

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 9 日現在

機関番号：83202

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501301

研究課題名(和文)立山弥陀ヶ原湿原の土壌形成に対する黄砂の寄与とアジアの砂漠化の推移

研究課題名(英文)Contributions to soil formations at Midagahara wetland of the asian dusts on Mt. Tateyama and trends of desertification in the Asian Continent

研究代表者

朴木 英治 (Honoki, Hideharu)

富山市科学博物館・その他部局等・専門官

研究者番号：10373482

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：立山弥陀ヶ原湿原で採取した泥炭試料(長さ600mm)中の無機粒子の粒径別個数濃度を長さ2.5mm毎に計測した結果、直径20 μ m以下の粒子数が全粒子数の99%以上あり、泥炭中の無機粒子は黄砂と考えられた。放射性炭素による年代測定結果とアカホヤ火山灰の位置から作成した深さと堆積年代との回帰式から、試料最下層の形成は11000年前とわかった。泥炭の形成年に対する黄砂の沈着量のグラフでは、黄砂の沈着量は寒冷期に多く、温暖期に少ないことが分かり、日本海の海底堆積物で報告された結果と一致した。また、花粉分析から推定した気温変化は黄砂の沈着量変化とほぼ一致し、寒冷期には立山でも気温が低下したことが分かった。

研究成果の概要(英文)：Peat core sample (600 mm of length) was collected at Midagahara wetland on Mt. Tateyama. Number concentration at each particle size of ignition residues in samples were measured in 2.5 mm step of length. Sum of numbers of ignition residues particles under 20 μ m of diameter were over 99 percent of total particles. It was considered that ignition residues in samples might be the Asian dusts. Regression formula between depth of peat and generation ages was calculated from radiocarbon age and depth of the Akahoya tephra. Generation age of bottom of the peat sample was calculated in 11000 years before by regression formula. It was revealed that depositions of the Asian dusts in peat samples were increased in cold age and decreased in warm age. This result is consistent with the result that had been reported about the analysis of sediments of the Sea of Japan. It was estimated that mean temperature at Mt. Tateyama decreased in cold age by pollen analysis.

研究分野：環境科学

キーワード：泥炭 風成塵 黄砂 花粉分析 気候変動 立山

1. 研究開始当初の背景

環境省の黄砂問題検討会中間報告書によれば、(1)黄砂は数万年前以降には存在し、1 万年前から現在までの日本の堆積量は 3~4g/10cm³ と推定されている。(2)発生源地域が寒冷期の場合は乾燥化が進み、しかも、砂塵嵐や寒気の南下が頻繁に起きるため、黄砂の発生量が多くなり、逆に、温暖期は湿潤になるため発生量は減少する。(3)黄砂は一般には砂塵嵐によって発生するが、毎日のように発生する山谷風によっても発生する可能性がある。(4)上空 1km~2km に黄砂濃度が高まる層ができる場合がある。

また、最近の研究では、黄砂は春だけでなく、夏から秋にも日本の上空を頻繁に通過していることが航空機観測で明らかとなっている(Matsuki et al., 2003)。時には、秋にも地上で黄砂を観測することがある(Watanabe and Honoki, 2003)。

古環境の解析には南極やグリーンランドなどの氷床コアが用いられるが、黄砂の解析には、採取緯度が高すぎて記録が不十分と思われる。中緯度地域で得られる試料としては湖底堆積物や海底堆積物が考えられるが、湖底堆積物には集水域や湖内の様々な物質が集積されており、海底堆積物は採取方法の制約がある。

立山の弥陀ヶ原湿原(標高 1600m~2000m)は、固結した火山噴出物(最終の噴火は 9 万年前)の上に、順に、粘土・シルト層、泥炭層、植物層が形成されている。弥陀ヶ原湿原は、有名な尾瀬湿原とは成因が異なり、本来ならば排水が良いはずの稜線の緩傾斜面上に形成された湿原で、成立の条件として、多雪と植物の生育を促す高い夏期の気温が関係していると言われている(小泉, 1982)。泥炭層中には 7300 年程前に堆積した鬼界カルデラ起源のアカホヤ火山灰層が挟まれており、これが堆積年代推定の鍵層になる。

この弥陀ヶ原湿原の泥炭層とその下部の粘土・シルト層に含まれる花粉の分析が吉井・藤井(1981)によって土壌数 mm 間隔で行

われており、周辺植生の変遷が報告されている。また、¹⁴C 年代測定も行われており、深さ 80cm の位置の泥炭の堆積年代は約 9000 前と報告されている(吉井・藤井 1981)。平均すれば 100 年間に 9mm の堆積速度となる。しかし、泥炭に含まれる火山灰以外の土壌粒子の起源については、明らかとなっていない。

申請者らは 2003 年から、立山で標高別に酸性雨、霧水、大気汚染物質の観測を行っており、その観測結果では、弥陀ヶ原を含む標高 1300m から 2100m にかけて、降水中の非海塩性カルシウムイオン濃度や沈着量が増加する現象が比較的頻繁に見られ(朴木・渡辺、2011)、バックグラウンド黄砂(地上では観測されないが上空を通過する黄砂)の通過が原因と考えられた。この標高帯は、冒頭の黄砂問題検討会中間報告の中で黄砂濃度が高まる場合がある層の高度と一致している。

そこで、2011 年の夏の観測では、降水試料を濾過し、濾紙上の残渣重量を測定したが、標高 1300m から 2100m にかけての観測点の粒子物質沈着量は黄砂の通過が比較的少なかった 7 月から 9 月末までの 3 ヶ月間の合計値で 990~2400mg/m²であった。粉体の見かけ比重を 1.2 とすると、0.8~2μm の厚さに相当する。植物が生育する場合、植物表面に霧水やエアロゾルを捕捉し、これを雨が洗浄することで沈着量が大きく増加することが知られており、黄砂などの外来起源の土壌粒子の堆積は、湿原の土壌形成には十分寄与し得るものと考えられる。

なお、弥陀ヶ原湿原で花粉分析を行った吉井から、弥陀ヶ原湿原の泥炭中にはアジアの乾燥地帯に生育する植物花粉も存在していたこと、泥炭中に挟まれている火山灰はシャープなピークを形成しており、下方向への移動は比較的少ないとのアドバイスを得た。

2. 研究の目的

本研究では、弥陀ヶ原湿原の泥炭中の土壌

粒子の起源が降水と植物による霧やエアロゾルの捕捉などによって堆積したものであることを確認し、それに占める黄砂の寄与を4mm～9mm 間隔(堆積期間にして50年～100年)で見積もる。この結果と花粉分析の結果から、中央アジアを中心とした地域の気象の変化を検討する。また、その状況と立山の気象状況とを比較する。

3. 研究の方法

湿原植物を模した代理表面(人工芝など)降水採取器と通常の降水採取器を使用して降水を採取し、捕捉された粒子状物質の重量と粒径別個数分布を計測する。補助データとして降水、霧水、大気中の粒子の粒径別個数分布を計測し、必要に応じてバックトラジェクトリー解析法によって、大気の移動経路と発生源の砂漠を確認する。

弥陀ヶ原湿原で採取した泥炭コア試料を4分割し、一つは2.5mm間隔に切り分けて550に加熱後、強熱残渣の重量と粒径別個数濃度を調べる。別の一つは放射性炭素による年代測定に使用する。さらに、もう一つにより花粉分析を行い、モダンアナログ法によって過去の立山の気温変化を推定する。

4. 研究成果

(1) 降水中の懸濁物質について

降水による懸濁物質の沈着量は、観測点標高が高くなるほど減少する傾向が見られたが、標高1420m、1620m、1930mで他の観測点と比べて多くなる特異な現象が観察された。特に、1420m 観測点では、富山市の市街地よりも多くなる現象が見られた。この観測点付近の高度を粒子状物質が多く含まれる大気が薄い層状に通過していると考えられた。

懸濁粒子を550 加熱で消失する黒色粒子と残留する強熱残渣粒子に分けて、その濃度比を調べたところ、黒色粒子濃度と強熱残渣粒子濃度が強い相関を持っている試料(発生源が同一と考えられる)、黒色粒子濃度

が非常に高く強熱残渣濃度が非常に低い試料、黒色粒子濃度が低く、強熱残渣濃度が高い試料の3つのパターンがあることが分かった。は石炭燃焼起源(強熱残渣は黄砂ではなくフライアッシュ)、は石油燃焼起源、が黄砂主体の粒子と考えられた。特には石炭を大量に燃焼している中国の日本への影響が酸性雨のみならず風成塵の沈着にも影響していることがわかってきた。

一方、代理表面採取器では通常の降水採取器と比べ、粒子の沈着量が数倍にもなる場合が観察された。霧水中の懸濁粒子数は降水中の10 倍程度も存在しており、霧水の捕捉が寄与していたと考えられた。

懸濁粒子の粒径別個数濃度を液中微粒子計で粒径1.5 μ m～150 μ mの間の16 区間について測定したところ、粒径1.5～2.0 μ mの粒子数が全体の粒子数の50%前後を占め、粒径が20 μ m以下の粒子の合計は全粒子数の99%以上となった。

(2) 弥陀ヶ原湿原で採取した泥炭の深さに対する堆積年代の測定

弥陀ヶ原湿原で、許可を得て(環境省土石採取許可(環中地松許第120831001)、富山森林管理署承諾済(24 富管第648号))、コアサンプラーで泥炭を採取し(長さ60cm)、4分割したうちの一つを使って放射性炭素による年代測定を行った。堆積年代が分かっているアカホヤ火山灰は深さ51cm程のところに確

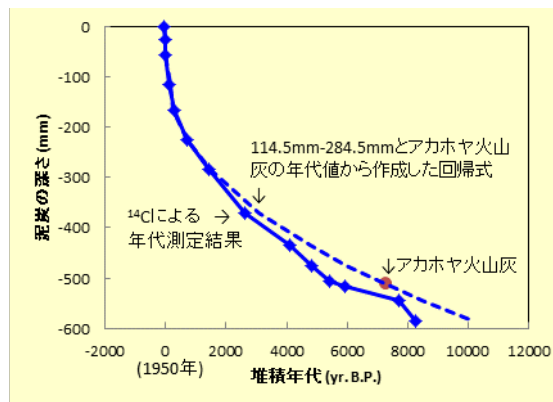


図1 泥炭の深さに対する堆積年代

認した。年代測定の結果、深さ 28cm 以深では、放射性炭素による年代測定結果が実際の堆積年代よりも 1000 年以上も新しく分析されることが分かり、表層から 28cm までの年代測定結果とアカホヤ火山灰の堆積年代から深さに対する堆積年代の回帰式を作成し、これを解析に使用することとした。この回帰式から求めた泥炭試料の最下層の堆積年代は 11000 年前と推定できた。

(3) 泥炭中の強熱残渣粒子量

4 分割した泥炭試料の一つを長さ 2.5mm 毎に切り分け(240 試料)、各試料から内径 4mm のコルク穿孔機を使って断面積が一定の計測試料を作成し、乾燥重量を計測後、550 で 1 時間加熱し、強熱残渣量を求めた。この強熱残渣量と分析試料の直径から泥炭厚さ 1mm、面積 1m² 当たりの強熱残渣沈着量を計算した。次に、(2) で求めた泥炭深さに対する堆積年代の回帰式を使って試料毎に厚さ 1mm の堆積年数を計算し、この値から、各試料について面積 1m²、1 年当たりの強熱残渣沈着量を計算した。各試料の時間分解能は最下層で 110 年程度、表層付近では 2 年程度であった。

(4) 泥炭中の強熱残渣の粒径別個数濃度

泥炭中の強熱残渣を脱粒子水中に懸濁させ、液中微粒子計で粒径別個数濃度を計測した結果、粒径 1.5 ~ 2.0μm の粒子数が 30 ~ 50%、粒径が 20μm 以下の粒子の合計数が全粒子数の 99% 以上であることが分かった。これは降水での計測値と同様の結果で、泥炭の強熱残渣の殆どは風成塵(黄砂粒子)と考えられた。

(5) 泥炭の堆積年代と風成塵(黄砂)の沈着量

(2) で得られた泥炭深さに対する堆積年代の回帰式と(3) で得られた各試料の 1 年あたりの風成塵(黄砂)沈着量を対比させた結果、11000 年前から 9400 年前までの最終氷期には 15 ~ 18 g/m²/年の風成塵(黄砂)の沈着量があ

ったが、9400 年前から減少し、温暖期の縄文海進の始まりと考えられる 7500 年前には 3 g/m²/年に減少した。7500 年 ~ 6100 年前の縄文海進期には沈着量が 2 ~ 4 g/m²/年で推移し、その後 150 年ほど前の 19 世紀後半頃まで沈着量は 2 ~ 8 g/m²/年程度で推移していた。しかし、19 世紀後半から風成塵(黄砂)沈着量が増大し、20 世紀末までの 150 年間ほどの平均沈着量は 17 g/m²/年程度にもなっており、かなり寒冷化していた可能性が分かった。

泥炭中の風成塵(黄砂)の沈着量推移はヨーロッパの気候変動とも比較的調和的で、寒冷期に多く、温暖期に少ないことがわかり、日本海の海底堆積物から明らかにされた結果とも調和的であった。また、花粉分析のモダンアナログ法による解析でも 19 世紀後半を始め、黄砂沈着量が多い時期は立山での気温が低かったことを指標していた。

立山の弥陀ヶ原湿原は地形の特殊性から当初考えていた稜線的な環境ではなく、むしろ、谷底的な環境で風が弱く、しかも、広大な湿地が広がっているため、強風によって運ばれる近隣起源の粒子が少なく、泥炭中に含まれる風成塵のほとんどは黄砂と考えられた。今回の泥炭の解析は厚さ 2.5mm 毎に行ったが、特に、下層の粘土質に近い部分の解析厚さを 1mm 程度にすることで時間解像度を 40 年程度に高めることができる。また、弥陀ヶ原湿原の泥炭は湖底・海底堆積物と比べて採取が容易であるため、過去 10000 年程度の環境変化を精度よく解析するためには最良の試料となりうるということが分かった。

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 5 件) 著者

1. 朴木英治・渡辺幸一、立山における酸性雨・懸濁粒子観測結果(2014)、富山市科学博物館研究報告, 39,(印刷中),(査読無)

2. 朴木英治・渡辺幸一, 立山における酸性雨
および懸濁粒子観測結果 2013, 富山市科
学博物館研究報告, **38**, 105-120, (2014),
(査読無)

3. Koichi Watanabe and Hideharu Honoki,
Measurements of aerosol number
concentrations and rainwater chemistry at
Mt. Tateyama, near the coast of the Japan
sea in central Japan: On the influence of
high-elevation Asian dust particles in
autumn. J. Atmos. Chem., **70**, 115-129,
2013, (査読有)

4. 朴木英治・渡辺幸一, 立山における酸性雨
および懸濁粒子観測結果 (2012), 富山
市科学博物館研究報告, **37**,
89-102, (2013), (査読無)

[学会発表](計 12 件)

1. Hideharu Honoki(代表), Koichi Watanabe,
Keiji Horikawa, Yoshiko Masubuchi and
Ryoichi Yoshii, Changes of eolian dust
depositions during last 11000 years in the
peat collected at Midagahara wetland on
the Mt. Tateyama, central Japan,
International Union for Quaternary
Research 2015 NAGOYA, JAPAN
(2015年7月27日~8月2日)

2. 朴木英治(代表), 弥陀ヶ原湿原における過去約
1万年間の黄砂の沈着量変化, 富山市科学博
物館研究発表会, (富山市科学博物
館, 2015年3月7日)

3. 朴木英治(代表)・堀川恵司・渡辺幸一, 立
山弥陀ヶ原湿原の泥炭の堆積年代と
含まれる強熱残渣粒子の存在量, 日
本第四紀学会 2014年大会(2014年9月
5日~9日 東京大学柏キャンパス)

4. 朴木英治(代表), 渡辺幸一, 立山の降水
中に懸濁する粒子状物質について,
(2014年9月17日から19日 愛媛大
学城北キャンパス)

5. 朴木英治(代表), 渡辺幸一, 降水によっ
て立山西斜面と富山市に沈着する黄砂
に関する研究, 地球惑星科学連合大会
(2013年5月22日 千葉県幕張メッセ)

[図書](計 件)
[産業財産権]
出願状況(計 件)
名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 件)
名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

朴木 英治 (Honoki Hideharu)
富山市科学博物館・専門官
研究者番号: 10373482

(2) 研究分担者

渡辺 幸一 (Watanabe Koichi)
富山県立大学・工学部・環境工学科・教授
研究者番号: 70352789

堀川恵司 (Horikawa Keiji)
富山大学・大学院理工学研究部・生物圏環
境科学科・准教授
研究者番号: 40467858

(3) 連携研究者 ()
研究者番号:

(4) 研究協力者

吉井 亮一 (Yoshii Ryoichi)
富山県立山博物館・学芸課副主幹