予測された(図V-1-7)。地点別にみると、紋別での減少が著しかったが、これはこの地点のみ2030年代の1番草生育日数が現在よりも短縮されることが影響している。2番草収量は、絶対値は小さいものの、1番草と同様にすべての地点で現在よりも8~22%減少すると見込まれる。このような1,2番草の動向を反映し、2030年代の年間合計収量は現在(1000~1160kg/10a)の8~9割程度にとどまるものと推定された。なお、収量レベルに及ぼす気象シナリオの影響をみると、夏季の昇温程度が高いCGCM1の方がCCSRよりもやや多収傾向にある。

気温が上昇し、かつ生育日数が現在と同様な2030年代のチモシー収量が現在よりも減少することには、主要生育期間である5~8月の日射量が現在比0.8~0.9と少なく見込まれている(図II-1, 2)ことが影響していると考えられる。すなわち、気温の上昇よりも日射量の減少が蒸発散量の低下に強く寄与し、ひいてはチモシー収量の減少をもたらしているとみられる。

そこで、2030年代には平均気温のみが変化し日射量は現在と同じとした場合の収量推定値を図V-1-8に示す。1番草収量は、生育期間が現在より短い紋別を除けば、現在とほとんど変わらない地点が7ヶ所(八雲, 遠別, 稚内, 枝幸, 訓子府, 浦河, 大樹), 増加する地点が3ヶ所(名寄, 釧路, 中標津)であった。2番草は生育日数を一律60日間と設定しているため、2030年代の気温上昇に伴い、やや増収する傾向が認められる。年間合計収量は、紋別と浦河を除き、いずれの地点でも増加したが、増加程度は1~7%であり、大幅な増収は期待できないと予測された。

ただし、このような収量に対する日射量の寄与は、チモシー生育と日射量との相関は判然としないとする本節第2項の結果と矛盾する面が残されている。したがって、本節での収量推定結果は参考程度にとどめておく必要がある。

なお、本成績では、凍害や雪腐病害による「冬枯れ」や夏期間の高温で生育が停滞する「夏枯れ」の影響などは考慮しておらず、今後の検討が待たれる。



図V-1-7 温暖化が道内各地のチモシー草地の収量に及ぼす影響(その1)

気象データ(CCSR, CGCM1)については第II章を参照。1番草は出穂期, 2番草は生育日数60日で刈取り。年2回刈り。早生品種を想定。

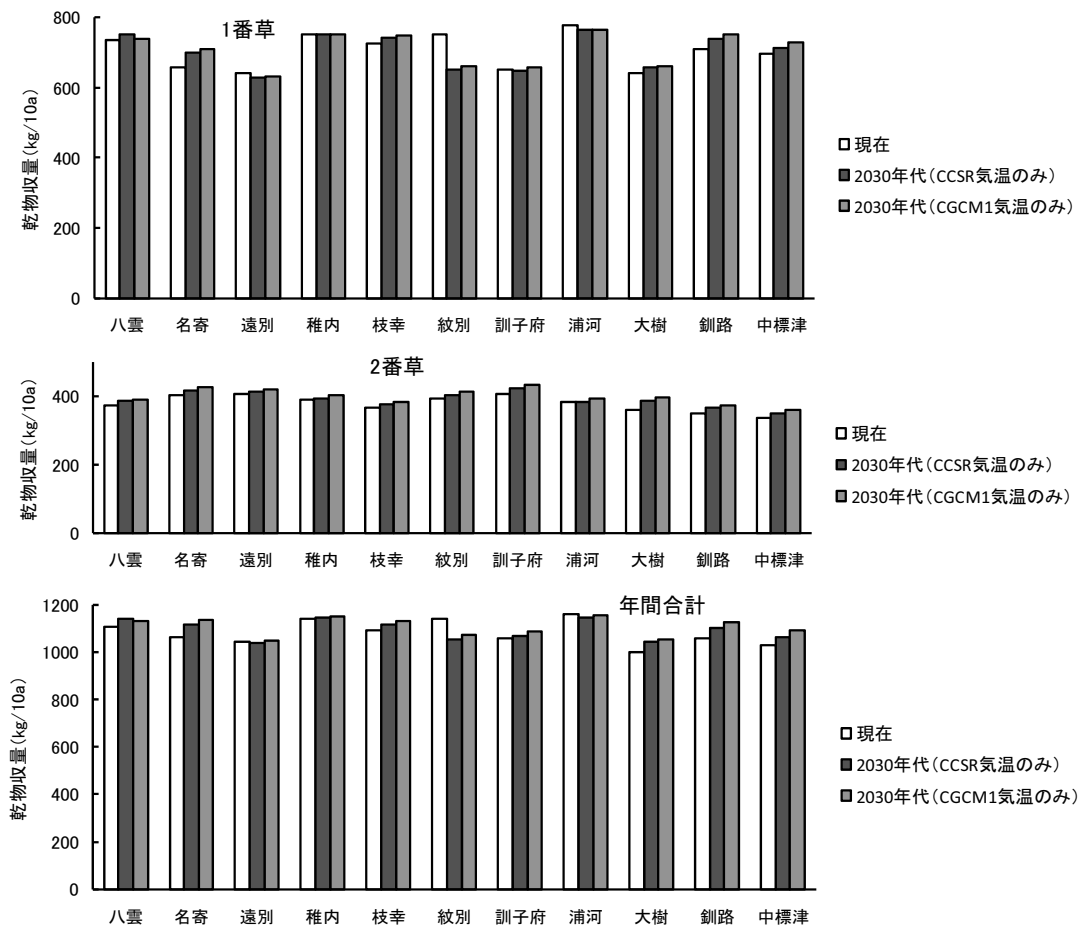


図 V-1-8 温暖化が道内各地のチモシー草地の収量に及ぼす影響 (その 2)

気象データ (CCSR, CGCM1) については第 II 章を参照。ただし、2030 年代には平均気温のみが変化し、日射量は現在と同じとした場合。1 番草は出穂期、2 番草は生育日数 60 日で刈取り。年 2 回刈り。早生品種を想定。

4) 2030 年代の予測に基づく技術的対応方向

これまで述べてきた 2030 年代の予測に基づき、将来想定される問題点と技術的対応方向を以下に考察する。

(1) 晩生品種の導入による収量確保

2030 年代のチモシー 1 番草の出穂期は、予測対象とした道内の牧草栽培地域のすべてにおいて現在よりも平均 13 日ほど早まると推定された。このため 2 番草の生育日数を栄養価を考慮して一律 60 日とした場合、2 番草の刈り取りは遅くとも 8 月中旬までに行われるため、条件によっては、年間刈り取り回数を 3 回に増やせる地域が出現することとなる。

一方、2030 年代のチモシー草地の年間収量は、気温上昇にも関わらず生育期間の日射量の減少によって現在の 8~9 割程度に減少、もしくは気温上昇の影響のみを考慮した条件でも大幅な増収は見込めない可能性が示唆された。

したがって、将来の飼料自給率を少なくとも現在並に維持するには、刈り取り回数の増加による草量確保が一つの方法として挙げられる。しかし、栄養価や嗜好性が

1 番草より劣るとの理由で 2 番草の積極的な利用が進んでいない実態⁴⁾や、秋期に生育する 3 番草は一般に低収であることを考慮すると、刈り取り回数の増加による対応は労力とコストの兼ね合いから現実には困難と思われる。

この場合、現状の 2 回刈りを維持しつつ収量を確保する方法として、チモシー晩生品種の利用が考えられる。一般に、晩生品種は生育適温下での生育期間が長く、早生品種よりも多収を示す⁵⁾ため、収量の確保に有効である。ただし、出穂期の乾物消化率が早生品種より低いという指摘⁶⁾もあることから、晩生品種の導入にあたっては適期収穫の遵守が前提となる。

出穂期の異なる複数品種の導入は、刈り取り適期幅の拡大を通じて草地生産性の向上をもたらすことは周知の事実である。現状の道内チモシー草地は早生品種が 8 割を占めている⁷⁾が、将来の温暖化に向けて早生品種偏重の実態を再考していくとともに、晩生品種の積極的な導入を促すため、成分育種による品質向上を図っていく必要がある。

(2) 草地の基盤整備

本成績で用いた 2030 年代の気象予測値では、5～7 月にかけて現在の 1.4～1.8 倍の降水量が見込まれている。このため、草地の冠水や長期にわたる表面滞水が生じないよう、暗きょ・明きょ整備などの排水改良を主体とした基盤整備が現在以上に重要となろう。実際、7 月上旬～8 月上旬に多量の降雨が続いた 1999 年には、道北地域の泥炭草地において、大雨後の長期表面滞水を原因とする再生障害により、135 ha が草地更新を余儀なくされた事例が報告されている⁸⁾。また、このような排水改良は、6～7 月にかけて行われる大型機械による 1 番草の収穫作業や飼料調整を適期に短期間で完了するためにも重要である。

一方、増大する降雨を土壤に効率よく貯留できれば、気温上昇で増加する蒸発散をまかなう貴重な水供給源となる。将来の昇温程度や降水量の多寡にもよるが、道北の重粘土草地では温暖化に伴い低水分ストレスの発生頻度が高まるとの報告³⁾もあることから、土壤の保水性を高め、降雨を効率的に貯留できるようにすることが重要である。草地土壤の保水性改善には、堆肥の施用⁹⁾やそれと深耕との組み合わせ¹⁰⁾が有効とされている。特に保水性に乏しい土壤が広く分布する道北地域においては、数少ない更新時を土壤改良の貴重な機会ととらえ、保水性改善策の積極的な導入が求められる。

(3) 病害虫への対応

各種病害は一般に高温、多雨条件で発生拡大が懸念される。「北海道農業における地球温暖化への技術的対応方向」によると、牧草では現在、各種のかび毒産生病害（麦角病、黒かび病）が散発しているに過ぎないが、2030 年代の高温・多雨条件では、これら病害の発生拡大が懸念されている。また、虫害に関しては、アワヨトウの飛来頻度が高まり、被害が頻発する可能性が指摘されている。

このような病虫害に対しては、被害程度に応じた防除対策の適期実施が基本となるが、各種病害抵抗性品種の育成など、品種開発による長期的な取り組みも必要となろう。

5) まとめ

(1) 道内の主要牧草栽培地域 11 市町村を対象に、2030 年代のチモシー草地（早生）の生育・収量を以下のように予測した。

(2) 1 番草の生育期は、現在より萌芽期が 5～17 日（平

均 12 日）、出穂期が 8～20 日（平均 13 日）早まると見込まれ、出穂期は現在のオーチャードグラス（早生または中生）並となる。1 番草の生育日数には大きな変化はない。

(3) 年間収量は、気温上昇にも関わらず生育期間の日射量の減少によって現在の 8～9 割程度にとどまる。気温上昇の影響のみを考慮した場合は、現在と同等かわずかに増収する。

(4) 2030 年代の技術的対応として以下の取り組みが想定される。①晩生品種の利用を中心とした熟期の異なる複数品種の導入による収量確保と成分育種による品質・栄養価の維持（2 回刈りを前提として）、②多雨に備えた草地の排水性改良と保水性改善、③病害虫の発生程度に応じた防除対策の実施と各種病害抵抗性品種の育成。

6) 引用文献

- 1) 堀江武ら。”イネの発育過程のモデル化と予測に関する研究(1)”. 日作紀. 55 (別 1), 214-215 (1986).
- 2) 三枝俊哉ら.”北海道根釧地方における 2 次元ノンパラメトリック DVR 法によるチモシー 1 番草の出穂期予測メッシュ図”. 日草誌. 40, 171-178 (1994).
- 3) 中辻敏朗.”北海道北部重粘土草地の牧草生産性に対する低水分ストレスの影響評価に関する研究”. 道立農試報告. 119, 1-53 (2008).
- 4) 北海道農政部.”天北地方における 2 番草の利用・飼料成分等の実態からみた問題点とその改善策”. 平成 21 年普及奨励ならびに指導参考事項. 2009. p. 132-133.
- 5) 木曾誠二ら.”北海道根釧地方における出穂期の異なるチモシー 3 品種の生育経過と窒素施肥反応”. 日草誌. 38, 251-258 (1992).
- 6) 大原益博ら.”数種寒地型牧草の 1 番草の生育に伴う in vitro 乾物消化率, 粗蛋白質含量および収量の推移”. 日草誌. 29, 161-168 (1983).
- 7) 北海道農政部.”北海道の採草地における牧草生産の現状と課題”. 平成 12 年普及奨励ならびに指導参考事項. 2000. p. 162-167.
- 8) 中央農試他.”異常高温・多雨等が農畜産物に及ぼす影響と今後の対策”. 道立農試資料. 31, 1-167 (2000).
- 9) 三木直倫・高尾欽弥.”草地地帯における細密土壌区分図の作成とその利用”. ペドロジスト. 31, 2-13 (1987).
- 10) 三木直倫ら.”天北地方鉾質重粘土草地の水分供給からみた収量規制要因とその改善策”. 土肥誌. 61, 526-530 (1990).

(中辻 敏朗)