

〔 連 載 〕

電気の世紀へ 第28回

<(発明の時代)・高周波発電機から真空管へー
アレクサンダーソンとラングミュア>

松本 栄寿
Eiju Matsumoto

電信・電話の無線送信器に真空管が使われるまで、高周波発電機の時代があった。

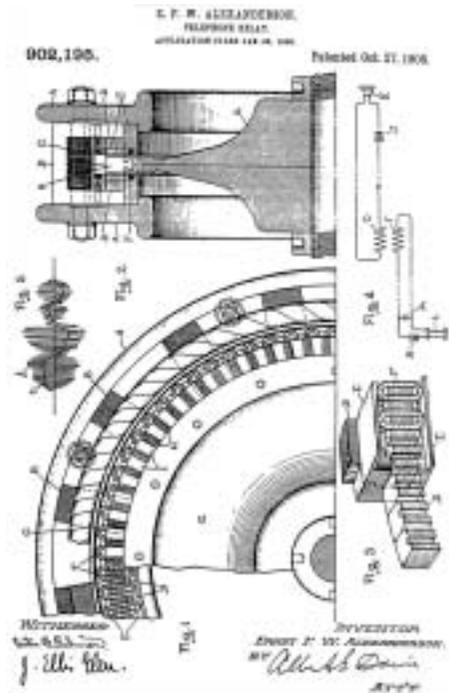
マルコーニの無線実験は、火花放電が基礎であった。コンデンサに充電した電荷を放電させて、そこから同調回路で振動波を得る。これだけでは一度でおしまいなので、周期的に充電放電を繰り返す方式であった。ついでアーク放電の負性抵抗特性を利用して、電気振動を連続波にする方法が使われた。代表的なものにパウルゼンアーク発振器がある。つぎに登場したのはアレクサンダーソン (Ernst F. W. Alexanderson, 1878 ~ 1975) の高周波発電機であった。アレクサンダーソンはスウェーデン生まれ、ストックホルム王立工科大学、ベルリン工科大学で学びアメリカに移住した。

1. 高周波発電機とは

原理は多極交流発電機とでも言おうか、外周部に p 個の突起を設けたロータを高速回転させる。その突起部を挟むようにして $2p$ 個の固定子巻線があって励磁するとともに、検出コイルから出力を得る構造である。検出コイルには $f=pn/60$ の周波数の交流が発生することになる。ロータの回転数は毎分数千回の高速になるが、数十kHzの高周波発電機となる。発電機をDCモータに直結させて直接駆動した。

固定コイルに一定の直流を流すかわりに音声流せば、出力は音声で変調された交流が得られる。アレクサンダーソンは、このコイルに極めて薄い0.01ミルの鉄心を使うことを主張した。もちろん生まれ故郷のスウェーデン鋼である(第1図)。

まず高周波発電機を製作したのは、GE社のスタインメッツ (C. P. Steinmetz, 1865 ~ 1923) であった。1902年、スタインメッツは、出力1kW、10kHzの高周波発電機を造った。ユーザーはフェッセデンのNESCO (米国信号社) である。フェッセデンは、



第1図 アレクサンダーソンの米国特許902,195
(高周波発電機・音声用)
中心ロータ: G、フルドコイル: C、アーマチュアコイル: F

カナダ生まれの技術者であったが、マルコーニの通信システムの火花送信機、受信機のコヒーラの欠点を知っていた。解決するには、連続的に高周波を発生させる装置が必要であると見抜いていた。米国気象庁に在職中からGEとウエスティングハウス社に連続送信機の製作を打診している。

1906年にはアレクサンダーソンは、80kHzの発電機を完成させている。1918年にはNJブルンスピックのマルコーニ無線局に、アレクサンダーソンの200kWの送信機が設置され、第一次世界大戦中は海軍のもと

に運営がなされた。これは周波数を変えることもできる本格的な送信所である。1917年と1918年には、ここからウイルソン大統領が敵国ドイツ国民への呼掛け放送をおこなった。

アメリカの送信所はしだいにラジオ放送（声の伝送）を目指してゆくが、ドイツのAEG社などは電信専用のシステムとして、高周波発電機に関心をもっていった。

2. 日本のアレクサンダーソン発電機

日本にも高周波発電機の送信所があった。愛知県、刈谷市にある依佐美長波送信所である。これはドイツテレフケン社製である。1920年代までの日本政府の対外通信網は貧弱で、上海とウラジオストック経由の海底電線しかなかった。これをカバーしようと計画されたものである。依佐美送信所は1923年に完成するとともに、長長波電信局として主に対欧州への窓として運用された。このときにドイツの賠償金が費用の一部にあてられ、送信施設はドイツ製となった。

発電機のローターには256の突起部があり、約1,400rpmの速度で回転させて5,814Hzの高周波を得ている。発電機の出力を飽和鉄心を利用した変倍器で三通倍して17,442Hzを送信している。出力は600kW、ベルリンまで地上波で直接交信できた。

1941年には、日本海軍の潜水艦通信施設として使われるようになった。長長波は潜水艦が潜航中でも届くからである。戦後は米軍に接收されたが日本への返還とともに250mアンテナ鉄塔は撤去されてしまった。残された二台の巨大な高周波発電機施設は、幸い文化遺産として刈谷市が記念公園内に保存する計画が進行中である（写真1）。

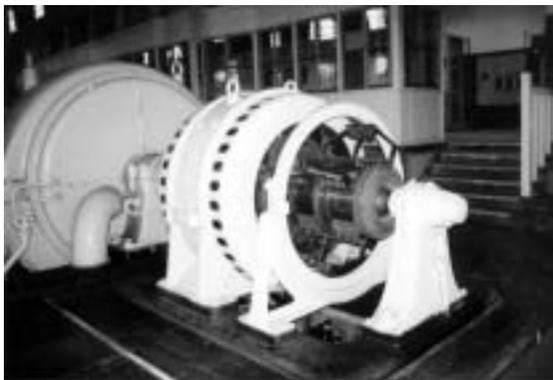


写真1 高周波発電機（左）と高速駆動モータ（右）
（愛知県依佐美長波送信所）

3. 送信機の回路素子としての真空管

三極管の発明者、ドフォレストは真空管内のガスについてあまり考慮を払わなかった。 10^{-3} mmHg程度の低真空度であったから、内部でグロー放電が起って高電圧が使えない。30V、30mAまで加えるとしても、約1ワットの電力までしか扱えないことになり、電話の中継増幅回路としても十分ではなかった。

1915年GEの化学者であったラングミュア（Irving Langmuir, 1881～1957）は、電球と真空管、X線管の研究から、残留ガスが電離してしまうことが真空管の安定を阻害すると結論づけた。真空度を上げた彼の真空管はpliotronと呼ばれ、1922年、20kWまで扱える真空管ができた。通信が長波から短波へ移行していく時代でもあり、送信機も急速にラングミュアの硬真空管が使われるようになった（ 10^{-5} または 10^{-6} mmHg）。

彼のつくった真空管の特性は、つぎの基本方程式であらわされる（第2図）。

$$I_a = GE_a^{3/2}$$

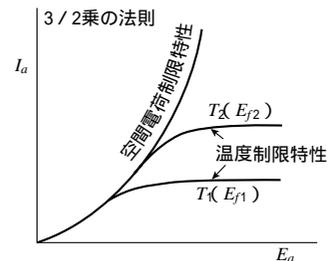
つまり、プレート電流 I_a が、プレート電圧 E_a の $3/2$ 乗に比例し、真空管の特性は電極の形状ではなく電子の流れで定義できる。これは空間電荷の法則または、“Langmuir-Chil”の法則と呼ばれ、

以後の真空管理論の基本となった。メカニカル技術からエレクトロニクス技術への大転換である。歴史の偶然か、この転換は同じ企業GE社内で行った。

アメリカ政府は第一次大戦中の経験から、イギリス系のマルコー二社が通信を独占するのを嫌って1919年RCA社を創設する。アレクサンダーソンはRCA社の技師長として、無線、レーダー、テレビから高電圧送電まで広分野にわたって活躍した。アレクサンダーソンの残した高周波発電機は、1957年頃までハワイその他の米海軍基地でつかわれたようである。アレクサンダーソンも長命で、97歳の天寿を全うする。

<参考文献>

- (1) James Brittain, “Alexanderson”, Johns Hopkins Univ. Press, (1992)
- (2) 中部産業遺産研究会：依佐美送信所調査報告書（1996）



第2図 ラングミュアの真空管 $3/2$ 乗法則