

# ジャガイモ指斑病の発生に及ぼすカルシウムおよびホウ素肥料の影響

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
巻/号	722
掲載ページ	p. 230-236
発行年月	2001年4月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# ジャガイモ指斑病の発生に及ぼすカルシウムおよびホウ素肥料の影響<sup>\*1</sup>

近藤 史<sup>\*2</sup>・牛木 純<sup>\*3</sup>・福田 豊<sup>\*4</sup>  
上田 実<sup>\*4</sup>・内藤繁男<sup>\*5</sup>

キーワード ジャガイモ指斑病, 石コウ, ホウ素, カルシウム, 耕種的防除法

## 1. はじめに

ジャガイモ指斑病<sup>1,2)</sup> (以下, 指斑病) は *Phoma* 属菌による土壌伝染性病害であり, 貯蔵中に塊茎の表面に黒褐色の病斑を形成する。日本での発生例は少ないが, 欧米においては最も深刻なジャガイモ塊茎の貯蔵病害の一つとされている。

著者らは前報<sup>3)</sup>において, 北海道早来町内で発生するジャガイモ指斑病に対する施肥条件の影響について検討し, ①使用済脱硫剤 (10 Mg ha<sup>-1</sup>) の施用はジャガイモ指斑病の発病を軽減し, 規格内の収量を増加させること, ②ジャガイモ用高度化成肥料 (エーコーブ高度化成 S 004) の追肥 (200 kg ha<sup>-1</sup>) はジャガイモ指斑病の発病を軽減せず, 収量も増加させないことを明らかにした。指斑病の発生した上記の地域の土壌は, 保肥力が極めて乏しい (CEC は約 3 cmol(+) kg<sup>-1</sup>) 砂質土壌であり, 使用済脱硫剤の施用により土壌と植物体のカルシウムおよびホウ素含有率が約 2 倍に増加していたことから, これらの増加が指斑病の発病抑制および塊茎収量の増加に関係することが示唆された。

使用済脱硫剤は<sup>4)</sup> 火力発電所の排煙処理装置において硫酸化物等の除去に用いられた吸収剤で, 主にホウ素

等の微量要素を含む石炭灰および石コウ (CaSO<sub>4</sub>) からなる。石炭灰および石コウは, 使用済脱硫剤と同じく, 火力発電所から発生する産業副産物である。農業分野では, 石炭灰はケイ酸カリ肥料などの肥料の原料や土壌改良資材として利用されており<sup>5)</sup>, 石コウはカルシウムの供給, 除塩効果による塩害抑制, 土壌の団粒化の促進などに利用されている<sup>6)</sup>。近年, 石炭灰あるいは石コウの農業分野での利用が見直されており<sup>7,8)</sup>, 今後その活用が期待されている。

本研究では, 使用済脱硫剤の施用による指斑病発病抑制効果の機作の解析を目的として, 使用済脱硫剤の原料である石コウあるいは石炭灰などの資材を単独あるいは組み合わせて施用する圃場試験を行い, 施用条件が土壌と植物体のカルシウムとホウ素の含有率, ジャガイモの生育と塊茎収量, 指斑病の発病程度に及ぼす影響について検討した。

## 2. 実験材料および方法

### 1) 試験圃場および供試資材

過去 2 年間にわたり指斑病の発生した北海道早来町内の圃場 (火山放出物未熟土) において, 1998 年に栽培試験を行った。栽培実験では, 以下の 4 資材を供試した。使用済脱硫剤は 1998 年に北海道電力苫東厚真発電所から産出されたものを用いた。カルシウム資材は石コウを 95% 以上含有する特殊肥料 (商品名ダーウィン, 吉野石コウ (株)) を用いた。本資材は使用済脱硫剤と同じく, 火力発電所から産出された石コウを原料として直径約 2 mm の粒状に加工したものである。ホウ素資材は苫東厚真発電所から 1998 年に産出された石炭灰 (フライアッシュ) と, 難溶性微量要素肥料である FTE (顆粒品, 日本フェロー) の 2 種類を用いた。石炭灰および FTE の含有する主なホウ素は, それぞれ水溶性およびク溶性である。

### 2) 試験区

カルシウム資材である石コウの施用の有無 (2 水準) とホウ素資材である石炭灰あるいは FTE の施用の有無

<sup>\*1</sup> ジャガイモ指斑病の発生に及ぼす施肥の影響 (第 2 報)

本報告の一部は 1999 年 8 月の日本土壌肥料学会北海道大会において発表した。また, 本報告の一部は東京農業大学応用生物科学研究所個人研究推進プロジェクト助成金によった。

<sup>\*2</sup> 東京農業大学応用生物科学部 (現在, 京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科 606-8501 京都市左京区吉田下阿達町 46)

<sup>\*3</sup> 同上 (現在, 農林水産省農業研究センター 305-8666 つくば市観音台 3-1-1)

<sup>\*4</sup> 農林水産省種苗管理センター胆振農場 (059-1434 北海道勇払郡早来町字富岡)

<sup>\*5</sup> 農林水産省北海道農業試験場 (現在, 北海道大学大学院農学研究科 060-8589 札幌市北区北 9 条西 9 丁目)

2000 年 9 月 4 日 受付・受理

日本土壌肥料学雑誌 第 72 巻 第 2 号 p. 230~236 (2001)

(3水準)を組み合わせた6処理区(いずれの資材も施用しない無処理区を含む)に,使用済脱硫剤施用区を合わせた計7処理区を,乱塊法により3つのブロックに無作為に配置した。1区あたりの面積は約14m<sup>2</sup>(2.3m×6.1m)とした。使用済脱硫剤は慣行施用量である10Mg ha<sup>-1</sup>,石コウは7.5Mg ha<sup>-1</sup>,石炭灰は6Mg ha<sup>-1</sup>を全層施用し,FTEは17.5kg ha<sup>-1</sup>を作条施用した。各資材の施用量は,表1に示した全カルシウム含有率および全ホウ素含有率から,使用済脱硫剤および石コウによるカルシウムの施用量が1.6Mg Ca ha<sup>-1</sup>,使用済脱硫剤,石炭灰,FTEによるホウ素の施与量が1.6kg B ha<sup>-1</sup>となるように設定した。以下,施用した資材に応じて,それぞれの区を無処理区,石コウ区,石炭灰区,FTE区,石コウ+石炭灰区,石コウ+FTE区,使用済脱硫剤区のように表記する。基肥は各区とも,ジャガイモ用化成肥料(エーコープ高度化成肥料S053(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-MgO 10-15-13-4))を900kg ha<sup>-1</sup>作条施用した。

3) 耕種概要

各試験区に畝間76cm,長さ2.3mの畝を8畝作成し,種イモ(品種サクラフブキ)を株間23cmで,一

区合計80株植え付けた(5月19日)。中耕,培土,除草,薬剤散布等は慣行法に従い適宜行った。地上部が完全に自然枯凋した後,塊茎の収穫を行った(9月28日)。

4) 調査項目および調査方法

栽培開始から約1カ月ごとに土壌と植物体の採取,および生育調査(欠株率,莖長,地上部乾物重量)を行った。土壌と植物体の採取および調製は前報<sup>3)</sup>と同様の方法で行った。欠株率は各区内の全株数(80株)に占める,未萌芽の株数の割合で示した。莖長は,各区の外縁の株を除いた48株(調査対象株)から任意に選んだ20株の最大莖長の平均値とした。

栽培終了時(9月28日)に塊茎収量の調査を行った。調査対象株から任意に10株を選び,1株ごとに全ての塊茎あるいは規格内塊茎(塊茎1個重が40g以上,190g以下)の合計重量を測定し,それぞれの平均値を各区の総収量ならびに規格内収量とした。さらに総収量,規格内収量および規格内塊茎数から,規格内塊茎収率(規格内収量/総収量×100),規格内塊茎1個重(規格内収量/規格内塊茎数)を算出した。各区の規格内塊茎について疫病病斑の有無を調査し,病斑の認められた塊茎を発病塊茎とした。規格内塊茎数に占める発病塊茎数の割合を疫病罹病塊茎率とした。貯蔵に際して,各区の規格内塊茎(22株分)から,見かけ上健全な(病害の感染,奇形,緑化等の症状が見られない)塊茎を選別し,貯蔵用塊茎とした。貯蔵用塊茎はプラスチックコンテナ(50cm×40cm×30cm)に入れ,約1カ月間風乾処理を行った後,貯蔵庫(平均室温約5°Cの冷暗所)で貯蔵した。貯蔵開始から1カ月ごとに貯蔵塊茎の指斑病の発病状況を調査し,貯蔵塊茎数に占める発病塊茎数の割合を指斑病罹病塊茎率として算出した。

5) 分析項目および分析方法

土壌試料はpH(H<sub>2</sub>O),EC,交換性陽イオン(Ca,

表1 各供試資材の全カルシウムおよび全ホウ素含有率

資材	全Ca含有率 (g Ca kg <sup>-1</sup> )	全B含有率 (mg B kg <sup>-1</sup> )
使用済脱硫剤*	161	161
石コウ*	210	59
石炭灰*	40	264
FTE**	—	90000

\* テフロン加圧分解容器中で硝酸分解した後,ICP発光分析法で定量。

\*\* 表示されている肥料組成から算出。

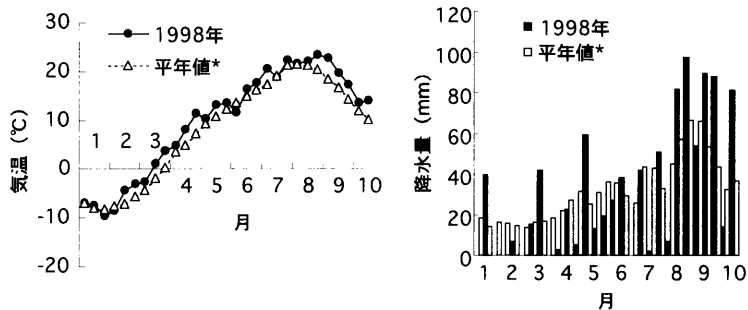


図1 北海道早来町の気温および降水量  
\* 過去10年間の平均値。

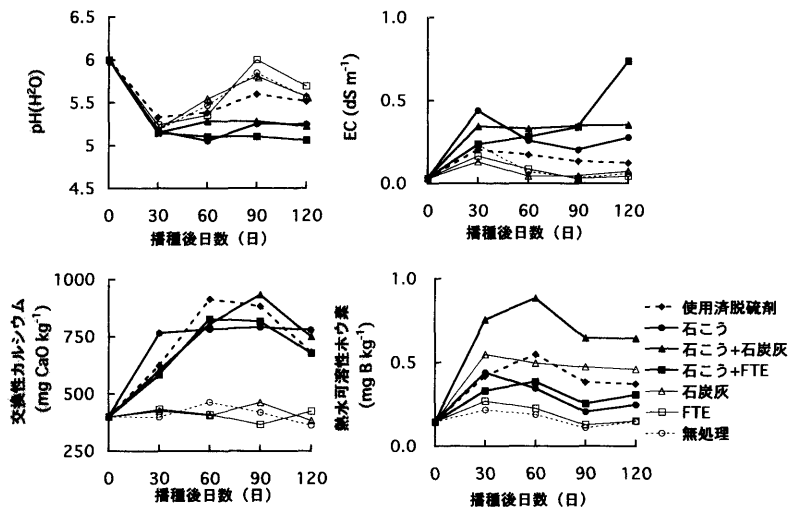


図2 各資材の施用が土壌の主な化学性の推移に及ぼす影響

Mg, K, Na), 可給態ホウ素について, 植物体試料(葉, 茎, 根, 塊茎)はカルシウム含有率とホウ素含有率について分析を行った。分析方法等は前報<sup>3)</sup>と同様の方法で行った。

### 3. 結果

#### 1) 気象状況

1998年の平均気温および降水量を図1に示した。栽培期間中の平均気温は平年よりもやや高く推移した。一方, 降水量は, 全体的に平年より少なく, 特に5月から7月は平年値よりも低く推移した。8月から9月の降水量は平年よりもやや多かったが, 過去2年間, この時期に見られたような集中的な豪雨はなかった(前報<sup>3)</sup>参照)。

#### 2) 土壌の化学性

栽培期間中の各処理区の土壌化学性の変化を図2に示した。土壌pH(H<sub>2</sub>O)は石こうを施用した区においては播種後30日目までは低下し, その後はほぼ一定の値で推移した。その他の区では, 播種後30日目以降上昇していた。ECは, 石こうを施用した区でやや高く推移した。交換性カルシウムは, 使用済脱硫剤区, および石こうを施用した区で高く推移した。熱水可溶性ホウ素は, 無処理区≒FTE区≒石こう区≒石こう+FTE区≒使用済脱硫剤区≒石炭灰区<石こう+石炭灰区の順に高く推移した。

#### 3) ジャガイモの生育状況

ジャガイモの生育は全体的に平年よりやや早めに行進

表2 各資材の施用がジャガイモの生育に及ぼす影響\*

処理区	欠株率 (%)	地上部乾物重 (g m <sup>-2</sup> )	茎長 (cm)
使用済脱硫剤	7.1±4.0	351±42	87±1
石こう	13.3±7.6	371±35	82±3
石こう+石炭灰	13.3±2.2	319±51	77±2
石こう+FTE	17.1±5.5	292±25	77±3
石炭灰	16.7±0.8	365±56	74±2
FTE	10.4±2.3	326±20	77±4
無処理	12.5±3.8	342±66	72±4

\* 播種後90日目(地上部最大期)の調査結果。

した。7月上旬に着蕾し, 7月中旬に開花, 8月中旬から地上部の黄変が始まり, 9月中旬には地上部は完全に自然枯凋した。収穫時の選別では, 疫病に感染する塊茎が平年よりも多く見られた。

播種後90日目(地上部最大期)における生育調査の結果を表2に示した。欠株率は使用済脱硫剤区で, その他の区よりも低かった。地上部乾物重量は石こう区でやや高かった。茎長は使用済脱硫剤区, 石こう区で高かった。

栽培終了時(播種後132日目)の塊茎収量調査の結果を表3に示した。総収量は, 無処理と比較して, 石こう区ではやや高く, 石こう+石炭灰区ではやや低かった。規格内収量は, 石こう区でやや高かった。規格内塊茎数は石炭灰区, FTE区でやや多かった。規格内塊茎収率は石こう区, 石こう+石炭灰区においてやや高かった。

表3 各資材の施用がジャガイモ塊茎の収量，塊茎数，規格内収率，塊茎1個重に及ぼす影響

処理区	総収量 (kg m <sup>-2</sup> )	規格内* 収量 (kg m <sup>-2</sup> )	規格内 塊茎数 (個 m <sup>-2</sup> )	規格内 塊茎収率** (重量%)	規格内 塊茎1個重*** (g 個 <sup>-1</sup> )
使用済脱硫剤	5.1±0.3	4.3±0.3	48±3	86±3	91±4
石コウ	5.5±0.4	4.8±0.4	53±4	88±2	93±5
石コウ+石炭灰	4.7±0.3	4.1±0.3	51±3	89±2	81±3
石コウ+FTE	5.1±0.5	4.0±0.3	47±4	82±3	88±4
石炭灰	5.1±0.4	4.0±0.3	54±4	78±3	74±3
FTE	5.1±0.3	4.1±0.3	55±3	80±3	74±3
無処理	5.2±0.4	3.8±0.3	51±4	71±3	73±3

\* 塊茎1個の重さが40g以上，190g以下。

\*\* 規格内収量/総収量×100。

\*\*\* 規格内収量/規格内塊茎数。

表4 各資材の施用がジャガイモのカルシウム含有率に及ぼす影響

処理区	部位別カルシウム含有率*			
	葉 (g kg <sup>-1</sup> )	茎 (g kg <sup>-1</sup> )	根 (g kg <sup>-1</sup> )	塊茎 (mg kg <sup>-1</sup> )
使用済脱硫剤	28.8±2.7	14.8±1.1	11.7±0.8	380±7
石コウ	20.6±1.1	8.3±0.6	6.5±0.4	335±33
石コウ+石炭灰	22.1±0.8	9.6±0.8	7.8±0.4	306±15
石コウ+FTE	21.0±1.4	8.9±0.4	6.5±0.1	293±10
石炭灰	22.8±1.2	9.1±0.5	4.4±0.3	226±9
FTE	20.4±0.5	8.8±0.7	4.8±0.3	241±11
無処理	21.5±1.0	8.3±1.3	4.5±0.0	232±17

\* 播種後90日目（地上部最大期）の植物体の分析結果。

表5 各資材の施用がジャガイモのホウ素含有率に及ぼす影響

処理区	部位別ホウ素含有率* (mg kg <sup>-1</sup> )			
	葉	茎	根	塊茎
使用済脱硫剤	52.6±2.5	19.9±0.4	28.7±1.2	6.1±0.3
石コウ	42.8±1.2	16.0±1.0	24.6±0.5	4.5±0.4
石コウ+石炭灰	72.5±4.2	23.8±0.5	29.1±1.2	4.7±0.4
石コウ+FTE	55.4±4.3	21.3±0.9	30.2±1.4	4.2±0.3
石炭灰	61.8±3.2	16.2±1.1	25.7±1.9	4.9±0.2
FTE	52.9±1.8	21.0±0.6	26.8±0.3	5.1±0.4
無処理	37.3±2.1	15.2±0.6	22.8±3.4	5.4±0.4

\* 播種後90日目（地上部最大期）の植物体の分析結果。

規格内塊茎1個重は使用済脱硫剤区，石コウ区ではやや高かった。

#### 4) 植物体の無機成分

各資材の施用が播種後90日目（地上部最大期）のジャガイモのカルシウム含有率に及ぼす影響について表4に示した。使用済脱硫剤区では，他の処理区よりも，各部位のカルシウム含有率は顕著に高かった。石コウを施用した区では地下部（根，塊茎）のカルシウム含有率がやや高かった。各資材の施用がジャガイモのホウ素含有率に及ぼす影響について表5に示した。使用済脱硫剤区では，塊茎のホウ素含有率が顕著に高かった。ホウ素資材（石炭灰，FTE）を施用した区では，葉，茎，根のホウ素含有率はやや高かったが，塊茎では一定の傾向は見られなかった。

#### 5) 貯蔵塊茎の指斑病および疫病の発病状況

各種資材の施用が指斑病および疫病の罹病塊茎率に及ぼす影響について表6に示した。収穫後の選別時に疫病

に罹病していた塊茎の割合は，使用済脱硫剤区および石コウを施用した区では顕著に低く，石炭灰，FTEを施用した区でやや高い傾向が見られた。指斑病の発病は塊茎貯蔵開始から60日目に確認された。この時点で，使用済脱硫剤区，および石コウを施用した区では指斑病発病率が顕著に低かった。貯蔵90日目には発病率の差はさらに拡大し，無処理区の23%と比較して使用済脱硫剤区，および石コウを施用した区では2～8%と有意に低かった ( $\alpha=0.05$ )。一方，石炭灰区，FTE区では，無処理区と比較して発病率に有意差は認められず，むしろ石炭灰，FTEの施用によって発病率は高くなる傾向が見られた。

## 4. 考 察

北海道早来町内の圃場で栽培したジャガイモ（品種：サクラフブキ）には，1996年から1998年の3年間にわたり，指斑病の発病が観察された。本実験を行った1998年の気象は過去2年とは異なり，平年よりも気温は高く，降水量はやや少なかった（図1）。指斑病の発

表 6 各資材の施用が疫病および指斑病の発病に及ぼす影響

処理区	罹病塊莖率 (%)		
	疫病*	指斑病**	
		収穫時	貯蔵 60 日目
使用済脱硫剤	2.8±1.5	0.8±0.3	5.0±1.3
石コウ	7.6±5.4	0.0±0.0	2.4±1.0
石コウ+石炭灰	2.1±1.1	0.2±0.2	3.4±1.4
石コウ+FTE	3.9±3.9	0.3±0.2	7.6±1.5
石炭灰	16.5±1.9	3.5±1.2	29.1±3.1
FTE	18.3±10.3	6.5±2.3	28.9±4.7
無処理	11.6±5.9	8.1±2.3	22.5±2.7

\* 疫病罹病塊莖数/規格内塊莖数×100.

\*\* 指斑病罹病塊莖数/貯蔵塊莖数×100.

病は収穫時に多湿条件下で多発すること<sup>1)</sup>が報告されているが、過去3年の調査からは気象と発病状況の間に一定の関係は見られなかった。一方、どの年次においても使用済脱硫剤の施用により、指斑病の発病は軽減された(表6および前報<sup>3)</sup>参照)。従って、本地域における指斑病の発病は気象条件よりも土壌や施肥条件の影響を強く受けていることが示唆される。

本実験から、石コウ(CaSO<sub>4</sub>)の施用は、使用済脱硫剤の施用と同等の指斑病発病抑制効果を示すことが明らかとなった。これに対して、ホウ素資材である石炭灰やFTEの施用は、逆に指斑病の発病をやや増加させる傾向にあった(表6)。従って、使用済脱硫剤の施用による指斑病発病抑制効果は、主に、その原料である石コウによる効果であると考えられる。

施用された石コウは土壌中においてカルシウムを溶出し、土壌中の交換性カルシウムおよび塊莖のカルシウム含有率を増加させた(図2,表4)。指斑病の発病とカルシウムの関係を説明する仮説として、塊莖のカルシウム含有率が増加することにより、指斑病に対する病害抵抗力が増強したことが考えられる。選別時に行った、疫病の調査においても、使用済脱硫剤区あるいは石コウを施用した区で罹病塊莖の割合は低く(表6)、疫病に対しても同様の仮説が考えられる。他の仮説として、使用済脱硫剤あるいは石コウの施用により、指斑病菌(*Phoma exigua*)や疫病菌(*Phytophthora infestace*)の病原性が低下することも考えられるが、カルシウムによるこれらの病原菌の病原性の低下はこれまでのところ報告されていない。一方、塊莖の病害抵抗性とカルシウムの関係はジャガイモ軟腐病(*Erwinia carotovora*)について詳細な報告<sup>9,11,13-15)</sup>がなされている。ジャガイモ軟腐病はジャガイモの他にも多くの作物に発生する土壤病

害であり、高温多雨の条件下で感染しやすく、栽培中あるいは貯蔵中に塊莖腐敗を起こす<sup>10)</sup>。CECの低い砂質土壌で生産される塊莖には軟腐病の発生が多い傾向があり、そのような塊莖ではカルシウムの含有率が低いこと<sup>9)</sup>、病原菌の接種による生物検定において、他の塩基(Na, K, Sr, Mg)と比べて塊莖のカルシウム含有率の増加が病斑形成の抑制に最も効果的であり、病斑面積と塊莖のカルシウム含有率の間に高い負の相関があること<sup>11)</sup>が報告されている。さらに異なるカルシウム資材(重過リン酸石灰、苦土石灰、塩化カルシウム、石コウ)を用いた圃場試験において、石コウは他の資材よりも塊莖周皮のカルシウム含有率を効果的に増加させ、規格内塊莖収量を増加させたこと<sup>12)</sup>が報告されている。これら実験結果の多くが本研究の結果と類似していることは非常に興味深い。

軟腐病に対するジャガイモ塊莖の抵抗力の差は病原菌の生産するペクチン分解酵素に対する塊莖の細胞壁の分解性の違いによる<sup>13)</sup>と考えられている。特にカルシウム含有率の低い塊莖においては、病原菌の分泌するペクチン分解酵素によって細胞壁が分解されやすいことが報告されている<sup>14,15)</sup>。同様の機作によりカルシウム含有率の低い塊莖に指斑病が多発した可能性が考えられるが、今後の検討が必要である。さらにカルシウムの施用により塊莖の周皮の厚さが増加し、塊莖が物理的に強度を増している可能性もある<sup>9)</sup>。指斑病は塊莖表面の打撲や擦傷が感染を高めること<sup>1)</sup>が報告されていることから、塊莖の指斑病に対する病害抵抗性については、上記の生化学的影響と物理的影響をあわせて検討する必要があるだろう。

本実験では、使用済脱硫剤は、欠株率を低下させ、莖長を増加させ(表2)、石コウの施用は規格内収量は無処理区に対して約27%増加させた(表3)。従って、使用済脱硫剤や石コウの施用は、ジャガイモの生育を促進させる効果があると考えられる。しかしながら、石コウの施用によりジャガイモそうか病の発生が増加するとの報告<sup>16,17)</sup>もあることから、そうか病の発生が問題となる地域においてはその使用に注意が必要である。一方、本実験において、石炭灰やFTEの単独施用により塊莖数はやや増加したが、規格外の塊莖が多かったため規格内収率は使用済脱硫剤や石コウに比べて低く(表3)、指斑病および疫病の罹病塊莖は増加する傾向にあった(表6)。従って、本実験と同様な砂質土壌においては、ホウ素資材はカルシウム資材とバランスをとりながら施用する必要があると考えられる。使用済脱硫剤のような産業廃棄物を農業利用する場合、重金属等の環境汚染物

質の影響が問題とされる。本資材の重金属含有率は、すでに特殊肥料の指定を受けている石炭灰（フライアッシュ）とほぼ同等であり<sup>18)</sup> 実用上は問題がないと考えられる。一方、使用済脱硫剤や石炭灰などの資材に比較的多く含まれるホウ素は水質汚濁にかかわる環境基準の新しい項目として制定<sup>19)</sup>された。使用済脱硫剤や石炭灰などの農業利用は、未利用資源の活用という点で今後も期待するところが大きい、環境への影響を配慮しつつ有効に利用されることが望まれる。

## 5. 要 約

北海道早来町の砂質土壌（火山放出物未熟土）で生産されたジャガイモ (*Solanum tuberosum* L., 品種サクラフブキ) の塊茎に発生する指斑病（病原菌 *Phoma exigua* Desm.）に対する、使用済脱硫剤の発病抑制効果について、使用済脱硫剤の主な肥料成分であるカルシウムおよびホウ素を含む資材として石コウ ( $\text{CaSO}_4$ )、石炭灰およびFTE (fritted trace elements) を用いた圃場試験により検討し、以下の結果を得た。カルシウム資材である石コウの施用は指斑病を有意 ( $\alpha=0.05$ ) に低下させたのに対し、ホウ素資材である石炭灰やFTEの施用は指斑病の発病を全く低下させなかった。よって、使用済脱硫剤による指斑病の発病抑制効果は、その主な成分である石コウによるものであり、特に石コウから溶出するカルシウムによる土壌の交換性Caの増加、あるいはジャガイモ塊茎のCa含有率の増加によるものと考えられる。また、カルシウム資材の施用は塊茎の肥大を促進し、収量を増加させ、ホウ素資材の施用は塊茎数を増加させる傾向が見られた。

**謝 辞** 本研究を進めるにあたり北電工業株式会社苦東事業所から使用済脱硫剤および石炭灰を提供していただいた。記して各位に感謝いたします。

## 文 献

- 1) Boyd, A. E. W.: Potato storage diseases. *Rev. Plant Pathol.*, **51**, 308~311 (1972)
- 2) 尾崎政春：ジャガイモ指斑病，北海道の病虫害と防除，ニューカントリー編集部 編，p.185，北海道協同組合通信社，札幌（1989）
- 3) 牛木 純・近藤 史・三木信夫・福田 豊・大石頭一・内

- 藤繁男：ジャガイモ指斑病の発生に及ぼす使用済脱硫剤の施用および高度化成肥料の追肥による影響，*土肥誌*，**72**，223~229 (2001)
- 4) 村山岳士・上野 務：石炭灰の排煙脱硫剤への利用，*環境管理*，**32**，557~563 (1996)
  - 5) 石炭灰ハンドブック（第2版）編集委員会：農業水産分野への応用，石炭灰ハンドブック（第2版），p. II-186~II-200，環境技術協会・日本フライアッシュ協会，東京（1995）
  - 6) 岡島秀夫：作物生育と土壌，*新土壌学*，p. 226~244，朝倉書店，東京（1984）
  - 7) Sloan, J. J., Dowdy, R. H., Dolan, M. S. and Rehm, G. W.: Plant and soil responses to field-applied flue gas desulfurization residue. *Fuel*, **78**, 169~174 (1999)
  - 8) 松本 聡・青木正則：脱硫石膏を利用した不良土壌の改良と食糧増産，*日本エネルギー学会誌*，**74**，1023~1030 (1995)
  - 9) Kelman, A., McGuire, R. G. and Tzeng, K.: Reducing the severity of bacterial soft rot by increasing the concentration of calcium in potato tubers; in *Soilborne Plant Pathogens: Management of Diseases with Macro- and Microelements*, ed. A. W. Engelhard, p. 102~123, APS Press, St. Paul, Minnesota (1989)
  - 10) 高桑 亮：ジャガイモ軟腐病，*日本植物病害大事典*，p. 97，全国農村教育協会，東京（1998）
  - 11) McGuire, R. G. and Kelman, A.: Reduced severity of *Erwinia* soft rot in potato tubers with calcium content. *Phytopathology*, **74**, 1250~1256 (1984)
  - 12) Simmons, K. E., Kelling, K. A., Wolkowski, R. P. and Kelman, A.: Effect of calcium source and application method on potato yield and cation composition. *Agron. J.*, **80**, 13~21 (1988)
  - 13) Conway, W. S., Sams, C. E. and Kelman, A.: Enhancing the natural resistance of plant tissues to postharvest diseases through calcium applications. *HortScience*, **29**, 751~754 (1994)
  - 14) McGuire, R. G. and Kelman, A.: Calcium in potato tuber cell walls in relation to tissue maceration by *Erwinia carotovora* pv. *atroseptica*. *Phytopathology*, **76**, 401~406 (1986)
  - 15) Maher, E. A., Livingston, R. S. and Kelman, A.: Recognition of pectate lyase in western blots by monoclonal antibodies. (Abstr.) *ibid.*, **76**, 1101 (1986)
  - 16) 早田隆典・矢野文夫：ばれいしょ連作畑における土壌改良資材および有機物施用の効果について，*長崎県総合農林試験場研究報告（農業部門）*，**10**，43~50 (1982)
  - 17) 永尾嘉孝：土壌および作物体の無機成分バランス 第10報 キレート石灰とバレイショ収量・品質，*土肥要旨集*，**40**，178 (1994)
  - 18) 北海道電力総合研究所：エコサンドの水生生物に対する影響試験成績書（1993）
  - 19) 環境庁：水質汚濁に係る人の健康の保護に関する環境基準の項目追加等に係る中央環境審議会答申（1999）

## Effect of Fertilizer Application on Development of Potato Gangrene II. Effect of Boron and Calcium Fertilizer Application

Fumi Kondo<sup>1</sup>, Jun Ushiki<sup>2</sup>, Yutaka Fukuda\*, Minoru Ueda\* and Shigeo Naito\*\*<sup>3</sup>

(*Fac. Appl. Biosci., Tokyo Univ. Agric., \*Natl. Cent. Seeds Seedlings Ibari Stn.,*

*\*\*Hokkaido Natl. Agric. Exp. Stn. ; present addresses : <sup>1</sup>Asian Afr. Area Stud., Kyoto Univ., <sup>2</sup>Natl. Agric. Res. Cent., <sup>3</sup>Fac. Agrobiol. Bioresour., Hokkaido Univ.)*

The development of gangrene of potato (*Solanum tuberosum* L., cv. Sakurafubuki) caused by *Phoma exigua* was suppressed with spent flue gas desulfurization absorbent residue (SGDAR) applied to sandy soil (Volcanogenous Regosols) in Hayakita-cho, Hokkaido, Japan. SGDAR consists of gypsum (CaSO<sub>4</sub>) and coal ash which contain a large amount of Ca and B, respectively. A field experiment in the above-mentioned area in 1998 showed that application of Ca with gypsum (1.6 Mg Ca ha<sup>-1</sup>) suppressed the development of gangrene. However, application of B (1.6 kg B ha<sup>-1</sup>) with both coal ash and fritted trace element fertilizer (FTE) suppress it. Application of SGDAR and gypsum increased the concentration of exchangeable Ca did not in the soil and the concentration of Ca in tuber of potato. These results suggest that Ca eluted from gypsum in SGDAR increased the resistance of the tuber to the infection with the pathogen, *P. exigua*, in the sandy soil which contains little Ca nutrients. SGDAR and gypsum promoted the growth of the tuber and increased the tuber yield, and coal ash and FTE increased the number of tubers.

*Key words* agronomic control, boron, calcium, gypsum, potato gangrene

(Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr., 72, 230–236, 2001)