

4. 氷河と気候

—地球温暖化により世界中の氷河は消滅に向かうか?—

北海道大学低温科学研究所助教授 成瀬 廉二

1. 氷河はなぜ変動するか

日本の北アルプスや北海道の大雪山には、真夏でもたくさんの雪が雪渓として残っている。山の高い所では、紅葉が終わった頃、融け残った古い雪の上に新雪が積もる。地球上で日本の山よりもっと寒い地域では、このようなことが毎年くり返され、何百年、何千年も前に降った雪が順序よく積み重なる。このようにして、谷を埋めたり、山の斜面に成長した大きな氷の塊を氷河と呼ぶ。南極やグリーンランドの大陸を広くおおむる巨大な氷河をとくに氷床（ひょうしょう）と言う。

氷河は、秋～冬～春に積もる雪の量が春～夏～秋に融ける雪の量より多い場所に発達する。つまり、寒冷地、あるいは比較的温暖でも多雪地に氷河は存在する。図1に示すように、気候が変化し、冬の降雪量や夏の平均気温等が変わると、氷河が大きくなり末端は前進したり、あるいは小さくなり末端は後退する。このような氷河変動は、水資源や地域の自然環境に大きな影響を与える。また氷河の縮小が激しくかつ長期にわたると、氷河の融け水が海水に流れ込み、世界中の海面上昇の原因となり得る。

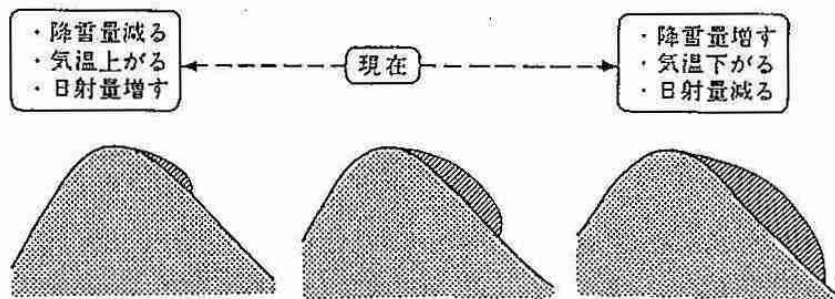


図1. 気候変化による氷河の消長の模式図。山頂の右斜面の斜線部が山岳氷河を表す。

2. 後退または前進する氷河

筆者等が過去20年間調査を続けてきた南アメリカ大陸南端部（アルゼンチン）のウプサラ氷河下流付近の写真を図2に示す。この氷河は最近20年間で5 kmも末端が後退した。写真を見比べると、5年あまりで氷河末端付近の景観がすっかり変わったことがよく分かる。この氷河の近年の変動の大きさは世界最大クラスである。ただし、この氷河の変動の第1要因は、気候変動ではなく氷河の底面状態の変化にあることが明らかとなっている。

図3には、世界各地のいくつかの氷河の質量の年々変化を示す。過去半世紀、世界中では後退している氷河が多いが、図では、ノルウェーとキルギスタンの氷河が1980年代後半から拡大傾向を示していることが分かる。これは、降雪量の増加が原因と考えられる。

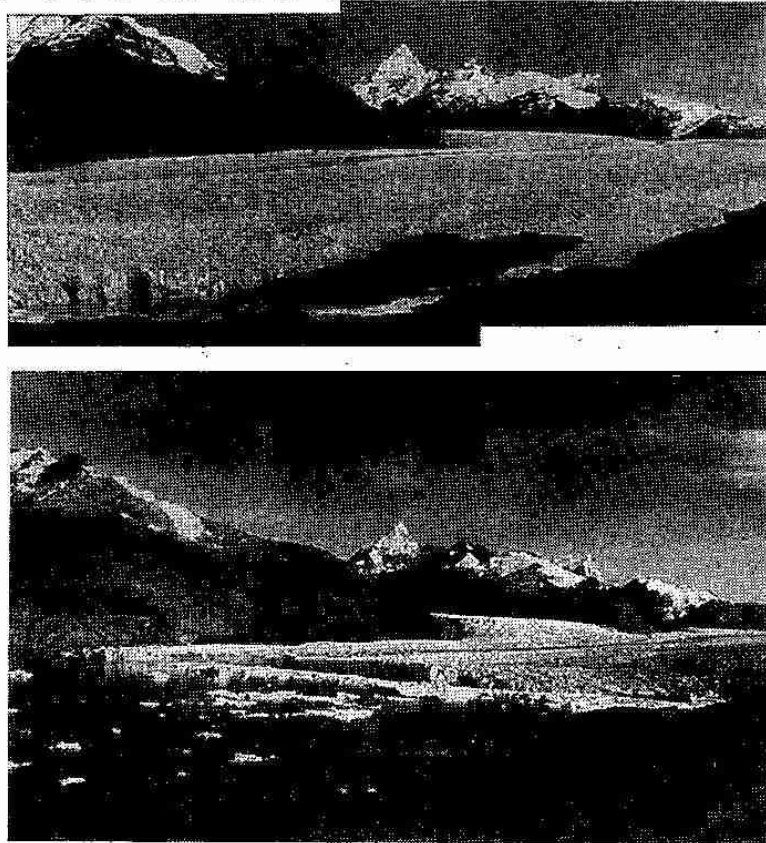


図2. 南米パタゴニア地方ウプサラ氷河の下流付近。
 写真上は1993年11月、写真下は1999年3月撮影。氷河は右から左へ流れている。氷河の幅は約3 km。氷河は大きく後退し、写真下では氷河の末端が湖に崩落している。

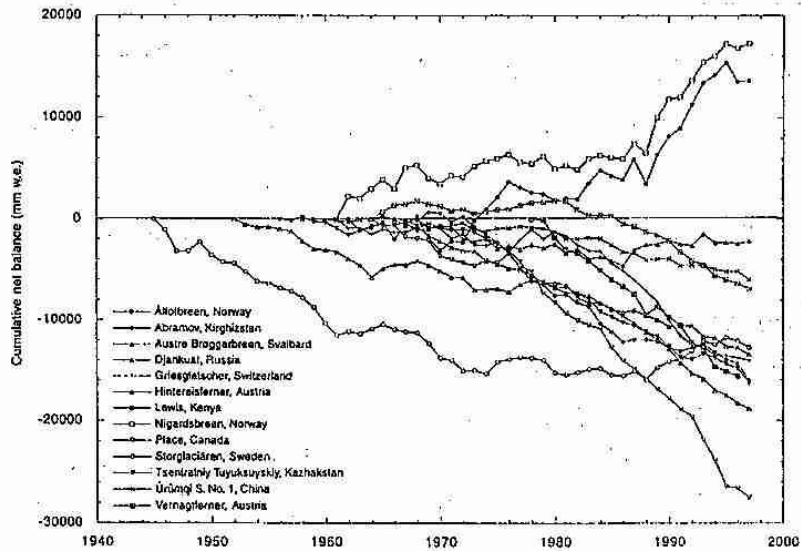


図3. 世界各地の氷河の質量の年々変化（累積質量収支）。
 右上がりか氷河の拡大・前進を、右下がりか氷河の縮小・後退を意味している。
 (W.Haeblerli・他, 2000)

3. 過去100年間の海面変動

気温や降雪量は年によって、あるいは数年ごとに大きく変化することがふつうである。しかし、地球全体の平均気温の推移をみると、過去100年間で0.3℃から0.6℃上昇したと見積もられている（IPCC、1995）。一方、過去100年間の世界の平均海面の上昇量は約12cmと見積もられており、今後、この上昇率は増加する可能性が高いと考えられている。図4を見ると、海面上昇の要因の半分は、海水の熱膨張により、残りの半分は山岳氷河や北極の氷冠の融解によることが分かる。

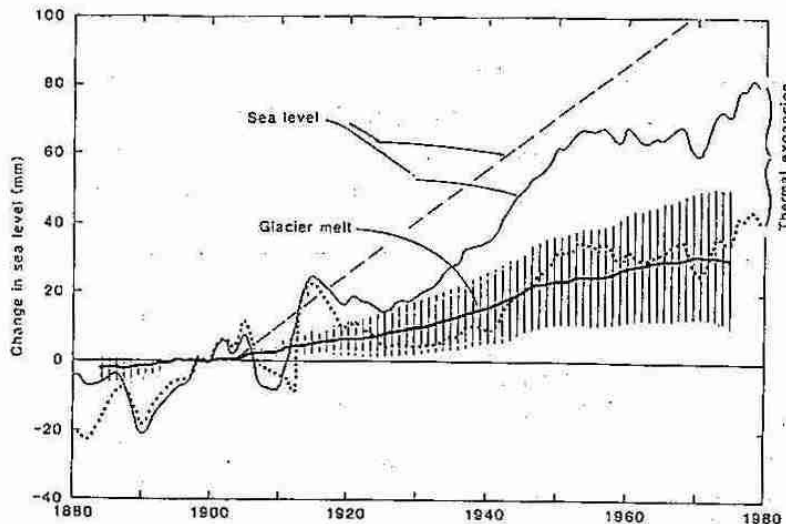


図4. 過去100年間の世界平均の海面変動とその原因。

縦軸は、1900年の海面をゼロとしたときの海面の変化（単位：mm）。破線の直線と細い折れ線は世界の平均海面の変化を示す（2つの異なる解析結果）。細い折れ線と点線との間が、海水の熱膨張による海面の変化、滑らかな太い実線が氷河・氷冠の融解による海面の変化を表している。多数の縦線は見積もりの誤差を示す。（M.Meier, 1984）

4. 地球温暖化による山岳氷河と極地氷床の振る舞い

大気中の炭酸ガスやメタンガスの増加により温室効果が強まると、地球が温暖化することが予想されている。スーパーコンピュータを用いた大気モデルのシミュレーションによると、100年後には地球全体で気温が3℃も上昇すると見込まれている。さらに両極地では、温暖化により海水が少なくなり、日射を多く吸収する結果、気温の上昇率は地球の平均値より大きくなると考えられている。また世間では、南北両極地の氷が融けて海面水位が上昇し、開発途上国などの低地帯は今まさに水没しつつあるのではないかと心配されている。また、わが国においても、たとえ1m以下の海面変化であっても、海岸平野や埋め立て地も多いので、人々の暮らしや環境に少なからぬ影響を与えるであろう。

温暖化が進むと、ヒマラヤ、アルプス、アラスカ、パタゴニア等の比較的温暖な地域の氷河は融解が促進され、縮小することはほぼ間違いない。気温の効果だけを単純に考えると、気温3℃の上昇は高度500mの低下に相当する。つまり、標高3,000mの地域は、標高2,500mの温度環境に変わることになる。氷河の変動もごく単純に考えると、標高4,000mの山頂から標高2,500mまで達していた氷河は、気温3℃の上昇により、山頂から標高3,000mまでに縮小する。したがって、将来の地球温暖化により、一部の氷河は完全に消滅するが、大規模な氷河は後退し、小さくなった氷河としてそこに存在しつづけるであろう。

しかし、南極氷床の沿岸に近い標高500m地点の年平均気温はマイナス15℃前後であり、それより内陸で

は仮に数度気温が上昇しても氷は融けない。

数値モデル実験による、今後100年間の世界平均の海面変動の予測結果を図5に示す。過去100年間の変化に比べて加速されていることに注意(単位が、mmとcm)。今後100年間は、海水の熱膨張による寄与が最も大きく、次いで山岳氷河・北極氷冠、そしてグリーンランド氷床となっている。南極氷床の寄与がマイナス、すなわち海面低下の傾向となっていることに注意!なぜか?

図6に、三次元数値氷床モデルによる、1万年後の氷床の予測結果を示す。条件の与え方により様々な予測結果となるが、いずれのモデルも、氷床の中央部分が現在の3,000m以上から4,000m以上に増加している。これは、温暖化により海水の温度が上昇し、そのため海洋からの蒸発が増し、雨や雪を降らせる雲が増え、その結果南極氷床内陸部の降雪量が増加することを反映している。

将来の南極やグリーンランド氷床の変動に関して、拡大、縮小のいずれの効果がより大きいか、あるいは別の影響が強くあらわれるかについては、まだ未解明な点が多く残されている。地球環境が変化すると、長い時間の後には南極氷床も変化し、その影響がまた地球全体におよぶ。そのしくみを知るためには、南極氷床や山岳氷河の観測、宇宙からの探査、研究室での解析と実験がいっそう重要となる。

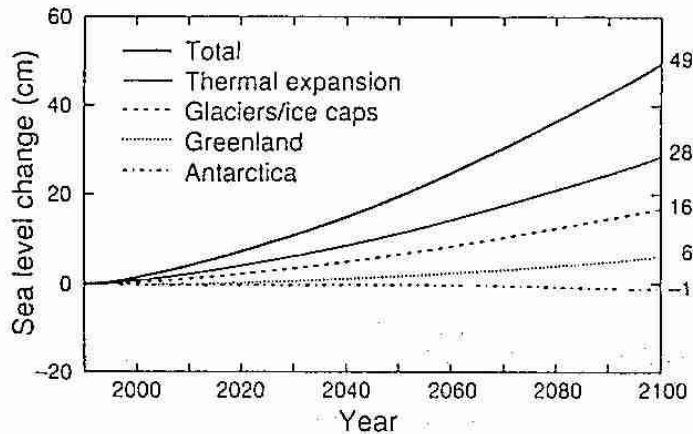


図5. 今後100年間の世界平均の海面変動とその原因の予測。

縦軸は1990年の海面をゼロとしたときの海面の変化(単位: cm)。5本の曲線は、上から世界平均海面の変化、海水の熱膨張による海面の変化、氷河・氷冠の融解による海面の変化、グリーンランド氷床の消長による海面の変化、南極氷床の消長による海面の変化を表している。(R.A.Warrick・他, 1995)

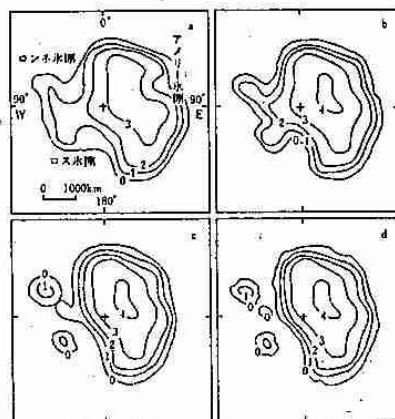


図6. a) 現在の南極氷床。b), c), d) 三次元数値モデルによる、異なる条件時の1万年後の予測氷床。氷床表面の等高線はkm。(Budd・他, 1987)