



野外研究サイトから (30)

京都大学フィールド科学教育研究センター北海道研究林

舘野 隆之輔

京都大学フィールド科学教育研究センター

はじめに

北海道東部の太平洋岸は、冷温帯と亜寒帯の境界に位置し、国内でも最も冷涼な地域の一つである。夏は、南からの季節風が、沿岸を流れる寒流によって冷やされ、特に沿岸部では霧が発生し、気温が上がらず非常に冷涼である。また冬は、晴れの日が多く乾燥するため、特に内陸部では冷え込みが厳しい。12月下旬～2月下旬にかけての2か月間は、ほとんどが日最高気温0℃未満の真冬日となり、1月～2月にかけて1ヶ月以上も真冬日が続くこともある。北海道の日本海側やオホーツク海岸と比較して、太平洋岸では、積雪はそれほど多くはないため、雪による断熱効果が期待できず、土壤凍結が発生する地域でもある。

根釧地域の冷涼な気候は、稲作はもちろんのこと、畑作にも向かないため、一帯は酪農地帯であり広大な牧草地が広がっている。一方で、貴重な自然も多く残されており、釧路湿原国立公園や阿寒国立公園などの国立公園もある。また国の特別天然記念物のタンチョウが、湿原だけでなく、牧草地などでも普通にみられる。京都大学フィールド科学教育研究センター北海道研究林は、釧路湿原の北、根釧台地の西に位置する標茶区と釧路市の西、阿寒山群の南端・白糠丘陵東部に位置する白糠区の二つからなる。全国の大学演習林・研究林としては、最東端に位置する施設である。

概要

京都大学フィールド科学教育研究センター（以下、フィールド研）北海道研究林（<http://fserc.kyoto-u.ac.jp/wp/hokkaido/>、2015年5月31日確認）は、川上郡標茶町と白糠郡白糠町にあるそれぞれ1446 haと880 haの森林を、教員1名、技術職員7名、事務職員1名が常駐し、管理を行っている。標茶区は1949年に、白糠区は1950年に、ともに旧陸軍省軍馬補充部用地跡に旧大蔵省からの所管換えを受けて、農学部附属北海道演習林として設置された。設置以来、農学部林学科の教育の場として活用されてきた他、設置当初から1970年代前半にかけては、収益目的で大規模な天然林択伐や皆伐造林が行われた。現在残る天然林は、ほぼすべて択伐後の天然林であるが、林内には一部伐り残された大径木も見受けられる。人工林は、カラマツやトドマツ、アカエゾマツの人工林であり、設置当初に植えられたカラマツ林は既に60年生を超え、伐期を迎えている。近年は、森林の維持管理や実習用として伐採が行われる程度で、大規模な造林事業は行っておらず、教育研究にその役割をシフトしている。特に、2003年のフィールド科学教育研究センター発足後は、農学部の学生だけでなく、全学や他大学学生の教育研究利用を推進している。

標茶区の地質は、第四紀完新世摩周火山灰層Ⅰに属し、標高は25～149 mと標高差も小さく、全体的にゆるやかな起伏の地形である。土壌は、摩周岳や雌阿寒岳などからの火山灰からなる黒色火山性土である。気候は太平洋型の内陸性気候を示し、夏季は最高気温が30℃以上まで上昇することもあるが、太平洋岸で発生する海霧が内陸まで押し寄せることも多く、気温が上がらず、日照不足になりやすい地域である。冬季は北西からの湿った季節

風が北部の山地により遮られ、乾いた季節風となって太平洋岸に吹き込むため、降雪量は比較的少なく積雪深は50 cm以下であることが多い。冬は、晴天の日も多く、放射冷却により -30°C 近くまで下がることもある。1981年から2010年の30年間の標茶区の年平均気温は 6.2°C 、年平均降水量は1169.7 mm、期間中の最高気温は 36.0°C 、最低気温は -32.3°C であった（演習林気象報告 No.15）。

標茶区の天然林植生は、北海道内の天然林でよくみられる針広混交林とは異なり、トドマツやエゾマツなどの針葉樹を欠く落葉広葉樹林である。主要な高木種は、ミズナラ、ハルニレ、ヤチダモ、イタヤカエデ、キハダ、ハリギリなどで、林縁にはシラカンバやダケカンバ、ケヤマハンノキがみられる。林床は、一面ミヤコザサが優占する。低木種はハシドイ、エゾニワトコ、ホザキシモツケ、ノリウツギなどがみられる。河川沿いの湿地林には、ヤチダモやハルニレ、ヤナギ類が多くみられ、林床にヤチボウズがみられる。地形が、比較的平坦であり、溪畔林や湿地林で優占するヤチダモ、ハルニレなどが尾根に近い平坦部にもみられるのが特徴でもある。斜面にはミズナラが優占する林分がみられる。

白糠区の地質は白亜紀および古第三紀に属す砂岩と粘板岩からなり、標高は64～270 mと標茶区よりは急峻な地形である。土壌は、大半が褐色森林土で、一部に黒色火山性土もみられる。気候は標茶区同様に太平洋型の気候である。冬季は、標茶区同様に晴天の日が多いが、海岸線に近いこともありそれほど冷え込みも厳しくなく、最低気温が -25°C 以下になることは少ない。一方で夏季は最高気温が 30°C 近くまで上昇することもあるが、太平洋岸で発生する海霧の影響を標茶区より頻繁に受けるため、標茶区と比較して冷涼で日照時間も短い。1981年から2010年の30年間の白糠区の年平均気温は 7.2°C 、年平均降水量は1302.1 mm、期間中の最高気温は 36.5°C 、最低気温は -26.5°C であった（演習林気象報告 No.15）。

白糠区の天然林植生は、常緑針葉樹のトドマツとミズナラ、シナノキ、ダケカンバなど落葉広葉樹が混交し、北海道内の天然林で広く見られる針広混交林である。林縁にはウダイカンバやケヤマハンノキなどがみられる。林床はミヤコザサが優占するが、標茶区と比べると群落高は低い。また一部スズタケもみられる。低木種はハシドイ、エゾニワトコ、ホザキシモツケ、ノリウツギなどがみられる他、エゾシャクナゲもみられる。標茶区では確認されていないアサダ、シナノキ、ナナカマドなども白糠区では見られ、全体的に標茶区より樹木の種多様性

は高い。

北海道研究林の植物目録は、設置当初の1953年の調査をまとめた目録があり（岡本 1956）、標茶区では、2008年から2010年にかけて行われた再調査をまとめた目録もある（光枝・岡部 2011）。その他、鳥類相に関しては、標茶区（二村 1987）、白糠区（二村 2004）、淡水魚類相に関しては、標茶区（二村・谷口 2002）の目録がある。

長期モニタリングと広域比較研究

近年、我が国において、モニタリングサイト 1000 (<http://www.biodic.go.jp/moni1000/moni1000/>、2015年5月30日確認)やJaLTER (Japan Long-Term Ecological Research Network、<http://www.jalter.org/>、2015年5月30日確認)などの生態系の長期モニタリングサイトのネットワークが稼働し、データベースの整備が進んでいる（榎木ほか 2007；石原ほか 2010）。京都大学フィールド研の森林系施設6つのうち、芦生研究林、和歌山研究林、上賀茂試験地の3つがモニタリングサイト 1000の森林コアサイトとして登録されているが、北海道研究林は登録されていない。しかし、登録されていない施設でも、モニタリングサイト 1000と同一の手法で毎木調査や落葉落枝調査をフィールド研森林系施設の独自の研究プロジェクトとして行っており、北海道研究林でも標茶区と白糠区の各1か所のモニタリング 1000仕様の調査区を保有し、観測を行っている。この他、北海道研究林では、森林資源管理や森林動態観測を目的とした固定調査区が、天然林・人工林ともに数多く存在し、古いものでは1970年代後半からほぼ5年おきに、毎木調査が行われてきた。現在、北海道研究林では、これらの固定調査区の毎木調査データのデータベース化を進めている。

広域比較に関しては、全国演習林協議会の酸性雨長期モニタリング観測やその他の研究プロジェクトの一環として、降水や溪流水の水質の観測が行われた。成果の一部は、国内比較を行った結果（戸田ほか 2000）や東アジアの森林と比較を行った結果（Nakagawa and Iwatsubo 1999, 2000）として公表されている。降水や溪流水の水質に関しては、一斉観測終了後も、フィールド研森林系施設の独自の研究プロジェクトとして、現在も継続している。

また土壌特性の広域比較に関連して、最近、全国39カ所で、有機物層の蓄積量と炭素・窒素含量および鉍質土壌0-50 cmまでの窒素無機化特性や炭素・窒素現存量、pH、水溶性イオン濃度、容積重を測定したデータベースが公開された（Urakawa et al. 2015）。データベースには、

標茶区のカラマツ人工林とミズナラが優占する天然林のデータも含まれる。

森 - 川 - 海の繋がりに関する研究

北海道研究林標茶区では、森林内を流れる河川水質の形成に関するプロセス研究サイトとしても活用されてきた (Nakagawa et al. 2008, 2009)。研究林内には、湿地林が溪畔域に多数存在するが、河川水の NO_3^- , DOC, Fe 濃度 (Nakagawa et al. 2008) や pH, pCO_2 (Nakagawa et al. 2009) に、溪畔域の地形や土壌、植生が与える影響について調べられた。この他、標茶区の森林域と周辺の牧草域の河川水質の比較研究もある (Nakagawa et al. 2002)。

また北海道研究林では、溪流水質形成に関する研究の他にも、森 - 川 - 海の繋がりに関する生態学研究にも活用されつつある。近年、昆虫に寄生するハリガネムシ類が駆動する陸から川へのエネルギー流の重要性が指摘されているが (Sato et al. 2011)、現在、神戸大学の佐藤拓哉博士を中心に、日本の各地の大学演習林・研究林などを活用したハリガネムシ類とその宿主の出現量の季節動態のモニタリング調査が進められている。標茶区と白糠区でも、2010 年より毎年データを取得している。本州の森林では、主にカマドウマ・キリギリス類を宿主としてハリガネムシが駆動するエネルギー流が秋口に大きくなるが、北海道では地表徘徊性の甲虫類を宿主として、春に起こることが指摘されている (佐藤私信)。

上記のモニタリングに関連して、陸域から河川への昆虫を介したエネルギー流の季節性が、魚類個体群や群集構造、さらには河川生態系の様々な生物群集や物質循環様式にどのような影響をもたらすかを解明しようとする試みで、大規模な野外操作実験が標茶区で 2013 年に行われた (図 1)。標茶区内の複数の河川に金網を用いたエンクロージャーを設け、個体標識をしたアメマスを一定の密度で放逐し、対照区に加え、人工餌を用いて夏前の早い時期に餌資源パルスを与える区と夏以降の遅い時期に資源パルスを与える区を設け、魚類の個体数や体サイズ、底生動物、藻類、水質、落葉分解速度など、様々な項目について観測が行われた。この実験では、観測そのものも大変であるが、それ以上にエンクロージャーの維持に多大な労力が費やされた。河川に金網を張ってエンクロージャーを設置したため、金網に落葉落枝が詰まるとすぐにオーバーフローし、河床を削り、エンクロージャーが破壊されてしまう。そのため、神戸大学の研究員と非常勤職員が京都大学の施設に勤務する形で、数日おきに



図 1. 調査地の様子。

金網の掃除と見回りを行い、また降雨前には土嚢を大量に積んで補強するということが、実験期間中を通して続けられた。現在は、操作実験を終え、観測結果の解析が進められている。また研究の一環として、標茶区河川の底生動物同定に活用できる資料作成も進められている。

その他、森 - 川 - 海の繋がりを明らかにする研究に関連して、2010 年には、北海道大学厚岸臨海実験所の鎌内宏光博士 (現金沢大学環日本海域環境研究センター) らによって、標茶区の河川内に約 800kg のサケの死骸 (ホッチャレ) を、流程約 1 km に渡って河床に設置し、海洋由来の栄養塩が、河川と周辺の森林生態系に与える影響を明らかにするための研究が実施された。鎌内ほか (2012) では、特にホッチャレ消費動物の種類や行動様式などに着目した報告がなされている。散布したホッチャレは 10 日間で、主にカラス類とトビや普段標茶区では観察されないオオワシやオジロワシなどの猛禽類といった中・大型の鳥類により、ほぼすべて消費されたことが報告されている (鎌内ほか 2012)。

冬季の積雪変化に対する応答

北海道研究林では、季節凍土が発生することから、古くから凍土に関する研究が行われてきた（竹内 1981, 1982, 1984）。2000 年代には、土壤凍結に関連して、北海道内の積雪量が多く土壤凍結が起こらない北海道大学雨龍研究林と冬季に積雪量が少なく土壤凍結が起こる標茶区の土壤を対象に、冬季の土壤の無機態窒素動態の比較研究が行われた（Christopher et al. 2008）。さらにこの研究では、雨龍研究林と標茶区で採取した表層土壤を、それぞれのサイトの 3 深度の土壤に埋設し、冬季の環境を経験させる現地交換培養試験も行われた。その結果、冬季の無機化速度や硝化速度は、元々の土壤の性質をある程度反映するが、両サイトの土壤で、土壤凍結が起こる標茶区に設置した場合に、無機化速度は増大するが、硝化速度は減少することが明らかとなり、土壤凍結が窒素動態に与える重要性を指摘している（Christopher et al. 2008）。

さらに 2013 年 4 月より、北海道大学の柴田英昭博士を中心に、冬から春期における窒素循環の急激な変化が生態系プロセスに与える影響を明らかにすることを目的とした研究プロジェクト（<http://www.resin-project.com/>、2015 年 5 月 30 日確認）が開始し、標茶区内のミズナラが優占する天然林を調査区として、野外観測が行われている。このプロジェクトでは、冬季に大規模な積雪除去処理を行い、冬から春にかけての凍結融解期の急激な環境変化を生態系レベルで操作する野外操作実験が行われている。積雪深、凍結深や地温などの気象観測や土壤窒素動態だけでなく、細根動態、樹木やササのフェノロジー、樹液流、純一次生産量、窒素循環量、土壤微生物動態など、様々な分野の研究者により多面的な観測が行われている。2013 年から 2014 年にかけて、調査区の設定と操作前の観測が行われた。そして 2014 年 12 月より調査区を複数個含む、約 12m × 25m のエリア 2 か所について、降雪のたびに積雪除去を行った（図 2）。積雪除去は、除雪スコップやスノーダンプを用いてすべて人力で行った。2014 年から 2015 年にかけての冬は、降雪が例年になく多く、降雪のたびに北海道研究林の職員もほぼ総出で積雪除去を行った。吹雪や地吹雪が発生すると、降った雪が積もるだけでなく、周囲に積もっていた雪が動き、積雪除去したエリアに吹き溜まるため、除雪には相当な労力がかかった。例年は、林内の積雪深は多くても 70-80 cm 程度であるが、実験期間中は 120 cm に達しただけでなく、地吹雪も例年になく多かった。多大な労力を払った甲斐が



図 2. 積雪除去実験区の様子（上図 2015 年 3 月 30 日撮影、下図 2015 年 5 月 25 日撮影）。

あり、対照区と積雪除去区では、土壤凍結深や地温などの気象条件が大きく異なることが確認されている（図 3）。今後は、操作期間中の土壤の化学分析や微生物群集解析を進めるとともに、操作後の生育期の観測やデータ解析を進めていく予定である。

大学教育と研究アウトリーチ

教育関係では、農学部林学科時代からの流れを汲む夏と冬の森林実習に加えて、フィールド科学教育研究センター発足以降は、森里海連環学に関連した特色ある実習を行っている。森里海連環学実習は、北海道大学北方圏フィールド科学教育研究センター厚岸臨海実験所（仲岡ほか 2014）と合同で、京都大学と北海道大学の学生を対象に行っている。さらに北海道大学の研究林教員や京都大学フィールド研、農学研究科、森里海連環ユニットの教員など自然科学だけでなく社会科学分野も含む多様な専門分野の教員が実習に携わっている。実習では、森・川・海の自然科学的な繋がりを学ぶだけでなく、里（人

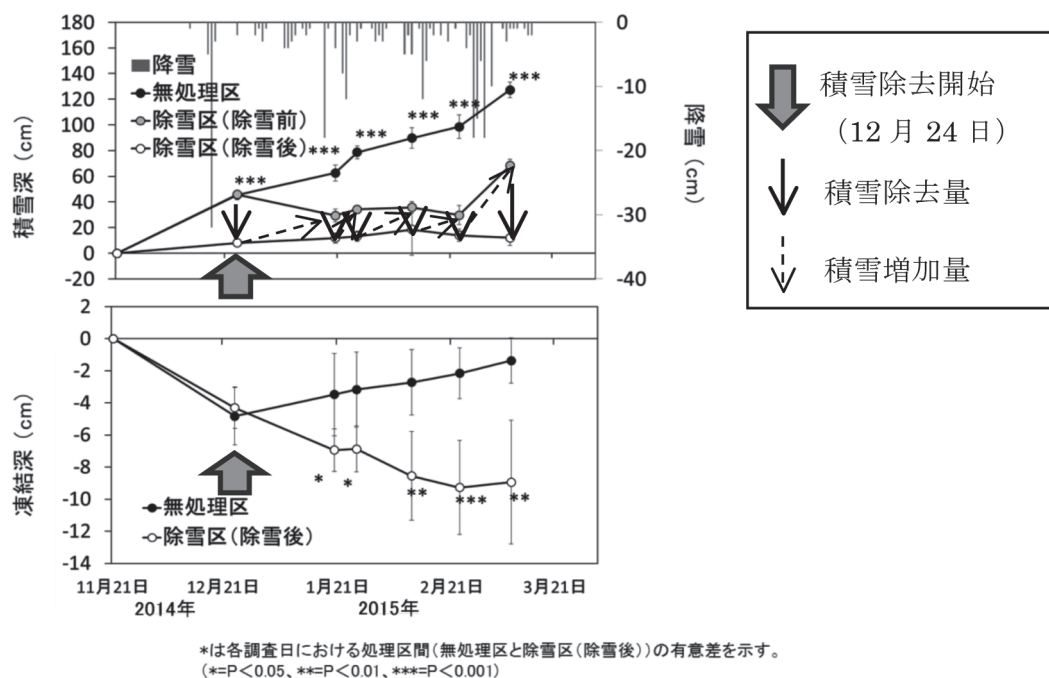


図3. 積雪除去区と無処理区の積雪深、土壌凍結深の変化（渡辺ほか、未発表データ）。

間社会）と自然の関わりを学ぶことも狙いとしている。現在、他大学にも募集を拡大して実施することも検討中である。

研究アウトリーチ活動では、研究林を活用した研究成果を社会に還元するべく、学術振興会の研究成果還元事業「ひらめき☆ときめきサイエンス」（<https://www.jsps.go.jp/hirameki/>、2015年5月30日確認）や京大ウィークス（<http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/social/weeks/>、2015年5月30日確認）などの一環としてイベントを開催しているほか、近隣の学校や教育委員会などと連携し、様々な社会貢献活動も進めている。

研究利用と施設の利用案内

北海道研究林を活用する研究には、大きく3つのタイプがある。一つ目は広域比較、二つ目は湿地林や凍土など地域特有のプロセス研究、三つ目は野外操作実験である。一つ目の広域比較については、日本の東端でもあり、アジア、ユーラシアの東端でもあるという地理的な特徴もあり、また冷温帯と亜寒帯の移行地帯に位置するため、広域比較において重要な観測地点となるだろう。二つ目は、北海道内にも、同じような条件を有する森林は数多くあるが、過去のデータ蓄積、調査地の維持管理、実験・宿泊設備など、大学が管理する森林であるという利点は

大きいだろう。また、宿泊代もほとんどかからないため、研究費の削減にも繋がる。三つ目は、これは北海道研究林に限らず、大学演習林・研究林の特色でもあるが、操作実験を行いやすいという点がある。例えば伐採など生態系の改変を伴う操作実験を比較的簡単に行うことも出来る。また大学技術職員は、様々な専門的な知識、現場に関する知識、操作実験を行う上でのノウハウや専門資格を有しており、非常に頼れる存在である。主要な高木種の枝形態に関する研究では（Osada et al. 2014）、大きな林冠木を技術職員が研究用に伐り倒し、研究試料の採取や測定に協力したこともある。

標茶区には、管理棟内に宿泊室が3室あり、6名程度が宿泊可能である他、24名程度が宿泊可能な学生宿舎棟もある（図4）。白糠区には、管理棟に宿泊室が2部屋あり、8名と3名程度が宿泊可能である。実習期間中は、研究利用者が宿泊できない場合があるが、その場合は、近隣には温泉付きのホテル、旅館などもあるので、そちらの利用をお願いする場合もある。また野外調査だけでなく、実習用のセミナー室もあるため、20-30名程度の小規模な現地見学会やセミナー、研究会などの利用にも対応できるようにしたいと考えている。

実験室の設備としては、送風乾燥機、電子天秤、実体顕微鏡など、野外で採取した試料の仕分けや測定、実験前処理が可能な実験室があり、また化学分析や分子生物



図4. 北海道研究林標茶区管理棟。

学実験を行う設備を備えた実験室もある。大がかりな機器分析などは出来ないが、野外調査で長期滞在中に試料前処理や実験を行うことは十分に可能である。野外調査に関しては、実習中など十分に対応出来ないこともあるが、調査地設定の助言や調査補助にも対応可能である。また長靴・胴長・スノーシュー・山スキーなどの野外装備、毎木調査・測量・土木作業などに必要な用具の貸し出しも可能である。その他、気象データや調査データ、台帳データなどの閲覧や使用にも対応する。さらに近年は、GISの整備を進めており、調査地の設営などに活用可能である。

北海道研究林は、研究サイトとしては、地理的にも魅力的な場所にあり、研究設備も色々となるが、一方で、本学や他大学のキャンパスからも遠く離れており、全国から研究者に頻繁に来て頂くこともなかなか難しいとも感じている。しかし、アジアの東端の大学研究林として、ここでしかできないような研究や研究バックアップ体制をアピールしていくことで、多くの研究者に研究しに来て頂けるようにしていきたいと考えている。また国内だけでなく海外の研究機関との連携も強化したいと考えており、実際に今年の秋から、中国科学院の研究者が10か月間標茶区に滞在して、中国の森林との比較研究を行う予定もある。

現在、京都大学フィールド科学教育研究センターの芦生研究林、和歌山研究林、上賀茂試験地、北白川試験地、徳山試験地とともに他大学・他機関の教育研究利用を推進するべく、施設整備を強化している。北海道研究林の年間利用者は近年増加傾向にあり、のべ2000人日程度の教育研究利用がある。今後さらなる利便性向上に向けて努力するとともに、研究成果の公開にも力を入れていき

たいと考えている。

引用文献

- Christopher SF, Shibata H, Ozawa M, Nakagawa Y, Mitchell MJ (2008) The effect of soil freezing on N cycling: comparison of two headwater subcatchments with different vegetation and snowpack conditions in the northern Hokkaido Island of Japan. *Biogeochemistry*, 88:15-30
- 榎木 勉, 柴田 英昭, 日浦 勉, 中静 透 (2007) 日本における LTER の稼動: 森林科学からのアプローチ. *日本森林学会誌*, 89:311-313
- 石原 正恵, 石田 健, 井田 秀行, 伊東 明, 榎木 勉, 大久保 達弘, 金子 隆之, 金子 信博, 倉本 恵生, 酒井 武, 斉藤 哲, 崎尾 均, 寄元 道德, 芝野 博文, 杉田 久志, 鈴木 三男, 高木 正博, 高嶋 敦史, 武生 雅明, 田代 直明, 田中 信行, 徳地 直子, 並川 寛司, 新山 馨, 西村 尚之, 野口 麻穂子, 野宮 治人, 日浦 勉, 藤原 章雄, 星野 大介, 本間 航介, 蒔田 明史, 正木 隆, 吉岡 崇仁, 吉田 俊也 (2010) モニタリングサイト 1000 森林・草原調査コアサイト・準コアサイトの毎木調査データの概要. *日本生態学会誌*, 60:111-123
- 鎌内 宏光, 佐藤 修一, 林 大輔, 岡部 芳彦, 勝山 智憲, 福島慶太郎, 吉岡 歩, 佐藤 拓哉, 徳地 直子, 仲岡 雅裕 (2012) 北海道東部における初冬のホッチャレ消費者. *森林研究 (Forest research, Kyoto)*, 78:81-87.
- 光枝 和夫, 岡部 芳彦 (2011) 京都大学北海道研究林 (標茶) の植物. *標茶町郷土館報告*, 23:23-36
- Nakagawa Y, Iwatsubo G (1999) Extensive study on forest runoff water chemistry over east Asia. *Journal of Forest Research*, 4:115-123
- Nakagawa Y, Iwatsubo G (2000) Water chemistry in a number of mountainous streams of east Asia. *Journal of Hydrology*, 240:118-130
- Nakagawa Y, Nakashima T, Mawatari K (2002) Change in river water chemistry as affected by the confluence of forest drainage water in dairy farming area on Hokkaido Island, Northern Japan. *Journal of Forest Research*, 7:131-136
- Nakagawa Y, Shibata H, Satoh F, Sasa K (2008) Riparian control on NO_3^- , DOC, and dissolved Fe concentrations in mountainous streams, northern Japan. *Limnology*, 9:195-206
- Nakagawa Y, Shibata H, Satoh F, Sasa K (2009) Influence of CO_2 partial pressure and other factors on spatial and temporal variation of pH in two streams draining the watersheds having different size of riparian zone. *環境科学会誌*, 22:173-186
- 仲岡 雅裕, 伊佐田 智規, 本多 健太郎, 北村 武文 (2014) 野外研究サイトから (26) 厚岸臨海実験所 (北海道大学). *日本生態学会誌*, 64:87-91
- 二村 一男 (1987) 北海道演習林の鳥類相. *京都大学農学部演習林集報*, 17:1-13
- 二村 一男 (2004) 京都大学北海道研究林白糠区の鳥類相. *標茶町郷土館報告*, 16:49-63
- 二村 一男, 谷口 直文 (2002) 京都大学北海道演習林標茶

- 区の淡水魚類相 (予報). 京都大学演習林試験研究年報 2000, 40-43
- 岡本 省吾 (1956) 京都大学農学部北海道演習林植物目録. 京都大学農学部演習林報告, 25:35-87
- Osada N, Okabe Y, Hayashi D, Katsuyama T, Tokuchi N (2014) Differences between height-and light-dependent changes in shoot traits in five deciduous tree species. *Oecologia*, 174:1-12
- Sato T, Watanabe K, Kanaiwa M, Niizuma Y, Harada Y, Lafferty KD (2011) Nematomorph parasites drive energy flow through a riparian ecosystem. *Ecology*, 92:201-207
- 竹内 典之 (1981) 東北海道における火山灰土の凍結と融解 (II): 皆伐跡ササ地およびカラマツ新植造林地における土壌の凍結と融解. 京都大学農学部演習林報告, 53:205-215
- 竹内 典之 (1982) 東北海道における火山灰土の凍結と融解 (III): 季節凍土地域における地温の季節変化. 京都大学農学部演習林報告, 54:121-130
- 竹内 典之 (1984) 東北海道における火山灰土の凍結と融解: IV. 土の凍結深度および凍土の融解深度の推定. 京都大学農学部演習林報告, 56:128-144
- 戸田 浩人, 笹賀 一郎, 佐藤 冬樹, 柴田 英昭, 野村 睦, 市川 一, 藤戸 永志, 鷹西 俊和, 清和 研二, 塚原 初男, 飯田 俊彰, 谷口 憲男, 中田 誠, 桑原 繁, 内田 武次, 春田 泰次, 井上 淳, 八木 久義, 塚越 剛史, 蔵治 光一郎, 二田 美穂, 小野 裕, 鈴木 道代, 今泉 保二, 山口 法雄, 竹中 千里, 万木 豊, 川那辺 三郎, 安藤 信, 中西 麻美, 西村 和雄, 山崎 理正, 長山 泰秀, 土肥 奈都子, 片桐 成夫, 小藤 隆一, 新村 義昭, 井上 章二, 江崎 次夫, 河野 修一, 藤久 正文, 岩松 功, 今安 清光, 中村 誠司, 塚本 次郎, 野上 寛五郎, 榎木 勉 (2000) 全国大学演習林における溪流水質. 日本林學會誌, 82:308-312
- Urakawa R, Ohte N, Shibata H, Tateno, R, Hishi T, Fukushima K, Inagaki Y, Hirai K, Oda T, Oyanagi N, Nakata M, Toda H, Kenta T, Fukuzawa K, Watanabe T, Tokuchi N, Nakaji T, Saigusa N, Yamao Y, Nakanishi A, Enoki T, Ugawa S, Hayakawa A, Kotani A, Kuroiwa M, Isobe K (2015) Biogeochemical nitrogen properties of forest soils in the Japanese archipelago. *Ecological Research*, 30:1-2