

小さな帯電エアロゾル粒子の発生源としての滝

L. ラークソ¹、A. ヒルシッコ¹、T. Grönholm¹、M. クルマラ¹、A. ラッツ²、および T.-E. 部品²

¹フィンランド、ヘルシンキ大学、私書箱64、00014物理科学科

²TarU大学環境物理学研究所

tul, ikooli18, 50090 Tartu, エストニア

受領日：2006年6月22日-Atmosで公開。化学。物理学。議論：2006年9月26日改訂：2007年2月28日-承
認：2007年4月23日-公開：2007年5月4日

概要。 この研究では、移動度分布（1998）を測定し、その中の参考文献は、これらの初期測定 of イオンスペクトルを使用したクラスターおよび中間イオンの徹底的なレビューを提供します。

滝の近くのエアロゾル。多くの人の濃度が帯電した液滴の形成を研究していることを観察しました。海のしぶきの状況では、1.5~10nmの陰イオンが特に100倍高かったのです。ブランチャード（1958、1966）は、滝から100m離れた基準点です。また、破裂した気泡から放出された帯電液滴を研究しました。正の中間イオンの濃度で、彼は次のことを発見しました：1) fよりも小さい液滴 μm

ウラレ

基準点よりも10倍高くなっています。これは常に正に帯電しており、2) 大きな液滴は、最小サイズでのみ観察されたことがわかります。バブの履歴に応じて、さらにポジティブまたはネガティブ-10nmの違いは重要ではありませんでした。

ble Blanchard（1958）。その後、Gathman and Tren（1968）と Klusek et al.（2004）は、気泡と海のしぶきに関連する電荷についても研究しました。

1994年、ライターは海のしぶきに加えて、滝によって生成されたイオンを測定しました。彼は、200nm未満の海のしぶきからの粒子が正味の正電荷を帯びていることを発見しました

1 序章

大気中のエアロゾル粒子の形成は重要ですが、滝からの同様の粒子は気候と生態系の両方に悪影響を及ぼしました。さらに有料。彼は、極性の違いを、川と海水の新しい化学組成である、異なる大規模な粒子形成Ku（Imala et al., 2004）に起因すると考えています。ライターも

粒子はまた、限られた空間スケールで形成されることが観察されています。異なる化学物質を含む水でいくつかのテストを実施しました-核形成モードの粒子の出現の1つの特殊なケースは、不純物であり、極性が実際に小さな水滴の崩壊に依存することを発見しましたH sō（rraket al., 2005、懸濁物質について：塩化ナトリウムを添加して生成

2006）。これらの観察結果は、新しいes陽性粒子の形成を示していますが、純水と地中海は、rain.waterに関連する特に負に帯電した中間イオンが負イオンを生成しました。

最近のモデル計算は、中間空気イオンが最近、電荷形成がwaterfalの近くでも起こる可能性があることを議論しました llsut（set al., tion（例えば、イオン蒸発、クーロン爆発、電荷 2004）。液滴中の残留物）Ir（ibarne and Thomso, n1976;

広告の電氣的状態に対する滝の影響-Znamenskiyet a, l.2003、2006; Vostrikov et al., 2006）。それらの初期の環境は、1世紀以上にわたって知られています-実験は、場合によっては小さなイオンが分離する可能性があることを示しました。早くも1890Lseで、nard（1892）は、帯電した液滴の蒸発によるその速度を示しました。

滝の近くでは空気が負に帯電します。彼はまた、事前の知識にもかかわらず、以前の研究の焦点は、効果が大きな粒子サイズで液体を移動するときのみ発生し、障害物にスプレーされた数サイズの分布がないことを示しました。単純なウォータージェット、たとえば、クラスターイオンと中間イオンのプッシュ測定では、そのような効果は発生しないことがわかっています。滝の近くでさまざまな水関連が行われた。電氣的測定（例：ウィルソン霧箱）の場合、滝は、たとえば雨とは異なります。これは、大量の水が

19世紀後半の研究の頻繁なターゲット。フラガノリグニ的に電氣的に中性であるのに対し、雨滴はもともとは雲の中で形成されたために充電されました。

への対応L：。Laakso
(lauri.laakso@iki.fi)



図1. Vanhankaupunginlahtiの弾幕と2つの幸せな測定値から40000cmの確実なもの。AISは橋から測定を行いました。参照測定点は、参考として、bridgelower濃度の右（東）約100mでした。一番近い道路は、写真の真ん中の建物の後ろにあります。

移動度を直径に変換するとき。移動度から直径への変換は、クラスター/粒子ごとに1つの電荷のみを想定していることに注意する必要があります。大気中では、帯電確率が低いため、この仮定は小さな粒子には十分です (Fuchs, 1964など)。ただし、滝の場合、液滴が複数回帯電していると、その形成プロセスによっては、サイズのアーティファクトが発生する可能性があります。

空気イオン分光計に加えて、Pt100およびMk-33センサーを備えたDelta OHM DO 9847ロガーを使用して、温度、相対湿度、および圧力を測定しました。総エアロゾル粒子数濃度は、カットオフサイズが10nmの2つのTSMモデル3007凝縮粒子カウンターで測定されました。2つのCPCを並べて比較しました-周囲の粒子濃度が2000の場合

3結果はオフセットによって修正されました

この比較から得られた係数 (0.9に等しい)

NS

3 測定値

測定は、ダウンの北東約5 kmの滝であるVantaanputous (図1) で実行されました。

2 楽器

フィンランドのヘルシンキにある2つのエアイオンスペクタウンで、滝で生成されたイオンを測定しました。滝は道路トロメーター (AIS) L (Laakso et al., 2004; Airel Ltd.) の近くにあります。AISは、測定ポイントから約100mの位置にあります。NS空気イオンの移動度分布を確認してください。自然に帯電したヴァンター川は、クラスターとエアロゾル粒子を含む南スオミ州の典型的な川です。分光計は、比較的高い粘土含有量のオークで構成されています。2005年11月15日、2つの同一の円筒形吸引タイプの差動移動度、総吊り下げ質量 (μm 4m analysers: 1つは正イオンを測定するためのもので、もう1つは測定ポイントから1.4 km上流のforbraneフィルター) 負イオンです。各モビリティアナライザーには21個のコレクター電気があります-100mg /リットルでした (K. Lahtiとの個人的なコミュニケーション、およびVahtera et al. 2005用の個別の電気測定増幅器を備えたロード)。落下の高さは、最大速度14を生成する異なる10mのイオンによって運ばれる電流を概算しています。-NS

1sas-

モビリティ。イオンを含む空気サンプルは、自由な重力落下を想定して吸い込まれます。電子制御電気によるモビリティアナライザー11と18のトロスタティックフィルター (オン/オフスイッチ) の2日間で測定を実行しました。フィルターは、湿度のオフセットレベルのときにサンプルからイオンを除去します (2005年11月に切り替えました。どちらの日も比較的寒く、オンが高くなっています) (表1)。11月11日に、1.5時間測定しました。測定用電子機器は、データ品質モニター用に測定されます。-11月18日に4時間以上nd。

目的。それ以外の場合、フィルターはオフになります。私たちが2つの空気イオン分光計を使用した時間: AISの橋の解像度で1つは通常5分、滝の端から約20mで使用された時間、そして私たちの実験を参照してください。その時間のサンプルとオフセットレベルの間に、滝から側面まで100mの距離測定

移動度の分布が順番に測定されます。

拡散の広がりイオンの損失データの反転の推定は、

平均風。風向は、湿度の高い指の方法で測定され、これらの経験的データは、選択するさまざまな道路の交通密度の視覚的なAireel推定とともに測定されました。

Ltd (Fuchs, 1964; Tamme, t 1970)。最近、AISと基準点。技術的な問題のため (ロックされた反転手順はラボで校正されています --ateway) 2番目の測定日の間に、AISがオンになります

デバイスをブリッジと比較して2nm以下にまで下げると、ブリッジはブリッジの東端に配置されました。他のタイプのイオン分光計、平衡走査移動度測定を開始する前に、2つのアナライザー (BSMA, Airel Ltd) を比較しました。これは、デバイスを検出するために1時間並べて実行することにより、エタロンAISと見なされます (Tamme, t 2004, 2006)。デバイス間の可能なオフセット。解釈するとき-

私たちの実験では、AISの移動度範囲は、荷電粒子の濃度とサイズ分布に影響を与えていました。0.00133~3.16 $\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{NS}^{-1}$ 。滝でのAISデータの移動度分布にサイズを掛けました-

イオンは、測定された分数の比較から得られた28の対数的に均一に依存しない係数によって表されます。タメットのアルゴリズム (1995) によると、正イオンの平均補正係数は、直径範囲が常温1.02で0.34~40 nm、負イオンで1.23でした。ハーブと思われる差と圧力 (273Kと1atm) を想定しました

実験中、AIS間は同じでした。

表1. 2つの観測日の基本的な特徴。

	2005年11月11日	2005年11月18日
中央値T [C] °	9.8	0.8
RH中央値[%]	76.5	71.0
水の流れm ³ NS-1	10.9	22.8
NSトット (ref) [cm ⁻³]	19 978	24 649
NSトット (滝) [cm ⁻³]	14 909	27412
差 (ウォーターフォール-リファレンス)		
マイナスイオン1.5~10 nm [c- NS3	5410	1565
陽イオン1.5~10 nm [cm3 -]	562	220

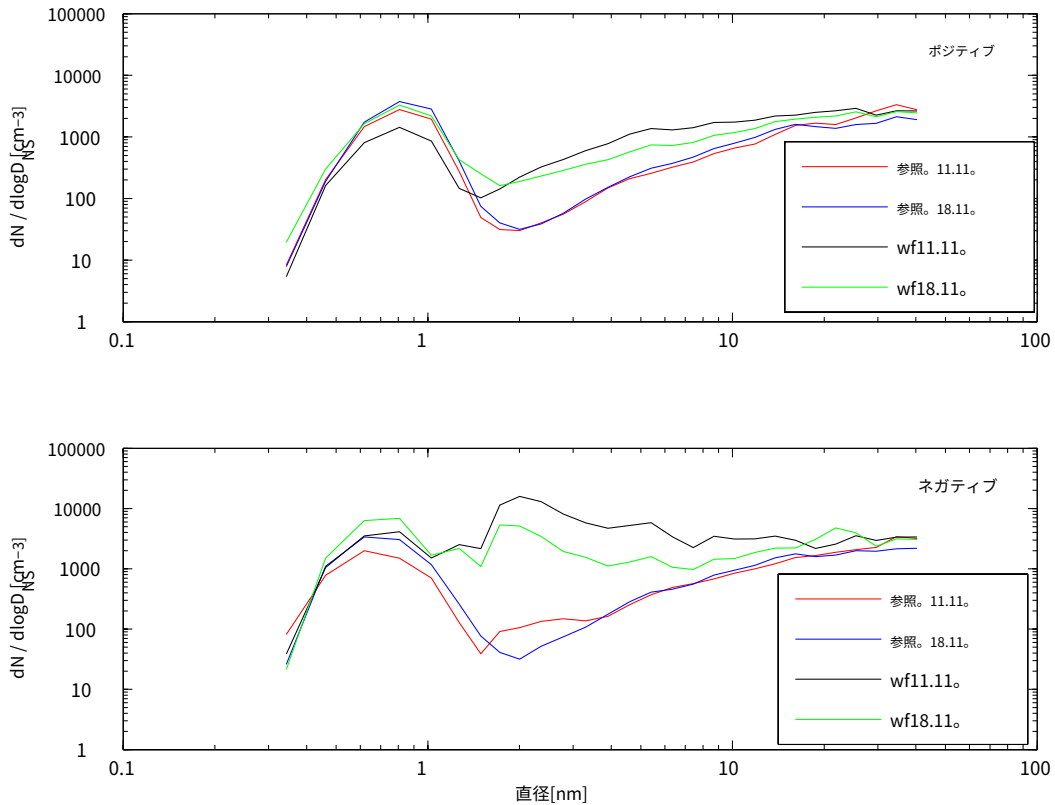


図2. 滝 (wf) と基準点 (ref) での正イオンと負イオンのサイズ分布の中央値 (11月11日と18日2005)。

4結果と考察

近くに符号に依存する中間イオン源がないはずですが。

図2は、負イオンと正イオンのサイズ分布を示しています。図3は、正イオンでのイオン濃度の比率を示しています。両日とも、基準点とは明らかに差のある滝がありました。1.5~10 nmのサイズ範囲のマイナスイオンの濃度におけるウォーターフォールとリファレンスの間の濃度は、最大1.5~10nmのイオンでした。この違いは、滝で120倍より顕著でした。陽イオンと陰イオンの濃度だけでなく、陽イオンの濃度も約10倍に増加しました。滝の効果

強化されました。negativwの濃度を比較したとき
両日からの基準点での陽イオン、
濃度が比較的等しいことに気づきました

約30nm未満のイオンでのみ見やすくなります。

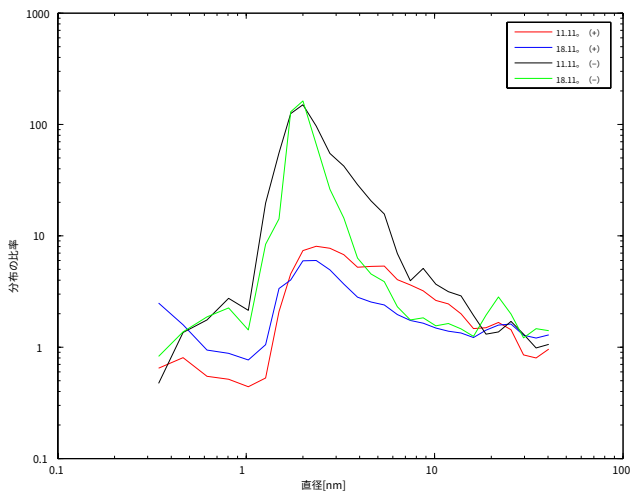


図3. 陰イオン濃度の正と負の比率。核形成モード粒子がより大きなサイズに成長する可能性がある場合基準点での濃度への滝。

5 結論

この研究では、滝の近くでのイオンサイズ分布の観測結果を示します。滝は中程度の大きさの、主にマイナスイオンを生成することがわかりました。ウォーターフォールでの1.5~10 nmのマイナスイオンの濃度は、基準点よりも100倍以上高かった。さらに、陽イオンの濃度は10倍に増加しました。ウォーターフォールによって生成された負イオンの最大濃度は2nmでしたが、正イオンの最大濃度は2.5nmでした。私たちの結果は、以前の研究bRの結果と定性的に一致しています。

yeiter (1994)、仮定

彼の研究で200nm未満の粒子の負電荷は、主に1~20nmのイオンによって引き起こされたことがわかりました。滝からの核形成モードサイズの粒子の形成は、大気凝縮核の重要な局所的発生源であり、したがって大気化学に影響を与える可能性があります。

(約50~100 nm)、滝の近くの雲や霧の形成、またはその両方に影響を与える可能性があります。

もう一つの興味深い特徴は幅の違いです。謝辞:彼の作者は以下に感謝したいと思います
フィンランド博物館のJ.Yölinen:彼らの助けを借りる必要があるかもしれない2日間の分布の異なる温度での自動イオン化率の違いに-彼の助けのための技術、そして特に私たちに提供するための技術
peratures。ただし、データが2日しかないため、電気理由は次のとおりです。フィンランド環境研究所のM.Huttunenと
この違いは投機的なままです。ヴァンター川に関連するデータの最大社会のサイズ。とM.ダルマソ
最高濃度も異なっていた。ネガの最大値-そしてM.ヴァナは輸送を手伝ってくれました。A. Hienolaは、わずかに小さいサイズで構成されています(2nm対
原稿のテスト読み取りで承認されています。さらに、
ポジティブの場合は2.5nm)。

エストニア科学財団(助成金番号6223および5387)および

表1は、私たちのmea-Maj and Tor Nessling Foundation(助成金番号123)の特性の中央値をまとめたものです。
この研究への資金提供に対して。

確実。クラスターイオンのサイズの上限は約です。
約1.5nm。その値を下限として使用しました編集者:W。中間イオン濃度の差を計算する
ときのコナント

滝と基準点の間の関係。NS

表は、2日間の明確な違いを示しています参考文献

測定を行いました:最初の観測日に、

差は2日目の数倍ですA.irelLtd, E.:http://www.airel.ee

、2007。

これは、ヴァンプランチャード川の水流量とは対照的です。D.:海水中の気泡からの帯電した液滴

たあ。この違いは、主にその気象学的重要性の違いに起因すると考えられます。J. Meteorol.、15、pp. 383-

単一の点(線)395、1958の測定以降の風向。

滝などの源は小さな変化にも敏感ですBslanchard, D.:海からの正の空間電荷、J. Atmos. 科学、

風向で。ただし、23、507~515、1966の一般的な結論。両方の日は質的に類似していま

す。Flagan, R.:電気エアロゾル測定の世界の歴史、エアロゾル

科学 Technol.、28、301~380、1998。

セクション2で説明したように、実験的なフックス、NAを回避することを目的としました:エアロゾルの力学、ベルガモン、ニューヨーク、
デバイスを並べて比較し、1964年にキャリブレーションすることによるエラー。

それらは実験室で注意深く。ただし、自然源Gathman, S.およびTrent, E.-M.:外洋上の空間電荷、

J.Atmosの誤解につながる可能性のあるエラーも発生する可能性があります。Sci.、25、1075~1079、1968。

結果の。私たちの主な懸念の1つは、可能性のあるHörrak, U.、Tamm, H.、Aalto, P.、Vana, M.、Hirsikko, A.、Laakso, L.、およびKulmala, M.:降雨に関連する帯電ナノメートルエアロゾル粒子の形成、in: Proceedings of European Aerosol Conference 2005、
Ghent, Belgium、編集:Maenhaut、
W.、p. 606、2005。

滝と基準点(Ta1b)の両方

これまでに、橋での濃度はわずかに高かった、おそらくL.、およびKulmala, M.:滝によって生成されたより大きな(>10 nm)イオンの
のために、帯電したナノメートルエアロゾルの形成。降雨に関連する粒子:大気測定と

- 実験室での実験: BACCI、NECC、FCoEの議事録 Tammet, H.: 大気活性測定のための吸引法2005、編集者: Kulmala, M., Lindroth, A., および Ru-spheric ion-spectra, IPST for NSF, p. 208, 1970.
- uskanen, T., vol. エアロゾル科学のレポートシリーズの81B, pp. Tammet, H.: ナノメートルの粒子、クラスター、および180~185のサイズと移動度、2006年。イオン, J. AerosolSci., 26, 459~475, 1995年。
- Iribarne, J. および Thomson, B.: Tammet, H. から的小イオンの蒸発について: Balanced Scanning Mobility Analyser, BSMA, in: 帯電した液滴, J. Chem. Phys., 64, 2287-2294, 1976. Klusek, Z., Wiszniewski, A., and Jakacki, J.: Relationships between 大気中の正電荷密度と気泡 バルト海の濃度、海洋学, 46, 459-476, タメット, H.: 2004年。
- Kulmala, M., Vehkamäki, H., Peätjä, T., Dal Maso, M., Lauri, A., Kerminen, V.-M., Birmili, W., および McMurry, P.: 超微細大気粒子の形成と成長速度: 観測のレビュー, J. AerosolSci., 35, 143-176, 2004.
- Laakso, L., Anttila, T., Lehtinen, K., Aalto, P., Kulmala, M., Hörrak, U., Paatero, J., Hanke, M., および Arnold, F.: 運動核- 北方の粒子形成イベントにおけるイオンとイオン, Atmos. Chem. Phys., 4, 2353-2366, 2004. <http://www.atmos-chem-phys.net/4/2353/2004/>
- Lenard, P.: Über die Elektrizität der Wässerfälle, Ann. 物理学, 46, 584-636, 1892.
- Luts, A., Noppel, M., および Vehkamäki, H.: 硫酸の影響 負の小空気イオンの組成: 数値シミュレーション, J. AerosolSci., EAC 2004要約書, 2004年。
- Reiter, R.: 気泡とは異なるサイズの粒子の電荷 地中海の波と滝からの, J. Geophys. Res., 99 (D5) , 10 807-10 812, 1994.
- モビリティの継続的なスキャンと 大気中の荷電クラスターとナノメートル粒子のサイズ分布、および Balanced Scanning Mobility Analyzer BSMA, Atmos. Res., 82 (3-4) , 523-535, doi: 10.1016/j.atmosres.2006.02.009, 2006.
- Vahtera, H., Muukkonen, P., äMnynsalo, J., および Lahti, K.: Vantaanjoen yhteistarkkailu: Vedenlaatu vuosina 2000-2004, 56, Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry, 2005.
- LI: 中性および荷電水クラスターの分子動力学研究, Computational Materials Science, 35 (3) , 254-260, doi: 10.1016/j.commat.2004.12.073, 2006.
- Znamenskiy, V., Marginean, I., および Vertes, A.: 溶媒とイオンの蒸発- 帯電した水ナノ液滴からのオレーション, J. Phys. Chem., 107, 7406~7412, 2003.
- Znamenskiy, V., Marginean, I., および Vertes, A.: 分子ダイナミクス- 中性および荷電水クラスターのics研究, Computational Materials Science, 35, 254-260, 2006.