

氏名	鳥羽良明 とほよしあき
学位の種類	理学博士
学位記番号	理博第43号
学位授与の日付	昭和37年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科・専攻	理学研究科地球物理学専攻
学位論文題目	<b>Drop production by bursting of air bubbles on the sea surface—Study by use of a wind flume</b> (海面における気泡の破裂による海水滴の生成について—風洞水槽による研究)
論文調査委員	(主査) 教授 速水頌一郎 教授 佐々憲三 教授 西村英一

### 論文内容の要旨

大気海洋間の諸現象を通じて、エネルギーの運び手として重要な働きをなすものは水であるが、大気中においてこの水の行動を制御するのが、氷晶核および、海塩核を主とする凝結核である。近年、 $10^{-12}$ gm ないし  $10^{-7}$ gm の質量を持った海塩粒子が大気中に現存し、それが低緯度もしくは中緯度においていわゆる暖かい雨を降らせる種となることが知られてきたが、これは凝結核の中でもとくに巨大海塩核と呼ばれている。しかし、海塩核の来源である海水の微滴が海面で生成される機構ならびに生成率に関しては、これまでじゅうぶん解明されていない。主論文は、風洞水槽実験によって、風波上の微水滴生成の様相をはじめ詳細に研究したものである。

海面における海水滴の生成機構としては、波浪の峯の崩解による水滴の直接生成のほかに、波浪によって水中に捕捉された気泡が海面で破裂することによる水滴の生成がある。大気の乱れによって上空へ運ばれうるものは、おもにこの後者の微水滴である。著者鳥羽良明はまず、参考論文その2で報告した気泡の破裂による水滴生成に関する独自の研究と A.H. Woodcock らおよび D.M. Newitt らの研究を総合して、気泡の大きさと、それから生成される微水滴の大きさおよび数の関係を求めた。それによると、気泡の破裂によって生成される海水滴には2種あり、その一つは気泡が破裂したときその空間に周囲の水が集中して水柱を生じ、それが分裂してできるものであり、他の一つは、気泡の膜そのものが分裂してできる微水滴である。

つぎに、長さ 21.6m の比較的長水路の風洞水槽で実験を行なったのであるが、海面上 10m の高度に換算して 23m/sec以下の風速に対応する風を水面上に吹かせ、風速の鉛直分布、水面に生じた風波の諸要素を観測するとともに、風波によって空気が水中に捕捉される機構をしらべ、水中の気泡および水面上の空気中に存在する水滴を、それぞれ巧みな方法で測定した。

風波の空気捕捉の機構については、従来、波形こう配が最大に達した重力波の峯の崩解がおもなものと考えられてきたが、この実験によって、重力波の上に重畳し、重力と表面張力が同程度に働いている小さ

い波の不安定に起因する重要な機構がはじめて見いだされた。この現象が起こりはじめる風速は 13m/sec (海面上10mの高度における値) であるが、これは、大気海洋の境界過程における重要な臨界風速の一つと考えられる。

著者は、風波によって水中に捕捉された気泡の大きさと数の水中における分布から、水面における気泡の生成率を気泡の大きさ別に求めたのであるが、これと上述の気泡と水滴との関係から、水面における気泡の破裂による水滴の生成率が求められる。微水滴の生成率はまた、水面での微水滴の生成率を境界条件に用いて、空気中における微水滴の拡散方程式を解くことによって、水面上の空気中における水滴の大きさおよび数の分布の測定から推算することもできる。この二つの異なる方向から求めた生成率は、水面における気泡の併合による気泡数の減少を考慮に入れると、きわめてよく一致している。このようにして、各段階の風速下で海面から生成される海水滴の生成率を大きさ別に決定した。それによると、気泡の膜自身の分裂による直径 20~30 ミクロンの微水滴が目立って多く生成されるが、水柱から生成される 300 ミクロン程度までの水滴も無視できない。

著者は、この海水滴生成率を用いて、洋上大気中の二、三の高度における巨大海塩核の質量と数の分布を理論的に推定したのであるが、この推定分布は、近年米国その他で飛行機観測によって得られた洋上大気中の巨大海塩核の分布とよく符合する。また、海岸付近における陸上への海水滴の降下を計算したが、これもまた、実際の観測例とよく一致する。これらの事実は、著者が実験的に決定した巨大海塩核の風波による生成率が妥当なものであることを裏書きするものである。

風波内の混合係数の値は水面における気泡の生成率ばかりでなく、広く保存量の風波による輸送現象に重要な関係をもつものであるが、著者は最後に、風波内の気泡の分布の測定から、この値を評価した。

参考論文その 1 からその 3 までの 3 編は、いずれも主論文の前提となる研究である。その 1 は、半径 0.1mm 以上の海水滴の測定に有効な、染料で処理したる紙の製法を考案したものである。

その 2 は、静止水面における気泡の破裂による水滴の生成を実験的に研究したもので、気泡破裂に伴う水柱の分裂による水滴生成機構に関するものである。とくに、この機構による水滴の生成は球に換算した気泡の直径約 4 mm 以下の場合にだけ有効であることを見いだした。

その 3 は、気液界面に浮遊する気泡の形状を理論的に計算したもので、水柱による水滴生成機構が効力を失う気泡の臨界直径の存在を説明し、また、浮遊気泡の形状の観測から、液体の表面張力を、全く固体と接触することなく測定できる公式を提出した。

## 論文審査の結果の要旨

大気中の海塩核は、小さいものは凝結核として、またいわゆる巨大海塩核は暖かい雨の種として、降水機構に重要な役割を果しているが、海塩核の来源である海水の微滴が海面で生成される機構ならびに生成率に関しては、まだじゅうぶん解明されていない。主論文は、海面における海水微滴の生成を研究したもので、空気が風波によって水中に捕捉され、その気泡が水面で破裂して水滴が生成される機構を風洞水槽実験によって解明し、種々の風速下で生成される巨大海塩核の大きさとその生成率を決定したものである。

水面における微水滴生成の機構としては、波浪の峯の直接崩解によるものと波浪に捕捉された気泡の破裂によるものがあるが、後者はさらに、気泡の破裂に伴って生ずる水柱の分裂によるものと気泡の膜の分裂によるものとに分けられる。著者鳥羽良明はまず、自己の実験結果と A.H. Woodcock らおよび D.M. Newitt らの実験結果を総合して、水面における気泡の破裂によって生ずる水滴の大きさおよび数と気泡の大きさとの関係を詳しく調べた。つぎに風洞水槽で実験を行ない、風波による空気の捕捉について、重力波の上に重畳し、重力と表面張力が同程度に働いている小さい波の不安定に起因する機構が重要なものであることを見いだした。これは、これまで考えられていなかった現象であって、重要な新知見である。この現象が起こりはじめる風速 13m/sec（海面上 10m の高度における値）は、大気海洋の境界過程における重要な臨界風速の一つと考えられる。

著者は風洞水槽実験から水面における気泡の生成率を求め、これを気泡と水滴に関する前記の結果と組み合わせて水面における水滴の生成率を計算したのであるが、最も多く生成されて大気中に入り込むものは、気泡の膜の分裂によって生ずる直径数十ミクロン以下の微水滴であるが、気泡の破裂に伴う水柱の分裂によって生ずる 300 ミクロン程度までの水滴もまたある程度大気中に入りうることを見いだした。また、この水滴生成率を用いて、洋上大気中の二、三の高度における巨大海塩核の質量と数の分布を理論的に推定しているが、これは、近年米国その他で飛行機観測によって得られた洋上大気中の巨大海塩核の分布とよく符合する。また、海岸付近における陸上への海水滴の降下量を計算しているが、これもまた実際の観測例とよく一致する。これらの事実、著者が実験によって決定した巨大海塩核の風波による生成率が妥当なものであることを裏書きするものである。

著者はさらに、風波内の気泡の分布から、風波内の混合係数の値を評価しているが、これは、気泡ばかりでなく、広く保存量の風波による輸送現象の研究にとって重要な寄与であると思われる。

参考論文はその 1 からその 3 までの 3 編から成っているが、いずれも主論文の前提となる研究である。その 1 は海水滴測定のために考案した、染料で処理したろ紙の製法を報告したものである。その 2 は静止水面における気泡の破裂による水滴生成の様相を実験的に研究したもので、この実験から知られた事実の一部を理論的に説明したものがその 3 である。その 3 では、一般に気液界面に浮遊する気泡の形状とその大きさによる形状の変化を理論的に計算しているが、浮遊気泡の形状による表面張力測定の新しい方法を提案するなど、多くの興味深い内容が含まれている。

以上を要するに、鳥羽良明は、主論文および参考論文を通じて、大気海洋連結系の地球物理学に、海面における海水滴の生成を中心とする新しい境地を開拓し、その発展への重要な基礎を築くとともに、その関連分野にも幾多の興味ある知見を加えたのであって、豊かな見識とすぐれた研究能力を有することが認められる。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。