

[短 報]

ホウレンソウのシュウ酸、硝酸、ビタミンCに及ぼす遮光、 気温、かん水、堆肥施用の影響

中本 洋^{*1} 黒島 学^{*1} 塩澤 耕二^{*2}

ホウレンソウの硝酸含量は気温が低いほど少なく、総ビタミンC含量は多くなり、遮光処理により総シュウ酸含量、総ビタミンC含量は少なく、硝酸含量は増える傾向を示した。一方、生育後期のかん水を多くすることにより乾物率が低下し、総シュウ酸含量、総ビタミンC含量は減少した。このとき、窒素施肥量が少ない場合には硝酸含量も減少する傾向がみられた。また、バーク堆肥の施用にともない、連用2年目で総シュウ酸含量、硝酸含量は減少する傾向であった。

緒 言

ホウレンソウは本来、冷涼な気象条件を好む作物であり、府県よりも夏期冷涼な北海道は夏どり栽培に適している。このため道外移出も盛んに行われ、本野菜は北海道の移出拡大重点品目に位置づけられている。しかし、北海道といえども夏期は高温になりやすく、品質、中でも内部成分に問題の生じることが明らかとなり、その対策が検討されてきた。その成果として、夏どりホウレンソウの硝酸とビタミンCに対する指標値、指標を達成するための栽培指針および消費者の購入選択指針が策定された(1)。

一方、ホウレンソウには硝酸とともに、シュウ酸も特異的に多く含まれていることが知られている(2)。この成分はカルシウムと結合しやすく、その吸収を抑制するとともに人体に有害な結石の原因物質でもあると考えられている。したがって、消費者の安全志向、健康志向に応えるには、シュウ酸生成の低減化技術を確立することが急務の課題である。しかし、シュウ酸と硝酸含量の間には負の関係が存在するといわれており(3)、シュウ酸の低減は硝酸の増加になる可能性を否定できない。また、シュウ酸とビタミンCの相互関係も不明である。

このように、ホウレンソウの内部成分間の相互関係は複雑であり、その解明を行うとともに、今後は人体に対する有効成分を高め、有害成分を低減する栽培管理法の確立を図る必要がある。本試験では遮光処理、温度処理、かん水管理、窒素施肥、堆肥連

用がシュウ酸、硝酸、ビタミンCなどの内部成分に及ぼす影響を検討したので、その結果を報告する。

試験方法

上川農業試験場のれき質褐色低地土(造成層)でホウレンソウを雨よけ栽培し、遮光及び気温管理試験を1996年に、かん水と窒素施肥の組合せ試験およびバーク堆肥連用試験を1995、1996年の両年で行った。

1. 遮光および気温管理試験

遮光試験は雨よけハウスにポリオレフィン系樹脂(P0)フィルムを展張し、それに重ねて遮光P0フィルムを展張した。ハウスを4区分し、遮光率30または50%のP0フィルム3種類に無処理区を加えて、1連制で行った。遮光期間は播種から収穫までとした。播種期Ⅰでは「トニック」、「晩抽ジュリアス」を6月28日に播種し、播種期Ⅱでは「晩抽ジュリアス」、「アーガス117」を7月30日に播種した。

気温管理試験は人工気象室で日中の温度管理時間を8時間とし、昼-夜温を20-10℃(低温区)、24-14℃(中温区)、28-18℃(高温区)として気温を制御した。また、気温処理期間中に寒冷紗#100(遮光率35%)で遮光した区を各気温処理区に設け、各2反復で行った。低温区は8月21日、中温区は8月26日、高温区は9月1日に「リード」をプランターに播種した。播種後ハウス内で均一栽培し、9月9日に人工気象室へ移し、前記の処理を開始した。

2. かん水および窒素施肥試験

1995年は標準かん水区に対して生育後期(播種から15~20日間以後:およそ4葉期)のかん水量を増減させた後期少かん水区、後期多かん水区を設けた。標準かん水区では播種前、播種後、間引き後に各10

1998年5月15日受理

*1 北海道立上川農業試験場 078-0393 北海道比布町

*2 北海道立花・野菜技術センター 073-0026 北海道滝川市東滝川

～20mmをかん水し、その後は土壤の乾燥程度に応じて適宜行い、かん水打ち切りの目安を収穫1週間前とした。播種期Ⅰは5月9日に、播種期Ⅱは7月5日に播種した。品種は両播種期とも「トニック」、
「プロセス27」、「テクノス」、「セプター」を用い、その他に播種期Ⅰでは「フォルテ」、播種期Ⅱでは「力士」を加えた。施肥窒素は15gN/m²を播種期ごとに施用した。

1996年は標準かん水区、後期多かん水区および標準かん水区に対して収穫およそ4日前にもかん水を行う遅かん水区を設けた。また、各かん水区に3段階の窒素施肥処理区を設けた。播種期Ⅰは窒素施肥量は減窒素区で6gN/m²、標準区で12gN/m²、増窒素区で18gN/m²として4月26日に播種し、播種期Ⅱではそれぞれ0gN、5gN、10gN/m²を施用し、6月21日に播種した。品種は両播種期共通に「テクノス」を用い、その他に播種期Ⅰでは「晩抽パルク」、「セプター」、播種期Ⅱでは「トニック」、「サザンクロス」を用い、試験は1連制で行った。

3. バーク堆肥連用試験

本試験は年3作栽培を前提とし、2反復で行った。市販バーク堆肥（完熟）を供試し、0kg、2kg、4kg、6kg、8kg/m²施用区を設けた。ただし、播種期Ⅰ、Ⅱでは各肥料施与時に所定量の堆肥を施用したが、播種期Ⅲは全区無施用とした。施肥窒素は1995年の播種期Ⅰ、Ⅱに15gN/m²、1996年の播種期Ⅰには12gN、播種期Ⅱに5gN/m²を与えたが、播種期Ⅲは両年とも施用しなかった。1995年の播種期Ⅰは5月9日に、播種期Ⅱは7月5日に、播種期Ⅲは8月25日に、1996年の播種期Ⅰは4月26日に、播種期Ⅱは6月21日に、播種期Ⅲは8月9日に播種した。品種は1995年の播種期Ⅲは「リード」、1996年の播種期Ⅰは「晩抽パルク」、その他の播種

期は「トニック」を用いた。

4. 内部成分の分析方法

平均的な5株を葉身部、葉柄部に分け、細断したものを試料とした。シュウ酸は塩酸で抽出する総シュウ酸を分析した。総シュウ酸量および硝酸量は亀野らの方法に従い（4）高速液体クロマトグラフで測定した。総ビタミンC量はメタリン酸で抽出後、還元剤を加え、高速液体クロマトグラフで測定した（5）。また、Brix糖度は葉柄搾汁液を測定した。葉緑素計示度は細断前に最大葉の葉身部を葉緑素計（SPAD-502）で測定した。これらの内部成分分析および生育調査は規格内品（障害のない草丈22cm以上のもの）について行った。なお、内部成分含量は新鮮重100g当たりで表示し、葉身部と葉柄部を加重平均して地上部の全体の値として算出した。

試験結果

1. 遮光および気温管理試験

両播種期とも無処理区に比べて遮光区で葉緑素計示度値と乾物率が低下する傾向を示し、特に遮光率の高い50%遮光区で著しく低下した（表1）。総シュウ酸含量も無処理区に比べて遮光区で少なく、両播種期とも乾物率の最も低かったP0白系区が最少であった。硝酸含量は播種期間で傾向が異なり、播種期Ⅰでは無処理区に比べて遮光区で若干少なかったが、播種期Ⅱでは遮光区が多かった。総ビタミンC含量は播種期Ⅱの遮光率50%区で大きく減少した。

内部成分含量に及ぼす気温の影響をみると、低温区の葉緑素計示度およびBrix糖度は他区より高くなったのに対し、総シュウ酸含量と硝酸含量は著しく少なくなった（表2）。総ビタミンC含量は気温が低くなるほど増加する傾向を示した。また、いずれ

表1 遮光が内部成分含量に及ぼす影響（1996年）

播種期	遮光資材	遮光率 (%)	葉緑素計 示度	B r i x 糖度	乾物率 (%)	内部成分含量（全体） (mg/FW100g)		
						総シュウ酸	硝酸	総ビタミンC
Ⅰ 6月28日	無処理区	—	37.6	2.1	6.3	746	315	—
	P0白系区	50	32.1	1.8	5.9	615	290	—
	P0銀系50区	50	33.2	1.8	6.1	658	289	—
	P0銀系30区	30	34.8	2.0	6.1	658	310	—
Ⅱ 7月30日	無処理区	—	40.2	—	9.1	524	147	55.5
	P0白系区	50	36.2	—	7.5	443	235	14.9
	P0銀系50区	50	33.6	—	7.7	486	238	18.2
	P0銀系30区	30	36.3	—	8.8	491	203	43.8

注) 2品種の平均値、P0：ポリオレフィン系樹脂の略で未市販資材

表2 気温が内部成分含量に及ぼす影響 (1996年)

処理	生育	葉緑	乾物率		内部成分含量（全体）			
気温管理	遮光	日数	素計	B r i x	(mg／FW100 g)			
(昼－夜)		(日)	示度	糖度	(%)	総シュウ酸	硝酸	総ビタミンC
低温	無	42	35.7	3.4	9.0	334	176	81.9
(20－10℃)	有	42	31.9	2.6	8.1	290	179	66.6
中温	無	37	29.0	2.2	9.5	627	422	42.5
(24－14℃)	有	37	27.2	2.1	7.5	536	519	40.7
高温	無	31	27.8	2.1	7.5	591	470	36.7
(28－18℃)	有	31	27.2	2.1	7.1	579	512	31.3

の気温処理区でも遮光により総シュウ酸含量と総ビタミンC含量は減少し、硝酸含量は増加する傾向を示した。一方、収穫適期に至るまでの生育日数は、気温を低く管理するほど長くなった。

2. かん水および窒素施肥試験

総シュウ酸含量は1995年の播種期Ⅰ、Ⅱともに間引き以後のかん水を減らし、生育後期の土壌水分を少なくした後期少かん水區で増加しており、生育後期にかん水を多くした後期多かん水區では減少する傾向が認められた(図1)。硝酸含量は播種期Ⅰでは全般に少なく、特に平均1株重が劣った後期少かん水區で少なかった。播種期Ⅱの硝酸含量は全般に多く、処理間差はほとんどみられなかった。1996年も両播種期で総シュウ酸含量は後期多かん水區で減少する傾向が認められ、同様に後期多かん水區で乾物率が低下し、総ビタミンC含量も減少する傾向がみられた(図2)。また、標準かん水に対して収穫4日程度前にかん水した遅かん水區の内部成分含量は、後期多かん水區と類似した傾向であった。

一方、後期多かん水區、遅かん水區では窒素施肥量が少なくなると硝酸含量は減少する傾向を示した(図3)。減窒素區の硝酸含量は後期多かん水區で少なかったが、増窒素區の硝酸含量は標準かん水區に比べて後期多かん水區、遅かん水區で同じかやや増加する傾向であった。後期多かん水區の総シュウ酸含量は播種期Ⅰでは窒素増肥にともない多くなる傾向であったが、播種期Ⅱでは少なくなる傾向であった。

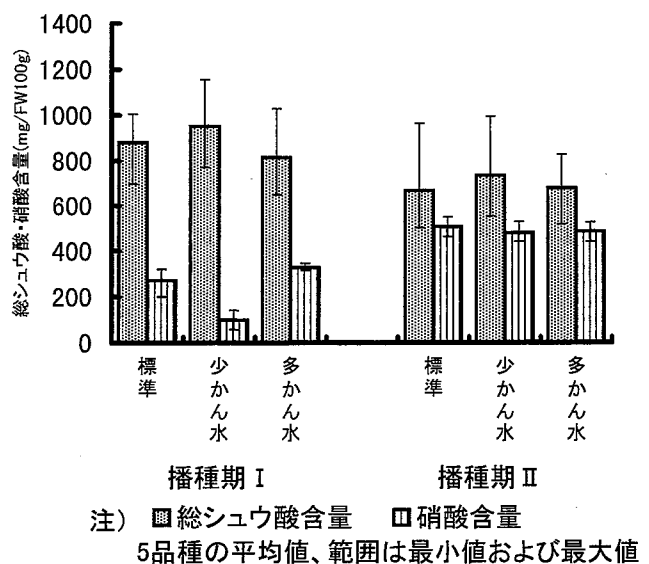


図1 ホウレンソウの内部成分含量に及ぼすかん水の影響 (1995年)

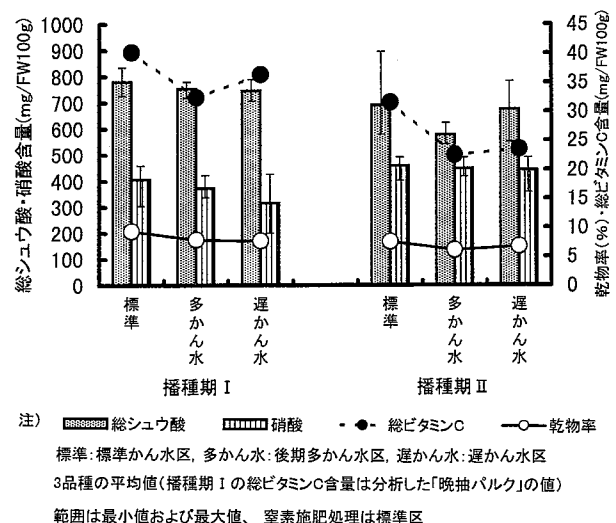


図2 ホウレンソウの内部成分に及ぼす水の影響 (1996年)

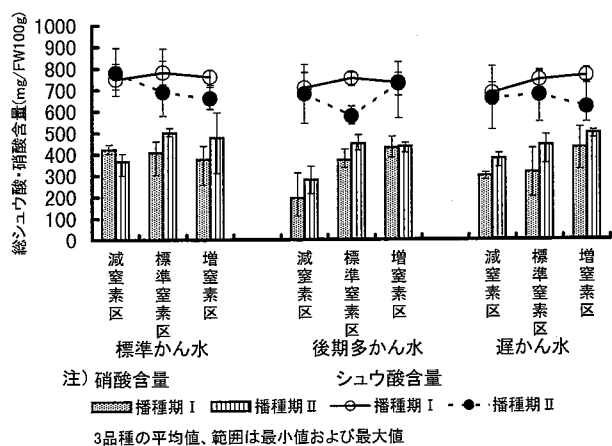


図3 ホウレンソウの内部成分に及ぼすかん水および窒素施肥量の影響 (1996年)

3. バーク堆肥連用試験

バーク堆肥の連用によって初年目から乾物率は低下する傾向を示し、2年目も同様な傾向であった(図4)。バーク堆肥連用区の硝酸含量は初年目では無施用区に比べて多かったが、2年目ではバーク堆肥施用量が多いほど減少する傾向がみられた。また、総シュウ酸含量は連用初年目ではバーク堆肥6 kg/m²以上の施用区では無施用区に比べて少なくなる傾向を示した。連用2年目の総シュウ酸含量はバーク堆肥の施用にともない減少する傾向が認められた。跡地土壌の無機態窒素含量は全般に少なく、処理間の差は判然としなかった。(表3)

考 察

1. 内部成分に及ぼす遮光および気温の影響

現在、ホウレンソウは降雨害回避のために雨よけ栽培が一般化しているので、本試験も雨よけハウス

表3 バーク堆肥施用跡地の土壌無機態窒素含量 (1996年)

播種期 処理区	土壌無機態窒素含量 (mgN/100g)			
	I 施肥前	I 跡地	II 跡地	III 跡地
0 kg/m ² 区	1.6	4.5	6.3	2.6
2 kg/m ² 区	0.9	3.2	4.6	1.8
4 kg/m ² 区	1.7	7.3	4.3	1.8
6 kg/m ² 区	1.5	2.5	3.6	1.5
8 kg/m ² 区	2.3	4.5	3.6	1.9

注) 採土深は0~20cm

ホウレンソウを年3作栽培、2年目

バーク堆肥は播種期I, IIに施用、播種期IIIでは無施用

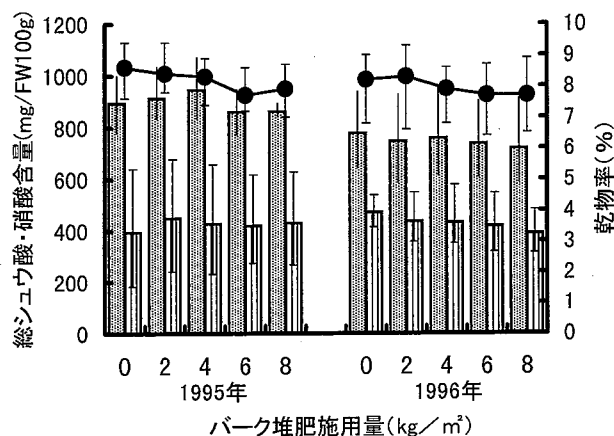


図4 ホウレンソウの内部成分に及ぼすバーク堆肥の影響
年3作栽培、バーク堆肥は播種期I, IIに施用、播種期IIIは無施用
3播種期の平均値、範囲は最小値および最大値

図4 ホウレンソウの内部成分に及ぼすバーク堆肥の影響

栽培を前提として行った。遮光は生育初期の株立ち数確保や生育の安定に有効と考えられるが、乾物率の低下を招いた。乾物率の低下は遮光により日射量が減少し軟弱徒長気味の生育となったことに加えて、土壌の乾燥が抑えられ無処理区よりも土壌が湿潤となり体内水分が増加したためであると考えられる。また、総シュウ酸含量も遮光により減少した。この減少は乾物率低下の傾向と一致していることから、主として体内水分増加によるシュウ酸の希釈に基づくものと考えられる。

播種期Iの硝酸含量は総シュウ酸含量と同様に遮光によりやや減少する傾向を示した。しかし、播種期Iより日照時間の短い播種期IIでは、遮光区の硝酸含量はむしろ多くなっており、これは遮光による硝酸吸収量の低下に比べて硝酸還元力の低下が相対的に大きかったためと考えられる。したがって、日照時間の短い作期で栽培したホウレンソウの硝酸含量は、遮光処理で増加する可能性が大きい。

総ビタミンC含量は播種期IIの遮光率50%区で大きく減少した。また、播種期Iでは無処理区に比べて遮光率50%の区のBrix糖度が低下した。播種期IではビタミンCの分析を行っていないが、総ビタミンC含量はBrix糖度と正の相関が認められている(1)ので、播種期Iでも遮光率50%区の総ビタミンC含量は無処理より減少していたものと推定される。総ビタミンC含量の減少は体内水分の増加によって希釈されたことによるのではなく、遮光による日射量の減少で光合成が劣り、光合成産物のグルコースを前駆物質とするビタミンC合成量も減少したためであると考えられる。遮光栽培は総シュウ酸

含量を減少させる利点もあるが、総ビタミンC含量の減少、硝酸含量の増加となる危険性もあるので、生育全期間の遮光は望ましくないと言える。

低温（昼-夜：20-10℃）区で硝酸、総シュウ酸含量は大きく減少した。中温区と高温区の総シュウ酸、硝酸含量はほぼ同等であったことから、一定温度以下でこれらの成分は低含量になると考えることができる。夏期においてこのような低温管理は困難であるが、気温の低下とともに総ビタミンC含量は増加していることから、内部品質向上には低温条件が望ましい。しかし、遮光処理で実現した雨よけハウス内の低温は硝酸含量を増やし、総ビタミンC含量を減らすため好ましくなく、むしろ換気効率を高めて気温を下げるのが内部品質の向上に有効と考えられる。早春期や秋期の外気温が低い時期では、換気処理によりハウス内の気温を下げることは容易である。外気導入による低温処理でビタミンCとβ-カロチン含量が増加することが認められており（6）、この時期は高品質ハウレンソウの栽培に有利な条件と言える。

2. 内部成分に及ぼすかん水および肥培管理の影響

1995年の播種期Ⅰでは、生育後期のかん水量を少なくした後期少かん水区で硝酸含量の減少がみられた。しかし、平均1株重も著しく軽かったのでこの減少は土壤水分の不足による窒素吸収の抑制に起因したと考えられる。かん水量の多少によって平均1株重の相違が認められなかった播種期Ⅱでは、後期少かん水区でも標準かん水区と同等の硝酸含量を示し、土壤水分不足による窒素吸収抑制作用はなかったと考えられる。

窒素施肥の増減が総シュウ酸含量に及ぼす影響が各播種期で異なっていた。窒素施肥を減らすことにより総シュウ酸含量が少なくなる場合も報告されており（7）、栽培期間の気象条件等も含めてさらに検討する必要がある。また、後期多かん水区の総シュウ酸含量の減少傾向は乾物率の低下傾向と近似し、かん水による総シュウ酸含量の減少は体内水分の増加による希釈効果に基づくものと考えられる。また、総ビタミンC含量もかん水処理で減少したが、総シュウ酸含量と同様に希釈効果によるものと考えられる。

バーク堆肥の連用2年目で硝酸と総シュウ酸含量は同時に減少した。土壤の無機態窒素含量が20mg/100g以下の水準では、バーク堆肥施用によって窒素の乾物生産効率が向上し、硝酸含量に減少のあることが報告されている（8）。本試験の土壤無機態窒素はこの範囲内であった（表3）。ただし堆肥施用初年目の硝酸含量は無施用区より若干多く、何らか

の理由で窒素の乾物生産効率の向上効果が初年目は発現に至らなかったものと考えられる。一方、総シュウ酸含量は初年目の堆肥6, 8kg/m²施用区でもわずかに減少することが認められた。乾物率も同時に低下していることから、堆肥の多量施用で土壤の保水能や根圏環境の向上にともなって生育と体内水分が増大し、シュウ酸が希釈されたことに起因すると考えられる。また、アンモニア態窒素の吸収は硝酸と総シュウ酸含量を低下させ、総ビタミンC含量を高めることが認められている（9）。したがって、連用2年目で硝酸含量と総シュウ酸含量が同時に減少したのは、堆肥の連用で硝酸態窒素とともにアンモニア態窒素も吸収されたためとも考えられる。

1994年7月に行った主要産地における現地調査の結果によると、依然として硝酸含量は指標値を大きく上回っており（10）、早急に下げる必要がある。好硝酸植物のハウレンソウでは生育量確保に一定程度の硝酸を必要とするが、内部品質の向上には土壤の硝酸態窒素を減らし、一部をアンモニア態窒素に代替える必要がある。そのため化学肥料の一層の削減、堆肥による代替えを進める必要がある。また、硝化抑制剤の利用も有効と推察され、施用法について検討を要する。

引用文献

- 1) 目黒孝司, 吉田企世子, 山田次良, 下野勝昭, 夏どりハウレンソウの内部品質指標. 土肥誌. 62, 435-438(1991).
- 2) 中原経子. 植物性食品中の有機酸含量. 栄養と食糧. 27, 33-36(1974).
- 3) 今西三好, 五島. 培地栄養素の組成がハウレンソウの生育と品質関連成分の含量に及ぼす影響. 中国農研報. 7, 1-16(1990).
- 4) 亀野貞, 木下隆雄, 楠原操, 野口正樹. ハウレンソウの栽培条件および品種と品質関連成分の変動. 中国農研報. 6, 157-178(1990).
- 5) 平成3年度 研究成果情報 北海道農業, 北海道農業試験研究推進会議 農林水産省北海道農業試験場, 73-76
- 6) 加藤忠司, 青木和彦, 山西弘恭. 冬期ハウス栽培ハウレンソウのビタミンC, β-カロテン, トコフェロールおよびシュウ酸含有量に対する外気低温の影響. 土肥誌. 66, 563-565(1995).
- 7) 吉川年彦, 中川勝也, 小林保, 時枝茂行, 永井耕介. 高品質ハウレンソウの生産・出荷に関する研究(第2報) シュウ酸含量に及ぼす施肥, 有機質資材施用の影響. 近畿中国農研. 75, 77-81(1988).
- 8) 北海道立道南農業試験場. 堆肥施用がハウレン

ソウの内部品質に及ぼす影響. 北海道農業試験会
議資料. 1-21(1995).

- 9) 建部雅子, 石原俊幸, 石井かおる, 米山忠克.
培地の窒素形態およびCa : K比がホウレンソウと
コマツナの硝酸, アスコルビン酸, シュウ酸含有
率に与える影響. 土肥誌. 66, 535-543(1995).
- 10) 北海道立上川農業試験場. ホウレンソウのシュ
ウ酸含量低減化技術. 平成8年度北海道農業試験
会議資料. 1997.1. 1996. p1-35

Effects of Shading, Temperature, Watering, Appre-
ciation of Manure on the Oxalate, Nitrate, Vitamin
C Contents of Spinach

Hiroshi NAKAMOTO* ,Manabu KUROSHIMA,Kouji
SHIOZAWA

*Hokkaido Prefectural Kamikawa Agricultural Experiment
Station. Pippu,Hokkaido,078-0393 Japan.