

---

# 小水力発電に使われている 発電機の種類について

---

小水力での種類が増えています

---

## 株式会社イズミ

---

### 目次

発電機の大まかな種類とその比較 .....	1
選定の判断基準 .....	2
誘導発電機の種類が増えています .....	2
回転体に磁石を使った蓄電池充電用発電機 .....	3
自己励磁誘導発電機 .....	4
パワーコンディショナーを使った系統連系へ .....	5

マイクロ水力発電機で系統連系に利用される発電機の形式には 誘導発電機 と称される形式が紹介されていますが、同期発電機との機能の差異を少し掘り下げ、下記に青色で追記します。

### 3.2 発電機の特徴

#### (1)同期発電機 **synchronous generator**

同期発電機は、「(1)発電機の原理」で説明した原理で電気を発生する発電機である。

同期発電機は、回転子に直流電流を流すための装置(励磁装置)が必要で、回転子の構造が複雑になり、励磁装置等の保守点検が必要となる。

同期発電機は、発電機の外部から励磁を行うため、その励磁を調整することによって発電機の電圧を調整することができ、電力会社の送配電網に接続することなく需要施設へ電力の供給(単独運用)が可能である。

電力会社の送配電線に接続する系統連系の場合は、系統側と発電機側の電圧と周波数を合せてから連系するため、系統への影響が少ないのが特徴である。しかし、誘導発電機に比べると、自ら電圧を発生させ調整するための装置(励磁装置)が必要になるためコスト増となる。

#### (2)誘導発電機 **asynchronous generator/induction generator**

誘導発電機は、同期発電機と違い、発電機の外部から回転子に直流電流を流さず、固定子のコイルに交流電流を流すことにより、電磁誘導により回転子に磁界が発生させる。そのために、励磁装置は不要で、回転子の構造も簡単なため、同期発電機に比べ保守が容易となる。したがって、電力会社の送配電線が停電した場合は、発電できなくなるため、同期発電機のように単独運用が出来ない。

しかし、固定子側に交流電流を流さなければ電圧を発生させることができないため、電力会社の送配電線に接続しなければならない。

また、送配電線に接続(系統連系)する瞬間に大きな電流(突入電流)が流れること、通常運転時にも配電線の電圧を低下させるという特徴があり、電力会社の送配電線に影響を及ぼす場合は、電圧低下防止のための設備(力率改善用コンデンサ)や突入電流を小さくする設備(限流リアクトル)を設置しなければならない。

#### (3)同期発電機と誘導発電機の比較

同期発電機と誘導発電機の特徴を表 3.3-1 に示す。

表 3.3-1 同期発電機と誘導発電機の特徴比較

項目	同期発電機	誘導発電機
回転子の構造	界磁巻線や交流励磁機(またはスリップリング)を持ち複雑な構造	かご形回転子で簡単
励磁装置	必要	不要
保守	界磁巻線や励磁装置等の保守点検を要す	構造が簡単で励磁装置もなく保守が容易
価格	誘導発電機よりは高価	安価であるが、転速機は割高
効率	良い	良いが、低速機は悪くなる。
容量	大容量機でも問題ない	大容量機は製作困難、数千kW以下が適当
並列時の同期合せ	必要	不要
並列時の突入電流	同期を合せて並列に入れるので過度電流は小さく系統の電圧降下に問題ない	強弱並列なので大きな過度電流が流れる。系統の電圧降下を抑えるためにリアクトルの必要な場合がある。
無効電力	定格力率以内は負荷に合わせて供給可能	負荷に供給できないうえに励磁電流分を系統から取り込む
単独運転	常に可能	通常できない

出典:中小水力発電ガイドブック(新訂5版)新エネルギー財団

非同期  
発電機  
とも言われる



### 3.3 発電機の選定

計画地点において、単独運用(後述、5 発生電力の利用を参照)が想定される場合は、同期発電機を選定することを基本とする。同期発電機は単独運用が可能であり、電圧・力率の調整が可能である(ただし、水車が出力調整装置付きの場合)。以下に、発電機の選定において注意すべき事項を述べる。

#### (1) 単独運用

同期発電機は、水車等の原動機による回転力を同期速度にし、直流電源より励磁を与えれば、交流電力を発生する。このため、単独運用を行う必要がある場合は、通常、同期発電機を採用する。

次頁へ

独立電源用

誘導発電機は、一般的に単独運用が不可能である。また、小容量機器においては出力側にコンデンサを設け、コンデンサによる進相自己励磁を行い、電圧を確立することにより単独運用を可能にすることができる。

#### (2) 無効電力および周波数調整義務

誘導発電機は、電圧および力率調整機能が無いため、無効電力の調整が必要な場合は、一般的に同期発電機を採用する。

以上を踏まえ、電力系統への接続の有無および経済性を考慮して最も適した発電機を選定する。

・単独運用の場合 → 同期発電機

・系統連系の場合 → 誘導発電機または同期発電機

電力会社との協議において、系統条件により、誘導発電機の使用が問題になる場合もある。その際は、上位系統への連系や、同期発電機の使用を検討する。

要点は、技術の発展により、誘導発電機は、系統連系に適する以外に、小型の場合単独運転も可能となってきた流れがあります。(単独運転=独立電源)

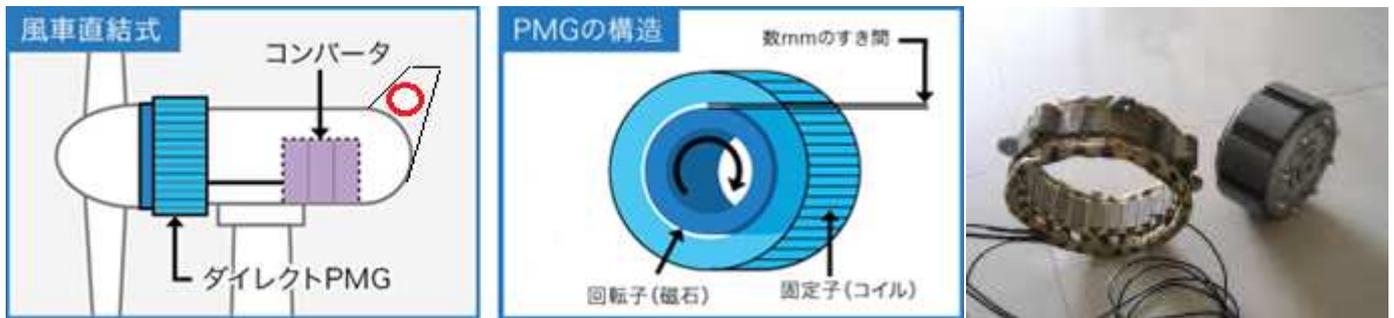
然しながら、注意しなければならないのは、ここで私たちが表現する売電用(系統連系用)非同期、or 誘導発電機、又は Asynchronous Generator の意味は、誘導**発電機**であって、誘導**モーター**(Induction **motor**)ではありません。

従って、売電用(系統連系用)は、同期であれ非同期(誘導)であれ、私共の100kW容量や500kW容量のマイクロ発電商談では、全て誘導(非同期)の単独運転不可型を意味しますが、=(系統連系)、超小型の場合(1kW~30kW程度) 誘導(非同期)でも、単独運転可能と書かれる場合もあり、その本来の意味は、独立電源を意味し、系統連系を目指していないので、解釈には注意が必要です。

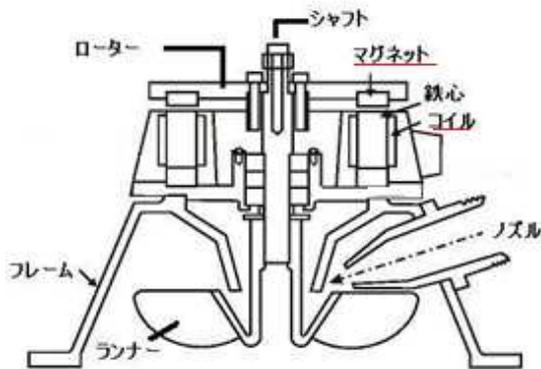
同期型とか誘導型と言われる以外に小型で便利な発電機も使われています。

**PMG型**と言われる 永久磁石を利用した物で 磁石をローター側に配置し、コイル側を、固定側に置いた、超小型の100Wから5,000W程度の発電機があります。歴史的にこれは、風力発電機の発展と共に開発され、風車プロペラの軸に磁石回転体を設け、(飛行機状の)胴体にコイルを収納

し、胴体側の結線から電気を得る工夫から発展した物で、風力発電機は殆どがこのタイプを採用しています。増速機等も必要なので実際には各社各様の方式がありますが、原理は下のイラストの通りです。



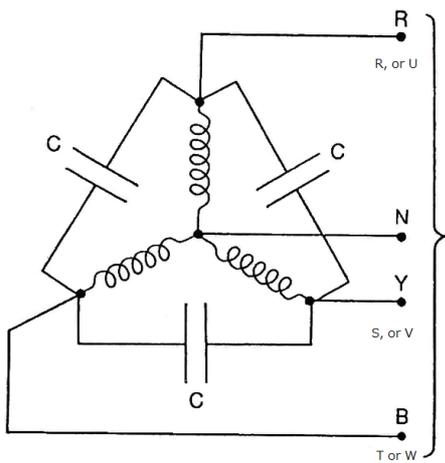
風力の場合、風の動きが不均一の為、どうしても直流で取り出し、蓄電池に貯め、利用時蓄電池から取り出す必要がありますが、水力の場合、落差と水量が固定される場合、発電電圧は安定しますので、交流単相で取り出し、(例えば 210V 50-60Hz)得られた電気を直接そのまま家庭用電気製品の作動に使うことも可能ですし、風力の場合と同様に、蓄電池充電用と使うことも可能です。マイクロ水力発電機で蓄電池充電用機種のを以下に示します。



蓄電池に貯める事は、太陽光パネルの働きと最終的には同じ事となり、最終ページで説明します、系統連系での売電の可能性の時代に発展してきました(2014年当時日本では実現されていませんが、オーストラリア、ニュージーランド、英国では認められています)。例え 5kW 程度の水力発電でも売電の可能性を秘めています。

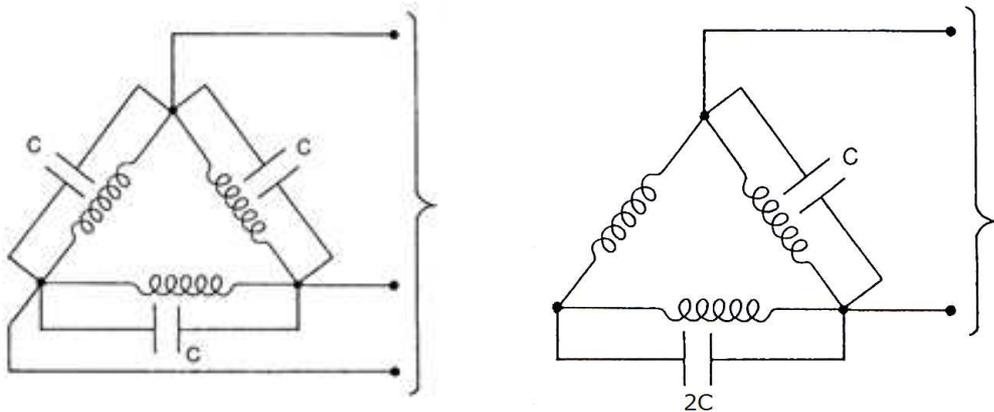
## 自己励磁誘導発電機（独立電源用）

先ず固定側のコンデンサーにご注意ください。ローター回転が、水力のタービンにより、一定回転以上に上がった時点で、この固定側コイルはコンデンサーの働きで、磁気を帯び、発電可能となり、最初は物の本によればニュージーランドで発見されたそうです。あくまで、マイクロ水力発電に使った訳で、モーターが勝手に動いて発電する訳でなく、あくまで、水車(タービン)が回転しそのエネルギーで、コイルが励磁します。コンデンサーの容量は、各発電機メーカーが決定しており、ご自分で研究なさる方には膨大な実験となるでしょう。コイル配線はスター結線、デルタ結線の二種があり、又、3相出力、単相出力が得られます。



独立電源を目的とし、出力1~5kW程度の場合、このクラスの誘導発電機自体は製造されていないので（市場が限定され需給バランスがとれない理由の為）、高性能の動力モーターを転用し、この例の様に発電機として利用されます。効率的には動力モーターより劣りますが、品質、価格には問題なく、世界的に広く普及している方法です。

上記はスター結線3相、下の図左はデルタ結線3相、右は単相となります。



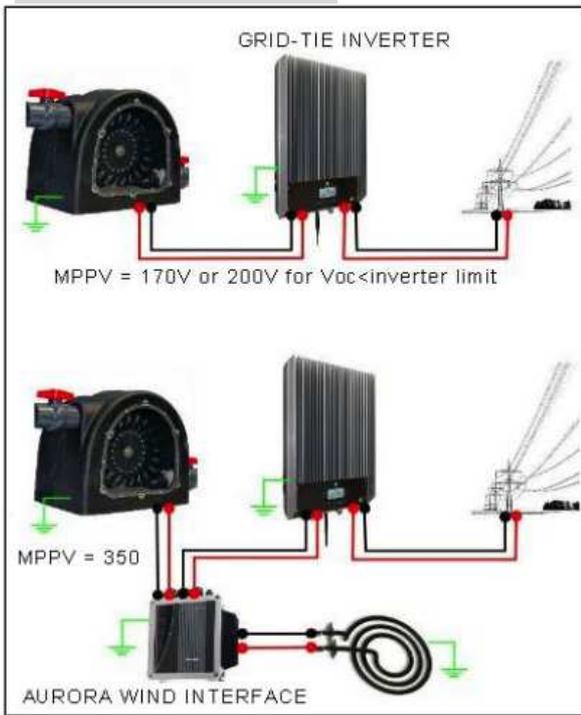
この自己励磁方式は精密な電圧制御機能及び周波数制御が無いので、周波数や電圧の変動幅の広い負荷の使用が主目的となります。（今では一般家庭電気器具の使用には差し支えませんが）

この様に、小水力発電では各種各様の発電機が利用され、系統連系用、独立電源用に利用され、高価な物から、経済的な物まで、現在では自由に選べる時代となっています。

## パワーコンディショナーを使った系統連系へ

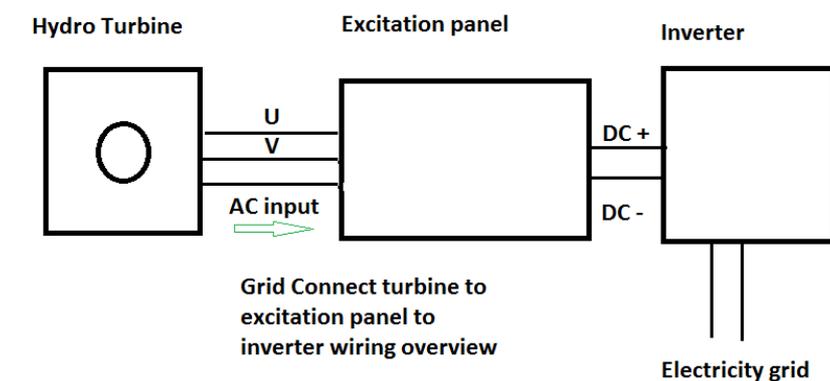
ページ③で触れました、近年の動きについて触れさせていただきます。この報告は海外の例であり、日本では未だ知らされていませんが、近い将来、そんな時代が来ると信じ、オーストラリア、ニュージーランドの例を紹介します。この二カ国は同盟国がイギリスであり、イギリスでも許可されています。

### ニュージーランドの例



ローター(回転体)に永久磁石を使った発電機を、風力用パワーコンディショナー経由で系統連系しています。発電機は1台 1.5kW でも4台並列で6kW 発電しています。

### オーストラリアの例



自己励磁発電機 6kW で系統連系。パワーコンディショナーは、風力用が承認されているそうです。