

日本原子力学会 新型炉部会セッション
GIF 第4 世代炉国際フォーラムの現状と今後について

(4) EM-WG活動

2013年9月4日

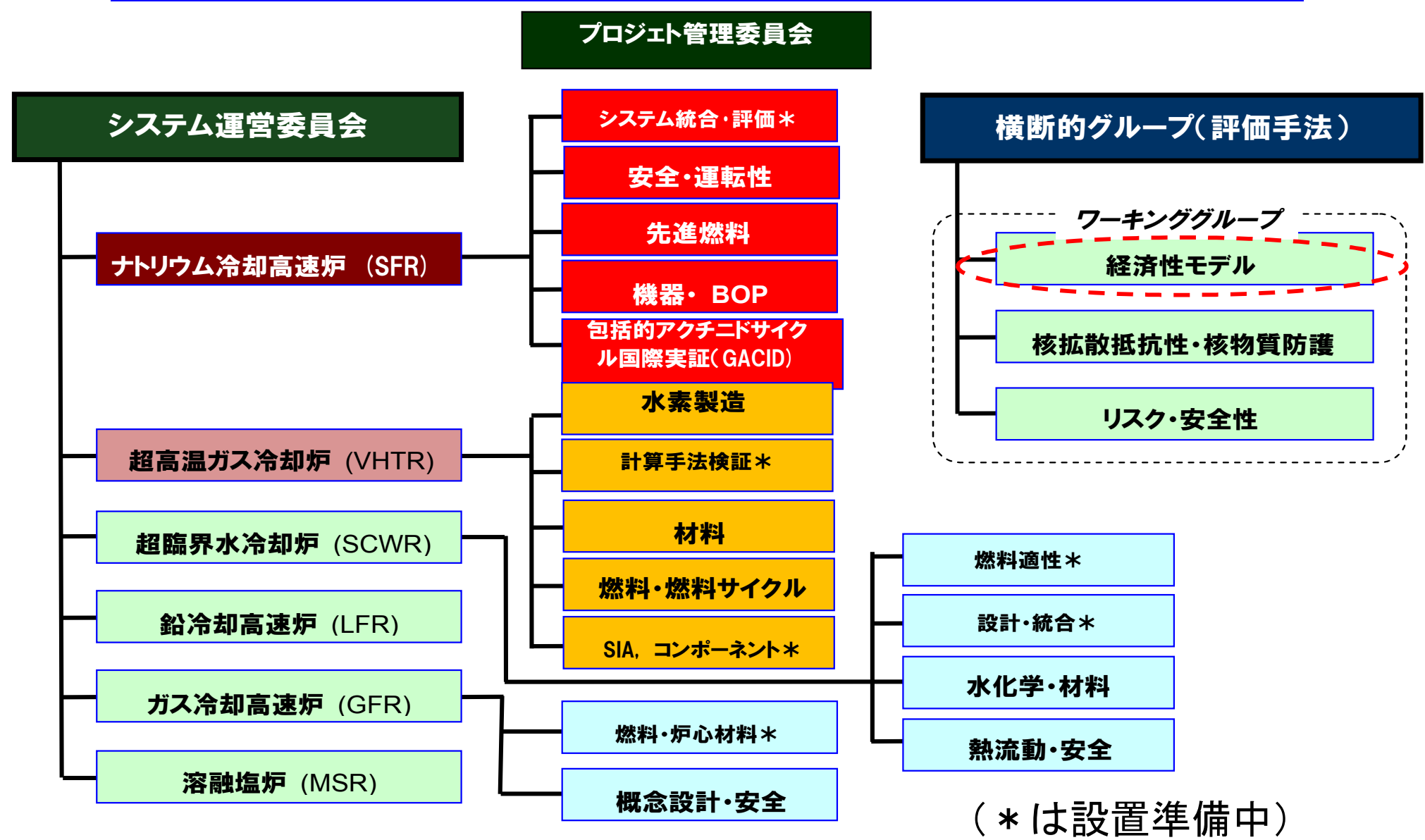
小野 清

原子力機構 次世代原子力システム研究開発部門

本日の報告内容

1. 経済性モデルWG (EMWG) について
2. G4-ECONSコードの概要
3. G4-ECONSコードを用いた試算例
4. 今後の予定

技術的検討に関する各種GIF委員会の構成



経済性モデルWG (EMWG) の目的

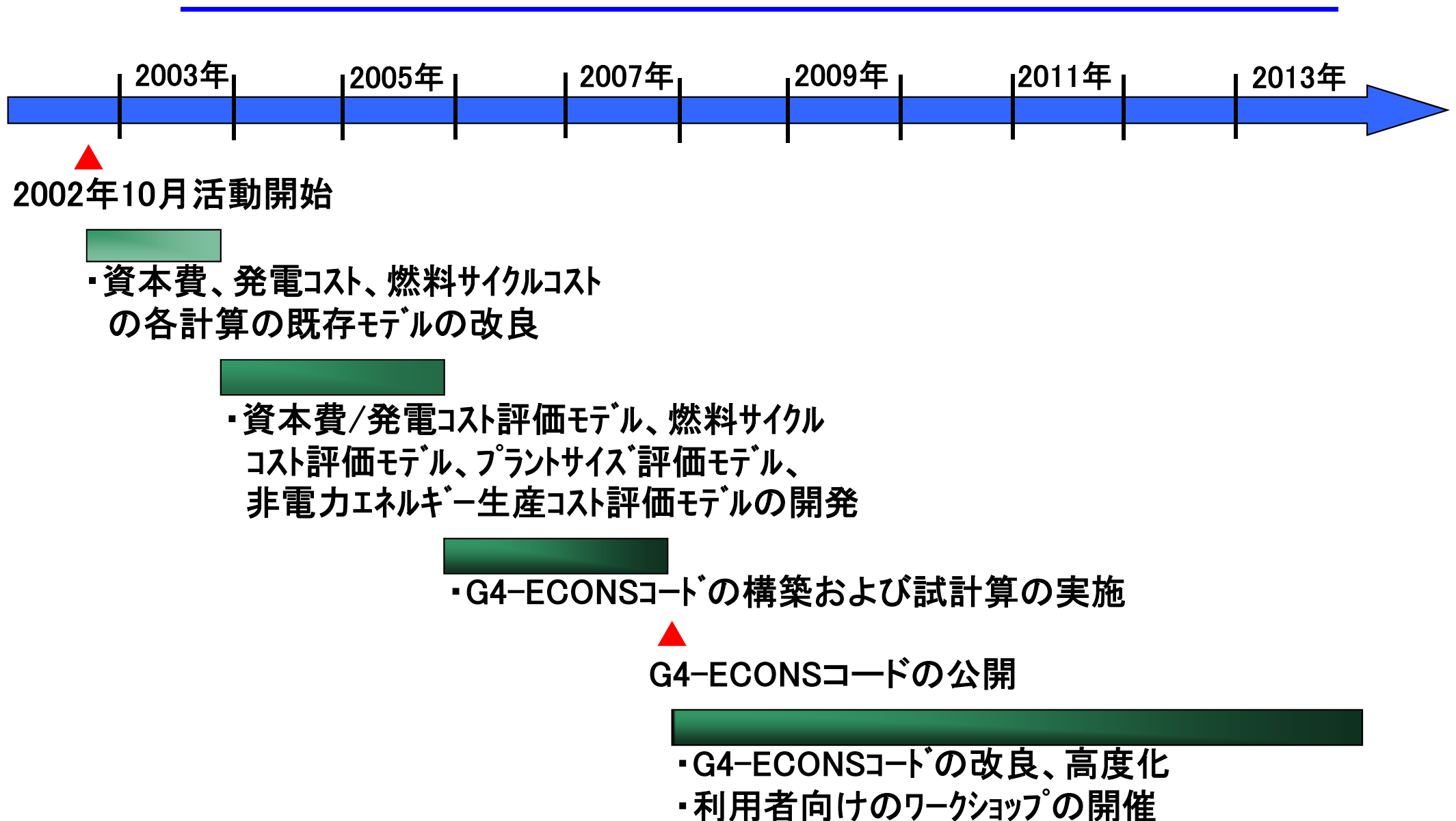
- ◆ GIFの立てた目標に沿って、Gen-IV（第4世代原子力システム）の対象とする原子力システムの経済性評価を行うために必要な『統合経済性評価モデル』を開発する
- ◆ 完成したモデル、マニュアル、サンプル計算結果をGIFの政策グループ、システム運営委員会などに提供する
- ◆ 最終的に各Gen-IV候補概念（SFR、VHTR、SCWR、・・・）の設計評価グループが、本モデルを用いて一貫性があり透明性の高い経済性評価を行う（各候補概念間の正当な比較評価のため）

経済性モデルWGの活動状況

- ▶ 2002年10月に活動を開始
- ▶ 2003年2月に第1回ワーキンググループを開催。年に2～4回程度の頻度で実施し、これまでに28回開催
- ▶ 現在の参加国は、EU、IAEA、カナダ、フランス、日本、韓国、米国
事務局はOECD/NEA
- ▶ 毎年、活動計画および成果をGIFの「専門家グループ」に報告



2004年5月に大洗で行われた第7回WGの様子



経済性モデルWGの成果物

ユーザーマニュアル及びG4-ECONSコード (Ver. 2.0) はNEAより一般公開中 (www.gen-4.org)

GIF/EMWG/2007/005

User's Manual for G4-ECONS Version 2.0
 A Generic EXCEL-based Model for Computation of the Projected Levelized Unit Electricity Cost (LUEC) and/or Levelized non-Electricity Unit Product Cost (LUPC) from Generation IV Systems

October 25, 2007

Prepared by
 Kent Williams, Oak Ridge National Laboratory, United States, and
 Keith Miller, NexiaSolutions, United Kingdom

For
 The Economic Modeling Working Group
 Of the Generation IV International Forum

Printed by the OECD Nuclear Energy Agency
 for the Generation IV International Forum

EMWG G4-ECONS USERS' MANUAL 1

Strategy Matrices : G4 ECONS Version 2.0 Beta 2				CURRENT REACTOR STRATEGY IN USE 1	CURRENT APPLICATION STRATEGY IN USE 1
Up to 25 reactor strategies (cases)					
Reactor Strategy Index	Title	Open Cycle	Partially Closed	Totally Closed	Include 1st Core
REACTOR		FuelCycleCode = 1	FuelCycleCode = 2	FuelCycleCode = 3	
1	PWR Open (Benchmark Data) early 90sFC cost	1	0	0	1
2	PWR Partially Closed (Recycle of REPU and Pu into UOX and MOX; FAs) for comparison with Strategy 1	0	1	0	1
3	SFR Closed (Jan 2006)	0	0	1	0
4	MIT PBMR Open (HTR)	1	0	0	1
5	PWR Partially Closed (EMWGJuly 07 FC Cost Data & 1st Core in Capital)	0	1	0	1
6	700MWe CANDU type PHWR using NATU with continuous refueling (under dev't)	1			
7	PWR Benchmark case with 2007 cost input	1	0	0	1
8	Strategy 8				
9	Strategy 9				
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25	PWR (copy of 1) for testing L/O	1	0	0	1
		Yes = 1			
		No = 0			
Notes					
1. Only one Fuel Cycle Option per Strategy allowed.					
2. Option to include (1) or exclude (0) the 1st Core Costs with Capitalized Costs.					
Currently 7 App Strategies available					
APPLICATION					
App. Strategy Index (aStrategyI)	Application Title (aStrategyInde-)	Electricity User	Heat User	Both (Heat & Electricity) User	Reactor Type
0	No non-electricity products*				
1	Desalinated water (Reverse Osmosis)	1			Any
2	Hydrogen by Electrolysis	1			Any
3	Desalinated water (Multi-stage Flash Distillation)			1	Any
4	Hydrogen by thermochemical decomposition of water (Requires HTR coolant > 830C)		1		HTR
5	Hydrogen by High-Temperature electrolysis (Requires HTR coolant > 700C)			1	HTR
6	Future Use				
7	Future Use				
*No data set required		Yes=1			
For HEAT or BOTH applications make sure the reactor type/strategy selected in conjunction with the application provides the correct temperature match to the application. ! (e.g. some H2 production methods require temperatures beyond those available fro					

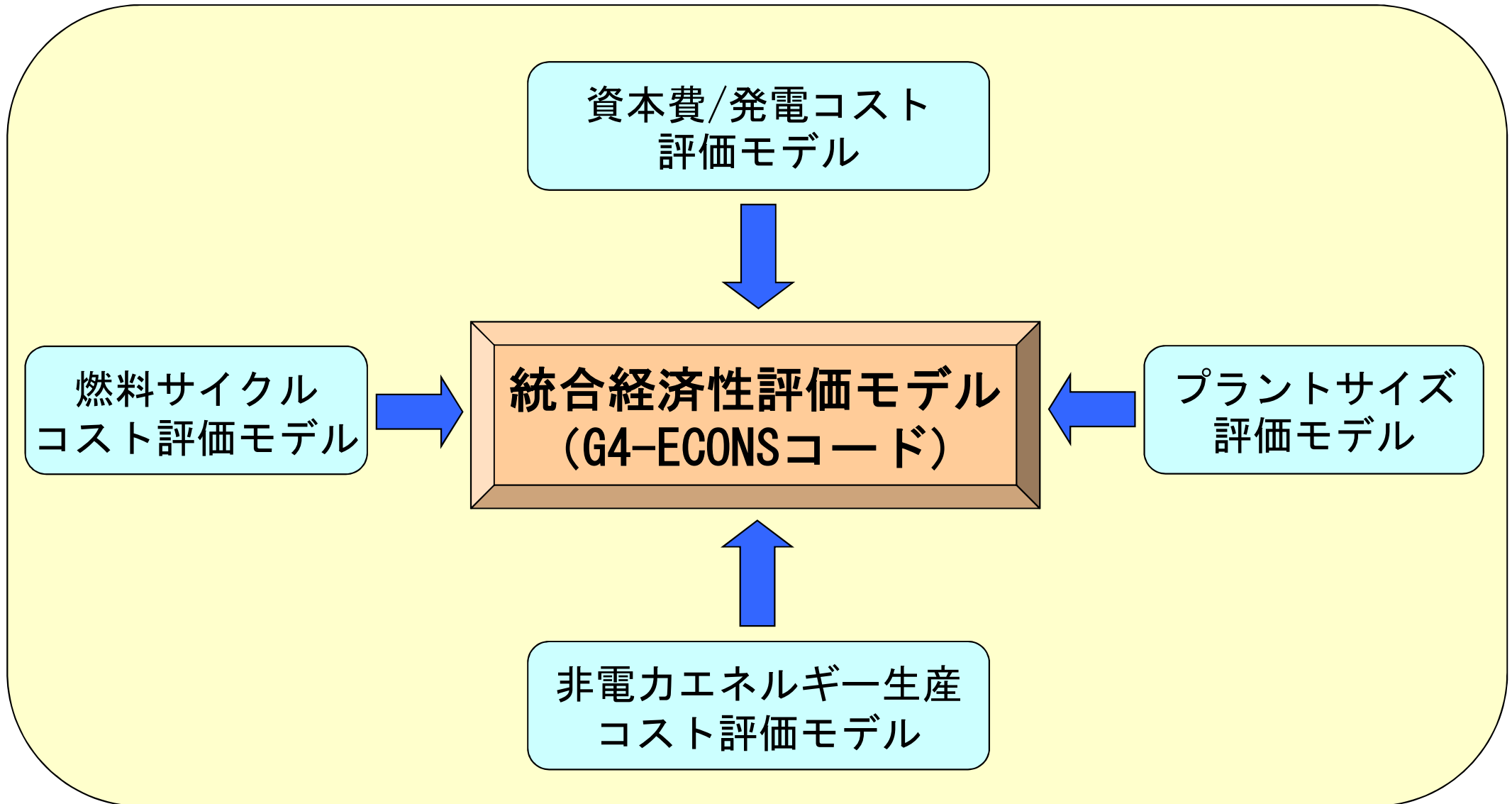
G4-ECONSの機能と概要 (1/2)

- エクセル表を用いた計算システム
- 発電コストの計算においては、現在価値換算手法を採用
- 資本費や運転費の算出においては、網羅性および透明性の高い「*Code of Account*」法を採用
- 資本費の計算方法には、その候補概念の設計レベルに応じて、以下の2通りがある
 - ・ **ボトムアップ法** (施設設計に基づいた積み上げ計算方式)
 - ・ **トップダウン法** (既知の設備費等のコストデータに基づく概算計算方式)

G4-ECONSの機能と概要 (2/2)

- 統合経済性評価モデルは以下の構成要素から成る
 - ・ 資本費/発電コスト評価モデル
 - ・ 燃料サイクルコスト評価モデル
 - ・ プラントサイズ評価モデル
 - ・ 非電力エネルギー生産コスト評価モデル
- *JSFR* (Na冷却型高速炉、日本)、*System80+* (軽水炉、米国)、*GTMHR* (ガス冷却型高速炉、仏国) を対象に試計算を実施

統合経済性評価モデル (G4-ECONS) の構成



G4-ECONSの各評価モデルの相互関係

G4-ECONSコード バージョン2.0(2007年10月時点)

原子炉入力データ

- 運転性能データ
- 建設費データ
- 運転費データ
- 燃料サイクル費データ*
- 廃止措置費データ

資本費/発電コスト
評価モデル
(G4-ECONS-R)

エネルギー(熱、電力、両方)
およびエネルギー単価

施設入力データ

- ← 運転性能データ**
- ← 建設費データ
- ← 運転費データ
- ← 廃止措置費データ
- 製品単価

非電力エネルギー
生産コスト評価モデル
(G4-ECONS-APP)

*各燃料サイクル単価

**単位生産物当りの投入エネルギーデータも含む

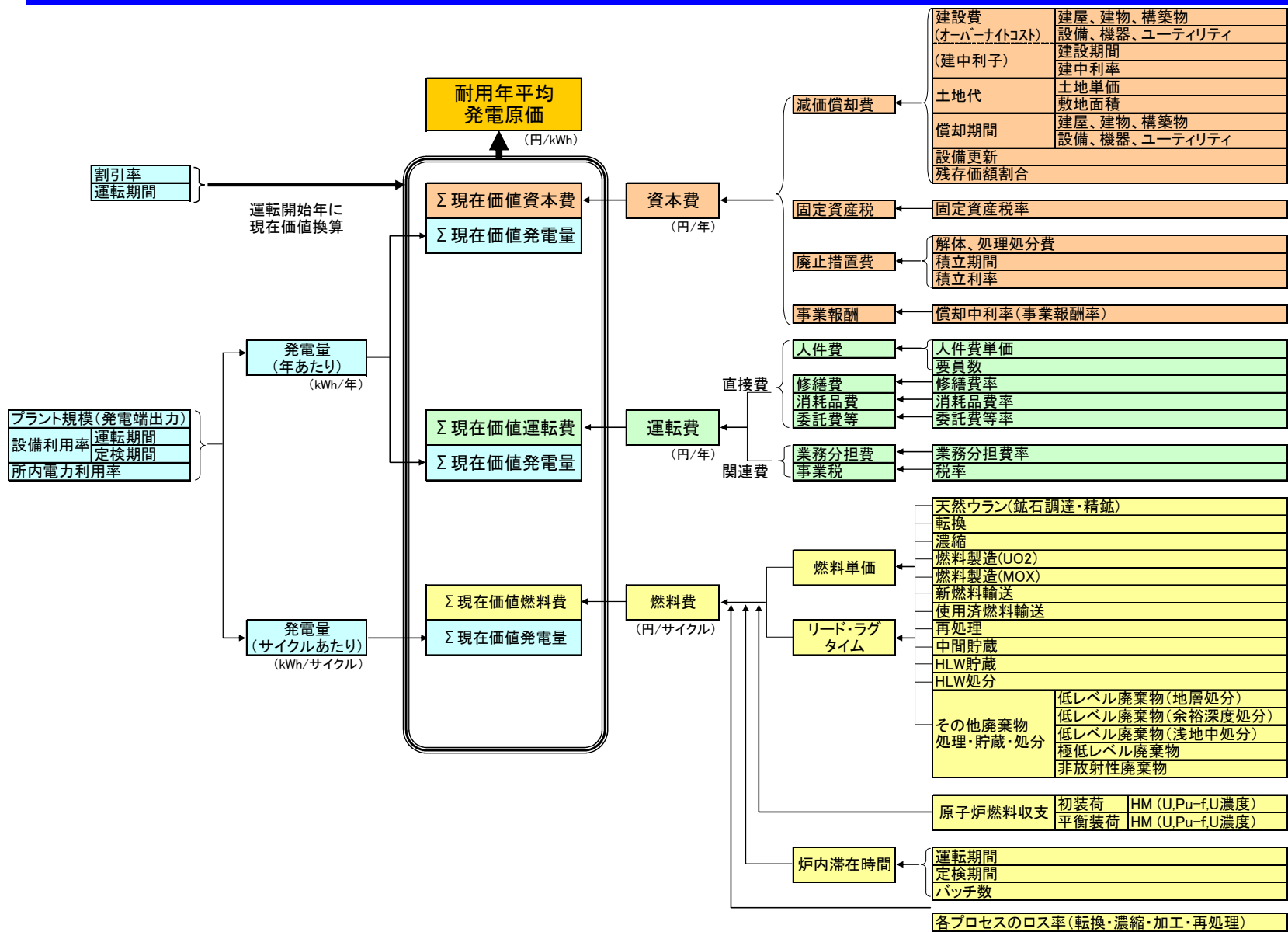
燃料サイクル施設入力データ

- 運転性能データ
- 建設費データ
- 運転費データ

燃料サイクルコスト
評価モデル
(G4-ECONS-FCF)

各燃料サイクル単価

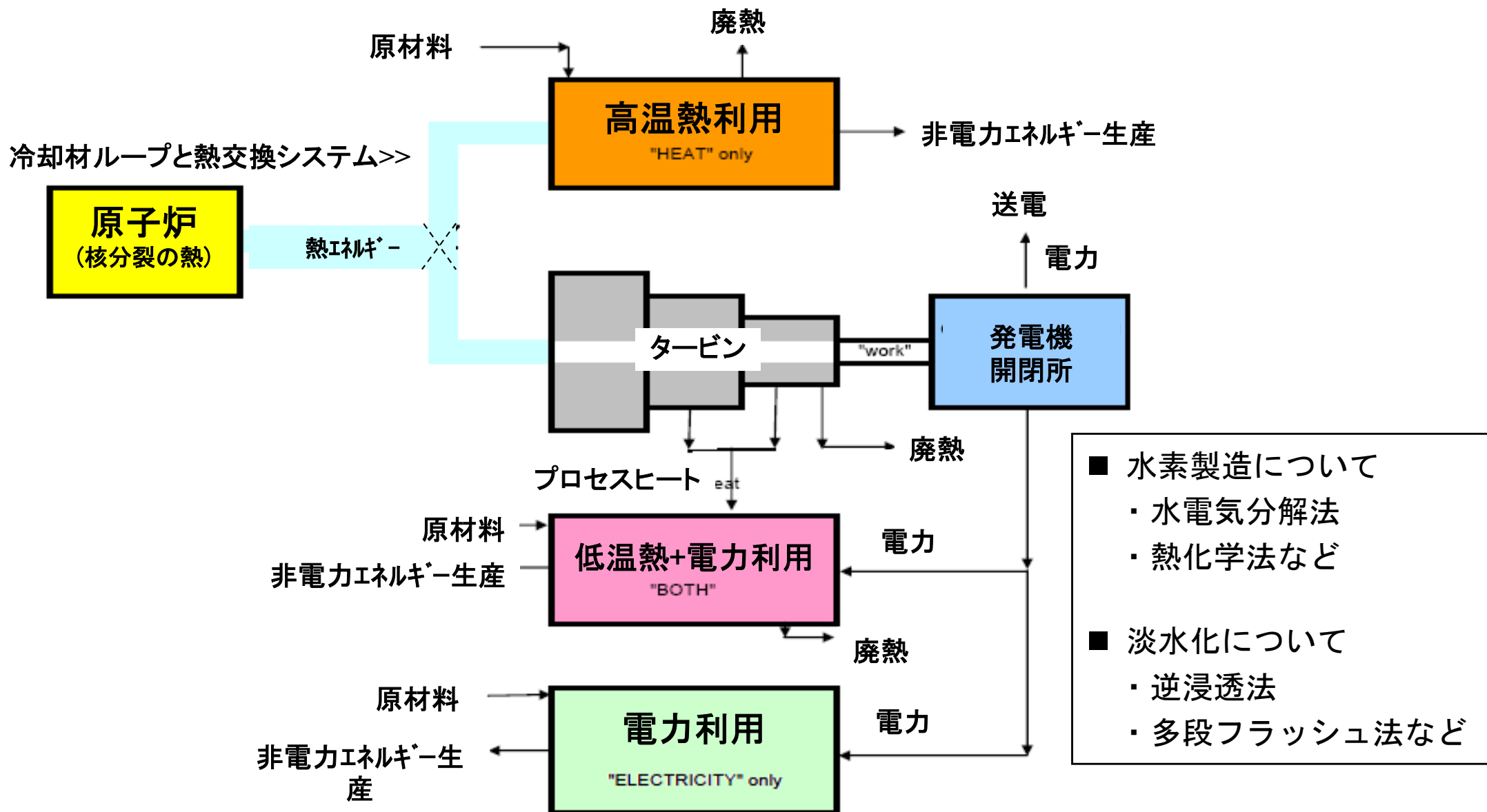
一般的な発電コストの構成



Code of Account の例

G4-ECONS (Generation IV Excel-based Calculation of Nuclear Systems)								
WORKSHEET NAME: COA and Capital Input Summary (Used for all FC Codes 1, 2, or 3)								
1	Strategy/V		Case:	Sys80+ PWR using LEUO2 (repository disp of spent fuel)				
4	REACTOR COST DATA	1	Jan 1987 to Jan 2001 escalation factor:	not used for this case	"Burdened" Craft labor	not used	\$/hr (Jan 2001	
5	All Costs in \$M							
6	Old EEDB Acct #	Mod IAEA Acct #	New EMWG Acct	Description	Factory equipment costs (\$M)	Site labor hours (person-hours)	Site labor cost (\$M)	Site material/commodity cost (\$M)
7	Sys80+ PWR using LEUO2 (repository disp of spent fuel) 2001\$ BASE							
8			1	Capitalized Pre-construction Costs (subtotal accts 11-19)				
9			10 series					
11	20	20	11	Land and land rights				
12			12	Site permits				
13			13	Plant licensing				
14			14	Plant permits				
15			15	Plant studies				
16			16	Plant reports				
17			17	Reserved for other activity as needed				
18			18	Reserved for other activity as needed				
19			19	Contingency on 11-18 above				
20								
21		2	2	Capitalized Direct Costs (subtotal accts 21-29)				
22			20 series					
23	21	21	21	Buildings, Structures, & Improvements on Site				
24	22	22	22	Reactor Plant equipment				
25	23	23	23	Turbine/Generator Plant equipment				
26	24	24	24	Electrical equipment				
27	26	25	25	Water intake and heat rejection plant				
28	25	26	26	Miscellaneous plant equipment				
29		27	27	Special materials				
30		28	28	Simulator				
31			29	Direct Cost Contingency				

非電力エネルギー生産モデルの対象



日本のJSFRを対象とした試算結果

Mills/kWh or \$/MWh

	Gen-IV G4-ECONS Code cal.	FCC-EX cal.for comparison	Final Report of the FS Phase-2
Discount Rate (%)	2	2	2
Interest during construction (%)	2	2	2
Lead / Lag time (year)	N A	0	Considered
Method of Depreciation	Capital recovery method	Capital recovery method	Const. Ratio
Operational Period (year)	60	60	60
Depreciation Period (year)	60	60	16
Depreciation residual value (%)	N A	N A	10
Ratio of fixed assets tax (%)	N A	0	1.4
Interest on depreciation residual value (Ratio of business fee) (%)	N A	N A	2
Loss of fuel fabrication (%)	N A	0	0.1
Period of decommission fee saving (year)	60	60	60
Ratio of decommission fee saving (%)	2	2	2

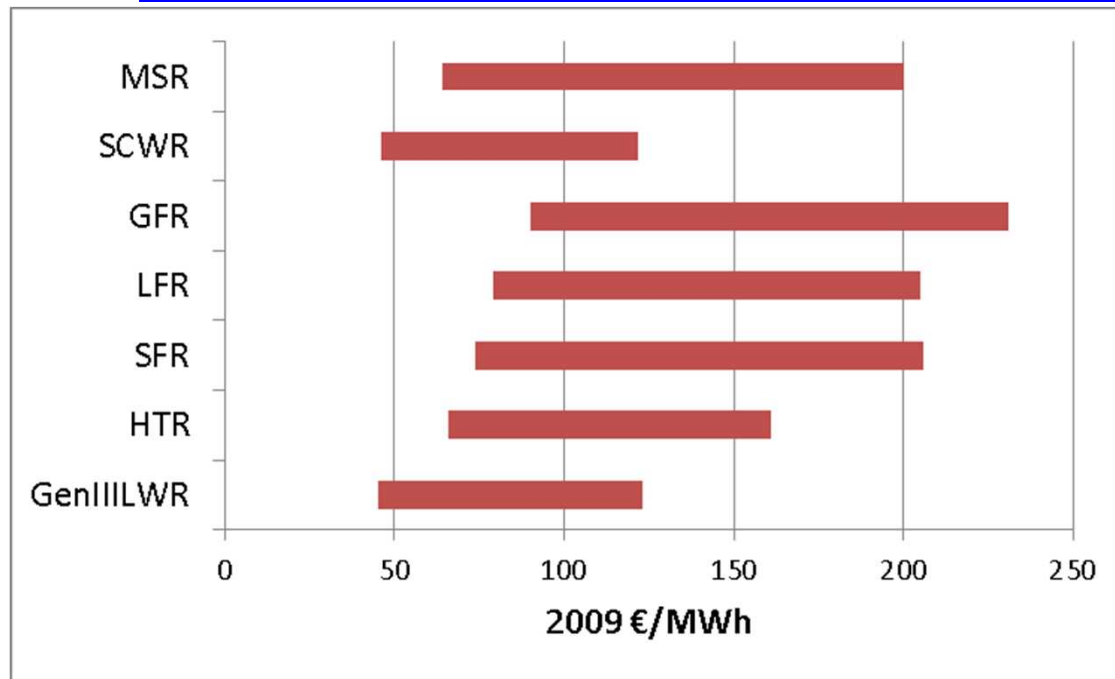
Component	G4-ECONS Code	FCC-EX ^{*1}	Final Report of the FS Phase-2
Estimated year (year)	2005	2005	2005
Capital Cost incl. Financing	6.11	5.94	6.44
D&D Cost	0.43	0.43	0.43
Operations Cost	7.46	7.33	7.31
Front-end Fuel cycle	1.42	1.46	1.50
Back-end Fuel Cycle	4.85	5.09	2.99
First core fuel front-end Cost ^{*2}	0.23	0.23	0.41
First core back-end Cost ^{*2}	0.78	0.81	0.88
Totals	21.27	21.30	19.96

*1 Each cost is individually indicated for comparison.

*2 "FCC-EX" and "Final Report of the FS Phase-2" count the cost of initial core fuel as a part of fuel cycle cost. "G4-ECONS Code" has a option to select whether it is included in the capital cost or in the fuel cycle cost. It is considered as a part of fuel cycle cost in this table.

- 初装荷燃料の取扱い等に違いがあるものの、同じ前提条件下では、G4-ECONSとJAEA所有のFCC-EXコードの発電コストの試算結果は概ね一致している
- G4-ECONS は妥当なコスト評価を行っている

6つのGen IV炉型を対象とした試算結果



2012年11月GIFシンポジウム
において紹介されたEMWGメン
バーによる予備的な試算結果

- Gen IV reactor concepts
 - Higher construction costs
 - Increased front-end fuel cycle costs
- Cogeneration not taken into account (HTR)
- Influence of increased uranium prices not assessed (FR)
- Large uncertainties (ranges)

今後の予定

【今後数年間】

- ✓ G4-ECONSの改良、高度化、試計算(不確実性評価機能、経済分析機能の追加、ユーザーフレンドリ化など)
- ✓ 公開バージョンに対するユーザーコメントのモニター及び対応
- ✓ IAEA/INPROとの共同開発
- ✓ ユーザーマニュアル、コスト評価ガイドラインの改訂
- ✓ ユーザーを対象とした使用説明会(ワークショップ)の開催

【今後10年間】

- ✓ 引き続きGIFの各システムの開発、設計の進捗をモニターし、それらの設計に合致する評価手法の改良

ご清聴、どうも有難うございました！