

## 第1章 緒言

九州北部は麦作の南限に近く、稲麦二毛作が可能な気候条件に恵まれている。このため、筑後平野や佐賀平野は古くから開けた水稻の一大産地であると同時に、ビール麦とめん用小麦の産地であり、九州最大の穀倉地帯である。この地域における稲-麦の作付け体系では大麦の収穫が5月下旬、小麦では6月初旬であり、水稻の移植期はその直後の6月中下旬である。このため、麦の収穫から水稻移植までの期間は短い。近年、消費者のおいしいお米への期待の高まりと、自主流通米の入札制度の導入により、コシヒカリ、ヒノヒカリ、キヌヒカリなどの良食味米品種の作付け面積が拡大した。さらに、高値で売られるため、新米を少しでも早く出荷するようになり、生産農家では水稻の移植を急ぐ傾向がますます高まっている。この結果、麦を収穫した後、早ければ1~2週間で水稻を移植することになる。その際、収穫残渣である麦わらの処分が急がれることになる。麦わらはかつては畜産農家や茶畑へ敷わらとして売られるなど、圃場外へ持ち出されることも多かったが、現在では輸入わらとの競争により需要が低下している。また、兼業農家が多いので堆肥化されることも少ない。このような背景から、不要の麦わらは焼却されることが多く、入梅前の晴れた日、この地帯は麦わらをいっせいに焼却する煙が立ちこめ問題となっている。また、焼却に伴い、CO<sub>2</sub>やN<sub>2</sub>Oという地球温暖化ガスの放出に加えて、ダイオキシンの生成が懸念され、圃場での麦わらの焼却は大きな問題となっている。

このような麦わらの焼却による問題を避けるため、麦わらの水田への鋤きこみが行われる。これは、麦わらを圃場全体に散布し、耕起、湛水、代かきを行ったのち水稻を移植するものである。この麦わらの鋤きこみには地力の維持や土壌の物理性の改善効果が期待され、堆肥に代わる資材としての利用価値は高い。しかしながら、麦わらなどの未腐熟有機質資材の水田への直接施用は、しばしば水稻の初期生育を抑制する。特に湛水までの期間が短いほど障害は大きい。このことが、水田への麦わら施用の普及上の大きな妨げとなっている。

全国的にも有機質資材の施用が原因と見られる水稻の生育異常が報告されている。埼玉県大里村では、1978年以來麦わら施用水田やイタリアンライグラスの跡地で水稻に

異常穂が発生し、大問題となった(志賀ら 1983, 六本木ら 1986, 1987)。この障害は穂は出るもののほとんどが不稔となったり、奇形になるなど様々な障害がみられ、易分解性有機物の量が多く、メタン生成活性の高い土壤に多く発生した(志賀ら 1983)。これと同様の症状は近畿中国地域でも報告された(脇本ら 1989, 辻・吉村 1992)。この現象は、コンバインの普及などで未腐熟の有機質資材が圃場に多く持ち込まれるようになった結果、穂の形成期間中に施用有機物が還元土壤で分解され、この過程で生じる中間代謝産物が主要因となって障害を引き起こすためと推定された。しかし、その物質の特定には至っておらず(志賀ら 1983)、また、六本木ら(1986)は栄養生理の面からの検討が必要としている。実際的には障害の回避策が検討され、マンガンの施用や穂首分化期の落水などにより異常穂の発生は抑えられるようになった(六本木ら 1987)。

また、佐賀県では麦跡作の水稲に、下位節間が伸長し新たに上位の節から新根が発生する二段根が発生し、養分吸収の異常が示された(福田ら 1988)。しかし、その発生の機構は未だ明らかではない。

さらに、1990年代初頭には糖蜜を主成分とするペースト肥料の施用により滋賀県北部の早植水稲を中心に初期生育抑制が発生した(辻 2000a, b, c)。その症状は移植後30~40日ころに分げつと草丈の伸長が停止し下葉が黄化する現象であった。これは、辻(2000b, c)によって、ペースト中の糖蜜の分解により土壤中の硫酸基が硫化物態に還元され、一次的に不可給化するためと報告された。

このように、未腐熟有機質資材を圃場に施用すると土壤の物質代謝が急激に変化し、作物の生育や品質に悪影響を及ぼすことが頻繁に見られる。しかし、このような土壤中の物質代謝の変化や、それに伴う作物の反応が解明された例は少ない。

これまで、新鮮有機物の施用下における水稲の生育抑制はさまざまに検討がなされて来た。主要因として土壤中アンモニア態窒素の低下、揮発性脂肪酸など生育阻害物質の生成、強還元の発達などが指摘されている。特に、土壤に有機質資材が施用されるとその構成成分である易分解性有機物を資化して土壤微生物が急激に増殖し、土壤中のアンモニア態窒素を取りこむ結果、水稲が利用できるアンモニアが減少するという「窒素飢餓説」が広く信じられてきた(Gotoh and Onikura 1971, Rao and Mikkelsen 1976, 橋元 1977, 高井・三好 1977)。しかし、近年、有機質資材を施用した水田でアンモニア

態窒素が低下しない例がいくつか報告されている(諸遊ら 1981, 前田 1983, 安藤ら 1986, Adachi et al. 1997). また, 揮発性脂肪酸や二価鉄などによる生育阻害要因についてなされた研究(滝嶋ら 1960, 滝嶋 1962a, b, Lynch 1977) は多数あった. 特に滝嶋ら(1960)は揮発性脂肪酸と根の伸長阻害の関連について水耕実験で詳細な検討を行い, 実際に圃場では生じないような高濃度の有機酸存在下で養分吸収の低下が生じたと報告している. また, Gotoh and Onikura (1971)は稲わらを土壤に 1.5l/10a 添加したとき, 水稻の生育が明らかに抑制されていても酢酸, プロピオン酸濃度は阻害を引き起こす濃度以下であったとしている. すなわち, 揮発性脂肪酸や二価鉄などは, 高濃度では生育阻害を生じさせるが, 圃場における土壤溶液中濃度が水稻に生じた阻害を説明できる濃度にまで高まる報告はなかった.

このような未腐熟有機物施用下の水稻生育抑制の機構を明らかにするためには, 土壤の窒素炭素代謝や理化学性の変化と水稻生育, 更に養分吸収との関連を整理しなおす必要がある. 本研究では, 麦わらを中心に未腐熟有機質資材の施用が水稻の生育に及ぼす影響を解析した. 第 2 章では麦わら施用による水稻の初期生育の抑制を再現し, 土壤要因による水稻の窒素吸収阻害を検討した. また, 土壤溶液の水稻根伸長阻害画分を検索し揮発性脂肪酸類と芳香族カルボン酸類を検出した. さらに, 土壤溶液中の芳香族カルボン酸の定量法を開発し, 圃場から採取した土壤溶液中の濃度を分析した. また, 土壤中のアンモニア態窒素の動態もあわせて解析した. 第 3 章では, 土壤溶液から検出された芳香族カルボン酸について, 水稻種子根の伸長に対する阻害活性を調査した. また, 水耕法により水稻を栽培し, トレーサー<sup>15</sup>N を用いて芳香族カルボン酸存在下の水稻の窒素吸収量を解析した. 第 4 章では, 培養実験により土壤条件や施用有機物の相違から芳香族カルボン酸の集積条件を検討し, 芳香族カルボン酸の生成過程について推察した. 第 5 章では, 異なる栽培条件における水稻の生育抑制の程度と芳香族カルボン酸の集積の関係などから, 芳香族カルボン酸やその他の要因の水稻の生育抑制への寄与を評価した.