

## 電磁気学1 演義 第4回 アドバンストクラス追加問題

J-PARC(Japan Proton Accelerator Research Complex, 茨城県東海村)の陽子加速器への陽子の入射は、( $H^+$ ではなく)負水素イオン  $H^-$  で行われている。1 価の「**負イオン**」は中性の原子に電子が束縛されたものと考えられる。また、2 価の負イオンは1 価の負イオンに電子が束縛されたものと考えられる。このような束縛状態の存在は自明のことではないように思われる。(実際、 $H^-$  は存在するが、 $H^{--}$  は存在しない。)以下では、負イオンの簡単なモデルを考えよう。

1. まず(原子核のことは忘れて)、原点を中心とする半径  $a$  の薄い球殻に負の電荷  $-Q_e$  が一様に分布しているとする。(これが負イオンの電子群を表す。)球殻内外の電場を求めよ。
2. 球殻に対して動径方向に作用する力を求めたい。系は球対称だから、動径方向として  $z$  軸方向を考えれば十分である。球殻のすぐ外側  $(0, 0, a + 0)$ 、およびすぐ内側  $(0, 0, a - 0)$  での Maxwell の応力テンソルの  $zz$  成分、 $T_{zz}(0, 0, a \pm 0)$  を求めよ。(この結果は、球殻外部の電場は球殻を膨張させるような「負の圧力」を持つ、と解釈できる。)
3. 球殻の中心に正の点電荷  $Q_Z$ (原子核)を置く。このときの球殻内外の電場、および  $T_{zz}(0, 0, a \pm 0)$  を求めよ。
4.  $T_{zz}(0, 0, a - 0)$  は球殻に対して動径方向内向きに作用する圧力を表す。これが  $T_{zz}(0, 0, a + 0)$  による外向きの圧力以上であれば、系はばらばらにならない。このときの  $Q_Z$  と  $Q_e$  の関係を求めよ。(上の水素イオンの例はこの結果と合っている。)

ここでは静電力学は(孤立した)負イオン存在の可能性を排除しないということを確認したが、実際に安定な負イオンが存在するかどうかは量子力学の問題である。