



メキシコの原子力発電計画概観

アレハンドロ・ウェルタ
エネルギー省

第50回原産年次大会
東京
2017年4月11日～12日

メキシコ合衆国



		
国土面積(km ²)	1,960,000	380,000
人口	1億2,000万人	1億2,700万人
GDP(1人あたり米ドル)	9,800	44,400
エネルギー自給率(%)	111	6
電力消費量(1人あたりMWh)	2.17	7.83
発電設備容量(GW)	66	234
稼動中の原子力(ユニット/MW)	2 / 1620	42 / 41,482
燃料燃焼によるCO ₂ 排出量	431	1,188
CO ₂ 排出量(1人あたりtCO ₂)	3.60	9.35

メキシコのエネルギー改革



- ✓ 2013年、国内の石油、ガス、電力セクターの転換に着手した
- ✓ 国内経済を近代化および多様化して、工業競争力を高める幅広い取り組みが講じられる
- ✓ 新しい規制および制度の枠組みは、長期に及ぶ独占状態に終止符を打ち、石油、ガス供給、発電のあらゆる面に自由競争をもたらした
- ✓ 持続可能性と気候変動の考慮事項は、メキシコのエネルギー政策において顕著である。メキシコは、COP21の準備段階で気候変動誓約を最初に提出した国の1つであった
- ✓ 全体的な目的は、より持続可能で効率的で透明性があり生産的なエネルギーセクターを実現し、国の大規模な炭化水素資源から利益を引き出しながら、低炭素成長源を推進することである

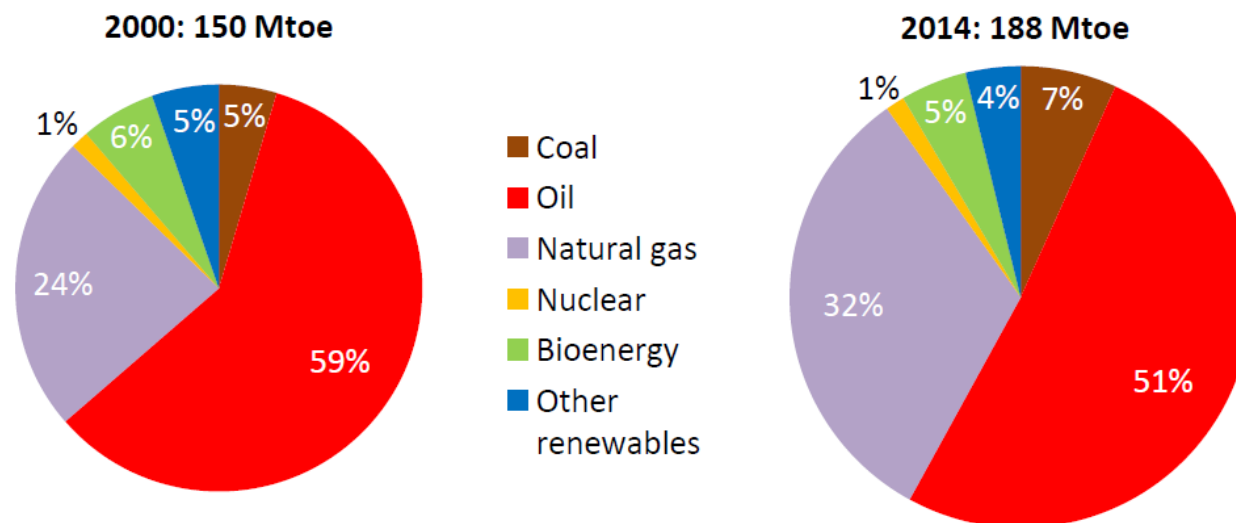
メキシコのエネルギー改革



- ✓ いくつかの考慮事項が改革の原動力となった
 - 国営石油会社のPetróleos Mexicanos (PEMEX) が上流開発を独占していたが、高経年化する油田での石油生産減少をくい止めるために必要な投資を行っていなかった
 - 電力セクターでは、発電への民間セクター参入が制限され、国営電力会社のComisión Federal de Electricidad (CFE) が送電、配電、小売セクターを独占していたため、システム全体が非効率化し、コストが増加した

メキシコのエネルギー動向

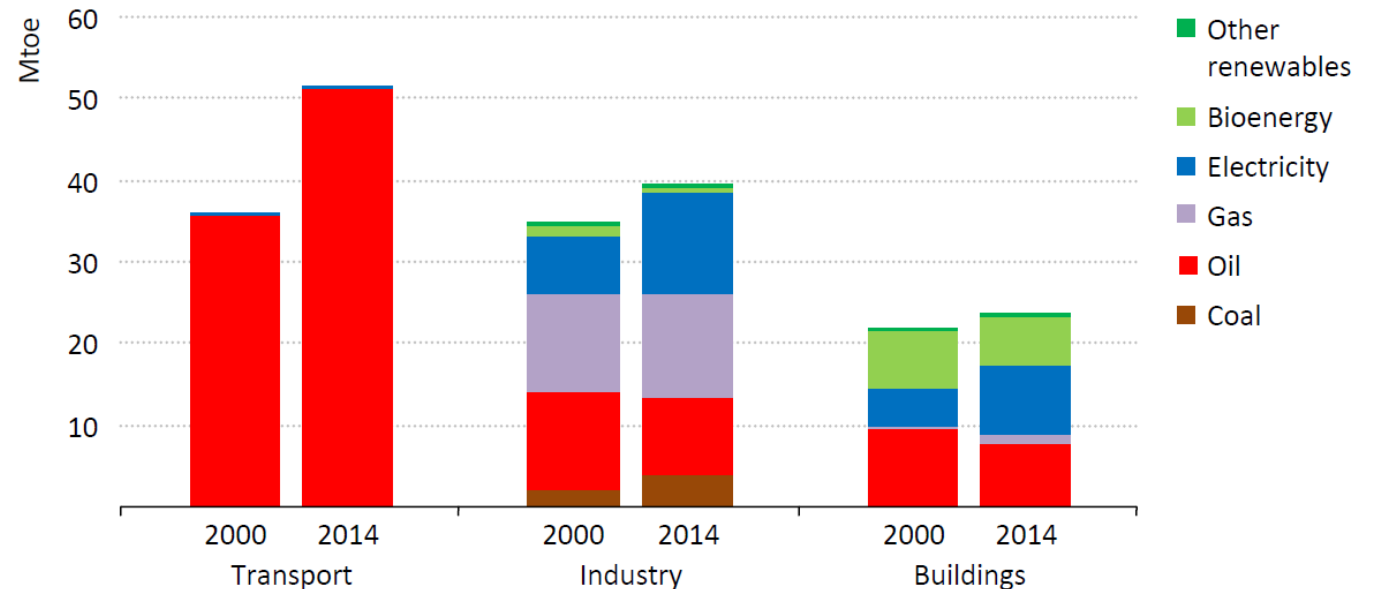
- ✓ メキシコの一次エネルギー需要は、2000年以降、経済の拡大にほぼ一致して25%増加した
- ✓ メキシコ経済のエネルギー強度は、2000年の国内総生産（GDP）1,000ドルあたり0.180石油換算トン（toe）から2014年の0.168 toe/1,000ドルへ、この期間中にわずかしか変化しなかった



ガスの役割が急速に拡大しているが、石油がメキシコの一次エネルギーミックスで引き続き支配的な位置を占める

メキシコのエネルギー動向

- ✓ 輸送のエネルギー需要は2014年の総最終消費量の40%を超えるが、これはOECD平均の33%を大きく上回る
- ✓ 輸送セクターは、メキシコのすべての最終利用エネルギーセクターのうち最大のエネルギー消費部門であり、工業（28%）と建物（20%）を大きく上回る
- ✓ 工業エネルギー需要は2000年以降、約14%増加し、工業のGDP貢献率は同期間に約17%成長した。つまり、工業のエネルギー強度は、期間中にほぼ横ばいにとどまっている



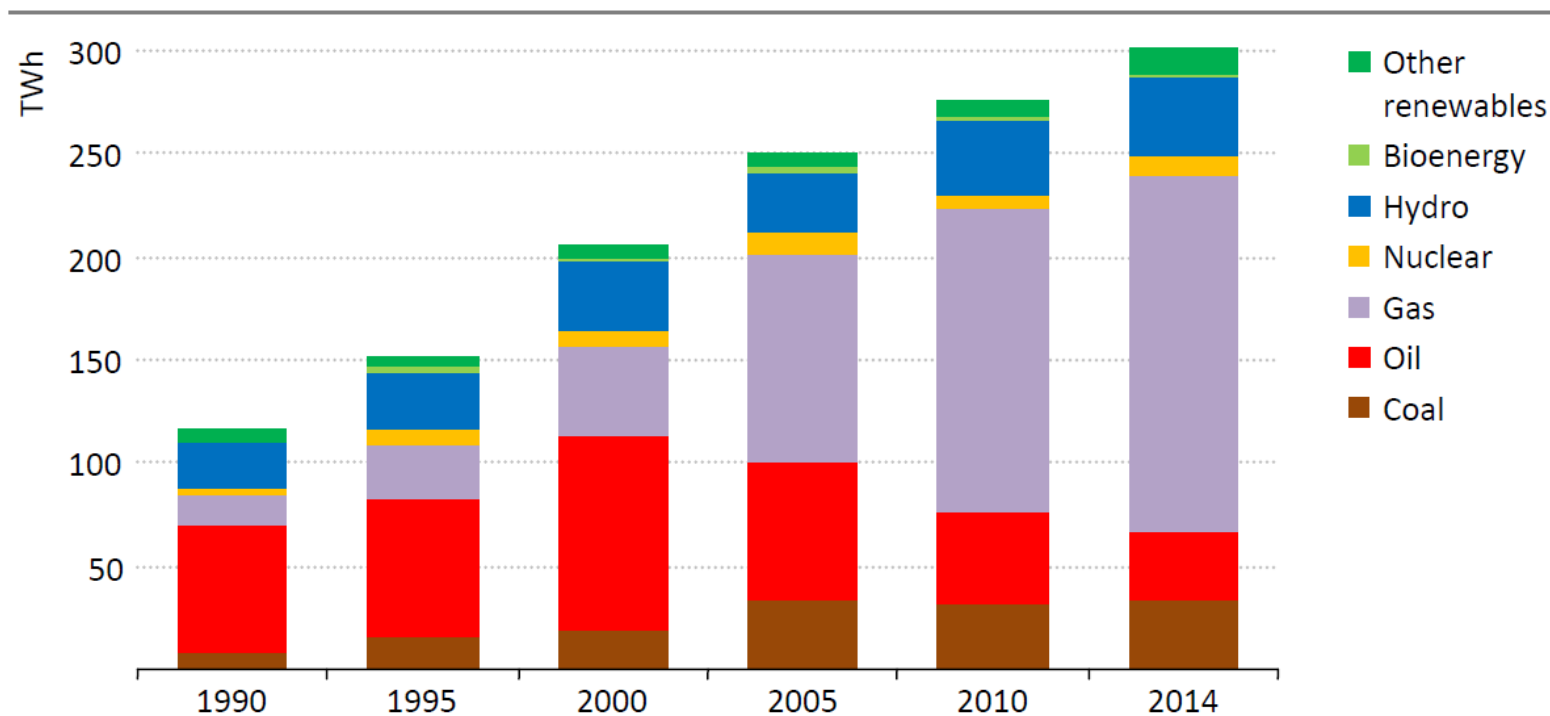
石油が大部分を占める輸送セクターが急成長し、メキシコの最終エネルギー消費量の圧倒的多数のシェアを占める

メキシコのエネルギー動向

- ✓ メキシコの電力需要は過去20年間で2倍を超える量に増加し、2014年には総最終エネルギー消費の約18%を占めた

- ✓ 人口の98%が電力を利用するが、1人あたり消費量は比較的少ない

- ✓ 最終利用者のうち、工業が最終電力消費量の半分以上を超える（56%）



メキシコの発電量は1990年以降、2倍以上増加し、コストのかかる石油依存から多様化している

メキシコのエネルギー動向



- ✓ メキシコは豊富な再生可能エネルギー源がある。水力は例外であり、開発が始まったばかりである
- ✓ 水力発電施設容量は現在12.5 GWであり、メキシコの発電ミックスの長期にわたる部分を構成するが、国土の大半が乾燥状態であるため、さらに拡大する余地はほとんどない
- ✓ 風力、地熱、太陽光への依存は今のところ限定的であるが、成長の可能性は膨大であり、政策の後押しが得られつつある
- ✓ 2015年に公布されたエネルギー移行法は電力法と共に、再生可能エネルギー源、原子力、高効率コージェネ、廃棄物発電、炭素回収・貯留付火力発電所と定義されるクリーンエネルギーによる発電の開発を加速させるための法的枠組みを提供する

クリーンエネルギー としての原子力

- ✓ 2014年8月に公布された電力産業法（LIE）は、電力産業の持続可能な発展を推進し、利用者の利益のために効率的かつ安全な運転を継続すると共に、公共のユニバーサルサービス、クリーンエネルギー、汚染排出量削減の義務を果たすことを目的とする
- ✓ LIEは、原子力エネルギーをクリーンエネルギーと定義している



LEY DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA

TEXTO VIGENTE

Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de agosto de 2014

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Presidencia de la República.

ENRIQUE PEÑA NIETO, Presidente de los Estados Unidos Mexicanos, a sus habitantes sabed:

Que el Honorable Congreso de la Unión, se ha servido dirigirme el siguiente

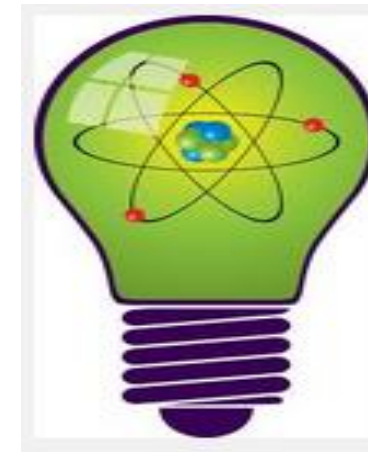
DECRETO

"EL CONGRESO GENERAL DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, DECRETA:

SE EXPIDEN LA LEY DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA, LA LEY DE ENERGÍA GEOTÉRMICA Y SE ADICIONAN Y REFORMAN DIVERSAS DISPOSICIONES DE LA LEY DE AGUAS NACIONALES

ARTÍCULO PRIMERO. Se expide la Ley de la Industria Eléctrica.

LEY DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA



制度の枠組み

- ✓ 過去80年間のほとんどの期間、メキシコのエネルギーセクターは、バリューチェーン全体を独占する国営企業で構成されてきた
 - 上流、中流、下流の石油およびガスではPEMEX
 - 発電、送配電、小売ではComisión Federal de Electricidad (CFE)
- ✓ 2013年に開始されたエネルギー改革は、メキシコの石油、ガス、電力産業に新しい構造を確立した
 - ✓ 石油およびガスの上流事業への民間セクター参入
 - ✓ CFEの再編および解体、エネルギーおよび容量の競争電力市場の導入
 - ✓ 原子力を除く発電への民間セクター参入

制度の枠組み

内閣レベルの省庁

財務公債省 (SHCP)

石油契約の財務および経済条件を設定し、他の入札変動要素を決定する*。
特定の石油製品に価格範囲を設定する

エネルギー省 (SENER)

エネルギー効率を含むすべての分野において、全般的なエネルギー政策を設定する。どの油田およびガス田を民間入札の対象にするか規定する。石油契約および入札条件を設計する

環境天然資源省 (SEMARNAT)

環境・産業安全局(ASEA)を通じて、炭化水素セクターの環境影響および運営の安全を規制し、監督する

可決された法律改正 および新しい二次法：

- 電力法
- 炭化水素法および炭化水素歳入法
- PEMEX法
- CFE法
- 安定化と開発のためのメキシコ石油ファンド

独立規制機関

国家炭化水素委員会(CNH)

上流業務を規制し、入札を実施し、石油契約を管理する

エネルギー規制委員会(CRE)

電力および中流・下流の炭化水素事業を規制する

事業会社

Petróleos Mexicanos (PEMEX)

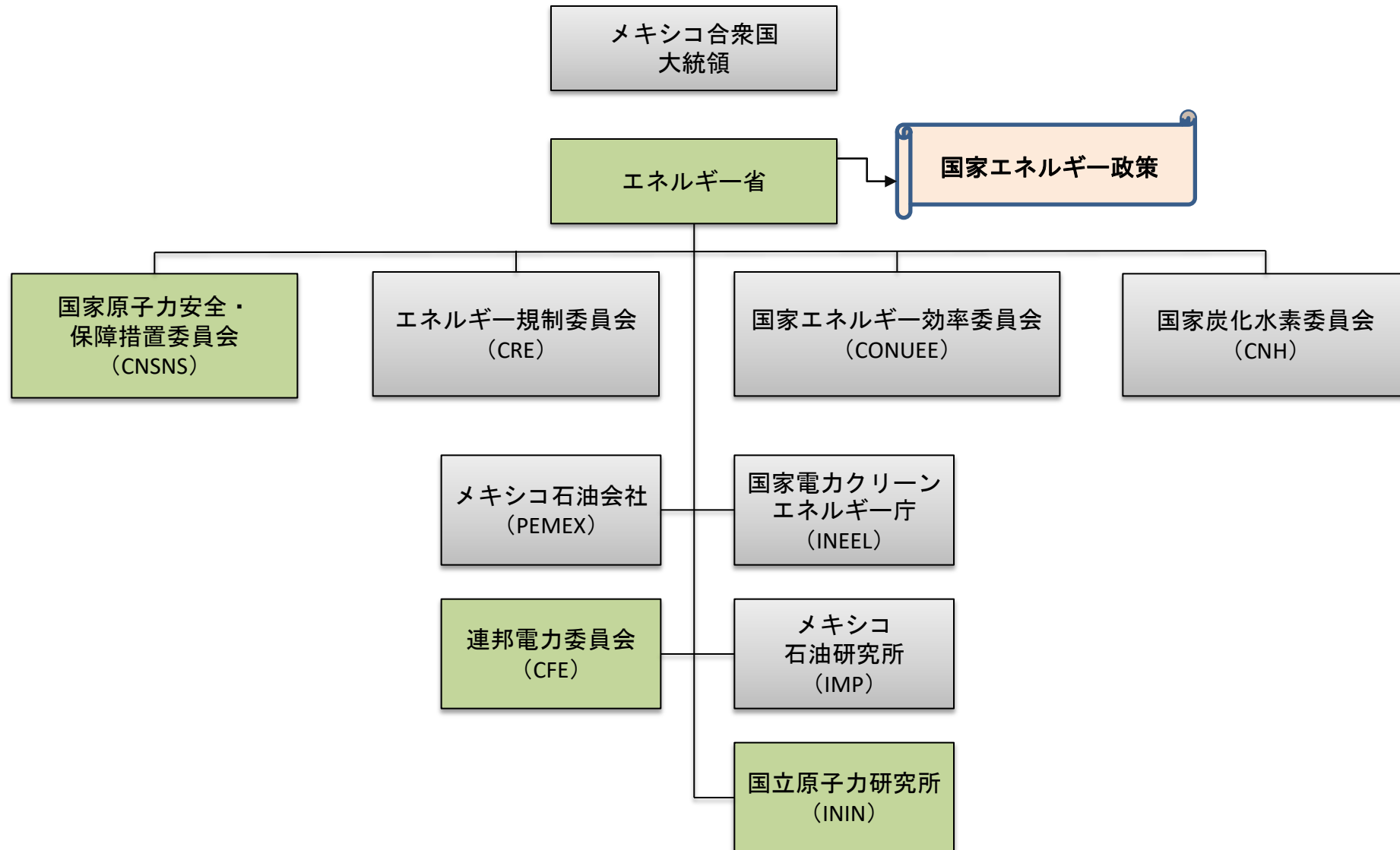
石油およびガスを重点的に扱う生産国営企業

Comisión Federal de Electricidad (CFE)

電力を重点的に扱う生産国営企業

改革は、メキシコのエネルギーガバナンスに根本的な変化をもたらした

連邦政府エネルギーセクター



制度の枠組み

- ✓ 改革は、エネルギー安全保障の緊急課題を持続可能性、効率の考慮事項、低炭素成長モデルに移行する必要性の一般認識と両立させるエネルギー政策を追求することを目的とする政府の広範な見通しの一環である
- ✓ エネルギー移行法（2015年12月に可決）およびパリCOP21に先立って提出された広範な気候誓約には、以下が含まれる
 - 発電に占めるクリーンエネルギー源のシェアを現在の21%から2018年までに25%、2021年までに30%、2024年までに35%に増加させるという誓約
 - 現状維持シナリオと比較して、温室効果ガス（GHG）を2030年までに22%削減し、黒色炭素の排出量を51%削減するという誓約

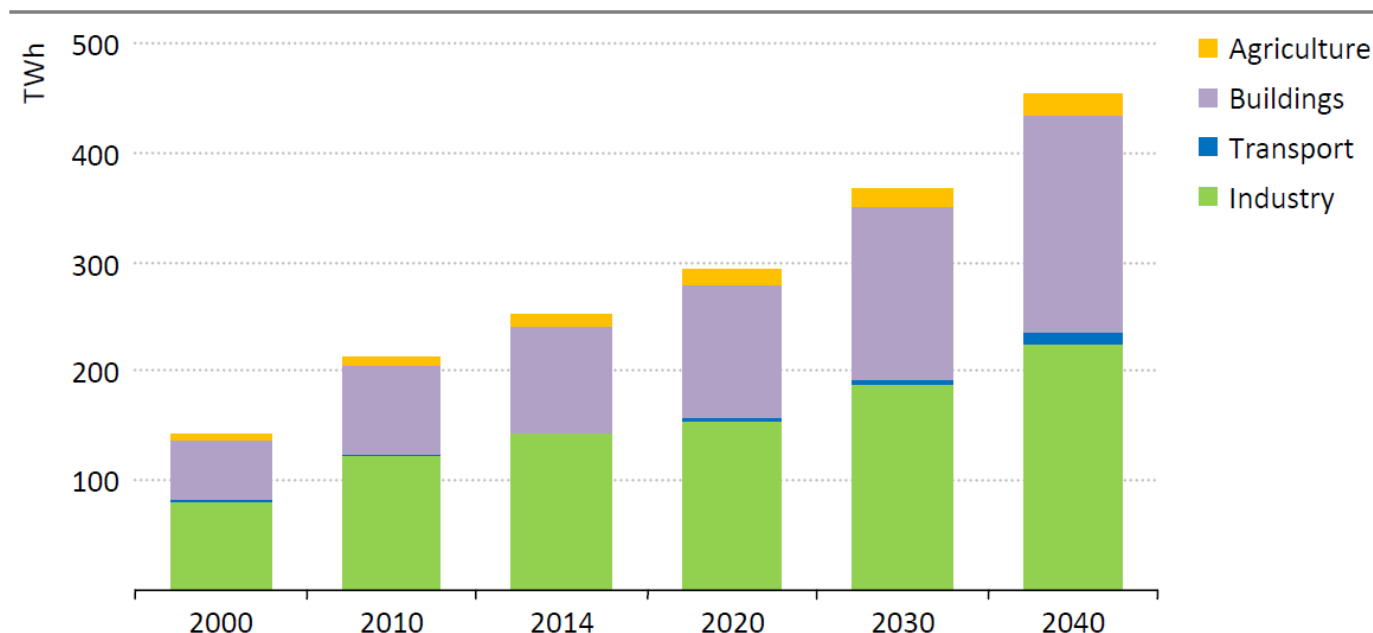
クリーンエネルギー目標

- ✓ メキシコは、化石燃料による汚染排出を削減して、地球温暖化対策を講じている
- ✓ 2015年12月に公布されたエネルギー移行法（LTE）は、生産セクターの競争力を維持しつつ、クリーンエネルギーおよび電力産業からの汚染排出削減にかかわる義務を定める
- ✓ LTEの具体的目標：



2040年までの電力の見通し

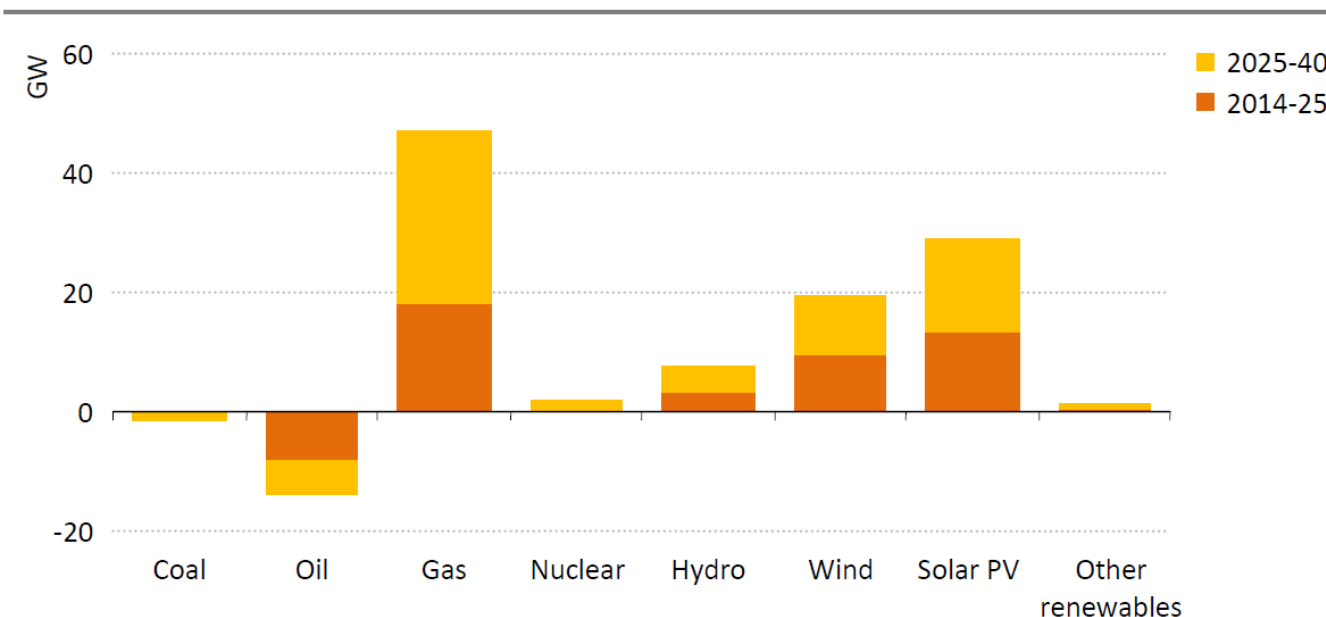
- ✓ メキシコの電力需要は、2014年～2040年に年間平均2.4%増加する
- ✓ 1人あたりの電力需要も、2014年～2040年に約50%増加する
- ✓ 工業は引き続き最大の電力消費セクターとなり、2040年の電力需要の50%を占める
- ✓ 電力消費が最も増加するのは建物セクター（住宅およびサービス）である
- ✓ 輸送セクターでの電力消費量は、電気自動車に対する政府支援制度の影響で急増する



工業は新規政策シナリオで引き続きメキシコ最大の電力需要セクターとなるが、建物セクターの需要のほうが速いペースで増加する

2040年までの電力の見通し

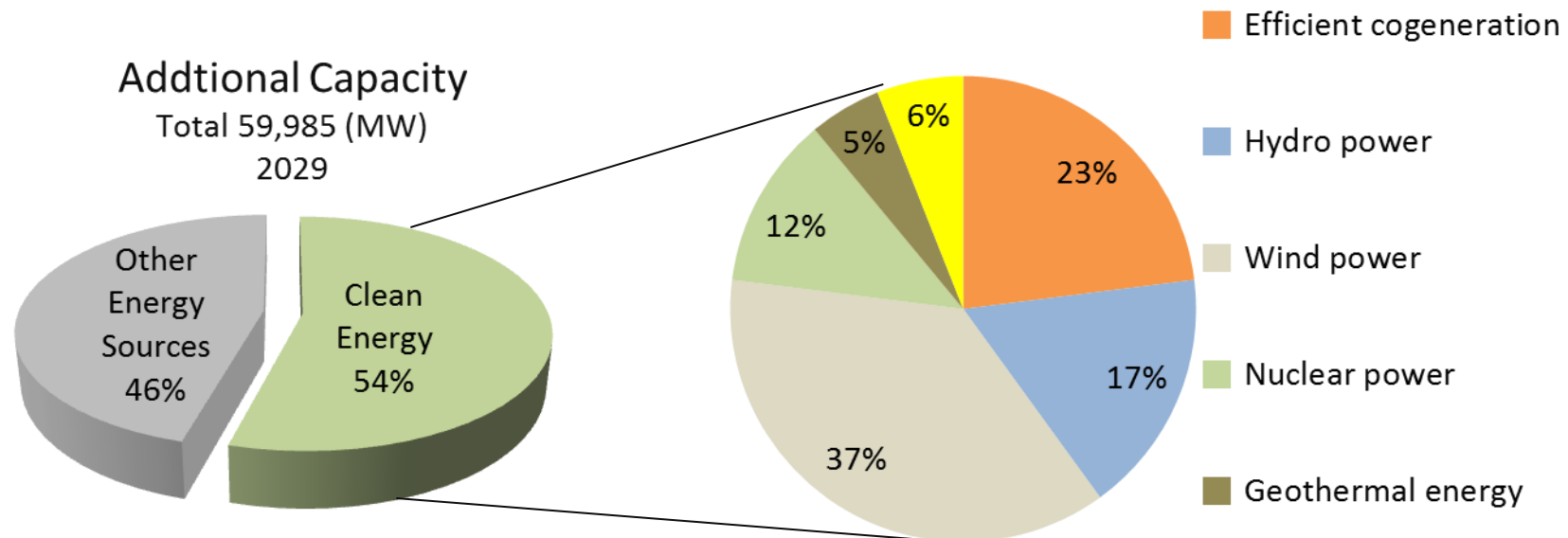
- ✓ 発電設備容量は、2015年の70ギガワット（GW）から2040年の160 GWへと2倍を超える量に増加する
- ✓ ガス火力発電所が増加の半分を占める
- ✓ 石油火力発電設備容量は、2015年の17 GWから2040年の3 GWへと減少する
- ✓ 石炭火力発電設備容量は、一部の既存設備容量の廃止に伴い、2040年までに1.5 GW減少する
- ✓ 再生可能発電設備容量のシェアは25%から46%へ増加する
- ✓ ラグナ・ベルデ発電所の既存の1.5 GWに加え、4 GWの原子力発電設備容量が2030年までに建設される予定である



天然ガスおよび再生可能エネルギー発電は、2040年までの新規政策シナリオにおいて、メキシコでの設備容量の増加につながる

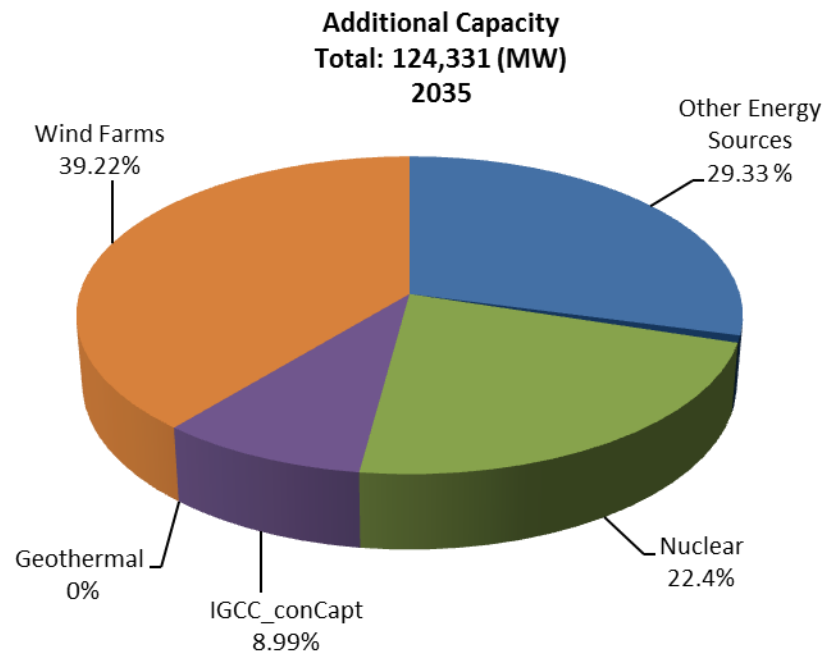
原子力発電プログラム

- ✓ 国家電力システム開発プログラム（PRODESEN）は、新規発電設備容量のためのインフラを定める年次エネルギー計画文書である。この文書は、国家電力システム（SEN）のクリーンエネルギー、効率、安全保障にかかわる目標を考慮しつつ、最低限のコストで需要を満たす最適なエネルギーミックスを示している
- ✓ PRODESEN 2015-2029は、総クリーンエネルギーの12%に相当する3基の新規原子炉を設定している

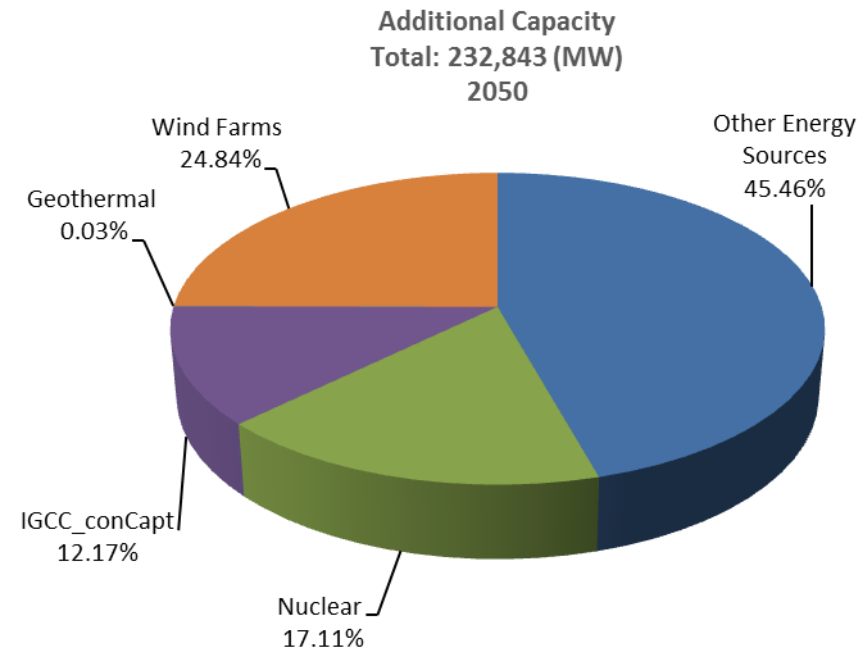


原子力発電プログラム

- ✓ 上記に加え、2013年、国家電力クリーンエネルギー庁（INEEL）は、2035年および2050年のクリーンエネルギー目標を満たす最適なエネルギーミックスを決定するための調査を実施した
- ✓ どちらの事例でも、3基を超える原子炉を含んでおり、原子力が国家電力システムに必要なであるという結果が出た

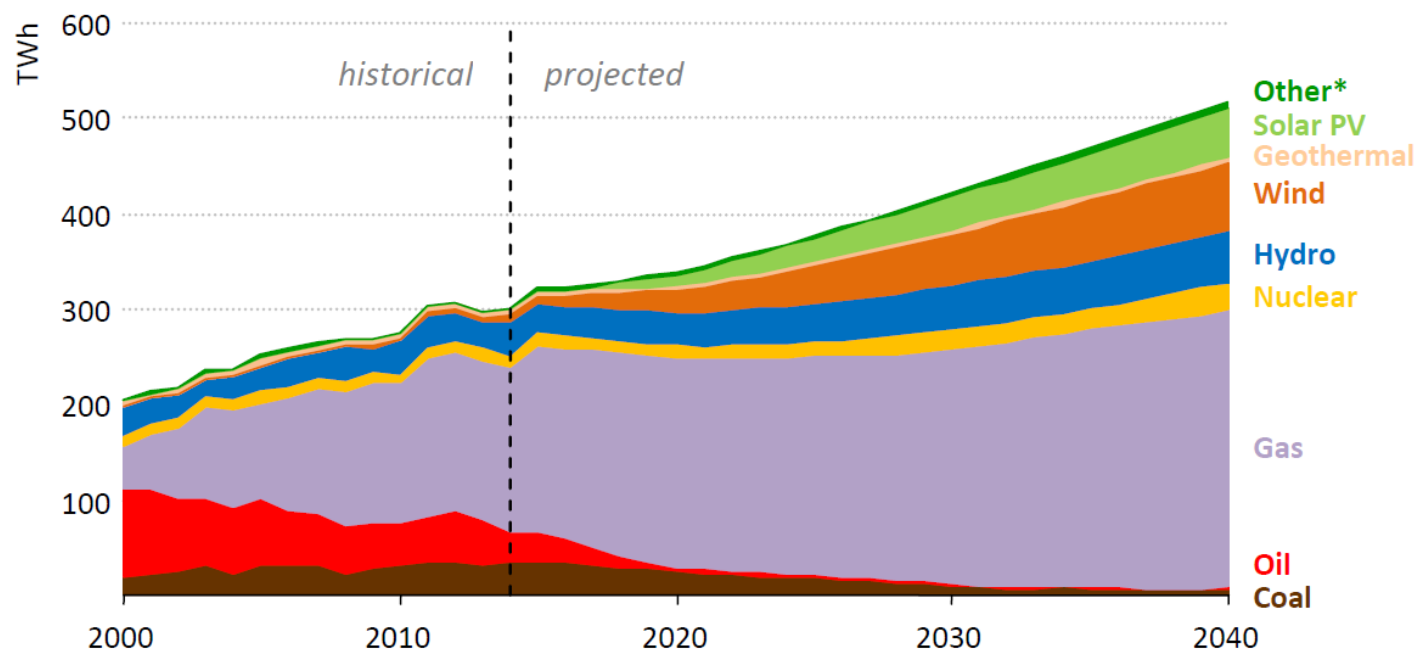


中程度の燃料価格に基づくモデル



2040年までの電力の見通し

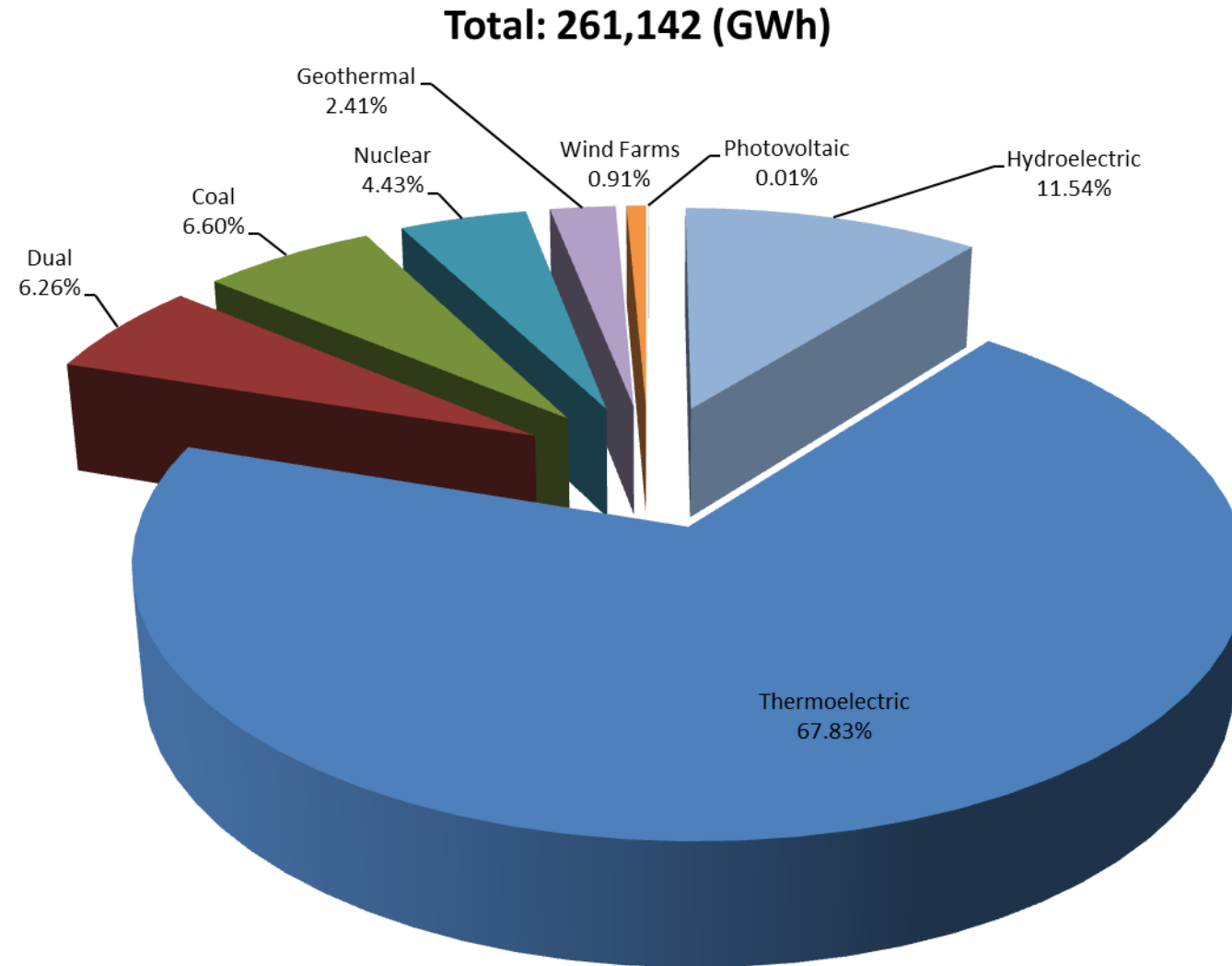
- ✓ メキシコの発電量は、年平均増加率2.1%で2040年には500テラワット時 (TWh) を超える
- ✓ ガスは引き続き支配的な電力源となり、予測期間における総発電量の約60%を占める



新規政策シナリオでは、メキシコの発電ミックスは着実に多様化し、炭素集約度が低下する

- ✓ 風力エネルギーの貢献度は、2014年の6.4 TWhから2040年の71 TWhへと増加する
- ✓ 太陽光発電の貢献度は、2014年の0.2 TWhから2040年の52 TWhへ急増する

2015年の発電



- ✓ 原子力の安全かつ確実、持続可能な開発を推進するには
 - ✓ 原子力規制インフラの強化
 - ✓ 放射性廃棄物管理（政策、資金調達、正式な事業体）
 - ✓ 規制の法的枠組みの更新
 - ✓ 核セキュリティ、放射線源の保全、拡散防止の強化
 - ✓ 原子力プログラムおよびエネルギーミックスにおける原子力エネルギーの役割の拡大
 - ✓ ステークホルダーの関与および広報戦略
 - ✓ 人材開発
 - ✓ ウラン系列を含む鉱石の採掘、粉碎、または処理

メキシコの原子力

ラグナ・ベルデ原子力発電所

- ✓ 場所：ベラクルス州
- ✓ 事業者：連邦電力委員会（CFE）
- ✓ 規制当局：国家原子力安全・保障措置委員会（CNSNS）
- ✓ 2基の原子炉：General Electric BWR-5
- ✓ ラグナ・ベルデ1号機は1990年7月に商業運転を開始した
- ✓ 2号機は1995年4月に商業運転を開始した
- ✓ ネット出力：各々704 MW

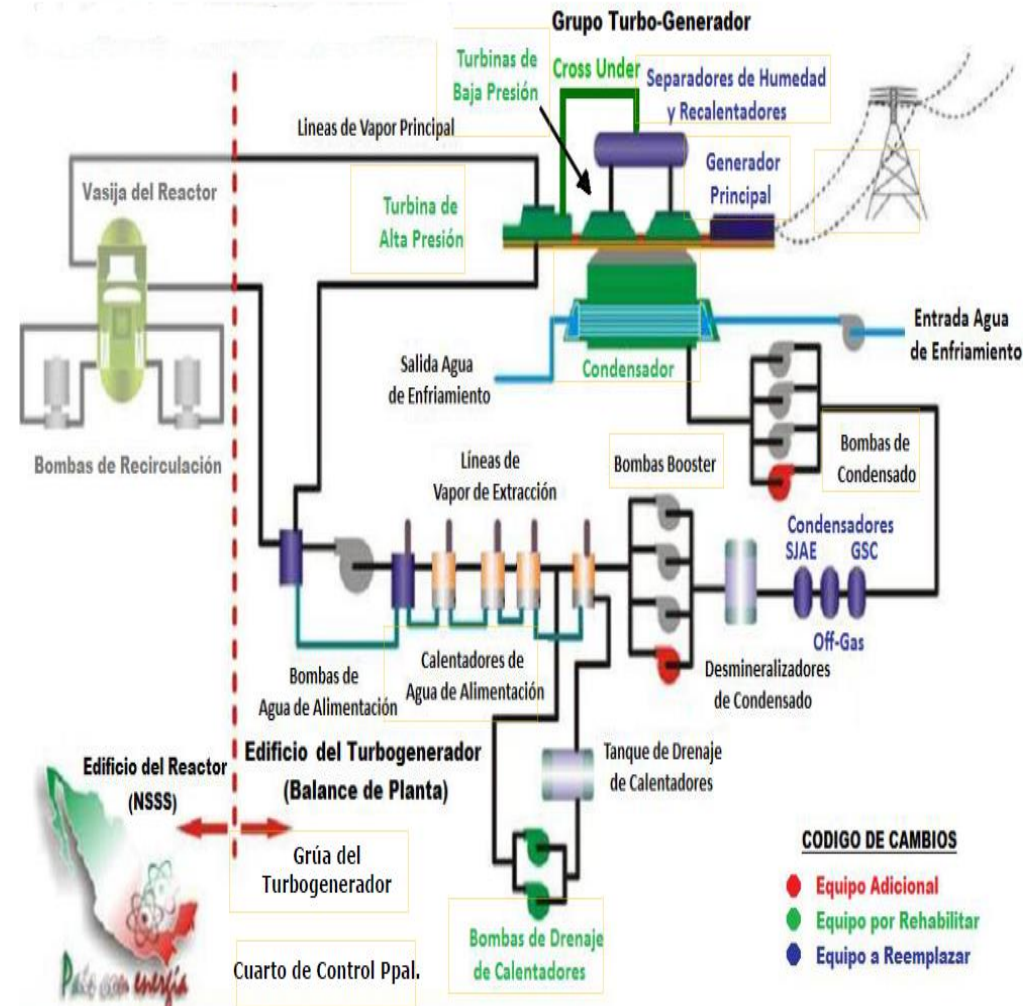


設備拡張型出力向上(EPU) プロジェクト

- 多くの原子力発電所、特に米国の原子力発電所は、原子炉を増強するプロセスに向かっている
- 2008年、メキシコは、EPUプロジェクトを通じてこのプロセスに参画した
一機器の交換およびアップグレードから構成される



2基の原子炉の704 MWeから810 MWeへの
出力増加
プラント設備容量は最大1,620 MWeとなる



メキシコの原子力

研究炉

- ✓ 場所：メキシコ州
- ✓ 事業者：原子力研究所
- ✓ 規制当局：国家原子力安全・保障措置委員会（CNSNS）
- ✓ 1基の原子炉：Triga Mark III
- ✓ ネット出力：1 MW（最大出力パルス1500 MW）
- ✓ 訓練、研究、同位体製造



instituto nacional de
investigaciones nucleares



先見的な技術

メキシコは、以下に重点を置きつつ、原子炉技術を評価している

✓ 運転経験

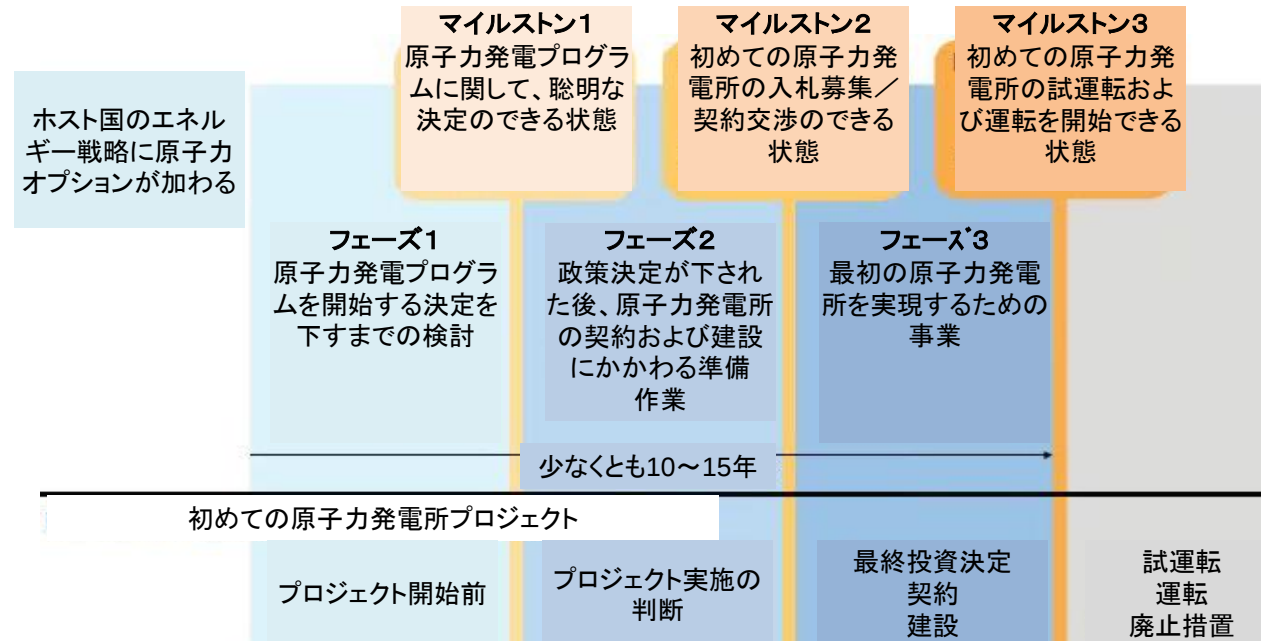
✓ NRC認証

そのほかに、新規原子力プロジェクトの財務面および立地候補の技術要件を分析している

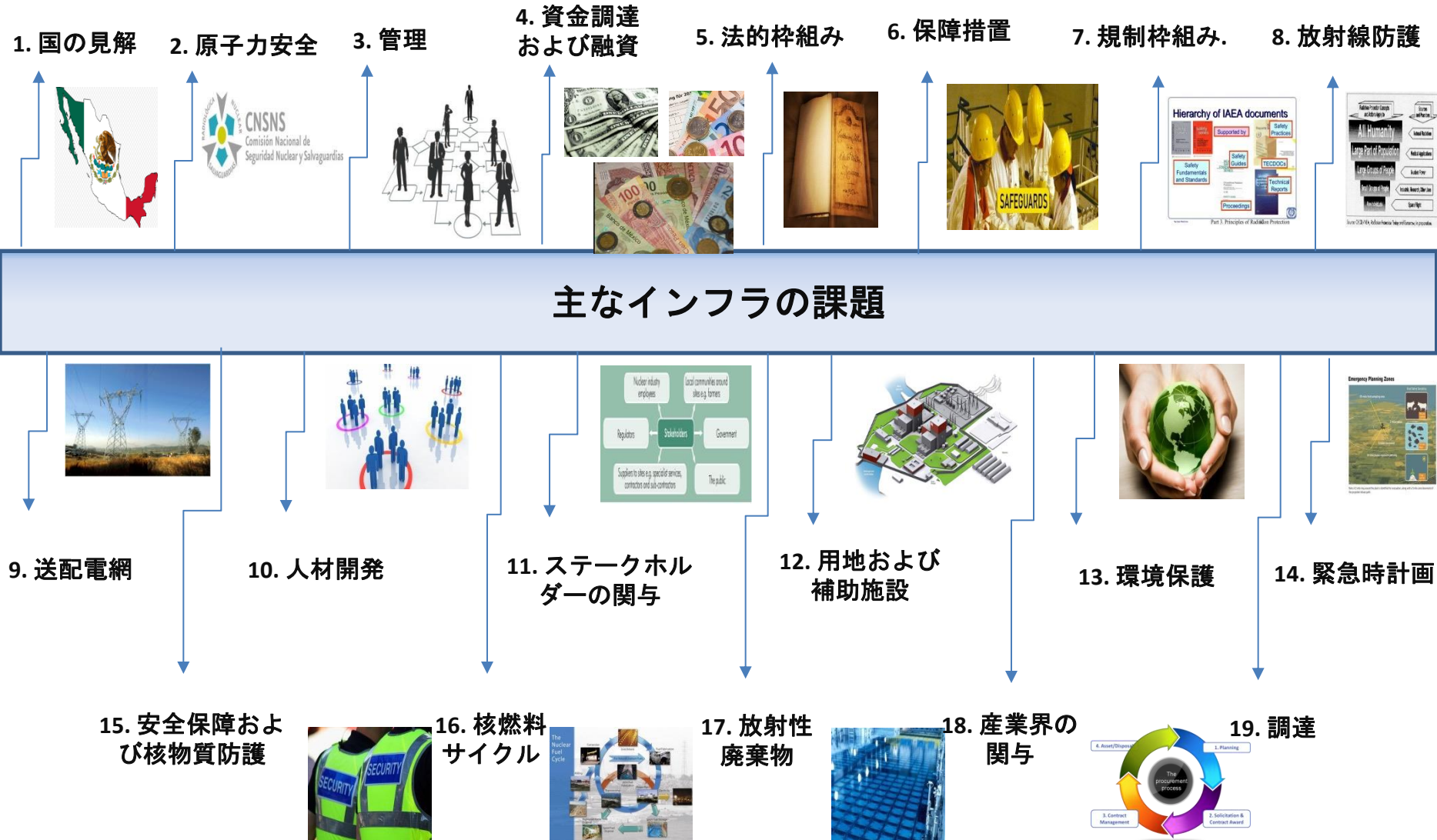


IAEA開発プログラム

3つのフェーズおよび19項目から構成される



19項目



日本とメキシコの関係

- ✓ 長年にわたる関係
 - ✓ 1888年、修好通商条約（日本にとって初の西側国家との「平等」条約）
 - ✓ 日本は、メキシコにとって3番目に重要な通商パートナーである（215億米ドル）
- ✓ メキシコ在留邦人数：9,437人（2005年10月調査）
- ✓ 日系人人口：約20,000人
- ✓ 原子力
 - ✓ 原子力平和的利用協力協定の締結交渉中（最終段階）
 - ✓ 人材開発－原子力国際協力センター（JICC）とのMoU
 - ✓ 原子炉技術
 - ✓ ABWR
 - ✓ APWR
 - ✓ AP100
 - ✓ Atmea



ご清聴ありがとうございました

アレハンドロ・ウェルタ

ahuerta@energia.gob.mx

2017年4月