

今後の展望・課題

今回の議論（特に氷河に関して）は、まとめるほど内容がないので、以下“日本の氷河地形”に限定して、今後“地形屋”と“雪氷屋”がどのような形で協力して研究ができるかについて書きたいと思う（雪氷屋の目から）。

古環境復元の指標として氷河地形を利用

日本の氷河地形を利用した古環境復元に関しては、いくつかの研究例が報告されているが（e.g. 劉他,1998）、氷河モデルを用いられた例はまだない。この方面でより厳密な議論をするためには、今後氷河モデルの利用は不可欠であると思われる。これに関しては、最近出た Kull and Grosjean(2000)が良い手本になりえるであろう。またモデルを作成することにより、日本の氷河が気候変動に対してどのように応答していたかを推定することができる（e.g. Oerlemans, 1997）。

そのためには、その stage の代表となる氷河を決定し、それに関するモデルを作成するために必要なデータを得る必要がある。

今まで再現されていた ELA の検証

ELA に関しては、流動（質量保存則）を考えることによっても決定できる。

氷河が定常状態であるとすると、以下の関係式が成り立たなければならない。

$$\frac{\partial US}{\partial x} + bw = 0$$

ここで U は流動速度、S は断面積、b は氷河表面における質量収支、w は氷河幅である。式 を使って氷河の上流部から計算をしていくと、b の符号が変わる高度がある。その高度が流動（質量保存）からみた ELA 高度である。このように決定した ELA と AAR 法等で決定した ELA を比較することにより、より正確な ELA の復元ができるであろう。

このような解析をするためには、高度別の氷河の断面積が必要である。また、同 Stage において、いくつかの氷河において解析を行い統計的に処理する必要がある。

氷体形成

ヒサゴ雪渓においては内部に氷体が形成されており、その形成過程についてはいくつか研究が行われている（河島他,1985; 小沢,1991; Kawashima, 1997）。多年性雪渓の氷体過程を明らかにすることは、日本の氷期の氷河における氷体形成過程を考える上で手助けとなるであろう。

その他

多年性雪渓に関しては、地形等の観点から研究したのも報告されている（Brown and

Ward, 1996)、日本の多年性雪渓に関して、雪氷屋と地理屋と一緒に研究することにより、より深い議論ができるとともに“多年性雪渓から氷河への遷移過程”について、なにか良いアイデアが出る可能性がある。

今回、発表の内容をまとめるにあたって、計算結果は基本的には発表直前に行ったものを用いたので、いくつかの計算間違いがある可能性があります。また、発表後、web site等で書かれた質問等に付きましてわかる範囲で書き加えました。一応自分なりにわかりやすくまとめつつもですが、表現方法等でわかりにくい点があるかと思えます。計算間違い、疑問等がありましたら

山口：yamasan@pop.lowtem.hokudai.ac.jp にメールを書くか

http://glacier.ees.hokudai.ac.jp/easyBBS/bbs.acgi?r=room_2 に書きこんでください。

最後に今回の議論の内容には、私個人の主観が多く入っているので“**雪氷屋の共通認識ではない**”ということを明記するとともに“文責”を明らかにしておきます。

参考文献

1. 今回議論に用いた雪氷学に関する知識は引用がない限り、以下の文献を参考にしています。興味のあるかたはあためてみてください。

基礎雪氷学講座 I 雪氷の構造と物性 前野・黒田 古今書院

基礎雪氷学講座 IV 氷河 藤井・上田・成瀬・小野・伏見・白岩 古今書院

Fundamentals of Glacier Dynamics. Van Der Veen, A.A.Balkema/Rotterdam/Brookfield.

The Physics of glaciers. Paterson, New York: Pergaman.

2. その他の引用文献

小沢 久,1991：ヒサゴ雪渓の氷の成因と維持機構（序報）. 雪渓の水循環に関する水文的研究. 平成元年、平成2年度科学研究費補助金（一般研究（B））研究報告書. 46-50

河島克久、山田知充、若浜五郎, 1989：大雪山ヒサゴ雪渓におけるフィルンの圧密氷化過程.

昭和62、63年度科学研究費補助金（一般研究（B））「温暖積雪の高速圧密氷化過程の研究」研究報告書. 51-55

兒玉祐二、竹内由香里,1993：高山地帯における夏期の融雪と流出 I. 低温科学 物理篇. 52. 25-38

山口悟、白岩孝行、成瀬廉二, 1998：大雪山系ひさご雪渓の最近の質量収支の変動. 雪氷. 60.

4. 279-287

劉大力、小野有五、成瀬廉二,1998 : 最終氷期における日高山脈の氷河の質量収支特性. 地形. 19. 2. 91-106

Brown, I. and Ward R., 1996 : The influence of topography on snowpatch distribution in southern Iceland: A new hypothesis for glacier formation? *Geografiska Annaler*, 78A, 197-207

Hastenrath S., 1992 : Ice-flow and mass changes of Lewis Glacier, Mount Kenya, East Africa, 1986-90: observation and modeling. *Journal of Glaciology*, 38, 128, 36-42

IAHS(ICSJ)-UNEP-UNESCO, 1998 : *Fluctuations of Glaciers. 1990-1995*

Kawashima, 1997 : Formation processes of ice body revealed by the internal structure of perennial snow patch in Japan. *Bulletin of Glacier Research*, 15. 1-10

Kull, C. and Grosjean, M., 2000 : Late Pleistocene climate conditions in the north Chilean Andes drawn from a climate-glacier model. *Journal of Glaciology*, 46, 155, 622-632

Oerlemans, J., 1997 : Climate Sensitivity of Franz Josef Glacier, New Zealand, as Revealed by Numerical Modeling. *Arctic and Alpine Research*, 29, 2, 233-239

Oerlemans, J., 1998 : Modeling glacier fluctuations. Into the second century of worldwide glacier monitoring: prospects and strategies. *Studies and reports in hydrology* 56, 85-96

Yamada, T., 1982 : *Studies on Accumulation=Ablation Processes and Distribution of Snow in Mountain Regions*, Hokkaido : Contribution from the Institute of Low Temperature Science, Series A, No. 31, 1-33

後書き（比較氷河に参加しての感想）

今回の解析を行って、「雪氷屋」と「地理屋」がお互いのないところを補い合えば、日本にあった氷河に関して多くの仕事ができる」という感想をもちました。しかしながら、「物理屋」と「地理屋」の考え方の違いも改めて感じました。

私は、物理の狂信的な信者ではないし、自分自身が「自然をよく理解していない」ということも良くわかっているつもりです。また、地形屋の研究を馬鹿にする気持ちなどぜんぜんありません。しかしながら、たとえば”driving stress が氷の降伏応力を超えていない氷河“に対しては、”流れていない（塑性変形はしない）、モレーンは作れない“と主張せざるを得ません。それは地形屋の data を信用していないのではなく、私の氷河に対する研究手法が”雪氷物理“を基本にしているためです。逆に、地形屋が”地形的手法“で、”そこに氷河があった“と主張するのであれば、雪氷物理屋に反対されたからと安易に結果を変えるべきではないと思います。

お互いに矛盾する結果が出たときには、その結論に達した経緯（バックグラウンド）を明らかにした上で、否定しあうのではなく、”その現象を説明できる仮説、新しい理論“を考えるべきだと思います。そのことによって、現在の雪氷物理・地形学に新しい知識を供給することができるのではないのでしょうか？ そのような意味で、今回の比較氷河をきっかけにしてお互いの交流が深まれば良いと思います。

最後になりましたが、今回 data を提供していただいた長谷川さんに感謝の念を示すとともに、穴の多い解析であったために実のある議論ができなかったことをお詫びしたいと思います。今後も data を遣わせていただき解析を進めていきたいと思います（その結果は機会があれば発表したいと思います）。

2001 3月8日 山口 悟