

今後の原子力

原子力委員会

岡 芳明

日本原子力学会2014年秋の大会 2014年9月8日

原子力の目標

「輝く日本の未来の構築」への貢献

安価、安定、安全なエネルギー供給

放射線利用による健康で文化的な生活

原子力科学技術・総合理工学の展開

「国際的にリードする」を大目標に

原子力国産化時代は終了

意識と組織運営を変革しつつ

「地球温暖化問題への切り札」としての貢献

輝く日本の未来の再構築 失われた25年

戦後復興 キッチアップ、先進国を目指した

1980年代 バブル景気

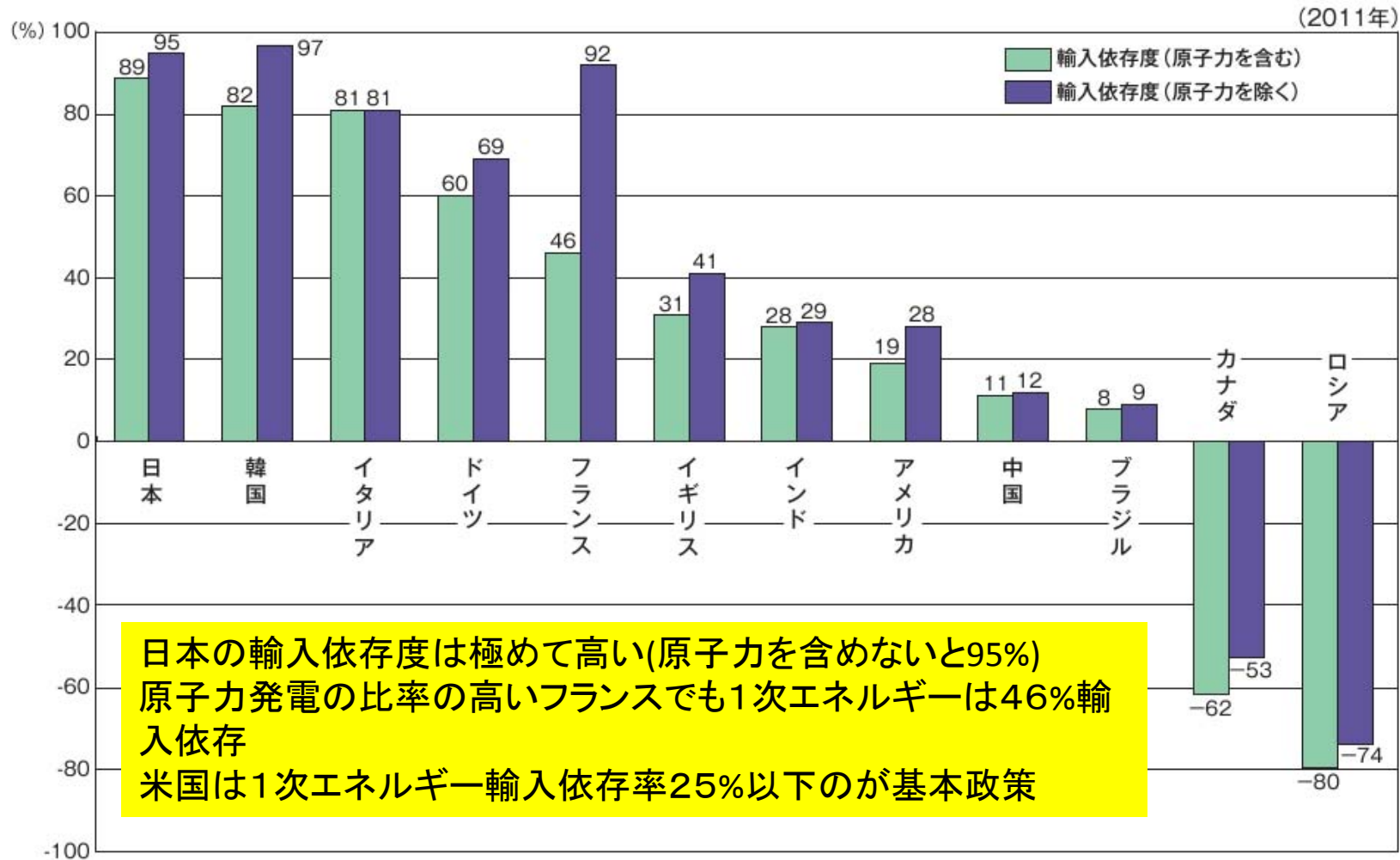
1990年代 目標を見失った？内向きになった？

- 真似できるものがなくなった
- 創り上げたものを変えつつ発展を図る方が、更地に新しいものを作るより困難
- 目標を創り出し、運営の改善を図り、価値を創造できる仕組みが必要では？
- 米国や企業の改善、競争、責任の仕組みと、その運用を調査し、参考にしているかどうか？

目次

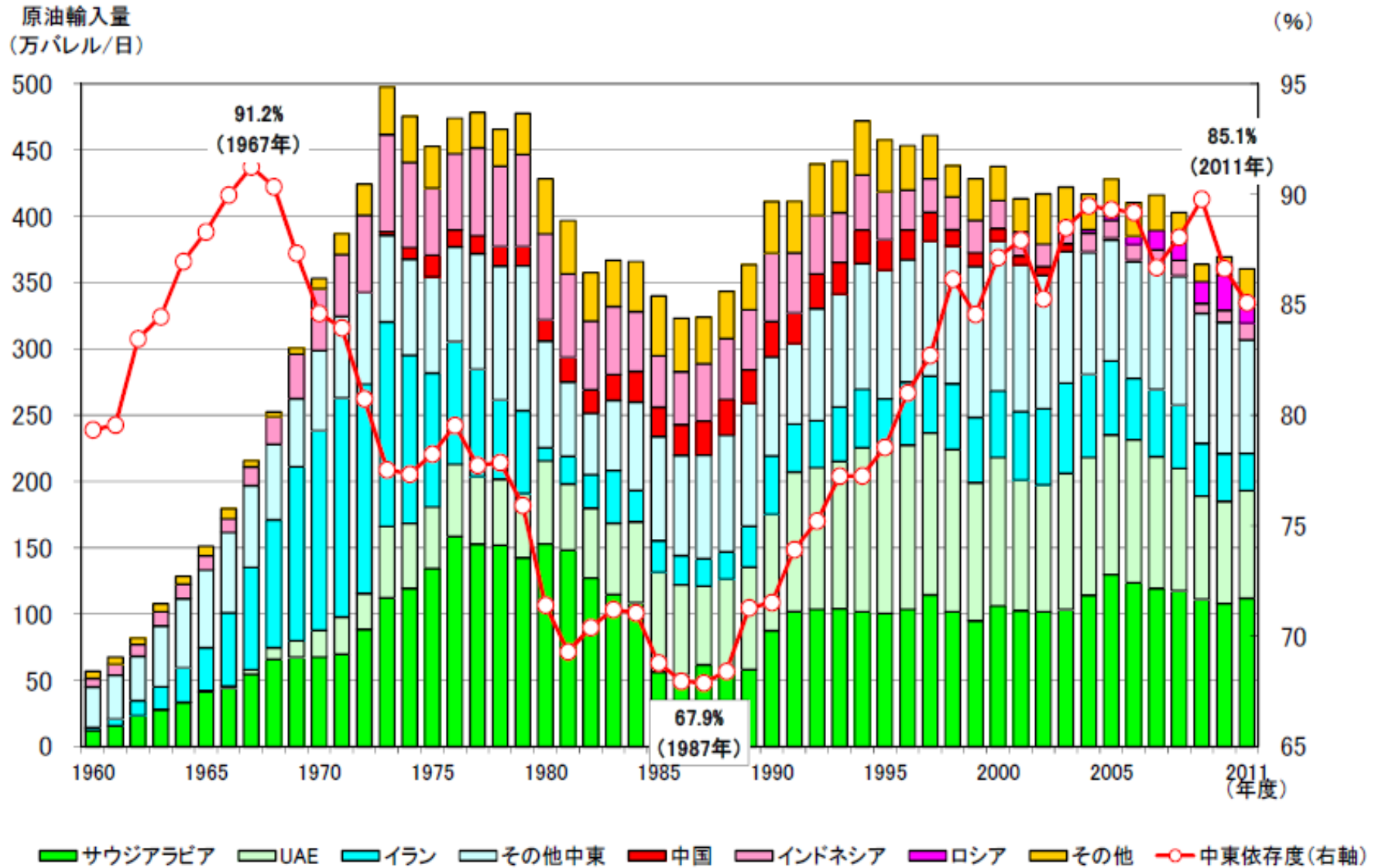
- エネルギー供給と安全保障
- 日本の原子力の課題
- 原子力利用に伴うリスクの低減
- 原子力の相対化
- 原子力利用の基本的考え方の再構築
- 組織の運営・管理の仕組みの点検と再構築

主要国の1次エネルギー輸入依存度



(注) 下向きのグラフは輸出していることを表す

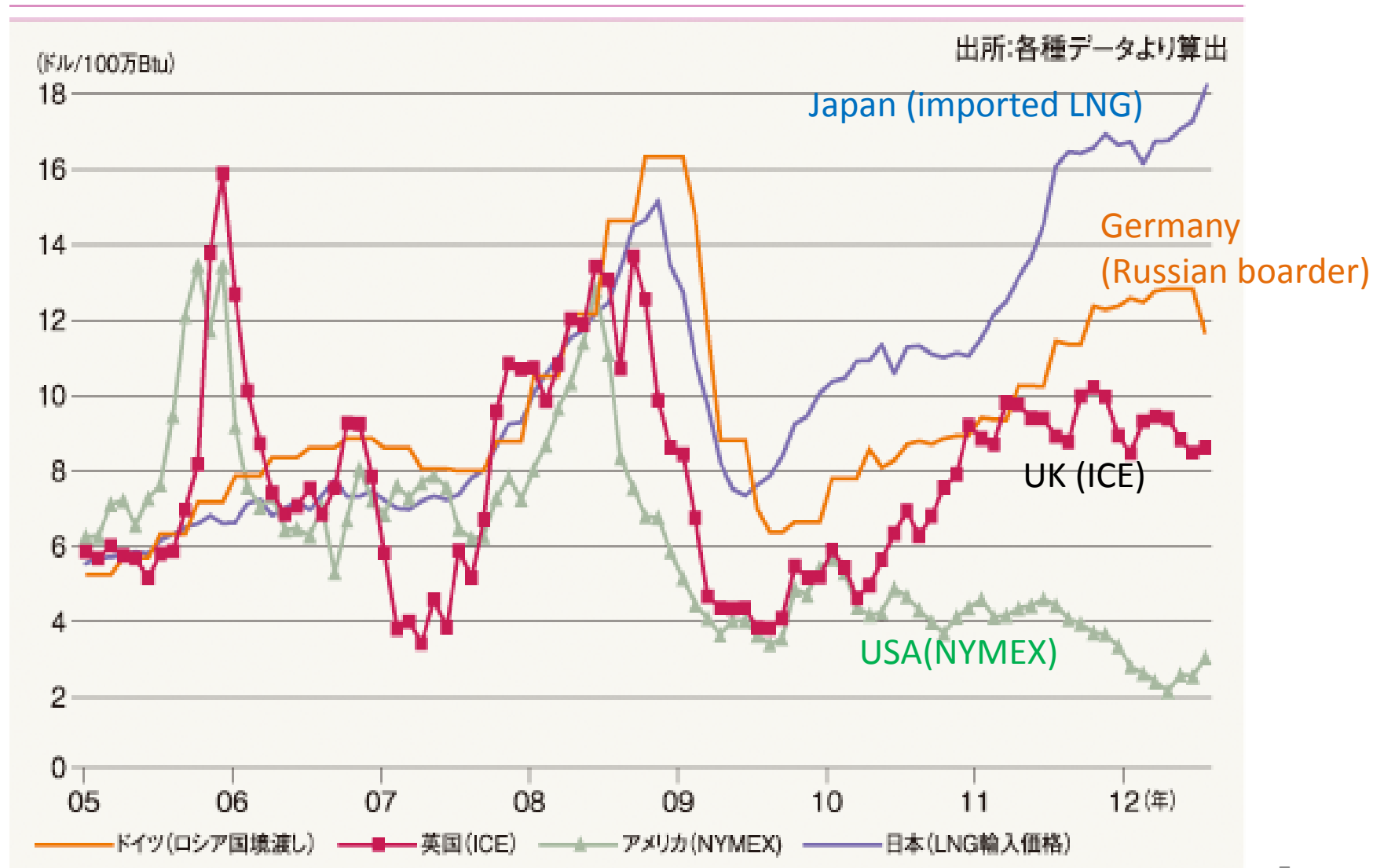
日本の原油輸入と中東依存度



出典: 資源エネルギー庁

天然ガス価格 (2005-2012)

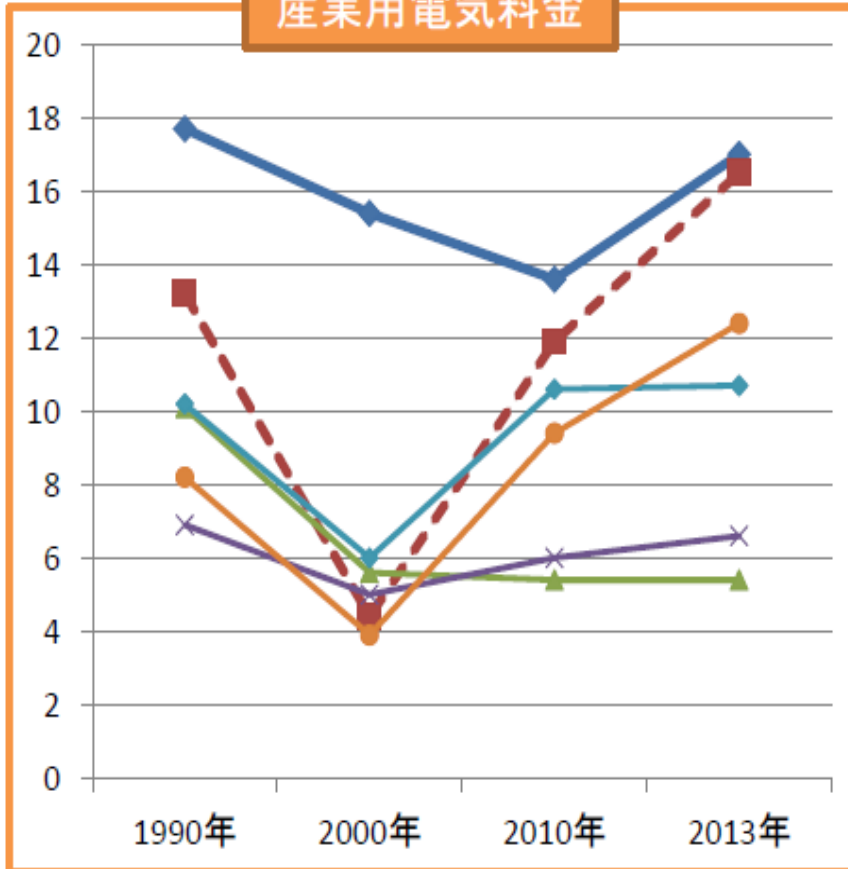
不安定、日本は原発停止のため余計高い



電気料金の国際比較

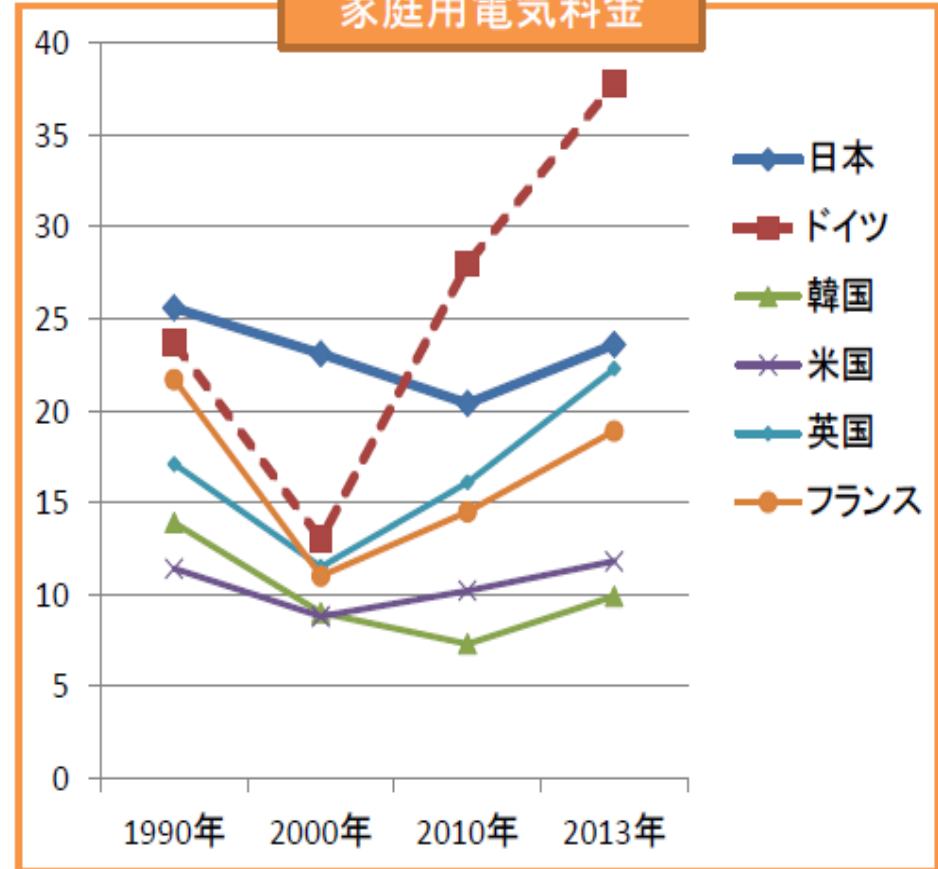
円/kwh

産業用電気料金



円/kwh

家庭用電気料金

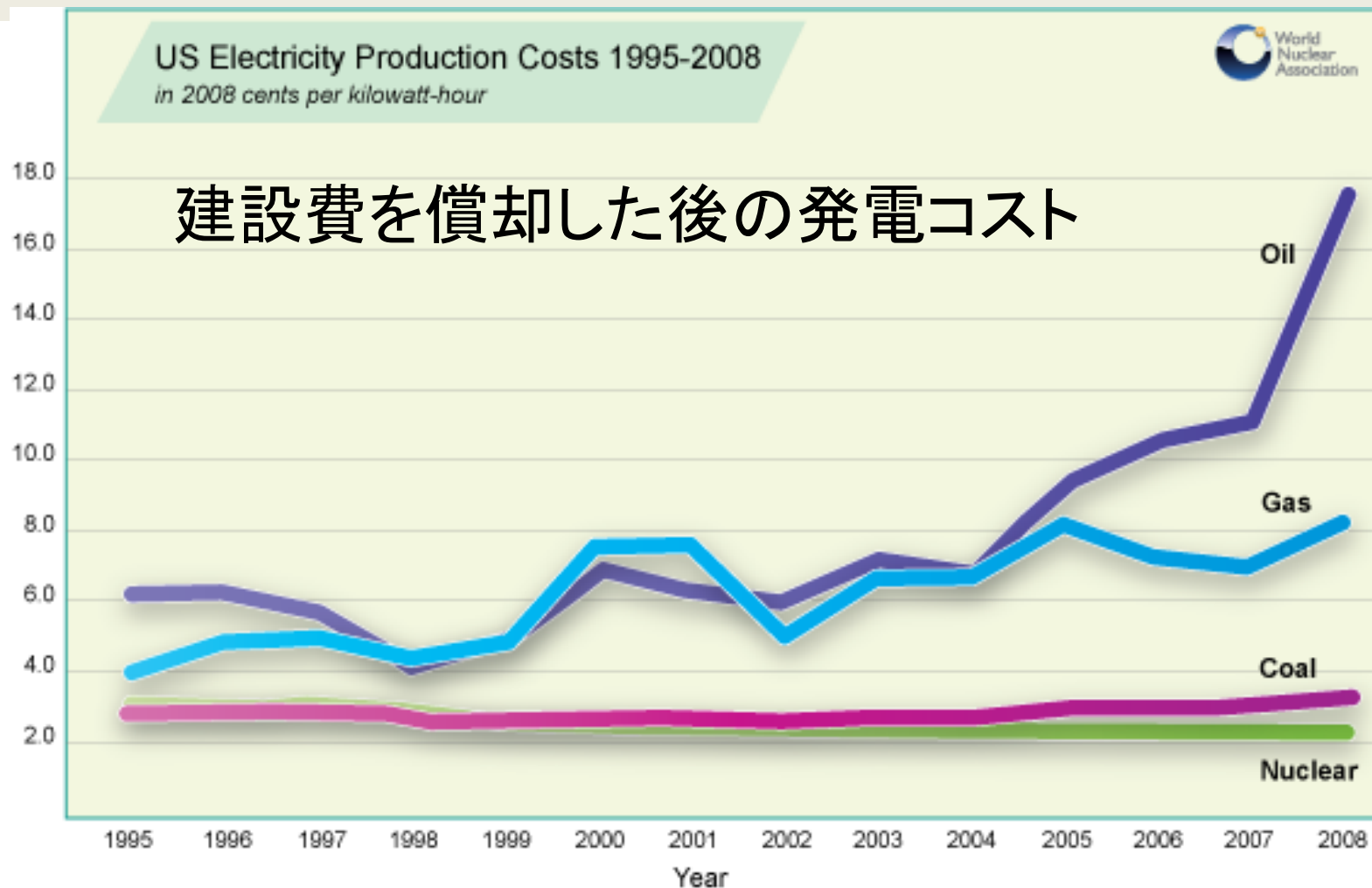


単位:円/kWh 出典:IEA Energy Prices and Taxes (OECD為替レートを使用)

出典:資源エネルギー庁原子力小委員会第1回会合参考資料1、平成26年6月

米国では発電コストは原子力が一番安い

原子力は長期的に安定して使えば安価：日本の目標



Production Costs = Operations & Maintenance + Fuel. Production costs do not include indirect costs or capital.

Source: Ventyx Velocity Suite, via NEI

Source: <http://world-nuclear.org/info/inf02.html>

エネルギーセキュリティ

- 水に次いでエネルギーが生存のために必要
- 水だけだと原始的生活しかできない。文化的な現代生活にはエネルギー源が必要
- 先進国は世界の人口の2割、新興国は今後膨大なエネルギー源が必要
- 活用が容易な化石燃料資源は世界で極めて遍在
- 世界の紛争・戦争の大部分は、エネルギー資源の争いが関係
- エネルギー資源の存在は、国家の経済的繁栄ももたらす。ロシアは、天然ガスや石油の輸出により経済的混乱を脱出。

- ・日本の1次エネルギー自給率は、原子力を除くと6%
- ・天然ガス・石油の価格変動は大きい。
- ・日本は原子力発電の停止によって、高い天然ガスを買わざるを得ない。
- ・シェールガス開発による、米国の中東など国際問題への関与の低下
- ・エネルギー資源を他国に大きく依存することは危険
- ・エネルギーコストの上昇は、工場の流出、雇用の喪失、地方の衰退、経済的弱者の猛暑による死亡率の増加など様々な影響をもたらす。
- ・エネルギー問題は好き嫌いで考えると危険、様々な観点からの考察・報告書をもとに戦略的、論理的に考える必要。

原子力エネルギー供給の目標

- 安価で安全なエネルギーの供給による「輝く日本の未来」への貢献
- 製品の競争力、雇用の創出、サービス業の充実、健康で文化的生活の享受などへの貢献

エネルギー基本計画

平成26年4月資源エネルギー庁

原子力は重要なベースロード電源

- 原子力政策の再構築
- 福島復興
- 安全性向上
- 使用済み燃料、放射性廃棄物対策
- 核燃料サイクル政策推進
- 国民、自治体、国際社会との信頼関係の構築
- 戦略的な技術開発の推進
- 国民各層の理解の深化

27年度予算要求の基本方針

平成26年7月29日原子力委員会決定

1. 東電福島第一オフサイトの取組
2. 東電福島第一廃止措置に向けた中長期的取組(オンサイトの取組)
3. 安全文化の確立と原子力発電の活用に必要な取組み
4. 高レベル放射性廃棄物最終処分をふくむ使用済み燃料の解決に向けた取組み
5. 原子力研究開発の取組
6. 原子力人材の確保・育成の取組
7. 国際社会における責任ある一員としての取組

日本の原子力の課題

- 原子力利用に伴う様々なリスクの低減
- 「原子力研究開発・利用(原子力利用)の基本的考え方」の再構築
- 組織の運営・管理の仕組みの点検と再構築

原子力利用に伴うリスクの低減

- 東電福島事故の痛切な教訓を生かすこと。
- 社会的リスクの低減
- 原子力発電事業リスク低減
- 放射性廃棄物、使用済み燃料問題
- 人材確保・育成、知識継承
- 研究開発基盤再構築
- 核不拡散・核セキュリティ

東電福島事故の教訓を生かす

- オフサイト: 風評被害防止、地域復興、放射性物質挙動、など
- オンサイト: 汚染水対策、事故修復技術開発 (遠隔技術、デブリ取出し、除染、廃棄物処理)
- 過酷事故対策: 対策設備技術開発、過酷事故挙動の理解・予測性向上のための研究開発、人材育成
- 今回の炉心溶融事故のデータは世界の利用に供する(世界に対する責任)

社会的リスクの低減

1. 危機管理体制

情報と指揮系統の混乱が社会的リスクを増大する。

炉心溶融事故挙動、放射性物質放出移行挙動の理解の重要性

2. 避難計画・防災・減災対策

3. 被曝リスクの相対化

低曝露リスクの分野横断的検討

4. 風評被害低減（JCO事故、東電事故の分析と教訓の反映）

5. 原子力安全・放射性廃棄物等の研究開発報告書、研修資料等の作成と開示（国民理解の基盤、科学技術は中立）

原子力の相対化

- 「原子力村からの脱却」: 専門家は必要
- 「原子力の相対化」により原子力特有の問題から脱却できるのでは？
- 原子力の安全は交通・運輸、毒物・劇物を扱う化学工業などと共通の側面あり。
- 原子力の中だけで考え行動するのではなく、他分野ではどうかを知り、その相対で原子力を考えるとよいのでは。安全に限らない。
- 航空機事故調査の運用との違いは？
- 学問も関連分野との相互作用で発展する。

原子力事業リスクの低減

— 安定で安価な電力供給のために —

1. 競争環境下の原子力発電事業モデル構築
諸外国の先行事例の経験の利用
投資リスク低減、ビジネスモデル、技術開発
2. 長期予測性のある原子力事業環境の創出
規制、高経年化、地方自治体、国民理解
規制の独立性(大きいリスクを下げる)
3. 原子力損害賠償制度
4. 放射性廃棄物処理処分
5. 事業者による自主的改善活動

使用済み燃料・放射性廃棄物

- 様々な放射性廃棄物
 - 発生源と放射能の性状による分類
 - 発生国の責任で処分
 - 発生者の責任で処分
 - 現世代の責任で処分

事業者による自主的改善活動

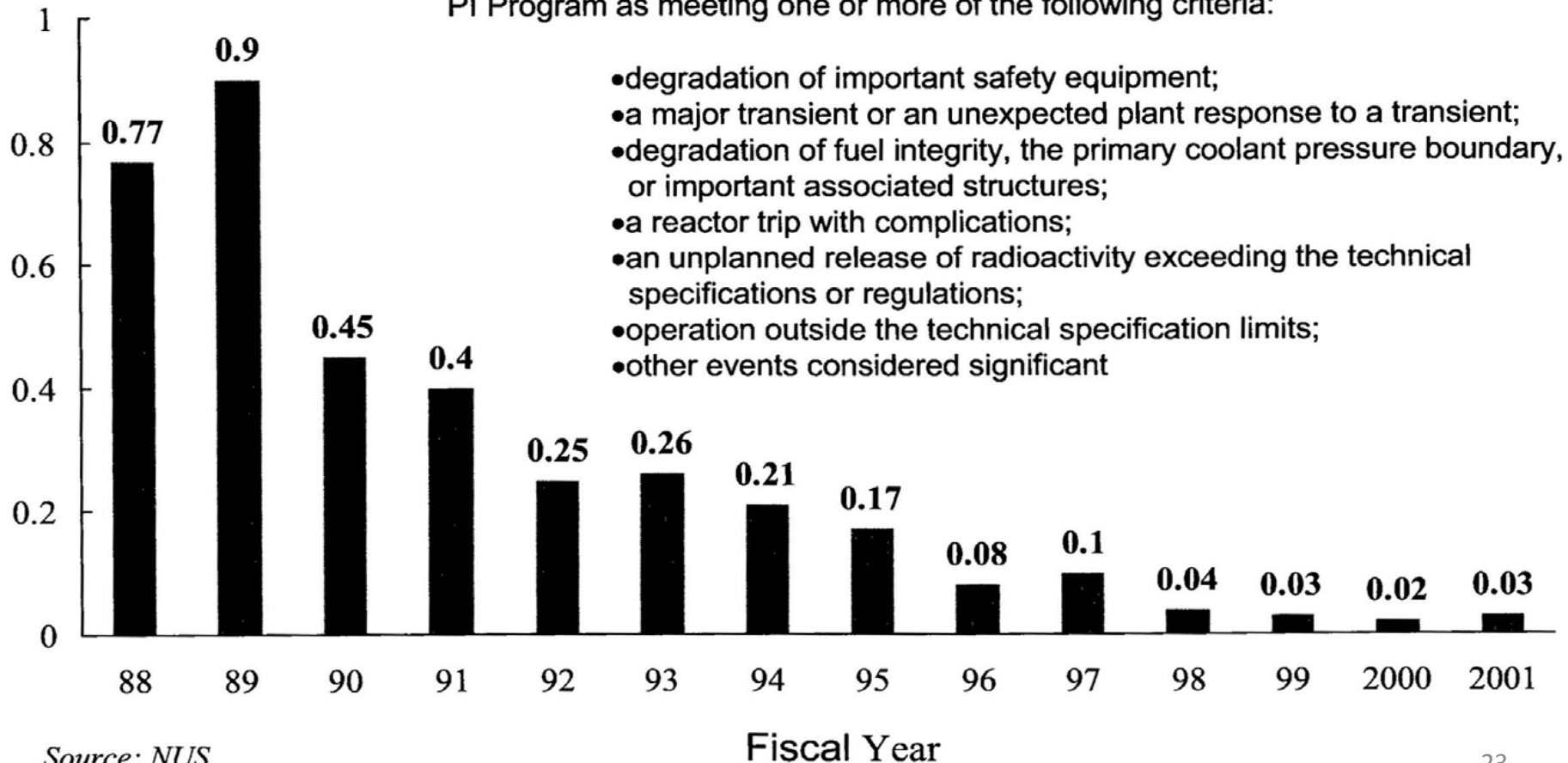
- 米国ではTMI事故の教訓でつくられたINPO(原子力発電運転者協会)が成果、日本での類似の活動に期待。
- 細かいトラブル防止が大きい事故の防止につながる、結果として稼働率も向上する。
- 自主的な改善が目的なので、データは非公開を守るなど、自主的な活動の尊重が重要

米国の原発の重要事象頻度



Significant Events: Annual Industry Average (1988-2001)

Significant Events (SEs) are those events that the NRC staff identifies for the PI Program as meeting one or more of the following criteria:



Source: NUS

基礎基盤研究開発

- 原子力発電利用を支える基礎基盤構築
- 要素技術の研究
- 個別テーマを長年担当することにより世界をリードする専門家育成
- 分野を俯瞰できる研究テーマも、例：コード開発(研究開発機関向き)や設計研究(大学向き)
- 競争的資金(科研費など)によるアイデア創出
- 原子力の技術革新
- 企業の研究開発との役割分担・連携(製品開発と関連の薄い研究を企業で長期間継続するのは困難)

原子力人材育成

- ①大学教育、②人材育成・知識継承

①大学教育：優秀な学生の獲得

基礎から考えられる能力の養成

基礎・基盤科目、演習（講義の2倍の時間、米国の大学ではきちんと行われている）、実験

卒論・修士論文作成による知識の体得

教科書・演習書・実習書作成など

②人材育成・知識継承：OJT、セミナー、研修資料、研究開発報告書・解説書作成、研究開発グループによる若手育成・知識継承セミナーなど

欧米の過酷事故研究開発と人材育成

- 研究開発コミュニティの活動: SarNET[2013年迄), NUGENIA(今後): 欧州共同体の原子力研究開発予算で研究開発と一体で活動
- 専門家会合
- 毎年若手向きセミナーによる人材育成(資料は分野の研究開発を基礎も含めて俯瞰できる)
- 過酷事故の教科書: SarNETが作った教科書と、米国EPRI関係のTMI事故の教科書
- 研究開発コミュニティが人材育成
- 米国はNRCの職員研修用報告書(Perspectives of reactor safety)が公開されており、その記述の根拠となる参考文献(国立研が出した報告書)とともに専門家育成・知識継承にも役立つ。

原子力人材育成の視点

近藤駿介：原子力人材育成ネットワーク設立記念会合2010年11月

- 世界中で通用するようなユニバーサル人材の育成に資する活動とすること
- 国内で閉じた活動とするのではなく国内外に開かれた活動とすること
- 組織は全て学習と教育のための機関である。あらゆる層に訓練と啓発のメカニズムが組み込まれていること。
- 人材育成は組織の外の課題ではない、組織が生き残るために必須の課題である。

米国DOEの原子力研究開発イニシアティブ

1. Reactor technology(SMR, LWR, Advanced, Space)
2. Fuel cycle technology
3. Nuclear facility operations
4. Advanced modeling and simulation
5. Nuclear energy university program
6. Nuclear energy enabling technology

R&D 領域:

- ①構造材、②燃料、③炉、④計装制御、⑤電気変換、⑥熱輸送系、⑦排熱法、⑧分離、⑨廃棄物形態、⑩リスク評価法、⑪計算モデルとシミュレーション

国民理解問題

- ①地元、②国民全体、③専門家それぞれ
- 科学技術は中立
- 研究開発報告書の作成と開示が第一歩
- 研究開発全体が理解できる発表資料や研修資料作成と開示も(報告書は長大で理解が大変)
- 反対の場合は根拠となる論文をあげて意見を言う
とよい。

例1: 過酷事故の理解: 米国NRCの研修資料と、その参考文献の国立研究所のレポートや論文が役立つ。

例2: 米国EPAが作業者の被曝線量基準を見直すかどうかの意見を募集中、主要な資料も付いている。

例3: 政府機関の国民信頼性向上は米国NRCの活動 (Information digest, Citizen's guide, Strategic plan など)が参考になるのでは？

「原子力研究開発・利用(原子力利用)の基本的考え方」の再構築

- 原子力国産化が目標だった時代の考え方と意識を引きずっていないか？
- 諸外国の原子力利用と研究開発の考え方とその背景や論理を調査し、日本の従来の問題点や課題も洗い出して、新しい考え方を作ってはどうか。複眼的思考法。
- 「日本の輝く未来に貢献する」、「国際的にリードする」という今後の目標との関連で検討するとどうか。

国際的にリードする(原子力の大目標)

- 昔の目標:原子力国産化
短期間で電力需要の30%を超える供給を果たしたので、よい目標だった
キャッチアップ型の目標。日本が先進国になった後もそのまま日本特有の問題を見失い、東電事故の遠因にも？
新しい目標と意識変革がないのが日本の失われた25年の遠因？
- 日本語の人口は世界のわずか2%、島国(特異な先進国)
- 現在:日本の原子力の国際展開(遅ればせながら)
- 研究開発やその運営管理において「国際的にリードする」は良い目標では？
- 世界中から日本の研究開発機関、大学に聞きにくるように、人と情報と資金が集まるように。そのための運営、研究開発、人材育成
- 基礎から考える。問題を俯瞰する。組織運営、設備インフラを改良

組織の運営・管理の仕組みの点検と再構築

- 米国や欧州の先進国には、それぞれ優れた「改善」や「競争」や「責任」の仕組みがある。それらを我々は知っているようで知らないのではないか。
- 企業の組織運営管理や研修制度も参考に。
- 原点に立ちもどって、これらの仕組みと運用を調査、勉強し、自らの計画や運営の改善してはいかがだろうか。
- 事務作業の簡素化、負担軽減策も：細かいこと、本質的でないことはやらない。だらだら働かない
- 規則・手順を簡素化して公開。電子化で作業負担軽減などが必要では？皆忙しいので、本質的なことだけに。

3つの仕組み

- 米国の競争力の源泉
 - ①改善(フィードバック)、②競争、③責任の仕組みを機能させていることにあるのでは

日本人の特性

- 農耕民族、「和をもって貴しとなす」
- 競争を好まない、協調性のある性格
- 競争のない「村」に暮らすのは心持がよいが？
- 居心地が少し悪くなくても協調性がある日本人の特性を生かしつつ3つの仕組みを機能させる必要があるのでは？

仕組み・組織運営の自己点検・改善

①責任、②競争、③フィードバックの仕組みを機能させる

①責任とは：組織運営の人事権と予算、資産管理に伴うもの、責任はトップだけにあるわけではない。階層的に分担。

②競争の目標：その分野で世界一になること：企業：製品やサービスのシェア、研究開発機関：プロジェクトの成果、大学：被引用数の多い論文、卒業生の質、行政庁：行政サービス。

②競争の仕組み（米国大学の場合）：自己努力を要求される昇進・昇給の仕組み、競争的資金獲得など

③フィードバックの仕組み：例：ピアレビュー（専門家集団のレビュー）、

重要なのは自己変革のため実行し組織運営に反映すること

改善の仕組み

- PDCA(Plan, Do, Check. Act)
- CAP(改善行動計画)
計画管理業務を円滑に進める方法
- 専門家相互にはピアレビュー、外部評価
評点に注目が集まり、評価コメントを参考に自らの運営の改善が弱いのではないか。評価は目的ではない。改善の手段。

考えられる理由

1. トップダウンが強すぎて、自己責任が希薄
2. 日本人の競争を好まない性格、「村」の心地よさを優先、気が付かないうちに本質をずらしていないか？(例、評価と改善)
3. 組織の目標を構成員が共有していない、危機感がない
4. 目標設定、作業分析、期間設定、予算と人員配置、責任体制、外部要因などの分析と対策が不十分

企業・研究開発機関・大学の研究

- 企業:商品のため、商品化のための作業
商品に未知の部分があっては困る。
設計で未知の部分を避けることも
- 研究開発機関:プロジェクトの達成作業
ハードの開発だけがプロジェクトではない
組織として目標を持って活動し、まとまった成果を挙げるのがプロジェクト
体系的な実験にも期待
- 大学:未知の分野の探索
試行錯誤が必要、失敗してもよい。引用件数の多い研究論文が目標
日本は大学院生に給与を払わなくてよい(米国大学より有利)
商品としての魅力に乏しい分野も研究できる
- 大学の研究と企業の研究は相補的
- 研究開発機関は世界の企業が聞きに来るようになるのが目標？

研究の3つのタイプ

1. 基礎基盤研究
2. プロジェクト(応用)研究
3. 開発研究

成果の指標

1. 基礎基盤研究: 論文被引用数、国内外他分野等への波及効果、企業化人材育成効果(研究テーマにした学生数、ポスドク数)など
2. プロジェクト(応用)研究
成果の有用度(例えば、プロジェクトの国内外での展開、企業からの成果の引き合い・利用など)、報告書の有用度、整備・更新できたインフラ設備
人材育成効果(知識継承、継続教育)など
3. 開発研究
実用化の有無、スピンオフ効果、国際展開、国民への還元効果など
目標設定、工程管理、PDCAなど運営管理の良否も重要
開発は市場で受け入れられるかが最も厳しい制約。

(大学の)国際競争力

- 責任、競争、フィードバックの仕組みをきちんと行うこととしかないのであるか？

- 米国大学では

①責任：人事と予算（退職教員のポストは大学が一度召し上げて、配分する）

②競争：若手教員のテニユア獲得まで（年2報以上の論文を単名で書く）、テニユア獲得後3年ごとに評価あり。競争的資金（研究費）獲得のため必死で考えるのがよい。

若手教員が予算獲得できないと大学院生採用できなくて退職に。テニユアでも居ずらくなる。

③フィードバック：ピアレビューのシステムをきちんと機能させる。教員採用時の評価、ABETの教育研究評価、（研究開発機関のプロジェクト、報告書もピアレビュー）

学科・専攻分野ごとの大学ランキングを使うのがよい。教員の事務負担も少ない：研究費管理は領収書を提出するだけ、研究費応募書類作成も支援有

頑張ろう原子力

ご清聴ありがとうございました