

調整市場が電力システムの 安定性に果たす役割 : Nord Poolを事例に

尚綱学院大学 東 愛子

E-mail: a_azuma@shokei.ac.jp

210726 部門A研究会

研究目的

- (本研究の問い)
- Nord Poolでは、大量の変動再エネを市場に接続することに成功しているが、再エネの変動を含めた需給調整は、市場でどのように行われているか？
- 特に調整力を確保する市場 (Regulating Power Market) が電力システムの安定化に果たしている役割を、市場データを用いて定量的に示す。

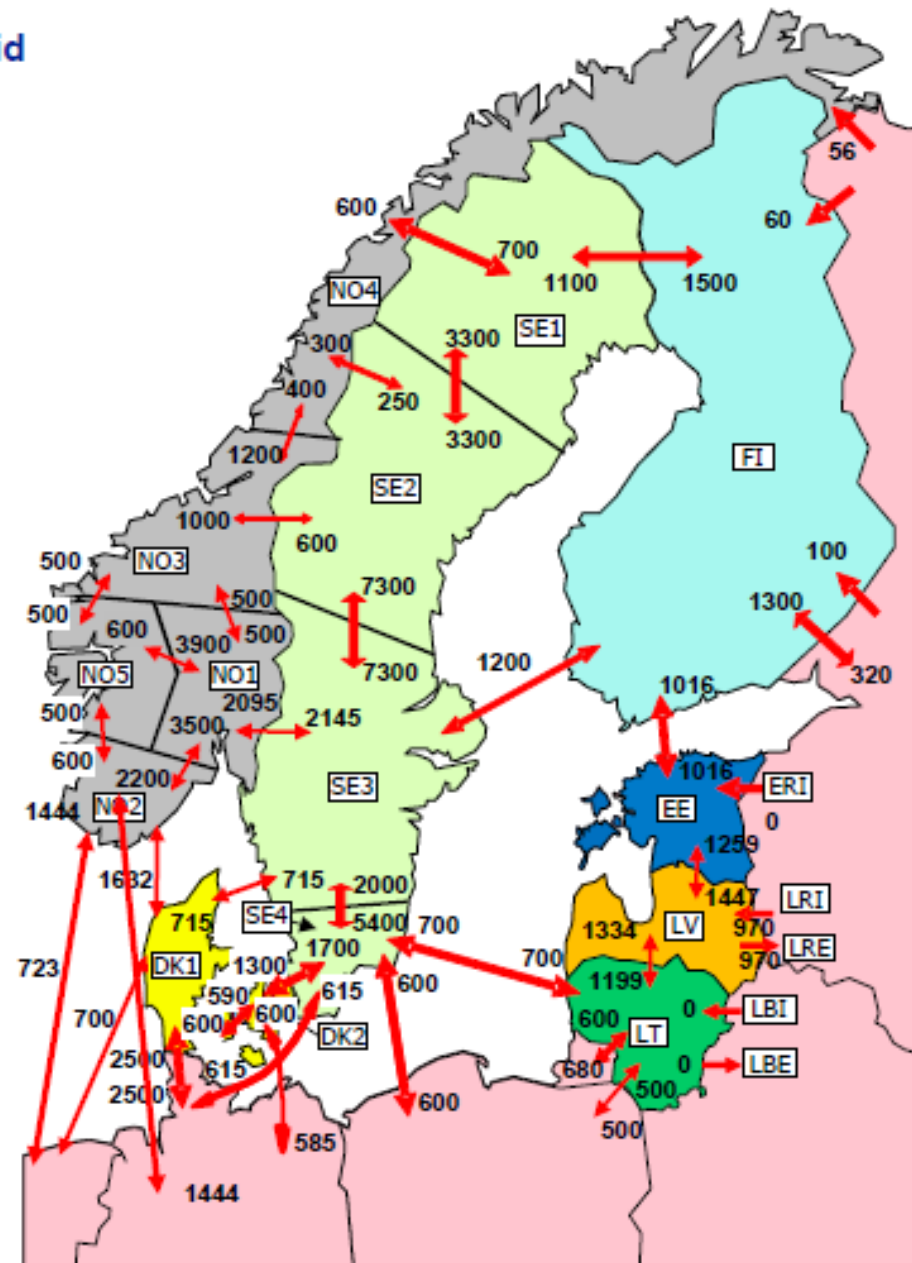
MAXIMUM NTC

(導入)Nord poolの連系容量

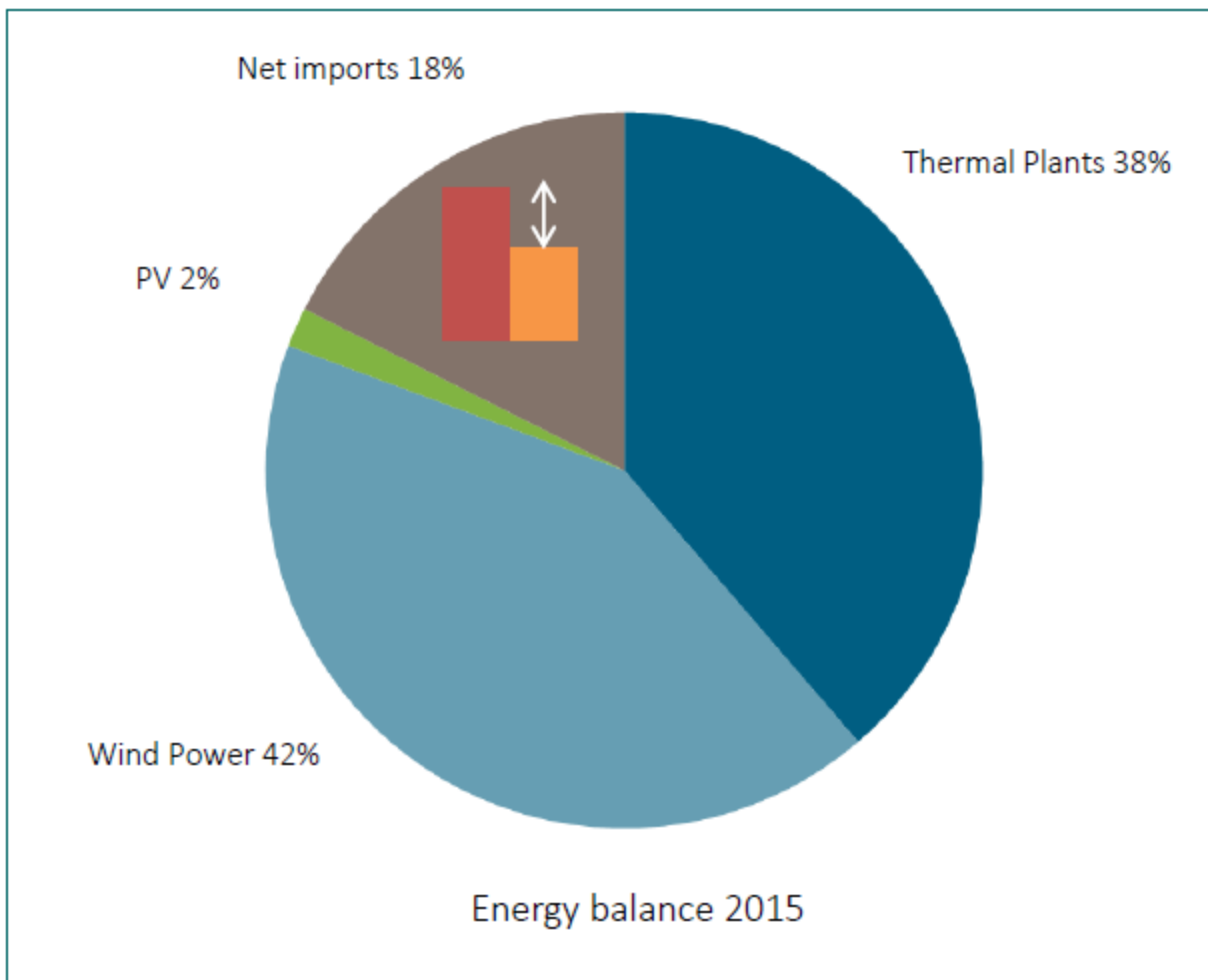
The maximum NTC values are valid from January 1, 2021.

NTC values are given in MW.

NTCs can deviate up to 100 MW before there will be any change in the capacity reduction codes



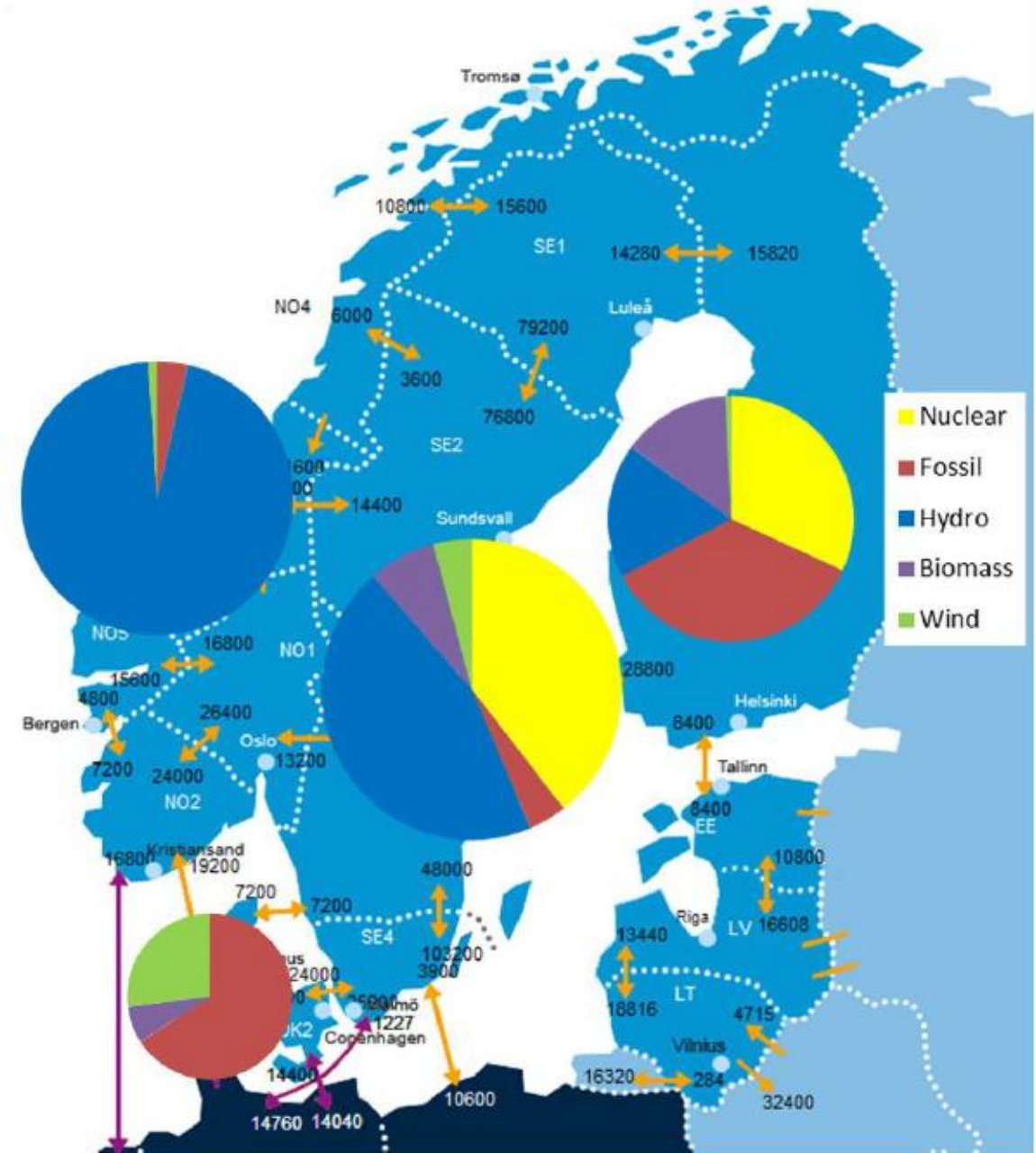
DENMARK – WIND POWER AND INTERCONNECTORS



NORDIC ELECTRICITY SYSTEM

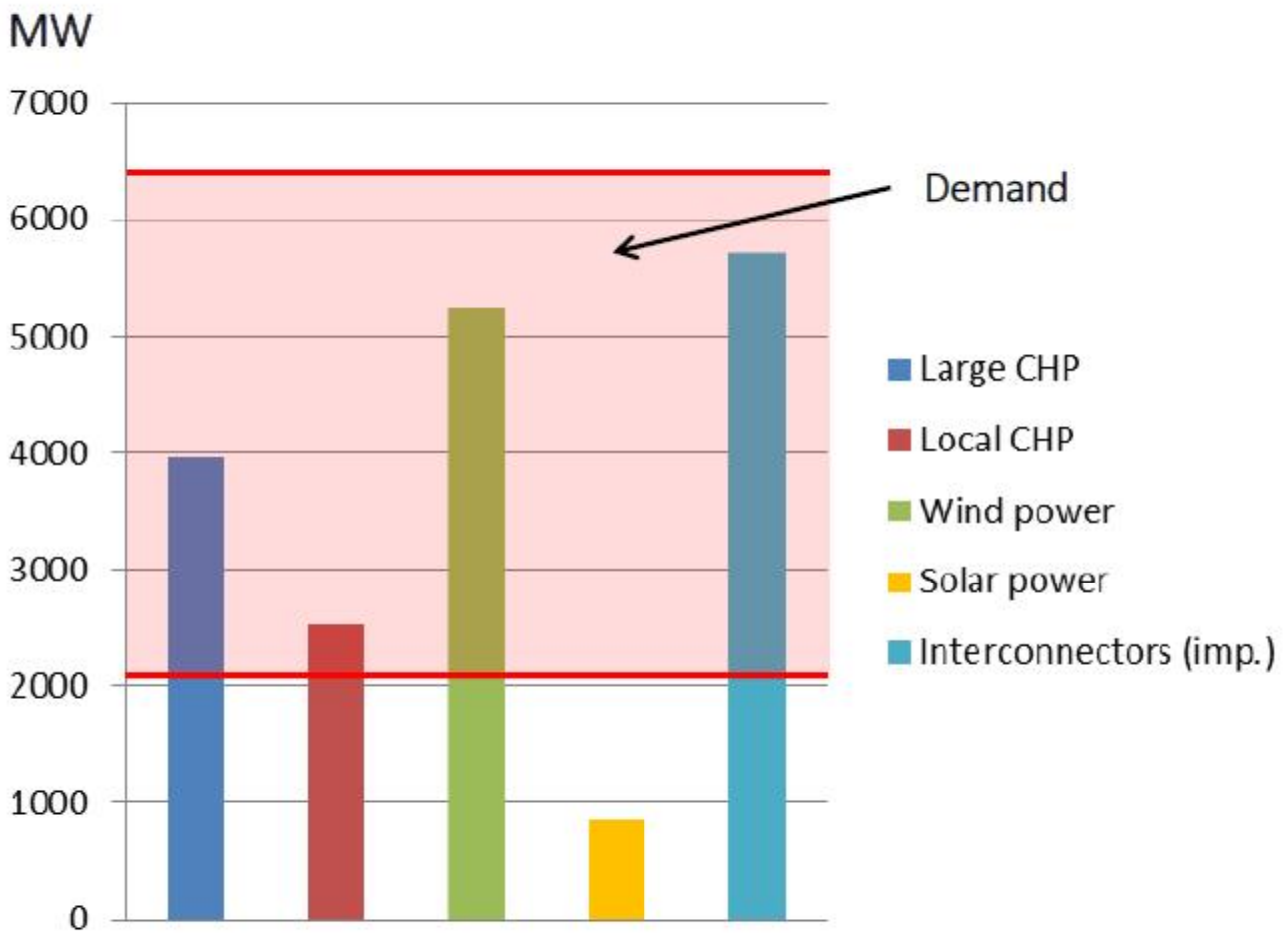
- ECONOMIC GAINS THROUGH COOPERATION

- Diversified generation system
 - High share of non-fossils
 - Large storage capacity
- Strong interconnections
 - AC and DC
- Integrated markets
 - Day-ahead, intraday and regulating
- Coordinated operation
 - Sharing of reserves
- Coordinated planning
 - Nordic and regional grid planning

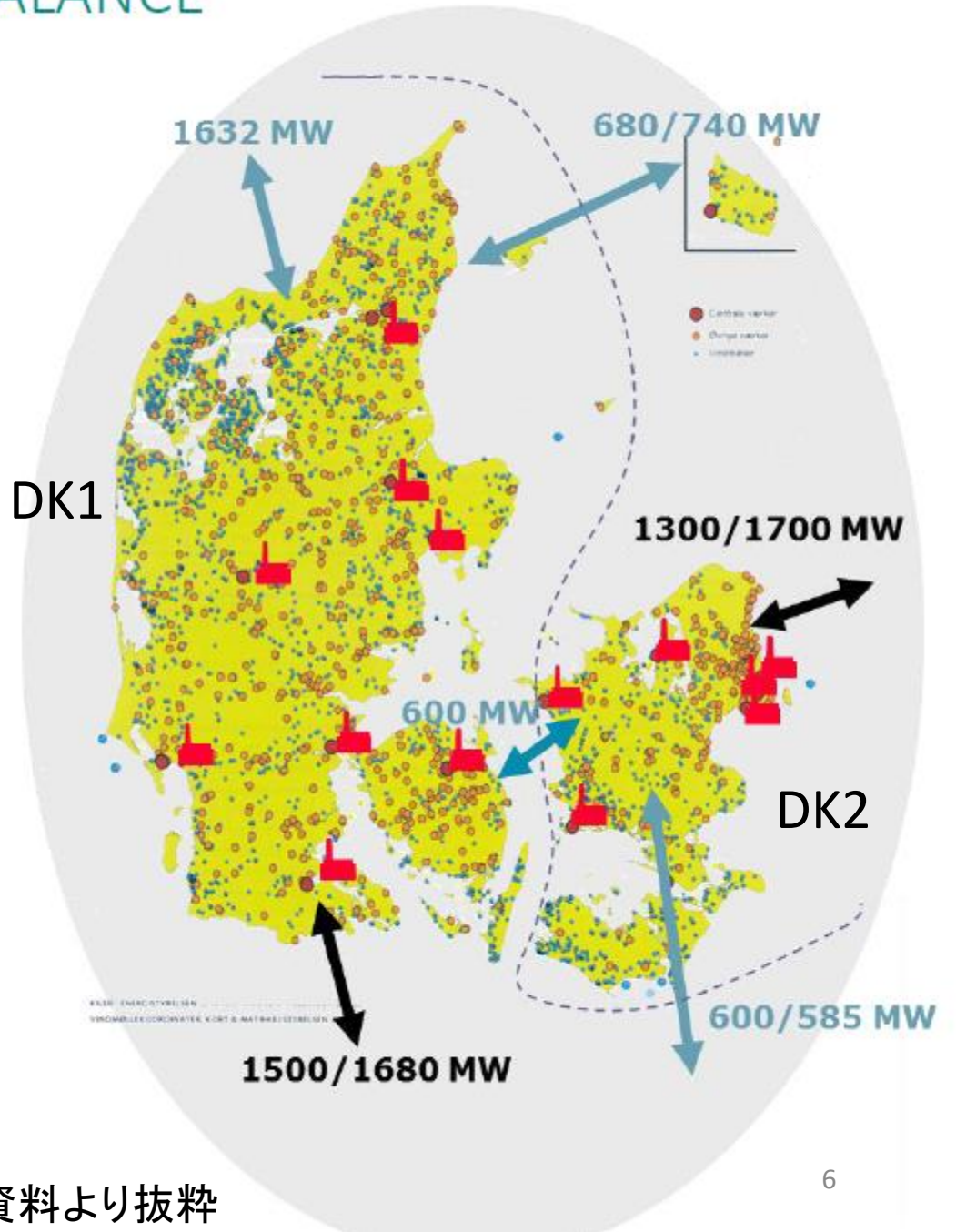


Energy mix 2013

THE DANISH ELECTRICITY SYSTEM – CAPACITY BALANCE



Installed capacities January 2017



(導入)前日市場(Elspot)約定量

2013.01~2021.04(単位:MWh)

	Total_buy	Total_sell	NO_buy	NO_sell	SE_buy	SE_sell	FI_buy	FI_sell	DK_buy	DK_sell
mean	37660	41654	13835	14549	14639	15865	5828	4249	3286	2986
			37%	35%	39%	38%	15%	10%	9%	7%
std.	7113	7677	2588	3304	3262	3562	994	1062	894	1347
max	58206	60791	21327	24489	24888	23984	9651	7661	6801	7902
min	22476	23634	8481	6459	7795	7446	3299	1947	1330	322

2020.01~2021.04(単位:MWh)

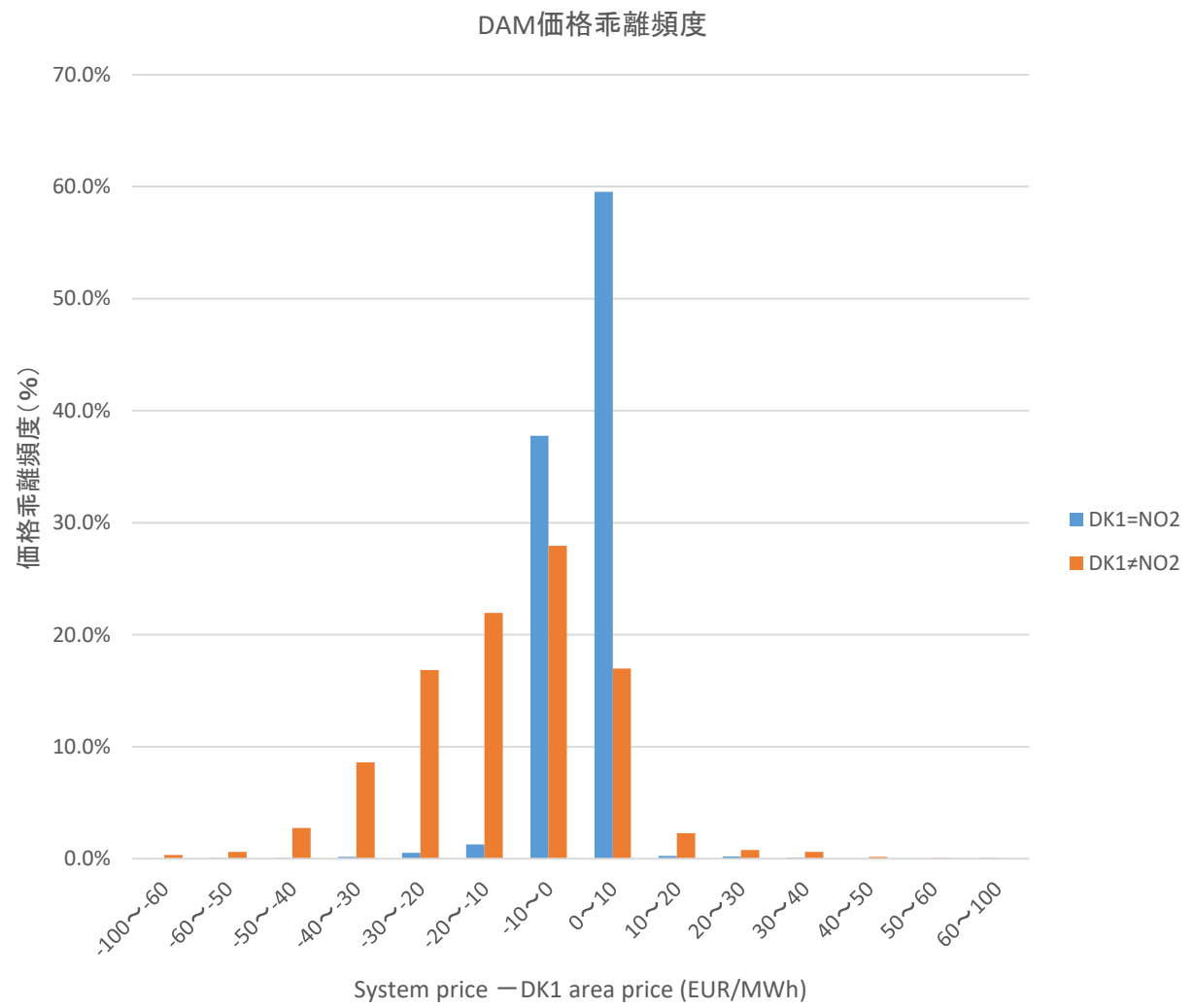
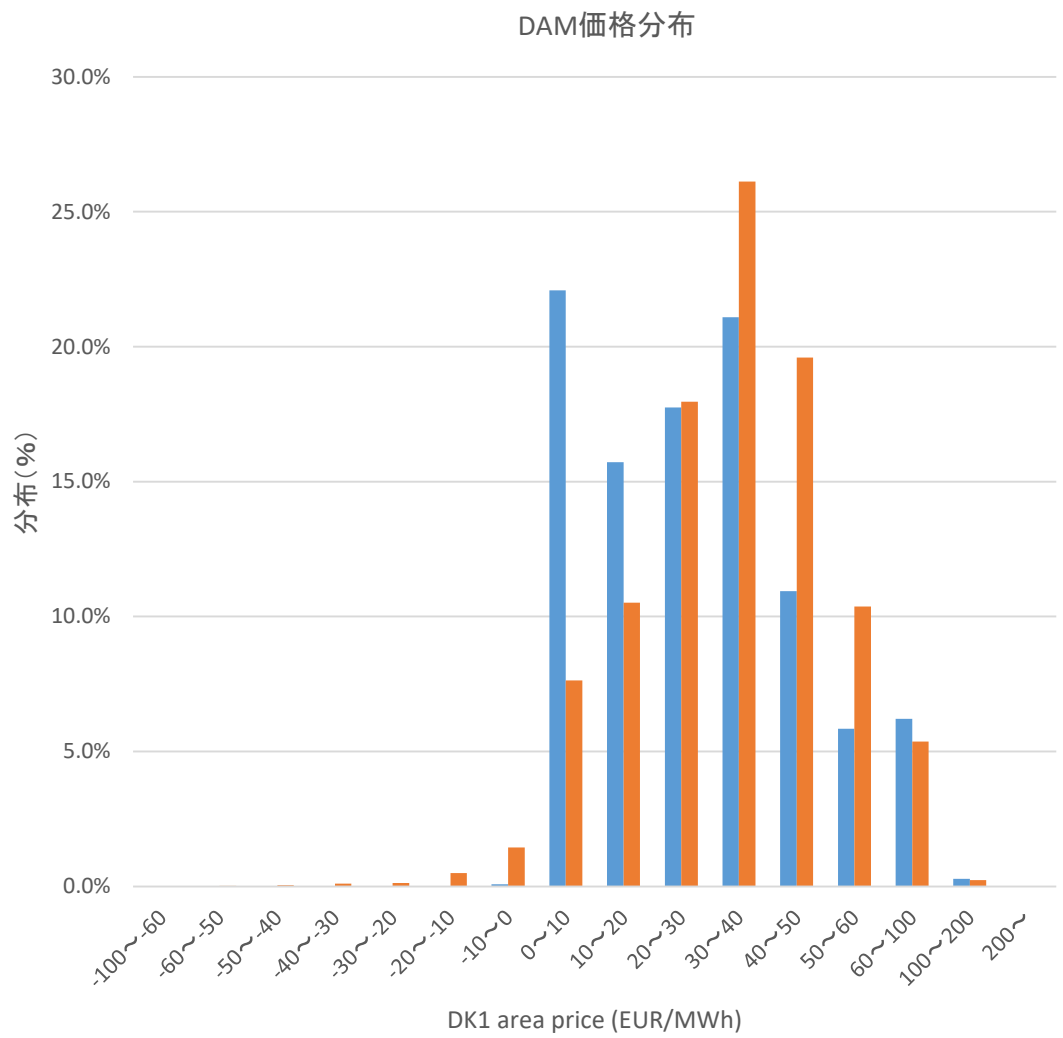
(参考)	DK1風力	DK2風力
mean	1503	387
std.	1052	314
median	1395	304
max	4385	1343
min	1	0

Elspot 価格動向 (1907-2104)

(単位: EUR/MWh)

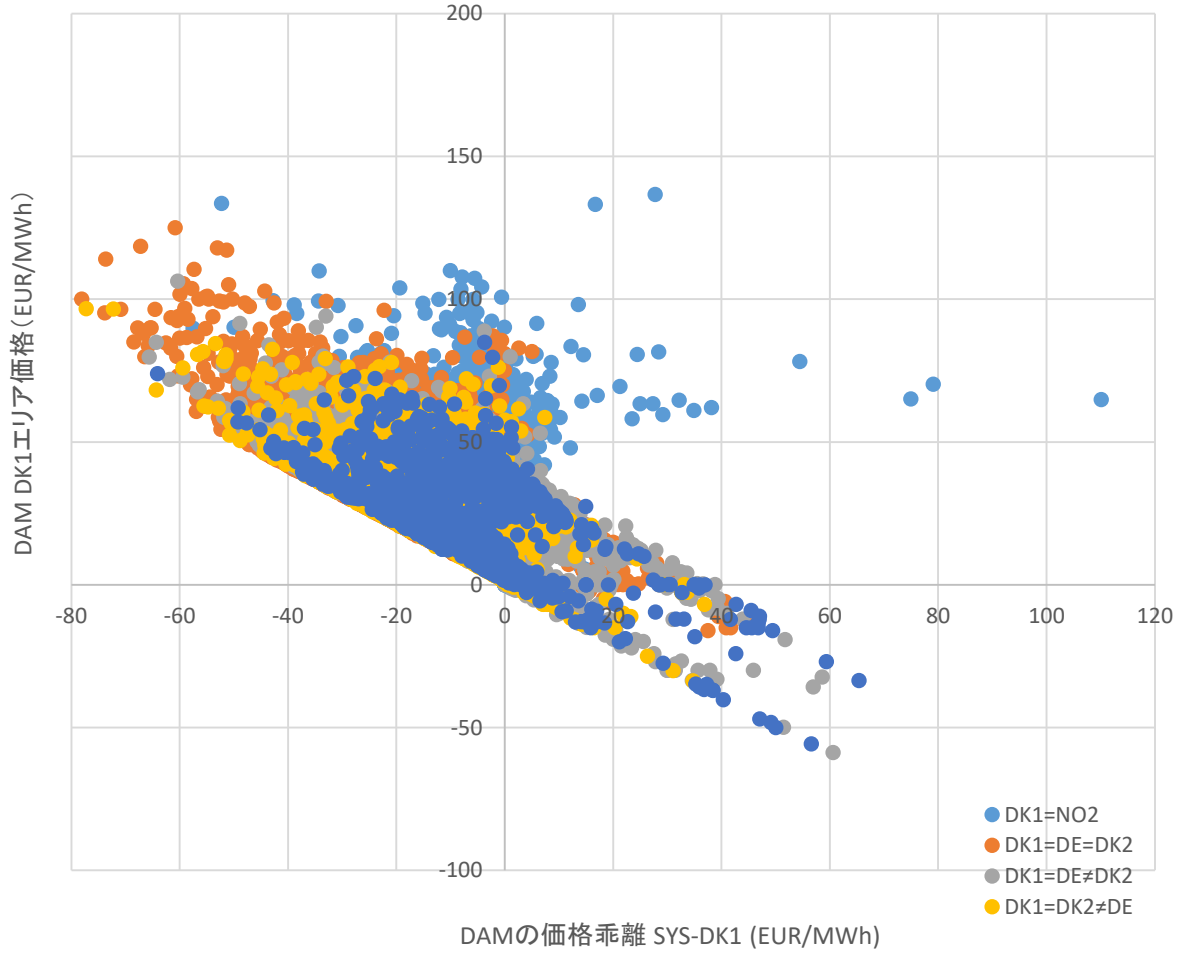
	SYS	DK1	DK2	NO2	SE3	SE4	DE
mean	23.3	32.5	35.2	23.0	35.9	36.3	35.8
std.	16.6	18.6	19.9	17.8	8.9	9.4	18.3
median	22.5	33.5	35.2	21.4	34.8	35.0	36.0
max	174.9	200.0	254.4	136.7	109.6	111.6	200.0
min	-0.9	-58.8	-42.7	-1.7	0.0	0.0	-83.9

(導入) Nord Pool — Elspotにおける価格分断

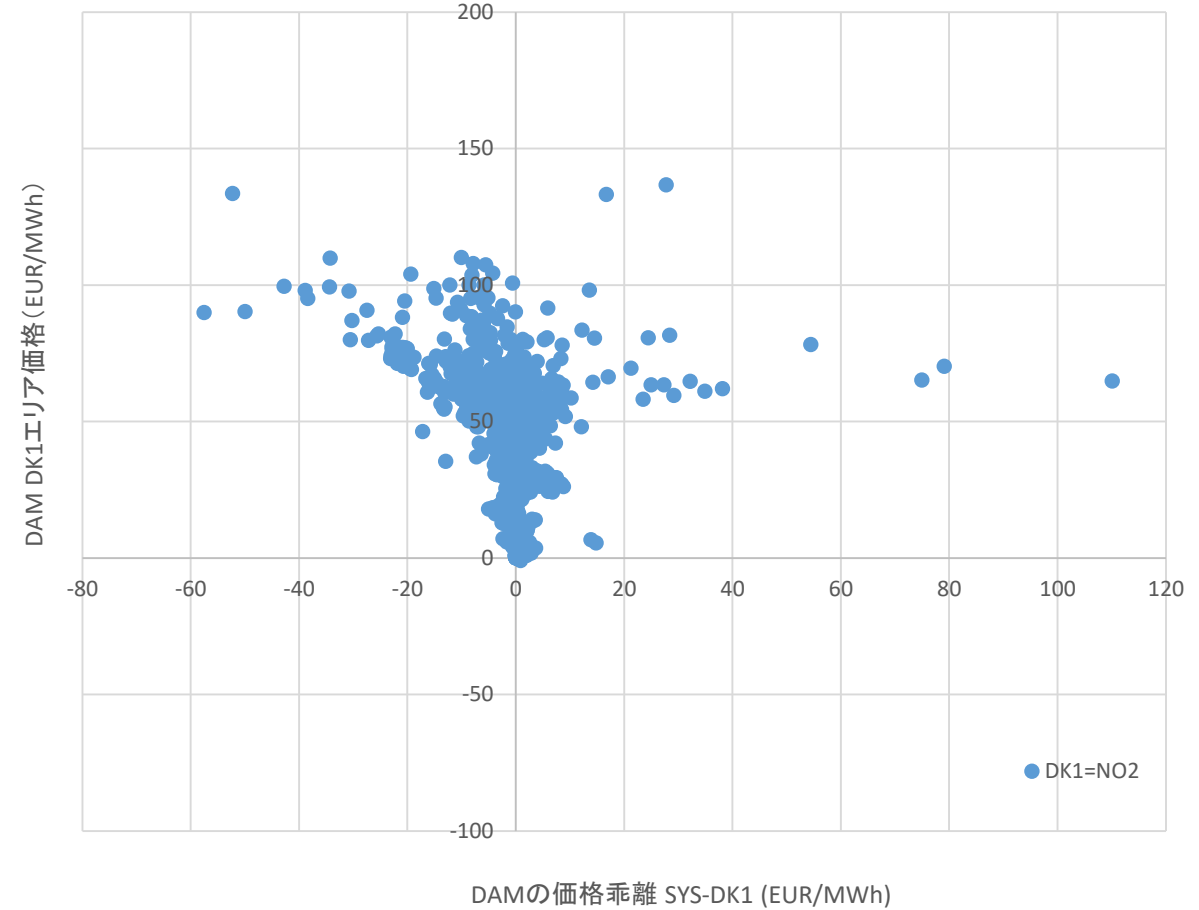


(導入) Nord Pool- Elspotにおける価格分断とエリア価格

DAMの価格乖離とDK1エリア価格

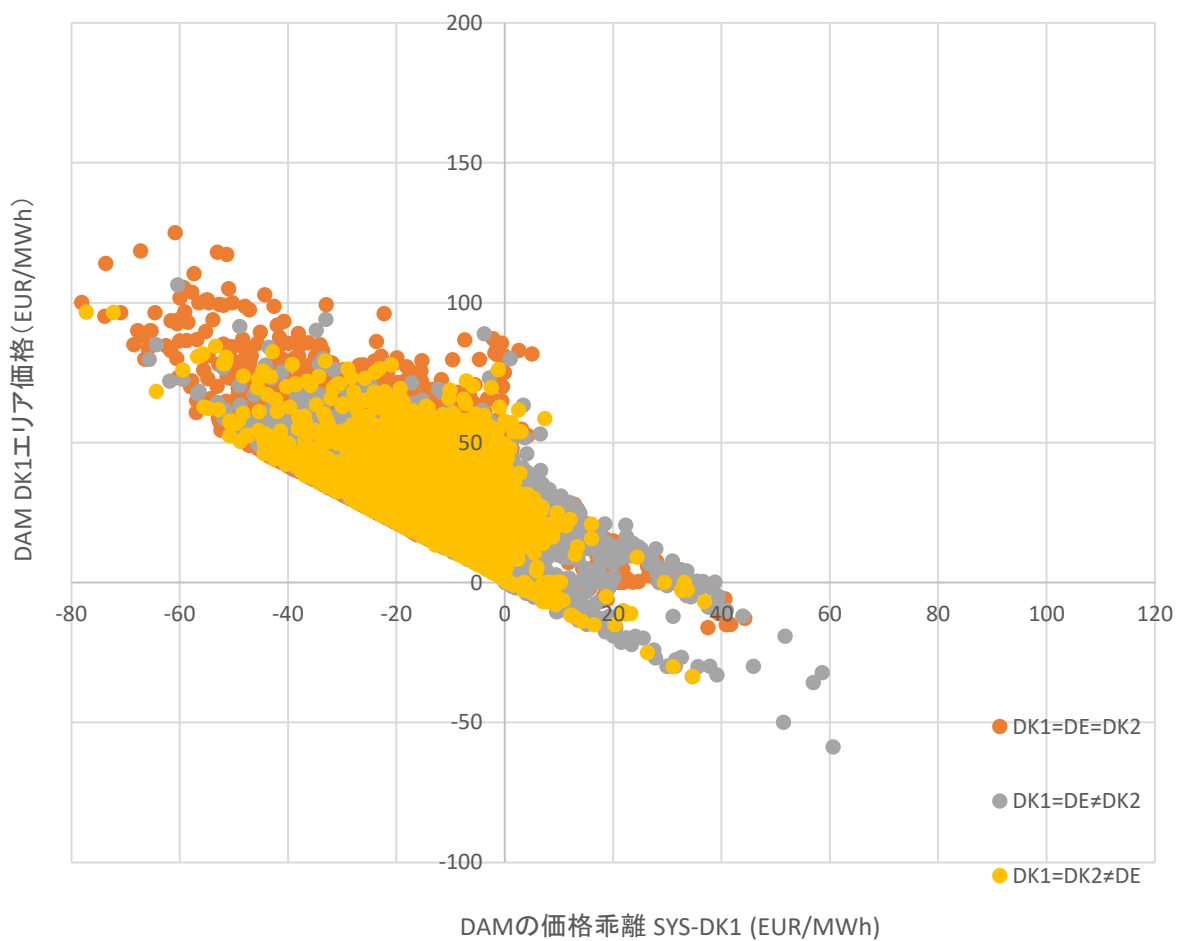


DAMの価格乖離とDK1エリア価格

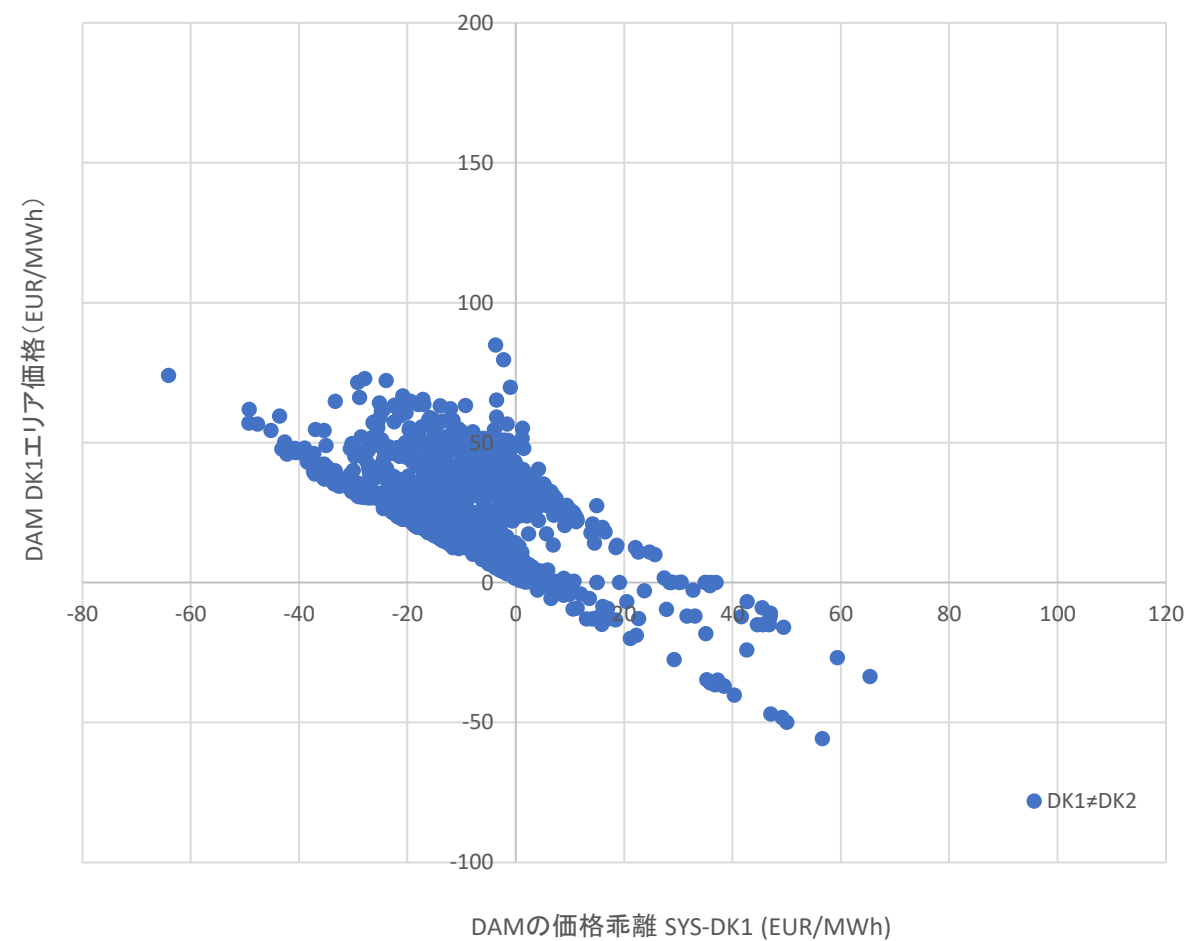


(導入) Nord Pool- Elspotにおける価格分断とエリア価格

DAMの価格乖離とDK1エリア価格

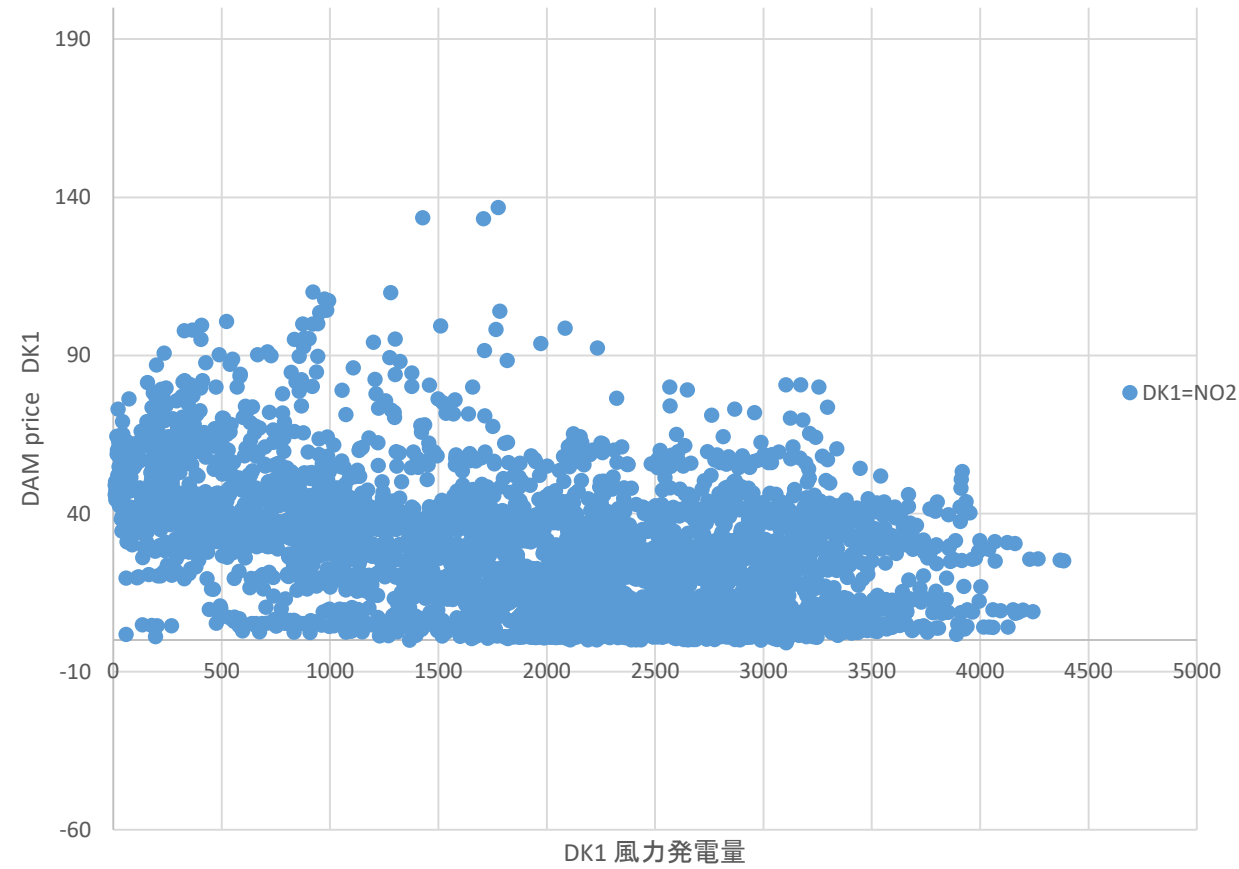


DAMの価格乖離とDK1エリア価格

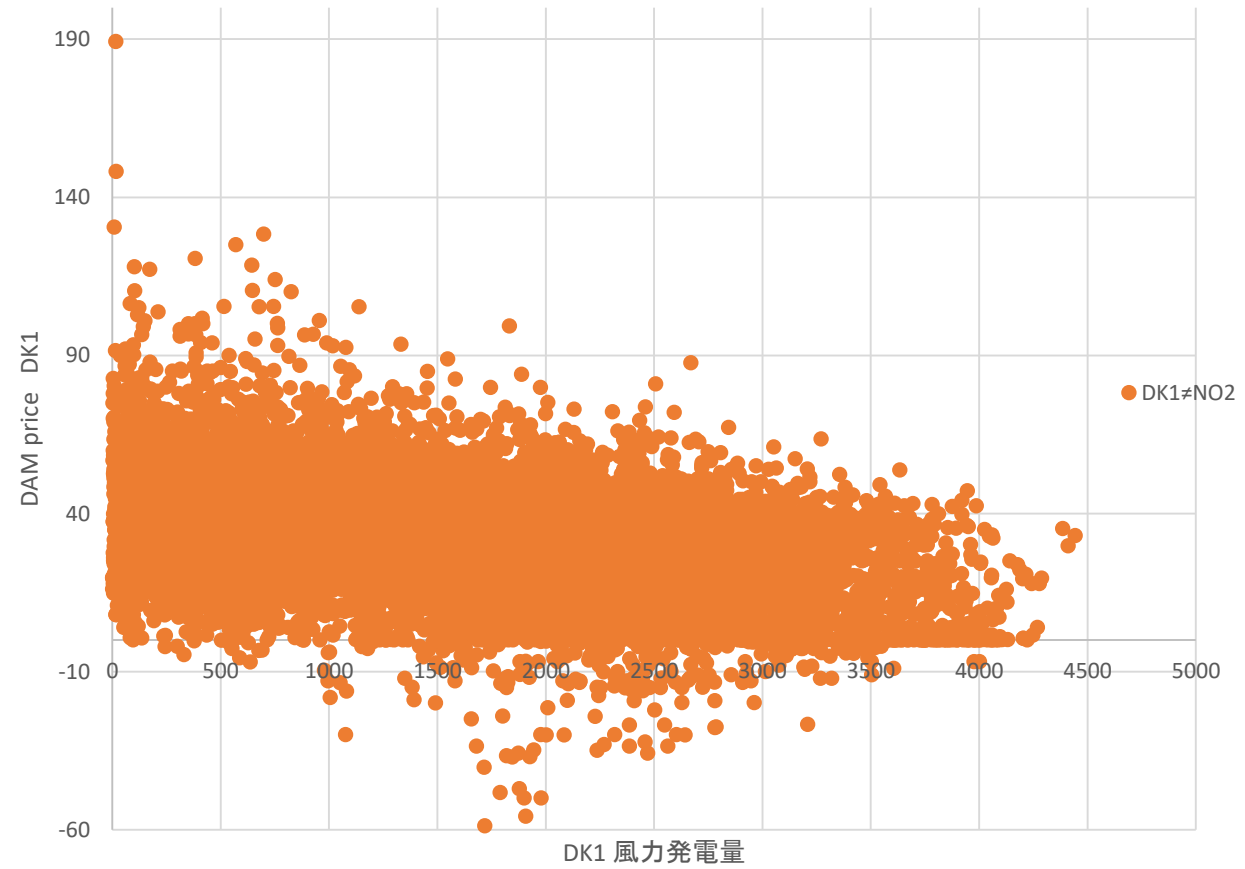


(導入) Nord Pool- Elspot 風力発電とエリア価格

風力発電量がDAMの価格に与える影響

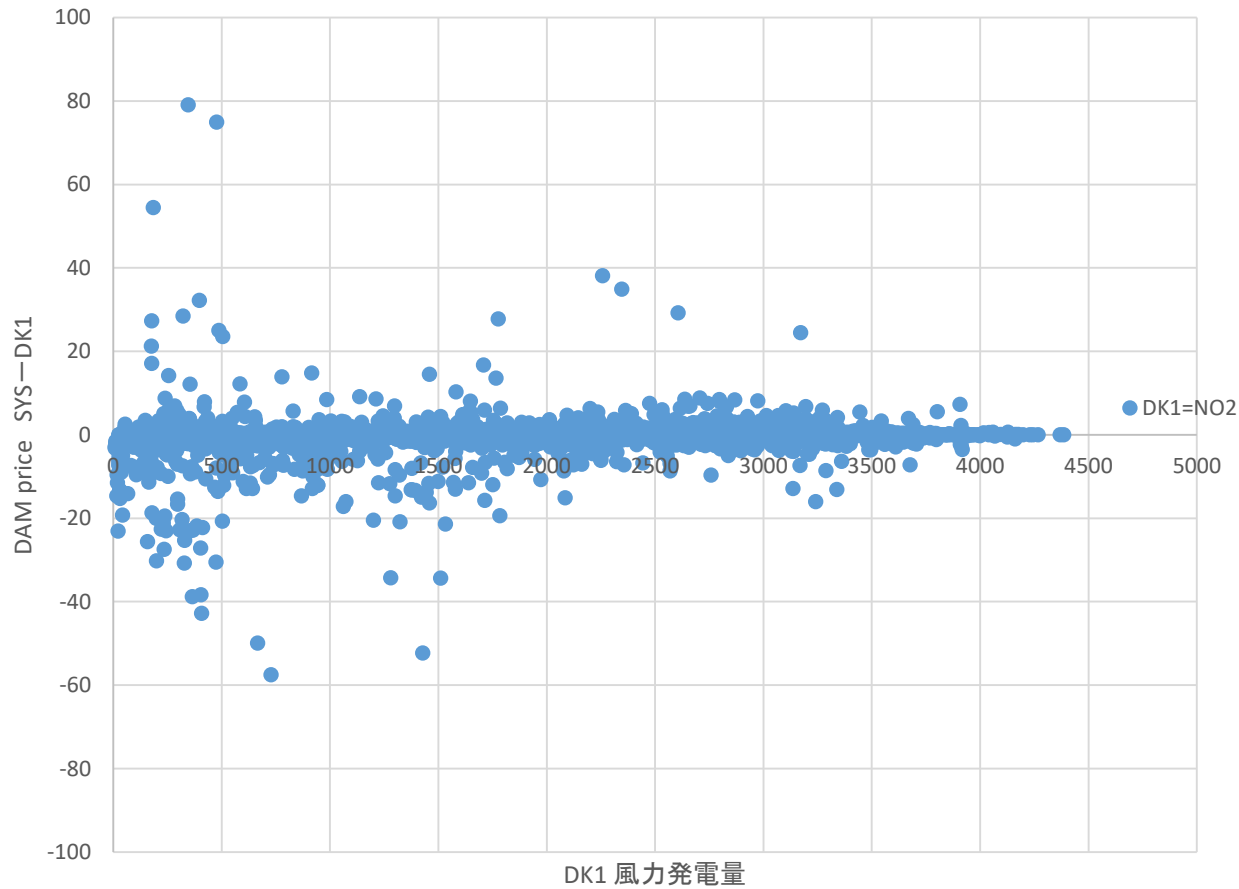


風力発電量がDAMの価格に与える影響

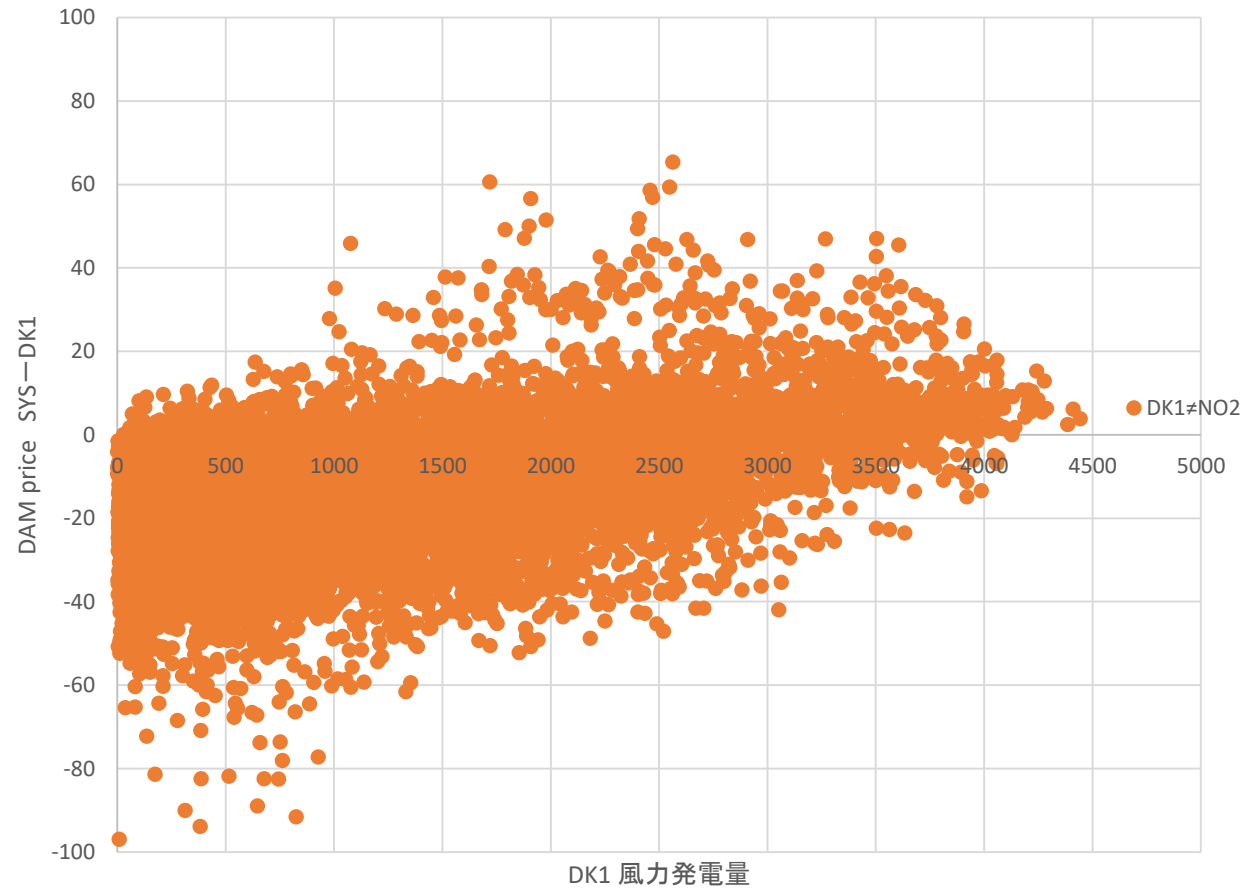


(導入) Nord Pool- Elspot 風力発電と価格分断の関係

風力発電量がDAMの価格乖離に与える影響

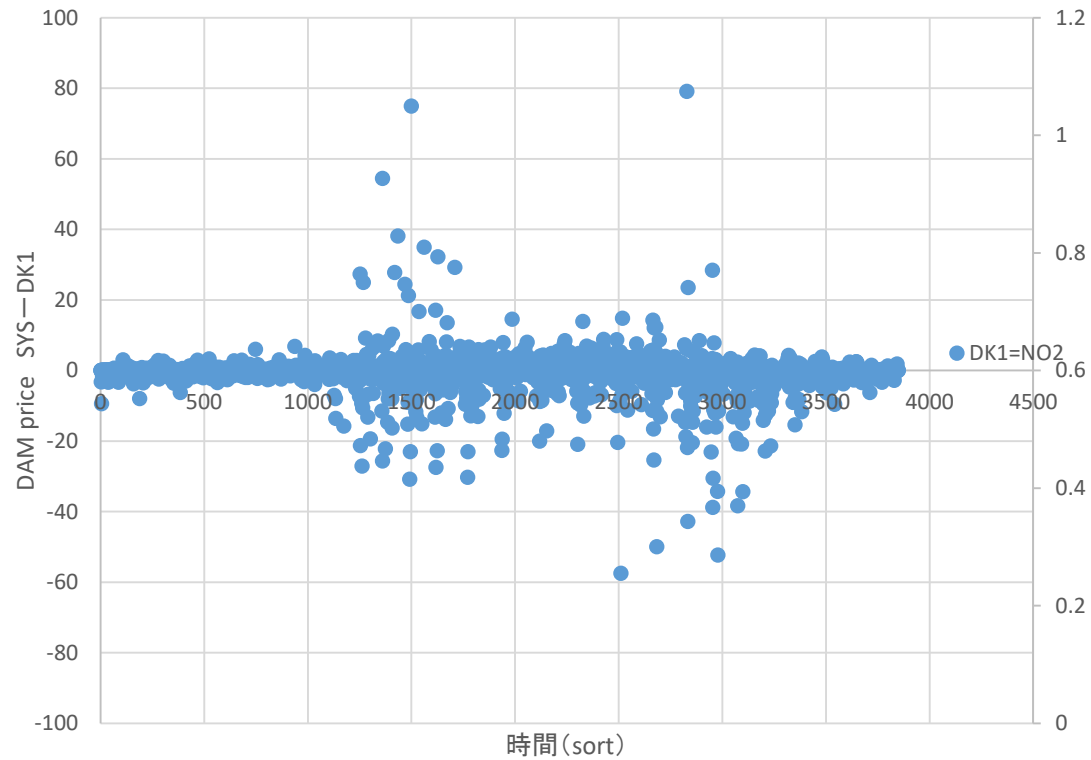


風力発電量がDAMの価格乖離に与える影響

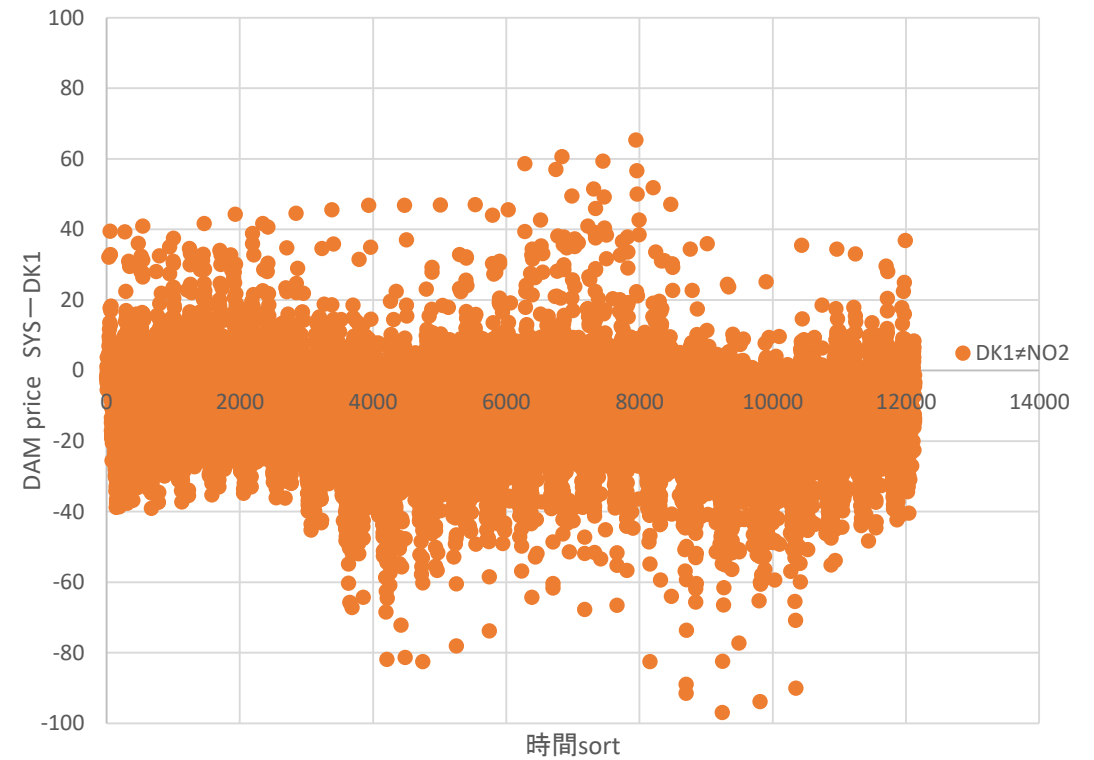


(導入) Nord Pool- Elspot 時間別価格分断

DAMの価格乖離(時間帯別)

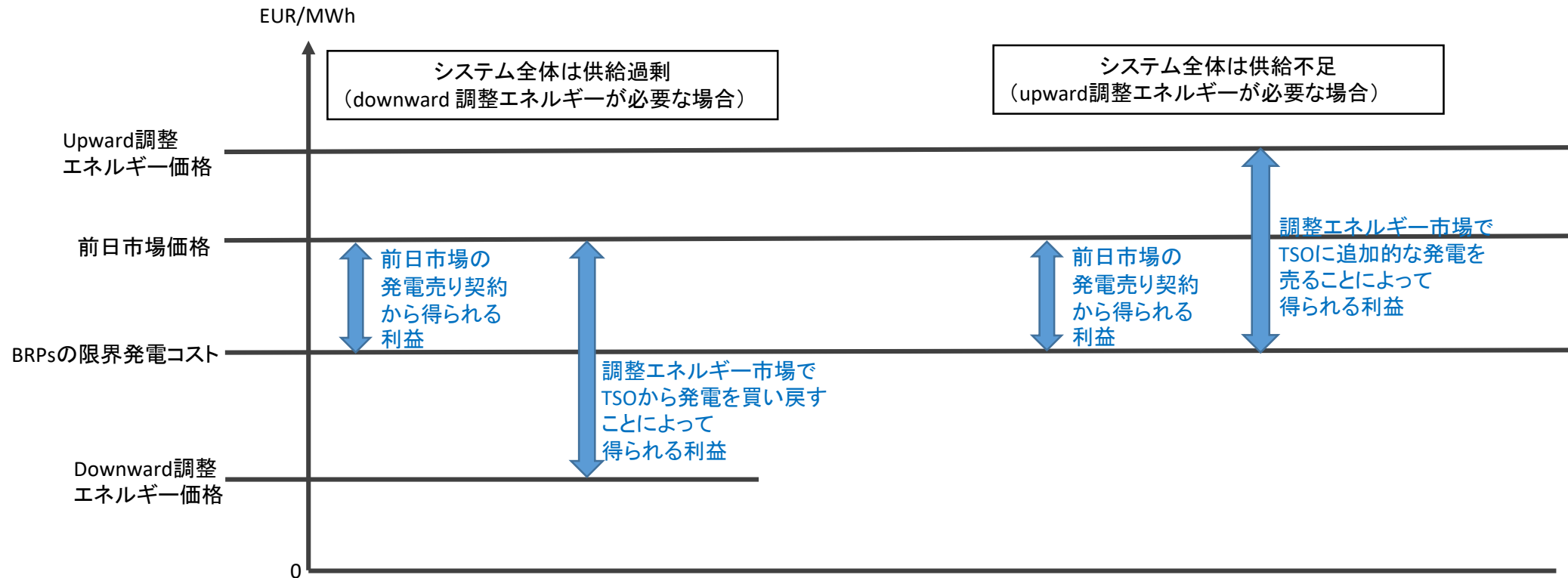


DAMの価格乖離(時間帯別)



Regulating power marketの実際

Regulating power marketが事業者にもたらす追加的利益 →結果的に、システムバランスにつながる



- システムインバランスを解消する方向に発電を引き上げたり引き下げることのできる電源は、Regulating Power Marketに入札して、追加的な収益機会を狙うことができる。
- また、regulationに入札することは、インバランスを発生させてしまった時のインバランス料金高騰を防ぐ保険として機能する。

Regulating power marketへの入札量

2013.01~2021.04(単位: MW)

	Total up	Total down	NO up	NO down	SE up	SE down	FI up	Fi down	DK1 up	DK1 down	DK2 up	DK2 down
mean	13951	10731	7145	7141	3108	1836	1925	510	904	1126	868	119
			51%	67%	22%	17%	14%	5%	6%	10%	6%	1%
std.	3894	4129	2853	3020	1023	1049	308	219	263	580	140	112
max	27204	24099	16297	16488	7123	6488	3138	1793	2579	3714	1340	1929
min	5531	1182	1239	325	534	0	0	0	0	0	0	0

2019.07~2021.04(単位: MW)

	DK1=NO2	DK1≠NO2	DK1≠NO2	DK1≠NO2	DK1≠NO2		DK1=NO2	DK1≠NO2	DK1≠NO2	DK1≠NO2	DK1≠NO2
		DK1≠SE3	DK1≠SE3	DK1≠SE3	DK1≠SE3			DK1≠SE3	DK1≠SE3	DK1≠SE3	DK1≠SE3
		DK1=DE	DK1=DE	DK1≠DE	DK1≠DE			DK1=DE	DK1=DE	DK1≠DE	DK1≠DE
DK1_reg bid_up			DK1≠DK2	DK1=DK2	DK1≠DK2	DK1_reg bid_down			DK1≠DK2	DK1=DK2	DK1≠DK2
mean	790	695	815	754	827	mean	1813	1152	1297	1608	1684
std.	212	208	315	241	297	std.	671	559	618	659	610
median	760	627	743	687	756	median	1862	1058	1232	1512	1638
max	1500	1955	2369	2324	2579	max	3691	3714	3278	3635	3670
min	344	341	379	347	404	min	0	0	0	227	218

前日市場(Elspot)約定量

2013.01~2021.04(単位:MWh)

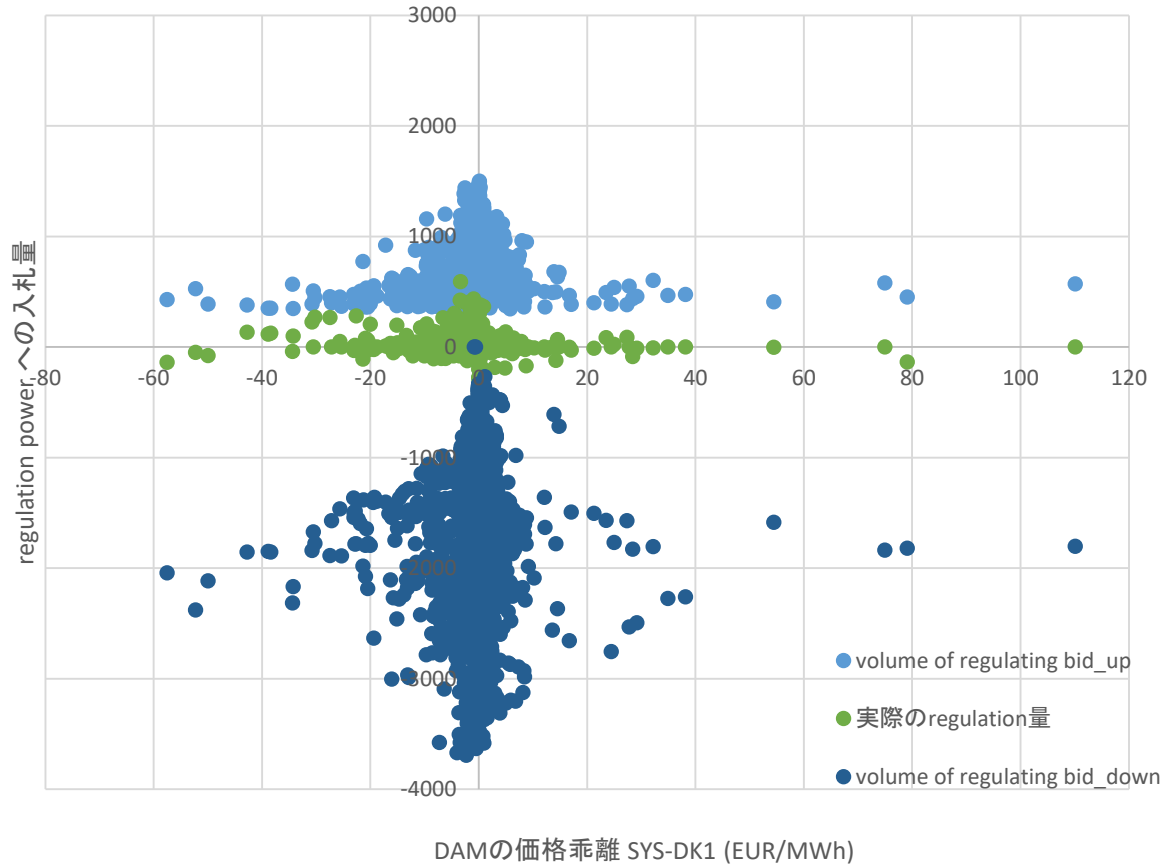
	Total_buy	Total_sell	NO_buy	NO_sell	SE_buy	SE_sell	FI_buy	FI_sell	DK_buy	DK_sell
mean	37660	41654	13835	14549	14639	15865	5828	4249	3286	2986
			37%	35%	39%	38%	15%	10%	9%	7%
std.	7113	7677	2588	3304	3262	3562	994	1062	894	1347
max	58206	60791	21327	24489	24888	23984	9651	7661	6801	7902
min	22476	23634	8481	6459	7795	7446	3299	1947	1330	322

2020.01~2021.04(単位:MWh)

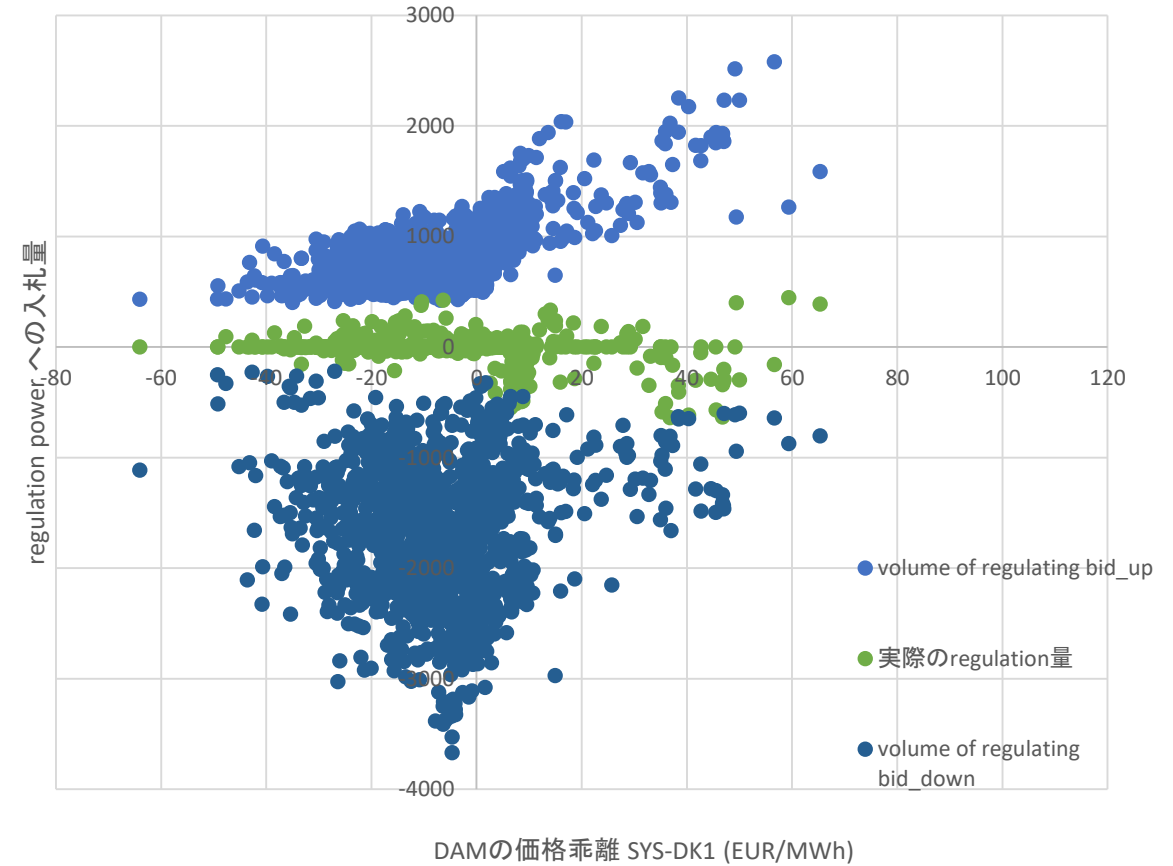
(参考)	DK1風力	DK2風力
mean	1503	387
std.	1052	314
median	1395	304
max	4385	1343
min	1	0

Regulating power の入札量・稼働量

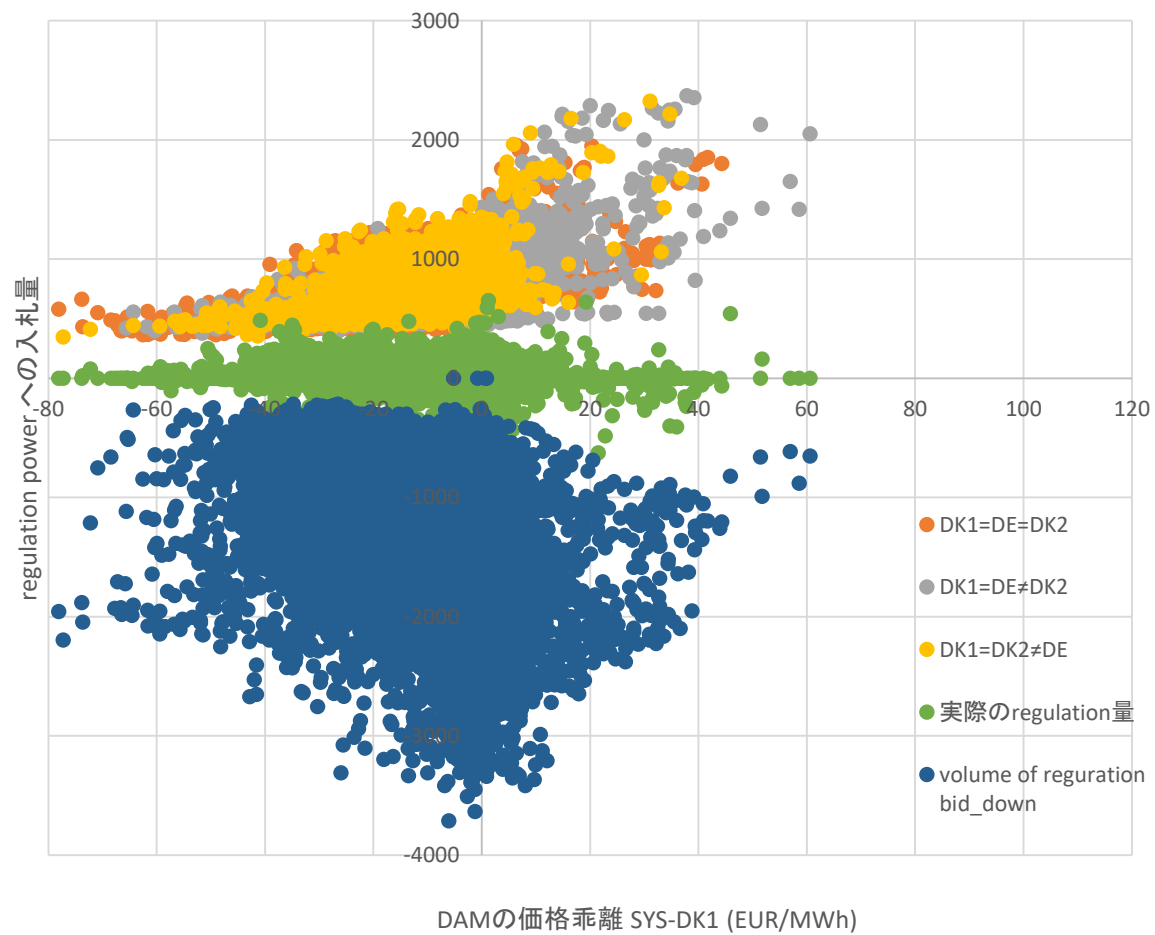
DAMの価格乖離とregulating powerへの入札量, 実際のregulation量



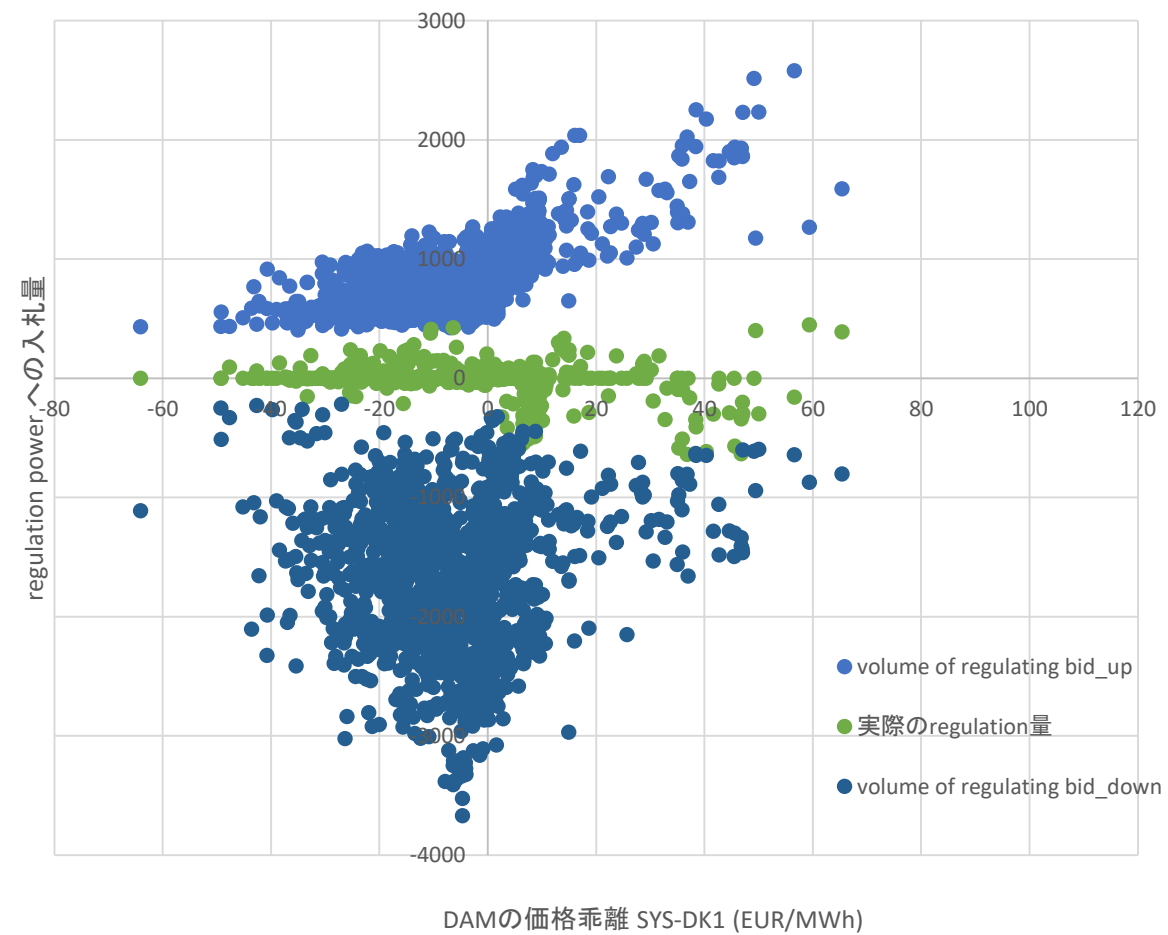
DAMの価格乖離とregulating powerへの入札量, 実際のregulation量



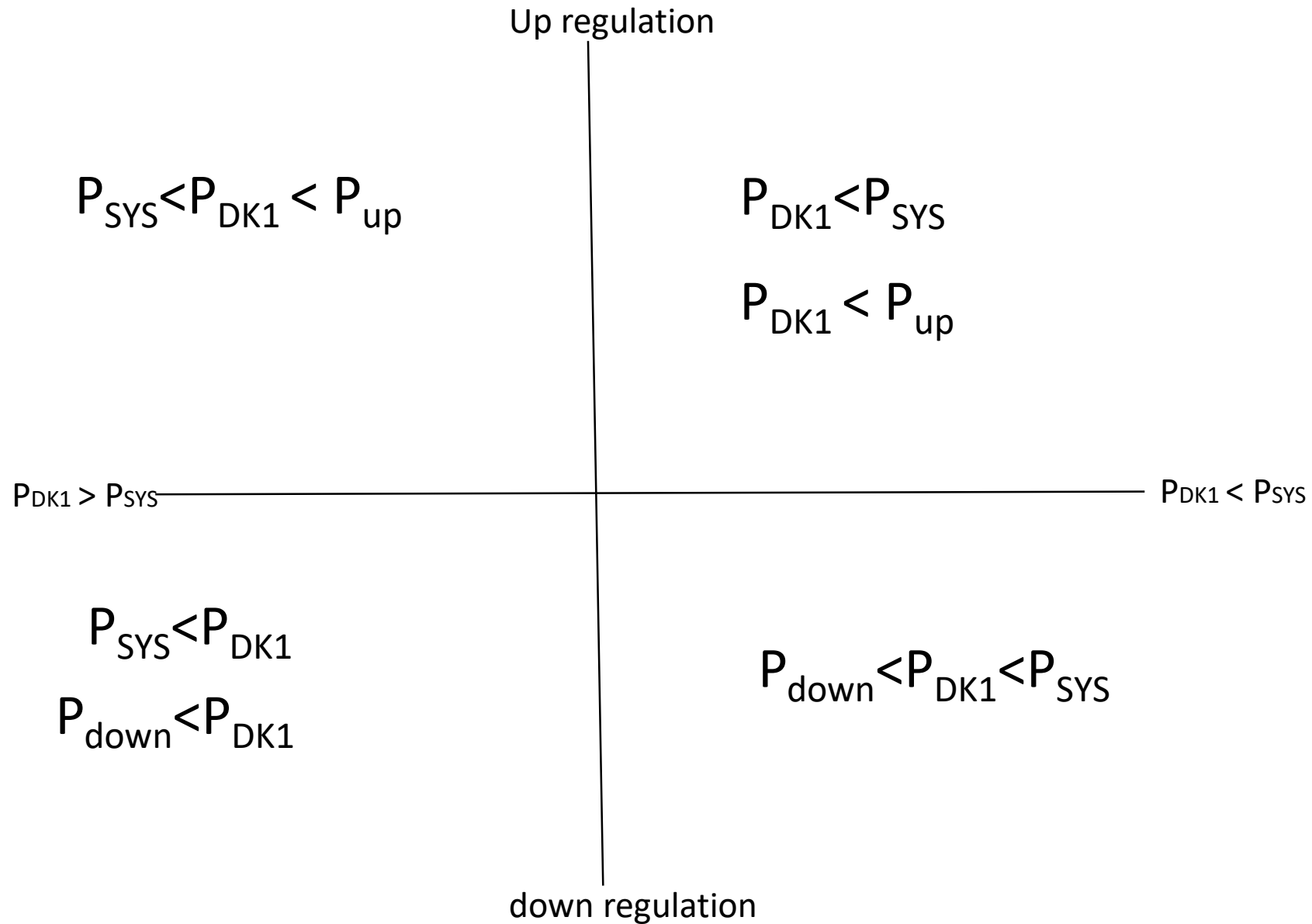
DAMの価格乖離とregulating powerへの入札量, 実際のregulation量



DAMの価格乖離とregulating powerへの入札量, 実際のregulation量

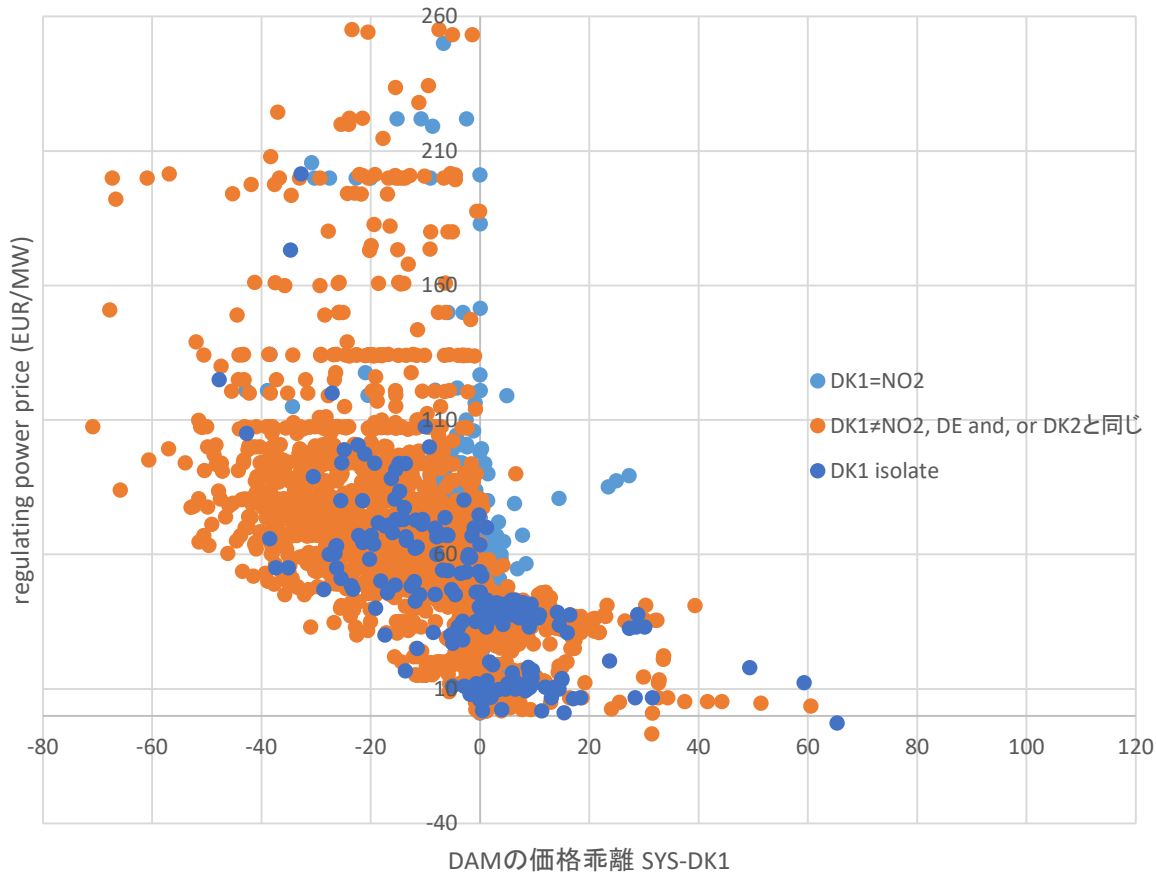


Regulating powerの稼働と価格の関係

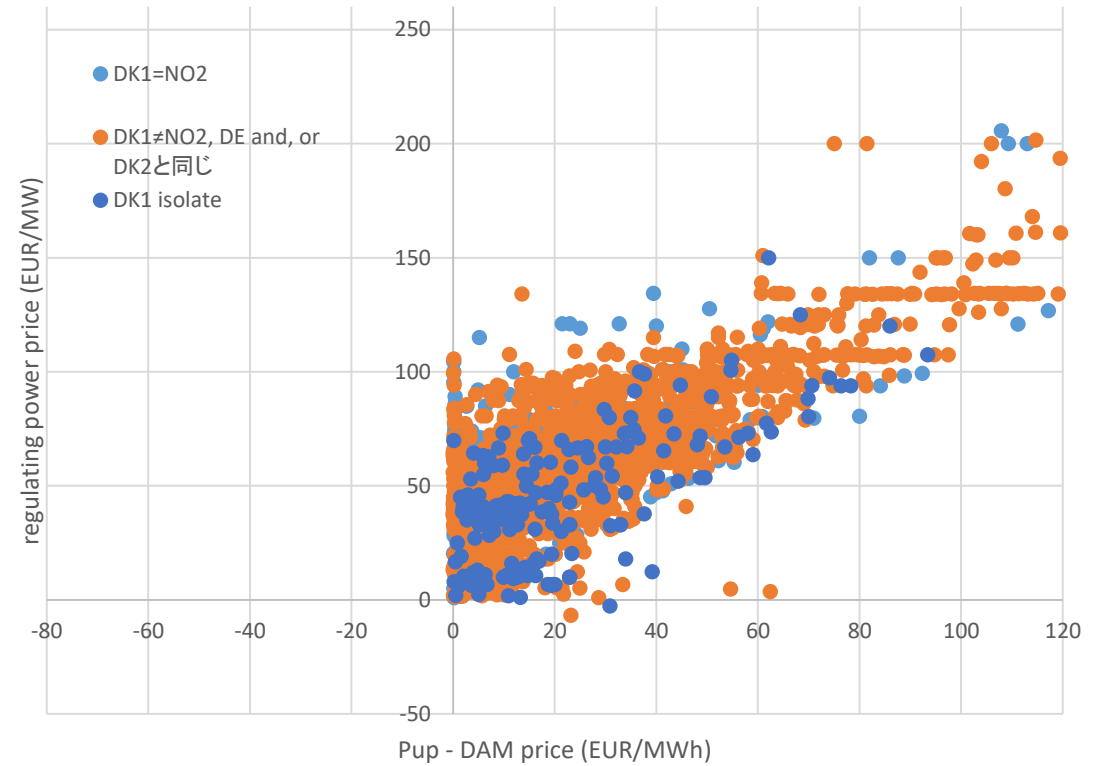


Regulating power priceの分布と調整のコスト

up regulation price

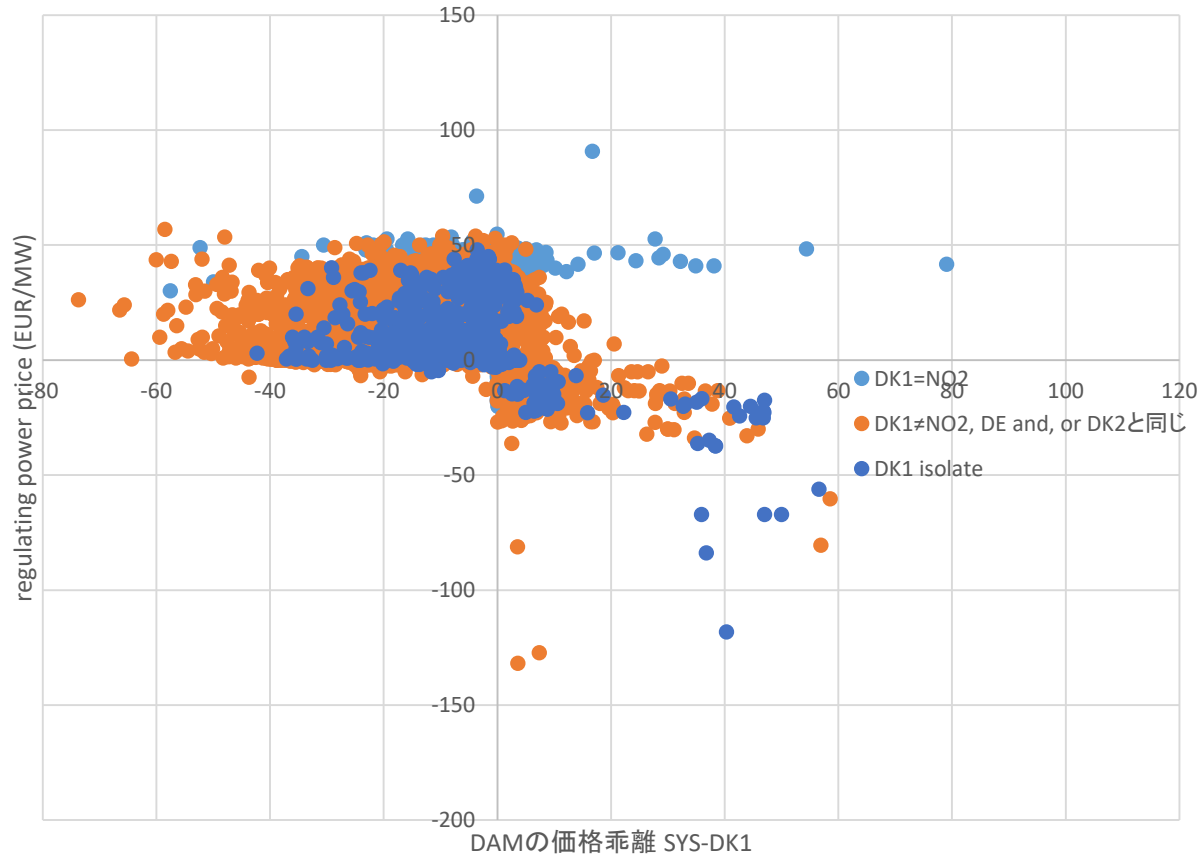


up regulation (電力売り増し)の利幅

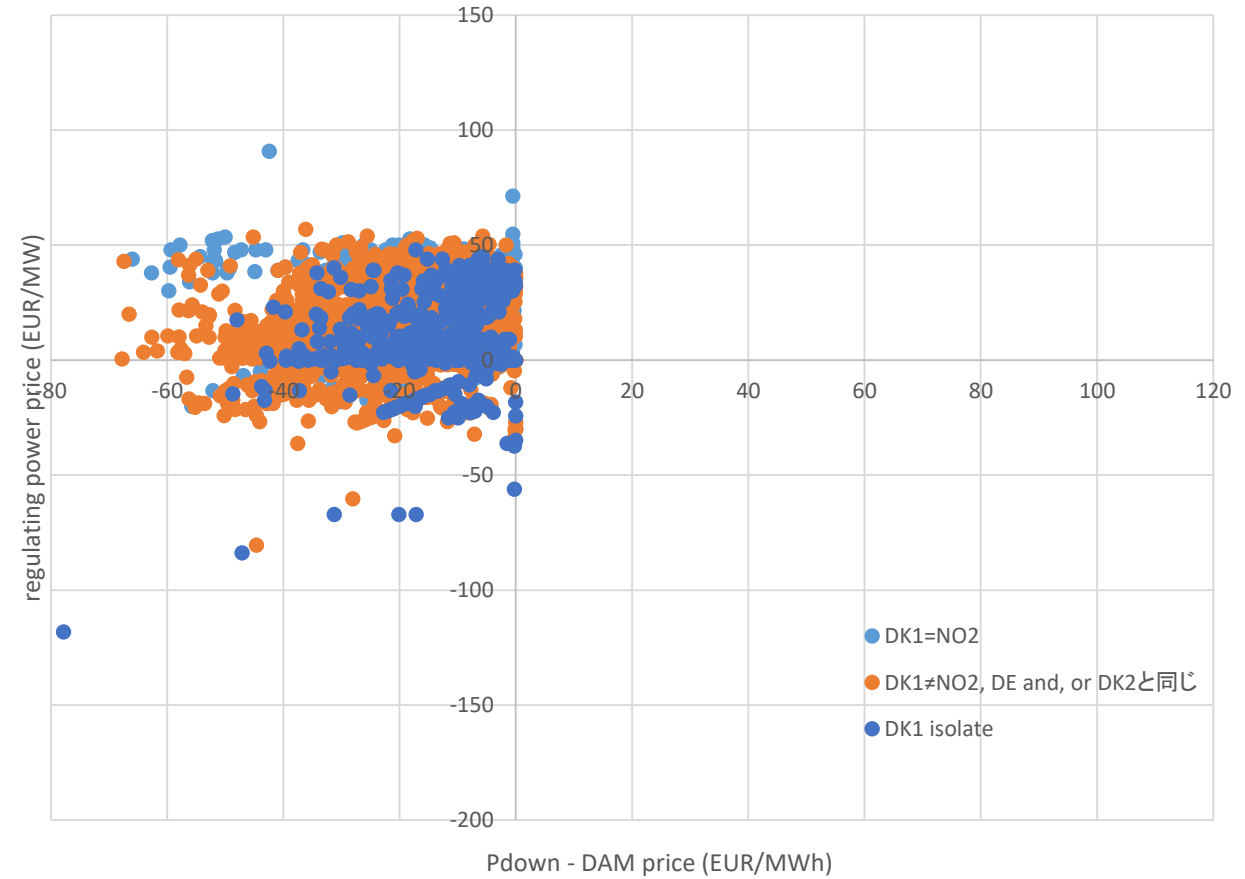


Regulating power priceの分布と調整のコスト

down regulation price



down regulation (電力の買戻し) の利幅



調整のコスト

	総時間数	up発動時間	発動比率	平均 regulation price	平均調整コスト
	時間	時間	%	EUR/MWh	EUR/MWh
DK1=NO2	3849	1076	28%	38.8	8.8
DK1=DE,DK2	10724	2217	21%	64.6	29.3
DK1 isolate	1408	232	16%	43.5	20.5
合計	15981	3525	22%		

	総時間数	down発動時間	発動比率	平均 regulation price	平均調整コスト
	時間	時間	%	EUR/MWh	EUR/MWh
DK1=NO2	3849	1885	49%	19.9	-6.8
DK1=DE,DK2	10724	4079	38%	17.5	-16.5
DK1 isolate	1408	641	46%	9.4	-13.5
合計	15981	6605	41%		

結論

- Nord poolのRegulating power marketに入札を行うことによって、事業者は追加的な利益を得るチャンスを得ており、これが調整力への入札のインセンティブになっている。
- 調整力への入札は、前日市場約定量の1/3-1/4に及ぶ。特に、発電買戻しも含めたdown regulationへの入札は規模が大きい。
- ただし、Nord-poolにおける調整コストは、前日市場の価格分断の有無によって大きく左右される。
- 水力源を持つノルウェーと価格分断がある場合、特にup-regulationの平均価格は高くなる。