新　ｉＮＡＲＴＥ受験対策問題集

【入門編】

第４版

中部エレクトロニクス振興会

ｉＮＡＲＴＥ受験対策問題集【入門編】第４版

はじめに

中部エレクトロニクス振興会では、ｉＮＡＲＴＥ受験者のために数年前より問題集を発行してまいりました。問題集は、予想される問題をできるだけ網羅するべく努めてまいりましたので、膨大な数の問題となりました。受験生の間から、「問題の数があまりに多くて、どこから手を付けてよいのかわからない」また、「日常業務の間に勉強するのには、時間に追われて多くの問題を検討し、解答する時間が足りない」などの声が聞こえてまいりました。そこで、これからｉＮＡＲＴＥを受験しようと検討を進めている方に、問題のレベルや問題の範囲を認識していただくために利用いただけるような問題集の入門編を作ることにいたしました。

本書の内容は、基礎的な問題や出題頻度が比較的高いと考えられる問題に限定いたしました。数値計算を要する多くの問題は、この入門編のために作成しましたが、基礎的な説明問題や規格に関する問題は、受験対策編の問題と重複した部分があります。その結果、問題の解答には、解説的な説明を省略し、計算式の誘導などは簡略にしてあります。また、比較的レベルの高いと考えられる問題や解答に多くの時間を要する問題は省くことになりました。入門編は分類を細分化し、内容が分かりやすいように努めました。利用者から最低限の資料編は必要であるとの声があり、重要と考えられる資料を最小限付け加えました。資料については、各自折に触れて拡充整備されることを希望します。また、２０２１年度からｉＮＡＲＴＥの問題の分類が変更になりました。模擬試験問題を巻末に付け加えました。各演習問題を４時間で解くことで受験時の時間配分などの参考にしてください。

上記のような、編集の趣旨を踏まえて、この入門編を有効に利用され、ｉＮＡＲＴＥ受験の結果が吉報となることを祈念するものです。

さらに、必ずしもｉＮＡＲＴＥを受験するのではないが、ＥＭＣ全般の知識のレベルアップのために、会社内部の研修会の資料としてご利用いただければ、望外の喜びとするところです。

２０２２年5月１０日

著　者

入門編　目次

はじめに	
iNARTE資格試験とは	1
1. dBの計算(1)	3
2. 正弦波の扱い	8
3. EMCで用いる単位	11
4. 周波数の表現	14
5. ベクトルの計算	18
6. 複素数の計算	21
7. 数学の基礎	24
8. 物理学	27
9. 論理回路	31
10. 電磁気	34
11. 電磁波	42
12. 電波伝搬	47
13. アンテナ	51
14. 電気回路	57
15. S行列	63
16. フィルタ	67
17. 過渡現象	71
18. 分布定数	75
19. 伝送線路	80
20. dBの計算(2)	85
21. 波形の扱い	89
22. 増幅と波形歪	93
23. 変調方式	98
24. 雑音と雑音指数	103
25. EMC問題の発生	107
26. 静電気放電	113
27. 対策部品	119
28. シールド	124
29. グラウンド	129
30. 対策技術	133
31. 計測	138
32. 計測に関する規格	145
33. 放射に関する規格	151
34. 耐性に関する規格	156
35. 自動車に関する規格	162
36. 医療機器に関する規格	165
37. 生体影響に関する規格	169
38. 安全	173
39. EMC問題の管理	177
40. 用語の説明	181
付録. 資料集	187
模擬試験問題および解答	194

問題文および式の表現について

対数について

自然対数は ln を、常用対数は log を用いて表す。

ネイピア数(自然対数の底)について

ネイピア数は、e を用い記載する。(一部問題では ε を用い、また指数関数として exp で表現しているものがある)

規格に関する問題について

規格問題については過去の出題傾向を鑑み、全てが最新版に対する問題でないことに注意を要する。

特定の版に対する問題については、出題文に版か規格出版年を記載している。

iNARTE の問題文の特性上、非 SI 単位への慣れも必要であるため、長さについて一部問題では非 SI 単位系の inch(インチ: 2.54cm)や mil(ミル:0.001 inch)を用いている。

iNARTE資格試験とは

International Association for Radio,
Telecommunications
and Electromagnetics
（国際無線通信電磁気協会）

受験対策

iNARTEの試験問題は、非常に幅広く出題されます。特にエンジニアの問題では、工学の基礎としての数学や物理の問題が含まれます。多くの問題では、数値計算が要求されます。しかし、参考書・ノート・電卓等の試験場への持ち込みが許可されていますので、問題や数値、規格などを暗記する必要はありません。これらがきちんと整理されていれば、合格点以上の解答を書くことはそれほど困難ではありません。しかし、規格やそれに従った測定などの項目は、実務に従事したことのない受験者にとっては、戸惑うことがあるかもしれません。一度は、基本的な規格書に目を通し、実際の測定器を用いて、計測およびデータ処理の実験をすることをお勧めします。

資格形成の経緯と日本への導入

～1980年	電波障害問題の対策技術 無線通信技術者が対応 EMCの特殊性から専門技術者が独立
1982年	NARTE発足、FCCから制度委譲 無線および通信分野の技術者認定制度
1988年	EMC分野に技術者資格認定制度発足
1990年	日本人で最初の合格者
1998年	KECが資格制度についてNARTE事務局と契約
1998年	第一回資格試験を実施
2013年	日本での合格者数が1000名を超える
2016年	合格者数が低迷

iNARTE資格の効用

EMCに関する実務に携わる技術者の国際的な資格
この資格は、次のような場合に評価される
- EMC測定サイトを立ち上げる場合
- 資格保有者の有無は測定結果の信頼性の評価
- 企業の技術者のレベルの評価の指針
- 資格保有者は高度なEMC技術者として評価
  - 企業の人事管理に利用されることもある

受験資格と区分

Engineer
- EMCの専門的知識・経験を持ち、自ら企画・創造できること
- 数学と物理にも精通していること、 EMCの特定分野の任務を持つこと（設計・開発、材料試験、仕様書等の作成、研究調査）
- 集団を統率し、技術的・技能的任務の遂行

Technician
- EMCの専門的知識・経験を持ち、企画書に基づいた業務
- 測定機器の扱い、測定方法に熟知していること
- 三つ以上の規格に基づいた測定試験の実施できる資格がある
- 試験装置などの故障に対して、自ら修復あるいは原因の特定、理論に基づく規範書に従って行動ができる

試験の形態や資格の詳細はKECのホームページ参照のこと

試験の形態と解答

KECがiNARTE事務局に代わって試験を代行
日本語で行う（問題は米国より英語で送付）
試験はオープン・ブック方式（参考資料持込可）
関数電卓は絶対に必要
全ての問題を解く必要はない
- 50問中35問以上の正解で合格

難問・奇問は解かなくても良い
- 誰でも解ける問題は確実に解く
- 見たことのない問題に対する対処能力を要求

試験問題の分類と出題頻度

分類	出題頻度
物理、数学の基礎	○
電磁気の基礎	◎
電磁波とアンテナ、電波伝搬	◎
電気回路、伝送回路、伝送線路、周波数、波形	◎
電子回路とノイズ	○
EMCの基礎	◎
EMC実務（設計、対策、測定）	◎
EMCに関する規格とその適用	◎
生体影響と安全、用語	△

年度によって、偏りがある。

問題集の利用方法

重要問題
　問題の重要性を認識して回答をすることが望ましい。
回答の結果
　完全に理解して、回答できた問題　A
　理解度が不十分だと思われる問題　B
　全く理解できていないと思われる問題　C
　のように分類して、B項目を完全に理解するように努力
規格等に関する問題
　全てを理解、暗記することは、短時間では無理がある
　作製した索引ノートの引用を容易にする工夫をする。
　重要事項が記述されている場所に付箋をつける等。

知識の精度を上げること

問題を解いたとき
　練習ではたまたま答えが合った
　　うろ覚えの知識あるいは山勘
　時間が経って勉強した結果
　　同じ問題に正しい答えが導けない
　　知識の精度は上がったが、80%程度
　問題を自信を持って回答
　　知識の精度が100%となる努力
重要なことは、勉強を積み重ねることによって
　80%の知識を100%の精度にすること
　新しい知識のためではない

記憶を整理するために

勉強の終わった後でスケジュールを復習
　場合によっては、目次を作り変える
自分に合った索引(非常に重要)を作る
　何箇所かで同じ単語が引用されている場合
　　出題頻度の高い問題は非常に重要
　　例えば、アンテナ利得
　　　電磁気、アンテナ、電波伝搬
　　　回線設計、測定、アンテナ校正
　　　アンテナ利得の表現（利得、実効長）
明日の計画より、今日の反省
　繰り返すことによって、記憶される

索引資料の作り方

キーワードを網羅していること
　索引だけでなく、分野ごとの色分けした付箋を付ける
　複数の分野からの検索を迅速に行うことを可能にする
　模擬試験の問題とキーワードの関連をはっきりさせる
　関連するキーワードは、まとめて検索できる
キーワードには数値例を付け加えることが望ましい
　定義、関係式、数値例、場合よっては例題を記入する
物理定数(与えられないことが多い)などの表の作成
　単位系の整理とその変換表、接頭語（べき乗）の整理、
　物理定数一覧表

試験当日の心得

自宅で解けた問題が当日解けるとは限らない
　落ち着いて問題に取り組むこと
　解けた問題も3回は見直すこと
　解いた過程は必ずメモして、チェックに利用すること
　不注意なミスにはくれぐれも注意すること
　単純な思い込みに注意すること
解答に要する時間配分には十分に留意すること
　多くの受験者は時間の不足に悩まされている
選択肢の中にある異質な回答に注意する
　常識から逸脱した解答、誤りであることを要求する解答
　単位系に注意する
　出題の求めている意図を正確に理解する

1．dBの計算（1）

この章で学ぶこと

電圧、電流、電力比のdB表現
基準となる電圧がV_0[V]、表示したい電圧をV_x[V]として、
$A_{dB}=20\log\{V_{x[V]}/V_{0[V]}\}$ [dB]
電力も同様に
$A_{dB}=10\log\{P_{x[W]}/P_{0[W]}\}$ [dB]
電圧、電流、電力の単位は、通常[V]、[A]、[W]であるが、EMCの分野では、計算を簡単に行うために、これらの単位をdB表示する。電圧では、基準値をV_0＝1[μV]として、表現したい電圧をV_x[μV]とすれば、
$V_{dB}=20\log\{V_{x[\mu V]}\}$ [dBμV]
で表現する。電力では、基準をP_0＝1[mW]として、
$P_{dB}=10\log\{P_{x[mW]}\}$ [dBm]
と表現する。

問題　1－1

1[V]の電圧と50[V]の電圧を比較すれば、50倍です。この比を[dB]で表現すれば、どのようになるか。

A. 23[dB]
B. 34[dB]
C. 45[dB]
D. 50[dB]

解答　1－1

正解　B.
この問題を解答するのに要する標準時間　3分

電圧比の[dB]表示の定義式により、
$A_{dB}=20\log\{50_{[V]}/1_{[V]}\}=33.98$[dB]
iNARTEの試験では、ノイズを扱うことが多いので、有効桁数として、通常2桁程度で表されるが多い。
あるいは、逆の場合に考えれば、
$A_{dB}=20\log\{1_{[V]}/50_{[V]}\}=-33.98$[dB]
負の値は、基準値に対して、小さいことを意味している

問題　1－2

抵抗減衰器の入力電力が1[mW]であった。出力電力が0．5[mW]となった。系は全て50[Ω]で整合して用いられている。
この減衰器の減衰量を[dB]で表現せよ。

A. 6[dB]
B. 3[dB]
C. －3[dB]
D. －6[dB]

解答　1－2

正解　C.
この問題を解答するのに要する標準時間　3分

電力の減衰は、
$\alpha=10\log\{0.5_{[mW]}/1_{[mW]}\}$
$=-3.01$[dB]
通常、減衰器の減衰量は3[dB]のように表現するが、iNARTEの試験では、特に負号を求められることがある。

問題　1－3

電力増幅器が2段に縦続接続して用いられている。1段目の増幅器は電力が50倍になり、2段目の増幅器では電力が200倍になる。全体の電力増幅度を[dB]で表現せよ。ただし、系は全て50[Ω]で整合して用いられている。

A. 40[dB]
B. 90[dB]
C. 250[dB]
D. 10000[dB]

解答　1－3

正解　A.
この問題を解答するのに要する標準時間　3分

一段目の増幅器の増幅度は、
$A_{1dB}=10\log\{50\}=16.99[dB]$
二段目は、
$A_{2dB}=10\log\{200\}=23.01[dB]$
よって、全体では、
$A_{dB}=A_{1dB}+A_{2dB}=40.0[dB]$
全体の増幅を
A＝50×200＝10000倍としても求められる。

問題　1－4

抵抗減衰器の減衰量が$\alpha=-6$[dB]である。この減衰器への入力電圧が、$V_{in}=50[\mu V]$の場合に、出力電圧はいくらになるか。
ただし、系は全て50[Ω]で整合している。

A. 40[μV]
B. 30[μV]
C. 25[μV]
D. 15[μV]

解答　1－4

正解　C.
この問題を解答するのに要する標準時間　3分

減衰器の減衰量が$\alpha=-6$[dB]であるから、
電圧比で求めると、
$A=10^{(-6/20)}=0.501$
となるので、出力電圧は、
$V_{out}=A\times V_{in}=0.501\times 50=25.05[\mu V]$
あるいは、$V_{in}=50[\mu V]=33.98[dB\mu V]$として、
$V_{out}=33.98[dB\mu V]-6[dB]$
$=27.98[dB\mu V]\Rightarrow 25.06[\mu V]$

問題　1－5

電圧V＝10[V]は、何[dBμV]か。

A. 100[dBμV]
B. 120[dBμV]
C. 140[dBμV]
D. 160[dBμV]

解答　1－5

正解　C.
この問題を解答するのに要する標準時間　3分

電圧を[dBμV]で表現するためには、
$V=10[V]=10\times 10^6[\mu V]$
$V_{dB}=20\log\{10^7{}_{[\mu V]}\}$
$=140[dB\mu V]$

問題 1−6

電圧$V=10^{-10}$[V]は何[dBμV]か。

A. 80[dBμV]
B. 40[dBμV]
C. −40[dBμV]
D. −80[dBμV]

解答 1−6

正解 D.
この問題を解答するのに要する標準時間 3分

電圧を[dBμV]で表現するためには、

$V=10^{-10}[V]=10^{-4}[\mu V]$

$V_{dB}=20\log\{10^{-4}{}_{[\mu V]}\}$

$=-80[dB\mu V]$

[dB]で表した電圧値に負号が付くことは、電圧が負ではなく、基準値{1[μV]}より小さいことを示している。

問題 1−7

電圧の大きさV＝25[mV]を[dBμV]で表せ。

A. 25[dBμV]
B. 50[dBμV]
C. 76[dBμV]
D. 88[dBμV]

解答 1−7

正解 D.
この問題を解答するのに要する標準時間 3分

[dBμV]で表すために、

$V_{dB}=20\log\{25000_{[\mu V]}\}$

$=87.96[dB\mu V]$

問題 1−8

[dB]表現した電圧が、$V_{dB}=89.5[dB\mu V]$であった。この電圧値を求めよ。

A. 10[mV]
B. 20[mV]
C. 30[mV]
D. 40[mV]

解答 1−8

正解 C.
この問題を解答するのに要する標準時間 3分

[dB]で表された電圧は、

$V=10^{\{89.5/20\}}=29853.8[\mu V]$

$=29.9[mV]$

問題　1－9

電圧が次のように表現されている。

V_{dB}＝0．1[dBμV]

この電圧の値を求めよ。

A. 1．0001[μV]
B. 1．001[μV]
C. 1．01[μV]
D. 1．1[μV]

解答　1－9

正解　C.
この問題を解答するのに要する標準時間　3分

電圧の値は、

$V=10^{(0.1/20)}=1.0116[\mu V]$

問題　1－10

電圧が次のように表現されている。

V_{dB}＝－0．2[dBμV]

この電圧の値を求めよ。

A. －0．2[μV]
B. 0．9[μV]
C. 0．98[μV]
D. 0．99[μV]

解答　1－10

正解　C.
この問題を解答するのに要する標準時間　3分

電圧の値は、

$V=10^{(-0.2/20)}=0.977[\mu V]$

問題　1－11

電力がP＝0．04[W]である。
この電力を[dBm]で表せ。

A. 16[dBm]
B. 22[dBm]
C. 24[dBm]
D. 28[dBm]

解答　1－11

正解　A.
この問題を解答するのに要する標準時間　3分

電力を[dBm]表現するためには、

P＝0．04[W]＝40[mW]

よって、

$P_{dB}=10\log\{40_{[mW]}\}$
$=16.0[dBm]$