

# 博士學位論文

内容の要旨  
および  
審査結果の要旨

第28編

平成28年度

神奈川工科大学

## は し が き

本編は、学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第8条によるインターネットの利用により公表を目的として、平成28年度内に本学において博士の学位を授与した者の、論文内容の要旨および論文審査の結果の要旨を収録したものである。

学位記番号に付した甲は、学位規則第4条第1項（いわゆる課程博士）によるもの、乙は、同規則同条第2項（いわゆる論文博士）によるものであることを示す。

< 目 次 >

甲第33号 蜷川 貴子 植物の低温保存における微小電流を用いた  
ダメージ低減に関する研究 . . . . . 1

氏名(本籍)	<small>にながわ たかこ</small> 蜷川 貴子 (神奈川県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第 33 号
学位授与日	平成 28 年 12 月 22 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻名	工学研究科 機械工学専攻
学位論文題目	植物の低温保存における微小電流を用いたダメージ低減に関する研究
論文審査委員	(主査) 神奈川工科大学 鳴海 明 教授 神奈川工科大学 高石 吉登 教授 神奈川工科大学 木村 茂雄 教授 神奈川工科大学 松尾 崇 教授 岩手大学 上村 松生 教授

#### 内容の要旨

本論文は、植物の低温保存におけるダメージに対し、微小電流を用いることによりダメージを低減させる可能性があることを実証したものである。本論文は、5章から成り立っている。

第1章では、本研究の背景として、低温保存の意義、低温保存技術の現状、低温保存、特に植物の低温保存の問題点をダメージの観点から説明し、最後に本研究を着想するに至った背景および目的を述べている。

第2章では、本研究で着目したダメージの一つである細胞外を経て細胞内凍結に至る際の細胞内凍結時の氷結晶の形成挙動について、冷却速度を変化させながら微小電流負荷の影響を検討した。形成挙動は高速度カメラを倒立型の低温顕微鏡に取り付け、細胞内凍結開始温度とともに、得られた高速度カメラ画像から、細胞内凍結時の氷結晶発現の位置、氷結晶成長のパターン、粒子径、成長速度、細胞内凍結完了前後の細胞の変形度を解析し検討した。その結果、微小電流を負荷することにより、細胞内凍結開始温度の低下とともに、粒子径の微細化、成長速度の低下、変形度の減少など、機械的なダメージの観点から、得られた結果はすべてダメージ低減に繋がる結果であることを見出した。

第3章では、低温ストレス下において細胞内 pH が低下するというもう一つのダメージに着目し、それに対する微小電流負荷による影響を検討した。電流負荷なしの場合、温度の低下とともに細胞内 pH は低下する。この傾向は冷却速度の低いほど顕著になる。しかし、電流を負荷すると、冷却速度の低い場合でも細胞内 pH の低下を抑制できること、さらにこの原因として、細胞内 pH と関連していると言われている液胞内 pH も計測したところ、細

胞内 pH の低下の抑制と連動して電流負荷が液胞内 pH の上昇を抑制させていることを見出した。

第4章では、実用的見地から長時間に亘っての電流負荷効果の持続性および植物組織からスケールアップした葉を用いて電流負荷効果を検討した。結果として、5日間に亘っての蛍光画像から電流負荷効果が持続すること、またスケールアップした葉についても重量変化率および顕微鏡画像から電流負荷効果があることを明らかにした。

第5章では、総括として、本研究を通して得られた結果および知見に基づいて総合考察を行い、最後に微小電流を用いた植物の低温保存に関する今後の課題を述べた。

以上のように、本研究では、植物の低温保存における二つのダメージに着目し、高速度カメラ画像からの氷結晶挙動解析および蛍光画像からの細胞内 pH の解析によって、微小電流を用いることにより低温保存時のダメージ低減の可能性あることを実証している。さらに、実用化の可能性の観点から、電流負荷効果の持続性および植物組織をスケールアップした葉全体についても電流負荷によるダメージ低減効果を調べ、その効果を実証している。これらの結果は、低温保存が難しいと言われている植物に対する低温保存技術において極めて大きな寄与が期待される。

## 審査経過の要旨

### 1. 審査の経過

- (1) 2016年8月31日(水)、指導教員鳴海明に対し、蜷川貴子より学位論文が提出された。
- (2) 2016年9月5日(月)、機械工学専攻会議にて審議を行い、予備審査の開始と予備審査委員が承認された。
- (3) 2016年9月26日(月)16:50~18:30に予備審査会が開催された。その際に出された各審査委員からの指摘およびアドバイスを踏まえ論文の修正及び推敲を行うことを条件に本請求論文は本審査に十分耐えうると判断され、予備審査は終了した。
- (4) 2016年10月5日(水)、機械工学専攻会議において論文受理の可否投票の結果、論文受理を決定した。
- (5) 2016年10月13日(木)、専攻主任会議において、提出論文の受理を決定し、審査委員として上記5名を決定した。
- (6) 2016年11月26日(土)10:30~12:00に公聴会を開催した(聴講者26名)。
- (7) 2016年11月26日(土)12:00~12:30に最終試験及び審査委員全員による審査委員会を開催した。審査期間中における各審査委員の個別審査及び公聴会での発表内容、質疑応答の内容に基づいて審議の結果、申請論文は博士論文として

の学術性、新規性、有効性、実用性を有していること、また申請者は博士の学位に相応しい学力、語学力を有していることを審査委員全員で確認した。

(8) 2016年11月30日(水)、機械工学専攻会議における可否投票の結果、学位授与を可と判定した。

(9) 2016年12月8日(木)、専攻主任会議において学位授与が可と承認された。

## 2. 審査結果

申請者が提出した博士請求論文の成果は、植物の低温保存において細胞外凍結を経て生じる細胞内凍結時の氷結晶によるダメージ及び低温環境下での低温ストレスからの細胞内 pH 低下によるダメージの、これらの細胞の死に繋がる二つダメージに対し、微小電流負荷がダメージ低減効果をもたらすことを、高速度カメラ画像および蛍光画像を用いて実証したことである。さらに、実用的見地から、これらのダメージ低減効果の持続性、細胞組織より大きなサイズの葉に対してのダメージ低減効果についても検討を行い、本請求論文で見出した電流負荷によるダメージ低減効果の実用的技術としての可能性についても道筋をつけることに成功している。このような電流負荷によるダメージ低減の研究は国内外でもほとんど行われておらず、申請者の本請求論文の成果は先駆的で革新的であり、特に食糧自給率の低いわが国において意義ある成果と考えられる。本論文の内容、公聴会での質疑応答、国際会議での論文発表の内容から、申請者の学力及び外国語能力が十分であると判断して合格とした。