

国際シンポジウム「中国における環境技術の移転に向けた国際協力」(2006年3月19日)

中国山西省山西省の農業・土壌の特徴と農業生産における鉄鋼業副産物(鉄鋼スラグ, 硫酸アンモニウム)の有効性の検討

伊藤豊彰・篠原 久(故人)

(東北大学大学院農学研究科附属複合生態フィールド教育研究センター, 東北大学農学研究科)

1. はじめに

2001年より開始された東北大学学際科学研究センタープログラム研究「環境保全とクリーンエネルギーの開発・普及に関する技術的・社会経済的条件の解明」(代表:大村泉)において,伊藤・篠原は農業分野を担当し,特に山西省における持続的農業発展の方向と山西省の主力産業でもある鉄鋼業より副生する「鉄鋼スラグ」の畑作農業での利用可能性に関する調査・研究を行った。その成果の概要を報告する。

これまで,山西省嵐県の農業振興に関する基礎プランを政策担当者とのディスカッションと農業調査および農業関連資料によって作成し,嵐県地方政府関係者に提示した。また,「鉱業と農業の調和的発展」については,製鉄業からの副産物である「鉄鋼スラグ」の農業利用の可能性の面から検討した。そのために,嵐県の土壌調査(2002年実施)と採取土壌を用いた栽培試験を日本で行い,その可能性と問題点を明かにした。最後に,鉄鋼スラグの農業利用の可能性を中国全土に拡張して検討した。

2. 山西省および山西省嵐県の農業概況

1) 山西省の概要

山西省は多くが海拔1000mの黄土高原^{*1}にあり,面積は15.6万km²,人口は約3,000万人である。GDP(国内総生産)は2兆2400億円(全国第19位,1998)で,農業生産総額は約5,000億円(GDPの13%,全国代23位)である。山西省は石炭および鉄鉱石資源に恵まれ,石炭,コークスおよび銑鉄の生産量は全国第1位である。

黄土高原^{*1}

黄土高原は黄河中流域に広がる,標高1000~2000mの広大な高原(58万km²,わが国面積の1.5倍)で,青海省,甘肅省,陝西省,山西省,河南省,寧夏回族自治区,内モンゴル自治区に

またがる。黄土高原の年降水量は 300～450mm，雨の 60～70%が 7 月から 9 月の間に降る。もともと有機物が少なく団粒構造が発達しにくいために侵食を受けやすい黄土は集中的な降雨によって侵食を受けることになる。

黄土は黄色～黄灰色で粒径が微砂（0.02～0.002mm）を主体としたレス（更新世風成堆積物）である。肥料養分保持に役立つ粘土（0.002mm 以下の粒径）は多くない。粒度が揃っているので土壌がしまりやすく，植物の根張りを抑制する場合がある。土壌の pH は高く，8.0～8.6 であることが特徴である。黄土は，およそ 300 万～1200 万年以降，中国内陸部のタクラマカン砂漠やジュンガル砂漠などから風によって運ばれ，堆積したものとされ，黄土層の厚さは平均で 30～50m，最大で 400m にも達する。

山西省と黄土高原



（緑の地球ネットワークのホームページより引用）

約 58 万 km²（日本の約 1.5 倍）の黄土高原に約 8000 万人が暮らしている。

（2）山西省嵐県の概要

嵐県は標高 2270m～1120m，4 鎮，16 郷からなり，人口 16.1 万人で，GDP は 26 億 3000 万円，第 1 次産業が 45%を占める。山地が 50%，黄土丘陵地が 35%，河川沿いの平地帯が 15%を占める。耕作地が約 3 万 ha，森林約 2 万 ha，林業適地が約 1 万 ha，放牧地約 3 万 ha，荒廃地が約 3.5 万 ha となっている。年平均気温は，1.7～7.5℃，年降水量は 350～550mm で，主要な農産物は，トウモロ

コシ，ジャガイモ，ソルガム（コーリヤン），アワ，キビ，エンバク，マメ，アブラナ，（麻，杏），などである．

2．山西省嵐県の農畜産業の視察調査報告（2001年7月）

1) 肉牛などの大型家畜の導入 - “ 未利用資源の有効活用 ”

中国全土でも同じような傾向であるが、これまでのブタや水鳥を中心とした畜産から大型の乳牛や肉牛の飼育が増えてきている。それは、生活水準の向上によって牛肉や牛乳の需要が高まっていることもあるが、トウモロコシの茎葉などこれまで利用されてこなかった資源を有効に活用しようとする試みの一環でもある。

2) 斜面を利用した杏の栽培— “ 嵐県の農産物のブランドの旗頭としての杏，斜面の生態学的土地利用 ”

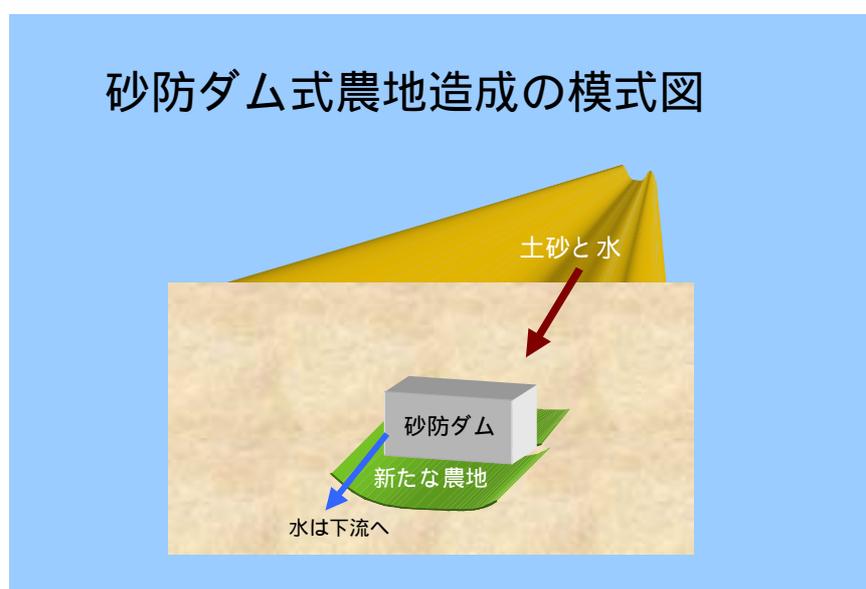
杏の果肉は乾燥果実やジャムに加工するが、強い期待を寄せているのがむしろ種（杏仁）である。杏仁はビタミン B17 と高機能性不飽和脂肪酸を含み、中国人の死亡原因のトップを占める心臓病に効果があり、また癌予防にも有効とされている。

嵐県における杏仁生産量は年間30tであり、杏3kgから杏仁が1kgが取れる。中国全体で600t（アメリカから1500t輸入）の生産がある。香港での需要が多く、嵐県の杏仁は高品質で、香港では有名。嵐県の農産物をブランド化する先駆けとして期待している。

この傾斜地の土地利用計画は、気象、地形条件と作物の特性を考慮しており生態学的に合理的なシステムと考えられた。山地上部は、土壌侵食を防止するために植林・保全（一部は放牧地として利用）する。斜面下部（河川の近く）は灌漑が可能であり、トウモロコシ、ジャガイモなどの作物の高生産栽培に利用する。斜面中部（標高900～1500m）は下部に比較して生産性は劣る（平地の1/3の生産力）が、気温逆温層^{*2}の形成によって、冬期間は平地よりも5～6 高い。このことを利用して、杏の樹の凍害を回避し、安定的な杏生産地とする。杏は根が6～7mにも及ぶことから1年性の作物に比べて乾燥に強いといった特徴も利用している。このような生態学的土地利用によって、土壌が保全され、水の有効利用が図られ、穀物と換金作物のバランスの良い持続的生産が行われることが期待された。

3) 砂防ダム式農地造成—土壌侵食を利用した耕地造成と水資源の有効利用

1990年にダムを建設した場所を見学した。谷に囲まれた河川の中流部にダムを建設し、水によって運ばれてくる土砂をせき止める。土砂を分離した上水はダムの横に掘った水路を通じて下流に流す。土砂が堆積し、耕地として利用できる土地が300ムー（約20ha）になったら、さらに上流部にダムを建設する。1km²当りに1つのダムを建設することによって堆積土砂を農地として利用し、1度に強く降る降雨を有効利用することを狙った方式である。このような砂防ダム式農地造成（注：筆者の造語）によって自然に造成された圃場は、嵐県に現



在、50あった（2001年時点）。

黄土地帯は、土壌そのものが侵食されやすく、また雨が強く降ることが多いために、土壌侵食が激しく起こる。この砂防ダム式農地造成には、半乾燥ゆえに大切にしたい水資源と侵食された土壌資源を有効に使用しようという、知恵である。

4) 漢方薬原料植物苗栽培圃場—“地域の特色ある植物資源の活用”

漢方薬原料植物の栽培と販売は、嵐県の自然環境を活かし、かつ現金収入を得るという観点から、積極的に進めたい方向の一つとしている。見学した試験場で10種類の薬草（苗）生産を開始しており、主に「甘草^{*3}」の苗の栽培と灌水試験を行っている。

甘草^{*3}

甘草は、シベリア南部、中国西部あるいは東ヨーロッパに自生するマメ科の多年生植物である。その有効成分は、グリチルリチン酸ジカリウムで、砂糖の50倍の甘味があるといわれる配糖体

グリチルリチン由来のグリチルリチン酸のカリウム塩である。漢方では緩和、消炎、解毒薬として用いられている。グリチルリチンには抗アレルギー作用があり、抗炎症鎮痛剤でアレルギー性皮膚炎や鼻炎、胃潰瘍の治療に用いられる。頭皮の炎症を抑える作用があり、円形脱毛症の治療薬として利用されている。

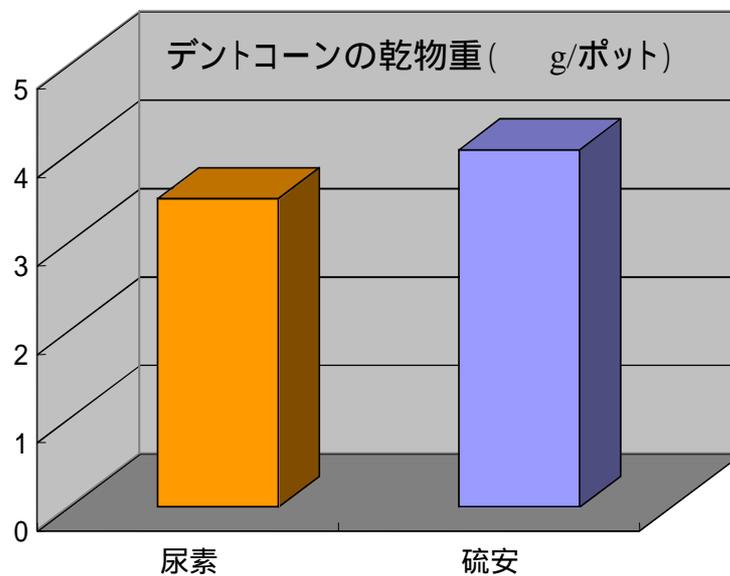
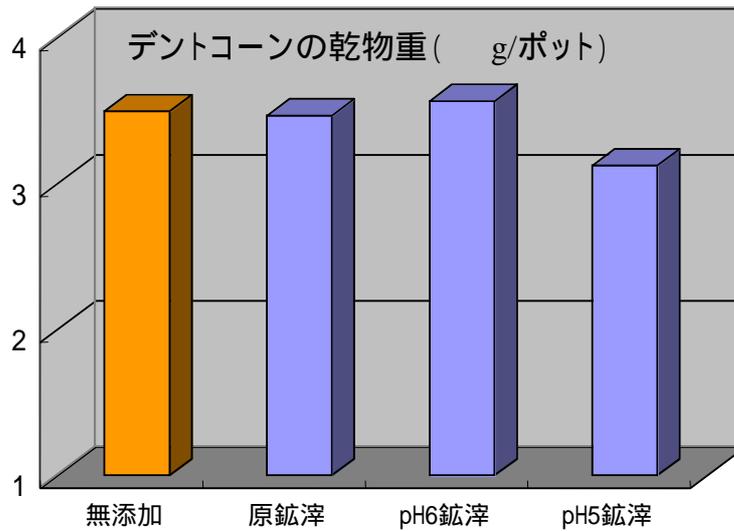
5) 植林用苗木増殖基地(嵐県国営苗圃会社) “ 生態環境重点県としての役割 , 環境保全の要 ”

嵐県は中国国内でも早い時期に「生態環境重点県」に指定されている。嵐県では、約 5000 ~ 6000ha の段々畑 (25 ° 以上の傾斜地) を今後、森林に戻す計画である。それを現実のものとするためには、樹の苗が大量に必要となる。それを保証する一環として、この苗木増殖基地があり、国と山西省の援助で建設された。見学した育苗基地では、約 20ha で松、ヤナギを主として、杏などの苗を栽培しており、山西省の他に青海、甘肅、寧夏回族自治区、四川、内モンゴル、陝西、河北省にも供給していた。山地に森林を回復させることによって、土壌侵食の抑制効果以外に、長期的には地域の保水量が増加すると考えられ、これにより平地における灌漑水量が増大し、平地の灌漑農作物の単位収量が増加する可能性がある。

4 . 黄土地帯の農業における鉄鋼スラグおよび硫酸アンモニウム肥料の有効性の検討

2001 年に採取した嵐県の黄土と鉄鋼スラグを用いた栽培試験の結果より、アルカリ性を示す黄土では鉄鋼スラグの施用はデントコーンの生産を向上させることができなかった。

しかし、中国の主要な窒素肥料である炭酸アンモニウムや尿素に代えて、コークス製造の副産物でもある硫酸アンモニウムを用いることによって作物生産を向上させる可能性が明らかとなった。



5. 山西省嵐県の農業と土壌の詳細調査 (2002年10月8日~13日)

嵐県の農業・土壌調査を嵐県地方政府の協力を得て、行なった。この調査によって、以下のことが明らかとなった。

1) 土壌の特徴について

- ・炭酸カルシウム反応が強く、アルカリ性が強い。
- ・2層目(20cm~40cm層)が硬く、作物根が伸びにくいことが予想された。
- ・農地土壌の1層目(農家が耕している層)に有機物が少ない。

2) 肥料使用の特徴について

- ・窒素肥料として炭酸アンモニアや尿素を用いている場合が多い。

- ・リン肥料を使用していない畑もある。
- ・カリウムはどの調査地でも使用されていない。
- ・作物の残さが畑に戻されておらず，有機物投入量が少ない。

これらの結果と推定に基づいて，嵐県の農業局長に以下の提案を行った。

1) 炭酸アンモニウムは輸送中や保存中に多量のアンモニアが空気に揮散し，環境汚染と非効率をもたらす肥料なので，窒素肥料の一部を硫酸アンモニウムに代える。これによって，環境汚染と農業生産の向上を調和的に達成できる可能性がある。

2) カリウムが嵐県の農地で不足していないかを検討する必要があると考えられた。土壌のアルカリ性を改良し（アルカリ性では微量元素が作物に吸収されにくい），カリウムを補給するには，硫酸カリウムの施用を，カリウム肥料を投入できないならば，家畜の糞尿および作物残さを積極的に畑に還元すること提案した。

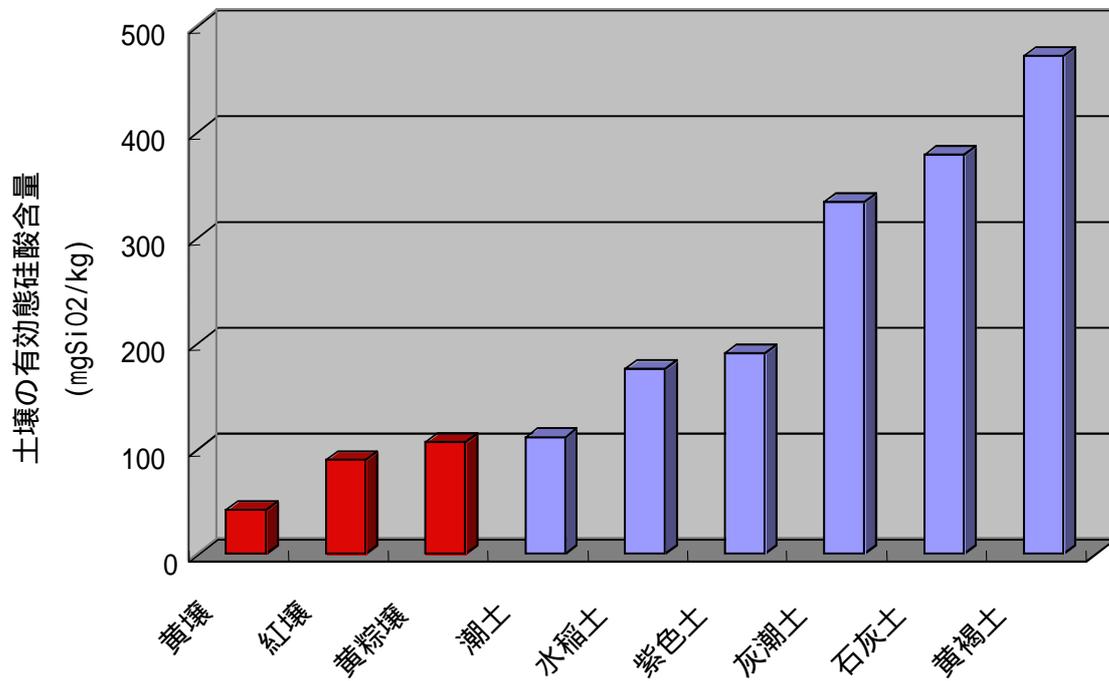
6. 中国全域を対象とした場合の鉄鋼スラグの農業生産に対する有効性の検討

最後に，山西省の黄土地帯（嵐県）を対象として検討してきた，「鉱業と農業の調和的発展」の方策として製鉄業からの副産物（鉄鋼スラグ，硫酸アンモニウム）の農業生産における有効性を，中国全域を対象として，検討した。これには，中国土壌の多様な性質と中国国内で行われたケイ酸肥料の農業利用に関する報告書を情報として用いた。

中国では，ケイ酸が不足している土壌は全国で約 50%あり，全国で 3500 万 t のケイ酸肥料が必要とされている。例えば，以下の図のように中国の湖北省では，酸性を示す 3 つの土壌でケイ酸が不足しているとされている。

ケイ酸肥料を施用することによって作物が増収する割合は，水稻：10～20%，小麦：10～15%，トウモロコシ：12～20%，大豆：10～12%，甘蔗：10～25%，野菜：15～20%，とされている。

以上のことから，中国北部のアルカリ土壌では窒素揮散の環境問題と作物への効率的窒素供給のために硫酸アンモニウム肥料の施用が有効であり，一方南部の強風化・酸性土壌においては，酸性土壌を改良し，各種の微量元素およびケイ酸を補給することができる鉄鋼スラグは農業生産を高める可能性があることと推定された。



土壤の分類
 湖北省の土壤の有効珪酸含量
 (李ら, 湖北省農科院土壤肥料研究所)