

農地土壌の重金属汚染の克服

背景と研究ニーズ

高度経済成長の“ひずみ”として各種の公害が発生し、昭和40年代には大きな社会問題となりました。食糧供給源としての農耕地でも、カドミウムや銅など重金属による土壌汚染が明らかとなり、現地農家の死活問題として、早急な対策の確立と道内の実態把握が求められました。

重金属汚染は、農業の基盤となる土壌の問題であり、しかも生産される農産物の安全性が問われるもので、対策の如何は農業の存立にも大きく関わっています。また、この時まで農業場面での重金属研究は十分なされておらず、土壌中での動きや作物の吸収特性など、基礎研究を並行して行う必要があり、試験場への期待が高まっていました。

試験場の開発成果

北海道における農耕地の土壌重金属汚染に対して、試験場はいち速く対応し、対策試験、実態調査及び基礎的研究に精力的に取り組んできました。後志支庁管内で生じた水田のカドミウム汚染に対して、客土を中心とした改良対策を確立しました。同時に、汚染水田転換に当たっての各種畑・園芸作物栽培指針を策定しました。一方、渡島支庁管内で発生した銅汚染についても対策試験を実施し、客土と土壌改良資材投入による改善対策を確立しました。空知支庁管内の6箇所クロム汚染についても、農耕地土壌及び作物への影響について調査、研究を行いました。

これらの対策試験と並行して、全道を対象に休廃止鉱山からの重金属流出による水質汚濁、土壌汚染および農作物被害状況の実態調査を実施し、それらの結果は汚染対策の基礎資料となりました。さらに、道内農耕地の土壌に含まれる重金属量を調査し、「北海道農用地の土壌成分」表を作成し、北海道立農業試験場資料として公表しました。得られた成果は、道内農耕地における重金属対策の基礎資料として、また、現在推進しているクリーン農業に関連した、微量要素対策の基礎データとしても活用されています。

今後の展望と課題

現在、農耕地の土壌重金属汚染は十分な対策がとられており、ほとんど発生していません。また、重金属分布調査は引き続き行われており、近い将来、より精密な農耕地重金属管理指標が策定されるものと考えられます。一方、重金属に代わる新たな土壌汚染物質として、農薬など有機合成物質の問題がクローズアップされており、現在、調査、研究に鋭意取り組んでいるところです。

表1 カドミウム汚染水田の対策試験

処 理	玄米100g中がドミウム含量	作土100g中がドミウム含量
無 処 理	0.69ppm	2.86ppm
10cm客土	0.25	0.32
20cm "	0.14	0.16
反転客土	0.11	0.28
排土客土	0.13	0.33

表2 銅汚染水田の対策試験

処 理	精米収量	玄米100g中銅含量	作土100g中銅含量
無処理	458kg/10a	4.10ppm	151ppm
石灰施用	488	3.37	102
7.5cm客土	496	3.88	51
15cm	528	3.41	8
20cm	510	3.29	4
20cm客土+資材	503	3.34	3

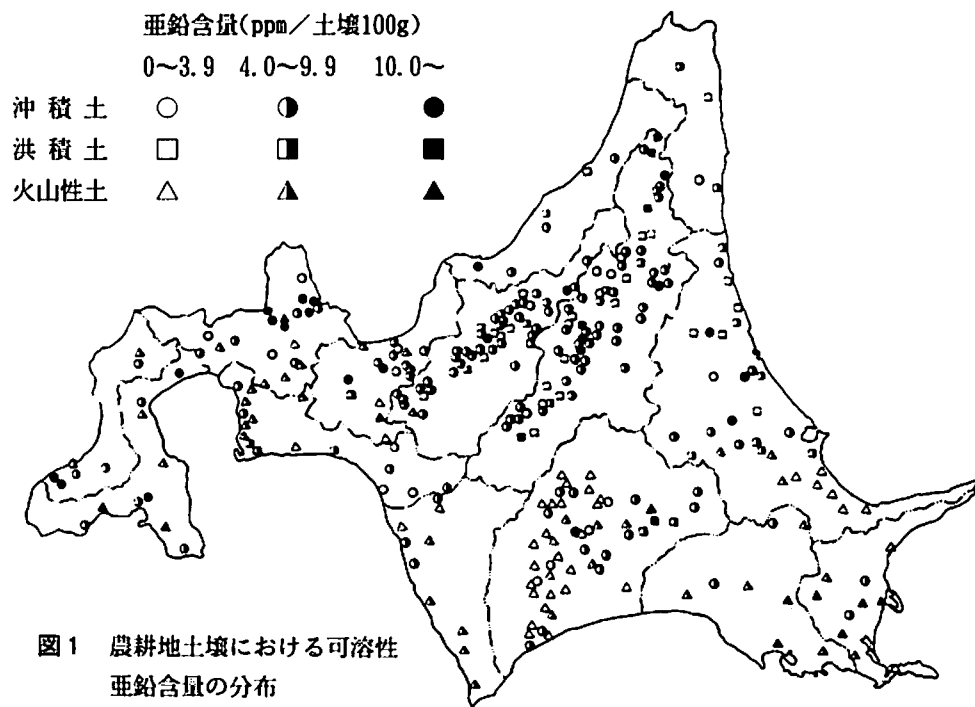


図1 農耕地土壌における可溶性亜鉛含量の分布

主な普及奨励・指導参考事項

カドミウム汚染土壌対策 (昭48) の知見 (昭54)

畑作物に対する重金属の影響に関する二・三

大気汚染の発生と農作物への監視体制の確立に向けて

背景と研究ニーズ

高度経済成長の影響を受けて、北海道においても伊達火力(石油),厚真火力(石炭),苫小牧東部地域開発などの計画が提起されました。この計画で、排出が予想されるNO₂, SO₂ガスの、農作物に対する影響が懸念されました。しかし道内では、大気汚染の農作物に対する具体的検討がなされていなかったため、中央農業試験場において道内における農作物を対象に、NO₂とSO₂の影響調査、および現地農作物の汚染監察調査を担当することになりました。

試験場の開発成果

SO₂の農作物への影響は、高濃度SO₂処理による可視障害(急性害)を主体にSO₂感受性の種間差、施肥条件の相違などが検討されました。可視障害の指標作物としては、「そば」が最適と判断され、品種は「牡丹そば」が高感受性を示しました。また、低濃度処理による作物に対する不可視害(慢性害)の影響は、いずれの作物も生育量が低下し、その程度は可視障害の高い作物ほど大きく現れました。作物生育に影響を与えるSO₂限界濃度は0.02ppm前後で、これは環境基準値より低い値でした。

NO₂の農作物への影響では、高濃度NO₂処理で豆科作物が高感受性を示し、被害観察の指標作物としては、アカクロバが適当と判断されました。また、低濃度NO₂処理では各作物とも1ppmで生育量が劣り、それより低い濃度で影響があったのはアカクロバだけでした。なお、その低下割合は数%であることから、環境基準値付近の汚染では、作物が生育阻害を受ける程度は小さいと判断されました。

SO₂とNO₂の混合ガスの農作物への影響は、高濃度SO₂と高濃度NO₂の混合ガス接触による急性害の作物間差は、SO₂単独の結果と一致していました。また、低濃度NO₂と低濃度SO₂の混合ガスによる慢性害は、単独よりも作物生育量が劣って、影響が大きいことが認められました。なお、SO₂とNO₂混合条件で、各ガスの作物生育抑制の大きさを比較した結果、NO₂が10%、SO₂が90%で、混合ガスによる害作用の大部分はSO₂によるものと推察されました。

今後の展望と課題

近年における大気汚染は、酸性雨や温暖化などに見られるように広い範囲に影響を及ぼし、地球的規模で問題が顕在化していることから、農業試験場としてもこれらに対処することになっています。

酸性雨については、すでに環境庁の受託で試験を開始しています。また、温暖化に対しては、平成2年から農地で発生しているメタンと亜酸化窒素について、実態の把握と抑制技術開発に向けて全国連絡試験として開始したばかりで、農業試験場における大気研究の主流になっていくものと考えられます。

表1 二酸化硫黄に対する作物の相対的感受性

極大	大	中	小
ソバ アルファルファ	ホーレン草 チモシー オーチャードグラス 大豆 アカクローバ 馬鈴薯 タマネギ	水稲 小豆 りんご 大福 スイートコーン デントコーン 菜豆	てん菜

表2 NO₂に対する作物の相対的感受性

大	中	小
アルファルファ 小豆 赤クローバ 菜豆	そば 水稲 大豆 チモシー きゅうり	トマト なす オーチャードグラス てん菜 とうもろこし

表3 感受性と機作要因の関係

品 種	感受性	葉の硫 黄吸収	SO ₂ 消 滅速度	パーオキ シダーゼ 活 性	酸性化に対する抵抗性			
					pH	pHの低 下推移	緩衝能	塩基供給
牡丹	高	多	小	小	中	小	小	中
スコロスペラヤ	中	多	中	小	小	中	中	大
ペンクォード	低	少	大	大	大	大	大	小

表4 ソバによるSO₂慢性害の判定法とその条件

判定条件	供試品種 「牡丹そば」 施肥量 標準施用量 播種時期 7月中旬まで 判定期間 開花始め～成熟期 判定部位 葉身と茎
判定方法	葉身と茎のS含有率差 安全域 0.28%以下 注意域 0.29～0.39% やや注意域 0.40～0.61% 危険域 0.62%以上

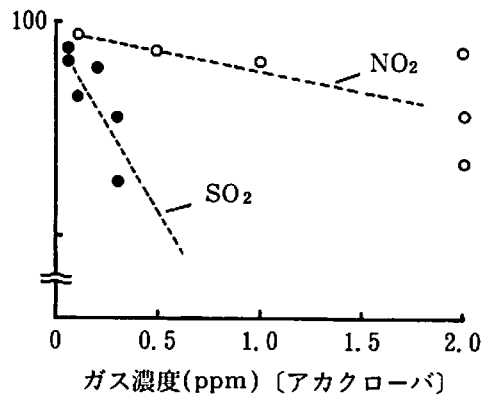


図1 アカクローバにおけるNAR比とガス濃度の関係

主な普及奨励・指導参考事項

農作物に対する二酸化硫黄の可視被害について (昭54)
二酸化窒素に対する農作物の可視被害について

て (昭55)
二酸化硫黄連続接触が農作物の乾物生産に及ぼす影響 (昭59)

水質汚濁の実態解明と対策指針の策定

背景と研究ニーズ

汚濁水が農業用水に流入した場合は、作物生育に異常をもたらしたり、また、湖沼や海洋に流入した場合は、富栄養化を招いて、自然生態系に大きな影響を及ぼす恐れがあります。そのために水質汚濁の実態を把握し、水質改善に努めることは、農業生産性の面ばかりでなく、環境保全上からも重要です。

農業試験場における水質研究は、当初は鉱工業などから排出される排水などに関するもので、農業が被害を受けているという観点から研究が行われてきました。しかし、現在では農業活動による環境への影響が懸念されることから、環境保全を考慮した土壌管理などが求められ、研究内容も変化してきました。

試験場の開発成果

汚濁水が農業用水に流入した場合、水稻の生育、収量に大きな影響がみられます。パルプ工場の排水が流入した灌漑水は、生物化学的酸素要求量（BOD）が増加し、それに伴って土壌 pH が低下し、窒素濃度や無機成分が漸増します。BOD が 50ppm までは水稻生育にプラスとなりましたが、100ppm 以上では秋の生育が不良となります。また、家庭排水の場合は、汚濁物質の分解生成物により水稻の根が障害を受けることが分かりました。。

酪農地帯で排出される糞尿について、糞では懸濁態物質、化学的酸素要求量（COD）およびリンが、尿では窒素が水質汚濁上の問題になります。酪農地帯の河川の水質変動に影響を及ぼしているのは懸濁態成分であり、そのうち酪農関係排水の占める割合は 10% 程度と考えられます。

環境保全からみた牛糞尿の許容限界量として、糞、尿の個々についてみると、裸地条件では糞は 10 t / 10 a で、尿は施用しないこと、草地条件では糞は 50 t / 10 a で、尿は 10 t / 10 a までと考えられました。なお、糞、尿とも許容限界量での連用は環境保全上、避けなければなりません。

養豚経営における排出負荷の割合は、窒素、COD が 50%、懸濁態物質、リンが 30% でした。また、汚水処理材としては、窒素ではゼオライト、リンでは黒色火山性土で効果がみられました。

今後の展望と課題

近年、地下水汚染の進行が問題となっており、営農活動も地下水汚染源の一つとして疑いがかけてられています。その実態を明らかにするために、現在農地からの肥料成分の流出動態、および軽減対策に着手しました。さらに、農薬類の環境汚染も懸念されていることから、その実態解明と対策樹立のため、先ず水田除草剤を取り上げ、動態解明試験を開始したところです。

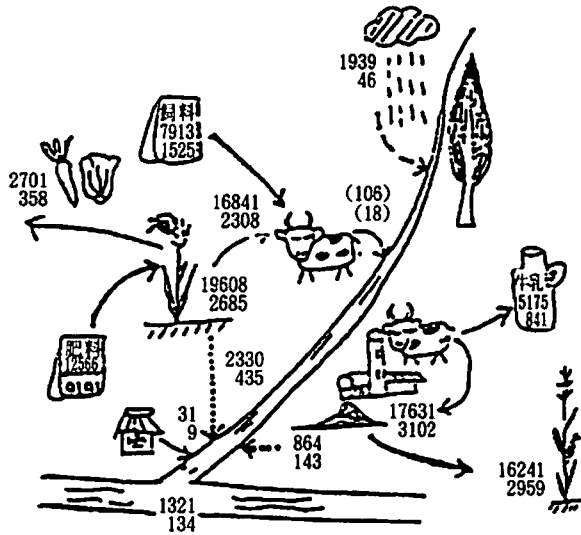


図1 窒素、リンの収支概略図〈モデル地域202.2ha〉
 (上段：窒素、下段：リンkg/年)
 図中の破線は、その一部が河川へ到達することを示す

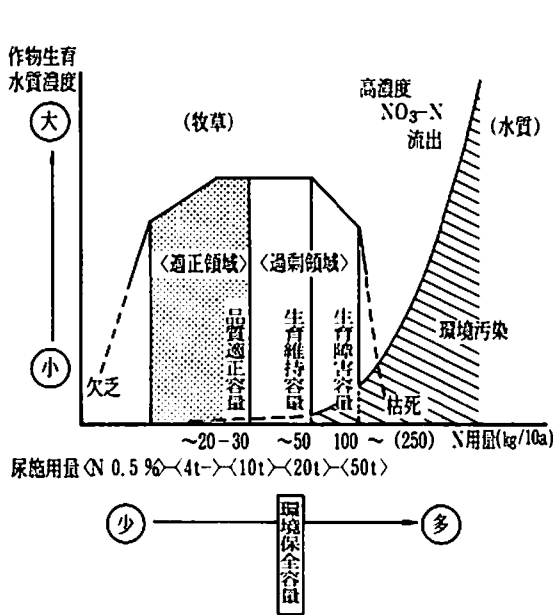


図2 尿施用(N用量)に関する許容限界量

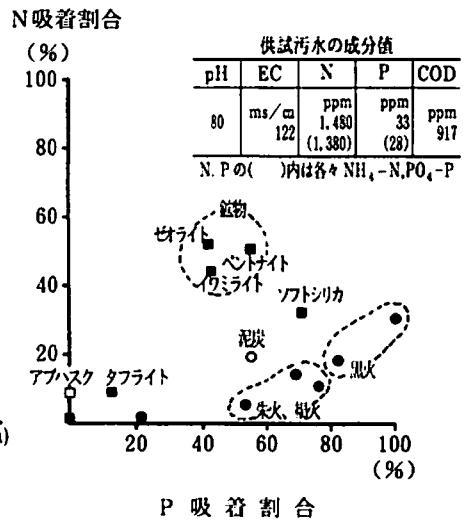


図3 資材による汚水中のN.P吸着割合

主な普及奨励・指導参考事項

酪農排水が周辺水系に及ぼす影響(昭63)
 環境保全(水質)からみた牛糞尿の施用限界

量の策定(平元)

汚泥資源の利活用のために

背景と研究ニーズ

地力の維持、向上には有機物が欠かせません。有機農業への期待と相まって、有機物施用に対する認識も高まってきています。しかし、機械化農業の現在では有機物資源が不足し、農業外に有機物を求めなければならない状況です。その一方、都市部では生活廃水や、食品工場排水から生産される下水汚泥が急増しており、その処理のために緑農地への利用が考えられています。

有機物資源として下水汚泥を利用する場合、作物の生育や収量に対するプラスの効果を見ると同時に、汚泥中に多量に含まれる重金属の影響についても検討しなければなりません。このため、各作物について、農産物の安全性を確保し、農耕地の環境を汚染せずに、作物生産に効果のある施用技術について、長期にわたる試験が必要とされました。

試験場の開発成果

汚泥は、都市下水汚泥以外に、食品工場や農産物加工場などから発生するものもあって種類が多く、その成分や性質も一定ではありません。また、下水汚泥も生成法の違いで石灰系と高分子系の2種類があります。これらの汚泥の内、2種の下水汚泥と製糖工場汚泥を対象に研究が行われました。

汚泥は、ほぼ共通して窒素、リン酸の肥料効果が高く、この面では有効な有機物資源といえます。しかし、汚泥の中でも都市下水汚泥は亜鉛、銅など重金属が多量に含まれており、その大量施用は作物への害作用、生産物や土壌への多量蓄積、汚染の発生をもたらすことが心配されました。このため、各汚泥に含まれている重金属について、量及びその性質、作物への吸収性、土壌中での動きなどの基礎的研究と、実際に農地へ施用した場合の土壌、作物への影響について試験が行われました。

それらの結果を基に、下水汚泥の施用基準を設定しました。さらに、重金属の土壌中への蓄積を考慮して、土壌中の亜鉛含量の上限を120ppmとしました。この基準値は、全国的に下水汚泥施用の基準として採用されています。

現在、下水汚泥は水分が多いために施用が難しいことから、堆積醗酵させたコンポストの形で出回っていますが、原料の汚泥とは大部性質が違ってくることから、それぞれの施用基準を策定するための試験を実施しています。

今後の展望と課題

下水道の普及と共に汚泥の発生量は急増しており、汚泥を堆肥の原料として用いる傾向が多く、その種類は莫大となっていて、今後は個々の汚泥について施用基準を策定する必要があります。

また、施用された汚泥中の重金属について、土壌中での動態の研究を進めるとともに、汚泥中の重金属を除去する技術開発も必要です。

表1 下水汚泥の化学成分

汚泥の種類	pH (H ₂ O)	有機質 (%)	窒素 (%)	リン酸 (%)	カルシウム (%)	重金属 (ppm)		
						亜鉛	銅	カドミウム
石灰系	9.9	32.9	2.3	2.5	19.8	777	125	0.8
高分子系	6.0	40.8	3.0	3.7	1.8	1139	205	1.6

表2 北海道内における汚泥の処理状況

処 理 法	1989 (平1)	1999 (平11)	A / B
	(A)	(推定値) (B)	
緑農地利用	93.9千ト/年	190.2千ト/年	2.0
埋 立	74.3	126.0	1.7
焼 却	115.8	214.7	1.9
計	284.0	530.9	1.9

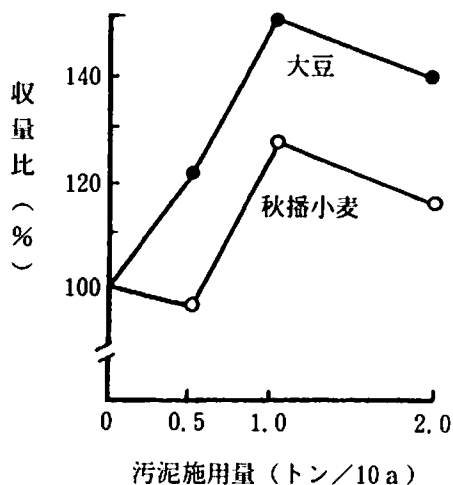


図1 汚泥施用による増収効果

主な普及奨励・指導参考事項

下水汚泥の化学特性と農用地利用について
(昭57)

製糖工場余剰汚泥に関する試験 (昭60)

石灰系下水汚泥コンポストの農業利用法
(昭61)

高分子系消化下水汚泥の畑地施用と簡易モニタリング法 (昭63)