

下水熱を活用したワサビ栽培技術と生育環境に関する研究

学部4年 窪田 匠

1. 研究背景

1.1 下水熱について

下水は1年を通して温度が一定であり、夏期は冷たく冬期は温かいという特徴を持っている。下水が集約する下水処理場では多くの下水が安定して流入するため、豊富な熱源として夏期は冷熱、冬期は温熱の回収が可能である。そこで、我々は下水処理場で下水熱を用いた植物栽培を行っている。

1.2 本研究の位置づけと目的

これまでに540株のわさびをプラントで栽培している。わさびの栽培には冷涼な環境が必須である。栽培水を熱回収プロセスによって12~14(°C)に保ちわさびに与えている。図1に本研究の位置づけを示した。

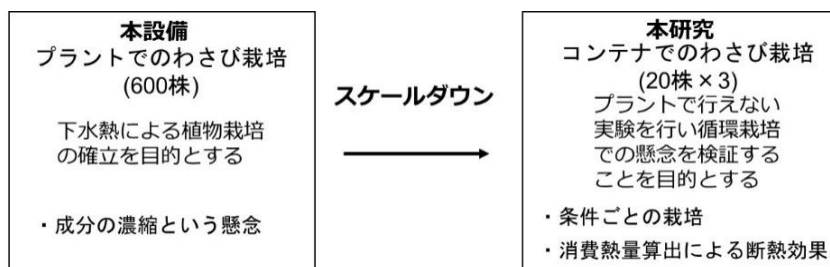


図1 本研究の位置づけ

プラントでは下水熱を利用し

たわさび栽培を行っており、下水熱によってわさびが生育するのかを検証している。しかし、循環栽培では成分の濃縮という問題が発生する。課題の検証をプラントで行うとわさびに影響を及ぼしてしまうため、スケールダウンしたコンテナを用いて、懸念物質がわさびに及ぼす影響を評価した。また、本設備では電力を消費し栽培水を冷却・加温することで温度を一定に保っている。省エネ化を図るためコンテナ栽培では培地側面に断熱材を敷設し断熱を行っているが、断熱によりどれほどの電力が削減できたのか把握していない。そのため、断熱材を側面に敷設した際の影響を推算値より評価した。

2. 研究対象

2.1 循環栽培での懸念

わさびは鼻を突くような独特の辛みを有している。このわさび特有の辛みはアリルイソチオシアネート(以下AITC)によって引き起こされる。わさびはAITCを溶出することで自身を害虫や細菌から守っている。一方でわさび自身の生育を阻害しているとも言われている。従来の栽培方法では湧水のかげ流しを行っているため、水の流れが一様で栽培水が再びわさびに戻ることはない。しかし、循環栽培では栽培水にわさびから溶出したAITCが濃縮してしまうという懸念がある。本研究では条件の異なる3つのコンテナでわさびを栽培し、AITCがわさびに及ぼす影響を評価した。

2.2 断熱パネルの効果

消費熱量を削減し省エネ化を図るため、培地側面に断熱材を敷設した。断熱材の特性と設置条件を表1に示した。使用した断熱材は、デュポン・スタイロ株式会社製であり、材質はポリスチレン、熱伝導率0.036(W/m・K)、厚さ0.04(m)のものを使用した。冬期における断熱材を側面に敷設した際の性能を評価するため、わさび消費熱量の実測値と推算値の比較を行

表1 断熱材の特性値と設置条件

断熱材特性値	材質	ポリスチレン
	熱伝導率(W/m・K)	
	厚さ(m)	0.04
設置条件	断熱面積(m ²)	2.1
	断熱箇所	培地土壌側面

った。

3. 実験方法

3.1 コンテナによるわさび栽培

循環栽培による AITC 濃縮による弊害を調査するため、それぞれ条件の違う 3 つのコンテナを用いたわさび栽培を 9 月 1 日より開始した。定植から 1 ヶ月経過観察を行い、わさびに生育差がみられないことを確認し、2020 年 10 月 1 日から各条件で栽培を行った。各条件概要を表 2 に示した。条件 1 では AITC の添加と換水をせずに栽培を行っている。条件 2 では AITC の添加は行わず、換水を行うことで大規模プラントと同様の条件で栽培している。条件 3 では換水を行い、AITC を 0.0002(mg/L)添加している。添加濃度 0.0002(mg/L)の選定理由として、GC-MS を用いた際の定量下限を示した。そのため AITC 濃度 0.0002(mg/L)で生育に差がみられない場合、大規模プラントでの AITC による生育阻害は起きていないといえる。条件 3 は可変でありわさびの成長差を見ながら添加量を増減させていくこととした。条件 1 と 2 の比較を行いわさびが溶出する AITC の溶出ポテンシャルを測定し、条件 2 と 3 の比較を行い AITC がわさびの生育に及ぼす影響を評価する。

表 2 条件変更前(2020 年 10 月 1 日～12 月 24 日)

	栽培条件1	栽培条件2	栽培条件3
AITC濃度(mg/L)	0	0	0.0002
換水	なし	1週で栽培水量の1/4	1週で栽培水量の1/4

各条件での栽培について約 2 ヶ月半経過観察を行った。その結果、条件 1 では AITC の濃度は定量下限を維持していた。条件 3 では他の条件との葉の大きさ、茎の長さからわさびの生育差を確認することはできなかった。そのため、12 月 25 日より一部条件を変更して栽培を行った。表 3 に変更後の栽培条件を示した。AITC の影響がみられなかったため、AITC 添加濃度を 10 倍にした。

3.1.1 栽培条件変更

各条件での栽培について約 2 ヶ月半経過観察を行った。その結果、条件 1 では AITC の濃度は定量下限を維持していた。条件 3 では他の条件との葉の大きさ、

表 3 条件変更後(2020 年 12 月 25 日～)

	栽培条件1	栽培条件2	栽培条件3
AITC濃度(mg/L)	0	0	0.002
換水	なし	1週で栽培水量の1/4	1週で栽培水量の1/4

茎の長さからわさびの生育差を確認することはできなかった。そのため、12 月 25 日より一部条件を変更して栽培を行った。表 3 に変更後の栽培条件を示した。AITC の影響がみられなかったため、AITC 添加濃度を 10 倍にした。

3.2 熱回収実験

以下に実測値による消費熱量の算出式を示した。また、水温と流量の計測場所を図 2 に示した。

$$q = (T_1 - T_2) \times Q \times C$$

q : わさびの消費熱量(kJ/min)

T₁ : わさび栽培供給水温(K) , T₂ : わさび栽培排水温(K)

Q : わさび栽培循環流量(L/min)

C : 水の比熱 4.18(kJ/kg · K)

①で流量・入り口側の水温を計測し、②で出口側の水温を計測した。

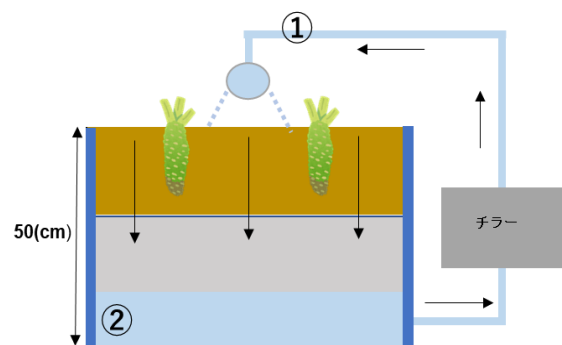


図 2 水温・流量測定場所

4. 実験結果

4.1 AITC の影響

2021年1月29日にわさびの成長を定量的に評価するため、いくつかの項目でわさびの計測を行った。計測結果を表5に示した。また、わさびの様子を図3に示した。それぞれの条件を比較すると、条件2と3で

表4 各条件の成長度合い

	丈長(cm)		最大葉の大きさ(cm)		展開面積(cm ²)	
	平均	有意差	平均	有意差	平均	有意差
条件1	5.49		3.77		117	
条件2	8.03	なし	6.26	あり	228	あり
条件3	8.14		7.61		268	



図3 わさびの様子(左から条件1, 2, 3)

は丈長の差はないが最大葉の大きさと展開面積より、若干ではあるが条件3の方が成長しているといえる。条件1については、他の2条件と比べ丈長が3(cm)、最大葉の大きさが3(cm)以上、展開面積が100(cm²)以上小さい結果となり、目視で確認できるほどの生育さがみられた。水質分析の結果より条件1でのAITC濃縮がみられなかったため、他の要因が条件1に影響を与えていると考えられた。条件2と条件3を比較した結果、生育に差がないことを確認できたため、AITCは濃度0~0.002[mg/L]の範囲では、わさびの生育を阻害しないことが分かった。

4.2 断熱材の有無によるわさび消費熱量

2021年1月22日から26日までのわさび消費熱量の実測値、断熱材を用いた場合のわさび消費熱量推算値、断熱材を用いない場合のわさび消費熱量推算値の比較を図4に示した。実測値と断熱材有推算値を比較した場合、実測値が平均10%低い値となった。この差より、推算値が実測値と同等であると仮定し、断熱材の有無によるわさび消費熱量を推算値で算出した。推算値の比較より、断熱材を側面に用いることでわさび消費熱量が20%削減できると考えられる。

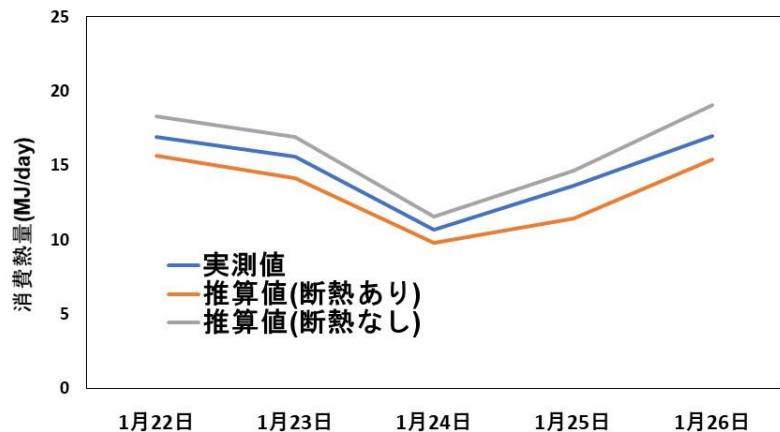


図4 各1日積算消費熱量の比較

5. まとめ

循環栽培においてAITCが濃縮され成長を阻害するといわれているが、0~0.002(mg/L)の濃度ではわさびの成長に影響をおよぼさない。また、現在の1週に全栽培水量の1/4換水では濃縮は見られない。また、推算値によるわさび消費熱量の比較により、断熱材を用いることで20%の熱量を削減が可能である。