

(様式第4号)

シンクロトロン光を利用したタマネギ等の元素組成比較による 有機農産物の特性解明

Comparison about elementary composition of organic and common onions
by synchrotron light

石橋哲也 浦田貴子 楢崎耕輔 中山敏文 富永 慧

Tetsuya Ishibashi Takako Urata Kousuke Narazaki Toshihumi Nakayama
Kei Tominaga

佐賀県上場営農センター

Saga Prefectural Upland Farming Research and Extension Center

1. 概要

タマネギ球の特定元素 (Ca, Mn, Zn 等)の蛍光 X 線強度は、栽培方法、肥料の種類、栽培品種、栽培ほ場の違いによって有意な差が認められた。さらに、新鮮試料を分析する場合は鱗葉より保護葉を測定するほうがより短時間で測定できることや、土壌サンプルを分析する場合の方法を明らかにした。

(English)

A significant difference was admitted with the fluorescent X ray intensity of particular element(Ca, Mn, Zn etc.)in the onion bulb among the cultivation methods, the manures,the cultivars,the fields. Moreover,it was revealed the method of analysis for the soil sample and that in case of analysis of fresh sample, the tunic is suitable to measure for short period than scaly leaf.

2. 背景と研究目的：

有機栽培の手法等に関する研究はこれまで数多く実施されている。しかし、有機農産物の特性を簡易にかつ客観的に評価する手法については未確立であり、栽培技術確立および流通場面で評価技術の確立が望まれている。また、産地判別手法についても流通場面で必要とされている。このため、元素組成の比較による有機農産物の特性解明並びに土壌に起因すると考えられる植物体の元素組成の違いに基づく産地判別を行うための指標元素を明らかにすることが急がれている。

3. 実験内容 (試料, 実験方法の説明)

本研究では、錠剤化したタマネギを試料とし、栽培時の肥料、栽培方法、品種、圃場の違いによる球内元素組成への影響について蛍光 X 線分析法を用いて検討した。さらに、新鮮試料を用いた測定方法、並びに栽培圃場の土壌の測定方法についても検討した。

(1) タマネギの錠剤および新鮮試料の測定

1) 試料調整

タマネギ球を真空凍結乾燥後に粉碎し、0.2g を錠剤成型器を用いて1分間、200kg/cm²の圧密をかけ、直径10mm厚さ2mmの錠剤を作成し、分析に供した(図1)。

新鮮試料については、外皮保護葉の有無による違いをタマネギ球の赤道部にX線を照射して測定し、また、保護葉のみでも測定した(図2, 3)。

注1) 保護葉はタマネギ球の外側の茶褐色の部分のことであり、白色透明の部分は鱗葉と呼称されている。

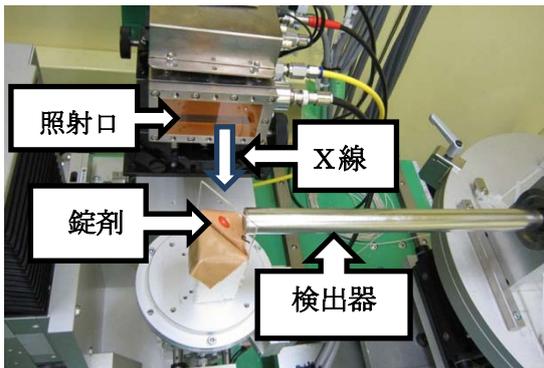


図1 錠剤の測定状況

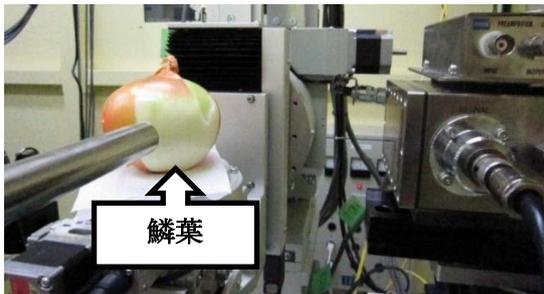


図2 新鮮試料の測定状況

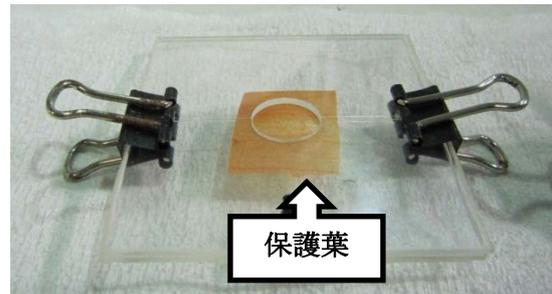


図3 保護葉分析時の試料

2) 測定条件

錠剤を中央部に穴を開けたアクリル板にはめ込み、X線入射口を2×5mm、試料と検出器間の距離を15mmとし、照射エネルギーを20keVとし15分間照射して測定した。

新鮮試料の保護葉の有無の測定は、タマネギ球の赤道部へ照射し、保護葉のみの測定は穴を開けた2枚のアクリル板で挟んで照射した。測定条件は、X線入射口を3×4mm、試料と検出器間の距離を23mm、照射エネルギーを14keVとし、5分から25分間照射して測定した。

(2) 栽培圃場の土壌の測定

1) 試料調整

風乾後の土壌を乳鉢で摩砕後、目合い0.5mmと0.106mmでふるい、その0.2gまたは0.4gを錠剤成型器により200kg/cm²の圧密を1分間かけて直径10mm、厚さ2mmの錠剤を作成した。

2) 測定条件

錠剤を中央部に穴を開けたアクリル板にはめ込み、X線入射口を2×5mm、試料と検出器間の距離15mm、照射エネルギーを20keVとし、5分から15分間照射して測定した。

4. 実験結果と考察

(1) 肥料の違いによる球内の各元素の蛍光X線強度に及ぼす影響

タマネギ栽培時の肥料の種類と球内の各元素の蛍光X線強度は、20keVで検出された11元素のうち10元素で蛍光X線強度に有意な差があった。動物性有機質肥料のマンモス有機はS、Niが他の肥料の蛍光X線強度よりも大きい傾向であり、Cu、Srが小さい傾向であった。

植物性有機質肥料の油粕、ナチュラルぼかしは、S、Cl、K、Ca、Mn、Fe、Ni、Znの蛍光X線強度が他の肥料よりも小さい傾向であった。

化学肥料のマルチエースは、S、K、Ca、Mn、Fe、Cu、Zn、Rbの蛍光X線強度が他の有機質肥料よりも大きい傾向であった。無肥料タマネギは、施肥したタマネギに比べCl、Br、Srが大きかった。

表1 肥料の違いによるタマネギ球内元素組成への影響（強度の積算値）

肥料	元素			
	S	Cl	K	Ca
マンモス有機	491±77 a	319±31 ab	20801±1785 a	5377±367 a
鶏糞	466±49 ab	342±49 ab	27137±3286 b	6672±383 b
油粕	387±109 ab	395±87 b	18796±1163 a	5119±721 a
ナチュラルぼかし	298±114 b	247±22 a	20065±1642 a	5773±875 ab
無施肥	412±114 ab	606±122 c	32395±2099 c	7940±744 c
マルチエース	504 ab	440 bc	41292 d	8369 c

肥料	元素			
	Mn	Fe	Ni	Cu
マンモス有機	783±251 a	1983±182 a	420±327	930±224 a
鶏糞	622±54 ab	1882±442 a	320±104	1339±68 ce
油粕	643±56 ab	1891±237 a	266±42	1135±35 ac
ナチュラルぼかし	496±94 b	1653±312 a	190±154	1158±233 ac
無施肥	686±205 ab	2782±139 b	329±136	1504±119 e
マルチエース	1979 c	3591 c	276	2031 f

肥料	元素			
	Zn	Br	Rb	Sr
マンモス有機	5460±1040 ab	1816±385 a	4076±170 ab	3726±320 a
鶏糞	5866±719 ab	2814±437 b	4458±275 b	4870±529 de
油粕	5322±582 ab	1836±210 a	3971±255 a	4393±746 ae
ナチュラルぼかし	4802±65 b	2402±121 bc	4007±237 a	4046±83 a
無施肥	6570±671 a	4466±226 d	4973±192 c	5235±123 bd
マルチエース	12107 c	1641 ac	5082 c	4761 abe

注1) マンモス有機は動物性有機質肥料であり、施肥量はN:1.75kg/a P₂O₅:1.5kg/a K₂O:1.5kg/a。鶏糞の施肥量は、N:1.75kg/a P₂O₅:8.36kg/a K₂O:7.26kg/a。油粕の施肥量は、N:1.75kg/a P₂O₅:1.28kg/a K₂O:0.42kg/a。ナチュラルぼかしの施肥量は、N:1.75kg/a P₂O₅:0.5kg/a K₂O:3.0kg/a。マルチエースは化学肥料であり施肥量は、N:1.75kg/a P₂O₅:1.75kg/a K₂O:1.75kg/a。品種は‘ターザン’の黒マルチ栽培で2009年11月18日定植、2010年4月13日収穫。

注2) 供試品種はレクスター。

注3) マルチエースのみn=1, 他はn=3。

注4) 値は平均値±標準偏差。

注5) LSD法により異なるアルファベット間に5%水準で有意差があることを示す。

(2) 品種の違いによる各元素の蛍光X線強度について

有機栽培農家D圃場の品種‘もみじ3号’, ‘ターザン’のサンプル(錠剤)において、14元素のうち、Mn, Fe, Zn, Br, Srで品種間に蛍光X線強度の有意差が認められ、BrとSr以外は‘もみじ3号’が大きかった(図4)。

また、有機栽培農家A圃場の品種‘ターザン’, ‘アンサー’間ではCa, Cu, Zn, Brで有意差が認められ、Br以外はアンサーが大きかった(図5)。

慣行栽培農家Bの品種‘レクスター’, ‘七宝早生’, ‘ターザン’, ‘もみじ3号’ではP, S, Cl, K, Ca, Mn, Fe, Br, Rb, Srにおいて蛍光X線強度の有意差が認められた(図6)。

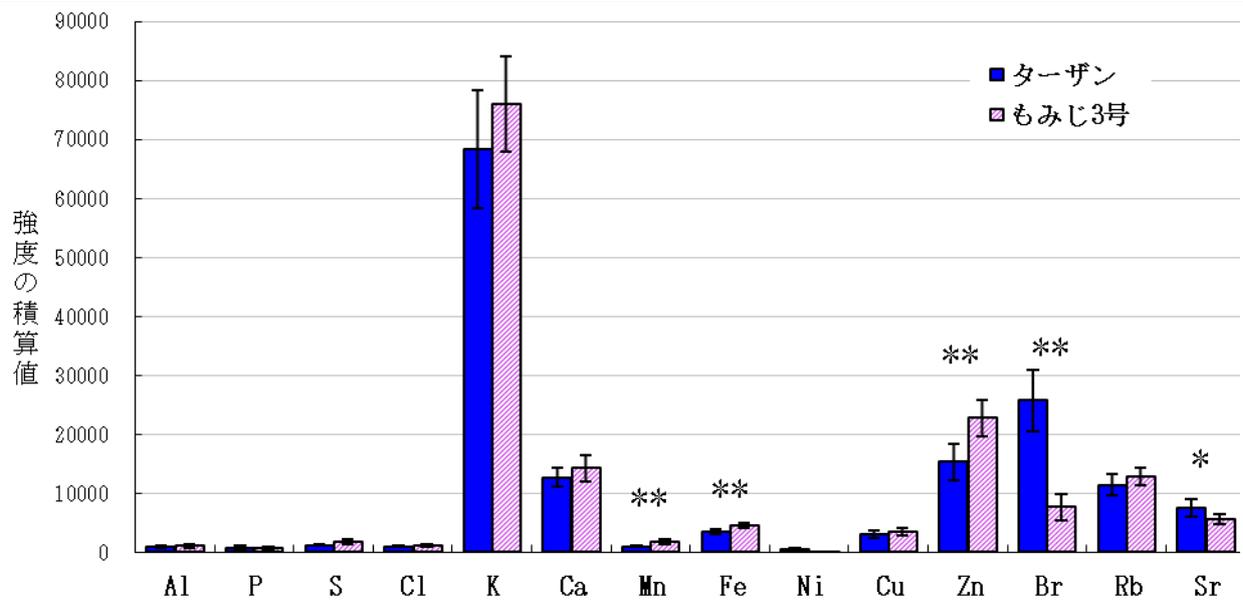


図4 品種の違いと元素量(農家D, 有機栽培)

注1) n=5
 注2) *: 5%水準で有意差有り, **: 1%水準で有意差有り (LSD法)

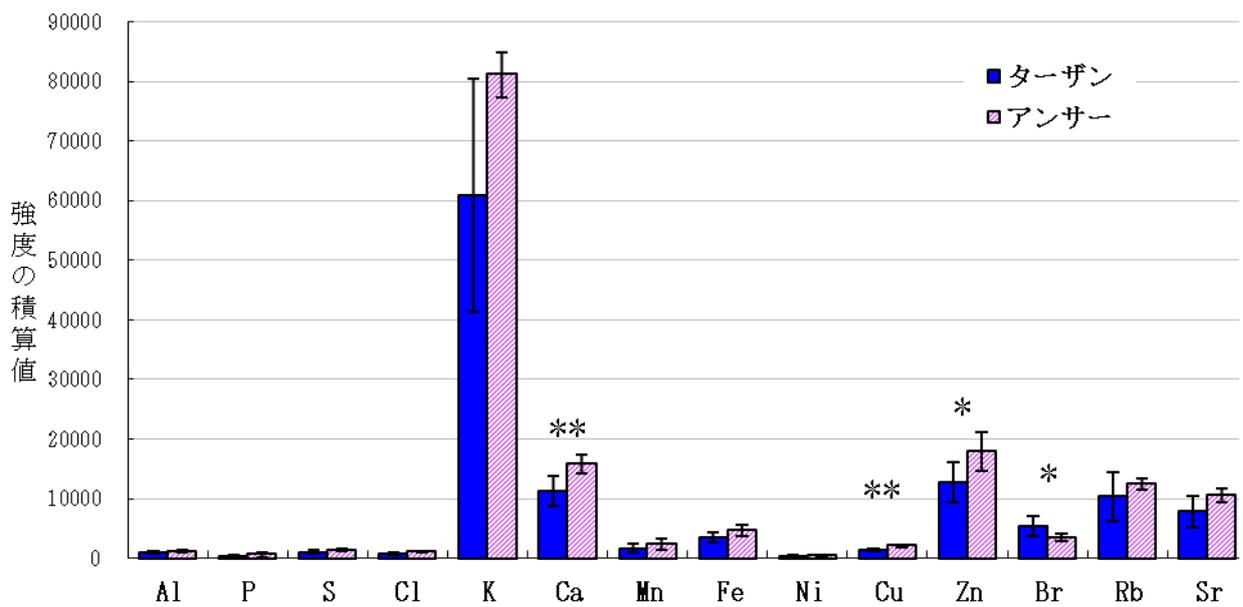


図5 品種の違いと元素量(農家A, 有機栽培)

注1) n=5
 注2) *: 5%水準で有意差有り, **: 1%水準で有意差有り (LSD法)

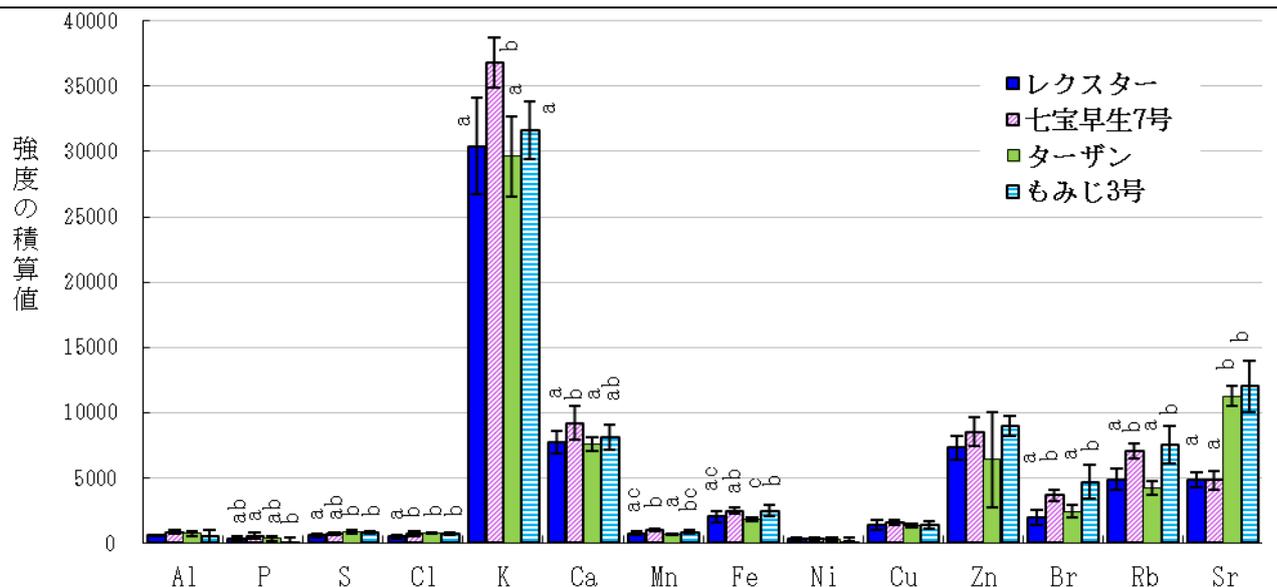


図6 品種の違いと元素量 (農家B, 慣行栽培)

注1) n=5
 注2) 異なるアルファベット間に5%水準で有意差有り

(3) 土壌 (栽培圃場)の違いと各元素の蛍光X線強度の違い

異なる5圃場で栽培されたタマネギ(錠剤)から検出された蛍光X線強度は、Clを除く13元素で差が認められた(図7)。しかし、これらの差が圃場のみに由来するものかどうかはさらに今後検討する必要がある。

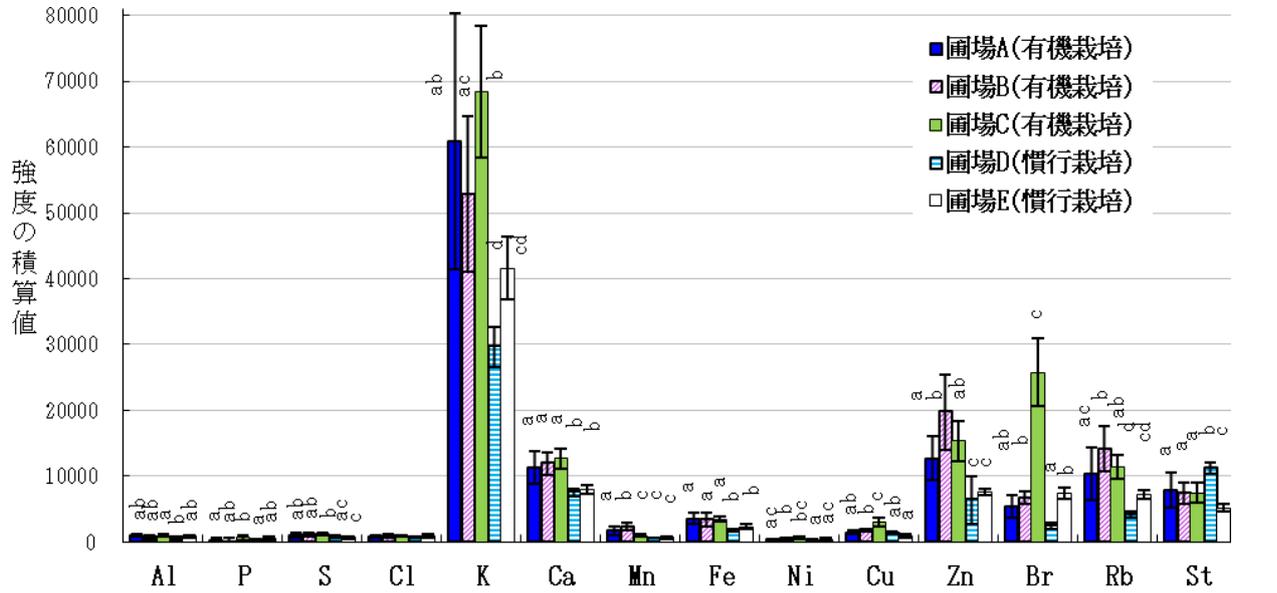


図7 圃場の違いと元素量 (品種：ターザン)

注1) n=5
 注2) 異なるアルファベット間に5%水準で有意差有り

(4) 栽培方法(有機栽培と慣行)と品種による各元素の蛍光X線強度の違い

‘貴錦(極早生)’は慣行栽培に比べて有機栽培タマネギ球のCuの蛍光X線強度が有意に大きく、‘ターザン(中晩生)’も同様に有機栽培のS, K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Br, Rbの9元素の蛍光X線強度が大きかった。しかし、‘レクスター(早生)’は慣行よりも有機栽培のK, Ca, Znが蛍光X線強度が有意に小さかった(図8, 9, 10)。

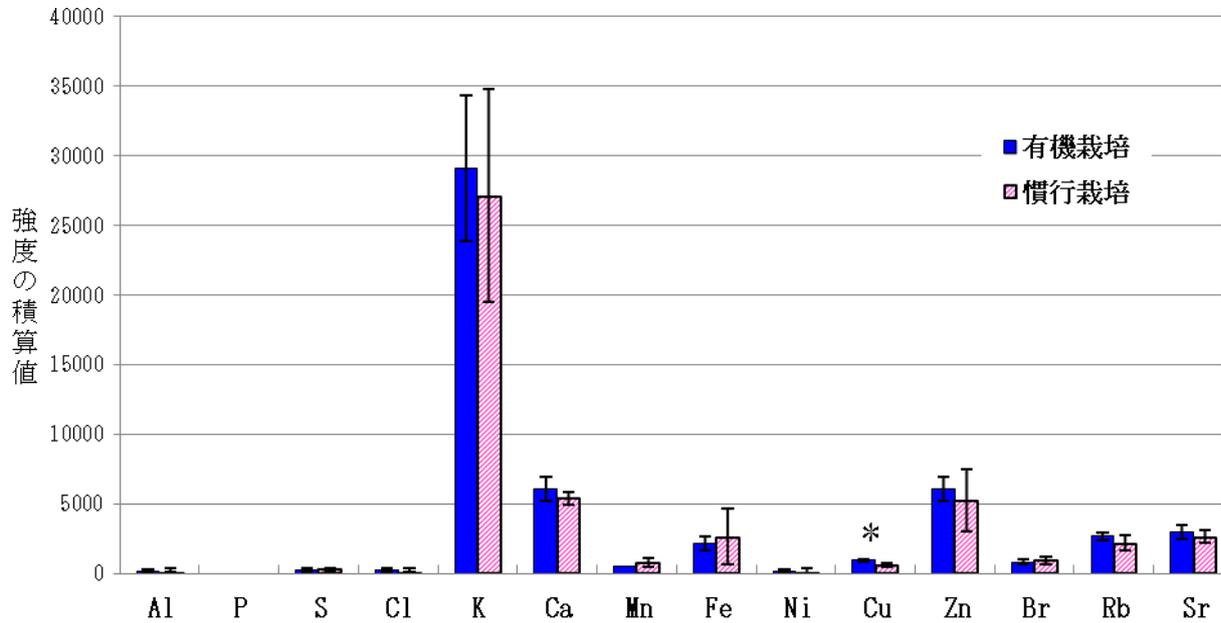


図8 栽培方法の違いと元素量(品種:貴錦)

注1) n=4

注2) *: 5%水準で有意差有り(LSD法)

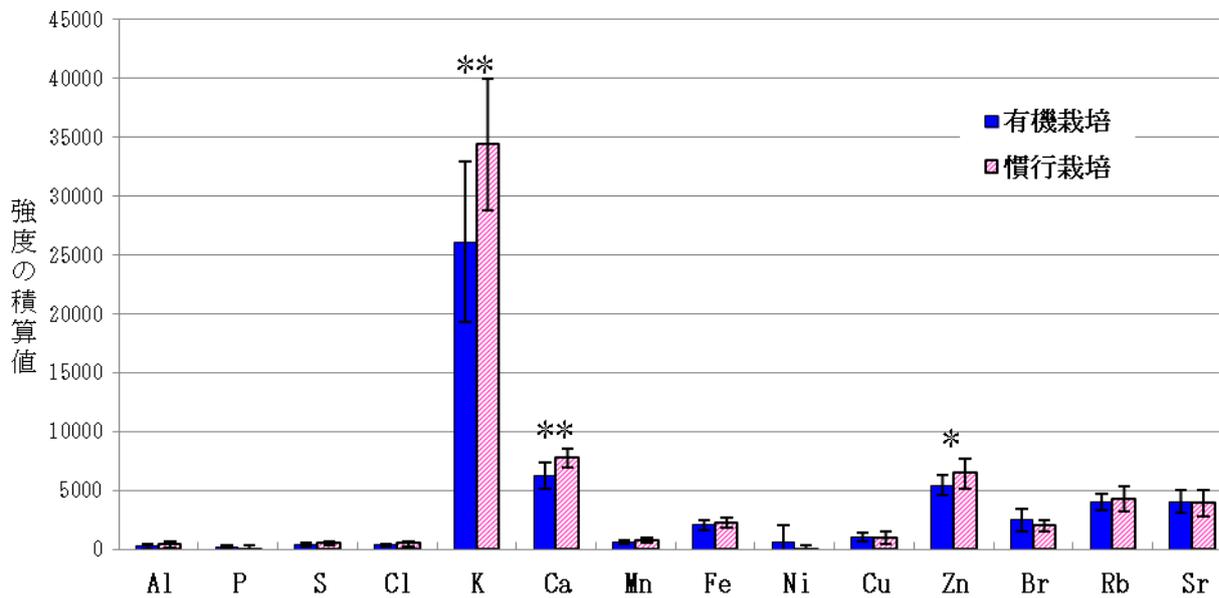


図9 栽培方法の違いと元素量(品種:レクスター)

注1) 有機栽培:n=19, 慣行栽培:n=9

注2) *: 5%水準で有意差有り, **: 1%水準で有意差有り(LSD法)

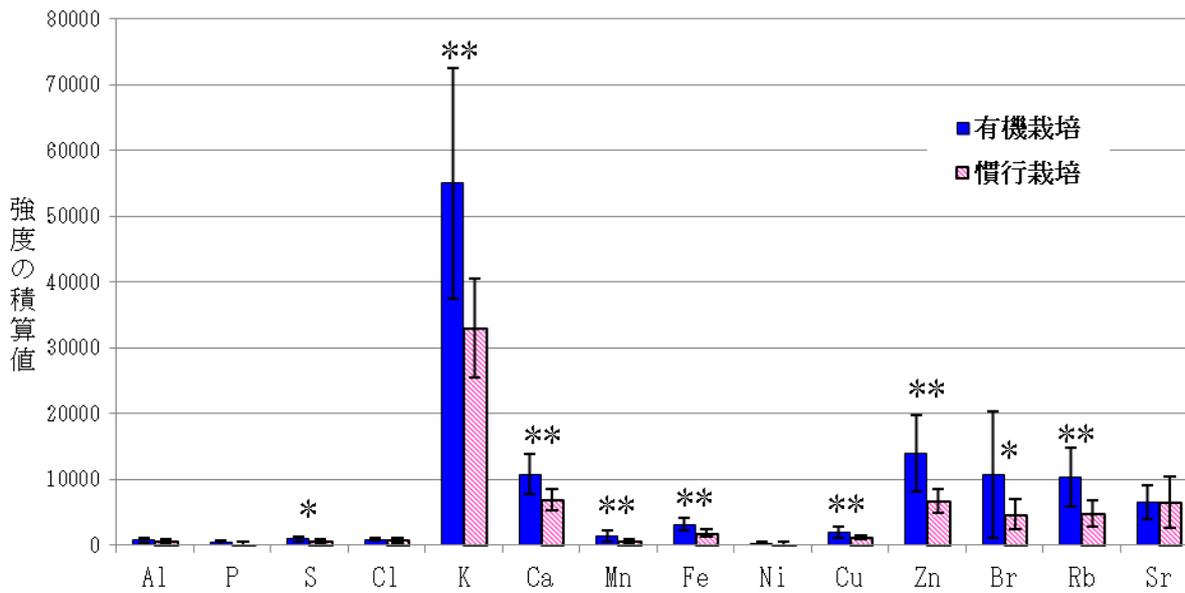


図10 栽培方法の違いと元素量 (品種：ターザン)

注1) 有機栽培:n=19, 慣行栽培:n=14

注2) *: 5%水準で有意差有り, **: 1%水準で有意差有り (LSD法)

(5) タマネギ新鮮試料の測定部位と蛍光 X 線強度の違い

新鮮試料の鱗葉(球), 保護葉付の鱗葉(球), 保護葉(外皮)に 14keV の X 線を照射した場合, 蛍光 X 線強度は鱗葉がある試料が大きかった。鱗葉(球)への X 線照射は水分が多く蛍光 X 線が吸収されるために 25 分程度必要であるが, 保護葉のみに照射する場合は 5 分でも錠剤 15 分照射時のピークと同程度の蛍光 X 線強度のピークが確認できることから, 鱗葉よりも短時間での照射が可能であると思われる。

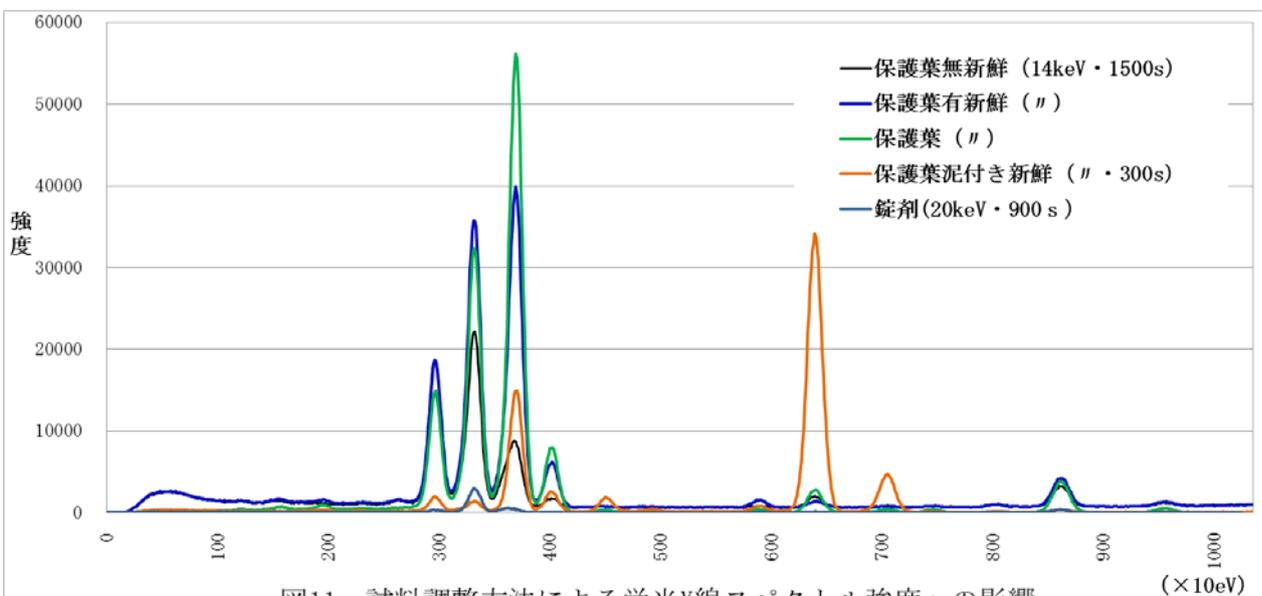


図11 試料調整方法による蛍光X線スペクトル強度への影響

($\times 10eV$)

(6) 土壌の測定方法について

土壌を摩砕後に目合い 0.106mm と 0.5mm でふるったサンプルの各元素の蛍光 X 線強度のばらつきは、0.5mm でふるったサンプルのばらつきが小さかった(表 2)。

また錠剤成型時の圧力 200kg (1 分間) の場合の土壌の重量は、0.2g よりも 0.4g の錠剤のほうが蛍光 X 線強度のばらつきが小さかった(表 3)。

土壌サンプルへの X 線照射を 5 分から 15 分で行った場合の各元素の蛍光 X 線強度は、10 分以上でほとんどの元素のピークが現れ蛍光 X 線量の分析に適した強度が得られた(図 12)。

表 2 錠剤成型前のふるいの目合いと各元素の蛍光 X 線強度のばらつき(変動係数(%))

篩の大きさ	サンプル数	Al	K	Ca	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr
0.106mm	n=3	122	92	78	77	79	173	76	80	88	80	78
0.5mm	n=3	46	13	1	7	4	43	5	5	8	11	4

表 3 錠剤成型時の土壌サンプル重量の違いと各元素の蛍光 X 線強度のばらつき(変動係数(%))

サンプル重量	サンプル数	Al	K	Ca	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Br	Rb	Sr
0.2g	n=3	122	92	78	77	79	173	76	80	88	80	78
0.4g	n=3	65	62	15	11	10	—	10	10	31	8	13

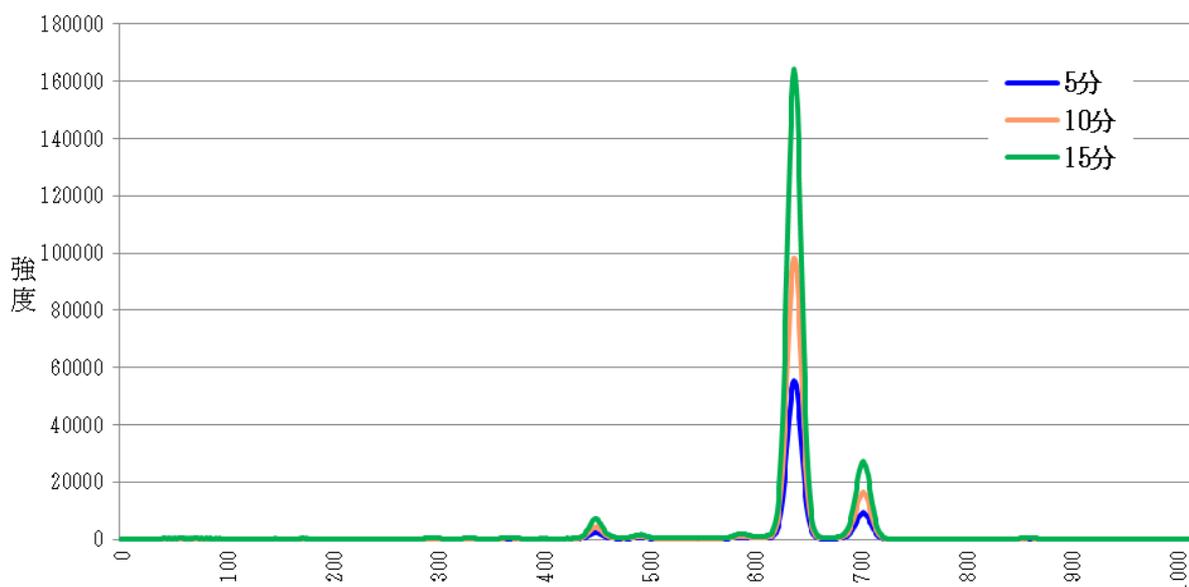


図12 X線照射時間の違いによる蛍光X線スペクトル強度への影響 (×10eV)

5. 今後の課題：

- 1) 蛍光 X 線分析と ICP による分析との比較。
- 2) 有機栽培と慣行栽培土壌のタマネギ球内及び栽培土壌の元素組成の検討。

6. 論文発表状況・特許状況

特になし

7. 参考文献

特になし

8. キーワード(試料及び実験方法を特定する用語を2～3)

- ・蛍光 X 線

物質を X 線で照射したときに原子の内殻軌道の電子を励起放出し、この空準位に高い準位の電子が移るときに放射される特性 X 線のこと。

- ・タマネギ

ユリ科の多年草。地下部の肥大した鱗茎を食用とする。

- ・有機栽培

化学農薬と化学肥料を使用せずに3年以上経過して栽培されているものであり、農林水産省の登録認定機関の認定を受ければ有機 JAS マークを添付して販売できる。