

## 1 keV 電子の降下による電離層の生成

上山 弘\*

### Ionosphere Produced by the Impact of 1 keV-Electrons

Hiroshi KAMIYAMA\*

**Abstract:** This short note describes the ionospheric effect of 1 keV-electrons incoming possibly from the magnetotail. The rate of the ionization produced through the impact of these electrons is calculated as a function of altitude, and the maximum is found to be  $1.85 \times 10^8 \text{ cm}^{-3} \text{ s}^{-1}$  at the altitude of 154 km for the isotropic incidence of a flux of  $10^8 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ ster}^{-1}$ . The height profile of the electron density in the equilibrium shows the minor maximum of  $8.5 \times 10^4 \text{ cm}^{-3}$  at the level slightly above the level of the maximum production rate and the major F2 peak of  $2.3 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$  at about 300 km. The lifetime of the ionization is estimated to be about 43 minutes for the F2 peak, while the lower layer will fade out shortly after the ceasing of the electron precipitation.

太陽光線の到来しない冬季の極地方においても立派に電離層が存在するが、その生成原因は未だ十分に理解されていない。幾つかの可能性が考えられるが、そのうちの一つとして 1 keV 程度の電子の降下によって F2 層にどの程度の電子密度が保たれるかを明らかにしてみよう。

1 keV の入射電子による電離生成率を求めた結果 (KAMIYAMA, 1970) を図 1 に示す。図には 1 keV 電子が入射後そのエネルギーが 400 eV 以上の間に電離を作る率と、400 eV 以下になった後の電離生成率を夫夫点線で示し、全生成率を実線で示した。横軸は  $1 \times 10^8 / \text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{ster}$  の flux が、isotropic に入射したものとしての電離生成率を与えたものである。即ち、電離生成率は、154 km の高度で極大値  $1.85 \times 10^8 / \text{cm}^3 \cdot \text{s}$  に達する。電子の消滅過程及び電子の拡散を考慮して平衡状態における電子密度の垂直分布を求めると図 2 の如くなり、二つの極大が現われる。低域のものは高度約 155 km で極大値  $8.5 \times 10^4 / \text{cm}^3$  を示し、他は約 300 km の高さで  $2.3 \times 10^5 / \text{cm}^3$  の極大値を示す。これらは夫夫、E2 層および F2 層

\* 東北大学理学部地球物理学教室. Geophysical Institute, Tohoku University, Katahira, Sendai.

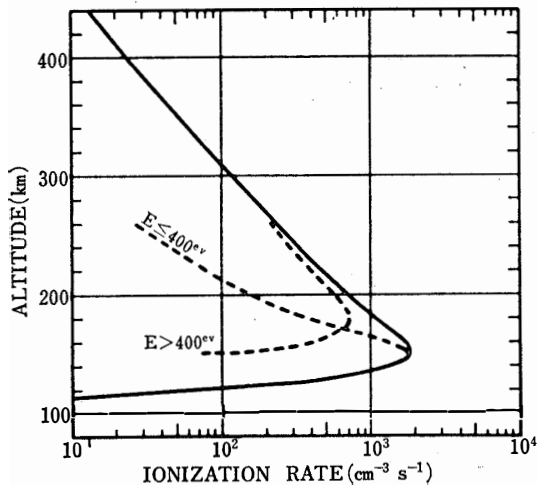


図 1  $1 \times 10^8 / \text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{ster}$  の 1 keV 電子フラックスが 1000 km に isotropic に入射した結果の衝突電離生成率の分布. 点線 ( $>400$  eV) は電子エネルギーが 400 eV 以上の間に作る電離生成率, 他の点線 ( $<400$  eV) は電子エネルギーが 400 eV 以下になってからの生成率

に対応するものと考えられる.

平衡状態の電子密度分布を初期条件として, 電子降下が急に休止した場合の E 2 層及び F 2 層の最大電子密度の減少の様態を示したものが図 3 及び図 4 である. 図 3 から E 2 層最大電子密度の変化は再結合型であることが判り, 有効再結合係数は  $2.3 \times 10^{-7} \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  と見積もられる. 一方図 4 から F 2 層最大電子密度の時間的变化は明らかに附着型であり, F 2 層の lifetime を求めると 43 分となる.

粒子に基づくと思われる E 2 層や, 新たな F 層が既存の F 2 層の下に現われる時には, 一般に spread F エコーが観測される. もし, spread F と 1 keV 程度の電子の降下とが関係あるものとする, 高緯度地方には 1 日のうちほとんどの時間 (約 85%) にわたり spread F が観測される (SHIMAZAKI, 1959) ことから見て, これらの電子の降下がひんびんに起こっているのではないかと思われる. この推測がもし正しいとすると, 上記の lifetime からみて, 1 keV 程度のエネルギーの電子の降下が数十分の time scale で断続すれば F 2 層に

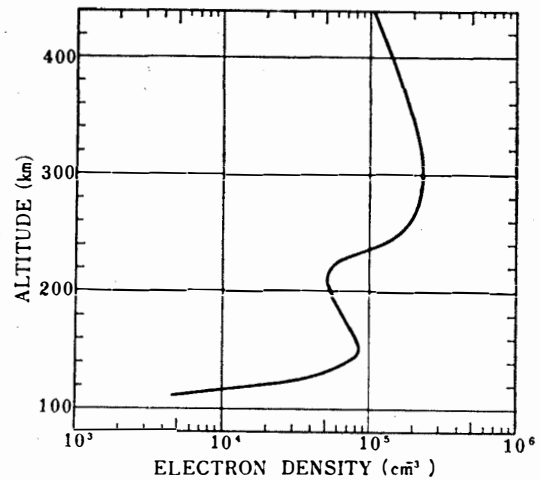


図 2  $1 \times 10^8 / \text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{ster}$  の isotropic な 1 keV 電子の入射による平衡状態における電子密度分布

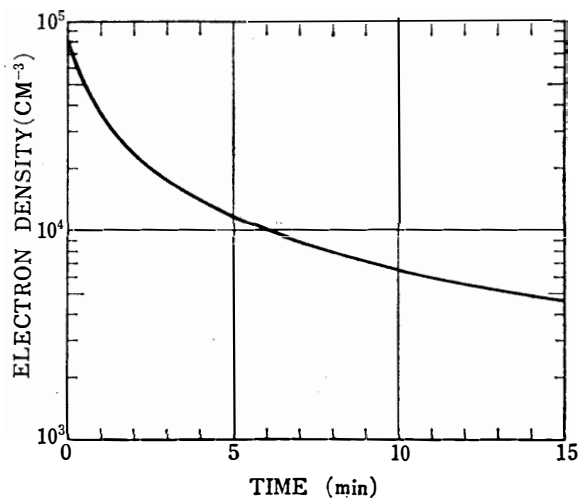


図 3 電子降下中断後の E 2 層最大電子密度の変化

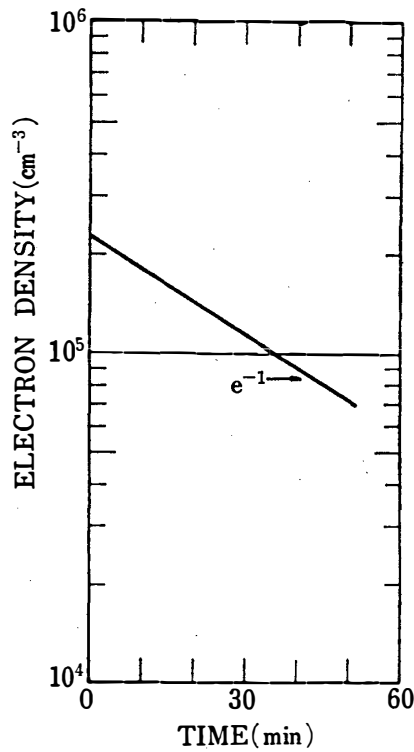


図 4 電子降下中断後の F2 層最大電子密度の減少

$10^5/\text{cm}^3$  程度の電子密度を充分維持し得ることになる。従って、1 keV 程度の電子の降下は冬季の極地電離層生成の原因の一つになり得ると考える。もし、プロトンが同じ様な役割を果たすとするならば、そのエネルギーは 20 keV 位であろう。これら 1 keV 電子域は 20 keV プロトンの降下を F2 層電子密度変動と関連づけて観測することに興味を持たれる。

#### 文 献

- KAMIYAMA, H. (1970): Ionizing effect of low energy electrons precipitating into the upper atmosphere. To be submitted to Rep. Ionos. Space Res. Japan.
- SHIMAZAKI, T. (1959): A statistical study of world-wide occurrence probability of spread F. J. Radio Res. Lab., 6, 669.

(1971年11月20日受理)