

特 集

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

2. 自然草原の植生型と気候要因の関係

西村 格*・佐々木寛幸**・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 (329-2793 栃木県西那須野町)

***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

***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 and Yuki NISHIMURA (2001): Ecological Consideration for the Distribution of Natural Grassland Vegetation Zones in Relation to the Climate and Climate Change in Japan. 2. The Natural Grassland Vegetation Types in Relation to the Climatic Factors. *Grassland Science* 47, 86-92.

Our previous paper showed that the zoning of the Japanese grassland vegetation based upon the climate corresponds to the range of *Zoysia japonica*-type grasslands, *Sasa*-type grasslands, *Pleioblastus chino*-type grasslands. In the present paper we examined the relationships between these types of grassland and the climate factors. The border between the subarctic zone and the cool-temperate zone corresponded to the northern limit of *Zoysia japonica* type grasslands. In latitudinal distribution, this border corresponded roughly with the line that the coldness index is $-35^{\circ}\text{C} \cdot \text{month}$ and that the average minimum temperature of the warmest month is 17°C . However, in altitudinal distribution, this border transferred to the cooler and higher-latitude zone. Further investigation on the climate index of the altitudinal border is needed. The border between the warm-temperate zone and the subtropical zone corresponded to the southern limit of *Zoysia japonica*-type grassland and the northern limit of *Zoysia tenuifolia*-type grassland. This border corresponded roughly with the line that the warmth index is $170^{\circ}\text{C} \cdot \text{month}$ or that the annual mean temperature is 19°C . It was indicated that the border between the cool-temperate zone and warm-temperate zone was the southern limit of Sect.

Macrochlamys Nakai, Sect. *Sasa* (Eusasa Nakai) and Sect. *Grassinodi* Nakai and the northern limit of *Pleioblastus chino*. This border was suggested to correspond to the line that the warmth index is $80-85^{\circ}\text{C} \cdot \text{month}$ and that the maximum snow depth is 40 cm. According to the distribution of grassland vegetation based upon the climatic factors in the present study, the distribution of the cool-temperate zone grassland including the subalpine zone was expressed to be wider than that of the actual grassland. This can be corrected by taking account the growth limit of *Zoysia japonica*-type grasslands in higher altitude at each latitude into consideration. The relationship with the climatic factors still remains to be solved.

Key words : Climatic factor, Grassland vegetation type, Natural grassland, Vegetation zone.

はじめに

西村ら (2001 a) は, 自然草原の植生帯区分研究の現状で, 日本の自然草原の植生帯を区分する時に適当と思われる草原植生型として, 温帯域に分布する短草型のシバ (*Zoysia japonica*-type) 草原と, 冷温帯域と暖温帯域の境界についてはササ (*Sasa*) 属及びメダケ (*Pleioblastus*) 属を中心とした草原植生型を抽出した。ここではそれらの草原植生型と気候要因との関係を植生帯の境界付近を中心に検討した。その方法は, SUGANUMA (1966), 草地動態調査グループ (1983), 西村ら (1980, 1984) など, 既存の自然草原で植生型の明らかになっている地点の, 緯度・経度・標高などのデータを用いて, 各地点の気候要因を推定解析した。気候要因の推定には,

現地の測定結果あるいは気象庁観測技術資料（1958, 1972）、日本気候表（1981）等を用いた。各植生調査地点の最寄りの観測地点から標高に大きな隔たりのある場合は、気温減率： -0.61°C （100 m 当り）を用いて修正し推定した。これらの気象データをもとに、年平均気温・暖かさの指数・寒さの指数・月別日平均気温・月別日最高気温の平均値・月別日最低気温の平均値等の項目と草原植生型との関係を検討した。さらに、3次メッシュ気候データの気温・積雪深等は（財）気象業務支援センター（1996）の数値を用いて、地図上にプロットし検討した。なお、日本の降水量は草原植生の成立条件から見ると多いため、降水量の多少が草原成立を規制する要因となる場所は少ないと考え、積雪量以外の水分環境は、現状では無視してもよいとの考えで今回の検討では除外した。

1. 日本の自然草原植生帯を区分する気候要因

(1) 亜寒帯域と冷温帯域の草原植生帯区分の現状と気候要因の関係の推定

森林植生の亜寒帯針葉樹林帯と冷温帯落葉広葉樹林帯の境界は、吉良ら（1976）を見ると暖かさの指数約 45°C ・月で区分している。この冷温帯落葉広葉樹林はブナ類（*Fagus*）を持つのが特色とされるが、これを持たないミズナラ（*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*）・シナノキ（*Tilia japonica*）・イタヤカエデ（*Acer mono*）等で構成されるナラ型の冷温帯落葉広葉樹林があり、これを MIYAWAKI（1975）はミズナラ・オオバボダイジュ（*Tilia maximowicziana*）群集と名付けているが、ここにはトウヒ（*Picea*）属やモミ（*Abies*）属などの針葉樹も有り、これを吉岡（1973）は北方針・広混交林としている。この植生帯をどう扱うかの議論が未だ残されているが、NUMATA（1969）の日本の草原植生帯の区分では、冷温帯落葉広葉樹林の中、いわゆるブナ（*Fagus crenata*）林帯の北限に対応させている。ブナは暖かさの指数で約 45°C ・月までは生育可能であるとされているが、北海道のブナの分布北限である黒松内低地は、温度環境条件から見ると暖かさの指数では約 65°C ・月以上あり、日本のブナ林の北限は温度以外の条件で規制されていると見られている。

これに対して温帯域の自然草原植生帯を構成すると考えられるシバ草原の分布北限は、この日本のブナ林分布の北限とよく類似している。シバ（*Zoysia japonica*）は北村（1962, 1970）、吉村ら（1990）が北海道の石狩地方を分布の北限としているが、この石狩地方の海岸地域は比較的温暖な場所であり、NUMATA（1969）の考えを否定するものではない。これに対して SUGANUMA（1966）は、シバ草原の分布範囲が年平均気温で $3.9\sim 11.6^{\circ}\text{C}$ 、暖かさの指数で $42.6\sim 89.5^{\circ}\text{C}$ ・月、寒さの指数で $-60.5\sim -6.9^{\circ}\text{C}$ ・月にあることを示しながら、シバ草原の分布環境との関係には触れていない。この時、SUGANUMA（1966）が示したシバ草原の北限の年平均気温は 5.2°C 、暖かさの指数は 47.2°C ・月、寒さの指数は -47.2°C ・月である。しかし、同時にこの中でこれより南の低緯度にある高標高地では、これを下回る年平均気温が 3.9°C 、暖かさの指数が 42.6°C ・月、寒さの指数が -60.5°C ・月の地域にシバ草原が分布することが示されており、植物社会学的な群集レ

ベルの分布の範囲の提示に止どめたのではないかと考えられる。

北村（1970）はシバの自生限界地は、1月の平均気温が $-6\sim -4^{\circ}\text{C}$ の地帯にあり、分布に適する地域はさらに暖かい1月の平均気温が $-4\sim -2^{\circ}\text{C}$ の地帯にあるとしている。緯度別に見た1月の平均気温とシバ草原の分布との関係を図1に示した。しかし、SUGANUMA（1966）が提示していると同様に、実際の分布は北海道のシバ草原では、百人浜（ -2.9°C ）・寿都（ -4.3°C ）・白老（ -4.3°C ）・石狩河口（ -5.7°C ）とこの範囲に近いが、高標高地のシバ草原では渡島半島の仁山高原は -7.8°C であり、中部山地の長野県の菅平高原は -7.6°C 、北上山地では阿部（1993及び私信）の袖山の調査などを併せて推定すると安家森（ -9.5°C ）・荒川（ -9.4°C ）などではさらに低温地域まで分布している事が判る。図1から見ると、その様に単純な要因で規制されているのではないと言える。吉村ら（1991）はシバの種としての耐寒性の限界温度を $-15.0\sim -17.5^{\circ}\text{C}$ としているが、これを草原の地表面温度として捉え、シバ草原の分布域との関係に結びつけることは、降雪前後の地表最低気温の推定や地温に関係する雪質やその量と推定が難しく、現状では不可能である。

そこで一般的な温度要因として最も分布に関連しそうな、年平均気温・暖かさの指数・寒さの指数とシバ草原の分布との関係を緯度別に見て、図2・図3・図4に示した。これを見る限りでは、平坦な地域の北限の分布限界よりも、山地や亜高山帯の分布域では何れも低い温度の地域まで分布しており、高標高地での分布は別の規制要因を考えなければならない。これらの図の中で、シバ草原の水平分布から見て、亜寒帯域の他の草原型の分布域と比較的良く分離できる指標として、図4に示した寒さの指数を上げることが出来た。おおよそ -35°C ・月までに分布していると言える。

シバは C_4 植物であり、三田村ら（1982a, b）や MATSUMURA *et al.*（1991）の報告に見られる、シバの発芽・生育の適温が $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ と高いことも考慮すると、何らかの夏季間の指標が必要である。ここでは図5に示した最暖月の日平均最低気温との関係を用いてみた。最暖月の最低気温でおおよそ 17°C 以上の所に北限のシバ草原は分布している。今回はこれを指標に用いたが、夏季の部分については積算気温や日射量など他の指標と併せた検討が今後必要である。

次に、亜高山帯と山地帯の草原植生の種組成の変化と環境の関係については、西村ら（1997）と Mo *et al.*（1998）の霧ヶ峰での研究があるが、これは長草型の草原についての研究であり、短草型草原については霧ヶ峰のように標高の変化によって連続的に植生が変化している場所は、日本には少なく短草型草原のこれに類する研究は進んでいない。短草型のシバ草原は標高の増加に伴ってイネ科の構成種としては、ウシノケグサ（*Festuca ovina*）やコメススキ（*Deschampsia flexuosa*）を主体としたとする草原に変化するが、現状ではこの面から推定する事も困難である。そこで今回は、山地や亜高山帯での分布規制要因は、平坦な地域とは違うと考えられるので、これを除いた平坦な地域でのシバ草原の分布を温度環境要因との関係に限定して検討を進めた。その結果、図

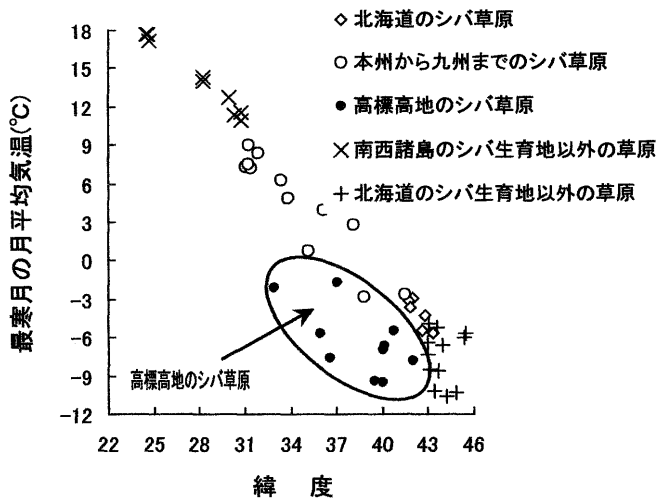


図 1. 日本のシバ (*Zoysia japonica*) 草原の分布と最寒月の月平均気温の関係。

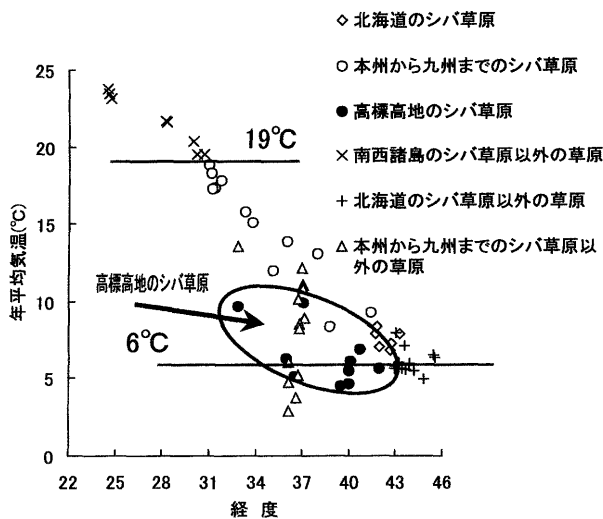


図 2. 日本のシバ (*Zoysia japonica*) 草原の分布と年平均気温との関係。

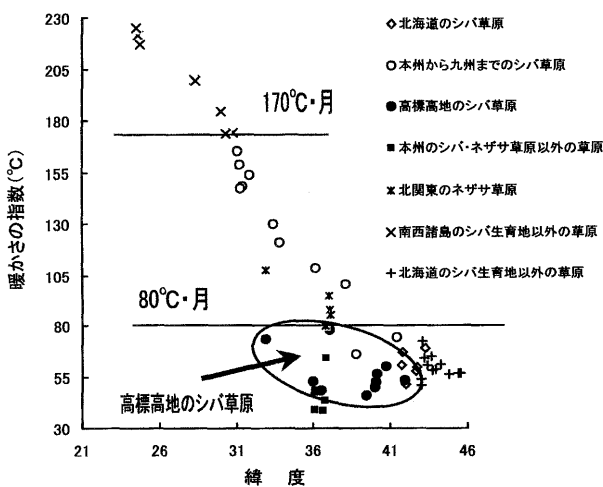


図 3. 日本の自然草原の種類と暖かさの指数の関係。

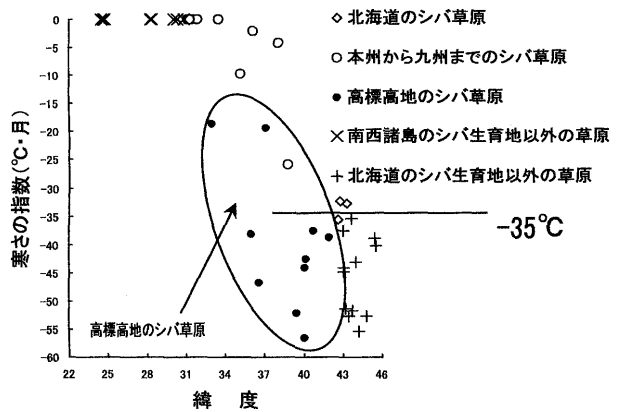


図 4. 日本のシバ (*Zoysia japonica*) 草原の分布と寒さの指数との関係。

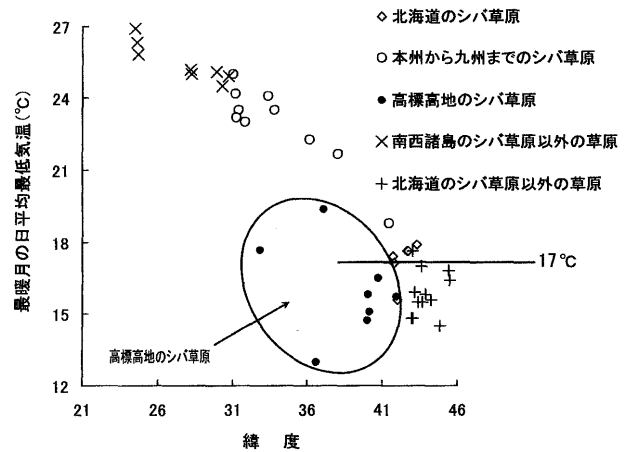


図 5. 日本のシバ (*Zoysia japonica*) 草原の分布と最暖月の日平均最低気温の関係。

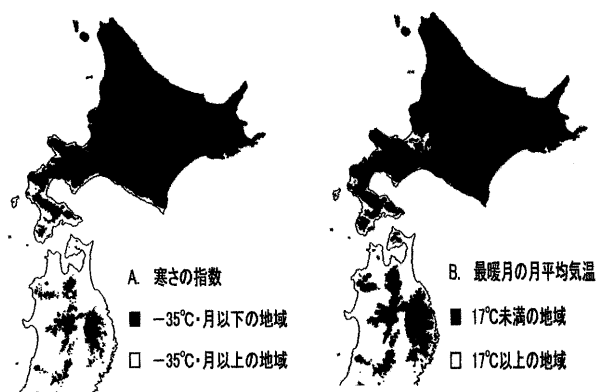


図 6. 自然草原植生帯の亜寒帯域と冷温帯域の水平分布境界とした寒さの指数と最暖月の月平均最低気温の分布図。

6-A, B に示した寒さの指数で $-35^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 以上、最暖月の最低気温で 17°C 以上をシバ草原の分布北限の環境と仮定し、北限を決め、冷温帯域と亜寒帯域の境界の推定に用いた。

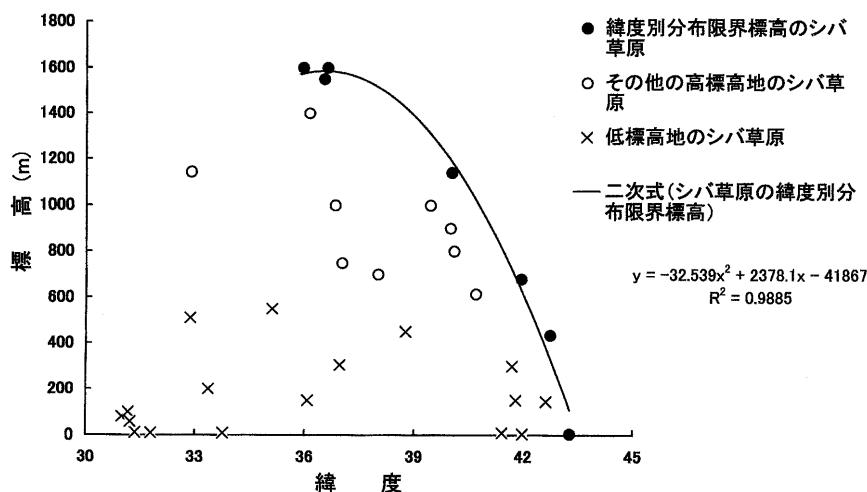


図 7. 日本のシバ (*Zoysia japonica*) 草原の緯度別の分布限界標高。

なお、シバ草原の分布限界標高を緯度別に見たのが図 7 である。この二次曲線は $R^2=0.9885$ と非常に高い相関性を持ってシバ草原の分布限界の標高と一致している。しかし、これは現状の自然草原の植生帯区分図作成には用いることが出来るが、温暖化した時の植生帯の移動を推定する場合の植生帯区分図としては利用することが出来ない。

(2) 暖温帯域と亜熱帯域の草原植生帯区分の現状と環境との関係の推定

森林植生の暖温帯林は、吉良 (1971) や SHIDEI (1974) はカシ類であるイチイガシ (*Quercus gilva*)、シラカシ (*Q. myrsinaefolia*) あるいはアラカシ (*Q. glauca*) など、また、シイ類のツブラジイ (*Castanopsis cuspidata* var. *cuspidata*) やスダジイ (*C. cuspidata* var. *sieboldii*) などを上層木として持つとし、暖温帯林の南限は、これらの他にタブノキ (*Machilus thunbergii*) やクスノキ (*Cinnamomum camphora*) などの分布から、亜熱帯林の北限はリュウキュウマツ (*Pinus luchuensis*) ・ヒルギ科 (*Rhizophoraceae*) ・アダン (*Pandanus tectorius*) などの分布から、屋久島の南部付近の暖かさの指数で $180^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ としている。吉良ら (1976) はこの地域は月平均気温が 0°C を下回ることはないので、古くから熱帯と定義されてきた平均気温 20°C と同じ意味しか持たないとしている。

自然草原植生では、温帯域に分布する短草型のシバ草原は亜熱帯域には分布しない。日本の亜熱帯域の草原植生とその分布については、飯泉ら (1974, 1975)、菅沼ら (1976)、内藤 (1976)、庄司 (1983)、西村ら (1984) などの南西諸島を中心にした研究があるが、これらの報告では暖温帯域と亜熱帯域との草原植生の分布境界を気候要因との関係から捉えて論じられていない。亜熱帯域の自然草原植生を構成する草原植生型では、短草型のコウライシバ (*Zoysia tenuifolia*-type) 草原や放牧利用した時に草原を形成するリュウキュウチク (*Pleioblastus linearis*-type) 草原である。チガヤ (*Imperata cylindrica*-type) 草原も熱帯から亜熱帯にかけて分布する主要な草原植生型であり、石垣島や与那国島などの先島諸島には純群落に近い草原が見られる。チガヤ草原の温帯域での分

布は、大迫 (1937) が茨城県の高萩試験地を中心とした研究で、ススキ型草原からシバ型草原へ遷移する中間に出現する草原植生型として示し、後に、吉田 (1950) によって主要な遷移系列での出現は否定されている。しかし、暖温帯域においても河川敷など環境条件によっては主要構成種として出現する種であるが、後述の浦野ら (2001) に示されるように、分布する温度環境の範囲が広く、日本の気候的な草原植生帯の区分に、この種を用いる事は必ずしも適当とは言えない。

暖温帯域と亜熱帯域の境界でのシバ草原の分布南限は、Ito (1962, 1963, 1968, 1970, 1974) の中国地域から九州地域にかけてのシバツボクサ群集 (*Centello-Zoysietum*) を中心とした分布域の研究、北村 (1962, 1970)、松村 (1981)、庄司 (1983)、堀田・黒木 (1994) の種としての分布の研究がある。また、菅沼 (2000: 私信) によると長崎県の福江島にはコウライシバの小群落があるとされるが、これらは草原といえる大きさとは言えないとしている。生月島にも小群落は分布するが、これも同様である。九州南端の長崎鼻・佐多岬を始め都井岬・甕島などにはシバ草原が分布する。しかし、屋久島にはシバは分布してもシバ草原は成立していない。また、松村 (1981) を見ても種子島にはシバは分布するが、シバ草原が分布するとの記載は無い。さらに、松村 (1981) や庄司 (1983) らが未確認とした、馬毛島も佐々木ら (1959) によれば群落としてあったのはコウライシバ群集と記載されているので、古くはシバ草原はなかったと言える。トカラ列島以南には無論、人工造成地以外にはシバ草原は分布しない。この様な九州南部と薩南諸島等の気温を参考に、シバ草原とコウライシバ草原分布地域の境界域の温度環境を暖かさの指数と年平均気温で見たのが図 2、図 3 である。シバ草原とコウライシバ草原の分布境界は、暖かさの指数で $170^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 、年平均気温で見ると 19°C 付近にあると言える。なお、図 4 に見られる様にこのシバ草原の分布南限域では、いずれの草原も寒さの指数は $0^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 以上となり差は見られない。暖かさの指数の $170^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ を用いて図 8 のようにメッシュマップにまとめた。この図がシバ草原の分布域の南限を示すものである。これは森林植生の境界よりもやや北に当たる。なお、ネザサ

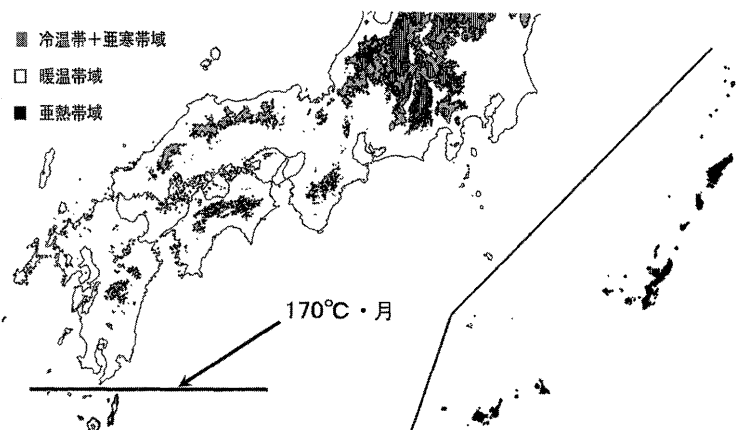


図 8. 自然草原植生帯の暖温帯域と亜熱帯域の境界付近の図(暖かさの指数 $170^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 付近の線).

(*Pleiblastus chino* var. *viridis*) の分布とリュウキュウチクの分布でもほぼ同様に、九州と薩南諸島との間に境界があることが示されている。浦野ら (2001) に示したが、リュウキュウチク草原は口之永良部島の山地で分布するため、暖かさの指数から見ると $170^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ より低い温度域まで分布する事が示されている。

(3) 冷温帯域と暖温帯域の草原植生帯区分の現状と環境の関係の推定

森林植生の冷温帯域はブナ (*Fagus crenata*)・ミズナラ (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*) を指標とする落葉広葉樹林であり、ここではササ属 (*Sasa*) やスズタケ属 (*Sasamorpha*) が分布する。これに対して暖温帯域の北部は、暖温帯落葉広葉樹林とも呼ばれるクヌギ (*Q. acutissima*)・アベマキ (*Q. variabilis*)・コナラ (*Q. serrata*)、ウラジロガシ (*Q. salicina*) などが分布し、この草原や林床にはメダケ属 (*Pleiblastus*) のアズマネザサやネザサなどが分布している。この森林植生帯の境界は、吉良 (1971) を始め一般にブナの分布の南限とされる。それは暖かさの指数で $85^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ と言われ、暖温帯林のアカガシ (*Q. acuta*)・ウラジロガシ・シラカシなどの北限は寒さの指数で $-10\sim-15^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ と言われている。野上ら (1991) は暖温帯落葉広葉樹林を中間温帯林と呼んでいるが、それを含めると境界は暖かさの指数で $110^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ となる。

一方、草原植生の境界は、西村ら (2001 a) でササ属とメダケ属の分布の有無に置いて良いと推定した。冷温帯域に分布するササ属とは、浦野ら (2001) が整理し詳述するが、ここではチシマザサ節 (Sect. *Macrochlamys*)・チマキザサ節 (Sect. *Sasa*)・ミヤコザサ節 (Sect. *Crassinodi*) を指す。アマギザサ節 (Sect. *Molinicladae*) は、鈴木 (1978) にもあるが分布域が少し暖かい地方にあり除外した。スズタケ属 (*Sasamorpha*) については分布環境域が広く区分種として扱うには不適当と考え除外した。暖温帯域で指すメダケ属とはアズマネザサ (*P. chino* var. *chino*) とその変種であるネザサ (*P. chino* var. *viridis*) 及びハコネダケ (*P. chino* var. *vaginatulus*) の3種である。同じメダケ属でもリュウキュウチク (*P. linearis*) は亜熱帯域に分布する種と見てよい。



図 9. アズマネザサの分布限界と推定された最大積雪深 40 cm の範囲 (気象業務支援センター: 1996 を用いた).

アズマネザサは北関東の那須地域と阿武隈南部地域では暖かさの指数で $80\sim85^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 程度までは分布している。さらに、ササ属とメダケ属の境界として根雪の有無が指標とされるが、これは現在、温暖化時の予測図が求められていない。このため、薄井 (1961) の図と(財)気象業務支援センター (1996) の最大積雪深のメッシュデータから、那須地域のアズマネザサの分布北限の最大積雪深との関係を求めると $28\sim52\text{ cm}$ の範囲にあり、平均で約 40 cm となった。その境界線を図 9 に示した。この2要因を冷温帯域と暖温帯域の境界基準と仮定し用いた。これらをもとにメダケ属の分布北限を、暖かさの指数 $85^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ と最大積雪深 40 cm で区分し図 10 に示した。この区分で冷温帯域と暖温帯域の境界を推定する事

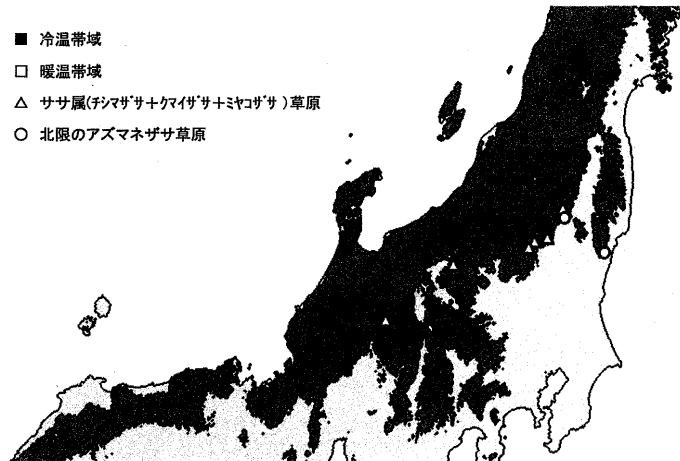


図 10. 自然草原植生帯の冷温帯域と暖温帯域の境界となるアズマネザサ草原の北限 (暖かさの指数: $85^{\circ}\text{C} \cdot \text{月}$, 最大積雪深 40 cm).

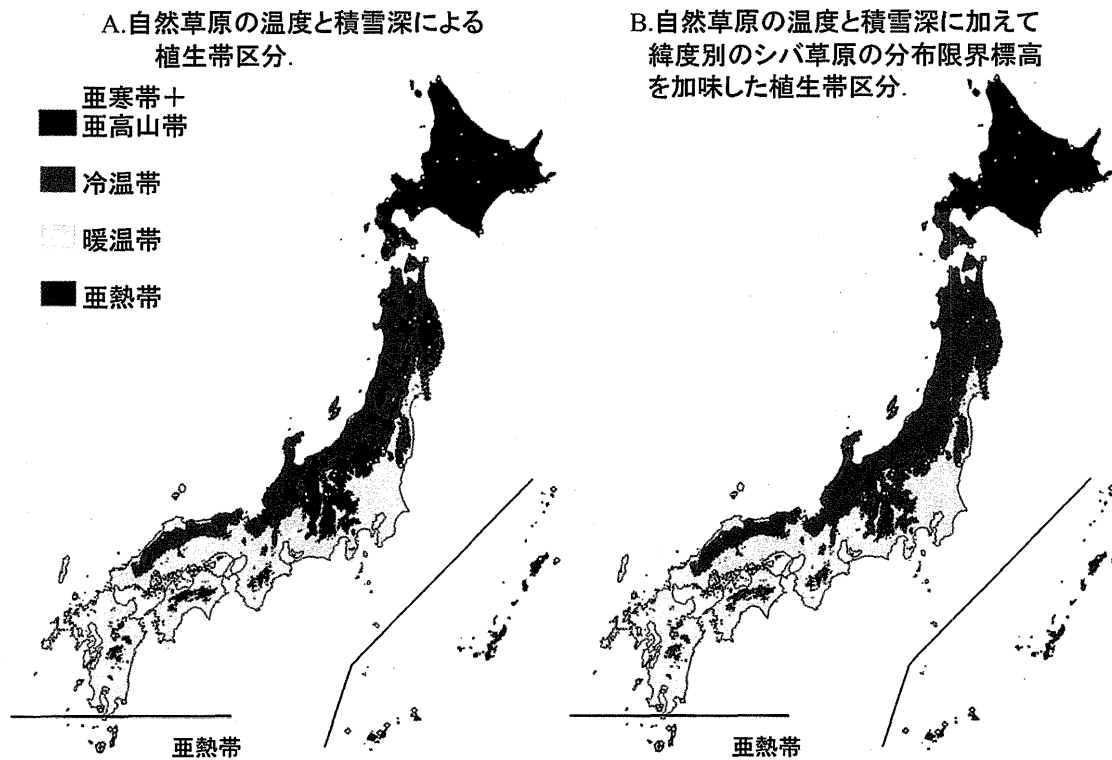


図 11. 自然草原植生と気候要因から区分した現在の日本の自然草原植生帯.

とした。

ただ、気候要因から見た日本の自然草原植生の地帯区分は、温帯域としてシバ草原の分布域を考えれば良いとする意見が多分であると推定出来る。この冷温帯域と暖温帯域を区分についての是非は議論の分かれるところと考える。しかし、外来の C_3 植物である寒地型の牧草類の適応を考える場合に、ほとんどの適地範囲が冷温帯域から亜寒帯域となるので、それらと日本の自然草原植生帯を対比する場合にも、この冷温帯域と暖温帯域の区分を検討することは必要である。

2. 日本の自然草原植生帯の区分図

今回の検討結果をメッシュマップにまとめたものが図 11-A である。これは現在の気候環境をもとに推定した日本の草原植生帯の区分図である。

なお、今回検討した現状の自然草原の植生帯区分では、高標高地については温度要因との関係が明確でないので除外してあるが、温度要因から検討すると亜寒帯草原植生帯に属するとされる部分に、冷温帯草原植生が含まれていると思われる

る。参考のために、高標高の亜寒帯（亜高山帯）草原植生帯の部分を現在分布しているシバ草原の緯度別の分布限界標高の関係から見た図7の曲線を用いて、亜寒帯草原植生帯の部分を区分し直したのが図11-Bである。これは温度要因から検討して亜寒帯（亜高山帯）草原植生帯と区分した中から、シバ草原が分布する可能性のある緯度別に500~1,600 m以下の地域で、亜寒帯（亜高山帯）草原植生帯に区分された地域を除外したものである。図11-Aと図11-Bの違いが環境要因の何によるかが、今回の検討の過程で残された研究課題の大きな一つと言える。

したがって、後述する西村ら(2001c)の温暖化の予測に用いた自然草原の植生帯の区分では、高標高地のシバ草原について温度要因との関係が明確でなく図11-Aを用いてある。このため、亜寒帯自然草原植生帯は、山地のシバ草原植生の上限付近が含まれており、現実の本州の山地帯にある亜寒帯（亜高山帯を含む）自然草原植生帯の範囲より少し大きく描かれていると言える。

キーワード：気候要因, 自然草原, 草原植生型, 草原植生帯, 半自然草地.

引用文献についてはP107~P109に一括して掲載した。