

米国の情報システム OASISとNodal Pricing

2016/11/15

内藤克彦

欧米は何を狙っているのか？

電力自由化は電気代の値下げのため？

○一般的に

「古いシステム」の自然瓦解ではなく、「新しいシステム」に転換する時には、利益体系を構築している「古いシステム」の側からの強い抵抗

・・・コージェネレーション戦争???

○将来を予見して「新しいシステム」に切り替えるには、新しいシステムへの強い「社会の潮流」が必要。

・・・ミクロの世界で反論していても、
只の野党的批判として相手にされない???

○強い「社会の潮流」が形成されるには、社会の過半が価値観を共有できる「大義名分」が必要。

○我が国の電力システム改革は、
「料金低減による消費者メリット」が「大義名分」?

○欧米の電力システム改革の「大義名分」は?

EUで起こっていること

欧州全体の戦略の中でのエネルギーは？

Global Europe 2050 EU Renaissance scenario

European Commission, 2012



危機下のEU……最悪ケースシナリオ

欧州の人口縮小

2050年では、10%が80才以上、65才以上は5800万増加、15－64才の人口は4800万減少(20%減少)

世界的なエネルギー不安定

EUのエネルギー対外依存度は、1975年の62%から現在48%に低下、しかし2030年には再び70%に上昇。中世の主要な交易路であった中東から中国へのシルクロードが蘇り、2030年までに中東原油の半分以上を中国が購入。

最悪の地球温暖化シナリオ

発電・工業の石炭偏重による強い経済成長の結果、中国だけで39%の温室効果ガス増加。世界のエネルギーCO2排出は、2004から2030に55%増加(毎年1.7%)。2035年には、550ppmに達する。

水資源の劣化

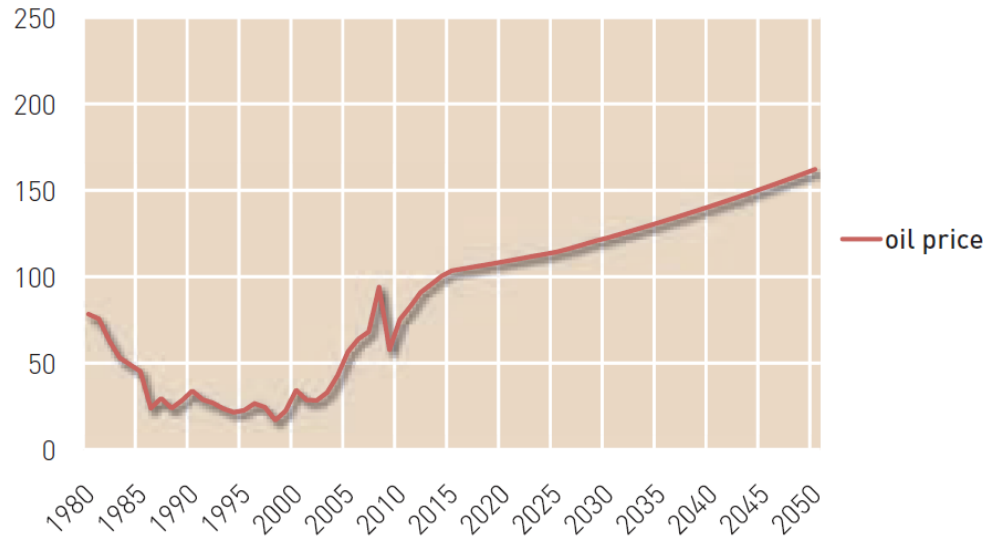
世界的食糧危機と生物多様性の劣化

世界的な不安定

このまま中国の成長が続き人民元レートが適正化されると、10年以内に人民元の価値は倍になり、2020年には、中国のGDPは米国に並ぶ。中国は国防予算の比率が高いことを考慮すると、2020年には国防費で米国と同等となる。

Figure 1
Energy price
 (2005 USD
 per barrels
 of oil)
Nobody cares
 and Renaissance

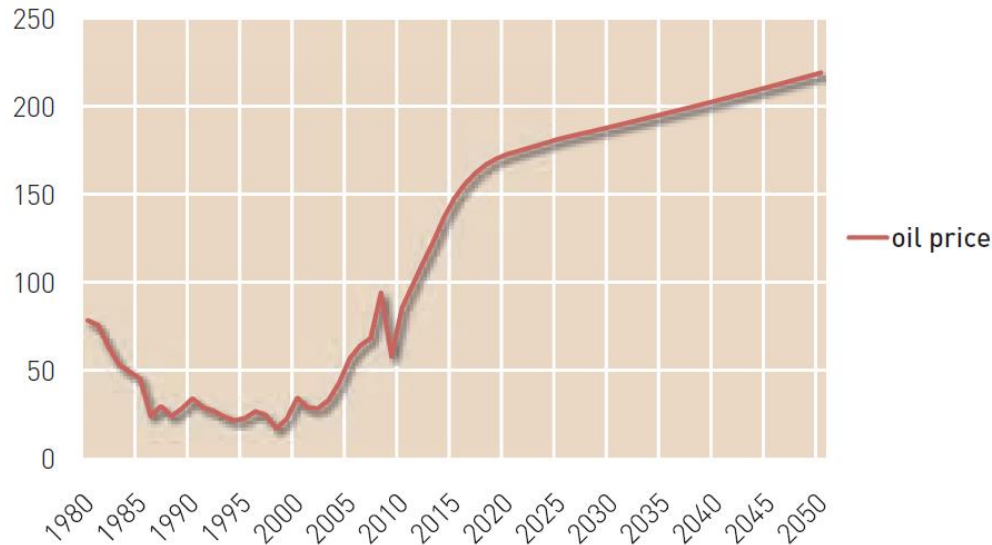
Source: CEPII



無策の場合のエネルギー
 一価格上昇

Energy price
 (2005 USD
 per barrels
 of oil)
Under threat

Source: CEPII



危機シナリオの場合の
 エネルギー一価格上昇

デジタルヨーロッパへの移行への挑戦

人口高齢化と世界的な競争激化に直面した、欧州には三つの選択肢:

もっと働くか、より長く働くか、
または、より賢く働くか(work smarter) 恐らく三つとも必要となろうが、三番目の選択肢のみが欧州の生活水準向上を補償する。

Figure 4
Population in the main regions of the developed world:
Nobody cares
Source: CEPII

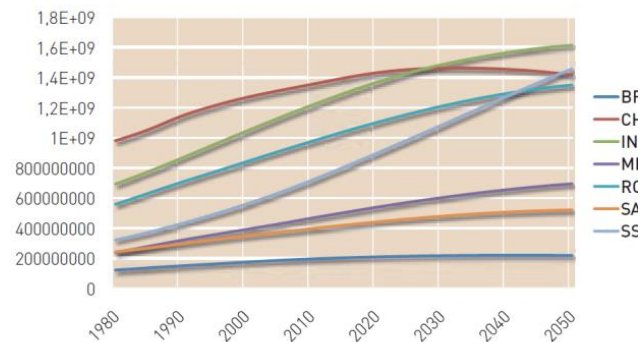


Figure 5
Population in the main regions of the developed world:
Nobody cares
Source: CEPII

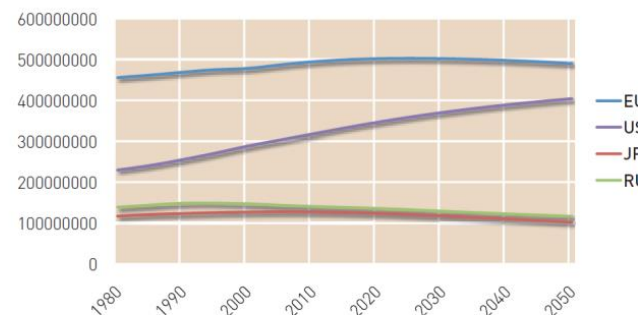
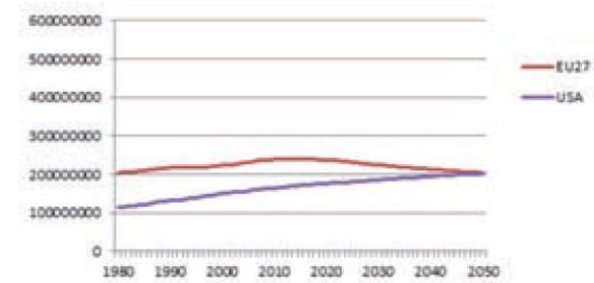


Figure 6
Labour force - USA and EU:
Nobody cares
Source: CEPII



‘EU Renaissance’

EU改革のシナリオ

Active ageing

退職に伴い失われる知見の維持。

3－4世代の同居の職場。

一定年齢以上は、徐々に勤務時間が減少、年金制度もこれに対応。

Active ageing may impact positively on society, **through the increased communication of values and expertise** – when three, or four rather than two generations are involved. **Organizations are increasingly aware of the loss of collective memory that occurs when people retire.** Europe will substantially revise their pension system by allowing their citizens to adopt **flexible retirement schemes** in which, after a certain age, they can progressively decrease the number of working hours.

Active ageing: active ageing may impact positively on society, through the increased communication of values and expertise – when three, or four rather than two generations are involved.

An open and attractive European society

(1) より多くの市民参加

(2) より多くの世代間の対話

(3) イノベーションと企業家精神の文化を支える好奇心と創造性の重要な役割

So the answer can only be cultural: (1) **more participation by the citizens**; (2) **more intergenerational conversations**; (3) a bigger role for curiosity and imagination in a **new culture of innovation** and entrepreneurship.

Tackling the challenges of the knowledge economy

ICT技術・情報システムの進歩により、顧客ニーズ、製造パターンが変化。

顧客イノベーション、顧客製造。

プロジェクトチーム型のイノベーション。

産業構造を急速に変えつつある。

特に、エネルギー、住宅、健康、教育等の分散型インフラの世界で「プロジェクト・エコノミー」が先行。

Talking about the service economy as one of the ‘**job motors**’ and closely connected to the progress made in information technology and the establishment of large **information infrastructures**, there have been intense discussions on the so-called ‘**knowledge economy and sometimes the learning economy**’ in the last decade.

The **production patterns are changing due to the change of customer needs**. At the same time – enabled by the Internet and open source platforms – there is a growing tendency towards **user innovation or even user production**. They change the products by being integrated in more ‘**open**’ **processes**, by beta-testing certain products and giving their feedbacks, which result in alteration to product designs, or they just use products in non-prescribed contexts – e.g. people using IT-technologies to manage their daily living in households, which was not meant to by the initial design.

New forms of value creation activities

一つの企業が大きなシェアで生産する方式は、新製品等毎に適時に結成されるグループ、独立イノベーターの緩い共同作業による「プロジェクト」による新しく柔軟な知的活動による方式に変更される。これにより、産業構造は激変しつつある。

特に、エネルギー、住宅等の「分散構造を持つ分野」では、「プロジェクト経済」は、**将来の価値創造の在り方を変える。**

- (1) **more distributed knowledge-creation**, with cross border, project economy value creation exploiting knowledge networks;
- (2) **accelerated and temporally flexible** generation and take-up of knowledge;
- (3) more **hybrid/integrated/applied** knowledge-creation;
- (4) **smarter/specialized** knowledge-creation, with the increasing need to integrate different knowledge fields, where specialization counts;
- (5) more **codified information**, taking the form of patents and standards, commercial information;
- (6) more '**managed**' information, with forms of 'automated' knowledge mining and creation on the basis of advanced knowledge technologies, distance learning packages, etc.;
- (7) more frequently **collaborative and informal knowledge**, with more peer-to-peer exchange of experience, experts and lay-people working together more intensively on common 'science in society' issues on the basis of new social knowledge and software technologies;
- (8) more **project-oriented forms** of knowledge-creation and us

これらは以下をもたらす

- (1) 企業間の技術連携・・・かつての敵同士の技術連携
- (2) 地球規模の課題への官民連携
- (3) 国際共同研究プロジェクトの役割の増大
- (4) オープン・フォーム型の創造活動と普及

A fundamental issue embedded in this topic is the **'end of intellectual property'**.

The continuing ICT revolution

製造、設計、サービスはICT製品の基盤の上に構築される。

「ICT revolution」は、共通基盤のイノベーション。

あらゆるタイプの活動へのICT適用拡大は進み、生産性をさらに高める。

教育、行政、統計情報、健康等のいくつかの分野では、革命的な変化となる可能性。

2030年までに、知識の「定義、蓄積、アクセス、獲得、認証」の方法に大きな変化。

今日の学校、大学は、消滅するであろう。

Better energy and CO2 reduction prospects

資源利用と経済成長のデカップリングのためにイノベーションは必須。
長期的な燃料価格上昇トレンドは、エネルギー供給の分散化を導く。
気候変動問題により分散エネルギーの活用に焦点を当てた地球規模のブレークスルーがもたらされよう。

- (1)脱資源・脱炭素社会へ焦点
- (2)環境を考慮したライフスタイル
- (3)地域消費構造を改善する空間設計

A sustainable roadmap to low carbon Europe

The EU Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050 is successfully implemented.

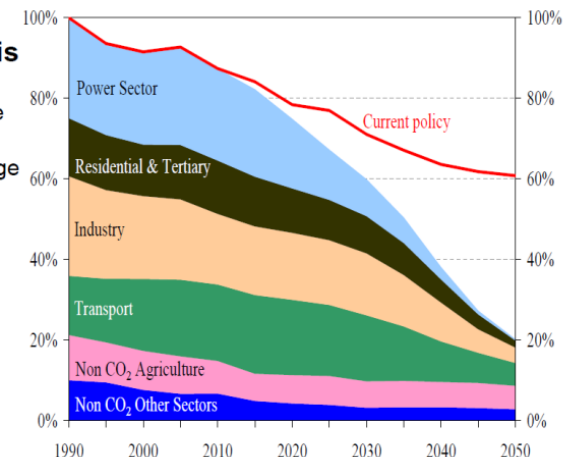


80% domestic reduction in 2050 is feasible

- with currently available technologies,
- with behavioural change only induced through prices
- If all economic sectors contribute to a varying degree & pace.

Efficient pathway:

- 25% in 2020
- 40% in 2030
- 60% in 2040



◆Territorial and mobility dynamics A polycentric Europe

効率的な交通・情報システムによる中規模都市の連携により、大都市化の流れに対抗。

Sustainable cities

未来の都市は、高質のオープンスペースに焦点。通りの50%を歩行者空間とし、社会的交流の促進。車のためにではなく、歩行と自転車のために設計された都市への変化。ZEROゴミ、ZERO-Energy都市。ゼロネットエネルギー消費。ゼロネット炭素排出。

Smart and sustainable mobility

人流・物流のインターモーダル化。ICT技術を活用した新しいモビリティ・サービス。モビリティの電動化。インテリジェント・ハイウェイ。

◎欧州では、社会全体の「**Knowledge economy化**」、**「ICT化**」の基本的なパーツとして、エネルギーシステムの変革も位置付けられている。

米国では、どのような「大義名分」が掲げられているか？

Order No. 888/889 目的

①公正な競争による電力供給の効率化

はもとより、これに加えて、

②グリッドを含む既存インフラ・組織のより効果的な活用

③新たな市場メカニズム

④技術のイノベーション

⑤歪んだ料金の是正

(注Order No. 888 前文(FERC))

情報だけではなく、エネルギーとリンクしたイノベーションにより社会システムを進化！
このためには電力システムを「インテリジェント ネットワーク プラットフォーム」化！

ニューヨーク州のREV 動機

①現在の経済は、ますます電力への依存を深めている。特に、デジタル化の進展により、信頼性強化のニーズが増加している。

②経済のグローバル競争の激化は、経済の電力依存の増加と相まって、**電力システムの非効率を許さなくなってきた。**

③電力需要全体は増加していないが、ピーク需要は増加している。

④気候の極端化と経済のデジタル化の進展による**信頼性増強要請は、需要側を自家発へと駆り立てている。**

⑤低炭素化の要請による風力、太陽光といった変動電源の取り込み

⑥電気自動車・PHVの普及

米国行政当局: 巨大な装置を作りながら半分の時間は遊ばせておき、長距離のエネルギー伝達で大きなロスを伴いながら利用するというシステムは、**身近で発電したり電力の制御をする技術がなかった時代の産物**で他の分野で進んでいるICTによる分散化・相互融通・高度化の流れから取り残されている。¹⁶

米国も、新しい産業社会を睨んで、改革をしているのでは???

ただし、米国は我が国と似て、「旧勢力」との調整に悪戦苦闘。

OASISとNodal Pricing

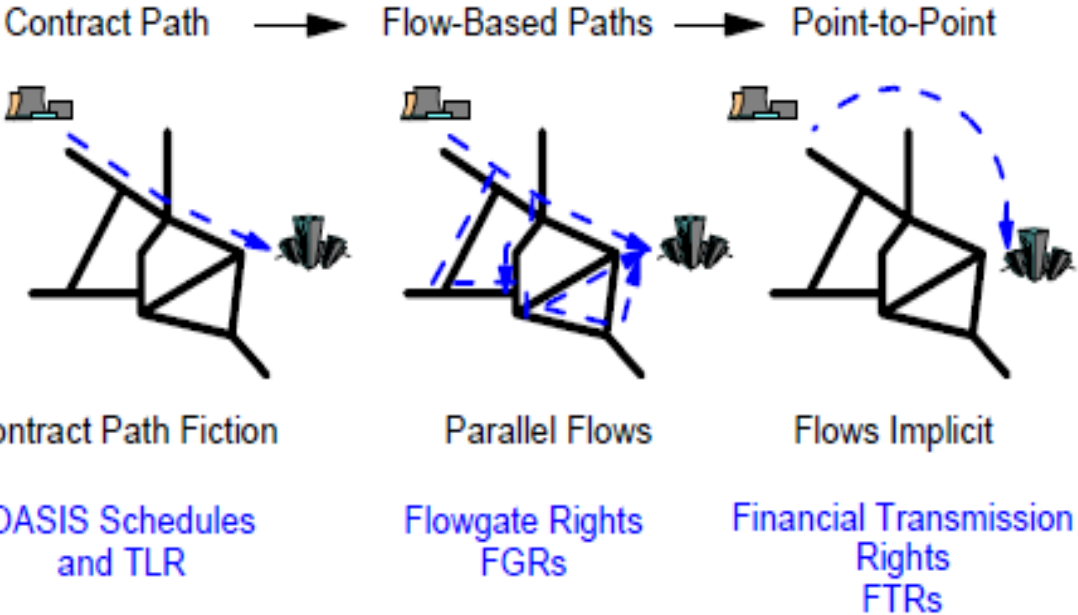
公平性と情報化対応のためのシステム

米国システムの底流をなす
flow-based pricing
の考え方。

如何にして、電力グリッド運用を効率化
するか？

Flow-Based Pricing

Transmission Capacity Definitions



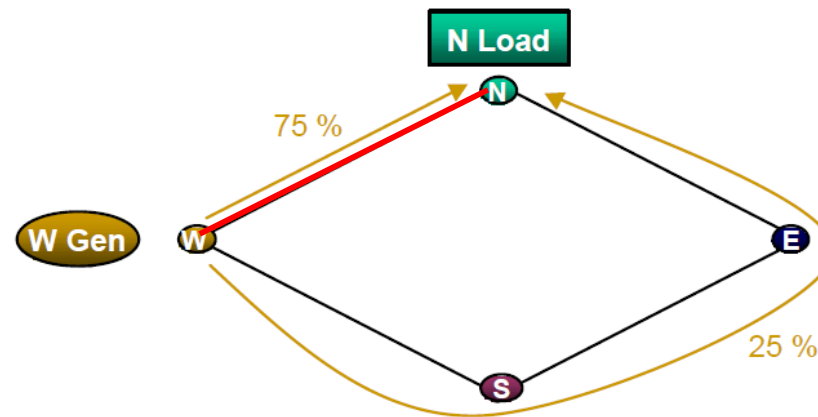
The **fictional contract path approach** would not work in theory!

○「**Contract path**」: 従来の送電線指定の契約による送電ルート
例: W→Nの送電契約を赤送電線の利用契約の形で行う
→ 赤送電線の容量が100万kwで送電契約が100万kwならキャパシティ100%

○実潮流は、赤送電線75万kw、W→S→E→Nのルートで25万kw流れるので、
赤送電線には、25万kwのキャパシティの余裕がある。
→ 実潮流ベースでキャパシティ計算するのが、**Flow-based pricing**

○**Contract path**は最大値ベースとなるが、**Flow-based pricing**は実送電量ベース。

Power Flows



- All lines have equal impedance
- Path W-S-E-N has three times the impedance of path W-N
- Flow divides inversely to impedance
- If W Gen supplies N Load, flow W-S-E-N is one third flow W-N
- If N Load is 100 MW, 75 MW flows on path W-N, 25 MW flows on path W-S-E-N

Order No. 888

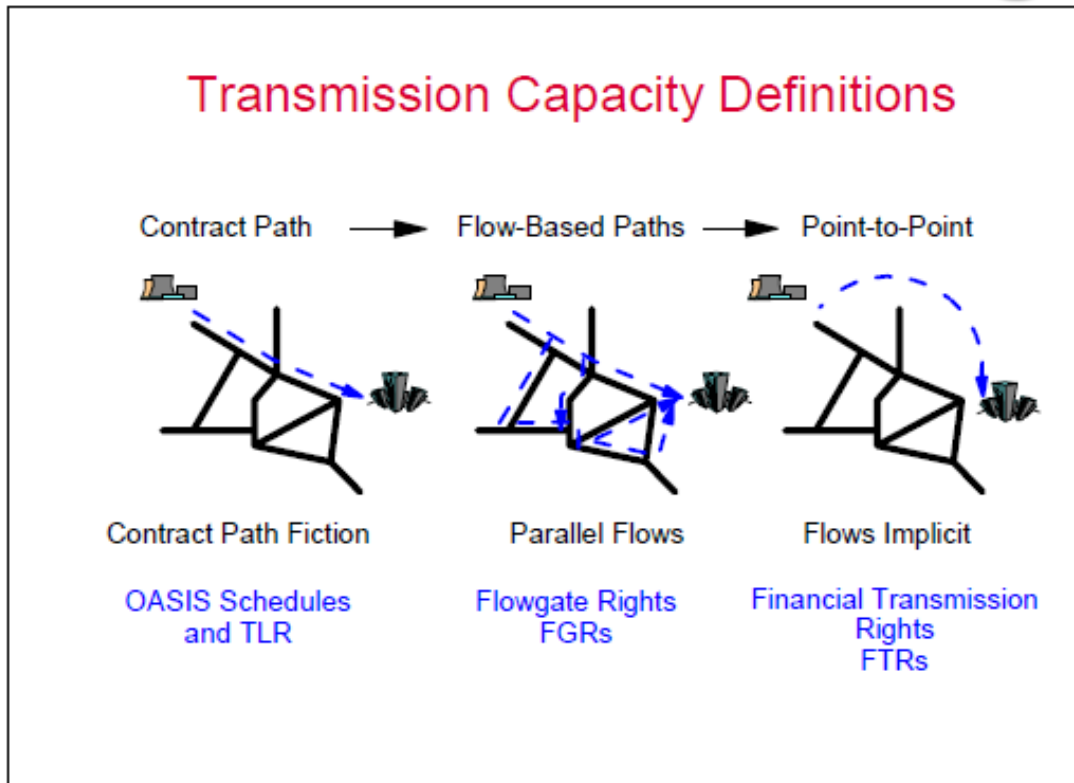
Tariff Provisions That Affect The Pricing Mechanism

a. Non-Price Terms and Conditions

We recognize that the industry, in response to changes in institutions, competitive pressure, and technological innovations, is evolving rapidly. For example, various forms of **flow-based pricing** are beginning to be considered in conjunction with electronic transmission information systems. **We seek to encourage this process** and will in the future entertain non-discriminatory tariff innovations to accommodate new pricing proposals.

FERCは、Order No. 888の制定時点では、flow-based pricing**を義務付けてはいないが、ISOと同様に**推奨**している。**

Flow-Based Pricing



The **fictional contract path approach** would not work in theory!

FERCのPoint to Pointの考え方は、送電線は指定せずに起終点だけでPricingすることまでを義務付け、**Flow-based pricing**も制度の中に組み込んだもの。

A **contract path** is simply a path that can be designated to form a single continuous electrical path between the parties to an agreement. Because of the laws of physics, **it is unlikely that the actual power flow will follow that contract path.** Flow-based pricing or contracting would be designed to account for the actual power flows on a transmission system. It would take into account the “unscheduled flows” that occur under a contract path regime. (Order. 888 脚注)

Order No. 888の基本な規定

- ①送電サービスを受けようとするものは、全て差別のないオープンアクセスを利用することができなければならない。
- ②送電所有者は、自ら利用していない種類のサービスも含めて、全ての送電サービスを提供しなければならない。
- ③送電サービスの提供に当たって送電管理者が要求する資料は、競争環境の維持の観点から限定されなければならない。
- ④送電利用をせず送電利用の権利を確保し競争を阻害することは認められない。送電管理者は、原則として、使われていない送電キャパシティを、a.利用・販売できる。b.短期市場運営のためにプールすることができる。c.一定の期間の内に利用開始するよう利用者に要求でき、利用しない場合は権利を取り上げ得る。
- ⑤電力事業者は将来の需要の伸び等のために自らの送電線のキャパシティを妥当な範囲で確保することは可能であるが、送電線に余裕がある間はOASIS(情報システム)上でその情報を公開し他のユーザーに開放しなければならない。
- ⑥効率的なキャパシティ配分の促進のために、送電管理者は送電キャパシティの再配分をすることができる。特に、特定の地点間の送電に係るものなど。また、再配分の価格は、当初価格より低く設定されなければならない。
- ⑦競争環境を整えるために情報の開示は必須であり、OASISのルールに従って、必要な送電情報、発電情報はOASIS上で開示されなければならない。
- ⑧6種のアンシラリーサービスの定義と実施の義務付け。
- ⑨パワープールの扱いとISO(Independent System Operator)設置のガイダンスの提示。
- ⑩料金、コスト負担についてのルール

Order 888を支える情報システムとしてのOrder 889

第一部:送電管理従事者と電力卸取引従事者の分離について定め、卸取引の従事者はOASIS公開情報以外の送電情報へのアクセスを禁止。

ISO等がなく、垂直統合の電力会社がOASISの運営をする場合であっても、その電力会社の電力取引関係者はOASIS情報のみアプローチすることが許されており、社内のOASIS従事者には、OASISで開示されていない情報を電力取引関係者に提供することは公私ともに禁じられている。

第二部:送電システムを所有、管理する事業者に対して送電システムの状態に関する情報開示の基本的なルールを定め、送電システムの「ブラック・ボックス」の蓋を明けている。

これにより、全ての送電利用者は送電キャパシティの見積もりが自らできるようになり、送電所有者等が所有権・送電管理・送電操作等により、「アンフェア」に送電アクセスを阻害すること防止している。

第三部:においては、OASISシステムによる統一的な情報提供に必要な種々の基準等について定めている。

Order No. 889

d. Accommodating Flow-Based Pricing

The Commission concludes that the proposed regulations were **general enough to accommodate flow-based pricing methods**. Therefore, we have provided no special provision regarding flow-based pricing in the final rule. Any OASIS-related issue that arises when flow-based proposals are made can be dealt with at that time.

Order No. 889の中では、**OASISがFlow-Based Pricingに対応**していることが確認されている。

第一部

・送電管理従事者と電力卸取引従事者の分離

卸取引の従事者はOASIS公開情報以外の送電情報へのアクセスを禁止。

垂直統合の電力会社がOASISの運営をする場合であっても、その電力会社の電力取引関係者はOASIS情報のみにアプローチすることが許されており、社内のOASIS従事者には、OASISで開示されていない情報を電力取引関係者に提供することは公私ともに禁じられている。

第二部の規定の概要

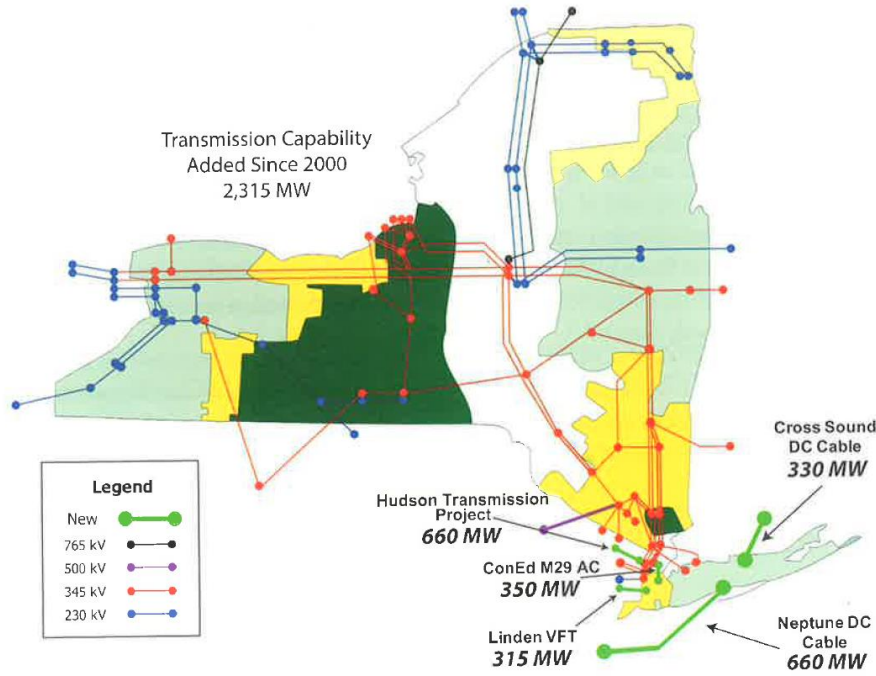
- ①送電管理者は、OASISの運営をし、送電キャパシティの利用可能性、料金、その他のこのOrderで定める情報にアクセスできるようにしなければならない。
- ②送電管理者は、以下の送電キャパシティ情報をOASISに提供しなければならない。
 - a.利用可能送電容量(ATC)、総送電容量(TTC)をあらゆるコントロールエリア間の送電経路についてOASISに提供しなければならない。出力抑制、送電停止等のある送電経路(一時間単位)の情報についても提供しなければならない。
 - b.混雑経路(残存送電用容量が25%を切る送電経路)については、当該時から168時間以内は毎時、その後は1日単位で30日間、さらにその後は、月単位で1年間の情報提供をしなければならない。非混雑経路については、当日から1週間の間は1日単位で、その後は月単位で1年間情報提供しなければならない。将来の送電計画がある場合には最大10年間の予想についても情報提供、情報の随時更新、新たな契約等に伴う情報更新等も実施。
 - c. 送電管理者は、料金と契約条件概要を情報提供しなければならない。料金割引の情報は、全ての利用者に同時に情報提供しなければならない。
 - d.提供されるアンシラリーサービス(有料部分については料金)についての情報を提供しなければならない。
 - e.送電サービスの申し込みと対応状況、申し込みが却下された場合の理由等の情報、出力抑制等の情報を情報提供しなければならない。
 - f.送電サービスに関するスケジュール情報を提供しなければならない。
 - g.その他、必要な情報の提供。

OASIS

Open Access Same-Time Information System

- ・ オアシスノード毎の情報開示
- ・ オアシスノード：
NYISOの場合350ノード
→ 卸売の接点としてのDSOとの結節点の変電所
- ・ ニューヨークISOの送電規模は、関西電力と同程度、350という数字は、関西電力では一次変電所の数と同レベルの数。送電管理者と配電管理者の接続点となる変電所毎にノードが設定されているというイメージであろう。

Figure 10 - New Transmission in New York State: 2000-2014



Transmission-Distribution interface (T-D interface) is the physical point at which the transmission system and distribution system interconnect. This point is often the demarcation between federal and state regulatory jurisdiction. It is also a reference point for electric system planning, scheduling of power and, in ISO and RTO markets, **the reference point for determining Locational Marginal Prices (LMP) of wholesale energy.**

Independent System Operator (ISO) or Regional Transmission Organization (RTO) is an independent, federally regulated entity that is a **Transmission System Operator, a wholesale market operator, a Balancing Authority and a Planning Authority.**

Distribution System is the portion of the electric system that is composed of **medium voltage (69 kV to 4 kV) sub-transmission lines, substations, feeders, and related equipment** that transport the electricity commodity to and from customer homes and businesses and that link customers to the high-voltage transmission system.

FERCは、当初、OASISの情報の提供ポイントとして、一体となって広域送電管理を行う送電線所有者の連合体を想定し、個々の送電所有者（及びその管理区域）を一つのオアシス・ノードとして、オアシス・ノード毎の情報開示を少なくとも行うことを考えていたようであり、可能であれば複数の送電所有者を統合して一つのオアシスノードでの情報提供を想定していたようである。しかしながら、実態は、統合よりは分散の方向に向かっているようで、後に説明するノードル・プライシングに見られるように、送電線への電力供給施設・需要の接続点毎にノードを分解して、細分化する方向に進んでいるように見受けられる。

ISO Operating Region	Number of Nodes / Buses	Aggregated Retail Pricing Regions	Wholesale Pricing Hubs
California ISO (CAISO)	3,000	3 regions with 23 sub-regions: covering the majority of one State	-
Midwest ISO (MISO)	1,300	7 pricing regions: covering all or most of 13 States.	6 trading hubs
ISO-New England (ISO-NE)	900	8 pricing regions (match 6 State borders – Mass. has 3 regions)	1 trading hub
PJM Interconnection (PJM)	6,000	18 pricing regions: covering 13 States and Wash. DC.	20 trading hubs
New York ISO (NYISO)	350	11 pricing regions: covering one State.	Weighted region prices used

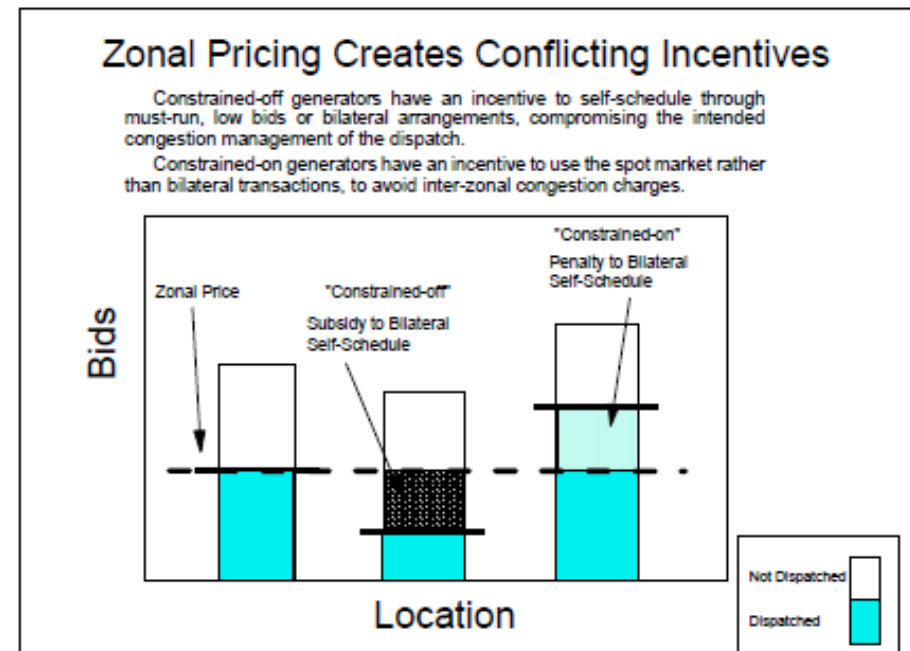
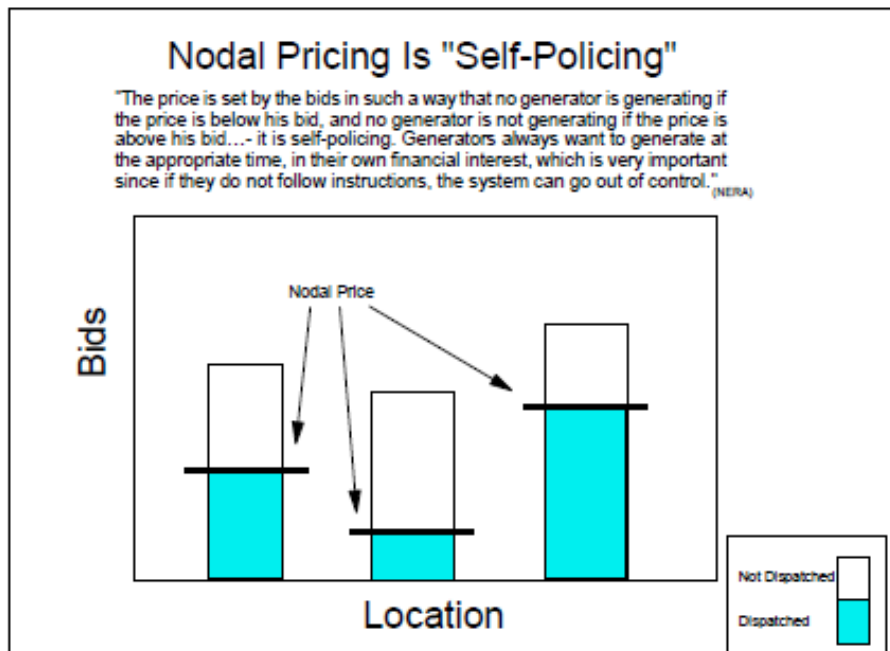
ゾーンプライシングと ノーダールプライシングの関係

- ・ゾンプライシングでノード平均価格にすると、電力が余り価格の安いノードでは発電補助をし、電力が不足し価格の高いノードでは発電ペナルティを課すことに結果的になり、逆インセンティブとなる。

ELECTRICITY MARKET

Zonal Models

The LMP model appears complex with many locations and many different prices. A common approach is to aggregate into a “few” zones. This creates conflicting incentives.



ゾーン内の送電混雑の構造が反映されず、送電可能キャパシティの計算が現実と整合しないなどの理由から、ゾンプライシング方式はよりは、結局は、個々のノードで価格設定するノードル・プライシング方式の方が、透明性も高く、現実と整合が取れているという認識

→ 米国ではノードル・プライシング方式に収束の方向

The problems with zonal models are well known and often repeated. For example, see the experience in ERCOT:

“The results in this area of the report confirm prior findings in the 2003 SOM Report and the Market Operations report that:

- the vast majority of congestion in ERCOT is intrazonal, which is difficult for loads to hedge and is not transparent;
- the current zonal market can result in large inconsistencies between the interzonal flows calculated by SPD and the actual flows over the CSC interfaces; and
- these inconsistencies can result in under-utilized transmission capability and difficulties in defining transmission rights whose obligations can be fully satisfied.

The most complete long-run remedy for both the interzonal and intrazonal issues identified in this report would be to implement nodal markets, an option that is currently being evaluated in ERCOT. These markets would provide transparent prices for both generators and loads that would fully reflect all transmission constraints on the ERCOT network.” (Potomac Economics, Ltd., 2004 State of the Market Report for the ERCOT Wholesale Electricity Markets, July 2005, p. xxv)

OASIS - Open Access Same-time Information System



Report	Trading days prior to FERC764 activation		Trading days starting with FERC764 activation	
	Market	Data Granularity	Market	Data Granularity
Current Transmission Usage	n/a	Hourly	n/a	15-minute
Transmission Interface Usage	Day-Ahead	Hourly	Day-Ahead	Hourly
	Hour-Ahead	Hourly	Hour-Ahead	15-minute
	RTPD	n/a	RTPD	15-minute
Market Available Transfer Capacity	Day-Ahead	Hourly	Day-Ahead	Hourly
	Hour-Ahead	Hourly	Hour-Ahead	15-minute
	RTPD	n/a	RTPD	15-minute

Report: CAISO Demand Forecast

Enhanced report to provide the FMM 15-minute and RTD 5-minute forecast (including operator adjustments) by TAC Area.

The user-interface report download file (xml/csv formats) will be based on the latest GMT-based API version for trading days before/after FERC764 activation.

Report: Wind and Solar Forecast

Enhanced report to provide wind and solar aggregated Fifteen Minute Market FMM forecast publication by 15-minute intervals; and RTD forecast publication by 5-minute intervals.

The user-interface report download file (xml/csv formats) will be based on the latest GMT-based API version for trading days before/after FERC764 activation.

ノーダル・プライシング

- ・米国では電力市場価格は、送電グリッドの結節点(ノード)毎に定められる。
- ・NYISOの場合、350ノード。CAISOは3000ノード。



<http://wwwmobile.caiso.com/Web.Service.Chart/priccontourmap.html>

2016/06/17

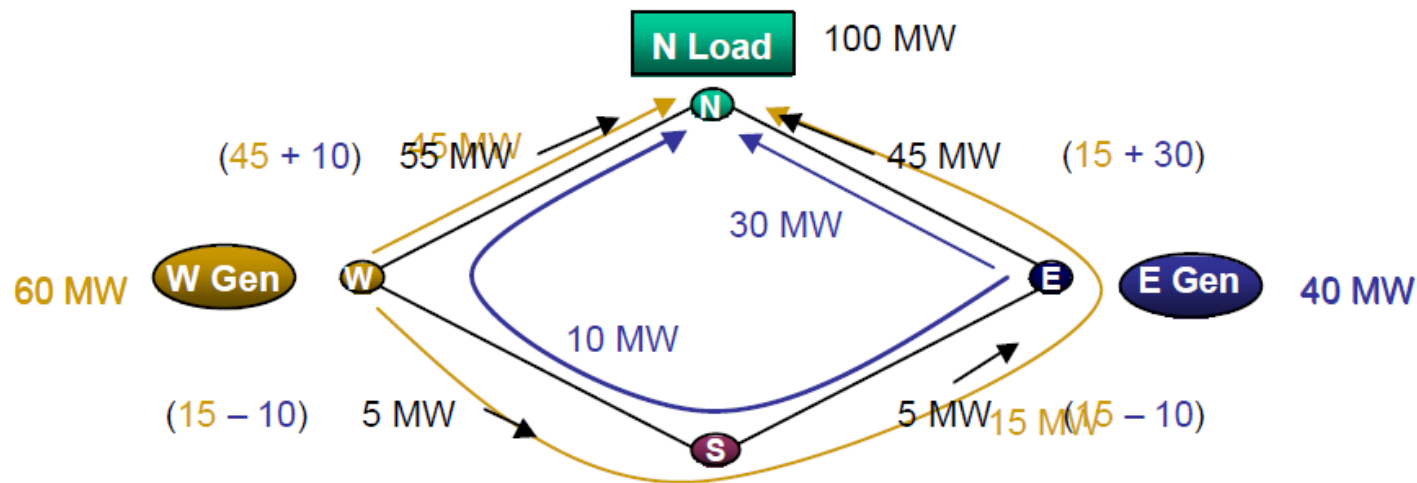
・NYISO, CAISOの再生可能エネルギー出力抑制: グリッドキャパシティの小さいノードでは、再生可能エネルギーの発電量の増加に伴い、マイナス価格となる。積極的に出力抑制行う必要はないという見解。

ただし、RPSのクレジット(REC)の価格と市場電力価格の合計がマイナスにならない限り、発電側が系統から自ら離れることはない。

Nodal Pricing Basics

Drew Phillips
Market Evolution Program

Superposition



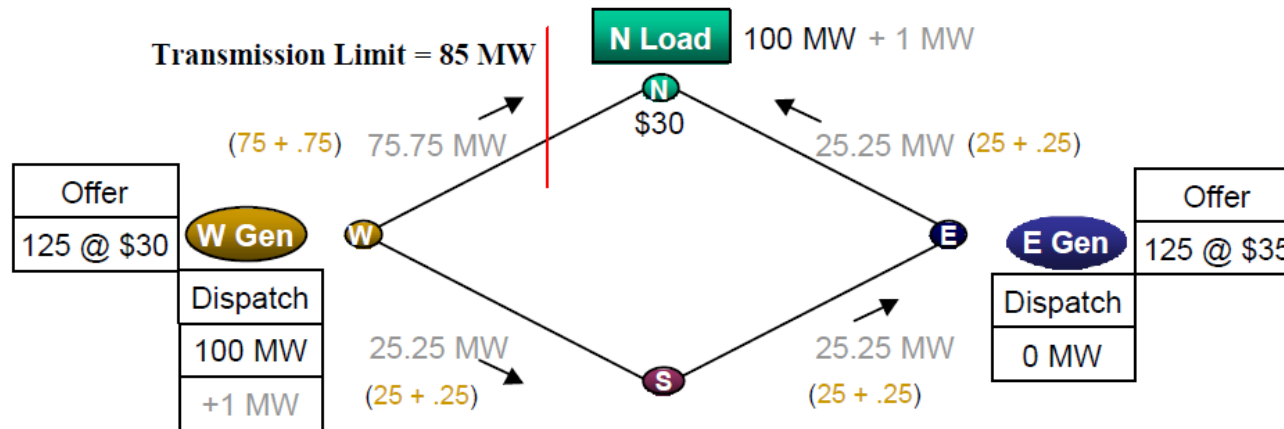
- What if W Gen supplies 60 MW and E Gen supplies 40 MW to N Load?
- Both W Gen and E Gen's output will flow in proportion to the impedance of the paths to N Load
- Resulting line flows represent the net impact of their flow distribution

W・E発電所→N需要点への供給

フローベースでは、W→Nルートで45、W→S→E→Nルートで15
E→Nルートで30、E→S→W→Nルートで10

送電キャパシティネックが無い場合

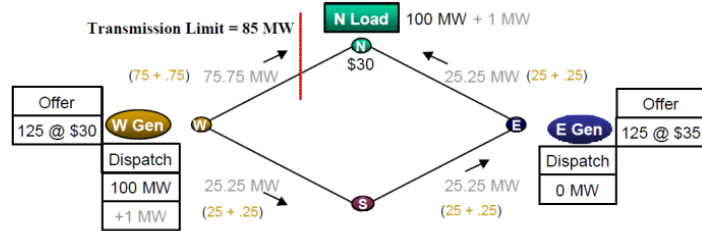
No Congestion or Losses: Node N Price



- Price at Node N is the cost of supplying next 1 MW to N
- Least cost solution would have W Gen supply the next MW to N, based on W Gen's offer price
- Resultant flow would be within limits (net of existing flow and increment to serve additional 1 MW at Node N)
- W Gen is the marginal generator and Node N price = \$30

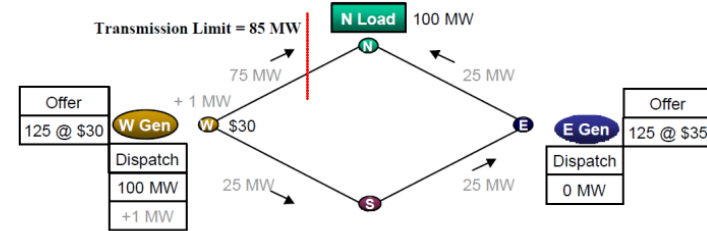
N需要に送電。W価格 \$30、E価格 \$35
 送電キャパシティリミットを越えない場合：安い電源Wの送電
 送電：W→Nルートで75，W→S→E→Nルートで25
 Nノードの価格は \$30

No Congestion or Losses: Node N Price



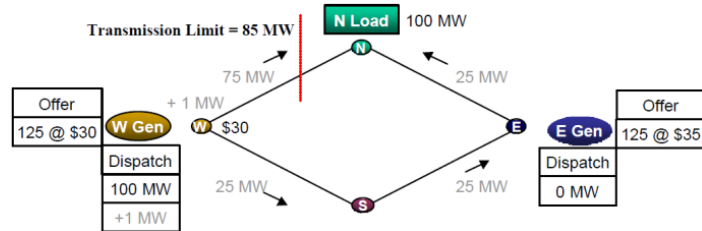
- Price at Node N is the cost of supplying next 1 MW to N
- Least cost solution would have W Gen supply the next MW to N, based on W Gen's offer price
- Resultant flow would be within limits (net of existing flow and increment to serve additional 1 MW at Node N)
- W Gen is the marginal generator and Node N price = \$30

No Congestion or Losses: Node W Price



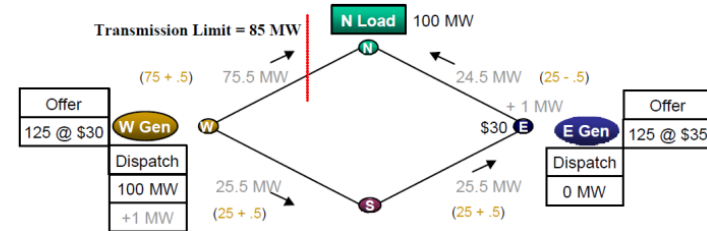
- Price at Node W is the cost of supplying next 1 MW at W
- Least cost solution would have W Gen supply the next MW to N, based on W Gen's offer price
- Resultant flow would be within limits (net flow change is zero)
- W Gen is the marginal generator and Node W price = \$30

No Congestion or Losses: Node W Price



- Price at Node W is the cost of supplying next 1 MW at W
- Least cost solution would have W Gen supply the next MW to W, based on W Gen's offer price
- Resultant flow would be within limits (net flow change is zero)
- W Gen is the marginal generator and Node W price = \$30

No Congestion or Losses: Node E Price

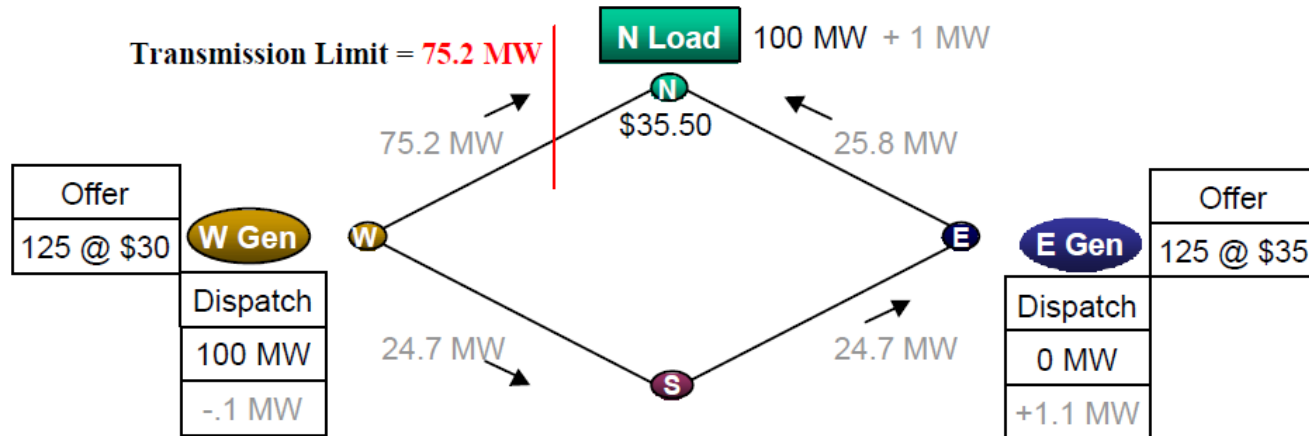


- Price at Node E is the cost of supplying next 1 MW to E
- Least cost solution would have W Gen supply the next MW to N, based on W Gen's offer price
- Resultant flow would be within limits (net of existing flow and increment to serve additional 1 MW at Node E)
- W Gen is the marginal generator and Node E price = \$30

送電キャパシティネックが無い状況下: 全てのノードは最低価格電源の価格で同一

送電キャパシティネットワークがある場合

Congestion (No Losses): Node N Price



- An increase in output of 1 MW by either W Gen or E Gen alone will increase the W-N line flow over the limit; we must redispatch the system using both generators
- If we reduce W Gen output by 0.1 MW (75% of the reduction will appear on W to N flow) and increase E Gen output by 1.1 MW (25% flows from N to W), net effect is on line W-N is a flow increase of .2 MW
- This is the lowest cost way to meet an additional 1 MW at N
- Node N price = \$35.50 (1.1 X \$35 - 0.1 X \$30)

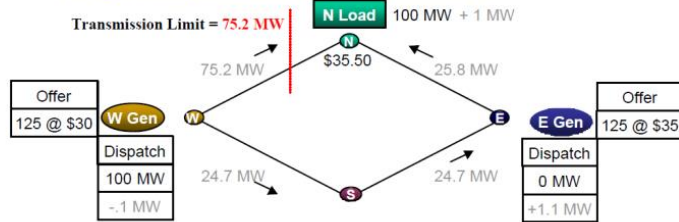


28

W→Nの送電キャパシティの上限=W→Nの送電量となり、かつ、W優先となるようW, Eの発電量を調整:Nノードの価格は\$35.5

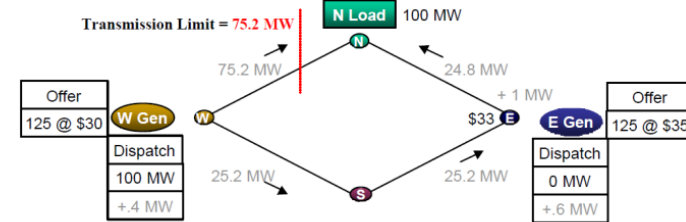
WG	EG	NL	
75-0.075+0.275=			75.2
25-0.025+0.825=			25.8
100-0.1	+1.1		=101

Congestion (No Losses): Node N Price



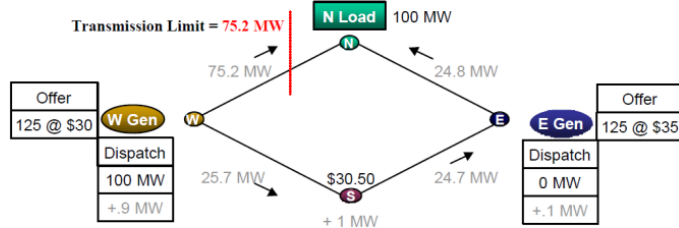
- An increase in output of 1 MW by either W Gen or E Gen alone will increase the W-N line flow over the limit; we must redispatch the system using both generators
- If we reduce W Gen output by 0.1 MW (75% of the reduction will appear on W to N flow) and increase E Gen output by 1.1 MW (25% flows from N to W), net effect is on line W-N is a flow increase of .2 MW
- This is the lowest cost way to meet an additional 1 MW at N
- Node N price = \$35.50 $(1.1 \times \$35 - 0.1 \times \$30)$

Congestion (No Losses): Node E Price



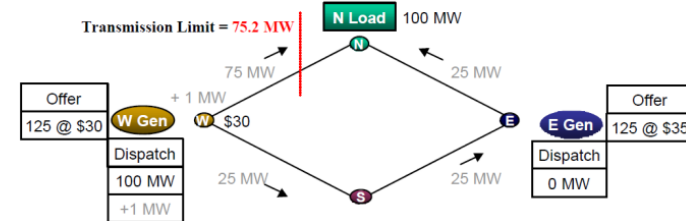
- An increase in output of 1 MW by either W Gen or E Gen alone will increase the W-N line flow over the limit; we must redispatch the system using both generators
- If we increase W Gen output by 0.4 MW (50% flows from W to N) and increase E Gen output by .6 MW (0% flows from N to W), net effect is on line W-N is a flow increase of .2 MW
- This is the lowest cost way to meet an additional 1 MW at E
- Node E price = \$33 $(0.6 \times \$35 + 0.4 \times \$30)$

Congestion (No Losses): Node S Price



- An increase in output of 1 MW by either W Gen or E Gen alone will increase the W-N line flow over the limit; we must redispatch the system using both generators
- If we increase W Gen output by 0.8 MW (25% flows from W to N) and increase E Gen output by .2 MW (25% flows from N to W), net effect is on line W-N is a flow increase of .2 MW
- This is the lowest cost way to meet an additional 1 MW at S
- Node S price = \$30.50 $(0.1 \times \$35 + 0.9 \times \$30)$

Congestion (No Losses): Node W Price



- Least cost solution would have W Gen supply the next MW to W, based on W Gen's offer price
- W Gen can meet the additional MW at Node W without affecting the transmission system (net flow change is zero)
- W Gen is the marginal generator and Node W price = \$30

送電キャパシティネットワークがある場合：

N: \$35.5, E: \$33, S: \$30.5, W: \$30となり、ノード毎に価格差が生じる。

公平かつ新たなニーズに対応 した広域計画策定

Timeline

Federal Energy Regulatory Commission

- Order No. 888 in 1996
 - Requires open access to transmission facilities to address undue discrimination and to bring more efficient, lower cost power to the Nation's electricity consumers
- Order No. 890 in 2007
 - Requires coordinated, open and transparent regional transmission planning processes to address undue discrimination
- Order No. 1000 in 2011
 - Requires transmission planning at the regional level to consider and evaluate possible transmission alternatives and produce a regional transmission plan
 - Requires the cost of transmission solutions chosen to meet regional transmission needs to be allocated fairly to beneficiaries

- 888: ISOの分離による送電中立化、これによる電力システムの効率化
- 890: 地域関係者も入れた送電計画
- 1000: 広域的な送電計画、コスト分担の根拠

Order No. 890の制定経緯

◆Order No. 888、2000の送電計画は、「**信頼性確保のための計画送電**」であり**送電管理者の内部的ニーズ**により定められるので、外部から来る新たな送電投資ニーズに十分にこたえることができず、再生可能エネルギーの普及や州政府の再生可能エネルギー普及等の各種の計画に必ずしも対応できていないという認識。

◆京都議定書の発効、再生可能エネルギー普及の世界的加速などの状況の変化に対応した新たな送電サービスを期待する社会的なステークホルダーに対する送電の公平性を十分に確保できていないという状況。

(注Order No. 890 前文(FERC))

◆FERCは、Order No. 890を2007年に定め、**新規参入者、州政府等も含む全ての関係者**に送電計画策定プロセス、関係情報をオープンにし、**関係者全員の参加の下に計画策定**することを送電管理者に義務付けている。

Order No. 890: 送電計画策定の原則

①調整の場の設置

送電管理者は、全ての、送電顧客、隣接する送電管理者との間で、**差別のない調整の場**を設けなければならない。送電管理者は、送電計画の策定の初期の段階から計画策定の各段階で調整会議を設けなければならない。また、**送電顧客の要請に応じて調整会議**を設けなければならない。

②公開性

全ての、送電顧客、隣接する送電管理者、州、その他の関係者に対して送電計画策定の会議は、**公開**され、**必要情報が提供**されなければならない。

③透明性

送電管理者は、全ての送電顧客等に**送電計画の基礎**となっている、**考え方、仮定、データ、計画策定の方法・プロセス等**を、送電顧客等が**計画策定プロセスを再現できるような形で提供**しなければならない。

④情報交換

送電計画策定のために、**従前の垂直統合の送電顧客も新規の送電顧客も同等のレベルで需給情報を提供**しなければならない。

⑤同等性の確保

送電計画の策定に当たっては、**全ての送電関係者の利害が、同等に扱われなければならない**。これは、とかく計画策定者たる送電管理者の利害が優先されがちになることに釘をさしたものである。

⑥紛争解決手段⑦広域参加⑧経済性のスタディ⑨新規送電プロジェクトのコスト分担

⑩計画策定に際して関係者から独立した第三者コーディネイター活用の推奨。

⑪**州政府の関係者の送電計画策定への参加要請。**

Order No. 1000の制定経緯

◆ISO・RTOは非営利かつ中立の送電オペレーターであるため、欧州のTSOのように電力ビジネス拡張の観点から積極的に送電線投資をするというインセンティブを持たない。

◆ISO・RTOはFERCの管下の規制当局としてTOの「監視役」という性格も強いようで、TOが増強したい送電線が、必ずしもISO・RTOに認められるものでもない。また、ISO・RTOの送電計画案どおりにTOと合意するとも限らない。

◆今までのOrderでは、地域内に複数の送電管理者が存在するときに送電計画作成に関して連携すべきことは定められていたが、地域全体の単一送電計画を策定を義務付けていたわけではない。

⇒FERCが考えるような広域計画は中々進まなかった。

◆連邦エネルギー省(DOE)の再生可能エネルギー見積をグリッドに統合するためには、電力グリッドを3倍に増強する必要があるとのNERC(North American Electric Reliability Corporation)報告。→全米のグリッド強化のための政策ニーズ

これらを解決するために、

◆全米をカバーする中立・公平な送電計画の策定を推進する観点から、2011年にOrder No. 1000を定め、核になるISO等に送電ネットの充実の観点から州を跨る広域の計画の策定作業を行わせる。

Order No. 1000では、

- ①効率的でコスト効率の良い広域送電計画の策定の義務付け
- ②連邦、州の政策への適合に必要な送電ニーズの洗い出しとその解決策・送電タリフへの反映
- ③広域送電計画策定地域間の連携
- ④費用負担の原則
- ⑤費用負担計画の作成に際しての従前事業者の連邦タリフ等に関する既得権の全廃、
などを定めている。

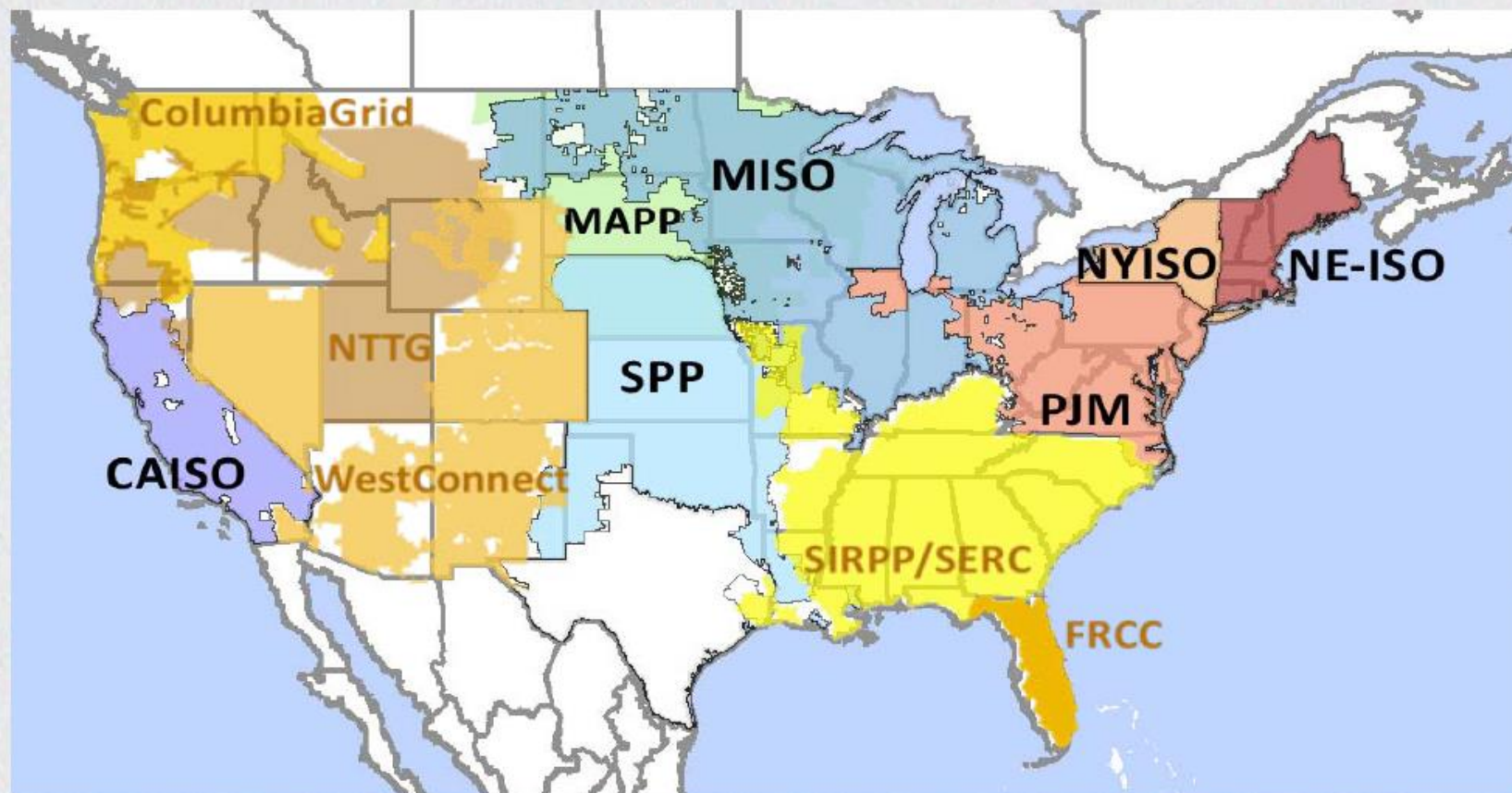
Order No. 1000

Federal Energy Regulatory Commission

- Planning Requirements
- Cost Allocation Requirements
- Nonincumbent Developer Requirements
- Compliance

Current Transmission Planning Regions *

Federal Energy Regulatory Commission

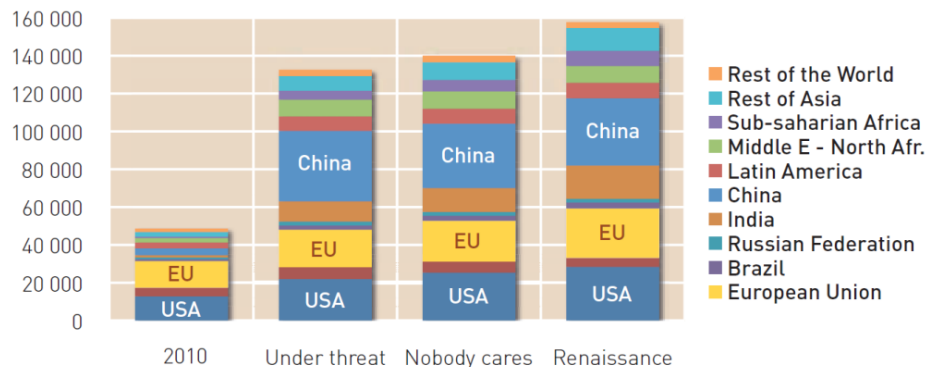


- This map is for illustration purposes only. This map generally depicts the borders of regional transmission planning processes through which transmission providers have complied with Order No. 890. Those borders may not be depicted precisely for several reasons (e.g., not all transmission providers complying with Order No. 890 have a defined service territory). Additionally, transmission planning regions could alter because transmission providers may choose to change regions.
- Source: Derived from Energy Velocity

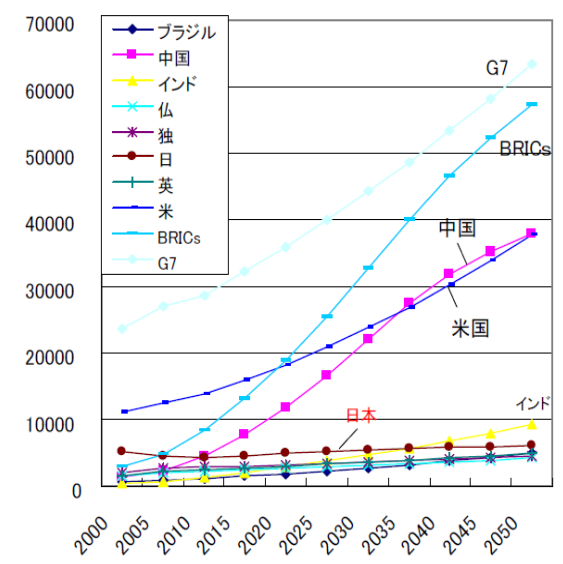
御静聴ありがとうございました。

Figure 20
World GDP in 2050 (bn 2005 USD) for each scenario

Source: CEPII



各国等のGDPの将来推計



出典: 文部科学省「平成20年版科学技術白書」

Figure 32
Regional shares of world GDP in 2010 (constant 2005 USD)

Source: CEPII

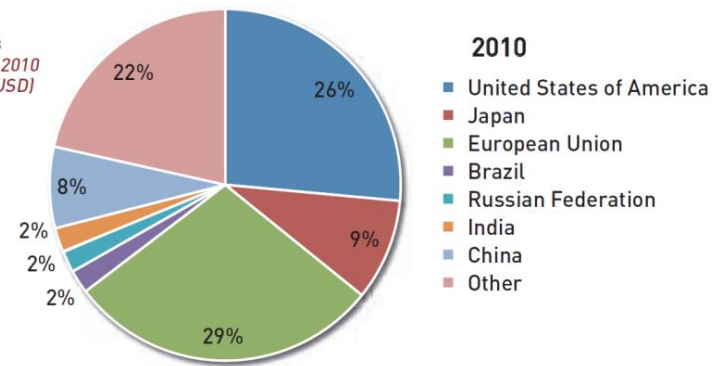
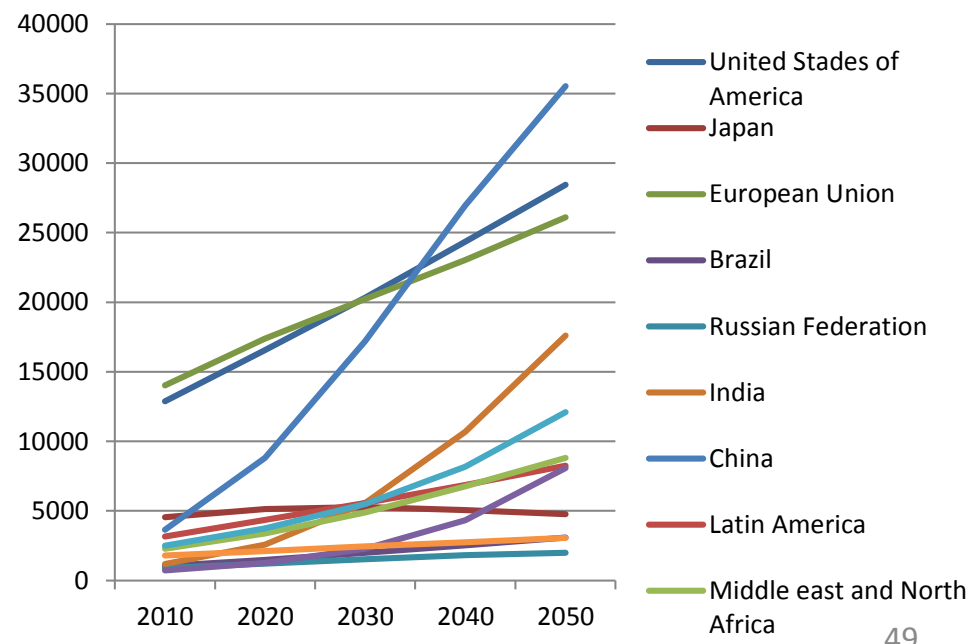
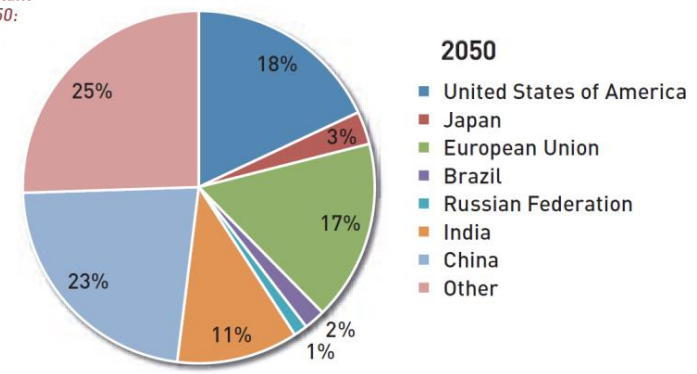
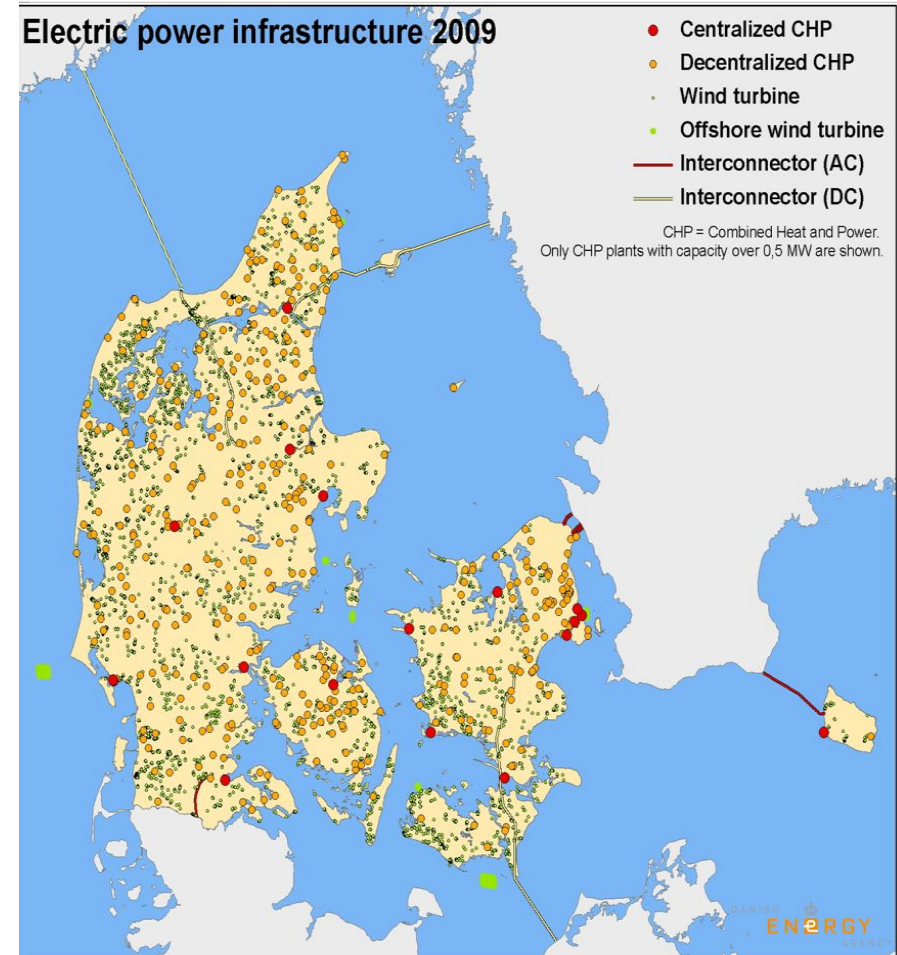
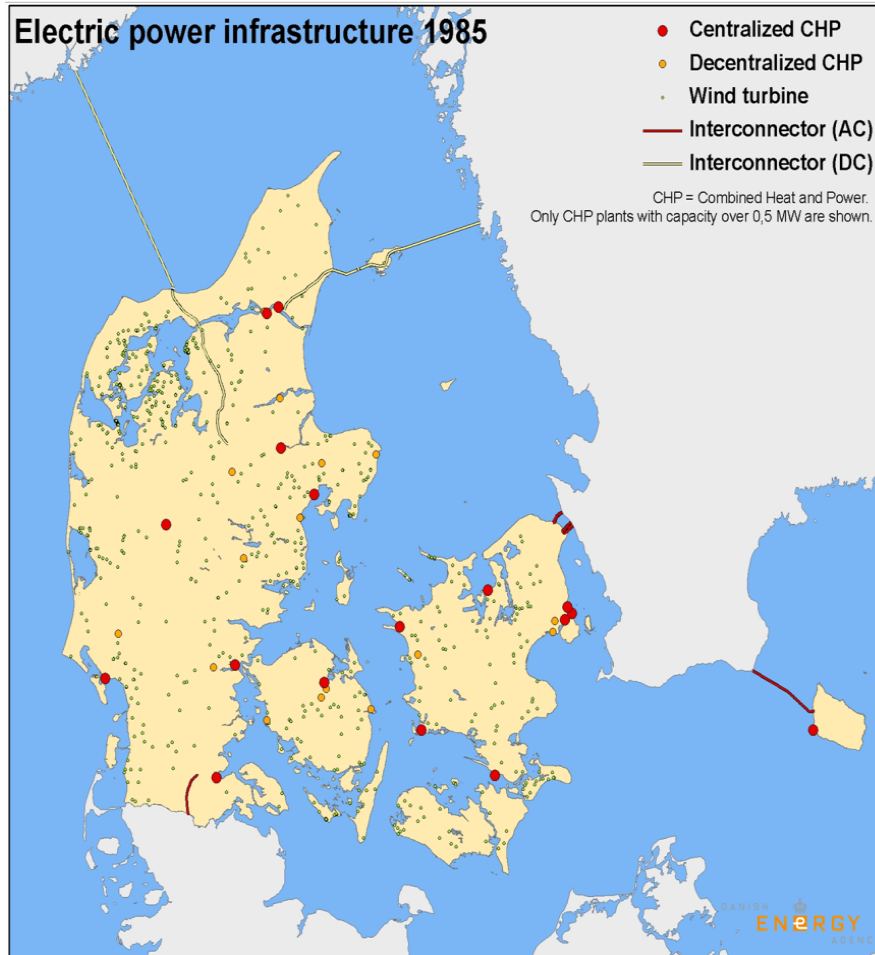


Figure 35
Regional shares of the world GDP (constant 2005 USD) in 2050: EU Renaissance

Source: CEPII



TRANSITION FROM A CENTRALISED ENERGY SYSTEM TO A PARTLY DE-CENTRALISED SYSTEM BASED ON RENEWABLE ENERGY



○電気、ガス、熱を総合的に管理するシステムへの変革

SMART ENERGY SYSTEMS

- ARE CRUCIAL IN 100% RENEWABLE ENERGY SYSTEMS

A cross-sectoral and coherent energy system solution

- **Smart Electricity Grids** to connect flexible electricity demands such as heat pumps and electric vehicles to the intermittent renewable resources such as wind and solar power. →変動する再エネとヒートポンプ、EV等可操作需要の接続
- **Smart Thermal Grids** (District Heating and Cooling) to connect the electricity and heating sectors. This enables thermal storage to be utilised for creating additional flexibility and heat losses in the energy system to be recycled. →熱供給と電力グリッド接続による、蓄熱活用等
- **Smart Gas Grids** to connect the electricity, heating, and transport sectors. This enables gas storage to be utilised for creating additional flexibility. If the gas is refined to a liquid fuel, then liquid fuel storages can also be utilised. →電力、ガスグリッドの接続による、ガス貯蔵の活用、交通への利用

