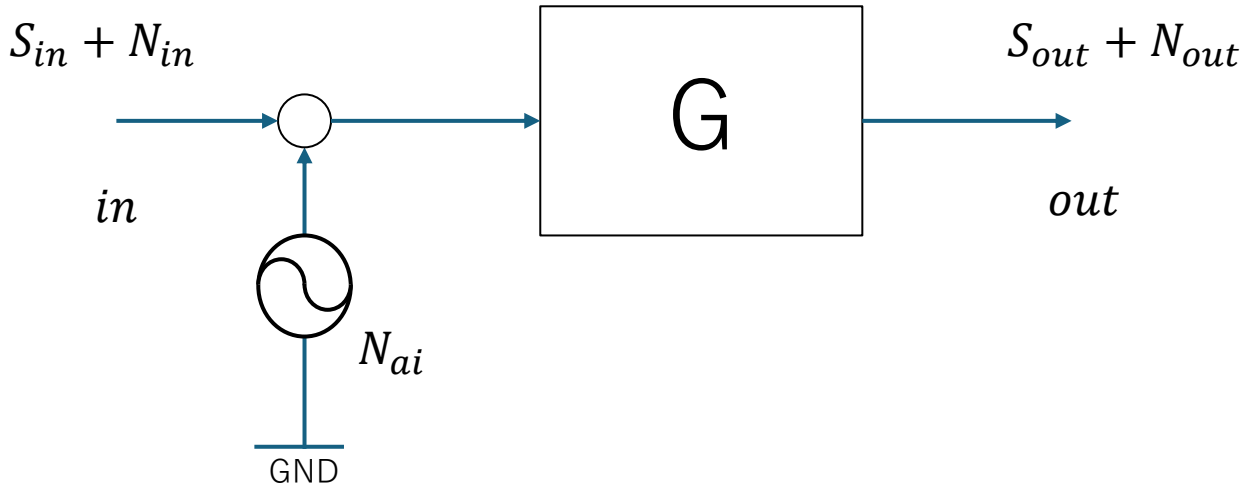
LNAのNF測定

2026年8月4日　井上、佐々木

NF(Noise Figure)



図のように、外部から入力にされる信号も電力S_{in}の信号成分と電力N_{in}の雑音成分を持っている。
増幅器自身は雑音を発生しておりこの雑音が信号に加算され、増幅されて出力信号となる。
よって

$$S_{out} + N_{out} = G(S_{in} + N_{out} + N_{ai})$$

と表わされる。

$$S_{out} = GS_{in}$$

$$N_{out} = G(N_{out} + N_{ai})$$

信号をどれだけ悪くなるのか。出力信号と入力信号の信号対雑音比を比較する。

$$\frac{SNR_{in}}{SNR_{out}} = \frac{\frac{S_{in}}{N_{in}}}{\frac{S_{out}}{N_{out}}} = \frac{S_{in}N_{out}}{S_{out}N_{in}} = \frac{GS_{in}(N_{in} + N_{ai})}{GS_{in}(N_{in})} = (1 + \frac{N_{ai}}{N_{in}})$$

$$\frac{SNR_{in}}{SNR_{out}} = \frac{\frac{S_{in}}{N_{in}}}{\frac{S_{out}}{N_{out}}} = \frac{S_{in}N_{out}}{S_{out}N_{in}} = \frac{GS_{in}(N_{in}+N_{ai})}{GS_{in}(N_{in})} = (1+\frac{N_{ai}}{N_{in}})$$

この式が「雑音指数」(NF)と呼ばれ、信号がどれだけ悪くなるかの示す指標となる。
増幅器の雑音を「温度」で表すこともできるため

$$N_{ai} = N_{in}(NF - 1)$$

雑音電力は

$$N_{ai} = kT_{ai}B$$
$$N_i = kT_iB$$

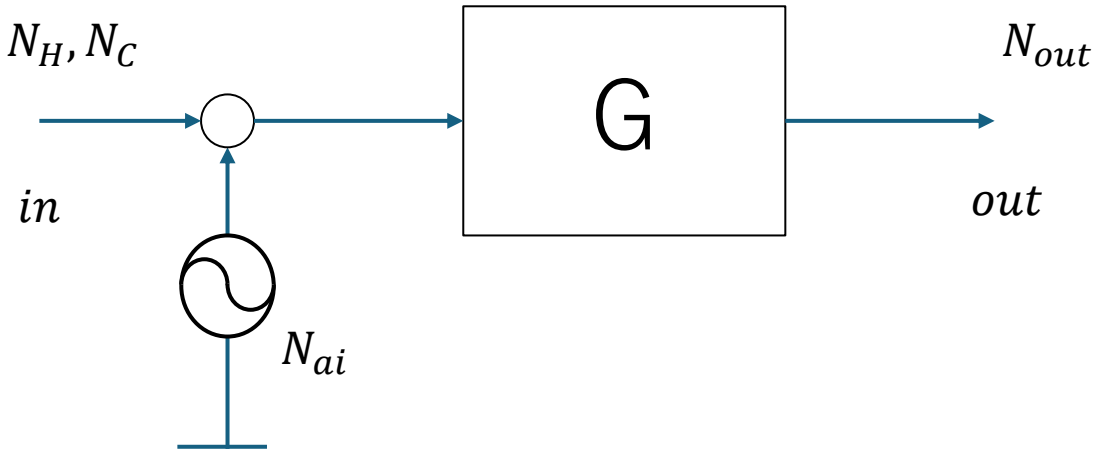
代入すると

$$T_{ai} = T_{in}(NF - 1)$$

上の式に代入して

$$NF = 1 + \frac{N_{ai}}{N_i} = 1 + \frac{T_{ai}}{T_i}$$

Yファクタ法



Yファクタ法 は、Hot（高温雑音源）とCold（低温雑音源）を接続した際の出力電圧の比である。

増幅器の利得をG、帯域幅B、ボルツマン定数をk、増幅器の雑音をN_{ai}とすると

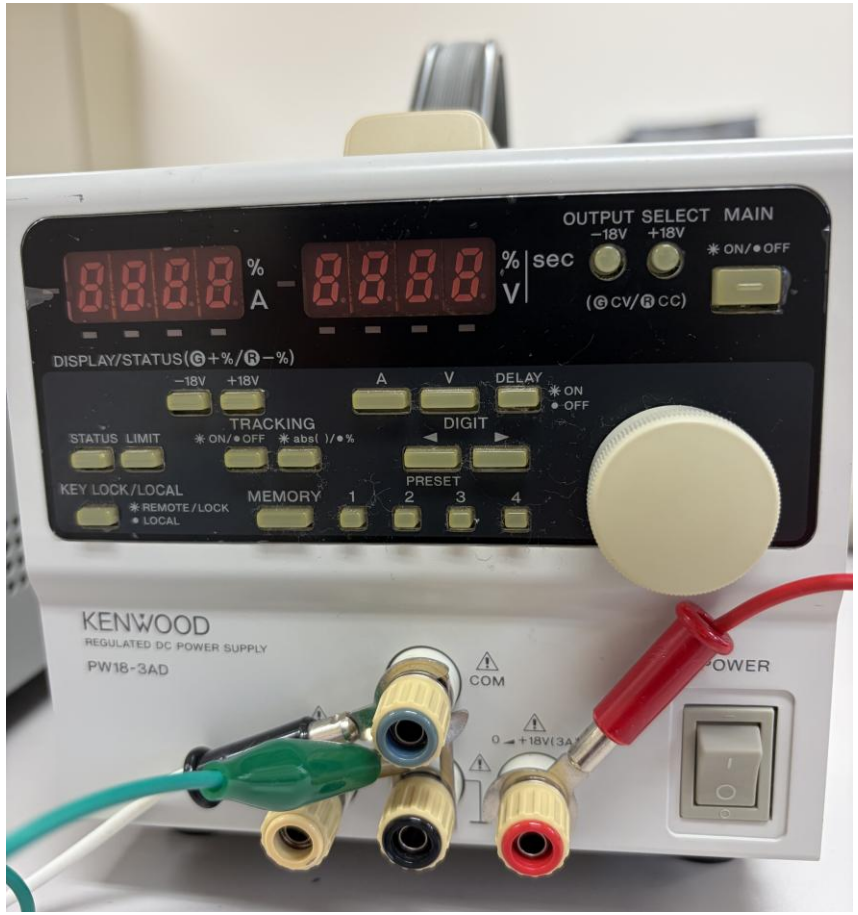
$$Y = \frac{N_{out_H}}{N_{out_C}} = \frac{G(N_H+N_{ai})}{G(N_C+N_{ai})} = \frac{GkB(T_H+T_{ai})}{GkB(T_C+T_{ai})} = \frac{T_H+T_{ai}}{T_C+T_{ai}}$$

両辺に$T_C + T_{ai}$をかけ、 T_{ai}を求めると

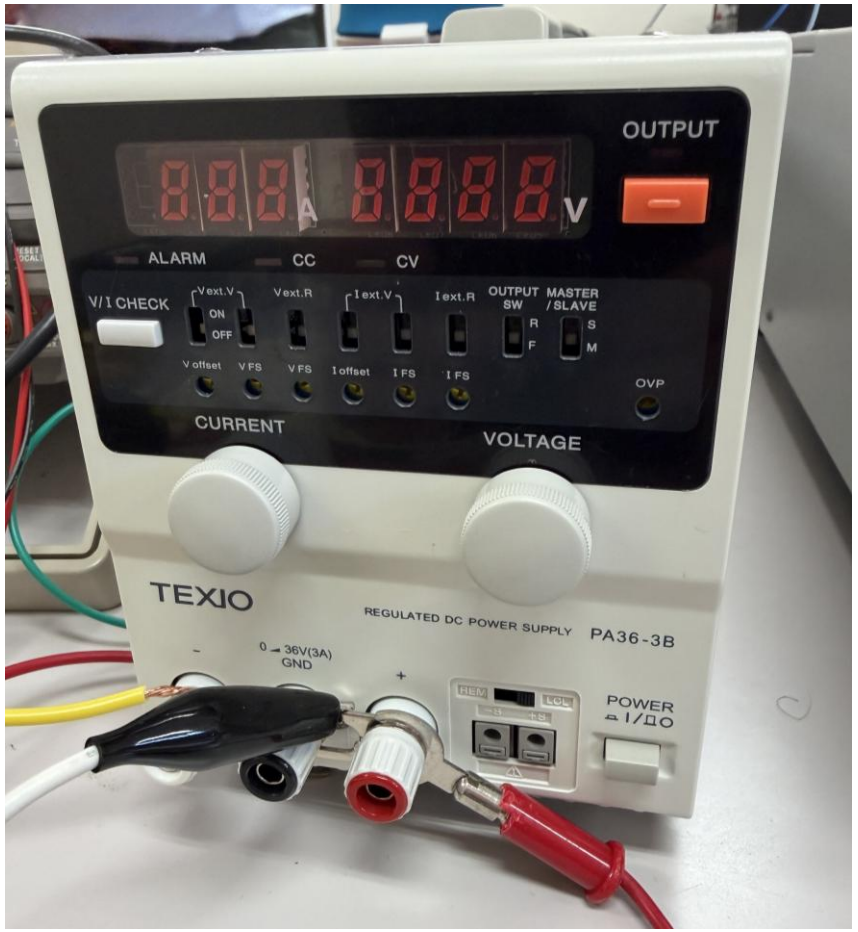
$$T_{ai} = \frac{T_H - YT_C}{(Y-1)}$$

機材

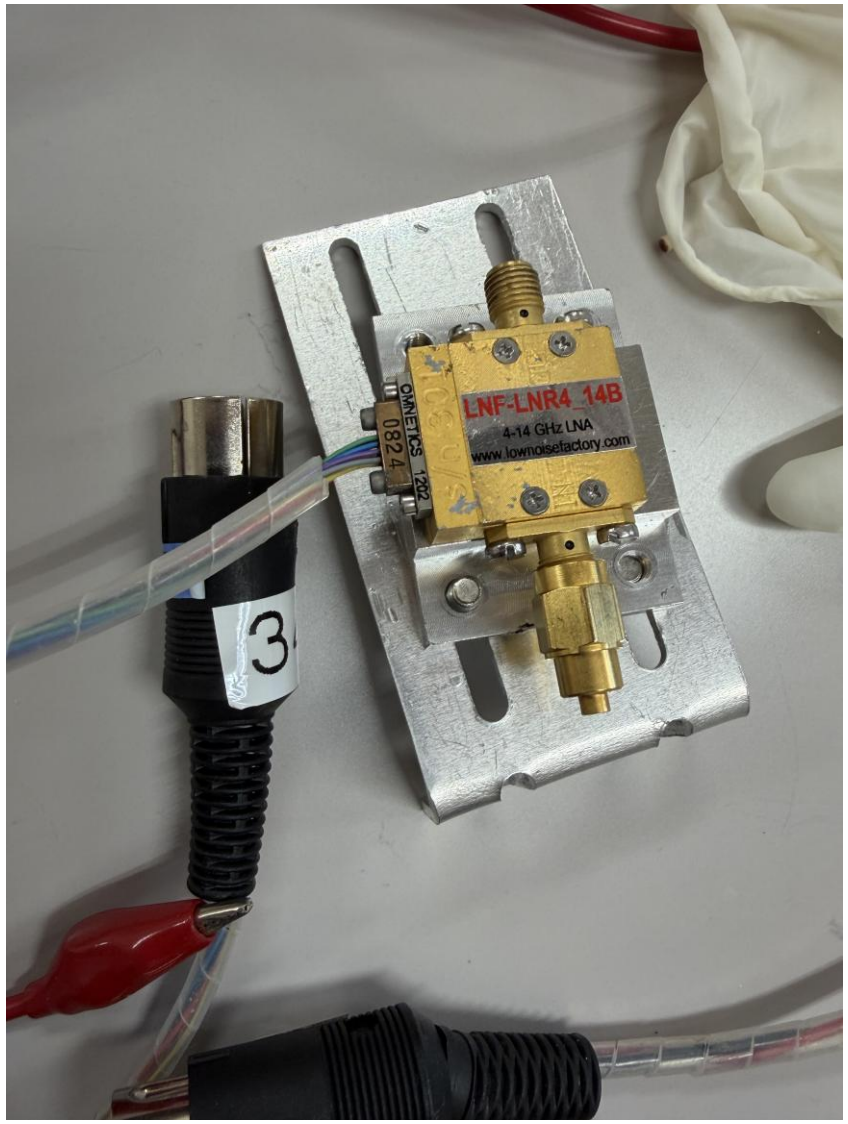
機材	型番	会社
安定化電源(CH1)	10096838	KENWOOD
安定化電源(CH2)	GJU850213	TEX10
LNA	LNF-LNR4-14B	Low Noise Factory
LNAバイアスボックス	LNF-LNR4-14B	Low Noise Factory
スペクトルアナライザー	1321.1711k44-101064-KG	ROHDE&SCHWAR2



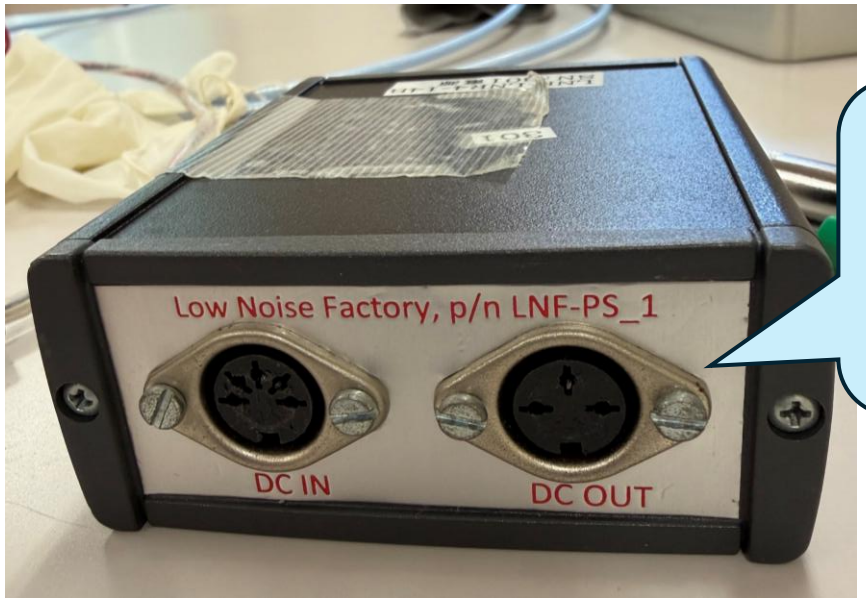
安定化電源CH1



安定化電源CH2



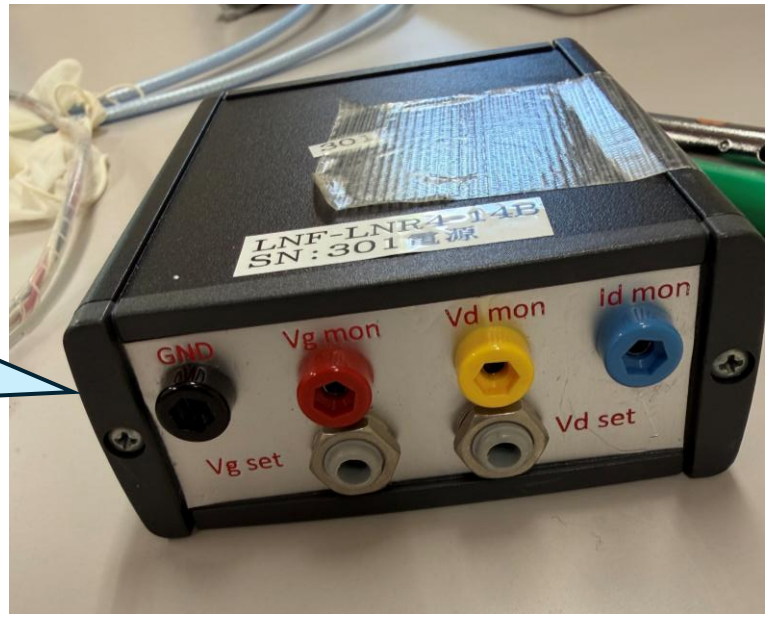
LNA



コネクタ部分

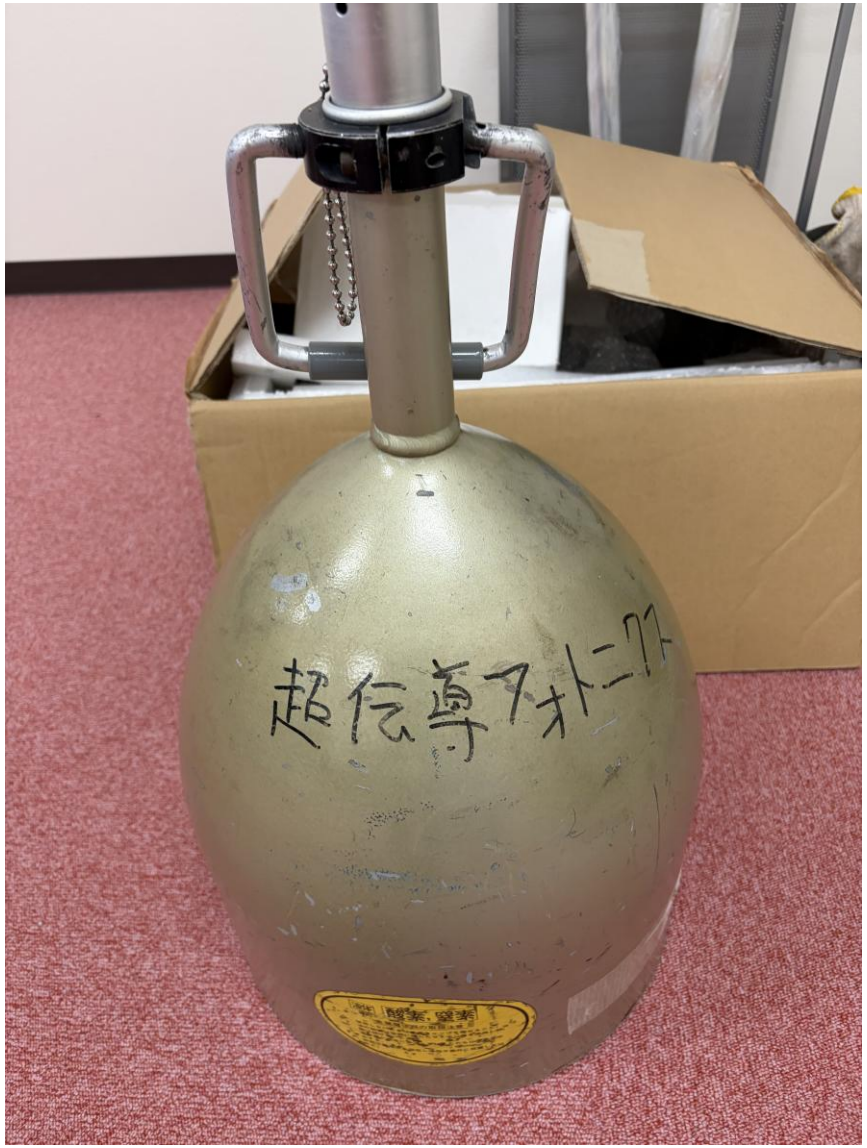
LNAバイアスボックス

モニター出力





スペクトルアナライザー



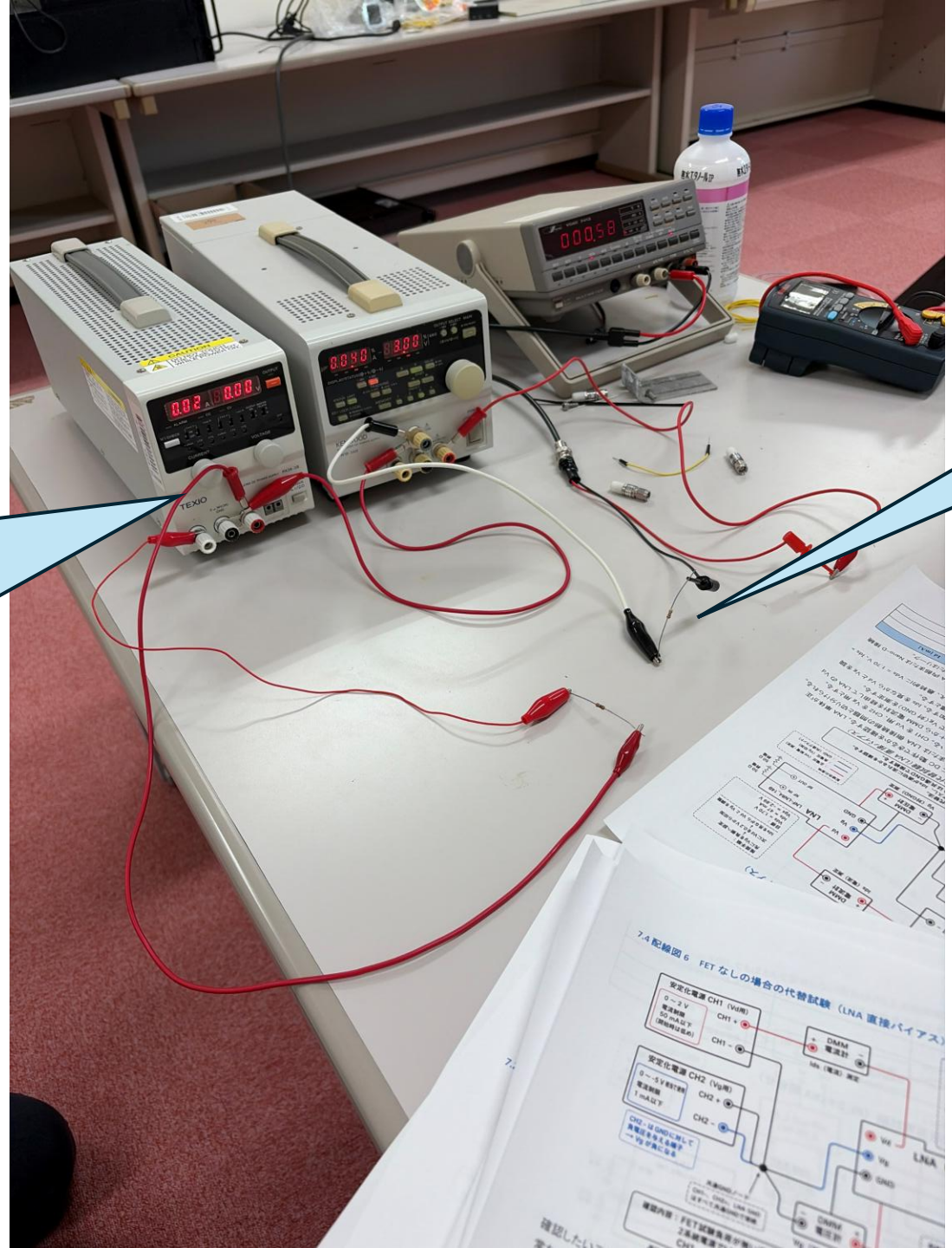
液体窒素

試験準備

番号	作業	手順	確認事項
1	CH1,CH2の電源の確認	CH1で、$+12V$ CH2で、$-12V$ が出ているかの確認	テスターで、設定どおりの電源が出ているか$\pm 12V$確認する
2	バイアスボックスの出力確認	バイアスボックスの入力側に、$\pm 12V$を入力し、バイアスボックスのモニター出力をテスターで確認する。	LNAの仕様書の値が確認出来たら。
3	バイアスボックスの出力をLNAに取り付ける。		
4	LNAの出力側にスペクトルアナライザをつなげる。入力側に50Ωの終端子を取り付ける。	信号の強度が見えやすいように設定する。	

番号1

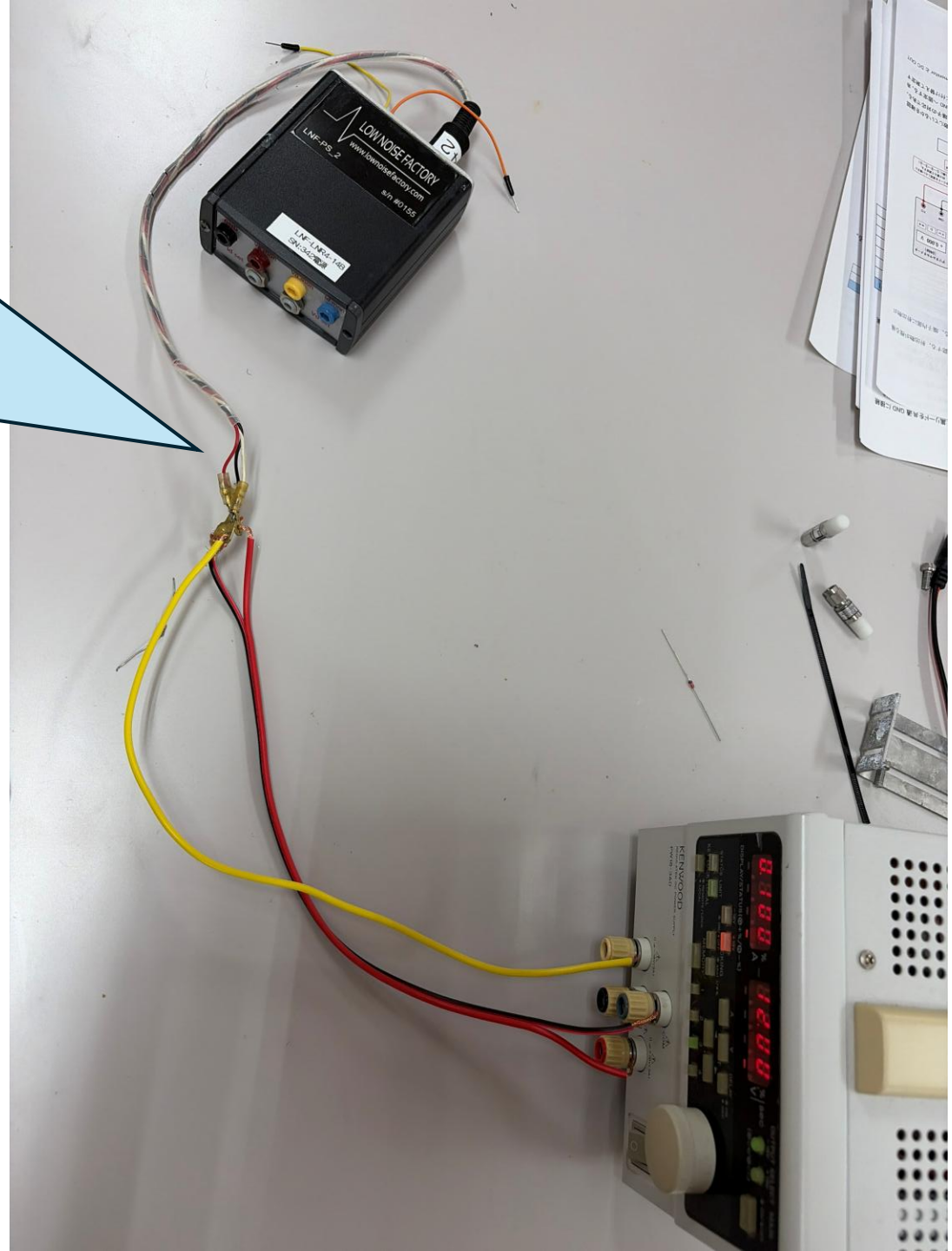
二つの電源のGNDを共通
にして、±12Vを作る。
CH2は接続を上手くいけば、
＋5Vで設定すれば。
テスター −5Vが測定できる



CH1:12V
CH2:-12V
出ているか二つの抵抗を
テスターで計測する

番号2

赤:+12V
黒:GND
白:−12V

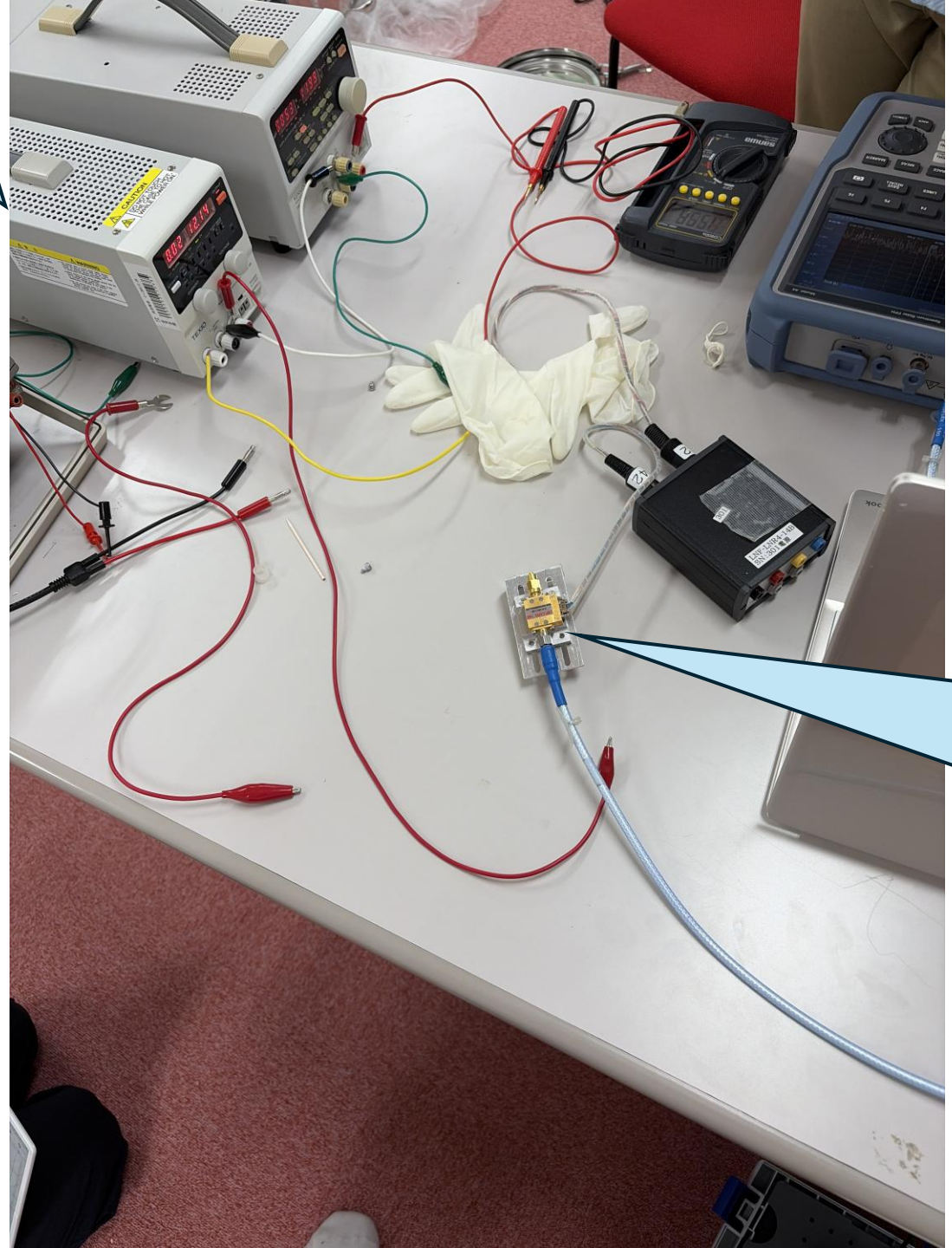


電源を線の色に
対応する電源を
入力する。

試験手順

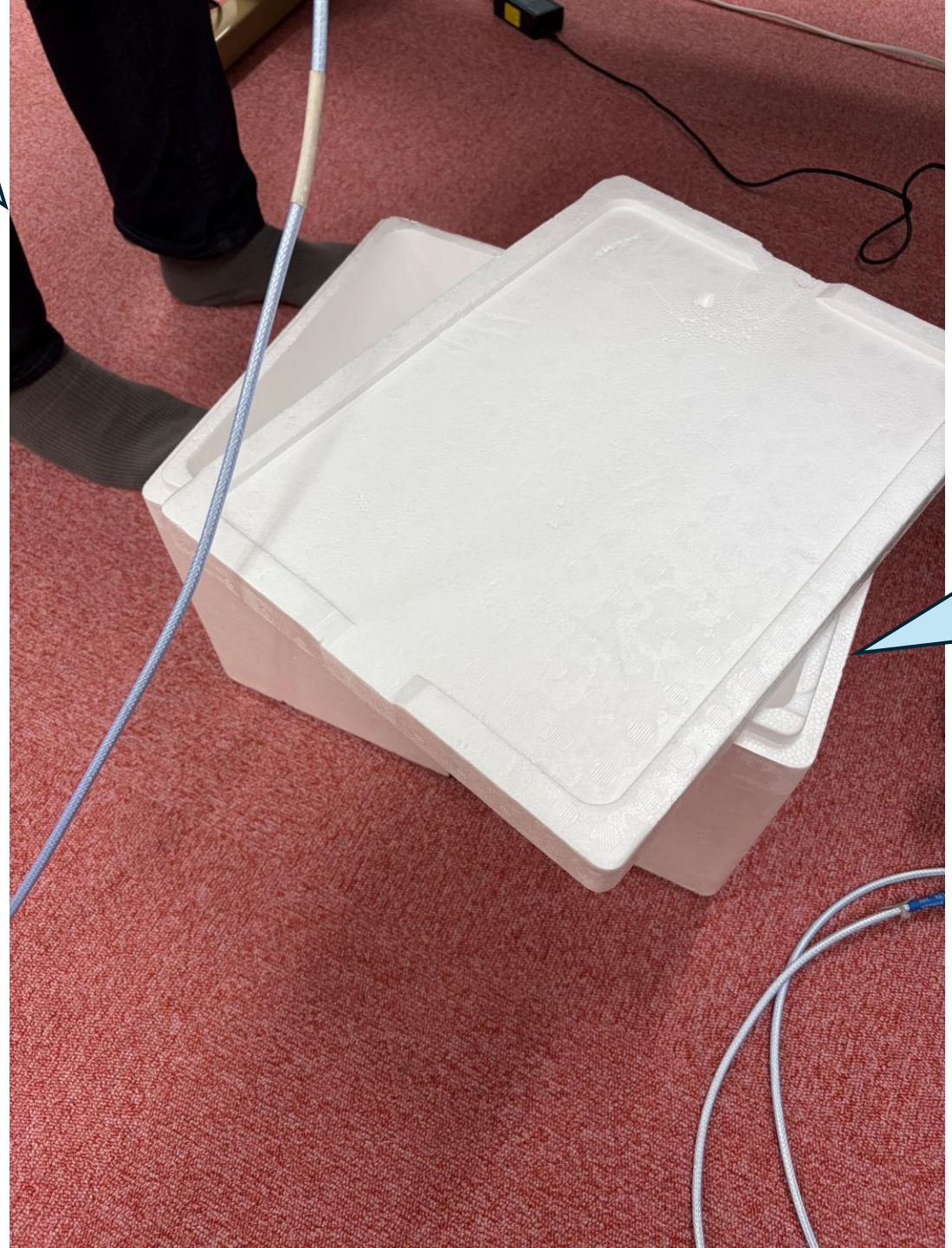
番号	作業	手順	確認事項
1	Hotの測定	LNAの入力側に50Ωの終端子を取り付ける。 その時、スペクトルアナライザでレベルを見る。	レベルが落ち着いたら、記録をスペクトルアナライザかノートに取る。
2	液体窒素の準備	液体窒素による窒息を防ぐため、作業場所の風の通りをよくする。 発泡スチロールに液体窒素をいれる。	発泡スチロールの中に、液体窒素が十分に満たされたことを確認出来たら。
3	Coldの測定	LNAの入力側にケーブルをつけ、50Ωの終端子を取り付ける。 それを、液体窒素が入った容器の中に入れる。	スペクトルアナライザでレベルが安定したときの記録を取る。
4	バイアスボックスの出力を変える	バイアスボックスの可変抵抗をマイナスドライバで変更する。	変更時のバイアスボックスのモニター出力を記録する。
5	番号1,3の作業をする。		

番号1
Hotの測定



LNAの入力に
50Ωの終端子

番号2
液体窒素の準備



液体窒素を入れた発泡スチロールの容器

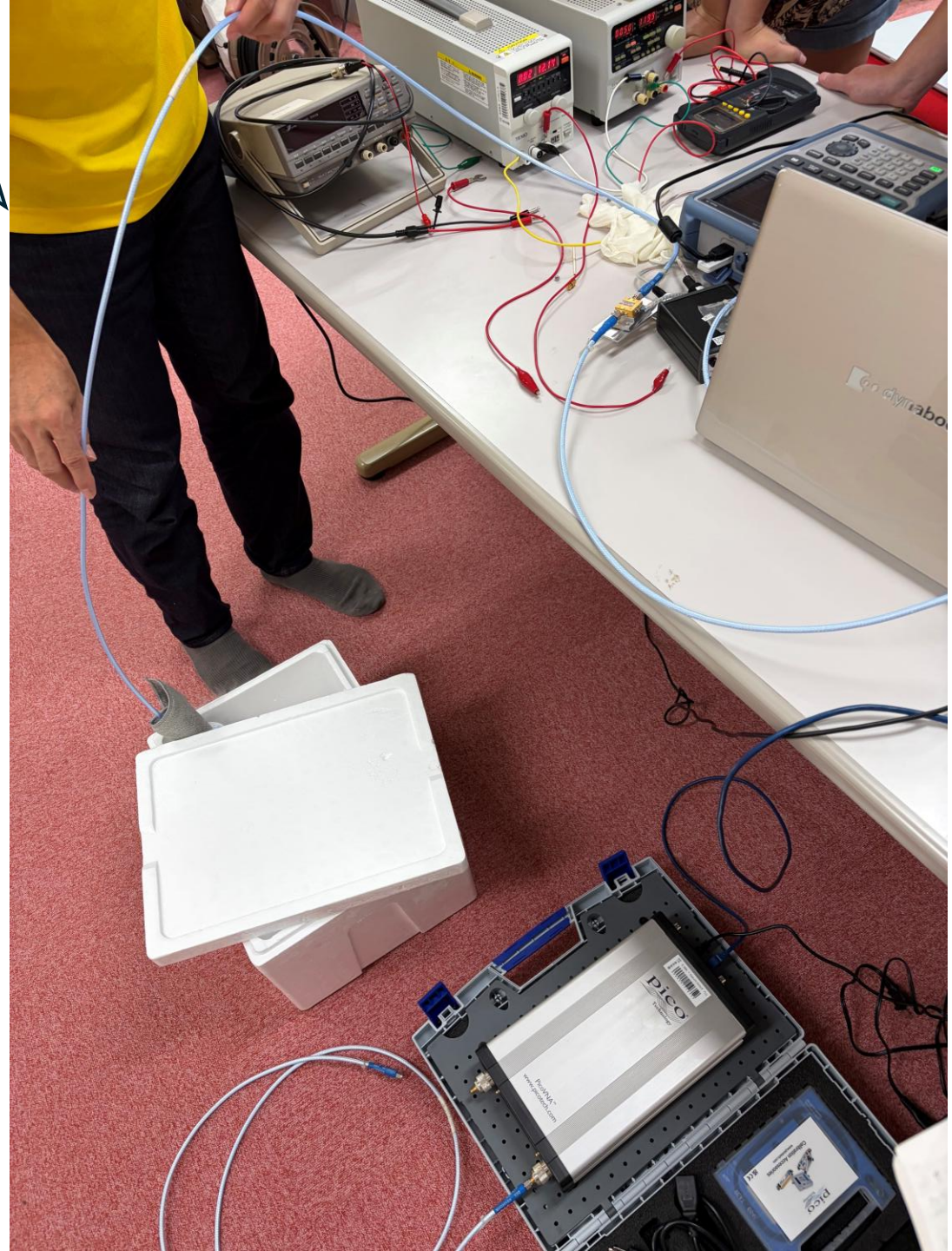
番号2
液体窒素の準備



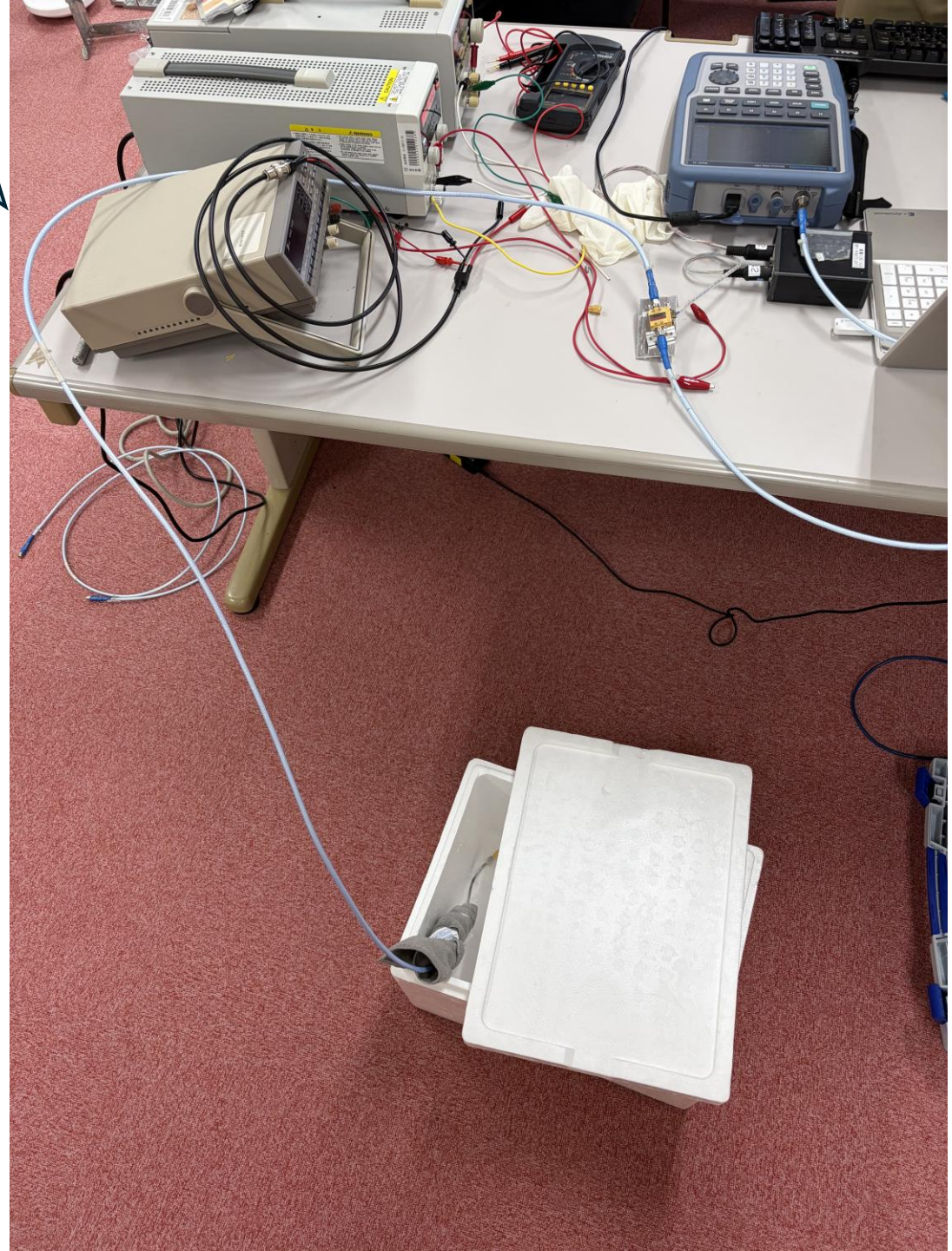
LNAの入力にケーブル、50Ωの終端子を取り付け、液体窒素に入れている

ケーブルが痛まないように、タオルを巻いている。

番号3
Coldの測定



番号3
Coldの測定



記録表

Hot	$Cold$	V_g	V_d	I_d