



Active agingを支援するバイオメディカル工学の研究拠点
 —福島県の震災復興に貢献する医工連携研究—

高周波加熱を利用した 癌治療機器の開発

マイクロ波工学研究室
 鎌野 秀三
 電波応用研究室
 道山 哲幸

研究背景と目的

電磁波加熱による癌治療(ハイパーサーミア)は、主に投薬・免疫などの補助的治療法である。あらゆる癌で効果が認められており、初期治療に適した設計となっている。しかし、薬事法が承認されて以降、革新的な機器開発は行われていない。

本研究では、単独治療を実現するために、1. 分散電極型電極板による頭部ハイパーサーミアの実現、2. 体内浅部に適した電極板の開発、3. 新しいマイクロ波同軸スロットアンテナ、4. 加温範囲推定用ファントムの広帯域模擬の実現を提案する。

1. 分散電極型電極板による頭部ハイパーサーミアの実現

脳腫瘍はRFによる治療で報告されていない唯一の癌である。問題点は骨に対して深達性が得られず、また一对の電極で加熱する従来法は頭部に用いることができないことにある。

これを解決するために我々は、分散型電極板を提案し、頭部設置に適した電極設計を数値解析で明らかにした。

図1は電磁界解析による温度上昇分布である。一对のうち、片側の電極を4枚に分割し頭部の前後左右に設置し、頭頂に対する電極を1枚を設置した。従来機器の電力の半分程度で頭頂の電極から脳表面を目標温度まで加熱できることを明らかにした。

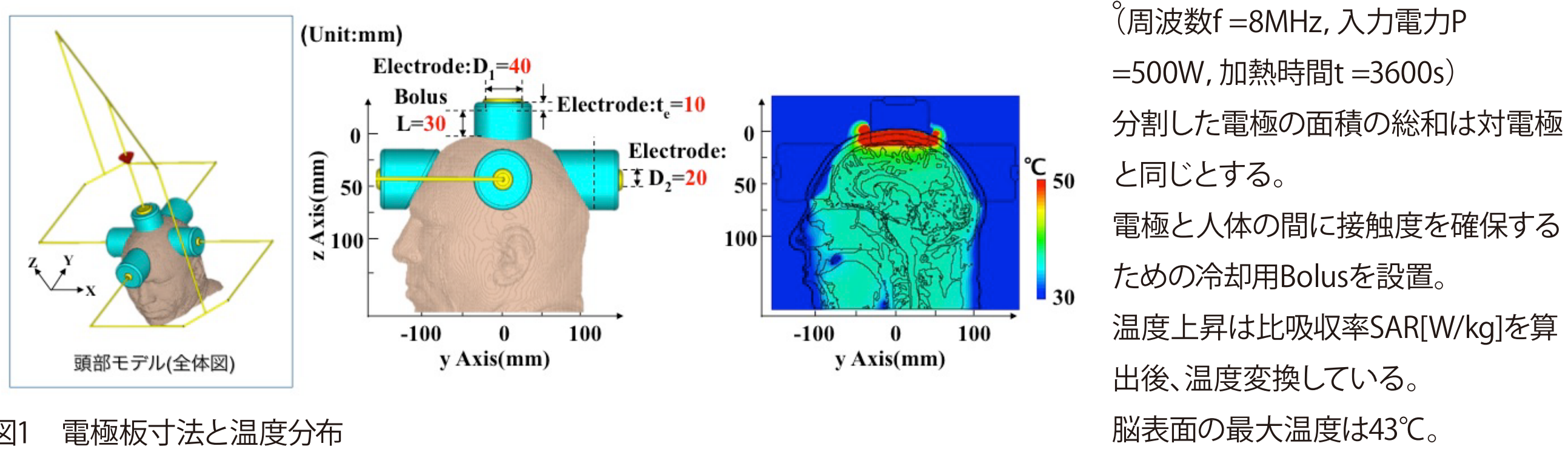


図1 電極板寸法と温度分布

2. 体内浅部に適した電極板の開発

従来装置は人体の前面と背面に電極を設置するため、正常組織および脂肪の過熱が問題であった。そこでリング型電極を提案し、同一面からの体内浅部加温を試みる。

図2にリング型電極の概略と模擬人体の加温を想定した数値解析結果を示す。電極から放射される電流は中心電極からリング電極に向かって放射状に分布し、中心電極の直下で模擬筋肉まで加温している。目標温度を大幅に超えているため、低電力化、他治療機器との併用が期待される。

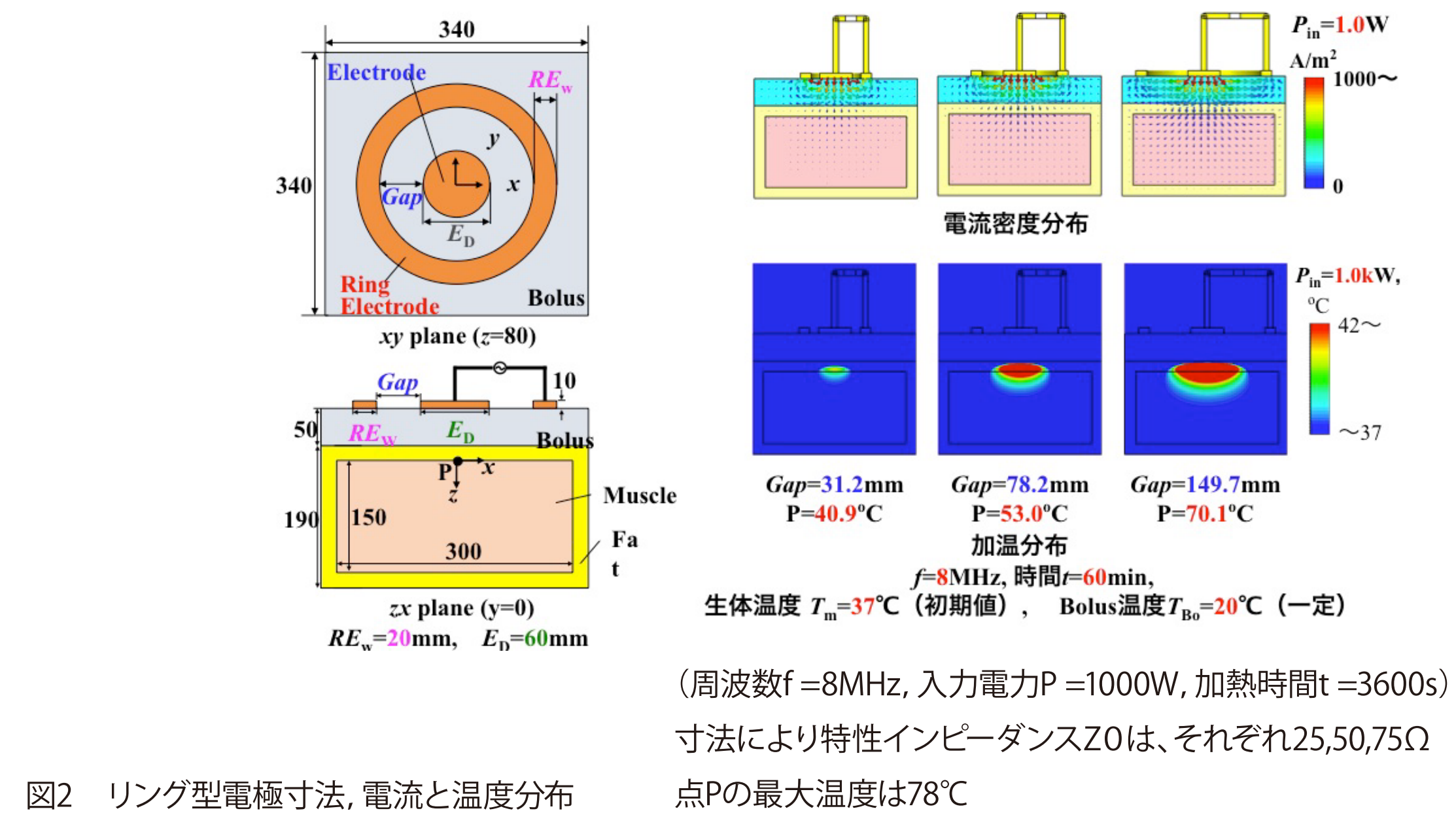


図2 リング型電極寸法、電流と温度分布

3. 新しいマイクロ波同軸スロットアンテナ

諸外国では乳癌を直接加熱するマイクロ波同軸スロットアンテナの研究が多く、優れたインピーダンス特性を合わせ持つことが要求されている。そこで、同軸スロットアンテナのインピーダンス特性を数値解析し放射効率の改善を試みる。図3に乳房内の加温分布と提案のアンテナの周波数特性を示す。外径が同じ場合、中心導体が大きい方が特性インピーダンスの関係から特定の周波数で放射効率が増加し、結果的に加温分布も増大することが明らかになった。

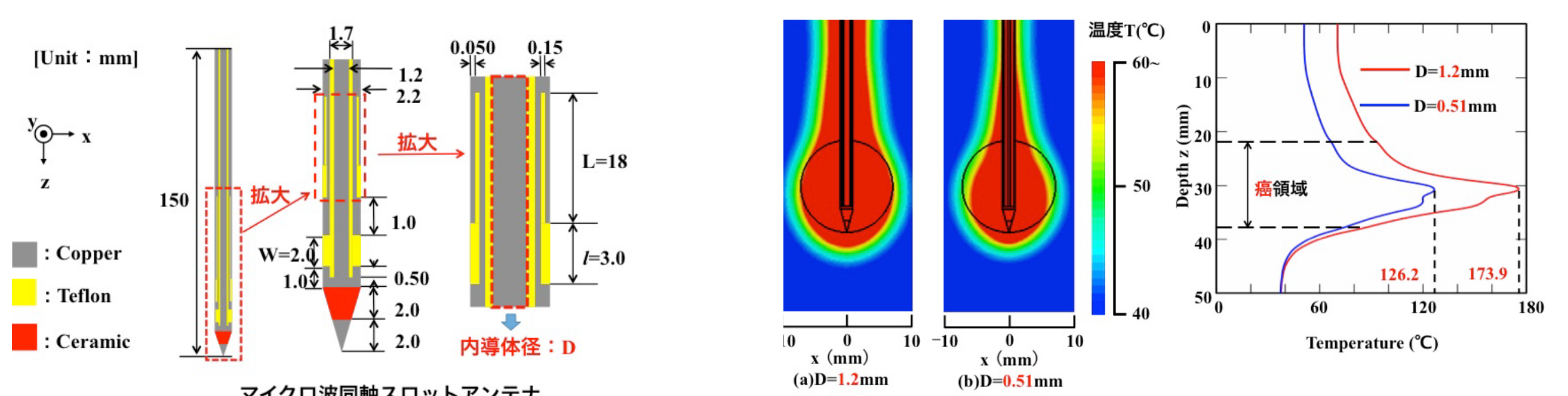


図3 同軸スロットアンテナの寸法、周波数特性、乳房の加熱分布 (周波数f=2.45GHz、入力電力P=20W、加熱時間t=60s)

4. 加温範囲推定用ファントムの広帯域模擬の実現

癌治療機器開発の初期実験では、正確に人体を模擬する材料が要求される。しかし、脂肪、筋肉、癌部でRFからMWまでの広帯域を模擬するファントムは実現されていない。そこで、混合材料によるファントムを提案する。

図4に430MHz用筋肉模擬ファントムと2.45GHz用脂肪模擬ファントムを示し、それらの材料組成を表に示す。比誘電率と導電率が良好に一致しており、さらに2.45GHzのファントムでは熱特性として比熱の結果も良好だった。この結果から、熱特性を含む再現性の検証が可能な他組織のファントムの開発が期待できる。

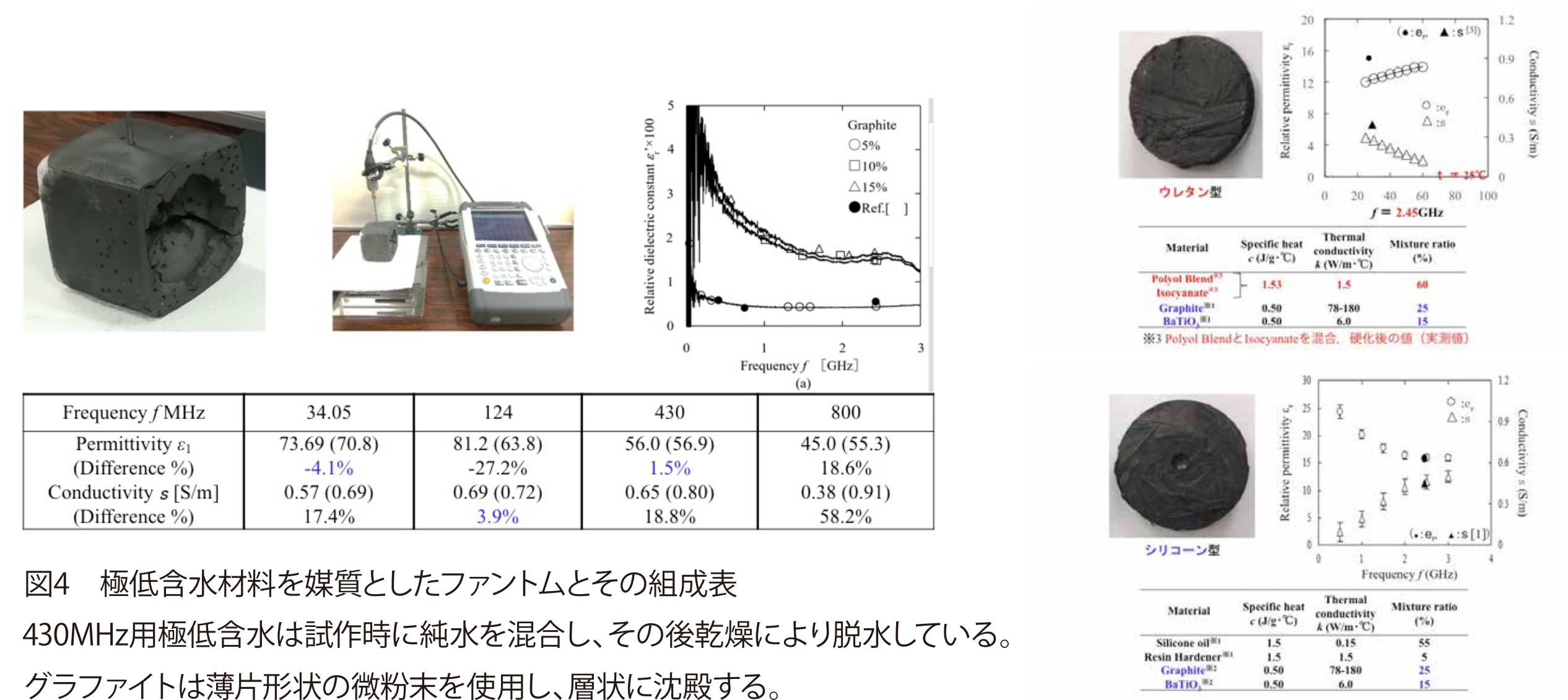


図4 極低含水材料を媒質としたファントムとその組成表
 430MHz用極低含水は試作時に純水を混合し、その後乾燥により脱水している。
 グラファイトは薄片形状の微粉末を使用し、層状に沈殿する。