

学位論文題名

Origin and transport process of lithogenic particles
in the western North Pacific inferred
from elemental composition of settling particles

（沈降粒子の元素組成から推定される西部北太平洋における
陸起源粒子の供給源と輸送過程）

学位論文内容の要旨

河川や大気を通じて陸域から海洋に供給されるアルミノケイ酸塩粒子は、海水中を沈降する粒子（沈降粒子）の主な構成成分のひとつであることが知られており、海水柱内でオパール、炭酸カルシウム、有機物などの生物起源粒子と凝集・離散を繰り返しながら深海へと運ばれる。海水柱内の陸起源粒子は、生物起源粒子に比べて溶解し難いため、その供給源の情報を比較的よく保存していると考えられる。海水柱内を移動している粒子を直接捕集し、アルミノケイ酸塩粒子の供給源を明らかにすることができれば、海洋における粒子状物質の循環の全体像を理解することができる。

本研究では、西部北太平洋の2観測点（北部日本海溝域および外洋域）でセジメントトラップ実験を行い、得られた沈降粒子中の微量元素をICP（高周波誘導結合プラズマ）質量分析法によって測定し、粒子中の元素組成から陸起源アルミノケイ酸塩粒子の供給源を推定した。陸起源粒子の全体量を示す指標元素としてアルミニウム（Al）を、粒子の輸送過程の指標としてマンガン（Mn）を用いた。アルミノケイ酸塩粒子の供給源の指標として、スカンジウム（Sc）、トリウム（Th）および希土類元素（Rare Earth Elements: REEs）を用いた。これまでのセジメントトラップ実験では、陸起源粒子束の時空間変化のみから粒子の輸送過程を議論していたが、本研究によってアルミノケイ酸塩粒子中に含まれる複数の微量元素の情報を得ることにより、陸起源粒子束を変化させる原因を直接議論することが可能となった。

北部日本海溝域では、陸起源粒子束が深さとともに急激に増加した。本研究で得られた沈降粒子と周辺海域の表層堆積物について、REEsの存在度を比較することにより、北部日本海溝の深層を沈降輸送されるアルミノケイ酸塩粒子の供給源はアジア大陸と日本列島であると推定され、沈降粒子のうち約80%以上は日本列島起源であると見積もった。アルミノケイ酸塩粒子の供給源は、深層に比べて浅層で季節変化が顕著

で、水深 1km 層では夏季に日本列島起源の粒子の割合が大きかった。水深 4km 以深では粒子の供給源に明確な季節変化は見られなかった。粒子中の Mn/Al 比は浅層に比べて深層で大きかった。海溝深層での Mn/Al 比の増加は、大陸斜面で堆積物表層から回帰した Mn が底層付近の粒子に吸着し再輸送されることにより、回帰しない Al に対して Mn の粒子中での存在度が大きくなったためと考えられた。これらのことから、北部日本海溝域深層へは、日本列島から大陸斜面に沿って粒子が輸送されていることが明らかにされ、この粒子輸送機構を”shelf conveyor”と名づけた。

西部北太平洋外洋域を沈降する陸起源アルミノケイ酸塩粒子は、表層を水平輸送される千島-カムチャッカ半島起源の粒子 (KK 粒子) と、アジア大陸起源や日本列島から長距離輸送される粒子 (LT 粒子) で構成され、水深 1 km 層では 60%以上が KK 粒子であると推定された。KK 粒子の粒子束は鉛直的に減少し、その一方で LT 粒子の粒子束が増加した。西部北太平洋外洋域の表層では、大気経由でアジア大陸から供給されるより多量のアルミノケイ酸塩粒子が寒流によって水平輸送されると考えられた。深層では、海水流動に伴って長距離輸送される陸起源粒子の存在が示唆された。

本研究によって明らかになった陸起源物質の輸送過程は、沿岸域や高緯度域で生産され深層へと鉛直輸送される粒子状有機炭素や、人類活動によって海洋に放出された粒子状有害物質等の行方を議論する上でも有効な手がかりとなるだろう。

学位論文審査の要旨

主査	教授	乗木	新一郎
副査	教授	南川	雅男
副査	教授	吉川	久幸
副査	助教授	長尾	誠也
副査	助教授	豊田	和弘
副査	助教授	渡辺	豊
副査	助教授	中塚	武
副査	助教授	南	秀樹 (北海道東海大学工学部)

学位論文題名

Origin and transport process of lithogenic particles in the western North Pacific inferred from elemental composition of settling particles

(沈降粒子の元素組成から推定される西部北太平洋における
陸起源粒子の供給源と輸送過程)

河川や大気を通じて陸域から海洋に供給されるアルミノケイ酸塩粒子は、海水中を沈降する粒子（沈降粒子）の主な構成成分のひとつであることが知られており、海水柱内でオパール、炭酸カルシウム、有機物などの生物起源粒子と凝集・離散を繰り返しながら深海へと運ばれる。海水柱内の陸起源粒子は、生物起源粒子に比べて溶解し難いため、その供給源の情報を比較的よく保存していると考えられる。海水柱内を移動している粒子を直接捕集し、アルミノケイ酸塩粒子の供給源を明らかにすることができれば、海洋における粒子状物質の循環の全体像を理解することができる。

著者は、西部北太平洋の2観測点（北部日本海溝域および外洋域）でセジメントトラップ実験を行い、得られた沈降粒子中の微量元素をICP（高周波誘導結合プラズマ）質量分析法によって測定し、粒子中の元素組成から陸起源アルミノケイ酸塩粒子の供給源を推定した。陸起源粒子の全体量を示す指標元素としてアルミニウム（Al）を、粒子の輸送過程の指標としてマンガン（Mn）を用いた。アルミノケイ酸塩粒子の供給源の指標として、スカンジウム（Sc）、トリウム（Th）および希土類元素（Rare Earth Elements: REEs）を用いた。これまでのセジメントトラップ実験では、陸起源粒子束の時空間変化のみから粒子の輸送過程を議論していたが、本研究によってアル

ミノケイ酸塩粒子中に含まれる複数の微量元素の情報を得ることにより、陸起源粒子束を変化させる原因を議論することを可能にした。

北部日本海溝域では、陸起源粒子束が深さとともに急激に増加した。本研究で得られた沈降粒子と周辺海域の表層堆積物について、REEsの存在度を比較することにより、北部日本海溝の深層を沈降輸送されるアルミノケイ酸塩粒子の供給源はアジア大陸と日本列島であると推定し、沈降粒子のうち約80%以上は日本列島起源であると見積もった。アルミノケイ酸塩粒子の供給源は、深層に比べて浅層で季節変化が顕著で、水深1km層では夏季に日本列島起源の粒子の割合が大きかった。水深4km以深では粒子の供給源に明確な季節変化は見られなかった。粒子中のMn/Al比は浅層に比べて深層で大きかった。海溝深層でのMn/Al比の増加は、大陸斜面で堆積物表層から回帰したMnが底層付近の粒子に吸着して輸送されることにより、回帰しないAlに対してMnの粒子中での存在度が大きくなったためと考えられた。これらのことから、北部日本海溝域深層へは、日本列島から大陸斜面に沿って粒子が輸送されていることが明らかにされ、この粒子輸送機構を”shelf conveyor”と名づけた。

西部北太平洋外洋域を沈降する陸起源アルミノケイ酸塩粒子は、表層を水平輸送される千島-カムチャッカ半島起源の粒子(KK粒子)と、アジア大陸起源や日本列島から長距離輸送される粒子(LT粒子)で構成され、水深1km層では60%以上がKK粒子であると推定された。KK粒子の粒子束は鉛直的に減少し、その一方でLT粒子の粒子束が増加した。西部北太平洋外洋域の表層では、大気経由でアジア大陸から供給されるより多量のアルミノケイ酸塩粒子が寒流によって水平輸送されると考えられた。深層では、海水流動に伴って長距離輸送される陸起源粒子の存在が示唆された。

著者は、海水柱内を移動する粒子を直接捕集することのできるセジメントトラップ実験と、複数の微量元素を同時に測定することができるICP質量分析法を組み合わせることにより、西部北太平洋における陸起源粒子の供給源と輸送過程を記述することを可能にした。本研究によって得られた陸起源物質の輸送過程に関する知見は、人類活動によって海洋に放出された粒子状有害物質等の行方や、沿岸域や高緯度域で生産される粒子状有機炭素の深海への輸送プロセスを議論する上で有効な手がかりとなるので、地球表層における物質循環の解明に貢献するところ大なるものがある。

以上のことから、著者は博士(地球環境科学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと判定した。