

(71) 竹チップおよび上水汚泥の植物生長への影響

土佐 光司^{1*}・谷本 裕介²・和田 祐一郎³

¹ 金沢工業大学バイオ・化学部応用化学科 (〒921-8501石川県石川郡野々市町扇が丘7-1)

² ウシオ電機(株) (〒671-0224兵庫県姫路市別所町佐土1194)

³ 大阪大学大学院工学研究科環境・エネルギー工学専攻 (〒565-0871大阪府吹田市山田丘2-1)

* E-mail: tosa@neptune.kanazawa-it.ac.jp

土壌に竹および水を添加し、その上にレタスおよびコマツナ種子をまき、5日後、発芽率、根長および芽長を測定した。上水汚泥における植物の発芽および生長には、添加水分量が強く影響した。これは乾燥した上水汚泥の吸水性が低いことが原因と考えられた。竹チップによる植物生長抑制効果は、みかけの含水率低下および竹に含まれる化学物質の影響が考えられた。上水汚泥に含まれるアルミニウムによる植物生長抑制はみられなかった。本研究の結果を総合すると、乾燥上水汚泥および竹チップには植物生長抑制作用があり、雑草生育防止への利用可能性が示唆された。

Key Words : bamboo chip, phytotoxicity, water treatment sludge, weed control, satoyama

1. はじめに

近年、石川県を含む西日本を中心に里山地域において孟宗竹を中心に竹林面積が拡大している^{1,2)}。竹林の拡大は里山荒廃の一因である。里山の多様な生態系の維持には竹林伐採の促進が必要であり、このためには竹材の利用促進が必要である³⁾。

上水汚泥の再利用は、水道界における長年の課題である。上水汚泥には凝集剤由来のアルミニウムが比較的高濃度で含有されている。アルミニウムは植物生長、特に根の成長に悪影響を与える可能性がある^{4,5)}。しかし、この作用を植物成長の抑制に用いると、雑草の抑制に活用できる可能性がある。雑草防除が必要とされている土木施設としては道路施設がある。道路の雑草防除は交通安全上重要である⁶⁾。しかし、政府および自治体の財政状態は厳しく、雑草防除費用の削減が必要である。

植物の他感作用(アレロパシー)を利用して他植物の成長を制御し、植生を管理する試みがなされている⁷⁾。竹および竹堆肥化物にも、他の植物の生長を抑制する作用のある物質が含まれていることが知られている^{8,9)}。また、これらの作用を利用することで雑草を抑制できる可能性が指摘されている¹⁰⁾。木材や竹材による雑草防除はマルチングによる土壌被

覆効果の利用が広く一般に行われている。しかし、竹の成分による植物の他感作用を利用して雑草抑制を試みた研究はほとんどない。

本研究の目的は、竹材および上水汚泥を用いた雑草成長を抑制する土壌資材の開発である。この目的のために、竹を破砕したチップを上水汚泥など3種の土壌に混合し、植物種子をのせ、植物の発芽および生長について測定し、竹チップおよび上水汚泥の植物生長抑制作用について検討した。本研究は、里山で余剰とされている竹材と、浄水場から発生する産業廃棄物である上水汚泥の有効利用により、循環型社会の形成に寄与することを試みるものである。

2. 実験方法

孟宗竹は石川県産を用い、裁断機(チップパー)でチップ化した。土壌は加賀土(石川県加賀地方の建設発生土)、上水汚泥(石川県鶴来浄水場由来、乾燥・減量化済)および防草土(上水汚泥81%、瓦骨材11%、石灰系固固化材8%の混合物)の3種を用いた。土壌および竹チップの性状分析は参考文献にしたがった^{11,12)}。

発芽率のそろった雑草種子の入手は極めて困難である。本研究では発芽・生長試験で広く用いられる

コマツナおよびレタスで植物影響を検討した。発芽生長試験は以下の手順で行った¹³⁾。ガラスシャーレに入れた加賀土、上水汚泥または防草土30gに竹チップを0～15% (W/W) 添加し、十分に混合した。さらにイオン交換水0～30mLを混合物に添加した。混合物上にレタスあるいはコマツナ種子を50粒まき、蓋をして恒温器(20℃)内で5日間培養した。培養後、発芽率、根長および芽長を測定した。根および芽長測定は全発芽種子の中からランダムに5個体をサンプリングし、その平均値を測定値とした。

3. 実験結果

加賀土、上水汚泥、防草土および竹チップの性状を表-1に、粒度分布を図-1に示す。竹チップの含水比は9.8%で、土壌と比較して極めて低かった。防草土のpHは12.0であり、高アルカリ性を示した。これは、防草土中に石灰系固化材が含まれているためであると考えられる。電気伝導度は竹チップおよび防草土でそれぞれ366 mS/mおよび209 mS/mであり、加賀土の38 mS/mや上水汚泥の42 mS/mと比べて非常に大きい値を示した。密度は、竹チップが1.5 g/cm³であったのに対して、加賀土、上水汚泥および防草土では2.5 g/cm³であり、本研究で用いた土壌の密度は竹チップに比べて約1.5倍であった。粒度分布は、各土壌が1mm以下にピークのある分布を示したのに対して、竹チップは大部分が粒径1mm以上であった。

図2にレタスの発芽率を示す。水分添加量5mLの場合、上水汚泥ではレタスは全く発芽しなかった。加賀土および防草土では、竹チップ添加とともに発芽率が低下し、その低下は防草土においてより顕著であった。水分添加量10mLの場合、加賀土では、竹チップ添加率15%で発芽率が低下した。また、浄水汚泥でも、竹チップ添加率10および15%で発芽率がわずかに低下した。防草土では、竹チップを10%以上添加すると発芽率は低下し、竹チップ15%ではほとんど発芽しなかった。水分添加量20mLの場合、加賀土では、竹チップの添加により発芽率は低下した。上水汚泥では、竹チップ添加の有無に関わらず、発芽は抑制されなかった。防草土では、竹チップ添加率5%で発芽率が低下したが、竹チップ添加さらに添加すると逆に発芽率が増加した。水分添加量30mLの場合、加賀土では、竹チップ添加率5および10%で発芽率が顕著に低下したが竹チップ添加率15%ではほとんどが発芽した。上水汚泥では、竹チップ添加の有

表-1 竹チップおよび土壌の性状

土壌	pH	EC (mS/m)	含水比 (%)	密度 (g/cm ³)
竹チップ	5.6	366.0	9.8	1.5
加賀土	7.8	37.5	19.7	2.5
上水汚泥	7.9	41.7	12.7	2.5
防草土	12.0	208.7	43.6	2.4

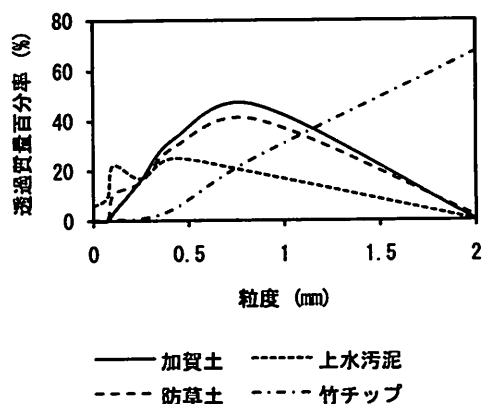


図-1 竹チップおよび土壌の粒度分布

無に関わらず、発芽は抑制されなかった。防草土では、竹チップ添加により発芽率は上昇した。

図3にコマツナの発芽率を示す。水分添加量5mLの場合、加賀土および防草土ではほとんどの種子が発芽し、竹チップ添加による発芽率低下もわずかであったが、上水汚泥では竹チップ添加によりコマツナの発芽が顕著に抑制された。水分添加量10mLの場合、全条件下で発芽率は極めて高かった。水分添加量20mLの場合、加賀土および上水汚泥では竹チップ添加量に関わらず、発芽率は高かった。一方、防草土では、竹チップ添加により発芽率は上昇した。水分添加量30mLの場合、加賀土では竹チップ添加率10および20%で発芽率が低下したが、竹チップを30%添加すると、発芽率は回復した。上水汚泥では竹チップ添加量に関わらず、発芽率は高かった。一方、防草土では、竹チップ添加により発芽率は顕著に上昇し、防草性が損なわれた。

図4にレタスの根長を示す。水分添加量5mLの場合、どの土壌においてもレタスの根長は短く、竹チップを添加してもその値は大きくは変化しなかった。水分添加量10mLの場合、加賀土では、竹チップの添加によってレタスの根長が顕著に低下した。一方、他の土壌では、竹チップを添加しても、レタスの根長

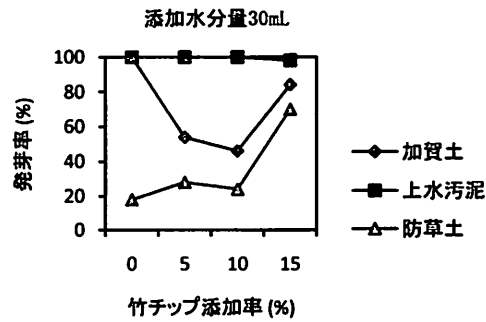
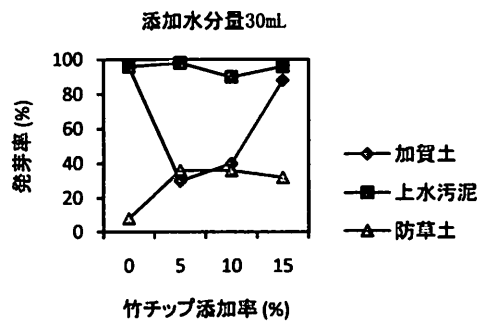
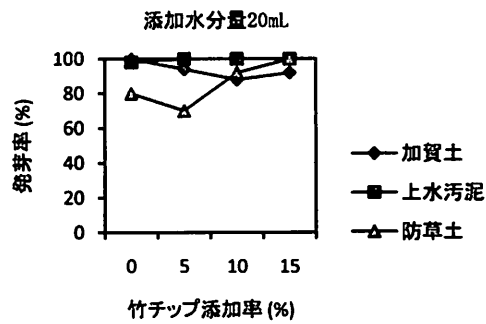
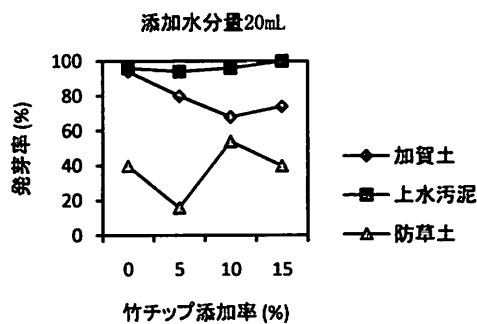
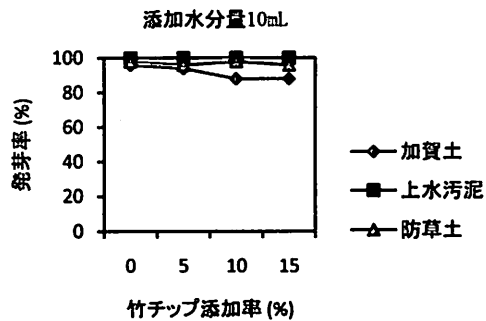
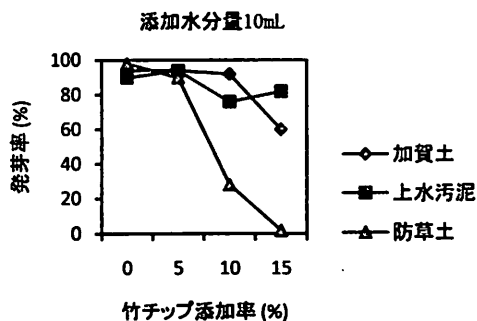
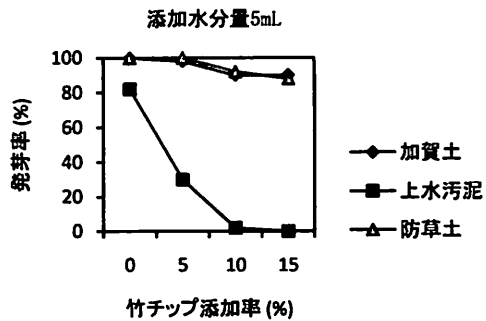
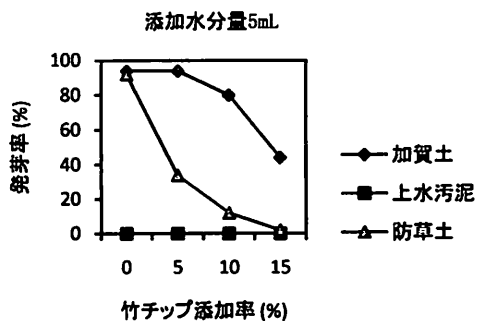


図-2 レタス発芽への竹の影響

図-3 コマツナ発芽への竹の影響

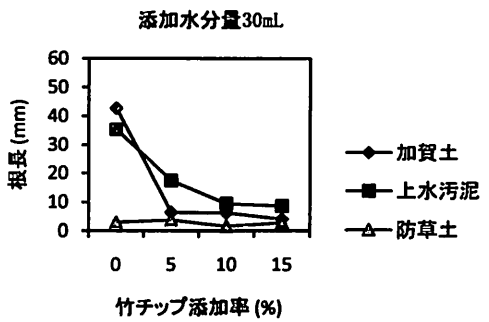
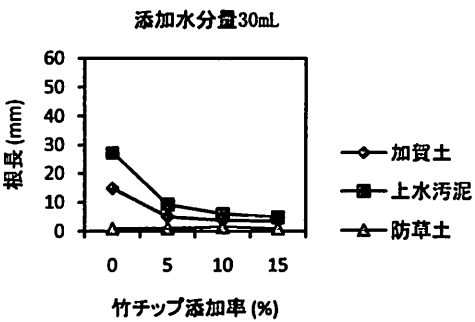
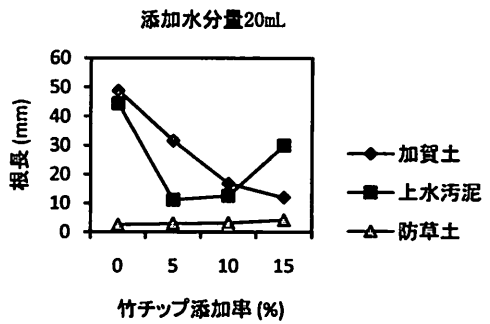
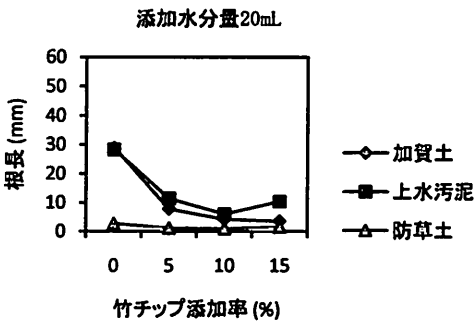
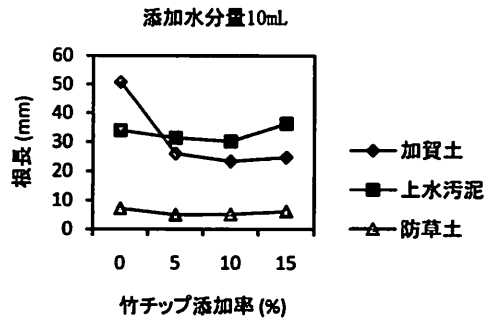
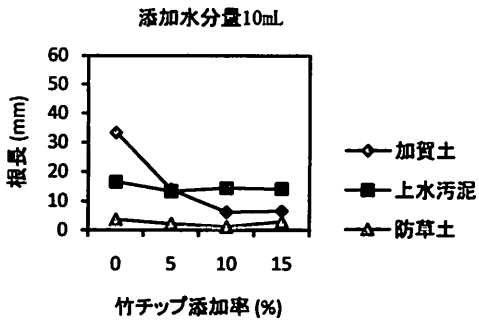
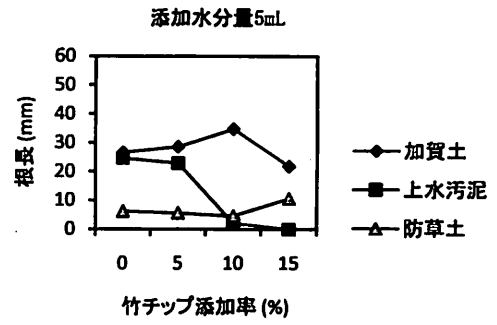
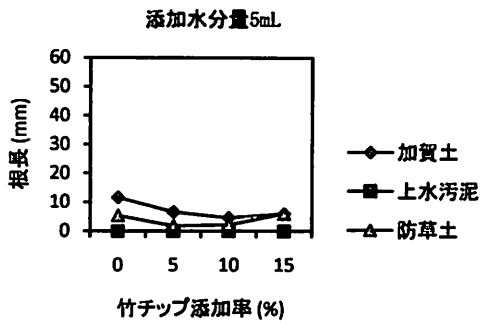


図-4 レタス根長への竹の影響

図-5 コマツナ根長への竹の影響

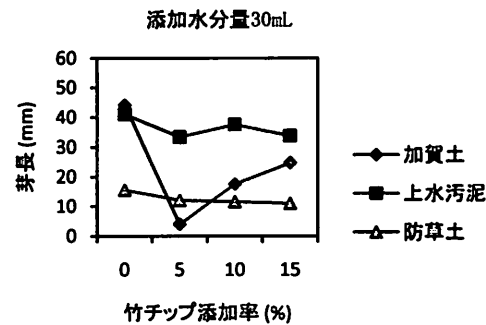
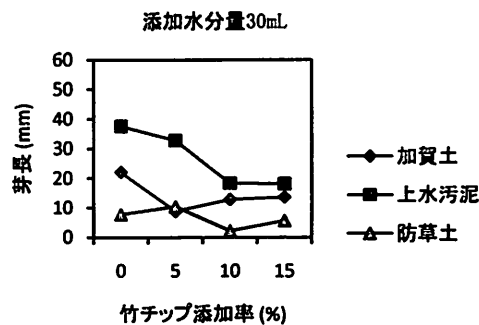
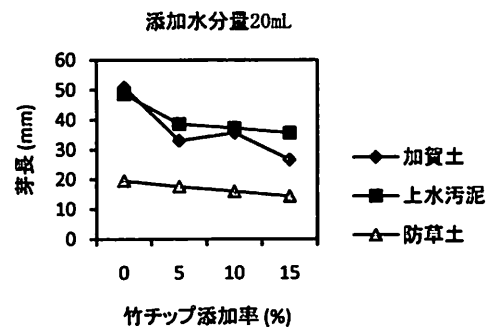
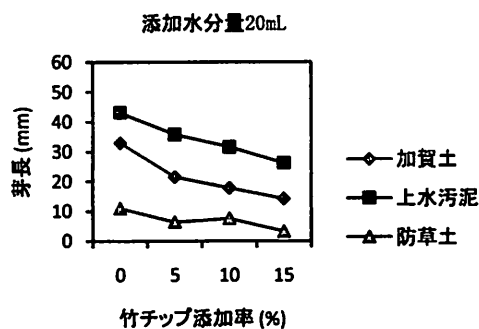
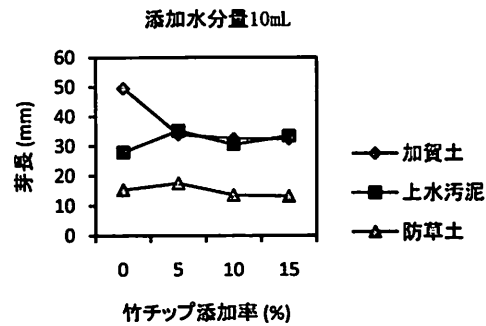
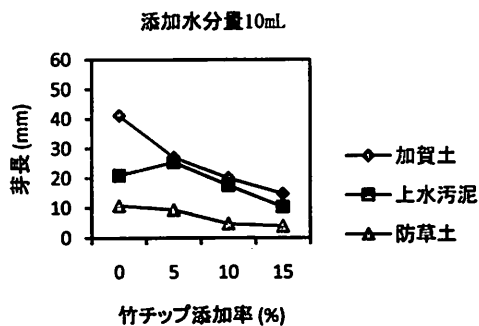
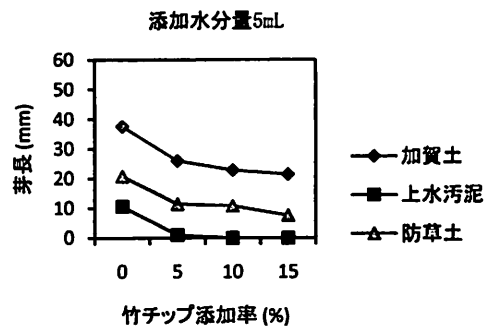
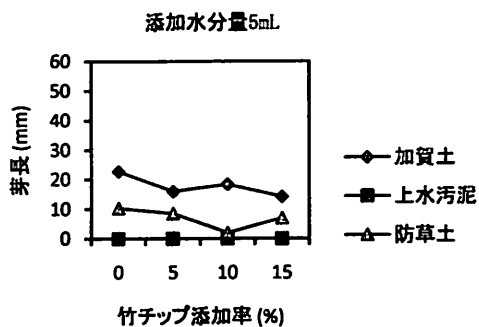


図-6 レタス芽長への竹の影響(水5mL)

図-7 コマツナ芽長への竹の影響(水5mL)

は大きくは変化しなかった。水分添加量20mLおよび30mLでは、加賀土、上水汚泥ともに、竹チップの添加によってレタスの根長が顕著に低下した。

図5にコマツナの根長を示す。水分添加量5mLの場合、加賀土では竹チップを添加してもコマツナ根長はあまり変化しなかった。上水汚泥では竹チップ添加によって根長が低下し、10%以上の添加率では防草土よりも短くなった。防草土では竹チップを添加してもコマツナ根長はあまり変化しなかった。水分添加量10mLの場合、加賀土では竹チップ5%の添加により根長が低下したが、添加量を増しても、根長はそれ以上低下しなかった。上水汚泥および防草土では竹チップ添加の影響はあまりなかった。水分添加量20mLの場合、加賀土では竹チップ添加によって根長が低下した。上水汚泥では竹チップ添加によって根長が低下したが、竹チップを15%添加すると根長は逆に増加した。防草土では竹チップを添加してもコマツナ根長はあまり変化しなかった。水分添加量30mLの場合、加賀土、上水汚泥ともに、竹チップ添加によって根長が低下した。一方、防草土では竹チップを添加してもコマツナ根長はあまり変化しなかった。

図6にレタスの芽長を示す。水分添加量5mLの場合、どの土壌においても竹チップによるレタスの芽長の明白な変化はみられなかった。水分添加量10および20mLの場合、加賀土および上水汚泥において、竹チップ添加とともに芽長が低下した。また、防草土でもわずかに同様の傾向がみられたがこれはあまり明白ではなかった。水分添加量30mLの場合、加賀土では竹チップ添加とともに芽長が低下した。しかし、上水汚泥および防草土は竹チップ添加の影響はあまり明白ではなかった。

図7にコマツナの芽長を示す。水分添加量5および20mLの場合、いずれの土壌においても芽長は竹チップ添加とともに低下した。水分添加量10mLの場合、加賀土において竹チップ5%の添加により芽長が低下したが、添加量を増しても、根長はそれ以上低下しなかった。これは同条件下における根長の低下と対応していた。水分添加量30mLの場合、竹チップ5%の添加により根長が低下したが、添加量を増すと、根長は逆に増加した。

4. 考察

上水汚泥では添加水分量が少ないとレタスは発芽しなかった。上水汚泥を過度に乾燥すると吸水性が

低下する¹⁴⁾。本研究で用いた上水汚泥は乾燥済で含水比が12.7%と極めて低かった。したがって、上水汚泥が十分に吸水できなかったことがレタスの発芽に影響したと考えられる。一方、水分を十分に添加すると、上水汚泥の発芽・生長抑制作用はほとんどみられなかった。上水汚泥に含まれる凝集剤由来のアルミニウムは植物生長に悪影響を与えるとされている⁵⁾。土壌中のアルミニウムは、pH4以下の酸性条件下で鉱物中から溶液中に溶出し、植物毒性が発現する¹⁵⁾。本研究の用いた上水汚泥のpH(7.9)ではアルミニウムはほとんど溶出せず、植物生長への影響がほとんどなかったと考えられる。これらの知見を総合すると、上水汚泥に含まれるアルミニウムによる植物生長抑制はあまり期待できないが、上水汚泥の低吸水性を用いた水分制御による植物生長抑制は可能であることが示唆される。

防草土に竹チップを添加すると、水分が少ない場合にはレタスの発芽は著しく抑制された。竹チップの密度は土壌の約60%である。竹チップを土壌に混合すると混合物は膨張し、みかけの含水率は低下する。防草土への竹チップ添加によるレタス発芽抑制は竹含有物質の影響ではなく、水分濃度変化の影響が主であると推定される。

土壌に竹チップおよびその堆肥化物を混合すると植物の発芽は抑制され、この抑制作用は若竹ほど強い^{8,9)}。本研究では、竹チップを加賀土および上水汚泥に混合しても、発芽率はあまり変化しなかった。これは用いたタケが齢を重ねたものであったことが理由として考えられる。一方、加賀土および上水汚泥に竹チップを添加すると、レタスの根長は低下した。また、加賀土に竹チップを添加してもコマツナ根長は低下し、この低下は添加水分量が多い場合に顕著であった。これは、竹の成分が水に溶出して作用したことが理由として考えられる。本研究では、竹チップは植物の発芽を抑制できない場合でも、根の生長抑制を通じて植物生長を妨げることが示されており、この作用は雑草の生長抑制に利用できる可能性がある。本研究ではこの生長抑制機構を完全には解明できなかったが、先行研究を考慮すると^{8,9)}、この作用は孟宗竹含有物質による作用であることが示唆される。今後、本作用を有効利用するには、孟宗竹含有物質を抽出し、抽出物による植物発芽・生長影響を確認する必要があると考えられる。

本研究では、レタスのほうがコマツナよりも上水汚泥や竹チップにより発芽・生長が抑制される傾向があった。レタスが属するキク科には、セイタカアワダチソウ、また、コマツナの属するアブラナ科に

は、イヌガラシが含まれている。本研究の結果からは、上水汚泥や竹の植物生長抑制作用は、対象とする植物により、効果の違いがあることが示された。今後、雑草植物を用いて、種による影響の違いを検討することが必要であろう。

5. まとめ

上水汚泥における植物の発芽および生長には、添加水分量が強く影響した。これは乾燥した上水汚泥の吸水性が低いことが原因と考えられた。竹チップによる植物生長抑制効果は、みかけの含水率低下および竹に含まれる化学物質の影響が考えられた。上水汚泥に含まれるアルミニウムによる植物生長抑制はみられなかった。本研究の結果を総合すると、乾燥上水汚泥および竹チップには植物生長抑制作用があり、その効果を強化して利用できれば、雑草生育防止へ利用できる可能性が示唆された。

謝辞：中村浩二博士(金沢大学教授)からは孟宗竹チップの提供を受けた。(株)田中建設からは各土壌の提供を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 高梨雅明：里山を構成する竹林をとりまく状況，日本緑化工学会誌，Vol.28，No.3，pp.401-405，2003。
- 2) 宮坂聡・矢田豊・木場隆生・吉田夏樹・宇野女草太・中村浩二：金沢市の里山地域における航空機リモートセンシングによる竹林調査，日本リモートセンシング学会誌，Vol.29，No.4，pp.586-591，2009。
- 3) Shigeo Suzuki・Nobukazu Nakagoshi：Expansion of bamboo forests caused by reduced bamboo-shoot harvest under different natural and artificial conditions，Ecological Research，Vol.23，No.4，pp.641-647，2008。
- 4) Charlotte Poschenrieder・Benet Gunsea・Isabel Corrales・Juan Barcelo：A glance into aluminum toxicity and resistance in plants，Sci. Total Environ.，Vol.400，No.1-3，pp.356-368，2008。
- 5) 渡邊保貴・小峯秀雄・安原一哉・村上哲・豊田和弘：浄水汚泥のアルミニウム溶出に関する環境影響評価手法の提案，土木学会論文集 G，Vol.65，No.3，pp.188-201，2009。
- 6) 須藤裕子・阿部拓也・小笠原勝：国道4号線の路面間隙内に形成される雑草の埋土種子集団，雑草研究，Vol.54，No.2，pp.86-95，2009。
- 7) 藤井義晴，濱野潤子：植物が放出する化学物質による他の生物との相互作用，日本生気象学会雑誌，Vol.40，No.1，pp.49-54，2003。
- 8) 磯部武志・内山知二：タケ堆肥化物の理化学的特性と栽培利用，大阪府立農林技術センター研究報告，No.36，pp.1-4，2000。
- 9) 磯部武志・内山知二：タケの齢および加工法の違いによるタケ堆肥化物の品質差，大阪府立農林技術センター研究報告，Vol.35，pp.5-8，2001。
- 10) 草川知行・平舘俊太郎・藤井義晴・高崎強：カラシナ由来の揮発性物質による雑草の発芽抑制，千葉県農業試験場研究報告，Vol.41，pp.29-34，2000。
- 11) 高専土質実験教育研究会編：新土質実験法，鹿島出版会，2007。
- 12) 土壌環境分析法編集委員会編：土壌環境分析法，博友社，1997。
- 13) 片山信也・佐藤克昭・山田万祐子・望月建治・芹澤駿治：堆肥腐熟度評価のためのコマツナ発芽試験法の諸条件，日本草地学会誌，Vol.52，No.4，pp.250-254，2007。
- 14) 吉田重方：浄水ケーキを材料とした抑草資材の開発とその大気汚染ガス吸収能，資源環境対策，Vol.33，No.15，pp.1303-1312，1997。
- 15) Donald L. Sparks：Environmental Soil Chemistry，pp.203-204，Academic Press，1995。

(2010. 5. 21 受付)

Effect of Moso Bamboo Chip and Water Treatment Sludge on Growth of Plants

Koji TOSA¹, Yusuke TANIMOTO² and Yuichiro WADA³

¹College of Bioscience and Chemistry, Kanazawa Institute of Technology

²Ushio Inc.

³Graduate School of Engineering, Osaka Univ.

Effect of Moso bamboo chip and water treatment sludge on growth of Lettuce and Komatsuna was studied. Water treatment sludge was not phytotoxic but poor water absorption of the sludge inhibited growth of the plants. Moso bamboo chip suppressed growth of root of tested two plants. This suppression may be due to allelopathic interactions between Moso bamboo and tested plants. In conclusion Moso bamboo chip and water treatment sludge may be useful for weed control.