

# エネルギー利用の高度化に対応する最新の 高周波電力変換回路技術

エネルギー利用の高度化に対応する最新の高周波電力変換回路技術  
調査専門委員会編

## 目 次

1. はじめに	3	5. 将来の再生可能エネルギーシステムと その双方向回路技術の動向	31
2. マルチセル回路を応用した AC/DC 変換回路技術の動向	5	5.1 はじめに	31
2.1 はじめに	5	5.2 将来の再生可能エネルギーシステム	31
2.2 並列接続方式	5	5.3 システムを構成するコンポーネンツ	31
2.3 直列接続方式	9	5.4 双方向回路技術	33
2.4 まとめ	12	5.5 まとめ	42
3. 直流電力を自在にコントロールする DC/DC 変換回路技術の動向	14	6. 電力変換回路コンポーネンツと 発電・蓄電デバイスの技術動向	44
3.1 はじめに	14	6.1 はじめに	44
3.2 高効率化技術の動向	14	6.2 発電・蓄電デバイスの 新しい技術動向と適用例	44
3.3 高性能化技術の動向	16	6.3 新材料・新構造による 半導体デバイスの技術動向と適用例	46
3.4 高信頼回路技術	19	6.4 新領域に適用する受動部品の技術動向	49
3.5 まとめ	20	6.5 まとめ	51
4. 種々の分散電源に対応する DC/AC 変換回路技術の動向	22	7. おわりに	53
4.1 はじめに	22		
4.2 回路・制御方式	22		
4.3 並列運転する場合の制御方式	25		
4.4 高周波インバータ	28		
4.5 まとめ	29		

# エネルギー利用の高度化に対応する最新の高周波電力 変換回路技術調査専門委員会委員

委員長	勝嶋 肇(三社電機イースタン)	委員	中岡 睦雄(マラヤ大学)
幹事	西田 保幸(千葉工業大学)		西村 和則(広島工業大学)
	橋 秀久(三社電機製作所)		服部 将之(ダイヘン)
幹事補佐	川端 龍哉(三社電機製作所)		早川 潔(大阪府立大学工業高等専門学校)
委員	安部 征哉(九州工業大学)		平木 英治(岡山大学)
	石川 裕記(岐阜大学)		平地 克也(国立舞鶴工業高等専門学校)
	入江 寿一(大阪電気通信大学名誉教授)		北條 昌秀(徳島大学)
	宇敷 修一(オリジン電気)		堀 恵輔(G S ユアサ)
	江口 政樹(シャープ)		栢川 重男(東京電機大学)
	大森 英樹(大阪工業大学)		松井 景樹(中部大学名誉教授)
	笠 展幸(岡山理科大学)		三浦 友史(大阪大学)
	木船 弘康(東京海洋大学)		三島 智和(神戸大学)
	栗尾 信広(日新電機)		南 政孝(神戸市立工業高等専門学校)
	近藤 亮太(三菱電機)		守屋 一成(豊田中央研究所)
	斉藤 亮治		山村 直紀(三重大学)
	佐藤 宣夫(千葉工業大学)		吉澤 仁(パナソニック)
	庄司 浩幸(日立製作所)		米森 秀登(神戸大学)
	谷口 勝則(大阪工業大学名誉教授)	途中退任委員	竹島 由浩(三菱電機)
	玉田 俊介(東芝)		養輪 義文(日新電機)
	津野 眞仁(ニチコン)	主な協力者	高田 知明(三社電機製作所)
	弦田 幸憲(横浜国立大学)		道平 雅一(神戸市立工業高等専門学校)
	寺園 勝志(安川電機)		

# 1. はじめに

2015年に国連気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)が開催されパリ協定が採択される等、地球温暖化を抑制する低炭素社会の実現は途上国を含めた全世界の大きな課題であり、我が国でも様々な取り組みが行われている。

図1.1<sup>(1)</sup>は、再生可能エネルギー発電設備の導入状況を示している。太陽光発電や風力、中小水力などの自然エネルギーを利用する発電が普及し、特に固定価格買取制度導入後の約3年間では、約2500万kW以上の発電設備が増加している。特に太陽光(非住宅)の増加が著しい。更に水素社会の実現に向けた取り組みも行われており、温室効果ガスを排出しない水素燃料電池を搭載した自動車の普及に向け水素ステーションの整備も着々と進められている。図1.2<sup>(2)</sup>は、資源エネルギー庁が発表している水素燃料電池車の普及台数目標である。2020年の東京オリンピックを契機に今後10~15年後に大きく普及する目標となっている。また、近年実用化された取り組みでは海洋温度差発電 OTEC(Ocean Thermal Energy Conversion)が注目されている。図1.3<sup>(3)</sup>は、沖縄県で実施されている OTEC の実証プロジェクトの現況を示し、発電した電力は系統連系されている。今後も新エネルギーの活用に向けた取り組みは継続されるものと考えられ、新しい発電方式の開発や発電効率の向上など更なる進歩が期待される。一方、系統安定化の観点から、連系インバータの FRT(Fault Ride Through)要件の付加をはじめ、太陽光発電所に義務付けられた出力抑制、蓄電池の併設による電力の平準化など、系統負荷への配慮によって再生可能エネルギー利用の普及を助けることが課題となっている。また、地産地消型の電力利用を目的として電力の分散化、マイクログリッドの導入、新しい電力システムの考え方としてネガワット、VPP(Virtual Power Plant)、インバータの群制御などの研究も盛んである。

再生可能エネルギー発電設備の種類	設備導入量 (運転を開始したもの)					制度開始後合計
	固定価格買取制度導入前 平成24年6月末までの累積導入量	平成24年度の導入量 (7月~2月期)	平成25年度の導入量	平成26年度の導入量	平成27年度の導入量 (4月~11月期)	
太陽光(住宅)	約470万kW	96.9万kW	130.7万kW	82.1万kW	57.1万kW	366.8万kW (826,337件)
太陽光(非住宅)	約90万kW	70.4万kW	573.5万kW	857.2万kW	573.3万kW	2074.4万kW (3,635,533件)
風力	約260万kW	6.3万kW	4.7万kW	22.1万kW	5.0万kW	38.1万kW (83件)
地熱	約50万kW	0.1万kW	0万kW	0.4万kW	0.4万kW	0.9万kW (18件)
中小水力	約960万kW	0.2万kW	0.4万kW	8.3万kW	4.5万kW	13.4万kW (159件)
バイオマス	約230万kW	1.7万kW	4.9万kW	15.8万kW	20.5万kW	42.9万kW (132件)
合計	約2,060万kW	175.6万kW	714.2万kW	986.0万kW	680.8万kW	2536.5万kW (1,190,262件)

図 1.1 2015 年度における再生可能エネルギー発電設備の導入状況(2015年11月末時点)<sup>(1)</sup>

Fig.1.1. Introduction status of facilities generating renewable energy as of November 30, 2015

出典：資源エネルギー庁「エネルギー白書2016」(図【第331-2-1】)

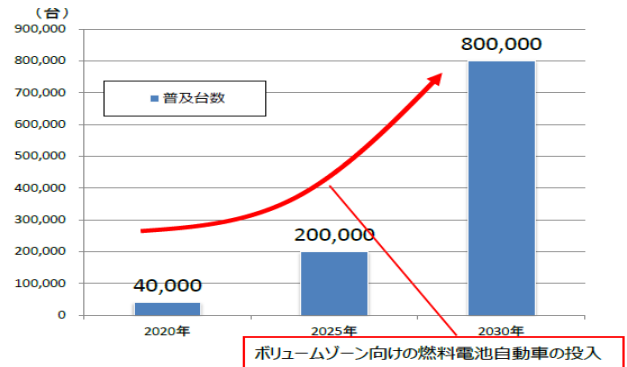


図 1.2 水素燃料電池自動車の普及台数目標<sup>(2)</sup>

Fig.1.2. Target number of hydrogen fuel cell vehicles

出典：経済産業省 燃料電池自動車等の普及促進に係る自治体連携会議(第2回)「資料1 水素・燃料電池戦略ロードマップ改訂のポイント」pp.13



図 1.3 沖縄県の海洋温度差発電実証プロジェクトの現況<sup>(3)</sup>

Fig.1.3. Photograph of OTEC plant in Okinawa

このような背景からエネルギー利用の高度化は今後もますます必要性が増し、発電や蓄電に係る技術のみならず、これらを支える半導体電力変換技術の役割はますます重要になると言えよう。

本技術報告書は、上述した半導体電力変換技術のうち特に高周波スイッチングを用いた電力変換技術にスポットをあて、その技術動向をまとめたものである。この内容は、2015年5月に設置した「エネルギー利用の高度化に対応する最新の高周波電力変換技術調査専門委員会」の2年間にわたる調査結果による。

電気学会では2008年に「地球環境問題に対応する最新のパワー半導体スイッチング回路技術調査専門委員会」、2011年には「エネルギー問題に対応する最新の高周波電力変換技術調査専門委員会」を設置し地球環境問題や低炭素社会に向けたエネルギー問題に対応するスイッチング回路を基本とする高周波電力変換技術について調査を進めてきた。本調査専門委員会はこれに続く活動となっている。

調査の方法としては、回路技術を AC/DC 変換、DC/DC 変換、DC/AC 変換、双方向回路に大別し、それぞれの変換方式について文献を調査し分類してまとめた。主に新エネル