

下水道事業におけるディマンド・レスポンスの活用

～インセンティブ型DRを中心として～

研究第一部 研究員

河野 佑太



1 はじめに

電気の安定した供給には、電力量の供給と需要のバランスが必要であり、電力会社は需給バランスを一定にするために、様々な対策を講じています。東日本大震災時には電力需要のひっ迫を背景とした経済産業省からの節電要請もあり、下水道分野においてもエネルギーの需要側が消費パターンを変化させるディマンド・レスポンス（DR）を実施してきました。近年においては、電力のひっ迫のほか、発電効率の低い火力発電所の稼働抑制、天候等により発電量の変動を受ける再生可能エネルギーの導入拡大、将来の安定的な電

力供給の確保等の目的から電力市場に関わる法・制度の整備が行われてきました。特に一般電気事業者による発電・送電・電力小売一体の垂直統合型の電気事業から小売・送配電・発電に分離され、調整力公募によりアグリゲーター（特定卸供給事業者）がDRによって生み出された電力（調整力、図-1）、及び分散型エネルギーリソースを電源と同様に電力市場で取り引きするエネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネスが創出されました。電力の需供給の調整役を担うアグリゲーターの登場により、従来のDRの主要な形態であった電力需給調整契約から、需要家がアグリゲーターとDR契約を締結し、DR要請時に調整力の提供により報酬を得る「インセンティブ型DR」（図-2）へと発展してきました。

下水道事業は環境省の報告書¹⁾にDRのポテンシャルを有するとありますが、インセンティブ型DRの取り組みを調査・報告した事例は少ないのが現状です。そこで、本研究では下水道事業へのさらなるDRの普及促進により脱炭素化社会及びレジリエンスの強化に貢献することを目的として、下水道事業におけるDR導入に向けた検討事項、DR手法に関する事例調査を行いました。

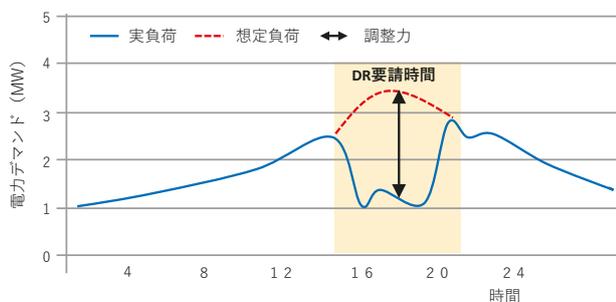


図-1 調整力の概念図

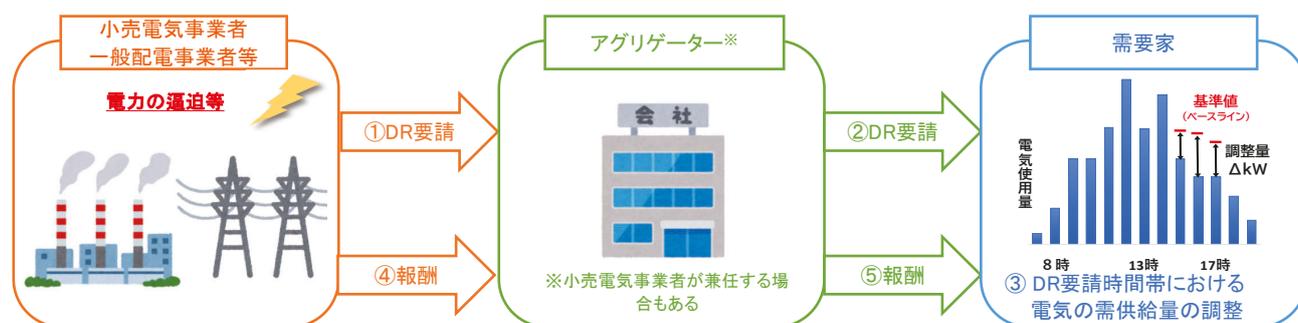


図-2 下水道事業におけるインセンティブ型DRの取引概要

2 下水道事業におけるDR導入の意義

2020年度における下水道分野の全国の年間消費電力量は約72億kWhで、全体の消費電力量の約0.8%を占め、日本の温室効果ガスの約0.4%（約516万t-CO₂）を排出しています。下水量は人々の生活や気象条件等の環境により変動するため、下水道管渠や処理場内の池を下水量の一時貯留に用いており、その弾力性をDRに活用できる可能性があります。また、下水道事業を取り巻く厳しい経営状況や脆弱化する執行体制の中で持続可能な事業運営を図るため、ウォーターPPPをはじめとするPPP・PFI導入に向けた民間企業へのインセンティブ等としてDRの報奨金を活用できる可能性があります。

将来に向けては下水道事業と他の分野が連携することで地域の再生可能エネルギーの発電量の変動を、下水道事業のDRにて調整し、公共施設・地元企業への電力の安定供給に寄与することでカーボンニュートラル地域の実現に貢献できると考えられます。

3 研究体制と研究期間

3.1 研究体制

沖縄県、(株)NJS、中日本建設コンサルタント(株)、日本水工設計(株)、(公財)日本下水道新技術機構

3.2 研究期間

令和5年7月～令和6年3月

4 アグリゲーターへのヒアリング調査

アグリゲーターへのヒアリング調査は、2022年に導入されたライセンス制度にて公表される「特定卸供給事業届出事業者一覧」の3社を対象に行いました。

アグリゲーターへのヒアリング調査の結果を表-2に示します。エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネスで取引される市場は目的や性質によって、調整力公募、需給調整市場、容量市場（2024年度開始）に区分され、さらにDR要請までの応答時間や

表-1 下水道事業におけるDR導入の意義

金銭	<ul style="list-style-type: none"> DR報奨金を得ることによる維持管理費の縮減 ウォーターPPPをはじめとする官民連携方式導入に向けた民間企業へのインセンティブへの活用
運用	<ul style="list-style-type: none"> 流入下水量の変動を吸収するために計画された弾力性の活用 人口減少、節水技術の進歩による流入量減少による設備の余裕代の活用
社会貢献	<ul style="list-style-type: none"> 経済的な電力システム構築への寄与 発電効率の低い火力発電所の稼働抑制、再生可能エネルギーの導入拡大による温室効果ガス削減への貢献 猛暑や厳冬、地震等の気候変動・大規模災害時に備えたレジリエンス強化

表-2 アグリゲーターへのヒアリング調査の結果(抜粋)

●下水道事業におけるDRの実施状況と特徴	
回答	<ul style="list-style-type: none"> 下水処理場を対象としたDRの実績は、令和5年度までは調整力公募（電源I'）での取引であり、来年度からは容量市場への参加を予定している。 需給調整市場は、コントロール頻度が多く、発動時間が短いことから下水処理システムの自動化（プロワ制御等）が障害のため現状では下水道分野での参入は検討されていない。
●DRの検討に必要な情報	
回答	<ul style="list-style-type: none"> 30分毎の電力量データが必要である。また、設備の諸元（機器仕様）、処理フロー図が必要である。 管内貯留を検討する際は、過去の帳票データが必要である。
●自治体や技術コンサルタントに対する要望等	
回答	<ul style="list-style-type: none"> 下水道事業の事例がないという理由でDRの提案を断られたことがある。国・自治体・関係団体がDRに取り組むべき方針を出す等、DRを導入しやすい環境を整備して欲しい。 政府はDR報告の義務化など、電力の安定供給・再生可能エネルギー拡大に寄与する重要な手段としてDRを位置づけており、報酬獲得だけでなく社会的意義のある取り組みであるという観点からも、DRの普及に貢献いただきたい。

継続時間などで細分化されます（表-3）。下水道事業では当日の3時間前に最大3時間のDR要請がなされる調整力公募の電源I'が一般的に導入されていました。需給調整市場では、応答時間が最長45分であり、DR要請から電力抑制までの時間が短く、設備停止の判断や制御の面から下水道事業において採用実績は確認できませんでした。

5 自治体へのヒアリング調査

自治体のDRの取り組み事例に関しては、文献調査のほか、中核都市を中心としたアンケート調査にてDRを実施している自治体を抽出し、ヒアリングによりDR契約及びDR手法の収集・整理を行いました。自治体へのヒアリング調査の結果を表-4に示します。

計画汚水量が74~7,868千m³/日、調整力が200~14,000kWと大規模処理場から中小規模処理場まで幅広くDRが導入可能なことを確認しました。また、全処理場にて管内貯留による揚水設備の運転抑制を行っているほか、水質や設備への影響に配慮しながら送風機設備、及び汚泥濃縮・脱水・焼却設備の運転抑制を行う処理場もありました。

維持管理及びDRの契約形態を図-3に示します。

表-3 電力の価値取引市場の役割分担及び取引主体
〔「経済産業省エネルギー庁 容量市場について」をもとに作成〕

電源等の価値*	取引される価値(商品)	取引される市場	取引主体
電力量 【kWh価値】	実際に発電された電気	卸電力市場 (スポット、ペーシング市場等)	日本卸電力取引所
容量(供給力) 【kW価値】	発電することが出来る能力	容量市場 (2024年度より開設)	広域機関
調整力 【ΔkW価値】	短時間で需給調整できる能力	調整力公募 →需給調整市場	一般送配電事業者 (電力需給調整力取引所)
その他 【環境価値**】	非化石電源で発電された電気 に付随する環境価値	非化石価値取引市場	日本卸電力取引所

(*) 上図は電源を想定して記載しているが、ネガワット等の需要制御によって同等の価値を生み出すことが可能。また、一つの市場において、複数の価値を取り扱う場合も考えられる。

(**) 環境価値は非化石価値に加えて、それに付随する様々な価値を包含した価値を指す。

表-4 自治体へのヒアリング調査の結果

項目	調査対象団体名						
	秋田県	東京都	習志野市	富士市	松山市	兵庫県下	
対象施設の 基本情報	計画人口 (千人)	約913	約13,998	約133	約248	約262	約405
	計画汚水量 (m ³ /日)	163,000	※1	74,190	※2	※3	159,900
	対象施設	1	21	1	2	2	1
	維持管理者	指定 管理者	直営	包括的 民間委託受注者	包括的 民間委託受注者	包括的 民間委託受注者	包括的 民間委託受注者
	契約電力 (kW)	1,950	非公開	1,300	※2	※3	3,400
DRの 基本事項	アグリゲーターと の契約者	秋田県	東京都	習志野市	維持 管理者	松山市	維持 管理者
	調整力 (kW)	1,100	14,000	200	700	※4	600
DR手法 (下げDR)	揚水設備の調整	○	○	○	○	○	○
	水処理設備の調整	○	○		○		○
	汚泥処理設備の調整	○	○		○	○	○
	焼却設備の調整	○					
	建築設備の調整		○	○			
	蓄電池の活用		○				

※1 区部：6,090,000 (m³/日)、流域：1,778,000 (m³/日)

※2 東部：55,800 (m³/日)・1,040 (kW)、西部：50,750 (m³/日)・900 (kW)

※3 中央：126,000 (m³/日)・1,220 (kW)、西部：55,020 (m³/日)・1,080 (kW)

※4 事前の調整力の設定はなく実績に応じて評価

DR実施により機器の再起動、停止時の洗浄工程等により消費電力が増加する可能性があります。そのため、受益者とリスク負担者同一の観点からDR契約と受電契約は同じであることが一般的であります。したがって、維持管理者が受電契約及びDR契約を締結する場合は、下水道管理は維持管理者とDR契約前の協議、DR実施前の連絡等により事前に把握しておくことが望ましいと考えられます。

下水道事業におけるDR導入の利点・欠点を表-5に示します。社会貢献、報酬を主とし、副次的な効果として技術向上による省エネ効果が利点として挙げられました。一方で維持管理業務の負荷増に対する意見もありましたが、DR要請時間帯は、再エネ発電量が減少する早朝・夕方に集中することから、DRのために運転要員を常時増員する必要はないと考えられます。

6 まとめと今後の課題

本研究で得られた成果は「〈事例集〉下水道事業におけるデマンド・リスポンスの活用～インセンティブ型DRを中心として～ -2024年4月-」として、電気技術者以外の方々にも利用いただけるよう本機構で取りまとめました。事例集はDRの背景、目的、概要を示し、事例を紹介して下水道事業者が取り組むべき内容を掴んでいただいた後に、歴史・契約・制度等を解説する構成です（表-6）。本事例集が下水道事業におけるDR普及の推進の一助になることを期待しています。

今後の課題として、DR導入検討に当たり、何を考え、何をすべきかを明確にした検討フロー等の具体的検討手段の明確化が必要です。また、2023年度には東京を除く全国で再生可能エネルギーの出力抑制が報告されており、脱炭素社会実現のための再生可能エネルギー導入拡大に向けてはDRの発動により電気の需要量を増やす取り組み（上げDR）がより一層求められるため、下水道事業におけるDR適用範囲を広げていくことが課題として挙げられます。

参考文献

- 1) 低炭素社会の実現に向けた中長期的再生可能エネルギー導入拡大方策検討調査委託業務報告書、環境省、2017年3月

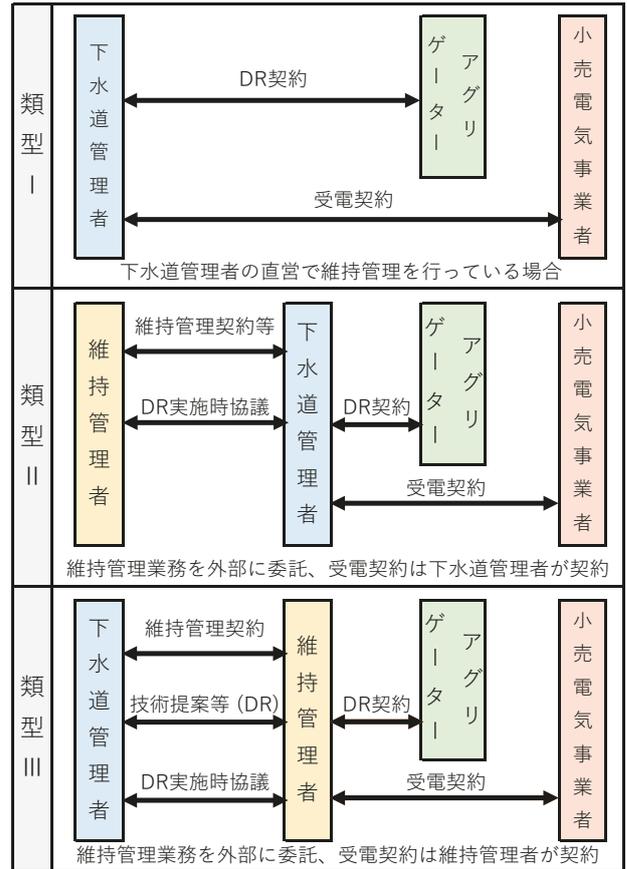


図-3 維持管理及びDRの契約形態

表-5 下水道事業におけるDR導入の利点・欠点（抜粋）

利点	欠点
<ul style="list-style-type: none"> 電力の安定供給への協力を通して経済的な電力システムの構築、脱炭素社会の実現に貢献できる 報奨金（インセンティブ）として収益が得られて維持管理費の縮減に繋がる DR対応による操業技術の向上により、DR要請時以外でも運転員の省エネ意識が高まり、電力削減に繋がった マイクログリッド導入に向けて、再エネの使用割合向上ために電力のピークシフトに関するノウハウが蓄積できる 	<ul style="list-style-type: none"> DR手法や維持管理者の判断によるが、設備の状況や水質の確認のため維持管理者の負担増となる場合がある DR要請時に下水道管理者と維持管理者とでDRの内容、対応可否の判断、対応方法に関する調整業務が発生する

表-6 事例集の構成

項目	目次
概要	第1章 総則
事例	第2章 下水道事業におけるDR取組事例
解説	第3章 DRの歴史・経緯
	第4章 DRの契約形態
	第5章 DRに関する制度
	第6章 DRの評価

〈事例集〉下水道事業におけるデマンド・リスポンスの活用～インセンティブ型DRを中心として～ -2024年4月-

