

学 位 論 文 題 名

^{210}Pb をトレーサーとする北太平洋域への大気圏を通しての
物質輸送に関する研究

学位論文内容の要旨

わが国は極東地域の中緯度圏に位置するため、ジェット気流に伴う偏西風が卓越し、風上側のアジア大陸や日本海から大量の天然および人為起源の気体状およびエアロゾル状の各種陸起源物質が大気圏を通して日本列島さらに北太平洋上に輸送され、その一部は国土内に降水に伴われ、またドライフォールアウトとして降下する（Fukuda and Tsunogai, 1974）。

風により大気中に放出される土壌粒子や人為源から排出されるエアロゾル（排出時は気体で、大気中で酸化されエアロゾル化される SO_4^{2-} 、 NO_3^- 等）は地球化学的な物質収支、また地球大気の熱収支や氷晶核濃度等に大きな影響を与える。このため、大陸から大気圏を経由して洋上へ輸送されるエアロゾルを量的に把握することは極めて重要なことと考えられる。

エアロゾルの平均滞留時間を知ることは、これの大気中での安定度把握に役立つ。岩石の土壤中に存在するウラン系列の ^{226}Ra 壊変により生まれた ^{222}Rn は希ガスであり、その一部は大気中へ逃散し、半減期に従って壊変して長寿命娘核種の ^{210}Pb 、 ^{210}Bi 、および ^{210}Po を生成する。これらは蒸気圧の低い金属の同位体であり、生成後速やかにエアロゾルと挙動を共にするので（Sanak et al, 1981）、大気中の $^{210}\text{Bi}/^{210}\text{Pb}$ および $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ の放射能比から対流圏エアロゾルのトレーサーとして平均滞留時間を知る手掛かりが得られる（Burton and Stewart, 1960）。この方法の利点は半減期という時間の目盛りがついていること、また海洋の単位表面積当りの ^{222}Rn の逃散量が大陸の場合の1%にも満たないので、上述した娘核種は基本的に陸起源のものであるということにある。大気中へ逃散直後の ^{222}Rn は気体状であり、3.8日の半減期をもってエアロゾル化するが、人為起源の SO_2 も大気中では酸化反応によりこれと類似の挙動を示すことから、Tsunogai, (1971) は降水中の SO_4^{2-} および ^{210}Pb 濃度より、エアロゾルを構成する SO_4^{2-} の平均滞留時間および SO_2 が酸化するまでの平均寿命をそれぞれ10日および30時間とした。このような放射性物質をトレーサーとしたエアロゾルに関する研究は数多くあるが、しかし大気圏を通して大陸起源の物質がどの程度海洋へ輸送され、降水量が地理的にどのような

分布をしているかという問題は殆どわかっていない。

本研究では ^{222}Rn 壊変生成物の娘核種、 ^{210}Pb 、 ^{210}Bi 、 ^{210}Po のうち、特に ^{210}Pb をトレーサーとして、北太平洋域への大気圏を通しての隆起源物質の輸送に関して新たな知見を加えることを目的とした。

本研究の第Ⅱ章では日本と米国との共同で約2年間(1981~83年)にわたり行ったネットワーク観測のうち、ドライフォールアウトを含めた降水による ^{210}Pb の降下量を日本側の6地点(奥尻、輪島、出雲、恩納、八丈島、父島)で求めた。降下物試料は2週間毎に採取したものであり、 ^{210}Pb 降下量の季節変動等につき考察し以下の成果を得た。

- (1) 日本海沿岸の輪島における ^{210}Pb 降下量の季節的変動は極めて顕著であり、冬季に対する夏季の降下量比は5.0であったが、奥尻および出雲では ^{210}Pb 降下量、濃度ともに輪島ほど顕著でなかった。これは特に冬季の降水量の多寡が年や月により異なるためと考えられる。
- (2) 地点間で降下物試料採取期間が比較的一致した1982年3月14日~30日の期間中は大型のシベリヤ高気圧が張り出したが、 ^{210}Pb 降下量の最大は大陸から最も遠く離れた父島で得られ、降水によっては降下量の地域分布が変化することがわかった。
- (3) 降下量を量的に把握する方法の一つとして ^{210}Pb 沈積速度を求めたところ、北太平洋域では0.5から1.8cm/secの範囲にあり、ほぼ1cm/sec程度であった。

第Ⅲ章では陸から海へと輸送されている最中の大気エアロゾルを太平洋を航行する船上において直接捕集し、エアロゾル中の ^{210}Pb 、 ^{210}Bi 、 ^{210}Po を測定した。得られた $^{210}\text{Bi}/^{210}\text{Pb}$ 比および $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ 比から対流圏エアロゾルの平均滞留時間を見積もった。航行中の1985年9月23日に、移動性低気圧に伴う寒冷前線を 29°N 、 177°W 付近で通過した前後の変化について考察し、以下の成果を得た。

- (4) ^{210}Pb とその娘核種との放射能比を用いて北太平洋エアロゾルの平均滞留時間を算出したところ、 $^{210}\text{Bi}/^{210}\text{Pb}$ 比からは4~14日、 $^{210}\text{Po}/^{210}\text{Pb}$ 比からは16~64日の範囲にあった。2種類の放射能比からの滞留時間の差が、大気圏上層部から下層大気への古いエアロゾルの寄与によるものとすれば、その割合は6~33%と見積もられた。
- (5) 177°W 付近で通過した寒冷前線を境として、西側(通過後)では東側(通過前)より大気中 ^{210}Pb 濃度は高かった。これは大陸性の下層気団の影響下に入った証拠である。

第Ⅳ章では日本海の奥尻島において1984年11月25日から85年5月30日までの半年間、毎日の大気エアロゾルを捕集し、大気中 ^{210}Pb 濃度の日変動を調べた。アジア大陸から日本を吹き抜けていく気団を分類してどのような特徴があるか解析し、以下の成果を得た。

(6) 奥尻島での日々の大気中 ^{210}Pb 濃度は地上気圧、地上気温と強い相関を示した。これは、地表大気中の物質輸送が下層大気の動きに支配されていることを示す。

(7) 冬季ではシベリヤ高気圧が張りだしたとき、春季では移動性高気圧が接近してくる時に、一般に大気中 ^{210}Pb 濃度は高かった。この事実は高気圧の下降流に伴って、大気圏上層部から降下してくる ^{210}Pb の存在を裏付けるものである。

以上をまとめると、 ^{210}Pb には高気圧により下降してくるものと低気圧の寒冷前線に吹き込んでくるものがあり、北太平洋域への輸送中に降水現象に出会った際には効果的に海洋表面に沈積していると結論できる。

学位論文審査の要旨

主査	教授	角	皆	静	男
副査	教授	大	谷	清	隆
副査	教授	梶	原	昌	弘
副査	教授	米	田	義	昭
副査	教授	松	永	勝	彦

海洋における物質収支を見積もる際、大気圏を通して輸送される物質について定量的に把握しておく必要がある。本研究では、特に大陸から大気圏を通しての物質輸送に注目し、これを地表から大気に放出されたラドンの放射壊変で生成する娘核種を用いて明らかにすることを試みている。

第1部は、米国の研究者と協力して北太平洋域でネットワーク観測を行い、西部北太平洋域の6点で1981年3月から2週間毎の降下物（降水と自然落下によるもの）試料を2年間連続して採取した。ラドン娘核種の ^{210}Pb を測定し、以下の成果を得た。

1) 一般には大陸に近い日本海側の方が太平洋側降下量が多いが、個々には日本海側よりむしろ太平洋側で ^{210}Pb 降下量が多いケースがしばしば観測された。これは、下層大気を通しての物質輸送経路に起因することが示された。

2) ^{210}Pb の年間降下量は、アジア大陸東端からの距離と、観測点の緯度に依存していた。米国側の中部北太平洋域4点と比べると、日本側では2～10倍であった。

3) 降水現象により ^{210}Pb は効果的に大気圏から除去されるが、その効果速度は北太平洋域10点で $0.6\sim 1.3\text{cm}/\text{sec}$ と見積もられた。

第2部では、北太平洋上エアロゾルの平均滞留時間をハワイ往復の観測船に乗船して見積もった。1985年8月から10月までの17個の洋上大気試料を得てその ^{210}Pb , ^{210}Bi , ^{210}Po を測定し、以上の成果を得た。

4) エアロゾルの平均滞留時間は、 $^{210}\text{Bi}/^{210}\text{Pb}$ 比からは、4~14日、 $^{210}\text{Bi}/^{210}\text{Pb}$ 比からは16~64日となった。洋上であるから両者の不一致は成層圏降下物によることが確実となった。

5) これは、西へ向かって航行する観測船が 177°W で東南に進む寒冷前線と交差してから大気中 ^{210}Pb 濃度は急増した。大陸性下層気団の影響によるものであり、洋上への物質輸送の際、下層気団も重要であることがわかった。

さらに第3部では、大気中 ^{210}Pb 濃度の微細な変動を日本海の奥尻島において1984年11月末から半年間にわたって、毎日1個の連続試料を採取して明らかにした。

6) 大気中 ^{210}Pb 濃度は、地上気圧や、地上気温と強く相関していた。これは、 ^{210}Pb を高濃度に含む大陸からの空気の張り出しに支配されていることを示す。

7) 大気中 ^{210}Pb 濃度は12月、1月に高かったが、A1濃度は5月頃高く時期がずれていた。この事実は、大陸全域に供給源を持つ ^{210}Pb と凍結していない砂漠に供給源を持つA1との差が現れたものである。

以下の成果は大気圏を通しての物質輸送についての新知識であり、今後の洋上での諸問題を考える時に貢献するところが大きい。よって博士(水産学)を受けるにふさわしいものと審査員一同は認めた。