

圧力センサによる土壌圧力の測定に関する検討

Measurement examination of the pressure in the soil with the pressure sensor

大平 武征、杉本 恒美、佐野 元昭、白川 貴志、中川 裕

桐蔭横浜大学大学院工学研究科

(2015年3月20日 受理)

1. はじめに

近年、異常気象による地球砂漠化に対する水の有効利用が強く叫ばれる中、農業における水使用もその例外ではない。我々の利用する水は、海水→雲→雨(水)が伏流水や地下水となり我々の手元に到達する。しかし、昨今の気象変動で、大量の雨(水)が一気に地上に降り表層を流れて川→海に流れ出てしまう。この伏流水の湧き水や地下水の減少による河川の水枯れが起きて来ている。そのような中、我々の食に関する農作物においても、水の適正利用が強く望まれ節水農業が叫ばれている。

そこで、農作物の栽培に有用な土壌は、適度に水と空気を含むことが重要であり、土壌内の水分やその分布、あるいは土粒子の縮まり方や土壌圧力の変化が作物の根の成長と関係して変化する。現存する土壌圧力センサは、表面付近の土壌硬さを測定する土壌硬度計(山中式)はあるが、この硬度計は作物の根の周囲圧力を測定するには不向きで、現状、土壌内圧力を検知できる土壌圧力センサは存在しない。そこで、本検討は、低価格な高分

子圧膜の圧力センサが土壌圧力センサとして機能し、低価格な土壌圧力センサが実現できれば、農業に従事する方々に詳細な土壌内情報を提供できる土壌圧力センサと考える。

2. 実験方法

土壌内の微小な圧力変化を捉えるために、Fig.1に示すような広い検知面積(38mm²)および検知加重範囲をもつ圧力センサ(Interlink Corp., pressure sensor FSR406)を使用した。Fig.2に示すようなこの圧力センサの加重-抵抗曲線(検量線)を得た上で各

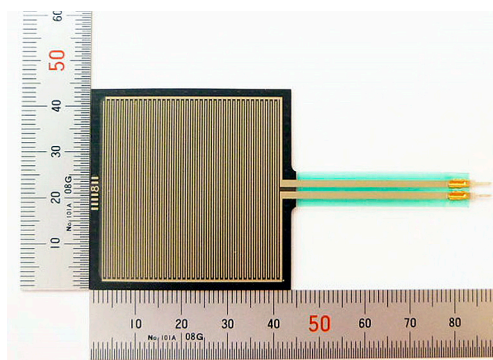


Fig.1 高分子厚膜圧力センサの外観写真

Takeyuki OHDAIRA, Tsuneyoshi SUGIMOTO, Motoaki SANO, Takashi SHIRAKAWA and Yutaka NAKAGAWA

Graduate school of engineering, Toin University of Yokohama, 1614 Kurogane-cho, Aoba-ku, Yokohama 225-8503, Japan

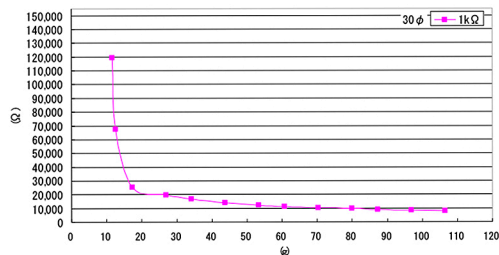


Fig.2 圧力センサの加重-抵抗曲線 (検量線)



Fig.4 小松菜定植と実験セットアップ

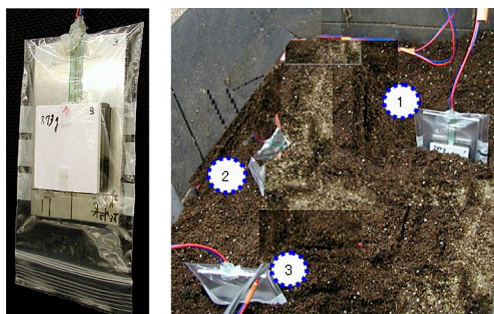


Fig.3 圧力センサの埋設状況 左：製作した土壌圧力センサの外観 右：実験セットアップ (①、②、③：センサ埋設位置)

種実験を行った。

実験に使用の圧力センサは水分侵入保護のため Fig.3 左に示すような保護バックに入れている。

2.1. 小松菜定植と圧力センサの埋設

圧力センサの埋設状態を Fig.3 の右写真に示す。圧力センサの位置は小松菜根圏中心から半径 10 cm 付近で、最終的には土壤面から深さ 15 cm になるように各圧力センサ①、②、③を埋設している。同時に、土壤圧力センサとの相対比較のため、土壤の体積含水率を計測する水分センサ (DECAGON DVICES INC. EC-5) を土壤面から 10、15、20 cm の深さに埋設している。Fig.4 に小松菜定植と圧力センサ埋設実験槽を示す。

2.2. 圧力センサの自動計測機器

Fig.5 は 3 個の圧力センサの自動計測機器構成で、左上は 3 つの圧力センサ用 1 kΩ の分圧回路基盤、右は 2 sec / 8 min (9 V 印加) の直流電源 (関数発生器)、左下はデー

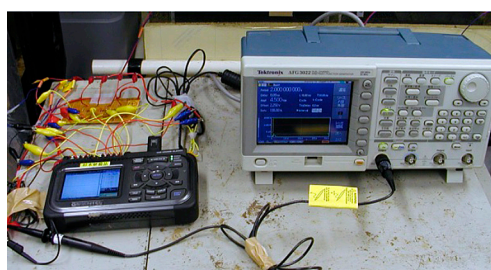


Fig.5 圧力センサ分圧基盤と自動計測機器

ター Logger (sampling: 1 回 / 5 min) で構成され、その接続状態を示す。圧力センサの抵抗値は各センサの分圧電圧からオームの法則により求める。

3. 実験結果

3.1. 土壌圧力変化

Fig.6 は小松菜根圏の周囲 3 位置に埋設した圧力センサ抵抗値を示す。グラフで抵抗値が大きくなることは、土壤圧力としては小さくなること意味する。

本実験では定植後に 2 回の給水 (3/4 : 1 L、3/11 : 2 L) を行い給水前後の抵抗値変化、すなわち、土壤圧力変化を見ると給水前後では水分センサ (Fig.8) のような急激な変化は見られない。また、抵抗値は日周に対しミクロ的には増減を繰り返しながらマクロ的には右肩上がりの増加傾向を示し、土壤圧力としては徐々に減少傾向であることを示す。すなわち、土壤圧力センサは水平方向からの圧力が徐々に減少していると言える。

3.2. 土壌体積含水率

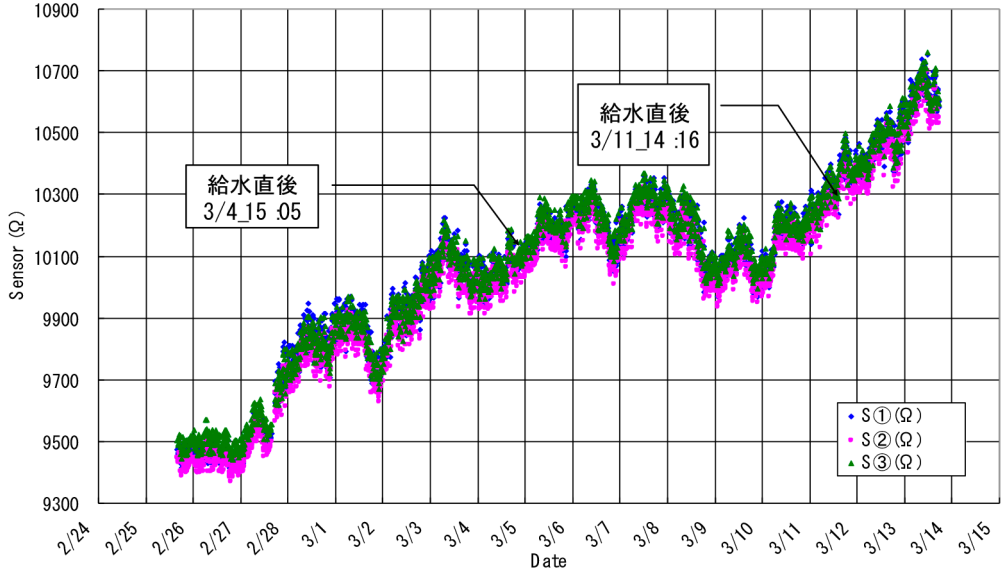


Fig.6 土壌圧力の変化

Fig.8 グラフは実験槽の日周と土壌体積含水率の変化を示す。小松菜定植後の2回の給水（3/4：1 L、3/11：2 L）に対する土壌体積含水率の変化が顕著に見られ、日周とともに埋設深さ10、15、20 cm ごとの体積含水率変化を捉えている。

3.3. 給水と土壌圧力センサ変化

土壌圧力センサと土壌水分センサの給水における変化を比較して見ると、体積含水率変

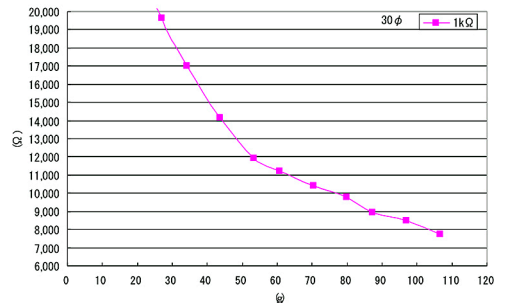


Fig.7 圧力センサ検量線 (Fig.2の拡大図)

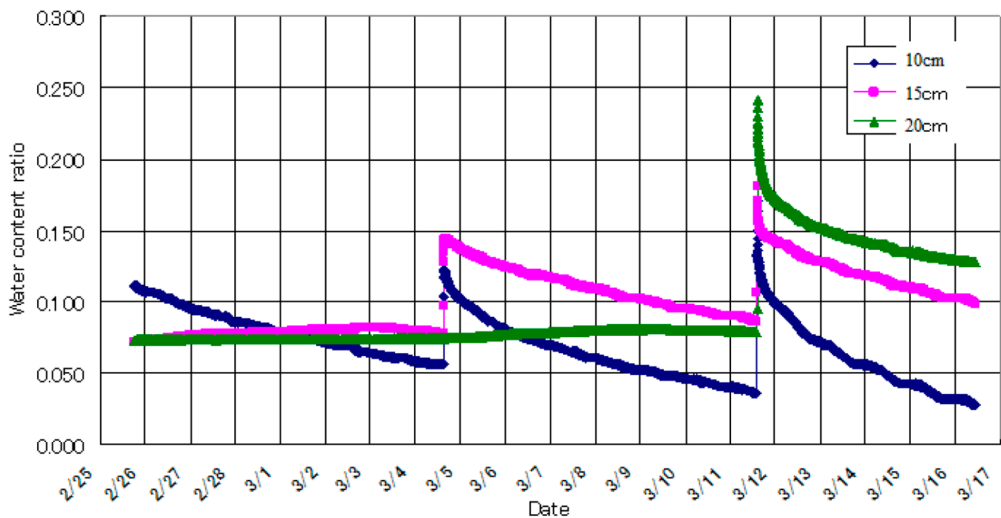


Fig.8 土壌体積含水率の変化

化では給水の影響が顕著に見られたが圧力センサでは極端な変化が見られていない。この違いは、給水したからと言って必ずしも土壤圧力、すなわち、土壤水平方向の力が発生するものではないことを示している。また、本実験の圧力センサでは検知できない小さい変化であるとも推測される。

圧力センサの埋設当初、3月4日と3月11日給水後、実験終了時の水平方向の圧力(力)は、Fig.7に示す検量線から読み取ると、埋設当初の土壤圧力(力)は80 g付近であったものが、実験終了時には70 g付近まで減少している。この時間経過では小松菜は根と茎(葉)の成長を繰り返し、成長とともに根圏周囲から水を吸い上げている。そこで、圧力センサの圧力減少傾向が小松菜の根と茎(葉)の成長に伴う要因かは更に検討する必要がある。

4. まとめと今後の課題

土壤に含まれる水分は次のように考えられている。すなわち、土壤が水分を保持するにはその孔隙の径に左右される¹⁾。孔隙が50 μm 以上では水の保持は重力に逆らえず土壤粒子を伝わり下降する。孔隙の径が小さくなり50 μm になると土壤の保持が重力とつりあい水を保持できるようになる。すなわち、50 μm 以上の空隙大きさは、降雨や灌水(給水)直後以外は空気であらっているとされる。このことから、急激な給水は土壤孔隙に水が留まらず土壤内を下降するのではないかと考える。したがって、本研究では2回の給水で土壤水分センサ(体積含水率)は急激な変化(Fig.8)を示したが、土壤圧力センサではこのような急激な圧力変化は見られない。すなわち、土壤含水率の増加が土壤圧力の増加とはならず全く別のものであると考えられる。また、Fig.6の抵抗値変化でも2回の給水前後で土壤圧力の急激な変化は見られていない。

今後の課題として、今回使用の高分子圧膜

の圧力センサは土壤の圧力変化を連続して数十gの変化として捉えることが確認できたが、更に微小な数gの変化は検出できないか検討したい。また、今回は土壤圧力を水平方向の変化で捉える設置法としたが、重力方向で捉える設置法も検討してみた。しかし、圧力センサの検知面が恒常的に押し付けられると押し付け圧が取り払われても樹脂面の回復力が乏しい現象が見られ、樹脂そのものの耐久性も更に考慮する必要がある。

謝辞

本研究を進めるに当たり、ご指導を頂きました杉本恒美教授、佐野元昭教授、白川貴志先生、中川裕様に感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 平木孝典：香川県農業試験場, [土壤中の水分状態についての調査], 豊穰34号, pp.26-27, 1998年09