

琉球大学学術リポジトリ

サトウキビ茎中の糖度と各種元素との関係 ー南大
東島および石垣島の場合ー

メタデータ	言語: 出版者: 沖縄農業研究会 公開日: 2009-01-29 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 川満, 芳信, 上野, 正実, 渡嘉敷, 義浩, 永江, 哲也, 大見, のりこ, 孫, 麗亜, 浅沼, 康清, 入嵩西, 正治 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002015450

サトウキビ茎中の糖度と各種元素との関係 —南大東島および石垣島の場合—

川満芳信・上野正実・渡嘉敷義浩・永江哲也
大見のりこ・孫 麗亜・浅沼康清¹⁾・入嵩西正治²⁾
(琉球大学農学部, ¹⁾南大東村役場, ²⁾石垣島製糖)

Yoshinobu KAWAMITSU, Masami UENO, Yoshihiro TOKASHIKI, Tetsuya NAGAE,
Noriko OHMI, Liya SUN, Yasukiyo ASANUMA, and Masaharu IRITAKENISHI:
Relationship between sugar content and elements in the stem of Sugarcane.

緒 言

平成7年度製糖期の沖縄県全体のサトウキビの生産量は101万3千2百トンで、平均甘蔗糖度は14.3度である(琉球新報, 平成8年4月27日付)。もし仮に、この平均甘蔗糖度を14.3から1度上げることができれば、県全体で約13.17億円の増収が見込まれる。

ところで、サトウキビに窒素を多く施用すれば原料茎重は増加するが、逆に糖度は低下する(宮里, 1986)。また、カリおよびリン肥料は糖度を著しく変化させる事などが知られている(宮里, 1986)。

本論文は、サトウキビ茎の甘蔗糖度を栽培環境の改善を通じて向上させることを目的として、まず、その実体を把握するため土壌条件の均一な南大東島と不均一な石垣島を選び、検取時の搾汁液中に含まれる各種元素を調べ、甘蔗糖度との関係を詳細に検討した。その結果、肥料3要素と甘蔗糖度との間に有意な関係が見られたので報告する。なお、本研究は3年間継続する予定であり、本稿は平成7年度製糖期についての中間的な結果にとどめ、最終年度に作物学、土壌学、システム工学の総合的な判断の基に糖度向上の具体的な方策について述べる。

材料および方法

各製糖工場の糖度検取時に出る搾汁液から50mlを試験管にとり栓をして、凍結後ドライアイスを含めたまま琉球大学農学部に移送し、直ちに-40℃の冷凍庫で保存し、各種元素およびイオンの測定に供試した。ま

た、その検取時にてたバカスは風乾後、琉球大学農学部に移送し、80℃で48時間再度乾燥後、粉碎し全窒素、炭素および各種元素の測定に供した。

搾汁液中の元素の定量: 解凍後、3,000rpmで15分遠心後、その上澄み液を1mlとり25倍に希釈後、元素および糖類の定量に用いた。元素はICPプラズマ発光分析装置(ICPS-2000, 島津製作所)を用い、シーケンシャルモードで定性後ポリクロモードで定量した。定量した元素は、Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Ni, P, S, Si, Znで、1サンプルの測定に約90秒要した。

搾汁液中の糖類の定量: 糖類は上述の25倍希釈液を、孔径0.45 μmのメンブレンフィルターで濾過後、高速液体クロマトグラフ(LC-10A, 島津製作所)を用いて定量した。調査した糖類は、蔗糖、果糖、ブドウ糖であった。1サンプルの測定には約14分を要した。

甘蔗糖度の評価: 原料茎が製糖工場へ搬入された時点で近赤外線分析装置(260型, BRAN-LUEBBE社製)を用いて調べた。

バカス中の元素の定量: 乾燥した粉末試料(0.25g)を0.5% HNO₃溶液(50ml)にいれ、80℃、24時間で成分抽出した。溶液を濾過後、搾汁液と同様にICPで各種元素を定量した。

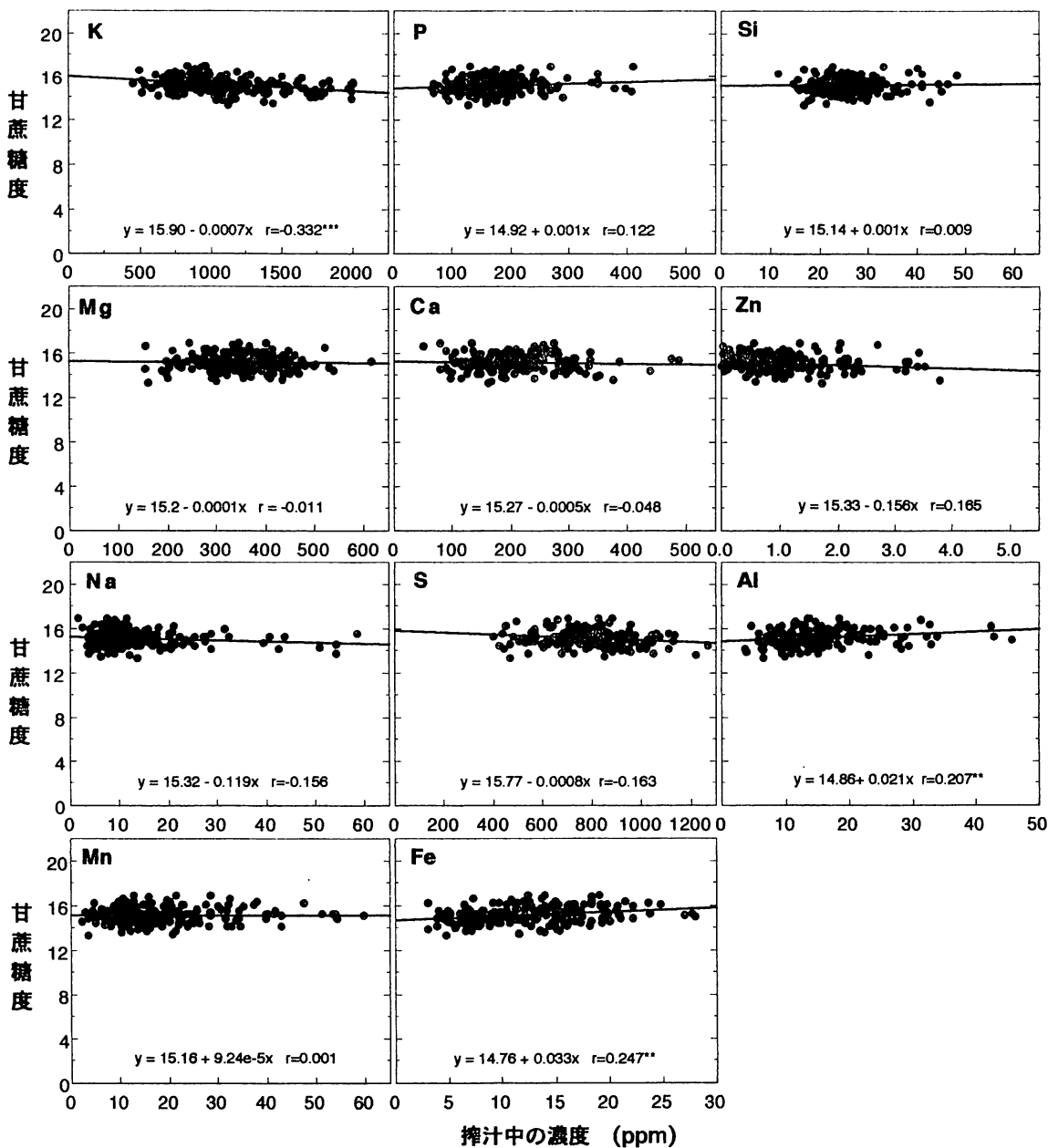
バカス中の窒素・炭素の定量: 乾燥した粉末試料を0.025gとり、N/Cアナライザー(NC-90A, 島津製作所)を用いて窒素と炭素を定量した。

結果および考察

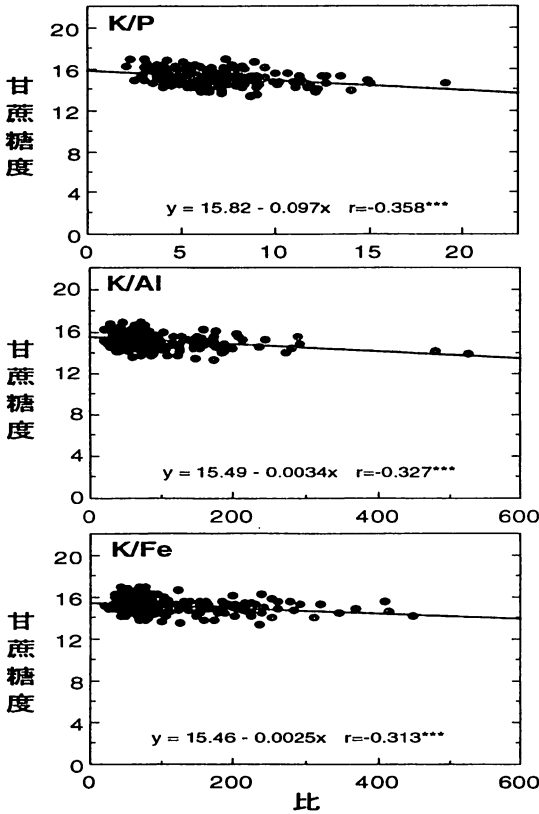
1. 南大東島

南大東島の土壌は単一で分類的には国頭マージと呼ばれ、pHは約5.8の酸性である。品種はすべてF161が栽培されている。収穫はすべてハーベスターで行われ、

いわゆる機械化の最先端をゆく島として位置づけられる。搾汁サンプルは、3月6日、11日、24日に検取されたもので、凍結後、琉球大学農学部に移送し、各種元素および糖度を測定した。調査した搾汁サンプル数



第1図 南大東島におけるサトウキビ搾汁液中に含まれる各種元素と甘蔗糖度との関係。甘蔗糖度は近赤外線分析計により、元素はICPプラズマ発光分析装置により定量した。元素の定量には遠心後、25倍に希釈した液を用いた。サンプルは3月6日・11日・24日に合計200採取した。



第2図 南大東島におけるK/P, K/Al, および K/Feと甘蔗糖度との関係。

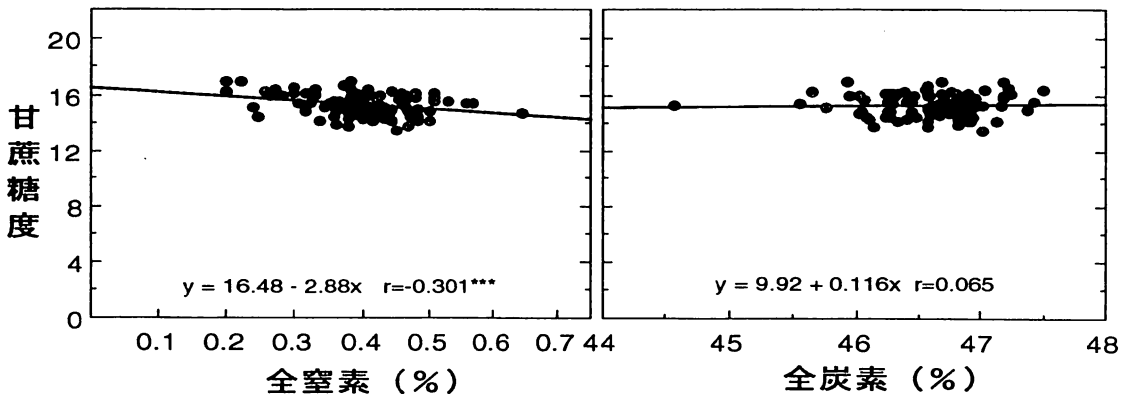
は合計200点, バカスは100点であった。

第1図には, 搾汁中に含まれる各種元素と甘蔗糖度との関係をプロットした。カリ, イオウ, ナトリウム,

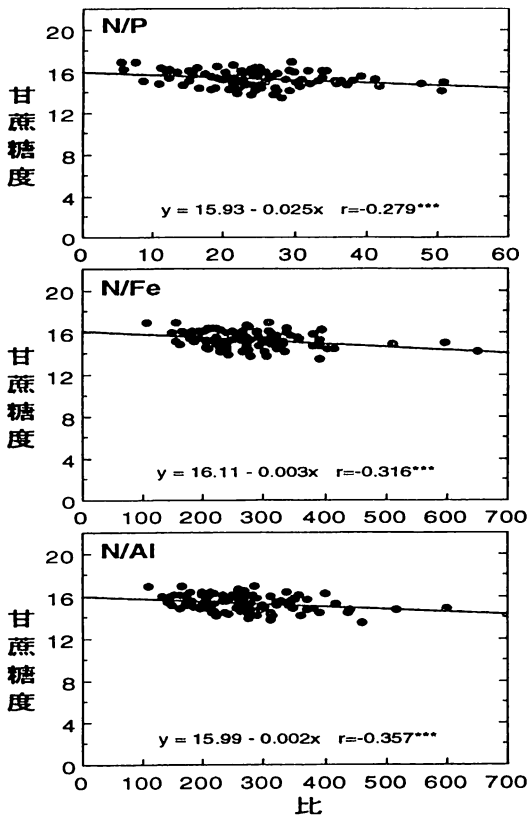
亜鉛含量が増えれば甘蔗糖度は低下し, 中でもカリとの関係は0.01%レベルで統計的に有意であった。リン, 鉄, アルミニウムと甘蔗糖度との間は正の相関関係にあり, 鉄とアルミニウムとは0.5%レベルで有意な関係にあった。従って, 南大東島の甘蔗糖度は, カリを少なく, リン, 鉄, アルミニウムを多く吸収するよう栽培すれば高くなると言える。搾汁液中に含まれる元素の内, カリが最も多く含まれ, 400~2000ppmの範囲にあり, 次いで, イオウ, マグネシウム, カルシウム, リンの順に低下した。

第2図は, リン, アルミニウム, および鉄とカリとの比と甘蔗糖度との関係をみたものである。リンとカリの比は0~20の範囲内に, アルミニウムおよび鉄とカリの比は0~500の範囲内にある。すなわち, 16度以上の高い甘蔗糖度を得るためには, リンに対するカリの割合を5以下に, アルミニウムおよび鉄に対するカリの割合を100以下に維持すれば良いことになる。これらの結果は, 0.01%レベルで統計的に有意であった。

ICPプラズマ発光分析装置は, 雰囲気酸素, 窒素, 二酸化炭素を含んでいるためバックグラウンドが高く, それらの元素の測定ができない。従って, 窒素と炭素は前述の元素とは別に, N/Cアナライザーを用いて定量した。しかし, 搾汁液の全窒素をN/Cアナライザーで分析したところ, 検出限界以上であり, 測定できないことが判明した。そこで, 今度は搾汁液と同時にサ



第3図 バカス中に含まれる全窒素および炭素と甘蔗糖度との関係。甘蔗糖度は近赤外線分析装置で, 全窒素および炭素はN/Cアナライザーで定量した。バカスは3月24日に100サンプリングした。



第4図 南大東島におけるN/P、N/Fe、N/Al比と甘蔗糖度との関係。

ンプリングを行ったバカスの全窒素と炭素を調べ、それらと甘蔗糖度との関係を検討することにした(第3図)。窒素が増加すれば甘蔗糖度は低下し、その関係は0.01%レベルで統計的に有意であった。炭素と甘蔗糖度との関係は僅かに右上がりの関係が認められたものの、統計的に有意な関係とは言えなかった。バカスの窒素レベルは、葉のそれの比で1/10程度であるにも関わらず、甘蔗糖度との間に有意な関係が成り立つことは、レベルの高い葉の窒素と甘蔗糖度との間にも有意な関係が成り立つことを示唆している。

第4図は、搾汁液中のリン、鉄、およびアルミニウムに対するバカス窒素の割合と甘蔗糖度との関係を検討したものである。各々の元素の割合が増大すると甘蔗糖度は著しく低下し、それらは0.01%レベルで有意な関係にあった。これらの図から、南大東島において

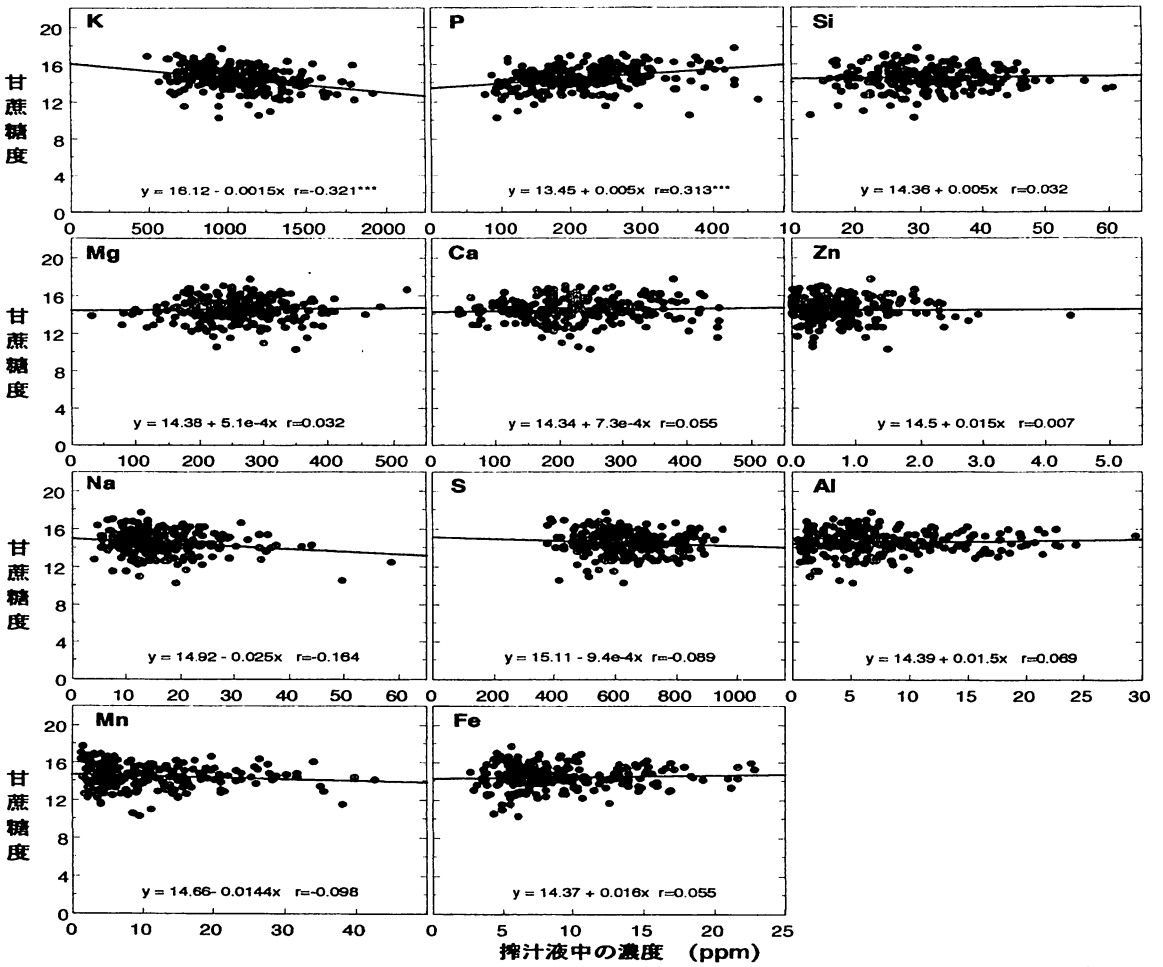
16度以上の高い甘蔗糖度を得るためには、搾汁液中のリンに対してバカス窒素の割合を20、鉄およびアルミニウムに対しては200以下に維持させることが重要であるといえる。

2. 石垣島

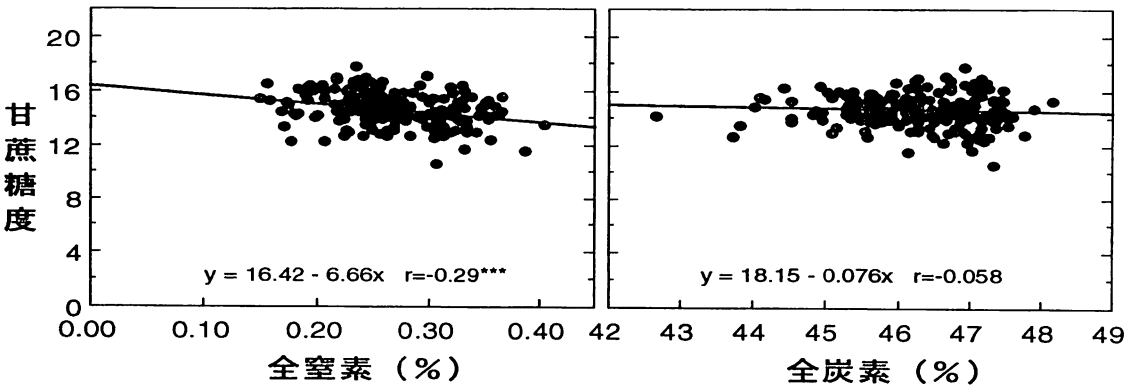
石垣島の土壌の特徴は、国頭マージ、島尻マージ、沖積土壌の3種類から構成されていることである(大城ら, 1994)。また、品種はF161が最も多く栽培されており、次いでF172、NiF8の順である。収穫方法は、全茎(全茎式脱葉機処理を含む)およびハーベスタ処理が主である。作型は、夏植えが大部分を占め、僅かに春植えおよび株出しが見られる。搾汁液サンプルは、1月26日、3月3日・16日に検収されたもので、凍結後琉球大学農学部に移送され、各種元素および糖度の測定に供試した。調査した搾汁サンプル数は合計250点、バカスは200点であった。

第5図には、搾汁中に含まれる各種元素と甘蔗糖度との関係をプロットした。カリ、ナトリウム、イオウ含量が増えれば甘蔗糖度は低下し、中でもカリとの関係は0.01%レベルで統計的に有意であった。リン、鉄、アルミニウムと甘蔗糖度との間は正の相関関係にあり、特にリンとは0.01%レベルで有意な関係にあった。従って、石垣島の甘蔗糖度は、カリを少なく、リンを多く吸収するような栽培方法を検討すれば糖度は著しく向上すると言える。搾汁液中に含まれる元素の内、カリが最も多く含まれ、400~2000ppmの範囲にあり、次いで、イオウの400~1000ppm、リン、マグネシウム、カルシウムの0~500ppm、他は60ppm以下であった。

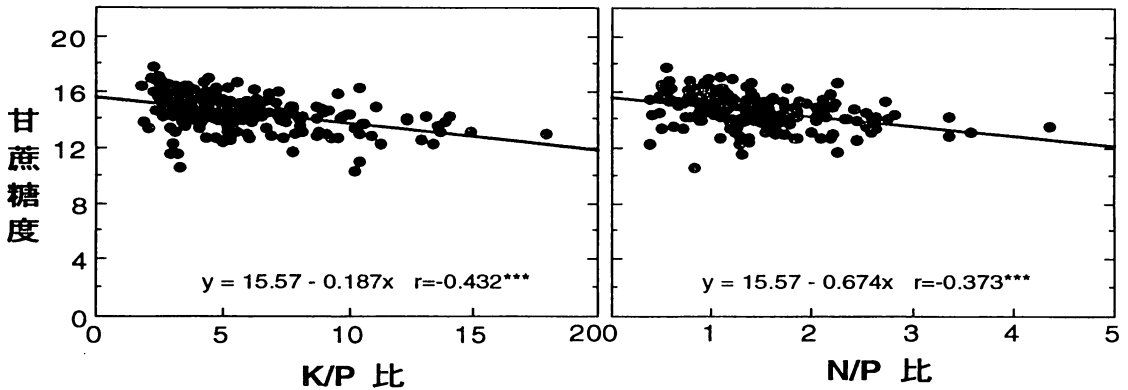
第6図はバカス中に含まれる全窒素及び炭素と甘蔗糖度との関係を検討したものである。大東島の場合と同様に、窒素が増加すれば甘蔗糖度は低下し、その関係は0.01%レベルで統計的に有意であった。炭素と甘蔗糖度との関係は、僅かに右下がりの関係が認められたものの、統計的に有意な関係とは言えなかった。調査した全サンプルの窒素の平均値は $0.27 \pm 0.05\%$ 、炭素の平均値は $46.3 \pm 0.9\%$ である。



第5図 石垣島におけるサトウキビの絞り汁中に含まれる各種元素と甘蔗糖度との関係。甘蔗糖度は近赤外線分析計により、元素はICPプラズマ発光分析装置により定量した。元素の定量には遠心後、25倍に希釈した液を用いた。サンプル数は1月26日、3月3日・16日に合計250採取した。



第6図 バカス中に含まれる全窒素および炭素と甘蔗糖度との関係。甘蔗糖度は近赤外線分析装置で、全窒素および炭素はN/Cアナライザーで定量した。バカスは3月3日、3月16日に200サンプリングした。



第7図 石垣島におけるK/P比およびN/P比と甘蔗糖度との関係。

第7図は、カリ／リン比および窒素／リン比と甘蔗糖度との関係をみたものである。カリ／リン比は0～20の範囲内に、窒素／リン比は0～5の範囲内にある。ばらつきはあるものの、石垣島において16度以上の高い甘蔗糖度を得るためには、リンに対するカリの割合を5以下に、リンに対する窒素の割合を1以下に維持すれば可能性が高いことが伺える。

石垣島は3種の土壤から構成されており、調査した250サンプル中、島尻マージが165点で圧倒的に多く、次いで国頭マージの75点、沖積土壤が10点であった。各々の土壤型に分けてカリ、リン、カリ／リン比と甘蔗糖度との関係を検討したところ（第8図）、何れも第5、7図と比べ相関係数が上昇した。従って、相関係数を下げている要因としては、土壤型の違いが考えられる。国頭マージの場合、吸収されたカリ／リン比が5ポイント減少すれば、甘蔗糖度は1.1度上昇することになる。

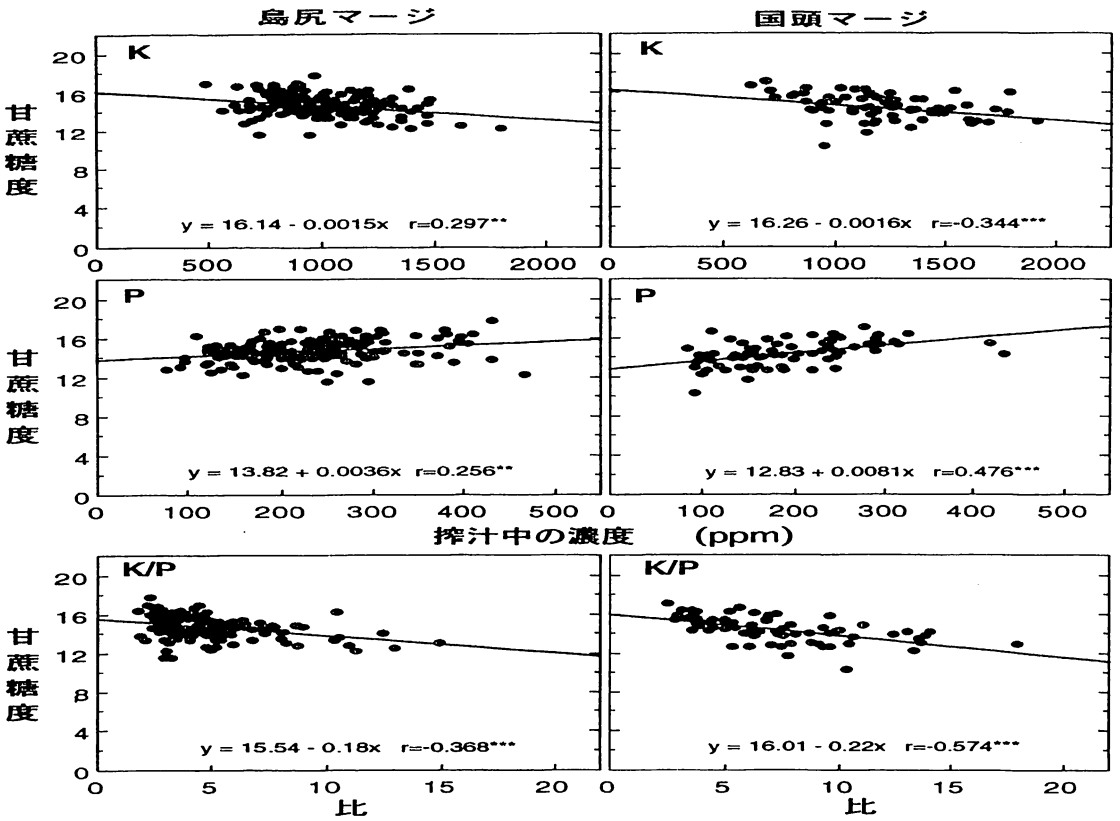
ところで、甘蔗糖度を土壤型で比較したところ、沖積土壤で低い値（ 13.0 ± 1.6 ）を示し、また、国頭マージ（ 14.4 ± 1.3 ）及び島尻マージ（ 14.7 ± 1.1 ）間に統計的有意差は認められなかった。従って、サトウキビ茎に吸収された元素における差異は、各々の土壤において各農家が行った肥培管理に依るところも大きいと言える。

3. 南大東島と石垣島における甘蔗糖度および各種元素の比較

第1表では、南大東島と石垣島における搾汁液中のBrix、糖度および元素、パカスの全窒素および炭素を比較したものである。さらに、石垣島の土壤は3型に分類することができ、各々の土壤型の違いがどの様に甘蔗糖度に影響したかも比較することができる。

甘蔗糖度は、南大東島が石垣島に比べ0.66度も高く、また標準偏差も小さい。その理由としては、南大東島の土壤特性が大きく影響を及ぼしているものと考えられる。石垣島の甘蔗糖度を土壤型で比較すると、島尻マージと国頭マージで高く、沖積土壤では低い。パカスの全窒素は、南大東島の方が甘蔗糖度が高かったにも関わらず石垣島に比べ高い値を示し、一方、炭素に関しては両島で差異は認められなかった。各種元素の中で、Al、Fe、Mg、Mn、Siは南大東島で高く、Ca、Na、P、Siは石垣島で高かった。甘蔗糖度に著しく影響を及ぼしたカリとリンで比較したところ、甘蔗糖度の高かった南大東島でカリは低く、リンは高いという傾向は認められなかった。従って、土壤型の異なる地域間で単純に比較することには無理があり、各々の地域内で綿密な土壤および作物の調査が必要と思われる。

石垣島において、土壤型で元素をみると、沖積土壤のAl、Fe、Mn、S、Siがマージ土壤に比べ低い値を示した。従って、この沖積土壤には、微量元素が不足し



第8図 石垣島に異なる土壌におけるサトウキビの搾汁液中に含まれるK, P, K/P比と甘蔗糖度との関係。

甘蔗糖度を低下させている可能性が考えられる。

相関行列を検討したものである。南大東島においては、

第2表は、両島において調査したパラメーター間の

SiとAl, SとMg, CaとMg, CaとS, FeとAl, FeとSi,

第1表. 南大東島および石垣島における搾汁液中の甘蔗糖度、各種元素およびバカスの全窒素、炭素の平均値と標準偏差。

場所	Brix	蔗汁糖度	甘蔗糖度	全窒素 (%)	全炭素 (%)	Al (ppm)	Ca (ppm)	Fe (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)	Mo (ppm)	Na (ppm)	P (ppm)	S (ppm)	Si (ppm)	Zn (ppm)
南大東島	18.3	15.2	0.40	46.6	14.9	212.3	12.4	1098.5	349.0	18.5	0.1	12.5	175.6	784.0	26.1	1.0	
	0.9	0.7	0.08	0.4	7.2	72.8	5.4	360.6	77.4	11.6	0.2	9.4	62.1	155.0	6.0	0.8	
石垣島全体	18.8	17.3	14.5	0.27	46.3	7.6	226.1	9.0	1068.9	256.2	10.3	0.1	16.4	218.2	641.6	31.3	0.8
	1.3	1.5	1.2	0.05	0.9	5.5	88.5	4.1	256.3	70.1	8.2	0.2	7.8	78.4	122.9	8.1	0.6
国頭マージ	18.8	17.1	14.4	0.28	46.5	7.4	188.6	8.6	1202.5	251.1	13.9	0.1	18.5	192.3	682.8	32.4	0.8
	1.3	1.6	1.3	0.05	0.9	4.7	83.1	3.7	281.4	93.1	9.4	0.2	8.3	75.2	109.1	6.8	0.7
島尻マージ	18.9	17.5	14.7	0.27	46.2	7.9	243.8	9.3	1008.2	258.8	8.9	0.0	15.3	231.1	627.5	31.1	0.7
	1.2	1.4	1.1	0.05	0.9	6.0	87.7	4.4	221.0	58.4	7.3	0.2	7.1	77.2	124.4	8.6	0.6
沖積土壌	17.1	15.4	13.0	0.27	46.7	4.9	219.5	6.5	1056.3	252.7	7.4	0.0	19.0	202.4	563.2	26.2	0.6
	1.3	1.9	1.4	0.04	0.8	2.9	45.8	1.9	239.3	45.4	2.2	0.0	11.6	76.4	117.5	6.9	0.3

注：測定した石垣島の250サンプルのうち、国頭マージ75、島尻マージ165、沖積土壌10であった。

第2表. 南大東島と石垣島における甘蔗糖度, 各種元素との相関行列

	甘蔗糖度	全窒素	全炭素	Mg	Al	Si	P	S	Ca	Mn	Fe	Zn	Mo	Na	K
甘蔗糖度		-0.301	0.065	-0.011	0.207	0.009	0.122	-0.163	-0.048	0.001	0.247	-0.165	-0.154	-0.156	-0.332
全窒素	-0.291		0.242	0.089	0.093	-0.020	-0.258	0.034	0.118	0.124	0.198	-0.083	nd	-0.008	0.180
全炭素	-0.058	-0.325		-0.160	-0.160	-0.271	-0.114	-0.018	-0.174	-0.005	-0.156	-0.186	nd	-0.001	0.113
Mg	0.029	-0.086	0.030		0.121	0.312	0.255	0.738	0.656	-0.108	0.177	0.060	0.202	-0.078	0.061
Al	0.069	0.153	-0.274	0.103		0.726	-0.073	0.006	-0.113	0.230	0.847	0.225	0.371	0.222	-0.258
Si	0.032	-0.128	0.087	0.131	0.655		0.246	0.210	0.102	0.235	0.568	0.489	0.433	0.046	0.035
P	0.313	-0.300	0.142	-0.040	0.087	0.155		0.388	0.360	-0.249	-0.056	0.275	0.230	-0.155	0.258
S	-0.114	-0.010	0.156	0.351	0.111	0.293	-0.133		0.615	-0.114	0.121	0.085	0.205	-0.018	0.327
Ca	0.053	-0.272	0.081	0.438	0.108	0.041	0.403	0.219		-0.389	-0.110	0.084	0.045	-0.218	0.154
Mn	-0.098	0.372	0.018	-0.132	0.108	0.151	-0.343	0.215	-0.588		0.243	0.102	0.070	0.025	-0.067
Fe	0.055	0.164	-0.370	0.092	0.876	0.566	0.036	0.113	0.049	0.160		-0.087	0.396	0.099	-0.338
Zn	0.007	-0.139	0.255	0.225	0.191	0.535	0.175	0.249	0.041	0.193	0.159		0.558	0.147	0.102
Mo	-0.114	-0.174	0.132	0.051	-0.026	0.212	0.158	-0.018	0.043	0.045	-0.049	0.525		0.149	0.114
Na	-0.164	-0.053	0.276	0.118	0.158	0.150	0.000	0.240	0.014	0.134	0.116	0.174	0.109		0.035
K	-0.321	0.072	0.189	-0.369	-0.079	0.108	-0.056	0.317	-0.297	0.317	-0.078	0.031	-0.028	0.291	

注：上段は南大東島，下段は石垣島の相関行列である。

南大東島の場合，相関係数が0.275以上は $p < 0.0001$ で，0.243以上は $P < 0.0005$ レベルでそれぞれ有意である。

石垣島の場合，相関係数が0.254以上は $p < 0.0001$ で，0.219以上は $P < 0.0005$ レベルでそれぞれ有意である。

MnとZnの間に極めて高い相関関係が認められた。石垣島においては，SiとAl，CaとMg，CaとP，CaとMn，FeとAl，FeとSi，MnとZn，ZnとSiの間に極めて高い相関関係が認められた。全窒素と全炭素との関係が，南大東島と石垣島とでは，著しく異なる点も興味深い。南大東島において，窒素に対し大きく影響を及ぼす元素は無く，石垣島においてはリンとカルシウムが負の関係を，マンガンが正の関係を示し，後者は窒素吸収を促進させる元素の一つと考えられる。

甘蔗糖度に著しく影響を及ぼしたカリに着目すると，南大東島においては，アルミニウムと鉄を増やすことによって，また，リンとイオウを減少させることによってカリの吸収を抑制できると考えられる。石垣島においては，マグネシウム，カルシウムを増やすことで，また，イオウ，マンガン，ナトリウムを減少させることでカリの吸収を抑制できると考えられる。

以上，本報告は搾汁液に含まれる元素類を定量し，甘蔗糖度との相関の高い元素を明らかにした。今後は，搾汁液に加え，収穫前後の土壌に含まれる元素の調査および収穫前の植物体の葉の養分状態を調べ，両地

区における甘蔗糖度向上の具体的な方法を示してゆく予定である。

摘要

平成7年度製糖期に於て，大東糖業および石垣島製糖の糖度検収時に搾汁液およびバカスの中に含まれる各種元素と甘蔗糖度との関係を調べ，糖度を規制している要因を詳細に検討した。甘蔗糖度は近赤外線分析装置で，各種元素はICPプラズマ発光分析装置で，全窒素および炭素はN/Cアナライザーによって定量した。得られた結果を要約すると，以下ようになる。

1. 南大東島の場合，搾汁液の甘蔗糖度とカリとは負の関係に，リン，アルミニウム，鉄とは正の相関関係にあり（第1図），また，カリ／リン比，カリ／アルミニウム比，カリ／鉄比とは負の相関関係にあった（第2図）。
2. 甘蔗糖度とバカスの全窒素含量とは負の関係に（第3図），窒素／リン比，窒素／鉄比，窒素／アルミニウム比とは負の相関関係にあった（第4図）。
3. 石垣島の場合，搾汁液の甘蔗糖度とカリとは負の

関係に、リンとは正の相関関係にあり(第5図)、また、バカスの全窒素含量とは負の関係にあった(第6図)。

4. 甘蔗糖度とカリ／リン比および窒素／リン比とは負の相関関係にあった(第7図)。
5. 石垣島の結果を土壌型に分けて整理したところ、各々の相関係数が上昇した(第8図)。
6. 南大東島の甘蔗糖度およびバカスの全窒素は石垣島のそれらに比べ高かった(第1表)。

以上の結果、地域、品種に関わりなく、甘蔗糖度は搾汁液中に含まれるカリおよびバカスの全窒素とは負の関係に、搾汁液中のリンとは正の相関関係にあった。

謝 辞：本研究を遂行するに当たり、大東糖業の溝淵

修氏をはじめ職員の皆さん、また、石垣島製糖の大浜博文氏、又吉慶守氏をはじめ職員の皆さんには多大な協力を頂いた。ここに記して、感謝申し上げます。更に、琉球大学農学部 熱帯植物生産学講座、システム工学講座、農地環境管理学講座の大学院生、学部学生諸君には元素分析の際、多大の協力を頂いた。心から感謝申し上げます。

引用文献

1. 宮里清松 1986. サトウキビとその栽培. 日本分密糖工業会, 那覇.
2. 大城正市・伊敷元光・高江洲賢文 1994. さとうきびの栄養診断調査. 沖縄甘蔗年報 28:7-12.