

# 物質循環シミュレーション 作成した サンプルプログラムについて

---

# 概要

---

弊社では、物質循環のモデルを自由に作成し、シミュレーションを行うことができるソフトウェア、SICLE (Simulator for Closed Life and Ecology) というソフトウェアをjavaで開発した。

今回、Space Station OSへ向けて、弊社からは物質のシミュレーションをイメージすることができる、シミュレーションソフトのサンプル(python)を提供する。

機能が非常に限定されるが、サンプルであるためご了承ください。

Space Station OS >Discussions > ECLSS technical discussions

ID: diana1218, SSOS-SSD デモ.pdf

<https://github.com/orgs/space-station-os/discussions/19?sort=new>

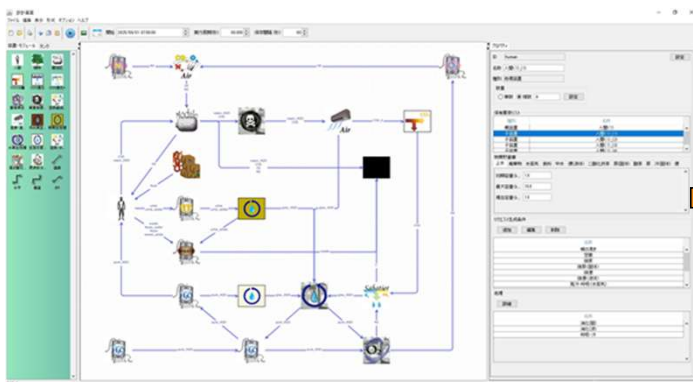
# SICLE(java)の説明

①SICLE(java)では設計画面があり、物質循環を行いたいモデルを作成する。この時、人間、装置やタンクなどは定義を行うことで自由に追加することができる。

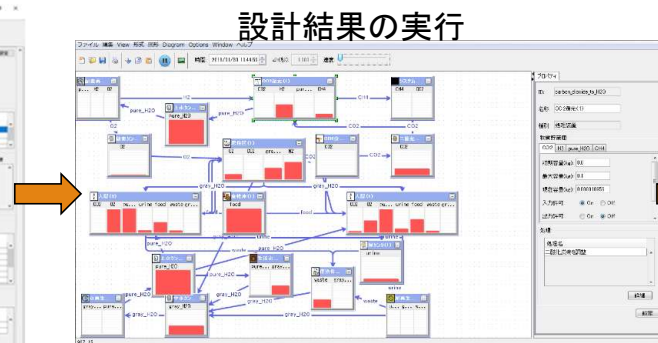
②数値や処理内容も設定し、シミュレーション期間を決めてシミュレーションを実施する。この時、シミュレーション実行画面では各装置内の物質の増減が示される。

③csvデータ等により結果を詳細に確認する。場合によっては①②の設定を変更し、再度シミュレーションを行う。

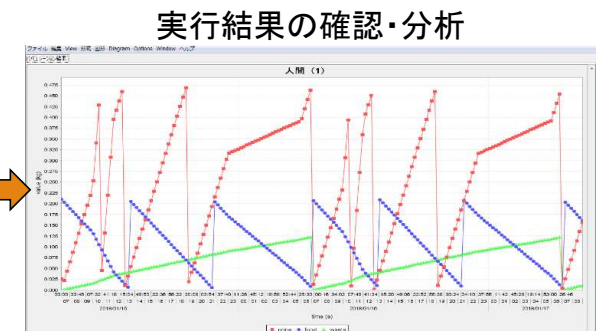
シミュレーションにより、想定したモデルで物質循環が可能か、装置の規模、タンク容量など様々な情報が得られる。



①SILCE設計画面



②SILCE経過画面



③SILCE結果画面

# プログラムの機能比較

	SICLE (java)	今回提供するサンプル(python)
モデル作成	自由に可能 →シートにて装置の定義、物質の定義を行う	P.4に記載したモデルで固定 →コードにべた書きで定義
コード	非公開	コードに記載しているのですべて公開
モデル設計画面	あり	なし
シミュレーション期間	自由に設定可能	30日/100日で実施
出力csvデータ	・各装置内の物質量 ・入出力情報 ・各装置の物質の増減 3点 出力時間(毎分、毎時、毎日、選択可能)	・各装置内の物質量 1点のみ 出力時間は毎時で固定

SSOS向けのサンプルということで、非常に限定された機能となっていることはご了承ください。

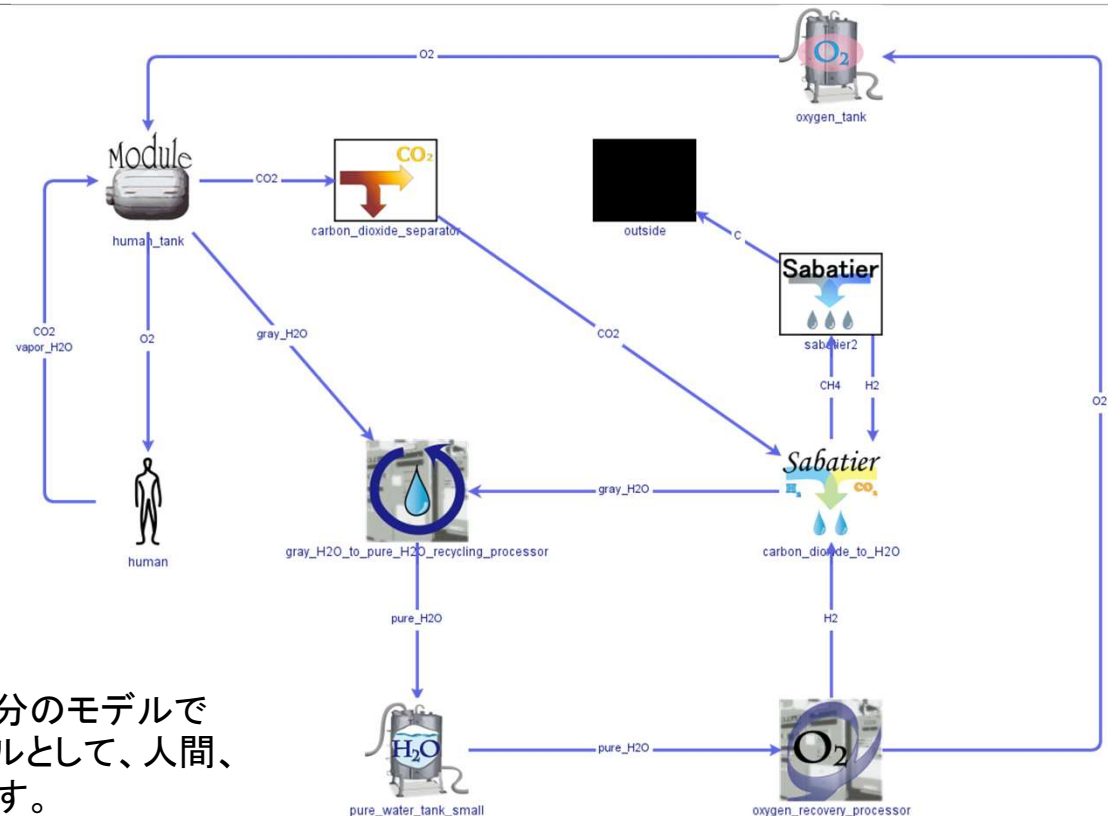
# 作成したモデルについて

## [構成]

- ・クルー:1名
- ・モジュール:1個
- ・酸素タンク:1個
- ・上水タンク:1個
- ・CO2吸着装置:1個
- ・サバチエ第一反応装置:1個
- ・サバチエ第二反応装置:1個
- ・酸素製造装置:1個
- ・水再生装置:1個
- ・システム外:1個

## [コメント]

こちらのモデルは、宇宙での物質循環としては不十分のモデルであることは認識しています。今回はSSOS向けサンプルとして、人間、空気、水のシンプルな循環を提供することが目的です。



# 作成したモデル詳細① 初期容量/最大容量

装置/タンク	最大容量/初期値	物質 (kg)							
		O2	CO2	vapor_H2O	gray_H2O	CH4	H2	pure_H2O	C
クルー(Human)	Capacity	5	5	10					
	start_value	5	0	0					
モジュール(Module)	Capacity	10	10	10	10				
	start_value	10	0	0	0				
酸素タンク(oxygen_tank)	Capacity	150							
	start_value	100							
上水タンク(pure_water_tank_small)	Capacity							500	
	start_value							50	
CO2吸着装置(carbon_dioxide_separator)	Capacity		10						
	start_value		0						
サバチエ第一反応装置(carbon_dioxide_to_H2O)	Capacity		10		10	10	10		
	start_value		0		0	0	0		
サバチエ第二反応装置(sabatier2)	Capacity					10	10		10
	start_value					0	0		0
酸素製造装置(oxygen_recovery_processor)	Capacity	10					10	10	
	start_value	0					0	10	
水再生装置(gray_H2O_to_pure_H2O_recycling_processor)	Capacity				50			10	
	start_value				0			0	
システム外(outside)	Capacity	Infinity	Infinity	Infinity	Infinity	Infinity			Infinity
	start_value	0	0	0	0	0			0

例:  
酸素タンク  
O2の初期容量  
: 100kg  
O2の最大容量  
: 150kg

## 作成したモデル詳細② 処理内容

装置/タンク	物質 (kg/day)							
	O2	CO2	vapor_H2O	gray_H2O	CH4	H2	pure_H2O	C
クルー(Human)	-0.895	1.085	2.946					
モジュール(Module)			-2.946	2.946				
酸素タンク(oxygen_tank)								
上水タンク(pure_water_tank_small)								
CO2吸着装置(carbon_dioxide_separator)		-0.5425						
サバチエ第一反応装置(carbon_dioxide_to_H2O)		-1.1		0.9	0.4	-0.2		
サバチエ第二反応装置(sabatier2)					-0.4	0.1		0.3
水再生装置(gray_H2O_to_pure_H2O_recycling_processor)				-3			3	
酸素製造装置(oxygen_recovery_processor)	0.8					0.1	-0.9	
システム外(outside)								
SUM	-0.095	-0.5575	0	0.846	0	0	2.1	0.3

例:

クルー

O2を1日0.895kg消費する。CO2を1日1.085kg排出する。Vapor\_H2Oを1日2.946kg排出する。

# 作成したモデル詳細③ 数値の根拠

---

①②で記載した数値の根拠、決定方法を以下に記載する。

①の初期容量/最大容量については、シミュレーションを実施し、適切な値に調整した。

②の処理内容については、以下の通り。

クルー：\*1を参照

モジュール：SSDで決定(根拠はなし。呼気の水分→中水への変換は100%とした)

CO2吸着装置：SSDで決定(根拠はなし。今回のシミュレーションでは50%吸着とした)

サバチエ第一反応装置：SSDで決定(化学式からモル質量の比率は一致させた)

サバチエ第二反応装置：SSDで決定(化学式からモル質量の比率は一致させた)

水再生装置：SSDで決定(根拠はなし。中水→上水への変換は100%とした)

酸素製造装置：SSDで決定(化学式からモル質量の比率は一致させた)

\*1: Life Support Baseline Values and Assumptions Document, NASA/TP-2015-218570, Rev2

Table 3-31 Summary of Nominal Human Metabolic Interface Values



# 実施結果/今後の予定

---

## [実施結果]

- ・物質循環のシミュレーションを行うサンプルプログラム(python)を作成した。
  - ・出力csvデータについては、SICLE(java)と比較し、整合性が取れていることを確認した。
- 以上のことから、弊社タスクは完了とする。

## [今後について]

作業予定は特になし。

## 補足:

SICLE(java)のように、自由にモデルを作成できるシミュレーションソフトをpythonで作成するためには別途調整が必要になります。ISSの民間利用等、Space Station OSと、弊社のシミュレーション技術の活用について、資金調達も含めて、一緒に検討していくのが良いと考えております。

# お問合せ

---

- ・提出したプログラムについての質問やお問い合わせにはGithubでお願いいたします。
- ・SICLE(java)についてのご質問や、体験版などのご興味がある方は以下までお問い合わせください。

宇宙システム開発株式会社 Space Systems Development Corporation  
<https://space-sd.co.jp/>