

フィールドサーバによる土埃モニタリング

溝口 勝*1 三石 正一*2 伊藤 哲*3 小島 悠揮*4
深津 時広*5 安川 雅紀*6 喜連川 優*6

*1 東京大学大学院情報学環
*2 アイネクス株式会社
*3 株式会社クロスアビリティ
*4 東京大学大学院農学生命科学研究科
*5 (独) 農業・食品産業技術総合研究機構
*6 東京大学生産技術研究所

キーワード：土埃、風速、モニタリング、農業用水、多面的利用

1. はじめに

千葉県北総中央地区は、春先の強風によって土埃「やちほこり」が舞うことで有名である。「やちほこり」は、古くから地元に住んでいる農家の人々にとっては名物として当たり前の現象になっているが、新しくこの地に住みつけた非農家の人々にとっては重大な環境問題となっている。最近利根川の水がこの地区に引かれ、全国でも有数の畑作地帯へと成長しつつある。しかし、農業用水を夏場の作物生産のみならず、防火用水や環境用水等、多面的に利用したいとの要望もある。

そこで本研究では、春先に農業用水を散水することにより土埃飛散を防止できるのではないかと考え、その技術開発に必要な基礎データを得るための「土埃観測システム」を構築した。本システムは、農地・水・環境保全向上対策における新しい住民参加型の水管理法を支える技術としても期待できる。

2. 観測システムによる土埃のリアルタイムモニタリング

(1) フィールドサーバ

フィールドサーバ (FS) は、農林水産省研究プロジェクト「データベース・モデル協調システム」(2001-2006年度) の中で、中央農業研究センターが開発した小型モニタリングロボットである。「Webサーバ、複数のセンサ、ネットワークカメラ、無線LAN通信モジュールなどの様々な電子機器を搭載し、フィールド(圃場)に長期間設置して、環境の計測、動植物のモニタリング、農園の監視等を行う超分散モニタリングデバイス」^{1) 2)}と定義されている。



(図-1) 土埃の観測地点周辺の地図

(2) フィールドサーバの現地設置

本調査では、2007年3月2日に、土埃がおりやすいとされる畑地の一角（千葉県八街市八街へ199-258）に、フィールドサーバ（FS）を設置した（図-1）。

フィールドサーバの設置状況を（図-2）に示す。標準のフィールドサーバには風向風速計がついていないので、本実験ではフィールドサーバに気象計（Vaisala製；4月2日に設置）、土壌水分センサ（Decagon製EC-5を5cm、10cm、15cm深さに埋設）、土壌温度計（5cm深さに埋設）を取り付けて（図-3）、土埃の発生条件を観測している³⁾。また、土埃の飛散状況を把握するために、フィールドサーバに附属するカメラを用いて2分間隔で写真撮影をおこない、土埃の飛散が激しいときの気温、風速、土壌水分量等の情報と関連づける。



（図-2）現地に設置されている観測装置
手前から土埃センサ（神栄テクノロジー社製）、フィールドサーバ（イーラボ・エクスペリエンス社製）、気象計（Vaisala社製）



（図-3）Vaisala気象計（左）と土壌水分センサ（ECHO₂O probe model EC-5）

<http://www.vaisala.co.jp/businessareas/instruments/products/weathermulti-sensor>
<http://www.decagon.com/echo/ec20.html>

(3) フィールドサーバのメンテナンスとインターネット接続

（表-1）に設置後のメンテナンス作業を示す。2007年4月2日にフィールドサーバに気象計を追加すると同時に、電話回線経由（フレッツ光サービス）でインターネットに接続した（図-4）。

（表-1）メンテナンス作業日誌

2007.3.2	フィールドサーバの設置
2007.4.2	VAISALA 気象計の設置
2007.7.20	CPU ボードの入れ替え
2007.8.9	猛暑でハングアップ。現地で電源 OFF/ON してもらい復活
2008.2.24	Vaisala の風速計が読めない。2007/11/29 07:58:54 からの異常に気付く。リセットを依頼
2008.2.25	リセットにより復帰
2008.3.7	CPU ボードの入れ替え。土壌水分センサの交換。CH（チャンネル）の入れ替え。
2009.2.21	土埃（花粉）センサの設置



（図-4）フィールドサーバのインターネット接続

これにより現地の気象・土壌情報と映像がリアルタイムで観測できるようになった。その後、フィールドサーバのCPUボードに不具合が見つかったためにボードを交換した（2007年7月20日）。

2007年は猛暑続きでフィールドサーバシステムがハングアップしたが、現地で主電源を入れ直してもらうことで復帰できた。その後、2007年11月29日まで順調に稼働していたが、プログラムのバグによりそれ以降の気象データが正しく記録されていなかった（画像データは記録されていた）。

2008年2月24日にそのバグに気づき、2008年3月7日にプログラムを修正したCPUボードを交換し（図-5）、順調に稼働するようになった。その後、2009年2月21日に土埃センサを現地に設置し、気象条件と土埃飛散量を同時に観測できるようになった。



（図-5）フィールドサーバのメンテナンス作業

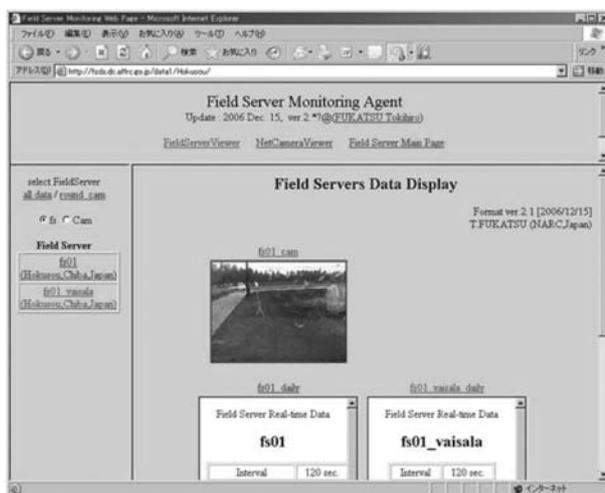
（4）現地情報へのアクセス方法

インターネットに接続されたことにより、フィールドサーバの気象・土壌情報および画像情報が2分間隔で中央農業総合研究センター（農業・食品産業技術総合研究機構；つくば市）のサーバに蓄積される⁴⁾。それらのデータは（図-6）のようにインターネット経由で一般ユーザも閲覧できる⁶⁾。

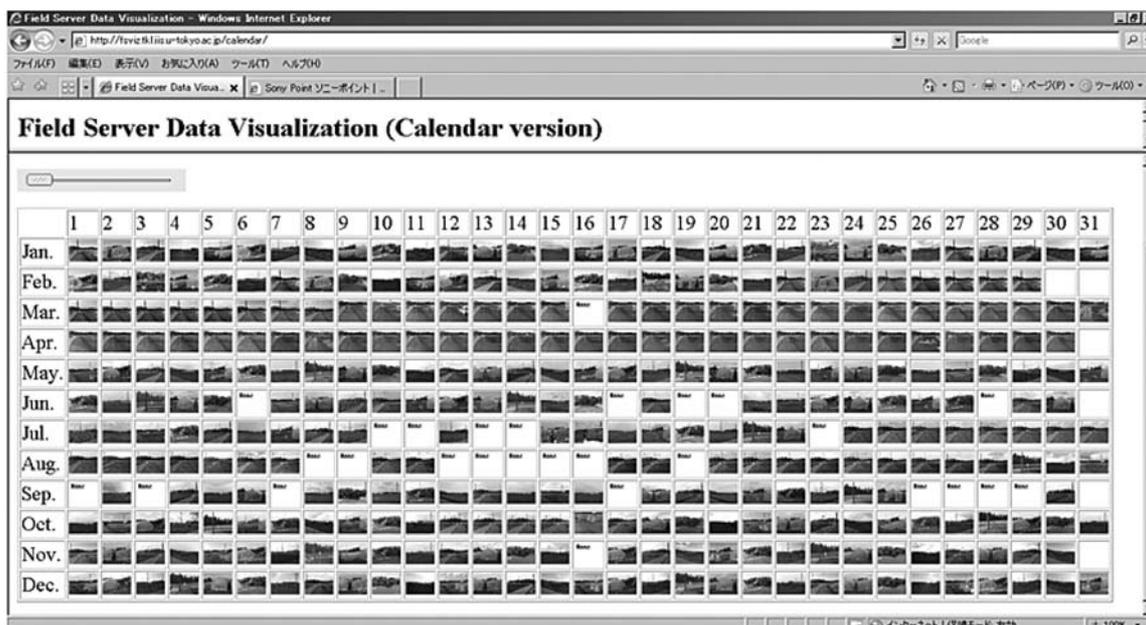
また、2008年度には、現地の様子を年間、月間のカレンダー方式で一覧できるソフトも東京大学生産技術研究所の研究グループと共同開発した（図-7、図-8）。

（5）土埃観測の実際

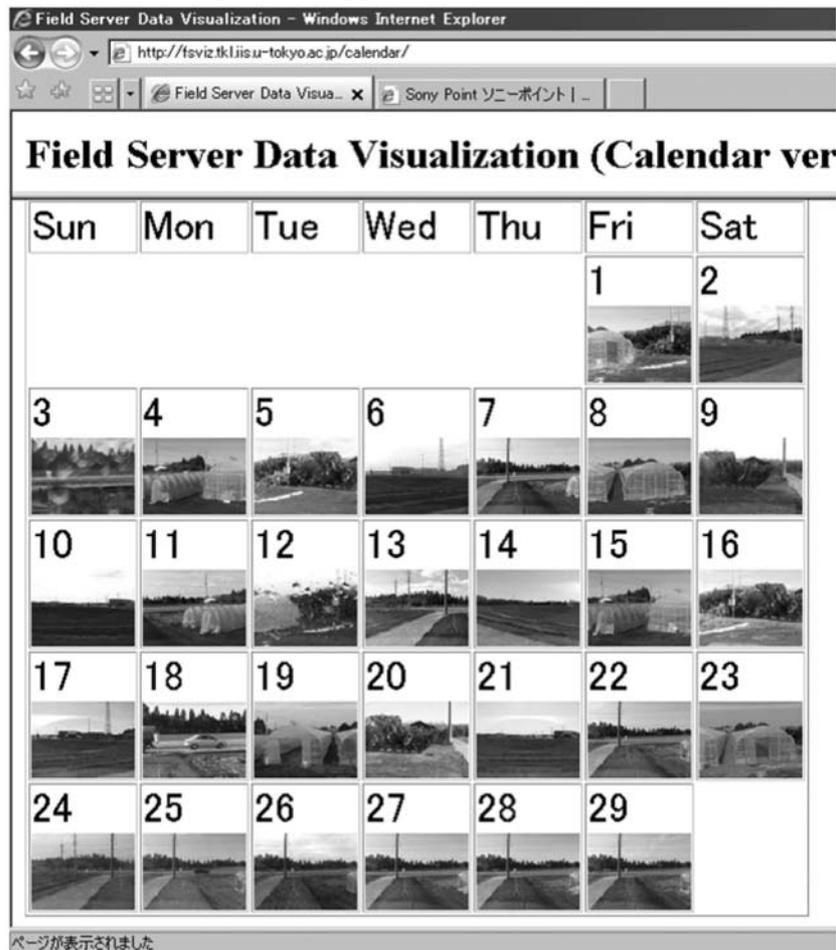
2008年2月23日、関東地方では春一番が吹き荒れ、八街地区でも随所で土埃が舞った（図-9）。



（図-6）インターネットからのアクセス
<http://fsds.dc.affrc.go.jp/data1/Hokousu/>



（図-7）2008年の年間画像一覧（12:00のデータ）
<http://fsviz.tkl.iis.u-tokyo.ac.jp/calendar/>



(図-8) 2008年2月のカレンダー画像 (12:00の画像)
<http://fsviz.tkl.iis.u-tokyo.ac.jp/calendar/>

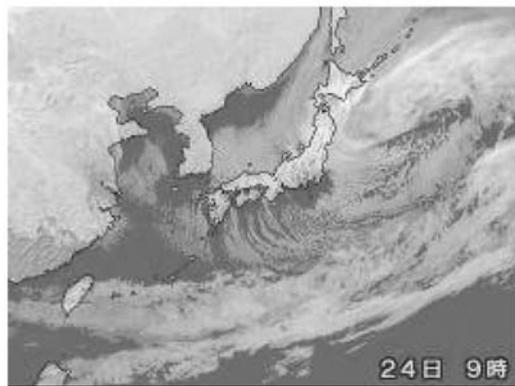
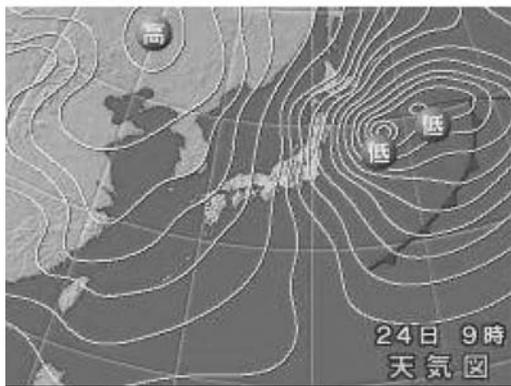
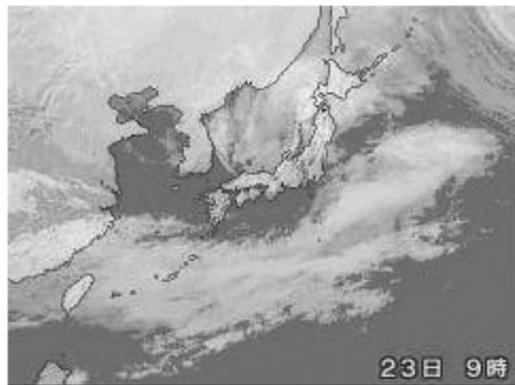
インターネット上に公開されている天気図サービス：気象人 (<http://www.weathermap.co.jp/kishojin/>) には、天気図・ひまわり画像 (図-10) と一緒に当日の気象日誌が記されている。

『春一番&北風の応酬』。22日21時に日本海西部で発生した低気圧が23日には急速に発達しながら夕方、津軽

海峡付近に達した。中心気圧は22日21時からの24時間で28hPa低下。関東南部は昼過ぎにかけて、低気圧に吹き込む南風が強まった。東京は午後2時に最大風速SW8m/s (最大瞬間風速は15.9m/s)、昨年より9日遅い「春一番」、13:06には最高気温17℃を記録。ところがその後、にわかには空が曇り、風向きが北寄りに変わった。



(図-9) 千葉県八街市の春一番
 (2008年2月23日；北総中央農業水利事業所本多氏撮影)



(図-10) 2008年春一番発生時の天気図とひまわり画像
Copyright(C) 「気象人」より引用 <http://www.weathermap.co.jp/kishojin/diary/200802/>



200802200820



200802240806



200802200858



200802240850

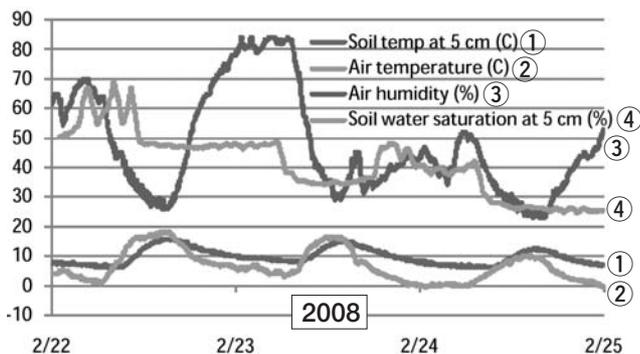
(図-11) フィールドサーバが捕らえた土埃
写真の下の数字は撮影時刻を表す(例えば、200802200858は2008年2月22日8:58の画像)

寒冷前線の通過に伴い、14:47にはNW27.9m/sの突風、都心の街中は砂ほこりやゴミが舞い上がり、一時は景色が黄色（茶色）っぽく変色したほど。気温も急降下。

（図-11）は、現地に設置したフィールドサーバのカメラが捕らえた写真である。左が2月22日朝（春一番前日）、右が2月24日朝（春一番翌日）の写真である。

写真をみると、22日朝は地表面が湿っているが、24日朝は23日からの強風によって地表面が乾燥し、その乾燥した土埃が強風によって舞い上がっている様子がわかる。特に、2月24日朝8:00頃の画像からは上空高くまで土埃が舞い上がり、視界を遮っている様子がみえる。

（図-12）はこの間の気温・湿度・地温・土壌水分（推定飽和度）の変化である。春一番が吹き荒れていた24日は日中でも湿度が低く、5cm深の土壌水分も低下したことがわかる。しかし、残念ながら機器の故障によりこのときの風速を観測することはできなかった。



（図-12）気温・湿度・地温・土壌水分の変化

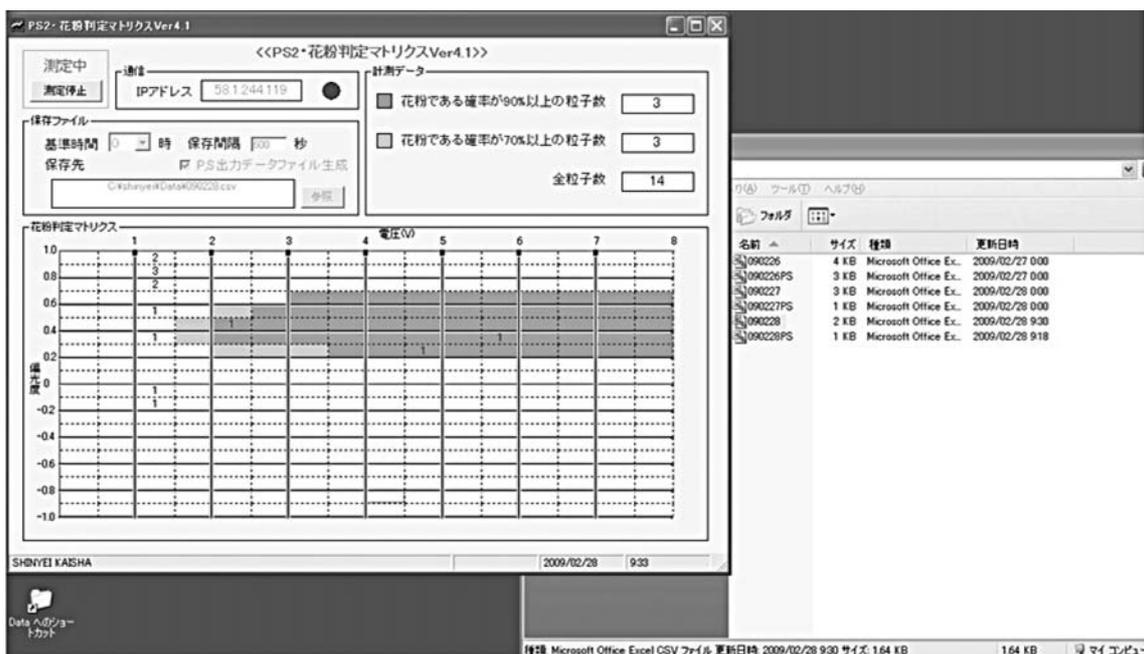
3. 気象条件と土埃飛散量の関係

2009年2月21日に、花粉センサ（土埃と花粉を分離してカウントできる機器；図-2）をフィールドサーバに増設して、土埃の飛散量の観測を開始した。これにより、気象条件（気温・湿度・風速）と土埃飛散量の関係を見ることができるようになった。このセンサは本来花粉測定用に開発されたものであるが、原理的には全ての浮遊粒子数をカウントし、偏光度と散乱光強度の関係から花粉量を推定している。本研究では、この花粉センサで測定された全浮遊粒子を土埃数として扱った。

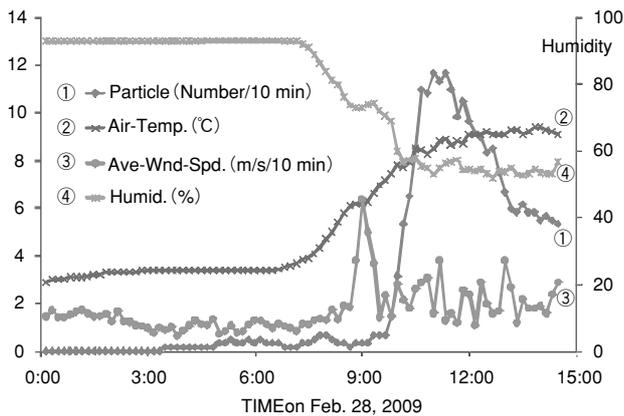
（図-13）は、土埃（花粉）センサによる土埃飛散量の計測画面である。10分間隔の微粒子数が研究室のコンピュータに記録される。

（図-14）は、2009年2月28日の気象条件と土埃飛散量の関係である。この前の1週間、関東地方では小雨や小雪の混じる寒波に見舞われ、28日ようやく天気が回復した。空気中の湿度の低下と共に、空気中の土埃飛散量（土埃+花粉）数が増加する傾向が見られた。

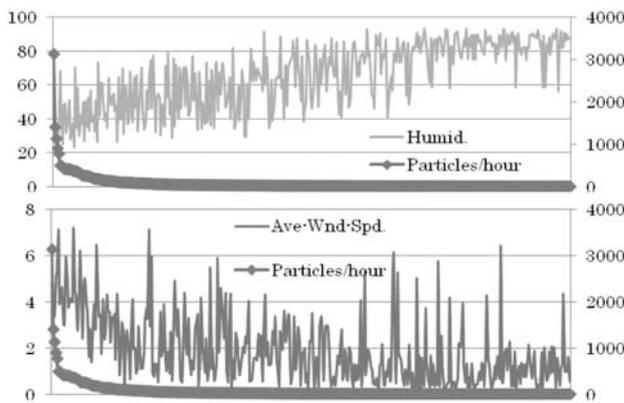
（図-15）は3月15日～3月30日までの1時間当たりの土埃飛散量を多い順番に並べ、そのときの空気の相対湿度と10分間の平均風速をプロットしたものである。（図-12）と同様に、土埃飛散量は湿度が低いほど、あるいは風速が大きいほど多い傾向が見られる。しかし、必ずしも風速が大きいときに土埃飛散量が多いわけではない。これは風の強い日の前日や当日に雨が降って地面が湿っていたためである。逆に、地表面の土壌水分は大気中の湿度との平衡で決まるので、相対湿度が低く、



（図-13）土埃（花粉）センサによる土埃飛散量の計測画面



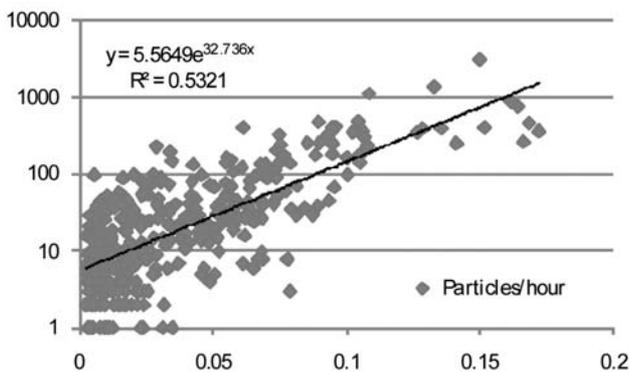
(図-14) 気象条件と土埃飛散量の関係



(図-15) 土埃飛散量と相対湿度・平均風速の関係

かつ風の強い日は地表面の土粒子も乾きやすいため土埃が飛散し易いと考えられる。

そこで、パラメータX（風速／相対湿度）と土埃飛散量Yの関係をプロットしてみた（図-16）。その結果、YはXの指数関数で良好に近似できることが明らかになった。今後さらなる検証が必要であるが、実用的にはこの式で土埃飛散量が十分推定できる。



(図-16) 土埃飛散量YとX（平均風速／相対湿度）の関係

4. 住民参加型の農業用水管理への期待

住民の土埃対策意識を高めるために、ブログ等のICTを利用して「土埃目撃情報サイト」を立ち上げ、いつでもどこでも土埃が舞い上がったかという情報を住民から寄せてもらおうシステムを仮構築した（図-17）。現時点では立ち上げただけでまだ運用には至っていないが、インターネットで「やちぼこり」というキーワードで検索すると一般市民のブログの中に2008年2月23日の土埃の記述を見つけることができる。

<http://yachimata.livedoor.biz/archives/54992374.html>

<http://blog.livedoor.jp/villagesurf/archives/51834612.html>



(図-17) 仮構築された「やちぼこり目撃ブログ」

<http://mizolab.4.bbs.fc2.com/>

こうした一般市民からの情報と本システムを上手くリンクさせることにより、住民参加型の土埃監視サイトに発展させることが期待できる。その上で、土埃飛散防止のための農業用水散水計画立案の可能性を探ることは、農地・水・環境保全向上対策事業としても新しい住民参加型の農業用水管理への展開につながってゆくものと考えられる。

5. おわりに

本研究は、冬から春先にかけて防火用水としてのみ利用されている農業用水を土埃抑制のために使えないかと考え、取り組んでいるものである。現時点では、まだその実効性を示すことはできていないものの、本研究は農業用水の多面的機能として新しい視点を提案するものであり、農地・水・環境保全向上対策の一つとして、新しい住民参加型の水管理法としても期待がもてる。

最近では、中国黄砂の飛散も地球環境問題として認識され始めている。農業土木研究として、北総中央地区の特有の土埃を制御する技術を開発することがこうした地球環境問題の解決にも貢献できるかも知れない。今後、産官学民の連携の下で研究の継続を望みたい。

謝辞 本研究は2006－2008年度「関東農政局管内農業用水等による多様な効果に関する検討委託事業」（農業農村工学会）の補助を受けて実施した。ご協力頂いた関東農政局および北総中央農業水利事業所の方々に感謝します。

参考文献

- 1) <http://model.job.affrc.go.jp/FieldServer/default.htm>
- 2) <http://www.agmodel.net/DataModel/seika-brochure/>
- 3) 溝口勝：フィールドサーバによる農地情報モニタリング、ARIC情報、86、27-34（2007）
- 4) Masaru Mizoguchi: Real-time Monitoring of Agricultural Field using Field Server- A project of auto-collecting soil information from world wide agricultural fields -, <http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/mizo/research/fieldinformatics/>（2008）
- 5) Fukatsu,T.:Field Server Monitoring Agent, <http://fsds.dc.affrc.go.jp/data2/KhonKaen/>（2006）
- 6) 溝口勝・三石正一・伊藤 哲・小島悠揮・深津時広：北総台地における風食防止のための農業用水利用の可能性、農業農村工学会講演要旨集、（2009）