

日本における自然草原の気候要因から見た植生帯区分と その温暖化による影響

4. 気候環境から見た日本の自然草原の植生帯区分とその温暖化による変化予測

西村 格*・佐々木寛幸**・浦野 豊***・小森谷祥明****・井上 聡*****・西村由紀*****

*元富山大学理学部 (930-8555 富山市五福)

*現在 : 320-0066 宇都宮市駒生 1-6-4

**農林水産省草地試験場草地生産基盤部 (329-2793 栃木県西那須野町)

***東京大学大学院農学生命科学研究科 (113-8657 東京都文京区弥生)

****国立環境研究所環境健康部 (305-0058 つくば市小野川)

*****農業環境技術研究所環境資源部 (305-8604 つくば市観音台)

*****元東北大学理学部 (980-0862 仙台市青葉区川内)

*****現在 : 177-0041 東京都練馬区石神井町

* Faculty of Science, Toyama University, Gofuku, Toyama 930-8555, Japan

* Present address : 1-6-4 Komanyu, Utsunomiya 320-0066, Japan

** National Grassland Research Institute, Nishinasuno, Tochigi 329-2793, Japan

*** Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, Yayoi, Bunkyo, Tokyo 113-8657, Japan

**** Environmental Health Sciences Division, National Institute for Environmental Studies, Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-0058, Japan

***** National Institute of Agro-Environmental Sciences, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8604, Japan

***** Faculty of Science, Tohoku University, Kawauchi, Aoba, Sendai 980-0862, Japan

***** Present address : Shakujii, Nerima, Tokyo 177-0041, Japan

受付日 : 2001年1月9日/受理日 : 2001年1月22日

Synopsis

Noboru NISHIMURA, Hiroyuki SASAKI, Yutaka URANO, Yoshiaki KOMORIYA, Satoshi INOUE and Yuki NISHIMURA (2001): Ecological Consideration for the Distribution of Natural Grassland Vegetation Zones in Relation to the Climate and Climate Change in Japan. 4. The Effects of Global Warming on the Natural Grassland Vegetation in Japan. *Grassland Science* 47, 102-106.

We predicted how natural grassland vegetation in Japan will change in response to the global warming. We divided the Japanese grassland vegetations into four vegetation zones; the subarctic, the cool-temperate, the warm-temperate and the subtropical grassland vegetation zones according to *Zoysia japonica*-type grassland and *Z. tenuifolia*-type grassland, *Sasa*-type grassland and *Pleioblastus chino*-type grassland. According to our results, the distribution in natural grassland vegetation will not change within the next 50 to 60 years. After that, however, the temperature will rise so rapidly and the maximum snow depth will decrease rapidly. One hundred years from now later, the temperature will rise around 3.3 to 3.8 degrees Celsius and the natural vegetation zones in Japan will greatly change. In Hokkaido, the subarctic natural

grassland vegetation zone in lowland area will disappear. And the warm-temperate natural grassland vegetation zone in the lowland will spread to Shimokita and Tsugaru peninsula, the northernmost of the mainland, and will also appear even in the plains around Abashiri and Tokachi district in Hokkaido. The cool-temperate natural grassland vegetation zone in Shikoku, Kyusyu and Kii peninsula were predicted to have mostly disappear. On the other hand, the subtropical natural grassland vegetation zones in lowlands of Kyusyu and Shikoku were predicted to spread over Boso peninsula, the south part of Kanto, and the southern Izu peninsula.

Key words : Climate change, Natural grassland vegetation zone, Vegetation change.

はじめに

この20年間に世界的に見れば、地球温暖化による草原植生への影響については、PARTON *et al.* (1994), TSUNEKAWA *et al.* (1996), 石 (1998), SEASTEDT *et al.* (1998)などを始めとして、ステップ草原やサバンナの植生変化や沙漠化の問題、さらには温度上昇に伴うC₄植物がC₃植物に交代して優

占する可能性の問題として、いろいろな場面で論じられてきている。日本でも OKUDA (1986, 1987), 奥田・古川 (1990) などの報告がある。しかし、日本の具体的な草原に対する影響についての論文は非常に少ない。須山 (1988) が人工草地 (外来牧草によって人為的に造成され、畜産的に利用されている草原) を対象に「草地・畜産と気候変化」として、人工草地の生産に及ぼす温暖化の影響を書いたのが最初である。これは窪田ら (1972, 1973) の寒地型牧草である orchardgrass (*Dactylis glomerata*) の気象生産力の実験式を用いて、須山・西村 (1982) の日本全国メッシュの寒地型牧草栽培適地を気象生産力から推定した論文をもとに、寒地型の牧草は南東北地域以南では減収すると推定した報告である。その後、1997年に池田 (1997) が「地球温暖化と日本」の中で同じく人工草地への影響として、主に佐々木・須山 (1994) の寒地型牧草である tall fescue (*Festuca arundinacea*) などの生産量の分布の変化を用いて、寒地型牧草の高温乾燥障害を起こす地域が増加することを推定している。

しかし、日本の自然草原植生に対する温暖化の影響については、池田 (1997) が MAYEUX *et al.* (1991) を引用して C_4 植物の優占する自然草原へ、木本植物の進入が助長される可能性の有ることを言及している以外にはほとんど論じられていない。その主因は、現在まで日本の自然草原の植生帯区分と環境との関係の検討が不十分なことに起因していることを、西村ら (2001a, 2001b) で述べて来た。ここでは西村ら (2001b) で示し、浦野ら (2001) でほぼ間違いないとされた、日本の自然草原植生の気候環境に対応した植生帯区分図を用いて、それが地球規模での温暖化予測シナリオに基づき変化したと仮定して、どの程度移動するかについて検討した。

1. 日本の自然草原植生帯の区分図

西村ら (2001b) では、日本の自然草原植生帯区分の境界の気候環境を示した。即ち、自然草原植生帯の亜熱帯域は、コウライシバ草原やリュウキュウチク草原の分布する、暖かさの指数で $170^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 以上の地域であり、暖温帯域はシバ草原とネザサ草原の分布する地域で、暖かさの指数が $170^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ を南限として、暖かさの指数で $85^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 以上で最大積雪深が 40 cm 以下の地域とした。冷温帯域はシバ草原とササ草原が分布する地域で、暖かさの指数が $85^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ と、最大積雪深が 40 cm の地域を南限とし、北限を寒さの指数が $-35^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 以上、最暖月の月平均最低気温 17°C 以上の地域とした。寒さの指数が $-35^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 以下、最暖月の月平均最低気温 17°C 以下の地域を亜寒帯域とした。今回は、それを用いて現在の気象環境を(財)気象業務支援センター (1996) の気温と最大積雪深のメッシュデータから推定し、自然草原の植生帯区分をメッシュマップにまとめたものが図1である。なお、西村ら (2001b) が示したように、この植生帯は高標高地については、今後の検討課題として残され、必ずしも完全には一致していない。

2. 温暖化した時の日本の自然草原植生帯の移動

(1) 温暖化した時の日本の自然草原植生帯の推定

農業環境技術研究所 (1997) の温暖化時のメッシュ気候推定値と井上・横山 (1998) の最大積雪深の変化予測値を用いて、温暖化した時の自然草原の植生帯がどのように変化するかを見た。温度変化の予測図は省略するが、図2は井上・横山 (1998) の示した現在の最大積雪深 40 cm の分布範囲と、それから 60 年後・100 年後にどの様に変化するのか予測される範囲を示した図である。

30 年後の平均約 1.0°C 上昇すると予測される時の日本自然草原植生の気候帯区分を推定したのが、図3aである。この段階では、最大積雪深 40 cm の範囲も北陸南部に消滅する部分が見られるが、気温を含めて相対的には未だ大きな変化は現れない。しかし、この時点でも九州では山地にあった亜寒帯の自然草原植生域は消滅し、暖温帯の自然草原植生域が、東北北部や日本海沿岸地域に拡大することが判る。亜寒帯 (亜高山帯) 域は、中部山地で標高約 1,500 m 以上に縮少し、東北地域でも北上山系・奥羽山系ともに 800 m 以上と著しく縮少して行く事が判る。北海道東部の平野部は、未だこの時期には標高 0 m 地帯まで、最大積雪深は 40 cm 以上である。

60 年後の自然草原植生の気候帯区分を推定したのが、図3bである。図1を基準として 50~60 年後の平均約 $1.6\sim 1.9^{\circ}\text{C}$ 上昇すると予測されるこの時期になると、最大積雪深 40 cm の地域が、山陰から北陸の新潟付近の平野部までの範囲で消滅する。また、この時期には、四国や紀伊半島の冷温帯の自然草原植生域もほとんど消滅し、暖温帯の自然草原植生域が拡大することが示されている。この暖温帯域は北陸地域では能登半島や佐渡島の大半を占め、新潟北部に達し、北海道南部にまで達すると推定される。また、亜熱帯の自然草原植生域が九州南部から四国南部に見られるようになる。亜寒帯 (亜高山帯) 域は、中部山地ではさらに標高約 1,700 m 以上にまで減少し、東北地域での縮少傾向も明確に示され、早池峰山域や岩手山域などの約 1,000 m 以上に、残存植生として亜寒帯域の自然草原植生が見られる程度まで縮少すると推定される。北海道では石狩低地から亜寒帯域の自然草原は姿を消して行く。

100 年後の平均約 $3.3\sim 3.8^{\circ}\text{C}$ 上昇すると予測される時点の自然草原の植生帯区分を図4に示した。この時期になると日本の自然草原の植生帯区分も大きく様相を変える。北海道の日高から大雪山系の中央高地を経て天塩山地あるいは阿寒・知床にかけての山地帯を除く低平地からは、亜寒帯の自然草原植生域が消滅する。また、暖温帯の自然草原植生域が低平地では、本州最北端の下北・津軽半島に達し、北海道では渡島半島は無論のこと、網走地方や十勝地方の平野部にまで見られるようになる。この分、本州の冷温帯の自然草原植生域の面積は著しく縮小し、四国・九州あるいは紀伊半島からはほとんど消滅すると予測される。これに変わって、亜熱帯の自然草原植生域は九州・四国の低平地から関東南部の房総半島や伊豆半島の南部まで拡大すると予測される。

このように50~60年後までは、自然草原植生帯の分布域にそれほど急激な変化は無いと予測されるが、その後は図2に示した様に、急激な気温の上昇とそれに付随した冬期間の積雪量の減少が起こる。100年後には図4に示した様に、さらに温暖化が進み、積雪量が減少し各植生帯は急激に北へと移動して行くと予測される。

(2) 温暖化に伴う日本の自然草原植生帯の変動による影響

(a) 自然草原への影響：沼田(1998)は現状でも日本の自然

草原の現地保全 (in site conservation) と管理保全 (management conservation) の必要を述べているが、気候環境の変化による自然草原植生帯の変化を見ると、亜寒帯の自然草原植生帯は亜高山帯の自然草原植生帯を含めて著しく減少する。草原景観の保全と同時に遺伝資源として多くの貴重な種を含む短草型のウシノケグサ (*Festuca ovina*-type) 草原やオオウシノケグサ (*F. rubra*-type) 草原、長草型のイワノガリヤス (*Calamagrotis langsdorffii*-type) 草原、ヒメノガリヤス (*C. hakonensis*-type) 草原あるいはヒゲノガリヤス (*C. longiseta*-type) 草原などの亜寒帯の自然草原植生帯は、現在でもその現地保全の必要性は大きい、温暖化によってその希少性を増し、保護地区の拡大・確保の必要性が増すと考えられる。冷温帯の自然草原植生帯域は北海道で拡大すると予測され、これは短草型のシバ (*Zoysia japonica*-type) 草原が分布する可能性の高い地域が拡大することを意味する。しかし、現在、この地域には湿原も多く、ほとんどシバは分布していないので、この種子が如何にして供給されるかに問題がある。しかも、シバ (*Zoysia japonica*) 群落は一般的に放牧条件下で動物の採食とこれに伴う糞による種子散布が拡大条件となる。これらの条件確保と気候の乾燥化が北海道でのシバ草原の維持・拡大に必要な。北海道地域には、長草型のススキ (*Miscanthus sinensis*-type) 草原やササ草原は、現状でも分布しており、これらの自然草原の成立に対する影響は少ない。しかし、温帯域に現存するススキ草原では、既にキキョウ (*Platycodon grandiflorum*)・オミナエシ (*Patrinia scabiosaefolia*) などを含む日本固有の多くの構成種が減少しており、草原景観や種の多様性保持の面からの管理保全が必要となる。また、河川流域の氾濫原にあるヨシ (*Phragmites communis*) 草原などの自然草原は、現状でも開発で消滅しつつあり、これらの草原にはサクラソウ (*Primula sieboldii*) などの貴重な種が多く含まれているため、保護地区の拡大が必要となる。

暖温帯の自然草原植生帯の温暖化による影響は、短草型・長草型草原植生とともに、主要な種では小さいと見ることが出来る。しかし、ここでも他の植生帯と同様に構成種全体を見ると、種多様性と景観の面からの保護地区設定の必要性は増加する。

亜熱帯の自然草原植生帯への温暖化による影響は、先島諸島から薩南群島まではほとんどないと考えられるが、温暖化がさらに進むと帰化植物であるギンゴウガン (*Leucaena leucocephala*) なども繁茂して、黒島・竹島・多良間島などに見られるように自然草原植生を被圧し、遺伝資源としての多くの草本植物種が消滅する危険があるため、ここでも管理

保全が必要である。九州南部にまで拡大する亜熱帯の自然草原植生帯では、現在は沿海域と島嶼を除いてコウライシバ (*Zoysia tenuifolia*) は分布していない。これらの沿海域や島嶼に分布しているコウライシバ (*Zoysia tenuifolia*-type) 草原は、他の植物との耐塩性や風衝との関係で成立している可能性が高く、はたして内陸域まで分布を拡大できるのかに疑問もある。リュウキュウチク (*Pleioblastus linearis*) もこの地域では分布していないので、チガヤ (*Imperata cylindrica*-type) 草原などが拡大すると考えられるが、これらの自然草原植生の変化は、現状の研究成果や気候変化に関する知見だけからでは予測することは難しい。

この様に現状の研究成果からだけでは、気候変化に対応した日本の自然草原植生帯の変動を全て予測できるわけではない。自然草原植生が変化する過程を単純に考えると、西村ら(1997)の霧ヶ峰草原などの植生変化過程で見られるように、他の植生に遷移する過程で、両植生帯の構成種が混じり合っており、一次的に種多様性は増加する時期はあるが、その後、より強い優占種との競争によって、植生が単純化して行くのが一般的である。温暖化のもとでは、このように種多様性は増加する時期はあっても、移動速度が遅い植物で構成される植生では、バランスが保たれていた競争関係が壊れると、極端な優占種群落が形成され、その植生変化の過程で優占種以外の多様な構成種が消滅して行く可能性が高い。自然草原植生の多様性維持には、今後これらの種の現地保全および管理保全策が必要となる。

(b) 他の生物への影響：この分野の研究は日本の草原植生の研究にはほとんどない。日本には草原性の大動物はもともと少ない。しかし、現状でも自然草原の減少によって、草原性の多くの昆虫は絶滅の方向にある。その象徴的な種としてギフチョウ (*Luehdorfia japonica*) やヒメギフチョウ (*L. puziloi*) あるいはヒヨウモン類 (*Brenthis* 属, *Mellica* 属, *Argynnis* 属, *Argyrogonome* 属) などの草本を食草とする草原性の蝶類が上げられる。温暖化による自然草原の植物種の変化は、さらに、これを助長することになると思われる。温暖化が乾燥化を伴うと、桐谷・田中(1987)が示した、馬毛島のトノサマバッタ (*Locusta migratoria*) の大発生のような問題が生じるが、日本では降水量が多いためこのような問題が発生することは少ないと言われている。

今後、日本では温暖化に向けて、現状でも著しく減少している自然草原を草原生態系として保護する必要がある。多様な種組成を持つ自然草原生態系を維持し、草原景観を含む現地保全 (in site conservation) と管理保全 (management conservation) が重要になる。これには、沼田(1998)の示した現地保全及び管理保全の考えを取り入れ、中国などで見られるような自然草原生態系の保護地区を各気候帯別に、多様な自然草原植生型を含むように設定する必要がある。気候的に極相が森林植生である日本では、大半の地域で自然草原生態系の維持には、常に自然的あるいは人為的なプレッシャーを加え続け、植生遷移を自然草原植生の範囲内にコントロールする管理が必要となる。

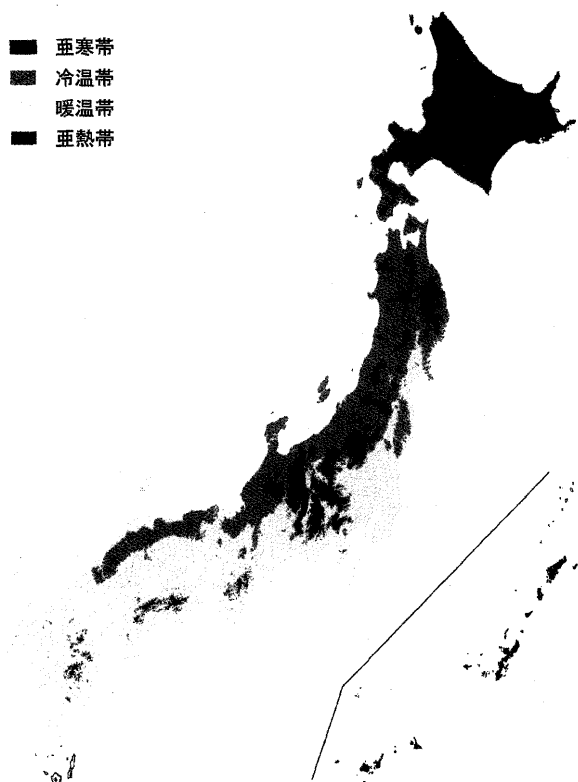


図 1. 現在の日本の自然草原植生帯の区分図.

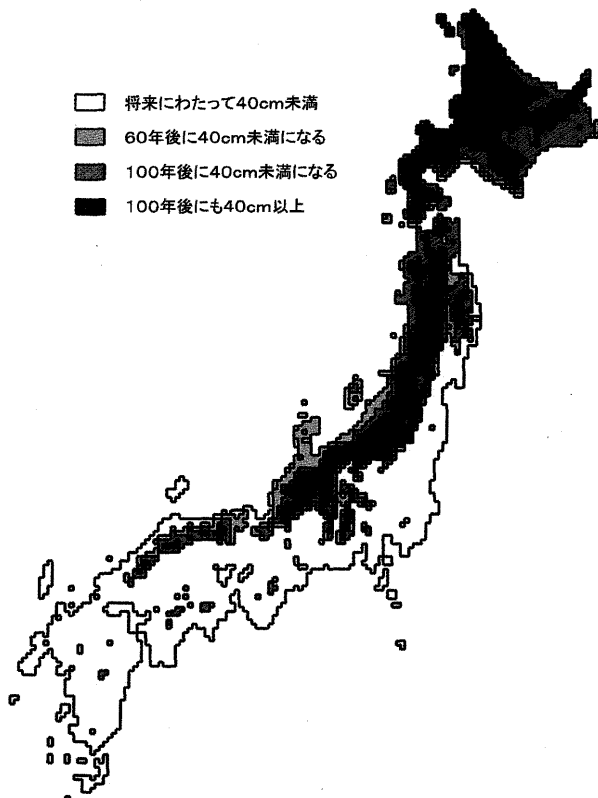


図 2. 日本の最大積雪深 40 cm の地域の温暖化による変動予測図.

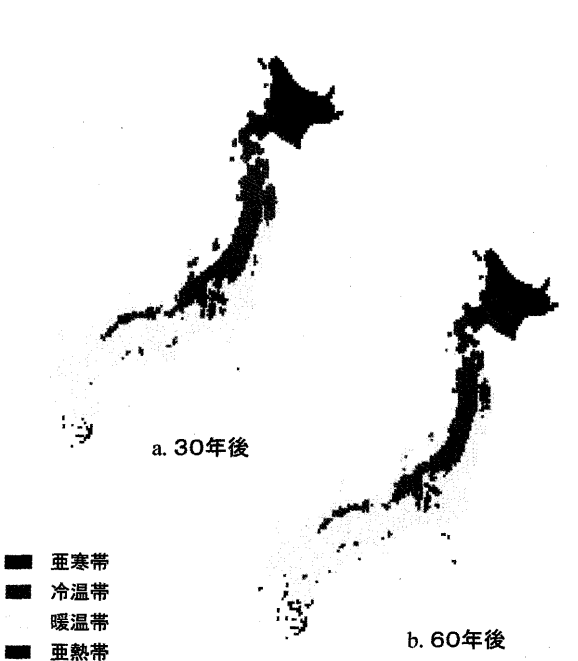


図 3. 日本の自然草原植生帯の 30 年後, 60 年後の変動予測図.

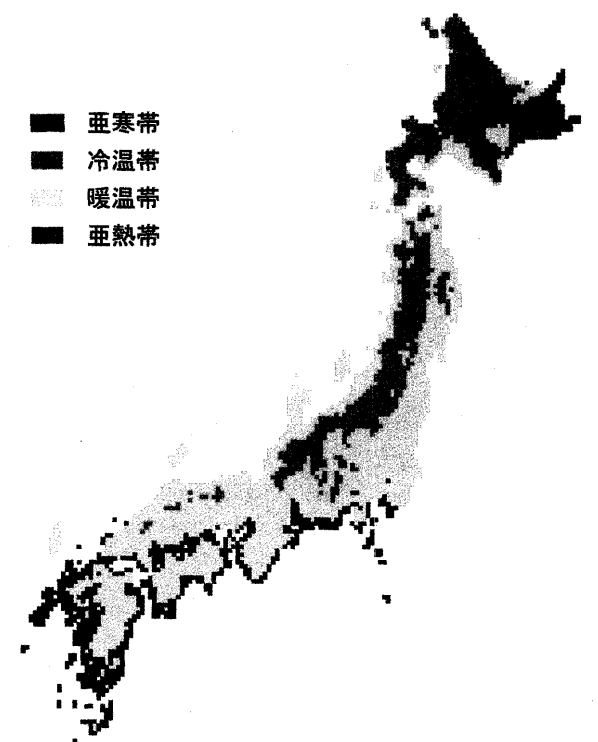


図 4. 日本の自然草原植生帯の 100 年後の変動予測図.

あ と が き

今回の日本草地学会誌の特集記事の創設に当たって、日本の自然（半自然を含む）草原植生と気候環境に関連する特集記事を書く機会を与えて下さった日本草地学会の関係者各位にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。執筆に当たって時間的な制約があり、不完全な形で書かれた部分については、お詫びを申し上げますと同時に、今後、研究の進展によって完成させて戴きたいと希望している。また、最近の風潮として、時間軸の長い、しかも多分野の人達の協力無しには進展しなくなったフィールドを中心とする草原（草地）生態学分野は、研究対象から回避される傾向にある。しかし、これを機会に自然草原・半自然草原・半自然草地等に関連する研究の必要

性の認識が高まり、残された課題の重要性・先端技術の必要性・フィールド研究の面白さ・地球環境変化への対応の応用性などが理解され、草原（草地）生態学の今後の発展に少しでも寄与できれば幸いである。

また、今回の特集記事の執筆に当たって、共同執筆者となった若い研究者各位の専門的な知識と協力無しには、この原稿は書けなかったこともここに付記し、多くの若い研究者が多分野の研究の良き理解者となり、共同して今後の研究を発展させて行って戴きたいと切に希望する次第である。（文責・西村 格）

キーワード：温暖化，気候変動，自然草原植生帯，植生変化。

引用文献については P107～P109 に一括して掲載した。