

低炭素社会の実現に向けた
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく
イノベーション政策立案のための提案書

技術開発編

「低炭素技術設計・評価プラットフォーム」の構築
(Vol.4)

平成 30 年 1 月

Platform of Low Carbon Technologies for Process Design and
Evaluation of Manufacturing Cost and CO₂ Emissions (vol.4)

Strategy for Technology Development

Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies

国立研究開発法人科学技術振興機構
低炭素社会戦略センター

LCS-FY2017-PP-12

概要

LCS では、定量的技術システム研究に基づいて、様々な低炭素技術の定量的評価を行っている (LCS 提案書(FY2014-PP-00(2014 年 6 月)), (FY2016-PP-00(2016 年 12 月))参照)。そのなかにおいて、「低炭素技術設計・評価プラットフォーム」(以下、プラットフォーム)は、定量的評価を支援する情報システム基盤である。プラットフォームは種々の低炭素技術の定量的評価に利用されている。将来重要になる個々の技術システムに対して、本プラットフォームを利用した評価・分析を行うことによって、今後の政策提案につなげてゆく。

低炭素技術の性能およびコストの将来を見通し、技術進展を図るための今後取り組むべき研究開発方向を提示するためには、低炭素技術を階層的に構造化した定量的な分析が必要である。プラットフォームの役割は LCS におけるこの定量的な分析のために要する時間とコストを削減すると共に、評価したプロセス・評価結果などの知識の共有のために、データベース化やライブラリー化などの仕組みを開発・提供することである。定量的分析から、性能向上やコスト低減に関する問題点やヒントを発掘するには、評価の視点や基準を明確にし、継続的な評価が確実に行えるとともに、関係部門での共有が重要である。

昨年度までに低炭素技術設計・評価プラットフォームとして種々の機能の開発、データベースやライブラリーの充実を図ってきた。今年度は

- (1) 新たなプロセスへの適用拡大
水素技術、固体酸化物形燃料電池 (SOFC)
- (2) さらなる機能の開発、既存 Excel 資産との連携
最適化計算機能
- (3) データベースの充実
物質収支・エネルギー収支・機器選定手順など計算ライブラリー、ユーザ定義関数ライブラリー
- (4) システム操作性の向上
「基の数式」表示機能

を進めてきた。今後もこれらを継続して進める。

Summary

The Center for Low Carbon Society Strategy (LCS) quantitatively evaluates various low carbon technologies under the Quantitative Technology Systems Research program (LCS Proposal Paper(FY2014-PP-00(June, 2014)), (FY2016-PP-00(December, 2016))). The Evaluation Platform is the information system infrastructure that supports this quantitative evaluation in LCS. The platform is used for quantitative evaluation of various low carbon technologies. The results of evaluation analysis, using this platform for individual technical systems that will become important in the future, will ultimately lead to policy proposals.

To predict future performance and cost of low carbon technologies and propose the direction for future research and development, quantitative analysis of the hierarchical structure of these technologies is absolutely necessary. It reduces the time and cost required for quantitative analysis to create databases of process calculation methods and cost evaluation methods. Quantitative analysis makes it easy to share evaluation results and criteria with other relevant departments. Furthermore, it is possible to discover problems and hints concerning performance improvement and cost reduction.

In this fiscal year, we implemented the following points concerning the enhancement of system functions and the content of databases.

- (1) Expanding application to new processes
Hydrogen technology, SOFC
- (2) Further function development, cooperation with existing Excel assets
Optimization calculation function
- (3) Enhancement of databases
Material Balance, Energy Balance, Equipment Selection Procedure, Calculation Library, and User Defined Function Library
- (4) Improve system operability
Function to display formulae for base

Based on the achievements in the current fiscal year, we will further expand the scope of adaptation during the next fiscal year, enhance the Excel library for frequent and necessary calculations in the chemical process and process assembly process, and develop the database to improve the functionality and operability of the system.

目次

概要

1. 評価プラットフォームの開発の背景	1
2. 定量的評価の手順とプラットフォームの役割	1
2.1 定量的評価手順とプログラムおよびデータベース	3
3. 評価プラットフォームの特徴	4
4. 本年度の実績	4
4.1 適用プロセスの拡大	4
4.2 新機能の開発	5
4.3 水素関連技術の定量的評価	6
4.4 Excel ユーザ定義関数ライブラリーの充実	7
5. 今後の展開	11
5.1 適用対象の拡大とライブラリーの充実	11
5.2 プロセス諸計算のための Excel ユーザ定義関数ライブラリーの充実	11
5.3 便覧型データベースの整備	11
5.4 知識の構造化と高度化に向けて	11
参考文献	12

1. 評価プラットフォームの開発の背景

LCS では定量的技術システム研究に基づいて、様々な低炭素技術の定量的評価を行っている (LCS 提案書¹⁾[1],[2]参照)。そのなかにおいて、「低炭素技術設計・評価プラットフォーム」(以下、プラットフォーム)は、定量的評価を支援する情報システム基盤である[3]-[5]。プラットフォームは種々の低炭素技術の定量的評価に利用されている。将来重要になる個々の技術システムに対して、本プラットフォームを利用した評価・分析を行うことによって、今後の政策提案につなげてゆく。

低炭素技術の性能およびコストの将来を見通し、技術進展を図るための今後取り組むべき研究開発方向を提示するためには、低炭素技術を階層的に構造化した定量的な分析が必要である。評価プラットフォームの役割は、LCSにおけるこの定量的評価を支援する情報システム基盤である。評価プラットフォームは、化学プロセス・加工組立型プロセスを対象に、(1)プロセス内での物質収支・エネルギー収支の計算およびプロセスを構築する装置・機器の構成とその仕様を決定する計算の仕組み、および(2)物性に関するデータ、コストに関するデータ、環境負荷に関するデータなどをデータベースとして組み込み・利用できる仕組みの両輪から成り立っている。

プラットフォームの開発以前に、LCS ではリチウムイオン電池や太陽光発電パネルなどの低炭素技術に関する定量的評価を実施していた。それらの結果は Excel のブックとして成果物となっている。定量的評価の対象を拡大していくなかで、評価システムの構築をより容易に、効率的にすることが要求された。低炭素技術の定量的評価はコスト面と環境負荷面から行われるが、評価に必要となる基礎データは、便覧や規格表などで得られるデータだけでなく、実績収集のうえで整理して初めて有用となるようなものが多い。プロセス機器の製作コストなどはその一例であり、このようにして収集蓄積されたデータは多くの場合 Excel の表として保管・利用される。

もちろん、市販のいわゆるプロセスシミュレータには計算機能・データベース機能を提供するものが多々ある。しかし、Excel 資産の継承、多様なプロセス形態への対応を考慮して、プラットフォームは Excel を基盤として独自に構築することとした。

2. 定量的評価の手順とプラットフォームの役割

LCS における低炭素技術の定量的評価を行う標準的な手順については、既に「低炭素技術設計・評価プラットフォームの構築(Vol.3)」[5]の「図 2.1 低炭素技術の定量的評価の手順」として報告している。この手順は変わらないが、本年度で新たに開発した下記の二つの機能を追加した図を図 1 に示した。

- (1) 標準モジュール(種々の工程に関する物質収支計算と装置機器構成をまとめた「ライブラリー」)を開発する際に、種々のユーザ定義関数を用いて作成できる機能
- (2) 規格表や独自の Excel 表を容易に参照できる機能

¹⁾ 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書、科学技術振興機構低炭素社会戦略センター (以下、LCS 提案書)。

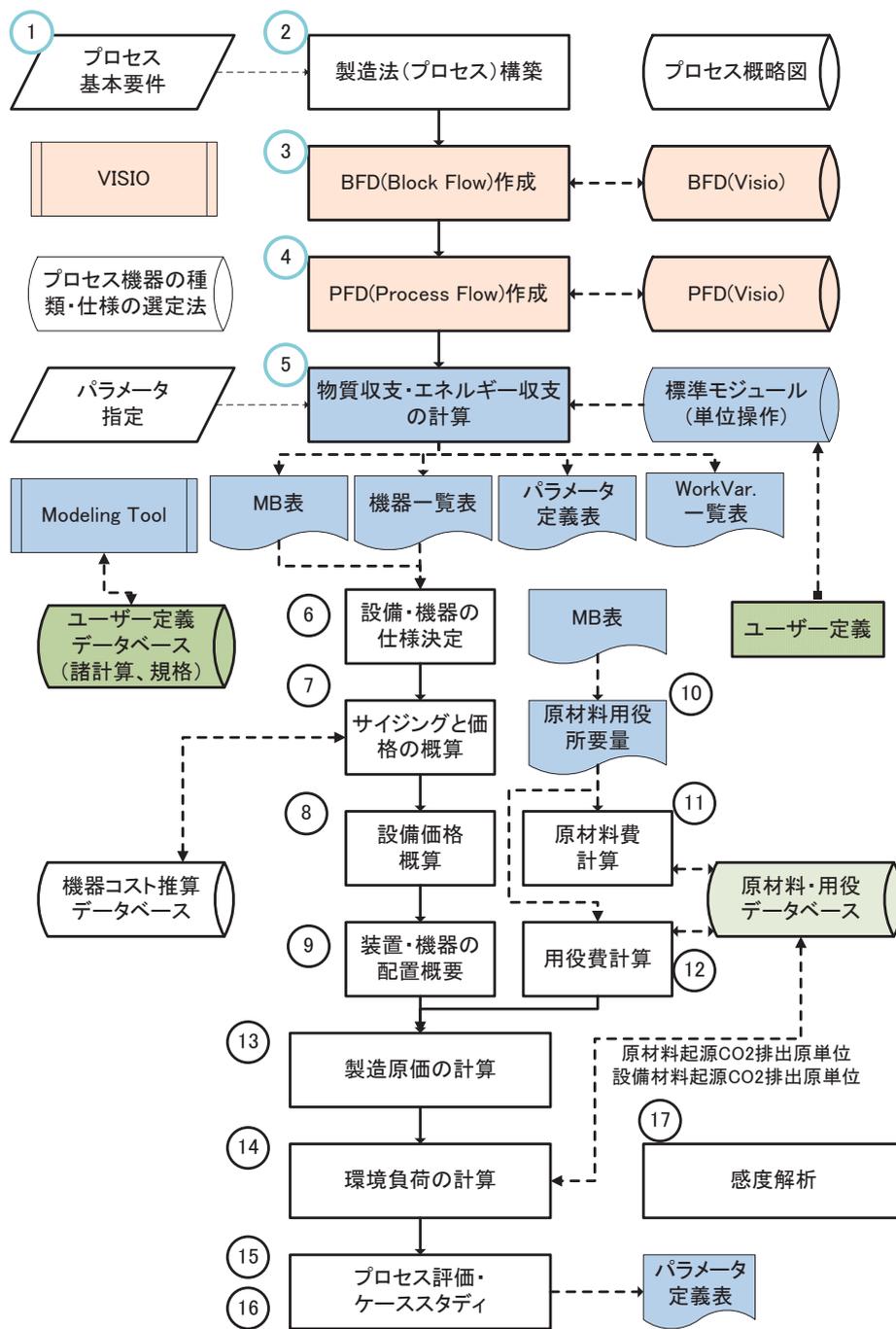


図1 低炭素技術の定量的評価の手順

2.1 定量的評価手順とプログラムおよびデータベース

定量的評価の手順をシステムとデータベースを中心にして整理すると図2および図3になる。

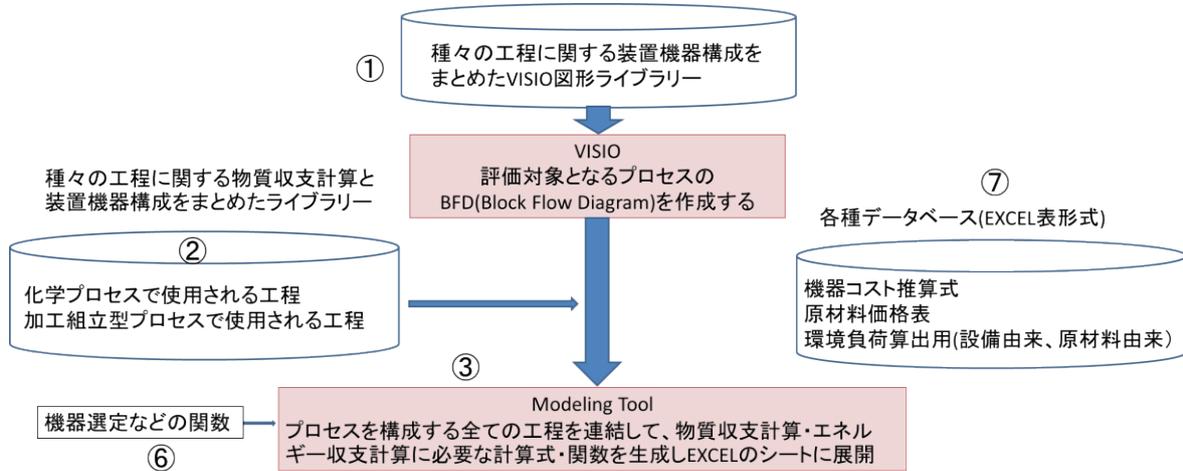


図2 評価手順とプログラム・データベース

④MB 表(物質収支表)

MB		L010	L010	L010	L013
バイオマス投入量	[ton/d]	2000			
生産水素	[ton/d]				143
水素相当分	[kg/h]				5948
燃料相当分	[kg/h]				0
反応ロス分	[kg/h]				
電力相当分	[kg/h]				0
正味発電用H2	[kg/h]				5948
水素エネルギー年計	[TJ/y]				5670
		kg/h	Nm3/h	kgmol/h	kg/h
H2					5,948
Total		.00		.00	5,948

⑤機器一覧表

機器	Volume [m3]	VolFow [m3/h]	MassFlow [kg/h]	BHP [kW]	機器コスト [MP]
FDL101	2,011				590
FPL101			250	0	22
FDL102	36				136
MVT101					20
FDL101	36				136
FDL102	7				11
FDL103	0				4
FGE101			75	114	70
FGE102			75	76	55
FPL101			250	0	23
FPL102			100	1	59
XA101					17
FED101			100		14
FEC101					4
YG101				38	6

⑧原価計算表

Unit		U011	U300
Description	Unit	バイオマスガス化Ba	液化水素プラントB
変動費(/MJ)		3.09	.82
固定費設備(/MJ)		1.17	1.47
固定費労務(/MJ)		.14	.02
合計(円/MJ)		4.40	2.31
CO2排出量 (原料・用役起源)			474
CO2排出量 (設備起源)		11,066	2,599
原料・用役起源		.0	.2
設備起源		4.6	1.0
合計(g/MJ)		4.6	1.2
EnergyEfficiency		.46	.61

図3 Modeling Tool が生成する帳票

図2に示したとおり、プラットフォームは

- (1) BFD(Block Flow Diagram)やPFD(Process Flow Diagram)の作成のためのCAD(Visio)
- (2) 物質収支計算・エネルギー収支計算、機器選定手順などの計算式の組立や、物質収支表(MB表)などの帳票を作成する機能を持つソフトウェア(Modeling Tool)

(3) データベース

から構成されている。

- 1) 蓄電池などの製品、再生可能エネルギー利用などの低炭素技術を定量的に評価するための最初のステップは製造プロセスの確立である。Modeling Tool は対象プロセスの BFD を、実績から集積した「工程ライブラリー」を基に Visio を利用して簡単に作成できる(図2の①)。例として、後出の図4に、Visio で作成した水素関連技術に関する BFD を示した。
- 2) 次のステップでは、プロセス全体の物質収支・エネルギー収支を求める。プラットフォームは必要な計算式を「ライブラリー」(図2の②)から取り出し、プロセスの構成する全ての工程を自動的に連結して、結果を Excel の Sheet に格納する(図2の③)。
- 3) 物量とエネルギー量を MB 表として(図3の④)把握した後に、タンクやポンプ、熱交換器などの全ての設備・機器の必要能力や系列数などを機器一覧表としてまとめる(図3の⑤)。加工組立型のプロセスではライン数を決定するような場合もある。機器の種類や材質、仕様決定のための手順が Excel 関数として整備されている場合(図2の⑥)、その関数を利用することが可能である。このような関数は「ユーザ定義関数ライブラリー」のなかでは「機器設計」というカテゴリーに属するものである。
- 4) 物量、装置機器の仕様が決定したら、コスト推算や環境負荷および原材料価格に関するデータベース(図2の⑦)を利用して、製造原価計算を行い計算書としてまとめる(図3の⑧)。

3. 評価プラットフォームの特徴

Modeling Tool は、対象とするプロセスの定量的把握に必要な計算式や帳票を、全て Excel のブックとして生成するコンパイラーの機能を持っている。また Excel の VBA(Visual Basic for Application)言語を利用すると、BFD や PFD の作成に利用する Visio 図面内容を容易に解析することができる。

プラットフォームの特徴は、既存資産の継承および共存の観点から、

- (1) Excel で作成された定量的把握の成果物(Excel のマクロ命令やデータ)からの移行(資産の継承)が容易になった。
異なるシステム間の連携の観点から、
- (2) Visio 図形ライブラリーを利用すると、Visio で容易に対象プロセスを表現できる。(図形データと Excel の連携)
- (3) Visio で表現された BFD から Modeling Tool 実行のためのファイルがほぼ自動的に作成できる。(図形データと Excel の連携)
プラットフォームのユーザによる拡張可能性の観点からは、
- (4) 収集整備されたデータベースは、単独でも Excel で簡単に利用できる。
- (5) 開発し整備された物質収支計算や設備機器構成などのライブラリーが Excel 単独でも利用できる。
- (6) 工程を構成する単位操作に関する計算もライブラリー化でき、Excel 単独でも利用できる。

4. 本年度の実績

4.1 適用プロセスの拡大

評価プラットフォームを利用し、リチウムイオン電池 (LIB) の定量的評価[6]・メタンガス製造プロセスの定量的評価[7]・シングルフラッシュ型地熱発電の発電出力と発電コストの計算[8]・高温岩体発電の発電出力と発電コストの計算[9]を実施してきた。本年度は新たに水素関連技術の

定量的評価等を実施するとともに、固体酸化物形燃料電池 (SOFC) プロセスの定量的評価を開始した。

水素関連技術の評価については 4.3 で概要を記載する。

4.2 新機能の開発

(1) 作成可能な帳票(Excel シート)の多様化への対応

図 3 に例を示した、物質収支表(MB 表)・機器一覧表に加えて、原価計算表・環境負荷計算表を容易に作成できるようにした。

(2) 最適化計算と設計型計算機能

Excel のアドインソフトである「Solver」を利用すると、設計型計算(あるセルの値が目標値になるように、指定した複数の操作変数の値を求める)や、最適化計算(線形計画法や非線形 GRG 法)が可能である。

しかし Solver を利用するためには、対象モデルが Excel の「単一のシート」上に作成されている場合のみ処理できるという制限条件がある。これまでに LCS で実施された定量的評価のための計算モデルは、複数の Excel シートで構築されているので Solver を適用できない。Modeling Tool が作成する評価システムも、MB 表を中心にパラメータ定義表²⁾・WorkVariable 定義表³⁾・機器一覧表・原価計算表などの独立したシート群から構成される Excel ブックである。したがって、同様に Solver を利用できなかった。

今回、Modeling Tool が全体の計算構造(各シートの関係)を把握している、という特徴を利用して、全てのシートを一枚のシートに自動的に編集する新機能を開発し、Solver 利用を可能にした。

(3) Visio で作成した PFD(Process Flow Diagram)から機器一覧表を作成

定量的評価を実施する場合に、PFD を作成し装置・機器を明確にすることが重要な場合がある。CAD ソフトである Visio を用いて、工程ごとに装置・機器を明確にすることが容易である。各装置・機器を表す図形は標準として定めた「ステンシル」を用いる。「ステンシル」のメンバーである個々のマスター図形(容器・ポンプ・配管など)には、機種 ID・材質などのデータを保管させることが出来る。

このようにして作成された PFD は、Modeling Tool の新機能によって図面から直接「機器一覧表」を作成できる。個々の図形に格納されている「機種 ID」をキーにして「機器コストデータベース」を参照する機能によって機器一覧表に「コスト推算式」を格納することが出来るようになった。「機種 ID」は LCS が独自にコードを設定しているが、知識の構造化を実現するうえでの重要な要素である。

(4) 計算手順を実装した Excel 関数の仕組みと種々の関数の開発

Modeling Tool では、特定の機能を実現するためのまとまりを「モジュール」と呼んでいる。一つのモジュールは、物質収支やエネルギー収支、装置機器の構成と選定手順を求めるパラメータと計算式ブロックで構成されている。種々のモジュールをまとめて Excel のブックとして実装したものを「ライブラリー」と呼ぶ。

モジュールで必要な計算式ブロックの中には、熱交換器の伝熱面積を求める計算式ブロック、環境負荷を求めるための計算式ブロックなどが存在する。これらの計算式ブロックをまとめて関

²⁾ 制約条件(Control)で表される原理(Parameters(パラメータ))が格納されている、Modeling Tool が生成する Excel ブックのシート名。詳細は、参考文献[5]参照。

³⁾ MB 表や機器一覧表の各値を計算するために一時的に使用する変数。

数として整備した。これらの関数群は Excel ではユーザ定義関数として認識される。したがって Modeling Tool での利用に留まらず、独立した Excel 計算の中での活用が期待される。

開発したユーザ定義関数群については 4.4 で説明する。

(5) 計算式の内容の可視化

Modeling Tool は BFD から対象プロセスを構成する工程群の結合関係を解析し、個々のモジュールに関するパラメータや計算式をライブラリーから取り出して、プロセス全体の物質収支計算・機器の選定手順・環境負荷計算などに関する計算式を、Excel の各シート、各セルに格納することにより、プロセス全体の計算機能を Excel シート上に構築する(図 2 の③)。

Excel シートに格納された計算式は、セルアドレスで表現されているため、計算式のレビューをすることが容易ではなかった。今回開発した機能は Excel のシートの各セルに格納されている計算式の内容を、「ライブラリー」で定義された式(基の数式)で説明する機能である。

【例】

Modeling Tool で作成されたブックの「WorkVariable」シートのある「セル」に
= パラメータ定義!D8 * パラメータ定義!D15
と格納されている場合、このセルの「基の数式」表示を要求すると
年間消費電力=圧縮機動力*年間稼働時間
と表示される。

(6) 既存の Excel ソフトウェア資産の再利用と継承

既に Excel で実装されていた計算手順を、Modeling Tool で作成されたシートの特定のセルの値の設定用に利用したい場合がある。Modeling Tool が作成する Excel ブックは、Excel の世界で単独に動作する(モジュールライブラリーを必要としない)ことから、単に既存のシート群を、ブックに追加するだけで実現できる。また、Excel ブック間のデータ参照機能で実現することも可能である。

4.3 水素関連技術の定量的評価

図 4 は Visio で作成した、水素関連技術全体の BFD である。図中にある長方形の図形は「工程 (UNIT)」を示している。この図形の上部には、「U100」などの、工程を識別するための「工程名」が格納されている。図形の中央部は「水素ガス圧縮」などの、モジュールライブラリーのメンバーを識別するための「モジュール名」が格納されている。図形の左右に存在する小四角形は他の工程との接続関係を示している。

図中、ピンク色で塗られている部分は、昨年度までに評価モデルを作成した太陽光発電 (PV)、メタン発酵、下水汚泥を示している。

本年度は、緑で塗られているモジュールに関する物質収支・エネルギー収支を求める計算式、装置・機器の構成、機器選定手順などのための計算式を開発し、モジュールライブラリーとして登録した。このライブラリーを利用し、16 通りのパス(プロセス)に対応した物質収支の計算、機器の選定と仕様決定および製造コストと環境負荷の算出を実施した。

計算結果(MB 表、機器一覧表、原価計算表)の一部を、前出の図 3 の④⑤⑧に示した。

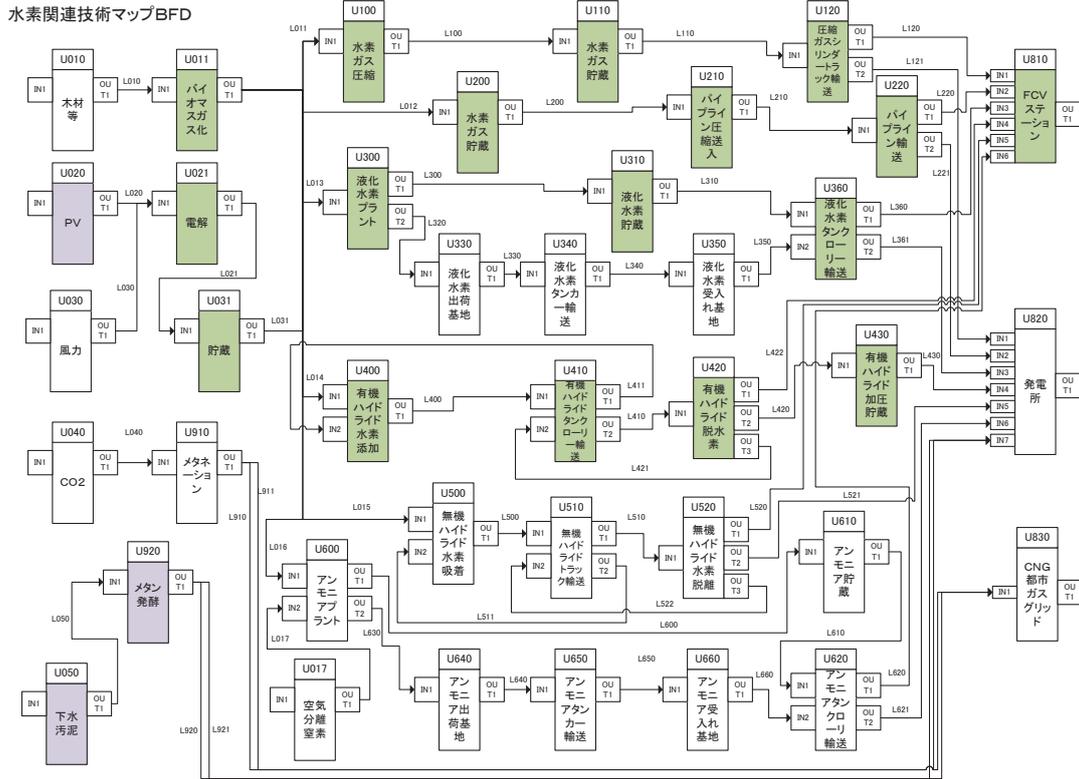


図4 水素関連技術 MAP ブロック図

4.4 Excel ユーザ定義関数ライブラリーの充実

4.4.1 モジュールライブラリーとユーザ定義関数ライブラリー

本機能は本年度の開発課題の一つとして掲げたものである。

図2の②に示したように、一定の機能を実現するための装置・機器の集まりを定義し、物質収支・エネルギー収支の計算法や装置・機器の選定手順をまとめたものが「モジュール」である。種々のモジュール(工程)をまとめてExcelのブックにしたものが「モジュールライブラリー」である。

低炭素技術のプロセスは、図4の水素関連技術MAPブロック図で示しているように、貯蔵・混合・反応・分離などの「モジュール」の組み合わせで表現できる。

現在までに開発し、ライブラリー化したモジュールの一部を表1に示す。この表では化学プロセスの形態に近い「水素関連技術」で開発したモジュールと、加工組立型のプロセスである「リチウムイオン電池」で開発したモジュールを取り上げた。

表中①～④の欄は、各モジュールが有している機能を示すもので

- ①物質収支に関する計算モデル
- ②その工程を構成する装置・機器のリスト
- ③その工程を構成する装置・機器のサイジング機能
- ④その工程での環境負荷量に対する計算モデルの有無を記している。

LIBでのモジュール欄には、構成する装置機器を機種名とともに示している。

表1 開発が完了しライブラリー化したモジュール一覧

プロセス	モジュール ①収支計算、②機器定義、③機器設計、④環境負荷	①	②	③	④
バイオマス	バイオマスガス化	○	○	○	○
H2 技術 マップ	電解(アルカリ水電解による水素製造)	○	○	○	○
	電解用貯蔵	○	○	○	○
	水素添加(MCH)	○	○	○	○
	タンクローリー輸送 (MCH)	○	○	○	○
	MCH 脱水素	○	○	○	○
	MCH 加圧貯蔵	○	○	○	○
	FCV ステーション水素供給	○	○	○	○
	液化水素プラント	○	○	○	○
	液化水素貯蔵	○	○	○	○
	液化水素タンクローリー輸送	○	○	○	○
	水素ガス圧縮	○	○	○	○
	水素ガス貯蔵	○	○	○	○
	水素ガスシリンダートラック輸送	○	○	○	○
	PL 用貯蔵(パイプライン輸送用水素)	○	○	○	○
	PL 用圧縮送入	○	○	○	○
	PL 輸送	○	○	○	○
LIB	Li2CO3 製造	○	○		
	粉粒体供給(ホッパー・計量器+フィーダー・バグフィルター)	○	○	○	
	液体受入(キャンドポンプ+コーンルーフトタンク)	○	○	○	
	液体希釈(キャンドポンプ+スタティックミキサー)	○	○	○	
	液体供給(コーンルーフトタンク+キャンドポンプ)	○	○	○	
	固液反応 (スタティックミキサー+反応槽+ホースドポンプ)	○	○	○	
	液液反応(攪拌機+反応槽+ホースドポンプ)	○	○	○	
	熱反応(ローラーハース+ベルトコンベア)	○	○	○	
	熱反応 2(ホッパー+ロータリーキルン+真空ポンプ)	○	○	○	
	排ガス処理(フレアスタック)	○	○	○	
	貯槽攪拌なし(コーンルーフトタンク+キャンドポンプ)	○	○	○	
	貯槽攪拌あり(円筒型タンク+攪拌機+ホースドポンプ)	○	○	○	
	濾過遠心(遠心分離器)	○	○	○	
	粉碎 粗微 遠心(ボールミル+遠心分離器+バグフィルター +ルーツブロワー)	○	○	○	
	固液混合(混合層+ホースドポンプ)	○	○	○	
	固固混合(レーディミキサー)	○	○	○	
	スラリー冷却(固定管板式熱交換器+チラーユニット +遠心スラリーポンプ+円筒型タンク+キャンドポンプ)	○	○	○	
	スラリーフィルタリング(ロータリーフィルター)	○	○	○	
	スラリー貯蔵(脱気)(混合層+キャンドポンプ+真空ポンプ)	○	○	○	
	塗工(リフター+塗工装置+空気乾燥器+乾燥用ブロワ+空気フィルタ) プレス(プレス装置)	○	○	○	
	スリット(スリッター)	○	○	○	
	組立(電池組立装置+フォークリスト+リフタ)	○	○	○	
	検査(検査装置+充電装置+シュリンク包装装置+製函装置+ ペレタイザ+フォークリフト+エレベータ)	○	○	○	

各モジュールでの物質収支・エネルギー収支や機器選定手順を定めるための数式は、例えば、「熱交換器の伝熱面積を求める」ための一連のまとまった計算式ブロックの集まりで表現できる場合が多い。このような一連のまとまった数式と関連するデータ、またはデータベースへの参照式を関数の形でまとめライブラリー化することで、新規にモジュールを開発する場合に有効に利用することが可能となった。

このような関数は利用者が自由に作成し利用できることから、Excelでは「ユーザ定義関数」と呼んでいる。図2の⑥参照。

種々のユーザ定義関数を作成し、Excelの中でまとめて実装したものを「ユーザ定義関数ライブラリー」と呼ぶ。本年度は「水素関連技術」の定量的評価にあたって、新規にいくつかの関数を開発し実装した。

4.4.2 ユーザ定義関数の分類

ユーザ定義関数はその目的・用途から表2に示すようなカテゴリ別に分類することができる。

表2 ユーザ定義関数のカテゴリ

カテゴリ	中分類	機能(関数が返す値)
データベース検索	物性データベース検索	指定した物質の指定した物性値
	規格表検索	JISなどで定められた規格の値
	機器コスト検索	指定した機器IDのコスト推算式
	重量推算式検索	指定した機器IDの重量推算式
化学工学計算	レイノルズ数の算出	指定した条件の管内Re数
	反応量算出	指定した反応の反応生成量
機器設計	熱交換器伝熱面積	指定した条件での所要伝熱面積
	球形ホルダー設計	指定した条件でのホルダー諸元
環境負荷	設備由来CO2算出量	LCS方式によるCO2排出量

4.4.3 新規に開発したユーザ定義関数

表3に今回開発したユーザ定義関数の一覧表を示す。ユーザ定義関数の導入以前に作成されたモジュールの中には、今後関数として整備していくべき計算式ブロックも存在する。

現在、開発したユーザ定義関数に関して、「関数説明書」の整備を行いつつある。

関数説明書は以下のような項目から構成される。

- (1) 関数名
- (2) カテゴリ
- (3) 関数の内容・機能
- (4) 関数の呼び方(関数名)、関数の引数、および関数の返り値
- (5) 関数の引数の意味と既定値
- (6) エラーに関する項目

表3 本年度作成したユーザ定義関数ライブラリー一覧

関数名	機能
設備由来CO2総排出量	機器の重量からLCS方式のCO2排出量を算出
建屋由来CO2総排出量	建屋の重量からLCS方式のCO2排出量を算出
パイプ呼び径	JIS3454 圧力配管用炭素鋼鋼管で規定する(呼び径、外径、厚み、単位質量)間の関係
パイプ諸元_外径	
パイプ諸元_厚み	
パイプ諸元_単位重量	
気体密度	指定した圧力、温度における気体密度
流速u	ガス流体に関する配管設計諸元
レイノルズ数Re	
圧力損出	
パイプ内径Din	
FDG直径_m	FDG(球形タンク)の設計諸元(直径、板厚、容積)
FDG板厚_mm	
FDG容積m3	
FDG基数	FDGの製作条件を考慮した基数の算出
質量流量2VolFlow	質量流量から容量流量への変換
FGE動力	FGE(往復圧縮機)の所要動力
LHタンク諸元	液化水素貯蔵用シリンドリカルタンクの諸元
輸送用LHタンク諸元	液化水素輸送用タンクの諸元
LH球形タンク諸元	液化水素貯蔵用球形タンクの諸元
LHポンプ諸元	ステーションでの液化水素受入・フィードポンプの諸元
LH蒸発器諸元	液化水素蒸発器の設計諸元
バイオマスガス化設備SF	バイオマスガス化プラントの設計諸元(チップ投入量から系列数など)
バイオマスガス化設備系列数	
バイオマスガス化諸元	

4.4.4 ユーザ定義関数の例：設備由来 CO₂ 排出量を求める関数

LCSでは既に「プロセス機器選定と製造コスト、環境負荷算出のための基礎データベース作成」において、LCSの環境負荷算出法を報告[10]している。

LCSの環境負荷算出は、環境負荷物質のうちCO₂に着目しCO₂排出量を基準とする。そして、CO₂排出量の算出は原材料起源、用役起源、設備材料起源に分けて行うこととしている。

「設備由来CO₂排出量を求める関数」はLCSの手順にしたがって設備材料起源のCO₂排出量を求める関数である。この手順では、計算法と関連するデータ表が規定されているが、ユーザ定義関数は手順と表を関数内に内蔵させることにより(カプセル化)、利用者が容易に計算結果を得られる仕組みを提供する。

(1) 計算の手順

LCSの定める手順は

- ① 算出対象となるプロセスに存在する全ての機器に対して、材質と重量を決定する。
ここで重量は「機器重量データベース」を利用する。
- ② 機器以外に配管設備、計装関係設備、電気設備に使用されているバルク材料の量を推算する。
推算は、機器重量に対する各項目のバルク材料使用重量割合を利用する。この割合はテーブルで定められている。
- ③ 機器・設備を据え付け、格納する基礎・建築材料の重量を推算する。
推算は、機器重量に対するバルク材料(コンクリートと鉄骨)の割合を利用する。この割合は対象プラントが屋内型か屋外型により値が異なり、さらに対象プロセスが固体か固体・流体混合か流体であるかによって異なる。詳細な表は報告書[10]に記載されている。

- ④ 各要素の重量の推算が完了したら、その重量に対する CO₂ 排出原単位(g- CO₂/g)を乗算することにより、設備由来の CO₂ 排出量(ton)を計算する。
- ⑤ 環境負荷は対象とする製品の単位量当たりの排出量で評価するので、最終的に、CO₂ 環境負荷量(ton/製品単位量) = CO₂ 排出量(ton)/機器償却年数/製品年間生産量で求められる。

5. 今後の展開

5.1 適用対象の拡大とライブラリーの充実

これまで評価プラットフォームを利用し、LIB の定量的評価[6]・メタンガス製造プロセスの定量的評価[7]・シングルフラッシュ型地熱発電の発電出力と発電コストの計算[8]・高温岩体発電の発電出力と発電コストの計算[9]・SOFC プロセスの定量的評価・水素関連技術の定量的評価等を実施した。多様な低炭素技術の定量的評価を進めるとともに、開発したモジュールの新規登録による「物質収支計算と装置機器構成ライブラリー」の充実を図る。

5.2 プロセス諸計算のための Excel ユーザ定義関数ライブラリーの充実

本年度実施したユーザ定義関数の開発とその利用は、物質収支・エネルギー収支の計算モデルの作成がより簡素化される効果をあげた。4.4.2 での関数のカテゴリーを参考にさらなる充実を目指す。

5.3 便覧型データベースの整備

データベース作成時に、規格表を参照して機器を選定するケースが生じる。配管用鋼管等は外径、厚み、単位質量が規格で決まっており要件を満足する呼び径の鋼管を選定する必要がある。このような場合、ユーザ定義関数に規格表を書き込むことで本年度は対応した。今後多くの便覧型データベースが Modeling Tool に取り込まれると考える。データの更新などのメンテナンス面や処理速度の点から適切なユーザ定義関数の設計と開発を進めていく。

5.4 知識の構造化と高度化に向けて

「物質収支計算と装置機器構成ライブラリー」や「プロセス諸計算のための Excel ユーザ定義関数ライブラリー」は、これまでの評価のための開発成果を基にカテゴリー化を進めている。

上記の 5.1～5.3 を加速し、カテゴリーの幅を広げ充実し、知識の構造化と高度化につなげるためにも、新しい技術・システムに対する定量的評価を進めることが必要である。

参考文献

- [1] 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書, 平成 28 年度 総合編, “2050 年の「明るく豊かな低炭素社会」実現のための課題と展望”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2016 年 12 月.
- [2] 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書, 平成 25 年度 総合編, “「明るく豊かな低炭素社会」の実現を目指して”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2014 年 6 月.
- [3] 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書, 技術開発編, “「低炭素技術設計・評価プラットフォーム」の構築”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2014 年 3 月.
- [4] 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書, 技術開発編, “「低炭素技術設計・評価プラットフォーム」の構築 (Vol.2)”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2015 年 3 月.
- [5] 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書, 技術開発編, “「低炭素技術設計・評価プラットフォーム」の構築 (Vol.3)”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2016 年 3 月.
- [6] 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書, 技術開発編, “蓄電池システムー要素技術の構造化に基づく定量的技術シナリオと科学・技術ロードマップー”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2014 年 3 月.
- [7] 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書, 技術開発編, “バイオマス廃棄物のメタン発酵 (着手段階)”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2014 年 3 月.
- [8] 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書, 技術開発編, “地熱発電 (Vol.1)ー発電量拡大に向けた設計・評価ー”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2015 年 3 月.
- [9] 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書, 技術開発編, “地熱発電 (Vol.2)ー高温岩体発電の発電コスト試算ー”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2016 年 3 月.
- [10] 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書, 技術開発編, “プロセス機器選定と製造コスト、環境負荷算出のための基礎データベース作成ー製造機器・材料・コスト情報の構造化ー”, 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター, 2015 年 3 月.

低炭素社会の実現に向けた
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく
イノベーション政策立案のための提案書

技術開発編

「低炭素技術設計・評価プラットフォーム」の構築 (Vol.4)

平成 30 年 1 月

**Platform of Low Carbon Technologies for Process Design and
Evaluation of Manufacturing Cost and CO₂ Emissions (vol.4)**
Strategy for Technology Development,
Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies,
Center for Low Carbon Society Strategy,
Japan Science and Technology Agency,
2018.1

国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター

本提案書に関するお問い合わせ先

- 提案内容について・・・低炭素社会戦略センター 上席研究員 西川 浩 (Hiroshi NISHIKAWA)
研究員 酒井 正彦 (Masahiko SAKAI)
- 低炭素社会戦略センターの取り組みについて・・・低炭素社会戦略センター 企画運営室

〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3 サイエンスプラザ4階
TEL : 03-6272-9270 FAX : 03-6272-9273 E-mail : lcs@jst.go.jp
<https://www.jst.go.jp/lcs/>

© 2018 JST/LCS

許可無く複写・複製することを禁じます。
引用を行う際は、必ず出典を記述願います。
