

## 長年の田畑輪換や畑転換による地力窒素の消耗

東北農業研究センター 水田土壌管理研究室

室 長 加 藤 直 人

10年以上前に来日したフロリダ大学のシュナイダー博士に見せられた一枚の写真を鮮明に覚えている。それは、土壌が分解、消失して、階段を上らないと玄関に辿りつけなくなった家の写真であった。流亡ではなく、分解であるという博士の説明であったと記憶している。フロリダでは、長年サトウキビが換金作物として作付けされてきたが、今では水稲が導入され、田畑輪換を行なっている。その目的は、米の生産ではなく、土壌の分解を抑制し、作土深を維持するためである。この話を聞いた時、水田が持つ素晴らしい土壌保全機能の一端を垣間見た気がした。

もちろん、これはフロリダの温暖な気候と有機質土壌の性質によるもので、日本ではこれほど極端な例は聞いたことがない。しかし、程度の差はあっても、水田の畑地化によって、土壌有機物の分解は確実に促進される。米の生産過剰基調が続き、30年以上にわたって生産調整が行なわれているが、転作作物の連作に伴う病虫害や雑草害の発生を防ぐために、田畑輪換が有効な手段として奨励されてきた。しかし、田畑輪換であっても、地力の維持に留意する必要がある。そのためには、水田期間をできるだけ長く確保し、有機物施用を行い、また土壌肥沃度の推移を見守る必要がある。

ここでは、田畑輪換や長期畑転換を行った場合の地力窒素と大豆・水稲の生産性を長年にわたって調査した事例を紹介する。なお、詳細は、住田らの報告<sup>1,2)</sup>をご覧ください。

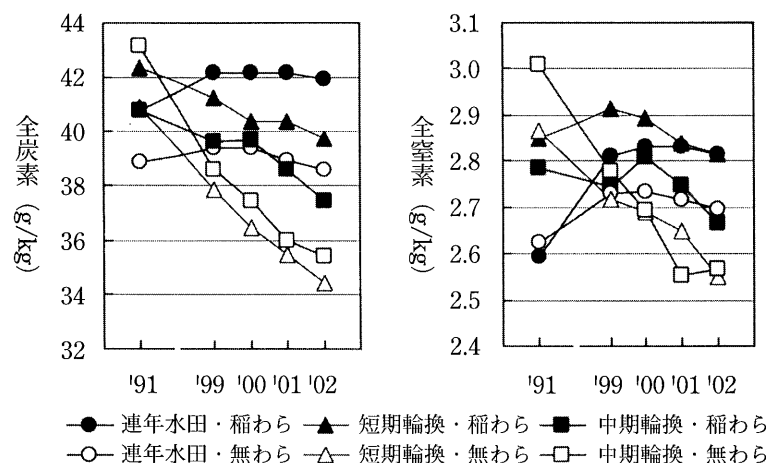
### 1. 田畑輪換による地力低下の例

筆者が所属する東北農業研究センター水田利用部（秋田県大仙市）の場内

圃場は、沖積土水田（細粒灰色低地土）であるが、下層に非アロフェン質の黒色土層（リン酸吸収係数1500程度）が埋没しており、その出現位置は圃場によって異なる。これから紹介する田畑輪換の試験は、この黒色土が表層に現れている圃場で行った。田畑輪換の試験は1990年から開始し、現在も継続中であるが、ここでは2002年までのデータを紹介します。なお、1989年以前は水稲連作である。圃場を3分割し、輪換畑期間が基本的に1年の体系（短期畑輪換）と、3年の体系（中期畑輪換）を設定し、対照として連年水田を設けている。2002年までの13年間で、短期畑輪換では6年間、中期畑輪換では10年間、畑地化して大豆を栽培し、その他の年は水稲を作付けしている。また、それぞれに有機質資材を施用する系列と無施用の系列があり、全部で6試験区となっている。有機質資材施用系列には、毎年秋に、10アール当たり600kgの稲わら（水稲1作で生産される稲わらに相当）を大豆作、水稲作に関わらず施用している。

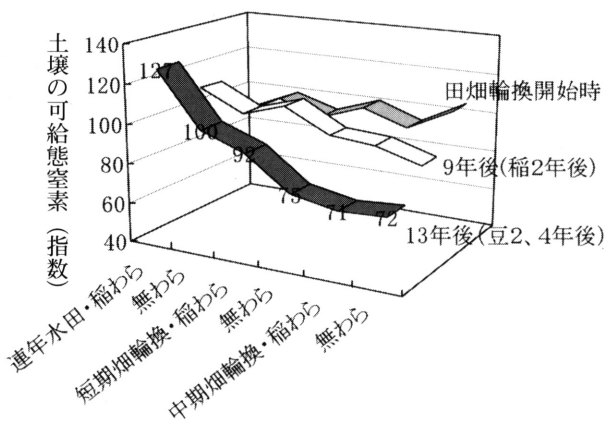
この圃場の作土の全炭素、全窒素の推移を図1

図1. 長年の田畑輪換に伴う土壌の全炭素と全窒素濃度の低下（参考文献1より転載）



に示した。連年水田の場合、全炭素は稲わらを施用しなくても維持されており、稲わらを施用すると増加した。しかし、田畑輪換では全炭素は経年的に減少しており、特に稲わら無施用の場合に、それが著しい。全窒素にも同様の傾向が見られ、連年水田では増加も見られるが、田畑輪換では減少している。このように、田畑輪換によって、土壌の全炭素や全窒素は減少することが明らかになり、土壌有機物が消耗しやすいことが示された。ただし、畑期間が短い短期畑輪換の稲わら施用系

図 2. 田畑輪換による土壌の可給態窒素の低下  
連年水田の稲わら無施用を100とした指数  
(参考文献1より転載)



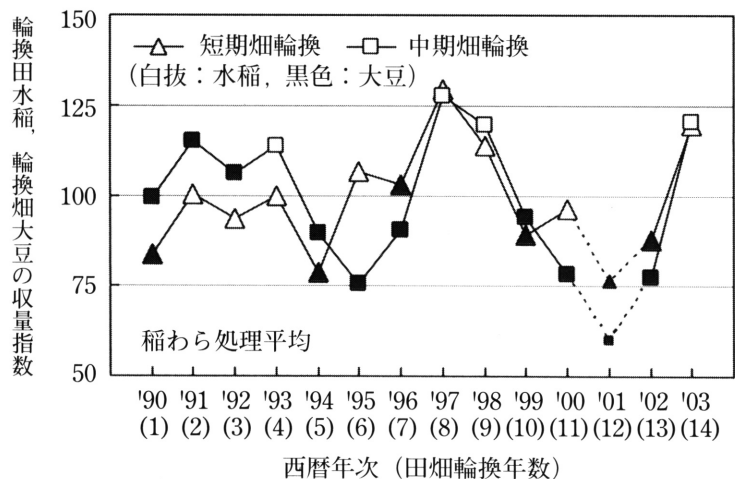
列では、全窒素の減少が明確ではなく、稲わらの施用によって減少が抑制されたようである。

次に土壌の可給態窒素の推移を図2に示した。田畑輪換の開始から13年後の結果と比較してみると、連年水田では稲わらを施用すると、無施用に比べて27%高くなった。しかし、中期畑輪換では、稲わら施用の有無に関わらず連年水田無わら区のおよそ7割程度にまで、可給態窒素は大きく減少した。短期畑輪換でも、稲わらを施用しなければ、連年水田無わら区の75%まで減少した。なお、短期畑輪換で稲わらを連用した場合、試験開始時の可給態窒素は連年水田無わら区の93%であったのに対し、13年後でも92%とほぼ変わらず、大きな低下は認められなかった。

以上のように、畑地化率が46%の短期畑輪換の場合でも、有機物を施用しなければ地力窒素は大きく減少する。また、短期畑輪換では大豆作の年を含めて、毎年稲わらを施用すれば、地力窒素の消耗を防止することができるが、畑地化率がおおよそ75%の中期畑輪換では、このような稲わら施用の効果が見られないことが分かった。

図3に、大豆や水稲の子実収量の変化を示した。この図では、気象変動に伴う収量変化の影響を消去するために、水稲については連年水田の収量を100とした指数で、大豆については十分な水田期間を確保した輪換畑における収量を100とした指数で示している。なお、稲わら施用による収量差はそれほど大きくなかったので、施用の有無の2処理を平均した値で示した。まず、大豆の収量について見ると、1994年は稲わら施用による還元障害、2001年は褐紋病による大きな減収があったことを考慮すると、田畑輪換開始から概ね10年経過すると、転換による増収効果が見られなくなり、収量指数が低下する傾向が伺える。一方、水稲は連年水田に比べて収量が低下する傾向は見られず、10年以上田畑輪換を繰り返しても、復田化初年目には増収効果が認められる。この水稲での増収は、根の活性維持と根域の拡大、作土量の増加

図 3. 田畑輪換における大豆・水稲の生産性



水稲は連作田水稲、大豆は十分な水田期間を確保した輪換畑での収量を100とした指数

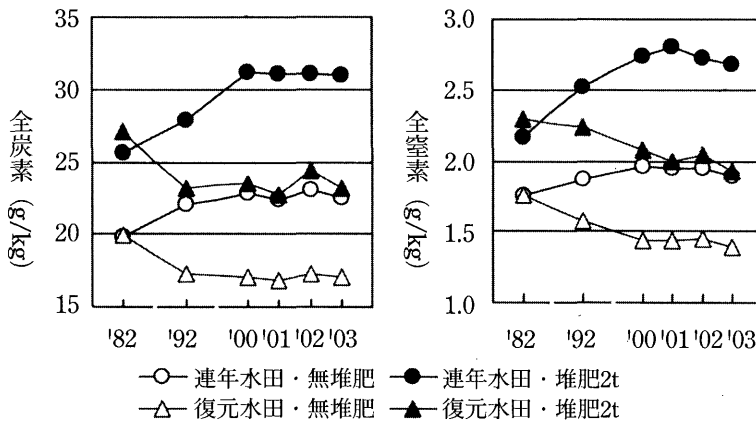
1994年の大豆が低収なのは、稲わら施用系列における還元障害が原因。稲わら無施用系列ではそれほど低くない。2001年の大豆収量低下は褐紋病による減収。(参考文献1より転載)

によると考えられる<sup>3)</sup>。

## 2. 長期畑転換による大きな消耗と水田期間での回復

別の水田圃場では、1982年に畑転換を行い、その後18年間にわたり大豆を栽培した後、2000年から水田に3年間戻し、2003年に再畑転換した。この圃場は、作土、次層ともに細粒の灰色土である。有機質資材として、稲わら堆肥を10アール当り2トン施用した系列と無施用の系列があり、また対照として連年水田を設けている。

図4. 長期畑転換とその後の復田化に伴う土壌の全炭素、全窒素濃度の推移 (復田化は2000~2002年) (参考文献1より転載)



全炭素は、長期に畑転換すると、10年で当初より13%程度減少したのに対して、連年水田では稲わら堆肥の施用の有無に関係なく増加した(図4)。全窒素は、畑転換により18年後まで低下し続け、一方、連年水田では増加し、特に稲わら堆肥の施用で増加が促進された。長期畑転換後の3年間の復田化による全炭素や全窒素の変化は見られず、ほぼ一定で推移した。

稲わら堆肥は1970年から施用されているため、本試験を開始した1982年には、すでに堆肥系列の全炭素・全窒素は、無堆肥系列より高い。従って、長期畑転換の堆肥系列では、試験開始時の全窒素が連年水田の無堆肥系列よりも高かった。また、この試験で施用した稲わら堆肥2トン

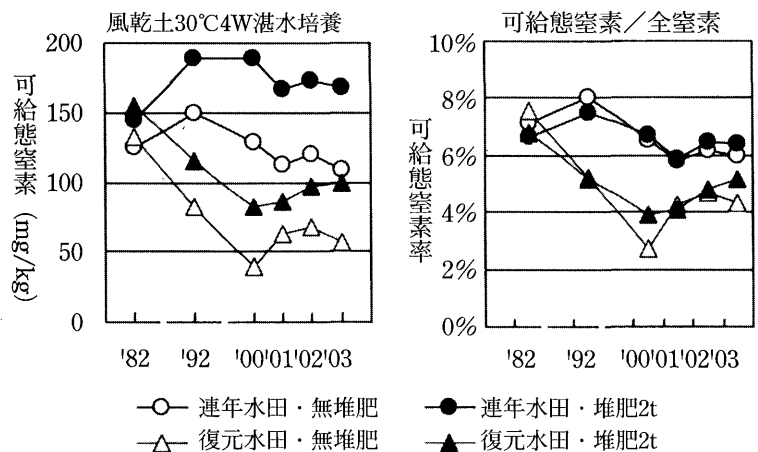
には約11kgの窒素が含まれているので、堆肥系列には18年間で約200kgの窒素が投入されたことになる。つまり、長期畑転換の堆肥系列では、試験開始時の全窒素が高く、しかもその後200kgの窒素が投入されたにもかかわらず、18年後には連年水田の無堆肥系列と同等の窒素含有率となった。このように、水田と畑では有機物の蓄積・消耗に驚くような大きな差が見られる。

可給態窒素(4週間湛水培養無機化窒素)の変化は、さらに鋭敏で、畑転換による著しい減少が認められた(図5)。特に、稲わら堆肥を施用しない場合は、試験開始時のおよそ30%程度まで大きく減少した。また、可給態窒素は、3年間の復田化によって増加が見られたが、試験開始時の水準には回復しなかった。

全窒素に対する可給態窒素の比は、長期畑転換によって、連年水田のおよそ半分まで低下し、その後の復田化によって回復し、7割程度となった(図5)。

以上のように地力窒素は18年間の長期畑転換によって大きく低下したが、その後の復元水田での水稲は、連年水田よりも増収し、転換効果が見られた。

図5. 長期畑転換とその後の復田化に伴う土壌の可給態窒素の推移 (復田化は2000~2002年) (参考文献1より転載)



しかし、その後、2003年と2004年に再び大豆を作付けし、2005年に再復田化して水稲を栽培したと

ころ、堆肥系列では連年水田を上回る収量が得られたが、無堆肥系列ではほぼ同等の収量にとどまった(データ未発表)。地力の低下が水稻の収量にまで悪影響を及ぼし始めたとも考えられるので、今後の推移が注目される。

### 3. 窒素収支の相違と地力変化

以上のように、水稻作期間中では地力の涵養、大豆作では消費が見られたが、その原因の一つは両者の窒素収支にある。大豆作では、およそ20kg/10a程度の窒素が吸収され、そのうち16kgが子実に蓄積されるので、子実以外の残渣を土壤に還元しても16kgの持ち出しとなる。根粒による窒素固定(全窒素吸収量の50%, 10kg/10a)と施肥による投入3kg/10aを差し引くと、約3kg/10aの窒素が土壤から収奪されることになる。水稻では、およそ10kg/10aの窒素が吸収され、稲わらを土壤に還元すれば持ち出しは7kgとなる。寒冷地水田でも生物的窒素固定がおおよそ2kg程度は期待され、施肥で8kg投入されれば、持ち出し量よりも投入量のほうが多くなり、3kg程度の窒素が土壤に富化されることになる。このような窒素収支の差は、短期間では目に見えにくいですが、ポディーブローのように確実に効果を残し、長期間経過すると地力窒素の明白な差となって表れる。また、こうした地力窒素の推移の差には、畑期間における土壤有機物の分解なども一役買っていると思われる。

### 4. 終わりに

以上、紹介したように寒冷地東北地方においても、田畑輪換による地力窒素の低下が見られたことは大きな意味を持つと考えられる。地力窒素の低下を防ぐには、畑期間をあまり長くしないことと、有機物施用を意識することが必要である。今後も転作作物の作付けは続くと予想され、その多くの場面で有機物が施用されなければ、生産現場でも地力窒素の低下による生産性の低下が顕在化する危険性がある。また、畑転換に加えて、排水対策による乾田化が進み、それに地球温暖化が加

われば、今後、土壤有機物の消耗は益々速くなる可能性がある。

地力窒素の推移は、長期間にわたり追跡調査を行なわなければ明らかにできない。今回紹介した成果も、連用試験圃場を長年にわたり維持してきたことが実を結んだと言える。近年、労力や予算の不足、試験場の移転等によって、こうした連用試験圃場が中止されるケースが目立ってきた。しかし、長期連用試験から学ぶことは、まだまだある。分析手法や機器の発達により、試験開始時には予想もできなかったような解析が可能となることもある。東北農業研究センター水田利用部で維持管理している長期試験圃場の土壤を調べ、有機物施用や化学肥料の連用に伴う30年間にわたる土壤の重窒素自然存在比の推移を具体的に示した成果<sup>4)</sup>などが好例であろう。

シュナイダー博士の来日の目的は、有機質土壤で水稻を栽培するとケイ酸が欠乏し、低収となるため、ケイ酸質肥料の研究が盛んな日本の情報を収集することであった。フロリダが稲作を学んだように、我々もフロリダでの対処法を教訓にしたい。

### 参 考 文 献

- 1) 住田弘一, 加藤直人, 西田瑞彦: 田畑輪換の繰り返しや長期畑転換に伴う転作大豆の生産力低下と土壤肥沃度の変化, 東北農研研究報告103, 39-52 (2005)
- 2) 住田弘一 他: 田畑輪換の繰り返しは転作大豆の生産力を低下させる, 東北農業研究成果情報18 (平成15年度), 140-141 (2003)
- 3) 住田弘一, 加藤直人: 長期畑転換あとの復元水田における水稻生産力, 東北農業研究54, 59-60 (2001)
- 4) 西田瑞彦 他: 堆肥連用水田土壤の窒素安定同位体自然存在比の30年にわたる推移, 東北農業研究成果情報19 (平成16年度), 44-45 (2004)