

## E-0805 バイオマスを高度に利用する社会技術システム構築に関する研究

## (2) 技術情報基盤の開発・研究

東京工業大学 資源化学研究所

仲 勇治

## 〈研究協力者〉

東京工業大学 資源化学研究所

岡本 大作・越智 裕士・Nasser Ayoub

芝浦工業大学 複合領域産学官民連携推進本部

白石 雅美

弘前大学 人文学部

金藤 正直

横浜国立大学 経営学部

八木 裕之

みずほ情報総研(株)

羽田 謙一郎

(株) 情報数理研究所

佐藤 信也・木島 秀治

TMエンジニアリング

三森 輝夫

平成20～22年度累計予算額 77,898千円 (うち、平成22年度予算額 21,814千円)

予算額は、間接経費を含む。

[要旨] バイオマス利活用、処理処分の現状や将来シナリオを評価するためのソフトウェアとして技術情報基盤を開発した。本基盤はバイオマス資源の発生から利用や処分に至る流れをモデル化してシミュレーションを実行すると、資源の収集、変換、利用、処分に係るコストや環境負荷等を計算するソフトウェアであり、シミュレーション機能の他に、モデル編集機能やGIS

(Geographic Information System) と連携した経路探索、距離計算、位置情報取得、地図表示機能等を実装している。本基盤により、地域におけるバイオマスの現状や利活用シナリオの評価、検証を容易に行うことが可能となった。

[キーワード] バイオマス、社会技術システム、シミュレーション、ライフサイクル、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)

## 1. はじめに

バイオマス利用システムの設計にあたっては、バイオマス資源の発生、賦存の質的、量的状況、季節変動、変換技術、製品市場、輸送システム、地域の地理的制約、コスト制約等、多くの項目について勘案しながら進めていく必要がある。本研究では、これらの項目について、俯瞰的に評価検証しながらシナリオ導入を進めていくためのツールを開発した。さらに、将来的な社会制度のあり方を検討するためのツールの構築をめざして、サブテーマ(4)「地域への適用方法に関する研究」におけるバイオマス利活用シナリオの検討で使用して実用性を検証した。また、シナリオ検討の場で得られた知見や要望等を本ツールの改良にフィードバックして実用性の向上を図った。

## 2. 研究目的

本研究では、バイオマスを高度に利用する社会技術システムの構築を目指し、多様なバイオマス資源の利用を円滑に進めるための物流システムと、エネルギーなどの有価物への変換システムとからなるバイオマス利用のシステム全体を求める方法論を確立し、それを支援する技術情報基盤を整備する。実証研究の対象地域におけるバイオマスの物流や変換の情報を収集して、現行の技術情報基盤に反映させる。また、これをベースに地理情報と密にリンクして、コスト、LCA、環境会計などの様々な評価方法や出力結果も含めて可視的に編集・表示する機能を充実させる。これらにより、より使いやすい技術情報基盤を目指す。

## 3. 研究方法

### (1) 現状における変換プロセス・物流の調査に関する研究

バイオマスの変換や輸送に用いられている技術や機能、設備などのデータを分析し、コンピュータ上でシミュレーションするために数式モデルや原単位モデルとして整理したものを、本研究ではUP (Unit Process) と定義する

青森県中南地域において、取扱い事業者の数・種類、輸送距離、移送ロットなどのバイオマスの物流に関する現状把握を行う。また、最終処理施設、変換設備等を含む変換施設の温室効果ガス排出を含む詳細調査を行う。

UPの算定式の検証や調整に必要な追加調査を実施して、UPの精度の向上のためのデータを収集、整理する。また、現時点では中南地域には存在していないが、利活用シナリオに盛り込まれる可能性のある社会技術システムに関する情報を収集、整理する。既存及び将来想定される物流とバイオマス製品の市場調査の結果を取りまとめる。

### (2) 変換・物流モデル化及びライブラリの整備に関する研究

上記「現状における変換プロセス・物流の調査に関する研究」で収集した情報を分析し、現状の変換要素技術、輸送技術等をUPクラスとしてモデル化し、技術情報基盤のUPクラスライブラリに登録する。

中南地域に存在しない技術システムについては、シナリオ検討での議論の展開を考慮しながら、シナリオ検証に必要なUPについて、収集した研究データ等からUPを作成してUPクラスライブラリに登録する。モデル編集機能で作成されたモデルにこのUPクラスをリンクさせ、シミュレーションを試行しながら、UPの定義を改良する。また、エネルギーや薬剤等の価格データを格納しているユーティリティデータベースの編集機能を追加する。

### (3) 導入システムのモデル化

バイオマスの利活用シナリオ構築に係る多様なステークホルダーによる議論の過程では、様々な観点から複数のシナリオが挙げられる。これらのシナリオに含まれるバイオマス利活用ネットワークもまた様々な形態が考えられる。こうした議論の俎上に上がる可能性がある利活用ネットワークを、要素技術ごとの同一性や類似性、代替性などに着目して統合化・簡略化し、俯瞰的に捉えたフローモデルとして纏める。こうして纏めたフローモデルを、本研究ではスーパーストラクチャと呼ぶ。このスーパーストラクチャをもとにしたシナリオ導入方法、地域ニーズの設定・評価方法について、技術情報基盤への実装の観点から整理する。

#### (4) 技術情報基盤の実装

技術情報基盤の概念設計、基本設計に着手し、基本仕様書、基本システム仕様書を作成する。この基本仕様書、基本システム仕様書に基づき、技術情報基盤の基本機能を実装し、シナリオの評価に適用しながら、動作確認や実用性を検証する。基本機能の検証の後、ユーザビリティの向上を目的とした改良を加え、基本機能で対応できない点について拡張機能の仕様を設計、定義して実装する。また、本基盤をシナリオの評価に適用して、動作確認や実用性を評価する。

### 4. 結果・考察

#### (1) 現状における変換プロセス・物流の調査に関する研究

青森県中南地域におけるバイオマスの物流については、サブテーマ(1)「バイオマスの地域における活用状況に関する調査研究」の担当グループと連携して、地域内及び周辺域におけるりんご絞り粕の多量排出事業者やバイオマス利用事業者、藤崎町バイオマスタウン事業担当者へのヒアリングを実施し、資源分布、施設分布データを収集した。公共施設については、アンケート調査、自治体の提供資料、ウェブ上の公開資料等などによりデータを収集した。

これらの結果を施設単位で整理すると、清掃工場は地域内に3施設存在している。運営主体は2つの事務組合で、単独の市町村によって運営されている施設はない。うち1施設では焼却発電が行われており、余剰電力を売電している。

最終処分場は地域内に3施設存在するほか、清掃工場からの焼却残渣の埋め立てを委託している施設が県外に存在している。

堆肥化施設は地域内に38施設存在している。稲わらやもみ殻を原料とした堆肥化の事例が多い。

ペレット化施設は地域内に1施設、近隣の市町村に1施設存在している。地域内の施設は事業を立ち上げた直後であり、定常的な事業実績は確認できていない。近隣の市町村の施設では、木質ペレットを製造・販売している。

飼料化については、りんご加工後の残渣をフレキシブルコンテナバッグ(フレコン)内に充填し、同加工場内の露天ヤードに一定期間保管して、乳酸菌による嫌気性発酵を促すフレコンサイレージによる飼料化を視察した。同工場では、この飼料を畜産業者に販売するほか、絞り粕そのものも飼料として販売している。どちらの飼料を選択するかは畜産業者の嗜好によるとのことである。

上記について表2.1に整理する。

表2.1 中南地域におけるバイオマス関連施設の立地状況及び処理・利用内容

施設種類	バイオマス資源		立地数	製品/生成物	
	種類	利用方法		種類	利用先
清掃工場	可燃ごみ	焼却	3	焼却残渣	最終処分場
				余剰熱利用 (温水、発電)	温水：隣接温水プール等 電力：自家利用、売電
最終処分場	焼却残渣	埋立	4(県外業者委託あり)	浸出水	- (自施設内)
堆肥化	稲わら、もみ	堆肥	38	堆肥	果樹：1.890ha

	殻、畜糞、りんご絞り粕等				水稲：1,047ha 野菜：1,047ha など
ペレット化	稲わら、もみ殻、製材残材、りんご絞り粕等	ペレット	2	燃料	老人ホーム等
				飼料	動物園等
飼料化	りんご絞り粕	フレコンサイレー ジ発酵、直接給与等	6～（排出事業者による自家処理/県外産廃業者への処理委託、畜産業者による飼料利用など）	飼料	県内、北海道の畜産業者等

中南地域におけるバイオマスに係る現状は、第一次産業については、農業、とりわけりんご栽培が盛んである。このため、りんごに関連する資源（剪定枝、絞り粕など）とその利用が多く、また、課題も多い。りんご以外には稲作も盛んである。畜産業については、県内有数の養鶏業者が存在しているものの、畜産が盛んな他地域と比較すると盛んとは言い難い。堆肥化施設は約40施設存在するが、家畜排泄物を取り扱う施設は15箇所程度であり、もみ殻や稲わらを主原料とする堆肥化施設が多い。第二次産業は、りんご等の食品加工が主流であり、その他の工業の集積は進んでいない。木質ペレットの製造・利用については、国内他地域と比較すると普及が進んでいるようである。一般廃棄物や下水処理等については、特殊な事例等は確認できないが、地域内の全ての清掃工場で、発電や温水など、排熱が何かしらの方法で利用されている点には着目しておきたい。

既存の変換施設の投入物、排出物と排出先、温室効果ガス排出量などについての詳細調査では、一般廃棄物の清掃工場、し尿処理施設等に対してアンケート調査を実施し、非バイオマス由来の燃料（助燃剤）使用量、各種薬剤の使用量、余剰熱の利用状況、焼却灰や飛灰固化物、脱水汚泥の搬出方法や輸送距離等について回答を得た。

また、青森県中南地域におけるバイオマスの取り組みとして、りんご剪定枝を可搬式チップでチップ化し、公共施設等の暖房用燃料として利用するシステムを検討していることが確認されたことから、新たに可搬式チップのUPを作成するために情報を収集、整理した。

これらのデータを分析し、次の方法によりモデル化してUPの作成を進める。

## （２） 変換・物流モデル化及びライブラリの整備に関する研究

変換モデルとは、堆肥化、飼料化、焼却等、バイオマスの処理・利用に係る要素技術について、技術の種類、固定費、変動費等の収支、投入物とその変換後の生成物、変換時に係るユーティリティや環境負荷等の情報をモデル化したものである。また、物流モデルとは、バイオマス資源や製品の輸送等について、輸送手段、収支、輸送物や輸送時に係るユーティリティや環境負荷等の情報をモデル化したものである。これを図2.1に示す。

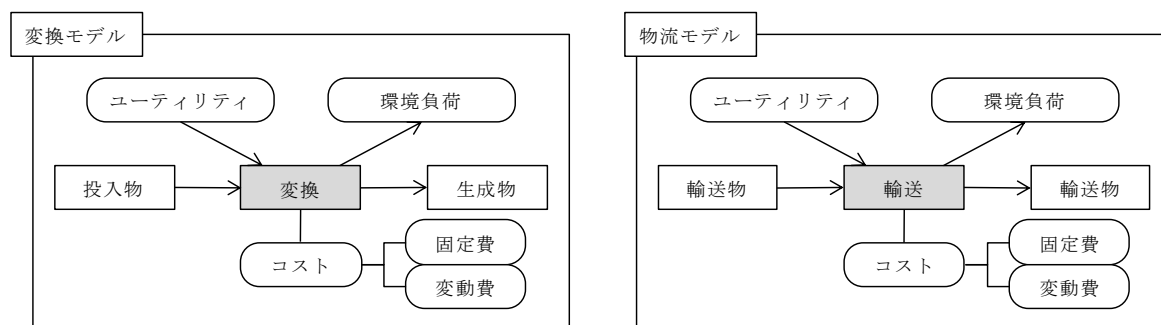


図2.1 変換モデル及び輸送モデルの概要

これらのモデルを焼却、埋立処分、2tパッカー車、4t平ボディ車などの機能や設備・機器の単位で整理したものを、本研究ではUPと定義する。

変換モデルについては、堆肥化やメタン発酵等の発酵系変換技術、燃烧ボイラ発電やガス化等のサーマル系の変換技術、破碎や加工成型等のマテリアル系の変換技術、有用成分の分離・合成・抽出等のケミカル系の変換技術などがある。これらのうち、例えば木質廃材のチップ化やペレット化、パーティクルボード製造などのマテリアル系の変換技術については、組成面での大きな変化を伴わない場合が多いため、これらの変換モデルは入出力物質の比重やサイズの計算式によって表すことができる。堆肥化や下水汚泥の消化などの発酵系、及び燃烧によるサーマル系の変換技術は、主要なバイオマス変換技術であり、複数の資源の混合物を扱う点や入力資源の混合状態に応じてユーティリティの使用量等が増減する点、入力物質の組成に応じた出力物質の組成の算定式を整理しなければならない点など、多様な変換技術のモデル化を行っていく上でベースとなる点が多いことから、これらの変換技術における入力と出力の組成変化や、それに伴うユーティリティ使用量や環境負荷排出量などの数式化に重点を置いて研究を進めた。

発酵系の変換技術については、C、H、Sなどの分解される成分と、水分、P、Kなどの分解されない成分、分解率、発酵時に排出される温室効果ガス(GHG)等について算定式を整理した。

サーマル系の変換技術については、水分、可燃分、灰分、燃烧時に排出されるGHG(バイオマス由来のCO<sub>2</sub>を除く)等について算定式を整理した。これらの計算構造の模式図を図2.2に示す。

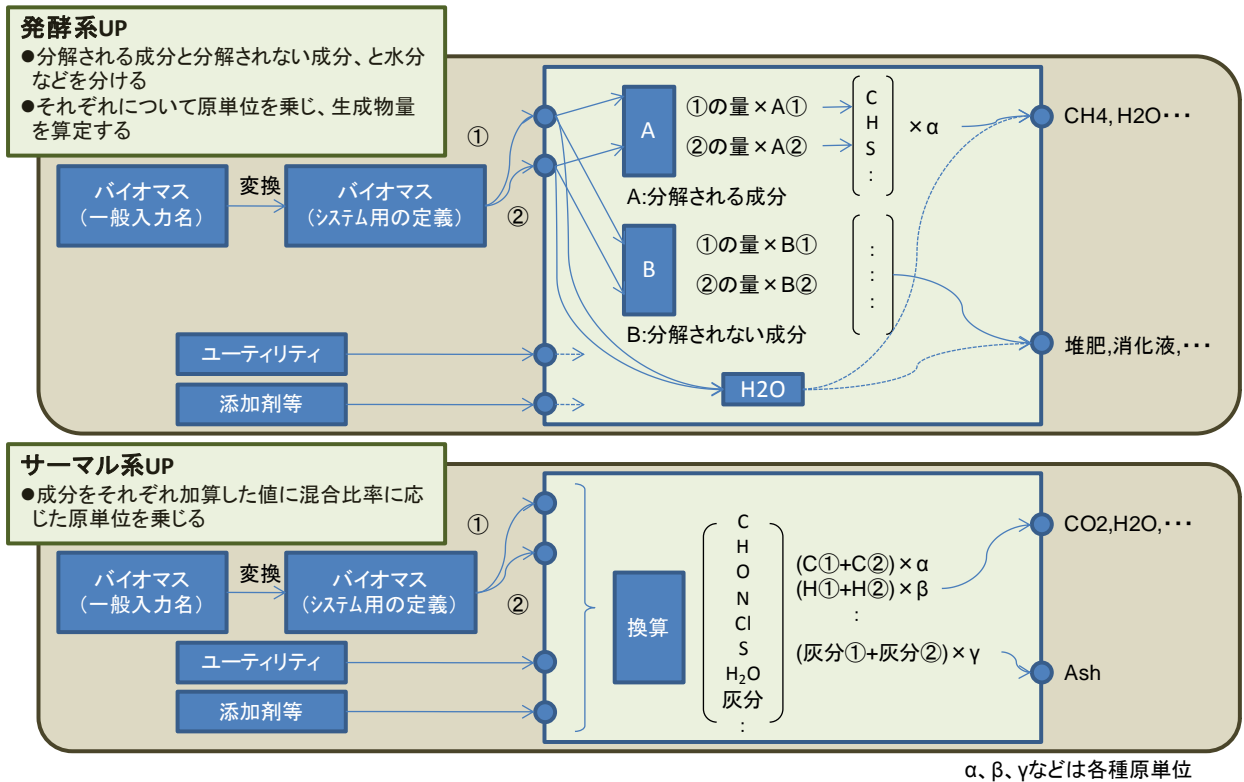


図 2. 2 発酵系UPとサーマル系UPにおける内部の計算構造の模式図

この手法をもとに、可燃ごみの焼却発電や灰熔融、家畜排せつ物や農産物残渣などの堆肥化、下水処理などについてUPを作成した。

輸送モデルについては、輸送機器ごとに、輸送する物質の重量、質量、密度、輸送する距離、片道や往復、巡回回収などの輸送パターン、使用する燃料の種類などを変数とする数式モデルとした。

利用については、利用方法や機器が多岐に渡ることから、技術情報基盤では利用量のみを計算するのみとした。

最終処分については、処分量に応じた数式モデルとした。

技術情報基盤のモデル編集機能のアイコン追加等によるGUI (Graphical User Interface) 強化との連動性を確立するため、資源や利用の汎用UPを細分化した。作成、登録したUPクラスライブラリを表 2. 2 に示す。

表 2. 2 UPクラスライブラリ

UP種別	クラス	説明
資源	一廃系可燃ごみ	一廃系可燃ごみシェイプ (モデル編集機能のアイコン) に対応
	資源	全ての資源に対応
	廃食用油	廃食用油シェイプに対応
	稲わら	稲わらシェイプに対応
	もみ殻	もみ殻シェイプに対応
	りんご剪定枝	りんご剪定枝シェイプに対応

	りんご絞り粕	りんご絞り粕シェイプに対応
	家畜排泄物	家畜排泄物シェイプに対応
	牛糞・牛尿	牛糞・牛尿シェイプに対応
	豚糞・豚尿	豚糞・豚尿シェイプに対応
	鶏糞	鶏糞シェイプに対応
	林地残材	林地残材シェイプに対応
	間伐材	間伐材シェイプに対応
	製材残さ	製材残さシェイプに対応
	建設発生木材	建設発生木材シェイプに対応
	下水	下水シェイプに対応
	し尿	し尿シェイプに対応
	農業排汚泥	農業排汚泥シェイプに対応
	浄化槽汚泥	浄化槽汚泥シェイプに対応
	ホタテウロ	ホタテウロシェイプに対応
変換	チップ化	木質廃材のハンマーチップパーを想定
	可搬式チップ	可搬式チップ（軽トラ伴走分も含む）
	焼却	清掃工場を想定 産廃焼却にも適用可とする
	焼却発電	清掃工場を想定
	し尿_汚泥焼却	し尿処理の汚泥焼却工程を想定
	消化	終末処理場の消化槽を想定
	堆肥舎	外壁、屋根つき、プロワなし、ローダー切り返しを想定
	堆肥施設	ハウス、ロータリー、屋外熟成槽、プロワあり、脱臭なしを想定
	フレコンサイレージ飼料化	フレコンによるサイレージ発酵飼料化を想定
	水処理	終末処理場やし尿処理の水処理工程
	脱水処理	終末処理場やし尿処理の脱水工程を想定
	破碎_希釈	可溶化槽、脱水排水希釈を想定
	灰溶融	清掃工場の灰溶融を想定
	消化ガス燃焼	
	ガス発電	消化ガスの発電を想定
	ペレット化	りんご絞り粕や木質バイオマスのペレット化を想定
	利用・ 処分	利用
堆肥利用		
熱利用		
電力利用		
野焼き		
鋤き込み		
未利用		
埋立処分		内陸・管理型を想定
輸送	2tパッカー車	最大積載2000kg 集塵車
	軽トラック	最大積載350kg 平ボディ
	2tトラック	最大積載2000kg 平ボディ
	4tトラック	最大積載4000kg 平ボディ
	10tトラック	最大積載10000kg 平ボディ

### (3) 導入システムのモデル化

バイオマス利用システムの検討にあたっては、検討対象地域の特徴や抱える課題などから、発生するバイオマスを必ず処理しきらなければならないようなケースや、任意の製品を可能な限り

生産、利用したいケースなど、多様なケースが想定される。また、変換に必要な資材の購入価格やバイオマス製品の価格設定などもシナリオ導入を検討する上で重要な要素となる。

技術情報基盤では、こうした多様なシナリオ評価の観点を支援できるように、機能面の検討を行い、製品要求量の設定機能、最適化シミュレーション機能、ユーティリティ価格の変更機能などを実装した。

#### (4) 技術情報基盤の実装

技術情報基盤は、モデル編集機能、シミュレーションエンジン、GIS機能の3つの主要機能を持つ。

モデル編集機能は、HIF (Human Interface) の基本機能であり、UPライブラリから読み出したUPを任意に配置・接続して、モデルを構築・描画・編集する機能を主要機能として、各UPの条件設定やシミュレーション結果の出力編集機能などの機能を持つ。

シミュレーションエンジンは、実社会の実態をシステム上で再現するなど、予め全ての条件が与えられた状態で実行される定常シミュレーションと、CO<sub>2</sub>排出量やコストなど、任意の評価関数を設定し、ネットワークの系全体における最適な物質の処理・利用の経路や量を算出する最適シミュレーションの機能を持つ。また、ステークホルダー間で検討される導入プロセスについては定性的シミュレーションとして、シミュレーションエンジンに実装する。

GIS機能は、地域の基本情報や、地域内のバイオマス資源の分布状況、変換施設の立地状況、製品等の流通・利用状況等、地域調査において収集したバイオマスに係る各種データを格納する地域情報データベースと、それらのデータを地図上に表示するブラウザ機能を持つ。GIS機能からは、ネットワークモデルの系全体や部分を地図上に表示する機能や、UP間の経路探索、距離計算機能がHIF側に提供される。

上述の各機能の関連を図2.3に示す。

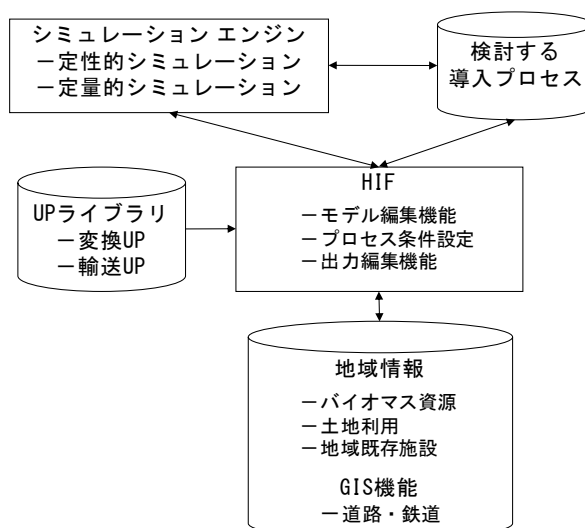


図2.3 技術情報基盤概念図



モデル編集機能、シミュレーション機能、GIS機能をリンクさせて、技術情報基盤の定常シミュレーション機能及びその周辺機能を実装した。また、資源発生や製品需要の季節変動に対応するため、月単位のシミュレーション機能を実装した。

ソフトウェアの構成は、モデル描画機能をグラフィックソフトウェアVISIOで構築した。シミュレーション機能、UP、資源やユーティリティ等の各種データベースをEXCELで構築した。GIS機能はサーバーで管理してインターネット経由で提供している。以上の構成を図2.4に示す。

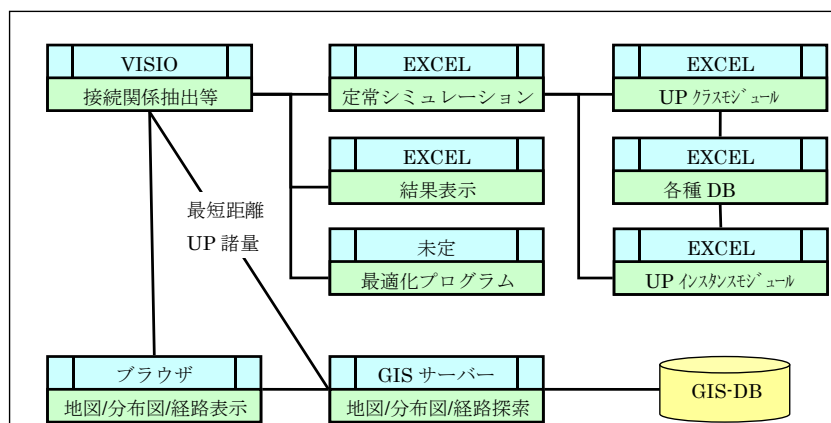


図2.4 ソフトウェア構成図

## 1) モデル編集機能

### a. UPの配置

UPは、図2.5に示すように、左端の図形ライブラリからドラッグして図面上にドロップすることで配置される。配置後も任意の場所に移動可能である。

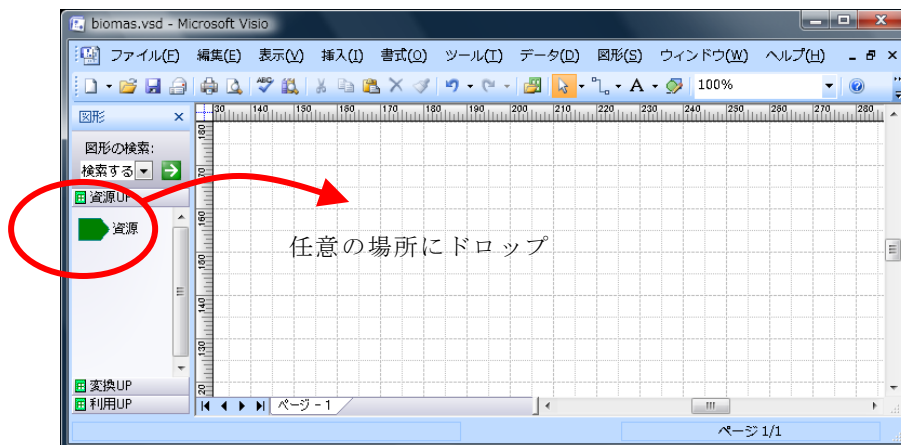


図2.5 UPの配置

なお、モデル編集におけるGUIの強化として、資源、変換、利用・処分のUPをアイコン化した。これによりモデルフロー上の各UPを視覚的に認識しやすくなった。アイコン化されたUPのリストを図2.6に示す。



図 2. 6 アイコン化されたUPリスト

## b. UPの接続

UPの接続には、図 2. 7 に示すようにコネクタを使用して接続する。コネクタは下流UPへの物質の移動のみを示す場合と、車両による輸送等を示す場合があり、コネクタの設定で変更が可能である。また、接続時にコネクタに流れる物質を設定する画面が表示される。

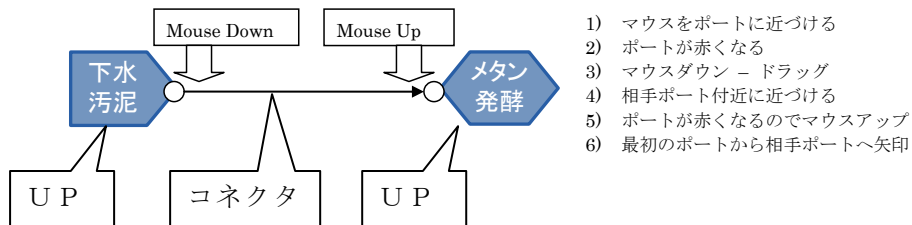


図 2. 7 UPの接続

## c. UPの種類、パラメータの設定

UPの種類は表 2. 1 のUPクラスライブラリに登録されたクラスのうち、資源、変換、利用・処分などの種別に応じたクラスを選択リストから選択する。UPの種類を選択した後に、既存の施設に関しては、GISデータベースから施設名等の登録データを読み込むことも可能である。

エネルギーや薬剤等は市場の変動により価格が変動するため、本基盤の作成時とシミュレーション実行時では価格差が生じる場合がある。また、一定の範囲での価格の変動を想定するなど、感度分析的なシミュレーションが必要な場合もある。これらに対応するために、ユーティリティ価格の変更機能を実装した。合わせて、変更の理由や背景等をメモに残すためのユーザメモの機能、変更したユーティリティデータベースを任意の名称で書き出し、読み込みができる機能を実装した。ユーティリティ価格の変更機能について図 2. 8 に示す。

①キャンパスの無地部分(UP上でない)の右クリックメニューから「価格変更」を選択

②ユーティリティ価格変更画面が表示されるので、変更したいセルに数値を入力して「登録」ボタンを押す

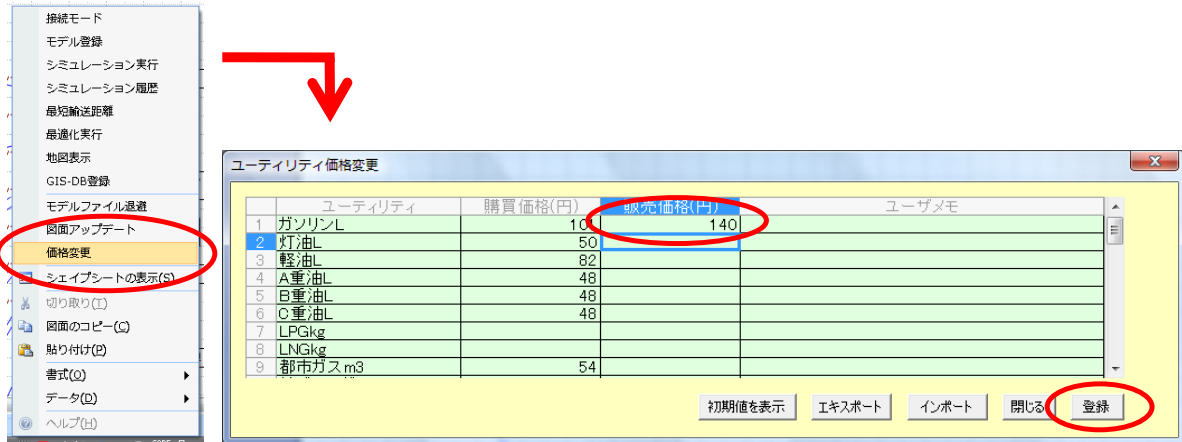


図 2. 8 ユーティリティ価格の変更機能

## 2) GIS機能

中南地域におけるバイオマス資源量、バイオマス関連施設について、GISデータベースを作成した。GIS機能はインターネットを経由して提供され、データの一部についてはモデル描画機能から読み込むことが可能である。ウェブブラウザ上でりんご剪定枝の資源量を表示した例を図 2. 9 に示す。

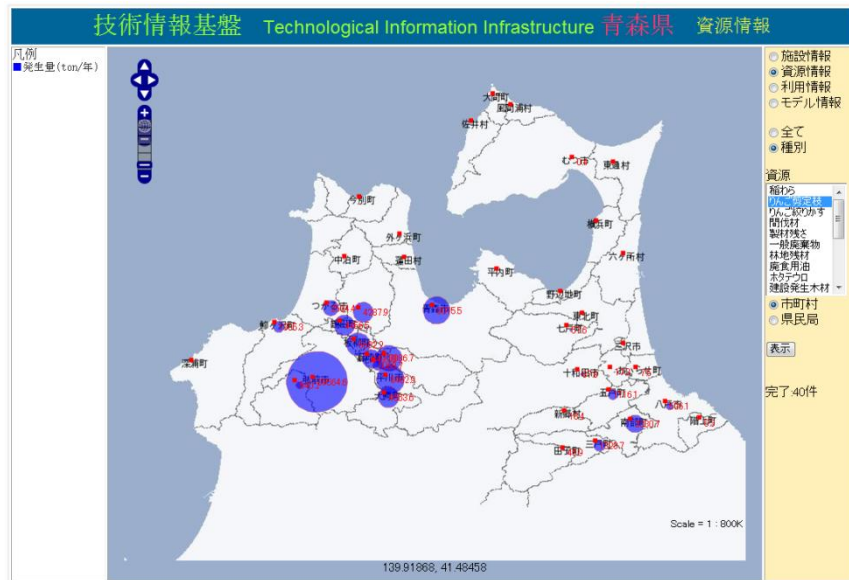


図 2. 9 GISの表示例

また、GISは経路探索、距離計算の機能を持ち、描画されたモデル上でコネクタで接続された2つのUPに緯度経度の位置情報が登録されていれば、その2点間の最短経路を探索して距離を返す。

UPへの位置情報登録の機能については、GISデータベースに登録されている既存の施設の施設名、緯度経度の登録データを取得、登録する機能に加えて、将来のシナリオを検討、評価する上で新

規のUPの位置情報を任意に設定、登録できるようにするため、地図上で任意の場所をクリックすることにより、クリックした地点の緯度経度を取得して、UPに登録する機能を追加した。地図からの緯度経度の取得、登録機能について、図2.10に示す。

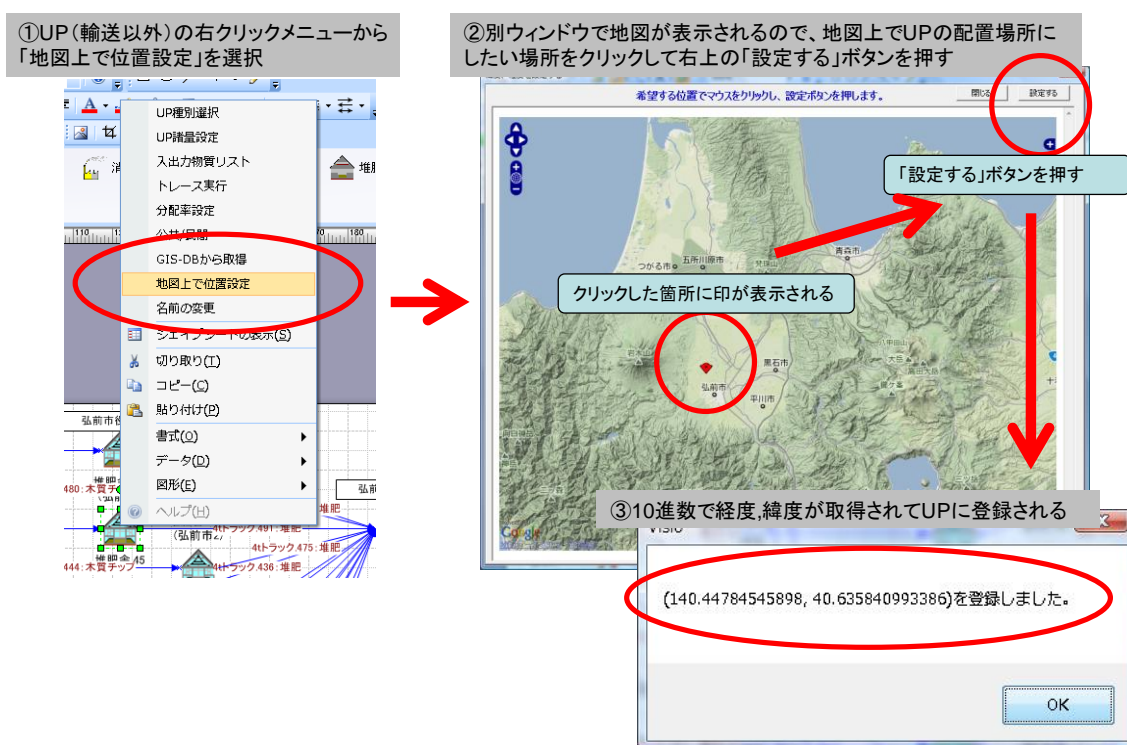


図2.10 地図からの緯度経度の取得、登録機能

### 3) シミュレーション機能

モデル上のUPに必要な設定をしたのち、オブジェクト未選択状態の右クリックメニューより「シミュレーション実行」を選択する。年単位や月単位などの設定をして実行ボタンを押すとシミュレーションが開始される。シミュレーション実行後、計算結果の表示を選択するとEXCELが起動して、計算結果シートが表示される。

シミュレーションには、設定したユーザが設定した通りに計算を実行する定常シミュレーション機能に加えて、任意のネットワークにおいてコストや環境負荷が最小となる物流を求める最適化シミュレーション機能を実装した。最適化の対象は、コスト、環境負荷、エネルギーとし、環境負荷はさらにGWP、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oの内訳から選択できるものとした。

最適化の処理の流れは、定常シミュレーションにより原単位を定数化して固定した後、ソルバーのサーバーにアクセスし、最適化の対象に関連する式を全て展開して、ネットワークにおける分岐部分の最適な分配率を線形計画法により求めるものとした。

最適化シミュレーション機能について、図2.11に示す。

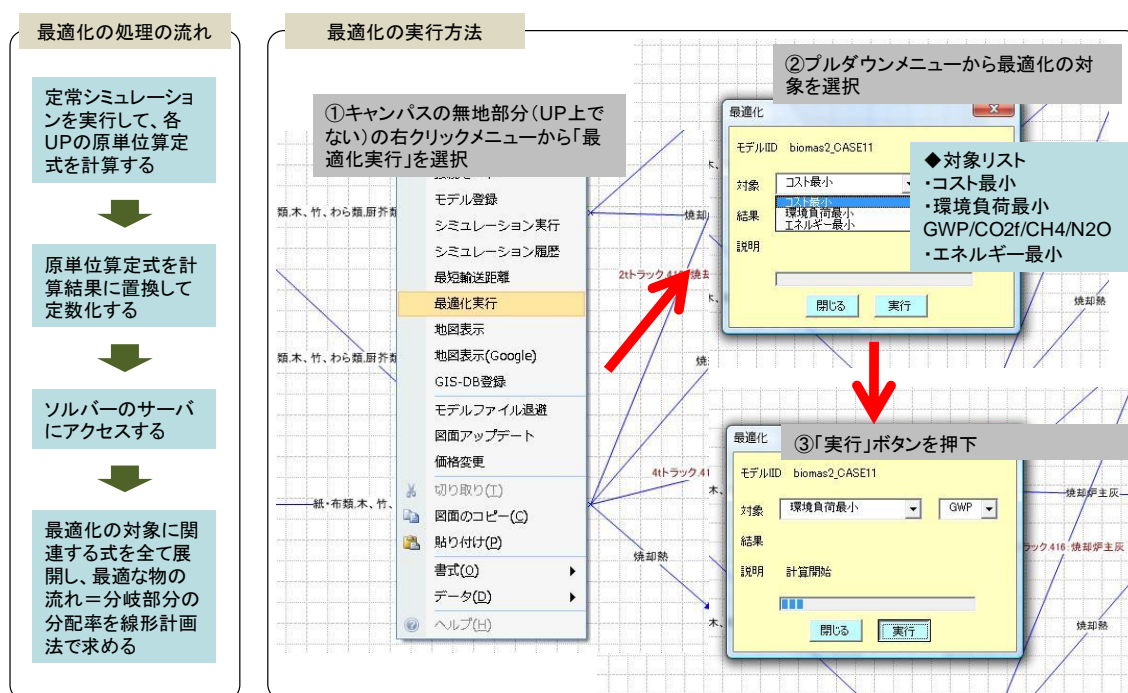


図 2. 1 1 最適化シミュレーション機能

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

地域全体のバイオマス利活用システムを簡易にモデル化してシミュレーションし、コストや環境負荷等を定量的に評価できるツールを作成した。膨大なデータの収集、整理を必要とする社会システムの検討や評価を容易に行えるようなツールとなっており、シナリオ検討や議論を実施するシーンにおける有用性は高い。

### (2) 環境政策への貢献

本基盤は、対象地域全体を俯瞰しながら社会システムの評価を進めることを前提として設計しており、地域全体の導入効果や影響を同時に評価できる。さらに、サブテーマ(3)で研究された地域の会計的な評価に対して、本基盤が必要なデータを提供できることを確認した。これにより、社会システム構築を伴う環境政策の検討に広く適用できるシステムとなった。

## 6. 引用文献

なし。

## 7. 国際共同研究等の状況

なし。

## 8. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) Nasser Ayoub, Daisaku Okamoto, Yuji Naka “Planning of sustainable biomass utilization socio-technological system and its evaluation”, Eco-design Japan Symposium 2008, C24, Tokyo (2008)
- 2) Nasser Ayoub, Yuji Naka “Green policy making and analysis support via process systems engineering tools”, Recent Advances in Energy & Environment, Proc. of the 4th IMASME/WSEAS International Conference on ENERGY & ENVIRONMENT, pp.284-288, Cambridge (2009)
- 3) Nasser Ayoub, Hiroya Seki, Yuji Naka “Superstructure-based design and operation for biomass utilization networks”, Computers & Chem. Engng., Vol.33, No.10, pp.1770-1780 (2009)
- 4) Nasser Ayoub, Elsayed Elmoshi, Hiroya Seki, Yuji Naka “Evolutionary algorithms approach for integrated bioenergy supply chains optimization”, Energy Conversion and Management, Vol. 50, No.12 pp.2944-2955 (2009)

<その他誌上発表（査読なし）>

- 1) 仲勇治、岡本大作「バイオマス利用システム導入問題と技術情報基盤」、月刊ケミカルエンジニアリング、Vol.54、No3、6-11（2009年3月）

(2) 口頭発表（学会等）

なし。

(3) 出願特許

なし。

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

なし。

(5) マスコミ等への公表・報道等

なし。

(6) その他

なし。