



## 日本における座礁資産と石炭火力： 環境関連リスク・エクスポージャーの分析

ベン・カルデコット (Ben Caldecott)

オックスフォード大学スミス企業環境大学院  
持続可能性金融プログラム  
ディレクター

Email

[ben.caldecott@smithschool.ox.ac.uk](mailto:ben.caldecott@smithschool.ox.ac.uk)

Twitter

[@bencaldecott](https://twitter.com/bencaldecott)

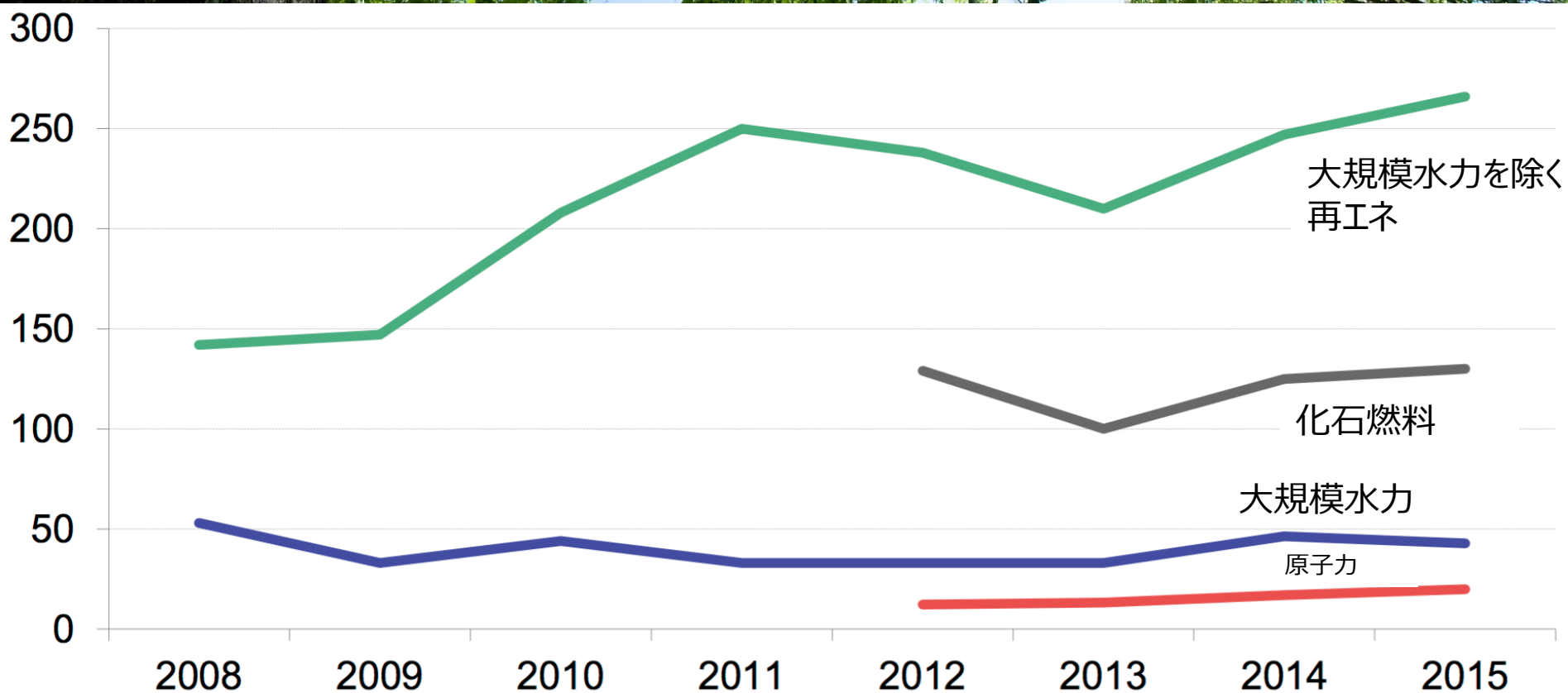
# 座礁資産と環境関連リスク

座礁資産とは、不測または時期尚早の償却、評価切り下げ、または負債への転換に見舞われる資産を意味する





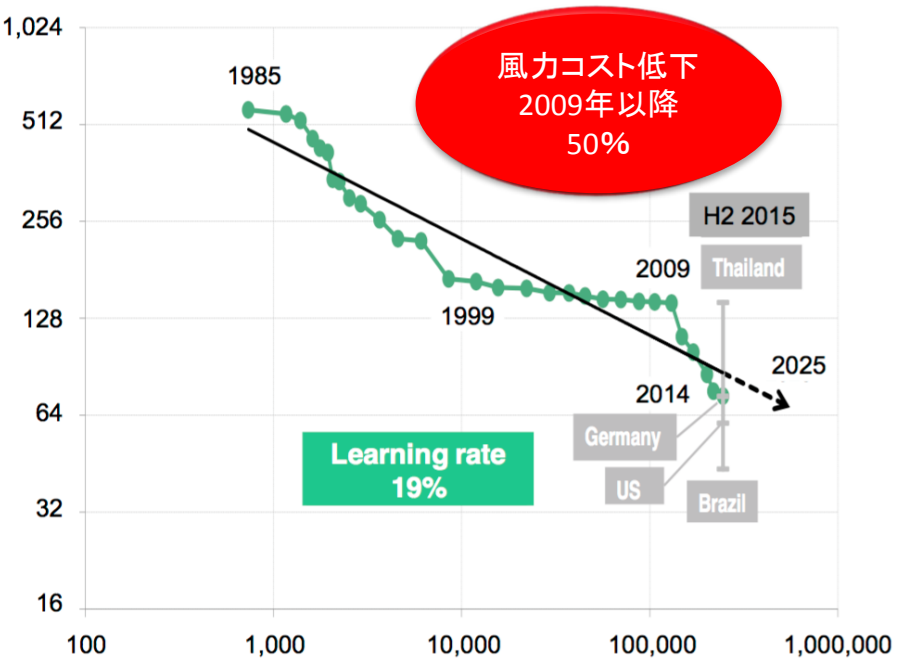
# 電力の設備容量における投資(2008~2015年)(単位:10億ドル)





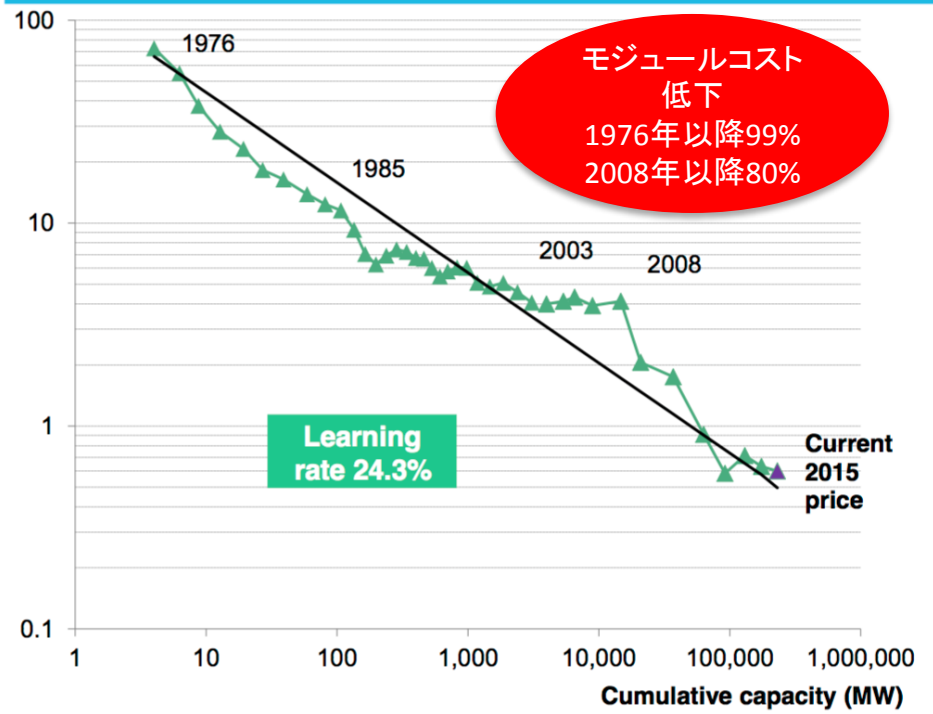
# 風力・太陽光発電の経験曲線

## 陸上風力発電コスト (\$/MWh)



Note: Pricing data has been inflation corrected to 2014. We assume the debt ratio of 70%, cost of debt (bps to LIBOR) of 175, cost of equity of 8% Source: Bloomberg New Energy Finance

## 太陽光発電コスト (\$/W)



Note: Prices are in real (2015) USD. 'Current price' is \$0.61/W Source: Bloomberg New Energy Finance, Maycock



# エネルギー予測の一致と現実

Chart 1 : 全エネルギー需要の年平均成長率 (2014-2040年)

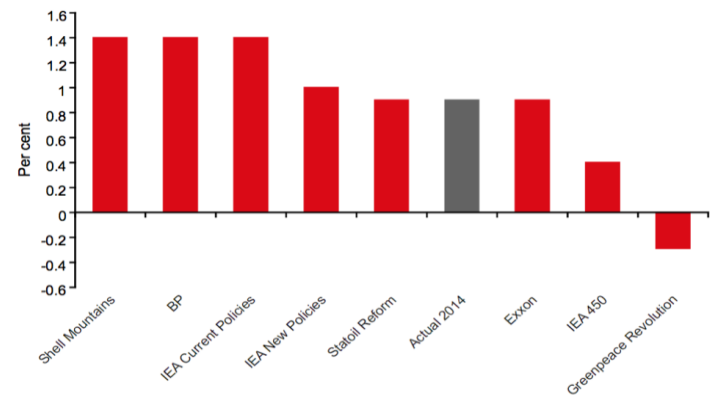


Chart 2 : 太陽光、風力供給の年平均成長率 (2014-2040年)

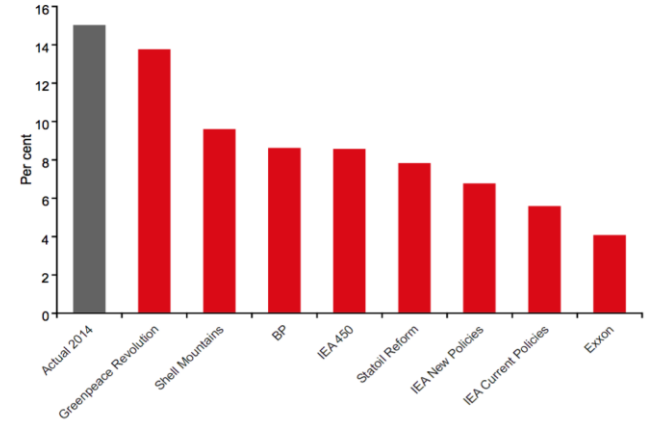


Chart 4 : 化石燃料供給の年平均成長率 (2014-2040年)

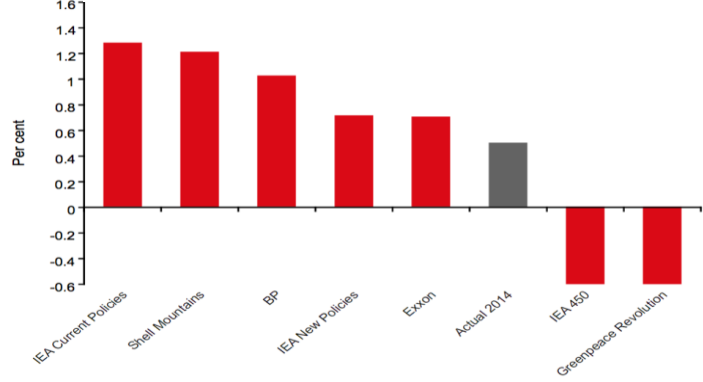
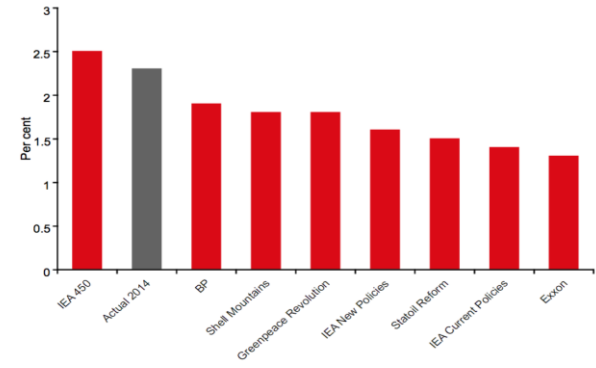


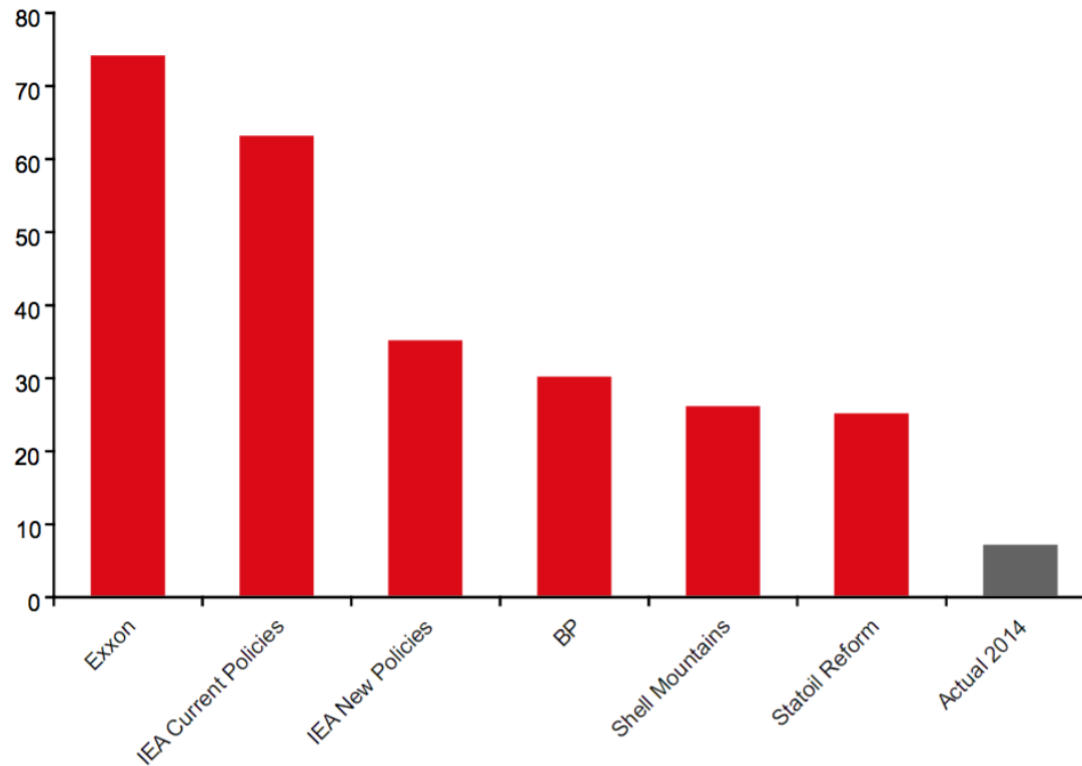
Chart 3 : 原子力、水力、バイオマス供給の年平均成長率 (2014-2040年)





## 転換点までの年数

転換点とは、世界のエネルギー供給増加分が全て再生可能エネルギーによって占められ、化石燃料の供給が原則に転じる点を示す



## エクスポージャーとそれが問題になる理由

投資チェーンを通じてどのような環境リスクと機会があるのか、異なるステークホルダーはどのようなデータを必要とするか

### 資産



様々な環境リスクと投資の機会への経済的リスク(エクスポージャー)

### 企業



危険にさらされる  
自社資産

### 資産管理



自社の負債と株

### 資産所有者



資産管理への資金の分散または自己による資産管理

### 政策決定者と規制者

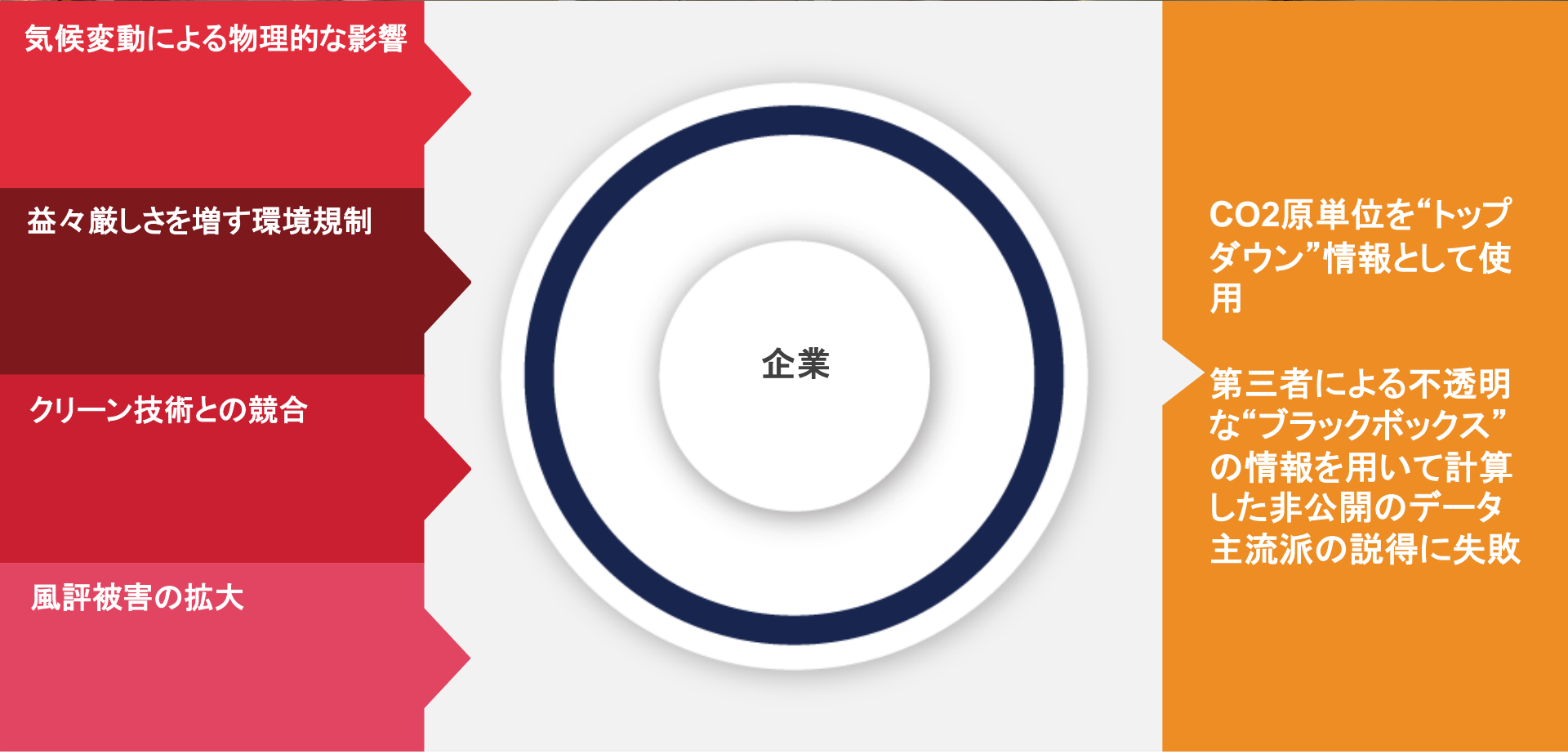


マイクロ・プルーデンス・リスク、システミック・リスク、経済成長および国別目標(NDCs)実現の管理



# エクスポージャーの現在の測定方法は大きな問題を抱えている

カーボンフットプリントは解決策ではないが、現在の取り組みは懐疑的なアプローチに対する斬新的な改善に重点を置いている





# 仮説を定義しボトムアップで測ることが必要

環境リスクと投資のチャンスに対するエクスポージャーをどのように測定すべきか？

気候変動による物理的な影響

益々厳しさを増す環境規制

クリーン技術との競合

風評被害の拡大



熱ストレス予測  
洪水予測  
降水量予測

特に危うい資産  
外部費用  
特に危険な管轄に置かれている資産

主要な市場における普及の  
ペース  
使用率  
政策支援

国立公園に近い地域の資産  
影響を受ける地域の問題点  
ソーシャル・メディア

## 予測：日本における座礁資産と石炭火力

- 日本には55基の稼働中の石炭火力発電所があり、その設備容量は47.8GWとなっている
- 現在建設中のものが5基あり、その設備容量は1.9GW
- 計画中のものは49基、その設備容量は28GW

TOP 10 企業	石炭発電[GWh]	石炭火力発電容量		
		稼働中 [MW]	建設中 [MW]	計画段階 [MW]
1 電源開発	60,352	8,414	84	4,020
2 東北電力	36,273	4,901	-	600
3 中部電力	30,610	4,100	-	2,030
4 東京電力	25,360	5,900	540	5,357
5 中国電力	23,106	4,208	84	1,445
6 北陸電力	18,492	2,903	-	-
7 九州電力	17,231	3,646	1,000	667
8 北海道電力	15,868	2,500	-	-
9 神戸製鋼	8,753	1,475	-	1,300
10 住友	7,994	1,395	-	-



# 背景

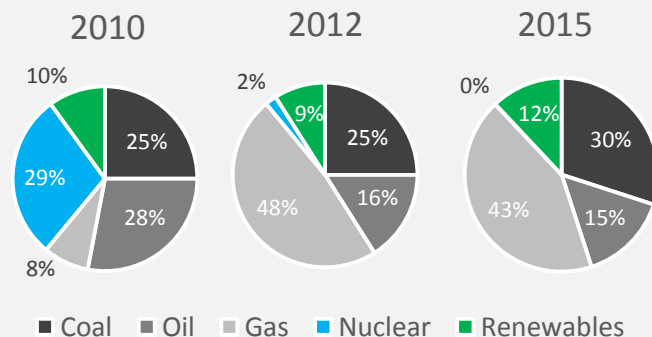
## 日本における座礁資産と石炭火力

- 東日本大震災とこれに伴う福島第一原子力発電所の災害は、日本のエネルギー政策、全ての原子力発電所の停止、さらに日本の電力供給網で再び化石燃料が再評価される(再炭素化)という劇的な転換をもたらした。
- 再炭素化は、多数の小規模太陽光発電の設置を促し、日本の電気事業者にとって「死のスパイラル」につながる事となった。
- 日本の原子力発電所を再稼働させることは世論が強固に反対していることに加え、新しい安全基準が厳しいことから、不確実な状況となっている。

表 1: 閉鎖される設備の更新(燃料別)

[GW]	2026年までに「閉鎖される設備の容量」(推定)	建設・計画段階にある設備の容量 (実績数)	更新の割合
石炭	10.3	30.0	291%
ガス	37.1	37.1	100%

図5: 電源構成の変化



# 資産レベル データベース

## 日本における座礁資産と石炭火力

表56: データの出所と網羅率

データ	データの出所	網羅率%	備考
<b>Number of Coal-Fired Generating Assets (N = 154 coal-fired power stations)</b>			
Location	CoalSwarm, Q4 2015; Enipedia; CARMA, v3.0 released Jul 2012; Platts' WEPP, Q1 2016	100%	
Capacity [MW]	CoalSwarm, WEPP, Enipedia, CARMA	100%	
Generation [MWh]	Enipedia, CARMA, Oxford Smith School	100%	48% estimated
Plant Age	CoalSwarm, WEPP, Enipedia, CARMA, Oxford Smith School	100%	4% estimated
CO <sub>2</sub> Intensity	CoalSwarm, WEPP, CARMA, Oxford Smith School	100%	3% estimated
<b>Market Analysis</b>			
General Information	S&P CapitalIQ, Trucost	-	
Capital Spending Trends	S&P CapitalIQ	-	
Bond Issuances	S&P CapitalIQ	-	
Ownership Trends	S&P CapitalIQ	-	
<b>Local Risk Hypotheses</b>			
PM <sub>2.5</sub> Emissions 2012-2014 Average	Atmospheric Composition Analysis Group, Dalhousie University	Global	
NO <sub>2</sub> Emissions 2015	NASA GES DISC OMNO2	Global	
Mercury Emissions 2010	AMAP/UNEP 2010	Global	
Water Stress 2015	WRI Aqueduct	Global	
CCS Geologic Suitability	Geogreen	Global	
Heat Stress Change 2016-2035	IPCC AR5 WGII	Global	
Nuclear Restart Risk	WEPP	Global	
<b>National Risk Hypotheses</b>			
Renewables Outlook	EY Renewable Energy Country Attractiveness Index	See NRHs for details	
Renewables Policy	REN21 Global Status Report	See NRHs for details	
Water Regulatory Risk 2015	WRI Aqueduct	See NRHs for details	
CCS Legal Environment	Global CCS Institute Legal and Regulatory Indicator	See NRHs for details	



# リスクの仮説（地域的・全国的）

## 日本における座礁資産と石炭火力

表2: 地域的リスクの仮説 (LRH)と全国的リスクの仮説 (NRH)

#	NAME	SOURCE
<b>Coal-Fired Power Utilities</b>		
LRH-1	炭素集約度	CARMA/CoalSwarm/Oxford Smith School
LRH-2	設備の経年数	CARMA/CoalSwarm/WEPP
LRH-3	地域の大気汚染	Boys et al. (2015)/NASA's SEDAC
LRH-4	水ストレス	WRI's Aqueduct
LRH-5	CCS 追設の可能性	CARMA/CoalSwarm/WEPP/Geogreen
LRH-6	将来の熱ストレス	IPCC AR5
LRH-7	原子力発電所の再稼働	CoalSwarm/WEPP
NRH-1	将来の電力需要	Oxford Smith School
NRH-2	再生可能エネルギー資源	Oxford Smith School
NRH-3	再生可能エネルギーの政策支援	EY's Renewables Attractiveness Index
NRH-4	分散型再生可能エネルギーと「電力会社の死のスパイラル」	Oxford Smith School
NRH-5	商用規模の再生可能エネルギー発電の成長	BP/REN21
NRH-6	天然ガス火力発電の成長	IEA
NRH-7	稼働率の低下	Oxford Smith School
NRH-8	規制による水ストレス	WRI's Aqueduct
NRH-9	CCS の法的環境	Global CCS Institute
NRH-10	原子力発電所の再稼働	Oxford Smith School

# 調査結果：全国的リスクの仮説

## 日本における座礁資産と石炭火力

表5: 全国的リスクの仮説(概要)

	Japan	Australia	China	Germany	Indonesia	India	Poland	South Africa	United Kingdom	United States
NRH-1: Future Electricity Demand	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
NRH-2: Renewables Resource	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
NRH-3: Renewables Policy Support	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
NRH-4: Growth of Decentralised Renewables	●					N/A				
NRH-5: Growth of Utility-Scale Renewables	●					N/A				
NRH-6: Growth of Gas-Fired Power	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
NRH-7: Falling Utilisation Rates	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
NRH-8: Regulatory Water Stress	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
NRH-9: CCS Regulatory Env.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
NRH-10: Nuclear Restarts	●					N/A				
TOTAL*	50%	60%	60%	50%	40%	45%	40%	55%	45%	60%

\* 日本の合計は本稿に基づく。比較国の合計は「座礁資産と化石燃料」に基づく。



# 調査結果: 地域的リスクの仮説 稼働中の火力発電所

## 日本における座礁資産と石炭火力



### LRH-1: 炭素集約度

1 CHUBU ELECTRIC POWER CO INC
1 HOKURIKU ELECTRIC POWER CO
1 MIIKE THERMAL POWER CO
1 OKINAWA ELECTRIC POWER CO
1 TOSHIBA CORP
6 J-POWER
6 MAZDA
8 JFE STEEL CORP
9 TOKUYAMA CORP
10 TOKYO GAS

### LRH-2: 設備の経年数

1 KASHIMA-KITA ELEC POWER CORP
1 CHUBU ELECTRIC POWER CO INC
1 TOSHIBA CORP
1 NIPPON MINING HOLDINGS CO LTD
1 CHUETSU PULP INDUSTRY CO LTD
6 OSAKA GAS CO LTD
6 TOHOKU ELECTRIC POWER CO
8 CHUGOKU ELECTRIC POWER CO
9 MIIKE THERMAL POWER CO
10 JFE STEEL CORP

### LRH-3: 地域の大气汚染

1 KASHIMA-KITA ELEC POWER CORP
2 JFE STEEL CORP
3 MAZDA
4 NIPPON MINING HOLDINGS CO LTD
5 TOKAI KYODO ELEC POWER CO
6 KURARAY COMPANY LTD
7 J-POWER
8 CHUGOKU ELECTRIC POWER CO
9 SUMITOMO CORP
10 HOKURIKU ELECTRIC POWER CO

### LRH-4: 水ストレス

1 CHUETSU PULP INDUSTRY CO LTD
2 SHOWA DENKO KK
3 J-POWER
4 TAIHEIYO CEMENT CORP
5 MIIKE THERMAL POWER CO
5 TOSHIBA CORP
5 DAICEL CHEMICAL INDUSTRIES CO
8 ITOCHU ENEX CO LTD
9 OJI PAPER CO LTD
9 TOKYO ELECTRIC POWER CO
9 KYUSHU ELECTRIC POWER CO

### LRH-6: 将来の熱ストレス

1 KANSAI ELECTRIC POWER CO
2 KOBE STEEL LTD
2 CHUBU ELECTRIC POWER CO INC
4 OSAKA GAS CO LTD
5 HOKUREN NOKYO RENGOKAI
6 ASAHI KASEI GROUP
7 HOKURIKU ELECTRIC POWER CO
8 TOSOH CORP
9 KYUSHU ELECTRIC POWER CO
9 OKINAWA ELECTRIC POWER CO
9 SHIKOKU ELECTRIC POWER CO
9 TAIHEIYO CEMENT CORP

### LRH-7: 地域の原子力発電所の再稼働の可能性

1 ASAHI KASEI GROUP
1 HOKURIKU ELECTRIC POWER CO
3 HOKUREN NOKYO RENGOKAI
4 OSAKA GAS CO LTD
5 TOSOH CORP
6 TOKYO GAS
7 NIPPON MINING HOLDINGS CO LTD
7 MAZDA
7 JFE STEEL CORP
7 KASHIMA-KITA ELEC POWER CORP
7 TOKAI KYODO ELEC POWER CO
7 TOKUYAMA CORP

### LRH-5: CCS 追設の可能性

1 TOP 24 COMPANIES TIED
-------------------------

# 調査結果：地域的リスクの仮説 計画中の火力発電所

## 日本における座礁資産と石炭火力



### LRH-1: 炭素集約度

- 1 SHIKOKU ELECTRIC POWER CO
- 2 ASAHI KASEI GROUP
- 3 KYUSHU ELECTRIC POWER CO
- 3 IDEMITSU KOSAN CO LTD
- 3 AIR WATER INC.
- 6 OSAKA GAS CO LTD
- 7 KOBE STEEL LTD
- 7 UBE INDUSTRIES
- 9 NIPPON PAPER INDUSTRIES CO LTD
- 10 TOKYO GAS

### LRH-4: 水ストレス

- 1 NIPPON PAPER INDUSTRIES CO LTD
- 2 SHOWA DENKO KK
- 3 KOBE STEEL LTD
- 4 CHUBU ELECTRIC POWER CO INC
- 5 J-POWER
- 6 TEIJIN LTD
- 7 TOHOKU ELECTRIC POWER CO
- 8 TOKYO ELECTRIC POWER CO
- 9 MAEDA CORPORATION
- 10 KANSAI ELECTRIC POWER CO

### LRH-5: CCS追設の可能性

- 1 TOP 15 COMPANIES TIED

### LRH-2: 設備の経年数

- 1 CHIBA PREFECTURE
- 2 CHUBU ELECTRIC POWER CO INC
- 3 TONEN GENERAL SEKIYU
- 4 UBE INDUSTRIES
- 4 MARUBENI CORP
- 4 KANSAI ELECTRIC POWER CO
- 7 OSAKA GAS CO LTD
- 8 SHIKOKU ELECTRIC POWER CO
- 8 KOBE STEEL LTD
- 8 MAEDA CORPORATION
- 8 CHUGOKU ELECTRIC POWER CO
- 8 TOHOKU ELECTRIC POWER CO

### LRH-6: 将来の熱ストレス

- 1 IDI INFRASTRUCTURES F-POWER
- 2 TOHOKU ELECTRIC POWER CO
- 3 MAEDA CORPORATION
- 3 NIPPON PAPER INDUSTRIES CO LTD
- 5 SHOWA DENKO KK
- 6 ASAHI KASEI GROUP
- 7 TEIJIN LTD
- 7 ABL CO LTD.
- 7 SHIKOKU ELECTRIC POWER CO
- 10 KOBE STEEL LTD

### LRH-3: 地域の大気汚染

- 1 ASAHI KASEI GROUP
- 1 TEIJIN LTD
- 1 SHOWA DENKO KK
- 4 SHIKOKU ELECTRIC POWER CO
- 4 KOBE STEEL LTD
- 4 TOHOKU ELECTRIC POWER CO
- 7 MAEDA CORPORATION
- 7 ORIX CORP
- 9 CHUBU ELECTRIC POWER CO INC
- 9 ABL CO LTD.
- 9 NIPPON PAPER INDUSTRIES CO LTD

### LRH-7: 地域の原子力発電所の再稼働の可能性

- 1 TOHOKU ELECTRIC POWER CO
- 1 MAEDA CORPORATION
- 1 ABL CO LTD.
- 1 JOBAN JOINT POWER CO
- 5 MARUBENI CORP
- 6 NIPPON PAPER INDUSTRIES CO LTD
- 7 MITSUBISHI CORP
- 8 ORIX CORP
- 9 TOKYO ELECTRIC POWER CO
- 10 CHUBU ELECTRIC POWER CO INC

# 潜在的な座礁資産の規模

## 日本における座礁資産と石炭火力

### 方法論

- 資産レベルでの計算を行うために既存および計画中の設備容量を洗い出す (2016年WEPPデータベース)
- 石炭火力発電所が商業的な稼働を開始する年、あるいは計画されている年を拾い出す：
  - 設置費用の合計は2億5,000万円/MW (225万ドル/MW)と推定する (Rong and Victor, 2012)
  - 耐用年数40年を超えた資産を減価償却する (Pfeiffer et al, 2016).
- 石炭火力発電から撤退する3つのシナリオを想定した
  - 5年、10年、15年
- 3つのシナリオのいずれにおいても、既存および新規の発電設備が操業休止あるいは早期閉鎖になった場合に生じる潜在的に回収できないコストを計算する (Caldecott & McDaniels, 2014)  
回収できないコストとは、原価償却後の残余財産価値のことである
- 3つのシナリオの期間は、この報告書で特定した環境関連リスクが実際に現実のものとなり得る早さと規模の違いを表すために選んだ。それぞれのシナリオにおいて、特に計画されてはいるものの現在まだ建設が始まっていない石炭火力発電所の座礁資産が及ぼす潜在的な影響を強調している。



# 潜在的な座礁資産の規模

## 日本における座礁資産と石炭火力

図35: 既存および新設される石炭火力発電所の事業者が負う座礁資産の推定規模

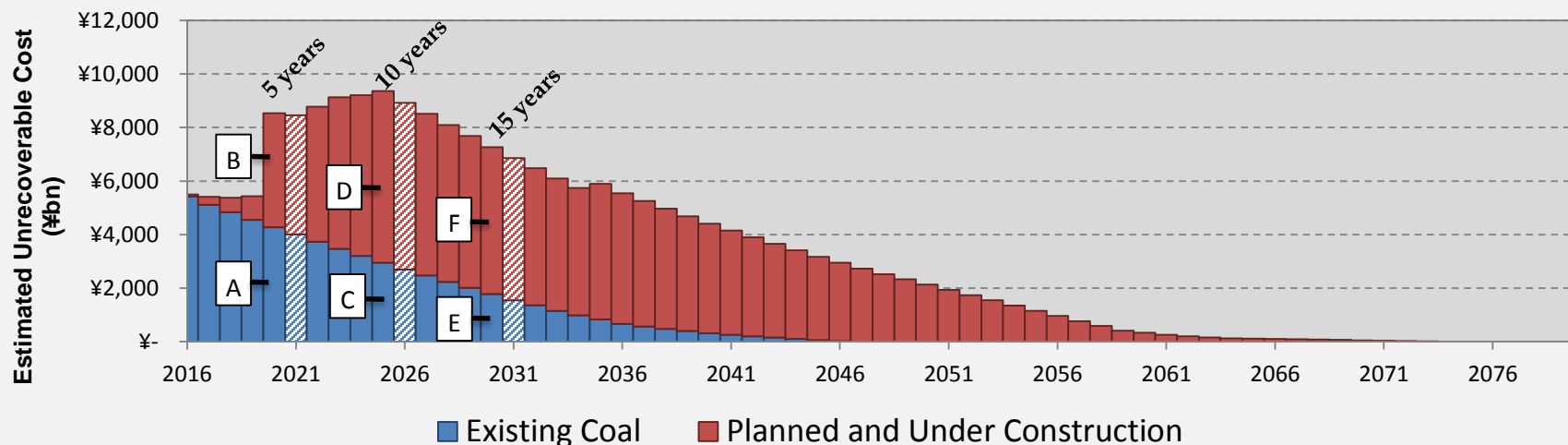


表43: 座礁資産増額の推定 (単位: 10億円/米ドル)

オフライン年	既存の資産	計画中及び建設中	合計
2021 (5 years)	[A] ¥4,005 (\$35.99)	[B] ¥4,447 (\$39.96)	[A + B] ¥8,453 (\$75.96)
2026 (10 years)	[C] ¥2,700 (\$24.26)	[D] ¥6,223 (\$55.92)	[C + D] ¥8,924 (\$80.19)
2031 (15 years)	[E] ¥1,550 (\$13.93)	[F] ¥5,307 (\$47.69)	[E + F] ¥6,857 (\$61.62)

# 潜在的な座礁資産の規模

## 日本における座礁資産と石炭火力

表8: 選択した電力会社の座礁資産総額の推定(単位:10億円)

	比率分析 <sup>i</sup>			OPR/ PLN <sup>iii</sup>	環境関連リスク <sup>i</sup>							座礁資産 <sup>ii</sup>		
	DEBT/ EQUITY	CURRENT RATIO	(EBITDA - CAPEX)/ INTEREST		LRH-1	LRH-2	LRH-3	LRH-4	LRH-5	LRH-6	LRH-7	2021 (5 year)	20 26 (10 year)	2031 (15 year)
J-POWER	84%	56%	94%	OPR	40%	58%	88%	55%	32%	53%	53%	¥586.2 (23%)	¥406.3 (16%)	¥237.5 (9%)
				PLN	44%	44%	68%	88%	41%	56%	6%	¥608.2 (24%)	¥904.9 (35%)	¥773.3 (30%)
TEPCO	91%	47%	66%	OPR	32%	22%	22%	20%	100%	12%	95%	¥730.1 (5%)	¥541.0 (4%)	¥351.9 (3%)
				PLN	47%	44%	68%	79%	53%	65%	76%	¥1,309.3 (9%)	¥1,136.3 (8%)	¥963.3 (7%)
CHUBU EPCO	78%	87%	86%	OPR	42%	35%	60%	80%	15%	30%	65%	¥384.6 (7%)	¥253.2 (5%)	¥121.7 (2%)
				PLN	26%	6%	76%	91%	38%	68%	74%	¥114.1 (2%)	¥339.5 (6%)	¥290.4 (5%)
KYUSHU EPCO	100%	62%	ND	OPR	35%	58%	88%	15%	30%	17%	85%	¥248.2 (5%)	¥145.7 (3%)	¥83.6 (2%)
				PLN	94%	62%	35%	50%	29%	15%	44%	¥406.0 (9%)	¥353.0 (8%)	¥299.2 (6%)
KANSAI EPCO	96%	98%	ND	OPR	20%	5%	30%	95%	15%	88%	12%	¥288.5 (4%)	¥230.8 (3%)	¥173.1 (2%)
				PLN	53%	18%	68%	74%	44%	59%	65%	¥439.2 (6%)	¥661.3 (9%)	¥566.4 (8%)

i) Ratio and environment-related risk presented as a percentile relative to Japan utility peer group, with a higher percentage indicating higher risk:  $N_{D/E}$ ,  $N_{Current Ratio} = 45$ ;  $N_{(EBITDA-CAPEX)/INT} = 35$ ;  $N_{OPR} = 40$ ;  $N_{PLN} = 34$ ;

ii) Stranded Assets expressed in bn¥ and as a fraction of total utility assets

iii) OPR: Operating plants; PLN: Planned and under construction plants;

## 結論

- 日本の発電事業者、特に石炭などの重度の汚染を伴う火力発電を行う事業者の将来は、非常に不透明である
- 計画中および建設段階にある石炭火力発電容量は、閉鎖される発電設備の更新に必要な容量を大幅に上回っている(191%の超過)。これは、設備過剰になる可能性が高く、限界費用の低い他の種類の発電設備(例:原子力発電、再生可能エネルギー)との競争と相まって、相当量の石炭火力発電所が座礁資産となる可能性がある。
- 石炭火力の座礁資産の総価値は、6兆8,570億~8兆9,240億円(616億~802億ドル)に上る。これは、日本の石炭火力発電所を持つ会社の現在の株式時価総額の22.6~29.4%、総資産の4.5~5.9%に相当する数字である。このことは、日本の新規石炭火力発電所の計画および開発を続けることのリスクを浮き彫りにしている。
- 座礁資産となる石炭火力発電所は、電力会社から得られる投資家へのリターンにも影響を及ぼし、電力会社が未払いの負債を支払う能力を低下させ、納税者や公共料金納付者が負担しなければならない座礁資産を生むことになるだろう
- さらに、新規の石炭火力発電所は、想定外に短い耐用期間の間に、特に気候変動をもたらす二酸化炭素の排出や、人間の健康を害する大気汚染によって、重大な負の外的影響を引き起こすことになる