

蘭 様

改めてのご質問、ありがとうございます。

まず初めに、一般に「電流が流れる」というときどのような現象が生じているのかを確認したいと思います。例えば、レポートの図(2)-1(p.4)のような回路で電流が流れるというときには、電池Eの負極(図の電池の下側)から電子が流れ出し、正極(図の電池の上側)に電子が流れ込みます。このとき、電池以外の部分(導線や抵抗器Rなどの回路部分)にもたくさんの電子が存在していて、電池の負極から電子が出始めると同時に、回路部分にある電子がすべて一斉に動き始めます。つまり、「電流が流れる」というときには、回路内にある電子の一部だけが移動していくのではなくて、必ず回路全体にある電子がすべて一斉にずらずと移動します。レポートのp.4で「ところてん方式」と呼んでいるのがそれです。

電流の流れを川の流れに例えることがよく行われます(私はあまり好みませんが、ここでは、あえて川の流れに例えてみます)。川の上流は水位の高いところ(これは、電位の高いところに相当します)で、下流は水位が低くなっています(つまり、電位が低い)。川の水の流れが電子やイオンの流れに相当します。このとき、川の水がどれだけ流れようが、下流部の水位(電位)は低いまです。上流部の高い水位(電位)が下流部まで伝えられることはありません。下流部で川の水位を高くするためには、堰(せき)を作って水をためる必要があります。このような「水(電子やイオン)をためる仕組み」がない限り、下流部の水位(電位)が上昇することはありません。

神経繊維内を「活動電流」が流れるとする場合、興奮部で流れ込んだ $\text{Na}^+$ によって興奮部に電位の高い状態が生まれ、未興奮部の低い電位との間の電位差によって「活動電流」が流れると考えられています。このような「電流」の場合であっても、上記と同様、神経繊維内に存在している多くの陽イオンが一斉にずらずと移動することになります。したがって、その陽イオンの流れが未興奮部で留まって陽イオンが集まるなどということのない限り、陽イオン濃度が高くなったり電位の高い状態が生じたりすることはありません。

蘭様は、《カッコで書いたのは、そこで集まらないとしても、他の部位(興奮部)から陽イオンが流れてくれば、一瞬電荷(正しくは「電位」)は上がるのではないかと思ったからです。》と述べておられますが、「活動電流」というのは、《一部分の陽イオンの集まり(たとえば、興奮部で流れ込んだ $\text{Na}^+$ )が興奮部から未興奮部に流れていく》というのではなく、上記のとおり、神経繊維内の多くの陽イオンが一斉に移動していく状態を指しています。

それでも、蘭様は《興奮部に流れ込んだ陽イオンは、神経繊維内を流れて行っていずれ未興奮部にたどり着くはずだ。そのときに、未興奮部の電位が高くなるのではないか。》とお考えでしょうか。このことについては、レポートのp.13~14にかけての「(J) 溶液中のイオンの移動速度」と「(K) 神経繊維内のイオンの移動速度」のところで説明していますが、溶液中や神経繊維内のイオンの移動速度はめちゃくちゃ小さくて、このようなイオンの移動によって興奮が伝えられると考えるのでは、とても神経繊維の伝導速度を説明できるものではありません。

「活動電流」によって興奮の伝導を説明しようとする人たちは、《興奮部に $\text{Na}^+$ が流れ込んだ直後に神経繊維内にある陽イオンが一斉に移動を始め(したがって、そのときには未興奮部の付近にも陽イオンの流れが生じ)、この陽イオンの流れが「未興奮部に刺激を与える」ことで未興奮部の $\text{Na}^+$ チャネルが開き、これが繰り返されて次々と興奮が伝えられる》と考えておられます。《流れ込んだ $\text{Na}^+$ が未興奮部まで流れ着くことで興奮が伝えられる》などという考えは、もともとあり得ない考えです。

以上が今回のご返事の内容です。蘭様の疑問が解消することを願っています。