

モンゴル草本植物のフェノロジーと バイオマスの年々変動

近藤昭彦*・開発一郎**・平田昌弘***・アザヤ ドルゴスレン****

1. はじめに

モンゴル国内の気候学的勾配は非常に大きい。南北約1000kmの断面において年平均降水量は北部の約500mmから南部の50mm以下、年平均気温も北部では-8℃以下であるが南部では6℃を超える（モンゴルアトラス、1990）。このような気候学的勾配に対応するモンゴルの生態ゾーンは北部の森林から草原を経て、南部の沙漠地帯まで変遷する。近藤ほか（2002）では世界の植生帯を水依存とエネルギー依存の植生帯に区分したが、モンゴルは両者の漸移帯に位置する。21世紀に予想される気候変動や人間活動の影響を予察する場合、生態ゾーンの境界は最も脆弱な地域と考えられる。近藤・開発（2003）は衛星データと気象データを用いてモンゴル草原の植生の生育は水に強く依存することを示した。これは気候変動が降水量の変動を伴うとすると、草原植生が大きな影響を被ることを意味している。また、Yu *et al.* (2003)はゴビ沙漠周辺において近年の温暖化が春季の土壌水分の減少を促し、草原植生の芽生えを遅らせている可能性を示唆している。地球温暖化は地表面の乾燥化を通して草原植生に影響を及ぼすことになる。したがって、モンゴル草原のバイオマス（地上部現存量）、フェノロジーの年々変動とその要因解析を行うことは将来の環境変動の予察を可能にする重要な課題である。

本論ではモンゴル草原の主要構成植生である草本植物のフェノロジーとバイオマスを実測データに基づいて記載することを試みた。モンゴル国気象・水文研究所（IMH）では国内に自然環境モニターステーション（NEMS: Natural Environmental Monitoring Stations）を設置し、草本植物のフェノロジーとバイオマスに関する観測を行っている。論文執筆時点で1996年から2001年

までの全国40カ所のデータが整理できた。このデータは現在デジタルデータベース化が進められているが、データのクオリティーチェックを含めて、これまで十分な解析は行われてこなかった。本論ではこれらの貴重なデータの紹介を行うとともに、草本植物のフェノロジーおよびバイオマスの年々変動と空間分布について解析を行った結果を報告する。

2. データ

1) モンゴルの生態ゾーンと観測サイト

図1にモンゴルの生態ゾーンの分布を示す。各生態ゾーンは大きくAlpine, Taiga, Forest Steppe, Steppe, Desert Steppe, Desertの6つに区分することができ、TaigaからDesertは概ねこの順番で北から南に配列している。

本論で使用する植生データセットに含まれる40カ所の観測サイトは図1に黒丸および灰丸で示した（図2以下で使用する地点を灰丸で示す）。各サイトの詳細を表1に示すが、サイトは、TaigaおよびAlpineに含まれる地点がそれぞれ1地点であり（観測地点は草地）、残りはForest Steppeが14地点、Steppeが13地点、Desert Steppeが11地点である。なお、本論における地名のアルファベット表記はデータセットで使われているものを用いている。

2) データ項目

草本植物に関するデータは牧柵内（Fenced area）と牧柵外（Non-fenced area）について①フェノロジー（DOY: Day Of the Year）、②草丈（cm）、③状態（植生状況に基づき乾燥状況を5段階で評価した数字）、④バイオマス（100kg/ha）、の4項目について与えられている。なお、原データ中ではフェノロジーはStageとして記載されて

* 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

** 広島大学総合科学部

*** 帯広畜産大学畜産学部

**** モンゴル国気象・水文研究所

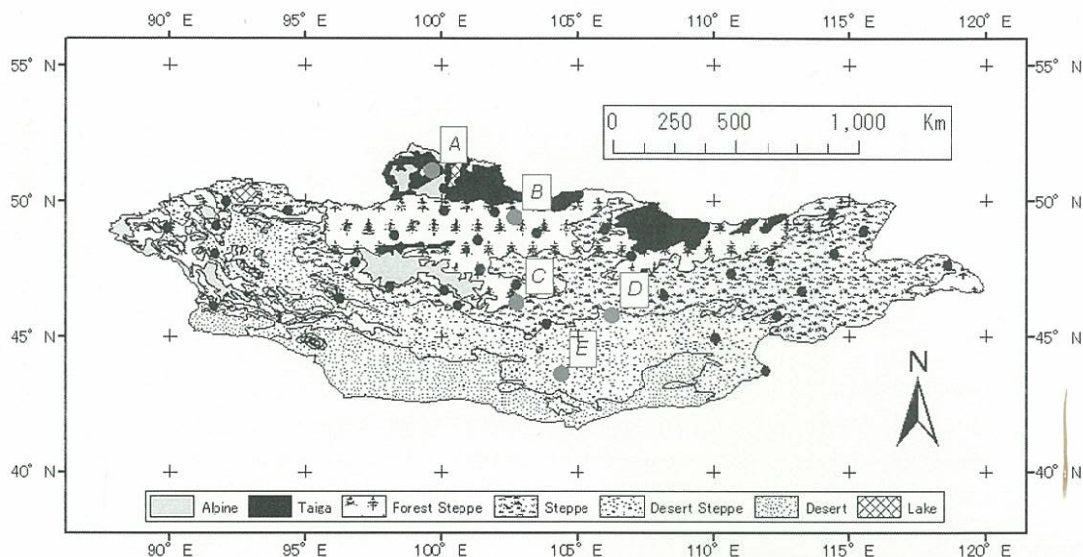


図1. モンゴル国の生態区分図. 植生観測サイトの位置を黒丸および灰丸で示す.

A: Rinchinlhumbe, B: Hutag, C: Arvaiheer, D: Mandalgovi, E: Dalanzadgad.

いる。ここで、フェノロジーは、草本植物の種類ごとに、出芽(Emergence)、分げつ(Tillering)、芽生育(Bud growth)、花芽分化(Flower bud)、出穂(Heading)、開花(Flowering)、種子散布(Seeding)、立ち枯れ(Senescence)の8項目について調べたものであり、これら各生育ステージが出現する時期をDOY (Day Of the Year) で示している。ただし、サイト、年度によってすべてのデータがそろっているわけではない。

フェノロジーと草丈については、各サイトごとに3種類程度の草本について計測が行われている。状態とバイオマスはコードラト全体の値である。表1にデータ項目と取得状況を示す。

19カ所のサイトについては土壌水分の観測値がある。土壌採取は10日ごとに行い、炉乾燥法で体積含水率を求めている。観測深度はサイト、時期によって異なるが、5cm および 10cm から 100cm については 10cm ごとに測定が行われている。

3) 観測されている草本

データセットには表2に示す18種類の草本植物が現れる。草本植物種の中で各サイトでよく観測されているのは *Stipa* spp. である。したがって、以下の解析では *Stipa* spp. を用いてフェノロジーの空間分布に対する検討を行うことになる。次いでデータセットの中の出現頻度が高い草本は、*Cleistogenes* spp., *Agropyron* spp., *Artemisia frigida*,

Carex spp. で、*Stipa* spp. を含めたこれら5種で調査40地点の観測対象となった草本植物の大部分を占めていた。

3. 解析結果

1) 代表地点におけるフェノロジーとバイオマス

まず全サイトから Hutag, Arvaiheer, Mandalgovi を選出して、データの特性に関する検討を行った。それぞれの地点の位置は図1のB, C, Dに対応している。各サイトの属する生態ゾーンはそれぞれ Forest Steppe, Steppe, Desert Steppe である。

図2に草本植物のフェノロジーを示す。ここでは、各生育ステージそれぞれについて50%が出現する時期のデータを用いて作図してある。

フェノロジーの年々変動は同一地点ではほぼ同じ挙動を示しているが、観察された草本種による違いも認められる。また、年々変動自体も大きいことが読み取れる。例えば Hutag では 1998 年の出芽時期が遅い。出芽時期を年ごとに比較すると *Stipa* spp. は 12 日、*Festuca* spp. は 20 日、*Artemisia frigida* は 36 日もの年々差が存在する。Arvaiheer では 2001 年の出芽が遅く、*Stipa* spp. で 63 日、*Allium anisopodium* で 61 日、*Agropyron* spp. で 63 日もの年々差が認められた。また、Mandalgovi では 1998 年の極めて早い出芽が特徴的であり、*Stipa* spp. で 47 日、*Allium tenuissimum* で 55 日、*Cleistogenes* spp. で 49 日も

表1. フェノロジー・バイオマスデータの観測サイトと、観測項目。

WMO Code	Name	LAT (deg.)	LON (deg.)	ALT (m)	EcoZone	Soil Moisture	Fenced Area				Non-Fenced Area			
							Stage	Height	State	Biomass	Stage	Height	State	Biomass
44203	RINCHINHUMBE	51.117	99.667	1583	Taiga	×	●	●	●	●	●	●	●	●
44207	HATGAL	50.433	100.150	1687	Alpine	×	●	●	●	●	●	●	●	●
44212	ULAAN-GOM	49.967	92.083	936	Desert Steppe	●	●	●	●	●	●	●	●	×
44213	BARUUNTURUUN	49.650	94.400	1232	Steppe	×	●	●	●	●	●	●	●	●
44214	UIGI	48.967	89.967	1730	Forest Steppe	×	●	●	●	●	×	×	×	×
44215	OMNO-GOBI	49.100	91.717	1591	Desert Steppe	×	●	●	●	×	●	●	●	×
44218	HOVD	48.017	91.650	1406	Desert Steppe	●	●	●	●	×	●	●	●	●
44225	TOSONTSENGEL	48.733	98.283	1723	Forest Steppe	×	●	●	●	●	●	●	●	●
44230	TARIALAN	49.617	102.000	1236	Forest Steppe	●	●	●	●	●	●	●	●	●
44231	MUREN	49.633	100.167	1288	Forest Steppe	●	●	●	●	●	●	●	●	●
44232	HUTAG	49.383	102.700	949	Forest Steppe	●	●	●	●	●	●	●	●	●
44237	ERDENEMANDAL	48.533	101.383	1510	Forest Steppe	×	●	●	●	●	●	●	●	●
44239	BULGAN	48.800	103.550	1210	Forest Steppe	●	●	●	●	●	●	●	●	●
44241	BARUUNKHARAA	48.917	106.067	807	Steppe	●	●	●	●	●	●	●	●	●
44256	DASHBALBAR	49.550	114.400	705	Steppe	×	●	●	●	●	●	●	●	●
44259	CHOIBALSAN	48.067	114.500	756	Steppe	●	●	●	●	●	×	×	×	×
44265	BAITAG	46.117	91.633	1186	Desert Steppe	×	●	●	●	×	●	●	●	×
44272	ULIASTAI	47.750	96.850	1753	Forest Steppe	●	●	●	●	●	●	●	●	×
44275	BAYANBULAG	46.833	98.083	2255	Forest Steppe	×	●	●	●	●	●	●	●	●
44277	ALTAI	46.400	96.250	2147	Forest Steppe	●	●	●	●	●	×	×	×	×
44282	TSETSERLEG	47.450	101.467	1712	Forest Steppe	●	●	●	●	●	●	●	●	●
44284	GAIUUT	46.700	100.133	2117	Steppe	×	●	●	●	●	●	●	●	●
44285	HUIJIRT	46.900	102.767	1675	Forest Steppe	×	●	●	●	●	●	●	●	●
44287	BAYANHONGOR	46.133	100.683	1879	Steppe	●	●	●	●	●	×	×	×	×
44288	ARVAIHEER	46.267	102.783	1832	Steppe	●	●	●	●	●	×	×	×	×
44292	ULAAN-BAATOR	47.933	106.983	1316	Forest Steppe	×	×	×	×	×	×	×	×	×
44294	MAANTI	47.300	107.483	1439	Steppe	●	×	×	×	×	●	●	●	●
44298	CHOIR	46.450	108.217	1285	Steppe	×	●	●	●	●	●	●	●	●
44302	BAYAN-OVOO	47.783	112.117	926	Steppe	×	●	●	●	●	●	●	●	●
44304	UNDERKHAAN	47.317	110.667	1029	Steppe	●	●	●	●	●	●	●	●	●
44305	BARUUN-URT	46.683	113.283	986	Steppe	●	●	●	●	●	×	●	×	×
44313	KHALKH-GOL	47.617	118.617	688	Forest Steppe	×	●	●	●	●	●	●	●	●
44314	MATAD	48.867	115.583	911	Steppe	×	●	●	●	●	●	●	●	●
44336	SAIKHAN-OVOO	45.450	103.900	1329	Desert Steppe	×	●	●	●	●	●	●	●	●
44341	MANDALGOVI	45.767	106.283	1398	Desert Steppe	●	●	●	●	●	●	●	●	●
44347	TSOGT-OVOO	44.417	105.317	1298	Desert Steppe	×	●	●	●	●	●	●	●	●
44352	BAYANDELGER	45.733	112.367	1096	Desert Steppe	×	●	●	●	●	●	●	●	●
44354	SAINSHAND	44.900	110.117	936	Desert Steppe	●	●	●	●	●	●	×	×	×
44358	ZAMYN-UUD	43.733	111.900	962	Desert Steppe	×	●	●	●	●	×	●	●	●
44373	DALANZADGAD	43.583	104.417	1470	Desert Steppe	●	●	●	●	●	●	●	●	●

の年々差が存在する。

図3には南北方向に配列するように選択したサイトにおける出芽(50%)の出現日を示した。モンゴル国内で比較的高緯度に位置するRinchinlhumbe(図1のA)やHutag(図1のB)では年々の変動は相対的に小さいのに対して、南部のDesert Steppeに位置するMandalgovi(図1のD)やDalanzadgad(図1のE)では年々変動が

大きい。また、降水量が多い北部は、より降水量の少ない南部より出芽時期が早いわけではないこともわかる。1998年には出芽時期がDOY130前後に集中している。

図4に生育期間の長さを示す。ここで生育期間は出芽時期(10%)と立ち枯れ時期(10%)の差として計算した。生育期間でも年々変動が大きいこと、またその変動が地点によって異なることが明らかである。生育期間の

表2. データセットに出現する草本植物.

名称	和名
<i>Poa</i> spp.	イネ科イチゴツナギ属
<i>Stipa</i> spp.	イネ科ハネガヤ属
<i>Festuca</i> spp.	イネ科ウシノケガサ属
<i>Cleistogenes</i> spp.	イネ科チョウセンガリヤス属
<i>Agropyron</i> spp.	イネ科カモジグサ属
<i>Koeleria</i> spp.	イネ科ミノボロ属
<i>Elytrigia</i> spp.	イネ科エリトリギア属
<i>Hippuris</i> spp.	スギナモ科スギナモ属
<i>Allium tenuissimum</i>	ユリ科ネギ属
<i>Allium mongolicum</i>	ユリ科ネギ属
<i>Allium anisopodium</i>	ユリ科ネギ属
<i>Allium senescens</i>	ユリ科ネギ属
<i>Carex</i> spp.	カヤツリグサ科スゲ属
<i>Artemisia</i> spp.	キク科ヨモギ属
<i>Artemisia frigida</i>	キク科ヨモギ属
<i>Nanophyton erinocent</i>	アカザ科ナノフィトン属
<i>Ananbasis</i> spp.	アカザ科アナバシス属
<i>Salsola passerina</i>	アカザ科オカヒジキ属

年々の変動幅は最大75日程度にも達している。

図5には1996年から2001年の各地点における牧柵内のバイオマス(100kg/ha)の季節変動を年ごとに示す。初夏から夏にかけて徐々にバイオマスは増加するが、

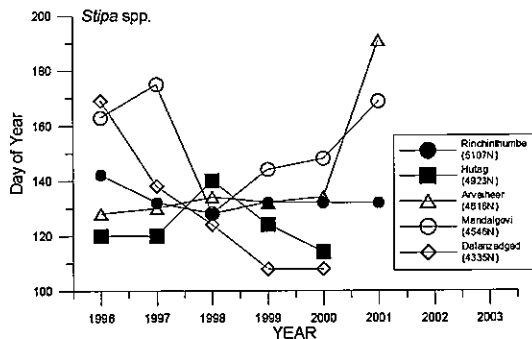


図3. 南北に配列した観測地点における *Stipa* spp. の50%出芽時期.

年々変動は非常に大きく、Hutagでは観測期間の最大と最小のバイオマスでほぼ二倍の開きがある。また、Hutagで出芽が遅れた1998年は初夏のバイオマスが小さいことが読み取れる。また、最大バイオマスはほぼ北から南に向かって減少することがわかる。

図6に図5と同じ南北方向についてDOY236の牧柵内のバイオマスを示す。DOY236は8月23日もしくは8月24日に当たり、概ねバイオマスが最も大きい時期に対応する。図からモンゴル北部でバイオマスが大きく、南に向かって小さくなっていることが認められるが、その年々変動も大きいことがわかる。

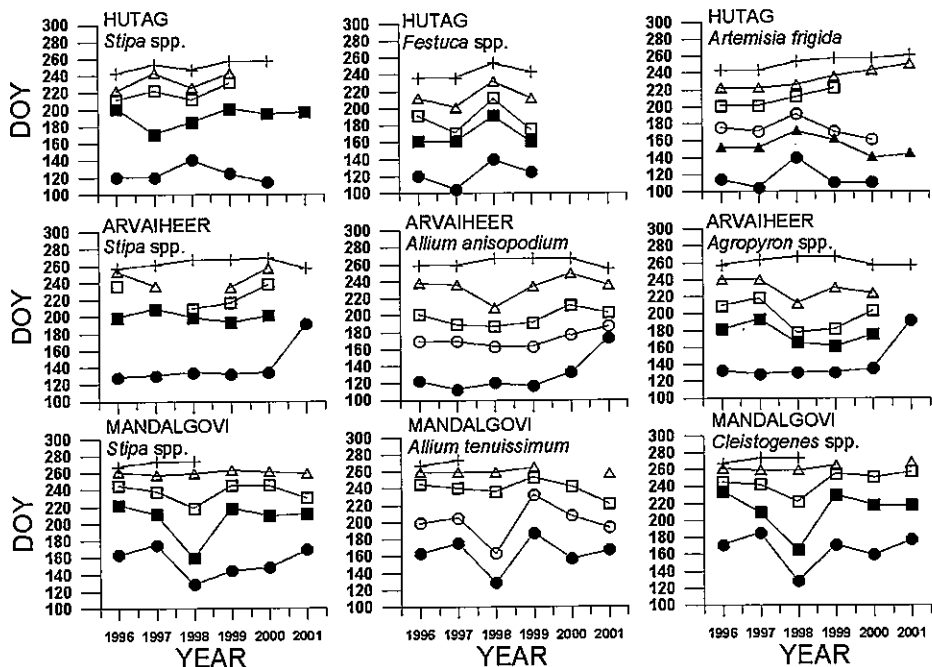


図2. Hutag, Arvaiheer, Mandalgoviにおける3種類の草本植物のフェノロジー。
●: 出芽, ■: 分けつ, ▲: 芽生育, ○: 出穂, □: 開花, △: 種子散布, +: 立ち枯れ

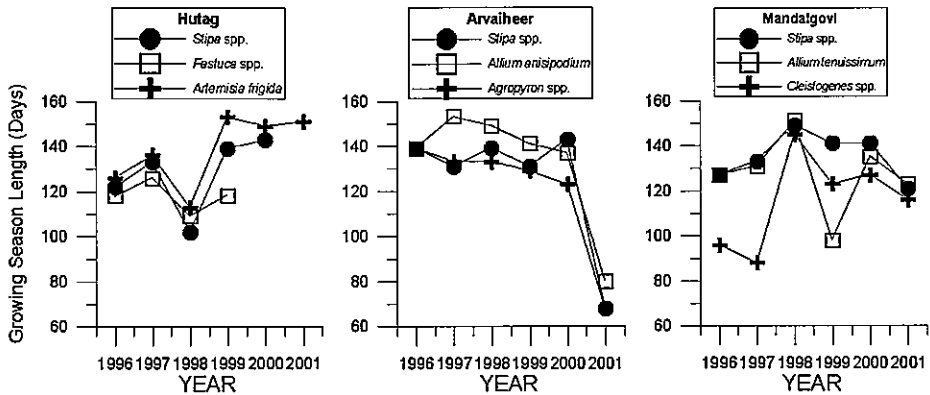


図4. Hutag, Arvaiheer, Mandalgoviにおける生育期間の長さ(日数)。

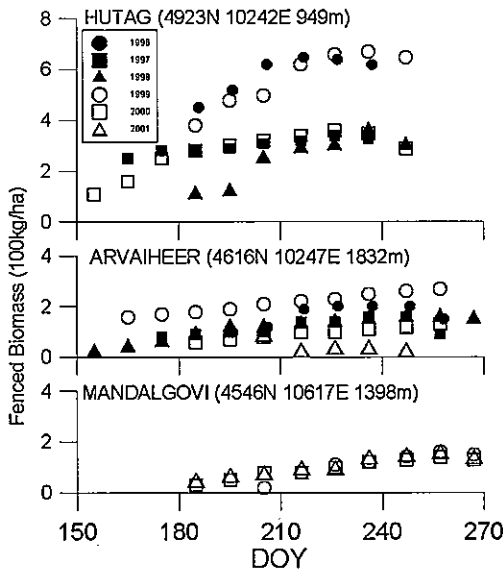


図5. Hutag, Arvaiheer, Mandalgoviにおける牧場内バイオマスの季節変化。

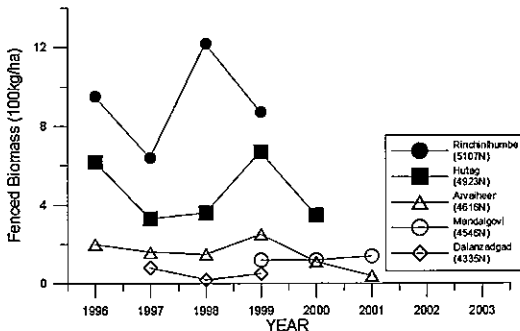


図6. 南北に配列した観測サイトにおける DOY236 (8月下旬)におけるバイオマス。

図7には各地点の土壤水分変動を示した。10日ごとに土壌を採取し、炉乾法で計測された値であり、横軸の月名に続く数字はそれぞれ第1旬、第2旬、第3旬の意味である。図では4深度(5, 20, 40, 100 cm)の観測値について図示してあるが、すべての深度のデータが揃っているわけではない。

5cmと100cmの値の比較では日本のように下層ほど土壤水分が高いといった一般の傾向はなく、表層の土壤水分が高い場合もある。これは10日ごとの観測であるため、降水イベントとのタイミングも関わっていると考えられる。季節変化は各深度とも比較的揃っており、図に示していない他の地点も参照すると、少なくとも100cmまでは土壤水分の動きがあることを示している。これは地下水涵養を考える場合に重要な情報を与える。もし、ゼロフラックス面が100cmより浅ければ、実質的な地下水涵養を推定することができる。

土壤水分の年々変動も認めることができるが、季節変動の振幅が大きい。短い解析期間ではトレンドを認めることはできなかった。

2) フェノロジーとバイオマスの空間分布

図8にはデータ数の最も多い *Stipa* spp. について各年の出芽時期(50%)の分布を示した。1996年が全国的に出芽が遅いことが認められる。日本列島の春期の様な方向性を持った明瞭な季節の進行は認められず、出芽時期の空間分布の特徴は年ごとに大きく変化する。

図9に8月後半(DOY237)のバイオマスの分布を示す。明瞭な分布ではないが、北部と東部にバイオマスが多い地点が認められ、モンゴル中南部の Desert Steppe および Desert 地帯では少なくなっている。当然ではあるがバイオマスの分布は図1に示した生態ゾーンと概ね

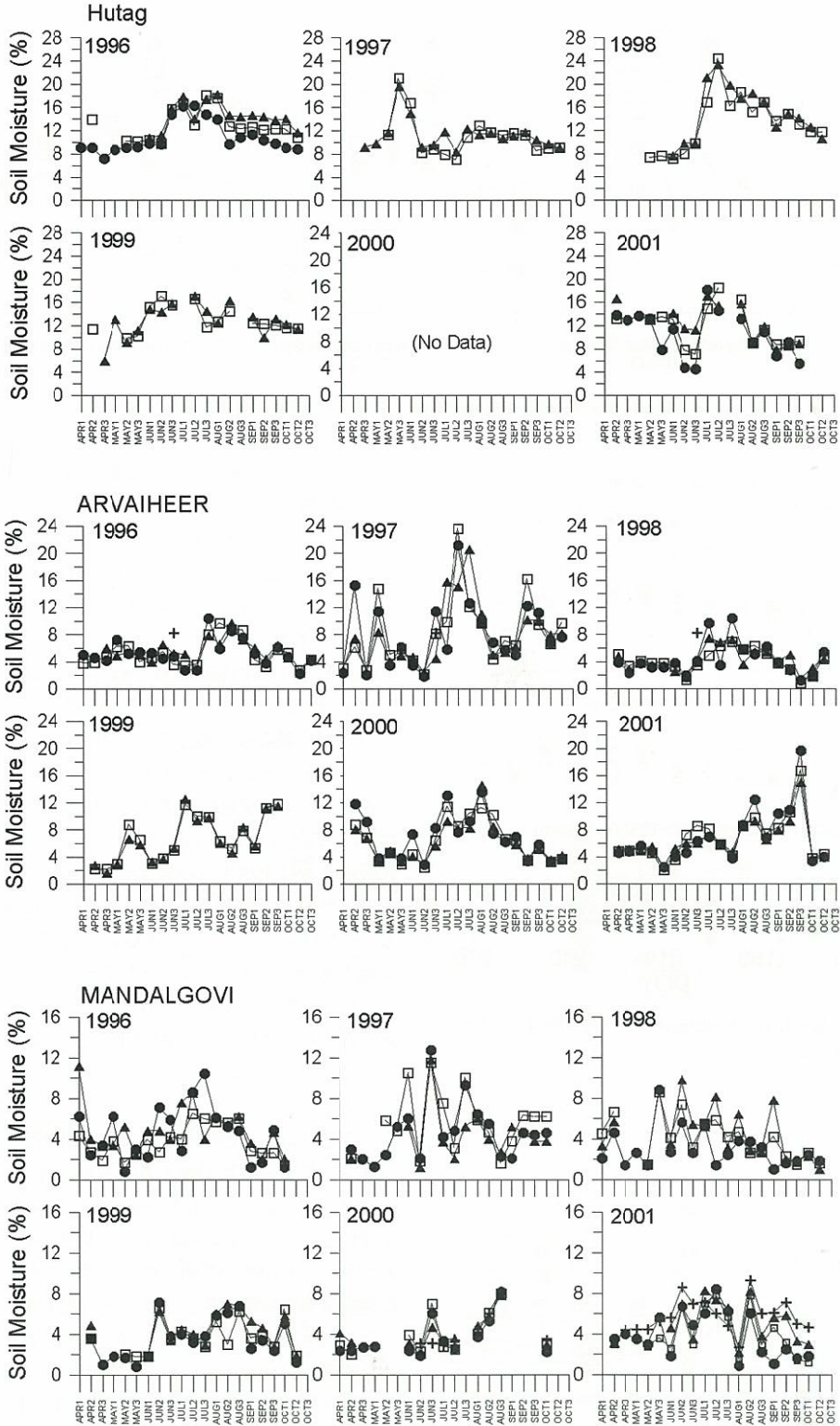


図7. Hutag, Arvaiheer, Mandalgoviにおける土壌水分.

● : 5cm, □ : 20cm, ▲ : 40cm, + : 100cm

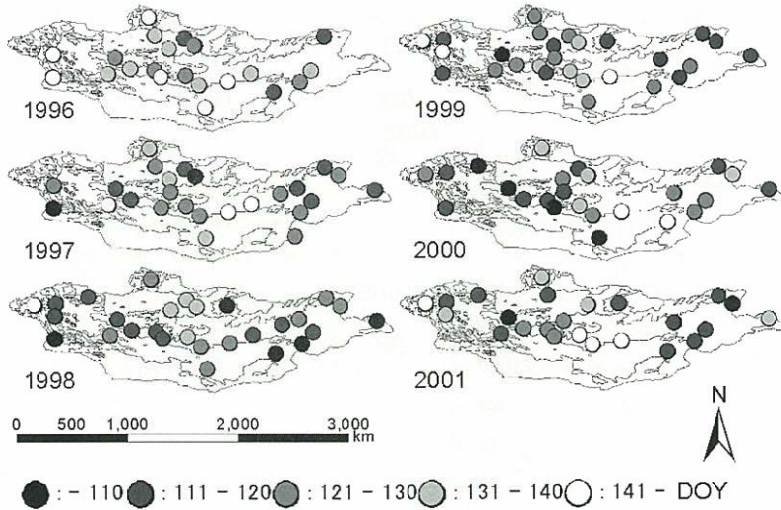


図8. *Stipa* spp. の50%出芽時期の空間分布.

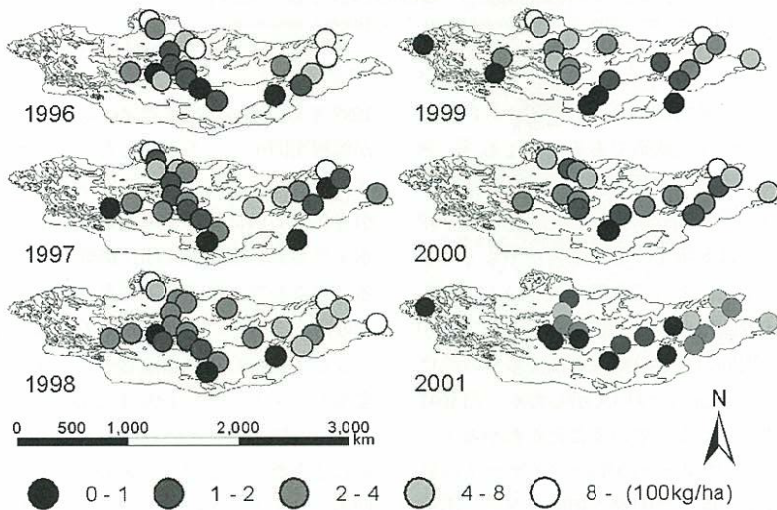


図9. DOY237における牧場内バイオマスの空間分布.

一致している。

バイオマスの最大値は Bulgan (Forest Steppe) の $19.4 \times 10^3 \text{kg/ha}$ (1996年) であり、 $10 \times 10^3 \text{kg/ha}$ 以上のバイオマスが記録されている地点は Rinchinlumbe (Taiga, 1998, 1999年), Muren (Forest Steppe, 1999年), Dashbalbar (Steppe, 1996, 1999, 2000年), Choibalsan (Steppe, 1996年), Khalkh-Gol (Forest Steppe, 1996, 1998年) の各地点であり、これらの地点はいずれもモンゴル北部および東部に位置している。なお、各サイトの位置は表1の緯度経度を参照されたい。

年々の変動が最も大きな地点は前記の Bulgan であり、

最大年と最小年のバイオマスの差は $14.8 \times 10^3 \text{kg/ha}$ に達する。Khalkh-Golでも変動の幅は $11.7 \times 10^3 \text{kg/ha}$ であり、バイオマスの大きな地点は年々の変動量も大きいと言える。ただし、年々の変動の比(年々変動の幅/最大バイオマス)で見ると Desert Steppe および Desert 地帯で大きくなっている。例えば、モンゴル南部の Dalanzadgad および Tsogt-Ovoo では比はそれぞれ 0.95, 0.91 となっている。なお、Steppe に位置する中部の Bayanhongor と東部の Choibalsan でも比の値はそれぞれ 0.96, 0.91 となっている。モンゴル東部の Choibalsan は良好な年のバイオマスは極めて多いが、変動も大きいことを示してい

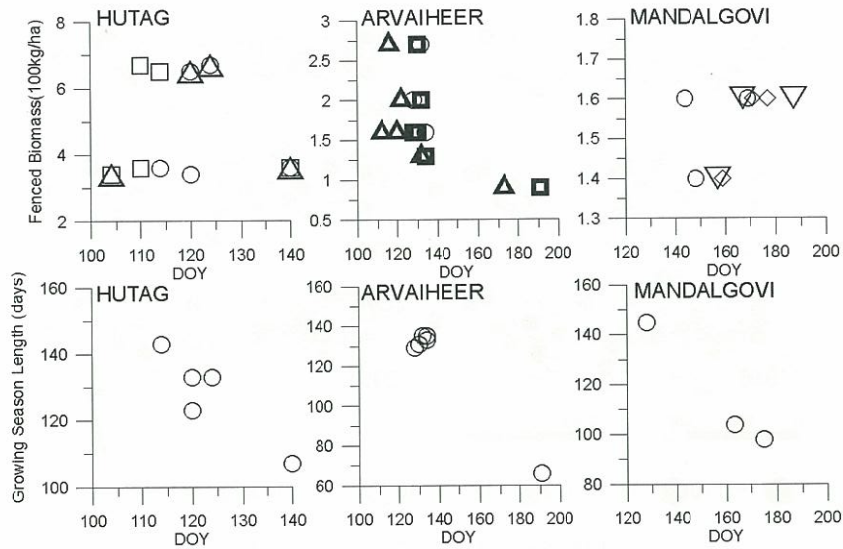


図10. 出芽時期 (DOY) とその年の最大バイオマス (上段), および生育期間の長さ (下段) との関係。
 ○ : *Stipa* spp., △ : *Festuca* spp., □ : *Artemisia frigida*, ▽ : *Allium anisopodium*,
 □ : *Agropyron* spp., ◇ : *Cleistogenes* spp., ◊ : *Allium tenuissimum*.

る。いずれにせよ、草本植物は年々のバイオマスの変動が極めて大きい、不安定な生態系であると言える。

モンゴル北部からシベリア地域に分布する北方林 (Taiga) では近年の植生の生育の活発化が衛星により認められているが、それは温暖化により融雪が早まったことによる生育期間の増加によって説明されている (例えば、Myneni *et al.*, 1997; Zhou *et al.*, 2001)。そこで、図10下に出芽時期と生育期間の長さの関係を最も多くの地点で観測されている *Stipa* spp. について示したが、出芽時期が早いと生育期間も長くなっていることがわかる。ところが、図10上の出芽時期とその年のバイオマスの最大値との関係では両者の間には明瞭な相関はなく、出芽が早い、すなわち少なくとも草本植物においては生育期間の長期化が最大バイオマスの増加にはつながらないことを示している。

4. 要因解析

前章の3つのサイトにおける記載に基づき、フェノロジー、バイオマスの年々変動の要因について解析を試みた。

Hutag では1998年の出芽が特に遅かった。図7で春期の土壌水分量を比較すると、1998年が少ない。1998年は6月までは土壌水分は8%前後の低いレベルを保ち、それは図5における春期の生育の遅れに対応する。一方、

1997年は *Festuca* spp. と *Artemisia* spp. については出芽が解析期間中で一番早かった。この年は5月初旬の土壌水分が高くなっており、このことが1997年の早い出芽を引き起こしたと考えることができる。これは春期の土壌水分の多寡が出芽の時期に影響していることを示している。すなわち、気温が高くなり始めた時期のまとまった量の降水が出芽の時期を決めていると言える。

なお、出芽の早かった1997年であるが、図5によると夏期のバイオマスは1998年と同レベルにある。図7でわかるように、1997年の夏期の土壌水分量は他の年度と比較して少ない。夏期の土壌水分不足により、生育期間の増加がバイオマスの増加に結びつかなかったと考えられる。

Hutag でバイオマスの最大値が大きな年は1996年と1999年であるが、図5によると現存量が最大値に達するのは8~9月であり、この時期まで草本植物は生育を続ける。1996年と1999年は7月に土壌水分が16%に達しており、これが良好な成長を促したと考えられる。

Arvaiheer では2001年の出芽時期が極端に遅いが、土壌水分は5月まで5%以下であり、6月に入っても8%以下である。この年は乾燥が出芽を遅らせたと考えられるが、1996年、1998年も春期の土壌水分は4%程度である。今回使用したデータでは表すことができないより短い時間スケールの土壌水分あるいは降水の量とタイミングが出芽を引き起こす要因となっているかもしれないが今後

の検討課題である。

また、図5から読み取れるように、1999年のバイオマスが若干多いが、この年は5月の土壌水分が比較的高く、6月は多少乾燥するが、7月に適度な土壌水分があることが関連していると思われる。

Mandalgoviでは1998年の出芽が他年度に比較して早い、この年は5月の土壌水分が2%程度と低い、4月中旬に高い時期がある。出芽の時期は4月下旬から5月上旬であったことから、発芽に必要な水分条件が整えられたことが出芽を促したと考えられる。

以上の結果からは草原植生の出芽時期は春期の降水量によって決まり、その後の生育は適度の土壌水分、あるいは降水量が維持されることが重要であるといえる。ただし、図2に示されているようにフェノロジーは同じ場所でも種によって異なる。草本植物の生理特性も考慮に入れて出芽時期を分析する必要がある。図10で示した生育期間の長期化がバイオマスの増加に単純に結びつかないように、モンゴルの草本植物は気温、降水量およびそのタイミングにより生育に影響を受けやすい生態系であると言える。

5. まとめ

モンゴル国気象・水文研究所が実施しているフェノロジーモニタリングデータを用いて草原植生のフェノロジーとバイオマスの季節変化、年々変動に関する記載を行った。1996年から2001年の40カ所の観測サイトのデータを解析した結果、以下の諸点が明らかとなった。

- ・フェノロジーの年々変動が認められること。その変動の大きさは出芽の時期で60日以上、生育期間で75日にも及ぶことがあり、草本植物の種類によっても異なる。
- ・フェノロジーの空間分布があること。出芽のタイミングは全国的に規則性があるわけではなく、各地域での年ごとの違いが大きい。
- ・バイオマスの空間分布は概ね生態ゾーンと対応しており、モンゴル北部および東部で大きく、南部のゴビでは小さい。
- ・バイオマスの年々変動も大きい。北部ではバイオマスの絶対量の年々変動が大きい、南部のDesert Steppeおよびゴビ地帯では観測期間の最大バイオマスに対する割合が高く、90%以上の変動を示す地域もある。
- ・フェノロジーは土壌水分の状態と密接な関連がある。特に生育初期の水分条件により、出芽の時期が決ま

り、その後のバイオマスは土壌水分の状態が影響する。北方林と異なり、草原植生では生育期間の増加はバイオマスの増加に単純には結びつかず、気温、降水量およびそのタイミングによって複雑な影響を受ける。

以上の解析結果はモンゴルの草本植物が水依存の生育タイプを持ち、気候変動、特に時空間変動の大きい降水量による影響を強く受けることから、年々の気候変動の影響を強く受けることを意味している。これは乾燥地域の草本植生に共通することではあるが、本論では実測データに基づき詳細な記載を行うことができた。

本論で明らかになったフェノロジーの大きな年々変動は、それが現在利用可能な衛星リモートセンシングで検出可能であることも同時に示している。例えば、NOAA衛星搭載のAVHRRセンサーやSPOT衛星のVEGETATIONセンサーによる画像は10日単位のデータが利用可能であり、十分にモンゴルの草本植生のフェノロジーの年々変動を捉えることができる。次の段階では衛星リモートセンシングを利用することにより、地点観測の結果を広域に拡張し、モンゴルの草本植生に関する時空間解析を行う予定である。

謝辞

本研究はJAXA(宇宙航空研究開発機構)のADEOS-IIモンゴル高原実験プロジェクト(AMPEX)の一環として行われ、JAXAの支援および科学研究費基盤研究(C)13838009(代表:開発一郎)の一部を使用して行われた。

引用文献

- 近藤昭彦・建石隆太郎・ルンツヌウ エレオノラ・朴 鐘杰(2002): 植生活動と気候変動、大気CO₂濃度との関係。「水文・水資源学会誌」15, 128-138.
- 近藤昭彦・開発一郎(2003): モンゴルにおける植生変動と気候変動の関係に関する予察的研究。「沙漠研究」13, 147-151.
- モンゴル科学アカデミー・ソビエト連邦科学アカデミー(1990): 【モンゴルナショナルアトラス】モスクワ, 144pp. (ロシア語)
- Myneni, R.B., Keeling, C.D., Tucker, C.J., Asrar, G. and Nemani, R.R. (1997): Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981-1991. *Nature*, 386, 698-702.
- Yu, F., Kevin P. Price, Ellis, J. and Shi, P. (2003): Response of seasonal vegetation development to climatic variation in eastern central Asia. *Remote Sensing of Environment*, 87, 42-54.
- Zhou, L., Tucker, C.J., Kaufmann, R.K., Slayback, D., Shabanov, N.V. and Myneni, R.B. (2001): Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999. *J. Geophys. Res.*, 106, D17, 20069-20083.

Interannual Variation of Phenology and Biomass in Mongolian Herbaceous Vegetation

KONDOH Akihiko*, KAIHOTSU Ichiro** and HIRATA Masahiro***, DORGORSUREN Azzaya****

This paper attempts to describe seasonal and interannual changes of phenology and biomass in grassland vegetation in Mongolia. The observation has been made at Natural Environmental Monitoring Stations(NEMS) operated by Institute of Meteorology and Hydrology(IMH), Mongolia. This is the first time to compile for 40 stations during 1996 to 2001.

Observational data on grassland vegetation reveal that there are large interannual and spatial variation in vegetation phenology and biomass. The difference between maximum and minimum reaches 60 days in emergence date, and 75 days in growing season length. There is different spatial distribution in each phenological stages depending on the year. For example, the timing of emergence has no regular pattern and interannual variation is large. The amount of biomass is large in northern part and small in southern region almost correspond with ecological zonation, however, interannual variation is large especially in southern desert steppe and Gobi region.

Phenology has close relationship to soil moisture. Soil moisture status in early growing stage determine the timing of emergence, and soil moisture afterwards affects the amount of biomass. The increase in the length of growing season does not directly connect to the increase in biomass. The biomass is affected by the amount and timing of precipitation in a short time scale.

These results mean that Mongolian grassland vegetation has water-limited growing type, and affected by precipitation that has large spatial and temporal variations. Although this is common in arid land vegetation, grassland vegetation is vulnerable to climatic variation expected during this century.

Key Words: Mongolia, grassland vegetation, phenology, biomass

* Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University. 263-8522 Japan.

** Department of Natural Environmental Sciences, Sougoukagaku-bu, Hiroshima University. 739-8521 Japan.

*** Department of Agro-Environmental Science, School of Agriculture, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine. 080-8555 Japan.

**** Institute of Meteorology and Hydrology, Ulaanbaator, Mongolia.