

シイ林の太平洋側北限における植生の垂直分布構造と温湿度環境

- 2010年の冬から夏季にかけての直接気象観測事例 -

佐野哲也 (東大新領域・森林総研)・小出 大 (横浜国大)

要旨: スダジイ林の太平洋側北限域である阿武隈高地東部において、標高傾度に沿って変化する植生と温湿度環境の対応関係を調べた。対象地域における常緑カシ類優占林の分布は標高 250m 付近までで、そのうちスダジイ個体が分布するのは標高 200m 付近までであった。一方、ブナ優占林が普通に見られるようになるのは標高 550~600m 付近からで、標高 250~550m にかけての領域はブナも常緑カシ類も優占しない、いわゆる中間温帯的な植生となっていた。温湿度を山地で直接観測した結果、高度の上昇に伴って気温が通減しない温度逆転現象の発生が夜間を中心に頻繁に認められ、発生時には低地側で高湿度となることが判明した。2010年の冬から夏季にかけての観測結果を用いて、暖温帯林と冷温帯林を区分する指標として提案されている 3 つの温度条件、すなわち、最寒月の平均気温(CMT) -1°C 、寒さの指数(CI) $-10^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ 、暖かさの指数(WI) $85^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ を推定して実際の植生分布に当てはめ対応を見たところ、温度逆転現象の影響も加味され、CI と WI については実際の植生分布と良い対応関係を見せることが示唆された。

キーワード: 暖温帯林, 冷温帯林, 中間温帯林, 植生の垂直分布, 温度逆転現象

I はじめに

茨城県北部から宮城県にわたる阿武隈高地東部の海岸沿いは、暖温帯林と冷温帯林の移行域にあたる。世界的に見ても常緑広葉樹林がこれほど北に達している地域はなく、常緑広葉樹の温度的な分布北限域で常緑広葉樹林帯から落葉広葉樹林帯への移り変わりが観測できる数少ない地域の一つとされる(6)。気候変動の影響を受けやすい地域でもありと考えられ、現状の植生分布とその規定要因の解明に基づいた適切な保全、管理が望まれる。

常緑広葉樹林帯と落葉広葉樹林帯の移行域には、ブナやカシが優占せず、モミ、クリ、コナラ、ケヤキ、シデ類などが優占するいわゆる中間温帯林と呼ばれる植生が見られることが多い。しかし、この植生タイプの独立性を認めたとしても、それを規定する温度要因を特定するのは困難であるとされている(4)。これまでに、積算気温や最寒月平均気温を用いた理論的な説明がなされているが(2, 7)、検証の必要性が指摘されている(6)。

中間温帯林の成立要因として、過去に受けた攪乱の影響をあげることもできるが(4)、温度要因についてもまだ検討すべき点が残っている。それは、植生分布と対比される温度要因は低地の気象観測所の測定値から理論的な通減率によって予測される場合が多いということであ

る。雲や霧の発生により気温が高度の上昇に伴って理論的に通減しない現象は広く認められており(10)、山地における気温の予測値が実際と異なっている可能性が十分に考えられる。これまでも、雲霧の発生位置から植生帯の分布を説明しようとした試みなど、この点に着目した研究事例はあるが(8, 9)、それほど多くはなされていない。そこで本研究では、典型的な暖温帯構成樹種スダジイの北限域である福島県と茨城県の県境付近の山地において直接温湿度を計測し、植生分布との対応関係を検討することを目的とした。

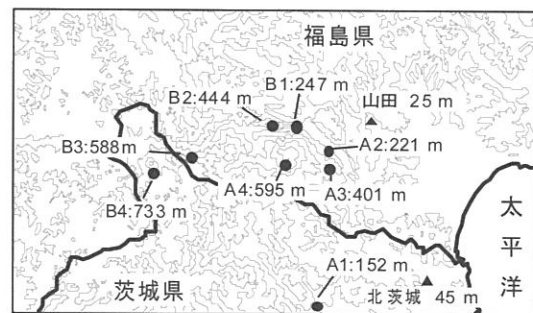


図-1. 調査地(茨城-福島県境:北茨城市-いわき市) 図中の●と▲は各々気象観測器を設置した場所と気象庁の観測所の位置を示す。

Tetsuya SANO (For. and Forest Prod. Res. Inst. Ibaraki 305-8687), Dai KOIDE (Yokohama National Univ.) Effect of temperature and moisture condition on the altitudinal forest zonation at the northern limit of evergreen broad leaved forest- Based on winter and summer season data in 2010-

植生調査プロットの標高(m)	150	200	300	380	400	550	590	710
最近接の温湿度観測点とその標高(m)	A1 (152)	A2 (221)	B1 (247)	A3 (401)	B2 (444)	B3 (588)	A4 (595)	B4 (733)
常緑広葉高木								
<i>Castanopsis sieboldii</i> スダジイ	45.1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus acuta</i> アカガシ	9.7	0.4	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus glauca</i> アラカシ	3.6	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus myrsinifolia</i> シラカシ	4.9	0.1	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus salicina</i> ウラジロガシ	12.7	19.0	6.8	0.0	-	-	-	-
常緑広葉低木								
<i>Aucuba japonica</i> アオキ	0.1	3.5	0.5	0.4	-	-	-	-
<i>Camellia japonica</i> ヤブツバキ	4.5	6.2	-	-	-	-	-	-
<i>Eurya japonica</i> ヒサカキ	6.8	3.2	-	0.0	-	-	-	-
<i>Illicium anisatum</i> シキミ	0.6	-	-	-	-	-	-	-
<i>Neolitsea sericea</i> シロダモ	-	0.0	-	-	-	-	-	-
<i>Osmanthus heterophyllus</i> ヒイラギ	0.1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pieris japonica</i> アセビ	0.3	0.1	-	1.2	-	7.0	-	0.2
<i>Skimmia japonica</i> ミヤマシキミ	-	0.0	0.0	-	-	-	-	-
落葉高木								
<i>Carpinus cordata</i> サワシバ	-	-	0.2	15.6	-	-	1.7	-
<i>Carpinus japonica</i> クマシデ	-	-	-	-	2.2	-	35.0	-
<i>Carpinus tschonoskii</i> イヌシデ	-	28.9	17.8	1.8	0.3	8.6	10.8	-
<i>Castanea crenata</i> クリ	-	-	-	-	19.7	-	-	-
<i>Fagus crenata</i> ブナ	-	-	-	-	5.0	19.3	-	43.2
<i>Fagus japonica</i> イヌブナ	-	-	0.0	-	4.8	29.8	-	27.5
<i>Prunus jamasakura</i> ヤマザクラ	4.1	-	-	23.0	2.4	2.3	-	-
<i>Quercus serrata</i> コナラ	2.6	-	25.1	54.5	53.7	-	18.3	-
<i>Zelkova serrata</i> ケヤキ	-	-	10.1	-	-	-	-	-
<i>Acer palmatum</i> イロハモミジ	-	1.0	20.2	0.8	3.4	-	-	-
<i>Styrax obassia</i> ハクウンボク	-	12.6	6.8	-	0.7	-	-	-
その他(RBA>10となるプロットが存在しない種)	5.1	14.2	11.9	2.7	7.9	14.7	24.7	20.0
常緑針葉高木								
<i>Abies firma</i> モミ	-	2.7	-	-	-	18.2	-	-
<i>Chephalotaxus harringtonia</i> イヌガヤ	-	-	0.0	-	-	-	-	-
<i>Pinus densiflora</i> アカマツ	-	-	-	-	-	-	9.4	-
<i>Torreya nucifera</i> カヤ	0.0	8.0	0.5	-	-	-	-	-
落葉低木種								
	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	9.2
総計	100	100	100	100	100	100	100	100

表 - 1. 各植生調査地点における構成種の相対断面積合計(RBA)

II 調査方法

温湿度データロガー (HOBO Pro2, Onset 社) を図-1 に示す林内に 8ヶ所設置し (設置高 1.3m), 2010年1月から測定を行った。このとき, 海から最前面に位置する山地上の測定点を A 系列, 後方にある山地上の測定点を B 系列とし区別した。また, ロガーの設置点付近に存在する老齢林を対象に 0.04ha の円形プロットを設置し, 樹高 1.3m 以上の個体について毎木調査を実施した。

III 結果と考察

1. 調査地域における植生の垂直分布 表-1 に各植生調査地点における植生構造を示した。各構成種の垂直分布を議論するには今後網羅的に調査地点を増やしていく必要があるが, 今回得られた植生データは対象地域における植生分布を論じた既往研究 (I, II) を支持するもの

であった。吉岡は福島県東南部において標高 280m までウラジロガシ, アカガシ, シラカシが混じるカシ優占林の存在を報告しているが (II), 今回の調査でも単木で生育するカシは標高 400m の調査地点まで見られたものの, 優占林となると標高 250m より下の調査地点に限られていた。一方, Kashimura は阿武隈高地においてブナが連続的に上層で優占し始めるのは標高約 600m からであると報告しているが (I), 今回の調査でも標高 550m 以上の調査地点でブナの優占が確認された。またこれらより, 標高 250~550m の範囲はブナもカシも優占しない, いわゆる, 中間温帯的な植生に相当すると考えられた。

2. 標高傾度に沿った気温と温度の変化 図-2 に各観測点における日平均気温から求めた気温減率の月平均値の推移を, A と B それぞれの系列について示した。気温減率は夏よりも冬に大きくなる傾向が確認されたが, これ

は支配する気団の移り変わりが反映されていると考えられる(10)。A系列とB系列を比べてみると、冬の間は海に面したA系列のほうが若干内陸よりも減率が小さい傾向にあり、海の影響による気温低下緩和効果が推察された。夏季の減率0.26~0.36°C/100mという値は、日本の山岳でよく用いられる0.55°C/100mと比べると非常に小さく、理論的な遞減が起こっていないことが示唆された。

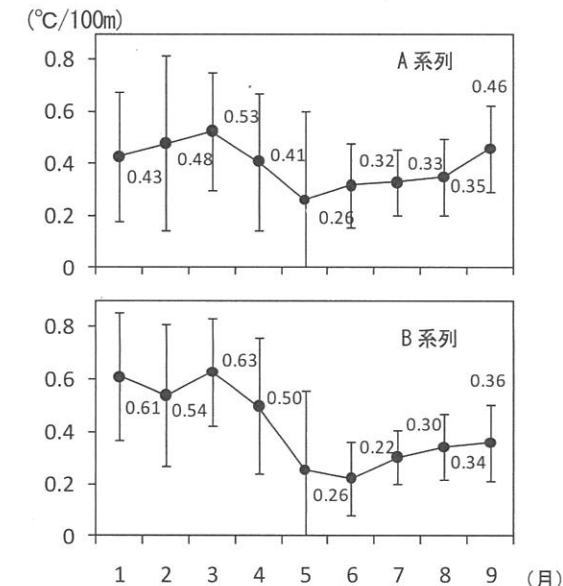


図-2. 阿武隈高地東部における気温減率(°C/100m) (2010年の観測値)

事実、低地の気象観測所(山田; 図1)とA系列の標高401m地点(A1; 図1)の気温を比べてみると、低地よりも高地において温度が高くなる温度逆転現象が頻繁に起こっていることが判明した。逆転現象の発生時刻と発生頻度を調べてみると(図-3)、日暮れから夜明けまでの夜間に発生が集中しており、春期に若干発生頻度が落ちるものの、季節を通じて発生していることが分かる。夜間にかけて低地の気温が低下するメカニズムとしては、放射冷却、山側からの冷たい空気の下降、冷たい海流によって冷やされた空気の流入など様々であるが(10)、どれが働いているかは現段階では特定できていない。この地域の沿岸は寒流と暖流の境にあたり、暖かい湿った空気が流入する夏には、海上に濃霧が発生し陸側に流れ込んでいる様子がよく観察される。おそらく発生メカニズムは季節によっても変わってくるものと考えられ、今後詳細な検討が必要である。

図-4(a)は、逆転現象の発生が頻繁にみられる午前5時と逆転現象が解消されていることの多い午前11時について1月と8月の平均気温を標高別に示したものである。どの月も、午前11時の平均気温は高度の上昇とともに遞減し、低地の測定値から減率0.55°C/100mを用

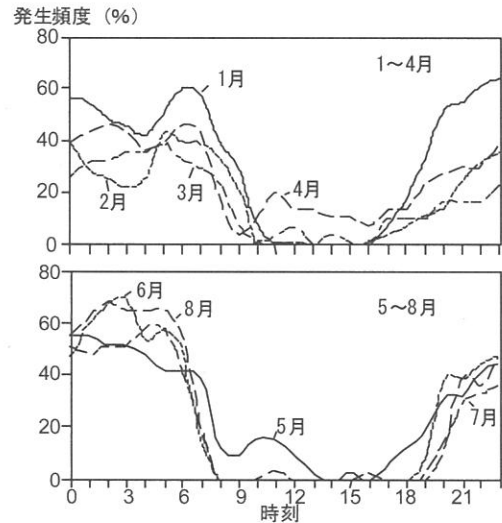


図-3. A系列401m地点(A3)の気温が低地の気象庁観測所(山田; 標高25m)の気温より高温となる時間帯とその発生頻度

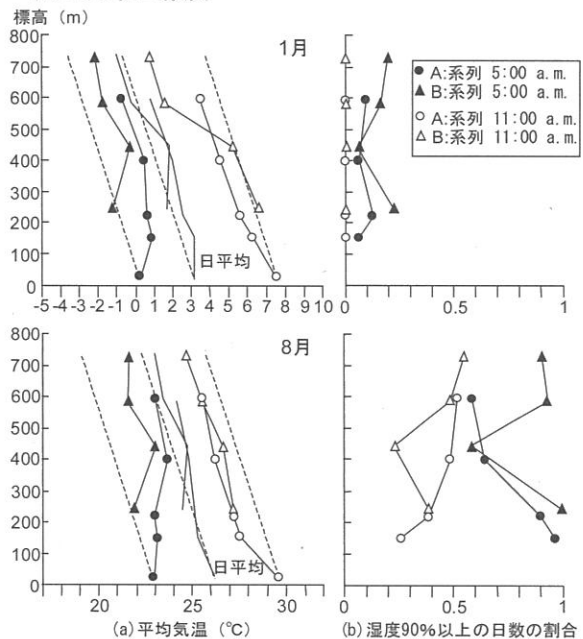


図-4. 阿武隈高地東部における1月と8月の標高に沿った温湿度環境の変化

点線は減率0.55°C/100mを用いて予測した値について予測した値よりも低めに推移していた。一方、午前5時の平均気温は中腹あたりまで遞減せず予測値よりも高くなっていった。その結果、日平均値で見ると山地の中腹あたりで予測値よりも1°Cほど高くなっていった。

図-4(b)は湿度が90%以上になる日数の頻度を標高別に示したものである。1月はずっと乾燥しているもので、湿度が90%以上となる日が少ないが、午前5時の発生頻度のほうが高くなっていった。8月も同様の傾向が見られたが、A系列では高地に行くに従って発生頻度が低

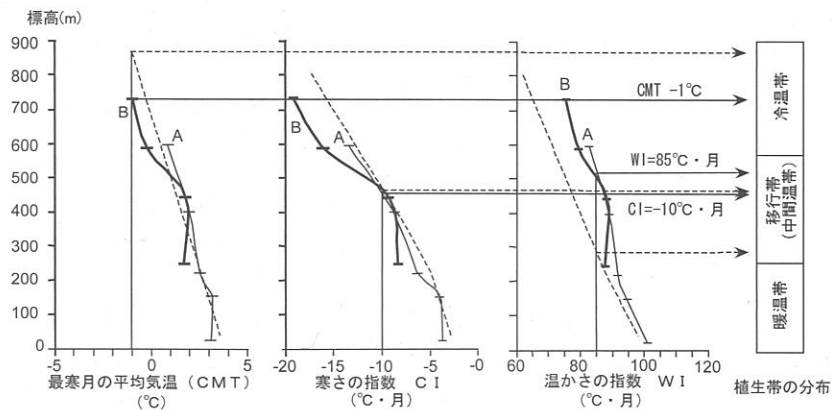


図-5. 植生帯を区分する指標として提案されている3つの温度条件と植生帯分布との関係

点線は、気象観測所（北茨城；標高45m）の測定値より減率用いて推定した値で、実線は実測値より推定した値

下する傾向が見られた。一方、B系列では低地と高地で発生頻度が高く中腹部で低いという二極分布となっていた。低地側ではおそらく早朝に霧や霧が頻繁に発生しているものと考えられる。

3. 暖温帯林と冷温帯林を区分する指標として提案されている温度条件と植生分布の対応関係 図-5は2010年の1月～9月の気温実測値に基づき、暖温帯林と冷温帯林を区分する指標として提案されている3つの温度条件、すなわち、最寒月の平均気温（CMT） -1°C (5,7)；寒さの指数（CI） $-10^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ ；暖かさの指数（WI） $85^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ (2,6)を推定して実際の植生分布との対応を見たものである。ちなみに結果の得られていない10, 11, 12月の平均気温についてはそれぞれ、5, 4, 3月の実測値と同程度であると仮定して推定した。また、比較のために低地の気象観測所(北茨城)における各月の平年値より逓減率 $0.55^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ を用いて算出した推定値も一緒に示した。CI $-10^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ となる位置は実測に基づいた推定値および低地の気象観測所データと逓減率に基づいた推定値ともに移行帯の中央付近、すなわちカシ類が単木で生育する上限よりやや高い位置に来ていた。一方、WI $85^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ となる位置は温度逆転の影響も加味され、実測に基づいた推定値のほうが、低地の気象観測所データと逓減率に基づく推定値より高い場所に来るようになり、ブナ優占林の下限標高と良く合うようになった。CMT -1°C の当てはまりは、実測に基づいた推定値と低地の気象観測所データと逓減率に基づいた推定値ともに悪く、移行帯より上部に来ていた。CMT -1°C については、対象とした地域よりも南に位置する山地では当てはまりが良いという報告もあり(3)、この違いについては今後検討する余地が残る。とはいえ、実測値から推定する限りCIとWIの指標値は実際の植生分布と良い対応を見せることが示唆された。

謝辞

本研究の一部は、公益信託エスベック地球環境研究・技術基金より助成金を受け実施した。ここに記して謝意を表します。

引用文献

- (1) KASHIMURA, T. (1974) Ecological study on the montane forest in the southern Tohoku district of Japan. *Ecol.Rev.*18:1-56.
- (2) KIRA, T. (1991) Forest ecosystems of east and Southeast Asia in global perspective. *Ecol. Res.* 6:185-200.
- (3) 中西のりこ・大澤雅彦 (2005) 丹沢山地における森林帯の垂直分布. 住友財団環境研究助成成果報告書(助成番号 033466) :64-73.
- (4) 野上道男・大場秀章 (1991) 暖かさの指数からみた日本の植生. *科学* 61 (1) :36-49.
- (5) OHSAWA, M. (1990) An interpretation of latitudinal patterns of forest limits in south and east Asian mountains. *J.Ecol.*78: 326-339.
- (6) 大澤雅彦 (2005) 日本列島の位置と自然の特徴. (日本の地誌 1, 日本総論 I 自然編 中村和朗・新井正・岩田修二・米倉伸之編, 416pp.朝倉書店, 東京). 62~70.
- (7) OHSAWA, M. (2006) Climate change impacts on vegetation in humid Asian mountains. *Global Environ. Res.* 10(1):13-20.
- (8) 岡上正夫・大谷善一 (1981) 雲霧帯高度の推定法について. *森林立地* 23:31-34.
- (9) 岡野哲郎・須崎民雄 (1989) 九州地方におけるアカガシ林の立地環境. *九大演報* 60:1-16.
- (10) 吉野正敏 (1988) 新版小気候 298pp. 地人書館, 東京.
- (11) 吉岡邦二 (1954) 東北地方森林群落の研究 第5報. カシ林北限地帯の森林群落. 福島大学理学部報告 5:13-23.