完全人工光型植物工場のエネルギー消費削減に関する研究

-植物栽培実験及び省エネルギーシミュレーション-

新潟大学大学院自然科学研究科環境科学専攻
社会基盤・建築学コース(建築系)

佐藤　好美
指導教員　赤林　伸一　教授

１　研究目的
２　リーフレタス栽培実験概要
３　リーフレタス栽培実験結果
４　熱負荷計算の概要
５　植物工場稼働時における電力消費量の数値計算結果
６　まとめ

研究目的

近年、無農薬・無菌で植物を通年計画生産する人工光型植物工場が注目されている。植物工場には大きく分けて太陽光利用型と完全人工光型の２種類がある。

(a)　太陽光利用型植物工場

(b)　完全人工光型植物工場

図　植物工場

研究目的

完全人工光型植物工場は露地栽培に対して照明・空調用エネルギーが必要であるが、現状で使用されている照明・空調・栽培設備は植物工場に特化した製品が少なく、既存の建築・設備技術の流用あるいは特注品である場合が多いため、省エネに課題がある。

研究目的

従来の完全人工光型植物工場は、光源には主に蛍光灯が用いられ、栽培棚は室内に開放された状態となっている。蛍光灯は光変換効率が低く、電気エネルギーの大部分が熱に変化する。光源の電力消費量及び発熱量が多いと、植物工場全体の電力消費量や冷房負荷が増加するため、植物生産にかかるエネルギーコストが増大する。

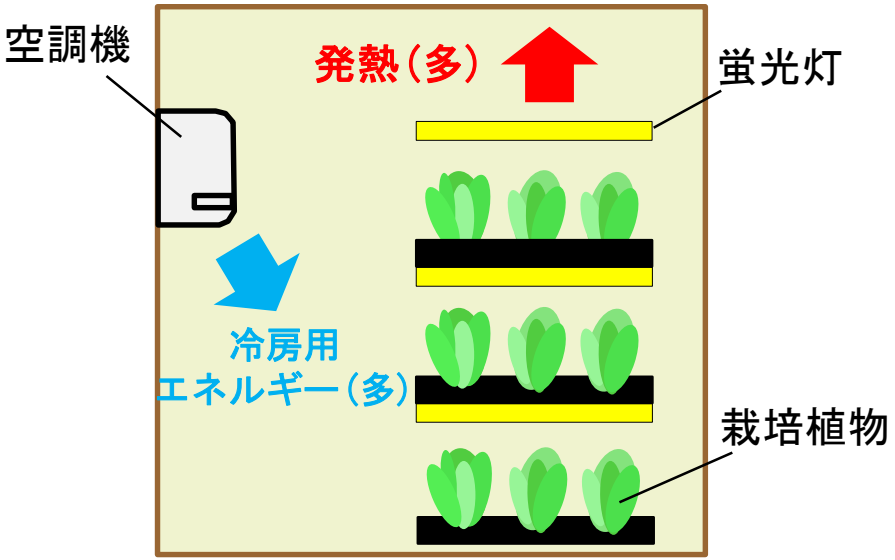


図　従来の完全人工光型植物工場の栽培イメージ

研究目的

そこで既報[文２)]では、光源として相対的に電力消費量の少ない赤・青LED点光源を使用し、更に植物周囲を反射材で囲うBOX型の栽培設備とすることにより光源からの光を効率良く植物に照射し、光合成に利用されずに最終的に熱となるエネルギーを減少させることが可能な省エネ型栽培設備を開発した。

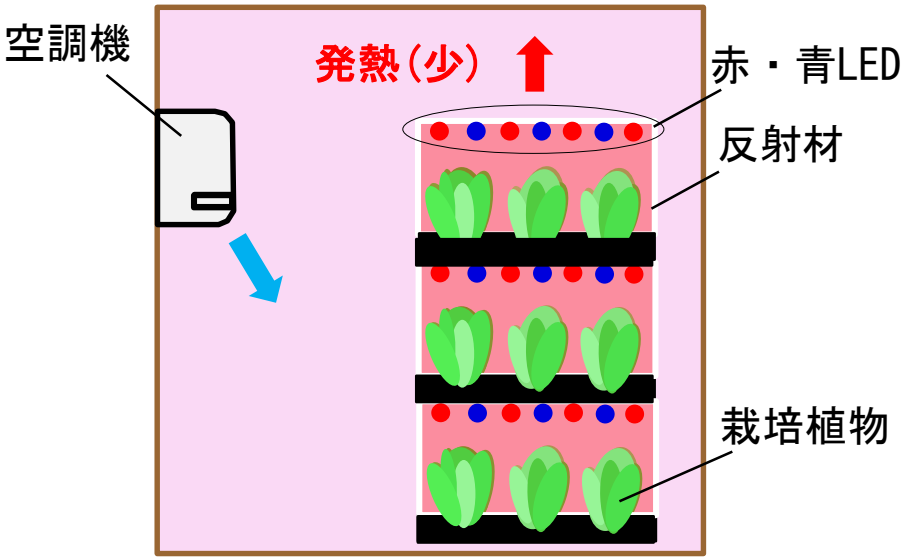


図　新たに開発した省エネ型栽培設備の栽培イメージ

文２）　赤林・坂口他「完全人工光型植物工場を対象とした省エネ型植物栽培設備の開発研究その４」
日本建築学会学術講演梗概集, 2015年

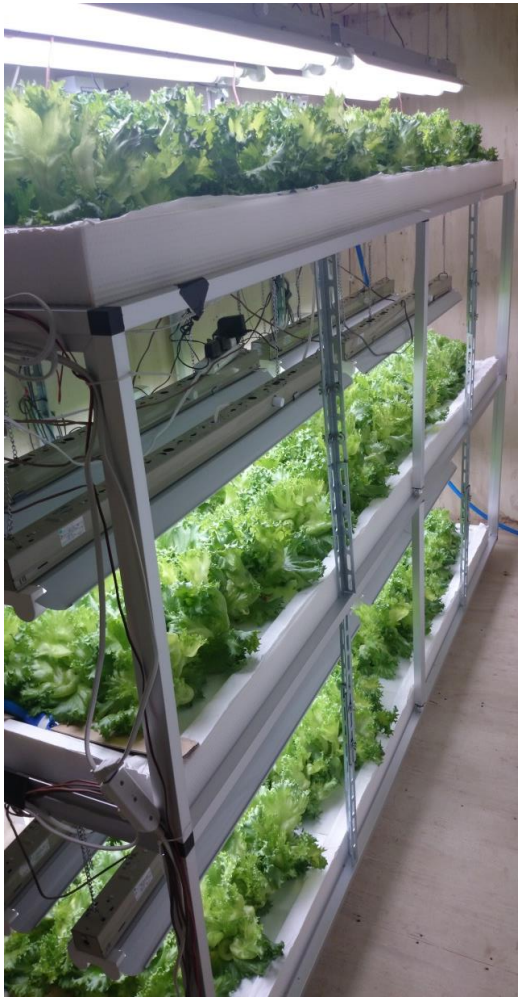
研究目的

本研究では完全人工光型植物工場を対象とし、新たに開発した省エネ型栽培設備によるエネルギー削減効果を検討する。

研究目的

まず、既報[文２)]により新たに開発した省エネ型栽培設備と光源に蛍光灯(FLR40W)を用いた従来型栽培設備の両方によるリーフレタス栽培実験を交互に行う。

文２）　赤林・坂口他「完全人工光型植物工場を対象とした省エネ型植物栽培設備の開発研究　その４」
日本建築学会学術講演梗概集, 2015年



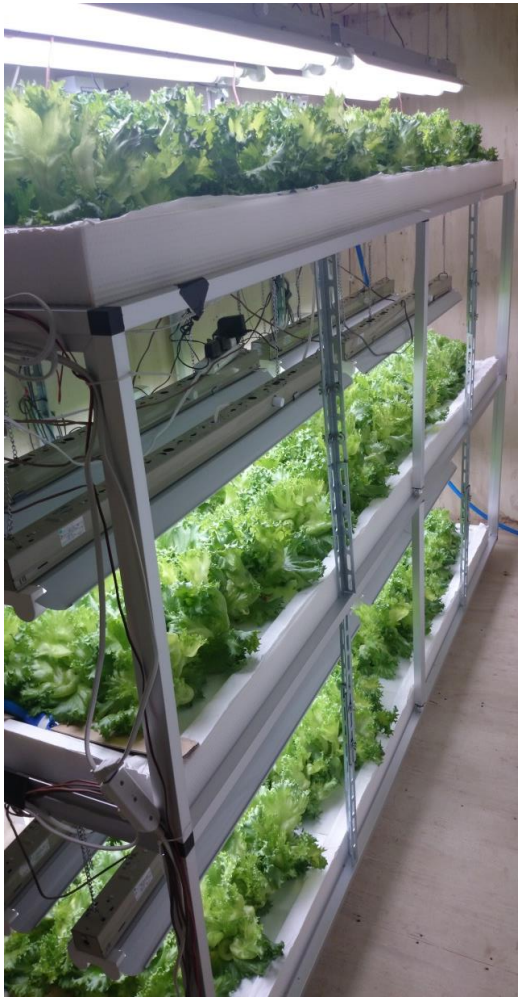
従来型栽培設備

省エネ型栽培設備

図　実験で用いる各栽培設備の外観

研究目的

省エネ型栽培設備は光源に赤・青LED点光源（赤10・青１個）を用い、内壁面を超高効率拡散反射材で覆う。栽培実験は通年行い、実際に植物生産（リーフレタス）を行った際のエネルギー消費量（照明・空調等）の測定を行う。



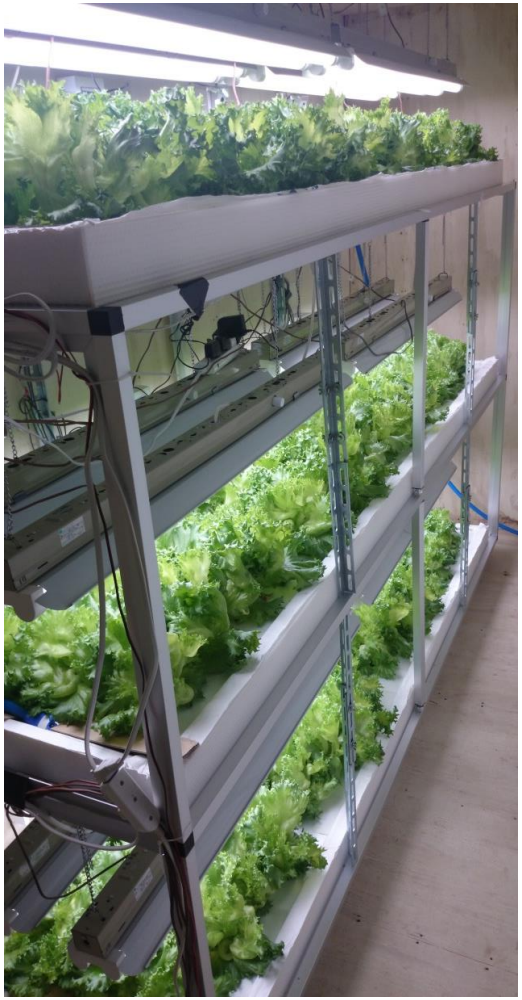
従来型栽培設備

省エネ型栽培設備

図　実験で用いる各栽培設備の外観

研究目的

各実験で電力消費量、リーフレタス収穫重量、生育日数等を比較し、空調用エネルギーを含めた省エネ型栽培設備による完全人工光型植物工場全体での通年のエネルギー削減効果の検討を行う。



従来型栽培設備

省エネ型栽培設備

図　実験で用いる各栽培設備の外観

研究目的

次に、省エネ型栽培設備を導入した完全人工光型植物工場を全国の気象条件の異なる地域に設置して植物生産を行った場合の工場全体のエネルギー消費量を明らかにすることを目的とし、リーフレタス栽培実験における工場全体の電力消費量の解析をし、全国における完全人工光型植物工場稼働時の電力消費量の数値シミュレーション手法の検討を行う。

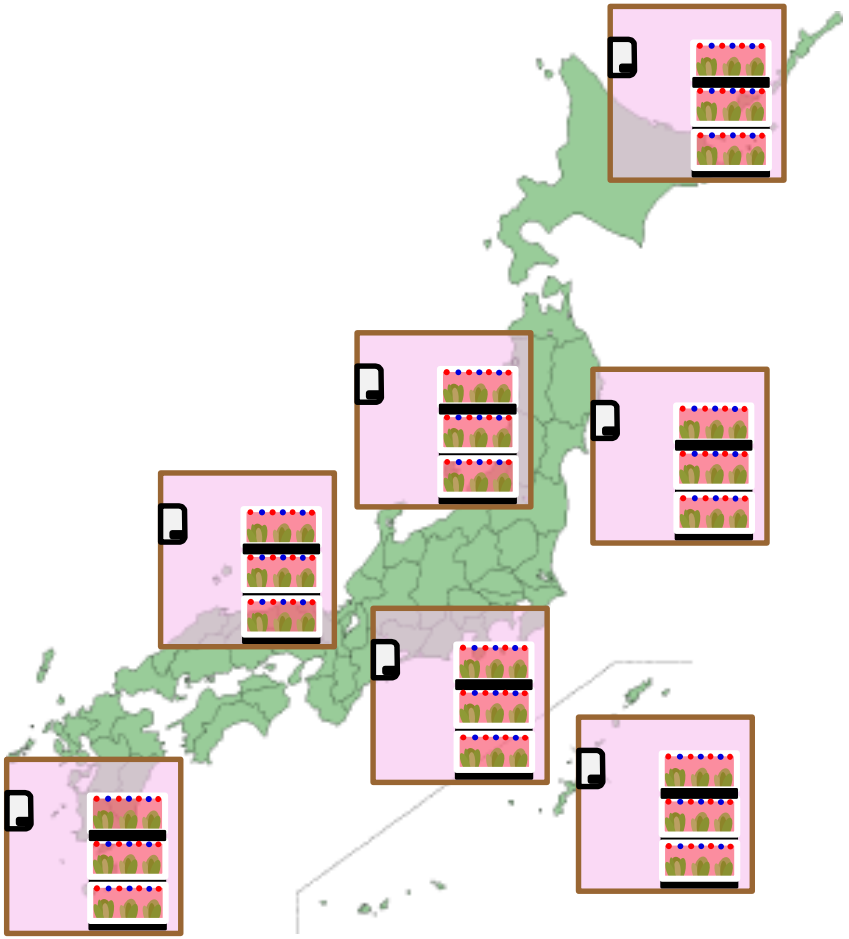


図　全国での完全人工光型植物工場稼働のイメージ

１　研究目的
２　リーフレタス栽培実験概要
３　リーフレタス栽培実験結果
４　熱負荷計算の概要
５　植物工場稼働時における電力消費量の数値計算結果
６　まとめ

リーフレタス栽培実験概要

実験室及びコンテナ式植物工場の概要

本研究ではコンテナ式植物工場を対象としてリーフレタスの栽培を行う。実験室内にコンテナ式植物工場を設置する。実験室内には有圧換気扇で外気を給気し外部環境を模擬する。

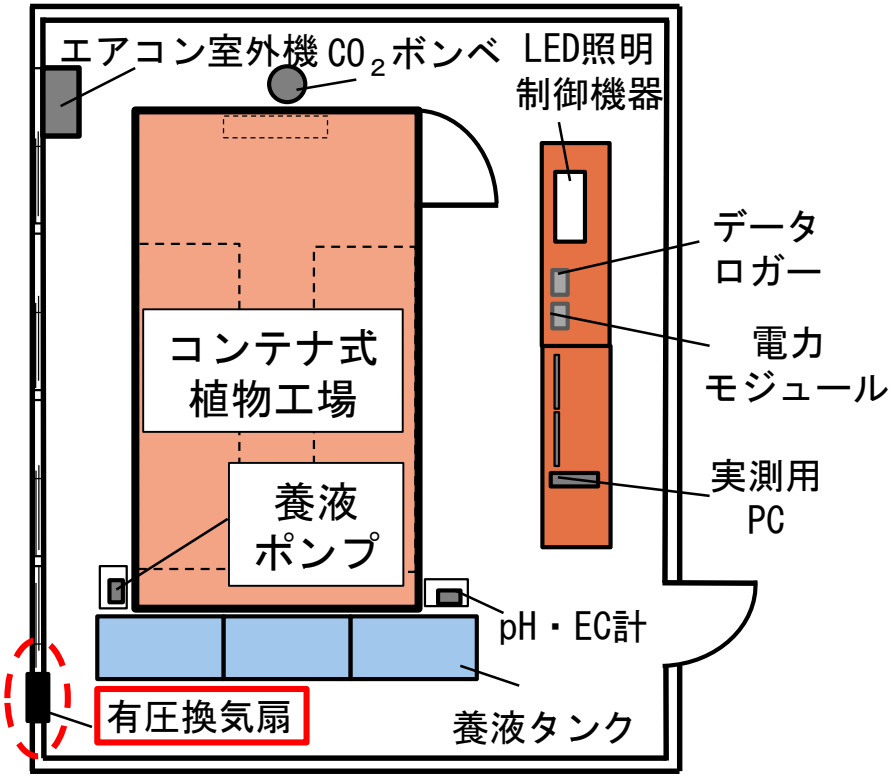


図１　実験室の内部(平面)

リーフレタス栽培実験概要

実験室及びコンテナ式植物工場の概要

なお給気風量は3500[m³/h]、換気回数は20[回/h]以上である。栽培実験期間中の外気と実験室の温度差は1.5[℃]以下である。

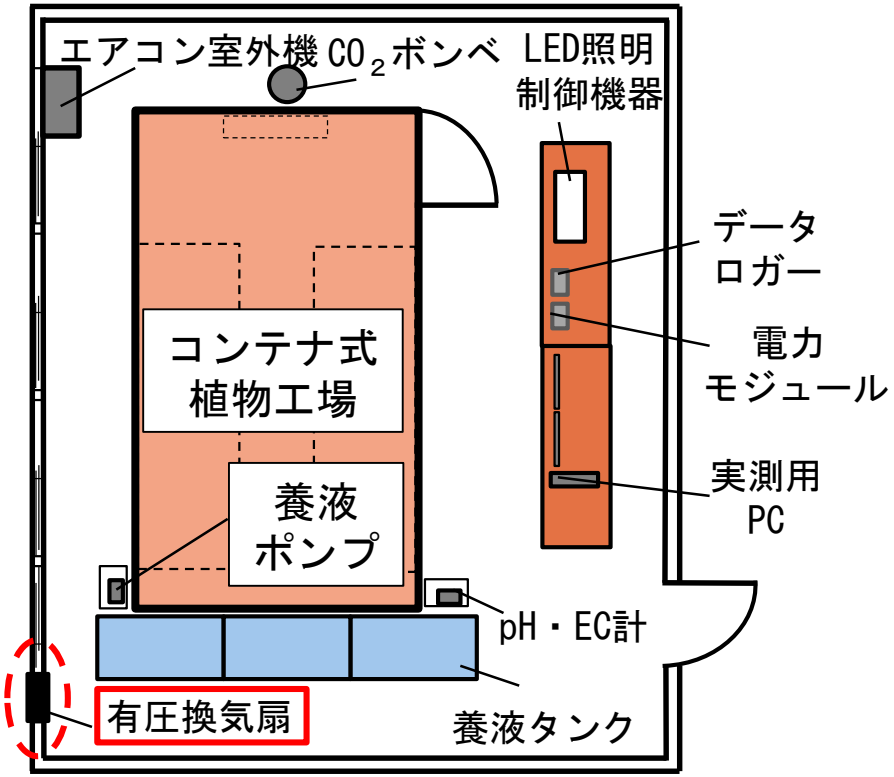


図１　実験室の内部(平面)

リーフレタス栽培実験概要

実験室及びコンテナ式植物工場の概要

コンテナは内法幅2.0[m]×長さ4.0[m]×高さ2.2[m]とし、熱損失係数は1.9[W/m²・K]である。コンテナは海上輸送用を想定しており内部には省エネ型栽培設備(栽培設備①)と従来型栽培設備(栽培設備②)を設置する。

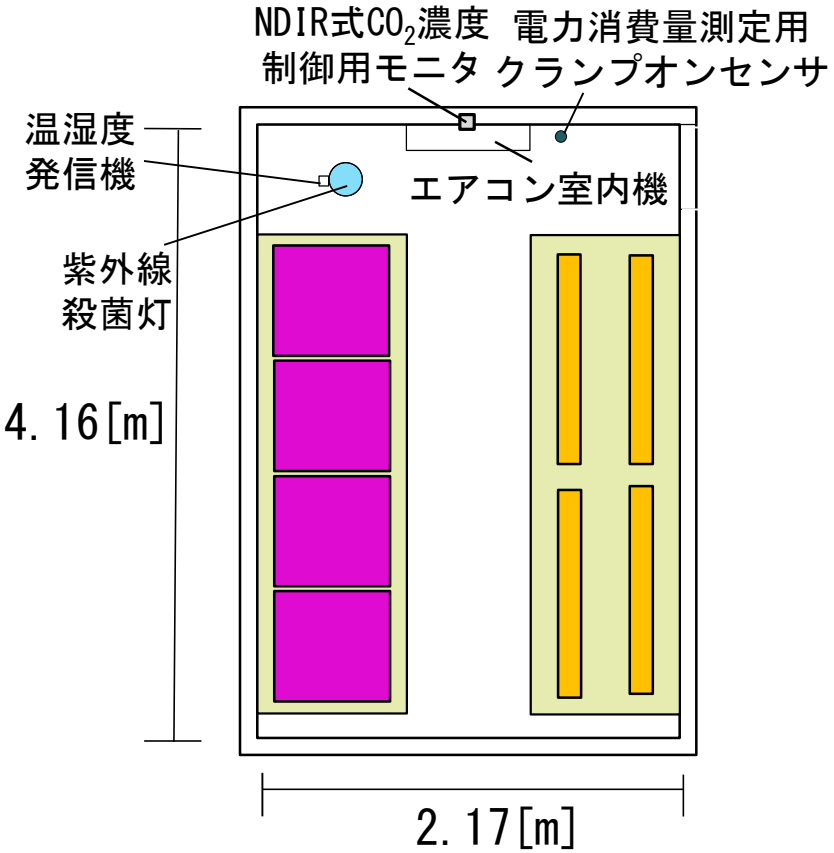


図２　コンテナ式植物工場の内部(平面)

リーフレタス栽培実験概要

実験室及びコンテナ式植物工場の概要

コンテナは内法幅2.0[m]×長さ4.0[m]×高さ2.2[m]とし、熱損失係数は1.9[W/m²・K]である。コンテナは海上輸送用を想定しており内部には省エネ型栽培設備(栽培設備①)と従来型栽培設備(栽培設備②)を設置する。

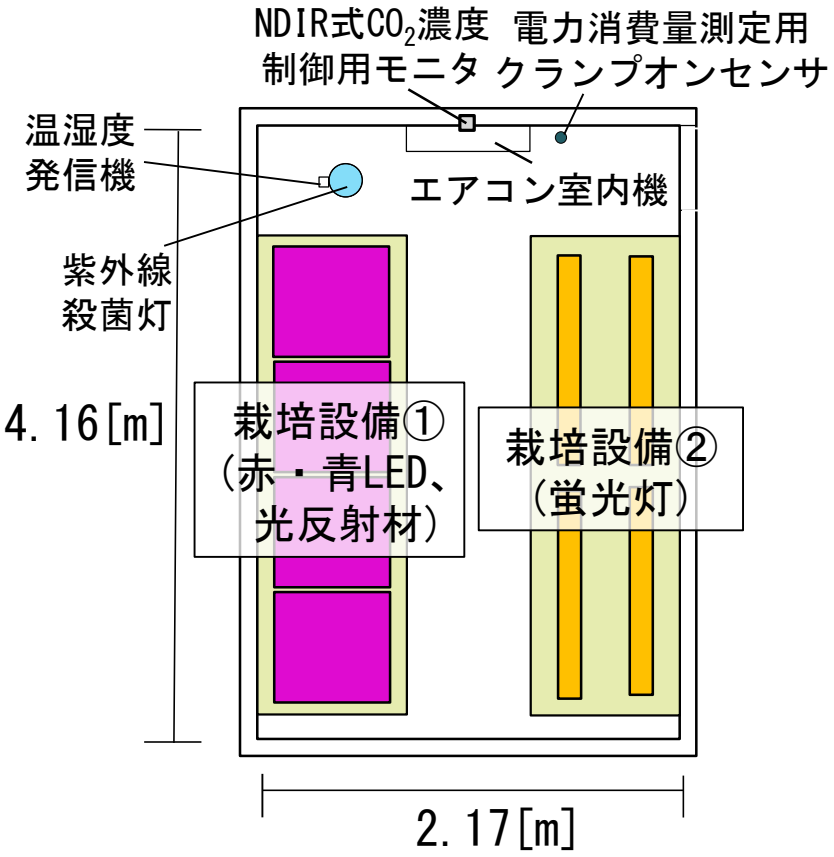


図２　コンテナ式植物工場の内部(平面)

リーフレタス栽培実験概要

各栽培設備の概要

栽培設備①は栽培棚の上・中・下段に４個ずつ計12個設置し、設備内壁面の給気口と排気口を除く壁をＨ社及びＤ社製超高効率拡散反射材（全反射率99[%]）により覆う。

図４　栽培設備①の内部

リーフレタス栽培実験概要

各栽培設備の概要

栽培設備①・②共に栽培棚には明期と暗期※１を設け、常時、ポンプで養液を循環させる。

※１　明期：植物に光を照射する時間（照明点灯時）とする。午後５時～午前９時（16時間）とし、その他の時間を暗期とする。

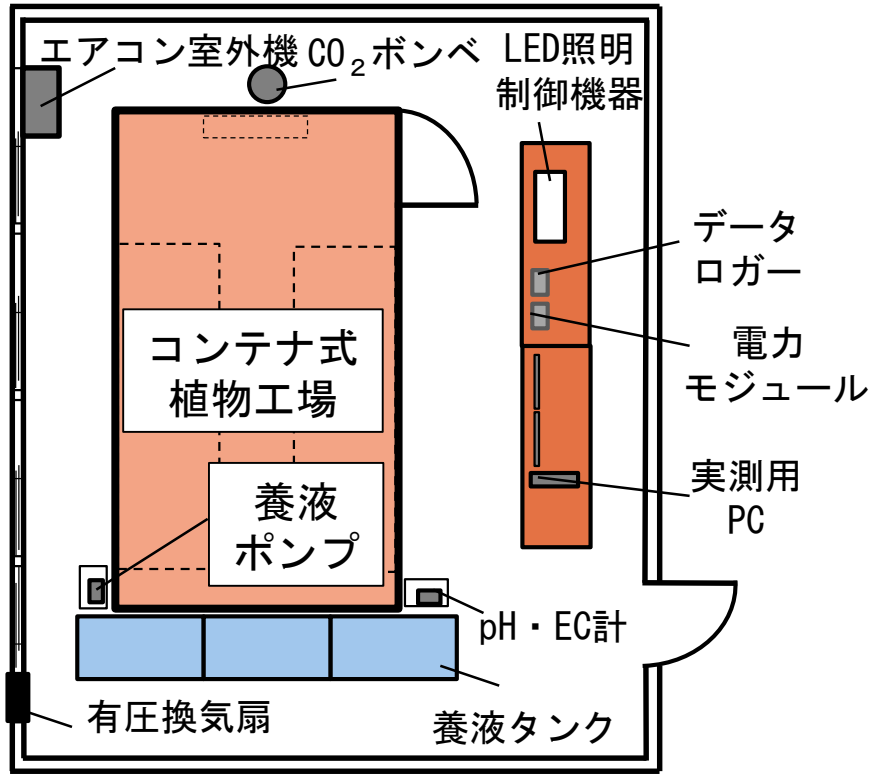


図１　実験室の内部（平面）

リーフレタス栽培実験概要

各栽培設備の概要

表１　各栽培設備の照明用消費電力及び光量子束密度

栽培設備				栽培設備①	栽培設備②
栽培用照明条件				赤・青LED（赤10個・青１個）×12セット	蛍光灯（FLR40W）×24灯
消費電力[W]				318	1088
光量子束密度[μmol/(m²・s)]	鉛直上面方向	光源の高さ	150[mm]	207	230
			300[mm]		150
	５方向合計			884	－

光環境の測定には分光放射照度計※２を用いる。各栽培設備の光強度は光合成有効光量子束密度を指標とする。栽培設備①では、床面以外の５方向合計の光量子束密度の合計は884[μmol/(m²・s)]である。

※２　Ｋ社製分光放射照度計（品番：CL500A）。測定範囲は10°とし、測定点は栽培パネルの中心付近とする。

リーフレタス栽培実験概要

各栽培設備の概要

なお、栽培設備①の赤色光と青色光の比率(R/B比)は10:1とする。

図　栽培設備①の外観

栽培実験の概要

表２　栽培実験で使用するエアコンの仕様

社名		Panasonic
型番		CS-X403C2
能力	冷房定格能力[kW]	4.0(最小0.5～最大5.4)
	暖房定格能力[kW]	5.0(最小0.4～最大11.6)
消費電力	冷房定格能力時[W]	1,010（最小120～最大1,720）
	暖房定格能力時[W]	1,025（最小110～最大3,960）
エネルギー消費効率(COP)	冷房定格COP	3.96
	暖房定格COP	4.88
通年エネルギー消費効率(APF)		6.7

実験期間中の栽培棚温度の目標値は栽培設備①・②共に20～25[℃]とし、空調は栽培棚温度により適宜冷房と暖房を切り替えて運転する。

リーフレタス栽培実験概要

栽培実験の概要

明期のCO_2濃度は約1,500～2,100[ppm]に制御する。栽培期間は１年間※５とし、栽培設備①・②を用いてそれぞれ28日間の栽培実験を交互に行う。

※５　リーフレタス栽培実験期間は、栽培設備①では2015年５月１日～５月29日(春季)、2015年８月12日～９月９日(夏季)、2015年９月14日～10月13日(秋季)、2015年11月16日～12月14日(冬季)である。栽培設備②では2015年６月４日～７月２日(春季)、2015年７月10日～８月７日(夏季)、2015年10月14日～11月11日(秋季)、2015年12月16日～2016年１月13日(冬季)である。

１　研究目的
２　リーフレタス栽培実験概要
３　リーフレタス栽培実験結果
４　熱負荷計算の概要
５　植物工場稼働時における電力消費量の数値計算結果
６　まとめ

リーフレタス栽培実験結果

リーフレタス収穫重量の比較

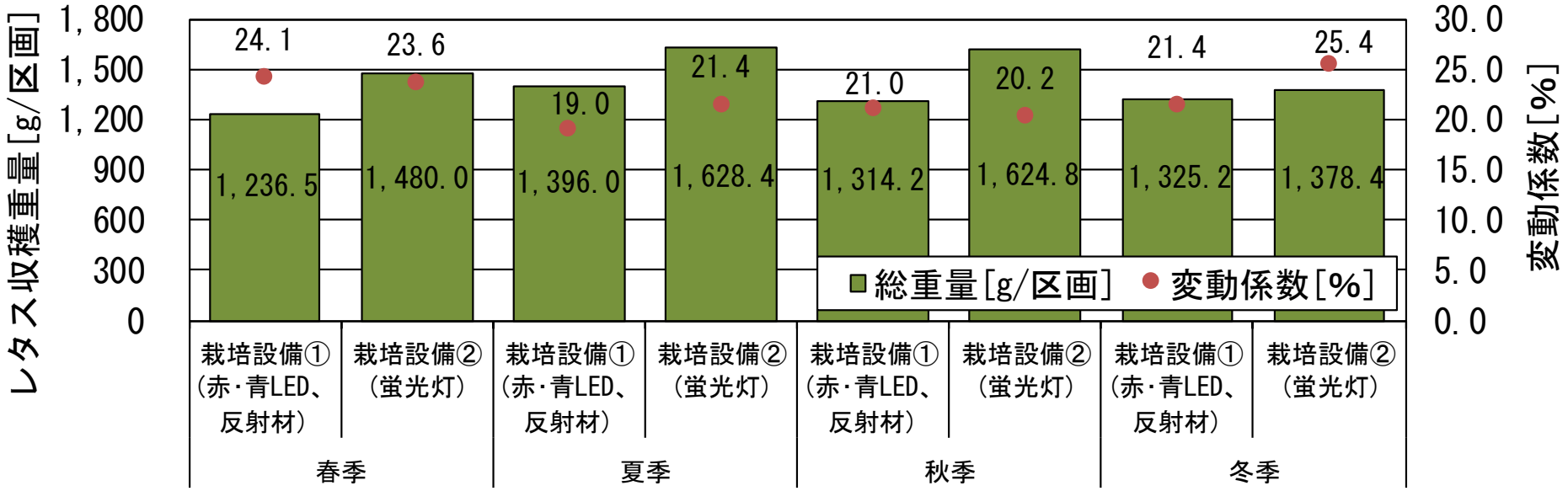


図７　区画※３当たりのリーフレタス総重量及び変動係数

栽培設備①の変動係数は各季節の平均で約21[%]、栽培設備②の変動係数は約23[%]である。省エネ型栽培設備の方が従来型栽培設備よりも総重量は小さいが、変動係数は省エネ型栽培設備の方が小さいため、収穫重量のばらつきが少ないのは省エネ型栽培設備である。

※３　栽培設備①･②ともに栽培パネル１枚分を１区画（４×４=16株）とする。

リーフレタス栽培実験結果

リーフレタス収穫重量の比較

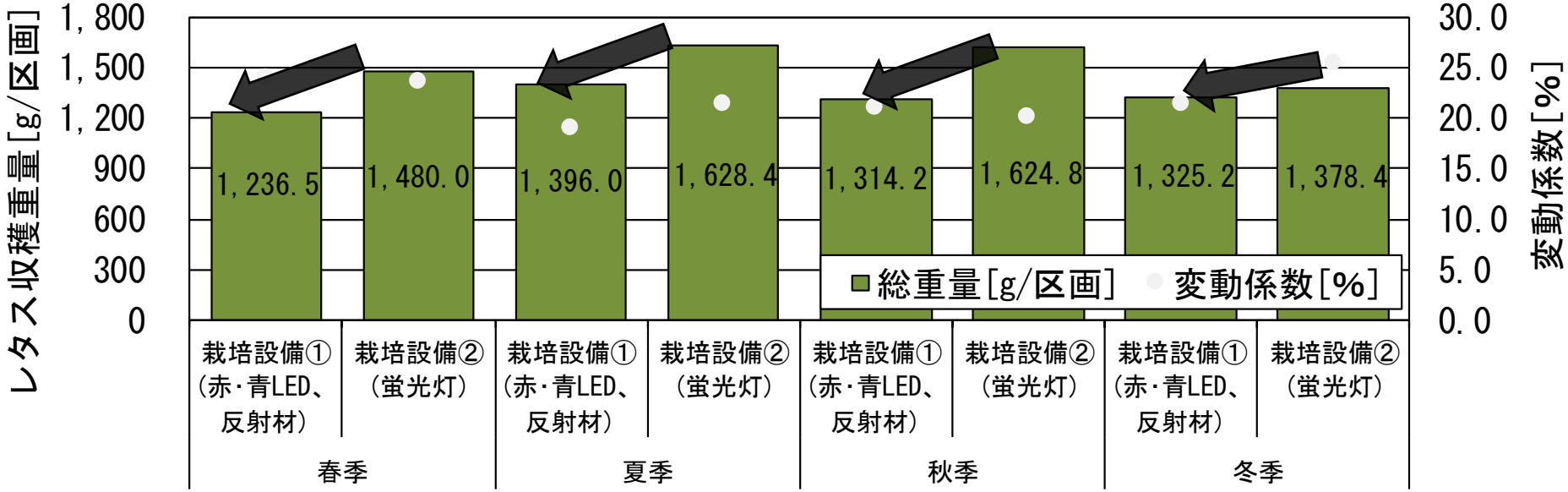


図７　区画※３当たりのリーフレタス総重量及び変動係数

栽培設備①の変動係数は各季節の平均で約21[%]、栽培設備②の変動係数は約23[%]である。省エネ型栽培設備の方が従来型栽培設備よりも総重量は小さいが、変動係数は省エネ型栽培設備の方が小さいため、収穫重量のばらつきが少ないのは省エネ型栽培設備である。

※３　栽培設備①･②ともに栽培パネル１枚分を１区画（４×４=16株）とする。

リーフレタス栽培実験結果

リーフレタス収穫重量の比較

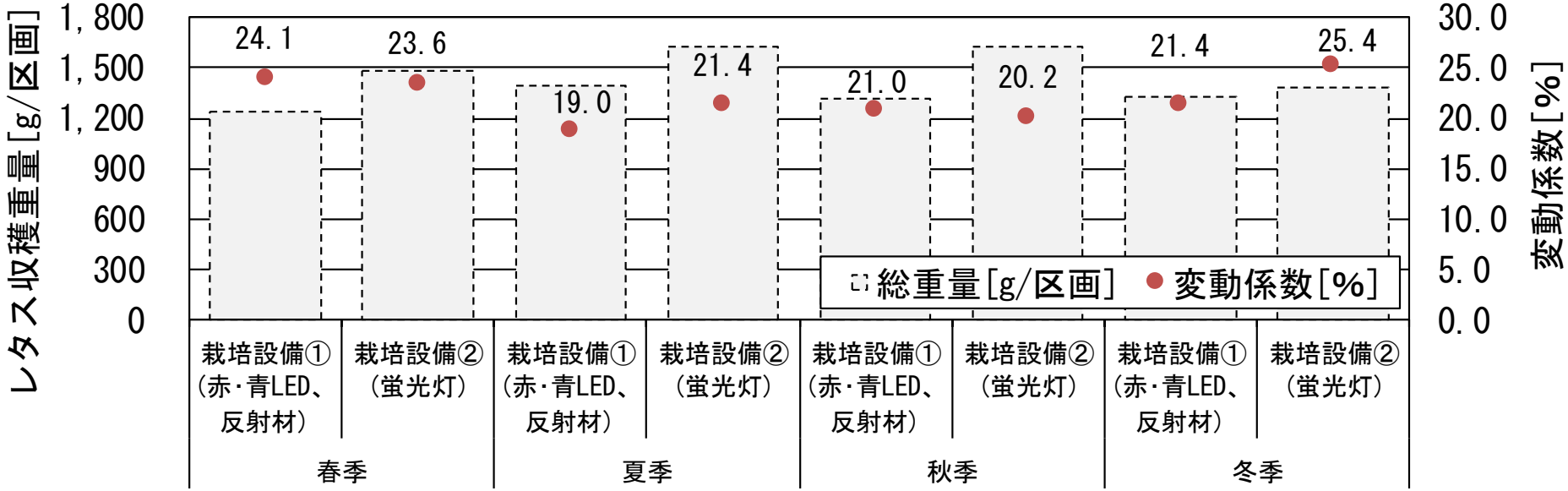


図７　区画※３当たりのリーフレタス総重量及び変動係数

栽培設備①の変動係数は各季節の平均で約21[%]、栽培設備②の変動係数は約23[%]である。省エネ型栽培設備の方が従来型栽培設備よりも総重量は小さいが、変動係数は省エネ型栽培設備の方が小さいため、収穫重量のばらつきが少ないのは省エネ型栽培設備である。

※３　栽培設備①･②ともに栽培パネル１枚分を１区画（４×４=16株）とする。

リーフレタス栽培実験結果

リーフレタス収穫重量の比較

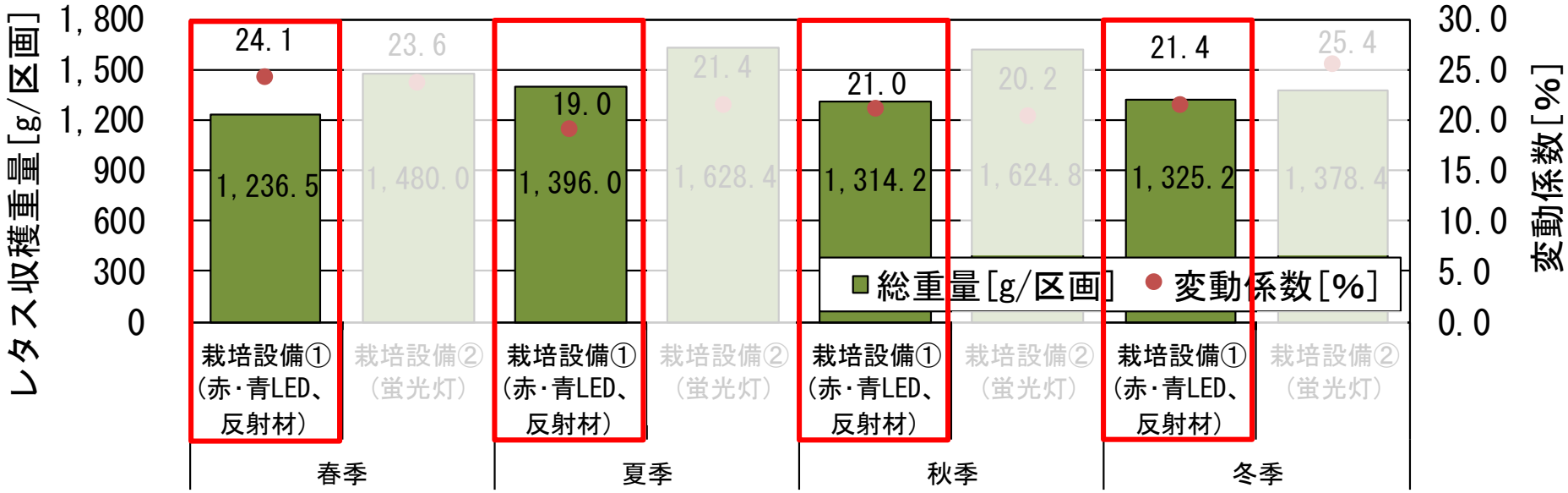


図７　区画※３当たりのリーフレタス総重量及び変動係数

栽培設備①の変動係数は各季節の平均で約21[%]、栽培設備②の変動係数は約23[%]である。省エネ型栽培設備の方が従来型栽培設備よりも総重量は小さいが、変動係数は省エネ型栽培設備の方が小さいため、収穫重量のばらつきが少ないのは省エネ型栽培設備である。

※３　栽培設備①･②ともに栽培パネル１枚分を１区画（４×４=16株）とする。

リーフレタス栽培実験結果

電力消費量の比較

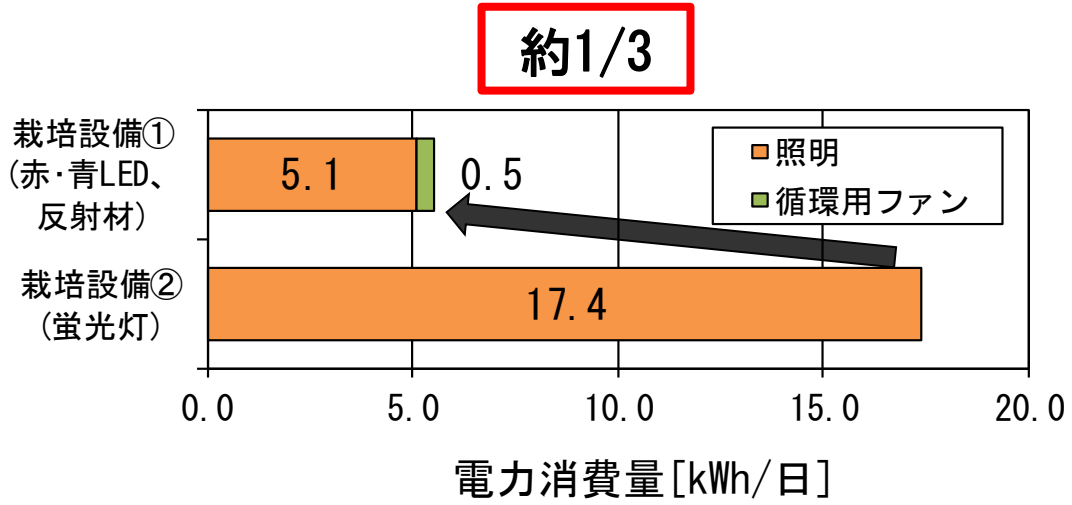


図８　各栽培設備の１日当たりの照明用電力消費量及び循環用ファンの電力消費量

栽培設備①の１日当たりの照明用電力消費量は5.1[kWh/日]、栽培設備②の１日当たりの照明用電力消費量は17.4[kWh/日]、栽培設備①の１日当たりの循環用ファンの電力消費量は0.5[kWh/日]である。栽培設備①の１日当たりの全電力消費量は5.6[kWh/日]であり、栽培設備②と比較すると約1/3となる。

リーフレタス栽培実験結果

電力消費量の比較

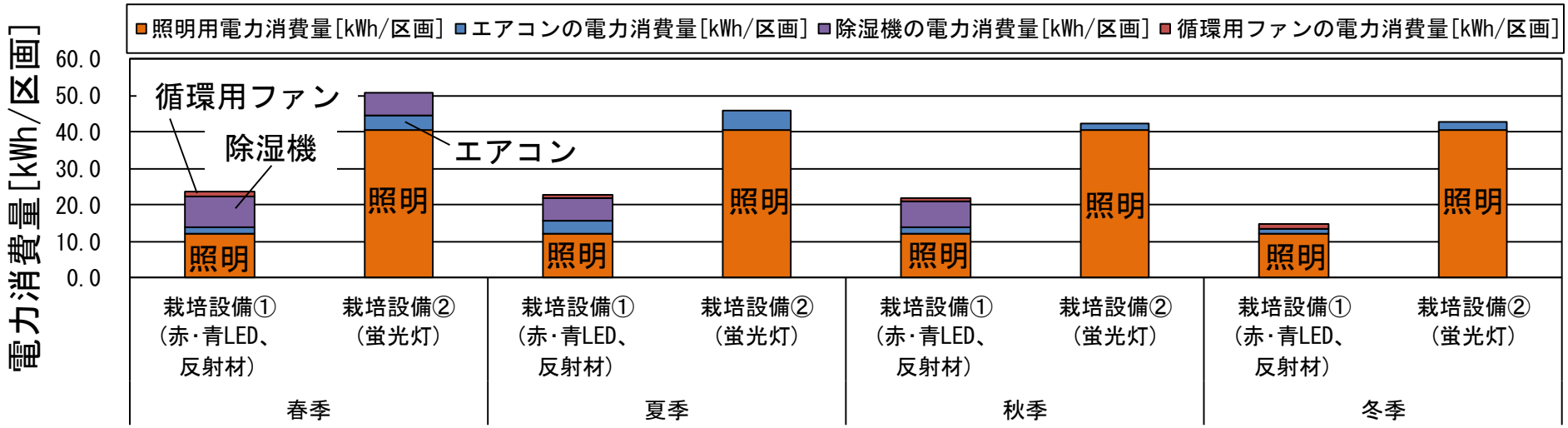


図９　照明・エアコン・除湿機・循環用ファンの電力消費量

各電力消費量は１区画分の値である。照明用電力消費量は栽培設備①は12.0[kWh/区画]であり、栽培設備②は36.5[kWh/区画]である。栽培設備①の照明用電力消費量は栽培設備②に比較して約24.5 [kWh/区画]少なく、約70[%]減少する。

リーフレタス栽培実験結果

電力消費量の比較

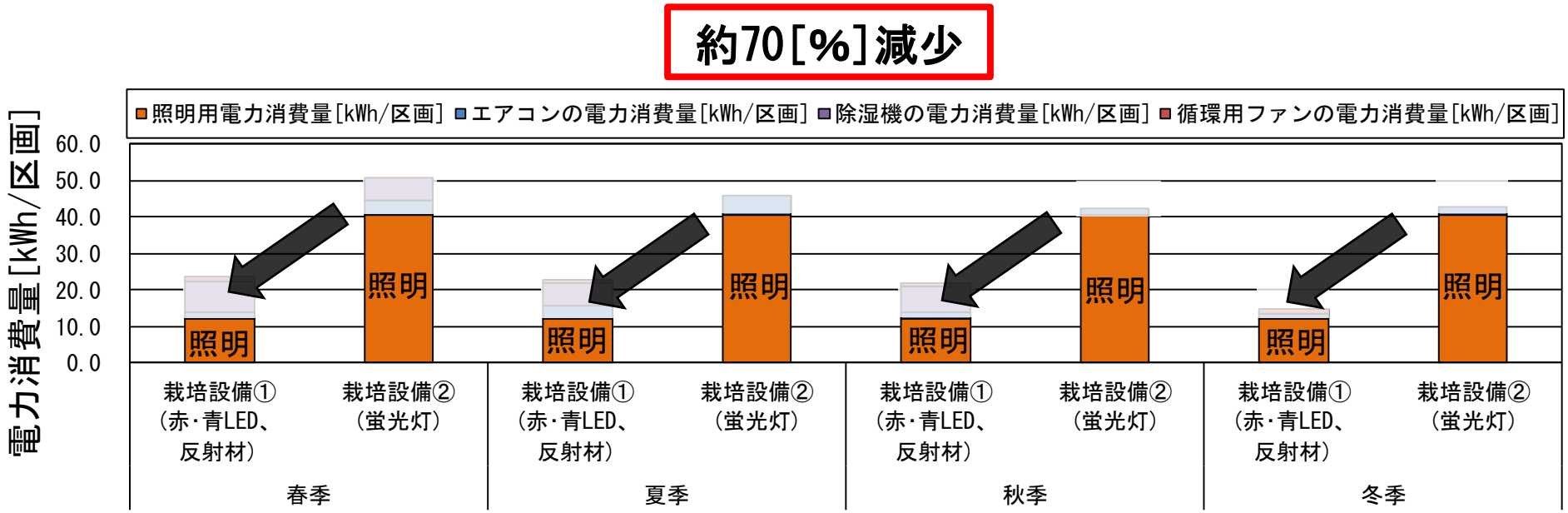


図９　照明・エアコン・除湿機・循環用ファンの電力消費量

各電力消費量は１区画分の値である。照明用電力消費量は栽培設備①は12.0[kWh/区画]であり、栽培設備②は36.5[kWh/区画]である。栽培設備①の照明用電力消費量は栽培設備②に比較して約24.5 [kWh/区画]少なく、約70[%]減少する。

リーフレタス栽培実験結果

電力消費量の比較

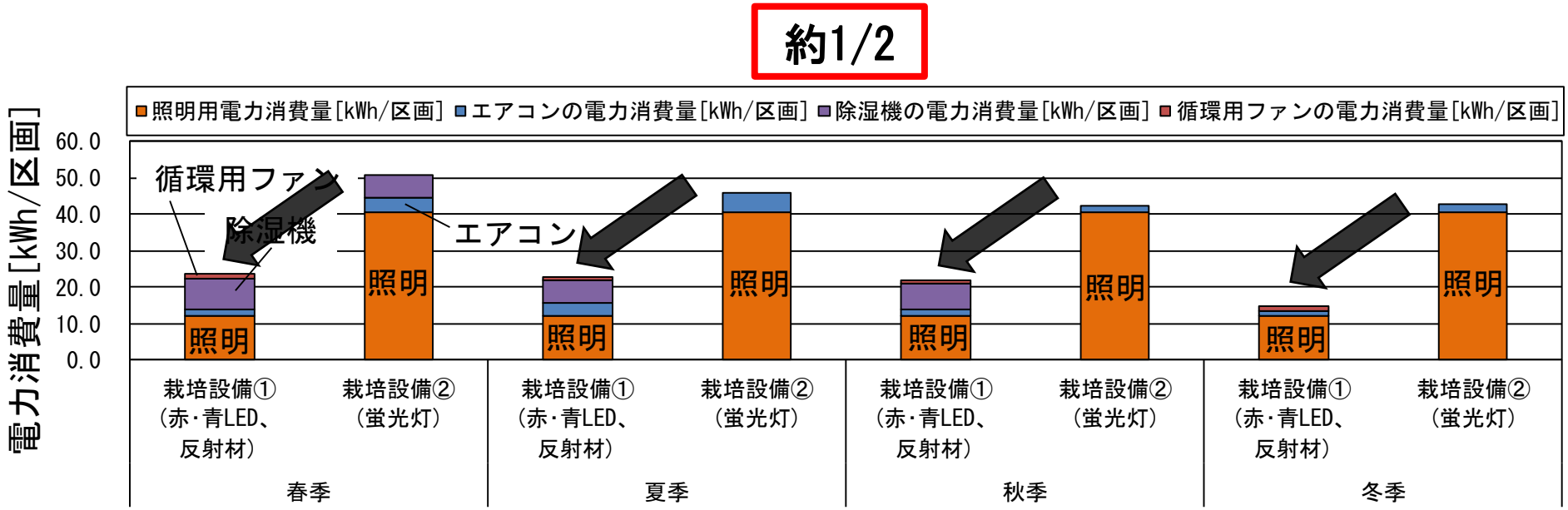


図９　照明・エアコン・除湿機・循環用ファンの電力消費量

生育期間の全電力消費量は栽培設備①では平均約20.7[kWh/区画]である。栽培設備②では平均は約41.4[kWh/区画]となる。栽培設備①の全電力消費量は栽培設備②と比較して各季節とも約20.7[kWh/区画]少なく、約1/2である。

リーフレタス栽培実験結果

電力消費量の比較

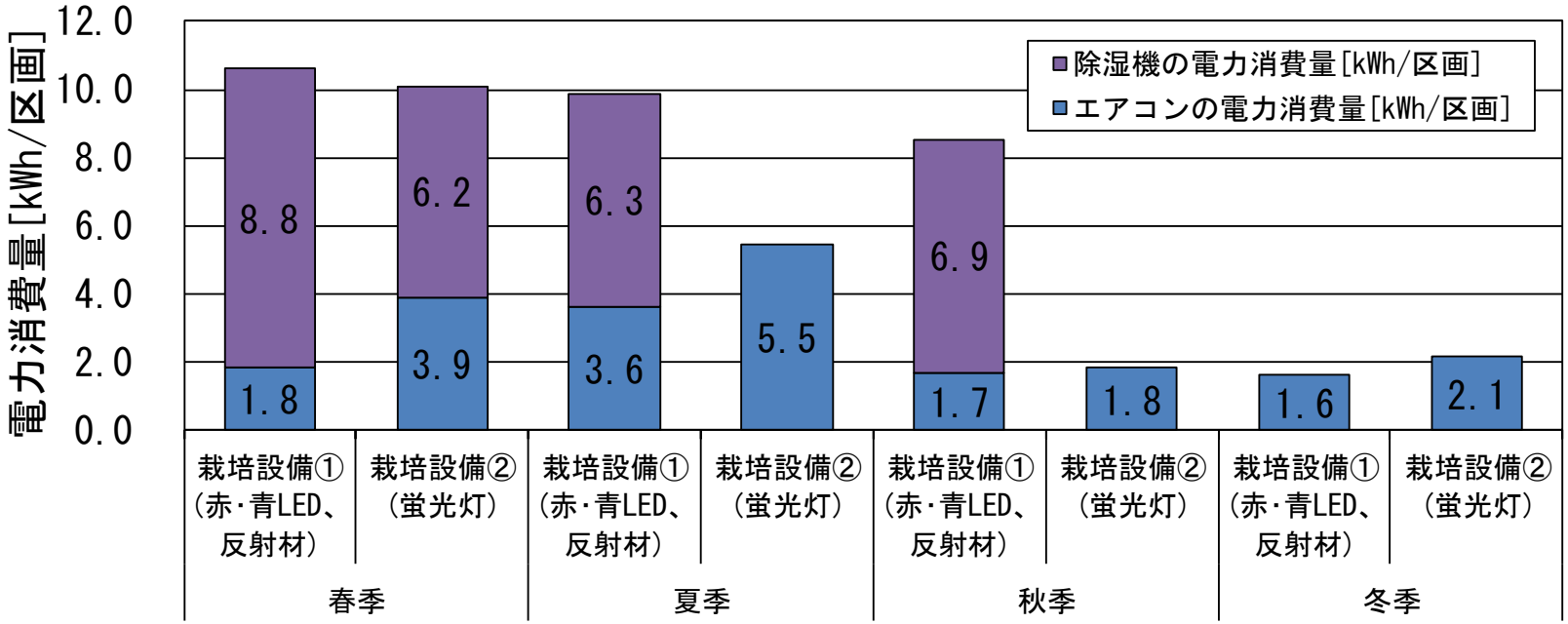


図10　除湿機・エアコンの電力消費量

エアコンの電力消費量はどの季節でも栽培設備①の方が少ないが除湿機の電力消費量を含めた空調用電力消費量では春季、夏季、秋季においては栽培設備①の方が多い。

リーフレタス栽培実験結果

電力消費量の比較

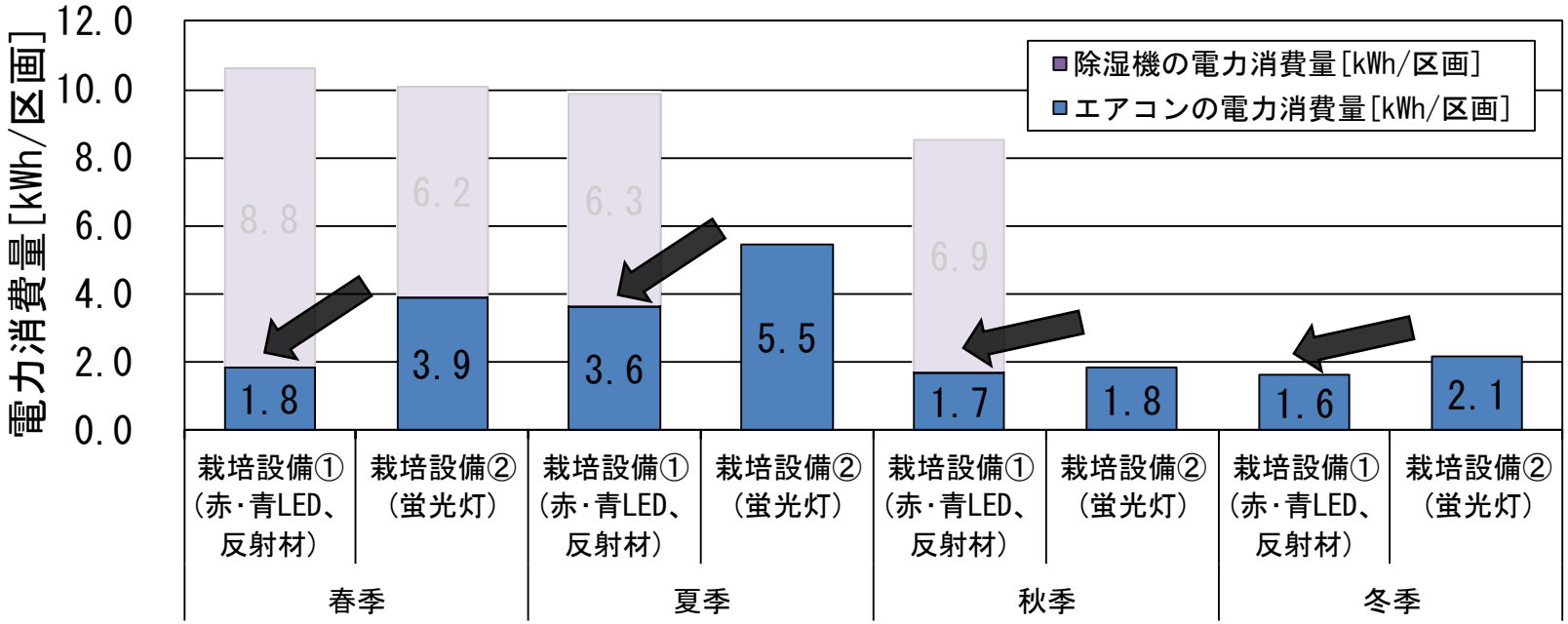


図10　除湿機・エアコンの電力消費量

エアコンの電力消費量はどの季節でも栽培設備①の方が少ないが除湿機の電力消費量を含めた空調用電力消費量では春季、夏季、秋季においては栽培設備①の方が多い。

リーフレタス栽培実験結果

電力消費量の比較

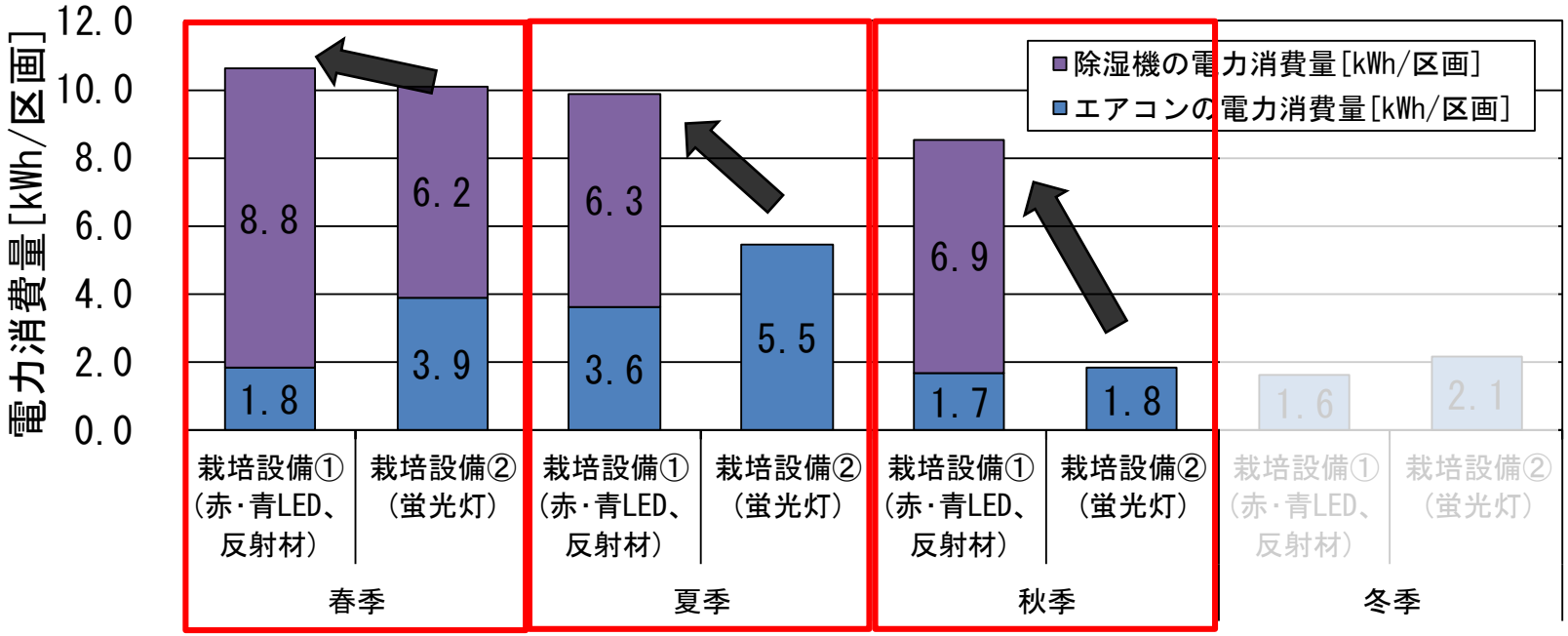


図10　除湿機・エアコンの電力消費量

エアコンの電力消費量はどの季節でも栽培設備①の方が少ないが除湿機の電力消費量を含めた空調用電力消費量では春季、夏季、秋季においては栽培設備①の方が多い。

リーフレタス栽培実験結果

電力消費量の比較

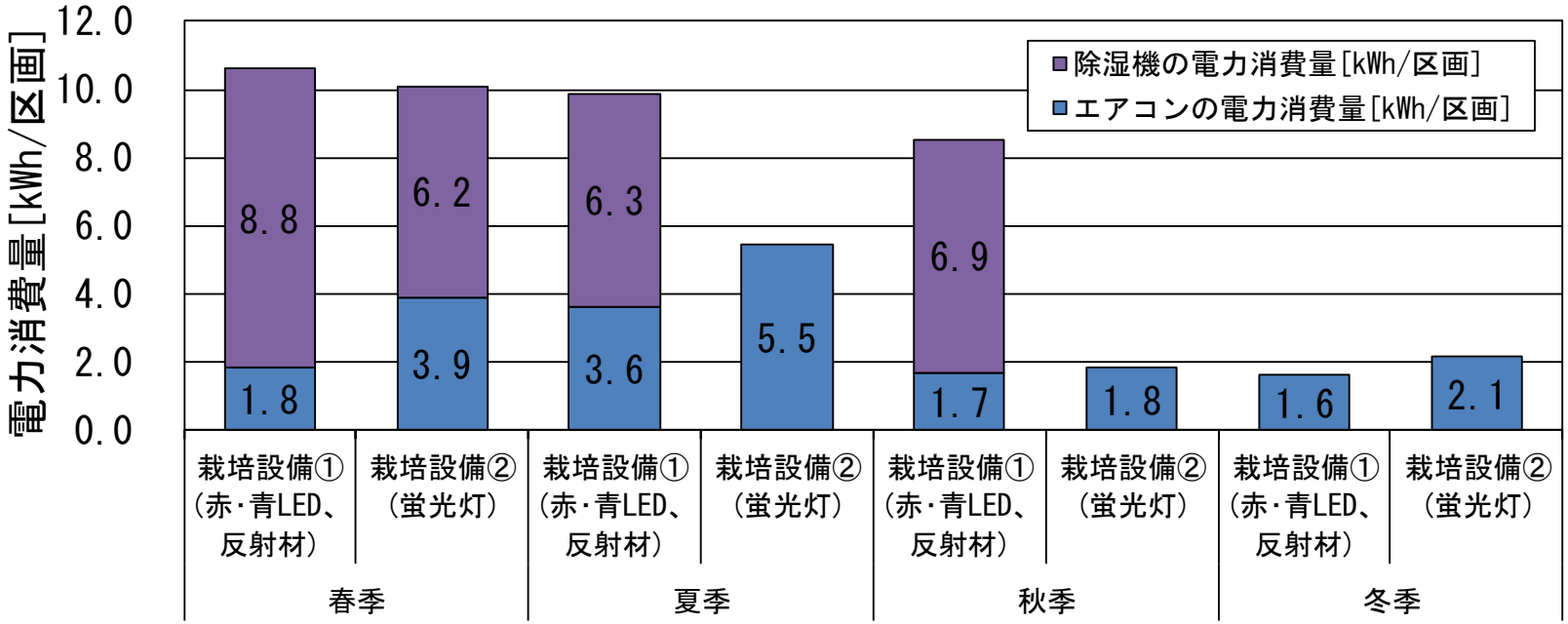


図10　除湿機・エアコンの電力消費量

これは室内発熱が相対的に少ない栽培設備①ではエアコンの冷房運転する時間が短くなり、除湿機の処理する潜熱量が相対的に増加すること、エアコンよりも除湿機のCOPが低いためと考えられる。

リーフレタス栽培実験結果

各単位電力消費量当たりのリーフレタス収穫重量の比較

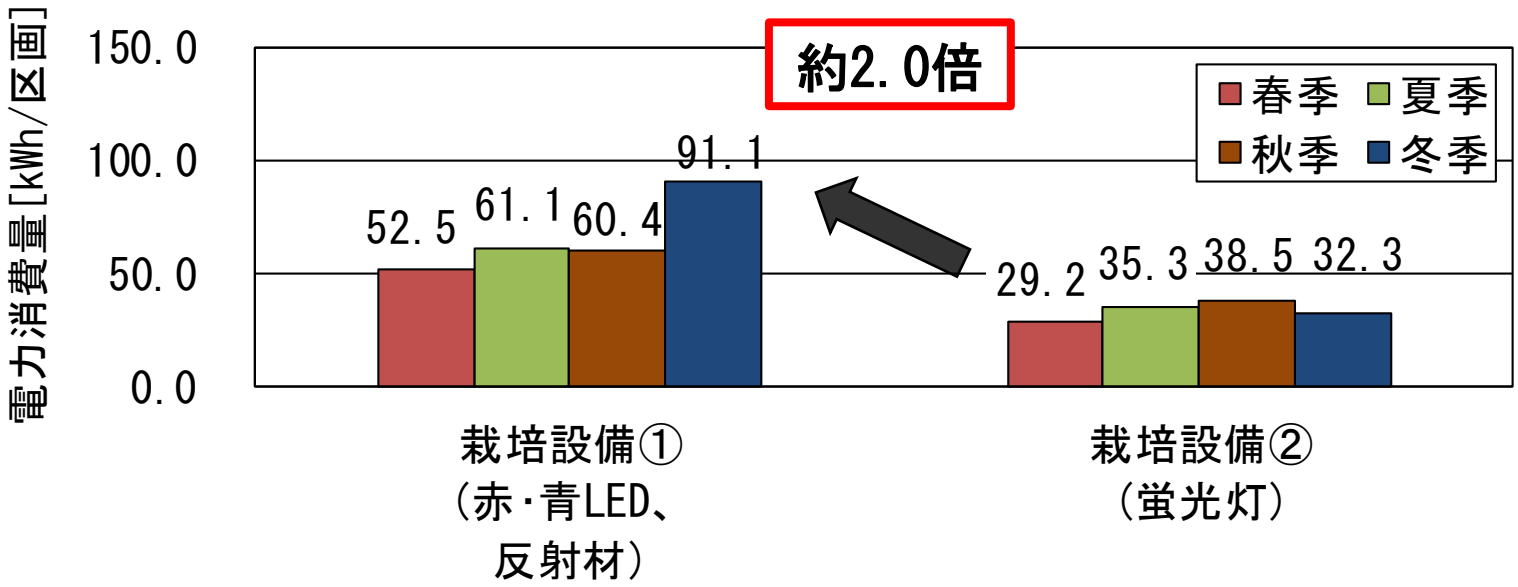


図12　単位全電力消費量当たりのリーフレタス収穫重量

栽培設備①の単位全電力消費量当たりの収穫重量は栽培設備②と比較して約2.0倍となる。

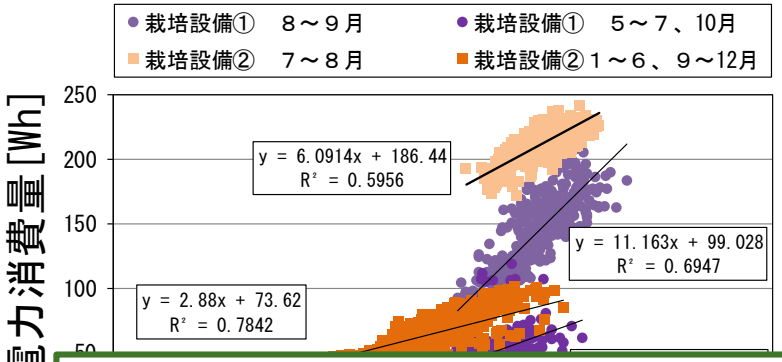
リーフレタス栽培実験概要

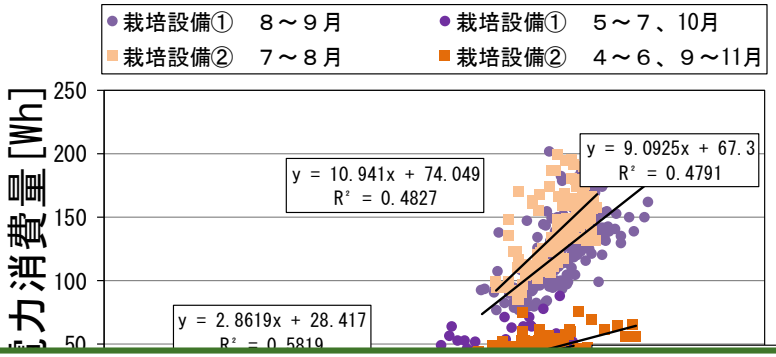
各単位電力消費量当たりのリーフレタス収穫重量の比較

年間のリーフレタス栽培実験より省エネ型栽培設備を用いることにより、年間を通して従来の栽培設備に比較して約半分の電力消費量で同量以上の植物生産を行うことが可能である。

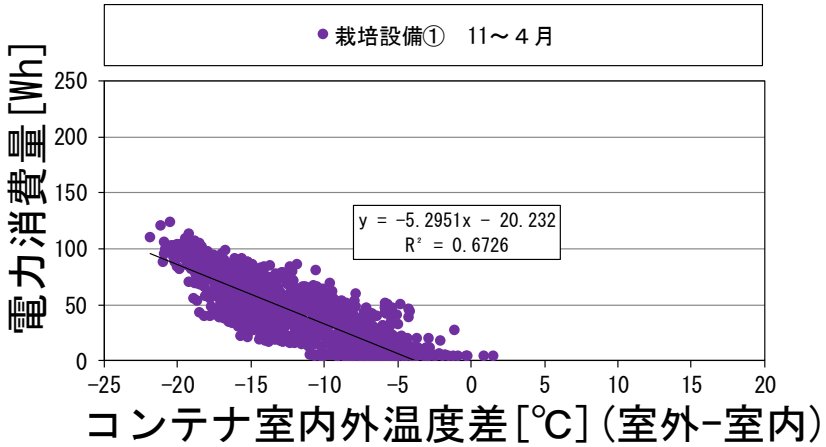
１　研究目的
２　リーフレタス栽培実験概要
３　リーフレタス栽培実験結果
４　熱負荷計算の概要
５　植物工場稼働時における電力消費量の数値計算結果
６　まとめ

室内外温度差とエアコンの電力消費量の関係

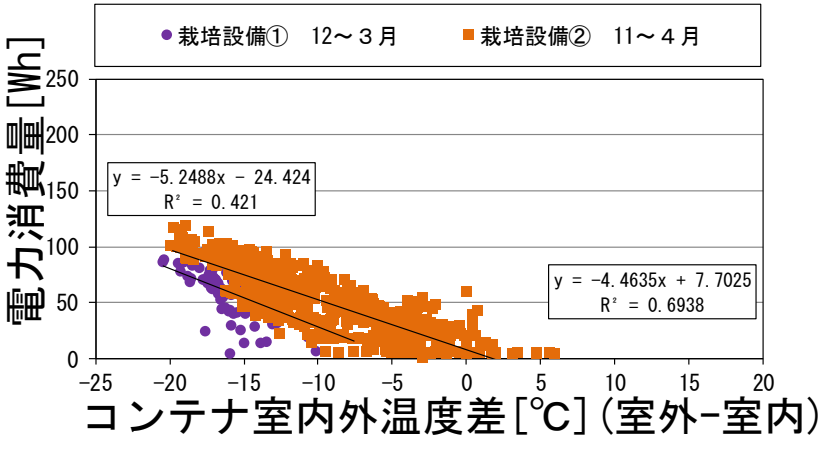




エアコンの電力消費量は冷暖房時ともに室内外温度差に比例して増加する。



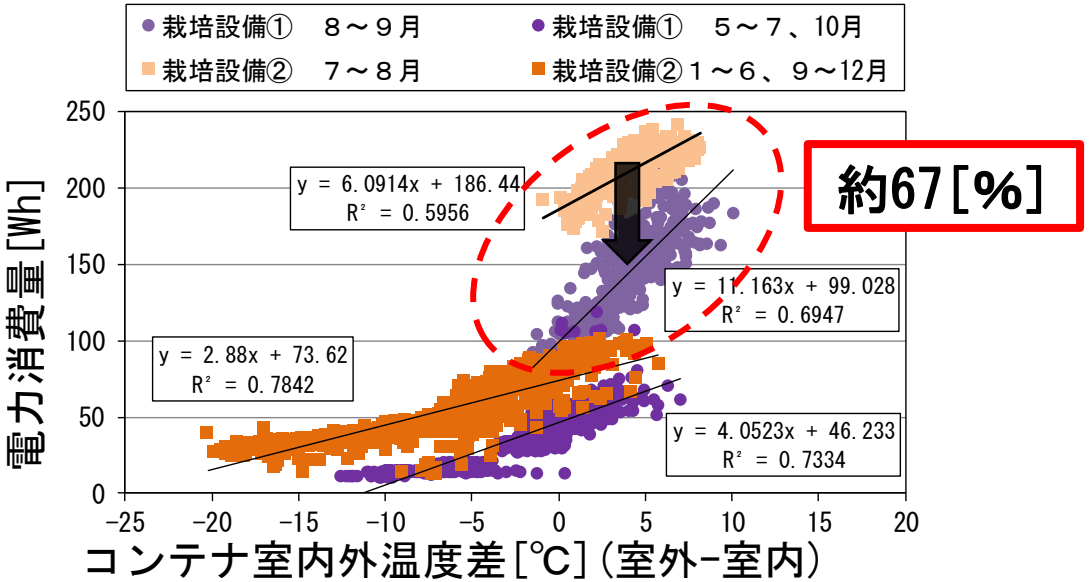
(b) 明期 暖房時



(d) 暗期 暖房時

図13 リーフレタス栽培実験期間中の１時間当たりの平均コンテナ室内外温度差とエアコンの電力消費量の関係

室内外温度差とエアコンの電力消費量の関係



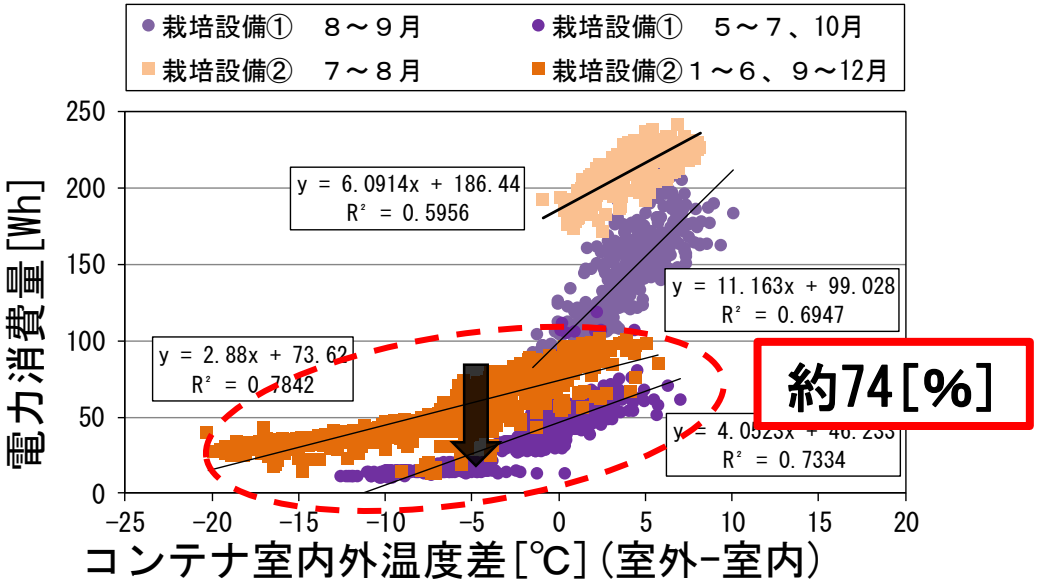
(a)　明期　冷房時

図13　リーフレタス栽培実験期間中の１時間当たりの平均コンテナ室内外温度差とエアコンの電力消費量の関係

明期・冷房時の空調用電力消費量は夏季では栽培設備②に対して栽培設備①は約67[%]、それ以外の季節では約74[%]となる。

熱負荷計算の概要

室内外温度差とエアコンの電力消費量の関係



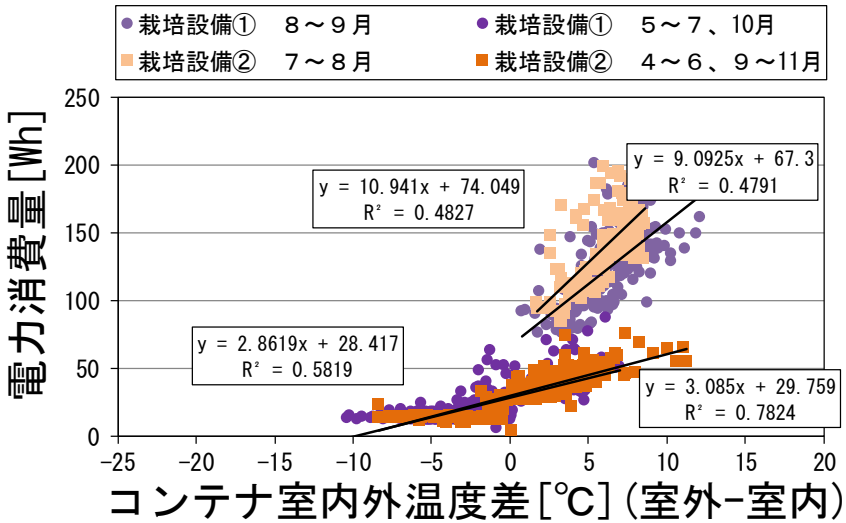
(a)　明期　冷房時

図13　リーフレタス栽培実験期間中の１時間当たりの平均コンテナ室内外温度差とエアコンの電力消費量の関係

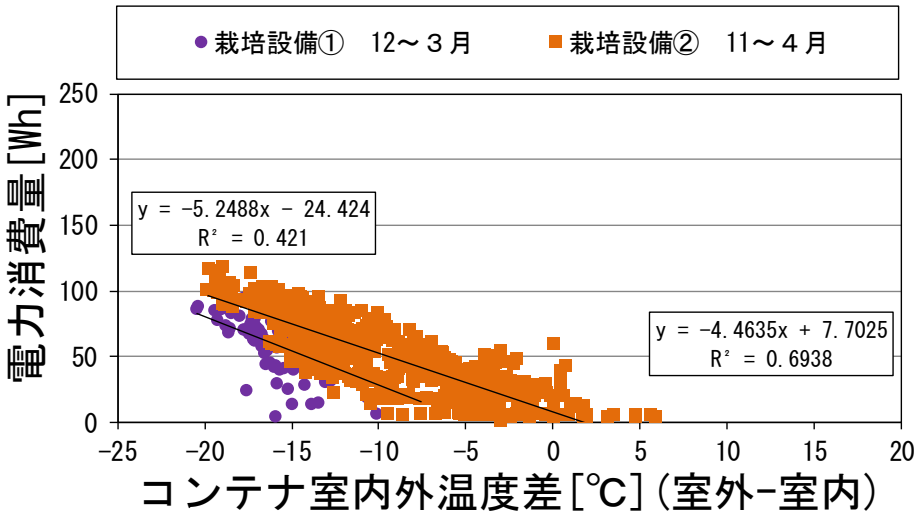
明期・冷房時の空調用電力消費量は夏季では栽培設備②に対して栽培設備①は約67[%]、それ以外の季節では約74[%]となる。

熱負荷計算の概要

室内外温度差とエアコンの電力消費量の関係



(c)　暗期　冷房時



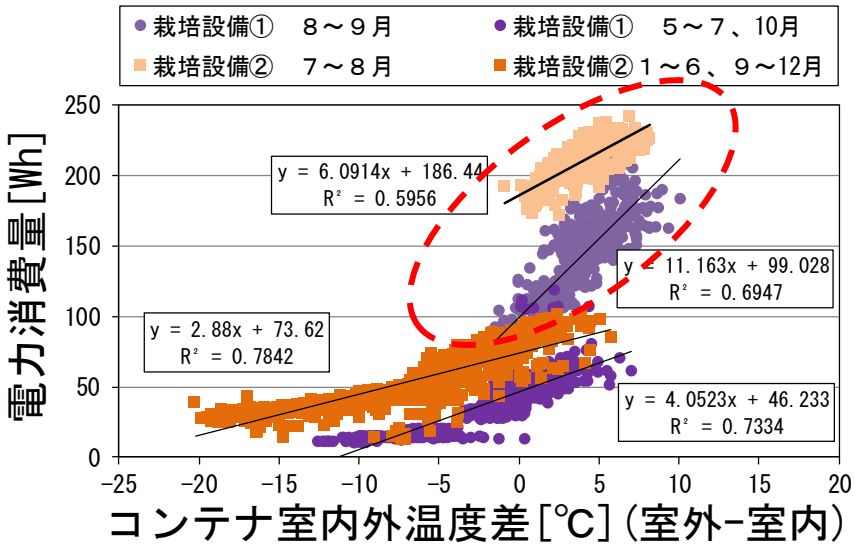
(d)　暗期　暖房時

図13　リーフレタス栽培実験期間中の１時間当たりの平均コンテナ室内外温度差とエアコンの電力消費量の関係

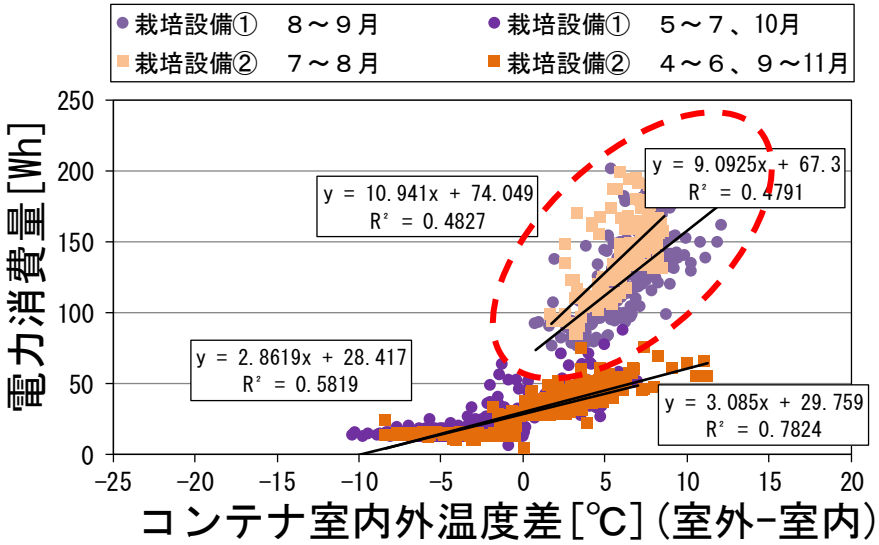
暗期では暖冷房時ともに栽培設備①と栽培設備②で空調用電力消費量に殆ど差は見られない。

熱負荷計算の概要

室内外温度差とエアコンの電力消費量の関係



(a) 明期 冷房時



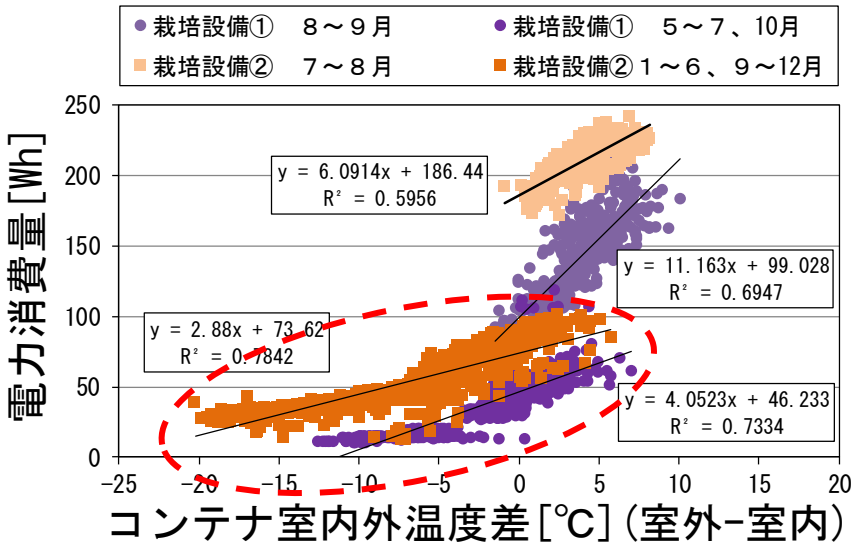
(c) 暗期 冷房時

図13 リーフレタス栽培実験期間中の１時間当たりの平均コンテナ室内外温度差とエアコンの電力消費量の関係

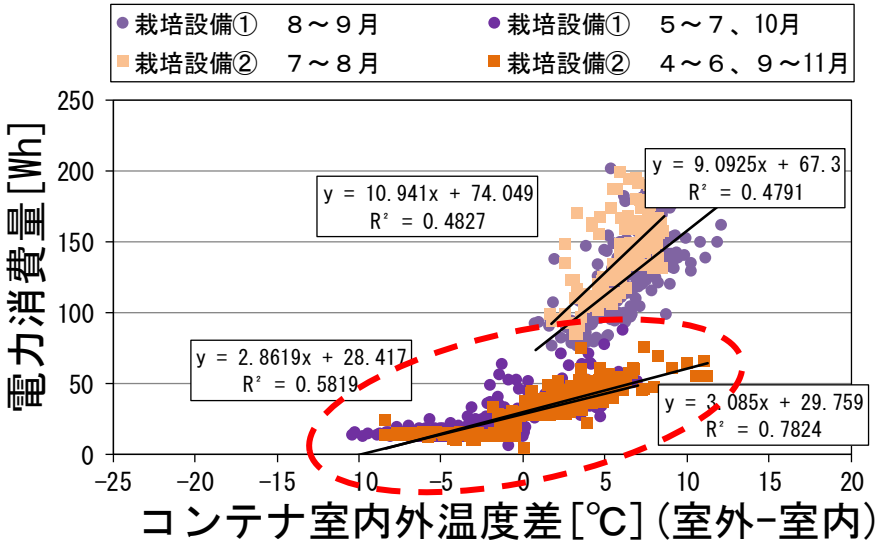
なお、冷房時では同じ室内外温度差でも夏季とその他の季節で空調用電力消費量の分布が異なっている。これは、エアコンのON-OFF運転の間隔が異なるためと考えられる。

熱負荷計算の概要

室内外温度差とエアコンの電力消費量の関係



(a) 明期 冷房時



(c) 暗期 冷房時

図13 リーフレタス栽培実験期間中の１時間当たりの平均コンテナ室内外温度差とエアコンの電力消費量の関係

なお、冷房時では同じ室内外温度差でも夏季とその他の季節で空調用電力消費量の分布が異なっている。これは、エアコンのON-OFF運転の間隔が異なるためと考えられる。

熱負荷計算の概要

解析の概要

本研究におけるコンテナ式植物工場を対象とした熱負荷計算では、気象条件には日本建築学会拡張アメダス気象データ（標準年）から代表12地点※６を使用する。熱負荷計算により植物工場の暖冷房負荷の解析を行い、暖房及び冷房負荷の発生する時刻及び室内外温度差を算出する。

※６　札幌、仙台、東京、名古屋、新潟、金沢、大阪、広島、高知、福岡、鹿児島、那覇の計12地点である。

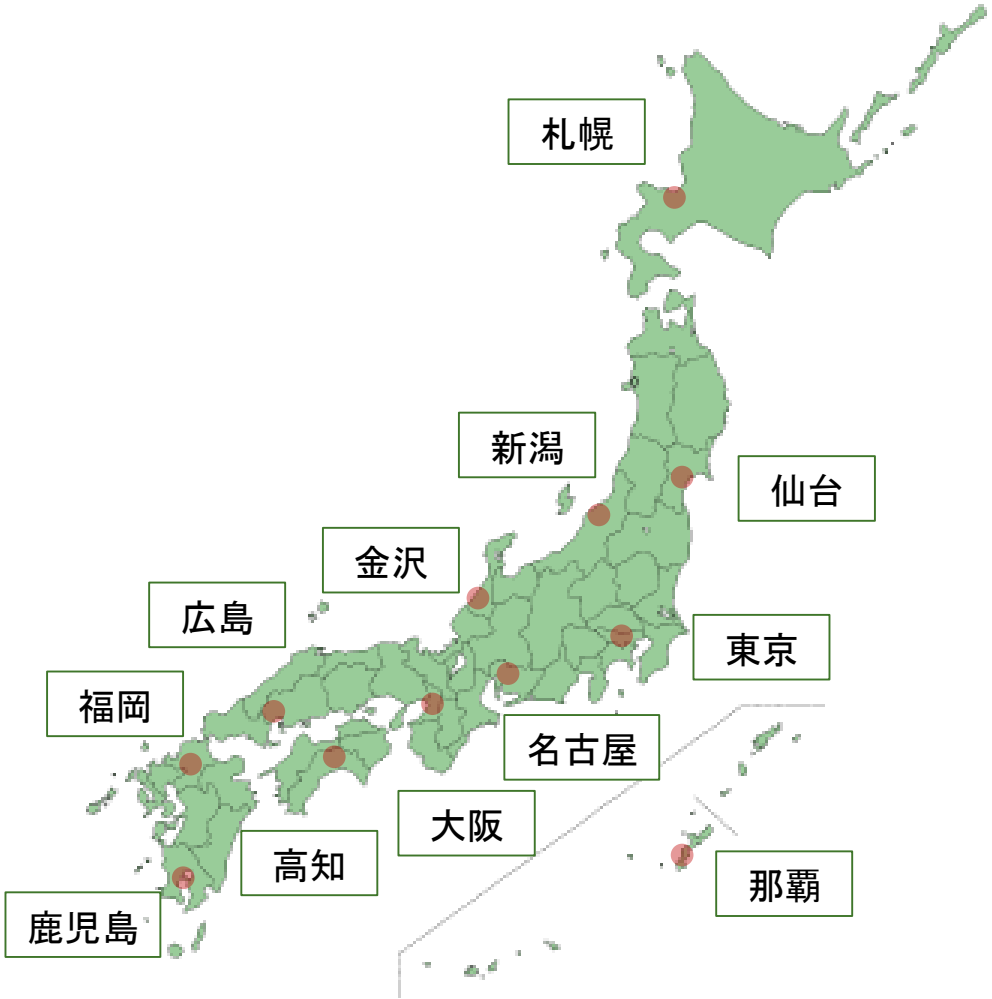


図　代表12地点

熱負荷計算の概要

解析の概要

解析にはTRNSYS ver.16を使用する。エアコンの電力消費量は外部条件の影響を受け、変動する値であるが、その他（照明、循環用ファン等）の電力消費量は定格である。そこで、エアコンの電力消費量をシミュレーションにより算出する。

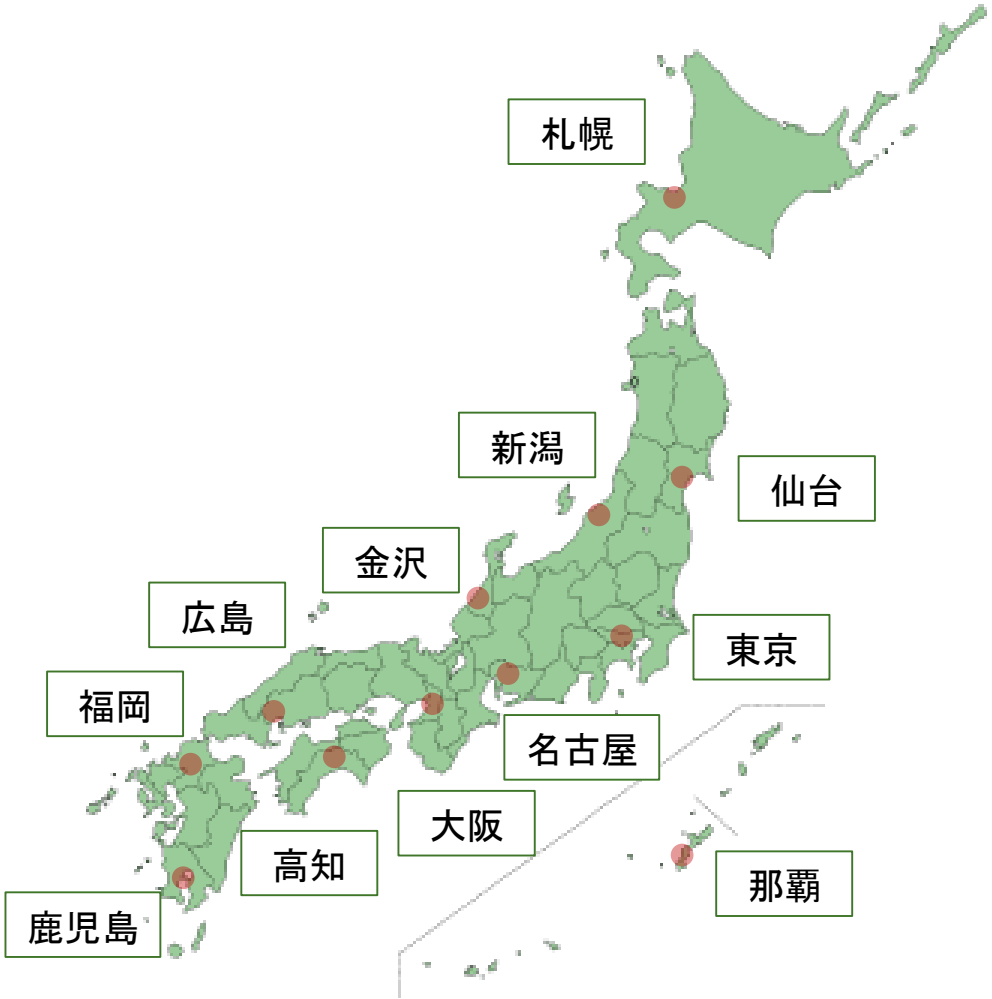


図　代表12地点

熱負荷計算の概要

解析の概要

熱負荷計算で得られた暖冷房負荷から、暖冷房負荷発生時の各代表地点の外気温と室温よりコンテナ室内外温度差を算出する。更に実験で得られた回帰式(図13)から１時間当たりのエアコンの電力消費量を求め、年積算電力消費量※７を算出する。

※７　対象とするコンテナ式植物工場を１年間稼働させ続けた場合の積算値である。

表　実験で得られた回帰式

栽培設備	栽培期間	明･暗期	エアコン稼働条件	回帰式 x:コンテナ室内外温度差[℃] （室外ー室内） y:電力消費量[Wh]
栽培設備①（省エネ型）	８～9月	明期	冷房	y=11.163x+99.028
	５～７、10月			y=4.0523x+46.233
栽培設備②（従来型）	７～８月			y=6.0914x+186.44
	１～６、９～12月			y=2.88x+73.62
栽培設備①（省エネ型）	11～４月		暖房	y=-5.2951x-20.232
	８～９月	暗期	冷房	y=9.0925x+67.3
	５～７、10月			y=2.8319x+28.417
栽培設備②（従来型）	７～８月			y=10.941x+74.049
	４～６、９～11月			y=3.085x+29.759
栽培設備①（省エネ型）	12～３月		暖房	y=-5.2488x-24.424
栽培設備②（従来型）	11～４月			y=-4.4636x+7.7025

熱負荷計算の概要

解析の概要

解析対象は図２に示す完全人工光型コンテナ式植物工場とする。対象とするコンテナ式植物工場の断熱性能は実験と同様とし、熱損失係数は1.9[W/m²･K]である。

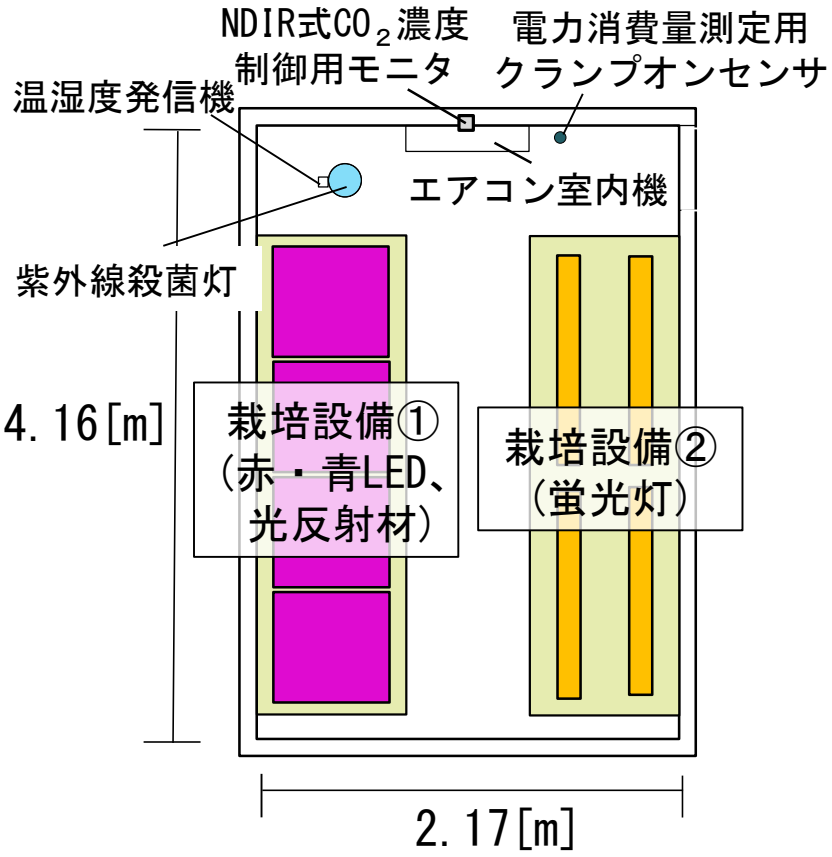


図２　コンテナ式植物工場の内部（平面）

熱負荷計算の概要

解析の概要

表４　解析caseの概要

		外壁１	外壁２	外壁３	外壁４	屋根	床
case1（日射無し）	面積[㎡]	8.97		4.65		8.96	
case2（日射有り・長辺南北向き）	面積[㎡]	8.97		4.65		8.96	
	方位	北	南	東	西	水平面	
	天空率[-]	0.5				1	0

case1ではコンテナを室内に設置するものとし日射を考慮しない。
case2では日射を考慮し、コンテナ長辺方向を南北向きとする。
なお日射を考慮したcase2では、外壁各面への日射量と外気温から相当外気温度※８を算出し、外気温として解析を行う。

※８　各外壁の日射吸収率を0.7、長波長放射率を0.3とする。

熱負荷計算の概要

解析の概要

表４　解析caseの概要

		外壁１	外壁２	外壁３	外壁４	屋根	床
case1（日射無し）	面積[㎡]	8.97		4.65		8.96	
case2（日射有り・長辺南北向き）	面積[㎡]	8.97		4.65		8.96	
	方位	北	南	東	西	水平面	
	天空率[-]	0.5				1	0

case1ではコンテナを室内に設置するものとし日射を考慮しない。
case2では日射を考慮し、コンテナ長辺方向を南北向きとする。
なお日射を考慮したcase2では、外壁各面への日射量と外気温から相当外気温度※８を算出し、外気温として解析を行う。

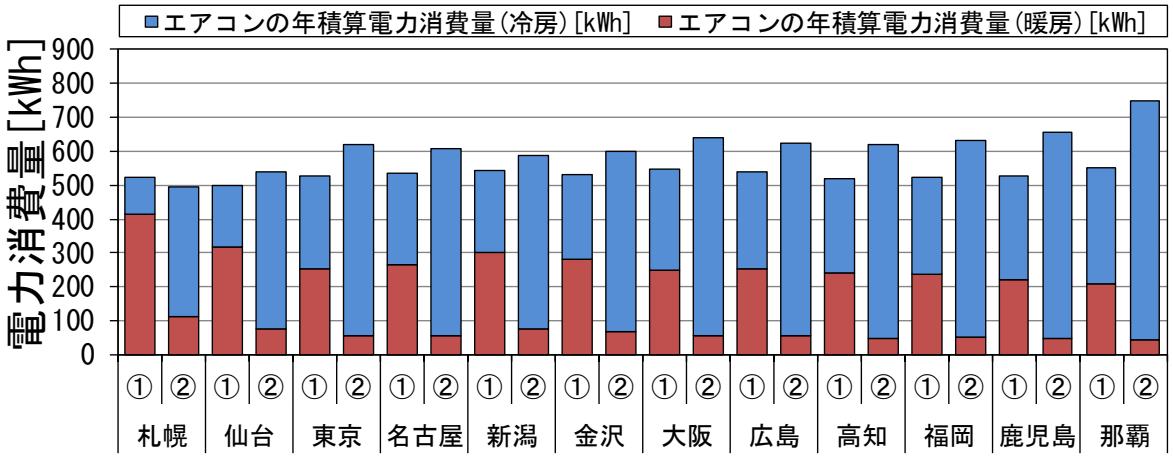
※８　各外壁の日射吸収率を0.7、長波長放射率を0.3とする。

１　研究目的
２　リーフレタス栽培実験概要
３　リーフレタス栽培実験結果
４　熱負荷計算の概要
５　植物工場稼働時における電力消費量の数値計算結果
６　まとめ

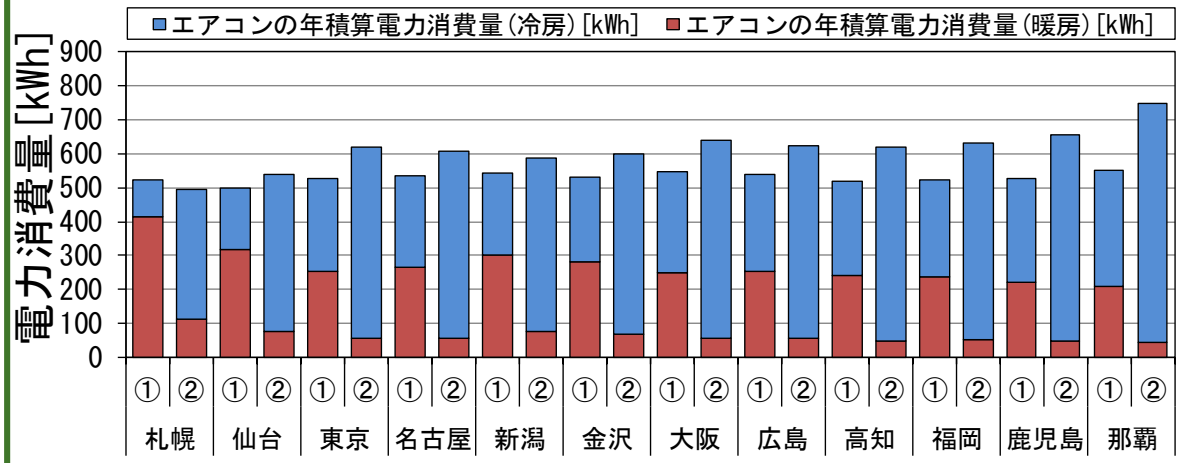
植物工場稼働時における電力消費量の数値計算結果

解析caseの比較

栽培設備①のエアコンの年積算電力消費量は栽培設備②と比較してcase1では約85.4[%]に、case2では約90.5[%]となる。case1のエアコンの年積算電力消費量は日射を考慮するcase2と比較して栽培設備①では約88.3[%]に、栽培設備②では約93.2[%]となる。



(a)　case1(日射を無視)



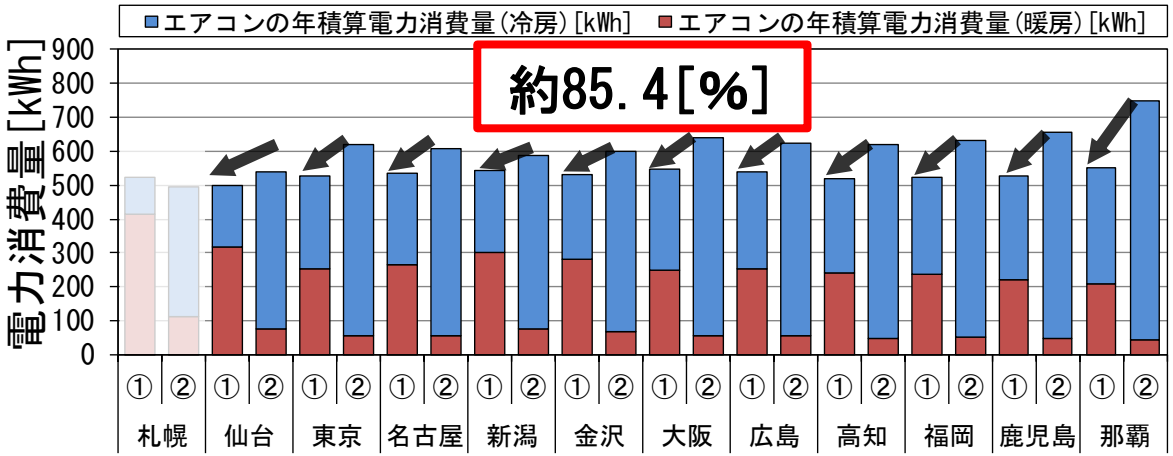
(b)　case2(日射を考慮、長辺を南北向き)

図14　栽培設備①・②における
各代表地点のエアコンの年積算電力消費量

植物工場稼働時における電力消費量の数値計算結果

解析caseの比較

栽培設備①のエアコンの年積算電力消費量は栽培設備②と比較してcase1では約85.4[%]に、case2では約90.5[%]となる。case1のエアコンの年積算電力消費量は日射を考慮するcase2と比較して栽培設備①では約88.3[%]に、栽培設備②では約93.2[%]となる。



(a)　case1(日射を無視)

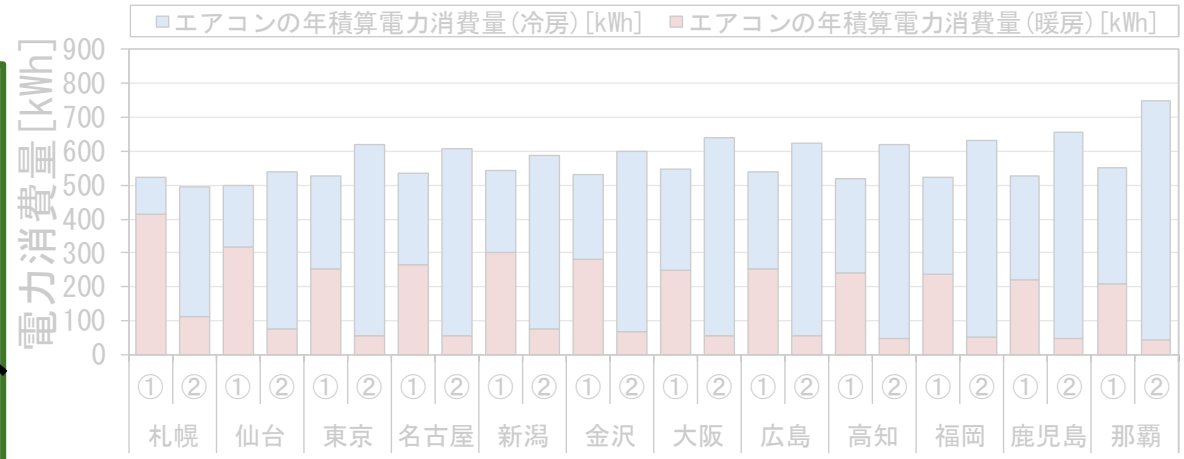
(b)　case2(日射を考慮、長辺を南北向き)

図14　栽培設備①・②における
各代表地点のエアコンの年積算電力消費量

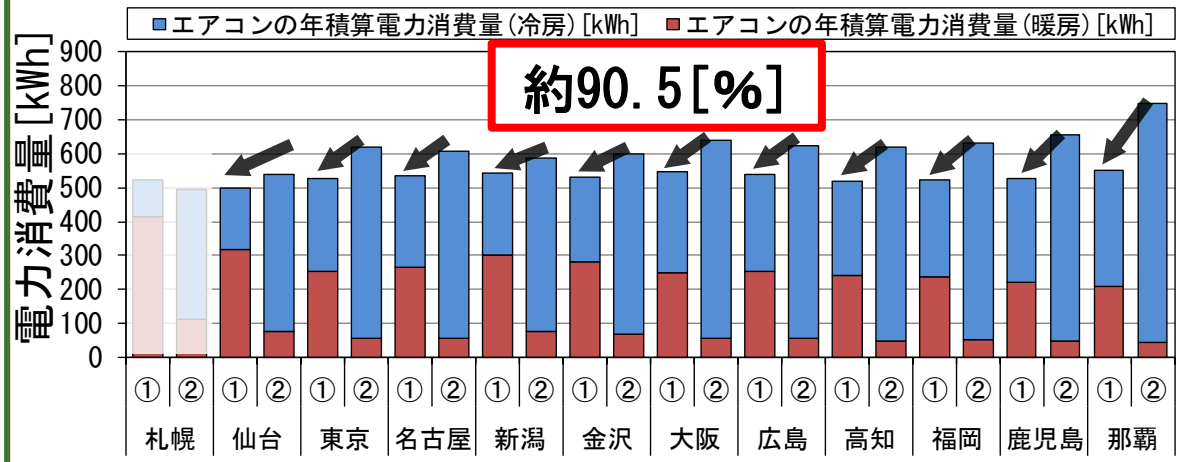
植物工場稼働時における電力消費量の数値計算結果

解析caseの比較

栽培設備①のエアコンの年積算電力消費量は栽培設備②と比較してcase1では約85.4[%]に、case2では約90.5[%]となる。case1のエアコンの年積算電力消費量は日射を考慮するcase2と比較して栽培設備①では約88.3[%]に、栽培設備②では約93.2[%]となる。



(a)　case1(日射を無視)



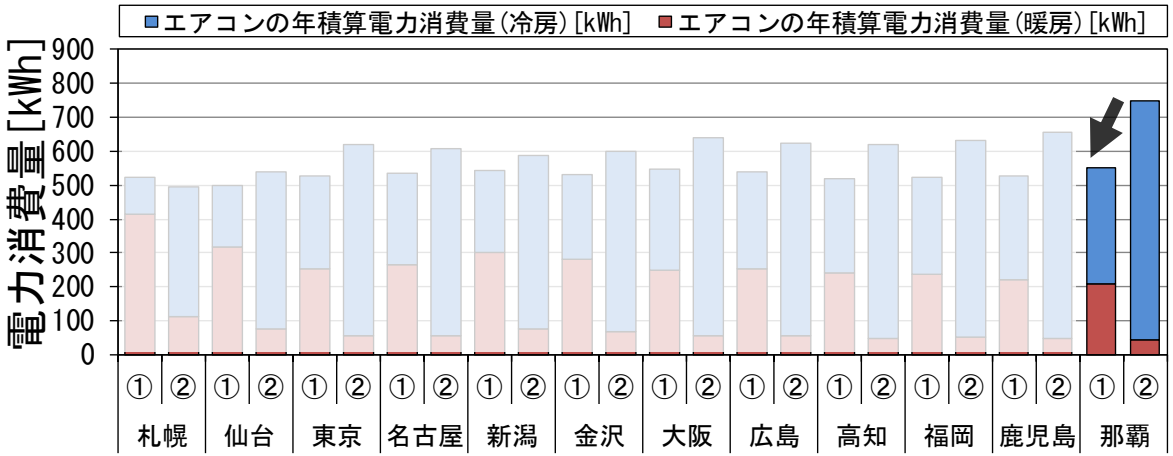
(b)　case2(日射を考慮、長辺を南北向き)

図14　栽培設備①・②における各代表地点のエアコンの年積算電力消費量

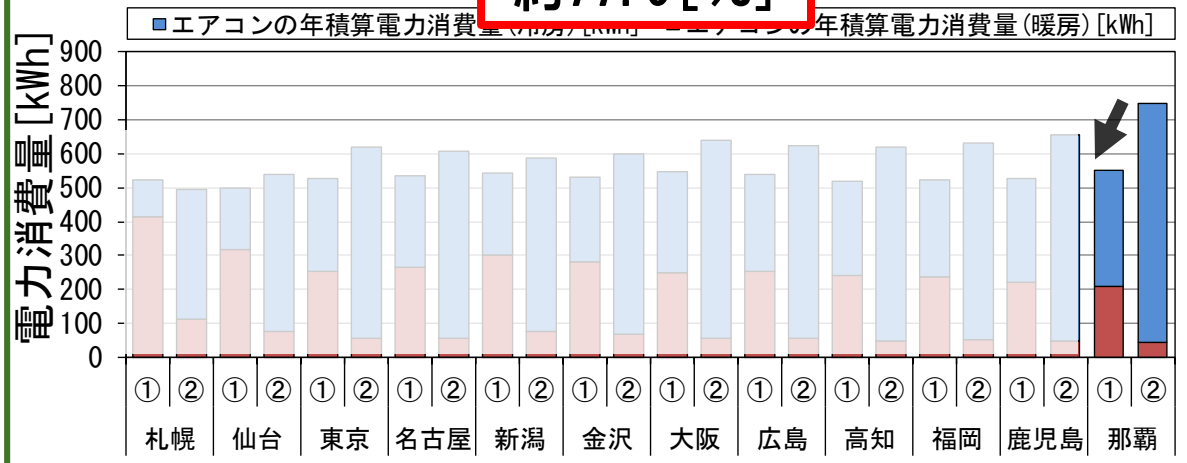
植物工場稼働時における電力消費量の数値計算結果

解析caseの比較

また、全地点の中で最もエアコンの年積算電力消費量の削減率が大きい地点は那覇であり、那覇の栽培設備①のエアコンの年積算電力消費量は栽培設備②と比較して平均で約77.9[%]となる。一方、札幌では栽培設備①のエアコンの年積算電力消費量は栽培設備②と比較して平均で約1.1倍となる。



(a) 約77.9[%] 慮視)



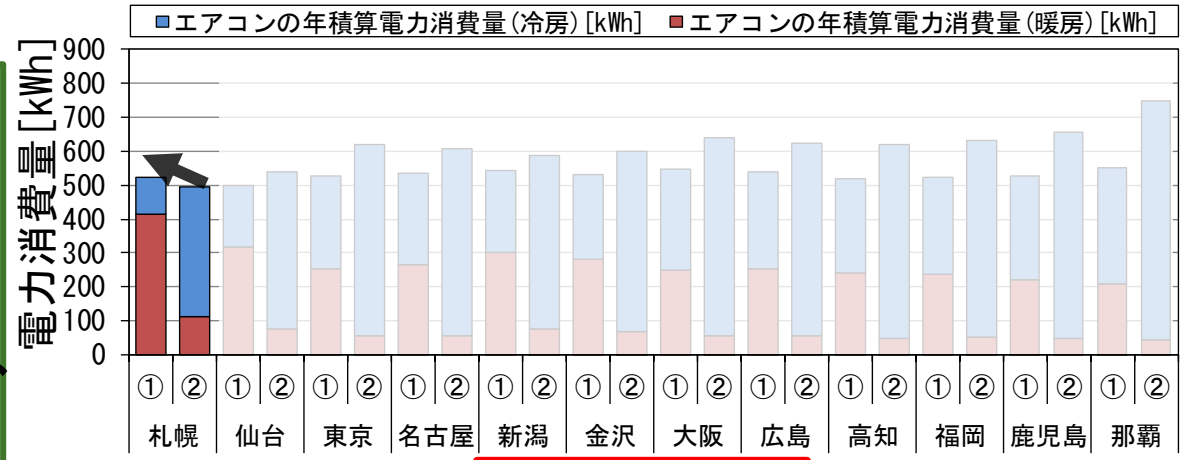
(b) case2(日射を考慮、長辺を南北向き)

図14 栽培設備①・②における各代表地点のエアコンの年積算電力消費量

植物工場稼働時における電力消費量の数値計算結果

解析caseの比較

また、全地点の中で最もエアコンの年積算電力消費量の削減率が大きい地点は那覇であり、那覇の栽培設備①のエアコンの年積算電力消費量は栽培設備②と比較して平均で約77.9[%]となる。一方、札幌では栽培設備①のエアコンの年積算電力消費量は栽培設備②と比較して平均で約1.1倍となる。



(a)　　視)

約1.1倍

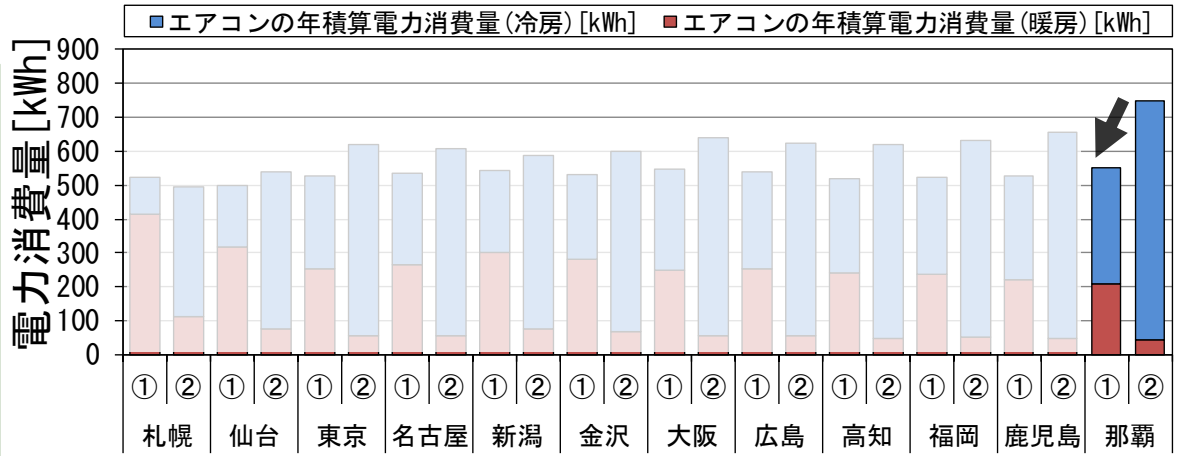
(b)　case2(日射を考慮、長辺を南北向き)

図14　栽培設備①・②における
各代表地点のエアコンの年積算電力消費量

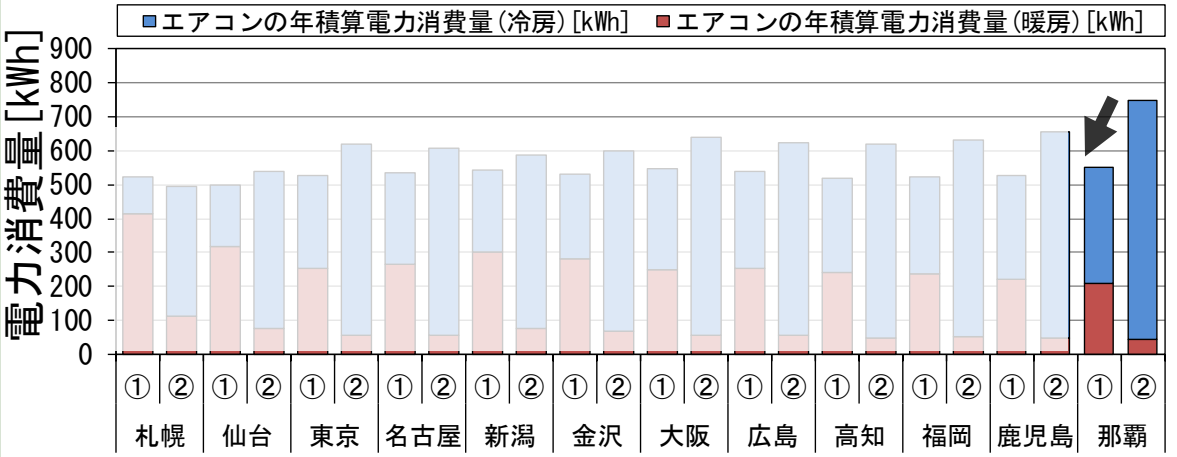
植物工場稼働時における電力消費量の数値計算結果

解析caseの比較

栽培設備①を用いることで照明用電力消費量が減少し室内発熱負荷が少なくなるため、相対的に冷房負荷の大きい地域ではエアコンの電力消費量の削減効果が大きくなる傾向がある。一方暖房負荷の大きい地域では室内発熱の減少により、暖房負荷が増加することで、エアコンの電力消費量が増加する。



(a)　case1(日射を無視)



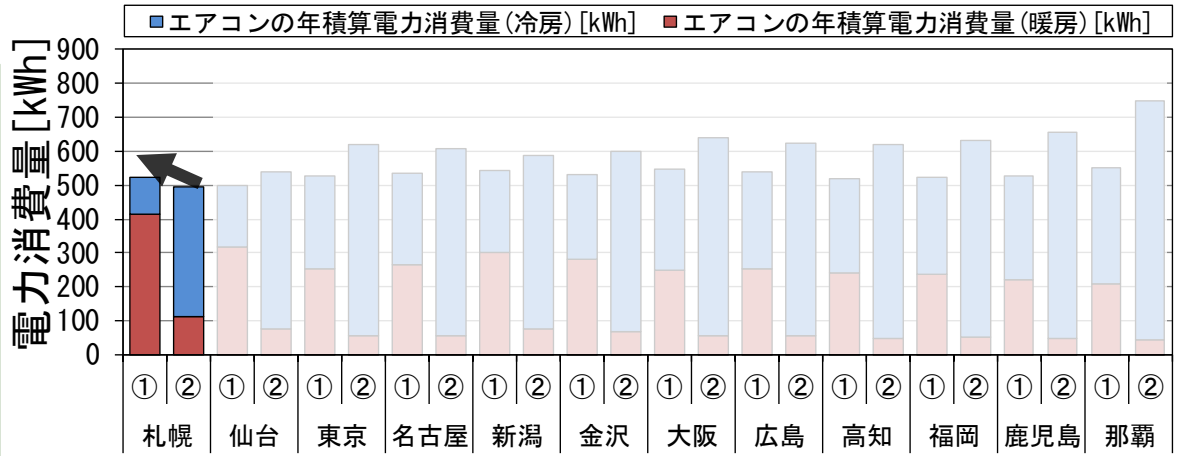
(b)　case2(日射を考慮、長辺を南北向き)

図14　栽培設備①・②における
各代表地点のエアコンの年積算電力消費量

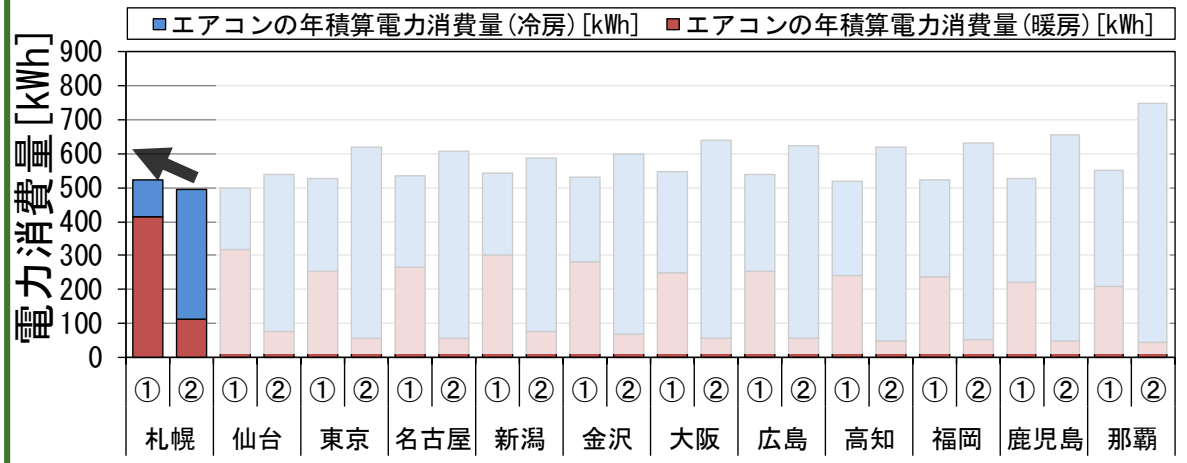
植物工場稼働時における電力消費量の数値計算結果

解析caseの比較

栽培設備①を用いることで照明用電力消費量が減少し室内発熱負荷が少なくなるため、相対的に冷房負荷の大きい地域ではエアコンの電力消費量の削減効果が大きくなる傾向がある。一方暖房負荷の大きい地域では室内発熱の減少により、暖房負荷が増加することで、エアコンの電力消費量が増加する。



(a)　case1(日射を無視)



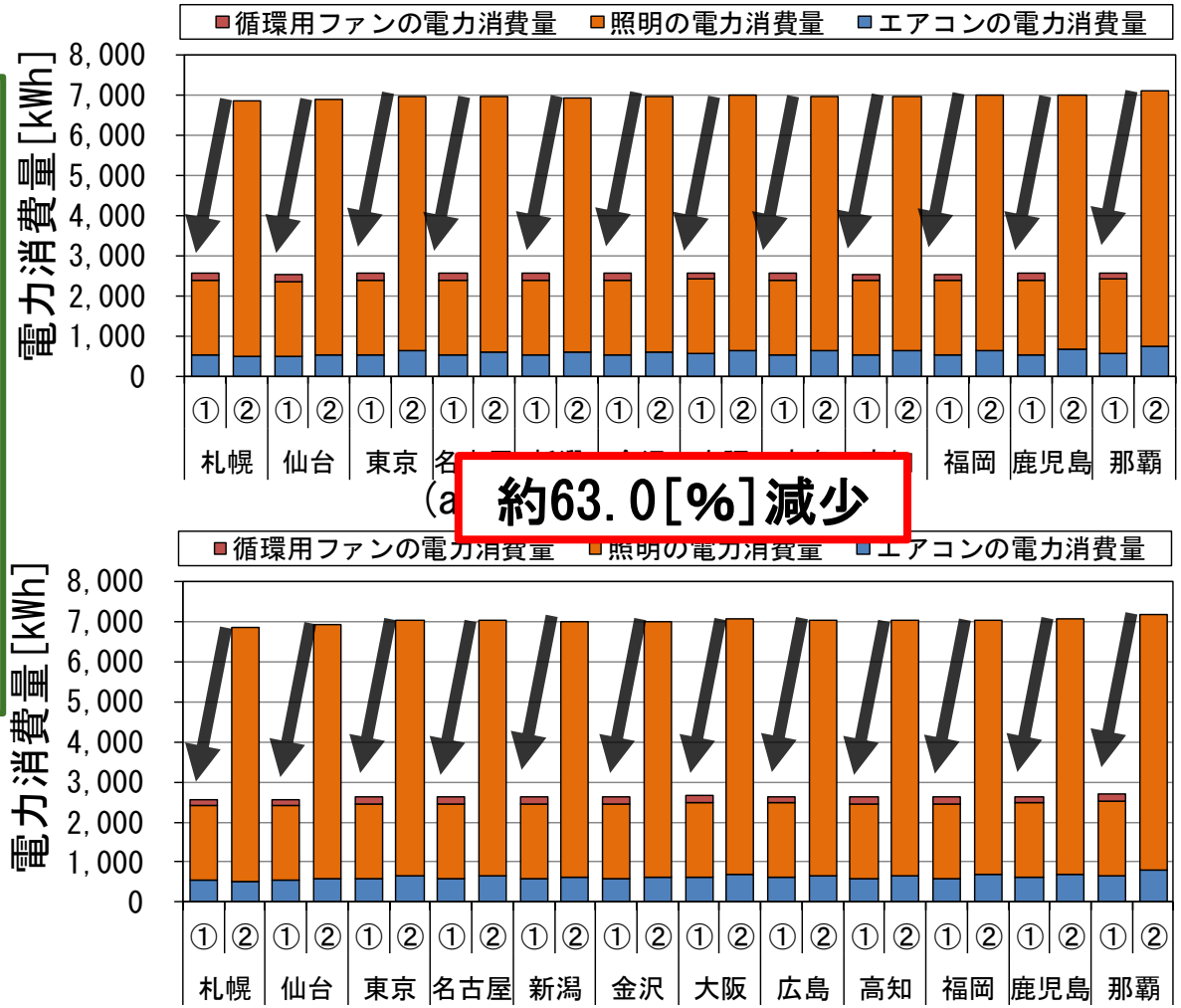
(b)　case2(日射を考慮、長辺を南北向き)

図14　栽培設備①・②における
各代表地点のエアコンの年積算電力消費量

植物工場稼働時における電力消費量の数値計算結果

解析caseの比較

両caseで、どの地点でも栽培設備②に比較して栽培設備①の照明・エアコン・循環用ファンを含めた年積算総電力消費量が少なく、平均で約63.0[%]減少する。



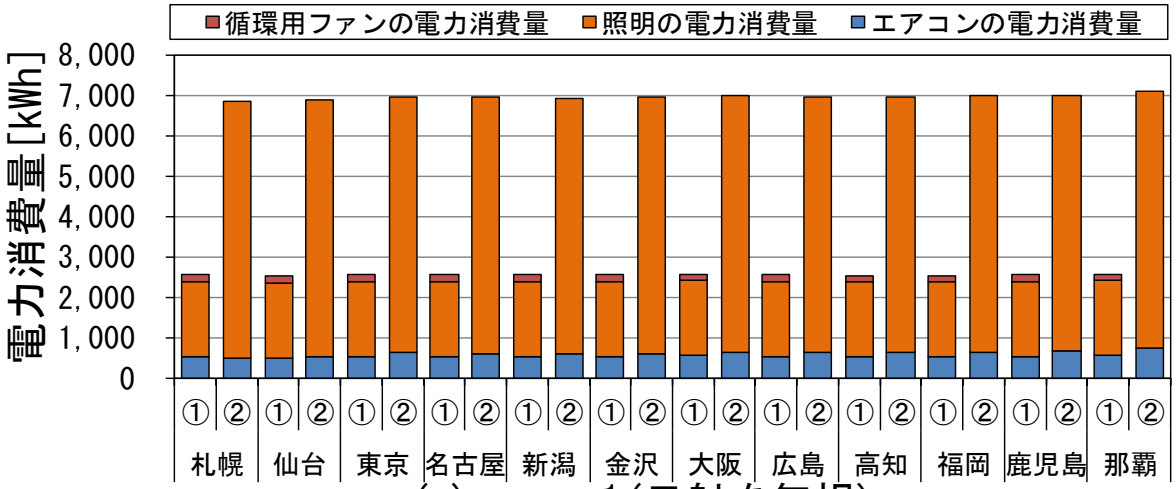
(b)　case2(日射を考慮、長辺を南北向き)

図15　栽培設備①・②における各代表地点の照明・エアコン・循環用ファンを含めた年積算総電力消費量

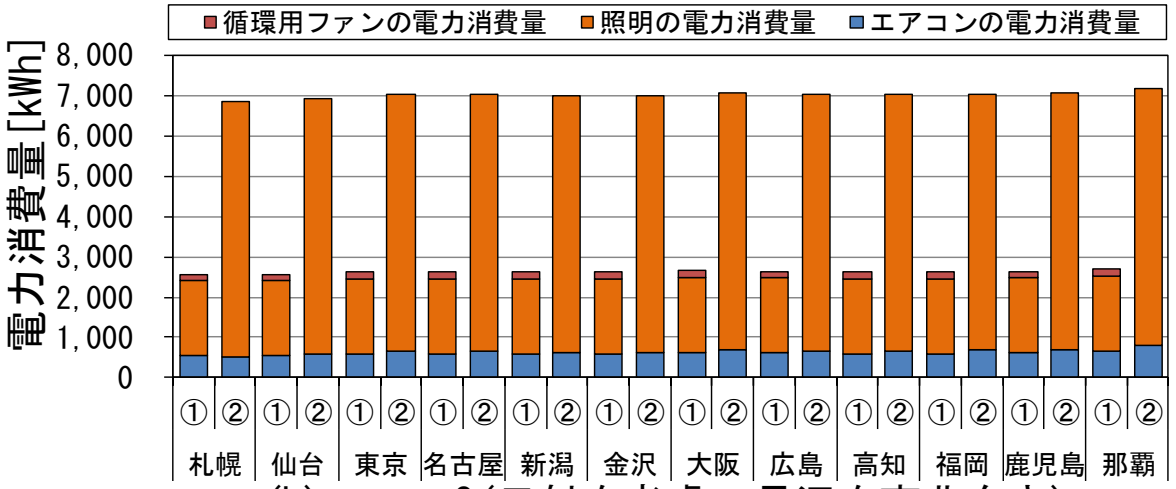
植物工場稼働時における電力消費量の数値計算結果

解析caseの比較

年積算総電力消費量におけるエアコンの電力消費量の割合は、平均で栽培設備①が約21.8[%]、栽培設備②が約9.1[%]と小さく、栽培設備①による植物工場全体の年積算総電力消費量の削減効果は、照明用電力消費量の減少による影響が大半を占める。



(a)　case1(日射を無視)



(b)　case2(日射を考慮、長辺を南北向き)

図15　栽培設備①・②における各代表地点の照明・エアコン・循環用ファンを含めた年積算総電力消費量

１　研究目的
２　リーフレタス栽培実験概要
３　リーフレタス栽培実験結果
４　熱負荷計算の概要
５　植物工場稼働時における電力消費量の数値計算結果
６　まとめ

まとめ

リーフレタス栽培実験

①どの季節においても従来型栽培設備(栽培設備②)の最大･平均･最小重量が省エネ型栽培設備(栽培設備①)と比較して大きい。年間を通して、栽培設備②の最大・平均・最小重量は全て栽培設備①の約1.2倍となる。
②栽培設備①の方が栽培設備②と比較して変動係数が小さいため、収穫重量のばらつきが少ないのは栽培設備①である。
③栽培設備①の照明用電力消費量は栽培設備②に対して年間を通して平均で約70[%]減少する。
④栽培設備①の総電力消費量は栽培設備②と比較し各季節とも約20.7[kWh/区画]少なく、栽培設備①の全電力消費量は栽培設備②の約1/2である。
⑤エアコンの電力消費量はどの季節でも栽培設備①の方が少ないが、除湿機の電力消費量を含めた空調用電力消費量では春季、夏季、秋季においては栽培設備①の方が多い。
⑥栽培設備①の単位電力消費量当たりの収穫重量は栽培設備②の約2.0倍となる。
⑦省エネ型栽培設備を用いることにより、年間を通して従来の栽培設備と比較して約半分の電力消費量で同量以上の植物生産を行うことが可能である。

まとめ

植物工場稼働時の電力消費量シミュレーション

①エアコンの電力消費量はコンテナ室内外温度差に比例して増加する。
②明期・暗期の冷房時では同じ室内外温度差でも夏季とその他の季節によりエアコンの電力消費量の分布が異なるが、これは、両実験期間でエアコンのON-OFF運転の間隔が異なるためと考えられる。
③栽培設備①のエアコンの年積算電力消費量は栽培設備②と比較してcase1では約85.4[%]に、case2では約90.5[%]となる。
④全地点の中で最もエアコンの年積算電力消費量の削減率が大きい地点は那覇であり、那覇のエアコンの年積算電力消費量は栽培設備①は栽培設備②と比較して平均で約77.9[%]となる。
⑤札幌では栽培設備①のエアコンの年積算電力消費量は栽培設備②と比較して平均で約1.1倍となる。
⑥両caseで、どの地点でも栽培設備②に比較して栽培設備①の年積算総電力消費量が少なく、平均で約37.0[%]となる。