

ヴァンデグラフ起電機

1 ヴァンデグラフとは何か

ヴァンデグラフ起電機は静電起電機の一つ。アメリカ人物理学者、R・J・ヴァン・デ・グラフにより、1929年に発明された。ローラーによってゴムベルトを回転させて電荷を運び、絶縁性の柱の上に置かれて中空の金属球に溜めていくことで、非常に高い電位差を作り出す。高圧の直流電圧を発生させることができれば、電流が低く抑えられる。高電位でも電気で絶縁するタイプの装置では、近年5MVの電位差が得られる。車上月の簡便な装置でも電位差は数百kVに達し、目に見える大電位のスパークを発生させるのに十分なエネルギーを蓄えることができる。簡便なヴァンデグラフ起電機は静電文字の教材として、またサイエンスショーや科学館での展示に用いられる。ヴァンデグラフ起電機は物理研究用の粒子加速器用の強力な電源として発明された。この種の起電機で得られる高電圧は、真空中で更原子粒子を加速させるのに有用である。

熊本県国文学館中学校 サイエンス部 ヴァンデグラフ班

ヴァンデグラフ起電機の写真（略）

2 目的

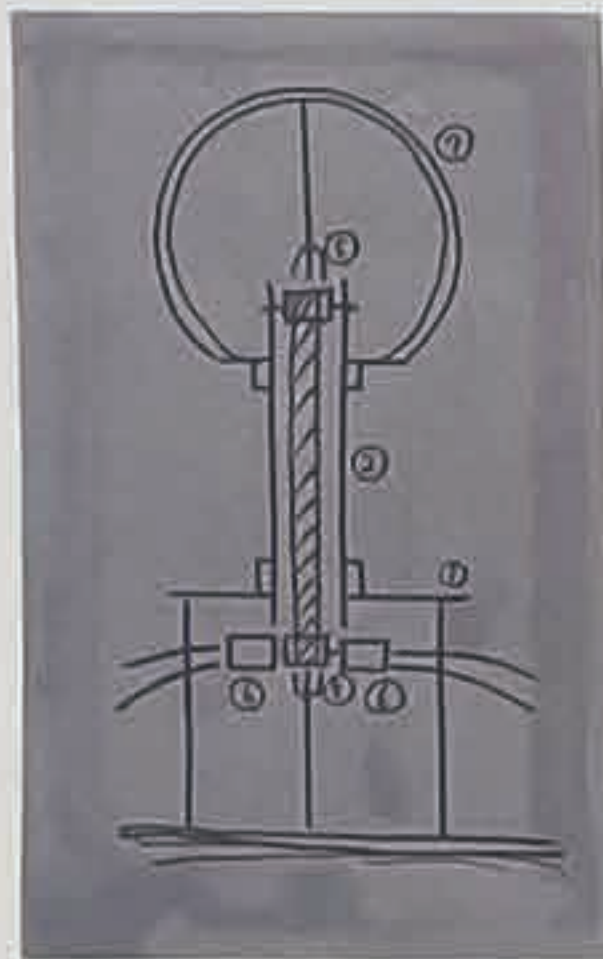
火花を飛ばし飛出し続ける放電する輝きインパクトの強さこそ、これらすべてが。そんなロマン溢れる懐古科学館として魅力を感じずにはいられない。そこで実際にヴァンデグラフを製作し、放電実験を行うことにした。
ヴァンデグラフ起電機では、理想状況において、高圧電極の中空金属球の半径が1cm増加すると約30kVの電圧上昇が見込める。単純計算して計算すると
①100Vを出し出すためには②直径7cmの金属球が必要。
③1000Vを出し出すためには④直径14cmの金属球が必要。
⑤10000Vを出し出すためには⑥直径70cmの金属球が必要である。
今回は⑥直径75.5cmの金属球を準備することが出来たため、理想状況において、約⑦23万2500Vの出力が可能である。

3 静電遮蔽

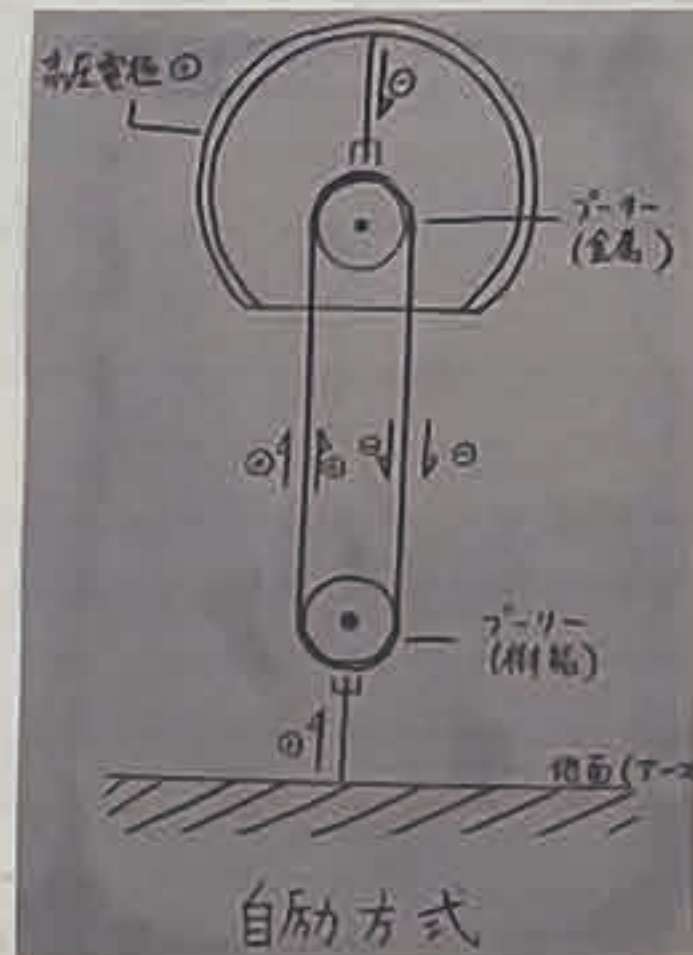
ヴァンデグラフ起電機の動作原理において、最も重要なポイントは「静電遮蔽」という現象です。金属などの導電性容器の内部では外部の影響を受けずに電界は常に0になるというものです。
【簡単に説明すると、金属容器の内部に電荷を帯びると、容器に帯びた瞬間に電荷は均一に分散し、容器の外側に移動するという話です】この時に高圧電極が充電されます。

■材料

- ① アクリル板材
- ② アクリルパイプ(直径5cm)
- ③ ゴムバンド(#60)
- ④ 樹脂アース(塩ビ製)
- ⑤ 金属アース(アルミ製)
- ⑥ モーター(マチモーター280番x2)
- ⑦ ステンレスボウルx2(直径16cm)
- ⑧ ネジ、シャフト、導線類



左図の①、②、④、⑤、⑥、⑦は、材料の番号と対応している。



自励方式とは、外部の直流電源による充電を必要としない方法のこと。

4 製作

接触帯電による自励方式のヴァンデグラフを作ります。ゴムベルトとアースの相互作用により、静電気を発生させる方法です。2つの異なる物質を接触・剥離させると、帯電のしやすさの差により、一方からもう一方へ表面の電子が移動して静電気が発生。これをモーターのカで金属容器に運び、充電します。



【全体的像】
高さ：約35cm
幅：約20cm



【下部モーター】
マチモーターの280番が2個で塩化ビニル製のアースを回転させる。ゴムベルトの剥離を防ぐために、アースの中央に突起をつけている。



【下部アース】
ゴムベルトにプラスの電荷をのせるためのもの。アルミ板を介して接地させる。



【電池】
単1電池が2個。各モーターに1個ずつついている。



【上部アース】
木製の軸にアルミ板を巻いたもの。ゴムベルトの剥離を防ぐために中央に突起をつけている。



【上部アース】
ゴムベルトにマイナスの電荷をのせるためのアース。高圧電極に接続。

5 結果

モーターは動き回っているが、発電することはできなかった。(発電を感じることができなかった)

6 考察

- 原因①：高圧電極の材質
今回の実験では、ステンレス製のボウルを使用した。ステンレスは電導性が高いとはいえない可能性がある。
 - 原因②：アースの接触の仕方
ゴムベルトに接触している上部アースと下部アースの接触面が、アースの振動により不安定なら可能性がある。
 - 原因③：湿度
湿度が高いと起電に向かない可能性がある。
 - 原因④：静電容量の不足
ゴムベルトとアースの作用による摩擦があまりなく、静電容量が不足し発電を視覚的に捉えられなかった可能性がある。
- 以上のような可能性のために、今回製作したヴァンデグラフ起電機には、静電気を発生させることができていないと考える。

7 今後の展望

6.考察で挙げたような原因を追究し、静電気を発生させるようにしたい。学校にある小型のヴァンデグラフ起電機の内部の構造を見たい。今回製作したヴァンデグラフ起電機を改良していきたいと思う。自励方式のヴァンデグラフ起電機の製作をやめた。自励方式のヴァンデグラフ起電機の製作を試してみたいと思った。目標は20万Vを目指したい。検証や仕組みはヴァンデグラフ起電機であるといえるので、部材や材質などの違いにより、発電ができていないという点にどのような関係性があるかを調査していきたい。

< 参考 >

ヴァンデグラフ起電機 - Wikipedia <https://ja.wikipedia.org/wiki/ヴァンデグラフ起電機>
静電気を発生させる - さんしゅうえんのはなび <https://www.ctv.co.jp/hapiene/program/20160116/index.html>