

論文審査の結果の要旨

氏名 牛江 裕行

本論文は、地球環境における炭素循環の果たす役割、特に気候変動と陸域-海洋域間の炭素循環の相互作用に注目し、陸域の化学的風化作用のような地質学的時間スケールでの気候変動要因とされてきたプロセスが、現代の地球温暖化や氷期・間氷期サイクルといった短い時間スケールの気候変動においても重要な役割を果たしている可能性について検討を行ったものである。

本論文は4章からなる。第1章はイントロダクションであり、地質学的時間スケール（～100 万年以上）における炭素循環、特に珪酸塩鉱物及び炭酸塩鉱物の化学的風化作用、炭素と栄養塩の振る舞い、フィードバック機構などに関する先行研究の議論がまとめられている。そして、本論文においては、これまでほとんど議論されてこなかった炭酸塩鉱物や有機物の化学的風化作用が現在の気候に及ぼす影響と、海水準変動が炭素循環に与える影響について検討するという目的が述べられている。

第2章では、気候変動に対して炭酸塩鉱物の化学的風化作用が果たしている役割を明らかにするために、炭酸塩鉱物の分布状況が大きく異なる3つの地域において野外調査を実施した結果について述べられている。野外調査は、沖縄県の西表島と石垣島、および中国地方で行われた。西表島と石垣島は、それぞれ主として珪酸塩鉱物と炭酸塩鉱物に覆われた異なる岩相を持つ。それらの河川水質形成過程を比較した結果、炭酸塩鉱物の化学的風化作用はきわめて大きな影響力を持っていること、それが土壌起源の CO_2 によって大幅に促進されていること、その結果大量の CO_2 が消費されていること、同じことが中国地方の河川水にもいえること、などが述べられている。地球温暖化によって土壌有機物の分解促進が予測されているが、海洋酸性化と炭酸塩鉱物の化学的風化作用のさらなる促進による CO_2 の消費増大が、土壌からの CO_2 放出の増大を緩和できる可能性があるとして述べられている。また、河川系にみられるダム湖の存在は、栄養塩（特にPとSi）のシンクとして働いていることについても述べている。化学的風化作用が現代の地球温暖化のような短時間スケールでの気候変動にも重要な役割を果たしうる可能性を示した研究例はこれまでほとんどなく、高く評価できる。

第3章では、氷期-間氷期サイクルにおける100m以上もの海水準変動によって、氷期に大陸棚を含む陸域起源の有機物が大量に分解して海洋に流入するプロセスが、大気 CO_2 にどのような影響を与えるのかについて、地球システムモデルを用いた数値実

験によって評価した結果について検討している。流入した炭素と栄養塩の海洋における分布の違いにより、有機物の分解に対して大気 CO₂ レベルは増加する傾向を示すことから、氷期に想定される陸棚有機物の風化が新たな負のフィードバック機構として作用しうる可能性について論じている。従来の陸棚栄養塩仮説では、有機物の海洋への流入と同時に海底の炭酸塩鉱物の溶解による炭酸塩補償作用の応答が極めて強いことが暗に仮定されているために大気 CO₂ レベルが低下するという結果が得られていたが、地球システムモデルに海底堆積物モデルを結合し、有機物の流入に対する炭酸塩補償作用の影響を考慮したところ、炭酸塩鉱物の溶解によって大気 CO₂ レベルの増加幅は減少するものの、これまで指摘されているような大気 CO₂ レベルの低下は見られないことが明らかになった。このような負のフィードバック機構が存在し、それが氷期・間氷期サイクルの変動に深く関与していた可能性があるとする指摘は重要なものであり、今後検証されるべき新たな課題といえる。

第4章では、本論文の結論をまとめている。従来考えられてきた地質学的な時間スケールよりも短い時間スケールで、地球温暖化に対する炭酸塩風化促進による土壌からの CO₂ 放出の緩和作用と、氷期の陸棚堆積物の風化作用による負の気候フィードバック機構という2つのプロセスを通じて、陸域－海洋間の炭素循環が気候変動を緩和する役割を演じている可能性が示されたと結論している。

化学的風化作用に関する研究は、地質学的時間スケールではじめて有効であると考えられてきたため、それよりも短い時間スケールでの気候変動においてはこれまでほとんど注目されてこなかった。とりわけこれまで気候への影響という点では注目されてこなかった炭酸塩鉱物と有機物の風化というプロセスが気候変動に関与しうる可能性を指摘した点が、本論文の重要な貢献といえる。

なお、本論文第2章は川幡穂高、鈴木淳、村山昌平、井上麻夕里の各氏との、また第3章は松岡克美氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって野外調査、数値計算、考察等を行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって以上より、博士（理学）の学位を授与できると認める。