



あたらしい 農業技術

No.697

赤色 LED 照射による
切り花カーネーションの収益向上

令和5年度

要 旨

1 技術、情報の内容及び特徴

- (1) 相対的長日植物であるカーネーションは、電照処理で昼間の時間を長くすることで開花が早まり、収量が増加します。しかし、従来の白熱電球による処理は、カーネーションにおいては茎の軟弱化やスプレー品種の輪数減少等の品質低下を伴うことから、収益向上に結びつかず、普及してきませんでした。
- (2) 特定の波長の光を照射することが可能な LED に着目し、各波長がカーネーションの生育や開花に及ぼす影響を調査した結果、波長のピークが 630nm である赤色光の照射が収量増加や切り花品質向上に結びつくことを明らかにしました。同時に、波長のピークが 730nm である遠赤色光では、切り花品質が低下することを明らかにしました。
- (3) 光照射処理は摘心直後に開始し、切り花終了近くまで続けます。照射時間帯は、16 時間日長となるよう朝晩 4 時間ずつ(4:00~8:00、16:00~20:00)点灯することで効果がありますが、終夜照射することで、より開花促進・収量増加効果が高くなります。

2 技術、情報の適用効果

赤色 LED を用いた長日処理によりカーネーションの開花が早まり、収量が 0.8 本/株~1.3 本/株増加します。切り花品質の低下は伴わない上、茎の堅さが増すといった効果もあることから、収益向上につながります。

3 適用範囲

暖地の 6 月定植・秋~春切り作型

4 普及上の留意点

- ・本技術はカーネーションの日長反応を利用した開花調整技術です。
- ・日長反応は品種により強弱があり、処理の効果も品種により差があります。
- ・試験に使用したのは静岡県伊豆地域での栽培が多い、以下の 2 品種です。



‘ムーンライト(以下 ML)’ 早生大輪種

‘チェリーテッシー(以下 CT)’ 中~晩性スプレー種

目次

はじめに	1
1 カーネーションへの光照射試験の概要	1
(1) 使用したLED電球	1
(2) 処理方法	2
2 カーネーションへの光照射処理が開花特性に及ぼす影響	3
(1) 到花日数への影響	3
(2) 収穫本数への影響	4
3 カーネーションへの光照射処理が切り花品質に及ぼす影響	5
(1) 茎等への影響	5
(2) スプレー種の花らい数への影響	6
4 光照射導入の手引き	6
(1) 準備	6
(2) 日々の点灯時間と処理期間	7
(3) 導入コスト(2023年時点での試算)	7
(4) 収益への影響(2023年時点での試算)	7
おわりに	8
参考文献	8
用語解説	8

はじめに

カーネーションは静岡県で大正時代から栽培されてきた特産花きで、現在も伊豆地域を始め県内各地で栽培されています。代表的な作型では、6月に発根苗を定植した後に摘心し、発生した一次側枝の一部を二次摘心し、10月～翌年5月頃まで摘心後または採花後に発生する側枝を連続して採花します(図1)。定植株から連続して採花するため、各側枝の生育を促進させることにより株当たりの収量は増加し、経営収支の向上につながります。

カーネーションは相対的長日植物で、日長が長いほど開花が促進されます。このことから、切り花カーネーションにおける長日処理は収益改善に有効な手法と考えられますが、従来の白熱電球を用いた処理では、茎の軟弱化やスプレー種の輪数減少といった品質低下が起こり収益改善につながらないことから、生産現場ではほとんど実施されていません。

近年、農業現場では、特定の波長の光を照射できるLEDの活用が始まっています。その中で他の花きで赤色LEDや遠赤色LEDによる開花調節が行われ始めたことに着目し、これらによる長日処理がカーネーションに及ぼす影響を調査し、収益を向上させる長日処理技術を開発しました。

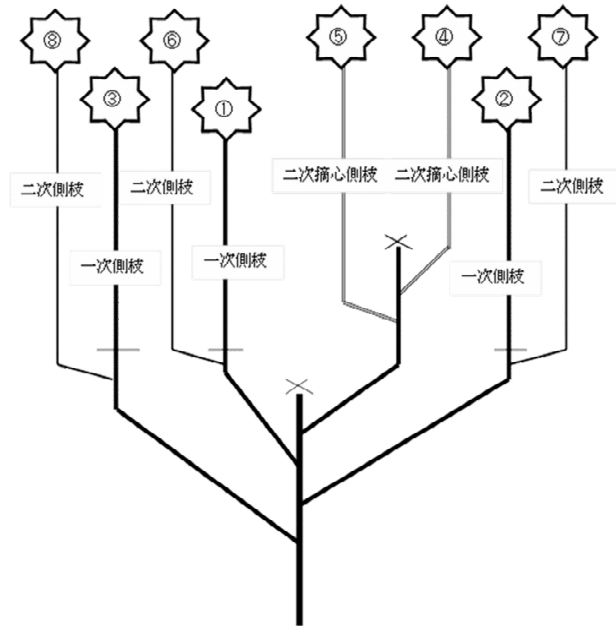


図1 カーネーションにおける摘心と側枝の模式図
①から⑧は平均的な収穫順序

1 カーネーションへの光照射試験の概要

(1) 使用したLED電球

- ①赤色LED (ピーク波長 620~630 nm, DPDKL-9 W, 鍋清 (株))
- ②遠赤色LED (ピーク波長 730~740 nm, DPDL-FR-9 W, 鍋清 (株))

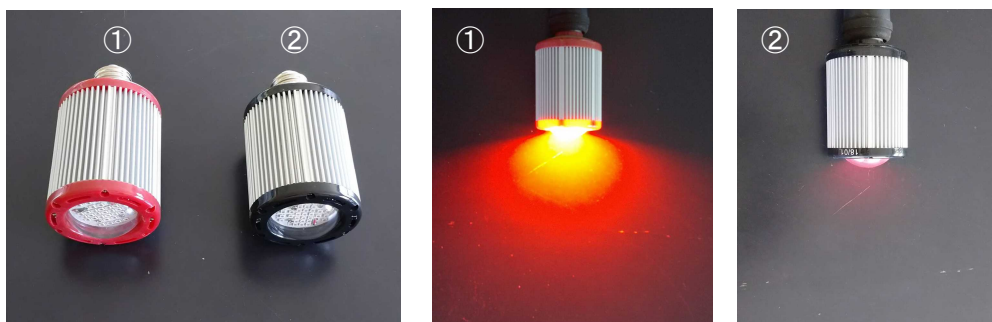


図2 使用した光源と点灯中の様子

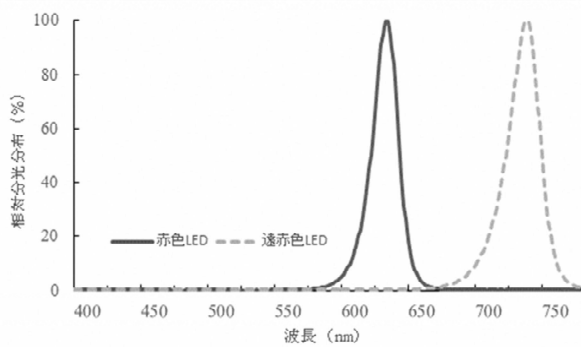


図3 供試光源の波長分布

波長はライトアナライザー(LA-105、(株)日本医器器械製作所)を用いて測定。測定波長領域；380nm～800nm。測定器受光面を光源に対し垂直に設置し測定。

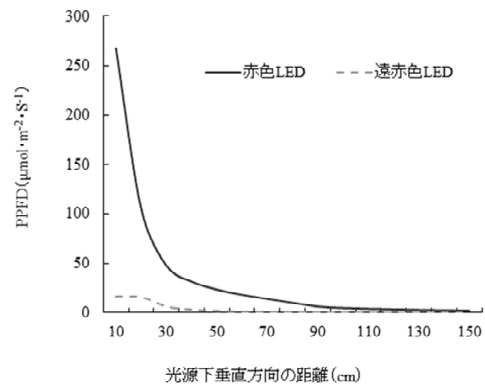


図4 供試光源直下の距離別放射照度

図3と同様に測定

使用したLED電球は、赤色、遠赤色ともに農業用として開発されたもので、温室内での使用に耐える仕様になっています。点灯した際は、赤色LEDの方が人の目では強い光を感じます(図2)。光の波長の分布は、図3のとおり赤色LEDはピークが620～630nm、遠赤色LEDは730～740nmでした。光合成に有効な光の量(PPFD)は、図4のとおり赤色LEDは光源から150cmの距離でほぼ $0 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{S}^{-1}$ となるのに対し、遠赤色LEDは光源から50cmでほぼ $0 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{S}^{-1}$ になります。

(2) 処理方法

地上1.5mの高さに3m間隔で真下を向けて設置し(図5)、タイマーで毎日点灯消灯を繰り返しました(図6)。照射処理は摘心直後である8月1日から調査終了までとしました。

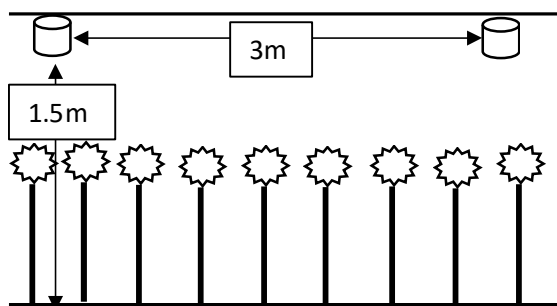


図5 LED設置方法(左から模式図、右は実際の様子)

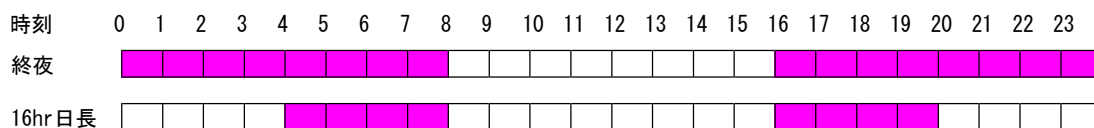


図6 LED点灯時間

「終夜」は16:00から翌朝8:00まで点灯し、「16hr日長」は4:00～8:00、16:00～20:00に点灯し昼間と合わせて16hr日長になるよう設定した。

2 カーネーションへの光照射処理が開花特性に及ぼす影響

(1) 到花日数への影響

到花日数は、赤色光、遠赤色光どちらでも短縮し、LEDによる長日処理で開花が早まりました(表1)。波長間で比較すると、遠赤色光が赤色光より到花日数が大きく減少しました。開花促進効果(自然日長を基準とした到花日数の短縮(以下:開花促進効果))は終夜照射が16時間日長処理より高いことが判りました。

また、到花日数への影響は長日処理を行う時期により異なりました。開花促進効果は、夏の自然日長が長い時期に長日処理を行い10月頃に開花する側枝では低く、秋～冬の自然日長が短い時期に長日処理を行い1～2月に開花する側枝では高い傾向がありました。

なお、カーネーションの側枝が開花に至るまでは「摘心～発らい」と「発らい～開花」に分かれますが、長日処理は発らいまでを早める効果が確認されています。

表1 赤色または遠赤色LEDの照射がカーネーションの到花日数に及ぼす影響

供試品種	処理区 ^z	到花日数 ^y (収穫日)		
		一次側枝 ^x (日)(月/日)	二次摘心側枝 ^w (日)(月/日)	二次側枝 ^v (日)(月/日)
ムーンライト(ML)	赤色終夜	115 (10/29) a ^u	164 (2/16) a	176 (4/22) b
	赤色16 hr	114 (10/28) a	170 (2/22) a	186 (4/31) ab
	遠赤色終夜	97 (10/11) b	104 (12/18) b	183 (4/11) ab
	遠赤色16 hr	106 (10/20) ab	159 (2/11) a	186 (4/23) ab
	自然日長	117 (10/31) a	172 (2/24) a	196 (4/25) a
有意性		**	**	*
チェリーテッシノ(CT)	赤色終夜	182 (1/3) bc	220 (4/13) a	- ^u
	赤色16 hr	211 (2/1) ab	227 (4/20) a	-
	遠赤色終夜	143 (11/26) c	208 (4/1) b	-
	遠赤色16 hr	201 (1/22) ab	227 (4/20) a	-
	自然日長	234 (2/24) a	231 (4/24) a	-
有意性		**	**	-

z 摘心から栽培終了までの期間、発光ピークが赤色は630 nm付近、遠赤色は730 nm付近のLED電球を終夜は16:00から8:00、16 hrは4:00から8:00と16:00から20:00に点灯した。各処理区の供試株は18株×3反復で、全ての株について各側枝を調査し平均値を示した。

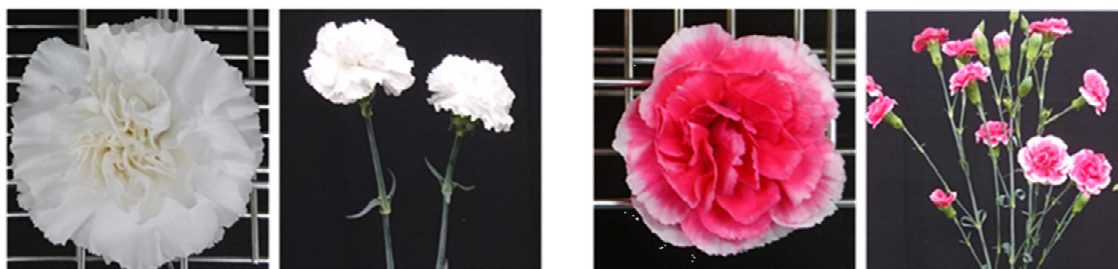
y 一次側枝は一次摘心(2019年7月6日)から、二次摘心側枝は二次摘心(2019年9月5日)から、二次側枝は一次側枝収穫から開花までの日数。

x 一次側枝3本/株の平均

w ‘ML’は収穫の早い二次摘心側枝2本の平均, ‘CT’は開花が遅いため、開花した二次摘心側枝の平均

v 収穫の早い二次側枝2本/株の平均

u 開花数が少なく未調査



‘ML’ 早生大輪種

‘CT’ 中～晩性スプレー種

(2) 収穫本数への影響

合計採花本数は赤色光、遠赤色光いずれにおいても増加しました(表2)。しかし遠赤色光の終夜処理を時期別に見ると、採花本数は12月までは品種によらず自然日長に比べ増加しましたが、‘ML’では4月～5月、‘CT’では1月～3月に減少したことから、処理により二次側枝の発生が減少、もしくは生育が停滞した可能性があります。赤色光では採花本数が減少する時期は無く、合計採花本数が増加することから、側枝の発生減少や生育抑制は無いと考えられました。

合計採花本数は、処理時間でみると、‘ML’においては16hr日長と終夜処理で差は見られませんが、‘CT’では終夜処理の方が増加しました。このことから、合計採花本数は16時間以上の長日処理で増加しますが、終夜処理の方がより効果が安定すると考えられました。

表2 赤色または遠赤色LEDの照射がカーネーションの1株当たり時期別採花本数に及ぼす影響

供試品種	処理区 ^z	収穫開始～12月			計
		(本/株)	1月～3月 (本/株)	4月～5月 ^y (本/株)	
ムーンライト(ML)	赤色終夜	2.8 ab	2.0 b	2.0 ab	7.0 a
	赤色16 hr	2.9 ab	2.0 b	2.1 ab	7.3 a
	遠赤色終夜	3.4 a	2.7 a	1.4 b	7.5 a
	遠赤色16 hr	3.0 ab	1.8 b	2.4 a	7.2 a
	自然日長	2.5 b	1.5 b	2.2 a	6.2 b
有意性		*	**	*	**
チェリーテッシーノ(CT)	赤色終夜	1.7 b	1.7 ab	1.8	5.3 a
	赤色16 hr	1.1 bc	2.3 a	1.5	4.8 ab
	遠赤色終夜	2.9 a	1.1 b	1.3	5.3 a
	遠赤色16 hr	1.0 bc	2.2 a	1.3	4.5 ab
	自然日長	0.4 c	1.9 a	1.7	4.1 b
有意性		**	**	n.s.	*

^z 摘心から栽培終了までの期間、発光ピークが赤色は630 nm付近、遠赤色は730 nm付近のLED電球を終夜は16:00から8:00、16 hrは4:00から8:00と16:00から20:00に点灯した。各処理区の供試株は18株×3反復で、全ての株について各側枝を調査し平均値を示した。

^y 2019年5月8日まで収穫

3 カーネーションへの光照射が切り花品質へ及ぼす影響

(1) 茎等への影響

遠赤色光を照射したカーネーションでは、年内を中心に切り花長が短く(図7)、切り花重は軽く、茎は軟弱になる傾向を示し(図7、図8)、出荷規格に満たない切り花が多く発生しました。



‘ムーンライト’
(2018年10月15日撮影)



‘チェリーテッショ’
(2019年1月8日撮影)

図7 赤色または遠赤色LEDを照射したカーネーションの切り花

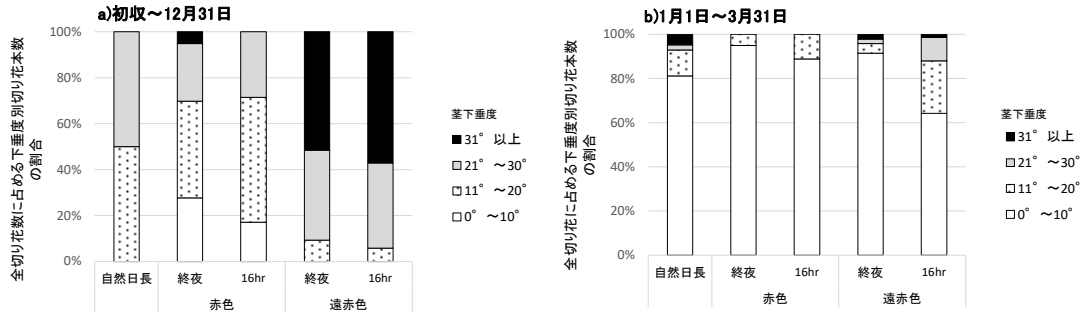


図8 赤色または遠赤色LEDを照射したカーネーション‘チェリーテッショ’切り花の時期別茎下垂度

切り花を頂花の先端から45cmの位置で水平に支え、下垂した角度を「下垂度」と呼び、これが20°を超えるものは「軟弱花」とされ、販売できないか大きく単価が下がります。このためカーネーション切り花において茎の堅さは重要ですが、秋季の切り花は軟弱になりやすいことが知られています。

特に秋季に茎が軟弱になりやすい供試品種‘CT’は、赤色光を照射することで、開花開始から12月末まで、軟弱花の割合が自然日長の50%より減少する傾向を示しました(図8)。遠赤色光を照射した切り花は12月末までは90%以上が軟弱花でした。

(2) スプレー種の花らい数への影響

カーネーションのスプレー種では、長日処理により切り花の花らい数減少が指摘されています。本実験では花らい数は遠赤色光で大きく減少しました(表3)。赤色光では一次側枝で自然日長より花らい数が減少しましたが、その程度は小さく、品質への影響は小さいと判断されました。

表3 赤色または遠赤色LEDの照射がカーネーション‘チェリーテッシノ’の側枝別花らい数に及ぼす影響

処理区 ²	一次側枝		二次摘心側枝		二次側枝	
	一次花 らい数 ^y (花)	全花ら い数 ^x (花)	一次花 らい数 (花)	全花ら い数 (花)	一次花 らい数 (花)	全花ら い数(花)
赤色終夜	4.3 b	4.5 ab	4.5 a	5.6	-	-
赤色16 hr	4.5 b	4.8 a	4.5 a	5.2	-	-
遠赤色終夜	2.1 c	2.1 c	3.8 b	4.7	-	-
遠赤色16 hr	4.0 b	4.2 b	4.8 a	5.2	-	-
自然日長	4.9 a	5.1 ab	5.1 a	5.6	-	-
有意性	**	**	**	**	-	-

² 摘心から栽培終了までの期間、発光ピークが赤色は630 nm付近、遠赤色は730 nm付近のLED電球を終夜は16:00から8:00、16 hrは4:00から8:00と16:00から20:00に点灯した。各処理区の供試株は18株×3反復で、全ての株について各側枝を調査し平均値を示した。

^y 頂花を除いた側花の花らい数

^x 頂花を除いた一次花らい数と二次花らい数の合計

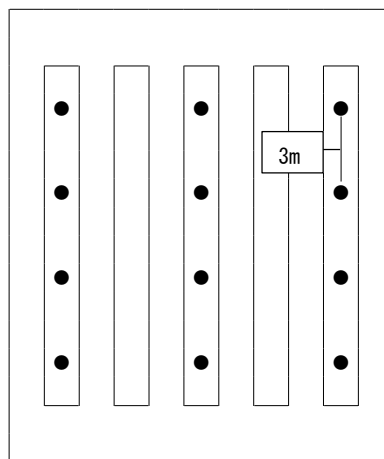
以上2および3の結果から、波長のピークが630nmである赤色光の照射が収量増加や切り花品質向上に結びつく判断しました。同時に、波長のピークが730nmである遠赤色光では、切り花品質が低下することを判断しました。

4 光照射導入の手引き

(1) 準備

光源：赤色LED(波長ピークが630nm程度のもの)
ソケットコード(3m間隔のもの)

設置方法：地表から1.5m程度の高さにソケットコードを伸ばし、LED電球を設置
栽培ベッドの幅80cm、通路幅50cm~70cmであれば、2ベッドに1列の設置で有効



LED 設置ハウス模式

※上記の設置方法だと10aあたり120個程度の電球が必要になります。使用電力は1球9wなので電気契約容量を考慮し、必要に応じて電気工事業者に相談して進めて下さい。

※温室もしくは周辺施設への落雷に備え、過剰な電流が流れるのを防ぐプロテクターを設置しておく目安です。電器屋やネット通販で手に入ります。

※農業用LED+ソケットコードの組み合わせは、農薬散布時の飛沫や急な雨天時の少量の吹き込み程度であれば耐えられますが、露天での使用は想定されていません。雨当て栽培は避けて下さい。

(2) 日々の点灯時間と処理期間

点灯時間：朝 4:00～8:00、夕方 16:00～20:00(より効果を求めるなら夕方 16:00～翌朝 8:00)

処理期間：摘心直後に開始し、収穫終了1ヶ月前まで(母の日前で終了するなら4月上旬まで)

(3) 導入コスト(2023年時点での試算)

LED設備導入コスト(10aあたり、単位：円)

	単価	個数	導入経費計
LED	3,300	120	396,000
ソケットコード	33,000	8	264,000
タイマー	3,000	1	3,000
雷ガード	2,000	1	2,000
			665,000

※10aの温室で2ベッドに1列、3m間隔で電球を設置した場合。

電気工事が必要な場合は別途費用が掛かります。

(4) 収益への影響(2023年時点での試算)

試算では、電気代やLED導入といった新たなコストは生じますが、販売額の増加がそれを上回り、10aあたり42万円の収益改善効果が見込まれます。

赤色LEDがカーネーションの収益に及ぼす影響(10aあたり、単位：千円)

	収量 (本/株)	販売額 ①	コスト②			販売額-コスト (①-②)
			販売コスト	電気代	LED償却	
LED導入前	6.2	6,200	1,441			4,759
LED導入後	7.2	7,200	1,673	278	67	5,182

※収量は供試した2品種の平均を想定して試算。

※収量増加に伴う収穫～調整作業時間の増加はコストとして算入していません。

※「電気代」は21円/kWで試算。16:00～8:00に点灯する「終夜処理」を想定。

※「LED償却」は(3)の導入にかかる費用を電球の耐用年数とされる10年で除した値。

おわりに

現在、農業用 LED は多くの商品が販売されており、それぞれ「害虫や病気を防ぐ」「光合成を助ける」「生育を早める」等の効能をうたい、見た目も赤、青、緑、黄色、白と様々です。今回カーネーションの収益向上には赤色が有効としましたが、複数の波長が混合された LED で効果が上がっている事例もあります。切り花カーネーションでは、切り花品質に悪影響をあたえず長日処理をするのがポイントなので、遠赤色光を含まない光源もしくは、遠赤色と品質低下を補う効果がある波長との混合光源を使用するのが有効だと考えられます。

また、今後、温度や灌水・肥培管理等と合わせることで、より実用的な収益改善策の構築が可能になると期待しています。

参考文献

1) 加藤智恵美・勝岡弘幸・馬場富二夫・稲葉善太郎. 2023. 赤色または遠赤色 LED の照射がカーネーションの生育および開花に及ぼす影響. 園学研. 22 : 35-44

用語解説

1) 相対的長日植物

長日条件で花芽形成が促進する「長日植物」のうち、それ以上長くなると花成が起こる「限界日長」を持たない植物。これに対して「質的長日植物」は、「限界日長」以下では花芽は起こらない。

農林技術研究所 伊豆農業研究センター 生育・加工技術科 科長 加藤智恵美