

## 地球温暖化が牧草の地帯区分と生産量に及ぼす影響

著者	佐々木 寛幸, 神山 和則, 須山 哲男, 福山 正隆
雑誌名	畜産草地研究所研究報告
巻	4
ページ	39-47
発行年	2003-12-19
URL	<a href="http://doi.org/10.24514/00002024">http://doi.org/10.24514/00002024</a>

doi: 10.24514/00002024

## 地球温暖化が牧草の地帯区分と生産量に及ぼす影響

佐々木寛幸・神山和則・須山哲男<sup>1)</sup>・福山正隆<sup>2)</sup>

草地生態部

<sup>1)</sup> 北海道農業研究センター

<sup>2)</sup> 九州大学大学院農学研究院

### 要 約

地球温暖化の原因となる大気中の二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）濃度は、近年著しく上昇している。わが国においても、地球の温暖化に伴い、牧草の生育適地が変化し、それに伴い寒地型牧草と暖地型牧草の適地帯区分の変更が予想される。そこで、気象条件とCO<sub>2</sub>濃度による牧草の栽培適地に基づき、100年後のわが国の永年牧草地の地帯区分と生産量の変動を予測した。

まず、温暖化でどの程度気象要因が変動するか、分布図を用いて検討した。その結果、北方ほど気温の上昇が大きく、北海道の多くの部分では、年平均気温の上昇は4.5℃以上、比較的増加の少ない九州南部でも年平均気温が3.5℃程度上昇した。

次に、現在と100年後における寒地型牧草と暖地型牧草の栽培適地区分図から、寒地型牧草地帯、暖地型牧草地帯、両者とも栽培困難な夏枯れ地帯の3分類による地帯区分図を作成した。現在の地帯区分を100年後に推定される地帯区分と比較すると、現在北海道から四国、九州地方にまで広く分布している寒地型牧草地帯は北海道と東北地方を中心とする地帯に範囲が縮小する。また中部地方では高標高地帯に限定される。関東、中部低標高地、近畿に広がる夏枯れ地帯は、100年後には東北地方の内陸部に北上する。関東以西の沿岸部に広がる暖地型牧草地帯は、現在の夏枯れ地帯を覆い尽くすだけでなく、東北地方の沿岸部にまで拡大する。

現在の牧草地の多くは、北海道、東北から関東にかけての太平洋側、中国山地、九州に多く分布しており、北陸、近畿、四国地方には少ないので、地帯区分図だけでは生産量の推定はできない。そのため、現在分布する牧草地が100年後も利用されると仮定し、生産量の変動を都道府県別に集計した。現在の寒地型牧草地帯のほとんどが北海道に分布しているため、100年後には寒地型牧草地帯のほとんどで増収となる。都府県の寒地型牧草地帯45,795 haの多くは現在東北地方に分布しているが、そのうち63%で増収、16%が夏枯れ地帯、21%が暖地型牧草地帯となる。現在の夏枯れ地帯のほとんどは関東地方に分布しているが、100年後には東北地方に多く分布するようになり、面積では現在の夏枯れ地帯の面積の1.5倍以上に拡大する。乾物生産量を日本全国で見ると、寒地型牧草で1.4倍、暖地型牧草で4.6倍、両者を合わせた牧草全体では1.5倍に増加する。

キーワード：地球温暖化、地帯区分、寒地型牧草、暖地型牧草、生産量

### 緒 言

地球温暖化の原因となる温室効果ガスの1つとして知られる大気中の二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）濃度は近年著しく上昇し、2000年には368 ppmとなり、現状のCO<sub>2</sub>排出を

続けていると2100年には540～970 ppmに達すると予想されている<sup>3)</sup>。わが国においては、地球の温暖化にともない、寒地型牧草の適応地域が減少する等、各飼料作物の生育適地が変動することが予想され、適草種の変更のための検討を早急に開始しなければならない<sup>1,2)</sup>。

このためには、各飼料作物の生育適地を予測し、温暖化に対応した適切な草種選定をはかる必要がある。これ

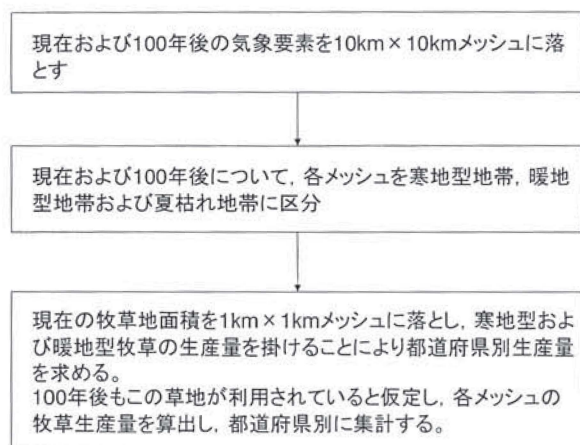


図1. 解析の流れ

まで CO<sub>2</sub> 濃度の上昇が植物に及ぼす影響については、C<sub>3</sub> 植物では CO<sub>2</sub> 濃度の上昇は生産力を増大させる等<sup>14)</sup> 大きな影響があるとされ、多くの研究がなされてきた<sup>2,6,8-10)</sup> が、C<sub>4</sub> 植物では一般的には大きな影響はない<sup>4)</sup> とされ、詳細な研究は一部の草種に限られている<sup>1,7)</sup>。また、わが国の飼料基盤の主要な C<sub>3</sub> 植物である寒地型牧草には、夏の高温による生育遅延、いわゆる夏枯れが生じるため、これまで栽培可能であった地帯でも温暖化に伴ない牧草地としての維持が困難になる可能性がある。いずれにしても、飼料作物に対する影響評価の研究事例は少ないのが現状である。

これまで、わが国の草地の主要牧草種に関して、C<sub>3</sub> 植物である寒地型牧草についてはオーチャードグラス、トールフェスク、ペレニアルライグラス<sup>11)</sup>、C<sub>4</sub> 植物である暖地型牧草についてはバヒアグラス<sup>12)</sup> を取り上げ、栽培適地図を 2 次メッシュ単位で作成し、地球温暖化に伴う栽培適地と生産量の変動が予測されている。本報では、1) 夏の暑さのため永年性寒地型牧草が栽培できない、いわゆる夏枯れ地帯での牧草栽培が、永年性暖地型牧草の栽培によってどの程度補えるのか、2) またこれらの地帯区分の温暖化による変動と、牧草地の実面積に基づく生産量の変動の把握を目的として解析を行った。解析の流れを図 1 に示した。

## 材料および方法

### 1. 温暖化による気象要素の変動

まず、牧草生産に関連するわが国の気象要素の地球温暖化による変動を把握した。気象要素として年平均気温、年降水量、年積算日射量を取り上げ、1996 年現在の値と 100 年後に予想される値を全国のメッシュ分布図により比較した。気象データは、気象庁による「地球温暖

化予測情報」に基づき農業環境技術研究所が作成した「局地気候シナリオ」を使用した。このデータは日本全土をカバーする 2 次メッシュ (約 10km×10km) ごとの気候値が現在から 100 年後までの 10 年ごとに作成されているが、本報では温暖化時の値として 100 年後のものを用いた。年平均気温については現在の値との差を算出し、年降水量と年積算日射量については比を算出した。

### 2. 地帯区分の変動

地帯区分図は、トールフェスクの生産区分図<sup>11)</sup> と、バヒアグラスの生産区分図<sup>12)</sup> を重ね合わせるにより作成した。すなわち、寒地型牧草の中で比較的耐暑性の高いトールフェスクが栽培可能であれば寒地型牧草地帯、残りの部分の中でバヒアグラスが栽培可能な領域を暖地型牧草地帯、いずれの地帯区分にも含まれない部分を夏枯れ地帯とした。こうして作成された現在と 100 年後の地帯区分図を比較することにより、温暖化にともなう地帯区分の変動を検討した。

なお、作成するための元のデータとなったメッシュ気候データは、2 次メッシュレベルでの区分図としたが、海岸線や島嶼部は 1 つの 2 次メッシュ中に陸地が占める割合がわずかであっても 1 メッシュとしてカウントされ、そのまま図化すると過大表示されてしまうため、3 次メッシュ (約 1km×1km) のレベルで表示するように修正した。

### 3. 現在の牧草地の 100 年後の動向

まず、現在の牧草地が地域的に偏在しているかどうかを確認するために、農林センサス (1980 年) の 3 次メッシュデータ (約 1km×1km) を用いて、各メッシュ中の牧草専用面積が 0 より大きい値となるメッシュを図化した。

次に、現在の気候値と 100 年後の気候値から、オーチャードグラス、トールフェスク、バヒアグラスの栽培の適不適と年間生産量を 3 次メッシュ毎に算出し、各メッシュに存在している牧草地が現在属する地帯区分と 100 年後に属する地帯区分を求めた。3 次メッシュデータ毎の牧草地面積を都道府県毎に集計し、温暖化による地帯区分と面積の変動を検討した。

さらに、当該メッシュの地帯区分に対し、気象条件と牧草地面積に応じた年間乾物生産量を算出し、都道府県別に集計することにより、各都道府県の寒地型牧草と暖地型牧草の生産量を算出した。寒地型牧草の生産量を算出するにあたっては、オーチャードグラスが栽培可能な場合にはオーチャードグラスの生産量を、オーチャードグラスが栽培できなくてもトールフェスクが栽培可能で

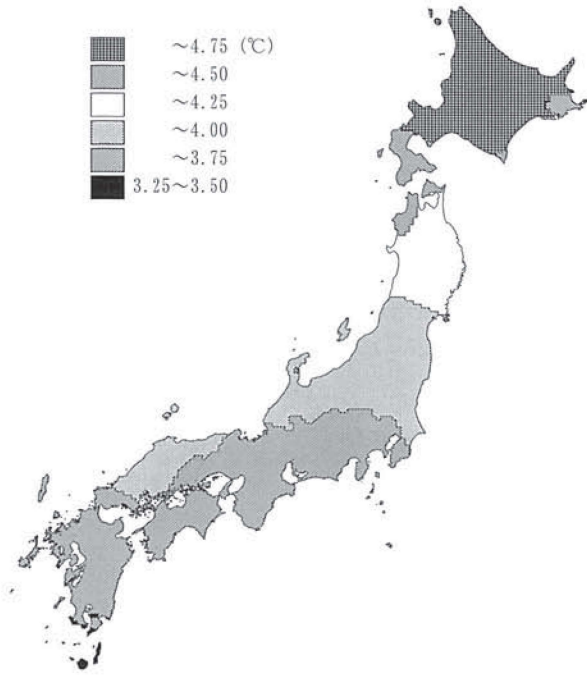


図2. 温暖化による年平均気温の増加分 (°C)

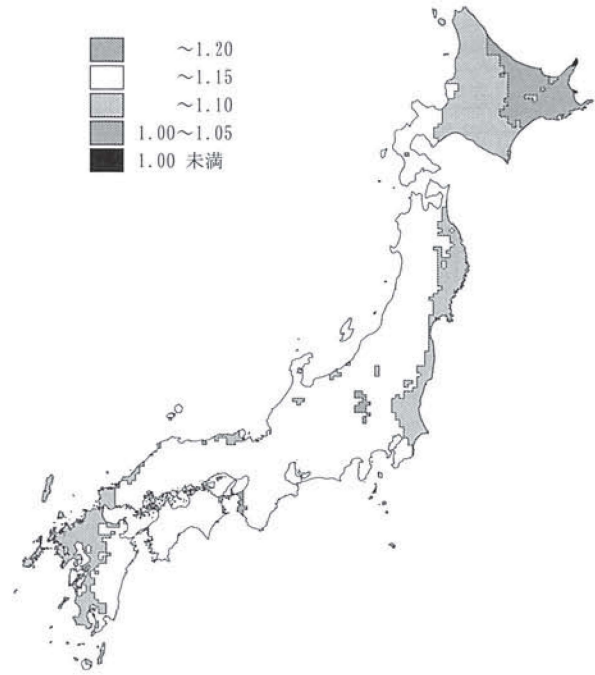


図3. 温暖化時の年降水量の現在値に対する割合

あればトールフェスクの生産量を、そのメッシュの寒地型牧草の生産量とした。以上を現在と100年後の値で行い、これを比較することにより、現在と100年後の牧草生産量を地域別に検討した。

なお、沖縄県に関しては、日射量のデータが得られなかったため、検討から除外した。

## 結 果

### 1. 温暖化による気象要素の変動

牧草生産に影響のある気象要素の変動について作図した結果、いずれの気象要素でも地域差があった。年平均気温の差(図2)に関しては、北海道の多くの部分で温暖化により年平均気温が4.5°C以上上昇し、比較的増加の少ない九州南部でも3.5°C程度上昇した。

同様に降水量の比(図3)では0.98~1.16倍となったが、2次メッシュ中で1未満となったのは全4,514メッシュ中北海道東部の4メッシュだけで、その他の地域では降水量が増加する傾向にあった。日射量の比では、1.03~1.07倍であり、現状と比較するとやや高かった。地域的な特徴としては、北海道と九州の南部で上昇率が高く、本州中央部では低い傾向があった(図4)。

### 2. 地帯区分の変動

寒地型牧草地帯、暖地型牧草地帯、夏枯れ地帯によって構成される、現在の地帯区分図を図5に示した。わが国の牧草地における現在の基幹草種は寒地型牧草であ

り、暖地型牧草地帯は関東以西の沿岸地域に限られ、夏枯れ地帯は関東以西の内陸部に広がっている。

図6に示した100年後の地帯区分図と図5を比較した結果、以下のことが明らかになった。現在北海道から四国、九州地方にまで広く分布している寒地型牧草地帯は、100年後には北海道と東北地方を中心とする地帯に範囲が縮小し、中部地方では高標高地帯に限定される。現在関東、中部低標高地、近畿に広がる夏枯れ地帯は、100年後には東北地方から中部地方にかけての内陸部に北上する。現在関東以西の沿岸部に存在する暖地型牧草地帯は、100年後には現在の夏枯れ地帯を覆い尽くすだけでなく、東北地方の沿岸部にまで拡大する。

2次メッシュ数の変化としては、全国4,695メッシュ中、現在の地帯区分では寒地型牧草地帯3,106メッシュ、夏枯れ地帯451メッシュ、暖地型牧草地帯1,138メッシュであるが、100年後には、寒地型牧草地帯1,903メッシュ、夏枯れ地帯281メッシュ、暖地型牧草地帯2,511メッシュとなり、牧草生産の上で最も問題となる夏枯れ地帯のメッシュ数は減少する。現在の夏枯れ地帯には大都市が多く存在し、牧草地が少ない可能性が高いことから、次に現実の牧草地の分布面積に基づいて、現在の牧草地の地帯区分がどのように変化するかを検討した。

### 3. 現在の牧草地の100年後の動向

わが国における現在の牧草地の分布を図7に示した。この図から、都市の中心部に牧草地は分布していないこ

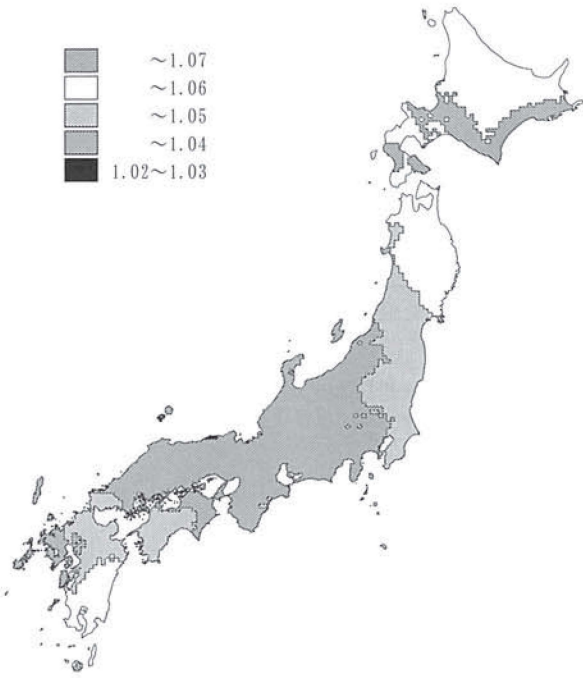


図4. 温暖化時の年間積算日射量の現在値に対する割合

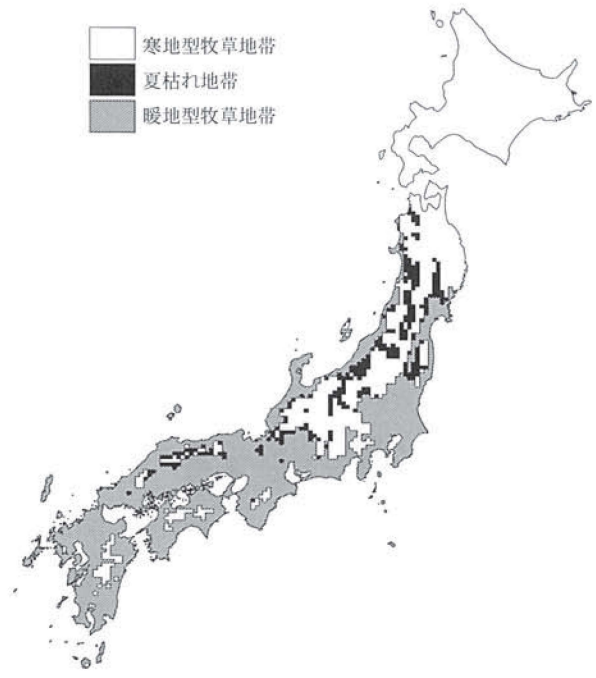


図6. 100年後の牧草生産区分  
(屋久島以南は暖地型牧草地帯)

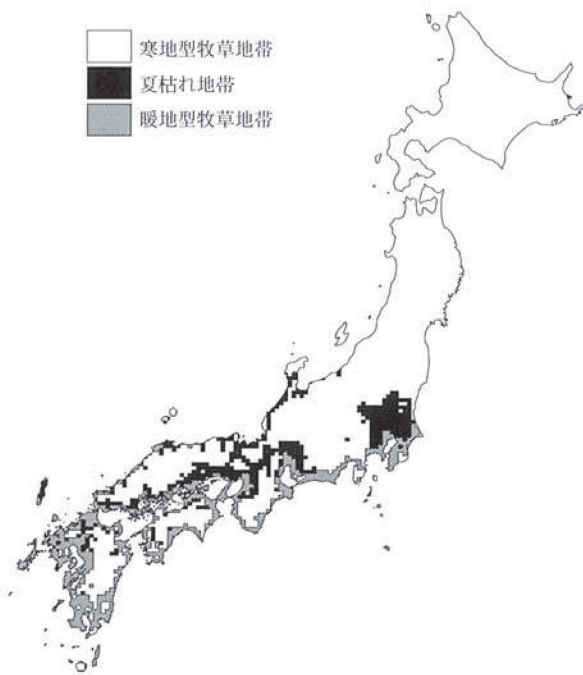


図5. 現在の牧草生産区分  
(屋久島以南は暖地型牧草地帯)



図7. 現在の牧草地分布

とは明らかであるが、牧草地は平野部、山間部を問わずわが国のさまざまな地形条件で分布し、都市近郊部にも多く存在する。しかし、地域的には偏在しており、牧草地の多くは、北海道、東北から関東にかけての太平洋側と、中国山地、九州に多く分布しており、北陸、近畿、

四国地方には少ない。この図を図5および図6と比較すると、現在の夏枯れ地帯は関東地方を除くと都市部に多いが、100年後の夏枯れ地帯は現在の寒地型牧草地帯であり、多くの牧草地が存在していることがわかる。

温暖化による牧草生産量の変動を明らかにするため

に、都道府県別に各地帯区分に属する牧草地の面積と生産量の変動を集計した(表1)。この表の左側には、現在の3区分が100年後にどの区分に属するようになるかを分類し、それぞれの項目毎に牧草地面積で示した。表中の増収とは、年間乾物生産量が1割以上増加することを示す。また右側には、牧草生産量の変化が、寒地型牧草、暖地型牧草の別で示した。

表中の面積変化の数値から以下のことがわかる。現在の寒地型牧草地帯の89%が北海道に分布しており、ここではすべての牧草地で増収となるため、全国レベルで見ても100年後には現在の寒地型牧草地帯の96%で増収となる。都府県の寒地型牧草地帯45,795 haの多くは現在東北地方に分布しているが、そのうち63%で増収、16%が夏枯れ地帯、21%が暖地型牧草地帯となる。

現在の夏枯れ地帯のほとんどは関東地方に分布しているが、100年後にはすべての夏枯れ地帯が暖地型牧草地帯となる。また、100年後の夏枯れ地帯の多くは東北地方に分布するようになり、100年後の夏枯れ地帯の牧草地面積は現在の夏枯れ地帯の牧草地面積の1.5倍以上に拡大する。さらに、現在の暖地型牧草地帯の58%が九州地方に分布しているが、100年後には北海道以外のすべての都府県に分布するようになり、現在の暖地型牧草地帯のすべての牧草地では、温暖化により増収となる。

基本的に、温暖化によってもその地帯区分が変動しなければ寒地型牧草地帯では大幅に増収となり、暖地型牧草も増収となるため、ほとんどの都道府県で増収となる。しかし、現在の寒地型地帯のかなりの面積が夏枯れ地帯となる県では、暖地型牧草の増加分を含めても、牧草全体の生産量が減少する。乾物生産量をわが国全体で合計すると、温暖化により寒地型牧草では1.4倍、暖地型牧草では4.6倍、両者を合わせた牧草全体では1.5倍の生産量となる。

## 考 察

### 1. 温暖化による気象要素の変動

気候シナリオによれば、温暖化により北海道で年平均気温が4.5℃程度上昇し、比較的増加の少ない九州南部でも3.5℃上昇する。1971年から2000年の間の30年間の年平均気温の平均値(平年値)は、札幌8.5℃、仙台12.1℃、東京15.9℃、大阪16.5℃、広島16.1℃、福岡16.6℃、鹿児島18.3℃、那覇22.7℃であり<sup>16)</sup>、単純に計算すると札幌が現在の仙台の気温に、仙台は現在の広島の気温に、東京は鹿児島よりも暑くなることになる。以上のことから、年平均気温の上昇が3.5~4.5℃という値は

かなり大きいといえる。

降水量に関しては、もともと降水量の多いわが国の植生帯は温度条件によって規定され、放置すれば木本に遷移する。したがって、降水量が大きく減少しなければ、牧草の生育は制限されない。温暖化により予想される降水量の変動幅は、生育に影響を及ぼす範囲にはないと考えられる。日射量に関しては、上限があるものの、現状では日射量が多ければそれだけ生産量も増加する。このため、わずかではあるが全国的に日射量が増加すれば、その分生産量も増加すると予想される。

### 2. 地帯区分の変動

地帯区分の変動に関しては図5と6を比較すれば明らかであるが、各地帯区分間の境界が北上する。2次メッシュ数の割合でみると、現在は寒地型牧草地帯66%、夏枯れ地帯10%、暖地型牧草地帯24%であるが、100年後には、寒地型牧草地帯41%(現在の0.61倍)、夏枯れ地帯6%(現在の0.62倍)、暖地型牧草地帯53%(現在の2.21倍)となり、わが国の過半数の領域が暖地型牧草地帯となる。

夏枯れ地帯となる領域はメッシュ数で451メッシュから281メッシュに減少するものの、暖地型牧草で完全に補うことはできない。しかし、現在は寒地型牧草地帯に含まれる関東地方北部でも、暖地型牧草のパーミューダグラスの越冬が認められ<sup>5)</sup>、センチピードグラスやカーベットグラスの栽培も可能であると予想される<sup>15)</sup>ことからすれば、夏枯れ地帯で越冬できる暖地型牧草種が見つかる可能性がある。これまで暖地型牧草に関しては、一部の草種しか利用されてこなかったため、草種毎の北限は明らかになっていないが、100年後に暖地型牧草の領域が大幅に拡大することも踏まえ、将来の草種変更に備え、今から数多くの草種のデータを蓄積する必要があると考えられる。

### 3. 現在の牧草地の100年後の動向

現在のわが国における主要な牧草は寒地型牧草で、その中でもトールフェスクより嗜好性の高いオーチャードグラスが多く栽培されている。そこで寒地型牧草の生産量を算出する際には、オーチャードグラスが栽培可能な地点ではオーチャードグラスの生産量を寒地型牧草の生産量とし、オーチャードグラスが夏枯れにより栽培できなくてもトールフェスクが栽培可能であればトールフェスクの生産量を用いた。

わが国全体の生産量は、温暖化により寒地型牧草で1.4倍、暖地型牧草で4.6倍、両者を合わせた牧草全体では1.5倍となったが、これは気温の上昇による影響だけ

表 1. 面積と生産量の県別・

現在の区分 将来の区分	牧草地面積の変化 (ha)							面積計
	寒地型地帯				夏枯	暖地型		
	増収	維持	夏枯	暖地型	暖地型	増収		
1 北海道	367,908	0	0	0	0	0	0	367,908
2 青森	5,950	0	137	7	0	0	0	6,094
3 岩手	13,076	0	2,079	192	0	0	0	15,347
4 宮城	719	0	1,133	1,526	0	0	0	3,378
5 秋田	1,647	0	666	384	0	0	0	2,697
6 山形	449	0	678	131	0	0	0	1,258
7 福島	1,775	0	1,186	1,058	0	0	0	4,019
東北計	23,616	0	5,879	3,298	0	0	0	32,793
8 茨城	5	0	0	278	802	12	0	1,097
9 栃木	637	0	64	1,316	434	0	0	2,451
10 群馬	339	0	254	289	668	0	0	1,550
11 埼玉	0	0	0	23	646	1	0	670
12 千葉	0	0	0	65	365	779	0	1,209
13 東京	0	0	0	6	75	36	0	117
14 神奈川	0	0	0	10	104	118	0	232
関東計	981	0	318	1,987	3,094	946	0	7,326
15 新潟	26	0	143	202	11	0	0	382
16 富山	0	0	0	14	15	0	0	29
17 石川	0	0	0	384	43	0	0	427
18 福井	0	0	45	11	46	0	0	102
19 山梨	815	0	0	50	1	0	0	866
20 長野	1,499	15	371	39	0	0	0	1,924
21 岐阜	378	0	59	164	94	14	0	709
22 静岡	813	0	0	207	4	403	0	1,427
23 愛知	10	0	1	64	159	553	0	787
中部計	3,541	15	619	1,135	373	970	0	6,653
24 三重	0	0	4	49	77	104	0	234
25 滋賀	0	0	0	82	67	0	0	149
26 京都	0	0	0	12	44	0	0	56
27 大阪	0	0	0	1	1	14	0	16
28 兵庫	1	0	2	37	139	19	0	198
29 奈良	0	0	0	25	7	0	0	32
30 和歌山	0	0	0	7	2	12	0	21
近畿計	1	0	6	213	337	149	0	706
31 鳥取	1	41	22	185	27	40	0	316
32 島根	7	0	96	343	92	44	0	582
33 岡山	33	0	302	415	308	49	0	1,107
34 広島	125	60	213	554	16	3	0	971
35 山口	0	0	0	55	12	54	0	121
中国計	166	101	633	1,552	455	190	0	3,097
36 徳島	2	0	0	25	48	139	0	214
37 香川	0	0	0	5	17	16	0	38
38 愛媛	131	0	0	13	32	34	0	210
39 高知	8	0	0	13	3	117	0	141
四国計	141	0	0	56	100	306	0	603
40 福岡	0	0	0	12	101	203	0	316
41 佐賀	0	0	0	47	12	148	0	207
42 長崎	0	0	0	44	22	487	0	553
43 熊本	161	0	0	357	17	838	0	1,373
44 大分	81	0	0	205	214	203	0	703
45 宮崎	46	0	0	385	0	579	0	1,010
46 鹿児島	13	0	0	186	0	1,395	0	1,594
47 沖縄	0	0	0	0	0	1,036	0	1,036
九州計	301	0	0	1,236	366	4,889	0	6,792
都府県計	28,747	116	7,455	9,477	4,725	8,486	0	59,006
合計	396,655	116	7,455	9,477	4,725	8,486	0	426,914

日射データが得られなかった沖縄県の生産量は除外した。

## 地帯区分別変動

牧草生産量の変化 (DMton)					
現在の生産量			将来の生産量		
寒地型	暖地型	現在計	寒地型	暖地型	将来計
3,500,085	0	3,500,085	5,205,982	0	5,205,982
79,251	0	79,251	101,582	181	101,763
170,693	0	170,693	193,840	4,958	198,799
40,624	0	40,624	10,877	41,496	52,374
32,124	0	32,124	25,364	10,250	35,614
14,794	0	14,794	6,465	3,647	10,113
48,313	0	48,313	26,945	30,339	57,284
385,799	0	385,799	365,073	90,872	455,945
3,406	264	3,670	79	36,946	37,026
23,864	0	23,864	9,452	51,330	60,782
10,235	0	10,235	4,992	31,246	36,238
262	22	284	0	23,390	23,390
850	17,237	18,087	0	43,712	43,712
73	991	1,064	0	4,438	4,438
119	2,527	2,646	0	8,149	8,149
38,808	21,041	59,849	14,524	199,211	213,734
4,799	0	4,799	405	6,307	6,712
177	0	177	0	943	943
5,177	0	5,177	0	12,056	12,056
671	0	671	0	1,882	1,882
10,488	0	10,488	12,484	1,541	14,025
24,127	0	24,127	23,670	1,128	24,797
7,274	311	7,585	5,588	8,788	14,376
12,840	9,087	21,927	12,600	21,826	34,426
979	12,514	13,493	161	28,020	28,181
66,531	21,912	88,444	54,908	82,490	137,398
676	2,353	3,029	0	8,093	8,093
1,040	0	1,040	0	4,600	4,600
145	0	145	0	1,832	1,832
13	311	324	0	575	575
504	410	914	16	6,395	6,411
329	0	329	0	966	966
90	277	367	0	757	757
2,797	3,352	6,149	16	23,218	23,234
3,428	835	4,263	634	8,106	8,740
6,006	892	6,898	109	14,361	14,470
10,053	1,051	11,103	540	23,862	24,402
13,248	63	13,312	2,844	16,396	19,240
732	1,104	1,837	0	3,878	3,878
33,468	3,945	37,413	4,127	66,603	70,730
348	3,036	3,383	29	7,399	7,428
67	345	412	0	1,289	1,289
1,994	721	2,715	2,153	2,685	4,838
274	2,705	2,979	133	4,905	5,037
2,683	6,806	9,490	2,315	16,277	18,592
152	4,384	4,536	0	11,086	11,086
608	3,258	3,865	0	7,127	7,127
610	11,116	11,726	0	20,370	20,370
6,744	18,758	25,502	2,564	41,353	43,917
3,671	4,356	8,027	1,281	20,689	21,969
5,652	13,770	19,422	737	34,607	35,343
2,609	32,961	35,570	231	59,444	59,676
20,046	88,602	108,648	4,813	194,676	199,489
550,133	145,658	695,791	445,775	673,348	1,119,123
4,050,218	145,658	4,195,877	5,651,757	673,348	6,325,105



ではない。CO<sub>2</sub>濃度の上昇により、寒地型牧草のトールフェスクの光合成速度は葉温 20°C で 1.24 倍<sup>10)</sup>、暖地型牧草の光合成速度は葉温 20°C で 1.18 倍<sup>7)</sup>となる。この倍率は葉温と正の相関があり、葉温が高いほど倍率も高くなる。また日射量の増加も生産量増加の要因となる。これらの要因の複合により、1.5 倍の増収という結果が導かれたと推察される。

各地帯区分に含まれるメッシュ数の温暖化による変動を試算すると、温暖化により夏枯れ地帯が減少する結果となった。しかし、現在の牧草地の分布を基準に牧草地面積を計算すると、逆に夏枯れ地帯の面積が増加するという結果となった。このことは、わが国全体での生産量の変動はメッシュ数の変化だけでは評価できないことを示している。一方で、現在夏枯れ地帯に属し、牧草を栽培していない所でも、温暖化により暖地型牧草を栽培するようになる可能性について、この表には含まれない。したがって、表に挙げた数値は、現在の牧草地がそのまま 100 年後の牧草地と一致するという条件での値であり、生産量に関しては、暖地型牧草に切り替えるべき地点では的確に草種変更するという条件での値である。

いずれにしても、温暖化という現象が突然起きるわけではなく、現在の夏枯れ地帯は徐々に東北地方に北上するため、草種をいつ切り替えるべきであるかは地域によって異なる。したがって、100 年後だけでなく途中経過についても検討し、草種変更やその時期についての確に対応する必要がある。

### 引用文献

- 1) 福山正隆 (1991). CO<sub>2</sub> 気候変化と草地・飼料作, 農業および園芸, 66 (1), 166-170.
- 2) Idso, S.B. (1989). Carbon Dioxide and Global Change, 67-92, IBR Press, Arizona.
- 3) Intergovernmental Panel on Climate Change (2002). Climate Change 2001: Synthesis Report, 398 p, Cambridge University Press, Cambridge.
- 4) Jones, C.A. (1985). C<sub>4</sub> Grasses and Cereals, 163-178, John Wiley & Sons, New York.
- 5) 菅野 勉・福山正隆・佐藤節郎 (1994). フェストロリウムと比較した集約放牧条件下におけるパーミューダグラスの一次生産力の特徴, 日草誌, 40, 283-293.
- 6) Kimball, B.A. (1983). Carbon dioxide and agricultural yield: An assemblage and analysis of 430 prior observations, Agron. J., 75, 779-787.
- 7) Sasaki, H., Fukuyama, M., Suyama, M., Onoue, T. and Shoji, A. (1998). Photosynthesis of bahiagrass (*Paspalum notatum* Flügge) in a high concentration of CO<sub>2</sub>, Grassland Science, 44, 93-95.
- 8) Sasaki, H., Fukuyama, M. and Onoue, T. (2001). Effects of increasing CO<sub>2</sub> concentration and leaf temperature on the photosynthesis of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), Bull. Natl. Grassl. Res. Inst., 60, 1-8.
- 9) Sasaki, H., Fukuyama, M., Suyama, M., Onoue, T. and Shoji, A. (2001). Photosynthesis of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) in a high concentration of CO<sub>2</sub>, Grassland Science, 47, 412-414.
- 10) Sasaki, H., Fukuyama, M., Onoue, T., Suyama, M., and Shoji, A. (2002). Effects of increasing CO<sub>2</sub> concentration and leaf temperature on the photosynthesis of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.), Grassland Science, 48, 12-16.
- 11) 佐々木寛幸・神山和則・須山哲男・福山正隆. (2003). 牧草の地帯区分に及ぼす地球温暖化の影響 1. 寒地型牧草の栽培適地と生産量の変動予測, 日草誌, 49, 23-27.
- 12) 佐々木寛幸・神山和則・須山哲男・澤井 晃・福山正隆. (投稿中). 牧草の地帯区分に及ぼす地球温暖化の影響 2. バヒアグラスの栽培適地と生産量の変動予測, 日草誌, (投稿中).
- 13) 須山哲男 (1988). 草地・畜産と気候変化, 気象研究ノート, 162, 123-129.
- 14) Warrick, R.A. and Gifford, R.M. (1989). CO<sub>2</sub>, Climatic Change and Agriculture. The greenhouse effect, climatic change and ecosystems, 393-473, John Wiley & Sons, Chichester.
- 15) 山本嘉人・北川美弥・西田智子・梨木 守 (2003). センチピードグラス等の放牧地向けシバ型草種の発芽・定着, 日草誌, 49 (別), 118-119.
- 16) (財)気象業務支援センター (2001). 平年値 (1971-2000 年), 気象庁編, CD-ROM.

## Effects of Global Climate Change on the Zones and Productivity of Forage Grass Cultivation in Japan

Hiroyuki SASAKI, Kazunori KOHYAMA, Tetsuo SUYAMA<sup>1)</sup> and Masataka FUKUYAMA<sup>2)</sup>

Department of Grassland Ecology

<sup>1)</sup> National Agricultural Research Center  
for Hokkaido Region

<sup>2)</sup> Kyushu University

### Summary

Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) is a well-known “greenhouse gas” that is capable of causing significant climatic change. The optimum ranges of grass species will likely shift as a result of climatic change. Accordingly, the optimum range of each species needs to be determined in order to select grass species that will grow in the expected new vegetation zones. Changes in cultivation zones and the productivity of forage grass cultivation in Japan were estimated.

Global climate change will increase the annual mean temperature by about 4.5°C in northern Japan and 3.5°C in southern Japan. Maps were drawn showing current and future temperate grass zones, tropical grass zones, and summer depression zones, where tropical grass cannot survive in winter and the productivity of temperate grass is depressed in summer. These maps show that under present climatic conditions, the summer depression zone of temperate grasses and the cultivation zone of tropical grasses are limited to southwestern Japan. Over the next 100 years, these zones will extend northwards.

Changes in the area and productivity of real pasture were calculated and summed by prefecture for Japan. The summer depression area will increase by over 50%. The productivity of temperate and tropical grasses will increase 40 and 360%, respectively, for an overall grass productivity increase in Japan of 50%.

**Key words:** Global climate change, Cultivation zone, Temperate grass, Tropical grass, Productivity

---

Present Address: <sup>1)</sup> Memuro-cho, Hokkaido 082-0071 Japan

<sup>2)</sup> Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka-shi, 812-8581 Japan