

## 農業用ダムの静的挙動観測による新しい安全管理システム

New Observation System for Safty Control of Irrigation Dams Using a  
Engineering Workstation and Static Measurements

浅野 勇<sup>†</sup> 長 東 勇<sup>†</sup> 毛利 栄 征<sup>††</sup>  
(Isamu ASANO) (Isamu NATSUKA) (Yoshiyuki MOHRI)

## I. はじめに

ダムは大量の水を貯留する構造物である。そのため堤体の破損等により貯留された水が流出した場合は、ダム下流部に極めて甚大な被害をもたらす恐れがある。最近では、1993年8月に中国チベットの溝后ダムが決壊し、堤体の半分が流され、多大な人命と財産の損失をもたらしている<sup>1)</sup>。このように、ダムはその破壊による社会的影響が極めて大きな構造物であり、ダムの建設、湛水その後の供用期間を通じての適切な安全性評価が極めて重要である。

ダムの安全性は、ダムの挙動を観察し、その観測データを分析することにより評価される。ダムの挙動観測方法は、埋設計器(挙動観測センサー)を用いた計測と目視による点検に大別される。最近では、埋設計器からのデータ収集についてはコンピュータを用いた自動計測が普及し、データ収集における確実性の向上および省力化に貢献している<sup>2)~4)</sup>。

反面、自動的にデータ収集された後のデータの分析・整理システムについては、収集される計測データが膨大であり、その整理法についても統一的なものが少ないため、わかりやすい資料を迅速にダムの施工・管理者に提供できるものは少ないのが現状である<sup>5)</sup>。ダムの状態は、この収集されたデータを整理した図・表に基づき判断されるため、資料作成の時間的な遅れ、資料の散逸、理解し難い表示は、ダムの異常を見逃すばかりでなく必要な対策をも遅らす原因となる。

そこで、多くの埋設計器より収集されたデータについて、

- ① 任意の計測データについてリアルタイムで視覚化が可能
  - ② 設計、施工、地盤、材料に関するデータベースを有する
  - ③ ネットワークによるデータの共有
- を特徴とする挙動観測システムを開発したので、その概要について報告する。

## II. 農業用ダムの挙動観測システムの現状と今後の課題

ダムの挙動を把握する上で埋設計器の果たす役割は、極めて大きい。しかしながら、これらの埋設計器のデータが、「分かりやすい形で整理され迅速に資料化されているか」といえば、多くのダムでは、収集したデータの分析・整理(図・表化)に多くの時間が割かれているのが現状であり、効率的な整理・分析が行われているとは言い難い。

そこで、まずはじめに、現在の挙動観測システムに関する現状と問題点に関して整理を行い、続いてシステムの今後の課題について考察した。

## 1. 挙動観測システムの現状と問題点

フィルダムの挙動観測システムの現状と問題点を以下に述べる。

(1) システム構成 図-1にアンケート調査に基づく、農業用ダムに関するシステム構成を示す。図に示すように、現在フィルダムの挙動観測システムの多くはハードウェアとしてPC-9801シリーズを、開発言語としてBASICを使用している。また、図には示してはいないが、使用されているOSはMS-DOS、あるいはBASICをOSとして使用し

<sup>†</sup>農業工学研究所土木材料研究室 <sup>††</sup>農業工学研究所企画連絡室研究技術情報官



挙動観測システム、データ収集、データの共有、視覚化、ワークステーション、ネットワーク

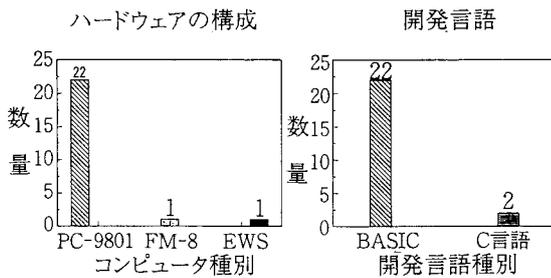


図-1 挙動観測システムの構成

ているものが多かった。

これらのシステム構成は1980年代においては標準的なものであり、現時点においても計測の安定性などから過去の開発環境を継続するのやむを得ない面もあるが、現在のMS-WINDOWSなどのOSを用いた環境に比較すると、とくに、任意のグラフをリアルタイムに複数表示する場合においては、視覚的な能力が十分であるとは言い難い。

(2) **拡張性** 初期の挙動観測システムは、ハードウェアに依存するものが多いため、ハードウェアを変更することによりシステムの更新を余儀なくされる。たとえば、プリンター等の周辺機器が製造中止となり機種変更が生じた場合、最悪のケースではプログラムの書き直しが必要となる。また、データ処理・視覚化ソフトウェアについてもグラフ等の画面設定が固定されている場合が多く、グラフの表題を一部変更する場合にさえプログラムの書き直しが必要となることがある。

このように、従来の挙動観測システムの多くは、ハードウェアおよびソフトウェア共に1つのダムに特化したシステムとなっており、このことがシステムの拡張性を狭める要因となっている。

(3) **付属情報** フィルダムに関しては、調査・設計・施工・湛水・管理期間における膨大な地質、材料、構造、水文・気象情報が存在する。これらの情報は、一般に図面ファイル、報告書の形式で整理・保存されており、フィルダムにある変状が生じた際、埋設計器データと共に、その原因の追究に極めて重要な情報となる。

しかしながら、現在のフィルダムの挙動観測システムにおいては、これらの付属情報のごく一部がシステムの中に取り入れられているにすぎず、ダムの付随情報の多くは、紙の情報に頼っているのが現状

である。したがって、これらの情報を検索し、必要なデータと結合・整理する手作業に、多くの時間が消費され、管理者の負担を増大する要因となっている。

(4) **データの集積** フィルダムの挙動は複雑であり、その挙動パターンは未解明な点が多い。埋設計器のデータは、フィルダムの建設から湛水・供用までの情報を含み、フィルダムの挙動メカニズムを明らかにする上で非常に貴重なデータである。

しかしながら、現状では、挙動観測システム間のデータフォーマットに共通性が無いことが多いため、複数のダム間のデータ比較が極めて困難であることが多い。このことは、ダムの挙動観測データの一元的な集積を妨げ、フィルダムの挙動メカニズムの解明を遅らす原因となっている。

## 2. 今後の挙動観測システムの課題

挙動観測システムの現状と問題点から、今後のダム挙動観測システムの課題について述べる。

(1) **柔軟なシステム設計** ダムの挙動観測システムは、ダムの建設から完成後に至る10~20年間確実な稼働を要求されるシステムである。これらのシステムに用いられているハードウェアおよびOS、開発環境の進歩は著しく、数年の単位で現在の最新システム構成が陳腐化してしまうのが現状である。したがって、できるだけ標準的なハードウェアを使用し、将来的に継承性のあるOS、ソフトウェア開発環境を前提とした挙動観測システムの設計および開発が必要である。たとえば、標準的なOSと考えられるUNIX, Windows, OS/2等に対応し、ハードウェアにできるだけ依存しないプログラムの開発を行うことが、将来的な挙動観測システムの改良に当たり極めて重要となる<sup>6),7)</sup>。

(2) **効率の良い視覚化** 挙動観測システムによる挙動観測データの視覚化における基本的な目標は、「管理者が要求する図・表が必要な数だけリアルタイムに入手できること」である。すなわち、必要とする計器についてのグラフや分布図がリアルタイムで任意の数だけ表示できるシステム(マルチウィンドウシステム)であることが望ましい。また、複数のダムの挙動を比較するために、これらの図・表は、工学的な考えに基づきそのフォーマットが統一されたものであることが必要である。さらに、これらのグ

ラフに現場技術者の判断の一助になる限界値あるいは予測値等の表示を入れることにより、一層理解しやすいシステムを構築することが可能である。

(3) データベース化 埋設計器以外の情報に関してデータベース化することが必要である。その際、数値・文字データのみでなく、設計・施工図面、写真等については画像データでの情報の保存が重要である。たとえば、ダムの現場において手軽に画像情報の集積ができるシステム（画像ファイリングシステム）等が将来的に重要となる。

(4) ネットワーク化 全国各地のダムにおける挙動観測データを一元的に収集し、分析・整理することは、ダムの挙動を明らかにする上で重要である。各地に分散するダム情報を集積するためには、電話回線あるいは専用回線を用いた情報のネットワーク化が有効である。情報をネットワーク化することによりダムから発信されたダム情報は、たとえば、ダムの管理あるいはダムの挙動解析に特化したサーバに送られ、個々のサーバで、より深化した情報の分析・加工が行われ、情報の有効活用が可能となる。

### III. 挙動観測システム

#### 1. システムの概要

以上述べたような問題点、課題に対応するために新しい農業用ダムの挙動観測システムを開発した。観測システムの仕様を表-1に、概要を図-2に示す。

#### 2. 挙動観測プログラム

データロガーで収集した埋設計器データをリアル

表-1 挙動観測システムの仕様

仕様項目	仕様
最大計測点数	1000 CH
最短インターバル	1 分間
本体コンピュータ	HP Apollo 9000 シリーズ
メインメモリ	128 M 以上
内蔵ハードディスク	4 G 以上
使用するインターフェイス	IEEE 802.3 1 ポート SCSI-2 1 〃 RS 232 C 2 〃 セントロニクス 1 〃
カラーディスプレイ	20 インチ (1280×1024)
レーザープリンター	Canon Laser Shot
モデム	9600 bps
画面ハードコピー機	カラー

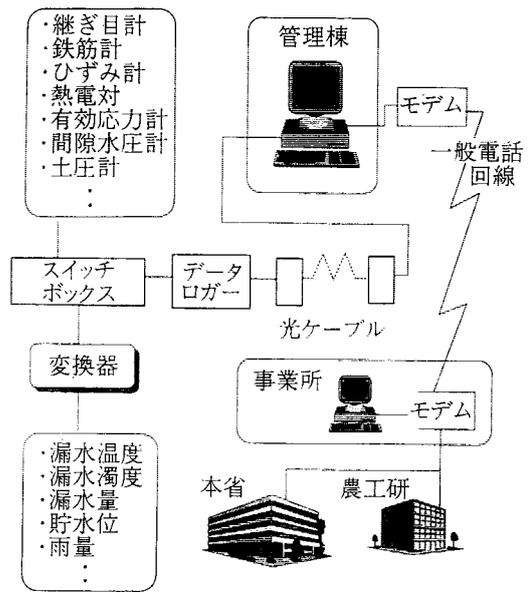


図-2 挙動観測システムの概要

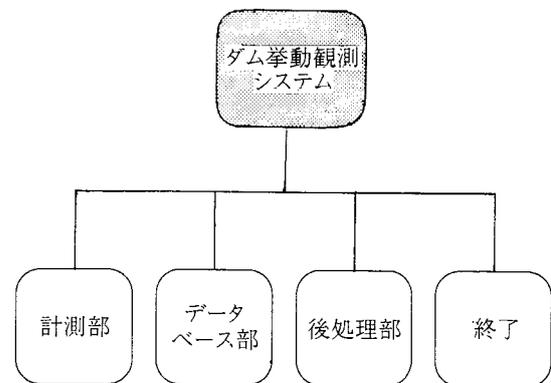


図-3 プログラムの構成

タイムで視覚化するソフトウェアを開発した。ソフトウェアは UNIX ワークステーション上で実行可能なプログラムである。プログラムの構成について図-3に示す。

各部の機能は以下の通りである。

- ① 計測部 実際に計測をする場合の画面およびメニューを提供する。
- ② データベース部 ダムに関する情報、画面および周辺機器に設定をおこなう。
- ③ 後処理部 データ収集後のデータの加工を行う。主に印刷機器への出力に関する設定を行う。
- ④ 終了 プログラムの終了

プログラムのメイン部分の内容を以下に示す。

(1) 計測部 計測部の画面の概要を図-4に示す。この図に示すように、計測時においてもいくつかの

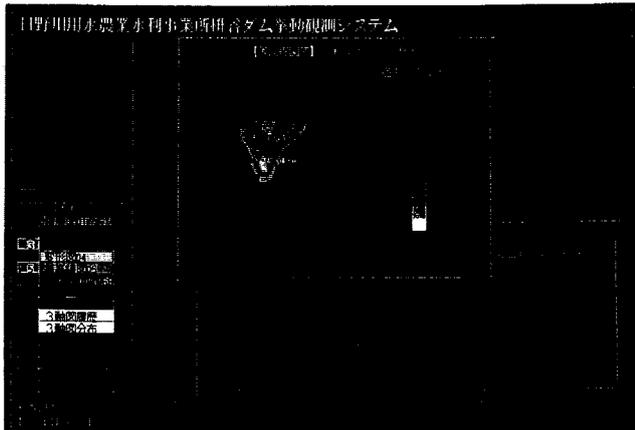


図-4 計測部の概要

処理がメニューを選択することにより、実行が可能である。また、モニタ PAGE 選択ウィンドウからモニタ名を選択することにより、任意の数だけ個々のダムに適合したフォーマットに基づき、グラフが作図領域に描画される。作図領域はマルチウィンドウの環境を有し、それぞれのグラフウィンドウの拡大縮小、移動、ウィンドウの色などの属性の変更が可能である。

さらに、個々のモニタ画面はプリントボタンを有し、このボタンを選択することにより最新画面のレーザープリンターへの出力を行うことができる。

(2) データベース部 データベース部のメニュー画面の概要を図-5に示す。データベース部は、挙動観測システムの中核部であり、個々のダムのシステム情報は、このデータベース部で定義される。すなわち、データベース部を定義することでプログラムを変更することなく汎用的に個々のダムに対応することが可能である。個々のダムの差異は、このデータベース部分で吸収することになる。データベース部で定義される条件は下記のものである。

- ① 堤体、基盤、監査廊等の構造条件
- ② インターバルや計測器の設定条件
- ③ それぞれのモニタの設定条件
- ④ 堤体に付随する基盤、材料および施工条件
- ⑤ プリンター、ネットワーク等の環境条件

モニタ条件の例として等高線図の定義画面を図-6に示す。

(3) 後処理部 後処理部は一括的なデータのプリンター出力およびデータの転送を行う。一般的なダ

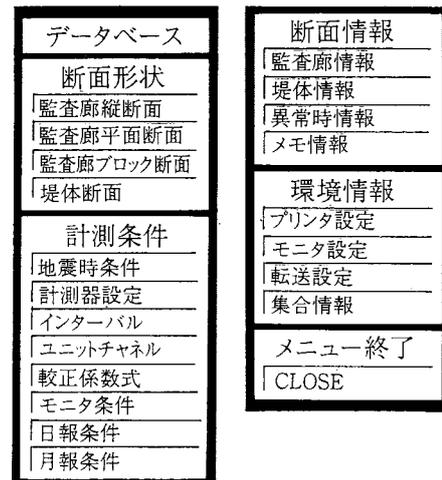


図-5 データベース部のメニュー画面

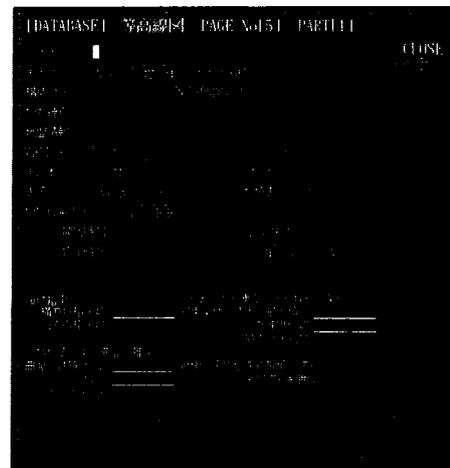


図-6 等高線モニタの条件設定画面

ムの管理業務においては、定期的なデータ出力、いわゆる日報および月報の作成が必要である。本挙動観測システムにおいては、モニタ名および堤体情報の任意の組み合わせによる日・月報の出力が可能である。ユーザは、それぞれのダムに応じたフォーマットを作成し、その中から必要なものを出力することができる。

#### IV. ダム情報ネットワーク構想

ダム情報ネットワーク構想の概要について図-7に示す。また、ダム情報の流れとその利用法について図-8に示す。

ダム情報ネットワークスの最大の利点は、「データ（ダム情報）の共有」である。図-8において各ダムに設置されたダム挙動観測システムは、情報ネ

ネットワークを介し、行政・研究部門に設置されたサーバと結ばれる。このようにネットワーク化された瞬間から、各サーバにおいては、必要なダム情報を挙動観測システムにアクセスすることにより、随時入手することが可能になる。すなわち、各地に分散したダム情報を本省あるいは研究室において居ながらにして入手することが可能になる。

共有されたデータを活用することは、行政的にも研究的にも極めて重要である。たとえば、図-8に示すように、各サーバが独自の機能を強化していくことが可能である。すなわち、行政部門においては、共有データを用い、ダムの管理棟に設置された挙動観測システムと全く同じモニタリング環境が実現可能な遠隔モニタリングサーバ、さらにそれを発

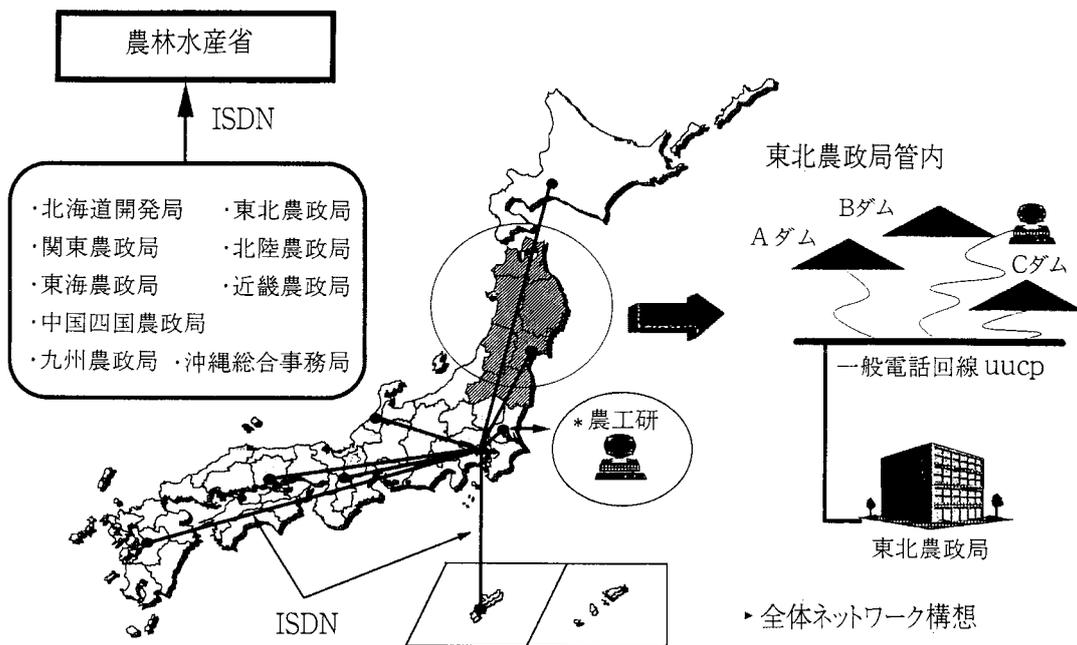


図-7 ダム情報ネットワーク構想

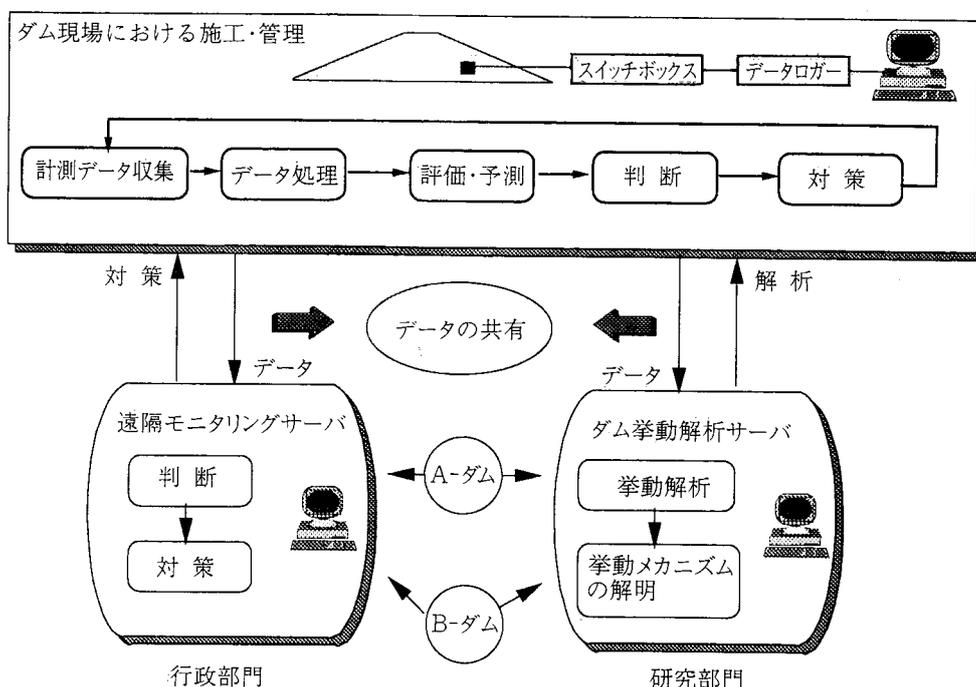


図-8 ダム情報の流れとその利用法

展させた総合的なダムの管理システムの構築が可能である。一方、研究部門では、実際のダムの挙動観測データと有限要素法等による数値解析結果を総合的に評価し、ダムの挙動メカニズムを解明していくようなサーバの構築が可能となる<sup>8)</sup>。

このように、ダム情報ネットワークを構築し、ダム情報の発信源と各部門のサーバを有機的に結びつけ、データの共有を図ることにより、いままでは1つのダムのみで利用されていた挙動観測データの効率的利用が可能となる。さらに、共有化されたデータによる解析結果、挙動評価後の判断情報を実際のダム現場にフィードバックすることにより、ダムの設計・施工および安全性の向上に寄与することが可能である。

## V. おわりに

ダム挙動観測システムは、現在、室内においてデータロガーを接続し、計測の安定性等の確認を行っている。また、同時に、システムの操作性を向上させるためにユーザの意見をできるだけ取入れたGUIの強化を図り、現地における実証試験に向けた最終的な調整を行っている。

ネットワークについては、電話回線を基本に考えているが、昨年の兵庫県南部地震で生じた電話回線の混乱を考えると、地震等の災害の影響を受け難い衛星回線あるいは移動電話通信のような通信手段による、2重の通信網確保についての検討が必要であると考えている<sup>9)</sup>。また、インターネット等の既存の環境を利用することにより、ダムの情報を簡便にネットワーク化することについても積極的に対応していきたい<sup>10)</sup>。

なお、本システムの開発は、北陸農政局日野川用水農業水利事業所からの依頼研究の一環として行ったものである。事業所の方々にはシステムの設計から開発まで多大な協力をいただいている。ここに付記して謝意を表す次第である。

## 参 考 文 献

- 1) 松本徳久, 溝后ダムの事故について, 大ダム No. 147, (1994)
- 2) 熊田勝保他: ロックフィルダムにおけるパソコンを利用した土質試験管理, 土と基礎, 34 (7), pp. 27~32 (1986)
- 3) 山本康博他: 蛇尾川揚水発電所地下発電所の情報化設計施工システム, 電力土木, No. 225, pp. 45~53 (1990)
- 4) 山本 晋他: 温度ひび割れ制御のためのマスコンクリートの情報化施工管理システム, 電力土木, No. 247, pp. 72~73 (1993)
- 5) 柴田 功: 午後の部講演討論会 Q & A テーマ: ダムの設計と挙動について, 大ダム, No. 152, pp. 51~52 (1995)
- 6) トラ技コンピュータ: Windows 時代のデータ計測と解析入門, No. 64, pp. 2~73 (1995)
- 7) 早瀬吉雄, 丹治肇: 農業水利の情報化の視点と Windows による利用例, 農土誌, 62 (10), pp. 19~24 (1994)
- 8) 毛利栄征: 農業工学研究所における情報研究と所内 LAN について, 農業工学研究所課題別研究会情報分科会資料, pp. 2~3 (1995)
- 9) 星川和俊・宮崎敏考: 通信衛星を用いた山岳気象観測システム: SUMIDA, 農土誌 60 (5), pp. 19~24 (1992)
- 10) 内田一徳: インターネットの利用とその用語解説, 農土誌 63 (9), pp. 33~37 (1995)

[1995. 11. 17. 受稿]

### 浅野 勇



1963年 東京都に生まれる  
1988年 東京農工大学農業工学科卒業  
農林水産省入省  
農業工学研究所造構部土木材料研究室研究員  
現在に至る

### 長束 勇



1951年 滋賀県に生まれる。  
1974年 京都大学農学部卒業  
農林水産省入省  
1980年 筑波大学大学院経営・政策科学研究科修了  
1988年 構造改善局設計課課長補佐(設計審査班担当)  
1989年 農業工学研究所土木材料研究室長  
現在に至る

### 毛利 栄征



1956年 大阪府に生まれる。  
1980年 大阪府立大学大学院農学研究科卒業  
農林水産省入省  
1987年 農学博士(大阪府立大)  
1988年 農業工学研究所土木材料研究室主任研究官  
1993年 農業工学研究所企画連絡室主任研究官  
1994年 農業工学研究所企画連絡室研究技術情報官  
現在に至る