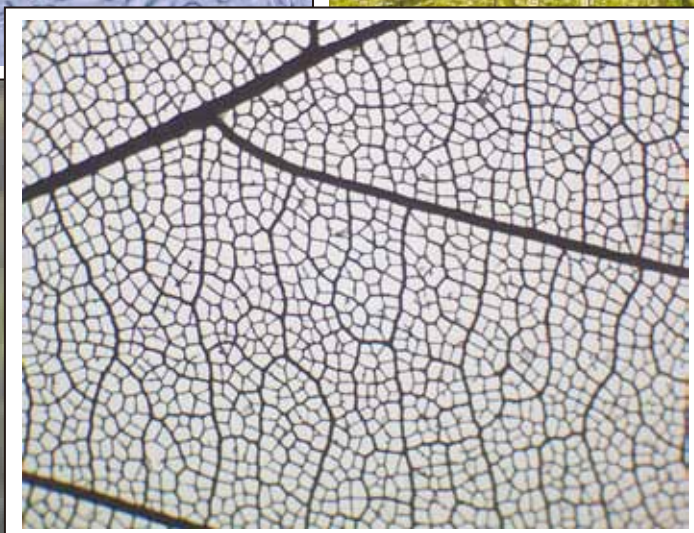
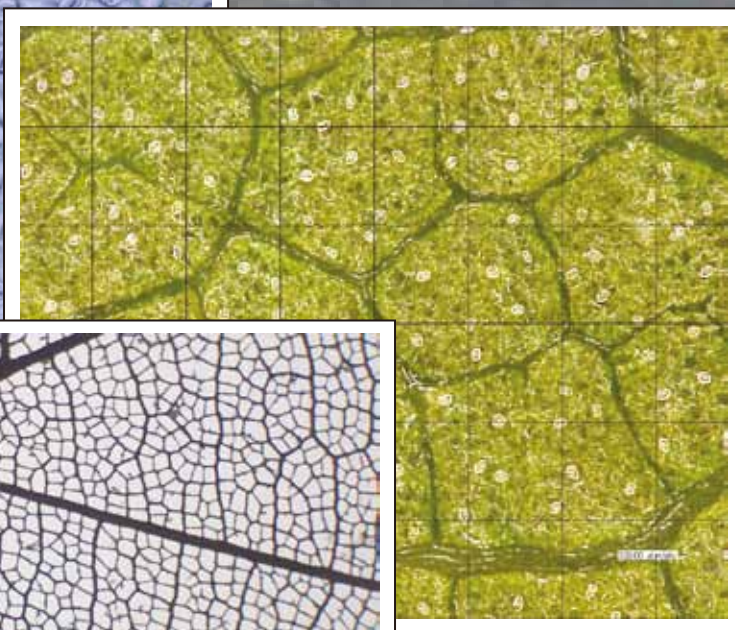
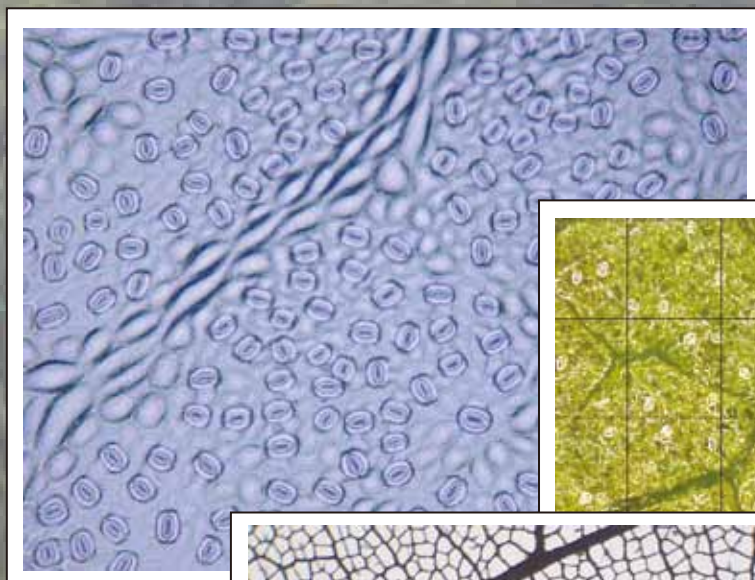


森林総合研究所北海道支所研究情報誌
FFPRI Hokkaido Research Center Report

北の森だより

Vol.6
平成23年2月



— 研究紹介コーナー —

1. 樹木と水
2. エゾヤチネズミの分散行動の雌雄差
— 近親交配の回避に役立っているのか? —
3. 中国への木造住宅・木材の輸出拡大に向けて
— 住宅建設の現状と木材輸出国の売り込み策 —



独立行政法人森林総合研究所北海道支所

Hokkaido Research Center Forestry and Forest Products Research Institute

北の森だより

Vol.6

目 次

■研究紹介コーナー

1. 樹木と水
植物土壌系研究グループ 上村 章————— 2

 2. エゾヤチネズミの分散行動の雌雄差
—近親交配の回避に役立っているのか?—
森林生物研究グループ 石橋靖幸————— 6

 3. 中国への木造住宅・木材の輸出拡大に向けて
—住宅建設の現状と木材輸出国の売り込み策—
北方林管理研究グループ 嶋瀬拓也————— 10
林業経営・政策研究領域 堀 靖人、平野悠一郎
-

■報告コーナー

1. 森林技術連携フォーラム 1 4
2. 森林講座

1. 樹木と水

植物土壌系研究グループ 上村 章

はじめに

比較的降水量の多い日本でも、植物への乾燥害は生じます⁽⁷⁾。林木の干害も毎年のように報告され、森林国営保険事業統計書によると、平成 21 年の全国実損面積で 1320ha と報告されています。また、個体の枯死にいたらなくても、枝の一部が枯れたり（写真－1）、しおれや枯れといった外見上から水不足がわかる場合だけでなく、一見元気そうに見える植物でも、水利用に関するストレスを感じたりしている場合があります。



写真－1 2010 年猛暑により枝の一部が枯れたエゾノキヌヤナギ

植物は、吸収した全水分量の 95%以上を単に樹体を通させ、葉から「蒸散」というかたちで大気へ放出しています。蒸散は、葉が能動的に行っているのではなく、洗濯物が乾くように葉を取り巻く「大気の水を奪う力」によって起きます。洗濯物と葉が違うのは、水が出ていくのなるべく少なくするように、葉は表面をクチクラと呼ばれる層で覆われていたり、「気孔」（写真－2）と呼ばれる湿った細胞内と大気を連絡する開け閉めできる扉をもっていることです。葉は、乾燥に対して耐えたり、乾燥を避ける仕組みを持っているのです。しかし、これら乾燥に対する仕組みでも、完全に水損失をおさえることはできません。また、気孔は、光合成に必要な CO_2 の取り込み口であるため、気孔を閉じてばかりでは、光合成ができずに成長できなくなります。

しおれは、植物を構成する細胞の水が減少し、風船がしぼむように細胞が縮んで、張り（膨圧）を失い発生します。水が減少する（脱水する）のは、細胞に供給される水の量より、失われる



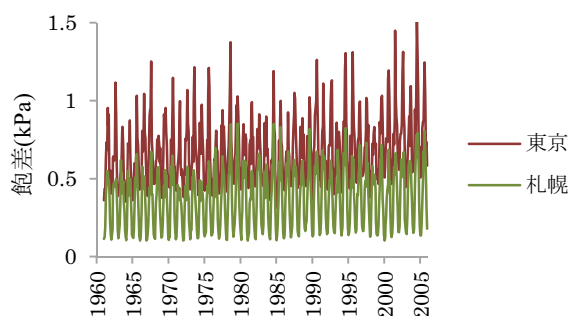
写真－2 ブナの気孔

水の量が多いからです。このバランスは、土壌中の水分量に加えて、①大気の水を奪う力、②植物体内の水の流れやすさ（通水性）、③葉の性質によって左右されます。②や③の樹種による違いは、その種の分布域や環境変化に対する反応に影響する 1 つの要因となります。ここでは、樹木と水の関わりについて、最近の研究と共に解説します。なぜ、その樹種は、その環境で生育が悪いのか、なぜ、その環境要因に対する反応が他の樹種と異なるのか、環境が変化したときに、どう反応するだろうか。これらの疑問に答えるためには、樹木の生理に関する知見を蓄積していく必要があります。

大気の水を奪う力 ～飽差～

大気的水分状態を示すものとしては、相対湿度 (RH%) が一般的です。相対湿度は、その時の気温 (T) の飽和水蒸気圧 (量) に対する実際に含まれる水蒸気圧 (量) の割合です。飽和水蒸気圧は、気温によって変化し、気温が高くなると高くなります。すなわち、一定体積にめいっぱい含むことのできる水蒸気量が増えるので、気温が異なれば同じ相対湿度でも、その大気に取り込める水蒸気量は異なってくるのです。あとどれくらい大気に水蒸気を取り込めるかが、大気の“湿ったもの”から水を奪う原動力となります。そこで、植物を取り巻く大気的水分状態を表すときには、飽和水蒸気圧欠差（飽差：VPD）を用います。飽差＝飽和水蒸気圧(T)－（飽和水蒸気圧(T)×RH%）です。ここで、飽和水蒸気圧は気温 (T) での値です。飽差が大きいほど、水を奪う力

が大きくなります。もし、葉の温度（葉温： T_{leaf} ）を得ることができたら、葉から水を奪う力をもっと正確に求めることができます。葉の内部は葉温で水蒸気が飽和しているので、葉と大気間の飽差（LAVPD）＝飽和水蒸気圧(T_{leaf})－（飽和水蒸気圧(T) $\times$ RH%）となります。



図－1 月平均飽差の年変動。山は夏、谷は冬。東京では、近年、上昇傾向が見られる。データは気象庁年報を用いた。

地球温暖化、都市化等で気温が上昇すれば、飽差が増大する可能性があります（図－1）。飽差の増大は、樹木の葉の気孔を閉鎖させ、光合成量を低下させ、樹木を衰退させるかもしれません。

大気からの水の供給 ～朝露～

大気はものから水を奪うだけでなく、結露という形で水を与えます。朝早く草原に入って、服がびしょびしょになった経験をされた方いると思います。表－1は、札幌市羊ヶ丘の森林で葉の濡れの頻度を調べた結果です。1つは、森林が閉鎖した下（林冠下）、もう1つは、木が倒れて上部が空いた下（林冠ギャップ下）の地表から1m付近で測定したものです。林冠ギャップ下では、放射冷却によりほぼ毎日、朝露が付着しました（写真－3）。露の付着が植物に与える影響は、十分わかっていませんが、種によっては、葉が濡れることにより気孔開度が増加し、

表－1 2008年6月から8月の葉の結露日数と降雨日数（札幌市羊ヶ丘）。結露は、葉の濡れセンサーにより測定。

	林冠下 結露日数	ギャップ下 結露日数	降雨日数
6月	15	29	10
7月	11	27	8
8月	11	30	9

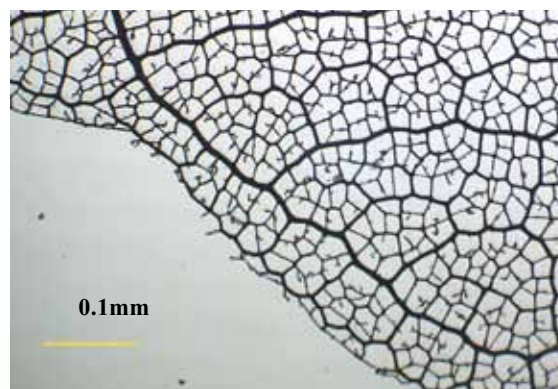
光合成速度が増加することが知られています⁽³⁾。露の付着が植物の生育に影響を与える環境要因であれば、さらに研究を行い、その影響評価を行う必要があります。



写真－3 朝露に濡れたミズナラの葉

樹木体内の水の流れ ～葉の通水性～

樹体内の水の流れる経路は、根、幹、葉に大別できます。根、幹、葉は、細い水柱（導管）でつながっています。根や幹の水の流れに関する解説は、ここでは省略します。興味のある方は参考文献を参照ください⁽²⁾⁽⁶⁾。



写真－4 ブナの葉脈

葉が蒸散したとき、葉の張りを失った細胞は、吸水して元の張りのある細胞に戻ろうとします。その元に戻ろうとする力が吸水力で、その力が水柱に張力を与え、葉まで水を引っ張り上げるようになります。その時、水の流れる経路に抵抗（通水抵抗）があると、葉への水の供給が十分でなくなってしまう。最近の研究によって、葉の通水性が樹体内での水輸送のボトルネックとなっていることが明らかになってきました。葉の通水性とは、葉柄から入ってきた水が葉脈（写真－4）や生細胞を通り、葉内の細胞

間隙などで蒸発するまでの経路の水の流れやすさです。葉の通水性と気孔コンダクタンス、光合成能力の間の正の相関が示されています⁽¹⁾⁽⁵⁾。しかし、日本では葉の通水性の測定は、まだ一般的ではありません。

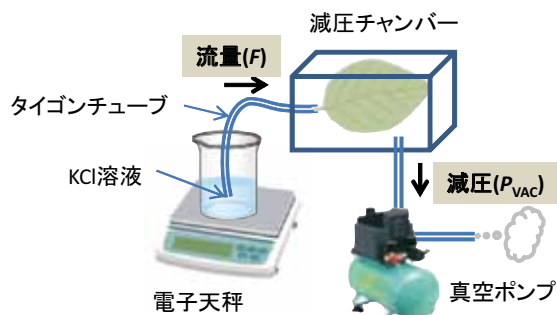


図-2 減圧チャンバー法の模式図

葉の通水性を測定する方法の一つに、減圧チャンバー法があります（図-2）。この方法は、試料（葉）に負圧をかけ、葉に流入する溶液の流量と圧力から試料の通水性を算出する方法です。葉を密閉した箱（チャンバー）に入れ、箱内の空気を真空ポンプで抜き減圧していきます。葉は、葉柄に水（KCl 溶液）を満たしたチューブが取り付けられており、チューブのもう一つの先端は、天秤上に置かれたビーカーに入れています。減圧するとともにビーカー内の水が減少していくので、その重さの変化から流量を、そして加えた圧力から葉の通水コンダクタンスを算出します。測定の詳細や留意点は、原山ら(2009)⁽⁴⁾を参照ください。

葉の通水性をコナラ属 6 種で測定した結果、最大と最小の間で約 1.5 倍の違いがありました。また、生育環境（陽葉と陰葉）、季節によって大きく変化することもわかってきました。

葉の特性 ～種による違い～

葉内の蒸散部位まで到達した水は、細胞間隙へ水蒸気となって放出されます。その水蒸気が気孔を通じて大気へ出ていくときの通りやすさを気孔コンダクタンス (gs) と言います。気孔の開き具合の指標となります。気孔開閉の総合的なメカニズムは、十分解明されていませんが、1 つは、気孔の閉鎖 (gs の低下) は、葉の脱水が進行し、細胞に障害が生じることを避ける、根からの水柱が切れて水を上げられなくなること（キャビテーション）を避けるために起こります。これまでに記載したように、このことは、たとえ土壤に水分が十分あり気孔を開く他の要

因が満たされていても、葉を取り巻く大気が乾燥してくる（飽差が高くなる）と給水が間に合わなくなるため、気孔の開き具合が減少するということを意味します。日中に起きるこの気孔開度の低下は、光合成を低下させる、いわゆる“光合成の日中低下”現象を引き起こします。日中低下が続くと成長量が減衰してしまいます。

気孔開度の大気乾燥に対する反応は、葉が見かけ上様々な様相があることから想像できるように、樹種によってさまざまです。その反応の違いは、根の形態や形状、樹体内の通水抵抗に加え、葉自身の形態や細胞の硬さや細胞内の溶質の量などが関係する“水分特性”などが強く影響します。

気孔開度以外に、葉の形質で葉からの脱水に影響するものには、クチクラ層の発達度や葉表面の毛の生え方などの違いがあります。クチクラ層とは、葉の表皮の外側を覆う透明な膜のことです。脱水を抑えていますが、完全ではなく、不可避免的に水が失われていきます（クチクラ蒸散）（図-3）。葉表面の毛（写真-5）は、葉と大気の中に空気のよどみ（境界層）を作り、葉内と大気の水蒸気や二酸化炭素濃度の勾配を緩和しています。

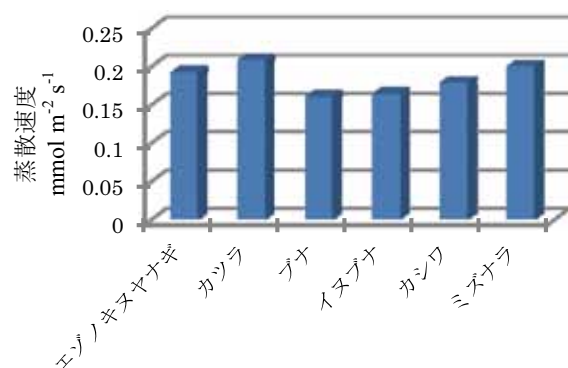


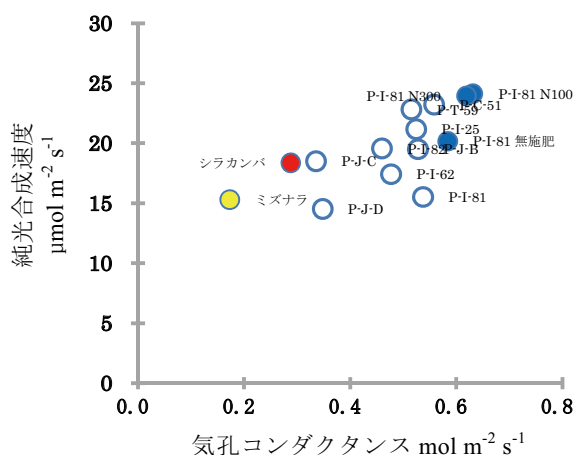
図-3 気孔の無い葉の上面からの蒸散(クチクラ蒸散)速度



写真-5 エゾノキヌヤナギの葉の裏の毛。気孔はこの毛の下にある。

溪畔林樹種といって、川や湖などの水辺沿いに多く見られる樹種があります。北海道で広く分布するエゾノキヌヤナギやオノエヤナギといったヤナギの仲間、カツラ、サワグルミなどがそれにあたります。これらのうちヤナギ類は、近年、木質バイオマス資源としても着目されています。ヤナギ類の葉の気孔コンダクタンスを測定した結果、他樹種と比べて大きな値を持つことがわかりました。また、それに応じて高い光合成量を持っていました（図－４）。気孔が葉内へのCO₂拡散を妨げることによる光合成速度の制限割合もヤナギは低い値を持っていました

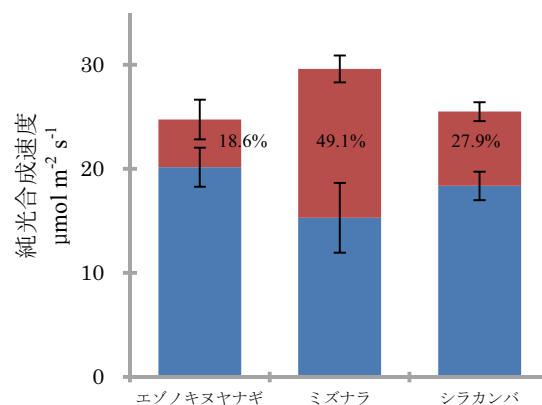
（図－５）。ヤナギは、初期成長が早く、条件が良ければ1ヶ月で1m近くも樹高が伸びるものもあります。この高い成長量は、その高い光合成量と関連していると思われます。これらを実現できるのは、比較的土壌が湿潤状態である溪畔のような場所であり、気孔を大きく開いても葉に十分水を供給できるからと考えられます。逆に、他樹種より乾燥には弱く、猛暑や無降雨期間が続くと枯れやすいということになります（写真－１）。



図－４ 気孔コンダクタンスと純光合成速度の関係。赤色：シラカンバ、黄色：ミズナラ、青色：エゾノキヌヤナギ（施肥処理別、単一クローン）、白色：クローン別エゾノキヌヤナギ。窒素施肥：N100=100kg/ha、N300=300kg/ha。

おわりに

植物は動物と違って移動することはできません。ですから、生育する環境に対してある程度順化能力を持っています。しかし、環境の変化が大きいとそれに耐えられないかもしれません。また、人工的に植栽する場合は、それぞれの樹種の特性を理解し、ふさわしい場所を選んでいく必要があります。



図－５ 純光合成速度(P_n)の気孔による制限。青：葉の外部(大気)のCO₂濃度が370ppmの時の P_n 。青+赤：葉の内部のCO₂濃度が370ppmの時(気孔開度が無限大の時)の P_n 。

引用文献

- (1)Brodrigg TJ, Holbrook NM, Zwieniecki MA, Palma B. (2005) Leaf hydraulic capacity in ferns, conifers and angiosperms: impacts on photosynthetic maxima. *New Phytol* 165:839-846
- (2)De Kroon H. and Visser EJW 編、森田茂紀、田島亮介監訳(2008)根の生態学、Springer、東京
- (3)Hanba YT, Moriya A, Kimura K (2004) Effect of leaf surface wetness and wettability on photosynthesis in bean and pea. *Plant Cell Environ.* 27:413-421
- (4)原山尚徳、上村章、石田厚(2009)減圧チャンバー法を用いた葉の通水コンダクタンスの測定、日本生態学会誌 59:29-38
- (5) Sack L, Tyree MT, Holbrook NM (2005) Leaf hydraulic architecture correlates with regeneration irradiance in tropical rainforest trees. *New Phytol* 167:403-413
- (6)Tyree MT and Zimmermann MH 編、内海泰弘、古賀信也、梅林利弘監訳(2007)植物の木部構造と水異動様式、Springer、東京
- (7)柳沢聡雄、岡上正夫、大山浪雄、坂上幸雄、高橋邦秀(1980)造林地の干害とその対策、わかりやすい林業研究解説シリーズ No.65、林業科学技術振興所

本稿は、科学研究費補助金「葉の環境ストレスは分布北限を規定するか?」、一般研究費「環境変化に対する植物の生理生態機能変化の解明」の成果の一部です。

2. エゾヤチネズミの分散行動の雌雄差

－近親交配の回避に役立っているのか？－

森林生物研究グループ 石橋靖幸

雌雄で異なる分散パターン

血縁個体同士の繁殖（近親交配）は、有害な遺伝子が発現しやすくなるために、生まれてくる子どもの生存や繁殖能力に悪い影響を及ぼすことがあります。一般に哺乳類では、オスの方がメスよりも生まれた場所から遠く離れた所へ分散した後に繁殖する傾向があります。鳥類では反対に、メスの方が遠くへ分散した後に繁殖する傾向があります。このような一方の性に偏った分散様式は、これまでさまざまな動物で観察されていますが、母と息子のような近い血縁関係にある雌雄の接触機会を減らすので近親交配を避けるのに役立っていると考えられています。



写真－1 エゾヤチネズミ

タイリクヤチネズミ (*Myodes rufocanus*) は、スカンジナビア半島からロシア極東地域まで広く分布する体重 40g 程度の哺乳類です⁽¹⁾。国内では北海道にのみ生息し、エゾヤチネズミと呼ばれています（写真－1）。エゾヤチネズミは積雪期に根元をかじることでカラマツなどの樹木に大きな被害をもたらすため、古くからその生態を明らかにしようと様々な生態学的研究が行われてきました⁽²⁾。このネズミもオスに偏った分散様式を示すことがわかっていますが⁽³⁾、野外では個体間の血縁関係がわからないために、雌雄の分散様式の違いが近親交配の回避にどのくらい役立っているのかわかっていませんでした。野外において近親交配の頻度を明らかにするに

は、個体の生存や繁殖への影響が少なく、かつ正確な方法で親子関係を推定して、集団内の全ての個体間の血縁関係を継続して把握する必要があります。それが難しかったからです。

1990 年代に PCR (polymerase chain reaction) 法と呼ばれる、ゲノム内の特定の DNA 領域を簡便にしかも短時間に増幅する方法が発達しました。これにより、少量の血液や小さい組織片からでも DNA の分析ができるようになり、小型哺乳類でも個体の生存や繁殖にほとんど影響を与えずに高い精度で親子判定ができるようになりました。本稿では、エゾヤチネズミの野外個体群において近親交配がどのような頻度でおこっているのか、また、分散行動の性差により本当に近親交配が回避できているのかどうか、DNA 分析によりわかったことを紹介したいと思います。なお、本稿は Ishibashi & Saitoh (2008)⁽⁴⁾の一部を示したものです。

実験柵を用いた野外調査

血縁関係を正確に把握するには、生まれてきたすべての子どもの両親を決定すると同時に、血縁関係のわからない個体が繁殖に加わらないようにする必要があります。そのため、この研究は森林総合研究所北海道支所の実験林内にある 3 ヘクタール (150 m×200 m) の広さをもつ野外実験柵を用いて行いました。この実験柵は外部との交流ができないように地中深く埋め込んだブリキ板で囲ってあります。シラカンバを中心に落葉広葉樹が生えていて、林床にはエゾヤチネズミが生息場所として好むクマイザサやチシマザサが生えています（写真－2）。

最初に柵内にいたネズミを取り除き、その後 9 月下旬に札幌近郊で集めた血縁関係のない 47 頭の成獣（オス 22 頭、メス 25 頭）を放しました。そして、その年の秋と翌年の繁殖期に、生け捕り用の箱ワナを使って 2 週間ごとの定期的な捕獲調査と子どもの巣立ちに合わせた随時

の捕獲調査を行い、すべての個体の行動圏の位置、体重、繁殖状況を調べました。継続して個体のデータをとるために、最初の捕獲時に指切り法で印を付けて個体識別をしましたが、その時に切り取った指は持ち帰り、そこから DNA を抽出して親子判定を行いました。



写真-2 実験柵内の様子

DNA 多型に基づく親子判定

動植物のゲノム中には、2～6 塩基を 1 単位とする繰り返し配列、例えば CACACACA…のような塩基配列（マイクロサテライト DNA と呼ばれる）が多数散在していて、その繰り返しの数に著しい変異性（多型性）があります（図-1）。繰り返しの数は親から子へ遺伝するため、このような遺伝子座を多数調べることにより、高い精度で親子判定を行うことができます。この研究では主に 5 種類のマイクロサテライト DNA の遺伝子型を調べ、行動圏の位置データから選ばれた両親の候補と子どもの間の遺伝子型の対応関係から親子関係を推定しました。

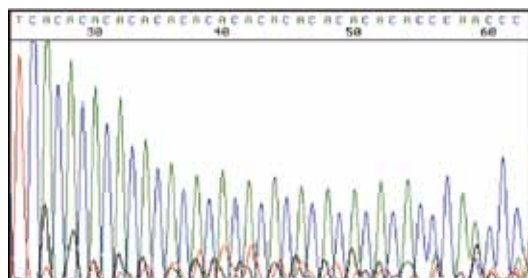


図-1 マイクロサテライト DNA. この例では CA が 15 回繰り返している。繰り返しの数に変異性がある。

実験柵の中では個体を導入した直後から繁殖が始まり、それは 12 月の上旬まで続きました。その翌年の繁殖は、まだ積雪のある 3 月末から

始まり、9 月末まで続きました。その翌春にはメスがいなくなりオス 4 頭だけになったので、そこで野外での調査を終えました。この間、合計 919 頭の子どもが捕まりました（オス 465 頭、メス 454 頭）。外部からの侵入個体と思われる 1 頭のオスを除いたすべての子どもについて両親を推定することができましたが、これらの子どもたちは 215 腹に由来していました（導入年 32 腹、翌年 183 腹）。導入の翌年の繁殖には、越冬した秋生まれの個体に加えて、その春に生まれた個体が関わっていました。外部から侵入したオスは一度も繁殖していませんでした。

血縁個体の不完全な分離

実験柵の中で生まれ、やがて繁殖した個体について、誕生日時点の母親の行動圏から各個体が最初に繁殖した時点の行動圏までの距離として分散距離を求めました（図-2）。その結果、越冬個体、春生まれの個体ともに、オスの方がメスより遠くに分散して繁殖していることがわかりました。メスの 7 割（68/100）は、平均的な大きさの行動圏 2 個分だけ母親から離れたところ（33 m）よりも内側に活動の中心を置いていました。一方、オスの 8 割以上（54/64）は、その外側に活動の中心を置いていました。一度繁殖した個体のほとんどは雌雄ともに大きく移動することはありませんでした。

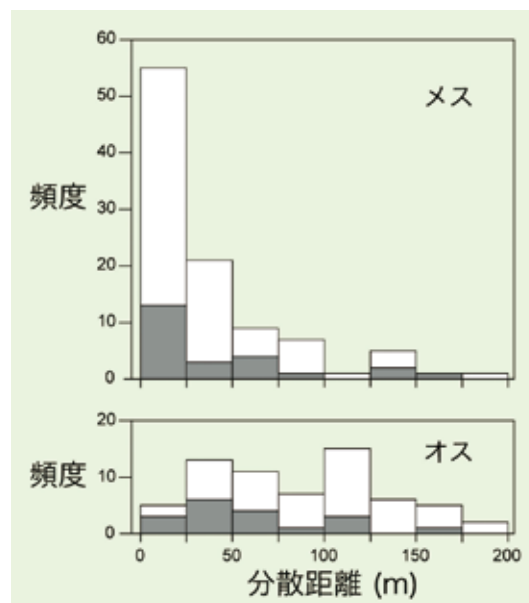


図-2 分散距離. 灰色部分は越冬個体、白抜き部分は春生まれの個体を示している。

次に繁殖しなかったものも含めて 30 日以上生きた 201 頭のオスについて、連続する 2 回の定期調査の間にもっとも長距離の移動をした時の移動距離とその移動直後の体重の関係を調べました。移動距離は体重と共に増加する傾向を示し、繁殖オスの平均的な行動圏の長さの 2 倍以上 (>65 m) を移動していたのは体重 22.5g 以上の個体でした。オスでは 22.5g 前後から精巣の発達が見られたことから、オスの分散行動は性成熟と関係があることが示唆されました。しかし、かなりの数のオスは性成熟後も生まれた場所の近くに留まっていました。そのため、メスの繁殖機会の 40% 以上において (79/183)、そのメスと隣接する場所に血縁度が 0.25 以上の関係にあるオスがいました (血縁度 r については表-1 を参照のこと)。つまり、近い血縁関係にあるオスとメスは、分散様式の違いによって完全に分離されているわけではなかったのです。

近親交配の頻度

導入の翌年に近親交配は合計 51 例観察されました。これはすべての繁殖組み合わせの 19% に相当します。血縁度の高い個体間の近親交配は春の繁殖期の開始後すぐに、また、血縁度の低い個体間の近親交配は繁殖期の後半に起きていました (図-3)。分散距離と近親交配の発生の関係を調べたところ、オスでは分散距離が短いほど血縁メスとの近親交配が起こりやすことがわかりました。

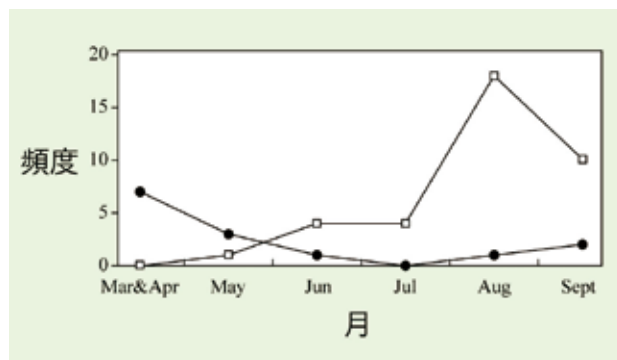


図-3 近親交配の月別の頻度。黒丸と四角はそれぞれ $r \geq 0.25$ と $0 < r < 0.25$ の近親交配を表している。血縁度 r については表-1 を参照のこと。

次に観察された近親交配の頻度がどのような値なのか調べてみました。個体が全く分散しな

かった場合に起こる近親交配の頻度を推定できれば比較の対象としてもっともよいのですが、それは難しいので、代わりに次の 2 種類の設定でシミュレーションをそれぞれ 1 万回繰り返して期待値を求め、観察頻度と比べました (表-1)。1 つ目は、特定のメスの繁殖時に実験柵のなかにいたすべての繁殖可能なオスから任意に一頭を選び出してそのメスと組み合わせることをすべての繁殖機会において行って得られた値です (表-1 の Random Mates)。2 つ目は、特定のメスの繁殖時にそのメスと重なるか、隣接する行動圏を持っていた繁殖可能なオスの中から任意に一頭を選び出してそのメスと組み合わせることをすべての繁殖機会において行って得られた値です (表-1 の Possible Mates)。小さな行動圏を持って活動するエゾヤチネズミでは、後者がより現実に即した期待値といえるでしょう。後者の期待値と比べたところ、観察値は血縁度の高い組み合わせ ($r = 0.5$) の近親交配だけが期待値よりも低く、他の血縁度の低い血縁個体間の近親交配の頻度は期待値と有意な違いがないことがわかりました。

表-1 組み合わせ別の近親交配の観察頻度と 2 種類の期待値。Random Mates と Possible Mates は異なる設定により求めた期待値 (本文参照のこと)。 r はその組み合わせの血縁度。Obs は観察値。SD は標準偏差。95%CI は 95%信頼区間。*は観察値が期待値と有意に異なることを示している。*: 祖父または祖母のいずれかが共通でないことを示している。2 つのカテゴリに入る組み合わせがあるので観察頻度の合計は 52 になっている。

	r	Obs	期待値			期待値		
			Random Mates			Possible Mates		
			平均	SD	95%CI	平均	SD	95%CI
母-息子	0.5	0	1.7	1.27	0-5	3.9	1.50	1-7*
父-娘	0.5	1	1.4	1.15	0-4	6.5	2.01	3-11*
完全同胞 (同胞)	0.5	2	4.2	1.99	1-8	8.6	1.93	5-12*
完全同胞 (異腹)	0.5	0	1.5	1.18	0-4	3.1	1.32	1-6*
母系半同胞 (同胞)	0.25	0	0.68	0.80	0-3	1.8	0.91	0-3
母系半同胞 (異腹)	0.25	4	0.9	0.92	0-3*	3.4	0.81	2-5
父系半同胞	0.25	7	8.2	2.66	3-14	10.1	2.37	6-15
祖母-孫	0.25	0	0.9	0.87	0-3	0	0	0
祖父-孫	0.25	0	0.3	0.58	0-2	0.1	0.33	0-1
叔母-甥	0.25	0	2.0	1.30	0-5	0	0	0
叔父-姪	0.25	0	2.0	1.37	0-5	1.5	0.96	0-3
叔母-甥 (half*)	0.125	7	7.1	2.41	3-12	6.5	2.03	3-11
叔父-姪 (half*)	0.125	5	4.5	1.99	1-9	3.5	1.50	1-7
いとこ	0.125	6	10.5	2.96	5-16	7.2	1.99	4-11
いとこ (half*)	0.063	20	15.9	3.47	9-23	17.2	2.92	12-23

血縁を認識する機構がある

血縁度が 0.5 の組み合わせの近親交配だけで観察頻度が期待値よりも低いという結果は、分散様式の雌雄差に加えて、他に何らかの血縁関係を認識する機構が近親交配の回避に働いていることを示唆しています。これまでに様々な動物種において複数の血縁関係を認識する機構が見つっていますが、ネズミの仲間では巣立つ前のつきあいにより互いに熟知すること

(familiarity) が最もありそうな機構として考えられています^(5,6)。エゾヤチネズミのメスは繁殖期間中に繰り返し何度も繁殖するので、授乳中のメスが妊娠していることは普通に見られます。したがって familiarity は、個体が分散する前の継続する相互作用により、同腹の子どもだけでなく、同じ母親に由来する異なる腹からの子どもとの間でも形成される可能性があります。一方、エゾヤチネズミのメスは互いに排他的な行動圏を持って繁殖するので、父親が同じでも母親が異なる子どもの間、つまり父系の半同胞の間には familiarity は生じにくいでしょう。血縁性の近い関係にある 14 例の近親交配のうち、12 例は familiarity がないと考えられる個体間で起きたものです。やはりエゾヤチネズミでも familiarity が働いていそうです。

父親と娘の交配は 1 例観察されました。エゾヤチネズミは乱婚で⁽⁷⁾、父親は子どもの世話をしません。したがって父親と娘の間にはあまり接触の機会がなく、familiarity は生じないように思えます。しかし、父親と隣接した所で娘が繁殖した例が 19 例ほどありましたが、交配はこの 1 例だけでした。どうやら父-娘の交配も避けられているようです。娘が育つ間に父親との間に familiarity が生じるのでしょうか。それとも血縁関係を認識する別の機構があるのでしょうか。

おわりに

この研究で観察された 2 例の同腹の雌雄の交配は、春先のまだ雪の残る中、周辺に非血縁のオスのいない状況で起きていました。これらの個体は冬の間一緒に営巣していたと考えられるので⁽⁸⁾、互いに顔なじみであったはずです。メスは他にオスがいない状況に置かれたために近親交配を避けることができなかったのかもしれ

ません。あるいはそうすることを選んだ可能性もあります。

開発によって各地で森林の分断・小集団化が進んでいます。そのような生息環境では離れた場所に住む集団の間で個体の交流ができなくなっていることでしょう。そのような環境では近親交配は頻繁に起きているのかもしれません。

引用文献

- (1) Ohdachi, S.D., Ishibashi, Y., Iwasa, M.A. & Saitoh, T. (eds.) (2009) The Wild Mammals of Japan, Shoukadoh Book Sellers, Kyoto, 544pp.
- (2) 太田嘉四夫 編 (1984) 北海道産野ネズミ類の研究. 北海道大学図書刊行会, 札幌, 400pp.
- (3) Saitoh, T. (1995) Sexual differences in natal dispersal and philopatry of the grey-sided vole. *Researches on Population Ecology* 37: 49-57.
- (4) Ishibashi, Y. & Saitoh, T. (2008) Role of male-biased dispersal in inbreeding avoidance in the grey-sided vole (*Myodes rufocanus*). *Molecular Ecology* 17: 4887-4896.
- (5) Blaustein, A.R., Bekoff, M. & Daniels, T.J. (1987) Kin recognition in vertebrates (excluding primates): empirical evidence. In: *Kin Recognition in Animals* (eds. Fletcher, D.J.C. & Michener, C.D.), pp. 287-331. John Wiley & Sons, Chichester.
- (6) Ferkin, M.H. (1990) Kin recognition and social behavior in microtine rodents. In: *Social Systems and Population Cycles in Voles* (eds. Tamarin, R.H., Ostfeld, R.S., Pugh, S.R. & Bujalska, G.), pp. 11-24. Birkhäuser Verlag, Basel.
- (7) Ishibashi, Y. & Saitoh, T. (2008) Effect of local density of males on the occurrence of multile mating in the gray-sided vole (*Myodes rufocanus*). *Journal of Mammalogy* 89: 388-397.
- (8) Ishibashi, Y., Saitoh, T., Abe, S. & Yoshida, M.C. (1998) Kin-related social organization in a winter population of the vole *Clethrionomys rufocanus*. *Researches on Population Ecology* 40: 51-59.

3. 中国への木造住宅・木材の輸出拡大に向けて

—住宅建設の現状と木材輸出国の売り込み策—

北方林管理研究グループ 嶋瀬拓也

林業経営・政策研究領域 堀 靖人、平野悠一郎

はじめに

中国は、21 世紀の「世界の工場」ともいわれ、輸出産業がよく発達しています。2009 年の貿易輸出額は 1 兆 2 千億ドル（同年末のレートで約 110 兆円）に達し、ドイツを抜いて世界第 1 位となりました。木材産業についても、日本や欧米などをターゲットとする輸出指向型の工場が多数、立地しています。

しかし、13 億人もの人口を擁して経済成長を続ける中国は、同時に、消費国としても存在感を高めつつあります。従来は工場の移転先としてしかみてこなかった各国の企業も、巨大で右肩上がりの市場に目を向けるようになってきました。「世界の工場」と謳われた中国は、いまや、「世界の市場」としても注目される存在となっているのです。

急速な発展をみせる中国は、同時に、年間 3 億 7 千万 m^3 （2008 年）もの木材を消費する木材消費大国でもあります⁽¹⁾。3 億 7 千万 m^3 がどのくらいの量かという、同年の日本の木材消費量の 4.7 倍、世界の丸太生産量の 11% を占めるほどの膨大な量です^(2,3)。

このように、中国の木材需要は、世界の木材市場のなかでも、すでに極めて大きな存在であり、その動向が、世界の木材需要に大きな影響を及ぼすようになっていきます。また、国内林業の振興を掲げて木材輸出の拡大を目指すわが国にとって、膨大な木材需要を有する隣国中国は、市場としての大きな可能性を持つ存在でもあります。

このような観点から、私たちは、中国の木材需要に注目し、特にその住宅建設と、そこでの木材利用のあり方について、調査・研究を進めてきました。以下では、その結果を要約して、ご紹介したいと思います。

中国の住宅建設

中国では、2008 年、床面積にして 15 億 9 千万 m^2 の住宅が建設されました⁽⁴⁾（図-1）。これは、同年の日本の住宅着工床面積の 17.6 倍に当たり、仮に 1 戸当たりの床面積が 100 m^2 （約 30 坪）と

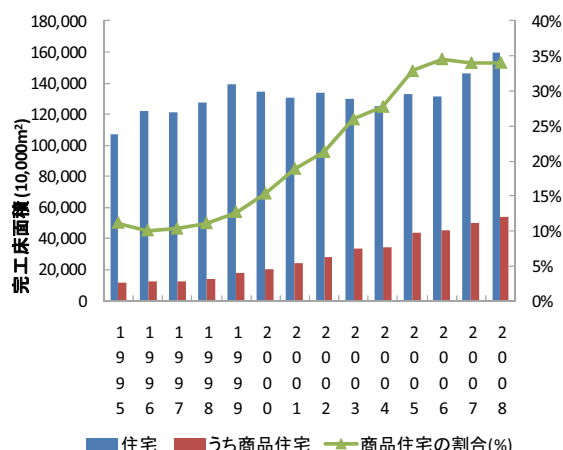


図-1 中国の住宅建設

出典：中華人民共和国国家統計局編（2009）『中国統計年鑑 2009』中国統計出版社

すると、1,600 万戸近くにもなります。

構造別の統計は公表されていませんが、都市部では鉄筋コンクリート造の中高層マンションが、農村部では農民自身の手によるコンクリート造またはレンガ造の戸建住宅が主流といわれています。

ところで、中国の住宅問題を考えるうえで見逃せない住宅政策の変化として、住宅需給への市場経済システムの導入、いわゆる「市場化」が挙げられます。かつての中国では、住宅は、政府や国営企業が、公営住宅や社宅として、組織（「単位」）に属する各世帯に現物給付することになっていました。しかし、財政面その他の理由により、1980 年代後半から、段階的に、住宅需給の市場化が図られました。この大がかりな住宅制度改革は、1998 年、住宅配給制度が廃止されたことで、1 つの区切りを迎えています。

住宅制度改革が進んだ結果、「商品住宅」の建設が、絶対量としても、住宅建設総量に占める割合という面でも、大幅に上昇しました（図-1 参照）。「商品住宅」というのは、デベロッパー（開発業者）が、販売を目的として建設した住



写真-1 高層マンションの建設現場



写真-2 上海市内の不動産店

宅のことをいいます。

富裕層向けには「別荘」（日本でいうものとは異なり、高級戸建住宅・タウンハウスのこと）や「高級公寓」（「公寓」はマンションのこと）が、また中低所得者向けには、政策住宅の一種である「経済適用住宅」が用意されるなど、幅広い所得層に対応して、多様なグレードがあります。

商品住宅の建設量（完工床面積）は、1998年から2008年にかけて1億4千万 m^2 から5億4千万 m^2 へと3.8倍に拡大し、住宅建設量を押し上げました。住宅制度改革は、量的な面では、一定の成功を収めたといえます（写真-1, 2）。

しかし同時に、いくつかの深刻な問題も引き起こしました。すなわち、住宅市場の加熱によって価格が高騰し、それを当て込んで転売目的の購入が増えるなど、市場のひずみが拡大していったのです。また、より大きな利ざやが期待できる高級住宅に供給が偏るなどの問題も表面化しました。

中央政府は、取得した住宅の短期転売に課税をしたり、2軒めからの住宅の取得にはローンの貸し出しを制限したり、それぞれの開発プロジェクトごとに高級住宅の建設割合を一定以下に制限するなど、様々な対策を施してきました。住宅建設の動向が、すでに、国民経済に大きな影響を及ぼすほどに大きくなっていることや、地方政府にとって、不動産開発が財政収入全体の4割を占める重要な収入源になっているなどの事情もあり⁽⁵⁾、必ずしも調整は十分に行き届いてはいませんが、中央政府は、行きすぎた高級化を抑制しつつ、住宅を本当に必要とする人たちに、適正な価格で行き渡るよう、コントロールしようとしています。

木造住宅と木材利用

膨大な住宅建設量を誇る中国ですが、木造住宅はわずかだといわれています。例えば、米国農務省海外農業局のレポートでは、2004年における住宅着工戸数1,560万戸のうち、木造住宅は1万戸と推計されています⁽⁶⁾。現地事情に詳しい関係者の1人も、中国での木造住宅の建設は、

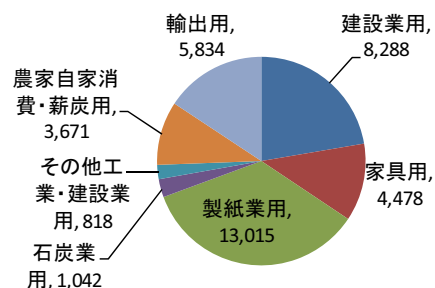


図-2 中国の木材需要（2008年、単位：10,000 m^3 ）

出典：国家林業局編（2009）『中国林業発展報告 2009』中国林業出版社

注1：「建設業用」は「施工用」「内装用」および「農家住宅建設用」を含む。

注2：「家具用」は国内消費分のみで、輸出家具の分は「輸出用」に含む。

注3：「その他工業・建設業用」には「車船製造」「鉄道」「化繊」などを含む。

注4：「農家自家消費・薪炭用」には「農家住宅建設用」（1,610.98万 m^3 ）を含まない。

全土をあわせても、せいぜい年間 1 千戸から 5 千戸くらいではないかとしていました。

しかしながら、住宅・生活分野での木材の需要は、決して小さくはありません。日本の『森林・林業白書』に当たる、『中国林業発展報告』の 2009 年版によれば、2008 年の木材需要 3 億 7,145 万 m^3 のうち、「建設業用」が 8,288 万 m^3 (22%)、「家具用（輸出家具を除く）」が 4,478 万 m^3 (12%) を占めています（図-2）。

「建設業用」がどのような内訳になっているのかは明らかにされていませんが、中国林業科学研究院の推計では、「建築構造用材」41%、「装飾用材」23%、「施工用材」36%とされています⁽⁷⁾。内外の住宅・木材関係者に対するヒアリングの結果からも、この推計にあるとおり、コンクリート建造物を建設するための型枠工事用資材として、あるいは、下地用材、内装用材などとして用いられるものが相当量あるものと思われます。また、農村部の農家住宅では、木造ではないものの、屋根や、それを支えるための材料として、木材が広く用いられており、このような需要がかなりあるものとみられます。

わずか 3 人の例ではありますが、ある日系工場の中国人従業員に対して行ったヒアリング調査から、木造住宅への関心や評価が低い一方、内装や家具には好んで木が使われていることがうかがえました。

木材輸出国の取り組み

このように、中国では、木造率は低くても、建設用や家具用として大きな木材需要が存在します。また、木造率が少しでも高まれば、木材に対する大きな追加需要が期待できます。このため、カナダ、米国、EU、ニュージーランド、日本などの国々が、中国に対して、自国の住宅（工法）や木材の売り込みを図っています。

中でもカナダは、早い時期から、非常に積極的に普及活動に取り組んできました。

カナダの普及活動は、同国の木材業界団体であるカナダウッド（Canada Wood）と、ブリティッシュコロンビア州政府出資の公営企業である FII（Forestry Innovation Investment Ltd.）が連携して行っており、①技術者の養成（Training）、②住宅・木材の宣伝・普及（Promotion）、③建築基準（Building Cord）の作成支援の、大きく 3 つのプログラムを実施しています。

1 つめの、技術者の養成としては、「カナダウッド大学（Canada Wood College）」と称する技術研修を行っています。ビルダー・コースとデザイナー・コースがあり、それぞれ 3 週間のコー

スです。これまでに、のべ 1,000 人以上が受講したとされています⁽⁸⁾。

2 つめの、住宅・木材の宣伝・普及活動としては、当初は都市部での別荘（高級戸建住宅・タウンハウス）開発がメインターゲットでしたが、住宅の過度の高級化を嫌う中央政府の意向により、難しくなりました。このため、カナダウッドと FII は、都市近郊でのセカンドハウス開発や、旧公営住宅・社宅の屋根の葺き替え（リルーフィング）（写真-3）、政府による農村開発、木造=鉄筋コンクリート造ハイブリッド建築物の開発・普及など、さまざまな分野で、木材需要開拓の可能性を探ってきました。

このような活動を進めるうえで不可欠だったのが、3 つめの、建築基準の作成支援です。建築活動は、一般に、その国の建築法規の規制を受けるからです。カナダは、中国の中央・地方政



写真-3 木製トラスによる旧公営住宅・社宅のリルーフィング（写真提供：Canada Wood）



写真-4 ツーバイフォー工法や SPF デイメンションランバーの利用が認められた中国の建築法規。（左）中華人民共和国国家標準「木結構設計規範」2003 年、（右）上海市工程建設規範「軽型木結構建築技術規程」2009 年

府、研究機関などとの提携を図りながら、建築基準の策定を積極的に支援し、その際あわせて、それらの基準にカナダの工法や材料が組み込まれるよう、働きかけてきました。このような取り組みの結果、2003年10月に公布された「木結構設計規範」では、ツーバイフォー工法や、SPFディメンションランバー（「SPF」とは、カナダ内陸部の森林を占める代表的な樹種「spruce（トウヒ）」「pine（マツ）」「fir（モミ）」の頭文字をとったもの、「ディメンションランバー」とは、ツーバイフォー建築物の材料として用いられる製材品とその規格）の利用が正式に認められることとなりました（写真-4）。

在来軸組工法・国産材の普及に向けて

木材輸出国による木造住宅・木材の普及に向けた取り組みが何年も続けられてきた今日でも、内外を問わず、多くの住宅・木材関係者が、口を揃えて、「中国に木造住宅を普及させることは難しい」としています。しかし、これらの一連の取り組みもあって、木造を好んで採用するデベロッパーが現れるなど、木造住宅をめぐる環境は、徐々にではありますが、整ってきました。

ただし、ここでいう木造住宅は、多くの場合、ツーバイフォー工法によるもののことであり、日本の在来軸組工法や国産材の利用には、残念ながら、まだ、大きな課題が残されています。2004年には、在来軸組住宅大手の住友林業が中国への本格進出を果たしていますが、法制度上の位置づけや、デベロッパー・消費者の認知度などの面で、在来軸組工法を採用する環境がまだ整っていないという理由から、ツーバイフォー工法での進出となりました。

日本の在来軸組工法や国産材を中国で普及させていくためには、まず、これらの工法・材料が、当地の建築関連法制度に明確に組み込まれるよう、働きかけていくことが重要です。法律が絡む問題ですので、民間企業だけではどうしても限界があります。政府・公的機関が果たすべき役割は大きいといえるでしょう。

実際に、木結構設計規範の次期改定に向けて、日本木材輸出振興協議会が、日本からの専門家派遣や情報提供等を申し出て、2010年8月には、中国側がこれを受け入れることが合意されるなど、動きが出てきつつあり、今後が期待されます。

（本稿は、森林総合研究所編『中国の森林・林業・木材産業—現状と展望—』日本林業調査会、2010年、第1部第7章「住宅建築等への木材利

用の状況」を要約したものです。さらに詳しくお知りになりたい方は、ぜひ同書もあわせてご覧ください。）

引用文献

- (1) 国家林業局編(2009)中国林業発展報告 2009. 中国林業出版社、169pp. (中国語)
- (2) 林野庁企画課(2009)平成20年木材需給表. 10pp.
- (3) FAOSTAT(国際連合食糧農業機関の統計情報ホームページ)
<http://faostat.fao.org> 2010年12月6日取得
- (4) 中華人民共和国国家統計局編(2009)中国統計年鑑 2009. 中国統計出版社、1107pp.
- (5) 武藤一郎・松永美幸・上山聡子・福本智之(2010)最近における中国の不動産価格の上昇について(日銀レビュー2010-J-3). 7pp.
- (6) United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service(2005) China, Peoples Republic of: Solid Wood Products Annual 2005 (GAIN Report CH5052). 27pp.
- (7) 日本木材輸出振興協議会(2010)中国の基準とニーズに対応した国産材輸出仕様の開発調査報告書. 99pp.
- (8) 加拿大卑詩省林業庁林業発展投資処中国部・加拿大林業協会(2010頃)中国項目紹介 2005-2009. 39pp. (中国語)

報告コーナー

森林技術連携フォーラム開催報告

平成22年11月16日（火）に下川町バスターミナル合同センターにて森林総合研究所と下川町・下川町森林組合及び住友林業の共催による「森林技術連携フォーラム in 下川町 ―木質バイオマス生産を考える―」が開催されました。このフォーラムでは木質バイオマスとして、成長が早く、造成・収穫が容易で、くり返し生産・収穫できる持続性を備えたヤナギを使い、これを資源作物として栽培利用する際の問題点が議論されました。北海道支所からも宇都木玄チーム長による「木質バイオマスの栽培技術」と題する発表と佐々木尚三地域研究監による「収穫技術とコストを考える」と題する発表が行われ参加者119名による活発な意見が交わされました。



支所長の開会挨拶



宇都木チーム長による発表

森林講座開催報告

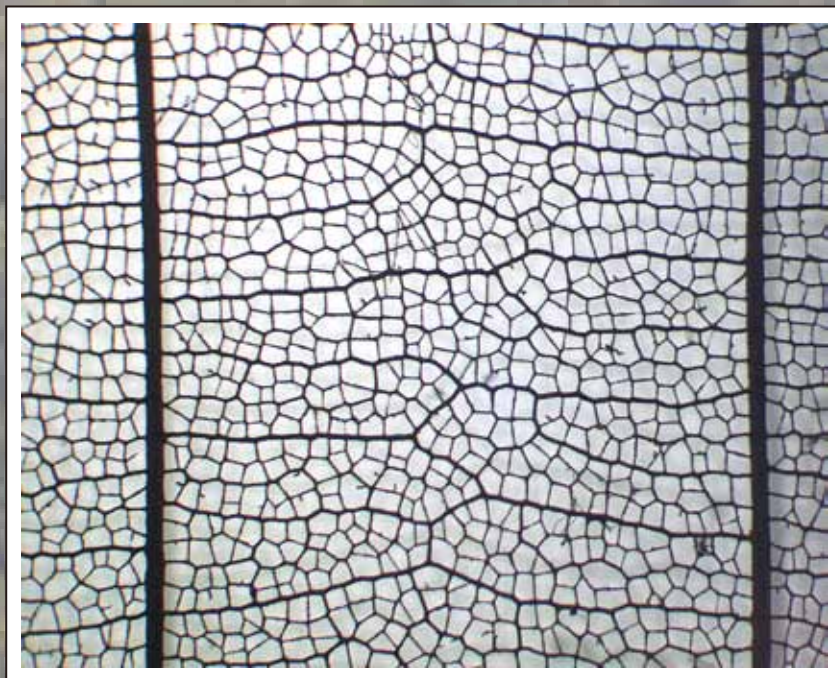
平成22年11月26日（金）に第4回森林講座を開講いたしました。今回のテーマは「森に降る雨、森から出る水」と題して講師は相澤州平植物土壌系研究グループ長。札幌近郊での雨水の観測結果を交えて酸性雨の実態とその影響緩和に役立っている森林の働きについての講演が行われました。森林に降る雨には自然由来や人工の汚染物由来の様々な物質が溶け込んでいて酸性度に影響を及ぼしていることや森林を通過して流域へ出てくる過程で、あるものは森林内で吸収され、あるものは新しく溶出されてくる仕組みをわかりやすく説明していただきました。雨水に含まれる窒素についても森林を通すことで、吸収されており、窒素負荷量は大きいものの日本の多くの森林では窒素飽和にはいたっていないことの説明がありました。参加者31名はメモを取ったり、スライドをデジカメで撮影するなど熱心に講義に聴き入っていました。



森林講座の参加者



相澤グループ長の講演



森林総合研究所北海道支所研究情報誌
『北の森だより』 Vol.6

編集・発行

独立行政法人森林総合研究所北海道支所
〒063-8516 北海道札幌市豊平区羊ヶ丘7番地
TEL(011)851-4131 FAX(011)851-4167
URL <http://www.ffpri-hkd.affrc.go.jp>

印刷

ひまわり印刷株式会社
〒053-0815 北海道苫小牧市永福町2丁目1-4
TEL(0144)74-4500 FAX(0144)74-1151

2011年2月26日発行

本誌から転載・複写する場合は、森林総合研究所北海道支所の許可を得て下さい。

表紙写真：上からブナの気孔、葉脈と気孔、葉脈

裏表紙写真：イヌブナの葉脈

撮影：上村章

この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。