

【課題名】再エネ導入を加速するデジタルグリッドルータ(DGR)及び電力融通決済システムの開発・実証(委託)

【代表者】デジタルグリッド株式会社 越村 吉隆

【実施予定年度】平成29～31年度

(1)課題概要

①【課題の概要・目的】

本技術開発で取り扱うデジタルグリッドルータ(DGR)は、電力系統と非同期連系することにより、系統と接続しつつも同期制約から解放されるマイクログリッドを構築するものである。従来は大型で高コストであったDGRを小型化・汎用化された電子回路基板で構成し、低コスト化を達成する。関連する重点課題は、「③-1 再生可能エネルギー発電・熱利用設備の年間発電・熱利用量を10%程度以上増加させる技術の開発・実証」である。

②【技術開発の内容】

○重要な開発要素

A1.【家庭向け単相DGRシステム開発】

PV、蓄電池や系統の電力を制御し、電力融通を行い、10kW多用途型、20kW単用途型を同一の汎用化された電子回路基板で構成することで小型化することに成功。小型・大容量を目指した実用化レベルに2023年程度に到達の見込み。

A2.【DGCユニット開発】

DGCに電力融通決済ソフトウェアを格納することで電力取引を行った。送受電電力データを取得し、DGCとブロックチェーンで管理。実証期間中、必要な機器を設置しブロックチェーンによる仮想的な電力取引を実現した。技術的には完成。

A3.【電力融通決済ソフトウェアの開発】

電力の購入者・販売者の売買を入札ポリシーにしたがって自動で決済を行う。課題はセキュリティだが、セキュリティの強化の為、ブロックチェーン技術を用いた電力融通決済システムを開発した。技術的には完成。

B. 開発要素のシステム統合と、C. その実証

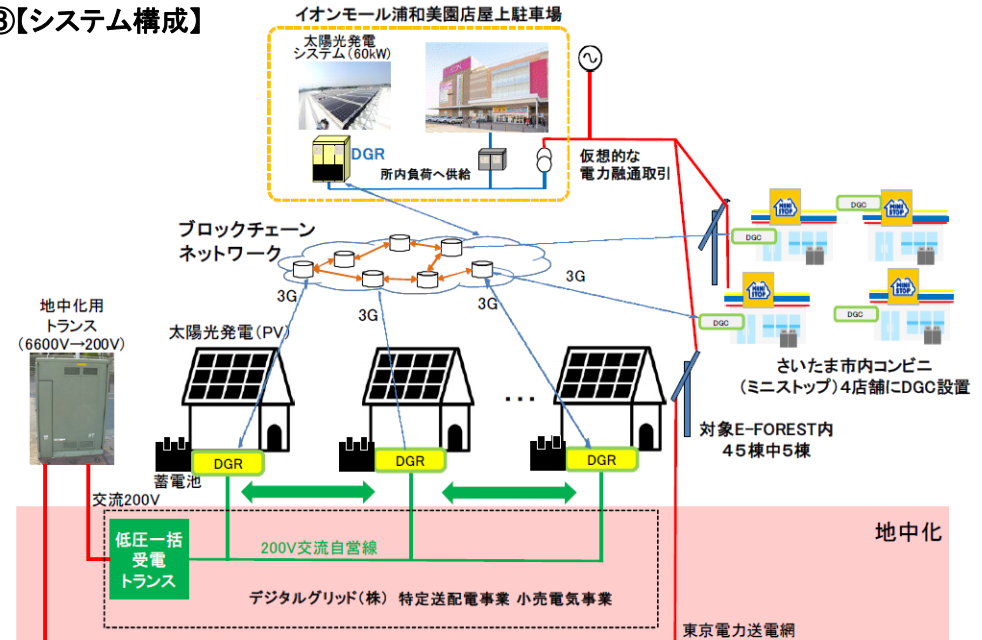
・システム統合における主要課題：系統接続に向けた評価、系統連系協議、法対応

2018年度の開発において、系統接続に向けた評価を行うべく、電力会社を交えた評価体制を構築するとともに、経済産業省、資源エネルギー庁の関連部署との密な相談・調整を行った結果、東電PGから低圧一括受電を受けることとなり、200/100V交流配電線と直流自営線の両方を保有する登録特定送配電事業者としてエネ庁に登録した。

・実証における主要課題：ビジネススキーム構築、適切な需要家選定

⇒(対応策)ビジネススキームについては、関係各社とのビジネスモデル構築の議論を密に行うとともに、本実証における需要家選定にあたって、住宅メーカー等、将来の需要家と関係しうる主体との導入に向けた調整を行っている。

③【システム構成】



- ・自営線を用いて戸建間(スマート街区)で電力融通。
- ・戸建のPV余剰電力を他の商業施設などへ共有
- ・大型商業施設より、戸建住宅へ電力供給
- ・全ての電力データ及び、指示はブロックチェーン上でスマートコントラクト処理
- ・電力量をポイント化し地域活性化利用
- ・需要と供給元を特定し送電を行う系統負担が僅少なシステム
- ・再生エネルギー活用拡大システム

④【技術開発の目標・リスク】

○想定ユーザ・利用価値：想定するユーザは家庭、業務系における主にPV等の分散電源を設置する需要家、もしくはそれらの電力を利用しようとする需要家で、利用価値は、FIT終了後の再エネの販売最適化ならびに無停電化の訴求である。

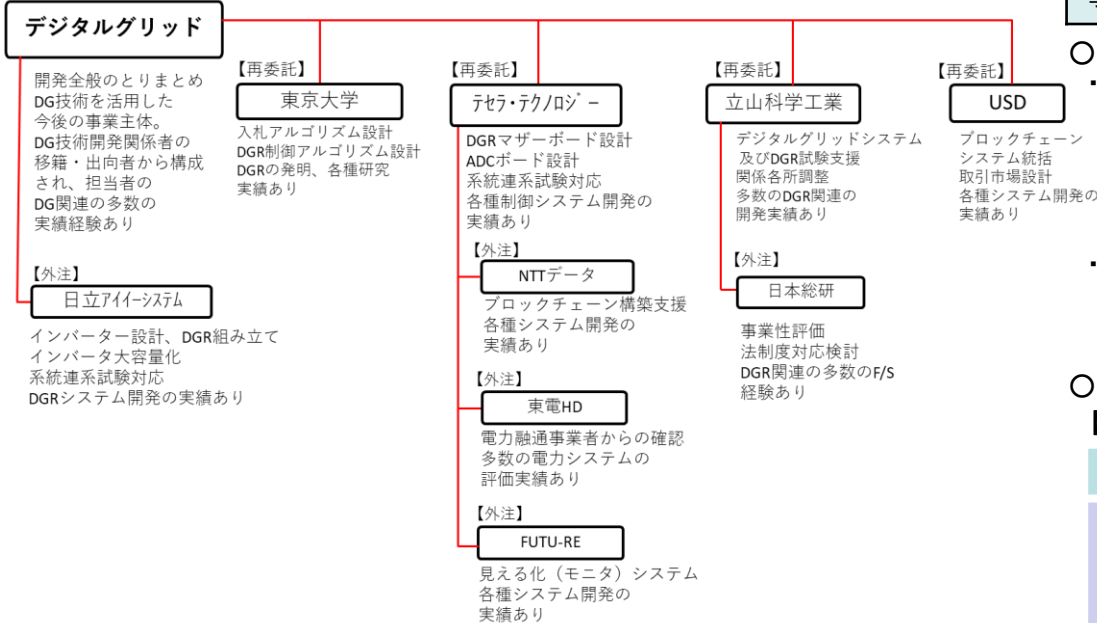
○目標となる仕様及び性能：従来品は効率は84%程度、大きさは冷蔵庫大だったが、本開発品は効率90%以上、大きさ1/2程度を目指す。最終的には、左記仕様目標及び安全性を確保し、電力融通決済ソフトウェアを搭載し、家庭及び商業施設等の実際の環境へ導入する。

○開発工程のリスク・対応策：強電を扱うので感電や漏電、火災などの可能性は常にある。これを最小限に抑えるように二重三重の保護を考える必要がある。

(2)実施計画等

①実施体制

【代表実施者】



②実施スケジュール

	H29年度				H30年度				H31年度			
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
A1. 家庭向け単相DGRシステム開発	1次試作開発 → 100,419千円				2次試作開発 → 73,564千円				実証中の保守 →			
A2. DGCユニット開発	1次試作開発 → 16,392千円				2次試作開発 → 31,402千円				実証中の保守 →			
A3. 電力融通決済ソフトウェアの開発	1次試作開発 → 35,265千円				2次試作開発 → 57,451千円				実証中の保守 →			
A4. 商業施設向け三相DGRシステム開発	1次試作開発 → 58,202千円				2次試作開発 → 52,772千円				実証中の保守 →			
B. 統合システムの最適化	13,985千円				系統連系試験 → 67,944千円							
C. 実証	0千円				実証機製造導入 → DGCのみ先行実証試験 → 65,977千円				実証試験 → 65,800千円			
合計	224,263千円 (実績見込：約210,000千円)				346,110千円				65,800千円			

③【事業化・普及の見込み】

○事業化計画

事業化を担う主たる事業者	デジタルグリッド株式会社
--------------	--------------

○事業展開の見込み

- ・DGRについては、
 - ・2022年度には、本実証成果を踏まえ他のマイクログリッド実証案件にて導入。
 - ・太陽光発電システムメーカーと連携し、太陽光発電新規導入世帯に展開を狙う。またトランスメーカーとも連携し、配電網のセルグリッド化を目指し、マイクログリッド導入箇所にDGRを複数台並列させる形で導入を目指す。まちづくりの一環で地域マイクログリッド導入を目指すゼネコン等とも連携。
- ・DGCについては、
 - ・DGRに組み込む形で拡販。また、非FIT-PV電源の発電量予測のためにDGRを使わない箇所でも設置を推進。
 - ・量産により、販売コストは数年以内に2万円/台を実現。

○年度別販売見込み

【提案時当初計画】 ※実施期間中における分科会等で計画変更が認められた場合等はその設定値

	年度	2020	2025	2030
DGR	目標販売台数(台/年)	40	1,940	21,440
	目標販売台数(累積台)	50	3,500	60,000
	目標販売価格(円/kW)	10万円	3万円	2.5万円
DGC	目標販売台数(台/年)	1,290	8,710	35,110
	目標販売台数(累積台)	1,500	30,000	100,000
	目標販売価格(円/台)	3万円	2万円	1.5万円

【現時点見込み】

	年度	2020	2022	2030	2050
DGR	目標販売台数(台/年)	0	30	73,000	300,000
	目標販売台数(累積台)	8	38	220,000	4,000,000
	目標販売価格(円/kW)	25万円	20万円	2万円	1.3万円
DGC	目標販売台数(台/年)	50	300	80,000	350,000
	目標販売台数(累積台)	100	500	250,000	5,000,000
	目標販売価格(円/台)	3万円	2.5万円	1.5万円	0.5万円

○普及におけるリスク(課題・障害)

- ・量産体制の構築
- ・太陽光発電システム会社、トランスメーカー、地域マイクログリッドプロジェクト実施者(ゼネコン等)との連携をいかに実現させるか

(3)技術開発成果

①【これまでの成果】

本実証の目的であった、家庭向け単相DGRシステム開発/商業施設向け三相DGRシステム開発/入札指示を行うDGC開発/これらの機器と連携したブロックチェーンを活用した電力融通決済ソフトウェアの開発は無事終了し、それらを活用した融通実証も一部の通信エラートラブルなどを除き完遂することができた。今後は具体的なビジネスでの実装に向けて、マイクログリッド事業などを推進する意思を持つ事業主体と連携した具体的なビジネス推進を通じて、ビジネスモデルの構築を行うと共に、複数並列連携による大容量化や、いっそうの小型化・低コスト化を推進していくことが大切である。

②【エネルギー起源CO2削減効果】

【提案時当初計画】 ※実施期間中における分科会等で計画変更が認められた場合等はその設定値

開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO2削減量(t-CO2/台・年)	2.2t-CO2/台・年
開発品(装置/システム)の法定耐用年数	10年

年度	2020	2025	2030	2050
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)	0.3	1.9	7.7	提案時記載なし
累積CO2削減量(万t-CO2)	0.4	5.7	30.1	
CO2削減コスト(円/t-CO2)	提案時記載なし	16,600	3,100	

【現時点見込み】

開発品(装置/システム)1台当たりの単年度CO2削減量(t-CO2/台・年)	1.75t-CO2/台・年
開発品(装置/システム)の法定耐用年数	10年

年度	2020	2022	2030	2050
単年度CO2削減量(万t-CO2/年)	0.0014	0.0053	12.8	52.5
累積CO2削減量(万t-CO2)	0.0014	0.0067	38.5	700
CO2削減コスト(円/t-CO2)	71,400	57,100	5,700	3,600

現時点見込みの年次は固定

③【成果発表状況】

- 論文(タイトル「MPPT and SPPT control for PV-connected inverters using digital adaptive hysteresis current control」発表者T Nguyen-Van, R Abe, K Tanaka: Energies 11 (8), 2015)
- 学会発表(2019 IEEE International Conference on Consumer Electronics-Taiwan (ICCE-TW), 1-2)(2019/5/20)「An Electrical Accommodation in Digital Grid System Using DC Sub-grid」発表者T Nguyen-Van, R Abe, K Tanaka
- 令和2年版 環境・循環型社会・生物多様性白書P.45~46に本実証の取組紹介
- 日経XTECH「デジタルグリッドルーター」で太陽光の電力を融通」Webサイト紹介(2019.02.26)

④【技術開発終了後の事業展開】

○量産化・販売計画

- 2022年に、現在進行中のマイクログリッド計画策定案件にて設備導入
- 2024年までに、量産体制を確立。同時にウィークグリッドエリアを中心とする海外展開も図り普及拡大を目指す。
- その後は、量産効果によるコスト削減を図りつつ、PVパワコンメーカー、トランスメーカーなどとも連携し、さらにマイクログリッドをまちづくりの一環として導入を目指すゼネコン等とも連携しながらプロジェクト組成を行い、システム普及拡大を目指す。2030年には、現在のパワコンの単価と比べても遜色のないレベルまでコスト低減。
- 全国の再エネ導入率が系統限界(30%)を超える2035年頃には、再エネ導入に当たり現在のパワコンと同様の必須の機器として配電網における標準的な位置づけとなる。

○事業拡大シナリオ

年度	2022	2024	2030	2035 (最終目標)
マイクログリッド案件に設備導入	→			
量産体制確立		→		
海外への事業展開			→	
PVパワコンメーカー・トランスメーカー・ゼネコン等との連携			→	
配電網上の標準的な位置づけ確立				→

○シナリオ実現上の課題

- 事業化に向けたマイクログリッドへの導入に向けた技術・ビジネスモデル検討
- 低コスト化のためのシステムの軽量・小型化のための技術開発
- 販売網拡大のためのパワコン・トランスメーカー等との連携強化
- 海外への事業展開に向けた海外動向調査
- 配電網ライセンス等のマイクログリッド運営に向けた規制緩和 等

○参考資料1 CO2削減効果について

	2020年度	2022年度	2030年度	2050年度
国内潜在市場規模 (台/年) ※1	家庭PV向け:300,000 (富士経済) トランス向け:57,000× 並列20台(富士経済) 合計 1,440,000	家庭PV向け:290,000 (富士経済2020年、2025年 予測をもとに推測) トランス向け:57,500× 並列20台 (富士経済2020年、2025年 予測をもとに推測) 合計 1,440,000	家庭PV向け:265,000 (富士経済) トランス向け:60,000× 並列20台 (富士経済2025年予測をもと に推測) 合計 1,465,000	家庭PV:500,000 (2050年時点で全国世帯数 5000万としその5割が戸建住 宅と想定。さらに4割にPVが設 置されるとし、20年で普及する として20年で割った数値) トランス:50,000×並列20台 (人口減でのインフラ規模縮小 を鑑み2030年より縮小) 合計 1,500,000
販売実績/想定される 最大普及量(台/年)	8 (実証地点での実績値)	30 (現在計画策定中の プロジェクトでの導入見込)	73,000 (シェア約5%)	300,000 (シェア約20%)
累積台数(台)※2	8	38	約220,000	約4,000,000
想定販売価格 ※3	250,000円/kW (実績)	200,000円/kW (まだ非量産体制・見込)	約20,000円/kW (量産体制・習熟度効果)	約13,000円/kW (習熟度効果)
1台あたりの CO2削減量	家庭向け5kWのPVが設置されると想定し、DGRがなければ配電網での不安定な再エネ割合30%に留まるところ、DGRが全てに広まれば100%にできることを踏まえ、差分の70%の設置効果があると想定。PV出力5kW×PV年間発電量1,000kWh/kW・年×0.7×系統電力CO2排出係数約0.5=1.75-CO2トン/年・台。法定耐用年数10年として製品1台あたりは17.5-CO2トン/台。			
累積CO2削減量※4	14トン	67トン	385,000トン	7,000,000トン
CO2削減コスト※5	71,400円/CO2トン	57,100円/CO2トン	5,700円/CO2トン	3,600円/CO2トン

※1 家庭レベルのPVにパワコン代替として設置するとともに、セルグリッド化する配電網のトランス箇所に、20kWレベルDGRを並列設置させることを想定。
並列規模は箇所に抛り異なるが平均20個と想定。

※2 2024年度から500台/年で量産スタートと仮定。2030年度の数値、2050年度の数値をもとに、間の年度では比例で増加すると想定して数値を設定、累積の計算を行った。

※3 2024年度の500台/年の際に10万円/kWと想定。その後は、2024年度に比較して累積台数に応じて、生産台数が2倍になるごとに単価が2割下がる習熟度曲線を想定。

※4 1台あたりのCO2削減量×当該年度までの累積台数

※5 当該年度の想定販売製品価格(想定単価×1台あたりの想定kW)÷1台あたりのCO2削減量(17.5トン-CO2)

○参考資料2 事業化計画について

3ページに記した事業拡大シナリオ

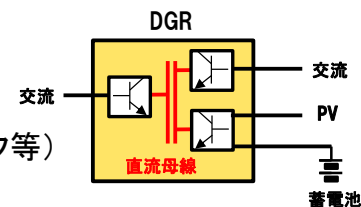
年度	2022	2024	2030	2035 (最終目標)
マイクログリッド案件に設備導入	→			
量産体制確立		→		
海外への事業展開			→	
PVパワコンメーカー・トランスメーカー・ゼネコン等との連携			→	
配電網上の標準的な位置づけ確立				→

3ページに記した事業拡大シナリオにおいて、まず初動において大切になるのは、DGRが適用できるプロジェクト事業を見出し、ビジネスモデルと、DGRの強みを発揮できるシステムパターンを確立することである。現在、株式会社大林組が「令和2年度 地域の系統線を活用したエネルギー面的利用事業費補助金（地域マイクログリッド構築支援事業のうち、マスタープラン作成事業）」に対して提案した「那須塩原市塩原温泉における地域マイクログリッド構築に向けたマスタープラン作成事業」が採択され、そのシステムの中核としてDGRの活用検討を進めている。そこでは、2022年度に導入が検討されている配電ライセンス制度の活用も見据え、システム面だけでなく事業採算性も踏まえたビジネスモデルの構築も併せて行っている。

本モデルでは、下記に示したPVを中心とする再エネ電源、蓄電池、配電網をセットしたDGRシステムを、従来電力系統と再エネ電源を制限なく導入させるセルグリッドの間に設置させて非同期連系を行い、配電網側を自立した配電網とし、配電ライセンスを取得した事業者が事業運営を行うモデルを模索している。この事業運営を行う事業者は、ゼネコンのような資本力と事業意欲のある主体と、地元の自治体の共同出資によるSPCが担うことが想定され、その通常時・非常時におけるビジネス運営のあり方のF/Sを行っているところである。

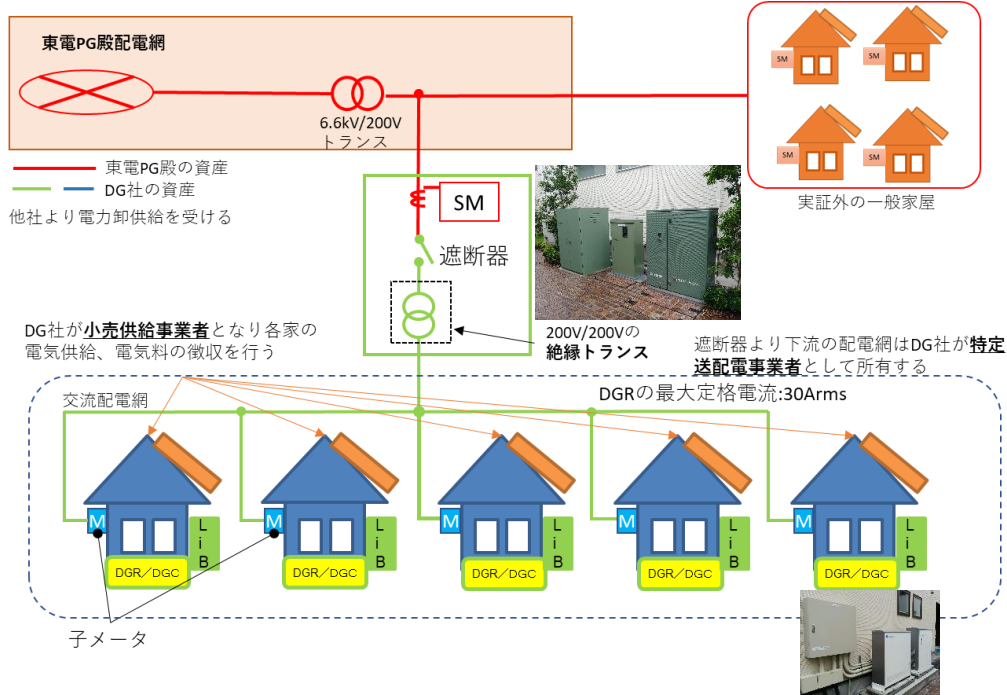
本事業の検討、ならびに来年度以降での具体的推進を皮切りに、全国に同モデルの水平展開を図りつつ、同時にアフリカ・東南アジア等のウィークグリッドエリアを中心とした海外展開も通じてDGRの需要を喚起し、2024年頃の量産体制の確立を目指したいと考えている。

なお、DGRの開発ならびにプロジェクトの推進を行うための事業会社（株）DGパワーシステム、（株）DGネットワーク等をDGR発明者の阿部力也が中心となって設立した。これらの事業会社により、さらに事業を加速していきたいと考えている。

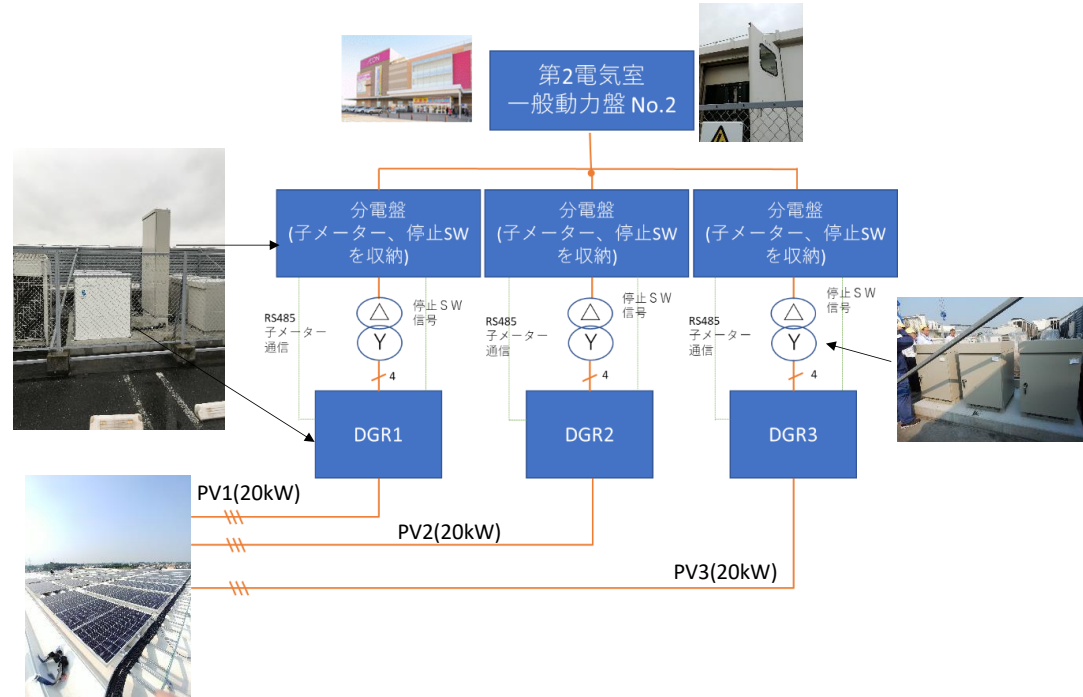


○参考資料3 その他 (1/3) 機器設置状況

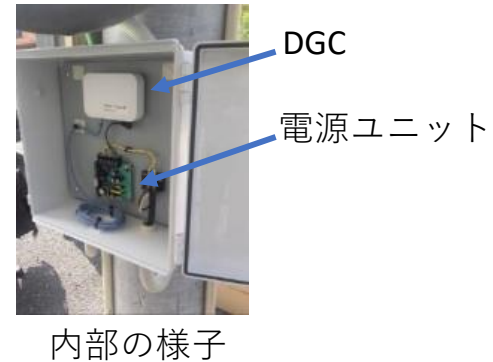
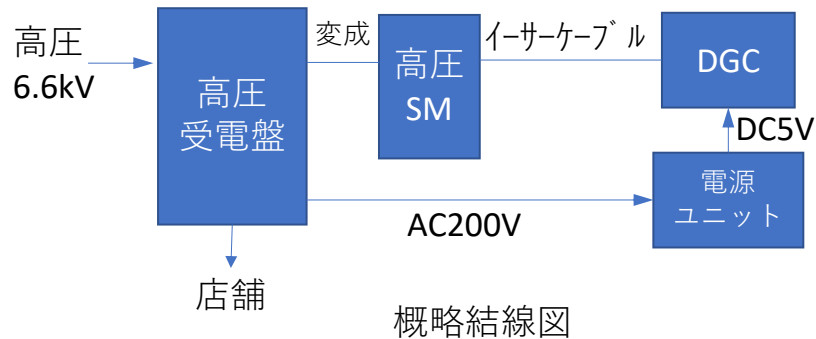
住宅街区におけるDGR設置状況



ショッピングモールにおけるDGR設置状況



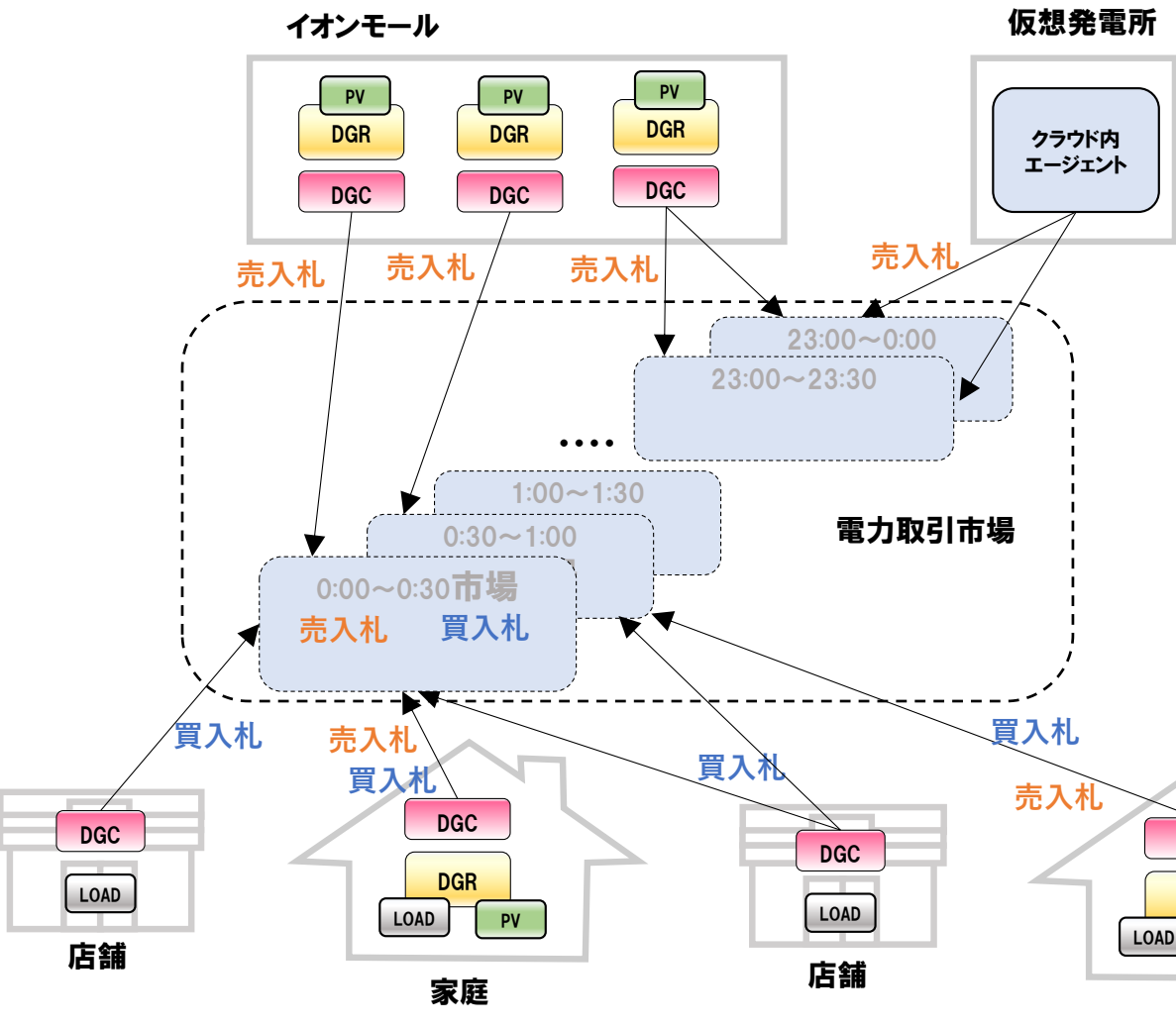
コンビニにおけるDGC設置状況



○参考資料3 その他(2/3) 電力取引市場の概略

30分単位でのブロックチェーンを活用した電力仮想取引市場のしくみ

家庭においては、発電と需要の予測から、SOCを予測し、売買入札を行う。



入札条件設定パラメータ

項目	設定値	単位ほか
売買価格差分目標	8	¥/kWh
ペナルティ	50	¥/kWh
目標購入金額	25	¥/kWh
目標販売金額	30	¥/kWh
SOC上限目標	90%	
SOC下限目標	20%	
SOC適正目標	50%	
売買積極性	50%	
		系統託送料金(従量分) 10 ¥/kWh
		自営線託送料金(従量分) 1 ¥/kWh
		非化石価値 2 ¥/kWh

イオンモールにおいては、発電量を予測し、その発生確率に合わせて価格を設定、売買入札を行う。

入札条件設定パラメータ

項目	設定値	単位ほか
目標販売金額	30	¥/kWh
ペナルティ	50	¥/kWh
売買積極性	50%	50%が通常、販売量の積極性(多⇔少)
早期確定度12	30%	
早期確定度4	50%	
		非化石価値 0.5

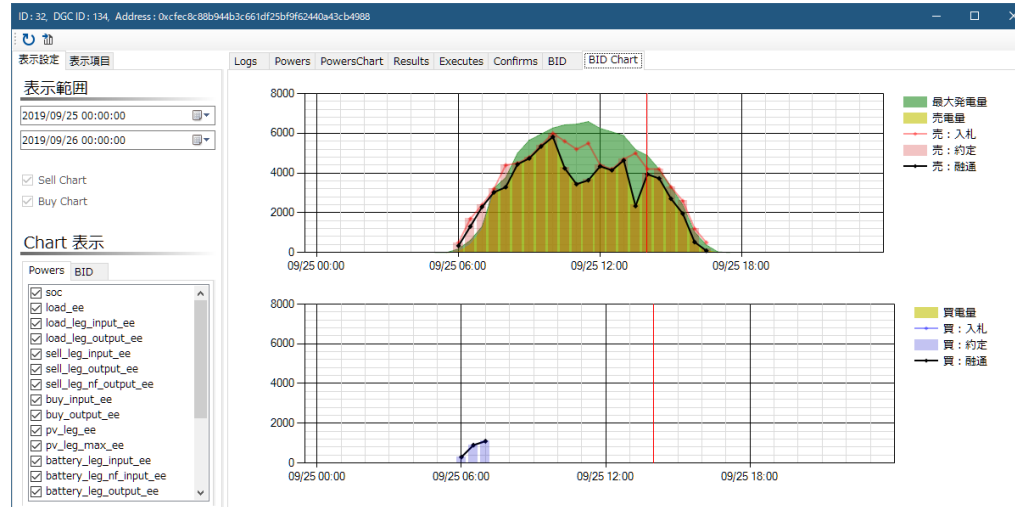
コンビニ店舗においては、需要量を予測し、その発生確率に合わせて買電入札を行う。

入札条件設定パラメータ

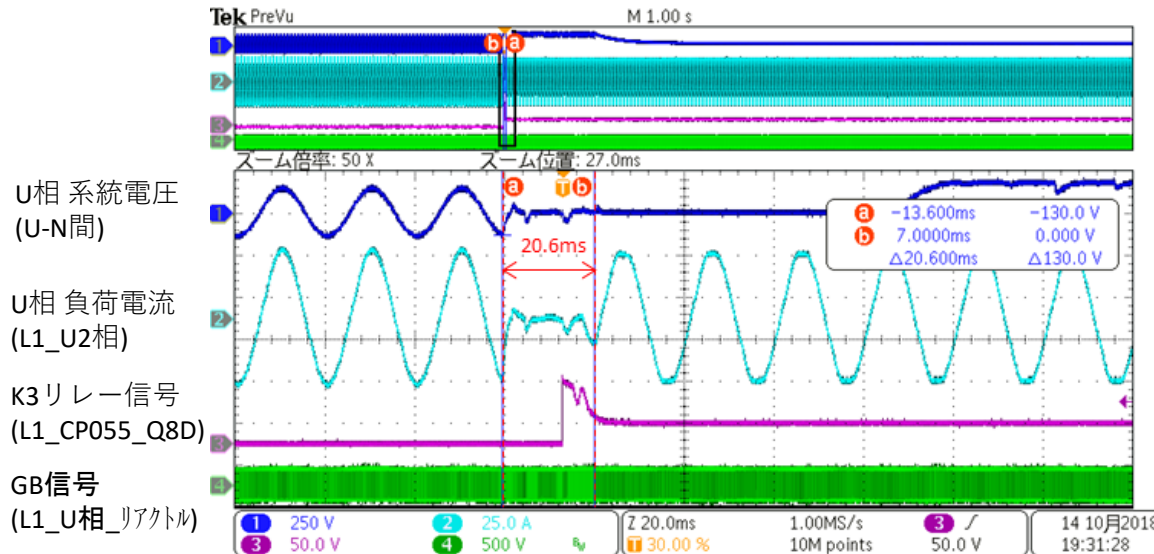
項目	設定値	単位ほか
目標購入金額	20	¥/kWh
ペナルティ	50	¥/kWh
売買積極性	50%	50%が通常、購入量の積極性(多⇔少)
早期確定度12	30%	
早期確定度4	60%	
		託送料金(従量分) 10 ¥/kWh

○参考資料3 その他 (3/3)DGR動作状況

電力取引における約定量が最大発電量より小さい場合、DGRは売電量にあわせPV発電を抑制している。



疑似的に発生させた系統停電時も、DGRにより1サイクル程度で自立運転に切り替わることが確認出来た。



CO₂排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- ・ 評価点 6.1 点 (10点満点中)
- ・ 評価コメント

【評価される点】

- 所期の目標は全て達成しており、特に、自立システムへの切り替え実験で十分な成果が得られ、またDGRの電力変換効率90%以上を達成したなどのハード技術の開発が順調であった点は評価できる。

【今後の課題】

- 事業化にとって重要な製品・システムの低コスト化に向けた取組みが明確でなく、提案時の年度別販売見込みと現時点での見込みが大幅に乖離している。2030年に急拡大する需要によりキャッチアップするとしているが、現在政府等が主導する電力系統の政策と整合性を見出しながら、需要拡大に対する具体的な戦略を検討し、量産化による低コスト化によって成果の大規模普及を図る努力をすることが望まれる。
- 地域デジタルグリッドのコストはDGRだけでなく、自営線を含めたトータルコストであり、ビジネス戦略を考えるためには総合的なシステムのコスト解析することが望まれる。
- 具体的なビジネスモデルに基づく事業構想を確立し、その実施に向け、実用化・事業化に耐えうるソフトウェアの開発と主体的な事業形成に必要な基本技術の開発を進めることが望まれる。

【その他特記事項】

- 2050年に累積4百万台と計画されているが、その根拠となるこの時点での日本全体の電力システムのイメージを明確することが望まれる。