

光安虹太郎, 大久保幸哉, 田中俊幸

(長崎大学大学院総合生産科学研究科)

## 1. 初めに

現在,日本の海の活用の幅は広がっており,それと同時に海中環境のモニタリングが必要とされる.実際にエネルギー開発や養殖業では,海中環境のモニタリングが必要となる.本研究では,電磁波を用いて海中環境探査が可能であるかの試験をしている.2本のダイポールアンテナ間に電磁波を流しVNAを用いてS21周波数応答を調べることで海中環境探査を行う.また,現在は,海水の塩分濃度と汚染度の2つの海水要素に着目し,研究を行っている.

## 2. 研究概要

海中塩分濃度推定に関する研究は3段階で行っている.

第1段階では,食塩水と真水を用いた疑似海水(食塩水)の塩分濃度推定.第2段階では,海で採取した実海水を用いた塩分濃度推定.第3段階では,測定器とダイポールアンテナを海に持ち運び,現地で塩分濃度推定を行うことである.第1段階,第2段階はともに0.1%以内で塩分濃度推定することに成功している

本研究では,第3段階の海上実測に向け取り組んでいる.また,実海水の汚染度によるS21周波数応答も調査した.

## 3. nanoVNAを用いた塩分濃度推定

本研究では,小型で持ち運びが可能であるnanoVNAを使用し,大型のVNAと同様に塩分濃度推定が可能であるか検証した.

容器に5Lの疑似海水を準備し,nanoVNAに繋いだ2本のダイポールアンテナを疑似海水に投入しS21周波数応答を調べる.測定点1616,アベレージ5,測定範囲300kHz~1GHzにおいてS21周波数応答を測定した.また,PCソフトのnanoVNA-saverを使用して振幅特性を抽出した.塩分濃度3%~5%までの14の異なる塩分濃度に対するS21周波数応答を図2に示す.

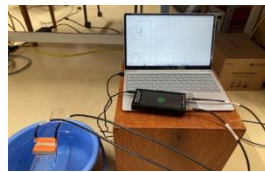


図1 実験の様子

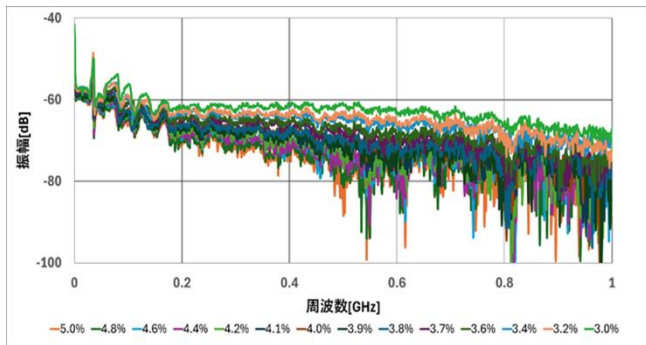


図2 疑似海水の測定結果

また,0.3GHz~0.5GHzに着目して平滑化を行い,塩分濃度に対する|S21|の傾きの関係を,1次近似し,その傾きの値を各塩分濃度に対してまとめた結果を図3に示す.

図3の横軸は塩分濃度の傾き,縦軸は塩分濃度を示している.図3のグラフを1次近似すると,

$$y = -0.5835x + 2.9856(1)$$

を得る.式(1)に塩分濃度の傾きの値を代入することで塩分濃度推定値を求めることができる.また,図中の $R^2$ は決定係数である.ここで,塩分濃度3.4%の実海水の塩分濃度の傾き $-0.865 \times 10^{-8}$ を式(1)に代入すると塩分濃度は3.490%と推定できた.推定値と実際の塩分濃度では0.09%の違いがあった.市販の塩分測定器の誤差が $\pm 0.2\%$ 以内であることと比べても,とても良い精度であり,大型のVNAと同様にnanoVNAでも塩分濃度推定が可能であることを明らかにした.

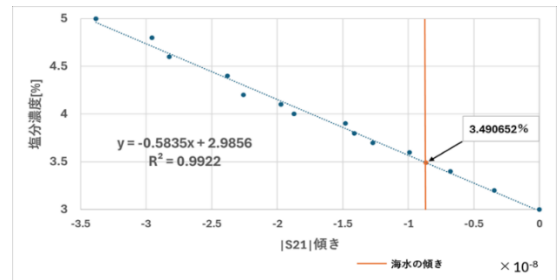


図3 各塩分濃度の傾き

## 4. プラスチック片を利用した汚染度診断

本研究では,塩分濃度の推定に加えて,海水中に含まれるプラスチック片の有無が電磁波の伝搬特性に及ぼす影響について調査した.5Lの実海水に5mm以下のプラスチック片2gを混入した場合と,していない場合でS21の周波数特性を比較した.測定にはVNAを用い,測定点1616,アベレージ5,測定範囲300kHz~2GHzとした.

プラスチック片2g,0gの測定結果を図4に示す.

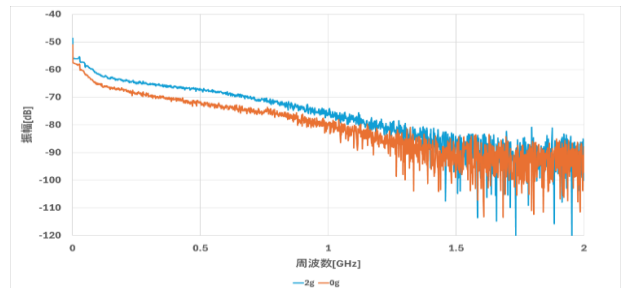


図4 プラスチック片有無の測定結果

プラスチック片2gを混ぜた海水の振幅が大きくなった.これは,プラスチックが海水より損失が低いためであると考えられる.

## 5. まとめ

nanoVNAを用いた塩分濃度推定では,大型のVNA同様に高精度で塩分濃度推定ができ,海上実測を実現させるために必要な装置の持ち運びが可能となった.今後は,海上での実測に取り組む予定である.

プラスチック片を利用した海水汚染度診断では,プラスチック片の有無でS21周波数応答に違いがみられた.今後は,汚染物,汚染度の条件を変え,測定結果から汚染度を診断できるように取り組む予定である.

## 参考文献

[1]中嶋康太郎,他,信学会九州支部学生会 B16, 2024