農研機構
NARO 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

Varietal Differences and Order of Comparative Cadmium Concentration in Carrot (Daucus carota L.), Lettuce (Lactuca sativa L.), Endiv (Cichorium endivia L.) and Chicory (Cichorium intybus L.).

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 伊藤, 純雄, 菊地, 直, 加藤, 直人 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/00001560

中央農研研究報告　18：15－35（2013）
Bull.NARO.Agric.Res.Cent.

ニンジンおよびレタス類の品種別カドミウム濃度の相対的序列推定

伊藤純雄[*1]・菊地　直[*2]・加藤直人[*1]

目　次

Ⅰ．はじめに …… 15
Ⅱ．材料と方法 …… 16
　1．ニンジン栽培試験 …… 16
　2．レタス類栽培試験 …… 18
　3．品種間のCd濃度の相対的序列の求め方 …… 20
Ⅲ．結果 …… 20
　1．供試土壌のCd濃度等 …… 20
　2．枠土壌夏播きニンジンのCd濃度等 …… 20
　3．小ポット春播きニンジンのCd濃度等 … 24
　4．非汚染土壌のニンジンのCd濃度等 …… 24
　5．枠土壌レタス類のCd濃度等 …… 24
　6．小ポットレタス類のCd濃度等 …… 25
Ⅳ．考察 …… 25
　1．ニンジンのCd濃度品種間差と生育などとの関係 …… 25
　2．レタス類のCd濃度差と生育などとの関係 …… 28
　3．既存データを加えた品種による違いの取りまとめ …… 29
Ⅴ．摘要 …… 31
引用文献 …… 32
Summary …… 35

Ⅰ．はじめに

食品中のカドミウム（Cd）濃度の国際基準値[16]がCodex委員会によって定められた．今後，野菜についても国内基準値が設定される可能性がある．しかし，野菜のCd濃度に関わる品目間差や品種間差については，十分な研究蓄積がない．そこで，ホウレンソウ類[9]に引き続いて，ニンジン（*Daucus carota* L.）およびレタス類（レタス（*Lactuca sativa* L.）とエンダイブ（*Cichorium endivia*），チコリ（*Cichorium intybus*）について，Cd濃度の品種等に基づく違いと，土壌等の生育条件の違いに伴うCd濃度の変動を明らかにし，それらに基づいて品種別Cd濃度の相対的序列を取りまとめることを試みた．

ニンジンは，農林水産省が実施した実態調査によると，0.1㎎/kg ＦＷという国際基準値を超過する事例が1.5%あり[17]，Leeら[13]も日本国内の調査で同程度の濃度を報告している．また，オーストラリアにおいても非汚染地で基準値を超える事例があるとの報告があり[11]，ニンジンは根菜類の中でもCd濃度が高まりやすいことが予測される．

レタスは，農林水産省の実態調査の結果では，90点の最高値が0.08㎎/kg ＦＷで，国際基準値（0.2㎎/kg ＦＷ）を超える事例はない[17]が，オーストラリア[11]，オランダ[4]などでCd濃度が高まりやすいと報告されており，Lehoczkyら[14]，Pettersson[18]，Grayら[6]もレタスはCdを吸収しやすいと報告している．このような理由で，レタス類についても品種間差を明らかにする必要がある．

平成22年9月13日受付　平成25年2月26日受理
*1　中央農業総合研究センター 土壌肥料研究領域，*2　野菜茶業研究所

Ⅱ．材料と方法

１．ニンジン栽培試験

１）土壌

本試験では前報[9]と同じく，異なる鉱山から灌漑水を介して汚染された２種類の土壌，すなわちＡ土壌（灰色低地土，採取時 pH5.6）とＢ土壌（灰色低地土，採取時 pH6.3）と，精錬所から大気を介して汚染したＣ土壌（黒ボク土，採取時 pH5.4）の合計３種の土壌を供試した．これらの土壌を中央農業総合研究センターＢ地区(茨城県つくば市)の遮根シート上に設置した深さ約35㎝の木製枠に充填して栽培圃場とした．枠の面積は，Ａ，Ｂ土壌については5.６×3.7ｍの20㎡，Ｃ土壌については3.7×3.7ｍの13.5㎡である．初作のホウレンソウ作付前に土壌酸性を中和する目的で，苦土石灰60kg（Ａ土壌は40kg，いずれも枠当り）を均一に混和し，もみがら牛ふん堆肥120kgを施用した上記土壌を３つの枠に各々充填し，ホウレンソウ類を２回作付けした後の枠土壌[9]に，ニンジンを作付けした．

別に行った小ポット試験では，上記Ａ土壌および，鉱山由来で汚染されたＤ土壌（灰色低地土，採取時 pH5.6）を供試した．

さらに，参考として，中央農業総合研究センターＢ地区の非汚染淡色黒ボク土畑ライシメータ（pH 5.5）を供試した．

供試汚染土壌の Cd 濃度は，0.1M塩酸可溶性 Cd で2.8から0.7㎎/kg程度であった（表３，５，６参照）．非汚染淡色黒ボク土については，Cd 濃度を測定していない．

２）供試品種

紫ニンジン，島ニンジンなど，性質の異なるニンジンを含め，市販のニンジン延べ74品種から，春播き幼植物栽培に42品種，夏播き枠土壌栽培に67品種，非汚染土壌栽培に８品種を供試した（表１）．

３）栽培

本試験では，土壌の種類と併せて，以下の３つの栽培を行った．

ａ）枠土壌夏播きニンジン

ＡおよびＢ土壌では，被覆燐硝安加里（ロング424，100日タイプ，14－12－14）と化成肥料（８－８－８）を窒素成分で11および４ｇ/㎡施用した．Ｃ土壌では，前作ホウレンソウの生育がやや劣っていたことを考慮してＡ，Ｂ土壌の1.5倍量の施肥を行った．67の各品種を45×25（Ｃ土壌は45×15）㎝の区画に２反復で2008年７月23日から24日に点播し，各々６（Ｃ土壌は４）個体になるように間引きして，生育に応じて10月２日から11月10日に順次収穫した．土壌溶液を採取するためのフィルター(Rhizosphere Research Products 製）を各枠の５ヶ所に設置し，吸引法により試料を採取して分析に供した．

ｂ）小ポット春播きニンジン幼植物

中央農業総合研究センターＢ地区の網室において，汚染土壌ＡおよびＤをａ/10,000ポットに約1.1kgずつ充填した．このポットに20ｇＮ/㎡相当の化成肥料（８－８－８）を施用して，42品種（表１）を2008年４月14日に播種した．４本/pot 程度に間引いて，根部が肥大を始めた幼植物を６月27日から７月１日に収穫した．処理区の反復は設けなかった．

ｃ）非汚染土壌ニンジン

参考として，一部品種すなわち表１試験時期欄に“ｎ”を付した８品種を、非汚染土壌で栽培した．具体的には中央農業総合研究センターＢ地区の非汚染淡色黒ボク土畑ライシメータで，上記小ポットと同時期に，処理区の反復を設けずに、同様に播種・栽培し，７月１日に収穫した．

４）ニンジン試料の調製・分析

枠栽培で収穫したニンジンは株元で切断し，可食部である根部の他に，地上部のうち黄化していない葉も分析対象とした．小ポット栽培に関しては，ニンジンの地上部と細根を除いた地下部を分析対象とした．これらの試料はいずれも，水道水で洗浄後に，75℃で通風乾燥して粉砕した．なお，水道水の Cd 濃度は0.05ppb 以下である．

この粉末試料0.2ｇに対して0.2M硝酸を20mL 加えて，室温で１時間振とうして Cd を抽出[15]した．

この抽出液を適宜希釈し，0.1M硝酸酸性条件で

表１　ニンジン供試品種名と特性等

品種名	発売	生産	特性等	試験時期
Ｄｒ．カロテン５	ti	ch	草勢強．減農薬・減肥料栽培に適．内部まで濃鮮紅色．食味良．夏播種後110日で200ｇ	m
Ｆ１キャロタン	ko	au	高糖度で美味．根長20cm，根径４cm，晩生170－180日，高カロティン．２－３，７－８月播き．	p,m
Ｆ１ナンテス美人	ko	am	Ｆ１．糖度高．晩抽．早太り高糖度．鮮橙紅色．密植可．根長18－20cm．１－３，７－８月播き．	p,m
Ｆ１紅君	ko	it	極晩抽性．低温肥大性．秋春播き．根長16－17cm，200－250ｇ．尻詰まり鮮紅色肉質硬．	p,m
Ｆ１紅美人	ko	it	裂根少なく濃鮮紅色．春夏兼用で，耐暑耐病性．やや肩はりの円筒形．	p,m
Ｆ１紅福	ko	ch	耐暑対病性，総太り形210ｇ，５寸人参，鮮橙紅色．肉質硬く尻つまり．３－４，７－８月播き．	p,m
Ｆ１晩抽五寸	ko	it	晩抽性．芯まで鮮紅色．根長17－18cm，播種後100日で収穫，４－５月播き	p,m
ＭＳ春蒔五寸	mi	it	春播き．100日から収穫．根長17cm．抽苔・裂根少．着色早く揃いも良い．	p
Ｔ号一尺	kn	it	根長35～40cm，500～700ｇ．葉は短く吸込性強．晩抽性．耐寒性強．６月～８月播き．	m
Ｔ号越冬五寸	kn	it	越冬性優，12－４月収穫．根長20cm，根径4.7cm，250ｇ，草勢強く対病性．	p,m,n
Ｔ号新国分	kn	it	早太り多収．根長55cm．カロチン多，甘味富む．耐寒性．秋～３月出荷可．５～７月播き．	m
ＵＳ春蒔五寸	u	it	冬から春播き，中早生．110日で収穫．裂根少．根長18－20cm，根色濃く肌きれい．	p,m
あすべに五寸	sk	am	春播き用で夏播き可．鮮紅色，芯色も赤．100日から収穫可．耐寒性耐暑性．裂根青首少．	p,m
あまね五寸	sp	am	春夏兼用．晩抽性早生．根長15－18cm，200ｇ．臭み少で高糖度．鮮紅色で適度な硬さ．	m
甘美人	sp	am	臭み少，生食向．鮮紅色，適度な硬さ．裂根少．カロチン高．根長15－17cm，200ｇ．	m
いなり五寸	ti	ch	低温下生育肥大良．春播き用．抽苔遅く尻詰まり長円筒形．濃い橙色．	p
改良光彩２号	mi	it	春（冷地）・夏まき兼用．色艶良い早生．年内どり～トンネル栽培．根長16～18cm．	m
菊陽五寸	mi	au	夏播き黒田系．濃鮮紅色で芯が細い．裂根少．根長18cm，径５cm，耐病性．	m
クォーターキャロット	sk	am	生食向き．なで肩，細長円筒形．肉質硬く，裂根少．株間２cmで根長12cm．周年可．	p,m,n
黒田五寸	at	ch	夏播き系五寸の代表．根長20cm．暑さ寒さに強い．鮮紅色．80－100日で収穫可．	p,m
恋ごころ	ti	ch	黒田系，甘味富む．肌芯共鮮濃紅色．根長18cm，根重200ｇ程度．100日で収穫．	p,m
小泉冬越五寸	mi	it	夏まき，12月～３月どり．根長18cm．紅芯．吸込型，越冬性強．春播では若干トウ立ち．	m
小泉理想五寸	mi	it	120日で肥大．中生．根長16～18cm，抽苔は安定，平坦地６月，高冷地の春～初夏播．	m
紅映ニ号	ma	sa	早太り．夏～冬～春まき．黒田系総太り型五寸人参．根長16～18cm根重200～250ｇ．	m
紅映五寸	ma	fr	播種期の広い黒田系Ｆ１．総太り型五寸．夏播き85日で17cm，220ｇ，	p,m
紅山五寸	kn	it	越冬性優，１～３月どり．根長18～20cm，根重250ｇ．濃紅橙色，肉質良好．耐寒性強．	m
紅粋	kn	tu	夏播き冬どり用Ｆ１．尻づまり早生．濃紅橙色．110日で根長20cm，根重200ｇ．	m
高農鮮紅五寸	ty	ng	抽苔しにくい春秋播き．表皮は濃紅橙色．裂根少．110日から収穫．１－５，11－４月播き．	p
紅天二号	ma	it	極晩抽性・尻詰まり．低温肥大性強，秋春播き，春初夏どり．根長16cm，根重200ｇ．	p,m
向陽二号	ti	ch	春・夏作兼用の五寸．形質極良．110－120日で，根長18cm，根重200ｇ前後．	p,m
国分鮮紅大長	ao	it	120日で60cmの長根種．肌・芯共に鮮紅色．肉質緻密で香気良．６から７月播き．	m
極早生三寸	at	fr	極早生，短根10cm．鮮紅色で肉質柔らか．３－５月，８－９月播き．	p,m
札幌太	sp	hk	耐病性多収．食味良好．冬越貯蔵性良．30－40cm．四季栽培可，春播きが最適．	m
里紅	mi	it	11月～年内播き，温暖地トンネル栽培向き，寒冷地５月播き．濃鮮紅色．抽苔安定．	m
サラダ五寸	mk	au	葉は美味．早生，食味良．根長15cm，根径３cm．３～５月下旬，６月下旬～９月上旬播き．	m
滋賀真紅金時	o	kg	肌・芯共濃紅色．肉質緻密で柔く，甘味に富んで，香気高．抽苔しやすい．	m
島人参		ok	沖縄在来．黄色．根長35cm．風味豊か．暑さに強．夏播種，秋収穫．	p,m
新黒田五寸	ko	am	生育旺盛で栽培しやすい．間引き苗の葉も利用できる．食味良．早太り．	p,m
真紅極早生金時	ko	ch	甘味，風味良い．極早生．根長25－30cm．７－８月，12－２月播き．	p,m
スイートキャロット	ko	fr	鮮紅色，芯細く歯切れ良，甘い生食用．60－80日で根長14cm，根径1.6cmで収穫．	p,m
スーパー鮮紅一尺	sp	hk	初夏まき晩秋獲り品種．栽培容易．	m
ちはま五寸	o	ch	春夏播き兼用，中生，17－18cm，濃紅橙色，耐病性強．ベーターカロテン２倍．臭み少．	p,m
つやべに110	y	ch	夏播き用．総太タイプで長根．17～18cm程度．外皮滑らかで橙紅色．在圃性高．	m
冬輝五寸	ma	it	夏播きで越冬．吸込性．100日で根長18cm，根重200ｇ．鮮橙紅色で芯色も濃．	p,m
時なし五寸ａ	at	ch	早生系の五寸．太りが早く，尻詰まりで鮮紅色．根長15cm，80－100日で収穫．	p,m,n
時なし五寸ｂ	sk	am	15－20cm，濃紅色．春播き夏取り．夏播き年内取り可．播種後110－120日，200ｇで収穫．	p,m
時なし八寸	sp	am	栽培容易で食味良．根長25cm位の長円錐形．緻密で柔らかく，橙赤色．４～11月播き．	m
夏蒔鮮紅五寸	ti	ch	耐暑性強，早太り．夏播き年内～早春どり．110日で根長20cm，250ｇ．総太り型．	m
夏まき紅五寸	ma	sa	17－20cm，200ｇ，耐暑，耐病性．鮮紅橙色．芯細く柔らか．夏播き冬どり．ス入り遅．	m
パープルスティック	f	fr	外側紫，中心橙色．根長20cm，150ｇ．抽苔少なく春夏播き可．120日で収穫，甘味強．	m

パープルパープル	f	fr	内部まで紫．根長20cm，150ｇ．抽苔少で春夏播き可．150日で収穫，生食適，甘味強．	m
パックン丸	ty	ge	ミニ人参．草丈低く密植可．根長３～４cm，40ｇ．濃橙色．抽苔遅く，早生．周年栽培可．	p,m
はまべに五寸	u	ch	根長18cm．過繁茂しにくい．円筒形．根色優れ．青首極少．７～８月播き中生Ｆ１．	m
春あかね五寸	n	fu	不抽苔系Ｆ１．低温で太る．春どり，高冷地の春まきに適．根長18cm．110日より収穫．	m
春蒔紅五寸	at	am	Ｆ１春播き．抽苔遅く耐病性．吸込み性で青首裂根少．円筒形．肌芯共に良色．	p
春蒔金港五寸	sk	ch	立性，総太り．草勢極旺盛．耐暑耐病性．芯は小さく，中まで着色．３－５，８－９月播き，210ｇ．	p,m,n
ピッコロ	ti	ch	極早生小型．70日で根長12cm，径1.5～２cm．甘味に富み，生食用に最適．	p,m,n
一丸	sp	nd	別名：カージナルバルーン．丸型ミニ人参．70日位で収穫可．	m
ひとみ五寸	kn	it	夏播き110日．越冬可．根長18cm，200ｇ．耐病性．濃紅橙色．甘み強．食味良．	p,m
平安三寸	ti	ng	晩抽性早太り短根．着色早く，濃燈赤色で，芯は細く，品質優良．３－４，６－８月播き．	p,m,n
ベータ－312	sk	am	春秋播き可．中早生．カロテン富．甘く臭み少．濃鮮紅色．100日で根長18cm，200ｇ．	p,m
ベーターリッチ	sk	am	Ｆ１，晩抽性．耐寒性．春・夏・冬播き．根長19cm．なで肩．密植可．耐病性．濃鮮紅色．	p,m,n
べにこし五寸	sk	am	Ｆ１，草勢旺盛で耐寒耐暑性．裂根少，極早生．95日で収穫．濃鮮紅色．	p,m
紅力五寸	ko	sa	抽苔遅い時なし早生．尻つまり型で裂根少，根長17cm．橙紅色．３－４，７－８月播き．	p,m
紅の誉	at	ch	春播き専用Ｆ１．低温でよく育ち太る．裂根少．橙色．食感甘さ良．	p
紅誉五寸	mi	ch	早太り春播き系．立性で抽苔遅い．根長17cmの総太り尻詰まり形．耐病性．	p
ベビーキャロット	sk	ch	ソーセージ型極早生ミニ．肉料理付合わせ．根長10cm，径1.5cm．甘く美味．裂根少．	p,m,n
本紅金時	at	ch	本紅色．根長30cm，柔らかで甘い，高品質．７月播きで11月から収穫．	p,m
丸Ｂ紅芯五寸	ma	sa	時無し早生．抽苔遅く裂根少．根長17cm，尻詰まり．橙紅色．肉質柔らかく甘味に富む．	p
一口	ma	ch	極早生ミニ．根長10cm，径1.5cm．吸込性強．小円筒形．甘味に富み，生食用．	m
陽州五寸	ti	ch	耐暑・耐病性．夏播き．肌芯共に鮮紅色．105日で根長17cm，200ｇ．円筒形．６－８月播き．	m
陽明五寸	ti	ch	生育旺盛．耐寒耐暑耐病性．夏播き．115日で，根長18cm，径６cm．	m
らいむ	u	ch	夏播き．中生．根色濃く品質良．春の新根発生遅く，裂根少で在圃性優．耐寒耐病性．	m
ワンディッシュ	ma	it	球形ミニ．径４cm，肌芯共鮮橙紅色．65日で収穫，柔らかく甘味あり食味良．１－９月播き．	m

特性等は，発売元の記載から抜粋
記号は，
発売＝ti；タキイ種苗，ko；国華園，mi；みかど協和，kn；カネコ交配，u；ウエキ交配，sk；サカタ，sp；サッポロノウエン，at；アタリヤ農園，ma；丸種，ty；タカヤマシード，ao；青山種苗，mk；三重興農，o；太田種苗，y；八江農芸，f；藤田種子，n；中原採種場
生産＝ch；チリ，au；オーストラリア，am；アメリカ，it；イタリア，sa；南アフリカ，fr；フランス，tu；トルコ，ch；中国，ge；ドイツ，nd；オランダ，ng；長野県，hk；北海道，kg；香川県，ok；沖縄県，fu；福岡県
試験時期＝p；春，m；夏，n；非汚染圃場での春作

インジウムを内部標準としてＩＣＰ質量分析法（パーキンエルマー社ＥＬＡＮ6000）でCd濃度を定量した．

土壌から常法[19]に従ってCdを抽出した試料や，吸引法で採取した土壌溶液についても，同様に適宜希釈して，0.1M硝酸酸性条件でＩＣＰ質量分析法によりCd濃度を定量した．

２．レタス類栽培試験

１）土壌

前記ニンジン栽培試験終了後の土壌をレタス類栽培試験に使用した．

２）供試品種等

市販の結球レタス（*var. capitata* クリスプヘッド型）を中心に，サラダナ（*var. capitata* バターヘッド型），リーフレタス（*var. crispa*），コスレタス（*var. longifolia*），ステムレタス（var. angustana），かきちしゃ（*var. crispa* サンチュ），さらに近縁種のエンダイブ（*Cichorium endivia* L.），チコリ（*Cichorium intybus* L.）を対象とした．42種を幼植物小ポット試験に供試し，そのうち21種を枠試験に供試した（表２）．

なお，エンダイブ，チコリは上記のように植物種としてレタスとは別種であるが，本報告ではこれらをレタス類と書き表し，エンダイブ，チコリを含めて品種という表記を使用した．

３）栽培

ａ）枠土壌春レタス類

Ａ，Ｂ，Ｃ各々の土壌に2009年２月12日に網室内で21種を播種して72穴セル苗で育苗し，ニンジン栽培後の枠圃場に４月７日に定植した．栽培に当たって被覆燐硝安加里（ロング424，100日タイプ，14－12－14）を15ｇＮ/㎡施用して，黒マルチをし，５月７日まで不織布トンネルで覆った．１区画は45×73（Ｃ土壌は45×47）cm，各々６（Ｃは４）個体と

表２　レタス供試品種名と特性等

品種名	類別	発売	生産	特性等
ステディー	ch	tr	au	春夏秋どり　高温期以外　９－１月播き．葉が厚くやや扁平な球形で玉揃い良．
レガシー	ch	ti	au	冬どり　サリナス中生．８－９月播き12－１月どり．多汁で食味良のやや扁円球．
シスコ	ch	ti	am	サリナス中生．２－３，８－９月播き　５－６，11－２月どり．低温結球性．肉厚で美味．
オリンピア	ch	mi	am	極晩抽，極早生　夏レタス　マックソイル型．３－４，７月まき，５－６，10－11月どり（60－65日）
菊川103号	ch	u	au	冬～春どり　クライマックス系早生，９，11－３月播き　12－１，４－５月どり．包合，食味良．
ラプトル	ch	u	au	８－10，２－４月播き　10－12，４－６月どり，極早生，晩抽の大玉．斑点細菌内政耐性．
プレジデント	ch	ty	am	８，３－４月播き，10－11，５－６月どり．晩抽耐暑性早生．葉はやや淡緑の中球．
サウザー	ch	ti	am	晩抽早生．８，２－３月播き，10－11，５－６月どり．濃緑扁円球．葉厚く良食味で日持ち良．
パトリオット	ch	nt	au	マック×エンパイヤ．耐暑性晩抽耐病性．８，１－２月播き，10－11，４－５月どり．鮮緑色．
極早生シスコ	ch	ti	au	極早生サリナス．８，３月播き，10－11，５－６月どり．耐暑性耐病性で結球性，食味良．
鴨川12	ch	mi	am	大玉中早生，サリナス系．１－２，９月播き，12－１，５－６月どり．包合良く濃緑色で耐寒性．
岡山サラダナ	bh	o	am	固定種，極早生晩抽で耐暑性．１－10月播き，４－１月どり．濃緑色．低温にも強．
都サラダ	bh	ma	am	厚肉大葉で濃緑色．バターヘッドタイプで晩抽，耐暑性，周年栽培可．耐寒性も．
レッドファイヤー	ll	ti	am	鮮赤色の早生．８－９，２－４月播き，10－12，４－６月どり．草勢強く，柔らかで食味良．
グリーンウエーブ	ll	ti	am	早生．－９，２－４月播き，10－12，４－６月どり．耐暑性．芯葉まで緑．柔らかで食味良．
コスレタス	c	ti	am	固定種，紡錘形に柔らかく結球．早生　８－９，２－３月播き，11－12，５－６月どり．肉厚．
ケルン	st	sk	am	固定種，８－９，３月播き，10－11，５－６月どり，表皮を剥いた茎や若い葉を食べる．
エンダイブ	ed	ti	am	固定種，早生．８－９，２－３月播き，10－12，５－６月どり．ほろ苦い味．ちりめん状に半開．
赤丸チコリ	cy	f	am	固定種（ニューファインハート）７－８月播き．鮮紅と白の結球．葉質は緻密．
チマ・サンチュａ	cr	mk	am	固定種(青かきちしゃ)．８－９，２－５月播き，10－12，５－７月どり．へら状の葉をかき取る．
サニーレタス	ll	ty	am	８－10，２－４月播き，10－12，５－６月採り．
サクラメント	ch	sp	au	早生，２－３月播き，５－７月採り．草勢旺盛で適応性広い．濃緑色甲高円球で良食味．
ニューサリナス２号	ch	sp	am	サリナス種．１－２，８－11月播き，４－５，11－12，３－４月採り．耐寒耐病濃緑の甲高円球．
バークレー	ch	ti	am	早生，12－３月播き，４－５月採り．低温肥大性．多汁で良食味．変形球が少ない．
アベニール１号	sh	tr	au	８－３月播き，10－６月採り．コンパクトな砲弾型，密植可，45日．内部黄色でサラダ向．
インカム	ch	mi	am	カルマー系中早生．８－９，１－３月播き，10－１，５－７月採り中玉，濃緑色．腰高円球．
オーガスター	ch	mi	am	マックソイル系極早生．極晩抽で耐暑性．８，３－４月播き，９－11，５－７月採り．夏作向．
カイザー	ch	ti	au	極早生，マックソイルタイプ．８，３月播き，10－11，５－６月採り．夏作向で結球性，食味良．
コロラド	ch	wt	am	マックタイプ極早生．12－４月播き，４－７月採り．中玉，肉厚，濃緑色で日持ち良．
プレステージ	ch	ma	nd	中早生．８－９，１－３月播き，10－１，５－６月採り．濃緑色腰高扁円球．耐暑耐寒性．
早生サリナス	ch	wt	am	８－９，１－４月播き，11－12，５－７月採り．中玉球形，鮮緑色．歯ざわり良く美味．
Ｖレタス	ch	kn	au	サリナスタイプ，８，３月播き，10－11，５－６月採り．濃緑色腰高円球中玉．腐敗に強い．
美味タス	sh	tk	tw	ほぼ周年．８－９，２－４月播き，10－12，４－７月採り．小型で耐暑耐病性．鮮緑色で良食味．
マノア	sh	ti	au	小型で超極早生．８－９，２－４月播き，10－12，４－７月採り．耐暑耐寒性で食味良．
キングサラダ	bh	ma	am	周年栽培可，盛夏に強く晩抽性．鮮緑色大型肉厚．耐寒性もある．
サラグリーン	bh	ma	nd	周年栽培可，耐暑耐寒性で晩抽．50日で収穫．濃緑黒葉で滑らかな肉厚葉．
晩抽レッドファイヤー	ll	ti	am	晩抽耐暑性．８－９，２－４月播き，10－11，５－７月採り．縮み葉の緑と赤褐色が鮮やか．
グリーンインパルス	ll	mi	am	半立性，極晩抽．８－９，２－４月播き，10－11，５－６月採り．耐暑性．縮み少で極濃緑色．
セルタス	st	ma	au	葉はレタス茎はセルリー，茎長30㎝で収穫，８－10，１－４月播き，10－１，４－７月採り．
エンダイブ・フランス	ed	nt	fr	グリーンカールド系，耐寒性，２－３月播き，５－６月採り．暗緑色で欠刻粗い．苦味あり．
チマサンチュｂ	cr	ti	ch	早生，３－10月播き，５－12月採り．耐暑性，青葉．良食味生食向き．

特性等は，発売元の記載から抜粋
記号は，
類別＝ch；結球，bh；サラダナ，ll；リーフ，c；立レタス，st；茎レタス，ed；ニガチシャ，cy；チコリ，cr；カキチシャ，sh；半結球
発売＝ti；タキイ種苗，mi；みかど協和，kn；カネコ交配，sk；サカタ，u；ウエキ交配，sp；サッポロノウエン，ma；丸種，ty；タカヤマシード，mk；三重興農，f；藤田種子，o；太田種苗，tr；ツルタのタネ，nt；日東農産，wt；渡辺農事，tk；トキタ種苗
生産＝ch；チリ，au；オーストラリア，am；アメリカ，fr；フランス，nd；オランダ，tw；台湾

し，サラダナについては12個体とした．処理区は２反復とし，各々の生育程度に応じて５月15日から７月12日に順次収穫した．

ｂ）　小ポット春レタス類幼植物

ニンジン栽培後の小ポットに15ｇＮ/㎡相当の硝安系被覆肥料（14－12－14）を施用して，42品種の

レタス類を2009年２月12日に直播し網室内で栽培した．６本/pot 程度に間引いた後，４月10日に幼植物の地上部を収穫した．処理区の反復は設けなかった．

４）レタス類試料の調製・分析

枠栽培で収穫したレタス類は株元で切断して，結球部(結球しない性質の種については内側の可食部)の他に黄化していない外葉も分析対象とした．小ポットのレタス類は地上部全体を分析対象とした．

これら試料の洗浄，乾燥，粉砕および Cd の定量分析方法は，上記ニンジンの場合と同じである．

３．品種間の Cd 濃度の相対的序列の求め方

品種の Cd 濃度の相対的序列を明らかにするためには，上記のニンジンおよびレタス類についての栽培実験に留まらず，既存の品種の Cd 濃度に関するデータを収集して総合的に取りまとめることが望ましい．そのためには，様々に異なる栽培条件で得られたデータを歪みが生じないように集計する必要がある．

そこで，本試験のデータ以外に，既存のニンジンおよびレタス類の Cd 濃度品種比較実験データを付け加えて，以下①から⑥の手順により，Cd 濃度の高まりやすさを表す「Cd 指数」他を求めることとした[9]．すなわち，①個々の実験で得られた Cd 濃度データを仮の「実験条件係数」（その実験で使った全ての品種の Cd 濃度平均値）で割った値（＝“仮の修正濃度”）を得る．②全データについて①の処理を施したあとで，品種毎に“仮の修正濃度”の偏差平方和を求める．③偏差平方和を全ての品種について合計する．④仮の「実験条件係数」を系統的に変化させながら①から③を繰り返して，⑤偏差平方和を全ての品種について合計した値が最小になった段階をエクセルソルバーで判定し，これをもって妥当性が最も高い「実験条件係数」として，計算を終了する．⑥各々の品種の修正濃度平均を「Cd 指数」，修正濃度の標準偏差を「ゆらぎ」（＋誤差）とする．

なお，単純にこの手順に従うと解が得られない場合があった．「実験条件係数」を大きく設定するほど偏差平方和品種合計値が小さくなることが原因と思われたので，これを避けるため，実数ではなく log 変換した Cd 濃度を使って上記の計算を行い，「Cd 指数」および「ゆらぎ」の計算が終了した後に実数に戻した．始めに与える仮の「実験条件係数」の値が最終的な計算結果に影響しないことは確認されている[9]．

集計に当たって，土壌の Cd 汚染程度や汚染源の種類によって区分けしたり，一部データを除外したりすることは行わず，使用可能なデータ全てを対象とした．

Ⅲ．結果

１．供試土壌の Cd 濃度等

土壌の塩酸可溶性 Cd 濃度や pH，ＥＣの推移を表３，５，６に示した．土壌の塩酸可溶性 Cd 濃度は，Ｂ＞Ａ＞Ｃの順であったが，塩酸の濃度が低いほど抽出される Cd 濃度のＡ土壌とＢ土壌との差が小さくなった（表３）．

土壌溶液の測定値（表４）は変動が大きいが，Cd 濃度はＢ＞Ａ＞Ｃの順で，土壌間差はいずれの濃度の塩酸可溶性 Cd 濃度に比べても小さかった．pH は7.5以上でＥＣは0.5mＳ/cm前後であり，土壌のそれら（表３）よりいずれも高かった．

レタス栽培開始前土壌（表５）では，レタス栽培後土壌（表６）と比べて，表層付近のＥＣが低めで pH がやや高く，0.01M塩酸可溶性 Cd 濃度がやや低めになった．しかし，１Ｍおよび0.1M塩酸可溶性 Cd 濃度は栽培前後でほぼ同等であり，層位による違いは小さかった．

２．枠土壌夏播きニンジンの Cd 濃度等

ニンジン可食部の Cd 濃度はＡ，Ｂ土壌で高く，Ｃ土壌では低かった（表７）．全平均値は0.23㎎/kg ＦＷで，Ａ，Ｂ土壌の平均は Codex 委員会による根菜類基準値0.1㎎/kg　ＦＷを超え，Ｃ土壌においても，平均がこの基準値に達した．Cd 濃度には品種による違いがみられ，濃度が低い品種の Cd 濃度は，濃度が高い品種の30％程度であった．地上部の Cd 濃度は可食部の Cd 濃度よりも高かった． なお，Ｃ土壌のＦ１紅福は枯死したため，必要な分析試料

表 3　夏播きニンジン栽培時の枠土壌 Cd 濃度と pH，ＥＣ

土壌	塩酸可溶性 Cd 濃度（mg/kg乾土）			pH(H_2O)	EC(mS/cm)
	1 M	0.1M	0.01M		
A	1.73	1.77	0.032	6.9	0.16
B	3.18	2.81	0.055	6.9	0.14
C	0.91	0.83	0.007	7.2	0.12

作土．採取は2008年 9 月16日．

表 4　夏播きニンジン栽培時における土壌溶液の Cd 濃度と pH，ＥＣ

土壌	Cd 濃度(μg/L)	p H (H_2O)	E C (mS/cm)
A	0.62±0.38	7.8±0.3	0.55±0.14
B	0.71±0.28	7.5±0.4	0.41±0.14
C	0.39±0.15	7.6±0.3	0.58±0.07

作土 5 ヶ所で吸引採取．採取は2008年 9 月14日．

表 5　レタス栽培前の枠および小ポット土壌の Cd 濃度と pH，ＥＣ

土壌	深さcm	pH(H_2O)	EC (mS/cm)	塩酸可溶性 Cd 濃度（mg/kg乾土）		
				1 M	0.1M	0.01M
A（灰色低地土）	0 －10	6.7	0.07	1.89	1.54	0.038
	10－20	6.8	0.08	2.00	1.60	0.036
	20－30	6.7	0.07	1.97	1.55	0.049
B（灰色低地土）	0 －10	6.9	0.07	3.52	2.46	0.062
	10－20	6.9	0.07	3.41	2.50	0.070
	20－30	6.9	0.07	3.28	2.40	0.068
C（黒ボク土）	0 －10	7.1	0.07	0.96	0.76	0.007
	10－20	7.1	0.07	0.94	0.79	0.007
	20－30	7.2	0.08	0.89	0.72	0.007
小ポットＡ（灰色低地土）		6.6	0.47	1.96	1.65	0.049
小ポットＤ（灰色低地土）		6.1	1.12	1.69	1.50	0.059

土壌採取は2009年 3 月17日

表 6　レタス栽培後枠土壌の Cd 濃度と pH，ＥＣ

土壌	深さcm	pH(H_2O)	EC (mS/cm)	塩酸可溶性 Cd 濃度（mg/kg乾土）		
				1 M	0.1M	0.01M
A（灰色低地土）	0 －10	6.2	0.51	1.97	1.59	0.066
	10－20	6.7	0.12	1.97	1.58	0.042
	20－30	6.9	0.08	1.93	1.59	0.045
B（灰色低地土）	0 －10	6.4	0.49	3.44	2.48	0.089
	10－20	6.6	0.17	3.42	2.47	0.076
	20－30	7.0	0.09	3.42	2.44	0.057
C（黒ボク土）	0 －10	6.8	0.41	0.94	0.73	0.008
	10－20	6.9	0.23	0.93	0.73	0.007
	20－30	7.3	0.10	0.92	0.72	0.006

土壌採取は2009年 6 月17日

表７　夏播きニンジンの品種別 Cd 濃度および乾物率（可食部 Cd 濃度幾何平均値の低い順）

品種名	地上部 Cd 濃度(mg/kg ＦＷ)				地上部平均乾物率(%)	可食部 Cd 濃度(mg/kg ＦＷ)				可食部平均乾物率(%)
	Ａ土壌	Ｂ土壌	Ｃ土壌	平均		Ａ土壌	Ｂ土壌	Ｃ土壌	平均	
平安三寸	0.33	0.24	0.04	0.15	12.4	0.15	0.23	0.04	0.11	9.8
ベータ－312	0.19	0.16	0.05	0.12	11.5	0.16	0.21	0.05	0.12	9.8
ひとみ五寸	0.31	0.17	0.04	0.13	11.6	0.22	0.16	0.06	0.13	10.8
Ｆ１紅美人	0.30	0.36	0.09	0.21	12.7	0.16	0.22	0.07	0.14	11.1
時なし５寸人参	0.26	0.44	0.06	0.19	10.6	0.18	0.27	0.06	0.14	9.7
あまね５寸	0.32	0.35	0.12	0.24	11.7	0.18	0.20	0.08	0.15	9.8
ＵＳ春蒔五寸	0.27	0.34	0.11	0.22	11.0	0.19	0.26	0.06	0.15	9.1
紅山五寸	0.47	0.48	0.16	0.33	12.6	0.20	0.17	0.09	0.15	10.0
紅粋	0.47	0.40	0.16	0.31	13.5	0.23	0.18	0.08	0.15	9.3
春蒔金港五寸	0.41	0.36	0.10	0.24	12.4	0.29	0.18	0.07	0.16	10.4
里紅	0.52	0.27	0.17	0.29	12.0	0.30	0.13	0.10	0.16	10.0
国分鮮紅大長	0.24	0.23	0.09	0.17	13.6	0.26	0.23	0.07	0.16	12.1
小泉冬越五寸	0.44	0.33	0.13	0.26	12.8	0.26	0.19	0.09	0.16	10.3
札幌太	0.39	0.33	0.10	0.23	13.3	0.30	0.18	0.08	0.16	11.5
あすべに五寸	0.27	0.42	0.11	0.23	11.9	0.18	0.31	0.08	0.16	10.0
Ｔ号新国分	0.26	0.30	0.09	0.19	13.1	0.22	0.28	0.08	0.17	11.3
紅力五寸	0.41	0.30	0.11	0.24	13.1	0.27	0.18	0.10	0.17	11.3
向陽二号	0.47	0.50	0.11	0.29	12.6	0.27	0.26	0.07	0.17	11.0
ベビーキャロット	0.53	0.38	0.10	0.27	11.7	0.36	0.21	0.07	0.17	9.3
ミニキヤロット	0.49	0.37	0.08	0.24	11.6	0.28	0.35	0.05	0.17	9.4
サラダ五寸	0.43	0.32	0.11	0.24	12.0	0.25	0.21	0.10	0.18	11.0
ちはま五寸	0.50	0.46	0.12	0.30	13.2	0.29	0.27	0.07	0.18	11.0
べにこし五寸	0.38	0.42	0.10	0.25	12.1	0.26	0.26	0.08	0.18	10.2
極早生三寸	0.42	0.44	0.14	0.30	11.1	0.30	0.24	0.09	0.18	9.5
陽州五寸	0.50	0.46	0.12	0.30	13.2	0.26	0.28	0.09	0.18	10.9
ベーターリッチ	0.49	0.41	0.09	0.26	11.9	0.33	0.26	0.07	0.18	10.0
はまべに五寸	0.47	0.43	0.10	0.27	13.5	0.29	0.30	0.07	0.19	11.3
Ｆ１キャロタン	0.32	0.38	0.17	0.27	13.1	0.24	0.24	0.11	0.19	10.0
ピッコロ	0.61	0.42	0.09	0.28	11.2	0.33	0.29	0.07	0.19	9.8
スーパー鮮紅	0.25	0.36	0.09	0.20	12.0	0.28	0.26	0.09	0.19	11.6
Ｔ号越冬五寸	0.49	0.44	0.13	0.30	13.4	0.32	0.25	0.09	0.19	10.9
Ｆ１晩抽五寸	0.34	0.37	0.11	0.24	11.0	0.26	0.28	0.10	0.19	10.0
紅映二号	0.37	0.37	0.10	0.24	10.9	0.32	0.26	0.09	0.20	9.7
夏まき紅五寸	0.44	0.54	0.11	0.30	12.7	0.25	0.33	0.09	0.20	10.3
夏蒔鮮紅五寸	0.34	0.48	0.15	0.29	11.4	0.31	0.30	0.08	0.20	9.7
時無し五寸	0.48	0.38	0.11	0.28	11.0	0.31	0.26	0.10	0.20	10.3
小泉理想五寸	0.51	0.39	0.16	0.32	12.0	0.30	0.27	0.10	0.20	10.3
新黒田五寸人参	0.43	0.37	0.12	0.27	11.8	0.31	0.34	0.08	0.20	10.7
冬輝五寸	0.46	0.42	0.09	0.26	11.6	0.33	0.30	0.09	0.20	11.0
陽明五寸	0.52	0.41	0.13	0.30	11.9	0.33	0.26	0.10	0.20	10.9
Ｔ号一尺	0.40	0.64	0.11	0.30	13.3	0.32	0.32	0.09	0.21	11.6
Ｆ１ナンテス美人	0.72	0.57	0.13	0.37	11.8	0.35	0.29	0.09	0.21	9.8
スイートキャロット	0.54	0.55	0.11	0.32	10.1	0.36	0.36	0.07	0.21	8.3
紅映五寸	0.43	0.34	0.10	0.25	12.3	0.33	0.28	0.10	0.21	10.3
春あかね五寸	0.57	0.73	0.14	0.39	12.6	0.34	0.29	0.10	0.21	9.7
改良光彩２号	0.47	0.46	0.15	0.32	12.8	0.29	0.32	0.10	0.21	10.9
島人参	0.39	0.35	0.14	0.27	12.8	0.33	0.26	0.12	0.22	11.1
菊陽五寸	0.56	0.55	0.15	0.36	12.6	0.31	0.30	0.11	0.22	10.4
Ｄｒ．カロテン５	0.50	0.66	0.14	0.36	11.4	0.28	0.38	0.10	0.22	10.2

つやべに110	0.49	0.50	0.13	0.32	12.7	0.35	0.32	0.10	0.22	10.7
時無し八寸	0.43	0.43	0.15	0.30	12.2	0.30	0.30	0.12	0.22	10.4
甘美人	0.47	0.62	0.20	0.39	11.7	0.28	0.32	0.13	0.23	9.4
らいむ	0.57	0.65	0.14	0.37	13.2	0.32	0.36	0.12	0.24	11.2
本紅金時	0.53	0.44	0.11	0.30	12.5	0.42	0.38	0.09	0.24	10.8
恋ごころ	0.59	0.53	0.17	0.37	11.8	0.38	0.35	0.13	0.26	10.7
Ｆ１紅君	0.51	0.71	0.20	0.42	11.2	0.31	0.43	0.13	0.26	9.0
黒田五寸	0.50	0.53	0.16	0.35	11.0	0.40	0.40	0.11	0.26	9.7
真紅極早生金時	0.45	0.42	0.22	0.35	14.5	0.46	0.44	0.10	0.27	11.8
ワンディッシュ	0.68	0.53	0.16	0.39	11.0	0.45	0.29	0.15	0.27	10.8
滋賀真紅金時	0.52	0.47	0.16	0.34	11.8	0.41	0.40	0.14	0.28	10.9
パックン丸	0.48	0.57	0.15	0.35	10.7	0.46	0.43	0.12	0.29	12.0
紅天二号	0.67	0.58	0.18	0.41	11.2	0.42	0.37	0.17	0.30	9.3
パープルパープル	0.44	0.64	0.12	0.32	12.3	0.39	0.53	0.14	0.31	12.7
一口丸人参	0.58	0.65	0.18	0.41	10.5	0.56	0.49	0.14	0.33	10.8
パープルスティック	0.66	0.68	0.15	0.40	12.0	0.48	0.61	0.14	0.34	12.7
クォーターキャロット	0.85	0.73	0.29	0.57	13.8	0.56	0.51	0.19	0.38	12.7
Ｆ１紅福	0.48	0.53	－	－	11.9	0.28	0.31	－	－	10.9
平均	0.46	0.45	0.13	0.30	12.1	0.31	0.30	0.10	0.21	10.5

表 8　ポット栽培ニンジン幼植物の品種別 Cd 濃度と乾物率（根部 Cd 濃度幾何平均値の低い順）

品種名	Cd 濃度（mg/kgＦＷ）				根部平均値	平均乾物率(%)	
	A土壌		D土壌				
	地上部	根部	地上部	根部		地上部	根部
平安三寸	0.18	0.08	0.24	0.09	0.09	12.0	10.3
ＵＳ春蒔五寸	0.14	0.06	0.33	0.13	0.09	13.2	10.9
ベータ－312	0.15	0.07	0.29	0.12	0.09	14.2	9.8
ひとみ五寸	0.13	0.06	0.28	0.14	0.09	12.7	11.5
Ｆ１紅美人	0.20	0.07	0.42	0.14	0.10	12.9	11.3
ベターリッチ	0.15	0.06	0.41	0.17	0.10	13.0	10.4
Ｆ１紅福	0.18	0.06	0.57	0.17	0.10	12.8	10.9
極早生三寸	0.20	0.07	0.41	0.17	0.11	10.8	9.4
春蒔金港五寸	0.19	0.08	0.43	0.15	0.11	12.7	10.2
ちはま五寸	0.22	0.07	0.52	0.16	0.11	14.1	11.0
時なし五寸ａ	0.23	0.07	0.60	0.17	0.11	12.7	9.4
紅誉五寸	0.16	0.07	0.50	0.18	0.11	11.8	10.4
春蒔紅五寸	0.22	0.08	0.38	0.16	0.12	12.1	10.7
紅映五寸	0.20	0.10	0.30	0.13	0.12	13.1	11.1
べにこし五寸	0.20	0.07	0.46	0.19	0.12	12.5	9.9
向陽二号	0.19	0.10	0.35	0.16	0.12	13.1	10.4
高農鮮紅五寸	0.29	0.10	0.47	0.16	0.12	12.8	10.5
丸Ｂ紅芯五寸	0.24	0.11	0.44	0.15	0.13	12.8	11.4
Ｆ１紅君	0.17	0.06	0.74	0.27	0.13	11.7	9.1
黒田五寸	0.20	0.08	0.51	0.21	0.13	11.6	10.1
いなり五寸	0.22	0.11	0.43	0.17	0.13	12.6	10.2
新黒田五寸	0.22	0.09	0.55	0.20	0.13	11.1	10.2
あすべに五寸	0.20	0.10	0.44	0.19	0.14	12.8	10.5
冬輝五寸	0.17	0.09	0.52	0.21	0.14	13.7	11.5
紅天二号	0.16	0.08	0.75	0.24	0.14	12.5	9.9
ピッコロ	0.21	0.09	0.63	0.22	0.14	12.9	10.5

Ｆ１晩抽五寸	0.17	0.08	0.57	0.24	0.14	11.5	9.9
ＭＳ春蒔五寸	0.25	0.09	0.67	0.23	0.14	13.8	10.5
Ｔ号越冬五寸	0.19	0.10	0.55	0.23	0.15	11.1	10.5
Ｆ１ナンテス美人	0.27	0.08	0.84	0.30	0.15	14.5	10.6
Ｆ１キャロタン	0.16	0.09	0.45	0.26	0.15	12.8	11.0
紅の誉	0.25	0.09	0.80	0.27	0.16	11.6	9.6
スイートキャロット	0.29	0.10	0.75	0.26	0.16	12.2	9.4
紅力五寸	0.29	0.11	0.64	0.23	0.16	12.2	10.4
時なし五寸ｂ	0.33	0.11	0.64	0.24	0.16	11.6	10.3
パックン丸	0.23	0.11	0.69	0.25	0.17	13.7	12.7
島人参	0.22	0.13	0.64	0.29	0.19	13.8	11.5
本紅金時	0.26	0.16	0.50	0.25	0.20	13.7	12.3
恋ごころ	0.24	0.13	0.72	0.32	0.20	13.9	11.6
ベビーキャロット	0.47	0.15	0.76	0.27	0.20	14.1	9.8
クォーターキャロット	0.31	0.14	0.88	0.38	0.23	13.3	11.9
真紅極早生金時	0.49	0.21	0.87	0.54	0.34	12.3	11.3
平均	0.22	0.09	0.55	0.21	0.14	12.7	10.6

表９　非汚染土壌で栽培したニンジンの品種別 Cd 濃度と乾物率

品種名	Cd 濃度（mg/kgＦＷ）		乾物率（%）	
	地上部	可食部	地上部	可食部
Ｔ号越冬五寸	0.013	0.006	13.9	10.5
平安三寸	0.021	0.007	14.6	9.9
春蒔金港五寸	0.023	0.008	13.6	9.6
ベーターリッチ	0.023	0.009	13.6	10.2
ベビーキャロット	0.023	0.011	15.6	9.5
ピッコロ	0.026	0.011	15.5	9.9
時なし五寸	0.022	0.012	13.2	11.3
クォーターキャロット	0.029	0.013	16.6	10.6
平均	0.023	0.010	14.6	10.2

が得られなかった．

３．小ポット春播きニンジンの Cd 濃度等

小ポット春播きニンジンの根部 Cd 濃度（表８）は，Ｄ土壌では平均0.2mg/kg ＦＷ程度，Ａ土壌では平均0.1mg/kg ＦＷ以下であった．Ａ土壌で栽培した同じ品種の可食部（根部）の Cd 濃度を比べると，枠土壌で収穫したニンジンよりも小ポットで収穫した幼植物の Cd 濃度の方が低かった．

４．非汚染土壌のニンジンの Cd 濃度等

非汚染土壌で栽培したニンジンの可食部 Cd 濃度（表９）はいずれの品種も著しく低く，平均0.01mg/kg ＦＷ程度であった．

５．枠土壌レタス類の Cd 濃度等

枠土壌に栽培したレタス類可食部の Cd 濃度は，土壌の塩酸可溶性 Cd 濃度とは異なって，Ａ土壌が最も高く，Ｂ土壌がこれに次いだ（表10）．Ｃ土壌のレタス類可食部の Cd 濃度は，土壌の塩酸可溶性 Cd 濃度と同じく，３種の土壌の中で最も低かった．全平均 Cd 濃度0.07mg/kg ＦＷは，Codex 委員会による葉菜類基準値を0.2mg/kg ＦＷを下回ったが，エンダイブは濃度が高く，Ａ土壌では基準値を超え，Ｂ土壌では基準値に達していた．また，エンダイブの Cd 濃度はＡ土壌＞Ｄ土壌であり，エンダイブ以外の品種などが全てＤ土壌＞Ａ土壌であったのと比

表10　枠土壌レタス類の品種別 Cd 濃度および乾物率（可食部 Cd 濃度幾何平均値の低い順）

品種名	可食部 Cd 濃度（mg/kg ＦＷ）				可食部平均乾物率(%)	外葉部の Cd 濃度（mg/kg ＦＷ）				外葉部平均乾物率(%)
	Ａ土壌	Ｂ土壌	Ｃ土壌	平均		Ａ土壌	Ｂ土壌	Ｃ土壌	平均	
パトリオット	0.04	0.03	0.02	0.03	3.7	0.18	0.11	0.07	0.11	6.0
プレジデント	0.05	0.03	0.02	0.03	3.5	0.20	0.15	0.08	0.14	5.5
サウザー	0.05	0.04	0.02	0.03	3.6	0.24	0.16	0.06	0.13	5.8
ステムレタス	0.06	0.04	0.02	0.03	6.2	0.13	0.07	0.03	0.07	6.4
レガシー	0.06	0.04	0.02	0.04	3.2	0.26	0.11	0.06	0.12	5.0
極早生シスコ	0.06	0.04	0.02	0.04	3.2	0.21	0.14	0.09	0.14	5.4
鴨川12	0.07	0.04	0.02	0.04	3.9	0.23	0.09	0.06	0.11	5.5
菊川103号	0.06	0.04	0.02	0.04	3.9	0.23	0.16	0.07	0.13	5.5
シスコ	0.06	0.04	0.02	0.04	3.5	0.22	0.13	0.06	0.12	5.2
ラプトル	0.06	0.06	0.02	0.04	3.8	0.27	0.17	0.09	0.16	6.2
ステディー	0.07	0.05	0.02	0.04	3.6	0.22	0.12	0.06	0.12	5.3
オリンピア	0.05	0.04	0.04	0.04	3.7	0.24	0.15	0.10	0.15	6.0
コスレタス	0.09	0.05	0.03	0.05	4.6	0.28	0.14	0.06	0.13	6.1
赤チコリ	0.11	0.07	0.02	0.06	7.5	0.53	0.32	0.09	0.24	6.6
サニーレタス	0.10	0.11	0.04	0.08	6.2	0.20	0.17	0.06	0.13	5.2
レッドファイヤー	0.12	0.09	0.04	0.08	5.6	0.21	0.14	0.06	0.12	5.2
都サラダナ	0.14	0.10	0.05	0.09	4.8	0.27	0.16	0.08	0.15	5.0
岡山サラダナ	0.14	0.10	0.05	0.09	5.7	0.24	0.18	0.08	0.15	5.4
グリーンウエーブ	0.17	0.10	0.05	0.10	6.4	0.25	0.16	0.08	0.15	5.5
チマサンチュ	0.16	0.12	0.05	0.10	6.4	0.22	0.17	0.07	0.13	7.2
エンダイブ	0.37	0.20	0.05	0.16	5.0	0.45	0.32	0.09	0.23	8.9
平均	0.10	0.07	0.03	0.06	4.7	0.26	0.16	0.07	0.14	5.8

べて，特異的であった（表11）．外葉の平均 Cd 濃度は可食部と比較して 2 倍以上高かった．Cd 濃度には品種等による違いがあるようにみられ，同じ土壌で栽培した中で Cd 濃度が最も低い品種は，Cd 濃度が最も高い品種の 1／5 程度であった．可食部の乾物率は平均値が4.7%で，品種によって異なるものの，ホウレンソウ（春7.6%，秋6.9%）やニンジン（10.5%）に比べて著しく低かった．

6．小ポットレタス類の Cd 濃度等

小ポットで栽培したレタス類幼植物の地上部 Cd 濃度（表11）は，Ｄ土壌では平均で0.55mg/kg ＦＷと高く，Ａ土壌でも平均0.25mg/kg ＦＷであった．Ａ土壌幼植物の Cd 濃度は，表10の同じ品種の外葉 Cd 濃度と同程度であった．なお，赤丸チコリは発芽不良のため分析用試料を得ることができなかった．

Ⅳ．考察

1．ニンジンの Cd 濃度品種間差と生育などとの関係

枠土壌で栽培したニンジンの生育等と可食部の Cd 濃度との相関関係を表12に示した．3 種類の土壌のいずれにおいても，全重，全根重，全地上重と Cd 濃度との間の相関係数は負のかなり低い値であった．根の直径との間の相関係数も，ごく低い負の値であった．これらはＡ土壌の場合を除いて有意ではないが，生育量が大きくなることによって，Cd 濃度が低くなる傾向が，わずかながら存在したことを示唆する．一方，可食部の乾物率との間の相関係数は反対に，低いけれども有意な正の値であった．

可食部と地上部の Cd 濃度の関係を同一品種について求めたところ，土壌が異なる場合についても中程度の有意な正の相関が得られた（表13）．土壌が同じ場合には，相関係数がより高くなった．

ニンジン可食部の Cd 濃度は，表 7 に示したように土壌によって異なるが，異なる土壌の間で品種ごとに比較すると，中程度の有意な相関があった（表14）．このことから，Cd 濃度が土壌だけでなく品種

表11　レタス類幼植物地上部の品種別 Cd 濃度および乾物率
（可食部 Cd 濃度幾何平均値の低い順）

品種名	Cd 濃度（mg/kg ＦＷ）			平均乾物率
	Ａ土壌	Ｄ土壌	平均	（%）
サウザー	0.18	0.28	0.23	6.9%
サラグリーン	0.15	0.40	0.25	8.5%
アベニール１号	0.13	0.53	0.26	8.4%
ケルン	0.15	0.50	0.27	9.4%
サニーレタス	0.19	0.42	0.28	7.5%
プレステージ	0.21	0.39	0.29	7.9%
ニューサリナス２号	0.17	0.49	0.29	7.3%
Ｖレタス	0.16	0.58	0.30	9.4%
鴨川12	0.20	0.47	0.31	7.5%
晩抽レッドファイヤー	0.18	0.54	0.31	7.3%
レッドファイヤー	0.18	0.54	0.31	7.9%
早生サリナス	0.21	0.48	0.32	9.1%
オリンピア	0.22	0.48	0.33	7.9%
コスレタス	0.22	0.51	0.34	9.9%
パトリオット	0.21	0.54	0.34	7.7%
インカム	0.24	0.49	0.34	7.8%
岡山サラダナ	0.19	0.61	0.34	9.0%
コロラド	0.25	0.48	0.35	8.8%
プレジデント	0.18	0.68	0.35	8.6%
シスコ	0.27	0.46	0.35	8.2%
菊川103号	0.24	0.53	0.36	8.3%
マノア	0.25	0.53	0.36	8.2%
セルタス	0.23	0.58	0.37	9.2%
サクラメント	0.26	0.53	0.37	8.5%
ステディー	0.23	0.58	0.37	8.9%
グリーンインパルス	0.22	0.66	0.38	9.8%
グリーンウエーブ	0.22	0.64	0.38	9.0%
チマ・サンチュ	0.18	0.78	0.38	8.9%
オーガスター	0.26	0.58	0.39	7.7%
カイザー	0.25	0.60	0.39	8.0%
美味タス	0.24	0.68	0.40	8.0%
レガシー	0.29	0.57	0.41	8.3%
都サラダ	0.26	0.65	0.41	9.8%
キングサラダ	0.26	0.63	0.41	9.5%
ラプトル	0.26	0.67	0.42	8.4%
極早生シスコ	0.31	0.57	0.42	8.1%
バークレー	0.30	0.59	0.42	7.8%
チマサンチュ	0.28	0.69	0.44	9.3%
エンダイブ・フランス	0.72	0.45	0.57	8.6%
エンダイブ	0.83	0.56	0.68	8.1%
平均	0.25	0.55	0.36	8.4%

によっても左右されたと考えることができる．

栽培時期・方法が異なる春播き小ポット栽培の肥大し始めた根部と夏播き枠土壌栽培ニンジン可食部の Cd 濃度を比較した場合にも，品種に由来すると

表12　夏播きニンジン可食部の Cd 濃度とニンジンの生育等との相関係数（n＝66）

土壌	全重	全根部重	全地上重	草丈	根長	根直径	乾物率	
							可食部	地上
A	−0.374**	−0.360**	−0.312**	−0.192	0.010	−0.374**	0.299*	−0.170
B	−0.169	−0.191	−0.114	−0.040	−0.028	−0.152	0.331**	−0.184
C	−0.093	−0.127	−0.050	0.075	−0.221	−0.091	0.287*	0.082

** 1％水準で有意，* 5％水準で有意.

表13　夏播きニンジン品種の地上部と可食部の Cd 濃度の相関係数（n＝66）

可食部 Cd	地上部 Cd		
	A土壌	B土壌	C土壌
A土壌	0.742**	0.586**	0.607**
B土壌	0.480**	0.727**	0.485**
C土壌	0.626**	0.625**	0.805**

** 1％水準で有意.

表14　異なる土壌で栽培した夏播きニンジンの品種別可食部 Cd 濃度の相関係数（n＝66）

A土壌：B土壌	A土壌：C土壌	B土壌：C土壌
0.714**	0.702**	0.589**

** 1％水準で有意、* 5％水準で有意.

表15　異なる土壌における春播き幼植物根部と夏播き栽培可食部のニンジン品種別 Cd 濃度の相関係数（n＝35）

栽培条件		枠土壌夏播き可食部		
		A土壌	B土壌	C土壌
小ポット春播き幼植物根部	A土壌	0.620**	0.434**	0.308
	D土壌	0.715**	0.626**	0.555**

** 1％水準で有意.

表16　非汚染土壌を含む様々な条件で栽培した品種別ニンジン可食部・根部 Cd 濃度の相関係数（n＝7）

栽培条件		非汚染可食部	小ポット春播き幼植物根部		枠土壌夏播き可食部	
			A土壌	D土壌	A土壌	B土壌
小ポット春播き幼植物根部	A土壌	0.374				
	D土壌	0.532	0.827*			
枠土壌夏播き可食部	A土壌	0.389	0.684	0.923**		
	B土壌	0.522	0.455	0.753	0.740	
	C土壌	0.374	0.593	0.865*	0.918**	0.881**

** 1％水準で有意、* 5％水準で有意.

思われる有意な正の相関が，多くの場合に認められた（表15）．

非汚染土壌に栽培したニンジンを含めた比較においては，相関係数は有意ではないが正の値となった（表16）．

以上の表14－16は，全体として，品種によって Cd 濃度が左右されることを示唆していると見ることが出来よう．

このように土壌や栽培条件の影響とは別に，品種によってもニンジンの Cd 濃度に差が生じるとみら

表17　レタス類可食部の品種別 Cd 濃度と生育等との相関係数（n＝21）

土壌	在圃日数	全重	内葉重	外葉重	乾物率．	
					可食部	外葉
A土壌	−0.445*	−0.398	−0.480*	0.026	0.427	0.734**
B土壌	−0.566**	−0.550**	−0.580**	−0.390	0.482*	0.525*
C土壌	−0.618**	−0.503*	−0.585**	−0.286	0.534*	0.163

** 1％水準で有意、* 5％水準で有意.

表18　レタス類品種の外葉と可食部の Cd 濃度の相関係数（n＝21）

外葉 Cd 濃度	可食部 Cd 濃度		
	A土壌	B土壌	C土壌
A土壌	0.571**	0.452*	0.230
B土壌	0.686**	0.646**	0.416
C土壌	0.306	0.301	0.338

** 1％水準で有意、＊ 5％水準で有意.

表19　異なる土壌で栽培した各種レタス類の品種別可食部 Cd 濃度の相関係数（n＝21）

A土壌：B土壌	A土壌：C土壌	B土壌：C土壌
0.943**	0.746**	0.860**

** 1％水準で有意.

れた．品種に伴う Cd 濃度差は，67品種の比較（表7）では最大 3 倍程度であった．これは，少数の品種を比較した結果に基づいて品種間差が小さい[8]，あるいは有意差がなかった[10]とする既往報告と矛盾するものではなく，6 品種を比較して，2 倍程度の違いがあるとした報告[1]と合致する知見である．

2．レタス類の Cd 濃度差と生育などとの関係

各品種の生育量と可食部の Cd 濃度との相関関係を表17に示した．全重および内葉重と Cd 濃度との間の相関係数は，3 種類の土壌に共通して，低い負の値であった．在圃日数との間にも同様に有意な負の相関がみられた．これは，ニンジンの場合とほぼ同様に，生育量が大きくなると Cd 濃度が低くなる傾向が存在したことを示唆するとみられる．

一方，可食部または外葉の乾物率との間には部分的に有意な正の相関がみられ，この点はニンジンと同様であった．新鮮物当りで表示した Cd 濃度と新鮮物の乾物割合の間に正の相関があることは，共に水分の多少の影響を受けることを考えれば，容易に想定しうる．このように述べると，それでは乾物当たりの Cd 濃度で品種を比較するとどうなのかが気になるが，品種別乾物当たり Cd 濃度について求めた相関係数は，次項で述べる新鮮物当り Cd 濃度について求めた相関係数よりもやや低いものの，比較的高い正の値となった（データ略）．したがって，乾物率は新鮮物当たり Cd 濃度の変異に影響を及ぼすが，乾物率以外の要因の重要性が大きいものと考えられた．

各品種の可食部と外葉の Cd 濃度の間の相関係数はいずれも正の値で，中でもA土壌とB土壌の組み合わせでは有意であった（表18）．レタスには，外葉と可食部が明確には区分出来ない非結球性のレタス，サラダナがある．また，結球性レタスについても外葉に近い部分が廃棄される場合があって，消費者の可食部と外葉の区別は，必ずしも明確ではない．もしも，可食部と外葉の Cd 濃度の増減傾向が相反する場合には，可食部と外葉の区分の仕方によって，品種等の Cd 濃度の相対的序列が大きく変化する可能性が生じるが，表18は外葉と可食部 Cd 濃度の増減傾向がほぼ同じであることを示しており，レタス類の可食部の Cd 濃度の相対的順序に対しては，可食部と外葉の区別の仕方は，深刻な影響を与えるも

表20　異なる土壌で生育した幼植物とレタス可食部の品種別 Cd 濃度の相関係数（n＝21）

栽培条件		可食部		
		A土壌	B土壌	C土壌
幼植物	A土壌	0.783**	0.621**	0.282
	D土壌	0.277	0.327	0.375

** 1％水準で有意.

のではないと考えられた.

レタス可食部の品種毎の Cd 濃度を，異なる土壌について比較して相関係数を求めたところ，比較的高い正の相関が得られた（表19）．小ポットに栽培した幼植物試料の Cd 濃度を含めて比較した場合には，対比する土壌の組み合わせにもよるが，相関係数の値が低くなった（表20）.

レタス品種の Cd 濃度を比較した既往の報告を通覧すると，Alexander ら[1]は有意な品種間差を認めていないが，John & van Laerhoven[12]は品種によって3倍程度違うと報告し，Harrison[7]，Crews & Davies[2],Yuran & Harrison[22]， Thomas & Harrison[21]，Xue & Harrison[23]，Eysinga & van Cools[3]も品種間差があると認めている．また，Thomas & Harrison[20]は，最大5倍程度の濃度差が遺伝的形質に由来すると解析している．これらのことから，品種の違いがレタス類の Cd 濃度に影響すると考えることができる.

一方，Yuran & Harrison[22] は Cd 濃度に年次と品種の相互作用が影響すると報告している．また，Florijn ら[4]はNH_4栄養下での Cd 吸収がNO_3栄養下での Cd 吸収の2倍に増大すると報告している.

一般的に，レタスの Cd 濃度に関与する要因は，土壌汚染と品種等以外にも多数あるはずであり，様々な品種のレタスを異なる土壌で栽培して Cd 濃度を比較した場合の相関は，それら土壌と品種以外の要因によって乱されるはずである．本試験では同じ時期の栽培で得られたデータを比較した表19でも，相関係数が0.75－0.94に留まった．また上記のように，異なる栽培で得られたデータを比較した表20の相関係数0.28－0.78は，表19の相関係数をほぼ下回った．これらは主に土壌と品種以外の要因の影響であろう．本試験の目的は Cd 濃度に対する品種の影響を明らかにすることであるが，実際には，土壌と品種以外の影響があることを，表19，20が示していると見られる.

結球性レタスと非結球性レタス，あるいはエンダイブの Cd 濃度等については，次の章で既存のデータを加えた相対的順位を求めたうえで考察する.

なお，レタス類の Cd 濃度はA土壌＞B土壌であり，両土壌のニンジンがほぼ同じ Cd 濃度であったことと異なるが，本報告の目的は様々な条件における品種別 Cd 濃度の相対的序列を求めることであり，土壌条件と野菜品目の違いが可食部の Cd 濃度に及ぼす影響を解析するような実験を行なっていないので，ここでは今後の検討課題として違いを指摘するにとどめる.

3．既存データを加えた品種による違いの取りまとめ

1）ニンジンの Cd 濃度に関する既往データ

ニンジンの Cd 濃度品種間差データを記載した海外の報告[1,8,13]もわずかに存在するが，使われている品種が日本と異なるか，あるいは国内の品種名と対応しないため，利用できるデータは見つからなかった．公表された報告は国内でも見当たらなかったが，農林水産省の研究事業「カドミウム汚染土壌における野菜等の品目別カドミウム濃度の解明と吸収抑制技術の開発」（平成19～21年度）および「農林水産生態系における有害化学物質の総合管理技術の開発」（平成15～19年度）の試験研究成績書に若干のデータが載せられている．そこで，利用許可を得てこれらデータを加味して，ニンジンの Cd 濃度品種間差を取りまとめることとした．使用したデータは，本報告で得られたデータを含めて13の栽培実験条件，84品種，延べデータ数326である.

2）レタス類の Cd 濃度に関する既往データ

海外のデータ[1,2,3,4,7,12,20,21,22,23]は，ニンジンと同様に，品種が日本と異なるか，あるいは国内の品種名と対応しないため，利用できなかった．公表された報告は国内でも見当たらない．そこで上記の試験研

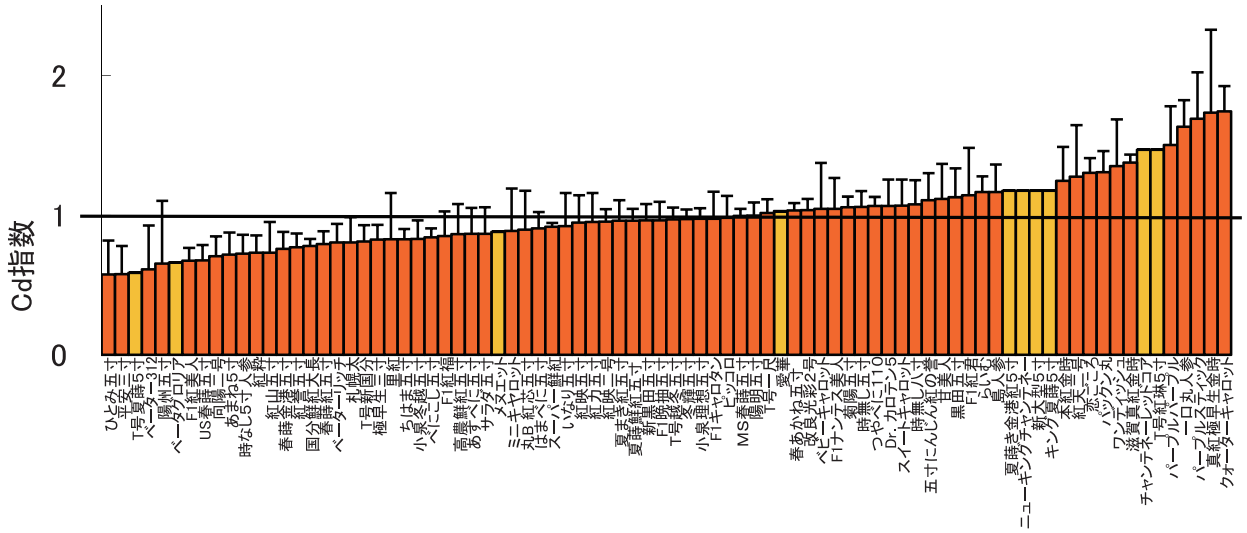


図１　ニンジン類84品種のＣｄ濃度順位

色の薄い棒グラフはデータ源が一点のみの品種
エラーバーは「ゆらぎ」を、横線は全体の平均値を示す

究成績書に記載されたデータから，レタスに関するデータを取り出して利用することとした．結果的に，本報告で得られたデータを含めた21の栽培実験条件，49品種，延べ214データを取りまとめに使用した．

３）ニンジンの Cd 濃度に関する取りまとめ結果

ａ）「Cd 指数」が低い（＝Cd 濃度が高まりにくい）品種は，ひとみ五寸，平安三寸，Ｔ号夏蒔５寸，ベータ－312，陽州五寸であった（図１）．また「Ｃｄ指数」が高い（＝Cd 濃度が高まりやすい）品種は，クォーターキャロット，真紅極早生金時，パープルスティック，一口丸，パープルパープルとなった．Cd 濃度が高まりにくい５品種の「Cd 指数」平均値は，Cd 濃度が高まりやすい５品種の「Cd 指数」の0.36倍となった．

ｂ）根色が紫色のパープルスティックとパープルパープルはいずれも Cd 濃度が高まりやすい品種に位置付けされた．また，鮮やかな赤色の金時ニンジン類（本紅金時，滋賀真紅金時，真紅極早生金時）も濃度が高まりやすい品種14％の中に位置付けされ，根色が白い島人参は「Cd 指数」が高い方から20％の順位に位置付けされた．このようなことから，ニンジンの根色と Cd 濃度との間に何らかの対応関係が示唆されるが，一方で，Cd 濃度が高まりやすい品種の中に通常の根色を示すものも数多かった．

４）レタス類の Cd 濃度に関する取りまとめ結果

ａ）「Cd 指数」が高いのは，エンダイブ２品種とチマサンチュの１品種，リーフレタスのグリーンウエーブと都サラダであった（図２）．また Cd 濃度が高まりにくい品種は，フリンジ・グリーン，マイヤー，エムラップ231，サウザー，サラグリーンであった．「Cd 指数」が低い５品種の平均値は，高い５品種の「Cd 指数」の0.31倍であった．

ｂ）前記５品種に続いて Cd 濃度が高まりやすいとみられる品種は，岡山サラダナ，レッドファイヤー，サニーレタス，キングサラダ，赤チコリ，美味タス，チマサンチュａで，いずれも結球レタスではなかった．

ｃ）結球レタス可食部は乾物率が低く，乾物率と Cd 濃度との間には正の相関があったので，結球レタスの Cd 濃度が一般に低いとも考えられる．Crews & Davies[2]はレタス等６種の Cd 濃度順位を，サラダナ＞リーフレタス＞サラダナ＞コスレタス＞結球レタスと報告した．彼らは，結球レタスは１品種しか対象にしていないものの，非結球レタスよりも Cd 濃度が低いとしている．一方，John & van Laerhoven[12]は，リーフレタス，ロメインレタスと結球レタスの間に差がないと報告している．また，今回

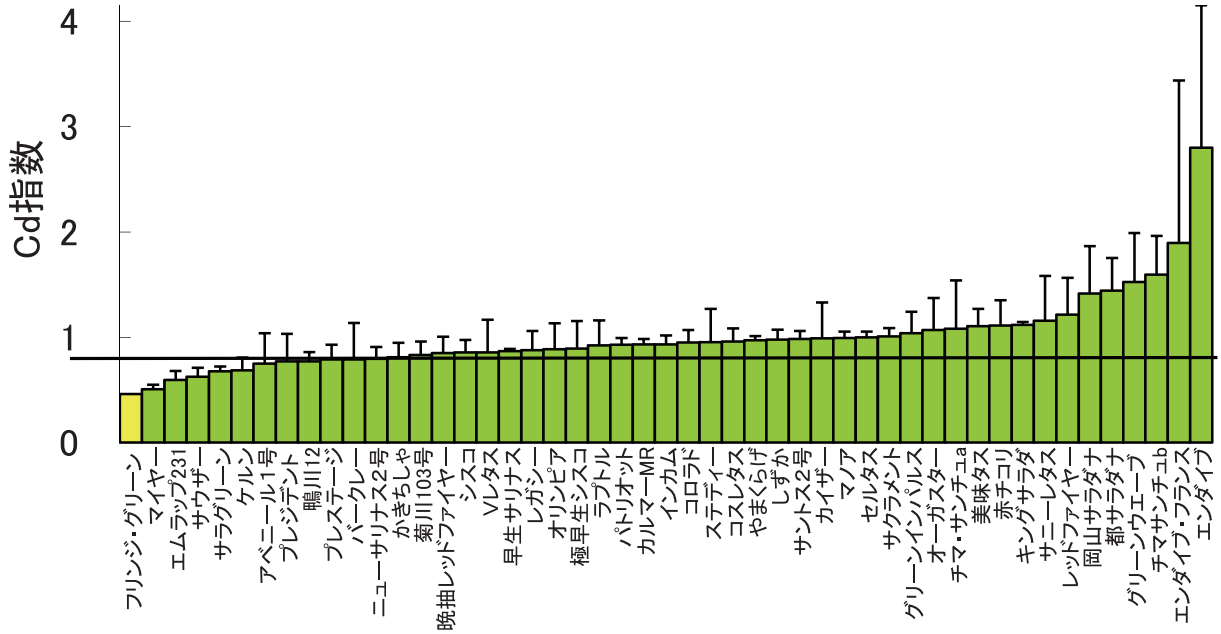


図２　レタス類49品種のＣｄ濃度順位

色の薄い棒グラフはデータ源が一点のみの品種
エラーバーは「ゆらぎ」を、横線は全体の平均値を示す

の取りまとめでCd濃度が高まりにくいと判定されたフリンジ・グリーン，サラグリーンは非結球レタスである．このように全体として，結球レタスは，非結球レタス類に比べてCd濃度が低い傾向がみられるものの，個々の品種による違いもあるので一概には言えないと考えられる．

5）残された課題

図１，２に掲載された品種の中には，データ源が１点だけで「ゆらぎ」が示されない品種がある上，流通している品種の中には，ここに示されていない品種が多数ある．また，市販されている品種が比較的早く交代して新しい品種が多数登場するという状況もある．今後，様々な品種について，精度が高い「Cd指数」を示すためには，さらにデータを収集する必要がある．また，各品種の遺伝的な来歴を踏まえて，今後登場する品種についてもその遺伝的背景などに基づいて「Cd指数」を予測できるような研究開発を行うことが望まれる．

Ⅴ　摘要

３種類の汚染土壌を充填した枠圃場および２種類の土壌を充填した小ポットで，延べ74品種のニンジンおよび42種のレタス類を栽培して，可食部のCd濃度等を測定して生育条件などによる変動を明らかにし，さらに既存データを加えて，品種毎のCd濃度の相対的序列を推定した．

１）ニンジンのCd濃度には，土壌や栽培条件が異なる場合でも共通して，品種に起因すると考えられる差異が認められた．

２）最もCd濃度が低いニンジン５品種の平均は，最も高い５品種の平均の0.36倍となった．

３）レタス類のCd濃度にも，品種に起因すると考えられる差異がみられた．

４）Cd濃度が最も低いレタス５品種の平均は，最も高い５品種の平均の0.31倍となった．

謝辞：本研究は「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業（野菜等の品目別カドミウム濃度の解明と吸収抑制技術の開発）」の一部として行われた．

引用文献

1） Alexander,P.D., B.J. Alloway, A.M.Dourado (2006) Genotypic variations in the accumulation of Cd, Cu, Pb and Zn exhibited by six commonly grown vegetables, Environmental Pollution, 144(3), 736−745.

2） Crews,H.M., B.E.Davies (1985) Heavy metal uptake from contaminated soils by six varieties of lettuce (Lactuca sativa L.), J. Agric. Sci., 105, 591−595.

3） Roorda van Eysinga, J.P.N.L., M.H.Cools (1988) Cadmium in butterhead lettuce varieties (Lactuca sativa L., var. capitata L.). Acta Horticulturae. 222, 197−200.

4） Florijn,P. J., J.A.Nelemans, M.L.vanBeusichem (1991) Cadmium uptake by lettuce varieties. Netherlands Journal of Agricultural Science. 39 (2), 103−114.

5） Florijn,P.J., J.A.Nelemans, M.L.vanBeusichem (1992) The influence of the form of nitrogen nutrition on uptake and distribution of cadmium in lettuce varieties. Journal of Plant Nutrition. 15(11), 2405−2416.

6） Gray,C.W., R.G.McLaren, A.H.C.Roberts, L.M. Condron (1999) Cadmium phytoavailability in some New Zealand soils. Australian Journal of Soil Research. 37(3), 461−477.

7） Harrison,H.C. (1986a) Response of lettuce cultivars to sludge−amended soils and bed types, Commun. in Soil Sci. Plant Anal., 17(2), 159−172.

8） Harrison,H.C. (1986b) Carrot response to sludge application and bed type, J. Am. Soc. Hort. Sci., 111(2), 211−215.

9） 伊藤純雄・菊地直・加藤直人（2010）ホウレンソウ類のカドミウム吸収に関わる品種間差の生育条件による変動とそれに基づく吸収程度の相対的序列の推定，中央農研研究報告，14，１－15．

10） Jansson,G., I.Oborn (2000) Cadmium content of Swedish carrots and the influence of soil factors. Acta Agriculturae Scandinavica. Section B, Soil and Plant Science. 50(2), 49−56.

11） Jinadasa,K.B.P.N., P.J.Milhan, C.A.Hawkins, P. S.Cornish, P.A.Williams, C.J.Kaldor, J.P.Conroy (1997) Heavy metals in the environment, Survey of cadmium levels in vegetables and soils of greater Sydney, Australia, J. Environ. Qual., 26, 924−933.

12） John,M.K, C.V.vanLaerhoven (1976) Differential effects of cadmium on lettuce varieties, Environmental Pollution, 10, 163−173.

13） Lee,Y.Z., S.Suzuki, T.Kawada, J.Wang, H. Koyama, I.F.Rivai, N.Herawati (1999) Content of cadmium in carrots compared with rice in Japan. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 63(6), 711−719.

14） Lehoczky,E, L.Szabo, Sz.Horvath, P.Marth, I. Szabados (1998) Cadmium uptake by lettuce in different soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 29(11−14), 1903−1912.

15） 中島秀治・市川泰之（2008）野菜中カドミウム濃度のプロセス分析―１ｍｏｌ　Ｌ$^{-1}$塩酸抽出法―．農業および園芸，83，667－674．

16） 農林水産省，１．カドミウムに関する国際基準値，コーデックスの基準値，入手先〈http://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/kome/k_cd/kizyunti/Codex.html〉（参照2010／01／14）

17） 農林水産省　国内産農畜産物等の実態調査結果，野菜．入手先〈http://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/kome/k_cd/cyosa/pdf/c_12.pdf〉（参照2010／01／15）

18） Pettersson,O. (1977) Differences in cadmium uptake between plant species and cultivars, Swedish J. of Agric. Res., 7, 21−24.

19） 渋谷政夫・小山雄生・渡辺久男（2002）重金属測定法（ＰＯＤ版），博友社，18－21．

20） Thomas,G.M., H.C.Harrison (1989) Inheritance of cadmium concentration in lettuce. Journal of the American Society for Horticultural Science. 114(1), 121−125.

21） Thomas,G.M., H.C.Harrison (1991) Genetic line effects on parameters influencing cadmium concentration in lettuce (Lactuca sativa L.). Journal of Plant Nutrition. 14(9), 953–962.

22） Yuran,G.T., H.C.Harrison (1986) Effects of genotype and sewage sludge on cadmium concentration in lettuce leaf tissue. J. Am. Soc. Hortic. Sci., 111, 491–494.

23） Xue,Q., H.C.Harrison (1991) Effect of soil zinc, pH, and cultivar on cadmium uptake in leaf lettuce (Lactuca sativa L. var. crispa), Communications in Soil Sci and Plant Analysis, 22(9,10), 975–991.

〔中央農研研究報告　18：15－35（2013）
Bull.NARO.Agric.Res.Cent.〕

Varietal Differences and Order of Comparative Cadmium Concentration in Carrot (*Daucus carota* L.), Lettuce (*Lactuca sativa* L.), Endiv (*Cichorium endivia* L.) and Chicory (*Cichorium intybus* L.).

Sumio ITOH[*1], Sunao KIKUCHI[*2] and Naoto KATO[*1]

Summary

Three cadmium(Cd)-contaminated soils were filled into bottomless frames with about 35cm depth, and 67 varieties of carrot and/or 21 varieties of lettuce including endive and chicory were grown in 2008 fall and 2009 spring sequentially. Some additional pot experiments were conducted also, using additional varieties of these crops. Cd contents in edible parts of these crops were analyzed by ICP-MS and varietal differences of Cd concentration under different soil and cultivation were examined. Among varieties of carrot and/or lettuce, endive and chicory, some varieties showed higher Cd concentrations even when soils and growing conditions were changed, indicating difference of inherent behaviour of Cd uptake.

Including retrospective report data, up to 326 data of 84 carrot varieties or 214 data of 49 varieties of lettuce including endive and chicory were collected and comparative order of varietal Cd concentration was summarized as " Cd index"±"fluctuation".

Average Cd index of the five low Cd varieties of carrot was as low as 0.36 comparing with the average of five high varieties (Figure 1). Several varieties of carrot that bear purple or brilliant red root color seemed to contain higher Cd.

Average Cd index of the five low Cd varieties of lettuce including endive and chicory was as low as 0.31 comparing with the average of five high varieties. Endive was the highest of the list, and several cos lettuce, butter head lettuce, loose leaf lettuce occupied the following high Cd part of the list (Figure 2).

[*1] NARO Agricultural Research Center Soil Science and Plant Nutrition Division
[*2] NARO Institute of Vegetable and Tea Science