

## 地球温暖化における北極温暖化増幅の役割再考

\*田中 博 (筑波大学 CCS)、長門 裕太 (筑波大学生命環境)

### 1. はじめに

地球温暖化研究において、北極圏で気温上昇が最大となる事は、気候モデル予測においても21世紀の観測事実からも明らかである。これを北極温暖化増幅 (Arctic Amplification) という。当初はアイスアルベドフィードバックがその要因であると考えられたが、最近の研究ではその効果を取り除いても北極温暖化増幅が生じることから、基本的には大気と海洋による極向き熱輸送が北極圏の気温を上昇させ、アイスアルベドフィードバックがそれを増幅していると考えられるようになった。北極温暖化増幅が起こると、北極圏で高温となり、逆に中緯度で寒冷化する北極振動指数マイナスを増強させる。本研究では、北極振動との関係からこの北極温暖化増幅の意味を再考した。

### 2. 寒い北極圏で放射冷却が卓越

はじめに、大気と海洋大循環によるエネルギー流を再考する。もし、大気海洋大循環がなければ、極域と赤道との放射平衡温度の差は約100℃にも達する。その強い傾圧性により傾圧不安定擾乱が発達し、

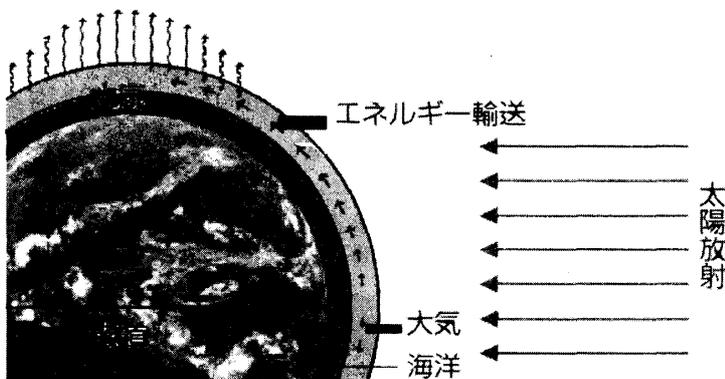


図1 熱輸送により寒い極域で放射冷却が卓越する



図2 IPCC 気候モデルによる北極温暖化増幅

熱を北に輸送するため、極域は放射平衡温度よりも50℃も高くなる。そのため気温の低い北極圏で放射冷却が卓越するのである (図1)。

### 3. 北極温暖化増幅

二酸化炭素倍増実験などでは、気候システムの様々なフィードバックを介して、結果として北極温暖化増幅が生じる (図2)。二酸化炭素の倍増で大気が一様に加熱されると、熱の再配分により北極圏が温まるのである。そのプロセスは複雑であるが、大気熱輸送の増大、水蒸気輸送の増大と下向き長波放射増強、海洋熱輸送の増大、北極海の海氷の融解、アイスアルベドフィードバックによる下層大気の昇温などがそのメカニズムと考えられる。こうして熱の再配分によって北極温暖化増幅が生じると、それは最大効率で地球を冷却することが容易に理解できる。つまり、北極温暖化増幅は、地球温暖化の応答として、放射冷却により温暖化を最大限抑えるように気候システムが熱の再配分を行って生じた結果としてのパターンであると考えられる。

### 4. 北極振動の役割

一方、大気の内変動としてカオス的に変動する北極振動 (AO) は、傾圧力学が本質的で地上気圧の変動を支配するが、傾圧力学も取り込んで理論を拡張すると、AO 指数が負の時に北極圏で温暖、中緯度で寒冷化する固有モードである。カオス的に変動する内変動であるが、北極温暖化増幅が外力として働くと、AO 負が増強される。温暖化で寒くなる中緯度の冬は、このメカニズムで生じていると考えられる。AO が負となり、熱の再配分で北極圏が温暖となれば、地球大気は最大効率で冷却化しようとする。21世紀になり、海氷が融けて北極温暖化増幅が顕在化し、AO 指数がマイナスにシフトしている。このことが、全球平均気温に見られる地球温暖化が近年停滞気味になっていることと関係していると考えられる。