

DNDC モデルを用いた施設園芸栽培管理における バイオマス生産と GHG 削減の均衡最適化 －和歌山県有田川町花卉栽培を事例として－

Optimizing biomass production and GHG emissions in cultivation management of Greenhouse Horticulture
with DNDC Model – A case study of Greenhouse Flower Farm in Aridagawa Town –

地球循環共生工学領域 08E09040 志賀俊成 (Toshinari SHIGA)

Abstract : The goal of this study was to develop a model for optimizing biomass production and GHGs emission in greenhouse horticulture. The study was conducted as a case study on an ornamental chrysanthemum production plant. Biomass production and GHGs emission from soil were analyzed using DNDC (DeNitrification DeComposition) model. Fuel consumption for heating was analyzed using a tool for estimating greenhouse heating fuel consumption. GHGs emission reduction by means of greenhouse temperature management and fertilizer use reduction was analyzed. As a result, the case study plant was found to be using excess fertilizer. Reducing fertilizer use by 45% was found to have no effect on the biomass production. Environmental efficiency defined as the ratio of biomass production and GHGs emission was found to be at its highest when fertilizer use was reduced by 47% and the greenhouse temperature was lowered by 3°C at the case study production plant.

Keyword : Biomass production, GHG reduction, resource efficiency, DNDC model

1. はじめに

農産物の高付加価値生産化が進み、施設園芸は農業において重要な位置を占める。特に、年間を通じた多種の食用作物生産といったバイオマス供給生態系サービスの安定性の観点だけでなく、高品質な鑑賞用植物等の生産による文化的生態系サービス供給における役割も大きい。その一方で、温度、水分、施肥の制御要求レベルの高さから、過剰にエネルギー集約的であるという指摘もある。そこで本研究では、施設園芸を対象として観賞用花卉生産プラントを事例として、バイオマス生産率と温室効果ガス（以下GHG）排出の均衡最適化モデルの開発を行うことを目的とする。

2. 方法

2.1 Base-case 設定のための DNDC に対する入力の設定とモデルチューニング

本研究は和歌山県有田川町のスプレーギク温室農家のガラスハウスプラント（面積 7a）をケーススタディ対象とした。分析に使用する DNDC(DeNitrification-DeComposition)モデルは、植物生産における農地土壌の炭素と窒素の動態を計算するプロセスモデルである¹⁾。モデル入力は、気象、土壌、作物、営農管理のパラメータである。モデル出力は、土壌中の炭素窒素量の変化、作物のバイオマス生産量、土壌からの GHG 発生量等である。

まず対象プラントの土壌と作物の成分分析と栽培日程、収穫量、施肥、灌水のヒアリング調査を実施し、それらの結果を基に入力データを作成した。次にモデルを対象プラントに適合させるため、土壌パラメータを調節し、モデル計算収束時の土壌表層の炭素・窒素の含有率が実測値に一致するようにチューニングを実施した。このモデル収束値をモデル初期値として、上記で設定した入力値で 100 年間のシミュレーションを実施した。出力である 100 年間の GHG 発生量およびバイオマス生産量を、対象プラント栽培周期 1 サイクルにあたる 2 年間の平均値に換算した。ここでヒアリングより化学肥料投入量は $822.5[\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot(2\text{yr})^{-1}]$ 、施設暖房設定温度は $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ と設定した。

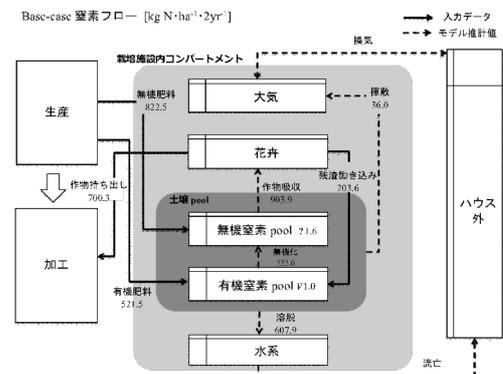


図 1 Base-case の窒素フロー

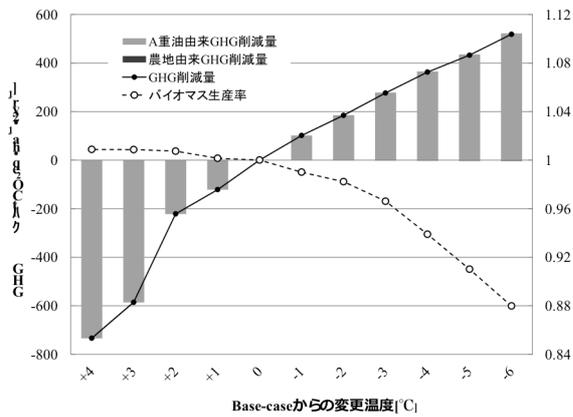


図2 設定温度別 GHG 削減量とバイオマス生産率

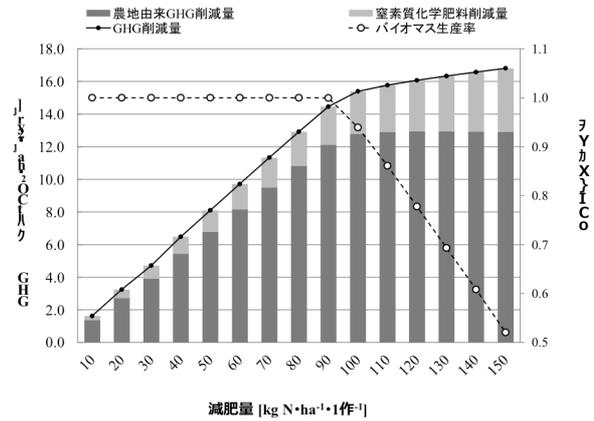


図3 減肥料別 GHG 削減量とバイオマス生産率

次に暖房，化学肥料生産，温室土壌による GHG 排出量を計算した．暖房については温室暖房燃料消費試算ツールを用いて算出した A 重油消費量，化学肥料生産については化学肥料投入量，温室土壌については DNDC による CO₂，N₂O，CH₄ 発生量にそれぞれの GHG 排出原単位³⁾を乗じて GHG 排出量に換算した．

2.2 栽培管理形態ごとのモデルシミュレーション

次に温度管理の効果を調べるため，暖房設定温度のみ+4~+6 [°C]の範囲で変更し上記と同様方法でバイオマス生産量と GHG 発生量を算出し，Base-case との比較によりバイオマス生産率と GHG 削減量を算出した．同様に肥培管理の効果を調べるため，Base-case から 1 作あたりの施肥量を 10~150 [kg N·ha⁻¹·1作⁻¹]の範囲で減じて設定し，バイオマス生産率と GHG 削減量を算出した．ここでのバイオマス生産率は栽培管理毎のバイオマス生産量を Base-case のバイオマス生産量で除したものと定義する．最後に算出した結果を用いて栽培管理毎での単位 GHG 発生量当たりのバイオマス生産量 [kg C·t CO₂eq⁻¹]を算出して環境生産性と定義した．またヒアリングで得た対象農家の出荷基準を基に設定した，バイオマス生産率≥0.95 の制約内で環境生産性が最大となる温度及び肥培管理を求めて，これを最適な栽培管理と定義した．

3. 結果・考察

まず Base-case における 2 年 1 サイクル単位面積当たりの窒素フローを図 1 に示す．土壌への投入窒素量の 45%が土壌外に溶脱しており，現状の対象プラントにおいて窒素供給が過剰である傾向にあることが判明した．Base-case における 2 年 1 サイクル当たりの GHG 排出量は 847.9 [t CO₂eq·(2yr)⁻¹]と算出された．

次に設定した温度管理，肥培管理毎での GHG 削減量とバイオマス生産率の応答を図 2, 3 にそれぞれ示す．どちらの栽培管理においても，バイオマス生産率と GHG 削減量の間にはトレードオフが発生している．温度管理による GHG 削減効果が非常に大きく，暖房設定温度を 1°C 下げることによって Base-case から 12%の GHG 削減が可能であるという結果を得た．肥培管理において，90 [kg N·ha⁻¹·1作⁻¹]までの範囲であればバイオマス生産量を減少させずに GHG 排出量を削減できることという結果を得た．環境生産性については，15 [°C]での温度管理と 90 [kg N·ha⁻¹·1作⁻¹]の減肥を行う肥培管理を同時に実施する栽培管理において最大値 15.7 [kg C·t CO₂eq⁻¹]となり，これを最適栽培管理と考えた．

参考文献

- 1) Li, C. (2000), Modeling trace gas emissions from agricultural ecosystems, Nutrient Cycling in Agroecosystems 58: 259-276.(2013.2.10 参照)
- 2) 産業環境管理協会, MiLCA (Multiple Interface LCA), <http://www.milca-milca.net/index.php>(2013.2.10 参照)
- 3) 温室効果ガスインベントリオフィス(GIO),2010,日本国温室効果ガスインベントリ報告書(2013.2.10 参照)