

日韓の古墳空間構造を映像化するための物理探査研究

申 淙 宇

I. 序論

II. GPR探査

III. 電気比抵抗探査

IV. 探査事例

V. 結論

要 旨 韓国における考古学的物理探査は、1995年に日本の奈良文化財研究所で活用されている物理探査を参考に導入された。物理探査導入当初の韓国では、建築や土木分野で盛んに活用されていたものの、考古学と結び付けて探査をする専門家はいなかった。その中で、韓国国立文化財研究所は、考古学的物理探査の導入を試み今日に至っている。その間、日本と韓国は探査の専門家の交流を通じて共同探査を行い、探査方法の改善や探査結果の信頼性を高めてきた。

考古学的物理探査で一番よく使われるのは GPR 探査である。探査の深度は低いが解像度に優れるため発掘調査に着手する前によく用いる方法である。しかし、深いところまで探査しなければならない大型古墳や深さ 5 m 以上の地下構造においては、深度の限界があるため探査に困難が生じていた。それだけでなく、探査しようとする構造物の大きさが深さに比べて小さい場合は探査自体が不可能ということもあった。また、探査地域の地下を構成している物質が非常に不均質な場合はデータ解析が困難であった。

2011年から実施した「日韓古代文化の形成と発展過程に関する共同研究」では、より深い所を対象に地下構造を研究するための GPR 探査と電気比抵抗探査方法について相互研究をおこなってきた。それにより、韓国では多くの古墳などで良い成果を得ることができた。日本では宮崎県西都原古墳群の地下マップ作成というプロジェクトに際し、ともに作業をおこなった。

本稿では、今まで日本と韓国で実施した探査結果と韓国で進められた古墳探査の事例を紹介し、共同研究の成果と今後の方向性について論じる。

キーワード GPR(Ground Penetrating Radar) time-slice 電気比抵抗探査

I . 序論

地下に埋蔵された遺構や遺物などは、発掘調査を通してはじめて目にすることができる。これに対し、物理探査は、地中に埋もれた遺構の分布などを非破壊で、すなわち地面を掘ったり毀損したりすることなく、遺構や遺物の位置、深さ、大きさ、および分布の状態などを把握することができる方法である。物理探査は、地中に存在する不均質性を記録し、地下構造を分析する目的もある。さらには、土が持つさまざまな物理的、化学的要素を測定して遺跡の状態を研究する分野でもある。

韓国における考古学的物理探査は、奈良文化財研究所で活用されている物理探査を参考として、1995年に導入された。物理探査導入当初の韓国では、建築や土木分野で盛んに活用されていたものの、考古学と結び付けて探査をする専門家はいなかった。そのような中、韓国国立文化財研究所は、考古学的物理探査の導入を試み今日に至っている。その間、日本と韓国は探査専門家の交流を通じて共同探査を行い、探査方法の改善や探査結果の信頼性を高めてきた。

考古学的物理探査で一番よく使われるのは GPR 探査である。探査の深度は低いが解像度に優れるため発掘調査に着手する前によく用いる方法である。しかし、深いところまで探査しなければならない大型古墳や深さ 5 m 以上の地下構造においては、深度の限界があるため探査に困難が生じていた。それだけでなく、探査しようとする構造物の大きさが埋没している深さに比べて小さい場合は探査自体が不可能ということもあった。また、探査地域の地下を構成している物質が非常に不均質な場合はデータ解析が困難であった。

2011年から実施した「日韓古代文化の形成と発展過程に関する共同研究」では、より深い所まで探査して地下構造を研究するための GPR 探査と電気比抵抗探査方法について相互研究をおこなってきた。特に古墳で活用できる方法を研究中であり、古墳で適用可能な電気比抵抗探査のプログラムを開発し活用している。その事例として日本では、宮崎県西都原古墳群の探査に GIS システムを活用した研究を進めており、韓国では古墳や風納土城の城壁など、さまざまな探査に活用している。

ここでは、今まで日本と韓国で実施した探査結果と韓国で進められた古墳などの探査の事例を紹介し、共同研究の成果と今後の方向性について論じることにする。

II . GPR 探査

考古学でよく使われる物理探査方法は、GPR 探査と電気比抵抗探査である。GPR 探査は、物理探査法の中で解像度や分解能がもっとも優れており、地下の遺構や遺物の分布や形状をより分かりやすく、なおかつ正確に映像化できるため広く活用されている。一方、電気

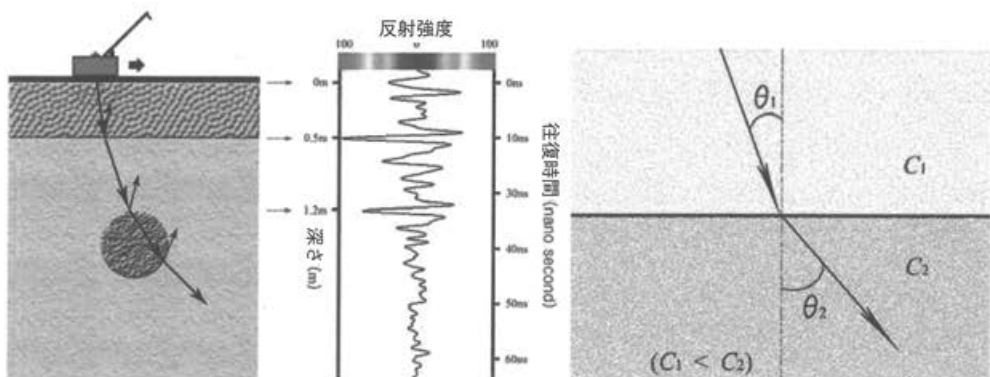
比抵抗探査は、GPR 探査法に比べてより深い所の構造を把握するのに適している。

GPR 探査法の仕組みは簡単である。空港で上空の飛行機の位置を把握するために使うレーダーに似ていると考えれば理解しやすい。空港では、レーダー波を空に向けて放射して飛行体の位置を把握するが、GPR 探査は文字通りレーダー波を地下（地表下）へ放射して使うものである。放射されたレーダー波は、地下の異常部で反射し地上に戻ってくる。すなわち、レーダー波は質が異なる所で強く反射する。たとえば、土壌で質の異なる土層の境界面や土壌とは質が異なる金属、石などに対して強く反射するのである（第1図）。

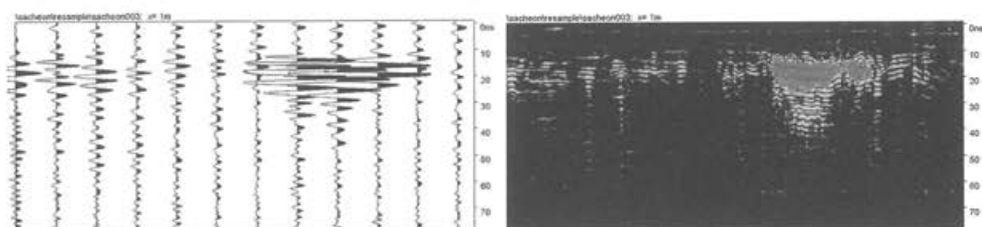
GPR 探査は、反射したレーダー波をアンテナ（受信機）で収集して記録した後、コンピューターによる資料処理と解析過程を経て、地下の構造物や遺構などの位置、範囲、形状を映像化するという手順で進められる。簡単にいえば、反射して戻ってきたレーダー波は反射の強弱に応じて色で識別、あるいは、白黒の濃淡で表示される。また、早く戻ってきたものは浅い位置に、時間がかかったものは深い位置に表示される。このような方法を使えば地層の「プロファイル（疑似断面）」を映像で見ることができる（第2図）。得られた映像をコンピューターで処理して、第3図のような垂直断面と水平断面を取得し、考古学的に分析、解析する過程が GPR 探査である。

GPR 探査は、送受信アンテナを地面に密着させて人が引くか、移動装置を使って行う。一般的には、探査対象地が整備された史跡など、整地された場所であればアンテナを移動装置（cart）に装着して探査する。そうすれば探査がより簡単にできる。しかし、野山や地形に屈曲が大きい場合や障害物が多い所では補助の探査者が自ら引きながら探査をしなければならない（第4図）。

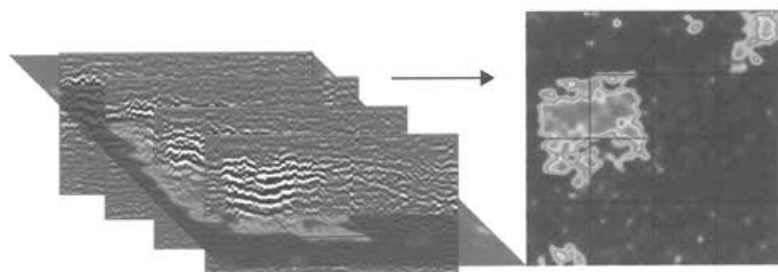
探査を実施している間、レーダー波は送受信アンテナに送信と受信を繰り返す。繰り返された送受信のデータは垂直断面で表示され、さらに、反射信号の強弱によってカラーグラフィック映像になって現れる。このように垂直断面を色で表示した映像はレーダーグラ



第1図 GPR 探査の基本原理模式図およびスネルの法則



第2図 GPR 垂直断面のデータ (wiggle trace と color 形態)



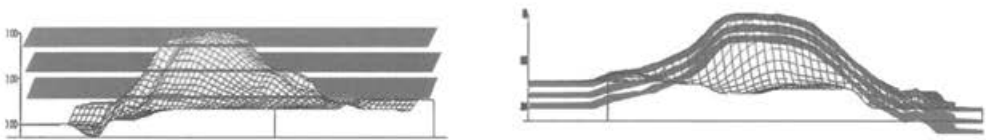
第3図 2次元の垂直断面映像から水平断面映像 (time slice) への転換



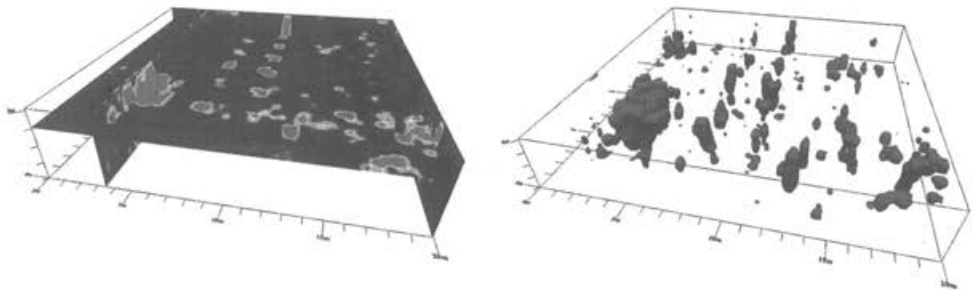
第4図 カート (cart) を利用した GPR 探査 (左)、補助探査者を活用した GPR 探査 (右)

ム (radargram) と呼ばれ、考古学者や関連の研究者にもわかりやすいが、レーダーグラムに現れている反応は実際の深さではなく、反射し戻ってきた時間を示すもので、実際の深さは、地下媒質の速度を分析して把握する。第2・3図で見られるように異常帯から反射されたレーダー波は振幅が大きいいため白黒の明暗が明確に現れる、あるいは赤色の反応を見せる。

このような垂直断面の信号は、考古学者など関連の研究者が地下内部の遺跡分布状況を理解しやすくするため、第5図のようにコンピューターでデータを分析して、各々の深さ別に水平断面 (time slice) にすることができる。それには、地形に関係なく同一レベルの値で断面を作る方法と、地形に沿って topo 断面を作る二つの方法がある。



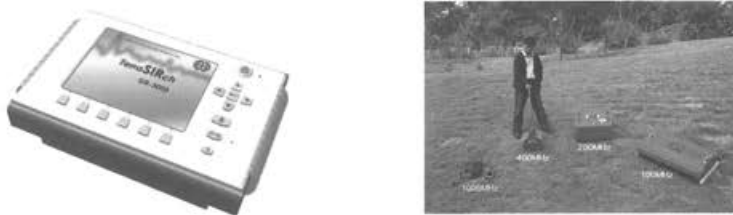
第5図 Time slice 分析法の種類 /level 水平断面（左）、topo 水平断面（右）



第6図 Fence diagram（左）と Iso surface 3次元立体分析（右）

第1表 韓国国立文化財研究所 GPR 探査装備仕様

SIR - 3000 (GSSI 社、アメリカ)	
アンテナ	All GSSI antennas
チャンネル数	1
貯蔵容量	256MB internal memory, 1Gb CF memory
Display	8.4 " TFT LCD, 800 × 600 resolution, 64K colors
Data Format	RADAN (dzt)
Scan Rate Examples	300 Scans/sec at 256 samples/scan 150 Scans/sec at 512 samples/scan
Sample size	8 bit or 16 bit, user selectable
Scan interval	User selectable
samples/scan	256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192
Operating Modes	Free run, survey wheel, point mode
Time Range	0 ~ 8000 nanoseconds
Gain	Manual or Automatic, 1 ~ 5 gain points (- 20 ~ 80dB)
Filters	Low - Pass and High - Pass IIR and FIR Stacking, Background Removal
電源	10.8 V DC, internal
Interface	USB port, CF memory, Ethernet
GPS	外部の GPS と RS232 ケーブルで連結
装備サイズ/重さ	315 × 220 × 105 mm / 4.1kg



第7図 SIR-3000 本体 (左) およびアンテナの種類 (右)

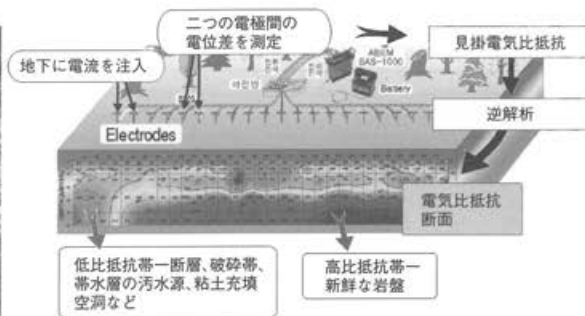
しかし、水平・垂直断面は3次元的に分析するものであるが、2次元的なマップの形で現れるという弱点がある。このような弱点を補うものとして、fence diagram 法、また、さまざまな角度から地下の構造物を観察し、周辺の不要なものを取り除いて立体的に表現する iso surface 3次元分析法がある。これらを通じて探査地域に分布している地下の構造物などを把握し、全体的な遺構分布の形状を明らかにすることができる (第6図)。

Ⅲ．電気比抵抗探査

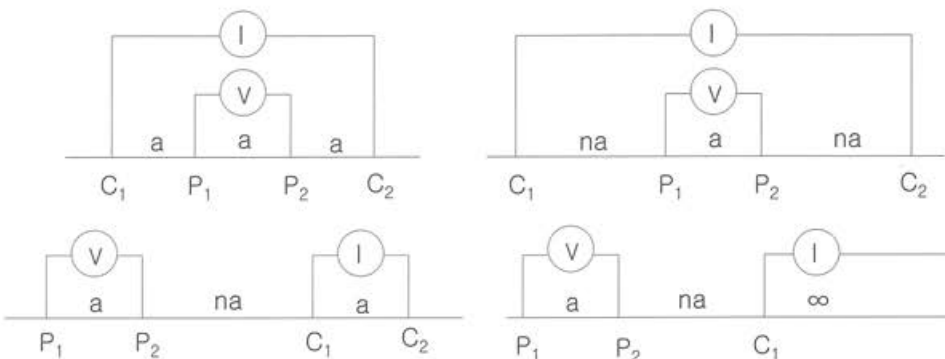
電気比抵抗探査は、地面に電流を流して土壌とそれ以外の物による電気抵抗の差で、遺構や地下構造などを分析する方法である。すなわち、地下に存在する構成物質の性質や状



第8図 電気比抵抗探査場面



第9図 電気比抵抗探査模式図



第10図 電気比抵抗探査配列法/C:電流電極、P:電位電極

左上:ウェンナー配列、右上:シュルンベルジェ配列、左下:二極配列、右下:三極配列(単極-双極)

第2表 韓国国立文化財研究所電気比抵抗探査装備仕様

Terrameter LS (ABEM 社、スウェーデン)	
Modes	Resistivity, Resistance, SP, IP, Battery voltage
Measurement range	+/- 5V
Measuring resolution	3 nV at 1 sec intergration
入力 Impedance	200 MOhm, 20 MOhm and 300 kOhm
入力 Voltage	+/- 600V
出力 Current	2500 ma
出力 Voltage	+/- 600V
出力 Power	250 W
Input gain range	Automatic/ 手動兼用
チャンネル数	8 チャンネル
Isolation	All Channels are Galvanically isolated
スイッチ数	64 個 (拡張可能)
装備サイズ/重さ	390 × 210 × 320 mm / 12 kg
電源	Inter NiMH 12V, External 12VDC Batt.
貯蔵容量	1,500,000 readings
Display	8.4 " TFT LCD, Full color, Daylight visible
Interface	2 × USB port, Lan Cable
連動プログラム	RES2D/3D 連動可能
GPS	20 channel SirFstar III chip 内蔵



第11図 Terrameter LS 本体 (左) および電極設置写真 (右)

態によって電流が流れやすい部分と、流れにくい部分から生じる電気抵抗の差異を分析する方法である。たとえば、地下の湿った粘土は電流が流れやすいので抵抗が低く、石材からなる古墳の石室などは、石材間の隙間や石材そのものが電気を流れにくくするため、抵抗は高くなる。このような電気の流れ具合を電気比抵抗（電気伝導率の逆数）といい、電気比抵抗が低いほど電気の流れは良くなる。すなわち、電気比抵抗が異なる要素を分析して研究するのが物理探査分野の電気比抵抗探査法である。

電気比抵抗探査法には垂直探査と水平探査などがあり、探査目的や探査場所の状況によっ

て使い分けをする。最近では垂直、水平探査の概念よりは、2次元探査、3次元探査の概念で探査が実施されている。3次元探査は、地形の屈曲や探査測線の下の垂直断面を含めて、あらゆる方向で電気比抵抗分布に変化が生じるという前提において探査・分析するため、文化財の探査にもっとも適した映像を得ることができる。

電気比抵抗探査において重要なのは電極配列法である。電極配列は、ウェンナー配列、シュルンベルジェ配列、二極配列、三極配列（単極－双極）、単極配列、変形電極配列などに分類されるが、これらは各々異なる特性を持っている。地下構造物を精密に解析する能力を表す分解能（resolution）は、二極配列が一番適しており、その次が三極配列、単極配列、シュルンベルジェ配列、ウェンナー配列の順である。反面、測定資料の質を表す信号対雑音比（S/N ration）においては、二極配列が一番低く、三極配列、シュルンベルジェ配列、ウェンナー配列の順に増加する。このように、二極配列は信号対雑音比が低い弱点はあるが、良好な分解能の資料を取得することができ、ウェンナー配列はそれとは反対の特徴を持っている。すなわち、どちらの配列が良いとは決め難く、探査地域の状況や探査目的に合う電極配列を選択、あるいは併用するのがよいと思われる。

Ⅳ．探査事例

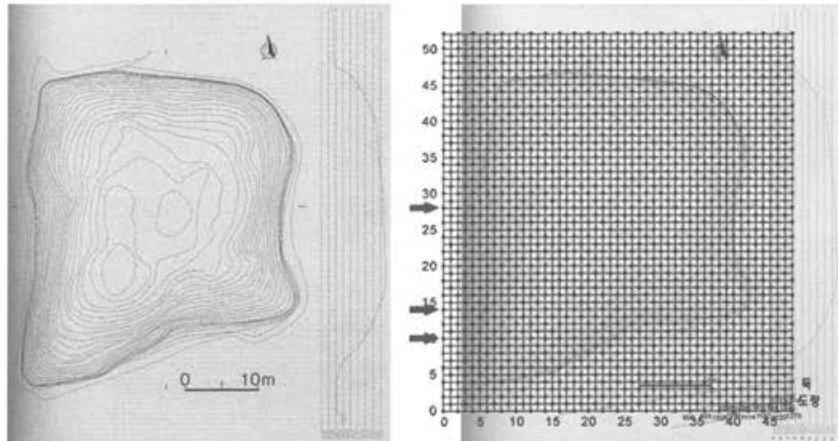
ここでは、韓国の古墳などの探査結果と、日本において日本の研究者とともに作業をおこなった宮崎県西都原古墳群の物理探査結果を紹介する。この成果を踏まえて日本と韓国の物理探査法、および活用について比較・分析し、相互発展の方向性を模索する。

1. 羅州伏岩里古墳群

羅州伏岩里古墳群は、全羅南道羅州市多侍面伏岩里875－4番地の一帯に所在し、史蹟第404号に指定され保存・管理されている。この古墳群の中で最も大きい3号墳に対して電気比抵抗探査を実施し、その結果を分析した（第12図）。3号墳は発掘調査の結果、内部に多数の埋葬施設が存在することが明らかになっている。今後、大型古墳の内部空間の構造を



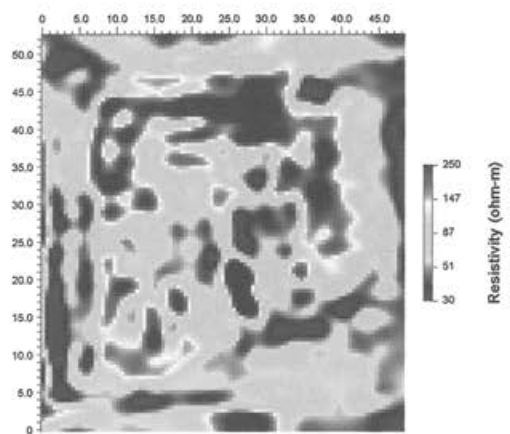
第 12 図 羅州伏岩里古墳群および探査対象の3号墳（矢印）



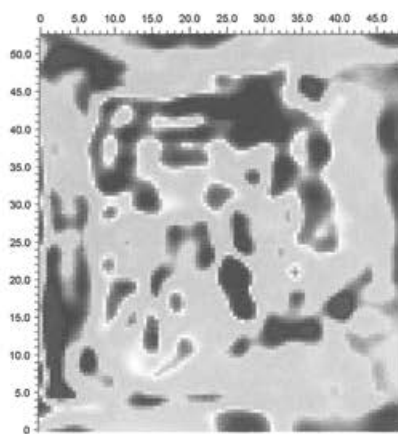
第13図 羅州伏岩里3号墳の測量図および電気比抵抗探査格子



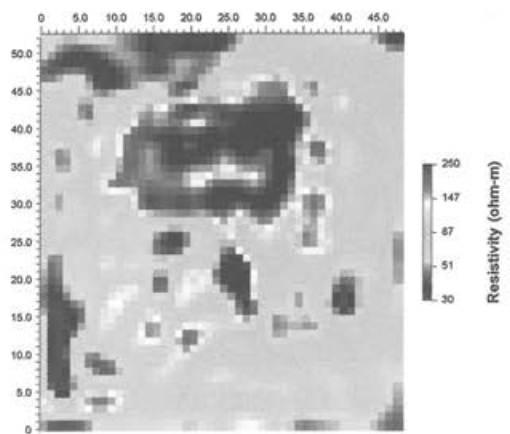
第14図 発掘遺構図



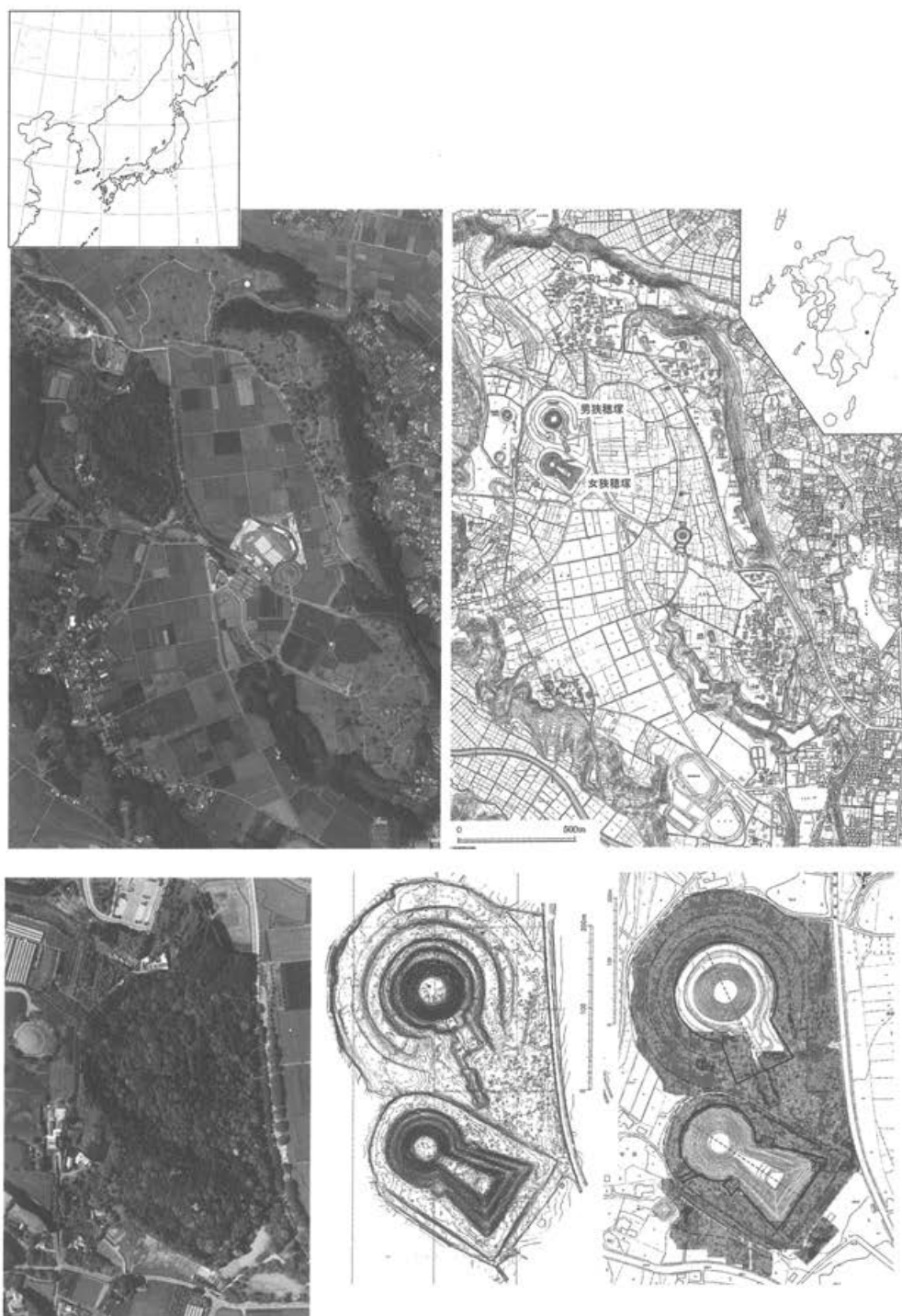
第15図 深さ2.25mの探査結果



第16図 深さ2.75mの探査結果



第17図 深さ3.5mの探査結果



第 18 図 宮崎県西都原古墳群および男狭穂塚・女狭穂塚の探査結果



第 19 図 GIS システム導入および探査結果の活用

映像化することが、大型古墳に関する考古学的資料を得るための重要な研究方法となることが期待されることから、3号墳を対象に電気比抵抗3次元探査を実施し、内部構造の比較分析をおこなった。

探査は、東西方向48m、南北方向52mの範囲を対象にグリッドを設け、各グリッドに電

極を設置して実施した。(第13図)

正確な位置を把握するためにグリッドごとに GPS を用いて 3 次元測量座標を設定した。探査資料は、測線ごとに垂直断面探査（2 次元）を通じて計測しており、南北方向に 49 個、東西方向に 3 個である。測線間隔は 1 m、測点間隔は 2 m にし、測線ごとに南北に 1 m ずつ移動しながら測定した。これは、電極間隔は 2 m であるが、1 m 間隔で測定した場合と同じような分解能を保つためであり、探査に使われた電極配列は双極配列である¹。

第14図は伏岩里 3 号墳の発掘調査遺構図面で、第15～17図は、各々の深さによる電気比抵抗探査の結果である。赤色系列で表示された高比抵抗部分は、伏岩里 3 号墳内の埋葬施設、および関連施設に対する反応と判断される。発掘遺構と探査結果を比較すると、高比抵抗反応が認められた部分は、発掘された遺構の位置とかなり一致していることが見て取れる。

2. 宮崎県西都原古墳群

西都原古墳群は、九州の宮崎県にある。一ツ瀬川右岸の標高 60～80m の台地上に位置し、南北 4.2km、東西 2.6km の広い範囲に約 320 基以上の古墳が存在し、その種類も前方後円墳、円墳、方墳、横穴墓、地下式横穴墓などさまざまなものが分布している。西都原古墳群は 1934 年に国の史蹟に、1952 年には特別史跡に指定されている。西都原古墳群の中で男狭穂塚と女狭穂塚の 2 基は九州最大規模の古墳で、宮内庁が陵墓参考地として管理している。宮崎県立西都原考古博物館では、男狭穂塚、女狭穂塚の 2 基を含む西都原古墳群全体を対象に地下物理探査を実施している（第18図）²。また、探査結果に基づいて地下遺跡 GIS システムを構築し、学術調査、および復元整備に活用している（第19図）。それにより発掘調査は最小限に抑えられ、古墳を原形のまま保存しながら調査を遂行することができるのである³。こうした手法は、国立扶余文化研究所で進めている百濟都城 GIS システムにおいても参考となった。

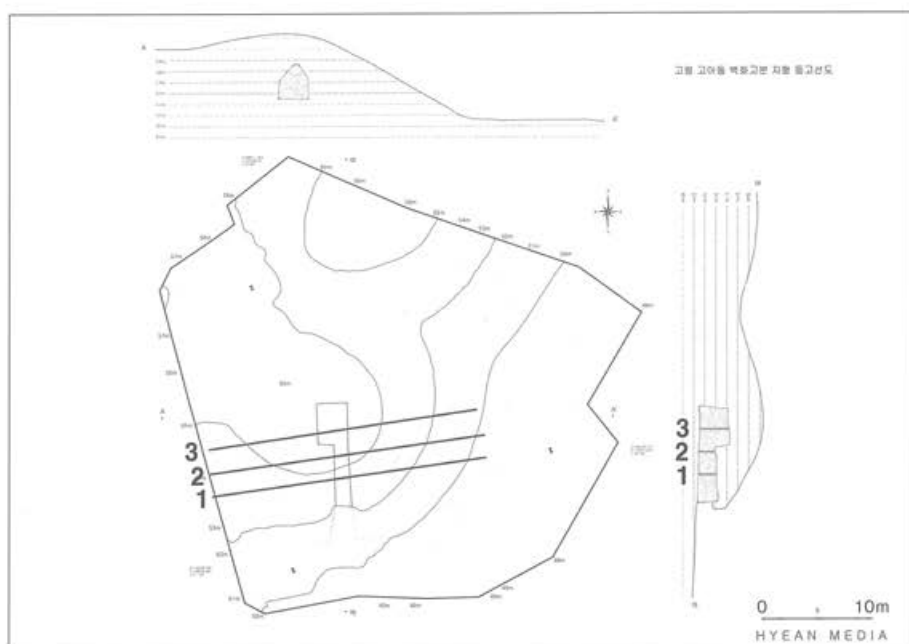
3. 高霊古衙洞壁画古墳

高霊古衙洞壁画古墳は、慶尚北道高霊郡高霊邑古衙里に位置する史蹟第165号で、墳丘の高さは 3.1m、南北の長さは 20m、東西の長さは 25m である。この古墳は、高句麗の壁画古墳に影響を受けたものと推定され、伽耶時代末期の古墳文化を研究するうえで重要な遺跡である。探査の目的は、古墳の物理探査法の研究と関連して古墳内部の石室壁体構造を研究するためであった。探査は、古墳の外形の大まかな大きさや形態を把握するために、地表で電気比抵抗探査をおこない、石室の壁体構造や厚さを把握するために、古墳内部に対し GPR 探査をおこなった（第20図）。

電気比抵抗探査は、第21図のように古墳羨道部（1～2 番測線）と玄室中心（3 番測線）で実施し第22図のような結果を得た。赤色は電流が流れにくい高比抵抗値（500 Ω m）を示し、緑色は一般的な土壌で現われる低比抵抗値（～60 Ω m）を示す。3 番測線の探査



第 20 図 高霊古衙洞壁画古墳の全景および電気比抵抗探査の様子



第 21 図 高霊古衙洞壁画古墳の地形図および電気比抵抗探査測線

結果、玄室が位置している部分の電気比抵抗値が高く現われ、地表面付近では低く現われた。玄室中心で見られる垂直形状は内部の形状に類似しており、円形に近いアーチ形と考えられる。

また、玄室の左側と上部で現れる高比抵抗は、古墳内部へ雨水などが染み込まないように防水施設などを施したためと推定される。羨道部内部の天井には、大きな板石が置かれているが、1・2番測線の探査結果により玄室中心の垂直形状に似たアーチ形と考えられる。

GPR 探査は、古墳の石室壁体の構造や厚さを把握するために古墳内部にアンテナを一点ずつ接置する方法でおこなった。一般的な GPR 探査は、把握したいところにアンテナを接

置した後、引きながら探査するが、この古墳の場合は内部の壁が非常にもろく、アンテナを壁に接置し引く方法では壁画や壁本体に損傷を与える恐れがあり、点で接置する方法を選んだ。また、良質のデータを確保するために1点につき最低10回以上のテストを繰り返しながらデータを記録した。

第23図は、北壁に向かって東壁と西壁を探査したもので、1～4地点それぞれのレーダーグラム（radargram）を分析した結果、壁は、厚さ約40～50cmのものが二つの層になって存在することが分かった。これは石室の外部壁が四角形に築造されているという予想と異なり、内部と同じ形で築造されていることを示すと考えられる。それは電気比抵抗の探査結果とも一致する。

第24図は、西壁に向かって古墳の天井、床面、北壁の各地点でおこなった探査結果である。レーダーグラムを分析した結果、石室内部と同一の形状で築造されたものとみられる。東・西壁と同じく二つの層に分かれており、各側の厚さは約40～50cmと確認された。

第25図は、床面に向かって古墳の東・西・北壁の地点での探査結果を現している。東・西・北壁のすべてが石室内部と同じ形状となるよう築造されており、各壁の厚さも天井と床面などの層と同じく約40～50cmと確認された。

今回の探査では、地表で電気比抵抗探査を実施して古墳外形の大まかな大きさや形態を把握し、古墳の内部ではGPR探査を実施して古墳の石室壁体の構造や厚さを把握することができた。その結果、古墳内の石室を取り囲む壁体が四角形であるという予想と異なり、石室内側の形状に沿って40～50cmの二つの層で築造されていることが確認でき、埋葬施設の全体を同じように積んで築造したものと思われる。



第3測線

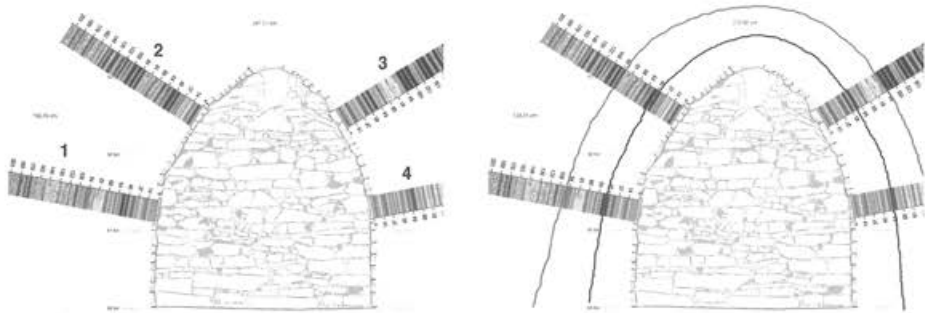


第2測線



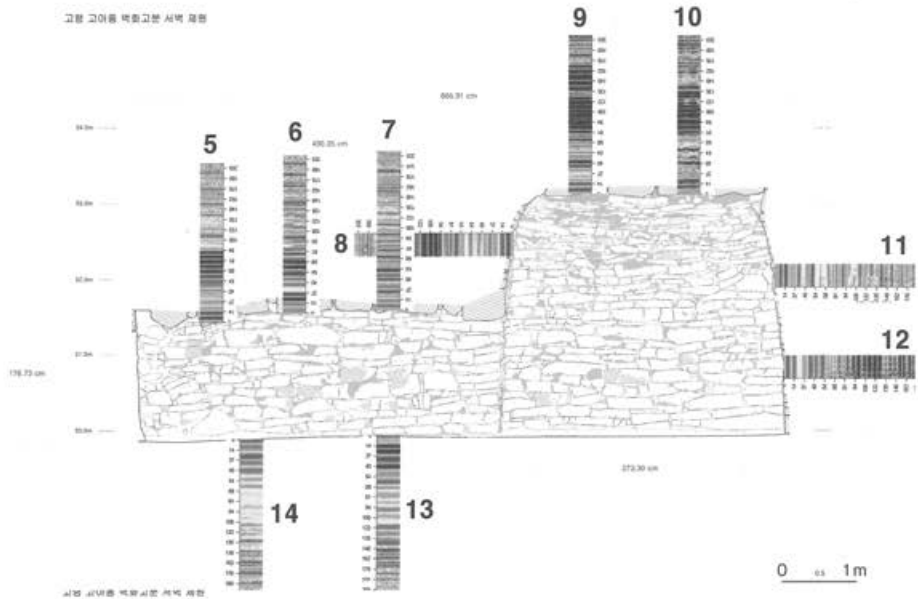
第1測線

第22図 高霊古衙洞壁画古墳の
電気比抵抗探査結果

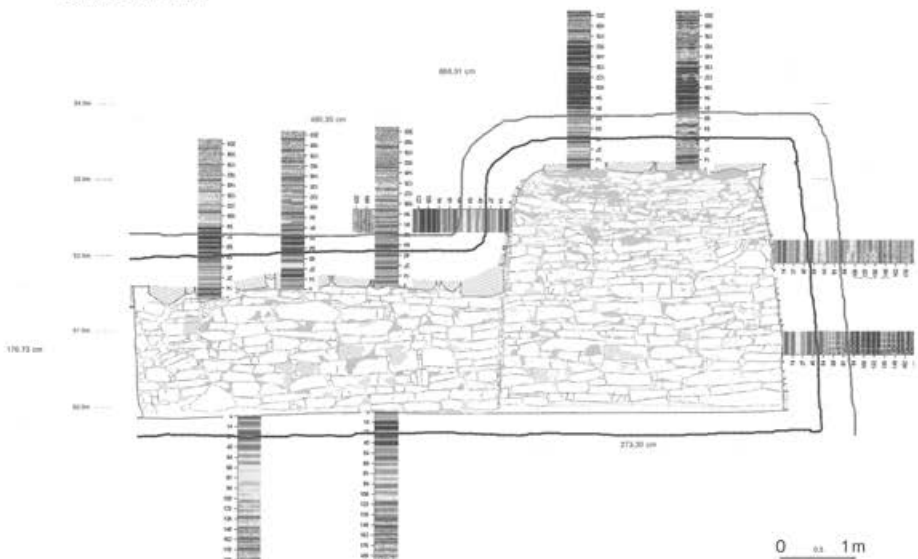


第 23 図 東・西壁の各地点での探査結果および築造外形分析結果 (北壁に向かって)

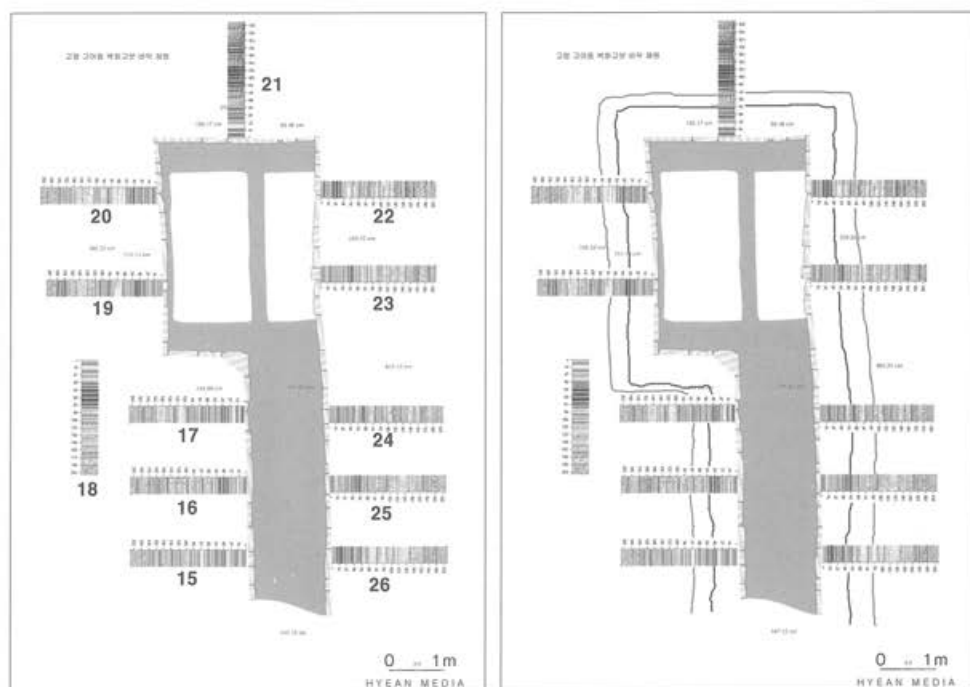
고령 고아를 벽돌고분 서벽 평면



고령 고아를 벽돌고분 서벽 평면



第 24 図 天井、床面、北壁の各地点での探査結果および築造外形分析結果 (西壁に向かって)



第25図 東・西・北壁の各地点での探査結果および築造外形分析結果(床面に向かって)

4. 高興野幕古墳

高興野幕古墳は、全羅南道高興郡豊陽面野幕里461-5の小高い丘陵地の頂上部に位置している。古墳は長軸方向の北西-南東側が22.7m、短軸は18.7m、高さ約3m程度である。発掘調査をおこなう前に、埋葬施設の規模と位置を把握するため実施したGPR探査の結果は第28・29図のとおりである。

第29図の探査結果によると、埋葬施設は北西-南東方向を主軸としており、平面規模は約4.5×3.5mであると推定される。また、墳丘表面に存在していた外護列石は大部分が消失したものと分析され、探査の結果と発掘調査の結果はおおむね一致することが分かった。

5. 高霊池山洞古墳群第518号墳

高霊池山洞古墳群は、慶尚北道高霊郡高霊邑池山里に所在しており、2012年に国立加耶文化財研究所がこの第518号墳を調査するために地下物理探査をおこなった結果、封墳の高さが3～4m程度であることが分かった。さらに、埋葬施設の深さや形態を知るためにGPR探査と電気比抵抗探査をおこなった。その結果は第30・31図のとおりである。

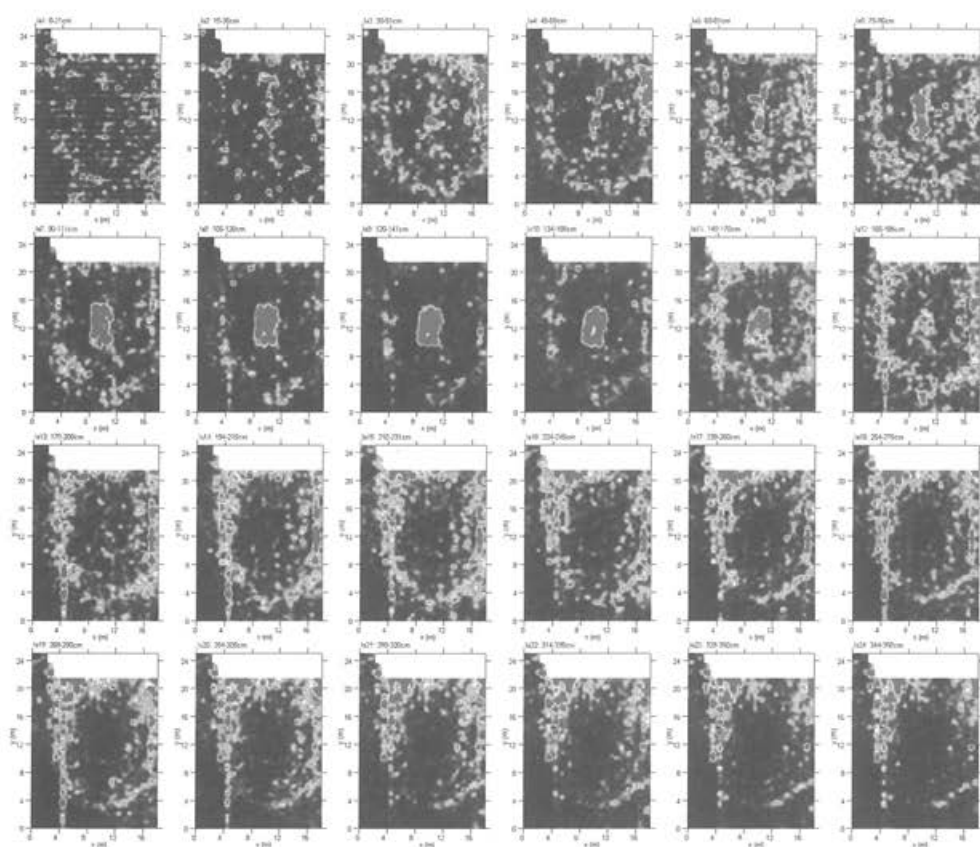
GPR探査の結果、埋葬施設は封墳から地下約2～3mの深いところにあり、南東-北西方向に主軸をもつことが判明した。また、電気比抵抗探査の結果、墳丘上面から埋葬施設に達すると推定される盗掘坑なども確認された。



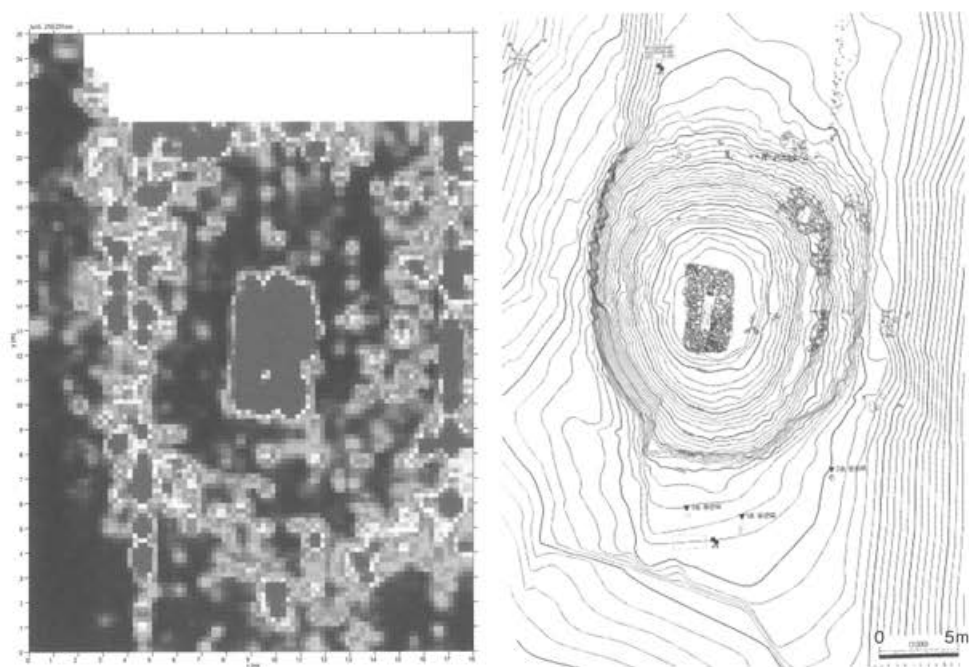
第 26 図 野幕古墳の全景



第 27 図 発掘調査の様子



第 28 図 GPR 探査の水平結果 (time slice)



第 29 図 GPR 探査結果 (60 ~ 110cm) と発掘調査結果

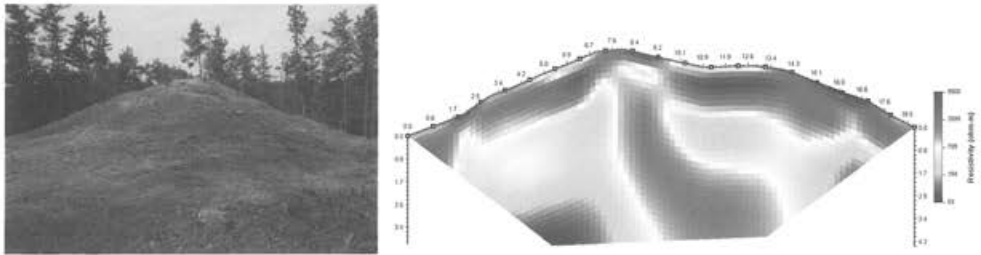
6. ソウル風納土城の城壁

風納土城は、ソウル市松坡区風納洞に位置する百済時代の土城である（第32図）。最近、土城の北側の壁を中心に集中豪雨による崩壊が発生し、その原因を分析するために電気比抵抗探査をおこなった。

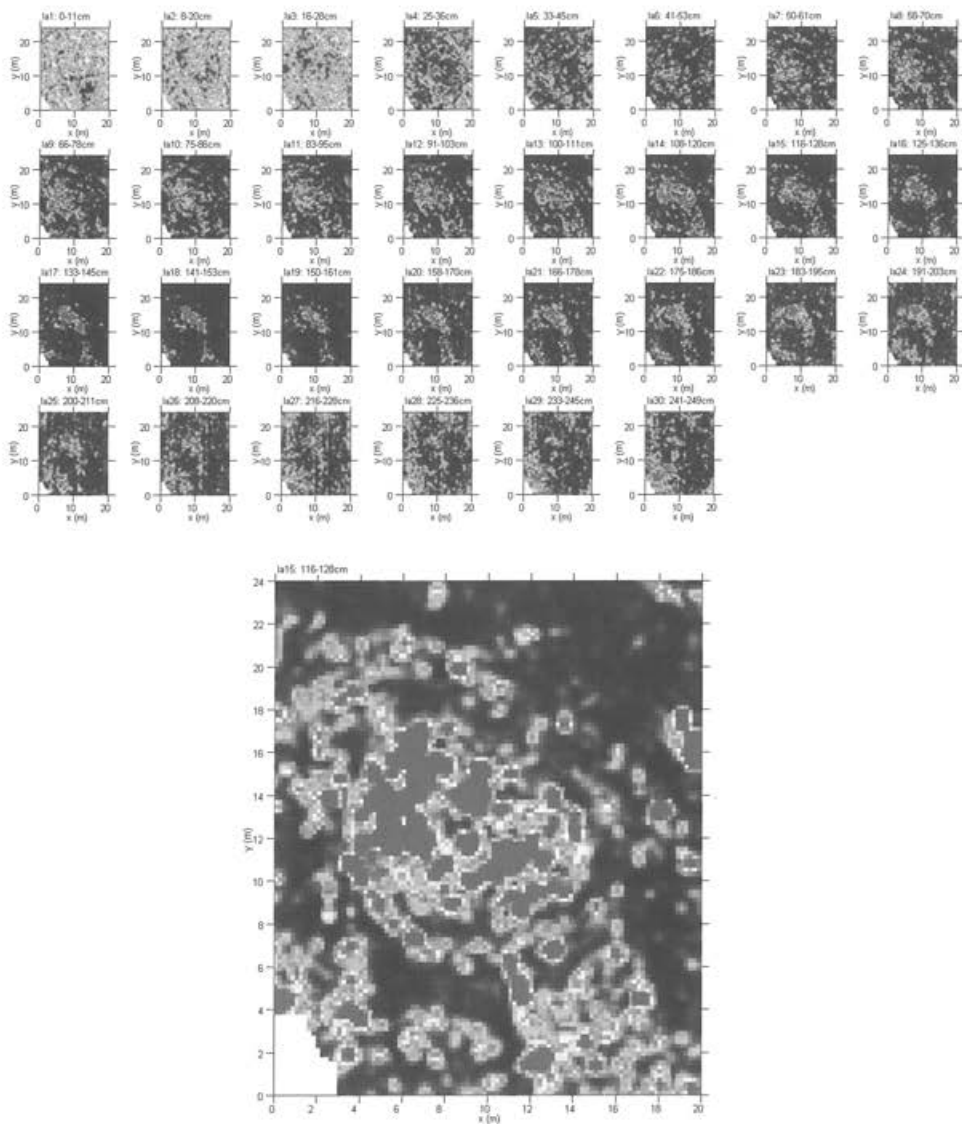
探査の結果、傾きが急な斜面で高比抵抗値が現れているのが分かった。高比抵抗値は、一般的に、地下深い岩盤などで現われる現象であるが、地表面近くの高比抵抗値は異常帯を意味するものである。第33図は、探査地点の近くで崩壊した様子や探査結果を示している。異常帯から砂利、砂、廃棄物などが確認された。それにより集中豪雨で起きた崩壊は、土城を復元した際に使用した材料や工法に原因があることが分かった。

V. 結論

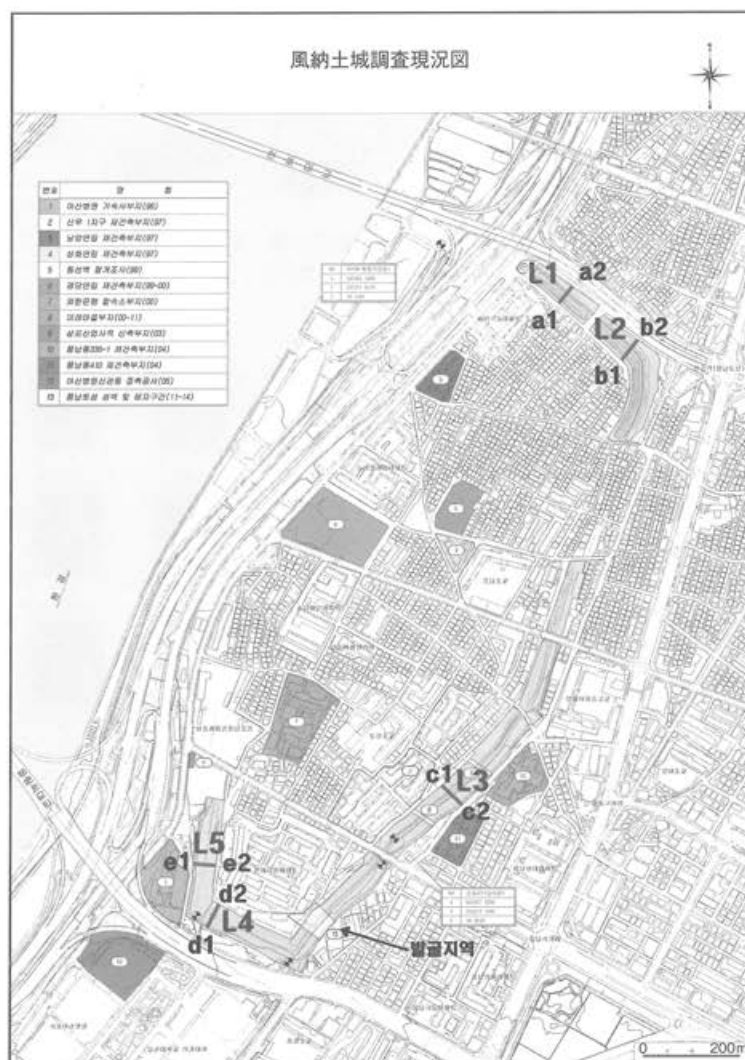
日本と韓国は、文化財研究に関し包括的な交流を活発におこなっている。特に考古学分野では、相互の人的交流を含め、多くの研究資料と情報が交流している。しかしながら、考古学的物理探査に関する交流は、探査専門家の人的資源の限界という問題を抱えながら進められている。日本は、物理探査技術開発の初期段階に、奈良文化財研究所の西村康先生による活発な探査が行われ、いろいろな探査法や装備が発展する契機となった。また西村先生には、韓国で文化財物理探査が定着するまでの間、多くの手助けをしていただいた。



第 30 図 高霊池山洞古墳群第 518 号墳の全景、南から (左)
電気比抵抗探査の結果、518 号墳中心、西→東方向 (右)

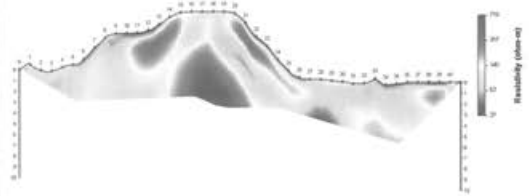


第 31 図 GPR 探査結果 (time slice) および細部探査結果 (0.7 ~ 1.5m)

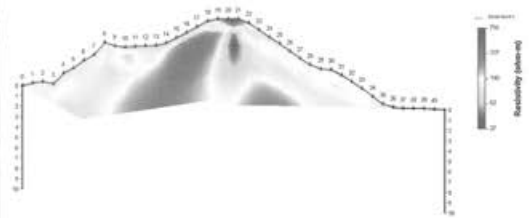


第 32 図 風納土城調査現況図および探査測線

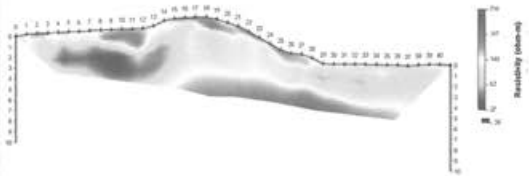
しかし今なお、日韓両国の文化財物理探査の専門家は決して多くないというのが実情である。韓国では、韓国国立文化財研究所で総数3名の担当者が年に10～20回程度の探査をおこなっており、日本は奈良文化財研究所で1～2名、宮崎県立西都原考古博物館で1～2名、その他いくつかの大学などが探査をおこなっている程度である。宮崎県立西都原考古博物館は最近、古墳群探査によるGISシステム化を実施している。このような努力によって物理探査は考古学分野で一定の役割を担い定着しつつある。今回、西都原古墳群の探査では、日韓両国の研究者がよりよい成果を得るために協力し、ともに作業をおこなった。



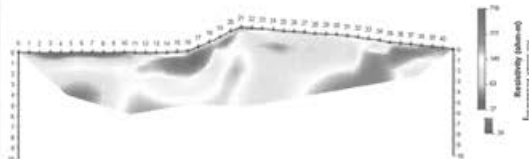
測線 L1 周辺の状況 (a2 から見た頂上部) / 測線 L1 (a1 ~ a2) の電気比抵抗探査結果



測線 L2 周辺の状況 / 測線 L2 (b1 ~ b2) の電気比抵抗探査結果



測線 L3 の探査の様子 (c2 から見た頂上部) / 測線 L3 (c1 ~ c2) の電気比抵抗探査結果



測線 L5 の探査の様子 (e2 から見た頂上部) / 測線 L5 (e1 ~ e2) の電気比抵抗探査結果

第 33 図 ソウル風納土城城壁の電気比抵抗探査結果

特に、日本の研究者の中で宮崎県教育委員会文化財課の東憲章氏は、韓国の研究者に貴重な資料を提供してくださり、また、探査現場では多くの助言をいただいた。この場を借りて感謝の意を表したい。

今後、日本と韓国は、探査分野において両国だけでなく他のいろいろな国も含めた大きな枠の中で物理探査に関する共同ネットワークを作り、共同研究を行う必要がある。これまでの文化財探査分野がそれぞれの国における必要性や適用可能性、信頼性によって進められたものであるとすれば、これからは文化財研究分野において独立した研究テーマを設け、融合的、複合的な学問になっていく必要があると思うのである。

註

- 1 国立文化財研究所『古墳と物理探査』高塚古墳 調査를 위한 3次元 電気比抵抗 映像化、2011年。
- 2 第18図は、宮崎県教育委員会文化財課（当時）東憲章氏よりご提供いただいた。
- 3 東憲章「ペールを脱いだ男狭穂塚女狭穂塚～地中レーダー探査による墳形復元～」『宮崎県立西都原考古博物館研究紀要』第4号、宮崎県立西都原考古博物館、2008年
東憲章『特別史跡西都原古墳群地中探査・地下マップ制作事業報告書（1）』宮崎県教育委員会、2012年。

한일 고분 공간구조 영상화를 위한 물리탐사연구

신 중 우

요 지 한국의 고고학적 물리탐사는 1995년 나라문화재연구소에서 활용중인 물리탐사를 참고로 국내에 도입되었다. 도입당시 한국에서는 건축, 토목분야에서 물리탐사가 활성화 되어 있었지만 고고학에 접목시켜 탐사를 하는 전문가는 없었다. 이에 국립문화재연구소는 고고학적 물리탐사를 도입하기 시작하여 오늘날에 이르게 되었고 그간 한국과 일본은 탐사전문가 교류를 통해 공동탐사 등을 진행하고 탐사방법의 개선과 탐사결과의 신뢰성을 높여 왔다.

고고학적 물리탐사 방법에서 가장 많이 활용된 방법은 GPR탐사법이다. 이는 투과깊이는 낮지만 해상도가 뛰어나 발굴 착수 전에 많이 활용을 하였다. 하지만 투과깊이가 깊은 대형 고분 및 깊이 5m 이상의 지하구조에서는 GPR탐사 투과깊이의 한계성으로 인해 탐사의 어려움을 겪어왔다. 탐사하고자 하는 구조물의 크기가 매장 깊이에 비해 작은 경우는 탐사 자체가 불가능해 질 수 있는 경우도 생긴다. 또한 탐사지역의 지하를 구성하는 물질이 매우 불균질할 수 있는데 이러한 경우에 데이터의 해석에 어려움이 존재하여 왔다.

2011년부터 진행된 한일 고대문화 공동연구에서는 보다 깊은 곳까지 투과하여 지하구조를 연구할 수 있도록 GPR탐사와 전기비저항 탐사방법을 상호 연구해 왔다. 한국에서는 다수의 고분 등에서 탐사를 실시하여 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 일본은 비야자키 사이토바루 고분군의 지하GIS맵 작성이라는 프로젝트를 수행하는 과정에서 상호 협력하였다. 이에 그동안 한국과 일본에서 수행한 탐사결과와 한국 내에서 진행했던 고분 탐사사례를 소개하고 공동연구의 성과와 향후 발전방향을 논하였다.

주제어 : GPR(Ground Penetrating Radar), time-slice, 전기비저항탐사

Geophysical Surveys for Visualization of Spatial Structure of Ancient Tombs in Korea and Japan

Shin Jong-wu

Abstract: In Korea, geophysical surveys in archaeology began in 1995 by introducing geophysical survey methods from Nara National Research Institute for Cultural Properties. At that time, geophysical surveys were extensively adopted in the fields of architecture and civil engineering, but no specialist of this method was existed in archaeology in Korea. Therefore, National Research Institute of Cultural Heritage began to introduce this survey method for archaeological investigation. By conducting the joint investigations with Japanese specialists, the institute have improved the survey method and enhanced reliability of the result of surveys.

GPR survey is the most extensively used method in archaeology. Although the depth of penetration of this method is not deep, it can be obtained high resolution image. Therefore, this survey has been extensively conducted before excavating sites. However, due to the limitation of penetrating depth, it is difficult to produce the high quality image of large-scale mounded tombs and structures buried from 5m below ground level. Moreover, it is impossible to detect deep buried small-scale structures in some cases. Particularly, it is not easy to interpret data of the place where the underground is composed of heterogeneous materials.

In 'Joint Research for Ancient Korean and Japanese Culture', which has been conducted since 2011, the mutual investigation team has carried out GPR and resistivity surveys for surveying deeply buried structures. The Korean team has surveys many burials and produced good results. The Japanese team has carried out the project for mapping underground GIS in Saitobaru kofungun, Miyazaki Prefecture. This paper introduces the results of surveys conducted in Korea and Japan, and discuss achievements and further directions of mutual research.

Key words: GPR (Ground Penetrating Radar), time-slice, resistivity survey