

B-9 地球の温暖化が植物に及ぼす影響の解明に関する研究

(1) 自然植生の分布への影響の解明および予測に関する研究

研究代表者 国立環境研究所 大政謙次

環境庁 国立環境研究所

地球環境研究グループ 温暖化影響・対策研究チーム

森田恒幸・増田啓子・

甲斐沼美紀子

水圏環境部

土壌環境研究室

恒川篤史

生物圏環境部

環境植物研究室

大政謙次・名取俊樹

清水英幸・戸部和夫

分子生物学研究室

田中浄

(委託先)

東京大学

大場秀章

平成2年度～平成4年度合計予算額 33,340千円

[要旨]

地球温暖化が日本の自然植生の分布へ及ぼす影響を解明することを目的として、以下のような研究をおこなった。①日本の植生分布をクラスレベルおよびオーダー～群団レベルのふたつのレベルでモデル化し、温暖化による分布シフトを予測した。また種レベルの分布シフトを予測するためのデータベースを開発し解析をおこなった。②温暖化による生物季節の変化を予測するシミュレーションモデルを開発し、分析をおこなった。すなわち、ソメイヨシノ、ウメ、ツバキ、タンポポ、ヤマツツジ、ノダフジなどの開花日・発芽日・紅葉日・落葉日と月平均気象条件（月平均気温・降水量・日照時間・月最高気温・月最低気温・湿度など）との相関関係を解明し、温暖化による生物季節の変化を予測した。③日本国内に分布南限域をもつオンタデを対象にして高温条件が乾物成長および花芽形成に及ぼす影響を生育実験によりあきらかにし、さらに分布南限域（富士山）におけるオンタデの生育条件および高温の影響を解明した。④温暖化の直接の影響を受ける温帯性植物種の分布南限地域での分布動態観測の基礎となる分布の現状を調査した。またそれらの個体群を中心に分類学的な検討をおこなった。これらの結果は温帯種の南限分布データファイルとしてまとめた。⑤二酸化炭素濃度の増加とオゾン濃度の上昇による複合影響に関する実験をおこなった。

[キーワード]

分布シフト、複合影響、生物季節、南限、自然植生

1. 序

植物にとって「地球温暖化」とは、単に温度の上昇を意味するばかりでなく、二酸化炭素濃度の上昇、乾燥化、日射条件の変化などの複合的な環境条件の変化を意味す

る。そしてそれらが、植物の光合成、呼吸、代謝、植物ホルモンの精製などの生理生態反応に影響を及ぼし、植生の分布域の変化や、多くの植物種の絶滅をまねく恐れがある。植生の衰退や破壊は植物に依存する昆虫や鳥類、動物類に影響を与え、生態系のバランスを崩し、ひいては人間の生存基盤をおびやかすことにもなりかねない。したがって、植物の生理・生態と気候条件とのかかわりに関する基礎的な研究をすすめ、さらに地球温暖化の植物に及ぼす影響を的確に予測することが必要である。この一連の研究によって得られた成果は、植物の被害を未然に見積もる根拠となるとともに、植物やそれを取りまく生態系の保全のために必要な対策を施す上での基礎となる。

2. 研究目的

自然植生を構成する植物は、温暖化にともなう気温および二酸化炭素濃度の上昇、降水パターンの変化、乾燥化などの複合環境変動に対して、種々の生育ステージで全く異なる影響を受け、結果として、個々の生存のバランスを崩し、植生分布の変化をもたらすと予想される。そこで、わが国の自然植生で、温暖化の影響がもっとも顕著にあらわれると予想される南限種や、各植生帯を代表する種について、(1) 生息地域での現地調査、(2) 既存の植生・気候情報や数値地理情報の解析、(3) 実験施設を用いた複合影響実験などをおこなう。さらにこの成果にもとづき、種々の生育ステージでの温暖化にともなう複合影響の解明と、植物生理生態影響モデルおよび植生分布影響モデルの構築をおこなう。最終的には、温暖化による個体レベルでの植物影響の予測、植生分布の変化の予測、温暖化指標による診断などをおこなう。

3. 本研究により得られた成果

(1) 自然植生の分布シフトに関する予測

日本列島の森林帯は、通常、高山帯、亜高山帯、冷温帯、暖温帯、亜熱帯に区分される。これらの森林帯は、植物社会学的にはおおむねクラス域に相当し、さらにオーダー、群団などの下位単位に区分されている。初年度は、クラスレベルの植生分布を推定するモデルを作成し、それをもとに地球温暖化にともなう分布シフトを予測した。第二年度はさらにオーダーから群団に相当するレベルの植生分布を説明するモデルを構築し、分布シフトを予測した。第三年度は「植物種」の分布を対象として分析をおこなった。

1) クラスレベルの分布シフト

地球規模の気候状態を、緯度にほぼ平行な帯状の地域に区分したものを気候帯とよぶ。この気候帯によく対応する植物（植物群落）の分布域により区分された地域が植生帯である。南北に長く、湿潤な地域が連続している日本列島は、おもに温度条件によって変化する、亜寒帯から亜熱帯にわたる森林植生帯を有している。

ここでは、四つの主要な植生帯、すなわち亜熱帯、暖温帯、冷温帯、および寒帯・亜寒帯の分布を説明するモデルを、数値地理情報を用いて開発し、そのモデルを用いて1℃の上昇に対応した植生帯を推定した。

方法としては、まず、残存自然植生とその気候条件との関係を説明するモデルを構

築し、そのモデルの気候パラメータを変化させることにより予測をおこなった。用いたデータは、日本の国土全域をほぼ1km×1kmのグリッドセルでおおう、ラスタタイプデータである（標準地域メッシュコード体系準拠）。植生のデータは環境庁の第2・3回自然環境保全基礎調査によって作成された「全国植生データ」を用いた。気候条件のデータは、気象庁から提供されているメッシュ気候値の気温ファイルと降水量ファイルを用いた。

得られた結果は以下のようである。

a) ステップワイズ判別分析の結果、九つの気候要因（年平均気温、最暖月平均気温、最寒月平均気温、暖かさの指数、寒さの指数、年降水量、暖候期降水量、寒候期降水量、寒候期最大積雪深）のうち、暖かさの指数が、気候条件と植生との対応をもっともよく示していた。

b) 暖かさの指数を説明変数、各植生帯を目的変数としたモデルを、多項ロジットモデルと判別分析の両者を用いて作成した。両者の結果を比較すると、多項ロジットモデルの方がより正確に対応関係をあらわしていた。

c) 多項ロジットモデルによる結果をもとに、1℃の上昇による潜在的な植生帯を推定した。年平均気温1℃の上昇は来世紀前半に予測されているが、とくに現在の植生帯とずれる地域では、生態系になんらかの変化が生じる可能性が高い。

2) オーダー～群団レベルの分布シフト

「全国植生データ」を用いて日本の植物群落を以下の八つにグルーピングした。すなわちコケモモ・ハイマツオーダー（高山帯・寒帯植生）、シラビソ・トウヒオーダー（亜高山帯植生）、チシマザサ・ブナ群団（オオバボダイジュ・ミズナラ群落など北海道型冷温帯植生）、チシマザサ・ブナ群団（日本海型冷温帯植生）、スズタケ・ブナ群団（太平洋型冷温帯植生）、シキミ・アカガシオーダー（内陸型暖温帯植生）、イブセンリョウ・スダジイ群団（沿岸型暖温帯植生）、ボチョウジ・スダジイ群団（亜熱帯植生）である。

方法としては、1と同様に、残存自然植生とその気候条件との関係を説明するモデルを構築し、そのモデルの気候パラメータを変化させることにより予測をおこなった。モデルとしてはファジーモデルとロジットモデルのふたつのタイプのモデルを試みた。

ふたつのモデルを比較した結果、ファジーモデルに比べてロジットモデルの方が的中率が高かった。また、予測された植生の分布を比較した結果からもロジットモデルの方がすぐれていた。そこで、ロジットモデルの気候パラメータを変化させることにより、分布シフトの予測をおこなった。条件としては、年平均気温1℃上昇、2℃上昇、3℃上昇の3通りについて試みた（表1、図1）。その結果、年平均気温1℃上昇によって、全国379,611メッシュのうち、約23%に相当する86,565メッシュで現在の植生分類とは異なる植生分類に推定されることがわかった。

3) 種レベルの解析

植生分布を種レベルで解析するために、まず既存の植生資料のデータベース化にとりくんだ。このデータベースは以下のような3種類のデータファイルにより構成されている。a) 植生調査表データファイル：環境庁の自然環境保全基礎調査の資料デ

表1 年平均気温1℃上昇が植生分布に及ぼす影響の予測。残存自然植生とその気候条件との関係を説明するモデルを構築し、気候パラメータを変化させることにより影響を予測した。各カラム上段は3次メッシュ(約1km×1km)の頻度、下段は各行における構成比(%)、丸数字は植生分類をあらわし、それぞれ①コケモ-ハイマツ-ダ- (高山帯・寒帯植生)、②シラ-ソ-トウヒ-ダ- (亜高山帯植生)、③チマサ-サ-フナ群団Ⅰ (オハ-オ-ダ-イ-ミ-ナ-群落など北海道型冷温帯植生)、④チマサ-サ-フナ群団Ⅱ (日本海型冷温帯植生)、⑤ス-タ-フナ群団 (太平洋型冷温帯植生)、⑥シキ-ア-カ-シ-ダ- (内陸型暖温帯植生)、⑦イ-シ-ンリョウ-ス-ジ-イ群団 (沿岸型暖温帯植生)、⑧オ-チョウジ-ス-ジ-イ群団 (亜熱帯植生)である。

		年平均気温 1℃上昇を仮定した場合の推定								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	計
推定された現在の自然植生	①	226 41.4	272 49.8	0 0.00	48 8.8	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	546 0.1
	②	0 0.0	9166 56.1	4633 28.4	1602 9.8	928 5.7	0 0.0	0 0.0	0 0.0	16329 4.3
	③	0 0.0	0 0.0	55679 82.5	10510 15.6	1311 1.9	0 0.0	0 0.0	0 0.0	67500 17.8
	④	0 0.0	0 0.0	0 0.0	71538 84.8	2102 2.5	10700 12.7	0 0.0	0 0.0	84340 22.2
	⑤	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	16204 59.8	10906 40.2	0 0.0	0 0.0	27110 7.14
	⑥	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	100642 70.9	41313 29.1	0 0.0	141955 37.4
	⑦	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	37284 94.3	2240 5.7	39524 10.4
	⑧	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	0 0.0	2307 100.0	2307 0.6
	計	226 0.1	9438 2.5	60312 15.9	83698 22.1	20545 5.4	122248 32.2	78597 20.7	4547 1.2	379611 100.0



図1 温暖化による植生の分布シフト (a) 平年値 (b) 1℃上昇

デジタル化したもの、b) メッシュコードデータファイル：5万分の1の地形図の図幅名、地図中の位置、および二次メッシュコード、c) 自然環境データファイル：年平均気温、最寒月平均気温、暖かさの指数、寒さの指数、年降水量、寒候期最大積雪深などが含まれている。

このデータベースシステムにより、a) 関心を持つ植物種の出現する植生調査表のピックアップ、b) 分布図の作成、分布域の北限・南限の把握、住み分けの分析、c) 分布を規定する環境要因の解析、d) 温暖化が進行した場合のポテンシャルシフトの予測などの解析が可能となった。

このシステムを用いて、具体的に温暖化影響の実験対象としているオンタデおよびその近縁のイタドリ、オオイタドリを対象に解析をおこなった。出現地点の年平均気温は、イタドリ： 9.5°C （平均値） $\pm 4.3^{\circ}\text{C}$ （標準偏差）、オオイタドリ $7.4 \pm 2.8^{\circ}\text{C}$ 、オンタデ $0.9 \pm 1.4^{\circ}\text{C}$ だった。この3種の中では、オンタデがもっとも寒冷的な地域に生育しており、また標準偏差が小さいことから温度的分布域が狭い範囲に限定されることがわかった。したがってオンタデは温暖化の影響を比較的受けやすいと推定される。

（2）生物季節の変化に関する予測

1) 生物季節の変化予測

温暖化による開花、発芽、紅葉や落葉時期の変化を予測するシミュレーションモデルを開発し、分析をおこなった。生物季節のデータとしては、昭和28年に「生物季節観測指針」が制定され、観測方法や観測種目が全国的に統一されて現在に至っている（気象庁,1988）。そこで、そのデータを使用して、それぞれの植物（ソメイヨシノ、ウメ、ツバキ、タンポポ、ヤマツツジ、ノダフジなど）の開花日・発芽日・紅葉日・落葉日と月平均気象条件（月平均気温・降水量・日照時間・月最高気温・月最低気温・湿度など）との相関関係を調べた。

以下、その概要である。

a) ソメイヨシノ（桜）の開花日の予想

全国的にみると、地方によって異なるが、月平均気温が 1°C 上昇すると開花日は2.7日～4.8日早くなり、平均では約3.24日早くなる。これらの全ての地点において1956～1985年の30年間の平均開花図を作成し、3、4、5月の月平均気温が 1°C 、 2°C 、 3°C 上昇した場合の開花日の予想開花日を作成した。図2は、桜（ソメイヨシノ）の（a）開花日の1956～1985年の30年平均開花日、（b） 1°C 月平均気温が上昇した場合の予想図である。

b) ウメおよびタンポポの開花日の予想

ウメとタンポポの開花日の予想についても、桜と同様の手法でおこなった。ウメの開花日は、月平均気温が 1°C 上昇すると、約4～13日早くなり、平均で約6日前後ずれる。タンポポの開花日は、月平均気温が 1°C 上昇すると、約3～8日早くなり、平均で約5日前後ずれる。

c) その他の予想

表2に月平均気温との関係を示した。開花日についてみると、1月平均気温が 1°C

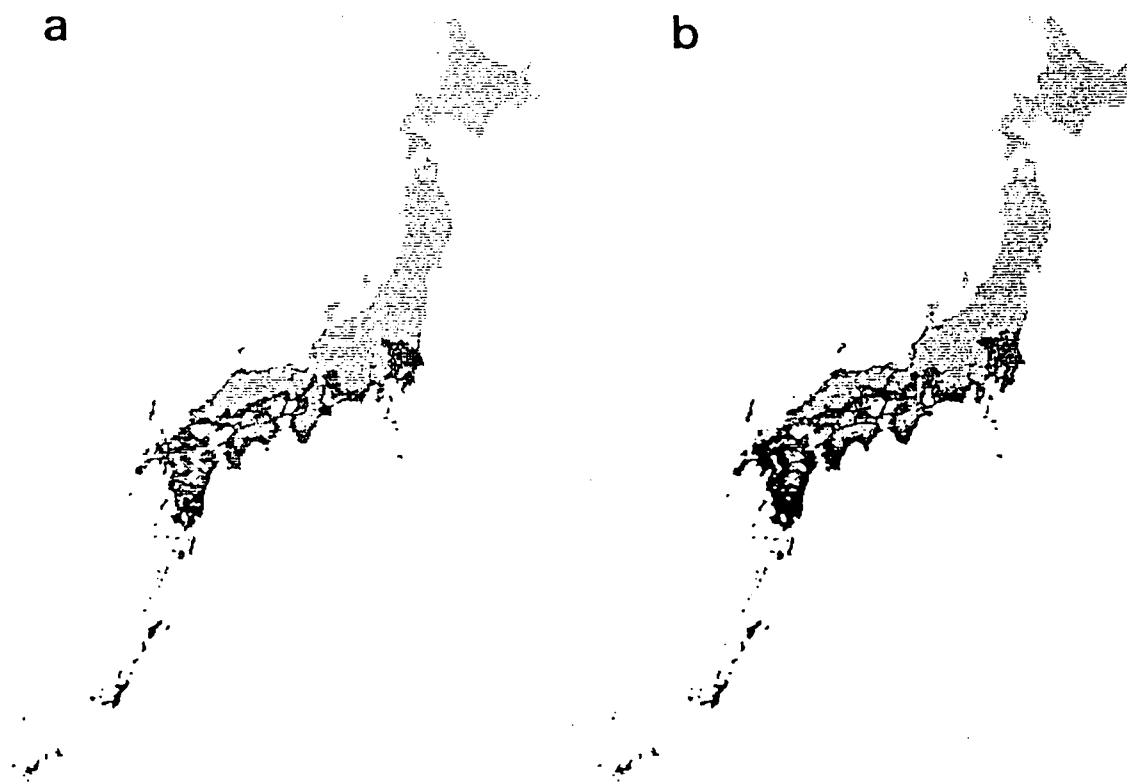


図2 ソメイヨシノの開花日予想 (a: 平年気候条件、b: 月平均気温1℃上昇)
色の濃い方から順に開花日が4/1前後、4/1～4/10、4/10以降、に予想される。

表2 生物季節(植物)の温暖化における月平均気温との関係

植 物 種	開花日・時期	相関月(地点数)	1℃上昇した場合の 早遅(平均)
ツ バ キ	11/15-5/1	C I (15) 1 (16)	1.4-25.3日(7.89日)早 4.8-14.4日(7.51日)早
ウ メ	1/16-5/19	C I (29) 1 (16)	1.8-12.9日(5.54日)早 4.1-7.8日(6.07日)早
タ ン ボ ボ	2/1-5/12	C I (22) 2 (14) 3 (13)	1.0-16.1日(3.22日)早 2.7-7.7日(4.51日)早 2.9-7.3日(4.91日)早
ソメイヨシノ 開 花	3/25-5/9	C I (12) 3 (61) 4 (5)	1.0-1.7日(1.30日)早 1.7-4.3日(3.35日)早 2.4-4.0日(3.22日)早
満 開	4/1-5/14	3 (61) 4 (9)	1.7-3.6日(2.74日)早 2.4-3.4日(3.03日)早
イチヨウ発芽	4/2-5/12	3 (30) 4 (10)	1.4-4.3日(2.50日)早 2.2-3.9日(3.00日)早
ヤマツツジ	4/4-5/30	4 (26) 3 (9)	12.1-3.7日(2.60日)早 1.6-3.6日(2.47日)早
ノ ダ フ ジ	4/9-6/8	4 (38) 3 (28)	1.2-4.7日(2.61日)早 1.2-3.7日(2.38日)早
サルスベリ	5/28-8/23	6 (19) 7 (12)	2.9-10.8日(6.38日)早 2.7-7.9日(4.28日)早
イロハカエデ 紅 葉	10/24-12/7	W I (7) 9 (9) 10 (5) 11 (5)	0.6-1.2日(0.86日)遅 2.3-7.8日(4.02日)遅 2.7-8.0日(4.24日)遅 1.9-5.8日(3.98日)遅
イチヨウ 落 葉	11/2-12/16	10 (17) 11 (6)	2.0-6.9日(4.39日)遅 2.0-4.8日(2.75日)遅
イロハカエデ 落 葉	11/6-12/21	W I (6) 10 (9) 11 (13)	0.3-1.2日(0.62日)遅 2.4-7.2日(3.92日)遅 1.4-5.7日(3.38日)遅

C I : 寒さ指数、W I : 温量指数

上昇すると全国平均でツバキが7.51日、ウメは6.07日早くなる。またC I (寒さ指数)との相関も高くあらわれ、おもな開花日が1月、2月中という地域はC Iとの関係が深い。タンポポも2、3月に開花日となる地域が多くC Iとの相関が高く、2、3月平均気温との相関が高く、全国平均で4.71日早い。ソメイヨシノも開花日の早い地域ではC Iとの相関が良い。3月下旬から5月中の開花日・発芽日(ソメイヨシノ、ヤマツツジ、ノダフジ、イチヨウ発芽)となるにしたがって、月平均気温1℃上昇した場合、全国平均で2.38~3.35日早く開花する。暖かくなるほど小さくすると同時に、夏に開花するアジサイ、サルスベリなどは1ヶ月の月平均気温より開花日の2ヶ月および3ヶ月の月平均気温との関係が深い。1℃上昇した場合、春に開花日を迎える種より冬・夏に開花日を迎える種の方が開花日速度は大きく現れる。紅葉についても、9、10月平均気温が1℃上昇した場合、全国平均で4日前後遅くなる。

ヤマツツジ、ノダフジ、アジサイ、サルスベリ、ススキ、イロハカエデなどの暖候期に開花する種のシフトは1℃上昇すると2.6~4.0日である。

2) わが国における過去百年間の温暖化傾向と生物季節の変動

わが国における温暖化傾向は地域によって異なり、とくに関東地方では東京、関西地方では大阪、九州地方では福岡、北海道では札幌などの主要都市が周囲の地域より温暖化傾向が大きくあらわれる(表3)。約100年間に関東地方の8地点平均で1.21℃上昇した。もっとも温暖化傾向の大きい東京は2.55℃上昇したが、銚子は0.68℃上昇したのみである。この約100年間の3月平均気温の平年値は6.98℃であるのに対して、もっとも暖冬年の1990年は9.44℃で平年値より2.46℃高く、サクラは12日早く開花した。もっとも寒冬年の1984年は4.51℃で平年値より2.47℃低く、開花日は11日遅い。3月平均気温は約100年間に約5℃の変動幅、開花日は平均で24日の変動幅を示した。

同様に九州地方の観測開始以来の約100年間についてみると、10地点平均で1.06℃上昇している。もっとも温暖化傾向を示す福岡は2.2℃上昇し、宮崎は上昇傾向は小さく0.26℃上昇するのみである。もっとも暖冬年は関東地方と同様に1990年で、3月の月平均気温は平年値より2.1℃高く、開花日は10日早い。もっとも寒冬年は1970年で平年値より2.2℃低く、開花日は7日遅い。1984年は九州地方では平年より1.5℃低い値を示すが、1970年の次に寒い年であった。九州地方、北海道地方は関東地方より温暖化傾向の小さい値を示した。月平均気温が1℃上昇した場合のソメイヨシノの開花日は、九州地方は平均で2.9日、関東地方は3.7日、北海道地方は4.0日と北へ行くほどシフトする日数が大きくなる。

(3) 分布南限域の植物に対する育成温度の影響の解明

大気中の二酸化炭素濃度の上昇にともなう大気温度の上昇が危惧されており、それらによる植物影響についていくつかの予測研究がなされている。それらの結果によると分布南限域に生育する植物が影響を受ける可能性が高いことが指摘されている。現在、この仮説についての実証的あるいは実験的解明が続けられている。本研究は日本国内に分布南限域をもつオンタデを対象にして上記仮説を確かめ、さらにその際、植

表3 温暖化する関東地方および九州における3月の平均気温と桜（ソメイヨシノ）の開花日との関係

	関東地方			九州地方		
地点数	8			10		
データ年 上段：気温 下段：開花日	1876-1990 1953-1990			1879-1990 1953-1990		
気温上昇率 (℃/100年)	1.21			1.06		
最も暖冬年 上段：3月平均気温(℃) 下段：桜の開花日(月/日)	1990年	9.44 3/22	+2.46 -12days	1990年	11.6 3/17	+2.1 -10days
暖冬年	1989年	8.40 3/24	+1.29 -10days	1966年	11.5 3/19	+2.0 -8days
最も寒冬年	1984年	4.51 4/15	-2.47 +11days	1970年	7.3 4/03	-2.2 +7days
寒冬年	1986年	6.65 4/06	-0.33 +3days	1984年	8.0 4/02	-1.5 +6days
平年並	1985年	6.98 4/03	0 0days	1986年	9.7 3/27	+0.2 0days
3月平均気温 上段：最低値(℃) 下段：最高値(℃)	4.34 9.58			5.60 12.0		
観測開始以降の3月平均気温の地点平均	6.98℃			9.50℃		
桜の平均開花日 最大値-最小値	4/03 3/18-4/20			3/27 3/17-4/03		
開花の早まり (日/℃)	-3.7			-2.9		

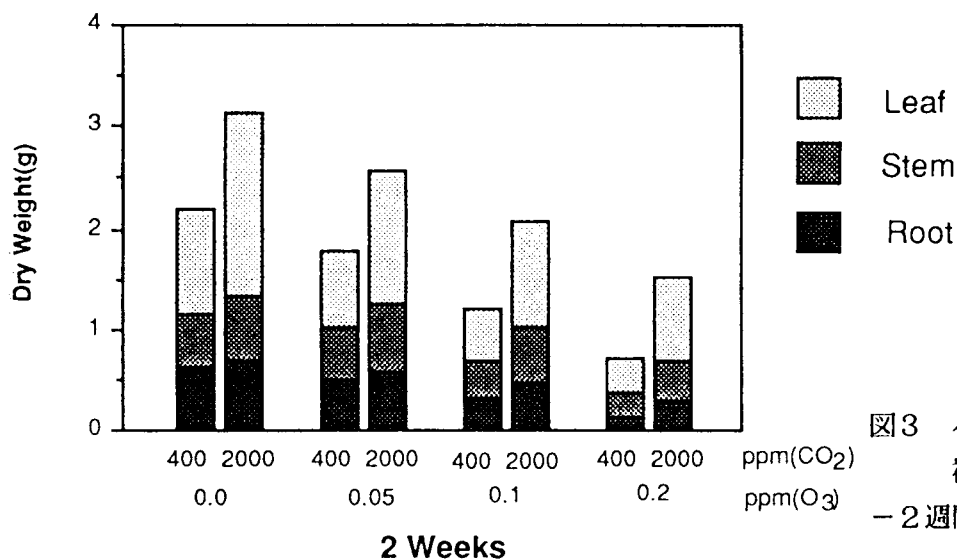


図3 ハキダメギクにおける複合暴露 (CO₂+O₃) - 2週間目の器官別乾物重 -

物の乾物生長にどのような影響が現れるかをあきらかにすることを目的としている。

a) 高温条件が乾物成長に及ぼす影響に関する生育実験

富士山の2600m付近より採取した種から育てたオンタデ(*Polygonum weyrichii* var *alpinum*)とイタドリ(*Polygonum cuspidatum*)について、生育温度を3段階（低温区として平均気温17.9℃、中温区として平均気温22.9℃、高温区として平均気温27.9℃）に変えて生育実験をおこない、乾物成長を比較した。その結果から、オンタデは高温区において乾物および葉面積の生長阻害が認められたが、どの温度区においても実験期間中に発葉した数は同じであった。一方、イタドリの乾物および葉面積生育阻害はどの区においても認められなかった。この結果はイタドリに比べてオンタデの乾物生長は高温の影響を受け易いことを示しており、その際、一枚当りの葉面積が減少していることがあきらかになった。

b) 野外調査による葉温測定

オンタデの分布南限域の富士山富士吉田側2,600m付近において91年8月に野外調査をおこない、オンタデの葉温の日周変化を測定した。その結果、オンタデの葉温は、雲や霧の有無にともなって大きく変動するが、雲や霧が認められない日中に8月の平均気温（12.2℃）より約17℃も高い、29℃台になることがわかった。この温度は、aのトロン実験においてもオンタデの生育阻害が認められた温度域であった。以上の結果より、現時点においても分布南限域に生育する植物の葉温は、一時的ではあるが生育阻害が認められる温度域に達していることがわかり、今後の数度の気温の上昇によって生育阻害が認められる温度にさらされる時間が長くなり、影響が顕在化する可能性があることを示している。また、気温の上昇による植物影響を顕在化させる要因として霧の有無等の局地的な微気象変化が重要であることもあきらかになった。

c) 高温条件が花芽形成に及ぼす影響に関する実験

オンタデの生殖生長に及ぼす高温の影響をあきらかにするために、温度条件が異なる三つの実験区でオンタデを栽培し、花芽の形成を調べた。その結果、25℃/20℃区と20℃/15℃区のオンタデは花芽の形成が認められものの、30℃/25℃区では花芽が認められなかった。したがって、オンタデの分布南限域である富士山の2,600m付近に生育しているオンタデは、花芽の形成が抑制される高温に一時的にさらされていることがわかった。

（4）自然植生の分布限界の調査（委託東京大学）

植生は地域ごとに異なる歴史性、自然環境と選択圧のもとに生存が許容された植物種のリスト、すなわち植物相に還元することができる。したがって、個々の植物種がその立地において生存できるかどうかを検討することで、地球温暖化の自然植生の分布への影響を予測することができる。このことは具体的には現在ある地域に生育する種の動態を通して視覚化可能である。本研究は日本全体での種の分布の動態を調べることによってマクロなスケールでの予測に役立つことを目標として以下の点に焦点を当て研究をすすめた。

①温暖化の影響を直接受けることが予想される冷温帯・亜寒帯(以下単に温帯という)

の南限分布域の現状を現地調査し、現状をあきらかにする。

②分布の南限にある個体群は主たる分布域から隔離されていて、別種あるいは亜種や変種などの種内分類群として分類学的に区別されていることが多い。しかし、それらの系統関係やその分類学的位置づけには問題が残されている。基準標本を含め、それらの分類学的な再検討をおこなう。

③将来の自動マップ化に対応できるような温帯種の分布南限の情報データファイルを製作する。

得られた結果は、以下のようである。

1) 温帯種の分布南限が集中する本州中部・近畿地方、九州、とくに屋久島以南の南西諸島を中心に現地調査をおこなった。その結果、リュウキュウアセビなどのようにこれまで知られていた南限分布地の多くで環境が開発などで改変を受け、今回の現地調査ではその個体群を見いだせなかった。一方、見いだされたヤクシマホシクサ、アマミクサアジサイ、ヤエヤマウツギなど多くの種の南限個体群は脆弱であった。しかし、少数ではあるが、オオシマウツギ、リュウキュウコンテリギなど、分布域は限定されているが良好に繁殖しているといえる種もあった。調査で判明した個々の種の分布の現状は3)のデータファイルに記載した。

2) a) 種のレベルまで分化した例：温帯種と想定されてきたオオシマウツギ、ヤエヤマウツギ（ユキノシタ科）は、それぞれ固有の種へ分化しており、オオシマウツギは奄美大島、徳之島、喜界島で向陽地で旺盛に繁殖しているが、ヤエヤマウツギは西表島の崖地など少数個体見いだされるのみであった。アマミクサアジサイ（ユキノシタ科）は奄美大島にのみ分布する固有種で、温帯起源と想定された。アジサイ属（ユキノシタ科）では4種が南西諸島に分布することが判明した。そのうち八重山諸島のヤエヤマコンテリギは、台湾、中国東南部のカラコンテリギに近縁であった。リュウキュウコンテリギは、コガクウツギに近縁で沖縄島にのみ分布する。ヤエヤマコンテリギとリュウキュウコンテリギはそれぞれ分布域が限定されているが、木本植物としては例外的に倍数化を発達させ旺盛に繁殖している。トカラアジサイはヤクシマアジサイと同種であることが判明し、ガクウツギに近縁で、屋久島およびトカラ列島にのみ分布する。温帯起源であるが繁殖は良好といえる。諏訪瀬島にタマアジサイが見いだされた。温帯種タマアジサイは小笠原諸島の南硫黄島にも見いだされた。b) 種内分類群の例：チシマイワブキ（ユキノシタ科）がこれまでの南限から不連続に本州中部立山に分布することが地元の植物愛好家により判明されたが、これは北海道以北の個体とはかなりの点に相違があり、この南限個体群は変種タテヤマイワブキとして分類することを提唱した。その他、キクザキイチゲ（キンポウゲ科）、オオハナウド（セリ科）について検討した。これらの結果は論文として投稿した。

3) 典型的な氷期遺存種であるイワベンケイ（ベンケイソウ科）では、北・南アルプスの走破を含めて日本全国での分布を詳細に調べたが、他の種の場合では南限およびその周辺データのファイル化をおこなった。これらのファイルは今後の動態を解析するうえでの基礎となるものと期待される。

(5) 二酸化炭素濃度およびオゾン濃度の上昇による複合影響の解明

近年の地球温暖化研究の結果、気温が上昇すると対流圏のオゾン濃度が増加する可能性があると言われている。そこで、二酸化炭素濃度の増加とオゾン濃度の増加が複合したときに植物がどのような影響を受けるかについて、実験をおこなった。二酸化炭素濃度400ppmおよび2000ppmとオゾン濃度0.05、0.1、0.2ppmの複合暴露の結果を図3に示す。二酸化炭素濃度が上昇すると、一般に生産性が増加すると言われているが、この実験から、二酸化炭素濃度が上昇しても、オゾン濃度が高い場合には必ずしも植物の生産性は増加しないことを示唆している。

さらに、二酸化炭素が増加して、オゾン濃度が高い場合は、暴露の初期に二酸化炭素による促進とオゾンによる抑制効果が大きく植物に影響を与え、暴露が長期間になると次第にオゾンによる抑制の影響が小さくなっていくことがわかった。

4. 国際共同研究等 なし

5. 研究発表

【口頭発表】

- ・ 甲斐啓子・甲斐沼美紀子; 温暖化による植物の開花・発芽日の予想, 日本農業気象学会1991年度全国大会(1991.4.).
- ・ 甲斐沼美紀子・中森義輝・森田恒幸・甲斐啓子・恒川篤史; ファジィモデルによる植生分布の予測、第7回ファジィシステムシンポジウム(名古屋, 1991.6).
- ・ 名取俊樹・大政謙次; 生育高度の異なるイタドリの生長に対する育成温度の影響.
- ・ 甲斐啓子; 温暖化による植物の開花・発芽予想, 釜山大学気候変動セミナー(釜山, 1992.3).
- ・ Kai, K., Kainuma, M., Murakoshi, N. and Omasa, K., Potential Effects on Phenological Observation of the Plants by Global Warming in Japan. International Symposium Disturbed Climate Vegetation and Foods (Tsukuba, Oct., 1992).
- ・ Tsunekawa, A., Ikeguchi, H., Kainuma, M. Tobe, K. and Omasa, K., Effects of Climatic Change on the Vegetation Distribution in Japan. International Symposium Disturbed Climate Vegetation and Foods (Tsukuba, Oct., 1992).
- ・ Tsunekawa, A., Development of "Japan Vegetation Database", the 17th International for Remote Sensing and Photogrammetry (Washington, Aug. 1992).

【誌上発表】

- ・ 大場秀章, ヒロハキクザキイチゲ. 植物研究雑誌, 68巻, 1993(印刷中)
- ・ 大場秀章, キレハハナウドとベニバナオオハナウド. 植物研究雑誌, 68巻, 1993(印刷中)
- ・ 大場秀章, チシマイワブキの分類学的検討と本州立山で見いだされたタテヤマイワブキ. 植物研究雑誌, 68巻, 1993(印刷中)

- Ikeguchi, H., Takeuchi, K., and Tsunekawa, A.: Potential natural vegetation mapping of Japan by means of GIS, *Environmental Change and GIS*, Vol.1 (Ota, I. ed., 496pp), 26-33, 1991.
- Ohba, H.: Notes on the flora of Tokara Islands (1). *J. Jpn. Bot.* 67, 49-51, 1992.
- Kai, K., Kainuma, M., Murakoshi, N. and Omasa, K.,: Potential Effects on Phenological Observation of Plants by Global Warming in Japan. *J. Agr. Met.*, 48(5), 771-774, 1993.
- Tsunekawa, A., Ikeguchi, H., Kainuma, M. Tobe, K. and Omasa, K.,: Effects of Climatic Change on the Vegetation Distribution in Japan. *J. Agr. Met.*, 48(5), 867-870, 1993.