

クリーンエネルギーの統合を最大限活用するために: 統合エネルギーシステムにおける原子力技術と 再生可能エネルギー技術の役割

概要 / 目的:

現在、様々な分野で二酸化炭素排出量の削減を目指したエネルギーapro-
トが試されています。クリーンかつ安定した(resilient)エネルギーの確保には、
新しい発電、送電、電力利用方法が欠かせません。アイダホ国立研究所主導
の統合エネルギーシステムに関する原子力エネルギー計画では、再生可能工
エネルギー技術と原子力を併用した、クリーンエネルギーの利用を最大限に引
き出すことが可能な方法を検討しています。私たちが向かう目標は何か？発
電した電力はどのように使われるのか？—これらの答えは様々な要因の影響
を受けています。そのため、これまで応用検討を実施してきました。各手法に
は収益を最大にする独自のマーケットとマーケット牽引因子、地理的条件があ
り、また電力のみで生産可能な製品もあれば、熱と電力が生産に必要な製品
もあります。今回のウェビナーでは、統合エネルギーシステムにおいて原子力
エネルギーをより活用する新しいオプションを紹介します。

講演者紹介:

Dr. Shannon Bragg-Sittonアイダホ国立研究所(INL)の核科学
技術部門で、統合エネルギーシステム(IES)のリーダーを務め
ている。シャノンは、熱エネルギー生成、電力システム、データ
システム、化学プロセス／産業適用などの重点分野を含むINL
ラボラトリ－イニシアチブの共同ディレクターでもある。また、
INL、国立再生可能エネルギー研究所(NRE)、国立エネルギー
技術研究所(NET)が参加するDOE応用エネルギー3研究所コ
ンソーシアムのINLリーダーでもある。



統合エネルギーシステムの評価とは、
資源 -- 技術 – 経済性 – マーケットのポテンシャルを評価することである。

Technical & Economic Assessments (TEA)

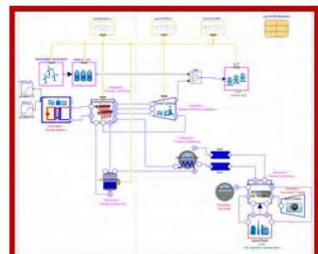
Resource Potential

- Market size
- Resource availability
- Resource attributes
- Infrastructure requirements



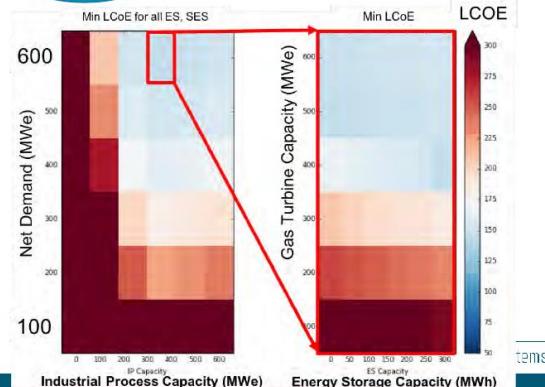
Technology Potential

- Thermodynamics
- Performance
- Systems integration and control



Economic Potential

- Pro forma
- ROI / IRR
- Cash Flow



<https://ies.inl.gov>

What is the resource potential in a selected region?

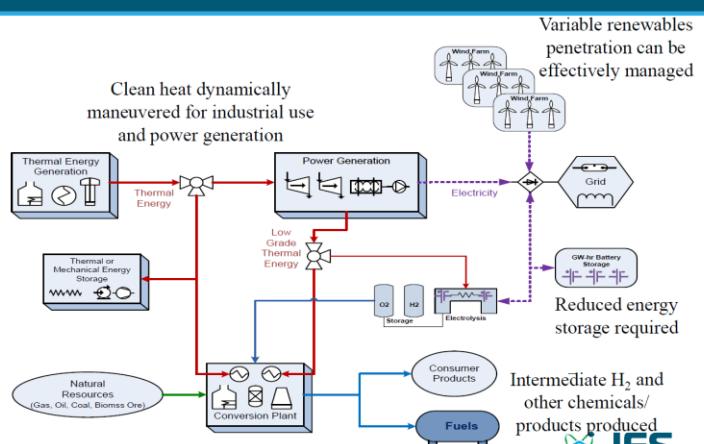


Figure excerpts from the

Evaluation of Candidate IES

- **Technical Feasibility:**
Tightly coupled systems involve dynamic exchange of energy streams, process conditions data, and diagnostics/ prognostics control commands.

- **Economic Feasibility Requires Efficient Capital Utilization:**
The impact of improved capital utilization, increased reliability, and enhanced maintainability on overall plant revenue must be characterized and understood.



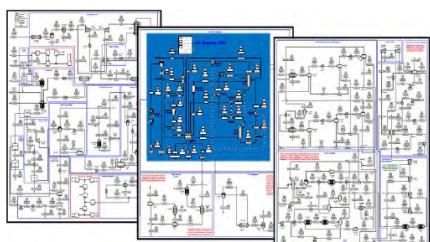
<https://ies.inl.gov>

ポテンシャルを見極めるための段階的なアプローチ(段階的にコードを使い分ける)
 プロセスモデルコード(プロセス工学+経済性)
 動特性モデルコード(プラント動特性+制御性)
 システム最適化設計(システム構成検討+システム物理特性+経済性)
 +AI(複雑な物理モデルに対する代用モデルとして使用)

Energy System Modeling, Analysis, and Evaluation for Energy System Optimization

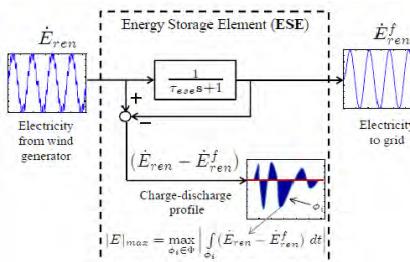
Graded approach to identify design, and evaluate hybrid system architectures

Aspen Plus® and HYSYS® Process Models



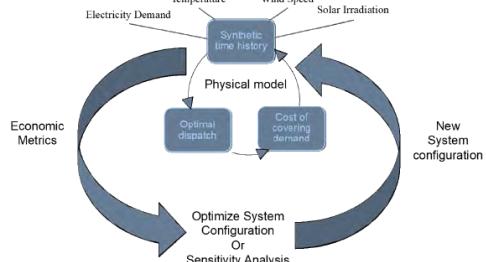
Process modeling addresses technical and economic value proposition

Modelica®, Aspen Dynamics®



Dynamic modeling addresses technical and control feasibility

RAVEN (INL System Optimization)



System modeling addresses whole-system coordination

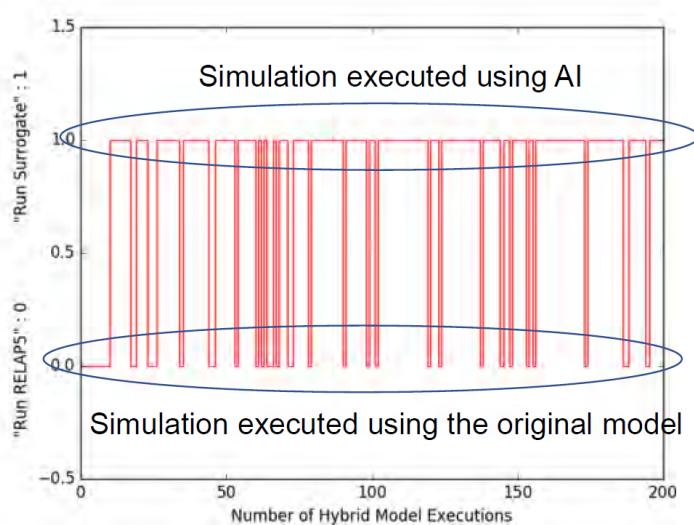
Consideration of Resource—Technology—Economic—Market Potential



<https://ies.inl.gov>

IES: Artificial Intelligence (AI, Supervised Learning) Generation and Validation

- Addresses computational cost of probabilistic analysis
 - AI is used to develop surrogate models for complex, computationally expensive, physical models
 - Concepts such as the hybrid model in RAVEN are currently being extended to time dependent AI (supervised learning)
 - AI validation is being tuned for these applications
 - Needed 1000 simulations to generate a good statistic
 - AI learned to replace the original simulation
 - Only about 200 simulations were executed using the real model



<https://ies.inl.gov>

例：ハイブリッドシステムの性能評価(最適化設計)

+ 1年間の気候などの条件時刻歴を用いたシステム最適化検討

(エネルギー供給: 原子力、水素、ガスタービン、バッテリー、風力)

+ 既存プラントを再利用したケースでの高温電気分解による水素製造最適化検討:

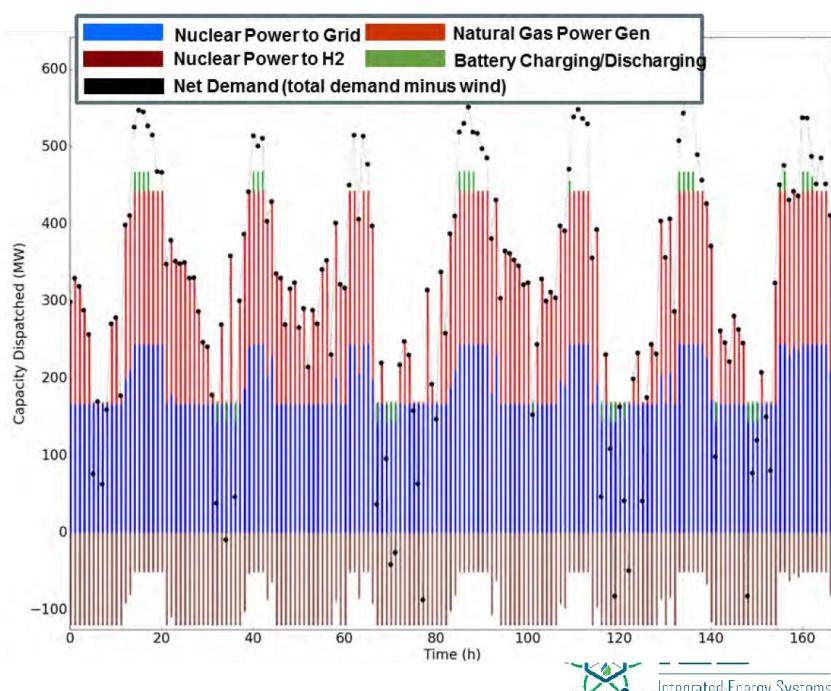
水素の他産業での利用(アンモニア/肥料製造、鉄鋼製造、燃料電池)

+ 軽水炉での低温・高温電気分解による水素製造最適化検討:

(高分子材料、化学材料、合成材料)

Example Optimized Hybrid System Performance Results INL-Developed Toolset

- System design optimization using time histories for one year
- Results shown for a selected time history, one week period (hourly resolution)
- Optimized component capacities
 - Nuclear Reactor 300 MW_e
 - Hydrogen Plant Capacity 120 MW_e
(shown as negative – electricity input;
70% turndown limit; H₂ market price - \$1.75/kg-H₂)
 - Gas turbine 200 MW_e
 - Electric battery 100 MWh
 - Wind penetration 400 MW_e
(100% of mean demand, installed capacity, 27% capacity factor)
 - Penalty function applied for over or under production of electricity.



Recent Hydrogen Production Analyses for Current Fleet LWRs

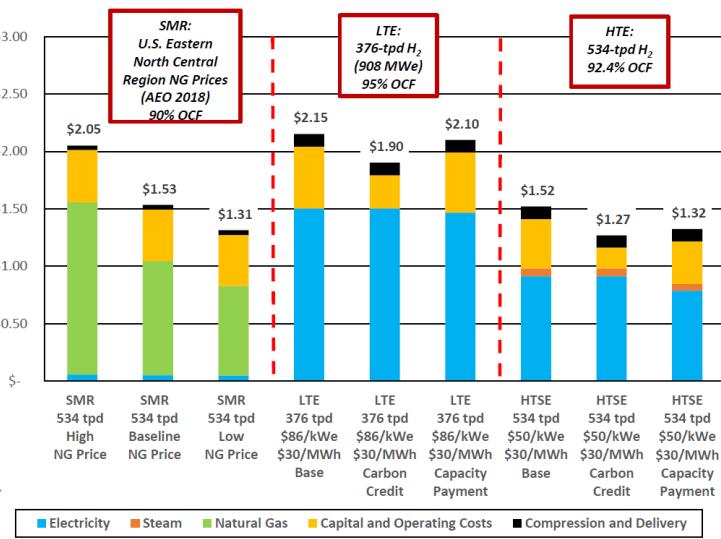
INL issued public-facing reports on in FY19 that provide the foundation for demonstration of using LWRs to produce non-electric products:

Evaluation of Hydrogen Production Feasibility for a Light Water Reactor in the Midwest

Repurposing existing Exelon plant for H₂ production via high temperature electrolysis; use of produced hydrogen for multiple off-take industries (ammonia and fertilizer production, steel manufacturing, and fuel cells) (INL/EXT-19-55395)



Example: Analysis results for H₂ production, compression and delivery prices to meet ammonia plant demand.



Evaluation of Non-electric Market Options for a Light-water Reactor in the Midwest

LWR market opportunities for LWRs with a focus on H₂ production using low-temperature and high-temperature electrolysis; initial look at polymers, chemicals, and synfuels (INL/EXT-19-55090)

