

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 4 月 25 日現在

機関番号：82626

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2010～2011

課題番号：22800088

研究課題名（和文）北日本における第四紀後期の山麓斜面および河成段丘の高精度地形面編年

研究課題名（英文）High-resolution dating of the river terraces and slop deposits, northern Japan

研究代表者

近藤 玲介 (KONDO REISUKE)

独立行政法人産業技術総合研究所・地質情報研究部門・産総研特別研究員

研究者番号：30409437

研究成果の概要（和文）：北日本においては、周氷河作用などの影響により年代指標が発見されないことが多いことから、特に寒冷期の堆積物や地形面の年代は不明な点が多かった。そこで本研究では、新たな年代測定法を適用し、北日本における河成段丘や丘陵を対象に高分解能な地形面編年をおこなうことを目的とする。本研究で得た結果は、北日本の地形発達と陸域の古環境の関係についての重要な情報を与えるものである。

研究成果の概要（英文）： This study applies a high-resolution dating in northern Japan, in order to clear to geomorphic development. These new ages of the river terraces and hill deposit give excellent chronological information for terrestrial paleoenvironments in northern Japan.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,210,000	363,000	1,573,000
2011 年度	1,110,000	333,000	1,443,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,320,000	696,000	3,016,000

研究分野：人文学

科研費の分科・細目：地理学

キーワード：北日本・河成段丘・海成段丘・地形面編年・斜面堆積物・古環境・ルミネッセンス年代測定法・化石周氷河現象

1. 研究開始当初の背景

日本列島は、国土の 70% を超える地域が山地であることから、山岳地域やこれを構成する斜面が日本の地形景観を決定づけている重要な地形要素のひとつであるといえる。このため、山地の地形発達史研究は古くからおこなわれ、その結果から地形発達に基づく陸域の古環境変遷が推定されてきた。しかし、これまでの日本における山岳地域の地形研究では、放射性炭素年代試料や、広域テフラなどの年代資料の発見が困難であるため、あ

る程度広い年代幅の中で発達史や古環境が議論されてきた。加えて、中部山岳や本州北部、北海道の山地においては、氷期中の寒冷期に周氷河作用が卓越する場合が多いので、ソリフラクションによる広域テフラの面的な移動・削剥や、インボリューションによって広域テフラが地層中の垂直方向に散在し、堆積物や地形面の年代を決定することが困難であることも多い。一方で、北海道北部においては氷期中に低地まで永久凍土が分布していたことが知られる。氷期の北日本は、

冬季の日本海北部の結氷に伴い、より内陸的環境であったことが推定されるので、気候の季節変化は現在よりも顕著であったことが推定されている。また、北日本の地形面は氷期-間氷期、あるいは亜氷期-亜間氷期サイクル内での気候変化も、永久凍土環境やこれに準ずる環境と、温暖な環境が繰り返されることにより、本州西部以南より劇的な環境変化とこれに伴う地形発達作用を経験してきたはずである。

近年、研究代表者は、北海道北部において、これまで年代推定が困難であった化石周氷河地形・現象に、新しい手法の年代測定法を適用し、地形面編年をおこなう研究に従事してきた。その結果、北海道北部に分布していた永久凍土は、最終氷期最寒冷期の数千年間（およそ 2.4~1.8 万年前）に存在していたことが明らかとなった。強力な周氷河作用と斜面発達の関係は、下流域の河成段丘の形成にも大きな影響を与えたことが推定されるので、広域な地形発達と古環境を理解する上で重要な地学現象である。また北日本では、放射性廃棄物の貯蔵実験施設が存在するが、地層の安定性評価については多くの場合、断層活動や地下水変動に議論が絞られている。しかし、北海道北部では、上記のように数千年オーダーで永久凍土の形成と融解が生じていたことが明らかであるにもかかわらず、このような北日本における強力な周氷河環境に伴う地形・表層の地層の安定性については議論されていない。

以上の背景から、北日本において、高分解能の時間軸に基づき斜面から下流域に至るまでの地形発達史と古環境を議論することが求められている。

2. 研究の目的

以上の背景に基づき、本研究の目的は、北日本において、中期～後期更新世の斜面発達史と下流の河成段丘形成、陸域の古環境の関係を明らかにすることである。この研究では、周氷河環境の年代と斜面発達史、ならびに斜面発達史と下流域の河成段丘面の発達の関係を議論する。このため、周氷河作用が卓越した斜面が既に報告されている北海道北部や、河成段丘が顕著に発達する北海道南西部遊楽部川流域を主たる研究対象地域とする。野外地形調査に加えて、北海道北部ではボーリング掘削も行い、周囲の地形発達と埋没地形の関連を議論する。地形面編年にあたっては、ルミネッセンス年代測定法 (optically stimulated luminescence dating: 以下 OSL 年代測定法, および elevated temperature post-IR IRSL dating: 以下 pIRIR 年代測定法) を用いる。

ルミネッセンス年代測定法は、研究代表者のこれまでの研究の中で、化石周氷河地形・

現象、斜面堆積物などの編年に極めて有効なツールであることが明らかにされてきた。ルミネッセンス法による年代測定では、研究対象となる地形・堆積物だけではなく、研究地域に降下している年代不詳な降下テフラの年代を推定できるので、テフクロノロジーも有効に用いることが可能となる。

3. 研究の方法

本研究では、北日本の高精度な斜面発達史を明らかにするために、北海道北部・南部の複数の地点 (図 1) において写真判読による地形分類、野外地形調査、ボーリング掘削、ルミネッセンス年代測定と AMS¹⁴C 年代測定法の適用、その他の室内実験 (テフラの同定など) をおこなった。

これらの方法の内、中心となるのは野外地形調査とルミネッセンス年代測定である。野外地形調査では、これまで研究代表者が取り組んできた、周氷河作用を視点に入れた記載をおこなうことで、斜面発達や、下流域の段丘の発達史を理解することが初めて可能となる。同様に、ルミネッセンス年代測定法は、堆積物から直接年代値を得ることが可能であり、なおかつ AMS¹⁴C 年代測定法よりも広い適用年代幅を持つという利点がある。



図 1 本研究の調査地域/地点

4. 研究成果

(1) pIRIR 年代測定法と独立年代指標とのクロスチェック

本研究で用いるルミネッセンス年代測定法では、古い地層を対象とする場合があるため、一般的に用いられている石英の OSL 年代測定法に加え、長石 (多鉱物微粒子法) を対

象とした pIRIR 年代測定法の適用を試みる。

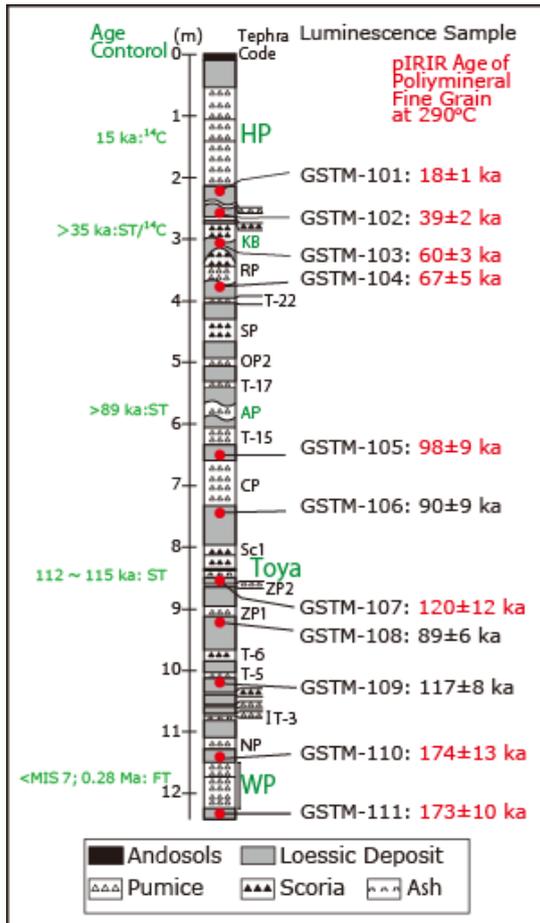


図 2 Loc. 1 における独立年代指標と pIRIR 年代測定結果

pIRIR 年代測定法は、近年開発されたルミネッセンス年代測定法であり、なおかつ日本列島での適用例がこれまでないという問題がある。本研究では、段丘砂礫層を被覆する風成堆積物を測定対象とする場合が多いので、北日本において中期更新世以降の風成堆積物が連続的に堆積し、なおかつ指標テフラが挟まれていることが知られる。東北地方北部太平洋側の青森県五戸町 (Loc. 1) において pIRIR 年代測定法の適用の可否を確認した。

本地点では、八甲田火山および十和田火山起源の複数のテフラが存在する (図 2)。露頭最下部に挟まれる八甲田白ベタ (以下、WP) テフラは、近接する上北平野周辺において酸素同位体ステージ (以下、MIS) 7 の海成段丘を覆うとされ、露頭最上部の十和田八戸 (以下、To-HP) テフラは、およそ 15 ka に降下したとされる。これらの年代指標となるテフラに加え、北日本の広域においてもっとも重要な指標テフラの一つである洞爺カルデラ起源の洞爺 (以下、Toya) テフラ (約 112~

115 ka) が存在する。本露頭では、これらの独立年代指標となるテフラ周辺の風成堆積物を pIRIR 年代測定試料として採取した。

Loc. 1 における pIRIR 年代測定の結果、WP テフラ下位が約 176 ka, Toya テフラ下位が 120 ka, To-HP テフラ下位が約 16 ka であった。これらの結果は、独立年代指標と pIRIR 年代値に矛盾がなく、極めて信頼性が高いことを示すだけでなく、これまで石英の OSL 年代測定法では対象範囲外であった中期更新世まで年代測定が可能であることが明らかとなった。

一方で、pIRIR 信号には 48 時間程度の太陽光の露光ではブリーチされない残存成分が存在する可能性があることが確認された。pIRIR 信号の残存成分は、見積もられる等価線量の内 < 5 Gy 程度と考えられるので、地質年代の新しい試料ほど、残存成分の影響で実際の堆積年代より古い pIRIR 年代が見積もられる可能性がある。以上の結果に基づき、本研究では概ね 20 ka を超えると予想される試料については pIRIR 年代測定法を適用し、20 ka より堆積年代が新しいと考えられる試料については石英微粒子の OSL 年代測定法を適用した。

(2) 北海道南部遊楽部川流域

北海道南部で太平洋に注ぐ遊楽部川中流域では、下位から I 面群~VI 面群の 6 つの河成段丘面が認定された (図 3)。Loc. 2 では、I 面群を構成する砂礫層を有機質シルトおよび支流性の砂礫層が覆う。有機質シルトには多くの材化石が含まれる。III 面群や IV 面群では段丘砂礫層とこれを覆う風成堆積物が確認され、風成堆積物中には駒ヶ岳火山や濁川カルデラを給源とするテフラが挟まれる場合がある。IV 面以上の面では、全体として波状、丘陵化しており、段丘砂礫層や被覆層の大部分が二次的な移動により失われている場合が多い。

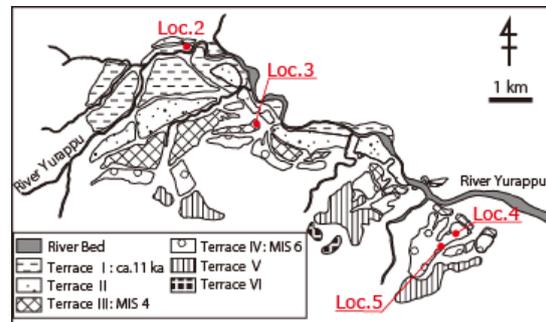


図 3 遊楽部川中流域の河成段丘の分布

I 面群に位置する Loc. 2 では、砂礫層を被覆する有機質シルトから採取された材化石の AMS¹⁴C 年代値が約 11 ka であった。III 面群

に位置する Loc. 3 においては、砂礫層を被覆する風成堆積物最下部の pIRIR 年代値は約 72 ka であった。IV 面群の Loc. 4 および Loc. 5 においては、砂礫層を被覆する風成堆積物の最下部の層準の示す pIRIR 年代値は、154~150 ka であった。これらの AMS¹⁴C およびルミネセンス年代測定の結果から、遊楽部川中流域では、I 面が層序から MIS 2 に、III 面群が MIS 4 に、IV 面群が MIS 6 に形成された段丘であることが示された。地形層序から、II 面群は MIS 2 ないし 3 に、V・VI 面群は MIS 8 以前に形成された可能性がある。

(3) 北海道北部、利尻島における火山麓扇状地の編年

利尻島は全域が第四紀火山の利尻火山からなる。利尻火山は、最高峰である利尻山(1721m)を中心とした成層火山であり、成層火山体山頂部での噴火はおよそ 3 万年前までに終えた。その後、数千年前までの間は、利尻山南麓部を中心とした単成火山群において活動していた。利尻島では、ほぼ全域に段丘化した古期火山麓扇状地と、現在の海岸線まで連続する新期火山麓扇状地が広く分布する。本研究では、利尻山南麓、西麓の古期火山麓扇状地の複数地点 (Loc. 6~8) において堆積物の記載と、試料の採取をおこなった。

石英微粒子の OSL 年代測定の結果、利尻島南麓・西麓の古期火山麓扇状地は、約 15 ka 前後を中心に堆積し、約 10 ka 前後に離水したことが明らかとなった。

(4) 斜面堆積物の編年

① 宗谷丘陵北部

北海道北部、宗谷岬周辺は、海成段丘面が周氷河作用によって顕著に丘陵化している場合がある。宗谷岬付近で観察されるようなマトリクスが泥質の砂礫層は、北海道北部に分布するソリフラクション堆積物と特徴が一致することから、凍土の融解に伴って斜面上部から移動してきたことが推定される。Loc. 9 では、このソリフラクション堆積物が流路堆積物に切られており、さらにこの流路構造は、現在の地形面の傾斜に沿って表層に存在する泥質な堆積物に切られている。よってこの流路構造は、凍土の融解水の集積と侵食を反映していると思われる。流路構造内部の堆積物は、海成層起源の円磨された砂礫と粗砂およびシルト質のマトリクスからなるが、周囲のソリフラクション堆積物よりも淘汰が良い。流路構造を切る泥質堆積物は、層厚約 10~15 cm で灰色を呈する。この泥質堆積物はわずかに砂礫を含み一部でラミナも認められることから、水流に伴う砂礫層であると思われる。Loc. 9 では流路堆積物および泥質堆積物より OSL 試料を採取した。

石英微粒子法による OSL 年代測定の結果、流路堆積物は約 16 ka を示し、泥質堆積物の年代値は 13 ka であった。流路構造と下位のソリフラクション堆積物との境界部には、明瞭な風化の痕跡は見られない。また、流路内

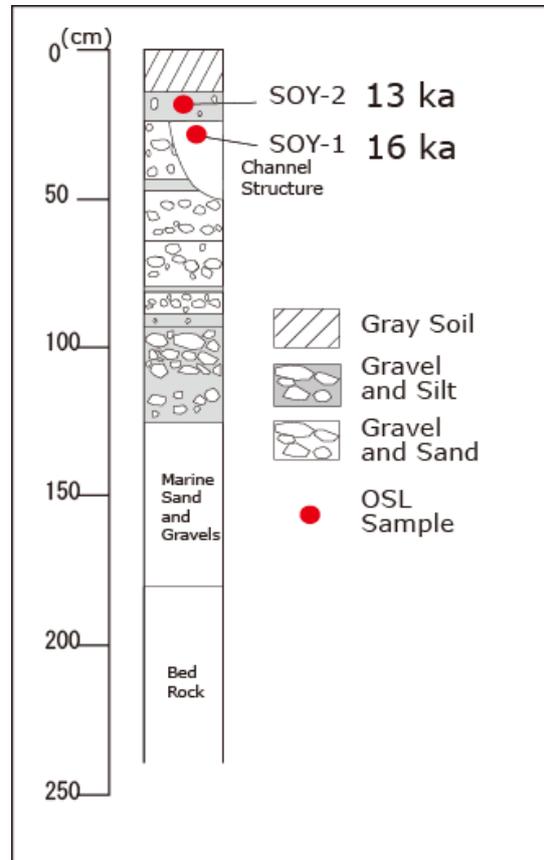


図4 Loc. 9 の柱状図および石英微粒子の OSL 年代値

を充填する堆積物も泥質成分を多く含むことから、周囲のソリフラクション堆積物は、最寒冷期からその直後に斜面物質移動が生じていたことが推定される。したがって宗谷丘陵の斜面では、2 万年前頃に繰り返された凍土の凍結・融解に伴って斜面物質が堆積したこと、16 ka 以降に水流によって表層が広く面的に侵食されたことが推定される。

これらの結果から、最も寒冷であったと考えられる 20 ka 頃を過ぎた直後から、丘陵斜面での面的削剥作用が急激に増大していったと考えられる。16 ka 前後に丘陵斜面での侵食面を形成した後、13 ka 頃に水流の作用が増大したと考えられる。

② 天塩川流域

北海道北部で日本海に注ぐ、天塩川の中流域、音威子府付近 (Loc. 10) では、現在の天塩川からの比高数 10~約 100 m 付近が丘陵となっており、頂陵部には直径数 cm の円礫および円礫が破断された亜角礫が成層して堆積し

た周氷河性斜面堆積物が露出する。宗谷丘陵南部においては、下位の基盤岩を母材とした最終氷期極相期（LGM）に堆積した新鮮な周氷河性斜面堆積物が厚く堆積することが知られる。本地点では、宗谷丘陵南部と異なり、古い河成段丘を構成する砂礫層が周氷河現象によって再移動し、周氷河性の斜面堆積物が堆積したと判断される。本地点で採取された基質を構成するシルトの pIRIR 年代値は約 55 ka であった。

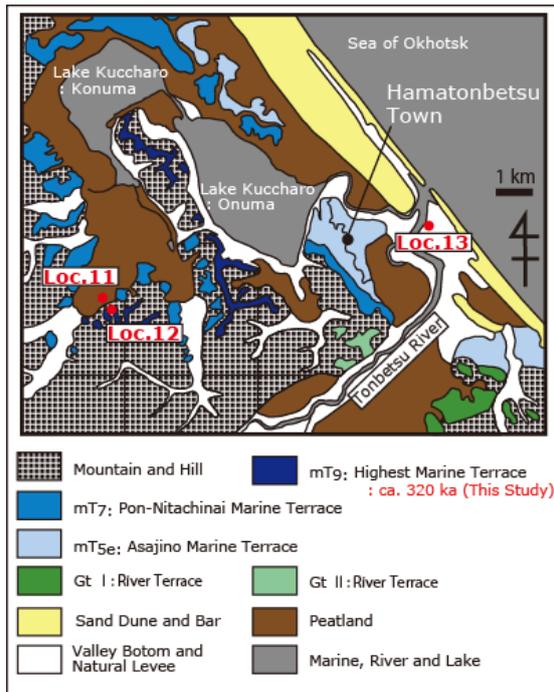


図 5 北海道北部，浜頓別付近における調査地点と地形

地形分類は小疇ほか（2003）を改変。図中の mT9 は一部で丘陵化が進む。

(5) 北海道北部オホーツク海側の沖積低地および海成段丘・丘陵地(図 5)

①北海道北部オホーツク海側，浜頓別町の周囲が丘陵地に囲まれた沖積低地 (Loc. 11; 標高約 2 m) におけるボーリング掘削をおこなった。沖積層の層厚は約 14 m であった。深度 10.5 m から深度 14 m は基底礫層であり、礫層に挟まれる木炭の AMS¹⁴C 年代値は約 12 ka であった。この基底礫層の上位には海成のシルト層が堆積し、シルト層下部の AMS¹⁴C 年代値は約 8.3 ka、シルト層最上部の AMS¹⁴C 年代値は約 6.5 ka であった (図 6)。

Loc. 11 の周囲は、低地からの比高が 15～25 m の丘陵地となっている。丘陵頂部には層厚 5～15 m 程度の海成段丘砂礫層が露出し、砂礫層の最上部 1～2 m は下位の海成層を母材とした周氷河性斜面堆積物が露出する。海成

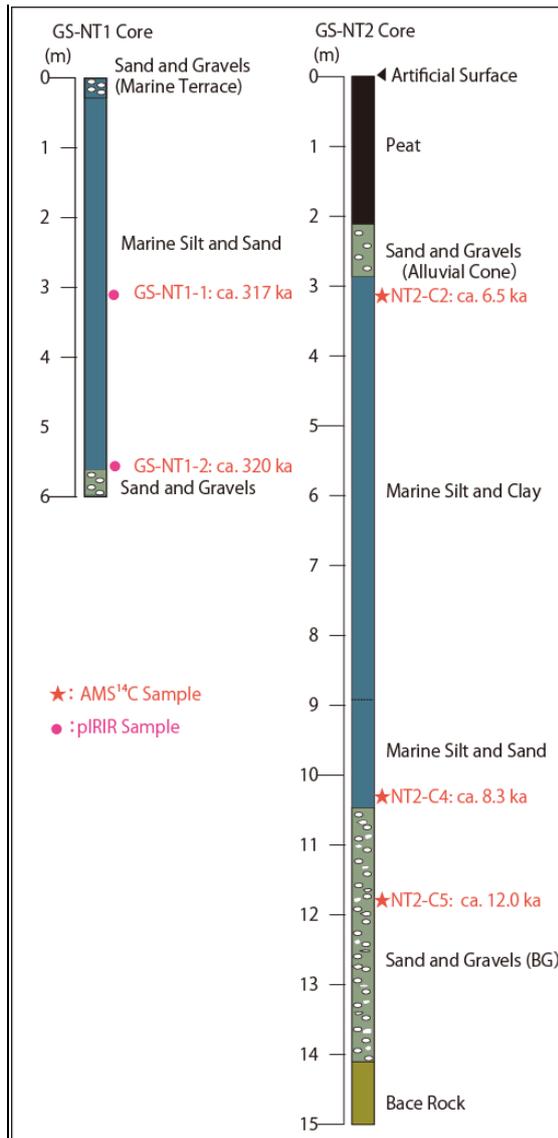


図 6 沖積低地 (Loc. 11) および周辺の丘陵化がすすむ海成段丘の段丘崖 (Loc. 12) において採取されたコア試料の柱状図

砂礫層の下位にはやや有機質なシルト層が存在する。Loc. 12 においては、この有機質シルト層を対象に総長 6 m のボーリング掘削 (GS-NT1 コア) を行い、有機質シルト層の層厚が 6 m 以上であることが確認された。コア試料や周辺の露頭から採取されたルミネセンス試料の pIRIR 年代測定の結果、約 320 ka 前後の値を得た。この結果から、本地点の丘陵は MIS 9 に形成された海成段丘が、その後の氷期中に周氷河作用により地形面の一部が丘陵化したことが明らかとなった。

②頓別川最下流域 (Loc. 13) においては、総長 25 m のコア試料 (GS-HTN) を得た。深度約 1～20 m は、三角州性の砂礫層であり、20 m 以深は海成の粘土～シルトである。深度 25 m には潮間帯を示すマガキの化石が多量に含まれる。本コアの岩相は、縄文海進による堆積課程を示していると考えられるとともに、

GS-NT2 コアが採取されたような小規模な支流性の谷と比較して、本流性の埋没谷が非常に深い（深度 25 m 以上）ことを示す。

(6) まとめ

① 石英の OSL 年代測定法は、北海道北部における丘陵表層堆積物や火山麓扇状地堆積物への適用の結果、LGM 以降の堆積物/地形面の編年に有効であることが再確認された。

② 青森県五戸町 (Loc. 1) において降年代が既知のテフラと周囲のレスの pIRIR 年代測定結果を比較した結果、従来の各種年代測定法では年代推定が困難であった中期更新世以降の堆積物についても、pIRIR 年代測定法によって編年をおこなうことで、効果的に高分解能な地形面編年が可能であることが明らかとなった。

③ 北海道でも特に河成段丘の発達の良い地域の一つである、北海道南西部遊楽部川流域では、MIS <2, 4, 6 の河成段丘面をそれぞれ絶対年代値に基づき認定した。北海道北部の天塩川中流域においては、MIS 4 に周氷河作用による岩屑の厚い堆積が認められた。北海道北部において、MIS 2 に堆積した周氷河性斜面堆積物が報告されていることもあわせると、北海道の MIS 2 および 4 には、低標高域まで達する周氷河作用による岩屑の大量な供給が下流域の河成段丘形成に直接的に寄与していると結論付けられる。

④ 20 ka 頃に現在の海岸付近まで永久凍土が発達していた北海道北部では、海成段丘が現地形である丘陵地の表層において 16 ka, 13 ka 頃に、凍土の融解や降水量の増大に伴い、水流により面的な岩屑の移動が認められる。利尻島における古期火山麓扇状地の多くは約 10 ka 頃までに離水している。これらの事実からは、北海道北部のような、最終氷期極相期に周辺が永久凍土環境であった流域では、最終氷期極相期の後から完新世初頭にかけても多大な斜面物質移動が生じ、河成の地形面を形成している場合があるといえる。

⑤ 北海道北部オホーツク海側の沖積低地におけるボーリング掘削の結果、基底礫層の年代は約 12 ka であり、小規模な谷では、海成段丘や丘陵地を下刻する作用がこの時代に卓越していたことが明らかとなった。この年代は、利尻島の古期火山麓扇状地の形成年代や、丘陵斜面表層の流路堆積物の年代とも一致し、北海道北部における水流による堆積・侵食作用の増大を示すものである。

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 0 件)

[学会発表] (計 3 件)

- ① 近藤玲介, 塚本すみ子, 遠藤邦彦, 坂本竜彦, pIRIR 年代測定法を用いた最終氷期以前に形成された海成・河成段丘編年の試み: 北海道北部および南部を事例に. 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 2012 年 5 月 25 日, 幕張メッセ (千葉県).
- ② R. Kondo, S. Tsukamoto, T. Kudo, and T. Sakamoto, OSL and pIRIR dating of loess deposits intercalated with tephras from Towada Volcano, northern Japan. 13th International Conference on Luminescence and Electron Spin Resonance Dating, 2011 年 7 月 11 日, Nicolaus Copernicus University (トルン, ポーランド).
- ③ 近藤玲介, 塚本すみ子, 宮入陽介, 坂本竜彦, 北海道北部, 利尻火山における火山麓扇状地より得られた年代資料とその地形発達史的意義. 日本地理学会 2011 年度春季学術大会, 2011 年 3 月 29 日, 明治大学 (東京都).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

近藤 玲介 (KONDO REISUKE)

独立行政法人産業技術総合研究所・地質情報研究部門・産総研特別研究員

研究者番号: 30409437