

キノコ栽培技術を用いた汚染土壌の浄化と放射性物質の回収

寺澤幸文^{1, 2}、寺澤正直²、南沢美子²、寺澤 泰²

¹ 信州大学大学院総合工学系研究科

² 長野電波技術研究所

(キーワード：放射性セシウム、ブナシメジ、キノコ栽培、汚染土壌)

概要 放射性物質に汚染された土壌などを、キノコ栽培技術を応用して、放射性物質を土壌などからキノコに移行し、土壌浄化を計り除染する。高濃度に汚染された土壌などは繰り返し替えずことで規制値以下にする。土壌などの他、汚染された堆積物、木材、枯れ葉、水をキノコ培地の原材料として用いる事ができる。キノコ類が放射性物質を吸収する性質があることは知られている。

1. はじめに

はじめに、放射性物質は、人為的無害化は困難であり、対策として、生活環境下の放射性物質を除去し、封じ込める必要がある。環境省の平成 23 年 8 月 26 日の「除染推進に向けた基本的考え方」によると、2 年間で被曝線量の 60%削減を目標としているが、有効な手段はなく、自然拡散し、汚染拡大を放置している。現在、行われている高圧洗浄等では、汚染物が移動するだけで新たな汚染も生じさせている。表土除去では、仮置きされ、大量の廃棄土壌を産んでいる。現在、仮置きされた汚染土壌は防水シートなどで隔離されているが、最終処分地が定まらなければ、再び、流出する可能性もある。環境省の方針ではコンクリート容器に封じ込めるよう指導されているが、チェルノブイリの事故後 25 年が経過しコンクリートの劣化が認められており、この手法も恒久的なものとは言えない。推定されている汚染土壌は膨大であり、処理にかかる環境負荷を軽減するべく、減容技術が求められている。

減容技術として、燃焼が容易な手法としてあげられるが、放射性物質の一部が気化再拡散する可能性があり、燃焼を含む処理は懸念がある。

放射性物質汚染は、特に子供への影響が心配されており、早急な解決方法が望まれている。また、日本全体の農作物の安全性も問われており、福島県の農地が浄化されなければ信賴回復はできない。そのためにも、継続して水質汚染を引き起こす森林の浄化も必要である。

本研究は農業技術を応用しており、栽培技術、大型化、自動化などに関する 30 年以上の実績がある。またコスト的にも優れている。

本研究の実証試験で有望な結果が得られれば、スケールアップした浄化施設の構築は可能で、予算と処理時間に応じ、各地にプラントを構築し、並行処理することで汚染地全体の浄化にかかる時間の短縮が可能である。除染には、多種多様な物質や環境が想定され、様々な技術が必要となる。本研究は多種の汚染物の同時除染が期待でき、行程の自動化により、作業員の被曝を軽減し安全性の確保が可能で、除染技術として応用することができる。

2. これまでの研究

私どもはこれまで、キノコ栽培に関する研究を行ってきた。各種キノコの栽培方法や、農場運用に関するエネルギー管理、コスト計算など様々な報告を行い、数種の特許も取得した。

キノコを用いた生物浄化に関する「特許番号 3465163 汚染物の浄化方法」は、1997 年ナホトカ号から原油流出の際、キノコによる生物浄化を試み、土壌中の油分、ダイオキシンなどの有機物を分解し、無毒化することが判明した事から特許化した。

この関連情報は、日本生物環境工学会や、国際農業工学会(CIGR.2000)で発表してきた。参考資料に別紙 1 として添付する。本研究は、キノコのセシウムを吸収する性質と特許技術を応用し、放射性物質をキノコに移行させ回収し、土壌浄化技術について検討する。本特許は汚染物の浄化方法であり、放射性物質にも適応する。ただし、これまで、汚染土壌物質として、放射性物質は経験がなく、研究されたことがない。

3. キノコの放射性物質を吸収する性質

原子力発電所の事故後、露地及び露地栽培のキノコ類から、濃度の高い放射性セシウムが発見された。福島県によるモニタリング結果より、規制値を超えたキノコ類の一覧を別紙 2 として添付する。放射性物質を吸収し、ハツタケで 19900Bq/kg、チチタケで 28000Bq/kg など高い値が見られ、この事は栽培環境や菌種などの条件により、キノコ類を用いた浄化が可能であると考えられる。

以前からキノコは放射性物質を吸収濃縮することが知られており、輸入キノコの検査結果から、1986 年のチェルノブイリ事故由来と思われる放射性物質が 15 年経過した 2001 年にも規制値 370Bq/kg を超えるものが検出されている。

その他の報告にも、キノコ類が土壌中の放射性物質を良く集め、濃縮していることは周知の事実となっている。

農林水産省のホームページの記載には、土壌から農作物へのセシウム移行が期待されている菜種(カラシナ)でセシウム移行係数 3.9%、Yoshida ら(1994) Journal of Environmental Radioactivity.によると、キノコの土壌からのセシウム移行係数は 1300%(乾燥重量)とされており、文部科学省の食品成分データベースより、キノコ類の水分量は約 90%であることから湿重量を推定し 1/10 に換算してもセシウム移行係数 130%

となり、菜種の約 30 倍吸収する能力を持ち、土壌中に含まれた放射性セシウムの殆どがキノコの子実体に移行したと考えられ、他の生物にはない大きな値を示している。

キノコの菌は大きく菌根菌と腐生菌の2種類に分類され、菌根菌の方が放射性物質を濃縮する性質に優れているという報告が見られる。しかし、菌根菌の生育には植物との共生が必要であり、キノコ栽培への応用は困難である。

4. その他の研究と事例について

・ひまわりによる土壌浄化

農水省の平成23年9月14日の「農地土壌の放射性物質除去技術（除染技術）について」の発表によると、チェルノブイリの事例を参考に、放射性セシウムを吸収する能力が高いと思われる植物による栽培実験が行われた。植物根の吸収による土壌浄化をバイオレメディエーションの一種、ファイトレメディエーションでは、気象による影響を大きく受け、その結果は安定しない。また、通常、年一回の栽培しかできない。ヒマワリの移行係数は茎葉で0.67%と報告され、除染にかかる期間は約2000年と長く、効果が小さい。粘土質土壌の影響によって、放射性物質の吸収が阻害された可能性があるとの意見も見られる。

・菜花、菜種による土壌浄化

菜花も、チェルノブイリの事例を参考に検討されている植物である。菜花も、油には放射性物質が含まれていないこと、また農地保全の一環として栽培されており、必ずしも、放射性物質の回収には向いていないと考えられる。農水省のホームページに記載されたカラシナのセシウム移行係数の値3.9%を元に単純な試算で浄化処理期間には25年以上かかり、問題となっているセシウム137の半減期30年と同等の期間がかかることから、効果は放置した場合と、大きな違いが表れないと考えられる。

・希硝酸による土壌からの抽出

産業技術総合研究所では、ブルシアンブルーナノ粒子吸着材により、水溶液からセシウムを回収する技術が報告されている。土壌に含まれた放射性セシウムは、濃硝酸を用いることで抽出できることが知られているとあった。しかし、強酸性条件下では、活性が低く、セシウム回収が困難なことから、希硝酸液を使用し、200℃に加熱することでセシウムを取り出すことが提案されている。溶液を目的の温度にするためには、20気圧程度の高い圧力をかける必要(水の蒸気圧曲線より)があり、爆発の危険性を含んでいる。事故発生時には、新たな放射性物質の拡散と、作業員が危険にさらされる。吸着剤のコストなどについては、私どもに資料がないため判断できない。

・福島県産米の放射性物質質量について

事故後に収穫された福島県産の米から規制値を超える放射性物質は確認されなかった。地質の特徴である粘土が放射性

物質を吸着し、稲への移行を阻害したとの仮説が上げられているが、解決方法は提案されていない。

・コンクリート製容器による放射線減水試験

環境省の指導により、高濃度の放射性物質はコンクリート製容器に封入して埋め立てることが示唆されており、農水省による実証がなされた。5万Bq/kgの土壌を封入し、90%以上の遮蔽が確認されている。本研究で栽培される高濃度汚染キノコの処理への応用と技術の改善が期待される。チェルノブイリでは、コンクリート劣化が認められており、恒久的な処理としては疑問が残る。

5. システムの流れと日程

下記の手順によって、汚染土壌と汚染物からキノコへ放射性物質を移行し、規制値以下の濃度に浄化した培地は、採取地に戻す。

汚染物の収集、前処理 仕分け、砕く等

↓↓

培地 = 汚染土壌(土、コンクリート等)+

↓↓

おがくず(汚染材木)+汚染水+汚染米ぬかなどで構成

↓↓

ここまではキノコ栽培では経験がない。

↓↓

ミキシング→自動化

↓↓

ビン詰め→自動化

↓↓

→移動はフォークリフトなどを使用

↓↓

殺菌 →移動はフォークリフトなどを使用

↓↓

殺菌は自動化

↓↓

最適環境で培養 [30-120 日] (キノコの品種により環境が異なる)

↓↓

キノコ発生 [約 30 日] → キノコ収穫

↓↓

ここからはキノコ栽培では経験がない。

↓↓

→キノコを圧縮し、水分と分離し水分は

↓↓

検査後水処理へ廻す

↓↓

→残渣は検査後、高濃度汚染物とし隔離し最終処分場へ

↓↓

廻す (さらに腐らせて減容する)

↓↓

廃培地は検査後 →規制値を超える汚染土壌は に戻す

↓↓

→浄化できるまで培養を繰り返す

↓↓

浄化されたものは採取地に戻す。

6. 本研究の特徴

本研究は、土壌浄化技術である「特許番号 3465163 汚染物の浄化方法」を元に研究されている。他にもキノコを利用した技術の提案はあるが、栽培技術を用い、定量的な処理を

可能としており、他に実用性を考慮した技術はない。

- ・キノコ栽培の培地には、汚染土壌のほか、汚染物である木材、枯れ葉、水、藁、農作物や魚介類などの他、コンクリートなども砕くことで使用する事ができ、それら汚染物を一度に浄化し、減容も可能である。また、年間を通して、繰り返し可能であり、培養には時間がかかるが培養室の容量を大きくすることで必要に応じて、毎日、大量に処理することが可能である。

- ・高濃度の汚染のため、一度に浄化できない培地は、培養を繰り返す事で、規制値以下の土壌にすることが可能で、採取地に元の有機物を含む土壌を戻すことができる。

- ・培地組成と容量、使用するキノコの品種、および温度、湿度、炭酸ガス等環境が一定であれば安定した処理が可能で、生物浄化技術でありながら、定量的連続的大量処理が可能である。これは、長野県などにおけるキノコ栽培の実体が証明している。

- ・また、キノコ栽培行程の多くが自動化されている上、長い実績があり、新たな人への被曝は最小限にできる。

- ・食品ではないため、ピンの洗浄は行わず、新たな汚染水を発生させない。栽培には支障がないと考えられる。

- ・汚染地に浄化施設を設置できる。汚染土壌の移動を最小限にできるため、移動コストを大幅に軽減できる。

- ・各地に複数の浄化施設を設置し、並行して処理できる。

- ・本技術に使用する機器は、確立された農業機器を用いるため、価格競争がはげしく、コストパフォーマンスが良い。資材の入手が容易で、実用性が高い。

7. 高濃度汚染物の処理について

本技術は、キノコにセシウムが濃縮される為、キノコが高濃度汚染物質になる。このため、収穫も機械化することで、人が接近することなく容器等へ移動可能とする。また、キノコ自体は水分が90%であり、圧縮することで更に減容化が可能で、最終処分場の処理にかかる負荷を軽減できる。また、コンポストなどの利用で、炭酸ガスと水分に分解する方法も可能と思われる。圧縮の際に分離した水分についても、他の研究と協力し、処理方法を検討する。

8. 除染の手法について

- ・緊急時であるため、居住区の除染を中心に行い、影響を受けやすい子供達のいる幼稚園、小学校、病院等の処理を優先する。

- ・汚染度の低い内陸部の除染をする。一度の培養で土壌浄化でき、効率よく広域の処理をすすめることができる。

- ・山間部、特に水源地の除染を優先する。チェルノブイリの事例を参考に、農地の汚染は、水系からの継続した汚染による影響が大きく、上流から処理を行う必要がある。これは、除染した市街地の再汚染に繋がる可能性もあり、重要である。

- ・表土の除去は空間線量を測定しながら行い、規制値以下に

なるまで取り除く。表土の除去を行った箇所には、すぐに浄化土壌を埋め戻す。土の流出を防ぎ、生態系への影響を軽減させる。浄化土壌は有機成分を含む事から、埋め戻した農地は、すぐに農業が再開できる。

- ・森林の除染は、葉に放射性物質が付着している可能性が高く、落葉後に作業を行う事で、より多くの放射性物質を効率よく回収できる可能性がある。落ち葉の回収にはブロワーバキュームの利用を提案する。服装、手袋、マスク等も考慮する。

9. 実証実験について

これまで、汚染土壌物質として放射性物質は扱われてこなかった事から実験を行っていない。また、放射性物質については、その扱いに制限を受ける事から高濃度の実験が不可能であった。上記のとおり、キノコ類が放射性セシウムを吸収する事は周知の事実であり、実証実験を行い、放射性物質の吸収能力や培地配合、栽培期間等の結果が得られれば、キノコ栽培は長い実績があり、即時に大型化し、土壌浄化処理を進める事ができる、実証実験が必要である。

- ・期待される性能

福島県によるモニタリングにより、ハツタケで 19900Bq/kg、チチタケで 28000Bq/kg など高濃度の放射性物質を吸収したと思われるキノコ類が発見されている。栽培環境や栽培期間などの条件を整えば、湿重量数万ベクレル/kg を吸収できる可能性がある。

食用キノコの生産では、採算を計るため、栄養源(コメヌカ、フスマ、オガクズなど)の割合を調整して、キノコの発生量を最大にし、形もよくなるようにしている。標準では、850ccのピンに培地重量は約610g程度で、培地水分62-65%で、約150-250gのキノコが発生する。

吸収可能なキノコの最大放射性物質量を20000Bq/kg、セシウム移行係数を130%、キノコ収量が1ピンあたり200gと仮定すると6600ベクレル/kg以下の汚染物培地であれば、一度の培養で培地からセシウムを移行させ、培地の放射性物質の濃度を規制値以下にすることが期待できる。

汚染物で構成された培地は、栄養が不足し、キノコの収量が少ない場合が考えられるが、栄養不足が放射性物質を移行させる要因の可能性もあり、実証によって確認したい。

- ・検証する内容

セシウムの分離、移行はキノコの品種の他、培養環境(温度、湿度、炭酸ガス濃度、培養期間)また、培地組成によって、変化するものと考えられ、その最適環境は検証が必要である。今回は、栽培実績があり、種菌の安定供給が可能なバナシメジを用い下記の内容について検証する。

- 培養1回で処理可能な汚染土壌の分量の分析

培地中の汚染土壌の配合比率を異なる条件で栽培し、放射性物質の移行量を測定する。

-培養 1 回で処理可能な放射性物質の量と濃度の分析
汚染物質と、清浄な培地成分を適量配合し、放射性物質の濃度の異なる培地を用いて栽培する。

-栽培日数と放射性物質吸収量に関する分析
同一の培地条件で、培養日数と栽培日数のそれぞれが異なる条件で栽培し、放射性物質吸の収量を測定する。

-汚染物による適正な培地配合の検討
汚染物には、土壌や木材、落ち葉、農業廃棄物、魚介類、コンクリート、水など様々な物があり、それぞれ、培地に導入する前処理や分別方法が考えられる。また、配合の異なる条件で培養し最適な配合条件を検討する。

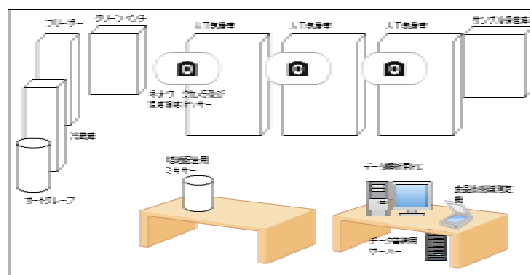
・考慮する点
試験する汚染土壌は、輸送・移動を踏まえ、培土の規制値である 400 ベクレルの土壌を最大とし、その管理は、建物内にカギのかかるケースを設置し、むやみに近づかないよう警告する。また、土壌の取扱には細心の注意を払い、手袋・マスク・防護メガネを着用し扱うことを基本とする。ガイガーカウンターにより、常に測定し、サンプル・処理中の培養ビン・キノコに触れる時間を短縮できるよう配慮する。

安全性を高める為、培養中のデータを遠隔管理できるよう、カメラ・センサーによる監視システムの運用を構築する。

本実証が成功した場合、高濃度放射性汚染物であるキノコが残る事になるが、それらを培地に導入し、更に高濃度な汚染の場合における実証を継続する。破棄する場合には、ビニール袋に封入し、仮置きし、土による一時的な埋設を行い、国の指示に従う。

食品放射線分析機を用意し、培地、キノコそれぞれの測定も行う。また、外部機関へも放射性物質の測定を外注し、データの信頼性を高める。

配置図



・実証実験に必要な機材
オートクレーブ殺菌機、クリーンベンチ、人工気象実験機 2 機、食品放射線分析機、炭酸ガス濃度計、ネット対応温度湿度センサー4 台、ネットワークカメラ 2 台、解析用 PC、モニター用ノート PC、データサーバー、培地配合用ミキサー、種菌サンプル保存用冷蔵庫冷凍庫、試料保管庫、管理用ノート PC、ガイガーカウンター2 台、記録用カメラ、栽培ビン・コンテナなど、実験の性質上、別途に用意し構築する必要がある。

10. 費用などの試算について
処理プラントは栽培室・培養室を増すことで、容易に処理量を増す事ができる。実証データがない為、推測に過ぎないが、吸収可能なキノコの最大放射性物質量を 20000Bq/kg、セシウム移行係数を 130%、キノコの収量が 1 ビンあたり 200g とし、また、培地の最適な配合も実証前であるため、不明であるが、一ピン当たり、土壌を約 300g、汚染木や汚染農作物等を約 300g と仮定する。目安として総生産数 1000 万本のプラントで処理を行った場合について試算した。キノコ栽培の栽培期間は 4 ヶ月を一つのサイクルとするので月に 250 万本、一日に 8 万 5 千本のピンを処理するものとする。キノコ農家の経済性についての参考文書として「ファジィ数を用いた植物生産環境システムの経済性分析(第 1 報)1996」と環境調整等運用に関わる文献を別紙 3 として添付。

・処理可能な土壌量について
仮定のプラントでは、一日にそれぞれ 25t の土壌と汚染物を培地に調整し、8 万 5 千本のピン数を処理し、浄化土壌 30t と高濃度汚染キノコ 20t が得られる。キノコ類は、食品標準成分表より、組成の約 90%が水分であり、遠心分離や圧縮することで固形物と水分の分離が容易で、更に濃度を高め、減容する事ができる。また、腐敗させる事で水分とタンパク質を分解し、新たなエネルギーを必要としない減容も考えられる。

総生産数 1000 万本のプラント 1 箇所につき年間で土壌 9000t と汚染物 9000t を処理すると考えられる。

・プラントの構築及び設備費について
別紙 3 の参考文献より、小規模農家の設備費は 15 万本に対して 1 億 1250 万円であった。これを元に、スケールメリットの影響を考慮し推測した金額は 1 ビンあたりの設備費は約 500 円となり、総生産数 1000 万本のプラントの初期構築費用は約 50 億円となる。また、民間企業における実績として、1 ビンあたり約 200 円の設備費を達成しており、プラント構築費用を 20 億円まで軽減できるものとする。農業用途ではなく、設置場所によっても費用が異なる、また、安全性に配慮した場合、より費用がかかるため、さらなる検討が必要である。

・ランニングコストについて
これまでの研究から、小規模農家で 1 ビン当たりのランニングコストは平均約 90 円。プラントを大型化することで、殺菌釜の連続可動や、自動化による人件費の削減、空気調整効率の上昇などのスケールメリットを受け、ランニングコストは 1 ビンあたり約 30 円まで低下させる事が可能である。重量に換算した場合の汚染物の処理コストは約 5 万円/t、年間のランニングコストは約 36 億円と推測する。汚染物の回収、移動に関わる費用、最終処理に関わる費用は含まれていない。

浄化プラントを汚染地に設置することで、輸送コストを大幅に削減可能である。また、食用でない事から、見栄えのために必要な照明を削減でき、電気代と設備費の削減できる可能性がある。

・処理期間について

キノコ栽培（ブナシメジ）の栽培期間は一サイクルの培養で約4ヶ月かかるが、連続運転、および平行運転が毎日可能である。環境省の平成23年10月29日発表の「東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質による環境汚染の対処において必要な中間貯蔵施設等の基本的考え方について」において処理が必要な汚染土壌等の量は約1500～2800万m³と予測されている。汚染土壌量を2800万m³として試算すると、一回のサイクルで処理できるとした場合、キノコの栽培ビンに換算すると約660億ビンの処理が必要となり、処理期間を10年とした場合、1000万本の処理プラントを220箇所運用し、総設備費は約4400億円、処理費用は10年間で約1兆9800億円。

処理期間を5年とした場合、1000万本の処理プラントを440箇所運用し、設備費は約8800億円、処理費用は5年間で約1兆9800億円での処理が可能となる。放射性汚染物による日本の経済的損失は大きく、少しでも早い現状回復が望まれており、実証実験で値が得られれば、本研究は十分に貢献できるものとする。

・雇用の創出について

作業内容は、農機具の操作、フォークリフトやダンプカーの運転などが中心で、稲作や果樹栽培農家が扱っている機器よりも自動化が進んでいるため、講習により基礎的技術の習得は数時間で可能である。作業員の必要人数は自動化にかかる費用により変動するが、総生産数1000万本(汚染物の処理量一日当たり50t)のプラントでは、30～50人の作業員が必要であり、440カ所のプラントが作られた場合には、最大で約22000人の現地雇用確保に繋がり、復興の支えとなる。ただし、森林などからの汚染土壌回収には、経験が無く算出できない。

・実用設備に関して

-栽培舎、培養舎について

海上コンテナは汎用性が高く、断熱、エアコンを装備しているものがあり、キノコの栽培舎への転用が容易である。また、生産性や輸送方法などに実績がある。

検討として、作業員の安全を考え、直接汚染物に近づかない方法として、フォークリフトによる入れ替え可能なカゴを用いたモデルと、自動化のためにトレイ単位でコントロールするモデルを考えた。コンテナごとに、温度・湿度センサーを2個設置し、放射線物質の浄化を行っていることを考慮し、外部から監視できるようカメラも導入する。

キノコは成長に光を必要としないが、栽培室には通常、キノコの見栄えを良くする為に光源が設置されている。浄化を目的とする場合は、カメラによる遠隔監視に必要な光源のみ

で、栽培向けに光源を設置しない方法も考えられ、棚の追加や、設備費用の軽減、電気料の削減も考えられる。

【培養・搬送コンテナ】



外寸 長さ 6100 × 幅 2440 × 高さ 2600

内寸 長さ 5650 × 幅 2200 × 高さ 2073

-その他のキノコ栽培に必要な機材について

キノコ栽培に必要な機材は、プラントの大きさに合わせ、サイズや数量は異なるが、概ね下記の機材を使用する。

フルイ機、ミキサ(培養基攪拌用) 詰め機、オートキッパ、コンプレッサ(加湿用) 常圧殺菌釜(5000本/回) 殺菌釜ボイラ、殺菌釜3列台車、放冷室フィルタユニット、放冷室フィルタユニット、ロータリ接種機、冷蔵庫(種菌ときのご用)、内部循環及び排気ファン、菌掻き機、冷凍庫、クーラ、加湿器、棚部材、圧力調整弁・サーモなど、ビン、ビン用コンテナ(16本入れ)、包装機、掻きだし機、ショベルカー、ダンプカー、水分測定器、予備品(チェン・パイプ)、スポットエアコン、芽だし台車、培養室ファン、炭酸ガス濃度計、加湿調整器、温度計、湿度計、フォークリフト、熱交換機(外気導入)、タイマ、蛍光灯、掻きだし機替え刃、温床床ヒータ、高圧送風機、小型集塵機(掃除機)、通路用ファン、パレットなど、

-放射性物質の為の機材について

作業員の安全性を確保する為の資材として、ガイガーカウンター、マスクや使い捨てウェアなど、

処理培地と廃棄キノコの検査の為の装置として、食品放射線分析機、連続放射能分析機など、

・プラントの大型化について

海上コンテナを用いて、総生産数1000万本の生産するプラントの運用を検討する。

移設することを考慮し、機材を検討する。

40フィートコンテナは、大型のフォークリフトにより搬送が可能である。

コンテナは積み重ねが可能である。フォークリフトの性能にもよるが、3段の積み重ねが可能である。

フォークリフトの運用のため、敷地内はコンクリートかアスファルトによる舗装が必要である。

コンテナに電源を供給するための仕組みを作る必要がある。

一日、約8万5千本、17コンテナ分の培養を行い、収穫作業を行う。

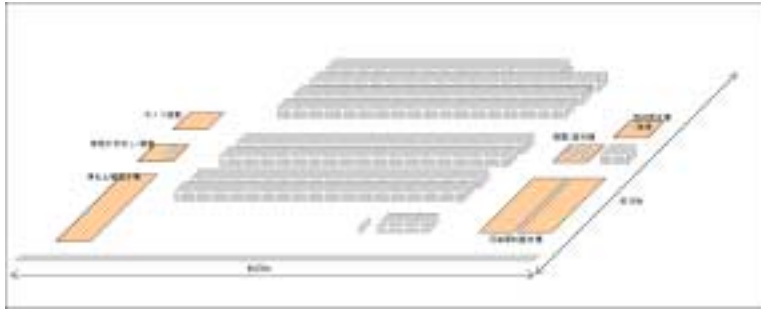
コンテナを積み重ねることで、熱効率が良くなる事が考え

られ、エアコンの駆動時間を少なくできる可能性がある。24時間、殺菌釜を連続して使用する事で、少ない釜数で作業を行う事ができ、また、熱効率もよく、コスト削減が期待できる。

培養栽培期間のサイクルが約4ヶ月であることから、コンテナ数、月に510個、総数で2040個となる。

プラントに必要な面積は推定で150m×250m

配置図を下記の通りに示す。この時、写真の大型テント(27m×50m)も設置し、外界からの影響を軽減する。



11. 除染後の展望について

除染は復興である。処理プラントは移設が可能なものを構築することで、浄化作業終了後は別の場所に移動して用いることができる。チェルノブイリなど放射線物質で汚染されている場所でも使用可能である。また、世界中の原子力発電所を用いている国々でも除染技術は興味があると考えられ、各国に浄化システムとして、プラントの輸出も考えられる。このためには国際特許を取得する方が良いと考えられる。この浄化システムはキノコ栽培設備であるため、440施設で一日約8800tのキノコを出荷できる栽培施設である。これは、現在、長野県のキノコ総生産量の日分、約1200t(林野庁「特用林産関係資料」より試算)を抜いて、この施設を利用することで日本トップのキノコ栽培県となる可能性がある。ただ、キノコの価格は、すでに低迷しており、今後のキノコ栽培は、海外への販路拡大や、食用以外にもキノコの持つ多様性を用いて医薬品や調味料、健康食品など新たな用途への利用を考案する必要があり、復興中から研究を始めるべきであると考えられる。

本研究は、森林の除染について、表土の除去と同時に浄化土壌の埋め戻しを提案している。この際、表土流出を軽減さ

せる為に有用草木の植林や、キノコほだ木の埋設を行うことで、その後、キノコを放射性物質のモニタリング用の材料とするとともに、出荷可能となるよう、整備できることが望ましい。

これら復興後の展望はすべて、キノコが放射性物質を吸収し実用性があるかどうかにかかっている。

[キノコの計量風景]



200g以上のキノコを収穫し、秤が振り切れている。右側のトレイのキノコは出荷するために105gに計量されたもの。

[キノコ栽培コンテナ上部写真]



1株、約280gのキノコが栽培された16ビン1コンテナの上部から撮影。ビンやコンテナが見えないほど良く成長している。1コンテナで4kg以上の収穫をしている。