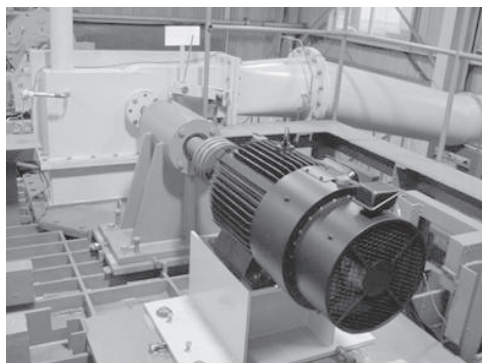


# 小水力可変速発電システム

小倉弘行 Hiroyuki Ogura  
藤盛博昭 Hiroaki Fujimori

キーワード 可変速, PMG, 高効率

## 概要



小水力可変速発電装置例

当社は、長年培ってきたパワー半導体デバイスによる電力変換・可変速技術とPMモータや風力用発電機で採用してきた永久磁石を用いた発電機の組み合わせによる可変速発電システムを構築した。

可変速発電システムは、永久磁石発電機（PMG：Permanent Magnet Generator）とコンバータの組み合わせによる可変速発電システムであり、効率運転・構成機器の省略化・メンテナンス性に優れているという特長を有しており、今後の発電システムが発展する一役を担える製品と考えられる。

小水力用可変速発電システムは、モデル試験機によるシステム検証を行い、本システムの有効性を確認し、小水力発電システムに可変速発電システムを加えて製品のラインアップを強化した。

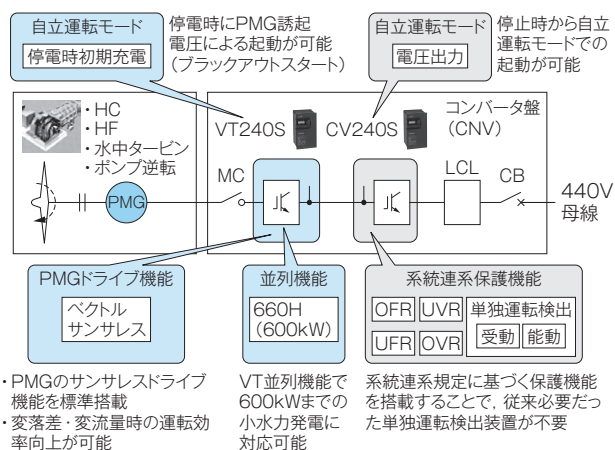
## 1 まえがき

2012年7月1日に施行された自然エネルギー（再生可能エネルギー）電気の固定買い取り制度（FIT：Feed-in Tariff）は、エネルギー自給率の向上・地球温暖化対策、更には将来の産業育成につながると期待されており、太陽光・風力・地熱・バイオマス及び水力発電の導入が進んでいる。当社は小水力発電設備用に、永久磁石式発電機（PMG：Permanent Magnet Generator）とコンバータの組み合わせによる小水力可変速発電システムをラインアップした。

本稿では、システムの構成・特長及びモデル試験機による検証を紹介する。

## 2 小水力可変速発電システムの構成・特長

第1図にシステム構成図を示す。本システム



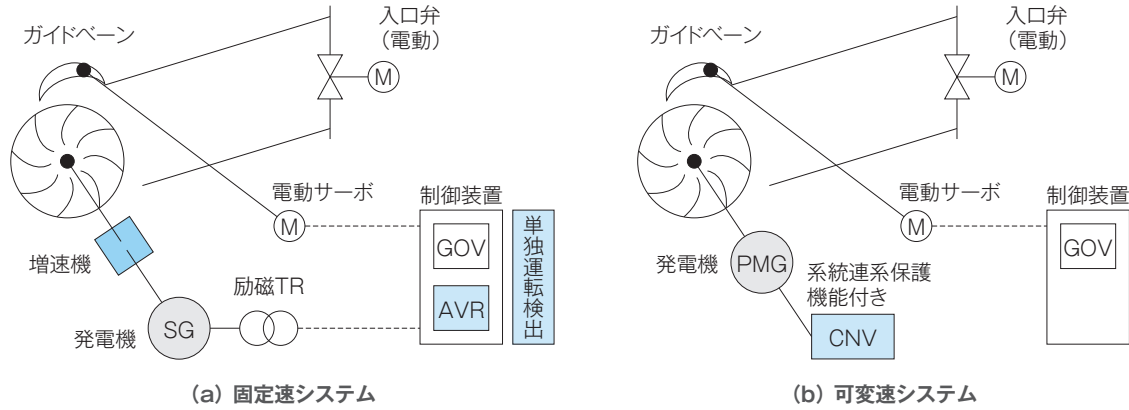
第1図 小水力可変速発電システム構成図

可変速技術を用いることで、変落差運用での効率を向上できる高機能水力発電システムである。

はPMGと当社の産業用標準交流可変速装置サイフレック THYFREC VT240S及びコンバータ THYFREC CV240Sを小水力発電用に適用しており、可変速技術とPMGを用いることで、変落差での運用時に発

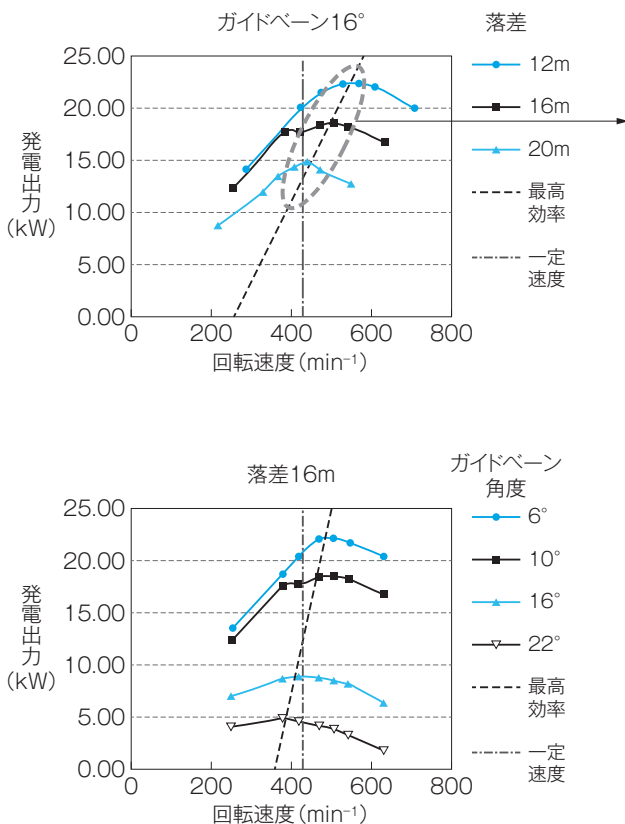
電効率の向上を図ることができる小水力発電システムである。

第2図に固定速システムと可変速システムの比較構成図を示す。本システムは、従来の固定速システ

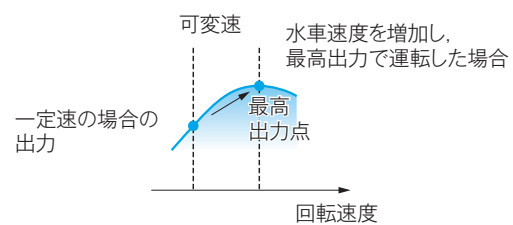


第2図 固定速システムと可変速システムの比較構成図

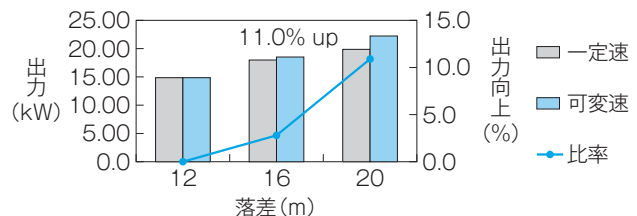
可変速システムの採用で出力を向上し、構成機器の省力化を図る。



【可変速による出力UP(クロスフロー水車での例)】  
落差が変化する場合、最高出力となる回転速度が異なる。



落差 (m)	一定速		可変速		増化比率 (%)
	速度 (min <sup>-1</sup> )	出力 (kW)	速度 (min <sup>-1</sup> )	出力 (kW)	
12	429	14.8	429	14.8	0.0
16	429	18.0	507	18.5	2.8
20	429	20.0	527	22.2	11.0



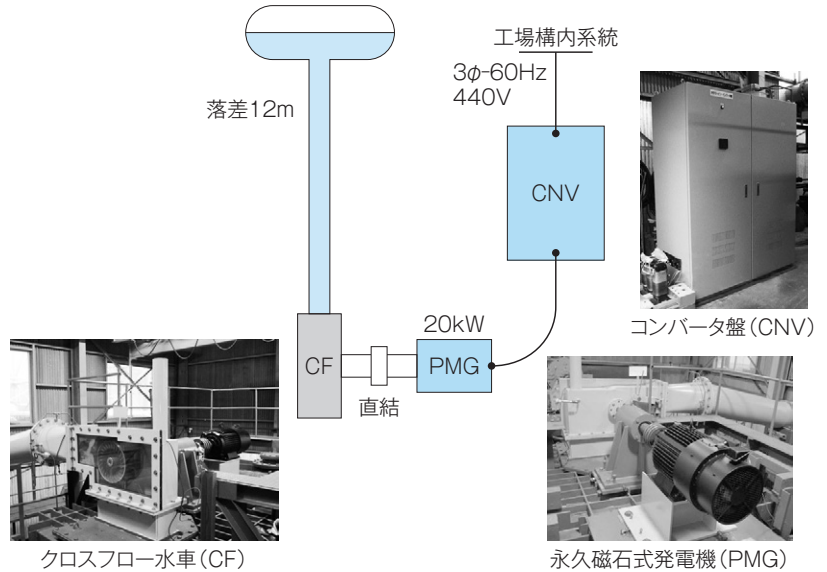
落差により最高出力の回転速度が変化する  
⇒可変速システムで最適な運転が可能  
⇒運転可能範囲が広がり、効率低下を防ぐ

第3図 20kWクロスフロー水車モデル試験機検証結果

落差が変化する場合、最高出力となる回転速度が異なる。

ムと比較して以下の特長を有している。

- (1) 変落差時における発電出力を向上できる。
- (2) 電源周波数と発電機極数に関係なく水車の回転速度を決めることができるため、発電機をギアレスで直結することで機器の省略化、メンテナンス性の向上を図れる。
- (3) 単独運転検出機能を標準搭載し、従来必要であった機器を省略できる。
- (4) コンバータによる制御を行うことで、発電機の AVR 回路を省略できる。



第4図 モデル試験機概要

20kW-PMGとクロスフロー水車の組み合わせによる試験概要を示す。

### 3 モデル試験機による検証

第3図に20kWクロスフロー水車のモデル試験機による検証結果を、第4図にモデル試験機の概要を示す。落差によって最高出力の回転速度が変化しても、最適な運転ができることを確認した。落差20mの場合、一定速度 $429\text{min}^{-1}$ で20kW出力が速度 $527\text{min}^{-1}$ に増速することで22.2kWとなり、11%の出力向上を図った。これによって運転可能範囲が広がり、発電出力の効率低下を防ぐことができることを確認した。

### 4 可変速発電システムのラインアップ

従来の小水力発電システムに可変速発電システムを加え、小水力発電システムのラインアップを強化した。

第1表にラインアップ一覧を示す。

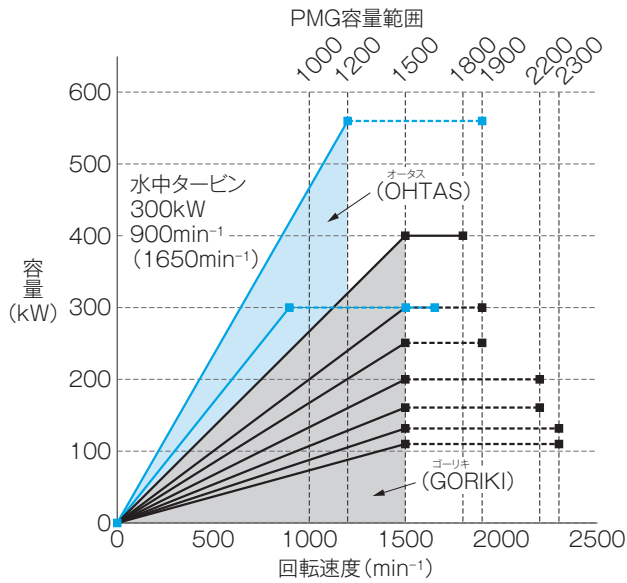
PMGの容量選定は、落差・流量によって水車仕様を選定し、発電機設計条件を導いた上で選定及び設計する。第5図に可変速発電システム用PMGの容量範囲を示す。コンバータは110kWから600kWまでの容量範囲でライ

第1表 小水力ラインアップ

可変速発電システムを加えて小水力発電システムのラインアップを強化した。

No.	水車	発電機	運転方式	システム構成	適用製品
1-1	フランシス・クロスフロー	SG	一定速		【従来製品】 単独運転検出
1-2		IG			【従来製品】 単独運転検出
2-1	フランシス・クロスフロー・ポンプ逆転	PMG	可変速		【可変速システム】 ・制御盤 ・水カコンバータ ・水カ用PMG
2-2	水中タービン	PMG			【可変速システム】 ・制御盤 ・水カコンバータ ・水中タービン用PMG

アップし、小水力発電所に合わせた容量選定ができる。第6図に可変速発電システム用コンバータのラインアップを示す。



【横軸】HF/CF用

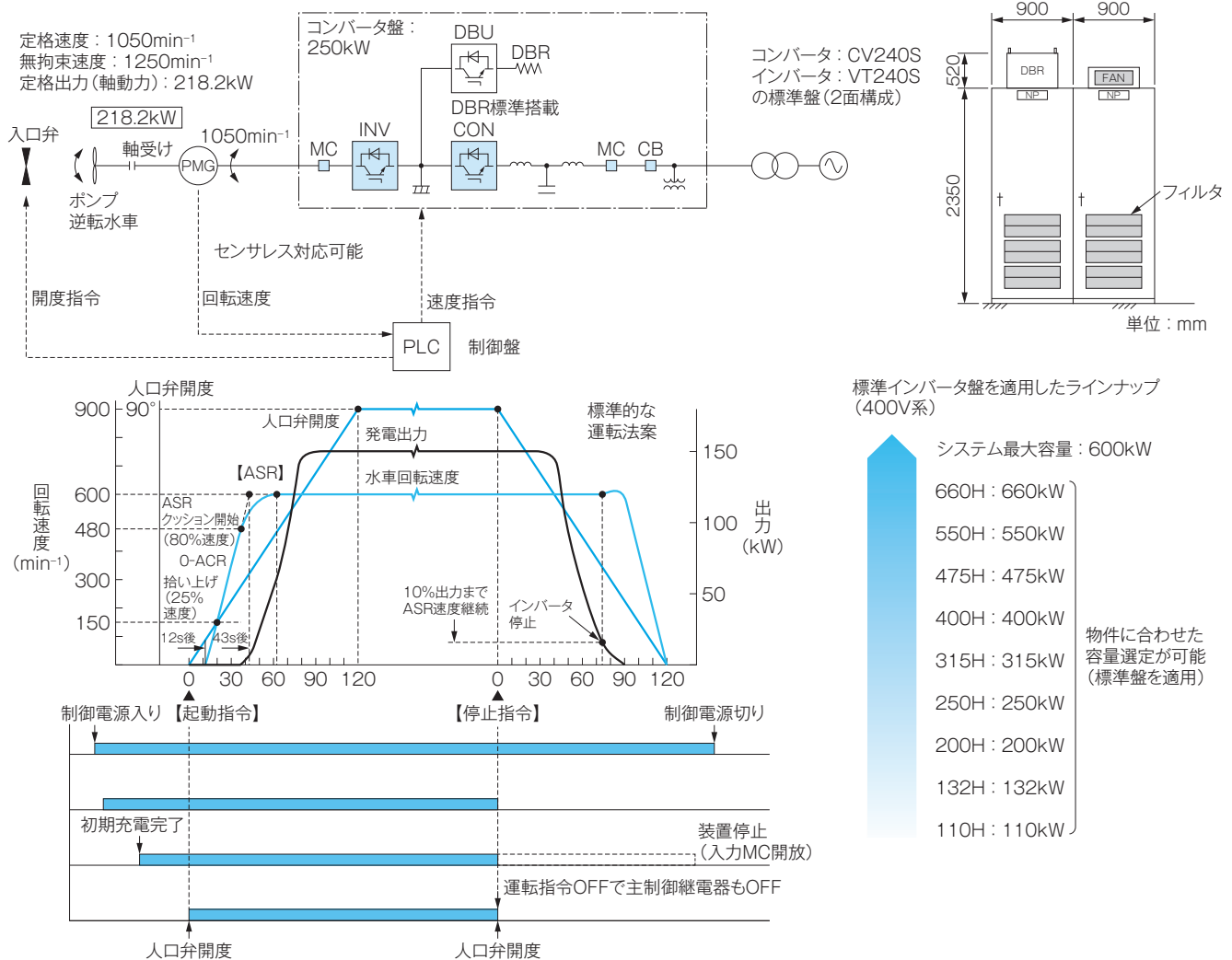
機種	容量	回転速度	無拘束
K01	110	1500	2300
K02	132	1500	2300
K03	160	1500	2300
K04	200	1500	2300
K05	250	1500	2300
K06	300	1500	2300
K07	400	1500	2300
OH1	600	1200	1900

【縦軸】水中タービン用

機種	容量	回転速度	無拘束
OHT	300	900	1650

第5図 可変速発電システム用PMGの容量範囲

落差・流量で水車仕様を選定し、発電機設計条件を導いた上で選定及び設計する。



標準インバータ盤を適用したラインナップ (400V系)

- システム最大容量：600kW
  - 660H：660kW
  - 550H：550kW
  - 475H：475kW
  - 400H：400kW
  - 315H：315kW
  - 250H：250kW
  - 200H：200kW
  - 132H：132kW
  - 110H：110kW
- 物件に合わせた容量選定が可能 (標準盤を適用)

第6図 可変速発電システム用コンバータのラインナップ

物件に合わせた容量を選定できる (標準盤を適用)。

## 5 むすび

当社でラインアップを強化した小水力可変速発電システムを紹介した。可変速発電システムは高効率の運用ができるシステムであり、自然エネルギーを最大限に有効利用できる。今後も小水力発電システムの性能向上のため、新しい技術の適用や技術の蓄積に努めていく所存である。末尾ながら、本システムのモデル試験を実施するにあたり、ご協力いただいたイーメル工業㈱の関係各位に厚く御礼を申し上げる次第である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

### 《執筆者紹介》



小倉 弘行  
Hiroyuki Ogura  
発電技術部  
発電システムのエンジニアリング業務に従事



藤盛 博昭  
Hiroaki Fujimori  
水力発電事業推進部  
水力発電システムのエンジニアリング業務に従事