

成層水田模型の浸透型が水稻の銅吸収に及ぼす影響

Effects of the percolation patterns on copper uptake with the stratified paddy field models

○ 范 津瑋¹, 佐々木長市², 佐々木喜市³, 松山信彦², 加藤千尋², 遠藤明²Fan JINHUN, Choichi SASAKI, Kiichi SASAKI, Nobuhiko MATSUYAMA,
Chihiro KATO, Akira ENDO**1.はじめに**

農地の土壌汚染物質の代表的なものの一つとして銅（以下、Cu とする）がある。青森県では、農薬として長年リンゴに大量のボルドー液が使用され土壌中の蓄積量が高い¹⁾。カドミウム汚染水田では、常時湛水栽培で客土がなされた場合でも下層の浸透型の相違により玄米中 Cd 濃度が高まることが報告されている²⁾。平野部のリンゴ園が水田に転用された場合は、銅の影響が懸念される。銅はカドミウムと同じく酸化状態で溶解し下層の酸化還元環境の違いで稲体に吸収される可能性がある。しかし、下層の浸透型により玄米などへの銅吸収が影響を受けるか否かの説明は未了である。本研究では、浸透型を明確にし、稲体の Cu 吸収説明と生育収量への影響説明を目的として下層の浸透型の異なる成層水田模型（開放浸透型模型・閉鎖浸透型模型）を作製し実験を行った。

2.方法

2.1 装置の概要 成層水田模型は、鉄製の箱（50×30×70cm）を用い、作土層（10cm 厚）、すき床層（10cm 厚）、心土層（42.5cm）の 3 層構成とした。客土を行った水田を想定し、表層から非汚染土厚：12.5cm、銅汚染土厚：15.0cm、礫層厚：35cm とした。非汚染土は弘前大学附属金木農場より採取した。汚染土層は弘前大学の学内水田より採取した土に塩化銅（CuCl₂・2H₂O）を混合し、70mg/kg と 250mg/kg の濃度とした。下層（すき床層及び心土層）が開放浸透でかつ Cu 濃度が 70mg/kg の模型を O-70 と命名した。同様に下層が閉鎖浸透でかつ Cu 濃度が 70mg/kg の模型を C-1、下層が開放浸透で Cu 濃度が 250mg/kg のものを O-250、Cu 濃度が同じで閉鎖浸透の模型を C-250 とした。各模型の地下水位は、開放浸透模型は常時 57.5cm、閉鎖浸透模型は常時約 20cm とした。各層には地温センサー、O.R.P 複合電極などを設置した。施肥は全層施肥とし、栽培品種は「つがるロマン」とし、ビニールハウス内で栽培（2016 年）した。

2.2 測定項目 Eh および地温の測定、減水深の測定を行った。生育収量調査は岩手県の栽培指針に基づき、データの統計解析は Tukey-Kramer 法によった。土及び植物体における Cu 定量分析は公法により実施した。

3. 結果

3.1 酸化還元電位 酸化還元電位は、閉鎖浸透模型で作土層から心土層まで還元層（300mV 未満）となった。これに対し、開放浸透模型は、作土は還元層、下層は酸化層となった。

1. 岩手大学大学院連合農学研究科 The United Graduate School of Agricultural Sciences, Iwate University

2. 弘前大学農学生命科学部 Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University

3. 青森県土地改良団体 Aomori Prefectural Improvement Projects Federation

3. キーワード 稲, 銅, 客土, 浸透型

3.2 生育収量 茎数，葉齢などの生育調査結果では浸透型及び Cu 濃度の相違による有意差（5%）は認められなかった（表1）。但し，草丈は O-250 のみ有意に低い値となった。また，閉鎖浸透型模型の SPAD 値が高くなる有意差が認められた。収量は総藁重，稔実歩合，精玄米数，玄米千粒重に浸透型及び濃度の違いによる有意差は認められなかった。Cu 汚染土の基準値である 125mg/kg を超える場合でも非汚染土が 12cm ほどがある場合は影響がないと推測される。

表1 収量構成要素
Parameters of rice plant yield

模型	草丈 (cm)	茎数 (本)	葉齢 (葉)	稔実歩合 (%)	総藁重 (g)	精玄米数 (粒)	玄米千粒重 (g)
O-70	99.6±5.1 ^a	9.4±1.2 ^a	14.3±0.5 ^a	92.3±2.2 ^a	13.3±2.4 ^{ab}	644.3±116.0 ^a	19.1±0.9 ^a
C-70	99.6±3.8 ^a	9.3±1.3 ^a	14.3±0.5 ^a	86.5±4.1 ^b	15.0±2.2 ^a	616.9±118.8 ^a	19.7±0.5 ^{ab}
O-250	99.7±5.5 ^a	10.0±2.4 ^a	14.3±0.5 ^a	93.1±1.5 ^a	13.3±3.0 ^{ab}	680.0±165.9 ^a	19.9±0.8 ^b
C-250	95.6±4.6 ^b	8.3±1.5 ^a	14.0±0.0 ^a	93.7±1.5 ^a	12.3±1.8 ^b	620.0±65.0 ^a	19.4±0.8 ^{ab}

3.3 植物体の Cu 濃度 表2に各模型の茎葉，根（作土層）及び玄米中における Cd 濃度を示す。表2を概見すると，根，茎葉及び玄米中の Cu 濃度（平均値）は，開放浸透型模型の Cu 濃度が高い傾向が認められた。但し，Cu 濃度 70mg/kg の模型の根の値を除く。玄米中 Cu 濃度は，開放浸透型模型の値が，閉鎖浸透模型に比べ有意（5%）に高い値となった。植物体の Cu 濃度は，根（13.7～20.7mg/kg）>玄米（2.8～4.4mg/kg）>茎葉（0.69～1.50mg/kg）の順で低下することが分かった。

表2 植物体の Cu 濃度
Cd concentration in the stem and rice grain, roots

模型	(mg/kg)		
	根 (n=3)	茎葉 (n=3)	玄米 (n=5)
O-70	16	1.23	4.4±0.4 ^a
C-70	19.7	0.99	3.5±0.3 ^b
O-250	20.7	1.5	4.3±0.2 ^a
C-250	13.7	0.69	2.8±0.2 ^c

4. まとめ

本研究より，日本の水田の銅濃度の平均値（27.3mg/kg）の3倍近い条件と 125mg/kg という銅汚染土基準の2倍の値で，客土がある場合の浸透型の違いによる生育収量の相違は，ほとんど見られなかった。しかし，茎葉の Cu 濃度が根及び玄米の値に比べ低下する傾向が認められた。また，濃縮係数（=玄米の Cu 濃度/土の Cu 濃度×100）は，浸透型に関係なく 70mg/kg の模型で約5%，250mg/kg の模型で約1%となった。玄米中 Cu 濃度は Cd 濃度と同様に，浸透型による影響があることが確認された。この研究により稲体の Cu 濃度分布特性が明らかとなった。

（参考文献）1) 弘前大学農学部生物共生センター編（2009）：リンゴを科学する，公開講座資料，35-42。

2) Kiichi S., Choichi S., Chihiro K., et al.(2016):Effect of the percolation patterns and the thickness of soil dressing on reducing cadmium uptake and growth and yields of rice plant(*Oriza Sativa L.*), Journal of Environmental Science and Engineering A1, 11-20.