

RCJS

TR

静電気現象からの電子デバイスの保護—
指 針

RCJS-TR-5-2 (第2版) :2017

公表 平成 29 年 07 月 25 日

一般財団法人日本電子部品信頼性センター

まえがき

この文書は、一般財団法人日本電子部品信頼性センターが公表した一般財団法人日本電子部品信頼性センター技術情報（RCJS-TR）である。

この RCJS-TR-5-2（第2版）は、著作権法で保護対象となっている著作物である。

この RCJS-TR-5-2（第2版）の一部が、特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権または出願公開後の実用新案登録出願に抵触する可能性があることに注意を喚起する。

一般財団法人日本電子部品信頼性センターは、このような特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権及び出願公開後の実用新案登録出願にかかわる確認について、責任はもたない。

目 次

	ページ
序文.....	1
1 適用範囲.....	4
2 引用規格.....	4
3 用語及び定義.....	5
4 人体安全.....	5
5. ESD 管理プログラム.....	6
5.1 一般.....	6
5.1.1 ESD 管理プログラム要求事項.....	6
5.1.2 調整.....	6
5.2 ESD 管理プログラムの管理面の要求事項.....	6
5.2.1 ESD 管理プログラム計画書.....	6
5.2.1.1 部品の静電気敏感性の決定.....	7
5.2.1.2 最初のプロセス及び組織調査.....	7
5.2.1.3 ESD ハザードの決定方法の指針.....	8
5.2.1.4 適切な ESD 管理手段の決定方法.....	8
5.2.1.5 ESD 管理プログラム計画書の文書化.....	9
5.2.2 教育・訓練計画書の開発.....	9
5.2.2.1 従業員の教育・訓練.....	9
5.2.3 製品認証.....	12
5.2.4 順守性検証計画書（監査計画書）.....	12
5.2.4.1 順守性検証計画書の開発.....	13
5.2.4.2 ESD 管理用アイテム.....	13
5.2.4.3 検証頻度.....	14
5.2.4.4 検証.....	14
5.2.4.4.1 検証の種類.....	14
5.2.4.4.2 目視検査.....	14
5.2.4.4.3 測定検証.....	15
5.2.4.5 ESD 管理用アイテムの要求事項.....	15
5.2.4.6 試験方法.....	15
5.2.4.7 試験装置.....	15
5.2.4.8 監査.....	16
5.2.4.8.1 監査人の力量.....	16
5.2.4.8.2 監査所見の報告.....	16
5.3 ESD 管理プログラムの技術面の要求事項.....	17
5.3.1 接地／等電位接続システム.....	17
5.3.1.1 接地／等電位接続の一般的考慮.....	17
5.3.1.2 基本的な接地のための要求事項.....	18
5.3.1.2.1 共通結合点.....	18

5.3.1.2.2	保護接地、または機能接地	18
5.3.1.2.3	共通の接続点 (等電位結合)	18
5.3.1.3	追加の接地に関する考察	18
5.3.1.4	ESD 接地システムの検証	19
5.3.1.4.1	保護接地	19
5.3.1.4.2	機能接地	20
5.3.1.4.3	等電位結合	20
5.3.1.5	ESD 管理用アイテムの適切な据え付けの検証	20
5.3.2	人体接地	20
5.3.2.1	接地の一般的考慮	20
5.3.2.2	システム要求事項	20
5.3.2.3	リストストラップシステム	21
5.3.2.4	履物及び床システム	21
5.3.3	ESD 保護区域 (EPA)	23
5.3.3.1	EPA の一般的考慮	23
5.3.3.2	絶縁体	24
5.3.3.3	孤立導体	24
5.3.3.4	ESD 管理用アイテム	25
5.3.3.4.1	作業表面	25
5.3.3.4.1.1	はじめに	25
5.3.3.4.1.2	作業表面選定のための因子	25
5.3.3.4.1.3	作業区域内での作業内容	26
5.3.3.4.1.4	作業区域の永続性	26
5.3.3.4.1.5	物理的な考慮	26
5.3.3.4.1.6	化学的な考慮	26
5.3.3.4.1.7	電気的な考慮	27
5.3.3.4.1.8	安全上の考慮	27
5.3.3.4.1.9	作業表面材料の種類	27
5.3.3.4.1.9.1	一般	27
5.3.3.4.1.9.2	単層の作業表面材料	27
5.3.3.4.1.9.3	多層の作業表面材料	27
5.3.3.4.1.9.4	高圧ラミネート	28
5.3.3.4.1.9.5	マット及びロールマット材料	28
5.3.3.4.1.9.6	フィールドサービス/携行用作業表面	28
5.3.3.4.1.10	試験	28
5.3.3.4.1.11	認証	28
5.3.3.4.1.12	初回施工、または受け入れ	28
5.3.3.4.1.13	定期試験	28
5.3.3.4.1.14	保守	29
5.3.3.4.2	リストストラップ	29
5.3.3.4.2.1	一般	29
5.3.3.4.2.2	リストバンド	29

5.3.3.4.2.3	接地コード	30
5.3.3.4.2.4	リストストラップの使用と選定	31
5.3.3.4.2.4.1	使用の限界	31
5.3.3.4.2.4.2	リストストラップの使用	31
5.3.3.4.2.4.3	リストストラップの選定	31
5.3.3.4.2.5	リストストラップの試験	32
5.3.3.4.2.6	信頼性試験	32
5.3.3.4.2.7	追加のユーザリストストラップ試験	32
5.3.3.4.2.8	試験手順	32
5.3.3.4.2.9	試験間隔	33
5.3.3.4.2.10	電流制限	33
5.3.3.4.2.11	定常/連続リストストラップモニタ	33
5.3.3.4.2.12	異なるタイプのリストストラップモニタ	34
5.3.3.4.2.12.1	容量定常モニタ (単一ワイヤ)	34
5.3.3.4.2.12.2	インピーダンス定常モニタ (単一ワイヤ)	34
5.3.3.4.2.12.3	抵抗定常モニタ (二重ワイヤ)	34
5.3.3.4.2.12.4	人体電位定常モニタ (二重ワイヤ)	34
5.3.3.4.2.13	定常モニタ及び付随するリストストラップの試験方法	34
5.3.3.4.2.14	まとめ	35
5.3.3.4.3	ESD 管理用床材	36
5.3.3.4.3.1	序文	36
5.3.3.4.3.2	ESD 管理用床材の機能	36
5.3.3.4.3.3	床と履物との関係	36
5.3.3.4.3.4	床材の利点	37
5.3.3.4.3.5	床材の制限	37
5.3.3.4.3.6	床材のタイプ	37
5.3.3.4.3.7	恒久的な床材	37
5.3.3.4.3.7.1	一般	37
5.3.3.4.3.7.2	ゴム、ビニールタイル及びシート製品	37
5.3.3.4.3.7.3	エポキシ及びポリマーコーティング	38
5.3.3.4.3.7.4	高圧ラミネート	38
5.3.3.4.3.7.5	カーペット	38
5.3.3.4.3.8	半恒久的、または非恒久的材料	38
5.3.3.4.3.8.1	一般	38
5.3.3.4.3.8.2	床マット	38
5.3.3.4.3.8.3	床仕上げ	39
5.3.3.4.3.8.4	一時的な帯電防止剤	39
5.3.3.4.3.8.5	ペイント及びコーティング	39
5.3.3.4.3.9	試験	39
5.3.3.4.3.9.1	試験に対する一般要求事項	39
5.3.3.4.3.9.2	製品認証	39
5.3.3.4.3.9.3	初回の施工、または受入れ	40

5.3.3.4.6.3.9.4 順守性検証	40
5.3.3.4.3.10 保守	40
5.3.3.4.4 履物	40
5.3.3.4.4.1 序論	40
5.3.3.4.4.2 履物の種類	41
5.3.3.4.4.2.1 履物の選定に及ぼす要因	41
5.3.3.4.4.2.2 ヒール/トゥーグラウンダ	41
5.3.3.4.4.2.3 ブーツ及び靴カバー	41
5.3.3.4.4.2.4 靴	41
5.3.3.4.4.3 適切な使用方法	41
5.3.3.4.4.4 試験	42
5.3.3.4.4.4.1 試験に対する一般要求事項	42
5.3.3.4.4.4.2 共通の試験上の問題	42
5.3.3.4.5 ESD 管理用椅子	42
5.3.3.4.5.1 序論	42
5.3.3.4.5.2 椅子、床及び使用者の関係	42
5.3.3.4.5.3 利点	43
5.3.3.4.5.4 椅子の種類と選定	43
5.3.3.4.5.5 試験	43
5.3.3.4.6 イオナイザ	43
5.3.3.4.6.1 序論	43
5.3.3.4.6.2 汚染管理	44
5.3.3.4.6.3 空気イオン化とは	44
5.3.3.4.6.4 空気イオン化の測定	46
5.3.3.4.6.5 帯電プレートモニタ (CPM)	46
5.3.3.4.6.6 イオン化の目的	46
5.3.3.4.6.7 イオナイザのタイプ、使用、選定及び設置	47
5.3.3.4.6.7.1 空気イオナイザの種類	47
5.3.3.4.6.7.2 放射線式イオナイザ	47
5.3.3.4.6.7.3 コロナ放電式 AC 形イオナイザ	47
5.3.3.4.6.7.4 コロナ放電式 DC 形イオナイザ	47
5.3.3.4.6.7.5 コロナ放電式パルス DC 形イオナイザ	48
5.3.3.4.6.7.6 軟 X 線式イオナイザ	48
5.3.3.4.6.8 イオナイザの使用環境	48
5.3.3.4.6.9 ルームイオナイザ	48
5.3.3.4.6.10 層流空気流ベンチイオナイザ	49
5.3.3.4.6.11 作業表面イオナイザ	49
5.3.3.4.6.12 局所イオナイザ	49
5.3.3.4.6.13 イオナイザの選定	49
5.3.3.4.6.13.1 性能仕様書の確立	49
5.3.3.4.6.13.2 静電気問題の定義	50
5.3.3.4.6.13.3 減衰時間及びオフセット電圧	50

5.3.3.4.6.13.4	その他の選定項目	50
5.3.3.4.6.13.5	費用の考慮	51
5.3.3.4.6.14	イオナイザの設置	51
5.3.3.4.6.14.1	一般的設置上の考慮	51
5.3.3.4.6.14.2	空気流の考慮	51
5.3.3.4.6.14.3	区割り及び変更の融通性	52
5.3.3.4.6.14.4	モニタとフィードバック制御.....	52
5.3.3.4.6.15	イオナイザの試験	52
5.3.3.4.6.15.1	選定試験	52
5.3.3.4.6.15.2	プロセス改善の確認	53
5.3.3.4.6.15.3	定期的な検証試験	53
5.3.3.4.6.16	保守及び清掃	54
5.3.3.4.6.16.1	保守及び清掃に関する一般的考慮.....	54
5.3.3.4.6.17	環境／相対湿度のイオン化に関する考慮	54
5.3.3.4.6.18	その他の考慮	55
5.3.3.4.6.18.1	安全性問題	55
5.3.3.4.6.18.2	EMI、オゾン及び発塵.....	55
5.3.3.4.7	衣類.....	55
5.3.3.4.7.1	序論	55
5.3.3.4.7.2	タイプと選定	56
5.3.3.4.7.2.1	タイプと選定	56
5.3.3.4.7.2.2	限定使用衣類（使い捨て）	57
5.3.3.4.7.2.3	再使用可能な、一時処理した衣類.....	57
5.3.3.4.7.2.4	再使用可能な、恒久的な ESD 管理性能.....	58
5.3.3.4.7.2.5	静電気管理用衣類	58
5.3.3.4.7.2.6	電氣的に接地可能な衣類	58
5.3.3.4.7.3	適切な使用	59
5.3.3.4.7.4	試験	59
5.3.3.4.7.5	認証	59
5.3.3.4.7.6	定期的検証試験	59
5.3.3.4.7.7	保守とクリーニング	60
5.3.3.4.7.7.1	修理	60
5.3.3.4.7.7.2	ランドリサービス	60
5.3.3.4.7.7.3	自社内ランドリ	60
5.3.3.4.7.8	環境及び湿度	60
5.3.3.4.7.9	その他の考慮事項	60
5.3.3.4.8	保管ラック及び棚	61
5.3.3.4.8.1	保管ラックのタイプ	61
5.3.3.4.8.2	作業台の棚	61
5.3.3.4.8.3	保管区域の棚（倉庫、部品調整、等）	61
5.3.3.4.9	移動装置	62
5.3.4	出荷及び保管のための電子部品の包装	62

5.3.4.1	序文及び目的	62
5.3.4.2	定義	63
5.3.4.2.1	導電性	63
5.3.4.2.2	シールドディング (静電気)	63
5.3.4.2.3	拡散性	63
5.3.4.2.4	低帯電性	63
5.3.4.2.5	絶縁性	64
5.3.4.3	適切な包装の選定/設計	64
5.3.4.4	製品の敏感性の把握	64
5.3.4.5	包装された製品の配送環境の決定	64
5.3.4.5.1	考慮すべき要因	64
5.3.4.5.2	湿度	65
5.3.4.5.3	温度	65
5.3.4.6	意図した使用で最適な包装システムのタイプの決定	65
5.3.4.6.1	包装タイプの一般的考慮	65
5.3.4.6.2	回収可能及び再利用可能な包装	66
5.3.4.6.3	使い捨て、または一回使用包装	66
5.3.4.6.4	販売時点管理、または表示	66
5.3.4.7	包装材料の選定及び試験	67
5.3.4.8	包装設計	67
5.3.4.9	その他の設計上の考慮事項	67
5.3.4.9.1	費用対効果の関係	67
5.3.4.9.2	取り扱い	67
5.3.4.9.3	電氣的な考慮以外の考慮事項	67
5.3.4.9	シミュレーションで使用する試験	68
5.3.5	マーキング	68
5.3.5.1	アセンブリ及び製品のマーキング	68
5.3.5.2	包装のマーキング	69
5.3.5.3	その他のマーキングに関する考慮事項	70
6.	自動処理装置	71
7.	ESD 管理用手袋及び指サック	71
7.1	序論	71
7.2	タイプ	72
7.3	試験及び認証	73
7.3.1	試験の性質	73
7.3.2	抵抗測定	73
7.3.3	電荷減衰測定	75
7.3.4	製品帯電試験	75
8.	手工具	77
8.1	序論	77
8.2	試験と認証	78
8.2.1	認証基準	78

8.2.2	抵抗測定	78
8.2.3	電荷の減衰	80
附属書 A (参考) RCJS-5-1 に基づく ESD 管理プログラム計画書の例		83
A.1	はじめに (計画書の一部で無い)	83
A.2	目的	83
A.3	適用範囲	83
A.4	責任	83
A.5	参照文書	83
A.6	定義	83
A.7	ESD 管理プログラム計画	83
A.8	教育・訓練計画	84
A.8.1	初回教育・訓練	84
A.8.2	再教育・訓練	84
A.9	製品認証	84
A.10	監査計画	85
A.11	ESD 保護区域要求事項	85
A.11.1	一般要求事項	85
A.11.2	接地計画	86
A.11.3	人体接地計画	86
A.12	作業表面	86
A.13	包装	86
A.14	マーキング	87
A.15	監査手順	87
A.15.1	リストストラップ接続点の試験	87
A.15.2	静電気発生源の確認	87
附属書 B (参考) ESD 管理用アイテムの考察		89
B.1	一般	89
B.2	ESD 管理用靴と床	89
B.2.1	イオナイザ	91
B.2.2	常時モニタ	91
参考文献		92
附属書 JC (参考) RCJS-TR-5-2 と対応国際規格との対比表		93
解 説		95
1	公表の趣旨	95
2	その他解説事項	95

静電気現象からの電子デバイスの保護—

指針

Protection of Electronic Devices from Electrostatic Phenomena - User guide

序文

この文書は、2017年に第2版として発行予定の **IEC/TR 61340-5-2 (Edition2, Technical Report) (101/532/DTR : 2017)** を翻訳し、JIS 様式に従って作成した一般財団法人日本電子部品信頼性センター技術情報書 (RCJS-TR) である。RCJS-TR-5-2 (第2版) は、IEC/TR 61340-5-2 (edition2) の変更内容を取り入れ、2013年に発行した RCJS-TR-5-2 (第1版) を改定している。技術的内容は、RCJS-5-1 (第3版) : 2016 の内容及び国内事情を考慮し、IEC/TR 61340-5-2 (edition2) の全てを採用せず、一部変更している。

なお、この RCJS-TR-5-2 で点線の下線を施してある箇所は、対応国際規格を変更している事項である。変更の一覧表にその説明を付けて、**附属書 C** に示す。また、**注記 J** は、原文には無く、RCJS-TR-5-2 で追加した注記である。

この TR は、静電気放電 (ESD) からの静電気感性デバイス (ESDS) を保護する個人及び組織のために作成した。この TR は、RCJS-5-1 に従って ESD 管理プログラムを開発、履行、監視するために使用する指針 (ガイド) である。この TR は、次の活動に適用する：人体モデル (HBM) で 100V 以上の静電気感性を持つ電気、または電子部品、組立品、装置製造、処理、組み立て、据え付け、包装、ラベル付け、サービス、試験、検査、その他の取り扱いをする場合である。市場で、ESDS の大多数が 100V HBM 以上の感性を持つので、RCJS-5-1 において 100 V HBM を、ESD 管理のベースラインとなる感性しきい値として選定した。これより低い静電気感性を有するデバイスを取り扱う場合、追加の管理が必要となるか、幾つかの ESD 管理用アイテムの技術的な管理限界値の修正が必要になる。

ESD 管理用アイテムの抵抗等の制限値は、100V HBM デバイス保護のために設計する ESD 管理プログラムで規定されるものである。100 V の値は、RCJS-5-1 において規定している ESD 管理用アイテムを使用し、 $3.5 \times 10^7 \Omega$ 以下の抵抗を介して接地した作業員に発生する最大電位として予測されている。

RCJS-5-1 は、デバイス帯電モデル (CDM) 放電による損傷に関し、静電界の最大値限界に基づいて、ESD 保護区域 (EPA) で使用する絶縁体に関する要求事項を規定している。この課題については、

この技術報告書の EPA の章で、より詳細な情報としてまとめている。

物質の物理的接触や分離、または固体・液体・微粒子を多く含んだ気体の流れは、静電気電荷（静電荷）を発生させる可能性がある。ESD の一般的な発生源は、帯電した人体、帯電した導体、帯電した一般的なポリマー（絶縁体）、帯電した製造装置などである。ESD 損傷は、次の場合に発生する。

- ・帯電した人体や物体が、静電気敏感性デバイス（ESDS）に接触しようとする場合
- ・ESDS が、静電界に曝された状態で、導電性表面に直接接触しようとする場合
- ・帯電した ESDS が、異なる電位をもつ他の導電性表面に接触しようとする場合。この場合の導電性表面は、接地されているか否かに関係しない。

ESDS の例には、半導体集積回路、個別半導体、厚／薄膜抵抗器、ハイブリッドデバイス、プリント配線板、圧電素子などがある。デバイスとアイテムの敏感性は、デバイスの ESD イベントをシミュレートした試験により決定する。ESD イベントをシミュレートした試験により決定した敏感性レベルは、実際の敏感性レベルと、必ずしも同等ではない。しかし、それらは、異なった製造業者から入手可能な同じ機能のデバイスの敏感性を比較するための、基本的な手段として使用できる。電子部品の特性を評価するために、次の三つの異なったモデルが、使用可能である。

- ・人体モデル（HBM）
- ・マシンモデル（MM）
- ・デバイス帯電モデル（CDM）

現在、実際のデバイスの認証で、HBM と CDM の耐性試験のみが使用されている。

100V HBM 未満の敏感性を有する ESDS を取り扱う組織にとっても、RCJS-5-1 を使用することができる。その場合、組織は、RCJS-5-1 の表 1 で指定された幾つかの ESD 管理用アイテムの要求限界値の修正が必要になる場合がある。また、プログラム文書に、100V HBM 未満の敏感性を有する ESDS を取り扱っていること及び RCJS-5-1 で設定された ESD 管理用アイテムの要求限界値の変更が要求されることを明記する必要がある。

RCJS-5-1 の基礎になる基本的な ESD 管理の原則は次の通りである。

A. 全ての帯電した導電体（人体、装置）から ESDS への放電を避ける。

ESDS と接触する人体を含む全ての導体を、既知の接地、または人為的な接地（船上、または航空機上のような）に結合、または電氣的に接続することにより行う。この接続は、全てのアイテムと人体の間に等電位の平衡状態を作り出す。全てのシステムのアイテムが同電位にある限り、接地電位の“ゼロ”電圧と異なる電位でも、静電気に対する保護は、維持することができる。接地されていない導体（例：孤立導体）が、ESDS に接触する場合、ESD リスクを評価し、必要なら緩和策をとる。

B. 全ての帯電した ESDS（放電につながる帯電は、直接接触もしくは分離により発生するか、または電界誘導により発生する）からの放電を避ける。

絶縁体は、接地により、絶縁体上の静電荷を取り除くことができない。絶縁体は、ESDS の近傍から遠ざけることが推奨される。ある種の絶縁体は、プロセスで必要な材料であり、ESDS の近傍から遠ざけることができない。イオン化システム（イオナイザ）やその他の緩和技術が、これらの必要な絶縁体（回路ボード材料及びある種のデバイス包装は、必要な絶縁体の例である）の静電荷を中和するのに用いられる。作業区域における必要な絶縁体上の静電荷により生じる ESD 損傷の評価は、リスクに釣り合った適切な対策を実施する必要がある。

C. EPA 以外の区域では、多くの場合、上記 ESDS を管理することが不可能となる。したがって、ESD 管理用包装が必要となる。

ESD からの保護は、ESDS を ESD 管理材料内へ収納することにより行う。材料の種類は、状況及び送り先により異なる。EPA 内部では、低帯電性及び静電気拡散性材料が、十分な保護の役割を果たす。EPA 外部では、低帯電性及び静電気放電シールド材料の使用が望ましい。この指針では、全ての材料について記述していないが、それらの材料を使用する上での違いを認識することが重要である。保護包装に関して、RCJS-5-1 の 6 章及び付属書 I（IEC 61340-5-3 に対応）が要求事項と関連する試験方法を規定している。

各組織には、組織固有のプロセスがあるため、最適な ESD 管理プログラムのためには、組織固有の ESD 管理対策の組み合わせが必要である。これらの対策は、技術的な必要性に基づいて選択され、ESD 管理プログラム計画に慎重に文書化され、関係者全員がプログラム要求事項を確実に理解することが不可欠である。

教育・訓練は、関係する要員が、ESD 管理プログラム計画に従うために使用する、機器及び手順を確実に理解するために、ESD 管理プログラムの不可欠な要素である。教育・訓練は、ESD 問題の認識と理解を高める上でも不可欠である。教育・訓練を受けなければ、多くの場合、要員は ESD リスクの主要な原因である。教育・訓練を受けることで、ESD 損傷を防ぐための効果的な第一の防衛線になる。

ESD 管理用アイテムが有効に維持され、ESD 管理プログラムが ESD 管理プログラム計画に従って正しく履行されていることを確認するためには、定期的な監査（順守性検証）と試験が不可欠である。