



宇宙転用可能部品の宇宙適用ハンドブック (小型衛星、超小型衛星編)

2025年 3月 21日

宇宙航空研究開発機構

免責条項

ここに含まれる情報は、一般的な情報提供のみを目的としています。JAXA は、かかる情報の正確性、有用性又は適時性を含め、明示又は黙示に何ら保証するものではありません。また、JAXA は、かかる情報の利用に関連する損害について、何ら責任を負いません。

Disclaimer

The information contained herein is for general informational purposes only. JAXA makes no warranty, express or implied, including as to the accuracy, usefulness or timeliness of any information herein. JAXA will not be liable for any losses relating to the use of the information.

発行

〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1

宇宙航空研究開発機構 安全・信頼性推進部

JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency)

目 次

はじめに	1
1 総則	3
1.1 目的	3
1.2 範囲	3
2 関連文書	3
2.1 参考文書	3
3 用語の定義と略語	6
3.1 用語の定義	6
3.2 略語	6
4 一般(共通)事項	9
4.1 宇宙適用の概念と基本フロー	9
4.2 ユーザメーカ側と部品メーカ(部品供給)側の合意(協力)	11
4.3 システムのリスクと部品の品質保証レベルの目安	19
4.4 選定指針と禁止・制約に関する共通事項	22
4.4.1 一般	22
4.4.2 選定指針	22
4.4.3 故障率	22
4.4.4 温度範囲	22
4.4.5 選定・適用上の禁止、制約事項	23
4.4.6 耐放射線性	25
4.4.7 デイレーティング	26
4.4.8 選定・適用上の留意点	26
4.5 候補部品の審査プロセス	27
5 品質保証	27
5.1 品質保証レベル別の評価、品質保証	27
5.2 候補部品と部品メーカの選定	27
5.3 候補部品の調達	27
5.3.1 調達仕様書(作成する場合)	28
5.3.2 スクリーニング試験	28
5.3.3 ロット保証試験	35
5.3.4 耐放射線性試験	43
5.3.5 受入検査	43
5.3.6 破壊的物理解析(DPA)	43
5.3.7 取扱い及び保管	46

5.3.8 再検査	46
5.4 評価・試験データのまとめ	46
6 組立及び実装	46
7 トレーサビリティ及び不具合対応	47
7.1 トレーサビリティ	47
7.2 不具合及び故障への対応	47
7.3 アラート	47
8 部品情報の活用	48

表番号目次

表1	小型衛星、超小型衛星の分類と目的・用途(例)	1
表 4.2-1	情報開示の具体的調整・協議手順(集積回路/個別半導体)例	15
表 4.2-2	ユーザメーカ側が部品メーカ側に提示する情報内容	16
表 4.2-3	宇宙転用評価 調査票(集積回路/個別半導体用)／部品メーカ側記載 例	17
表 4.3-1	システムのリスク対応方針と部品の品質保証レベル目安	20
表 5.3.2-1	クラスⅠ相当 スクリーニング試験	30
表 5.3.2-2	クラスⅡ相当 スクリーニング試験	32
表 5.3.2-3	クラスⅢ相当 スクリーニング試験	34
表 5.3.3-1	クラスⅠ相当 ロット保証試験	36
表 5.3.3-2	クラスⅡ相当 ロット保証試験	39
表 5.3.3-3	クラスⅢ相当 ロット保証試験	41
表 5.3.6-1	破壊的物理解析(DPA)集積回路、個別半導体の代表例	44

図番号目次

図1	宇宙転用部品の宇宙適用ハンドブック(小型衛星、超小型衛星編)の位置付け	2
図 4.1-1	宇宙転用可能な部品の宇宙適用基本フロー(参照)	10
図 4.2-1	取扱注意事例 1	13
図 4.2-2	取扱注意事例 2	14
図 4.3-1	品質保証レベル(クラスⅠ－Ⅲ相当)比較サマリ(集積回路、個別半導体の代表例)	21
図 5.3.3-1	クラスⅠ相当 ロット保証試験 ダイアグラム	38
図 5.3.3-2	クラスⅡ相当 ロット保証試験 ダイアグラム	40
図 5.3.3-3	クラスⅢ相当 ロット保証試験 ダイアグラム	42

はじめに

本ハンドブック「宇宙転用可能部品の宇宙適用ハンドブック(小型衛星、超小型衛星編)」は、2023年度に「宇宙転用可能部品の宇宙適用ハンドブック(共通編)」(JERG-0-052)のB改訂した際、小型衛星及び超小型衛星の分類を新たに追加したことを受け、新たに制定するものである。本ハンドブックでは、部品選定に関し、COTS部品を宇宙用部品の補完として位置付けるものではなく、COTS部品を使いこなすことに重点を置くことを基本的な方針とする。これを踏まえ、COTS部品の使用上の注意事項等のガイドラインを示す。

昨今、小型/超小型(スモール/マイクロ/ナノ/ピコ)衛星の短期間開発と利用に対する需要が高まっているが、どういった衛星が「小型」、「超小型」(マイクロ、ナノ、ピコ)衛星と見なされるかについては明確でなく、世界的に受け入れられた定義は見当たらない。

本ハンドブック作成の前提として、Journal of The Remote Sensing of Japan Vpl.34 No.1(2014) PP 33-35「第18回 超小型衛星の特徴や利点について」(麻生 茂 氏)を参考に、表1に示す通り、100kg以上を小型衛星と分類し、100kg未満を超小型衛星と分類をした。また、ミッションライフについては、「NASA Ames Research Center「Small Spacecraft Overview」を参考に、1～3年間と想定した。

表1 小型衛星及び超小型衛星の分類と目的・用途(例)

サイズ (目安)	名称	主なプレーヤ	目的・用途(例)	分類
100～ 1000Kg	スモールサット	衛星関係企業 ベンチャー 国家機構	リモセン、環境観測、災害監視。 情報収集、宇宙科学、通信・測位	小型衛星
20～100kg	マイクロサット	大学 ベンチャー	大学の教育用、技術試験、実証、 リモセン、災害監視、通信・測位	超小型衛星
1～20kg	ナノサット (キューブサット) 注	大学 ベンチャー	大学の教育用、技術試験、 一部実利用 (宇宙科学、環境監視等)	
1kg以下	ピコサット	大学	大学の教育用	

注;キューブサット(CubeSat)は「Space Systems-Cube Satellites(Cube Sats)」(ISO17770)で規格化された直方体の外形をした超小型衛星の総称である。

これらの衛星は、低コストと迅速な開発に重点を置く傾向にあり、宇宙用部品として設計・製造・品質保証されたものではないCOTS部品を多用し、高機能でありながら小型、低コスト、短期間で開発されるのが特徴である。

したがって、産業用に用いられる部品だけでなく、地上民生機器(モバイルパソコンや携帯電話、自動車エレクトロニクス等)で使用されている部品を、宇宙転用することもある。

大型衛星に比べ、小型衛星及び超小型衛星は開発費が低く、開発期間も標準的に2～3年間と短いいため、現在、多くの大学や企業で研究開発が進められている。

本ハンドブックの位置付けは、図1に示す通りである。JERG-0-052の共通文書に対し、個別文書として「宇宙転用可能部品の宇宙適用ハンドブック(小型衛星、超小型衛星編)」と位置付ける文書である。JAXAにおける小型衛星及び超小型衛星開発プロジェクトによる部品選定の指針の一つとして活用され、またCOTS部品を使用する場合の知見及び注意事項について、小型衛星及び超小型衛星開発関係者間で共有することが目的である。

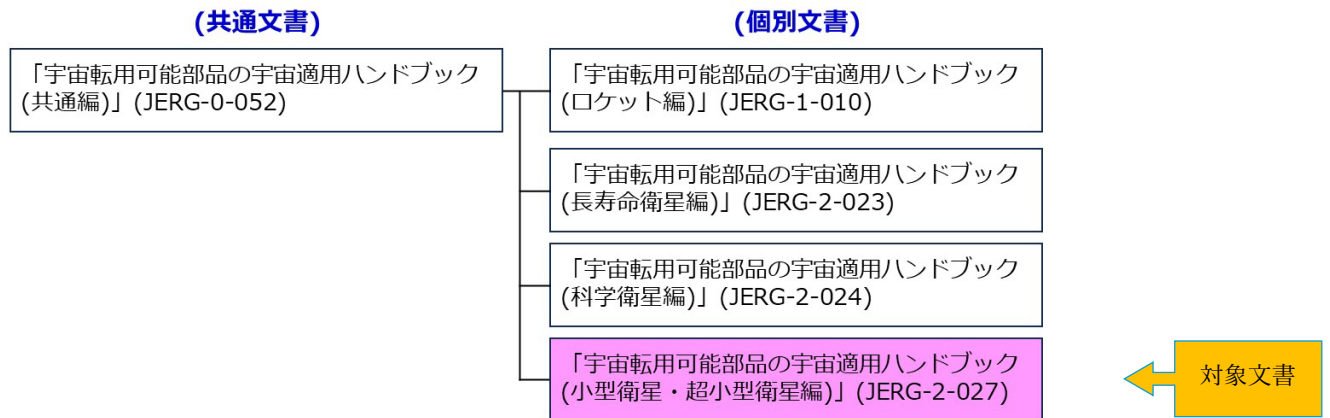


図1 宇宙転用可能部品の宇宙適用ハンドブック(小型衛星、超小型衛星編)の位置付け

1. 総則

1.1 目的

小型衛星及び超小型衛星開発プロジェクトでは、構成機器に使用されるEEE部品（以下「部品」という）について、標準部品（JAXA、MIL/NASA、ESCC/ESAによる公的認定部品）や、フライト実績のある非標準部品から選定することが技術的、経済的及びスケジュール的に困難である場合が多い。

そのため、本ハンドブックは宇宙産業以外で利用されている部品を選定、評価及び調達して使用するために必要となる、共通の手順、推奨事項、注意事項、解説及び関連情報等について記述することを目的とする。

1.2 範囲

本ハンドブックが対象とする宇宙転用可能部品の品目範囲は、「電気・電子・電気機構部品プログラム標準」(JMR-012)の3項(1)に規定するEEE部品であり、次の21品目の国産もしくは海外製品である。品質保証レベルをJMR-012の5.1.2項と同様、3種のクラス(クラスⅠ、クラスⅡ及びクラスⅢ相当)に分類し、その選定・適用指針も示す。

1. 集積回路(混成集積回路を含む)
2. トランジスタ
3. ダイオード
4. コンデンサ
5. 抵抗器
6. コネクタ
7. 水晶・水晶発振器
8. フィルタ(RFI フィルタ、EMI フィルタ、貫通フィルタ等)
9. リレー
10. スイッチ(サーマルスイッチを含む)
11. トランス・コイル
12. 電線・ケーブル
13. 太陽電池セル
14. プリント配線板
15. サーミスタ
16. ヒータ
17. センサ(白金温度センサ、圧力センサ、CCD センサ等)
18. ヒューズ
19. RF デバイス(RF 用アイソレータ、アッテネータ、カプラー、ミキサ、サーキュレータ、SAW フィルタ、ターミネーション(終端器)、デバイダ/コンバイダ、LPF、HPF、BPF 等)
20. 光関連(光モジュール、ファイバ等)
21. MEMS(微小電気機械システム)部品(スイッチ、ジャイロ等)

2 関連文書

2.1 参考文書

次の文書の最新版は、本ハンドブックの参考文書とする。

- (1) AFNOR A89-400:EN-Soldering. Measurement of solderability. Wetting balance tests method.
- (2) ASTM E 595:STANDARD TEST METHOD FOR TOTAL MASS LOSS AND COLLECTED VOLATILE CONDENSABLE MATERIALS FROM OUTGASSING IN A VACUUM ENVIRONMENT
- (3) CREME-MC:Cosmic Ray Effects on Micro-Electronics-Monte Carlo
- (4) ECSS-Q-ST-30-11:Space Product Assurance - Derating - EEE components

- (5) ECSS-Q-ST-60-13:Space product assurance- Commercial electrical, electronic and electromechanical (EEE) components
- (6) EEE-INST-002:Instructions for EEE Parts Selection, Screening, Qualification, and Derating
- (7) ESCC 22900:TOTAL DOSE STEADY-STATE IRRADIATION TEST METHOD
- (8) ESCC 24800:Permanence of marking
- (9) ESCC 25100:Single Event Effects test method and guidelines
- (10)IEC 60068-2-69:Part 2-69 : Tests - Test : Solderability testing of electronic components for surface mounting devices (SMD) by the wetting balance method
- (11)J-STD-033:Handling, packing, shipping and use of moisture/ reflow sensitive surface mount devices
- (12)JAXA QPL/QML:宇宙航空研究開発機構 認定部品リスト/認定製造業者リスト
- (13)JEDEC JESD57 : Test Procedures for the Measurement of Single-Event Effects in Semiconductor Devices from Heavy Ion Irradiation
- (14)JERG-0-034:宇宙用有機材料アウトガスデータ集
- (15)JERG-0-036:静電気対策ハンドブック
- (16)JERG-0-039:宇宙用はんだ付工程標準
- (17)JERG-0-040:宇宙用電子機器接着工程標準一部品接着固定、コンフォーマルコーティング及びポッティング
- (18)JERG-0-041:宇宙用電気配線工程標準
- (19)JERG-0-042:プリント配線板と組立品の設計標準
- (20)JERG-0-064:鉛フリー部品の宇宙適用工程標準
- (21)JERG-0-050:海外部品品質確保ハンドブック
- (22)JERG-0-052:宇宙転用可能部品の宇宙適用ハンドブック(共通編)
- (23)JERG-1-010:宇宙転用可能部品の宇宙適用ハンドブック(ロケット編)
- (24)JERG-2-023:宇宙転用可能部品の宇宙適用ハンドブック(長寿命衛星編)
- (25)JERG-2-024:宇宙転用可能部品の宇宙適用ハンドブック(科学衛星編)
- (26)JERG-2-212:ワイヤディレーティング標準
- (27)JESD22-A101:Steady state temperature humidity bias life test
- (28)JESD22-A110:Highly accelerated temperature and humidity stress test
- (29)JESD22-A112:MOISTURE-INDUCED STRESS SENSITIVITY FOR PLASTIC SURFACE MOUNT DEVICES
- (30)JESD22-A113:Preconditioning of plastic surface mount devices prior to reliability testing
- (31)JESD22-B106:Resistance to soldering temperature for through hole mounted devices
- (32)JESD22-B116:WIRE BOND SHEAR TEST
- (33)JESD26-A:GENERAL SPECIFICATION FOR PLASTIC ENCAPSULATED MICROCIRCUITS FOR USE IN RUGGED APPLICATIONS - RESCINDED
- (34)JMR-012:電気・電子・電気機構部品プログラム標準
- (35)MIL-HDBK-217:Reliability Prediction of Electronic Equipment
- (36)MIL-STD-750:TEST METHOD FOR STANDARD SEMICONDUCTOR DEVICES
- (37)MIL-STD-883:TEST METHOD STANDARD MICROCIRCUITS
- (38)MIL-STD-1580 :DESTRUCTIVE PHYSICAL ANALYSIS FOR ELECTRONIC, ELECTROMAGNETIC,AND ELECTROMECHANICAL PARTS

- (39)NPSL:NASA Parts Selection List
- (40)NASA-RP-1124:Outgassing Data for Selecting Spacecraft Materials
- (41)ISO19683:Space systems-Design qualification and acceptance tests of small spacecraft and units
- (42)UNISEC 外第 22-22 号:超小型衛星ミッションアッシュアランス・ハンドブック Ver 2.0
- (43)ISO17770:Space Systems-Cube Satellites(Cube Sats)

3 用語の定義と略語

3.1 用語の定義

本ハンドブックで用いる用語の定義は、以下による他、JMR-012の付録-2(略語及び用語の定義)を引用する。

- (1) 宇宙用部品:「標準部品、非標準部品」から成る部品の総称。
- (2) 標準部品:JAXA 認定、MIL/NASA 認定、ESCC 認定がなされた公的認定部品で該当プログラムにて要求される品質保証レベル(クラスⅠ、クラスⅡ、クラスⅢ)に合致した部品。
- (3) 非標準部品:標準部品以外の宇宙用部品で、各プロジェクトで承認され、使用された部品。
- (4) 公的認定部品:JAXA 認定部品、MIL/NASA 認定部品、ESCC/ESA 認定部品等の公的機関により認定された宇宙用部品であり、それぞれの機関が公開している認定部品リスト(QPL/QML)に登録されている部品。
- (5) 部品の品質保証レベル:宇宙用部品の品質保証の階級を表す呼称であり、その品質保証レベルは程度により、クラスⅠ、クラスⅡ及びクラスⅢに分類される。
- (6) 覚書:取引の際に売買契約に付随又はそれに先立って、基本契約書とは別に、開発や品質保証の枠組みなど取引の前提となる細部詳細(契約内容の一部変更を含む)範囲を限定して両者の合意事項としてまとめて記した文書。通常は両者の署名・捺印によって交わされる。
- (7) EEE 部品:「電気、電子及び電気機構部品」の略称。
- (8) NDA(秘密保持契約):情報の取り扱いについて定めた覚書、又は契約書(双務契約であることが望ましい)。

3.2 略語

本ハンドブックで用いる略語は以下による他、JMR-012の付録-2(略語及び用語の定義)を適用する。

略語	意 味
AEC-Q	Automotive Electronics Council-Qualification
APL	Approved Parts List
BPF	Band-Pass Filter
C-SAM	Constant-depth mode Scanning Acoustic Microscope
COTS	Commercial Off The Shelf
CTE	Coefficient of Thermal Expansion
CVCM	Collected Volatile Condensable Materials
DD	Displacement Damage
DPA	Destructive Physical Analysis
DSC	Differential Scanning Calorimetry
Ea	Activation Energy
ECSS	European Coordination for Space Standardization
EEE	Electrical, Electronic, Electromechanical
EPPL	European Preferred Parts List
ESCC	European Space Components Coordination

HAST	Highly Accelerated Stress Test
HPF	High Pass Filter
HSD	Hot Solder Dip
ITAR	International Traffic in Arms Regulations
ISO	International Organization for Standardization
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency
JEDEC	Joint Electron Device Engineering Council
JESD	JEDEC Standards
JIS	Japanese Industrial Standards
LAT	Lot Acceptance Test
LET	Linear Energy Transfer
LETth	Threshold for Linear Energy Transfer
LPF	Low Pass Filter
MIL	Military
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NDA	Non-Disclosure Agreement
NPSL	NASA Parts Selection List
PAPDB	Project Approved Parts Data Base
PCT	Pressure Cooker Test
PDA	Percent Defective Allowable
PED	Plastic Encapsulated Device
PEM	Plastic Encapsulated Microcircuit
PIND	Particle Impact Noise Detection
QMS	Quality Management System
PL	Product Liability
RF	Radio Frequency
RH	Relative Humidity
RoHS	Restriction of the use of certain Hazardous Substances
RVT	Radiation Verification Testing
SAW	Surface Acoustic Wave
SDR	System Definition Review
SEB	Single Event Burnout
SEDR	Single Event Dielectric Rapture
SEE	Single Event Effect (SEU, SEL, SEB, SEDR, SEFI, SEGR, SET等に分類される。)
SEFI	Single Event Functional Interrupt
SEGR	Single Event Gate Rapture
SEL	Single Event Latch up

SEM	Scanning Electron Microscope
SET	Single Event Transient
SEU	Single Event Upset
SMD	Surface Mount Device
Ta	Ambient Temperature
Tg	Glass transition Temperature
THB	Temperature Humidity Bias
TID	Total Ionizing Dose
TML	Total Mass Loss

4 一般(共通)事項

小型衛星及び超小型衛星では、地上民生機器に使用されるCOTS部品及びユニットが使用されることが多い。部品メーカー及びユニットメーカーとの商取引において、ユーザーメーカー(システム・機器メーカー)(以下、ユーザーメーカーという)は、ミッションの目的に合わせた部品及びユニットのプログラム活動を行う。

地上民生機器に使用されるCOTS部品及びユニットを使用するため、宇宙空間での使用にあたっては、ユーザーメーカー責で使用することを前提として、部品メーカー及びユニットメーカー(以下部品メーカーという)と調整することになる。

4.1 宇宙適用の概念と基本フロー

2023年度に行ったJERG-0-052B改訂では、従来の標準部品の補完という位置付けを改め、COTS部品の宇宙転用するためのガイドラインを記述した。その改訂にあたり、衛星分類に小型衛星及び超小型衛星を追加したことを受け、本ガイドラインの制定に至っている。

小型衛星及び超小型衛星においても、ミッションの成功率を向上させるため、地上用途の中でも信頼性の高い部品及びユニットを選定している。そのため、次に示す宇宙転用可能部品を参考にし、選定することが望ましい。

宇宙用部品以外の全ての部品を次のように大別し、④を除き宇宙転用可能な部品と呼ぶ。^(注1)

なお、下記の④民生用部品に関しては、JERG-0-052では「宇宙転用不可部品」としているが、小型衛星及び超小型衛星では、回路設計(電流制限回路、Error Correction Code:誤り訂正符号機能等)、使用環境、実績^(注2)等を考慮し宇宙転用可能とする。

- ① 高信頼性部品:海底ケーブル用部品、原子力用部品、航空機用部品、耐放射線性PEM部品^(注3)
- ② 自動車用部品:パワートレイン、ブレーキ、エアバック、他(安全性に直接関与する部品)
- ③ 産業用部品:工場機器/インフラ用、他(故障時の影響大)
- ④ 民生用部品 :家電機器用、他(故障時の影響小)

(注1) 「宇宙転用可能部品の宇宙適用ハンドブック (共通編)」(JERG-0-052)の図4.1-1の「宇宙転用可能な部品の宇宙適用概念」を参照

(注2) 実績とは、フライト、フライト候補部品として選定されたものであり、回路設計、使用環境が類似なものをさす(以下、実績品という)。

(注3) 半導体メーカーが低軌道衛星用として、車載用をベースとした耐放射線性等を考慮したEP(Enhanced Plastic)部品もこれに含まれる。

図4.1-1に示す「宇宙転用可能な部品の宇宙適用基本フロー(参照)」は、部品及びユニットメーカーとの商取引を行うための参考である。このフローではユーザーメーカー責での宇宙転用部品であることを部品メーカーに伝えるのが望ましい。

なお、図4.1-1の「ユーザ(システムメーカー/機器メーカー)」は、「ユーザーメーカー」と読み替える。また、この図ではNSPAR申請を行うフローとなっているが、プロジェクトの方針により、別の方法で承認するか、省略することも可能である。

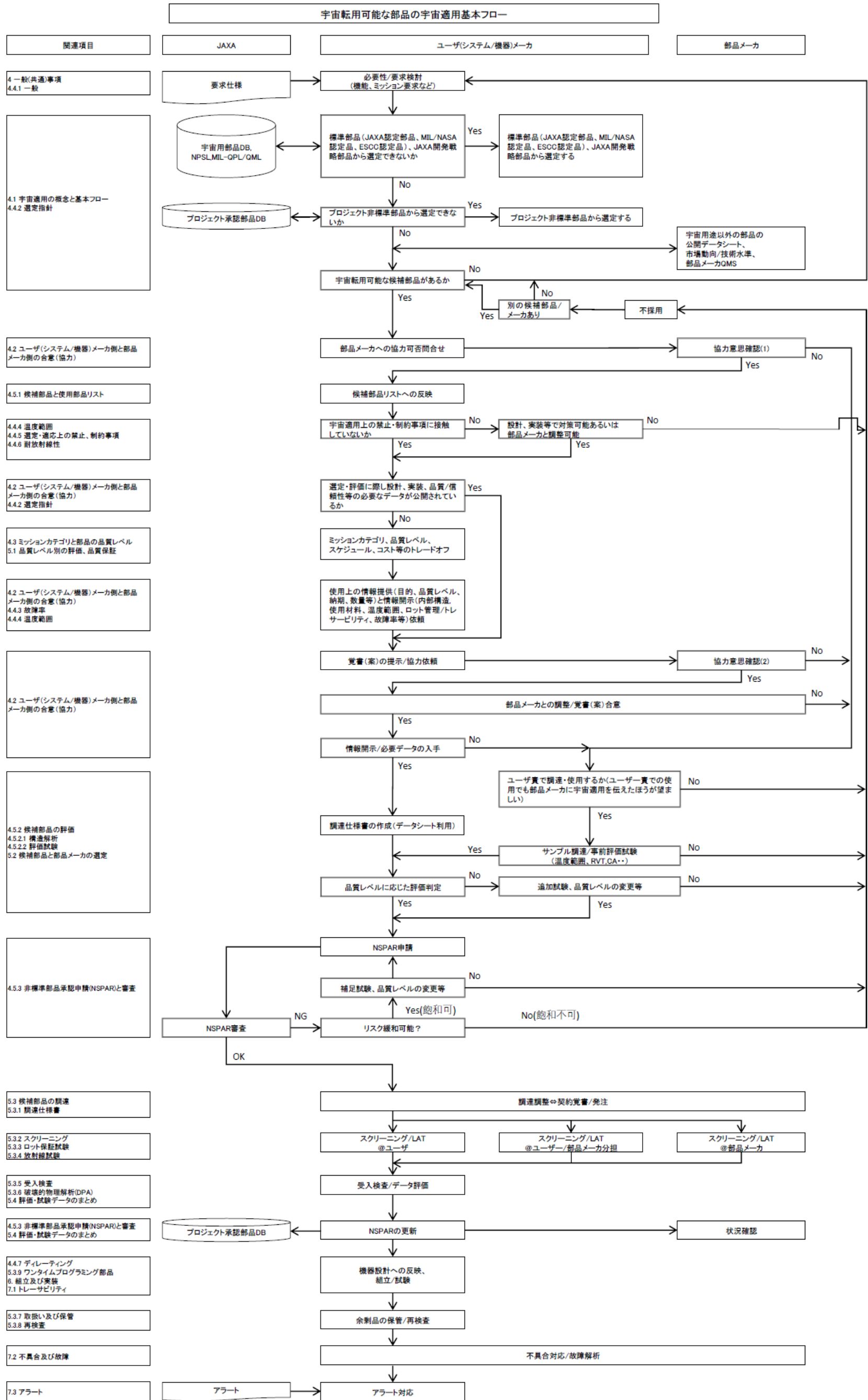


図4.1-1宇宙転用可能な部品の宇宙適用基本フロー(参照)

4.2 ユーザーメーカ側と部品メーカ(部品供給)側の合意(協力)

製造物責任(PL)などの関連法令に基づき、部品メーカは図4.2-1、図4.2-2に示すような取扱注意事例を作成している。ユーザーメーカは、宇宙機器などの特定用途に使用する場合、文書による事前の承諾が要請されているため、対応することが望ましい。

一方、ユーザーメーカとしては、候補部品の選定・評価に際し、設計、実装、品質/信頼性等の選定評価に必要な詳細データが公開されていないケースが多いため、宇宙機器で使用する上で、下記の情報をユーザーメーカから部品メーカへ提示し、事前評価に用いる情報の提供を部品メーカから受けられるようにすることが望ましい。

- (1)使用上の情報(使用目的、品質保証レベル、適用条件、納期、数量等)
- (2)事前評価に用いる情報(内部構造、使用材料、温度範囲、ロット管理/トレーサビリティ、故障率等)

事前評価に用いる「情報開示の具体的調整・協議手順」、「ユーザーメーカ側が部品メーカ側に情報提示する内容」及び「宇宙転用評価 調査票」の例について、“集積回路/個別半導体”を代表として次表に示す。

協議内容	集積回路/個別半導体
情報開示の具体的調整・協議手順	表4.2-1参照
ユーザーメーカ側が 部品メーカ側に情報提示する内容	表4.2-2参照
宇宙転用評価 調査票	表4.2-3参照

但し、これらは一例であり、システムのリスク対応方針の分類のために必要な調査項目や、部品メーカ毎に対応可能な調査項目は異なると考えられるため、ユーザーメーカは必要な調査項目を検討の上、部品メーカと調整を行うことが望ましい。更に、以下の事項等を明確にし、協力関係を構築することがより望ましい。

- (1) 対象部品番号もしくはシリーズ及び/又は同一構造部品
- (2) 宇宙用としての使用目的、品質保証レベル、適用条件
- (3) 納期、数量(最小販売数量)、今回限り(まとめ買い)か、繰返し
- (4) 情報開示(内部構造、使用材料、使用温度範囲、工程フロー、ロット管理/トレーサビリティ、故障率、信頼性データ、耐放射線性、リード仕上げ等)
- (5) 品質保証レベルに応じた部品仕様(ロットの定義、トレーサビリティなどを含む)の確定
- (6) スクリーニング試験/ロット保証試験(LAT)等の作業とその費用分担
(ユーザ、ユーザ/部品メーカ分担、 部品メーカ依存)
- (7) メーカ間の契約/責任分担、免責事項等
- (8) 不具合/クレーム/故障解析
- (9) 取扱い、保管、再検査、実装技術に対する助言(鉛フリー端子への対応等)
- (10) 設計及び製造プロセス変更(及び製造中止)に関する通知
- (11) 守秘義務

ご注意書

1. 本資料に記載されている内容は本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。当社製品のご購入およびご使用にあたりましては、事前に当社営業窓口で最新の情報をご確認いただきますとともに、当社ホームページなどを通じて公開される情報に常にご注意ください。
2. 本資料に記載された当社製品および技術情報の使用に関連し発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権の侵害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
3. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。
4. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器の設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。本資料に記載されている当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途の目的で使用しないでください。また、当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器に使用することができません。
6. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したものです。誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」、「高品質水準」および「特定水準」に分類しております。また、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使われることを意図しておりますので、当社製品の品質水準をご確認ください。お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途に当社製品を使用することができません。また、お客様は、当社の文書による事前の承諾を得ることなく、意図されていない用途に当社製品を使用することができません。当社の文書による事前の承諾を得ることなく、「特定水準」に分類された用途または意図されていない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に生じた損害等に関し、当社は、一切その責任を負いません。なお、当社製品のデータ・シート、データ・ブック等の資料で特に品質水準の表示がない場合は、標準水準製品であることを表します。
 標準水準: コンピュータ, OA 機器, 通信機器, 計測機器, AV機器, 家電, 工作機械, パーソナル機器, 産業用ロボット
 高品質水準: 輸送機器(自動車, 電車, 船舶等), 交通用信号機器, 防災・防犯装置, 各種安全装置, 生命維持を目的として設計されていない医療機器(厚生労働省定義の管理医療機器に相当)
 特定水準: 航空機器, 航空宇宙機器, 海底中継機器, 原子力制御システム, 生命維持のための医療機器(生命維持装置, 人体に埋め込み使用するもの, 治療行為(患部切り出し等)を行うもの, その他直接人命に影響を与えるもの)(厚生労働省定義の高度管理医療機器に相当)またはシステム 等
8. 本資料に記載された当社製品のご使用につき、特に、最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他諸条
 件につきましては、当社保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないようお客様の責任において冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、機器またはシステムとしての出荷保証をお願いいたします。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様が製造された最終の機器・システムとしての安全検証をお願いいたします。

10. 当社製品の環境適合性等、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制するRoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを固くお断りいたします。
12. 本資料に関する詳細についてのお問い合わせその他お気付きの点等がございましたら当社営業窓口までご照会ください。
- 注1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサスエレクトロニクス株式会社およびルネサスエレクトロニクス株式会社がその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。
- 注2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

出典:ルネサス エレクトロニクス(株) カタログの注意書より

<https://www.renesas.com/jp/ja/document/oth/680296>

図 4.2-1 取扱注意 事例 1(下線部分は特定用途に関する内容)

製品取り扱い上のお願い

- ・本資料に掲載されているハードウェア、ソフトウェアおよびシステム(以下、本製品という)に関する情報等、本資料の掲載内容は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
- ・文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。また、文書による当社の事前の承諾を得て本資料を転載複製する場合でも、記載内容に一切変更を加えたり、削除したりしないでください。
- ・当社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体・ストレージ製品は一般に誤作動または故障する場合があります。本製品をご使用頂く場合は、本製品の誤作動や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウェア・ソフトウェア・システムに必要な安全設計を行うことをお願いします。なお、設計および使用に際しては、本製品に関する最新の情報(本資料、仕様書、データシート、アプリケーションノート、半導体信頼性ハンドブックなど)および本製品が使用される機器の取扱説明書、操作説明書などをご確認の上、これに従ってください。また、上記資料などに記載の製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を使用する場合は、お客様の製品単独およびシステム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。
- ・本製品は、特別に高い品質・信頼性が要求され、またはその故障や誤作動が生命・身体に危害を及ぼす恐れ、膨大な財産損害を引き起こす恐れ、もしくは社会に深刻な影響を及ぼす恐れのある機器(以下“特定用途”という)に使用されることは意図されていませんし、保証もされていません。特定用途には原子力関連機器、航空・宇宙機器、医療機器、車載・輸送機器、列車・船舶機器、交通信号機器、燃焼・爆発制御機器、各種安全関連機器、昇降機器、電力機器、金融関連機器などが含まれますが、本資料に個別に記載する用途は除きます。特定用途に使用された場合には、当社は一切の責任を負いません。なお、詳細は当社営業窓口までお問い合わせください。
- ・本製品を分解、解析、リバースエンジニアリング、改造、改変、翻案、複製等しないでください。
- ・本製品を、国内外の法令、規則及び命令により、製造、使用、販売を禁止されている製品に使用することはできません。
- ・本資料に掲載してある技術情報は、製品の代表的動作・応用を説明するためのもので、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- ・別途、書面による契約またはお客様と当社が合意した仕様書がない限り、当社は、本製品および技術情報に関して、明示的にも黙示的にも一切の保証(機能動作の保証、商品性の保証、特定目的への合致の保証、情報の正確性の保証、第三者の権利の非侵害保証を含むがこれに限らない。)をしておりません。
- ・本製品、または本資料に掲載されている技術情報を、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍사용途の目的で使用しないでください。また、輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」等、適用ある輸出関連法令を遵守し、それらの定めるところにより必要な手続を行ってください。
- ・本製品のRoHS 適合性など、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問い合わせください。本製品のご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制するRoHS 指令等、適用ある環境関連法令を十分調査の上、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は一切の責任を負いかねます。

出典: (株)東芝 製品カタログの製品取り扱い上のおお願い

<https://toshiba.semicon->

storage.com/info/2SC5065_datasheet_ja_20140301.pdf?did=17645&prodName=2SC5065

図 4.2-2 取扱注意 事例 2(下線部分は特定用途に関する内容)

表 4.2-1 情報開示の具体的調整・協議手順(集積回路/個別半導体)例

ステップNo.	項目	内容等
1	部品メーカーへの問合せ	最低限、表 4.2-2 のNo.1,2,3 の項目程度を提示して供給可否を問合せ。
2	NDA(秘密保持契約)締結	さらに具体的な相互の情報提供を行うために必要に応じてNDAを締結する。
3	ユーザー側からの情報提示	表 4.2-2 の情報提示内容すべてを提供し、供給可否を問合せ。
4	部品メーカー側の一次回答	供給可否又は情報提供可否を確認する。
5	覚書締結(必要に応じて)のための調整	必要に応じて、責任分担、免責事項、費用負担、さらに情報開示を求める内容と同内容の維持可否(将来的な変更有無)等の確認と調整を行う。この場合、個別部品ではなく、シリーズ/同一構造品のレベルとする。ここで宇宙転用評価に必要な情報(調査票:表 4.2-3 参照)の提示とその入手可否を調整する。
6	覚書締結(必要に応じて)	必要に応じて、調整した内容を文書化し、有効期限を設けて両者合意(締結)することが望ましい。
7	宇宙転用評価調査票(表 4.2-3 参照)	ユーザー側は、宇宙転用可否を判断するために、覚書で定義した内容に限定して調査票にて情報を得ることが望ましい。部品メーカーは、調査票にできる範囲で回答を行うことが望ましい。
8	部品メーカー側の情報提供	ユーザー側は、部品メーカーから調査票の回答を入手して宇宙転用可否を判断する。
9	サンプル評価(可能ならば)	部品メーカーから事前評価サンプルを入手し、評価することが望ましい(部品メーカーから入手できない情報を得るための構造解析等を含む)。
10	評価試験の実施(可能ならば)	必要な評価試験を実施し、部品単体の転用可否を検証する。この試験は No.9 で得られた結果から、機器の信頼性に影響を及ぼすと判断した場合に実施する。
11	部品の調達	必要に応じて、スクリーニング試験及びロット保証試験を実施する。ただし、個別部品ではなく、シリーズ/同一構造品のレベルとしてもよい。 No.10 の評価試験で得られたデータにより、この保証試験は省略することができる。

表 4.2-2 ユーザメーカー側が部品メーカー側に提示する情報内容例

No.	項目	内容等
1	使用目的	小型衛星、超小型衛星タイプ(表 4.3-1 のシステムのリスク対応方針と部品の品質保証レベルの目安)
2	対象部品の品質保証レベル	高信頼性部品、自動車用部品、産業用部品、民生用部品 の部品 メーカーカタログ記載上の区分け
3	対象部品番号(型番)	部品メーカーカタログ記載上の品番など
4	使用環境条件 ①動作温度範囲 ②保存温度範囲(非動作) ③環境条件 ④実装方法	-30～+60℃など 但し、機器の要求による。 -40～+105℃など 但し、機器の要求による。 熱的及び機械的環境条件及び試験項目・方法など 手付け又はリフローなどの製造方法及び適用はんだ材料
5	納期	調達時期
6	数量	調達数量
7	継続使用の見込み	納期で示した調達時期以降の再調達の見込みを示す。
8	適用文書等	必要に応じて適用文書を提供する(AEC-Q 等)。
9	使用機器の輸出の有無	機器(予備部品を含む)の輸出の有無

表 4.2-3 宇宙転用評価 調査票(集積回路/個別半導体用)/部品メーカー側記載例

No.	項目	内 容	部品メーカー回答欄(注)
1	会社名	販売権保有会社及び製造担当会社	
2	部品番号(型名)	カタログ型番又は型名	
3	開発・生産状況	①主用途	
		②納入又は生産実績	年 月より生産開始 現在月産 個生産
		③生産方式(計画生産在庫出荷方式又は受注生産方式)	
		④標準納期	ヶ月 、 週間
		⑤生産継続予定 ・同一設計品として ・同等性能品として	同一設計品： 年 月まで 同等性能品： 年 月まで
4	品質保証対応可否	下記の何れに対応可能かを回答 A: カタログ的な対応部品メーカーから提示する品質仕様としてのみ対応可 B: セミカスタム対応; 設計・製造はカタログ品と同じだが、一部又は全ての工程内検査等において宇宙用で求められる特別な試験又は管理体制を実施可能 C: その他(具体的対応を記述する)	
5	納入仕様書の提出可否	外観・寸法・機能・特性規格、検査成績書、梱包仕様等を記した納入仕様書の提出可否	可 、 不可
6	輸出の可否	予備部品単体、組込み機器での輸出の可否や制約	有 、 無、制約有り(別紙添付)
7	製品への表示	指標、部品番号、検査ロット番号、一連番号等、及びロット記号等の付与方法を含む	別紙添付
8	梱包表示内容	型番、ロット番号、出荷日付等	別紙添付
9	梱包方法 (対応可否を記載)	静電気対策等の実施可否	可、不可

表 4.2-3 宇宙転用評価 調査票(集積回路/個別半導体用)/部品メーカー側記載例(続き)

No.	項目	内 容	部品メーカー回答欄(注)
10	信頼性評価実績	熱的・機械的環境、寿命、静電強度、耐放射線性等の試験項目、条件、判定基準、試験結果。個別部品ではなく、シリーズ/同一構造品のレベルでもよい。	別紙添付
11	故障率推定	信頼度計算に必要な Fit 数等、積算条件(計算又は実績)を明記。個別部品ではなく、シリーズ/同一構造品のレベルでもよい。	
12	ディレーティング推奨値	推奨動作条件として提示する場合は不要	
13	長期保管	最終検査又は品質確認試験完了後、長期保管された在庫品の再検査期間、或いは出荷の際に実施される検査項目及び内容	
14	試験等の受託可否 (対応可否を記載)	調達者が設定する追加評価試験の受託対応可否 (バーンイン(スクリーニング)・寿命試験・機能試験・DPA 等)	可 、 不可
15	WCA 検討時の支援有無 (対応可否を記載)	具体的事象を調達者側から提示した場合の回答可否 (具体的内容は設計が進捗してからの協力依頼となる)	可 、 不可
16	不具合発生時の故障解析	故障解析における助言、機能試験、DPA 等の実施可否	
17	法規制物質	BeO,Cd,Li,Mg,Hg,Zn,放射性物質等の取扱注意物質の有無	
18	その他	特別な注意事項(必要な場合) ・固定法(例:締付けトルク等) ・洗浄方法(例:水洗禁止) ・はんだ付け方法(例:リフロー禁止)	

4.3 システムのリスク対応と部品の品質保証レベルの目安

小型衛星及び超小型衛星用候補部品を宇宙適用する際、システムFMEA(Failure Modes and Effects Analysis)等を実施し、システムのリスク対応、運用期間、短期間開発及び低コスト化を考慮し、部品の選定、部品の品質保証レベルを選択する必要がある。システムのリスク対応方針として、「重大リスクのみ管理する」という考え方を踏まえ、下記で示すクラスⅠ～クラスⅢ(標準部品、非標準部品を含む)を適用することが望ましい。

また、民生用部品に関しては、JERG-0-052では「宇宙転用不可部品」と識別しているが、小型衛星及び超小型衛星では、回路設計(電流制限回路、Error Correction Code:誤り訂正符号機能等)及び使用環境を考慮し、宇宙転用可能である。部品選定及び評価は、開発期間を考慮し、実績や部品メーカーが取得済みのデータを活用することで、効率化を図っても良い。

実績とは、既フライト部品もしくはフライト候補部品として選定されたものであり、回路設計及び使用環境が類似なものをさす(以下、実績品という)。ユニット内部品についても、この考え方での選定が望ましい。

部品選定の参考として、表4.3-1「システムのリスク対応方針と部品の品質保証レベルの目安」を示す。小型衛星及び超小型衛星は、分類記号D-1及びD-2で示している。機器毎のリスク評価に基づき、クラスⅠ～クラスⅢまでの部品の品質保証レベルを設定する。この表での部品の品質保証レベルは、JMR-012の5.1.2項で規定されるクラスⅠ、クラスⅡ及びクラスⅢの3種に対応し、宇宙適用非標準部品の品質保証レベルも次の3種にクラス分けしている。

- (1)クラスⅠ相当は最も高い保証と最も低いリスクとなる。調達コストは一般的にクラスⅠが最も高い(クラスⅠ：リスク最小で評価及び調達時に徹底的な試験を実施済み、このクラスの宇宙適用非標準部品の基本的な品質・信頼性レベルは宇宙用部品と同等である)。
- (2)クラスⅡ相当はクラスⅠとクラスⅢの中間レベル(クラスⅡ(リスク/コストの妥協)に従い、限定されたスクリーニング試験が実施される)。
- (3)クラスⅢ相当は最も低い保証と最も高いリスクとなる。調達コストはクラスⅢが最も低い(クラスⅢ(コストの抑制)に従い、評価及び調達の試験は限定されたものとなる)。

集積回路、個別半導体を代表例とした時のクラスⅠ、クラスⅡ及びクラスⅢ相当の品質保証レベルの比較を、図4.3-1 品質保証レベル(クラスⅠ～クラスⅢ相当)の比較サマリに示す。この図は、後述のスクリーニング試験(表5.3.2-1～3)及びロット保証試験(表5.3.3-1～3、図5.3.3-1～3)の内容をサマリ化したものである。

(参考)「電気・電子・電気機構部品プログラム標準」(JMR-012)の5.1.2項で規定される3つのクラス(クラスⅠ、クラスⅡ及びクラスⅢ)及びシステムのリスク対応方針のテーラリングについては、JMR-012の解説書(CAA-109011)の付属書^(注)：テーラリングガイドの5項に指針が記載されている。

(注)付属書の入手についてはJAXA安全・信頼性推進部へ問い合わせのこと。

表 4.3-1 システムのリスク対応方針と部品の品質保証レベルの目安（詳細には、機器要求による）

	分類記号						
	A	B	C	D-1	D-2	E	F
システムのリスク 対応方針	リスクの最小化 を図る	リスクの低減を図 る	リスクの管理を行 う	重大リスクのみ管 理する	重大リスクのみ管 理する	リスクの管理を行う	リスクの管理を行う
運用期間	7年以上	3 年～7 年	1年～5 年	1年～3年	1年程度	数時間程度	1年～3年
部品の選定 (注 1)	信頼性最重視	信頼性重視	コスト&性能重視	コスト&性能重視	コスト最重視	コスト重視	信頼性重視(シス テムとして 1 フェー ルオペ,2 フェール セーフを要求)
宇宙機の例	長寿命衛星 (通信/測位/気 象衛星等)	中寿命衛星 (地球観測衛星、 深宇宙探査機 等)	科学衛星 (天文観測/ 惑星探査衛星 等)	小型衛星 (LEO コンステレ ーション衛星等)	超小型衛星 (技術実証, 研究開発)	ロケット	宇宙ステーション 補給・回収機
部品の品質保 証 レベル (注 1)	クラスⅠ 標準部品	クラスⅠ,Ⅱ 標準部品	クラスⅠ,Ⅱ,Ⅲ 標準部品	クラスⅠ,Ⅱ,Ⅲ 標準部品	クラスⅡ,Ⅲ 標準部品	クラスⅠ,Ⅱ,Ⅲ 標準部品	クラスⅠ,Ⅱ,Ⅲ 標準部品
	クラスⅠ 非標準部品	クラスⅠ,Ⅱ 非標準部品	クラスⅠ,Ⅱ,Ⅲ 非標準部品 民生用部品(注 3)	クラスⅠ,Ⅱ,Ⅲ 非標準部品 LEO 向け EP 部品 民生用部品(注 2)	クラスⅡ,Ⅲ 非標準部品 LEO 向け EP 部品 民生用部品(注 2)	クラスⅠ,Ⅱ,Ⅲ 非標準部品 民生用部品(注 3)	クラスⅠ,Ⅱ,Ⅲ 非標準部品
宇宙転用可能 部品の宇宙適 用ハンドブック	JERG-2-023 (長寿命衛星)	なし	JERG-2-024 (科学衛星編)	当該 JERG	当該 JERG	JERG-1-010 (ロケット編)	なし

(注1) FMEA(Failure Modes and Effects Analysis)の実施によりクリティカリティに応じて判断する。
(注2) 「宇宙転用可能部品の宇宙適用ハンドブック（共通編）」(JERG-0-052)では宇宙転用不可部品としている民生用部
品も回路設計、使用環境を考慮し宇宙転用可能とする。
(注3) 科学衛星編とロケット編に関しては、プロジェクト判断により民生用部品も宇宙転用可能としている。

項目	クラスⅠ	クラスⅡ	クラスⅢ
評価試験 (各試験の温度条件は適用する部品の定格によるものとする。)	- 構造解析 - 電気特性(常温、高温、低温 +10℃マージン) - プレコンディショニング+高度加速ストレス試験(HAST) 96h 又は高温高湿バイアス試験(THB) 1000h[1] -寿命試験 2000h, 125℃+DPA - プレコンディショニング+ 500 熱サイクル -55℃/+125℃ - 耐放射線性評価(TID, SEE) - アウトガス試験	- 構造解析 - 電気特性(常温、高温、低温 +10℃マージン) - プレコンディショニング+高度加速ストレス試験(HAST) 96h 又は高温高湿バイアス試験(THB) 1000h[1] - 寿命試験 2000h, 125℃+DPA - プレコンディショニング+ 500 熱サイクル -55℃/+125℃ - 耐放射線性評価(TID, SEE) - アウトガス試験	- 構造解析 - 耐放射線評価(TID, SEE) - アウトガス試験
(根拠文書)	データ収集 - 部品メーカのデータ - 承認状況 - 評価試験 - 調達検査と試験 - ロット保証試験 - 耐放射線性試験データ	データ収集 - 部品メーカのデータ - 承認状況 - 評価試験 - 調達検査と試験 - ロット保証試験 - 耐放射線性試験データ データ収集 スクリーニング試験縮小のために使用する各種試験データ(寿命試験等)。個別部品ではなく、シリーズ/同一構造品のレベルでもよい。	データ収集 - 部品メーカのデータ - 承認状況 - 評価試験 - 調達検査と試験 - ロット保証試験 - 耐放射線性試験データ データ収集 ロット保証試験縮小のために使用する各種試験データ(寿命試験等)。個別部品ではなく、シリーズ/同一構造品のレベルでもよい。
スクリーニング試験 (各試験の温度条件は適用する部品の定格によるものとする。)	- X 線検査 - 10 熱サイクル、-55℃/+125℃ - PIND 試験[2] - 中間電氣的試験 @25℃ - ダイナミックバーンイン 240h、125℃ - 最終電氣的試験 @常温、高温、低温 - PDA (5%) - 気密性[2] - 外部目視検査 適用部品によっては X 線と外部目視検査のみも考慮する必要がある。(注)	限定(データがあれば) - PIND 試験(適用する場合) - 気密性(適用する場合) +データがない場合 - 10 熱サイクル、-55℃/+125℃ - 中間電氣的試験 @25℃ - ダイナミックバーンイン 240h、125℃ - 最終電氣的試験 @常温、高温、低温 - PDA (5%) - 外部目視検査 適用部品によっては外部目視検査のみも考慮する必要がある。(注)	限定(データがあれば) - PIND 試験(適用する場合) - 気密性(適用する場合)
ロット保証試験 (スクリーニング試験された部品で適用される場合) (各試験の温度条件は適用する部品の定格によるものとする。)	全て - 構造解析 - プレコンディショニング+高度加速ストレス試験(HAST) 96h 又は高温高湿バイアス試験(THB) 1000h[1] - 寿命試験 2000h, 125℃+DPA - プレコンディショニング+100 熱サイクル -55℃/+125℃ - 耐放射線性試験	全て(ただし寿命試験は 1000h) - 構造解析 - プレコンディショニング+高度加速ストレス試験(HAST) 96h 又は高温高湿バイアス試験(THB) 1000h[1] - 寿命試験 1000h, 125℃+DPA - プレコンディショニング+100 熱サイクル -55℃/+125℃ - 耐放射線性試験	限定(データがあれば) - 構造解析 - 耐放射線性試験 +データがない場合 - プレコンディショニング+高度加速ストレス試験(HAST) 96h 又は高温高湿バイアス試験(THB) 1000h[1] - 寿命試験 1000h, 125℃ - プレコンディショニング+100 熱サイクル -55℃/+125℃

[1]PEM(プラスチックパッケージ)に適用

[2]ハーメチックパッケージに適用

(注)適用部品によっては例示されている項目(ダイナミックバーンイン等)が実施できないものもあり、試験項目については十分な検討が必要である。上記の試験条件は以下の文書を参考に、代表例として記載している。

•ECSS-Q-ST-60-13: Space product assurance – Commercial electrical, Electronic and Electromechanical (EEE) components

この図は、後述の 5.3.2 項「スクリーニング試験」(表 5.3.2-1～3)及び 5.3.3 項「ロット保証試験」(表 5.3.3-1～3、図 5.3.3-1～3)に記載の品質保証レベル(クラスⅠ-Ⅲ相当)毎の内容をサマリ化したもので、詳細はそれらの表、図を参照のこと。

図 4.3-1品質保証レベル(クラス I-III相当)比較サマリ(集積回路、個別半導体の代表例)

4.4 選定指針と禁止・制約に関する共通事項

4.4.1 一般

ユーザメーカは、候補部品選定の初期段階において、下記の事項を確認することが望ましい。

- (1) プロジェクト要求(例:品質保証レベル、部品選定ポリシー、製造・出荷スケジュール及び予算、数量)
- (2) 設計要求(例:部品タイプ、機能/性能、温度範囲、パッケージ、寸法及び材料)
- (3) 製造要求(例:包装、熱及び保管制約及び部品実装取り付けプロセス)
- (4) 運用要求(例:電氣的、機械的、熱的、耐放射線性、信頼性、組立、及び耐用寿命)

4.4.2 選定指針

ユーザメーカは、候補部品選定指針として、下記の事項を参考にすることが望ましい。

- (1) プロジェクトの初期設計段階から、必要性、評価要素、調達・品質保証計画、部品の効果的な品種削減及び標準化について検討する。
- (2) 候補部品の選定にあたり、部品メーカの最新データ、AEC-Qを含む認定ベースの適用性、不具合通知、警告及び使用の妥当性に関する情報を確認し、評価及び品質保証のために要する労力が少ない部品を優先する。
- (3) 候補部品の評価に用いる部品及び部品メーカについてのデータを収集する。
 - (a)部品の表示
 - (b)機械的詳細
 - (c)電氣的及び熱的詳細
 - (d)その他
- (4) 製品化の成熟度1年未満の部品及び技術については、その特異性を十分に考慮して選定し、潜在する可能性のある故障モード及び故障メカニズムを考慮の上で評価計画を検討する。
- (5) 輸入調達部品のうち、部品生産国の輸出制限及び規制の対象となる部品は推奨されない。
- (6) 輸入調達部品については、「海外部品品質確保ハンドブック」(JERG-0-050)を活用する。
- (7) コンステレーション衛星等、継続して部品を調達する場合、枯渇部品情報を調査し、枯渇が懸念される部品は、原則として選定しない。
- (8) ハンドブックの全般的なアプローチを適用する場合でも、スクリーニング試験等の追加試験の詳細は、構造解析から得られた技術及び実使用条件を考慮する(試験条件は出来る限り実使用に近いものとすることが望ましい)。
- (9) 高発熱が想定される部品を使用する場合、真空環境下における放熱を考慮する。

4.4.3 故障率

信頼性解析が要求される場合、候補部品の故障率データ(信頼性試験及び/またはフィールド使用実績データなど)及びその源泉を明らかにすることが必要である。

4.4.4 温度範囲

候補部品の動作温度範囲は、下記を考慮することが必要である。

- (1) 実使用温度範囲(最悪のケースも含む)及び部品メーカ規定の最高/最低の動作温度範囲との間には、適切なマージンを設けることが推奨される(例: JERG-0-052では、部品メーカ規定の最高/最低の動作温度範囲が $-20^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ の場合には、その部品の実使用温度範囲は上下 10°C のマージンを設定することで $-10^{\circ}\text{C} \sim +75^{\circ}\text{C}$ となる)。
- (2) 部品メーカが保証した動作温度範囲外での使用は、推奨されない。

4.4.5 選定・適用上の禁止、制約事項

候補部品の選定・運用上の禁止、制約として下記の事項を参考にすることが望ましいが、省略した場合はリスクが伴う。

- (1) 部品仕様書、NPSL 等に適用上の制約が規定されている場合、その制約を適用することが望ましい。NPSLの適用上の制約は、適用される部品種毎にNPSL (<http://nepp.nasa.gov/npsl/>) の“Important! Application Notes”に掲載されているので参照することができる。
- (2) 機器の設計仕様書等に部品適用上の制約が規定されている場合、その制約を適用することが望ましい。
- (3) 機器の要求寿命期間中における動作、温度サイクル及び放射線環境等による部品の摩耗及び劣化により、機器の機能及び性能を損なうことがないように要求条件を考慮して適用することが望ましい。有効寿命品目に該当する場合には適切な管理を実施することが望ましい。
- (4) 限られた寿命、既知の不安定性、安全上の問題、信頼性リスク等の理由により、下記の部品は選定・使用しないことが望ましい。
 - (a) 中空コアの抵抗器: 汚染による腐食の影響のため
 - (b) ポテンショメーター(メカニカルポジションモニタリングタイプを除く): 機械的温度的変化で変動するため
 - (c) 金属結合(メタロジカル接続)されていないダイオード: 接続部分が不安定でオープン故障の恐れがあるため
 - (d) 保護膜が施されていないアクティブ領域を持つ半導体及び集積回路: 使用中に特性の変化が起きるため
 - (e) 二重封止もしくはタンタルケース構造以外の湿式スラグタンタルコンデンサ(アルミ電解コンデンサ、及び銀ケース湿式スラグタンタルコンデンサ等): 液蒸発による容量抜けの恐れがあるため
 - (f) 内部構造が最終組み立ての実装条件に適合しない溶融温度で金属結合されている部品: 実装時の熱により、内部接続部が溶融する恐れがあるため
 - (g) 5A未満のワイヤリンクヒューズの使用禁止: 細線であり、溶断しやすい傾向があるため
 - (h) アマチュア/コイルアッセンブリとヘッダーが二重溶接されていないリレー: 機械的影響を受けやすいため
 - (i) 内部に集積ダイオードを内蔵しているTO5タイプリレーの使用: 宇宙環境で放射線の影

響を受けやすいため

- (j) 100k Ω 以上のRNC90タイプ抵抗:高信頼性を持った製造が困難なため(NPSLの Application Notes For MIL-PRF-55182の5)参照

(<http://nepp.nasa.gov/npsl/Resistors/55182/55182aps.htm>)

- (5) 地上用途部品は、純錫めっきの端子仕上げのため、ウイスカ発生の恐れがある。ウイスカ発生の抑制が評価されているか、ウイスカ発生防止のための適切な処理(はんだコート「HSD、あるいはオーバープレーティング」など)が施されていない場合、コーティングによるウイスカ発生抑制効果評価されている「鉛フリー部品の宇宙適用工程標準」(JERG-0-064)を参照したコンフォーマルコーティングを行い、上述部品の使用を検討する必要がある。
- (6) 健康及び安全を考慮し、酸化ベリリウム(調達仕様書にて指定される場合を除き)、カドミウム、リチウム、マグネシウム、水銀、亜鉛、放射性物質、及び安全上の問題を引き起こす可能性のある全ての材料の使用を避ける方が望ましい。但し、機構材として使用する合金に含まれる場合を除く。
- (7) リレー、サーモスタット及びスイッチは、接点酸化による接触不良故障を避けるため、ハーメチックシールタイプを使用することが望ましい(同軸スイッチ、導波管スイッチは除く)。
- (8) ハーメチックシールで封止されていない材料は、オフガス、可燃性及び毒性について注意して使用する。特に有機材料は、ハーメチックシールで封止されていない限り、真空中でのアウトガスが少ないものを使用することが望ましい。「宇宙用有機材料アウトガスデータ集」^(注)(JERG-0-034)及び「Outgassing Data for Selecting Spacecraft Materials」(NASA-RP-1124)等を参照し、原則として次に示す値以下のものを使用することが望ましい。この値より大きい材料を使用する場合もしくはアウトガスによる悪影響が予想される場合、効果的な防護処置を施すことが望ましい。

(a) 質量損失比(TML):1.0%

(b) 再凝縮物質質量比(CVCM):0.1%

尚、アウトガスデータが存在しない場合、アウトガス試験を行ない、必要なデータを取得することが望ましい。

(注)JAXA材料データベース: <https://matdb.jaxa.jp/>

- (9) 表面実装部品に対するコンフォーマルコーティングを行う際、厚みムラによる応力でクラック等が発生する場合があるため、はけ塗ではなく、スプレー式にする等の考慮が必要である。
- (10) ノンハーメチックの半導体部品において、半導体チップ-ボンディングワイヤまたはバンパの接合部(1次実装部)にボイドや未接合部分が存在する場合、水分が侵入しやすく、腐食が顕著となる可能性がある(評価データ:JERG-0-052-TM001)。そのため、保管時の湿度環境においては、本5.3.7項「取扱い及び保管」を参照し適切に湿度管理をすることを推奨する。湿度環境に疑義がある場合は、接合部のボイドや未接合部分の存在を確認する手法として、部品選定の際に接合部断面の走査電子顕微鏡(SEM)観察を推奨する。その結果、接合部にボイドや未接合部分が存在し、腐食による部品不良の可能性を払拭できない場合、腐食進行の

評価等実施し、搭載する宇宙機の運用上問題にならないか確認することを推奨する。

(11) 打ち上げ機によるペイロード要求がある場合、それに従うことになる。

(例) 金属材料腐食、微粒子発生等

4.4.6 耐放射線性

放射線にセンシティブな部品は、軌道上の放射線環境(宇宙線(重粒子)、電磁放射線、捕捉放射線(荷電粒子ー放射線帯の電子、陽子)及び太陽放射線(フレア))による劣化を十分に考慮して選定・適用することが望ましい。特に以下の事項についての考慮が必要であるが、軌道、ミッション期間等により放射線環境が異なるため、詳細はプロジェクトの個別要求に従うものとする。

放射線試験が必要と判断された場合は5.3.4項に従う。

(1) トータルドーズ(TID)及び変位損傷(DD)

(a) トータルドーズ量

トータルドーズ量は、プロジェクト個別要求のDose-Depth Curveによるものとし、設計マージンの目安として1.25倍の安全率^(注)(ストレス-強度モデルにおいて、強度の 3σ 下限をストレスの 3σ 上限で割ったもの)を適用したトータルドーズ量(AI等価シルード厚を考慮)に耐える部品を選定する。なお、ELDRS(Enhanced Low Dose Rate Sensitivity)にセンシティブとなる可能性があるバイポーラ及びBICMOS等についてはそのTID耐量も考慮して選定する。

(注):安全率の検討に関しては、プロジェクト個別要求による。

(b) 変位損傷(DD)

プロトンにより変位損傷を生じる部品(フォトカプラ等)は、その影響に注意する。

(2) シングルイベント効果(SEE)

シングルイベント効果については、軌道上の重粒子、プロトン環境及び適用ディレーティング下でミッションにその影響が生じないような部品を選定することが望ましい。

SEE には以下が含まれる。

SEL; Single Event Latchup

SEU; Single Event Upset

SEB; Single Event Burnout

SEGR; Single Event Gate Rupture

SET; Single Event Transient

SEFI; Single Event Functional Interrupt

(a) SELに対しては、プロジェクト個別要求で定められる下限値より高いスレッショルドLET(Linear Energy Transfer: 線エネルギー付与)を持つ部品を使用することが望ましい。それより低いスレッショルドLET部品を使用する場合、ラッチアップ保護回路もしくはプロセッサのラッチアップから回復し、イベントが完全に永久的な障害になる前に回復するウォッチドッグタイマー機能などのアイテムを保護対策として実施することが望ましい。

(b) SEUに対しては、プロジェクト個別要求で定められる下限値より高いスレッショルドLETを持つ

部品を使用する。それより低いスレッショルドLET部品を使用する場合、SEU発生確率予測^(注)及びミッションへの影響評価結果に応じた保護対策(対策無しを含む)を取ることが望ましい。

(注):SEU発生確率予測のツールとしては、Vanderbilt大学が公開するCRÈME-MCもしくはESAが公開するSPENVISが使える。太陽フレアが発生していない期間の解析であれば、CREME96のsolar quiet condition、太陽フレア発生時はworst-week model、太陽フレアの有無を包含した長期間の解析であれば、SPENVISのJPL91やESP-PSYCHIC等の使用が推奨される。

- (c) SEB及びSEGRが生じるパワーMOSFETについては、SEE安全動作領域内でかつ適用ディレーティング基準内で使用するか、ミッションにその影響が生じないような部品を選定する。
- (d) SET及びSEFIが生じるリニア集積回路については、一時的なトランジェントや機能中断の影響を考慮して選定するか、回路設計(電流制限回路、Error Correction Code:誤り訂正符号等)にて対策を行う。
- (3) 放射線にセンシティブな部品の抽出
ユーザメーカは、部品の発注に先立って放射線にセンシティブな部品に関する情報を収集及び評価することが望ましい。そして部品毎の耐量データ及びその源泉を識別し、部品の調達、試験計画立案及び機器の耐放射線解析に利用することが望ましい。

4.4.7 ディレーティング

ディレーティングとは、部品の信頼性の向上及び長寿命化(故障率の低減)を図ることが目的であり、部品の許容範囲(定格条件)に対し、よりマージンを確保した使い方をすることを意味する。適切なディレーティングを適用することで、前述の目的に加え、瞬間的な電流電圧の上昇等、予期せぬ事態に対しても、耐えうる設計となる。このため、機器に要求される信頼度、寿命等を満足させるため、必要なディレーティング設計を行うことが望ましい。

ディレーティング基準は、EEE-INST-002、GSFC PPL-21Appendix BもしくはECSS-Q-ST-30-11を参考にし、回路設計(電流制限回路、Error Correction Code:誤り訂正符号)及びミッションライフ等から検討し、設定することが望ましい。

さらに、小型衛星、超小型衛星においては、JIS,JEITA,EIA等の規格を参照し、設定することが望ましい。

4.4.8 選定・適用上の留意点

候補部品の選定・運用上の留意点として、以下の事項を参考にすることが望ましい。

- (1) 半導体部品などの樹脂モールド部品の樹脂には、金属の腐食を促進する効果を持つハロゲン材が少なからず含まれている。樹脂モールドを有する部品を使用する場合、腐食による部品性能への影響を考慮の上で、注意して使用することを推奨する。
- (2) 一般的な振動試験・衝撃試験により半導体部品のチップ層間絶縁層(Low-k層)の密着性が低下する可能性がある。さらに、Low-k層は断面加工時の負荷で剥離・クラックが発生する(評価データ:JERG-0-052-TM001)。

このため、半導体部品の振動試験・衝撃試験を実施する場合、試験後に超音波顕微鏡法(C-SAM)などにより、チップ内部の剥離・クラックの有無を確認することを推奨する。

4.5 候補部品の審査プロセス

候補部品の品質保証レベルや追加評価試験の要否などを整理し、適切に審査することが望ましい。

なお、JERG-0-052に記載されている従来の候補部品の審査プロセスが参考になる。

5. 品質保証

5.1 品質保証レベル別の評価、品質保証

ユーザメカは、候補部品について、4.3項「システムのリスク対応方針と部品の品質保証レベルの目安」で実施したシステムのリスク対応方針(重大リスクのみ管理する)、運用期間及び部品の選定等に基づき、部品メカの評価データ等を入手する。

入手出来ない場合、適用する部品の品質保証レベルに応じた評価及び品質保証を行うことが望ましい。ただし、多数機運用及び短期間運用機器等でシステム信頼性を保証する場合は緩和してもよい。

参考までに、ECSS-Q-ST-60-13で規定されている集積回路もしくは個別半導体を代表例とした各品質保証レベル比較を、図4.3-1 品質保証レベル(クラスⅠ-Ⅲ相当)の比較サマリに示す。

それ以外の部品についてはEEE-INST-002(*) が試験計画立案の参考になる。

(*)https://nepp.nasa.gov/DocUploads/FFB52B88-36AE-4378-A05B2C084B5EE2CC/EEE-INST-002_add1.pdf

更に、スクリーニング試験及びロット保証試験の詳細は、ECSS-Q-ST-60-13に規定する集積回路、個別半導体を代表例とした、5.3.2項「スクリーニング試験」(表5.3.2-1～3)、5.3.3項「ロット保証試験」(表5.3.3-1～3、図5.3.3-1～3)に記載の品質保証レベル(クラスⅠ-Ⅲ相当)毎に示した通りである。

5.2 候補部品と部品メカの選定

ユーザメカは、4.4項「選定指針と禁止・制約」に関する共通事項に基づいて選定した複数の候補部品に関し、4.2項によりユーザメカと合意(協力)が得られた部品メカを優先して選定することが望ましい。ユーザメカは、選定する部品メカのQMSに関し、ISO、JISもしくはAEC-Q等の公的機関の認証を確認することが望ましい。

部品メカの合意(協力)が得られない場合、ユーザメカ責で調達・使用することになる。

5.3 候補部品の調達

ユーザメカは、下記の事項を考慮して候補部品を調達することが望ましい。

- (1) 部品メーカーから直接調達することが望ましい。直接調達が出来ない場合、部品メーカーと正規代理店契約を結んでいる販売業者から部品を調達することが望ましい。前述の方法以外で調達する場合、偽造部品調達のリスクがあることを考慮し、部品実装後の対策(例えばバーンイン等)の検討が必要である。
- (2) 出来る限り部品メーカーの最小販売数量またはその倍数で発注し、販売業者による再包装及び分割取扱いを防ぐことにより、部品メーカーのオリジナルパッケージ中に通常含まれるトレーサビリティ情報を確保することが望ましい。

5.3.1 調達仕様書(作成する場合)

ユーザメーカーは、部品の調達にあたり、候補部品を規定した調達仕様書を作成する場合、これに基づいて調達することが望ましい。調達仕様書には、部品メーカーの納入仕様図またはデータシートを利用して、少なくとも次の事項を参照し、必要最小限の項目を規定することが望ましい。

- (1) 品目、部品番号
- (2) 最大定格、使用温度範囲、環境条件、電気的特性、外形図、表示、端子接続等
- (3) 信頼性、及び品質保証
- (4) トレーサビリティ
- (5) 包装
- (6) 提出文書
- (7) 変更通知

5.3.2 スクリーニング試験

地上用途部品は、一般的に製造工程内でサンプリング方式による定期的品質保証評価がなされているため、出荷検査として全数検査が行われていない。そのため、リスク対応方針に基づき、重大リスクのみ管理するフライト用のハードウェアに組込まれる部品のうち、必要な部品についてスクリーニング試験を行うことが望ましい。

スクリーニング試験の設定にあたっては、試験時のストレスによって部品の信頼性(リードのハンダ付け性等)を損なうことのないよう配慮する。部品単体でのスクリーニング試験が実施できないと判断した場合、部品実装後(上位組立て品等)での追加試験(バーンイン、ならし試験等)の検討が必要である。

スクリーニング試験は、集積回路、個別半導体を代表例(ECSS-Q-ST-60-13に規定)とした場合、表5.3.2-1～3、図5.3.2-1～3のスクリーニング試験に記載の品質保証レベル(クラスⅠ～Ⅲ相当)毎に示した内容が推奨される。

それ以外の部品についてはEEE-INST-002(*)にクラスⅠ、Ⅱ、Ⅲ相当にほぼ対応するLevel 1、2、3別のスクリーニング試験の詳細がCommercial部品としてまとめられているため、これらを参照するか、同等又は類似の公的認定部品における適用仕様書のスクリーニング試験をガイドラインとして参照することを推奨する。

(*)https://nepp.nasa.gov/DocUploads/FFB52B88-36AE-4378-A05B2C084B5EE2CC/EEE-INST-002_add1.pdf

車載用部品 (AEC-Qグレード) はECSS-Q-ST-60-13の8項を参照し、スクリーニング試験要否及び実施項目の検討を行う。また、その他の公的な仕様に基づく部品も同様な検討ができるものとする。

表 5.3.2-1 クラス I 相当スクリーニング試験
バーンイン、温度サイクル試験の温度条件は適用する部品の定格によるものとする

ステップ	試験	サンプル	試験方法/評価基準	コメント
1	X 線	100%	MIL-STD-883、試験方法 2012 ワイヤ流れを上面から検査する。ロットは部品がプロジェクトで要求される数量が十分に残っていなければ不合格となる。	蓄積したトータルドーズは製品許容線量の 10 分の 1 以下であること。
2	シリアルナンバー付け	100%	N/A	
3	温度サイクル	100%	-55/+85℃で 10 サイクル(またはメーカーの保存温度 T° 範囲のどちらか低い方)MIL-STD-883、試験方法 1010 の条件 A	
4	PIND 試験	100%	適用(内部空洞パッケージ)する場合、MIL-STD-883、試験方法 2020 の条件 A/MIL-STD-750、試験方法 2052 の条件 A(個別半導体)	
5	バーンイン試験前 電気的特性	100%	電気的試験はデータシート(パラメータ & 機能)記載のとおり、25℃で実施	選択したパラメータを読み取り記録し、電気的不良品も記録すること。
6	ダイナミックバーンイン	100%	MIL-STD-883、試験方法 1015 の条件 B 125℃で 240 時間 105℃で 445 時間 または 85℃で 885 時間 また、電圧など温度、時間以外の条件の追加 なお、上記温度、時間の条件は適用する部品尾定格によるものとする。	・温度は $< T_{jmax} - 10^{\circ}\text{C}$ および $T_g - 10^{\circ}\text{C}$ のいずれか低い方とすること。 ・T_j または T_g がわからない場合は、最大 105℃ とすること。 ・部品に対して別の値が実証された数値がない限り、試験での加速係数等の計算では $E_a = 0.4\text{eV}$ を参考値とする。 ・端子等の酸化のリスクはバーンイン後に確認すること。

表 5.3.2-1 クラス I 相当スクリーニング試験(続き)

ステップ	試験	サンプル	試験方法/評価基準	コメント
7	バーンイン試験後 電気的特性	100%	データシート記載の電氣的試験、 3T° (最低、標準、最高)で実施	選択したパラメータを読み取り 記録して、ドリフト計算すること。 電氣的不良品は記録すること。
8	PDA	N/A	ステップ 5 と 7 PDA:5%最大	
9	気密性	100%	適用(ハーメチックパッケージ)する のであれば、MIL-STD-883、試験方法 1014、条件 A または B 及び C/MIL- STD-750、試験方法 1071、条件 H1 または H2 及び C または K(個別半 導体)	
10	外部目視 検査	100%	MIL-STD-883、試験方法 2009/ MIL-STD- 750、試験方法 2071(個 別半導体)	MIL スペックは PEM(プラスチック パッケージ)の目視検査には 適用しないが、(主に接続の腐 食やマーキングの受け入れの ための)参照として使用できる。 さらに、プラスチックパッケージ には、以下の不具合がないか 試験する:パッケージの変形/ パッケージ内の異物、プラスチ ックのボイド及びクラック/変形リ ード

上記の試験条件などは以下の文書を参考に集積回路、個別半導体を代表例として記載している。

- ECSS-Q-ST-60-13 Space product assurance – Commercial electrical, Electronic and Electromechanical (EEE) components

表 5.3.2-2 クラスⅡ相当スクリーニング試験

バーンイン、温度サイクル試験の温度条件は適用する部品の定格によるものとする

ステップ	試験	サンプル	試験方法/評価基準	コメント
1	シリアルナンバ ー付け	100%	N/A	
2	温度サイクル	100%	-55/+85℃で 10 サイクル(またはメーカの保存温度 T° 範囲のどちらか低い方) MIL-STD-883、試験方法 1010 の条件 A	
3	PIND 試験	100%	適用(内部空洞パッケージ)する場合、MIL-STD-883、試験方法 2020 の条件 A/MIL-STD-750、試験方法 2052 の条件 A(個別半導体)	
4	バーンイン 試験前電氣的 特性	100%	電氣的試験はデータシート(パラメータ&機能)記載のとおり、25℃で実施	選択したパラメータと電氣的不良品を読み取り、記録すること。
5	ダイナミックバ ーンイン	100%	MIL-STD-883、試験方法 1015 の条件 B 125℃で 160 時間 105℃で 300 時間 または 85℃で 590 時間 なお、上記温度、時間の条件は適用する部品尾定格によるものとする。	・温度は < Tjmax-10℃ および Tg-10℃ のいずれか低い方とすること。 ・ Tj または Tg がわからない場合は、最大 105℃ とすること。 ・部品に対して別の値が実証された数値がない限り、試験での加速係数等の計算では Ea = 0.4eV を参考値とする。 ・端子等の酸化のリスクはバーンイン後に確認すること。
6	バーンイン 試験後電氣的 特性	100%	データシート記載の電氣的試験、3T° (最低、標準、最高)で実施	選択したパラメータを読み取り記録して、ドリフト計算すること。電氣的不良品は記録すること。
7	PDA	N/A	ステップ 4 と 6 PDA:5%最大	

表 5.3.2-2 クラスⅡ相当スクリーニング試験(続き)

ステップ	験	サンプル	試験方法/評価基準	コメント
8	気密性	100%	適用(ハーメチックパッケージ)するのであれば、MIL-STD-883、試験方法 1014、条件 A または B 及び C/MIL-STD-750、試験方法 1071、条件 H1 または H2 及び C または K (個別半導体)	
9	外部目視検査	100%	MIL-STD-883、試験方法 2009/MIL-STD-750、試験方法 2071 (個別半導体)	MIL スペックは PEM(プラスチックパッケージ)の目視検査には適用しないが、(主に接続の腐食やマーキングの受け入れのための)参照として使用できる。 さらに、プラスチックパッケージには、以下の不具合がないか試験する:パッケージの変形/パッケージ内の異物、プラスチックのボイド及びクラック/変形リード

上記の試験条件などは以下の文書を参考に集積回路、個別半導体を代表例として記載している。

- ECSS-Q-ST-60-13 Space product assurance – Commercial electrical, Electronic and Electromechanical (EEE) components

表 5.3.2-3 クラスⅢ相当スクリーニング試験

ステップ	試験	サンプル	試験方法/評価基準	コメント
1	PIND 試験	100%	適用(内部空洞パッケージ)する場合、MIL-STD-883、試験方法 2020 の条件 A/MIL-STD-750、試験方法 2052 の条件 A(個別半導体)	
2	気密性	100%	適用(ハーメチックパッケージ)するのであれば、MIL-STD-883、試験方法 1014、条件 A または B 及び C/MIL-STD-750、試験方法 1071、条件 H1 または H2 及び C または K(個別半導体)	

上記の試験条件などは以下の文書を参考に集積回路、個別半導体を代表例として記載している。

- ECSS-Q-ST-60-13 Space product assurance – Commercial electrical, Electronic and Electromechanical (EEE) components

5.3.3 ロット保証試験

リスク対応方針に基づき、ユーザメーカ及び/又は部品メーカは、調達されたロットに対してロット保証試験を行い、ロットの合否を確認することが望ましい。

地上用途部品は、一般的に製造工程内でサンプリング方式による定期的品質保証評価がなされており、この結果を活用することにより、ロット保証試験を簡略化できる。

ロット保証試験については、集積回路及び個別半導体を代表例 (ECSS-Q-ST-60-13 に規定) とした表 5.3.3-1～3、図 5.3.3-1～3 のロット保証試験に記載する品質保証レベル(クラスⅠ～Ⅲ

相当)毎の内容が推奨される。それ以外の部品については EEE-INST-002(*)に、クラスⅠ、Ⅱ、Ⅲ相当にほぼ対応する Level 1、2、3 別の認定試験の詳細が Commercial 部品としてまとめられているため、これらを参照するか、同等又は類似の公的認定部品における適用仕様書の品質確認試験(ロット保証試験)をガイドラインとして適用することが推奨される。

(*)https://nepp.nasa.gov/DocUploads/FFB52B88-36AE-4378-A05B2C084B5EE2CC/EEE-INST-002_add1.pdf

なお、車載用部品(AEC-Q グレード)は ECSS-Q-ST-60-13 の 8 項を参照し、ロット保証試験要否及び実施項目の検討を行う。また、その他の公的な仕様に基づく部品も同様な検討ができる。

表 5.3.3-1 クラス I 相当ロット保証試験

寿命試験、温度サイクル試験の温度条件は適用する部品の定格によるものとする

サブグループ試験	試験	サンプル数 /受入 基準数	試験方法/評価基準	コメント
1	構造解析 (CA)	5	表 4.5.2.1-1 構造解析(CA)参照	
2	プレコンディ ショニング + HAST (or 1000h THB 85/85)	10/ 0	プレコンディショニング(*)+130℃/85%RH で 96 時間 (または 1000 時間 THB85/85) JESD22-A110 連続バイアス印加 (JESD22- A101 for THB) 試験前及び試験後の電氣的試験はデータシー ト(パラメータ&機能)記載のとおり、25℃で実施 (*)プレコンディショニング: JESD-22-A113 : SMD JESD-22-B106 :スルーホール端子	PEM(プラスチックパッケー ジ)のみ適用。 電氣的不良品は記録すること。
3	寿命試験	15/ 0	Ta:125℃で 2000 時間、MIL-STD-883、試験方 法 1005 の条件 D、 試験前、試験中(1000 時間)、試験後の電氣的 試験はデータシート(パラメータ&機能)記載の とおり、3T° 条件下(最低、標準、最高)で実施	・Ta:125℃あるいは最高動 作温度のどちらか低い方と する。 ・日付けコード 2 年以内の 2000 時間データが利用で き、技術的変更がないなら 寿命試験は 1000 時間に縮 減ができる。 ・電氣的不良品は記録する こと。
4	プレコンディ ショニング + 熱サイクル	10/ 0	プレコンディショニング(*)+(-55/+125℃)で 100 サイクル (またはメーカーの保存温度 T° 範囲の どちらか低い方) MIL-STD-883、試験方法 1010 の条件 B /MIL- STD-750、試験方法 1051 の条件 B(個別半導 体) 試験前及び試験後の電氣的試験はデータシー ト(パラメータ&機能)記載のとおり、25℃で実施 (*)プレコンディショニング:サブグループ 2 参照	電氣的不良品は記録すること。

表 5.3.3-1 クラス I 相当ロット保証試験(続き)

サブグループ試験	試験	サンプル数 /受入 基準数	試験方法/評価基準	コメント
5	耐放射線性 試験	ECSS-Q- ST-60-15 参照	ECSS-Q-ST-60-15 参照	

上記の試験条件などは以下の文書を参考に集積回路、個別半導体を代表例として記載している。

- ECSS-Q-ST-60-13 Space product assurance – Commercial electrical, Electronic and Electromechanical (EEE) components

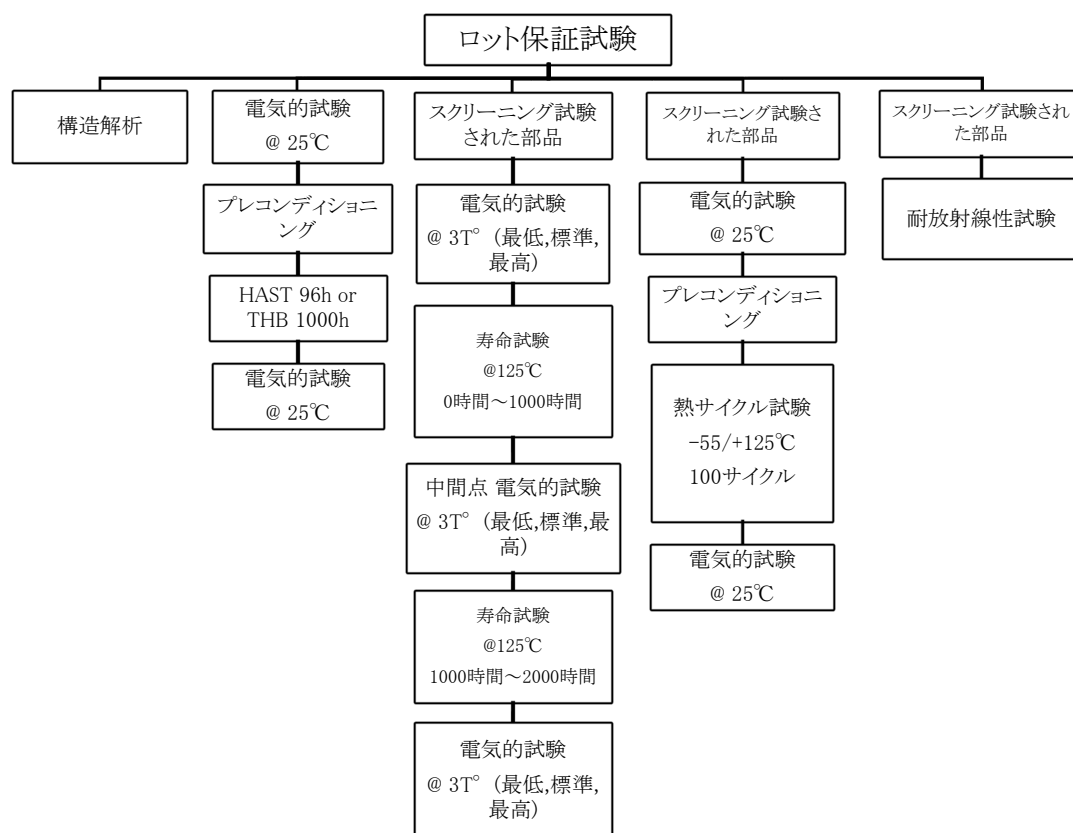


図 5.3.3-1 クラス I 相当ロット保証試験 ダイアグラム
(各試験の温度条件は適用する部品の定格によるものとする。)

表 5.3.3-2 クラスⅡ相当ロット保証試験

寿命試験、温度サイクル試験の温度条件は適用する部品の定格によるものとする

サブグループ試験	試験	サンプル数 /受入 基準数	試験方法/評価基準	コメント
1	構造解析 (CA)	5	表 4.5.2.1-1 構造解析 (CA)参照	
2	プレコンディショニング+ HAST (or 1000h THB 85/85)	10/ 0	プレコンディショニング(*)+130℃/85%RH で 96 時間 (または 1000 時間 THB85/85) JESD22-A110 連続バイアス印加 (JESD22-A101 for THB) 試験前及び試験後の電氣的試験はデータシート (パラメータ&機能)記載のとおり、25℃で実施 (*)プレコンディショニング: JESD-22-A113 : SMD JESD-22-B106 :スルーホール端子	PEM(プラスチックパッケージ)のみ適用。 電氣的不良品は記録すること。
3	寿命試験	15/ 0	Ta:125℃で1000時間、MIL-STD-883、試験方法 1005 の条件 D、 試験前及び試験後の電氣的試験はデータシート (パラメータ&機能)に記載のとおり、25℃で実施	・Ta:125℃あるいは最高動作温度のどちらか低い方とする。 ・電氣的不良品は記録すること。
4	プレコンディショニング+ 熱サイクル	10/ 0	プレコンディショニング(*)+(-55/+125℃)で100 サイクル (またはメーカの保存温度 T° 範囲のどちらか低い方) MIL-STD-883、試験方法 1010 の条件 B /MIL-STD-750、試験方法 1051 の条件 B (個別半導体) 試験前及び試験後の電氣的試験はデータシート (パラメータ&機能)記載のとおり、25℃で実施 (*)プレコンディショニング:サブグループ 2 参照	このサブグループ試験を実施するかどうかはミッションプロファイルによる。 電氣的不良品は記録すること。
5	耐放射線性試験	ECSS-Q-ST-60-15 参照	ECSS-Q-ST-60-15 参照	

上記の試験条件などは以下の文書を参考に集積回路、個別半導体を代表例として記載している。

- ・ECSS-Q-ST-60-13 Space product assurance – Commercial electrical, Electronic and Electromechanical (EEE) components

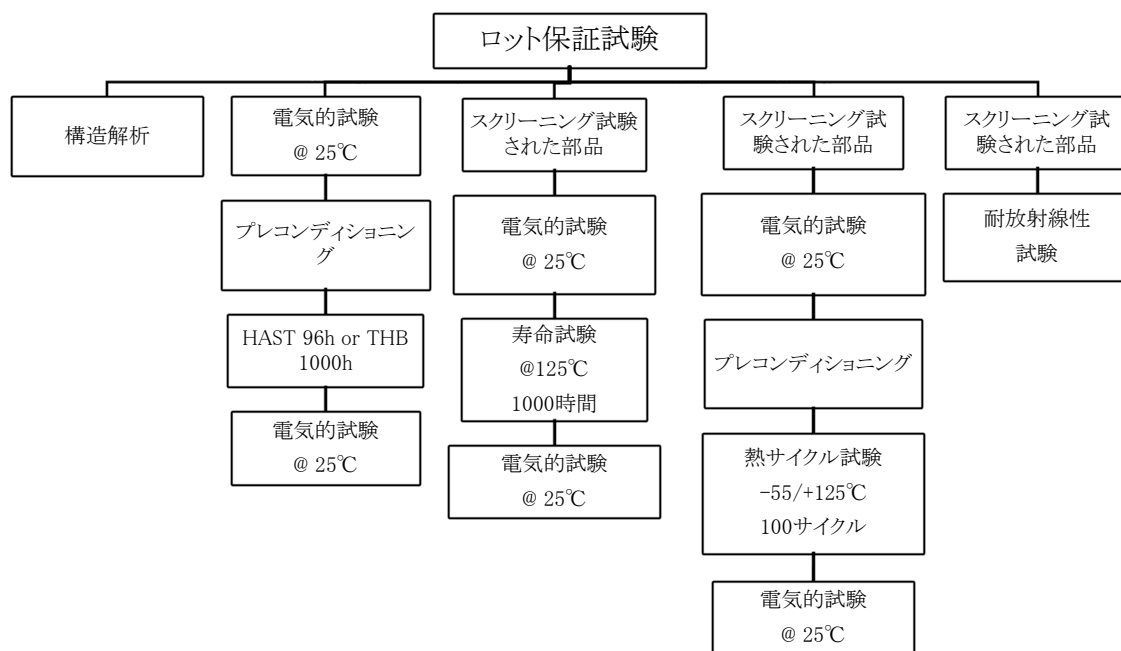


図 5.3.3-2 クラスⅡ相当ロット保証試験 ダイアグラム

(各試験の温度条件は適用する部品の定格によるものとする。)

表 5.3.3-3 クラスⅢ相当ロット保証試験

寿命試験、温度サイクル試験の温度条件は適用する部品の定格によるものとする

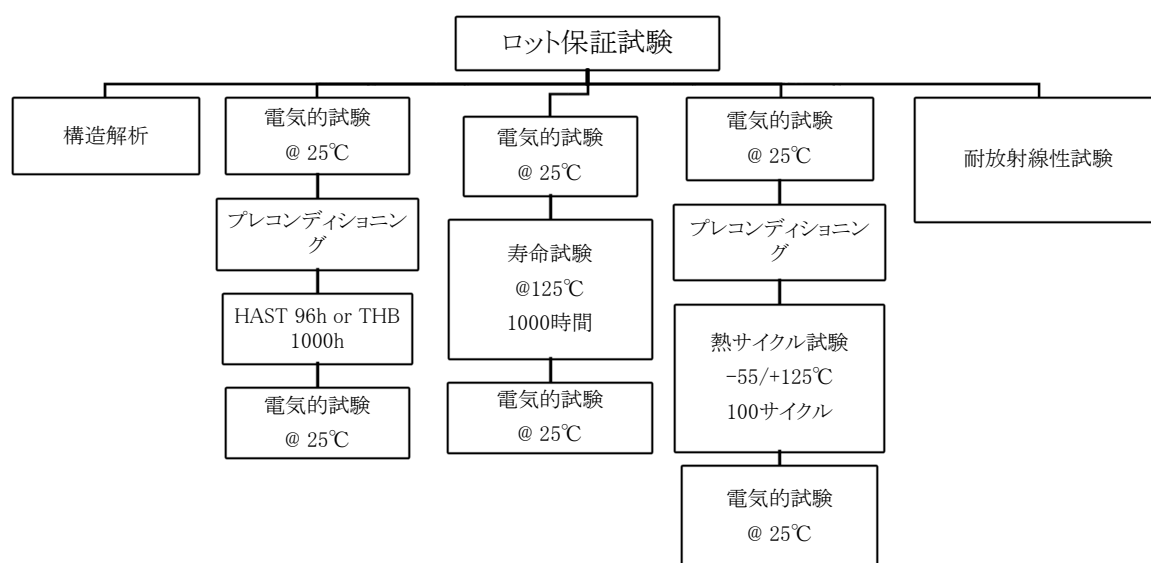
サブグループ試験	試験	サンプル数 /受入 基準数	試験方法/評価基準	コメント
1	構造解析 (CA)	5	表 4.5.2.1-1 構造解析 (CA)参照	
2	プレコンディショニング+ HAST(or 1000h THB 85/85)	10/ 0	プレコンディショニング(*)+130℃/85%RH で 96 時間 (または 1000 時間 THB85/85) JESD22-A110 連続バイアス印加 (JESD22-A101 for THB) 試験前及び試験後の電氣的試験はデータシート (パラメータ&機能)記載のとおり、25℃で実施 (*)プレコンディショニング: JESD-22-A113 : SMD JESD-22-B106 :スルーホール端子	PEM (プラスチックパッケージ)のみ適用。 電氣的不良品は記録すること。
3	寿命試験	15/ 0	Ta:125℃で 1000 時間、MIL-STD-883、試験方法 1005 の条件 D、 試験前及び試験後の電氣的試験はデータシート (パラメータ&機能)に記載のとおり、25℃で実施	・Ta:125℃あるいは最高動作温度のどちらか低い方とする。 ・電氣的不良品は記録すること。
4	プレコンディショニング+ 熱サイクル	10/ 0	プレコンディショニング(*)+(-55/+125℃)で 100 サイクル (またはメーカーの保存温度 T° 範囲のどちらか低い方) MIL-STD-883、試験方法 1010 の条件 B /MIL-STD-750、試験方法 1051 の条件 B (個別半導体) 試験前及び試験後の電氣的試験はデータシート (パラメータ&機能)記載のとおり、25℃で実施 (*)プレコンディショニング:サブグループ 2 参照	このサブグループ試験を実施するかどうかはミッションプロファイルによる。 電氣的不良品は記録すること

表 5.3.3-3 クラスⅢ相当ロット保証試験(続き)
(各試験の温度条件は適用する部品の定格によるものとする。)

サブグループ試験	試験	サンプル数 /受入 基準数	試験方法/評価基準	コメント
5	耐放射線性試験	ECSS-Q-ST-60-15 参照	ECSS-Q-ST-60-15 参照	

上記の試験条件などは以下の文書を参考に集積回路、個別半導体を代表例として記載している。

- ECSS-Q-ST-60-13 Space product assurance – Commercial electrical, Electronic and Electromechanical (EEE) components



HAST、寿命試験、熱サイクルは、利用可能な根拠データ、評価試験データなどで十分な品質・信頼性が確認できない場合に適用。

図 5.3.3-3 クラスⅢ相当ロット保証試験 ダイアグラム

5.3.4 耐放射線性試験

耐放射線性試験は、4.4.6 項 (3) で識別された放射線にセンシティブな部品及び既存試験のデータでは不十分な部品について、試験計画を立案し、それに従った耐放射線性試験を行うことが望ましい。

この試験は、実績、回路設計(電流制限回路、Error Correction Code:誤り訂正符号)、既存データの確認、上位機器での確認等で実施を回避できないかを十分に検討すること。

耐放射線性試験は国際的に認知された標準 ESCC 22900 又は MIL-STD-750 の試験方法 1080、MIL-STD-883 の試験方法 1019、及び JEDEC JESD57 を参照する。耐放射線性試験に供される部品は、フライト部品のロットの代表となるように 5.3.2 項に従いスクリーニング試験を行った部品からサンプルを選定することが望ましい。耐放射線性試験に供したサンプルは、フライト用に使用すべきではない。

5.3.5 受入検査

必要に応じて、ユーザメーカは、下記内容を含む受入検査を実施することが望ましい。

- (1) マーキング(部品番号、ロット識別、メーカ名等) 確認
- (2) 数量確認
- (3) 包装の確認
- (4) 部品メーカより添付された文書の確認
- (5) 部品のタイプ、クリティカリティに応じた追加試験(例:はんだ付け性試験、電氣的試験等)

5.3.6 破壊的物理解析(DPA)

必要に応じて、ユーザメーカは、調達した部品が評価したものと同一であり、その材料、設計、ワークマンシップ及び構造が関連調達文書の要求を満足し、用途に適していることを確認するために、ロット毎の DPA を実施することが望ましい。

専門の試験機関や部品メーカが DPA を行っても良いが、その結果についてはユーザメーカも確認することが望ましい。

DPA については、集積回路、個別半導体を代表例とした時、表 5.3.6-1 の内容が推奨される。

表 5.3.6-1 破壊的物理解析(DPA)集積回路、個別半導体の代表例

試験	サンプル			手順	備考
	No.1	No.2	No.3		
外部目視検査	X	X	X	MIL-STD-750 Method 2071-4 MIL-STD-883 Method 2009-9	MIL スペックは PEM(プラスチックパッケージ)の目視検査に適用されていないが、参考文書として使用することができる(1)
PIND 試験(内部空洞パッケージ)	X	X	X	MIL-STD-750 Method 2052-3 MIL-STD-883 Method 2020-7	
気密性(適用する場合)	X	X	X	MIL-STD-750 Method 1071-6 MIL-STD-883 Method 1014-10	
はんだ付性試験	X	X		IEC60068-2-69 または AFNOR A 89-400	はんだぬれ性試験方法が推奨される。特定のパッケージ上で実現可能性を検証する
開封	X	X	X	NA	
内部目視検査	X	X	X	MIL-STD-750 Method 2074-4, 2072-6, 2069 MIL-STD-883 Method 2010-10	PEM(プラスチックパッケージ)の場合は、特にダイとリードフレーム(層間剥離)と外部接続樹脂の密着性との界面を確認する
ボンド強度	[1]	[2]	[2]	MIL-STD-750 Method 2037 MIL-STD-883 Method 2011-7 JEDEC 22-B116	[1]ボンド及び剥離試験 [2]ボンド試験
パッシベーションの整合性		X	X	MIL-STD-883 Method 2021-3	化学エッチング液がメタライゼーションに適していることを確認する
ボンドのクレーター形成試験(ボールボンディング)		X	X		適用する場合
ダイ剥離試験(内部空洞パッケージ)	X	X	X	MIL-STD-750 Method 2017-2 MIL-STD-883 Method 2019-5	

表 5.3.6-1 破壊的物理解析 (DPA) 集積回路、個別半導体の代表例の解説

(1) MIL スペックの基準に加え、下記についての検査を行う:

- パッケージの変形
- パッケージへの異物の混入、ボイド及びクラック
- リードの変形、剥がれ及び仕上げの腐食や膨れ
- 表示の視認性及び正確性

上記の試験条件は以下の文書を参考に集積回路、個別半導体を代表例として記載している。

- ECSS-Q-ST-60-13; Space product assurance – Commercial electrical, Electronic and Electromechanical (EEE) components

5.3.7 取扱い及び保管

ユーザーメーカは、部品の取扱い及び保管手順に関し、最低限下記の事項を参照し、その手順に従い取扱い、保管することが望ましい。

- (1) 部品の取扱い及び保管を行う施設及び設備の環境。
- (2) 部品の保管を行う場合の梱包方法。
- (3) 静電気放電に感受性がある部品の識別及び取扱い。
- (4) PEM (PED) については MSL ^注 に応じた管理条件にて保管する。

注) MSL: Moisture Sensitivity Level の略で、湿度感受性レベルといい、IPC/JEDEC J-STD-020 によって定義された標準

5.3.8 再検査

スクリーニング試験 (5.3.2 項参照)、ロット保証試験 (5.3.3 項参照) 終了、もしくはユーザでの受入検査後に 7 年間保管 (5.3.7 項参照) された部品について、下記の事項を確認の上で使用することが推奨される。その後、4 年間経過毎に再検査を実施することが望ましい。

- (1) ロットの均一性、トレーサビリティが確認でき、該当ロットについて未解決の不具合/故障 (7.2 項参照) 及びアラート (7.3 項参照) が存在していないことの確認。
- (2) 試験・検査結果がそのプロジェクト要求に適合していることの確認。(耐放射線性試験結果を含む)
- (3) 次の検査項目を行い、問題がないことの確認。
 - (a) 外観検査
 - (b) はんだ付け性試験 (はんだ付け実装工法以外の場合はその工法での試験確認)

5.4 評価・試験データのまとめ

5.3 項の試験・検査データ等の記録文書を部品メーカから調達後、ミッション期間終了までユーザーメーカで保管することが望ましい。

6. 組立及び実装

必要に応じて、ユーザーメーカは、JAXA 実装工程標準^(注)、既に実績がある社内実装標準もしくは IPC J-STD-001、IPC-A-610 等の民生部品実装規格を参照し、組立及び実装方法を検討するのが望ましい。

(注);

JERG-0-039 宇宙用はんだ付工程標準

JERG-0-040 宇宙用電子機器接着工程標準—部品接着固定、コンフォーマルコーティング及びポッティング

JERG-0-041 宇宙用電気配線工程標準

JERG-0-042 プリント配線板と組立品の設計標準

JERG-0-043 宇宙用表面実装はんだ付工程標準

JERG-0-064 鉛フリー部品の宇宙適用工程標準

7. トレーサビリティ及び不具合対応

7.1 トレーサビリティ

必要に応じて、フライト用に使用する全ての部品について、品質保証レベルに応じた一連番号及び／又はロット番号／デートコードあるいは注文番号のいずれかにより、部品の製造・試験等の品質記録へのトレーサビリティが確保されていることを確認することが望ましい。

トレーサビリティは、部品メーカーの製造・試験等、受入、実装、組み立て/試験及び保管までの全体を通して維持されていることが望ましい。

トレーサビリティが確保できない場合、部品調達時期の記録等について、リスクの程度に応じて管理することが望ましい。

7.2 不具合及び故障への対応

ユーザーメーカは、部品の受入もしくは実装後に発生した不具合/故障について、原因調査、処置/対策及び再発防止等を行うことが望ましい。

7.3 アラート

ユーザーメーカは、候補部品の選択、評価、調達、組み立て/試験及び保管を通じ、次の事項についての情報を収集し、部品の健全性を確認することが望ましい。

- (1) JAXA 信頼性技術情報システム、他のアラート情報等から得られる情報を調査し、アラート・不具合情報が出ていないことを確認する。
- (2) その後、アラート・不具合情報が得られた場合、該当する情報を分析し、影響を受ける範囲を検討し、適切に処置する。

8. 部品情報の活用

使用する部品に係るデータベースを以下に紹介する。

(1)「JAXA 宇宙用部品データベース」:

JAXA で認定している宇宙用認定部品及び開発中の部品等に関するデータ及び情報(ユーザーメーカ、部品メーカはユーザ登録することにより閲覧可能)

URL <https://eeepitnl.tksc.jaxa.jp/>

(2)「JAXA 材料データベース:材料データベース(各種材料のアウトガスデータ)

URL <https://matdb.jaxa.jp/>

(3)「超小型衛星搭載民生部品データベース」:九州工業大学等により運用されている、日本の大学等が開発した超小型衛星に搭載されている民生部品の使用情報をまとめたデータベース

URL <https://space-cots-data.jp/>

(4)「GSFC Radiation Data Base」:NASA ゴダード宇宙飛行センターの耐放射線性試験データベース情報

URL <https://radhome.gsfc.nasa.gov/radhome/RadDataBase/RadDataBase.html>

(5)「ESA Radiation Reports」:ESCC の耐放射線性試験レポート情報

URL <https://escies.org/labreport/radiationList>

以上