電子線処理による種子の除菌，殺菌*

小 島 啓 安^{*1}

(受理1999年10月4日，掲載決定2000年5月6日)

Disinfection of a Seed by Electron Beam Treatment (e-Dressing)

Hiroyasu KOJIMA^{*1}

(SurfTec TransNational Technical Development Div Fujishiro Bldg,
4-30-4 Shinbashi Minato-ku TOKYO 105-0004, JAPAN)

(Received October 4, Accepted May 6, 2000)

1. はじめに

地球環境の汚染が，近年大きな社会問題となっている。

環境汚染には，海洋汚染，大気汚染，土壌汚染等に分けられるが，中でも農業による土壌汚染は，食品汚染につながり直接摂取することにより健康に影響するものとして，大きくクローズアップされているものの1つである。以前から農業の大量投与による土壌汚染，土地の疲弊が指摘されてきた。

その対策として，低濃度の農薬あるいは無農薬栽培，有機肥料等の利用が行われ，又遺伝子組み換え技術を利用した病気に強い作物の開発等が行われている。農薬を使用するのは，種子の段階と成育過程とがあると思われるが，種子の処理方法として新しい方法がドイツのフラウンホーファー研究所の電子プラズマ研究所（以下FEPと称する）で開発され，実用段階に達したので紹介する¹⁾。

2. 種子の殺菌の歴史

穀物の種子は，植物の病気に侵されないようにするために，何百年もの間化学薬品を含む様々な処理が行われてきた。しかしながら，これらの処理は，環境負荷をかけるものが，少なくない。中でも，植物の栽培段階に防虫・防菌のために大量に薬品を散布する方式は，土壌汚染や，穀物汚染を引き起こすことになる。

表1 種子…殺菌のための処理の歴史

1660	黒穂病に対して穀物から浸漬処理を行った(イギリス)。
1761	黒穂病に対して硫酸銅を使用。
1873	他の病気に硫酸銅を使用。
1888	黒穂病に対して，穀物の熱湯処理を行った。
1895	ホルムアルデヒドを用いて種子の処理を行った。
1910	炭酸銅を用いて処理。
1912	水銀を用いた処理方法の開発。
1960	組織的に浸漬方法の開発開始。
1980	西ドイツで水銀浸漬が禁止。
1982	e-処理開発開始。
1995	e-処理の応用紹介。

表1は，ヨーロッパにおける種子の化学的処理の歴史である。多量の水銀が含有されてしまうような種子の処理方法は，問題があり，現在は禁止されている。化学産業の技術は着実に向上してきたが，低コストで大量生産可能な無公害と言える方法の開発が難しかった。農業と農業従事者を保護する法律では，なるべく物理的，あるいは生物学的プロセスを利用することを推奨していたが，その方法は現代の生産形態になかった解決策としては，まだ試行錯誤の段階である。

これに対し，低エネルギーの電子線を使用した電子線照射（以下e-処理と称す）は純粋物理学的な過程であり，将来性のあるものとされている。この電子線は種子を通過せず，つまり胚芽には全く触れることなく，種子の外皮のみに浸透するので，新たな種子殺

* 平成11年7月23日 第66回真空協会スパッタリングおよびプラズマプロセス技術部会定例会にて講演

^{*1} サーフテクトランスナショナル(株) 技術部
(〒105-0004 東京都港区新橋4-30-4 藤代ビル3F)

電子線照射

電子ビームは種子を貫通する
胚芽は破壊される
電子エネルギーは 500keV を超える
これは種子には適用できない

電子線処理

(e-dressing)

すべての方向から電子が種子表面
を処理する。
胚芽には、達しない
電子線エネルギーは、種子の形状
に依存する

図1 e-照射のモデル

菌法として、非常に有望視されている。この見取り図を
図1に示す。

e-処理は、放射線照射とは全く異なるものであり、正
確に測定するならば、低エネルギーの電子の使用
量は、種子の外皮厚部分だけ浸透するくらい、つま
り冬小麦のe-処理でいえば、50マイクロメートルくら
いの厚みである²⁾。この場合、病原菌の中で種子内にす
でに侵入しているものについては、除外される。

3. 開発経過

シーグフリード・シラー、シーグフリード・パンツ
アー、そしてクラウス・ガーバーは、1980年代に旧アル
デンス研究所において低エネルギーでの電子を使用
した種子の処理方法を開発した^{3,4)}。

1994年にフラウンホーファーにおいて低エネルギーの
電子処理の仕事を引き継ぎ、スポンサーを募
って、この将来性のあるテクノロジーのプロジェクトをは
じめ、パイロット・プラントである「WESENITZ 1 (ヴ
ェゼニッツ 1)」をヘルムドルフに設置することを決定
した。

この「WESENITZ 1」というプラントは1995年に完
成し、かなりの量の種子をe-処理できる、農業実験用
としては十分な規模のものとなっており、生産プラント
のコスト試算等が行われた。

このプロジェクトの当初から FEP のドレスデンで働
く物理学者あるいはエンジニア達と現在「BBA (ドイ
ツ連邦農業森林生物研究財団)」の一部である先端植物
防疫研究所の微生物学者である、ウルリッヒ・ブルツ、
ケルシュティン・リンドナーもこのプロジェクトに加わ
り密接な協力をしている。この桁外れに大規模なフィ
ールド・テスト (屋外実験) の多くは、クヴェドリンプ
ルのライナー・ハインツマン・エンタープライズ社の協

力によるものである。

長い年月をかけて行われてきた調査やテストを経て、
ドイツ連邦研究所 BBA は、e-処理を広範囲に普及させ
る許可を出した。すでにザクセン州やゼクセン・アンハ
ルト州では30以上の団体が、e-処理を利用しており、そ
して FEP は、その処理過程におけるパラメータが安全
圏内である、という保証もしている¹⁾。

4. e-処理方法

e-処理方法は図2のような構成により行われている。
この装置は「WESENITZ 1」と呼ばれているパイロ
ットプラントであり、ドレスデンから南西に20 km 下った
ところの、FEP のヘルムドルフ農場に置かれている。
そこに大きな2つのサイロ (貯蔵庫) がある。

そのひとつには少し傾斜がつけられており、ベルト・
コンベアーによって建物の底辺部方向に25トンの小麦の
種子流れ込むようになっている。この種子をこのプラ
ントの上部に運びここから下に落下させる。

ヘルムドルフのパイロット・プラントは高さが3層に
分かれており、数多くのエア・ロックがある。それは、
大気中から真空約1ミリバールにするので約千分の一に
も圧力を減少させる必要があるからである。そして、こ
のポンピングの過程はかなりのエネルギーが投入される
ため、FEP によってエネルギーの特別な供給方法の開
発が行われた。真空室内に投入された後、種子は扇形に
広げられて、滝が流れるように「e-処理・ゾーン」を通
り抜けて落下していく。

2つの電子・ガンが向かい合わせに設置され
ており、電子は広範囲に散布される。これは、
家庭用の TV ブラウン管から放出される電子線の電圧
26~30 kv と比較しうるくらいの電圧60 kv である。

種子は落下している間、あらゆる方向から電子ロ

図2 パイロットプラント Wesenitz 1 の構成

ンを受け、照射量・約8000 W/Kg、その時の真空度は130 Paであり、瞬時のうちに表面の全ての処理が終わる。一例を挙げると、60,000粒のトウモロコシの種子が毎秒この電子銃の霧を通過するため、数トン/時間に相当する。

5. パイロットプラント

WESENITZ 1は、種子の処理部を真空にする必要があり、これは農業で使用するには不便である。そこで真空でなく大気中でこの電子ビーム処理をする開発を行っており、図3がその原理図である。このWESENITZ 2は既に開発を終了し1996年秋に建設を開始した。

ここで使用する電子銃は、FEPでウエットコーティング用（主として sol-gel）の瞬時乾燥に用いるために開発したものを改良したものである。この新しいe-処理のプロトタイプは、毎1時間10トンのe-処理を供給できる。現在毎1時間25トンになるよう努力している。

WESENITZ 2は、小麦・ライ麦・大麦のe-処理用に設計されたものであり、この最初のプラントの引き渡し及び可動可能の設置時期は、2000年を予定している。

ドイツ連邦局からリリースされるライ麦及び大麦の種子用の装置は2001年頃になる。この計画とは別に FEP は近年、穀物処理の専門業者であるザクソン州デベルンの「シュミット AG 兄弟商会」と提携を結んだ。この会社は、e-処理のプラントを製造し、ヨーロッパで販売する計画を立てている。その最初の試みが、ドレスデン

図3 Wesenitz 2 の原理

の近くのルッペンドルフ農業協同組合における新しい製造プラント計画で、1998年の収穫時期に稼働する予定である。

1997年の収穫時期には、およそ1000トンの冬小麦がe-処理され、「WESENITZ 1」の操業上に関する信頼性も十分で、この処理方法が期待に添えることを証明した。種子業者は、e-処理の効果に大きな期待をしており化学的処理方法に比べより経済的である認識を持っている。このe-処理がどの程度魅力的な価格になるかが注目されている。

6. 費用

実際の農業用の処理装置として考える場合にコストが重要な点である。この方法では初期投資に大きな資金が必要であるが、その後のランニングコストは低い。予想されるペイバックタイムとその後のコスト比較したのが図4である。化学的処理方法では初期投資は小さいが、コストは下がらない。パイロットプラント段階での予測では、種子の1時間当たりの処理量にもよるがプラントの価格は300万～400万マルクである。e-処理の費用自体は、化学処理の費用よりもかなり低価格となっており、1トン当たり50～120マルクぐらいである¹⁾。

7. まとめ

- e-処理は、種子に発生する病原菌に対して有効な殺菌効果を示す。この処理法は、現代農業の要求に対し満足のいく結果をもたらしている。
- 種子の表面および種子の外皮から病原菌が取り除かれる³⁻⁷⁾。
- 種子の形態により電子銃のエネルギーを調査することにより浸透の厚さを変えられることが可能となり植物には無害である²⁾。

ペイバックタイムの間のコスト比較

ペイバックタイム後のコスト比較

図4 ペイバック前後のコスト比較

- ・手で触れたり口に入れて飲み込んでも、人体及び動物に無害である。
- ・e-処理の結果は、作物自体の生育状態をみても穀物の生産高を見ても、化学的処理法と比較したとき、何ら遜色がない⁸⁾。
- ・化学的な処理方法ではないので、草木や土壌を汚染する心配がない。

又、この技術に関してブルンスウィック（ブラウンシュヴァイグ/クラインマッハノウ）のBBAによる広範囲な調査と試験の結果、e-処理方法は、この公的機関に認められ、推奨された。

FEPは、種子のe-処理は、種子の成長一切を損なわないことを仕様証明書を発行し保証している¹⁾。

8. 終わりに

はじめに述べたように、地球環境保護が全ての分野で非常に重要になってきている。農業分野への取り組みは影響が直接的であり、大きい時間がかかることが多い。

ドイツでは小麦の栽培だけで年間1000トンを超える化学物資（農薬）が土壌に混入している。土壌汚染は一般の人が食品を摂取することに寄る健康被害だけでなく、農業従事者が、化学薬品を取り扱う際に、吸収することによる労働衛生上の問題も大きい。

このような開発は、1民間企業あるいは1研究所では難しい。ドイツの例で見ると政府関係機関、大学、農業団体等の緊密な協力が不可欠である。日本の場合も国及び自治体の積極的な推進、助成が望まれる

〔文 献〕

- 1) S. Schiller, O. Röder, FEP annual report 1997, 20
- 2) Röder, O., Knappe, U. (1997): Die Elektronenbehandlung, eine physikalikalische Alternative zur chemischen Beizung von Saatgut. Mitteilung a.d.Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch. Issue 329: 46-52.
- 3) Gaber, K., Panzer S., Schiller, S. et al (1983): German patent DD242337A1.
- 4) Gaber, K., Panzer S., Schiller, S. et al (1990): German patent DD291 704 B5.
- 5) Lindner, K. (1992): Untersuchungen zur phytosanitären Wirkung einer Behandlung von Winterweizensaatgut mit niederenergetischen Elektronen. PhDthesis, Faculty "Landwirtschaft und Gartenbau", Humboldt University, Berlin
- 6) Lindner, K., Burth, U., Röder, O. (1996): Einführung der Saatgutbehandlung von Winterweizen mit niederenergetischen Elektronen in die landwirtschaftliche Praxis. Mitteilungen a.d.Biol. Bundesanst. Issue 321: 50.
- 7) Lindner, K., Burth, U., Jahn, M., Müller, P., Scholze, G., Gaber, K. (1990): Die Wirkung der Elektronenbeizung auf ausgewählte samenbürtige Schaderreger und die Getreidepflanze. 6th International Symposium "Schaderreger des Getreides", Halle/Saale, conference proceeding: 341-342.
- 8) Schöder, T., Röder, O. and Kerstin Lindner ISTA News Bulletin 118, (1998). 13.