



# 自然変動電源(風力発電)の平滑化効果の検証

分析結果

---

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

2023年2月

委託先: **MRI** 三菱総合研究所

# 目次

---

1. 分析の進め方の整理	3
2. 最終分析の結果	12

# 1. 分析の進め方の整理

---

# 検証の目的と実施内容

## <目的>

- NEDO委託調査事業「市場主導型の系統混雑管理手法に関する動向調査及び課題等の抽出検討」の一環として、特定地域における平滑化効果の検証を行う。
- 特定地域は、総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 新エネルギー小委員会／電力・ガス事業分科会電力・ガス基本政策小委員会 系統ワーキンググループにおいて、平滑化効果を考慮した必要調整力の算定方法に関する議論等が進められている北海道エリアを対象とする。

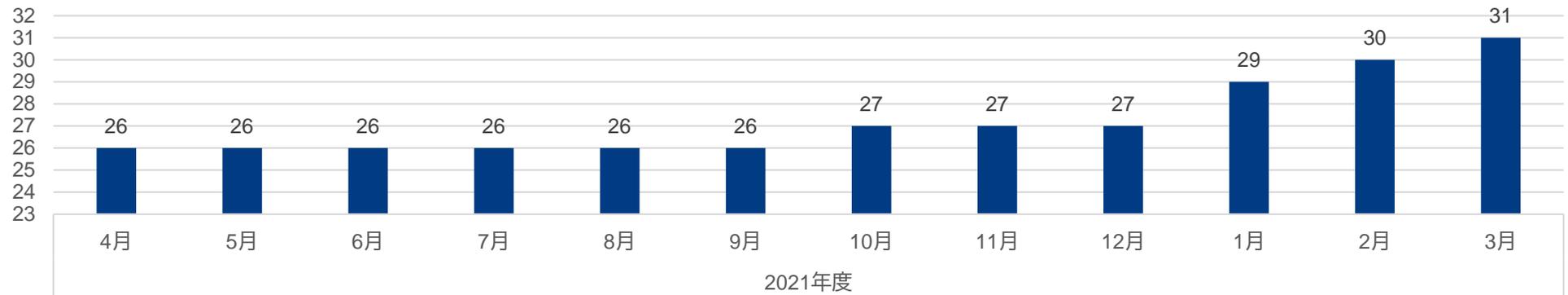
## <実施内容>

- 風力発電について発電実績データの提供を受け、将来の北海道地域における自然変動電源(風力発電)の平滑化効果(=出力を合成した際の変動の弱まり具合)の傾向を月ごとに算出する。
- 具体的な分析の方法論は、以下の研究成果に基づく。(以下、これらの研究を「先行研究」と表記する)
  - 池上貴志、科学研究費助成事業 研究成果報告書、“平滑化効果を考慮した将来の風力発電所新設に伴う出力変動量推計手法の開発”  
<https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-17K17704/17K17704seika.pdf>
  - T Enomoto, et al., “Geographical smoothing effects on wind power output variation in Japan”, International Journal of Smart Grid and Clean Energy  
<http://www.ijsgce.com/uploadfile/2018/0830/20180830053412218.pdf>

# 使用するデータ

- 平滑化効果の傾向を月ごとに分析するため、北海道電力ネットワーク様より提供を受けた、特高以上に連系される風力発電の2021年度を使用。先行研究に比べ、十分なデータが揃っていると言える。

## データ提供のあった発電データのサイト数(件)



# データの処理 —データの除外・加工—

## <分析の対象外としたサイト>

- 蓄電池併設の風力発電
  - 2サイトの風力発電は蓄電池が併設されており、実績値は蓄電池との合計出力である。風力発電の出力そのものの平滑化効果を分析対象とする本分析の趣旨に鑑みると、これらのサイトを分析対象に含めることは不適であるため、分析対象から除く。
- 定格容量があまりに小さいサイト
  - 今回、データ刻みが0.1MWである中、例えば1MWの風力発電サイトは、定格に対して最小変動幅が10%となり、これを入れることは適切な分析とは言えない。分析自体の正確性を保つために、このデータを分析の対象外とした。

## <データの除外・補完等>

- 一か月間の全ての出力実績が「0」となっているサイト(1か月間、停止していたと推察されるサイト)
  - その月は、対象サイトは存在しないとして処理
- ブランク(\*/\*)となっているデータ(計測エラー)
  - ブランクが1時間以上続く場合 : /\*/\*を”0”に置換
  - ブランクが1時間未満の場合 : ブランク前後の値で線形補完処理

## 分析対象となる風力発電のサイト数

総計			31
分析対象外	内訳	蓄電池併設	3
		1MW	2
			1
分析対象	内訳	1MWより大きい~4.99MW未満	28
		4.99MW以上~10MW未満	6
		10MW以上~20MW未満	5
		20MW以上~50MW未満	5
		50MW以上	10
			2



# 分析の方法論 ー概要ー

- 本分析は、先行研究における方法論(4ページ目参照)を参考とした。
- 具体的には、以下に示す3つのステップとなる。

## 分析方法の概要

### Step1 合成出力データの生成

- 全ての風力発電所について、合成出力データを生成
- 全ての組合せを生成

### Step2 移動平均による周期変動の生成

- 移動平均を取ることで、特定の周期成分の変動を抽出
- 本分析では、①10分未満の周期、②10分～30分未満の周期、の二つの変動周期を生成

### Step3 プロットと近似式算出

- それぞれの組合せについて、変動の0.1、99.9パーセンタイル値を最大変動とみなし、プロット
- プロットされたデータから近似式を算出

# 分析の方法論 –Step1:合成出力データの生成–

- 風力発電について、複数サイトの出力を足し合わせることで、合成出力を算出する。
- 北海道内の傾向を網羅的に把握するために、単サイトの出力も含めて、総当たりとした(全ての組合せを試行)。
- Nサイトあるとすれば、その組み合わせは $2^N-1$ 通りとなる。

## 総当たり組合せのイメージ

### 発電所毎のデータ

#### 発電所A

- 定格出力[MW]: a
- 出力時系列データ[MW]: a(t)

#### 発電所B

- 定格出力[MW]: b
- 出力時系列データ[MW]: b(t)

#### 発電所C

- 定格出力[MW]: c
- 出力時系列データ[MW]: c(t)

⋮



### 発電所組み合わせ合成データ

#### 発電所A+B

- 定格出力[MW]: a+b
- 出力時系列データ[MW]: a(t)+b(t)

#### 発電所A+C

- 定格出力[MW]: a+c
- 出力時系列データ[MW]: a(t)+c(t)

⋮

#### 発電所A+B+C

- 定格出力[MW]: a+b+c
- 出力時系列データ[MW]: a(t)+b(t)+c(t)

⋮

# 分析の方法論 –Step2:移動平均による周期変動の生成–

- 移動平均を取ることで、特定の周期成分の変動を抽出する。どの周期成分を対象とするかは、需給調整市場の商品区分を踏まえて決定することとした。
- 以下のOCCTO資料を踏まえて、①元データ-10分周期成分(一次調整力を想定)、②10分周期成分-30分周期成分(二次調整力①を想定)、の二つの周期変動を対象とすることとし、これらを移動平均の時定数として設定。

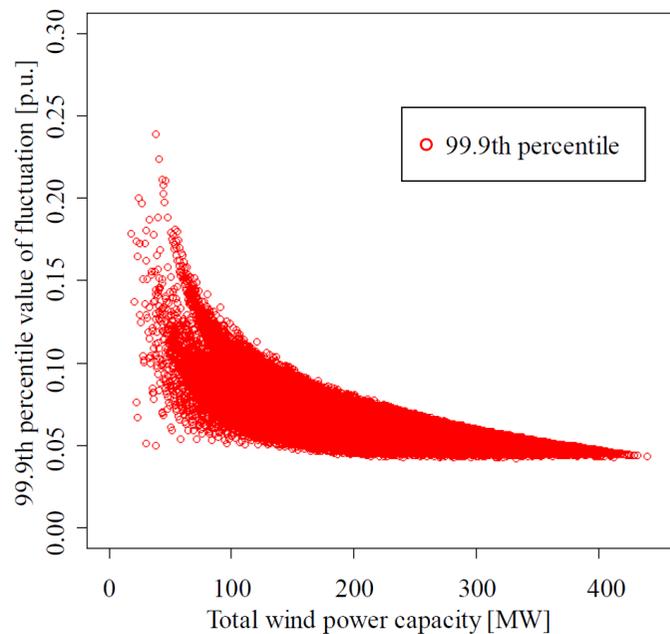
## 需給調整市場における必要調整力の算定方法

商品区分	イメージ図	必要量算定データの抽出方法
一次		$\text{残余需要元データ}^{\ast 1} - \text{残余需要}^{\ast 1} \text{ 10分周期成分}^{\ast 2}$
二次①		$\text{残余需要}^{\ast 1} \text{ 10分周期成分}^{\ast 2} - \text{残余需要}^{\ast 1} \text{ 30分周期成分}^{\ast 2}$
二次②		残余需要予測誤差30分平均値 <sup>※3</sup> のコマ間の差
三次①		残余需要予測誤差30分平均値 <sup>※3</sup> のコマ間で連続する量

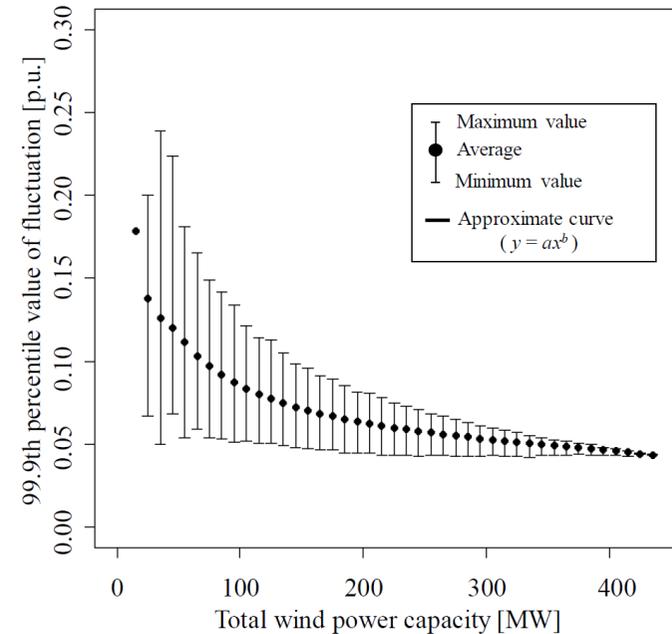
# 分析の方法論 –Step3:プロットと近似式算出–

- 今回のアウトプットでは、「増加の変動」と「減少の変動」の2方向を変動のプラスマイナスを考慮することで区別している(それぞれ、下げ調整力/上げ調整力に対応)。
- 変動の最大として、データ全体の99.9%タイル値(増加方向の変動に相当)と0.1%タイル値(減少方向の変動に相当)を抽出している(それぞれの0.1%は異常値として捉える)。
- Step1に示す全ての組合せに対して、上記のプロットを実施。近似曲線の算出に当たっては、全ての組合せによって算出されたデータ(下左図)から、10MW毎の平均を算出し、その平均値を近似する(下右図)。

## データからの近似式算出のイメージ



(a)



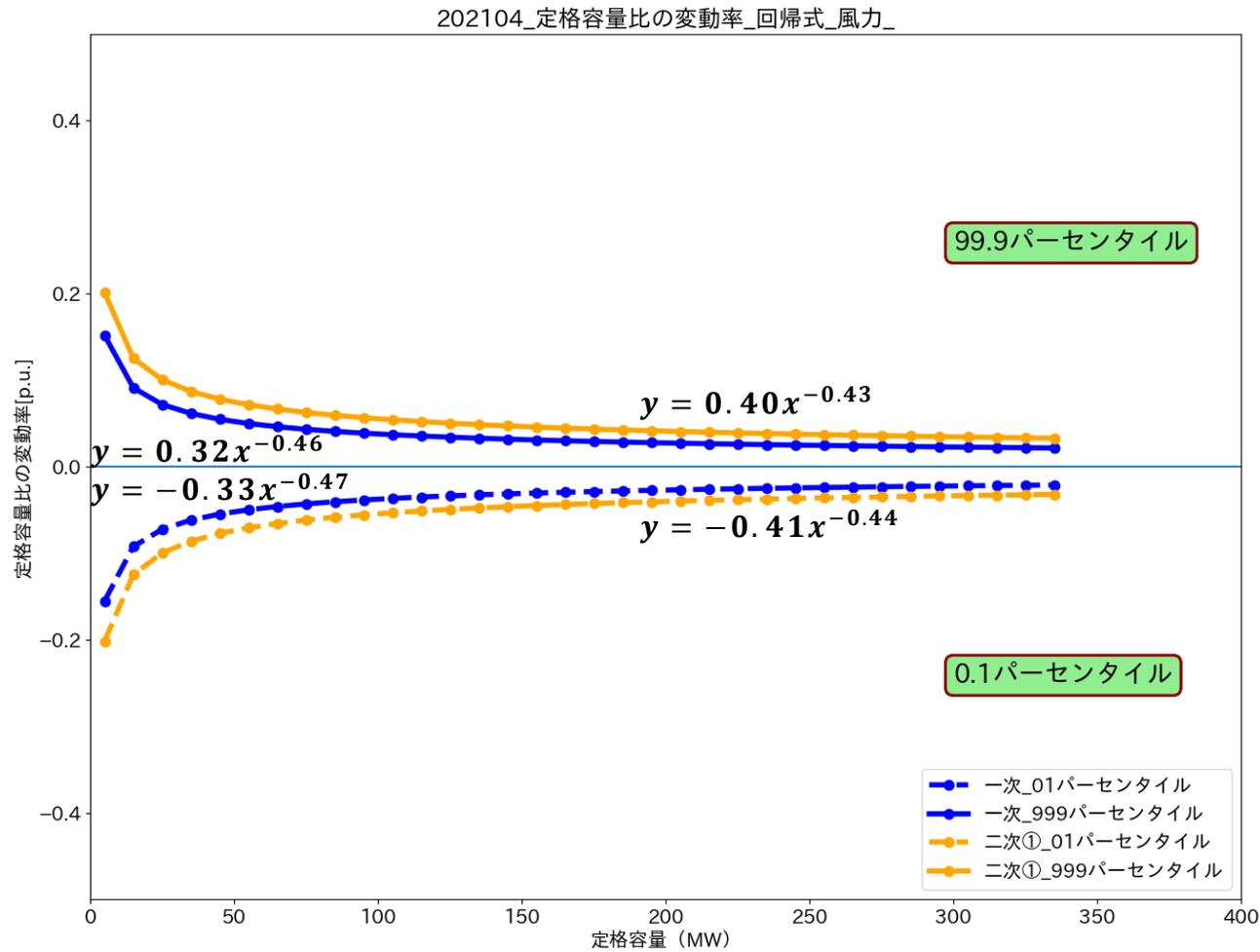
(b)

## 2. 最終分析の結果

---

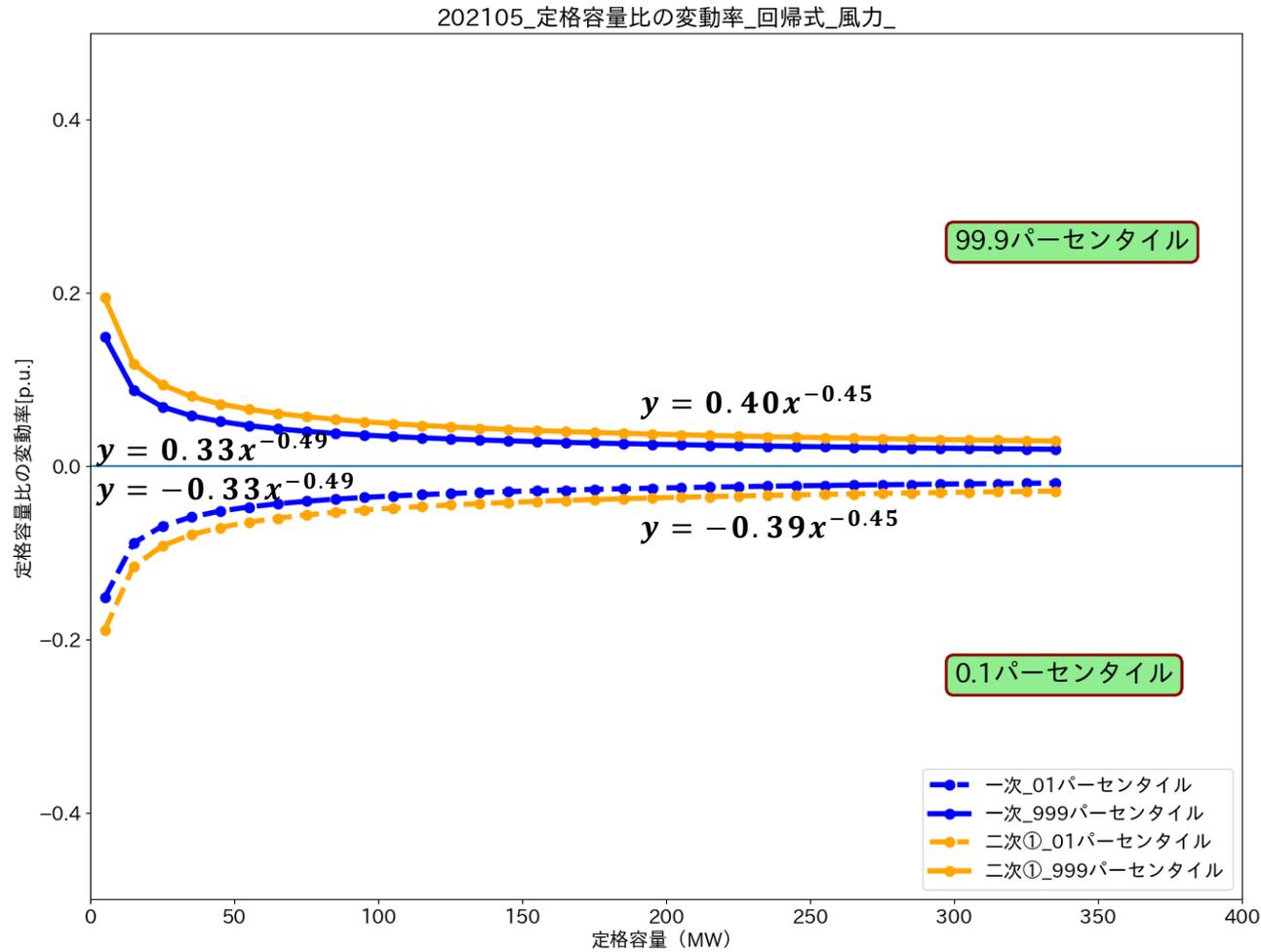
# 算出結果 — 風力発電:2021年4月

- 2021年4月の風力発電の最終分析の結果は以下のとおりである。



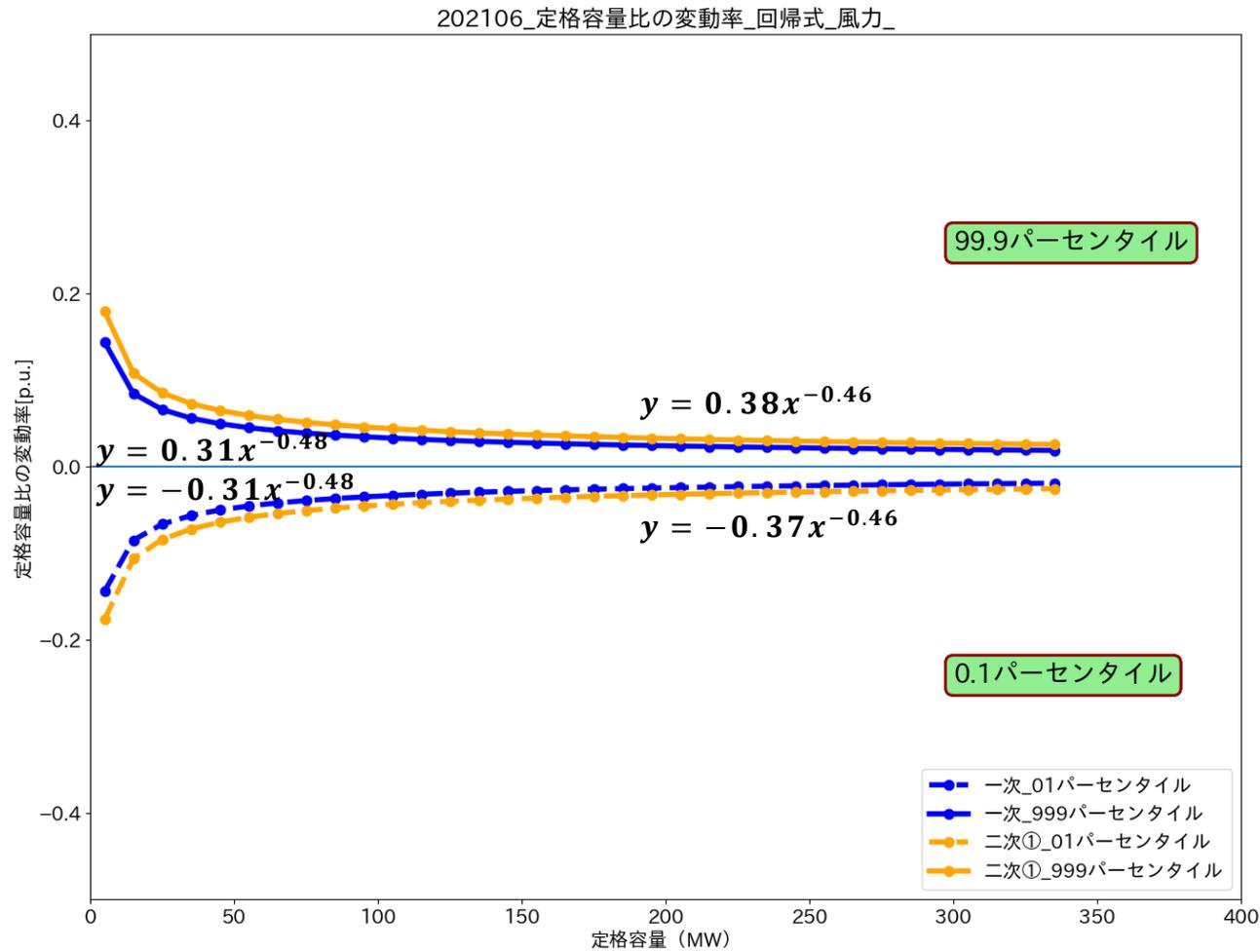
# 算出結果 — 風力発電:2021年5月

- 2021年5月の風力発電の最終分析の結果は以下のとおりである。



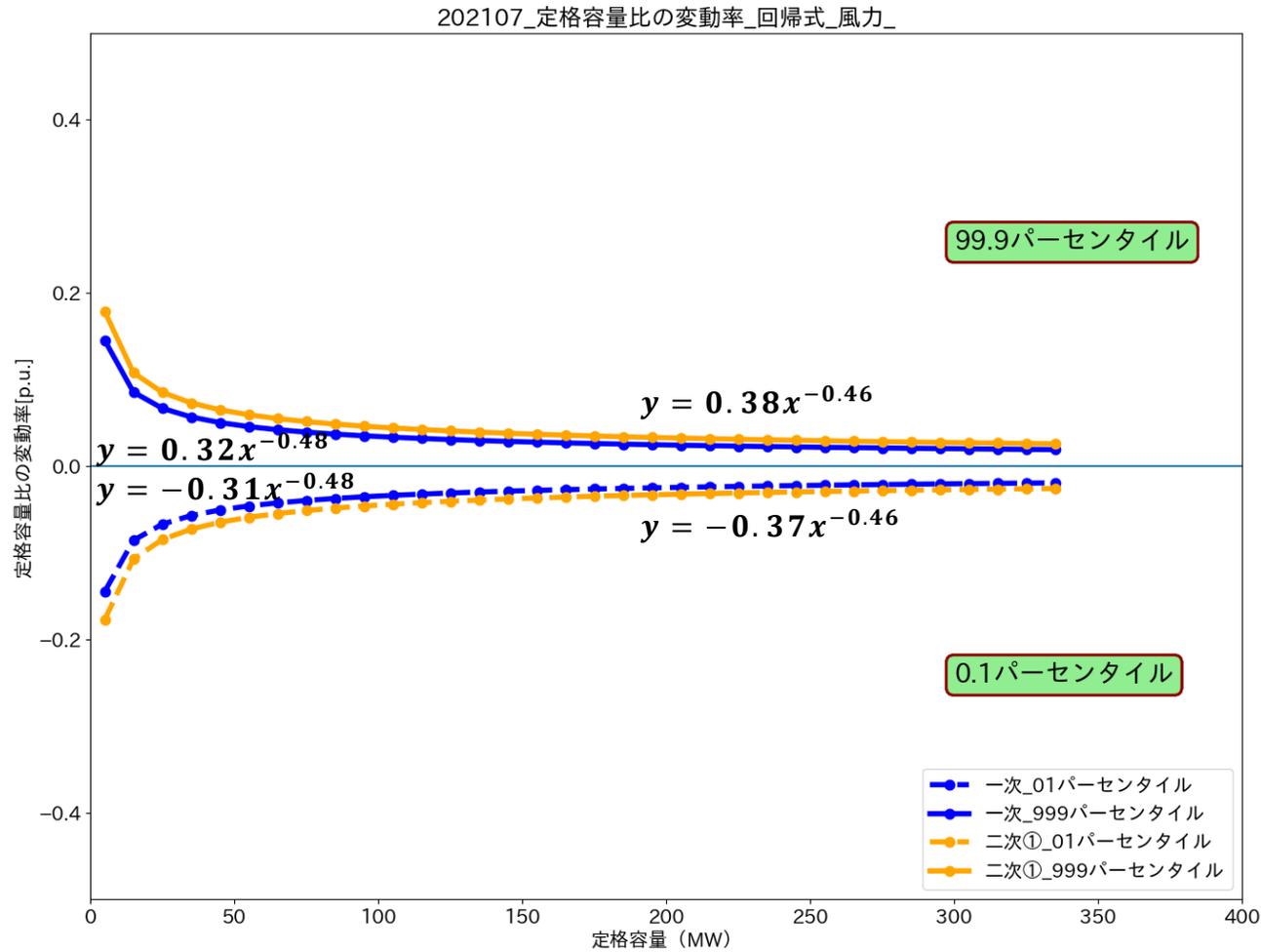
# 算出結果 — 風力発電:2021年6月

- 2021年6月の風力発電の最終分析の結果は以下のとおりである。



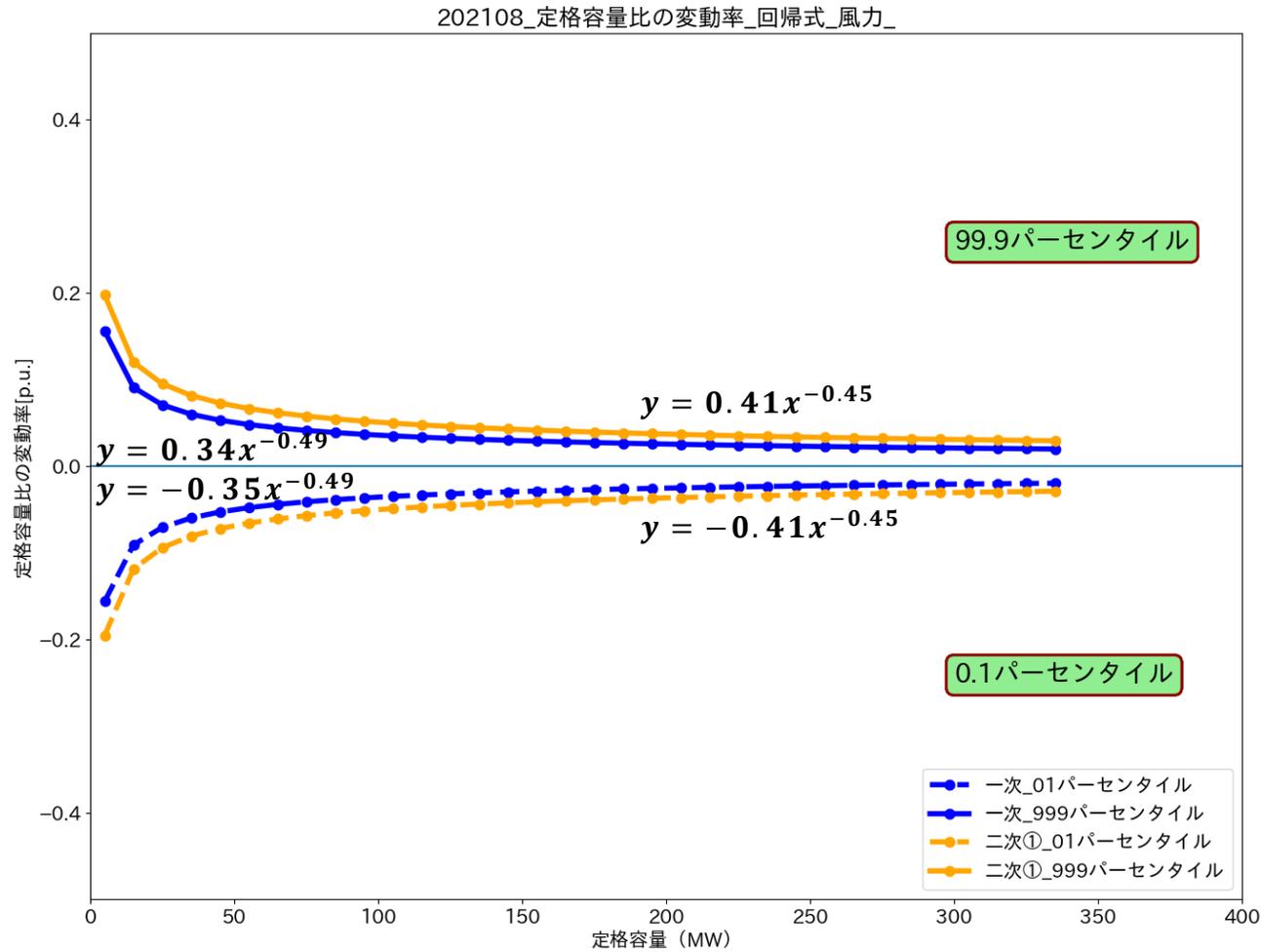
# 算出結果 — 風力発電:2021年7月

- 2021年7月の風力発電の最終分析の結果は以下のとおりである。



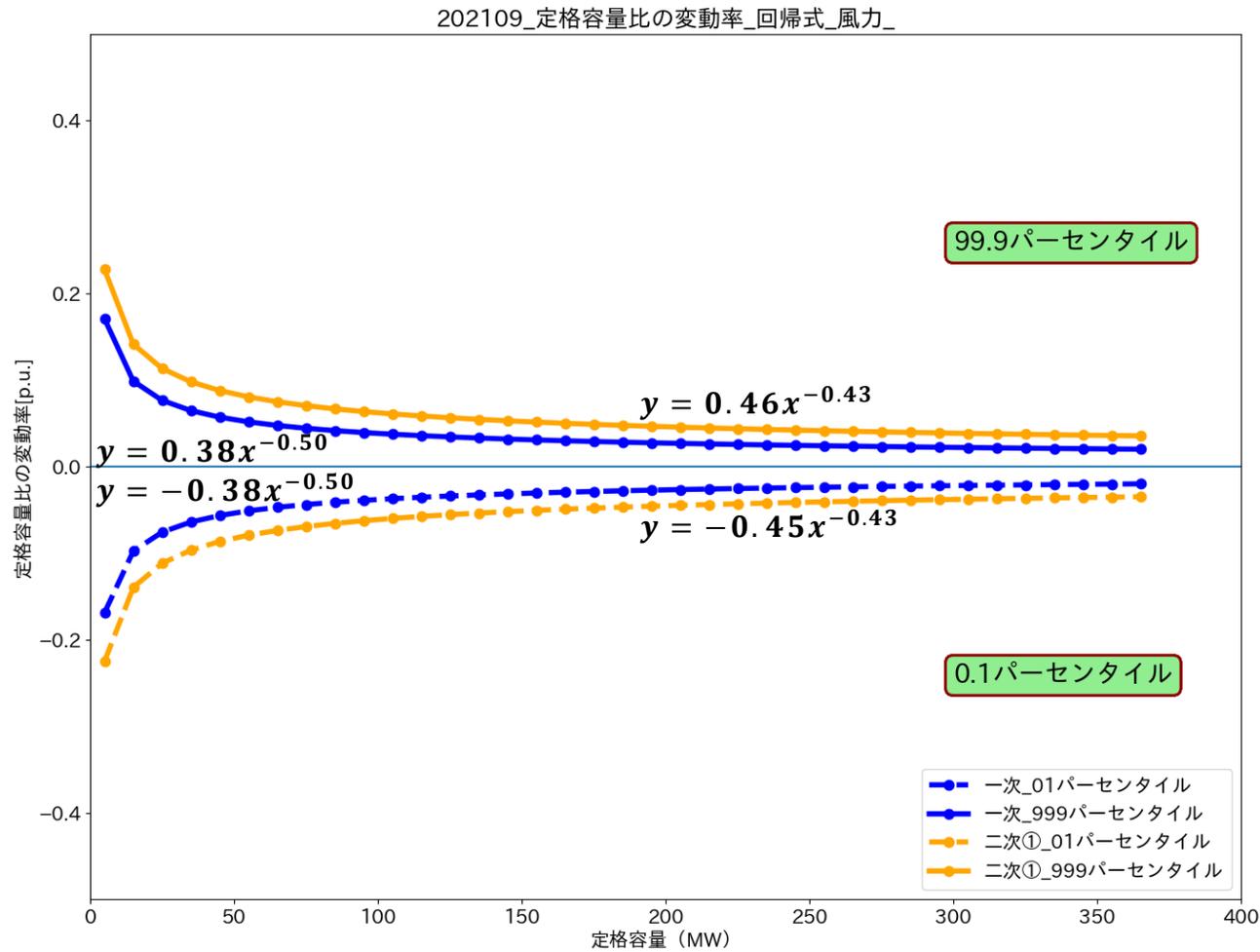
# 算出結果 — 風力発電:2021年8月

- 2021年8月の風力発電の最終分析の結果は以下のとおりである。



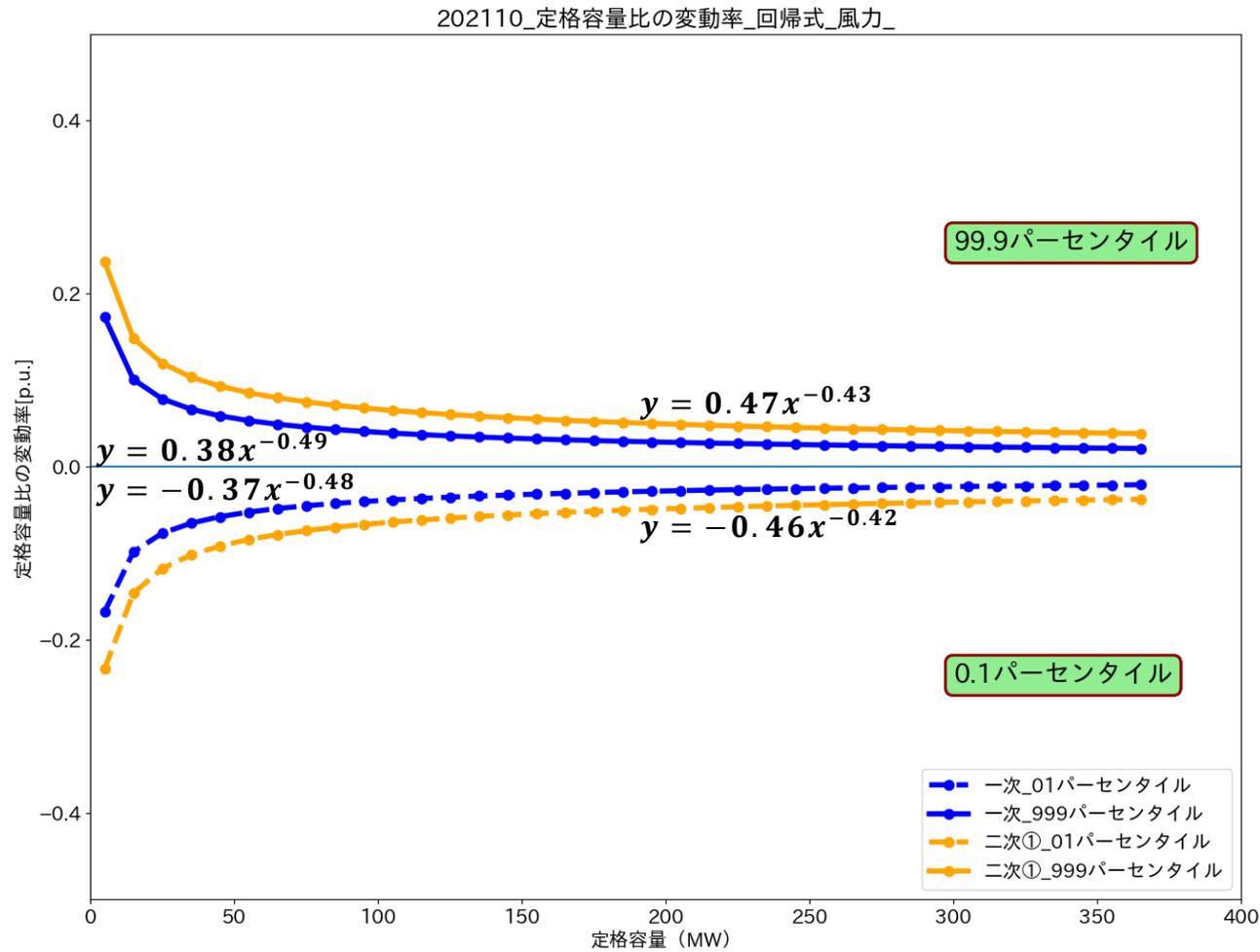
# 算出結果 — 風力発電:2021年9月

- 2021年9月の風力発電の最終分析の結果は以下のとおりである。



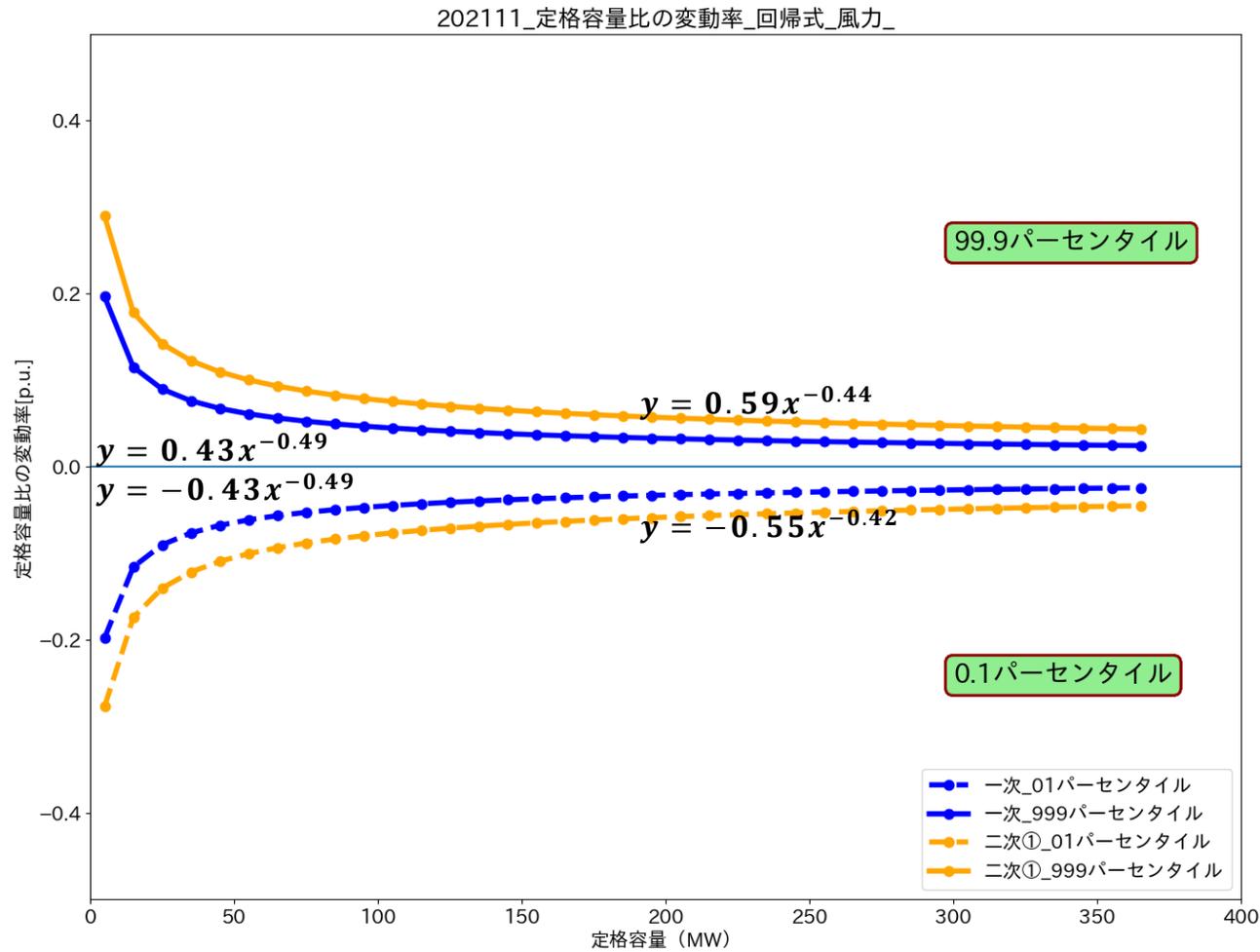
# 算出結果 — 風力発電:2021年10月

- 2021年10月の風力発電の最終分析の結果は以下のとおりである。



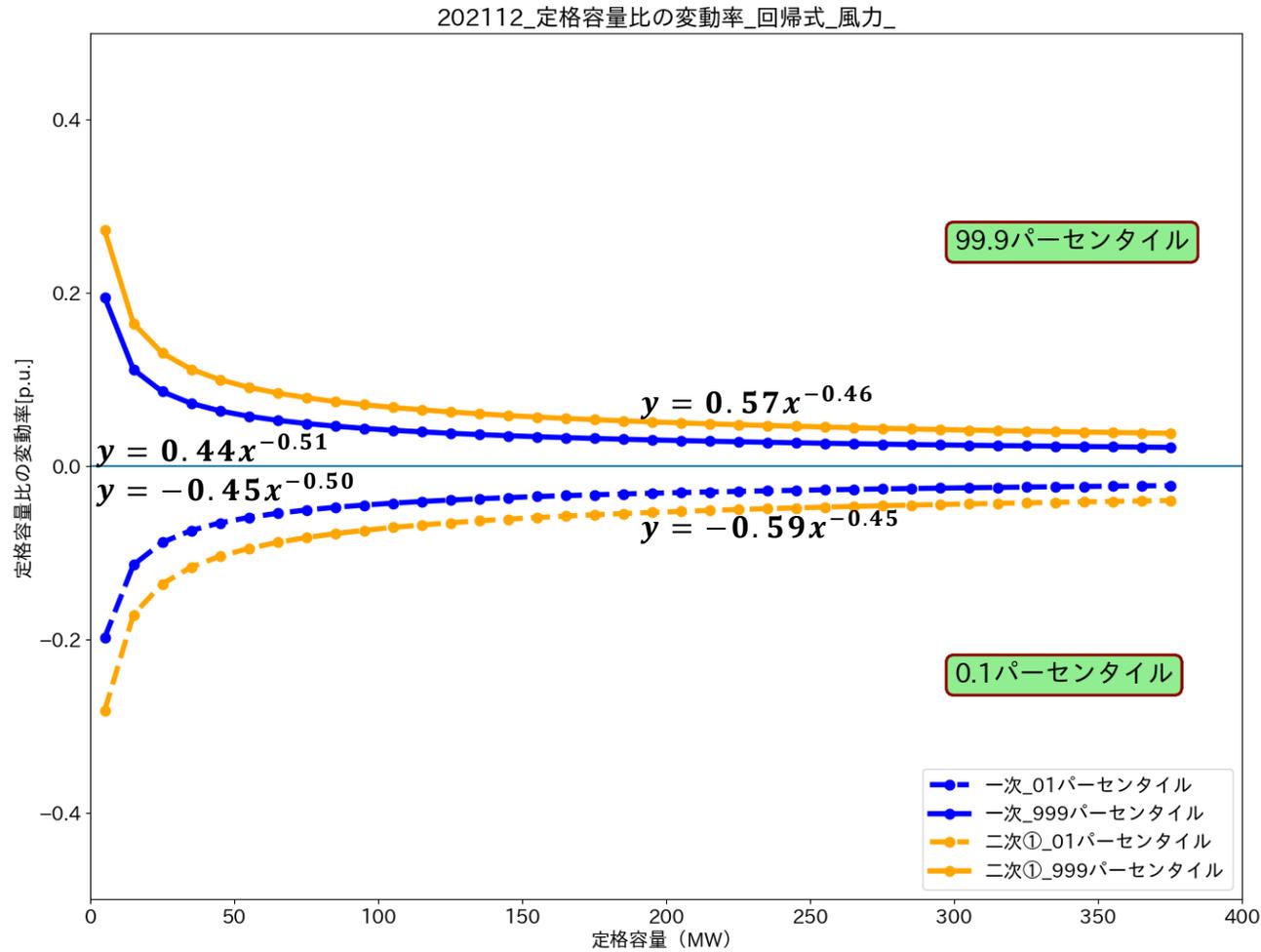
# 算出結果 — 風力発電:2021年11月

- 2021年11月の風力発電の最終分析の結果は以下のとおりである。



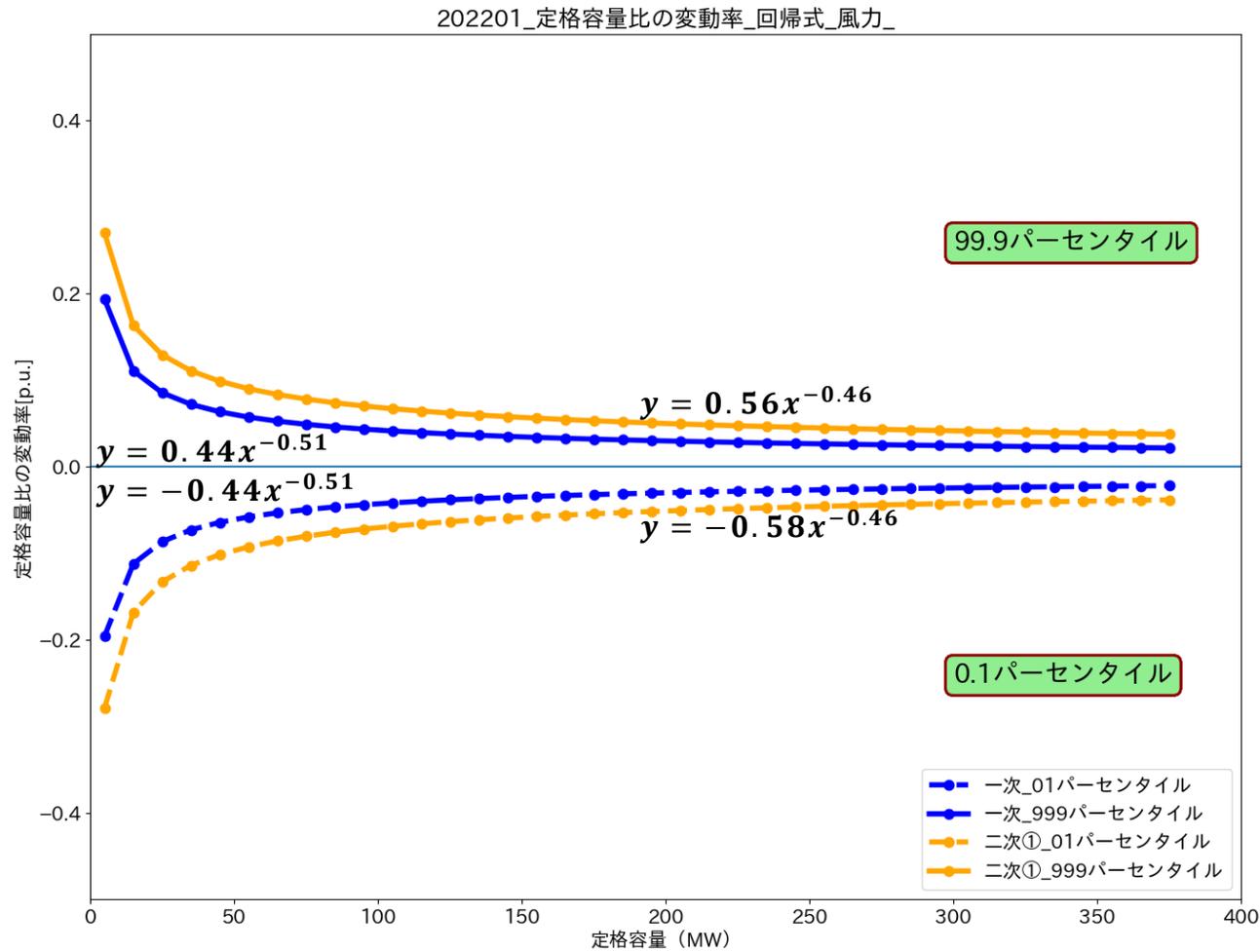
# 算出結果 — 風力発電:2021年12月

- 2021年12月の風力発電の最終分析の結果は以下のとおりである。



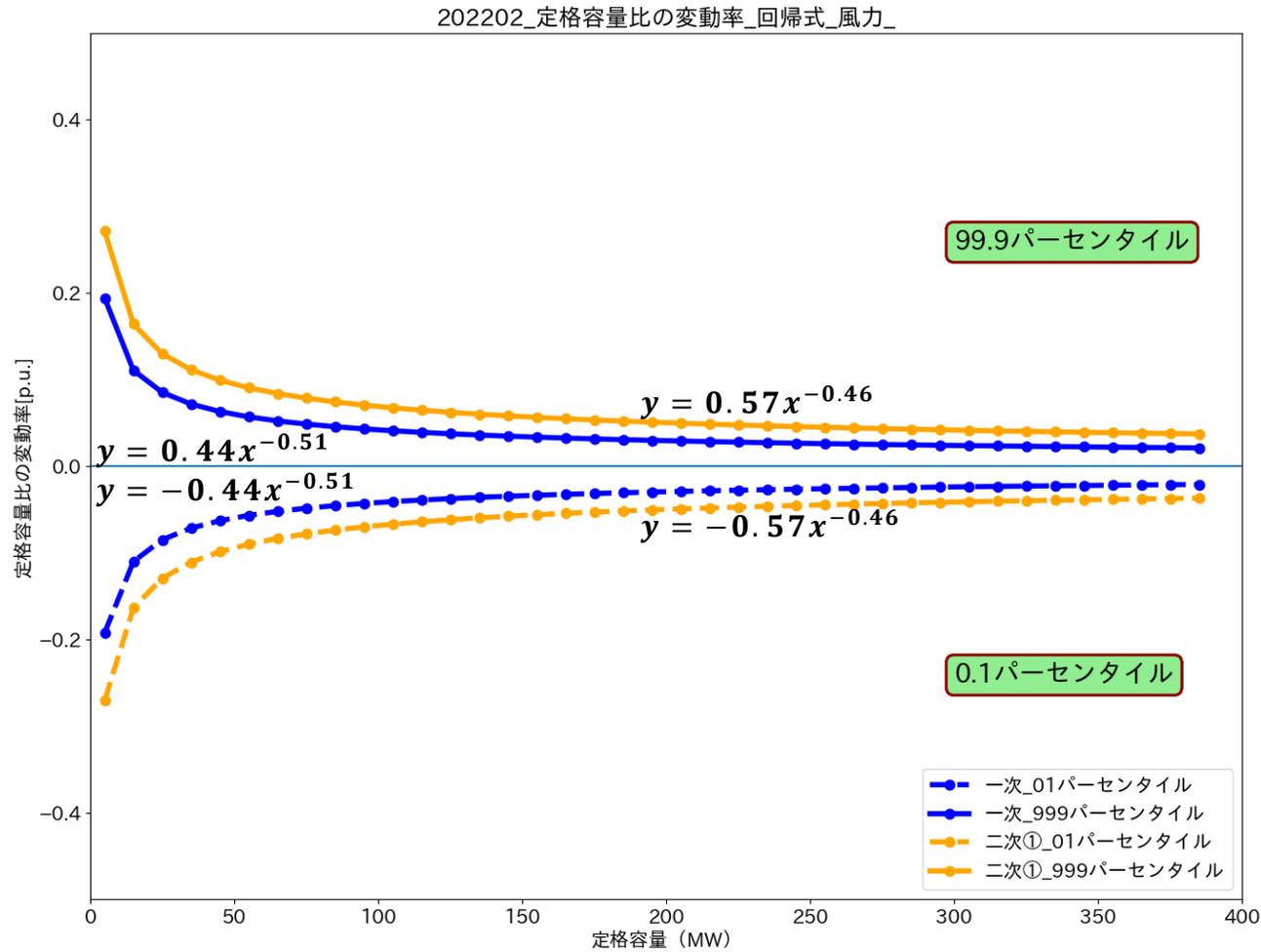
# 算出結果 — 風力発電:2022年1月

- 2022年1月の風力発電の最終分析の結果は以下のとおりである。



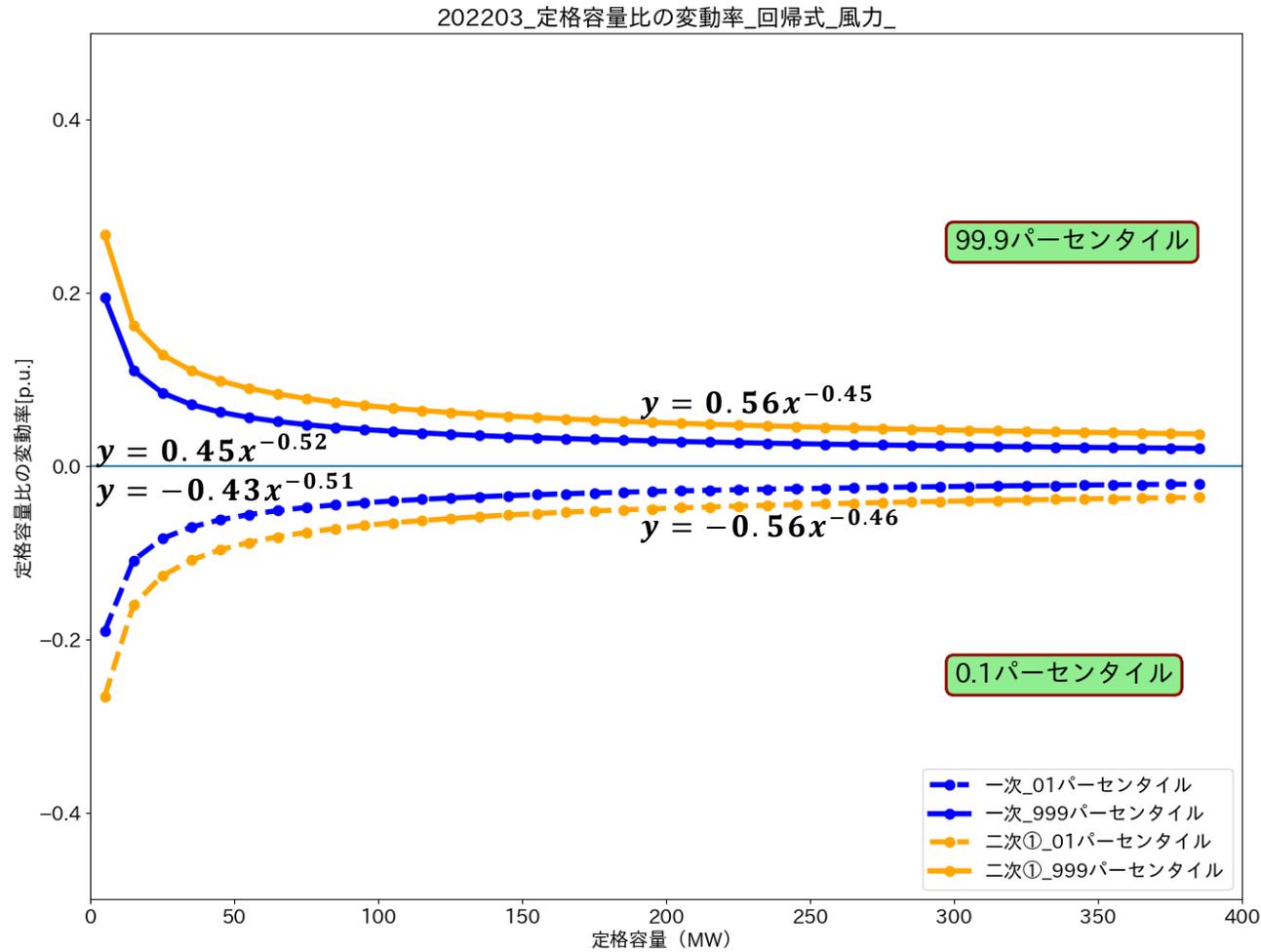
# 算出結果 — 風力発電:2022年2月

- 2022年2月の風力発電の最終分析の結果は以下のとおりである。



# 算出結果 — 風力発電:2022年3月

- 2022年3月の風力発電の最終分析の結果は以下のとおりである。



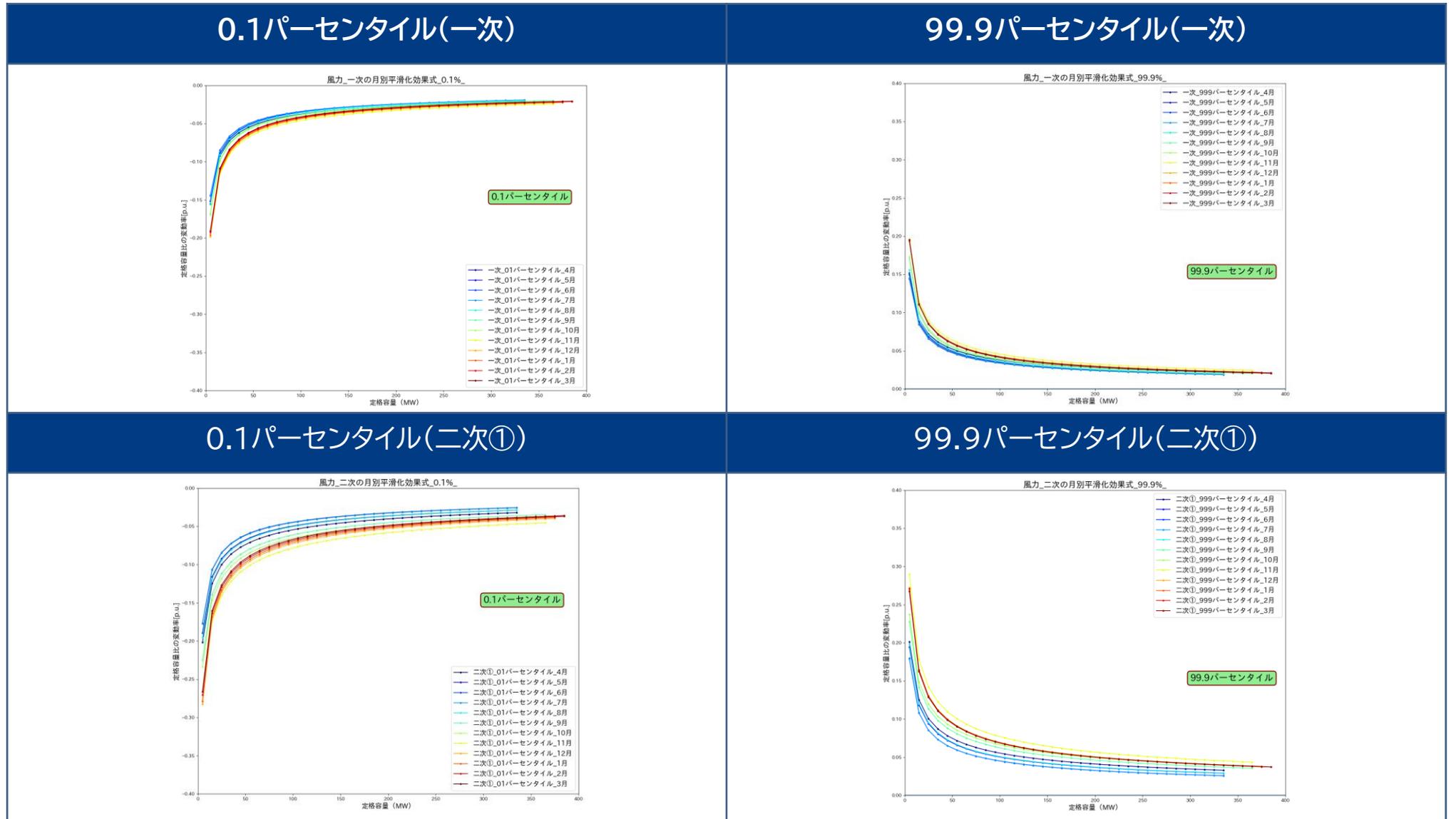
## 算出結果 — 風力発電の総括

- 以上に算出した各月の $y=ax^b$ のパラメータ(a,b)は以下のとおりとなっている。
- bが-0.5に近いほど平滑化効果があることを表している。

1分_瞬時値	0.1%タイル (一次)		99.9%タイル (一次)		0.1%タイル (二次①)		99.9%タイル (二次①)	
	a	b	a	b	a	b	a	b
2021/04	-0.33	-0.47	0.32	-0.46	-0.41	-0.44	0.40	-0.43
2021/05	-0.33	-0.49	0.33	-0.49	-0.39	-0.45	0.40	-0.45
2021/06	-0.31	-0.48	0.31	-0.48	-0.37	-0.46	0.38	-0.46
2021/07	-0.31	-0.48	0.32	-0.48	-0.37	-0.46	0.38	-0.46
2021/08	-0.35	-0.49	0.34	-0.49	-0.41	-0.45	0.41	-0.45
2021/09	-0.38	-0.50	0.38	-0.50	-0.45	-0.43	0.46	-0.43
2021/10	-0.37	-0.48	0.38	-0.49	-0.46	-0.42	0.47	-0.43
2021/11	-0.43	-0.49	0.43	-0.49	-0.55	-0.42	0.59	-0.44
2021/12	-0.45	-0.50	0.44	-0.51	-0.59	-0.45	0.57	-0.46
2022/01	-0.44	-0.51	0.44	-0.51	-0.58	-0.46	0.56	-0.46
2022/02	-0.44	-0.51	0.44	-0.51	-0.57	-0.46	0.57	-0.46
2022/03	-0.43	-0.51	0.45	-0.52	-0.56	-0.46	0.56	-0.45

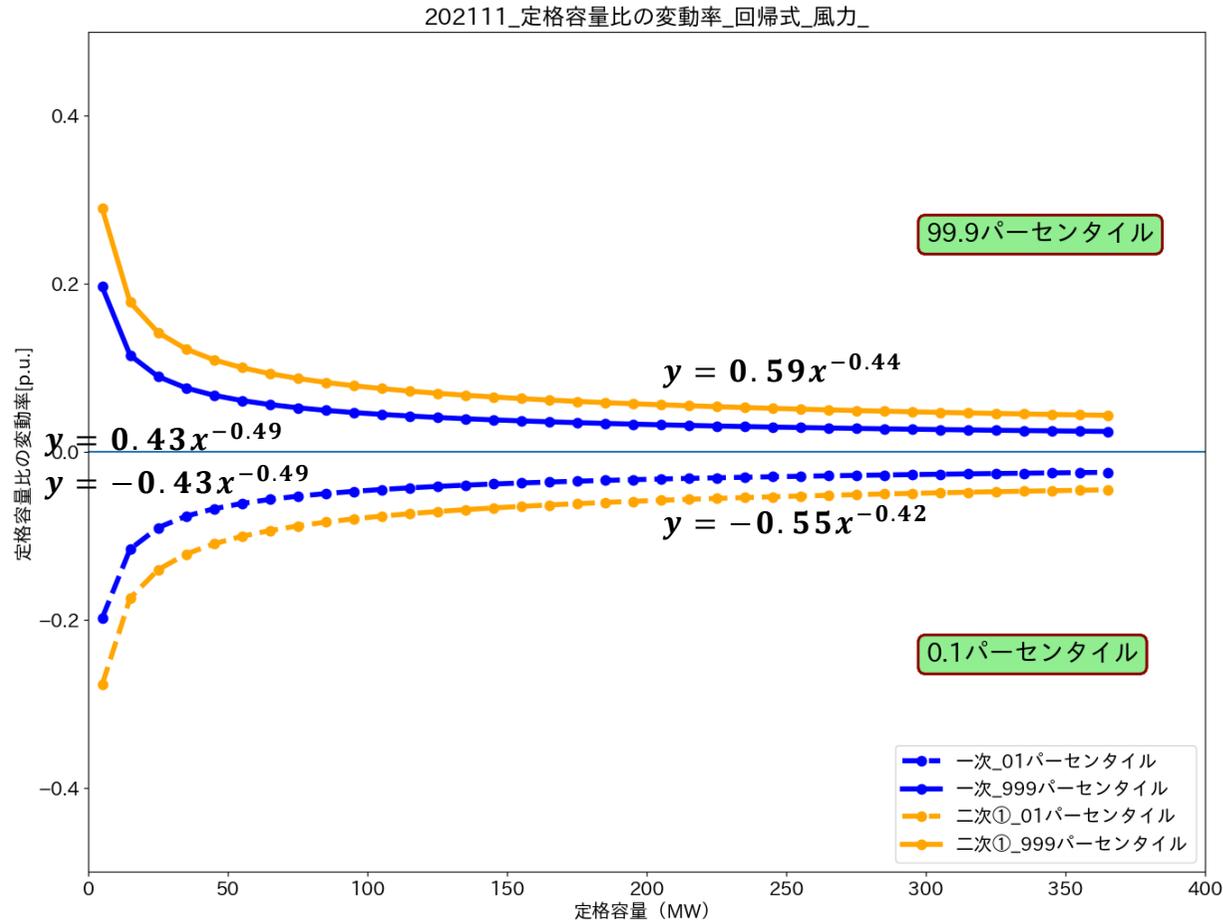
# 各月の回帰式の比較

- 各月の回帰式を一つのグラフで表した場合、0.1パーセンタイル/99.9パーセンタイル、一次/二次①いずれの場合においても、「11月」が最も外側にあることが明らかとなった。



# 各月の算出結果から代表曲線を抽出する場合について

- 必要調整力の算定を年間単位で行う際など、各月の算出結果から代表曲線を抽出する場合、年間で最も変動が最大となる11月の結果を年間の代表曲線として用いることが一案として考えられる。



イノベーションを加速し、  
スピーディーに成果を社会へ

