

限定なし



鉛フリー部品の宇宙適用工程標準

2024年4月15日 制定

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

1. 総則.....	1
1.1 目的.....	1
1.2 適用範囲.....	1
1.2.1 鉛フリー部品.....	1
1.2.2 実装工法.....	2
2. 関連文書.....	3
2.1 適用文書.....	3
2.2 参考文書.....	3
3. 用語の定義.....	3
4. 一般要求事項.....	3
4.1 一般.....	3
4.2 教育・訓練及び認定.....	4
4.3 設計条件.....	4
4.3.1 一般.....	4
4.3.2 部品選定.....	4
4.4 工程の認定試験.....	10
4.5 製造条件.....	10
4.5.1 保管.....	10
4.6 品質保証.....	10
5. 宇宙機設計・製造・検査における詳細要求事項.....	10
5.1 設計.....	10
5.1.1 部品選定.....	10
5.1.2 接続信頼性.....	11
5.1.3 実装設計.....	12
5.2 製造.....	14
5.2.1 一般.....	14
5.2.2 前処理.....	14
5.2.3 リワーク.....	14

5.2.4 コーティング	14
5.3 検 査	15
5.3.1 部品受入検査	15
5.3.2 実装後の検査	15
6. 試験方法及び項目	16
6.1 全 般	16
6.2 ウィスカ成長性またはコンフォーマルコーティングによるウィスカ抑制試験	16
6.2.1 試験方法の策定	16
6.2.2 適用基準	26
6.2.3 進め方	26
6.3 初期実装評価	28
6.4 接続信頼性の評価	28
6.4.1 接続寿命評価の適用基準	28

【付録】

付録－Ⅰ 用語の定義

付録－Ⅱ テーラリングガイド

図表リスト

図 1-1 Mixed Assembly (鉛フリー部品が混在する実装) のモデル	1
図 4-1 鉛フリー部品の選定フロー	6
図 5-1 ウィスカ成長と最小部品リード・端子間隙の判定基準	12
図 6-1 ウィスカ評価試験フロー (短期運用)	21
図 6-2 ウィスカ評価試験フロー (長期運用)	24
図 6-3 観察方向	27
図 6-4 ウィスカ測長方法	28
図 6-5 ウィスカによるコンフォーマルコーティングの貫通	28
表 1-1 鉛フリー部品の電極仕様例	2
表 4-1 JERG 適用範囲	5
表 5-1 鉛フリー部品のウィスカ発生リスク	10
表 5-2 宇宙実証済みの鉛フリー部品の材料構成	15
表 6-1 ウィスカ成長性試験・コンフォーマルコーティングによるウィスカ抑制試験のマトリックス	16

表 6-2 試験方法の適用基準.....	19
表 6-3 宇宙環境での実績に基づくコンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制試験の実施有無.....	20
表 6-4 サンプル間隔	26

1. 総 則

1.1 目 的

本書は、ロケット・アビオニクス機器や人工衛星及び探査機等の宇宙機器全般に鉛フリー部品を適用する場合の要求事項を規定し、宇宙用電子機器の品質を確保することを目的とする。

なお、テーラリングガイドは付録-Ⅱを参照すること。

1.2 適用範囲

本書は、低電圧*1 で動作するロケット・アビオニクス機器及び人工衛星機器に対して鉛フリー部品を鉛含有はんだではんだ付けする場合(Mixed assembly*2)に適用する。特に、2016年～2021年にISS 日本実験棟簡易暴露実験装置を利用して実施した軌道上曝露実験のサイクル数で実証された範囲を主な対象とする(6.2項参照)。

*1 JERG-0-042の付録Ⅱ、5.1項(動作電圧レベル)の(1)に該当する電圧(0～50V)

*2 鉛フリー部品を鉛含有はんだにより実装することを「Mixed assembly」と称する。図 1-1 に Mixed Assembly のモデル(鉛フリー部品が混在する実装)を示す。

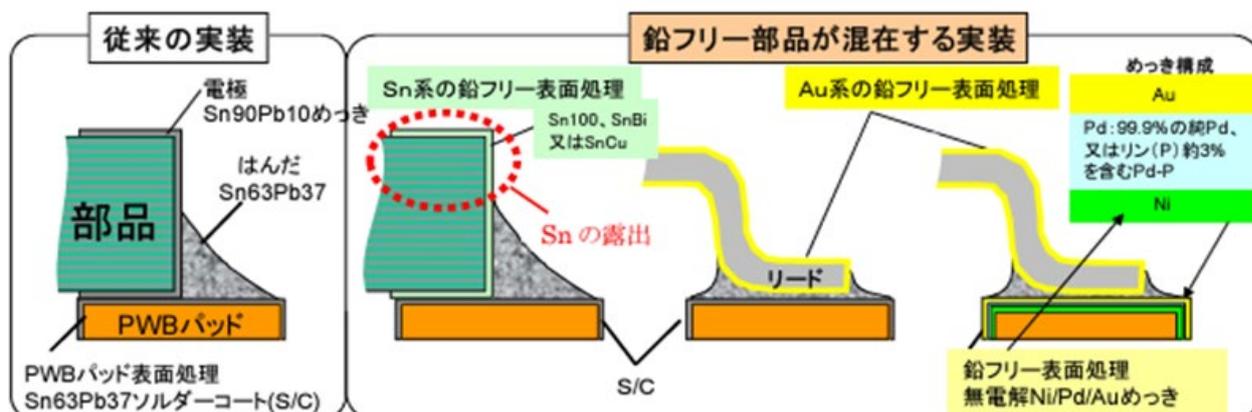


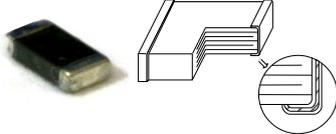
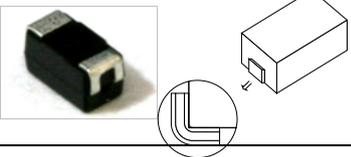
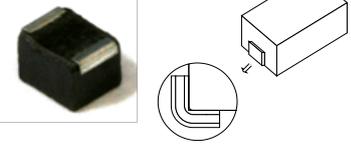
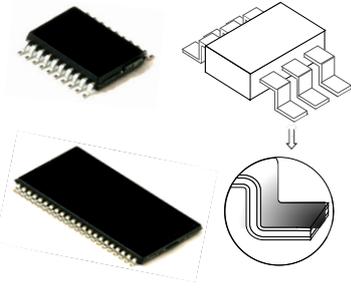
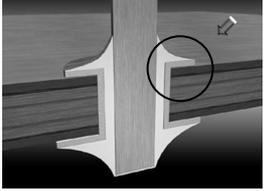
図 1-1 Mixed Assembly (鉛フリー部品が混在する実装) のモデル

1.2.1 鉛フリー部品

鉛フリー部品の電極仕上げ等に使用されるめっきとして、Sn系、Au系、Ag系等がある。Sn系端子は、純Sn、Sn-Cu、Sn-Bi又はSn-Agのめっき組成があり、その下地層にNiなどのバリアメタルが施されている場合がある。Au系端子は、Ni/Pd/Auなどのめっき組成を有している。本書ではSn系とAu系を対象とする。

本書において適用対象とする鉛フリー部品の電極仕様例を表 1-1 に示す。鉛を含まないSn系コネクタは本書における適用対象外とする。またプリント配線板については、Ni/Pd/Auのめっき構成のみ適用とし、Ni/Auは適用外とする。

表 1-1 鉛フリー部品の電極仕様例

種類	部品形状・電極構成	表層めっき材質	電極構成材料例
抵抗・コンデンサ		純 Sn	Sn 5 μ m (仕上げめっき)/Ni 1 μ m (下地めっき)/焼付電極(母材)
タンタル電解コンデンサ		純 Sn	Sn 5 μ m / Fe-Ni 合金 (Fe-30Ni) (母材) Sn 5 μ m / Ni (下地めっき) / 42Alloy (母材)
インダクタ		純 Sn	Sn 5 μ m / Ni 0.5 μ m (下地めっき) / Cu (母材)
		Sn-Cu	Sn98-Cu 2.5 μ m 以上 / 42Alloy (母材) Sn98-Cu2 3~5 μ m / Ni 0.5~1.0 μ m / 黄銅 (母材) Sn-0.7Cu (溶融めっき) 5 μ m 以上 / Cu 合金 (母材) Sn-2Cu (電解めっき) 3~5 μ m / Ni 0.5~1.0 μ m (下地めっき) / 黄銅 (真鍮) (母材)
リード部品 (SOP)		Sn-Cu	Sn98.5-Cu1.5 (電解めっき) 5 μ m 以上 / 42Alloy (母材)
		Ni/Pd/Au	Au 3nm~12.7nm / Pd 20.3nm~30.5nm (下地めっき) / Ni 0.5~2.03 μ m (下地めっき) / Cu 系合金 (母材) Au 3nm / Pd 22nm (下地めっき) / Ni 0.5 μ m (下地めっき) / Cu 系合金 (母材)
		Sn-Bi	Sn-2Bi 10 μ m / 42Alloy (母材)
プリント配線板 (ランドやスルーホール)の表面仕上げ)		Ni/Pd/Au	ENEPIGEG (無電解ニッケル/無電解パラジウム/置換金/無電解金) Au 0.1 μ m~0.4 μ m / Pd 0.1 μ m~0.3 μ m / Ni 3 μ m~8 μ m /

1.2.2 実装工法

本書は、鉛フリー部品を鉛含有はんだで実装する Mixed assembly を対象とし、実装の工法は、手はんだ付け・フローはんだ付け・リフローはんだ付けを対象とする。

2. 関連文書

下記の文書は、本書に規定する範囲内において、本書の一部をなすものである。特に規定のない限り本書適用時の最新版とする。

2.1 適用文書

- | | |
|----------------------|--|
| (1) JERG-0-039 | 宇宙用はんだ付工程標準 |
| (2) 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 |
| (3) JERG-0-042 | プリント配線板と組立品の設計標準 |
| (4) JERG-0-043 | 宇宙用表面実装はんだ付工程標準 |
| (5) 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) |
| (6) JIS C 60068-2-82 | 環境試験方法—電気・電子—第 2-82 部:試験—試験 XW1:電気・電子部品のウイスカ試験方法 |
| (7) GEIA-HB-0005-3 | Rework/Repair Handbook to Address the Implications of Lead-free Electronic and Mixed Assemblies in Aerospace and High Performance Electronic Systems |
| (8) JESD 22-A121A | Test Method for Measuring Whisker Growth on Tin and Tin Alloy Surface Finishes |

2.2 参考文書

下記の文書は、本書の記載内容を補足するために参考となるものである。

- | | |
|----------------------|--|
| (1) JEITA ET-7305 | 錫ウイスカ抑制鉛フリー材料選定のガイドライン |
| (2) GEIA-HB-0005-1 | Program Management/ Systems Engineering Guidelines for Managing the Transition to Lead-free Electronics |
| (3) GEIA-STD-0005-1 | Performance Standard for Aerospace and High Performance Electronic Systems Containing Lead-free Solder |
| (4) JESD 201A | Environmental Acceptance Requirements for Tin Whisker Susceptibility of Tin and Tin Alloy Surface Finishes |
| (5) JERG-0-064-TM001 | 鉛フリー部品の宇宙適用工程標準(JERG-0-064)技術データ集 |

3. 用語の定義

本書で使用する用語の定義については、JERG-0-039 の 3 項(用語の定義)、JERG-0-043 の 3 項(用語の定義)によるほか、付録 I を参照のこと。

4. 一般要求事項

4.1 一般

- (1) 契約の相手方は、はんだ付けが本書の要求事項(4.3 項 設計条件及び 4.5 項 製造条件)に適合することを確認すること。また、本書の要求事項に基づく設計基準、工程仕様書などを整備し、これに基づいた施工及び管理を行なうこと。
- (2) 電子機器の実装設計(基板のパターン設計を含む。)を担当する設計者は、本書、JERG-0-039、及び JERG-0-043 の要求事項等に精通していること。
- (3) 部品の仕様書等で本書の適用が指示されない限り、部品の内部接続には、本書を適用しない。契約の相手方は、予備はんだや外部接続によって内部はんだ接続が熔融又は劣化しないことを保証すること。

[参考資料]:本書の要求事項に基づくコンフィグレーション管理等については、GEIA STD-0005-1、GEIA HB-0005-1を参考にすること。

4.2 教育・訓練及び認定

JERG-0-043の4.2項(教育・訓練及び認定)に従うこと。加えて、特にウイスカの検査を実施する場合は、本書6.2.3項(3)~(6)に示すウイスカの検査方法及び測長方法について教育・訓練を実施すること。

4.3 設計条件

4.3.1 一般

プリント配線板とその組立品についての設計要求は、JERG-0-042によること。さらに、はんだ付けに関する追加設計要求事項は、JERG-0-039の4.3項(設計条件)、JERG-0-043の4.3項(設計条件)によること。また、はんだ及びフラックスは、JERG-0-043 5.3.1項(はんだ及びフラックス)に適合するものを使用すること。

4.3.2 部品選定

本書で規定する鉛フリー部品において、図4-1に示す選定フローに従って、適用可否判断を行うこと。特に以下の項目について留意すること。

- (1) 部品メーカーから、部品情報を入手する際、特に、ウイスカ成長性、部品の母材、下地、めっきの情報を確実に入手すること。なお、これらの情報が入手できない場合、一部のウイスカ評価試験を省略できない可能性がある(詳細は図6-1 ウイスカ評価試験フロー(短期運用)参照)。
- (2) 鉛フリー電極・端子のめっき種類に応じて、「ウイスカ成長性またはコンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制効果の評価」・「初期実装評価」・「接続信頼性の評価」について、適切な評価を実施しなければならない。(詳細は6.1項以降に記述する。)
- (3) 適用環境条件が異なる場合は、その都度評価を実施しなければならない。
- (4) 評価項目を次に示す。詳細な要求事項は5.1項以降に記述する。
- (5) 適用可能と判断した鉛フリー部品は、部品リスト、製造図面等へ「鉛フリー部品である」旨を記述し、情報の伝達を図ること。
- (6) 端子部のめっきの仕様が異なるとウイスカの成長が異なるため、メーカーから入手したデータや調達品による評価を実施する際はメーカーにロットまたはめっき仕様の同一性を確認すること。

<評価項目(図4-1に記載)>

- ① 部品メーカーからの情報入手
- ② 電極・端子めっきの種類
- ③ ロット単位または同一メーカー・同一めっき仕様での評価可否
- ④ Pb 3mass%以上を添加する表面処理評価可否
- ⑤ コンフォーマルコーティングの実施
- ⑥ ウイスカに対するリスク評価
- ⑦ 予備はんだ可否
- ⑧ 電極・端子のBi含有量
- ⑨ はんだぬれ性評価
- ⑩ Pd/Au含有量
- ⑪ Pd/Auの除去
- ⑫ プリント配線板表面処理材料
- ⑬ はんだ付け部のPd/Auめっき厚

- ⑭ クラック/リフトオフの有無確認
- ⑮ 層構成の従来の実績品との比較
- ⑯ 検査

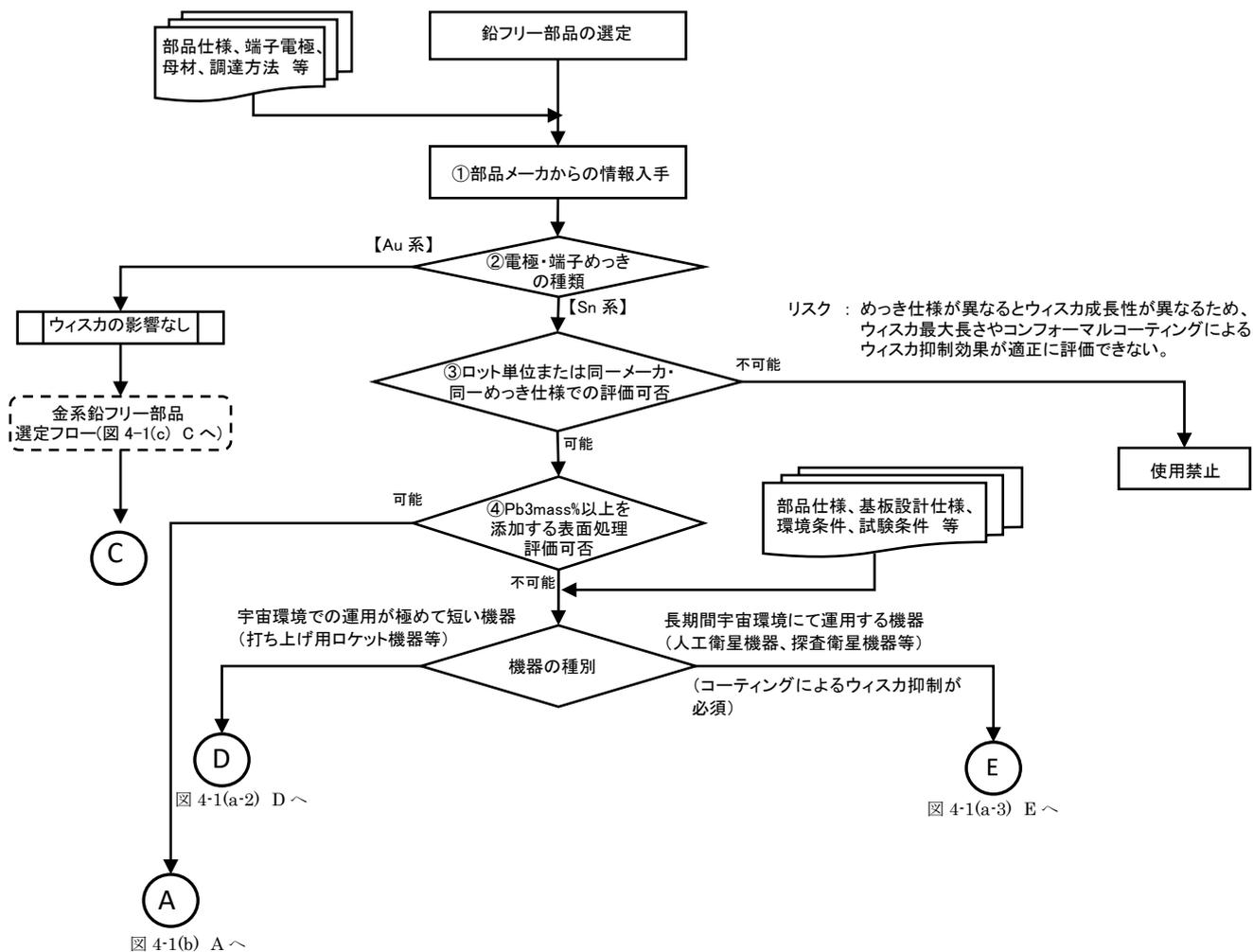
[参考資料]: ・Sn に Pd や Au が含有した場合の接続強度への影響については、JERG-0-064-TM001 技術データ 1 を参考にすること。

- ・鉛フリー部品電極のはんだぬれ性については、JERG-0-064-TM001 技術データ 2 を参考にすること。
- ・コンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制効果については、JERG-0-064-TM001 技術データ 3 を参考にすること。パラキシリレン系コーティング剤の成分については、JERG-0-064-TM001 技術データ 13 を参考にすること。
- ・母材とめっき材の組合せによるウイスカ成長性については、JERG-0-064-TM001 技術データ 4 を参考にすること。
- ・真空中におけるウイスカ成長性については、JERG-0-064-TM001 技術データ 5 を参考にすること。
- ・HSD(Hot Solder Dip)については、JERG-0-064-TM001 技術データ 6 を参考にすること。また、その他の工法の評価については、JERG-0-064-TM001 技術データ 7 と技術データ 10 を参考にすること。
- ・Bi 含有端子電極の影響評価については、JERG-0-064-TM001 技術データ 8 と技術データ 9 を参考にすること。
- ・ウイスカ抑制に対応する材料選定については、JEITA ET-7305 を参考にすること。

なお、図 4-1 の部品選定フローの選択により、JERG-0-039 等の従来の JERG を適用する組合せが存在する。表 4-1 に JERG の適用範囲を示す。ディゴールド等により、はんだ付け部が鉛含有のはんだでのみ構成される場合は、従来の JERG を適用すること。

表 4-1 JERG 適用範囲

プリント 配線板	実装部品		適用する 工程標準
	電極仕上げ	ディゴールド	
鉛含有 はんだコート	金系めっき	実施する	従来の JERG (JERG-0-039、 JERG-0-043)
		実施しない	
金めっき (Ni/Pd/Au 仕上げ)	鉛含有めっき	N/A	本標準
	錫系めっき		
	金系めっき	実施/未実施 に関わらず	



(a-1) 錫系鉛フリー部品
 図 4-1 鉛フリー部品の選定フロー

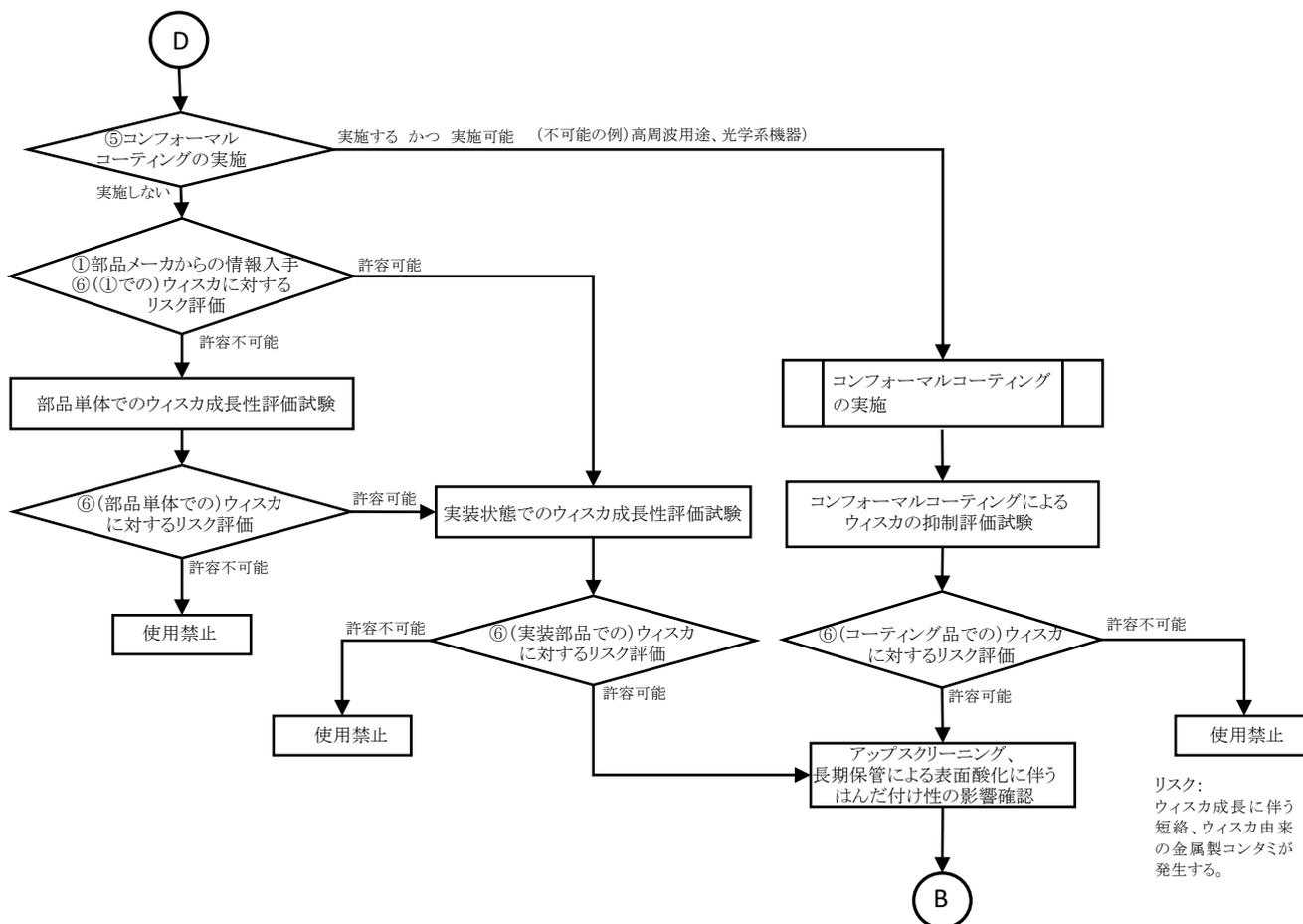


図 4-1(b) B へ

(a-2) 錫系鉛フリー部品

図 4-1 鉛フリー部品の選定フロー (続き)

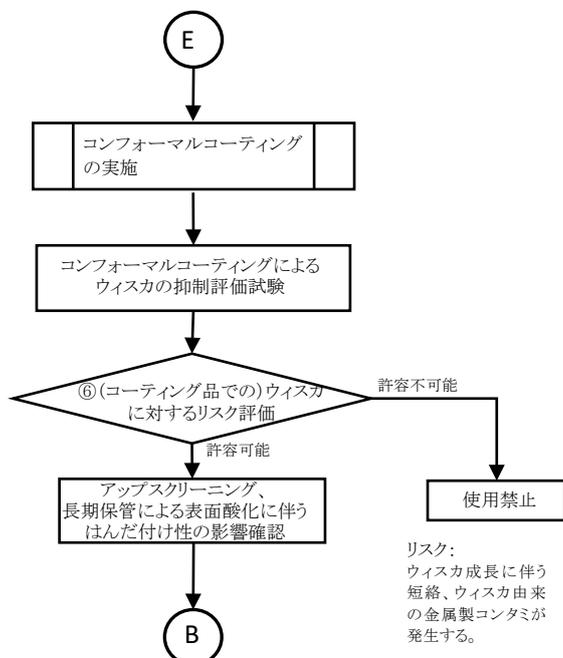
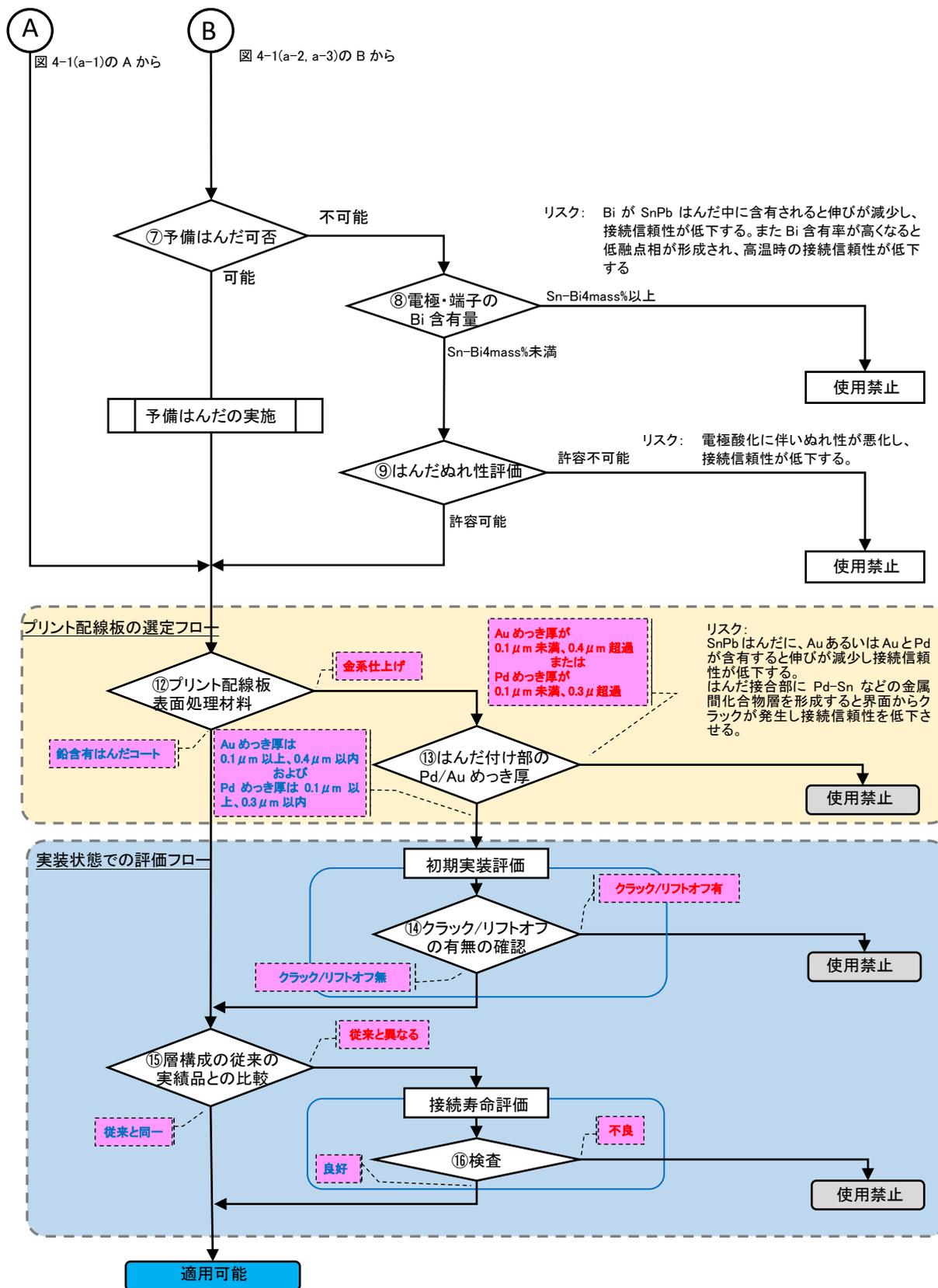


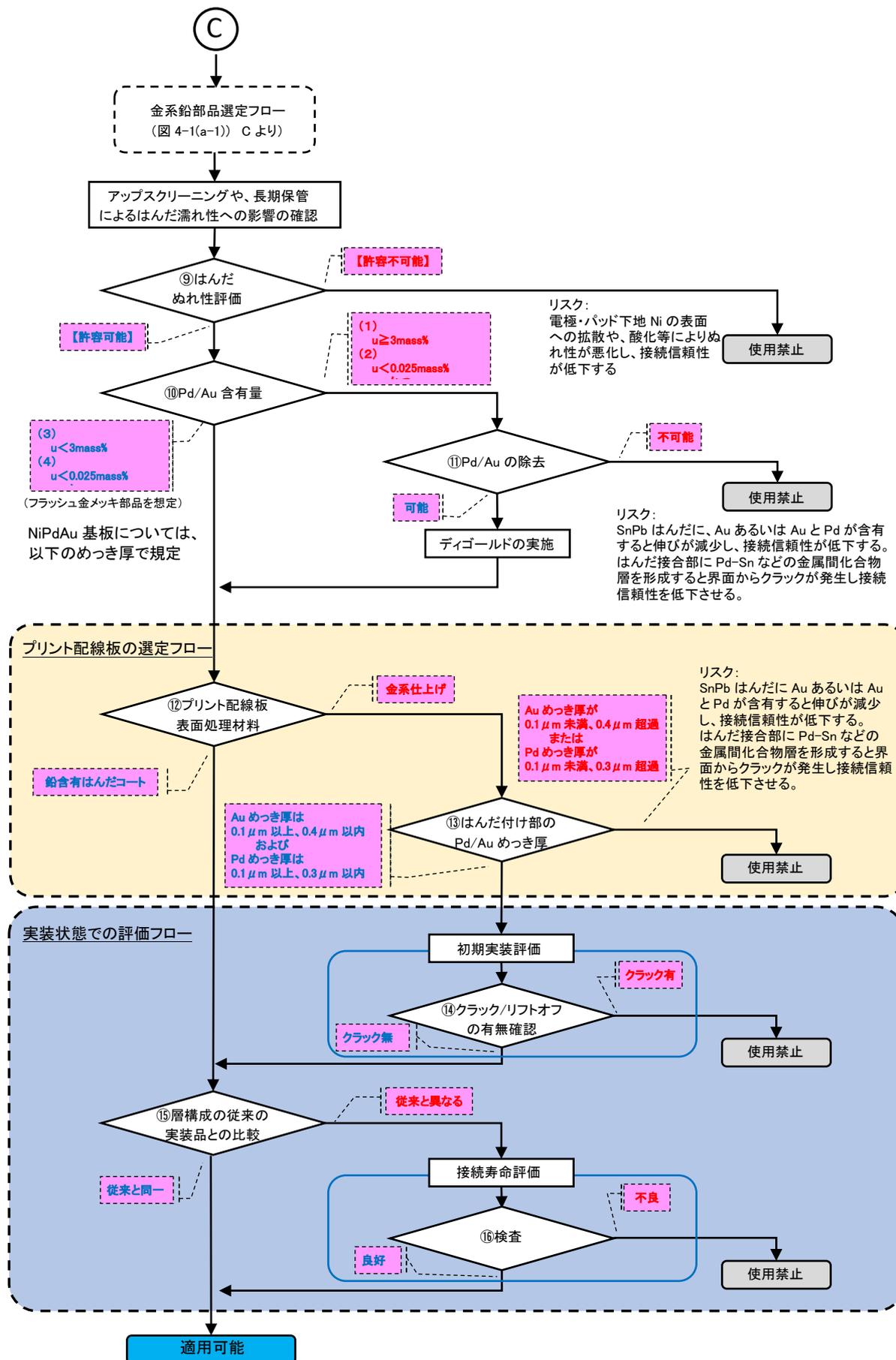
図 4-1(b) B へ

(a-3) 錫系鉛フリー部品

図 4-1 鉛フリー部品の選定フロー (続き)



(b) 錫系鉛フリー部品
 図 4-1 鉛フリー部品の選定フロー(続き)



(c) 金系鉛フリー部品
図 4-1 鉛フリー部品の選定フロー(続き)

4.4 工程の認定試験

JERG-0-039 の 4.4 項(工程の認定試験)、JERG-0-043 の 4.4 項(工程の認定試験)に従い、工程を認定すること。

4.5 製造条件

JERG-0-039 の 4.5 項(製造条件)及び JERG-0-043 の 4.5 項(製造条件)に従うこと。

4.5.1 保管

鉛フリー部品の保管を行う場合は、JERG-0-052 の 5.3.7 項(取扱い及び保管)、及び 5.3.8 項(再検査)に従うこと。

[参考資料]: 鉛フリー部品の長期保管による影響については、JERG-0-064-TM001 技術データ 11 と、技術データ 12 と、技術データ 14 を参考にすること。

4.6 品質保証

JERG-0-043 の 4.6 項(品質保証)に従うこと。

5. 宇宙機設計・製造・検査における詳細要求事項

Mixed assembly を適用するために、以下の要求を満足すること。特に「表面電極・端子の酸化」・「接続信頼性」・「ウイスカ」に関して、留意すること。

5.1 設計

5.1.1 部品選定

(1) 端子材料構成の調査

鉛フリー部品の部品選定段階で、鉛フリー部品の母材、下地層、めっき組成を調査すること。

代表的な鉛フリー部品として、銅母材に各種めっきを施した際の常温におけるウイスカ発生傾向を表 5-1 に示す。表 5-1 は、一般的な下地拡散によるウイスカ発生傾向を示すものであり、鉛フリー部品の部品選定段階でウイスカ発生傾向を考慮して選定すること。

表 5-1 鉛フリー部品のウイスカ発生リスク*1

	めっき仕様	ウイスカ発生傾向
1	Sn(リフローしたもの)	中
2	Sn(光沢電気めっき)	高い
3	Sn(無光沢電気めっき)	やや高い
4	Sn(無光沢電気めっき、下地 Ni めっき)	低い
5	Sn-Bi(2~4mass%Bi 光沢電気めっき)	中
6	Sn-Cu(電気めっき)	高い
7	Sn-Cu(溶融)	高い
8	Au/Pd/Ni (電気めっき・無電解めっき)	なし

*1 GEIA-HB-0005-3、表 B2 から一部抜粋して記載

5.1.2 接続信頼性

部品電極のめっき構成*1 が新規の鉛フリー部品を採用する場合は次の事項について検討し、6.4 項に従い接続信頼性評価試験を実施すること。すでに接続信頼性を有すると証明できる場合は、接続信頼性評価試験を省略することができる。

*1 部品メーカー、母材、電極構成材料とその含有量、層構成、電解/無電解めっき

(1) 鉛フリー部品の電極・端子仕上げ種類別要求事項

部品選定において、各種電極・端子の仕上げに対する要求事項を次に示す。

(a) Sn 系電極・端子仕上げ

電極・端子表面が酸化しやすく、ぬれ性が悪化するため、部品を保管する場合は酸化を抑制すること。また、はんだ付けに際しては、不ぬれが発生していないことを確認すること。

(b) Au 系電極・端子仕上げ

Au めっきの除去を本書の 5.2.2 項(4)に基づき実施すること。ただし、電極・端子形状等の制限により Au めっき除去が困難な場合は、次の条件のいずれかを満足させること。満足しない場合は使用を禁止する。

- ・SnPb はんだ接合部における Au の含有量を 3mass%未満にすること。
- ・SnPb はんだ接合部に Au 及び Pd の両方を含有する場合、Au 0.025mass%未満 かつ Pd 0.05mass%未満にすること。

また、Ni/Pd/Au プリント配線板を使用する場合は、以下を満足させること。満足しない場合は使用を禁止する。

- ・プリント配線板の Pd と Au めっき厚は、以下の基準とすること。
Au めっき厚は 0.1 μ m 以上、0.4 μ m 以内、Pd めっき厚は 0.05 μ m 以上、0.2 μ m 以内
- ・上記めっき厚の範囲内でも、挿入部品や熱容量の大きい部品の、部品実装時におけるはんだ付け部のクラック(初期の剥離や割れ、リフトオフ等)は許容しない。

－ 注意 －

Pd/Au のめっきが厚くなると、挿入部品や熱容量の大きい部品を実装する際に、IMC(金属間化合物)層や凝固収縮プロセスの影響からクラックが生ずる恐れがある。初期実装評価における断面観察によりクラックの有無を確認すること。

[参考資料]: Ni/Pd/Au プリント配線板めっき厚の接合への影響については、JERG-0-064-TM001 技術データ 15 と 16 を参考にすること。

(c) Sn-Bi 系電極・端子仕上げ

鉛フリー部品の電極・端子めっきに含まれる Bi の含有量が 4mass%未満であること。これを超える場合は使用を禁止する。

(2) Sn 系の端子・電極への Pb 添加

Sn 系の電極・端子に対してウイスカ抑制手法として Pb を添加する場合は、全ての電極・端子めっき中の Pb の含有量が 3mass%以上となることを確認すること。Pb を添加する際は、損傷など品質低下させないことを確認した上で工程を確立して管理すること。

(3) 予備はんだの実施

予備はんだの実施にあたっては、JERG-0-039 の 5.3.5 項(予備はんだ付)及び 5.3.6 項(はんだポットの管理)に従って実施すると共にはんだポットの管理を行うこと。

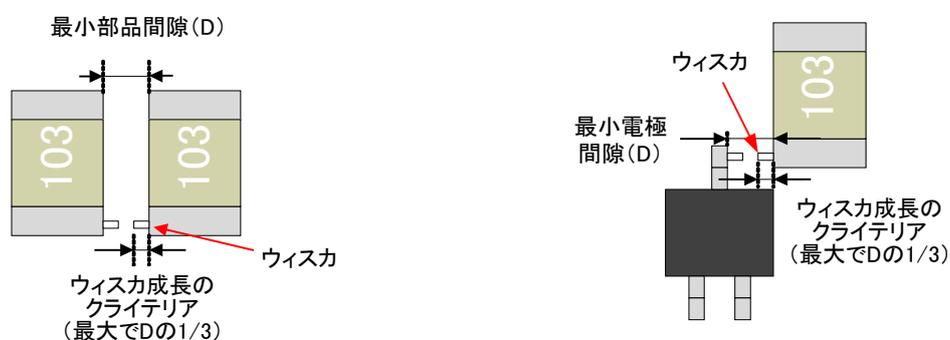
5.1.3 実装設計

(1) 最小導体間隔

対象となる宇宙機器の運用環境が、ロケット機器等のように宇宙環境下での運用期間が極めて短い場合でコンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制対策を前提としない場合、最小導体間隔は以下に従うこと。

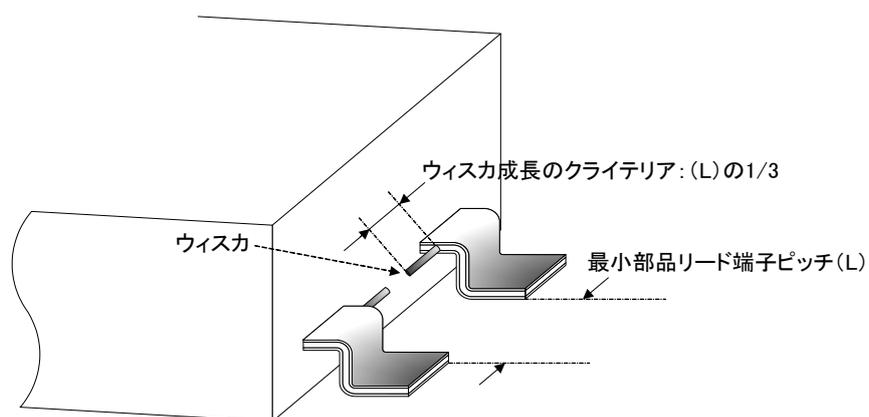
- ウイスカ最大長が既知の鉛フリー部品を使用する場合、最小導体間隔はウイスカ最大長の 3 倍以上設けること。
- ウイスカ最大長が未知の鉛フリー部品を使用する場合、最小導体間隔はウイスカ成長性試験によって評価したウイスカ最大長の 3 倍以上であること。
- 必要に応じて配線の間隔を広げたり、物理的隔壁を設けること。
- 鉛フリー部品を立体的に配置する場合、最小導体間隔は 5.1.3 項(1)の(a)又は(b)を満足すること。

ウイスカ成長と最小部品リード・端子間隙の判定基準は図 5-1 を参照のこと。

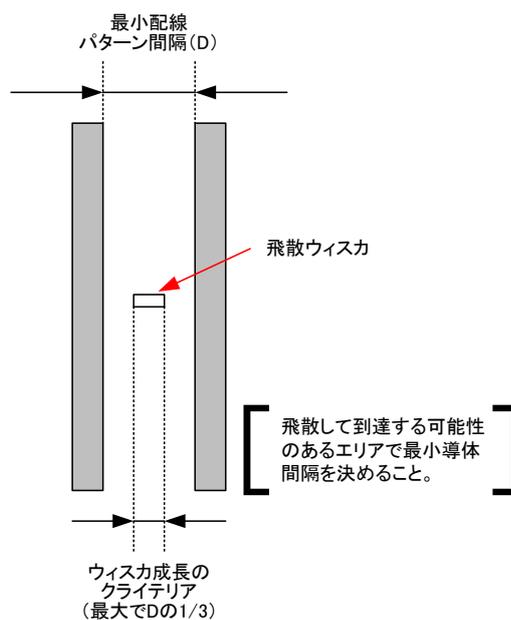


(a) 最小部品間隔が最小導体間隔となる場合 (b) 最小電極間隔が最小導体間隔となる場合

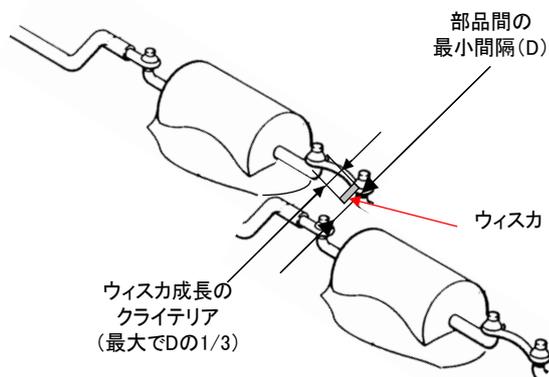
図 5-1 ウイスカ成長と最小部品リード・端子間隙の判定基準



(c) 最小部品リード端子ピッチが最小導体間隔となる場合



(d) 隣接する最小配線パターン間隔が最小導体間隔となる場合



(e) 立体的に配置した部品間隔が最小導体間隔となる場合

図 5-1 ウイスカ成長と最小部品リード・端子間隙の判定基準 (続き)

(2) コンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制

対象となる宇宙機器の運用環境が、ロケット機器等のように宇宙環境下での運用期間が極めて短い場合でコンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制対策を前提としない場合において、試験等によりウイスカ成長が 5.1.3 項(1)に示す最小導体間隔の 1/3 以下であることが確認されている場合においても、コーティングをすることにより、ウイスカの成長抑制、ウイスカによる短絡及びコンタミを防止等、更なるリスク低減となる。

5.2 製造

5.2.1 一般

JERG-0-039 の 5 項(詳細要求事項)及び JERG-0-043 の 5 項(詳細要求事項)および JERG-0-040 の 4 項(一般要求事項)に従うこと。

鉛フリー部品の電極・端子は酸化に伴いぬれ性が悪化しやすいので、製造段階でぬれの状態を確認し注意すること。

5.2.2 前処理

前処理において、以下について留意すること。

(1) 部品のアップスクリーニング

鉛フリー部品にアップスクリーニングを適用する上でその項目、条件が熱的負荷を伴う場合、鉛フリー部品の電極・端子の酸化に留意すること。

(2) ベーキング

鉛フリー部品にベーキングを適用する場合、熱的負荷を伴うので、鉛フリー部品の電極・端子の酸化に留意すること。

(3) 予備はんだ

鉛フリー部品端子表面の酸化膜を除去し、新しい鉛含有はんだではんだ接合部となる部品端子表面を覆ってぬれ性を改善し、接続信頼性を確保するための予備はんだは、JERG-0-039 の 5.3.5 項(予備はんだ付)によること。

(4) 金めっき除去

鉛フリー部品端子仕上げに Au を含む場合、接続強度の低下が懸念されるため、可能であれば JERG-0-039 の 5.3.4 項(金めっき除去)により Au を除去すること。なお 5.1.2 項(1)(b)の条件を満足できない場合は必ず Au を除去すること。

5.2.3 リワーク

リワークは、JERG-0-039 の 5.6.5 項(再加工等)及び JERG-0-043 の 5.10 項(はんだ付部再加工(リワーク))並びに JERG-0-040 の 4.8.6 項(リワーク)に示される方法に従って実施すること。

5.2.4 コーティング

コンフォーマルコーティングは、プリント配線板回路の電気絶縁及び湿気、汚染からの保護により機器の性能低下を防止することを主な目的とし、JERG-0-040 にて工程が確立している。また、コンフォーマルコーティングにより、ウイスカ成長を抑制する効果があることが確認されている。JERG-0-040 に準拠した上で、コーティング厚によるウイスカ抑制効果を維持する観点から、ウイスカ抑制効果を付与する部位に必要な塗布厚みを確保すること。

なお、JERG-0-040に示すコンフォーマルコーティングの厚さは、コンフォーマルコーティング本来の目的である、基板に防湿性や絶縁性を付与するために必要な厚さであり、表 6-3 に示すコンフォーマルコーティングの厚さはウイスカ成長の抑制に必要な厚さである。

5.3 検査

5.3.1 部品受入検査

(1) 鉛フリー部品であることを確実に識別し、他の部品と混ざらないような管理を実施すること。少なくとも次の事項について受入検査で確認すること。

- (a) 電極・端子めっきの種類(含有量を含む)
- (b) 母材及び層構成(下地の有無等)

なお、部品受入検査を実施するにあたり、部品メーカー等からの部品情報の入手は必要である。

以下に宇宙実証を実施した部品の材料構成を示す。

表 5-2 宇宙実証済みの鉛フリー部品の材料構成

母材	下地めっき*1	表層めっき*1
Fe 及び Ni だけからなる合金	なし	・Sn めっき または
	Fe 及び Ni だけからなる合金	・Cu,Zn のいずれも含まない Sn 合金めっき
Cu 又は Cu 合金	Ni	・Sn めっき または
Ag	Ni	・Cu,Zn のいずれも含まない Sn 合金めっき
		・Sn めっき または
		・Cu,Zn のいずれも含まない Sn 合金めっき

*1:めっき皮膜は 1 層または 2 層の構成

(2) 鉛フリー部品の電極・端子が汚染される場合、接続信頼性へ悪影響を与える。したがって、鉛フリー部品の電極・端子に変色、腐食、異物付着等がないことを外観検査で確認すること。また、電極・端子の仕上げが Sn 系(純 Sn、Sn-Cu、Sn-Bi 等)の場合、外観検査でウイスカについての疑義がある場合は 6.2.3 項(4)に基づく検査を実施すること。

(3) 必要に応じて、XRF(X-ray Fluorescence Analytical Method)などで分析し、接続信頼性評価を実施した鉛フリー部品の電極・端子の仕上げと同一の材料(元素)及び質量比で構成されていることを確認すること。

5.3.2 実装後の検査

(1) はんだ付け外観検査は、JERG-0-039 の 5.8.4 項(検査)及び JERG-0-043 の 5.9.3 項(外観検査)に従うこと。但し、はんだ内に、Au や Pd が含有した際にフレットの表面に生ずる微細な凹凸によるくもりについてはこれを許容する。詳細は、以下 [参考資料] を参照のこと。

[参考資料]: Au や Pd が含有した場合のはんだ付け外観検査については、JERG-0-064-TM001 技術データ 17 を参考にすること。

- (2) はんだ付け外観検査において、ウイスカが確認されないこと。
- (3) 鉛フリー部品の電極・端子の Sn めっき酸化膜の増加により、はんだ付け後の表面が白っぽくなる場合があり、オーバーヒートとの区別がつかない場合がある。したがってはんだのぬれに異常がないことを確認すること。

6. 試験方法及び項目

6.1 全 般

鉛フリー部品の適用可否を判断するために、ウイスカ成長性またはコンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制効果、及び、接続信頼性を評価すること。このため、部品の電極・端子の仕上げ(層構成、各層の材料及び質量比)、プリント配線板のはんだ付け領域(パッド)における仕上げ(層構成、各層の材料及び質量比)に着目すること。ウイスカ成長性またはコンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制効果、及び、接続信頼性の評価においては、次に示す要求を満足すること。

なお、長期間宇宙空間で運用する人工衛星機器、惑星探査機器等に関してはウイスカ抑制のためのコンフォーマルコーティング施工を必須とする。

6.2 ウイスカ成長性またはコンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制試験

6.2.1 試験方法の策定

表 6-1 に示す通り、宇宙環境での運用が極めて短い機器(打ち上げ用ロケット機器等)は図 6-1 に従い、「ウイスカ成長性試験」及び「コンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制試験」を実施すること。長期間宇宙空間で運用する機器(人工衛星機器、探査衛星機器等)は、図 6-2 に従い、「ウイスカ成長性試験」及び「コンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制試験」を実施すること。

試験サンプルは評価試験後、検査前の期間に保管環境の影響を受けないよう、速やかに検査を行うこと。やむを得ず保管期間が発生する場合は、酸化や温度変化等の対策をとること。

表 6-1 ウイスカ成長性試験・コンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制試験のマトリックス

	宇宙環境での運用が極めて短い機器(打ち上げ用ロケット機器等)			長期間宇宙空間で運用する機器(人工衛星機器、探査衛星機器等)	
	図 6-1(a)	図 6-1(b)	図 6-1(c)	図 6-2(a)	図 6-2(b)
①初期予備評価(又は机上調査)	✓			✓	
②サンプルの準備	✓			✓	
③部品単体ウイスカ試験		✓		N/A	
④検査(ウイスカ発生、長さ、位置)		✓		N/A	
⑤実装品ウイスカ試験		✓		N/A	
⑥コンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制試験(大気下/ ii 実装品 + コーティング)			✓	N/A	
⑦検査(ウイスカ貫通有無)			✓		✓
⑧コンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制試験(真空下/ i 部品単体 又は ii 実装品 + コーティング)	N/A				✓
⑨コンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制試験(大気下/ ii 実装品 + コーティング)	N/A				✓

以下に①～⑨の実施内容を次に示す。

① 初期予備評価(又は机上調査):図 6-1、図 6-2 共通

鉛フリー部品の電極・端子について、母材の構成、表面めっき仕上げ及び層構成について評価・確認すること。過去にメーカから取得または評価等により確認したデータ等による場合、データ等の取得時から部品の構造やめっき仕上げの仕様・条件等が変更されていないことを確認すること。必要に応じて、DPA(Destructive Physical Analysis)や XRF による予備試験を実施すること。これらの調査試験結果は、表 6-2 に基づき、ウイスカ試験方法の実施項目の必要性の判断材料にすること。コンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制を前提としない場合は、並行して、ウイスカ成長の判定基準を定義するため、基板設計情報から最小導体間隔(図 5-1 参照)を確認すること。

② サンプルの準備:図 6-1、図 6-2 共通

試験に供するサンプルを準備すること。「i 部品単体サンプル」はフライトモデル品と同種構成とし、実装直前までにかかりうる全ての熱履歴・機械的応力を加えた状態のものとする。熱履歴は、部品調達後、アップスクリーニングやはんだ付け時の加熱などフライトまでに加わる熱的条件を印加すること。Sn 系仕上げ端子部品に対しては、調達後にリードフォーミング等の機械的な応力を加える場合、フォーミングによる残留応力に起因するウイスカ成長が懸念されるため、機械的な応力も印加すること。「ii 実装品サンプル」はフライトモデル品相当の条件で基板に実装した実装品、または相当品とする。ただし、部品選定段階でフライトモデル品相当のプリント基板が準備できない場合は、採用しようとしている当該鉛フリー部品をフライトモデル品と同等の条件で実装し、部品単体ウイスカ試験(③)および実装品ウイスカ試験(⑤)の試験の目的を満足する評価試験用ダミー基板への実装品で代用することが出来る。

③ 部品単体ウイスカ試験:図 6-1 のみ

試験は温度サイクル試験、高温高湿試験、室温放置試験の 3 つを実施すること。方法選定は、本書の表 6-2 によること。試験条件は 6.2.2 項(2)によること。なお、図 6-1 に示す通り、部品情報(部品メーカ側で取得したウイスカ成長性試験データ)に基づき、ウイスカ最大長が最小導体間隔の 1/3 以下の長さ(図 5-1 参照)である場合、本試験(③)を実施せず、実装品ウイスカ試験(⑤)に進んでよい。なお、この場合、試験条件や最大ウイスカ長が明確である必要がある。

なお、部品情報において、ウイスカ最大長が最小導体間隔の 1/3 以上の場合においても、本試験(③)を行い、検査(④)にて 1/3 以下になる場合は実装品ウイスカ試験(⑤)に進んでよい。

④ 検査(ウイスカ発生、長さ、位置):図 6-1 のみ

マイクロスコープ、SEM(Scanning Electron Microscope)、レーザ顕微鏡、金属顕微鏡などを用いて電極・端子全体のウイスカ発生状況(長さ、形状、発生位置)を観察し、ウイスカが成長している場所を特定してウイスカ長さを計測すること。供試サンプルの観察位置や検査方法、及び各試験におけるサンプリング方法は、本書の 6.2.3 項によること。

⑤ 実装品ウイスカ試験:図 6-1 のみ

試験は温度サイクル試験、高温高湿試験、室温放置試験の 3 つを実施すること。試験方法選定は、本書の表 6-2 によること。試験条件は 6.2.2 項(2)に従うが、運用条件を勘案し付録-II のテーラリングガイドに従って実運用環境を考慮した試験条件を設定すること。

⑥ コンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制試験(大気下 / ii 実装品 + コーティング):図 6-1 のみ

ウイスカ成長を抑制することを目的としたコンフォーマルコーティングの施工を前提とする場合は、コンフォーマルコーティングの施工を行い、コンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制試験を行う

こと。コンフォーマルコーティング施工状態でのウイスカ抑制効果を確認するため、「ii 実装品サンプル」にフライトモデル品相当の条件でコンフォーマルコーティングを施工し、コンフォーマルコーティングのウイスカ抑制試験を実施すること。

試験は温度サイクル試験、高温高湿試験、室温放置試験の3つを実施すること。試験方法選定は、表 6-2、試験条件は 6.2.2 項(2)に従うが、運用条件を勘案し付録-II のテーラリングガイドに従って実運用環境を考慮した試験条件を設定すること。

また、図 6-1 に示す通り、パリレン dix-C を採用し、膜厚 $\geq 25\mu\text{m}$ かつ、部品の材料構成が表 5-2 に示す宇宙実証済みの鉛フリー部品の材料構成の場合、本試験(⑥)を実施せず、アップスクリーニングに進んでよい。

⑦ 検査(ウイスカ貫通有無): 図 6-1、図 6-2 共通

マイクロスコープ、SEM(Scanning Electron Microscope)、レーザ顕微鏡、金属顕微鏡などを用いてウイスカのコンフォーマルコーティングの貫通の有無について確認すること。ウイスカがコーティングを貫通した場合は、当該部品の使用を禁止すること。

⑧ コンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制試験(真空下 / i 部品単体 又は ii 実装品 + コーティング): 図 6-2 のみ

宇宙空間でのコンフォーマルコーティングのウイスカ抑制能力を見極めるため、コンフォーマルコーティングの施工を行い、真空下におけるコンフォーマルコーティングのウイスカ抑制試験を実施すること。なお、本試験は、i 部品単体、ii 実装品のどちらで実施しても良い。

試験は温度サイクル試験を実施すること。試験方法選定は、本書の表 6-2、試験条件は 6.2.2 項(2)に従うが、運用条件を勘案し付録-II のテーラリングガイドに従って実運用環境を考慮した試験条件を設定すること。実環境に対して過剰な加速条件の試験を行うとコーティング剤の種類によっては膜が薄くなる現象(縮退)や、ウイスカ抑制能力の低下が発生する場合があるので、十分考慮すること。

⑨ コンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制試験(大気下 / ii 実装品 + コーティング): 図 6-2 のみ

コンフォーマルコーティングを施工し、コンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制試験を行うこと。実際のコンフォーマルコーティング施工状態でのウイスカ抑制効果を確認するため、「ii 実装品サンプル」にフライトモデル品相当の条件でコンフォーマルコーティングを施工し、コンフォーマルコーティングのウイスカ抑制試験を実施すること。

試験は温度サイクル試験、高温高湿試験、室温放置試験を実施すること。試験方法選定は、本書の表 6-2、試験条件は 6.2.2 項(2)に従うが、運用条件を勘案し付録-II のテーラリングガイドに従って実運用環境を考慮した試験条件を設定すること。実環境に対して過剰な加速条件の試験を行うとコンフォーマルコーティングの種類によっては膜が薄くなる現象(縮退)や、ウイスカ抑制能力の低下が発生する場合があるので、十分考慮すること。

コンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制試験(大気下 / ii 実装品 + コーティング)(⑧)にて実装品を用いて温度サイクル試験を実施した場合は、本試験(⑨)の温度サイクル試験を省略しても良い(⑧の温度サイクル試験にて、⑨の温度サイクル試験を兼ねる)

⑧、⑨のコンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制試験は、表 6-3 宇宙環境での実績に基づく試験の実施有無に従い省略することができる。

表 6-2 試験方法の適用基準*1

端子材料構成			試験方法*2		
母材	下地めっき	表層めっき	室温放置	高温高湿	温度サイクル*3
Fe 及び Ni だけからなる合金	なし	・Sn めっき または ・Cu,Zn のいずれも含まない Sn 合金めっき	非適用	適用	適用
	Fe 及び Ni だけからなる合金				
Fe 及び Ni だけからなる合金	なし	・Sn めっき または ・Cu,Zn のいずれも含まない Sn 合金めっき	適用	適用	適用
	Fe 及び Ni だけからなる合金				
Fe、Ni のいずれも含まない合金	Ni 又は Ag	—	適用	適用	適用
Cu 又は Cu 合金	なし	Sn 又は Sn 合金めっき	適用	適用	適用
Cu 若しくは Cu 合金	なし	Sn で SnCu 金属間化合物層が既に形成されている	適用	適用	適用
	Cu 若しくは Cu 合金				
母材又は下地層が上記以外		—	適用	適用	適用

*1 JIS C 60068-2-82:2009 を参考にして作成

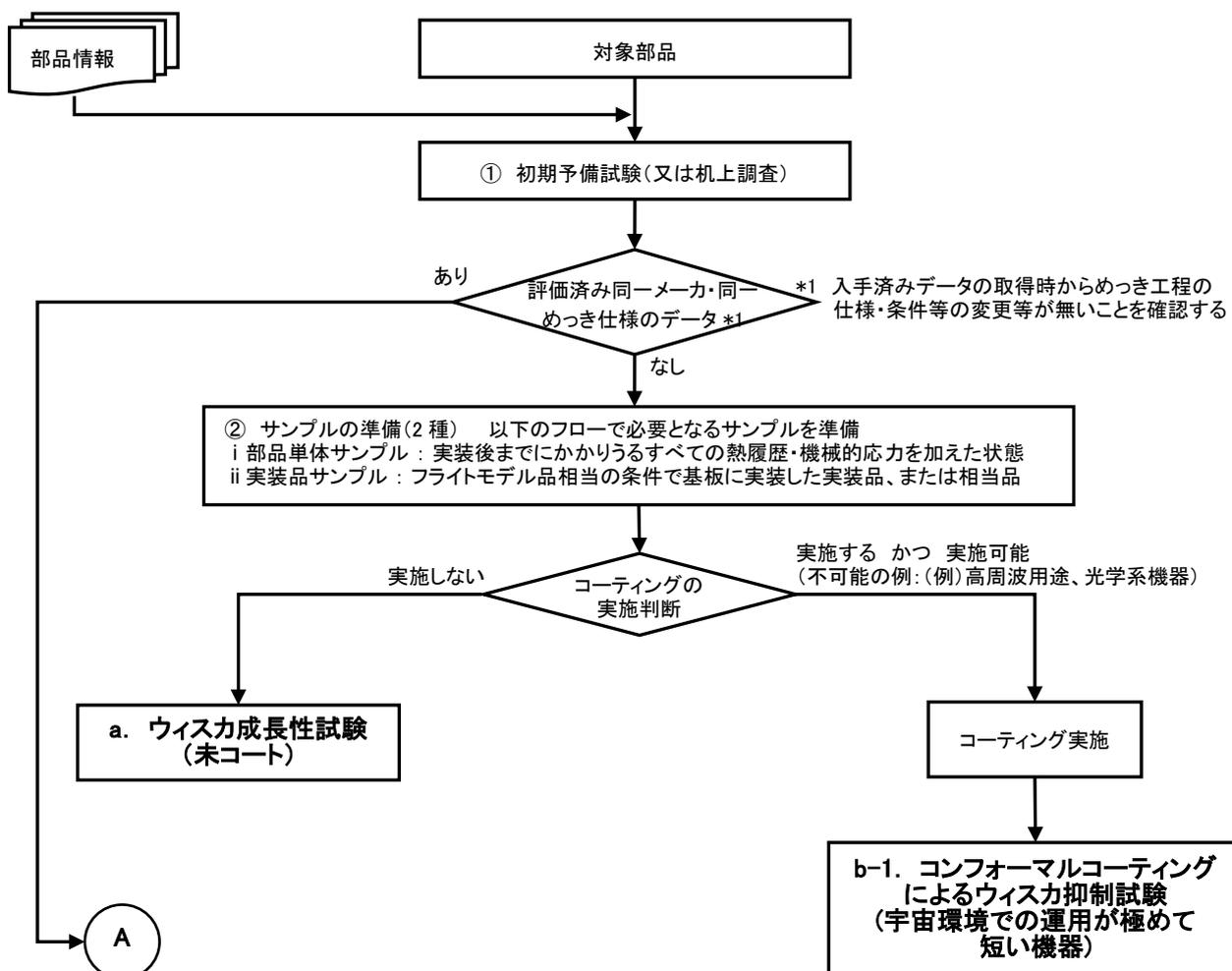
*2 各試験の条件については本書 6.2.2 項(2)を参照すること

*3 出典元では温度急変試験と称されているが、本書では温度サイクル試験と表記する

表 6-3 宇宙環境での実績に基づくコンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制試験の実施有無

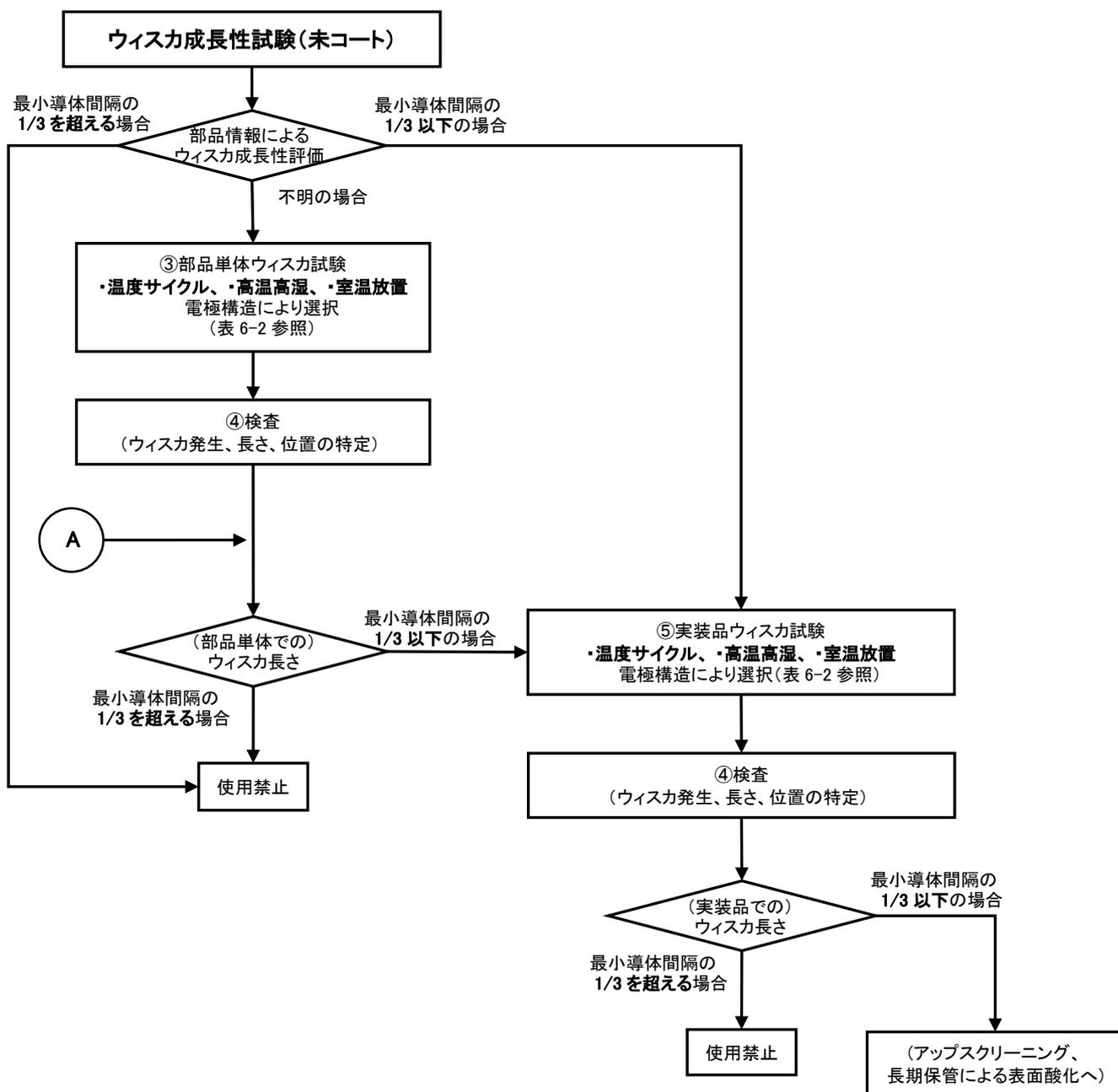
部品の 材料構成	コーティング 剤	コーティングの条件	温度条件	サイクル数	図 6- 2⑧	図 6- 2⑨	図 6-2 (b) のフロー																
表 5-2 に 示す構成	パラキシリレン dix-C	JERG-0-040 準拠 かつ 膜厚 $\geq 25 \mu\text{m}^4$	-32°C~+65°Cの範囲内	$\leq 10,008\text{cyc}$	不要	不要	分岐 a																
			> 10,008cyc	不要				要															
		-32°C~+65°Cの範囲を 超える	$\leq 10,008\text{cyc}$						不要	要													
			> 10,008cyc								不要	要											
		JERG-0-040 準拠 かつ 膜厚 $< 25 \mu\text{m}^4$	-32°C~+65°Cの範囲内										$\leq 10,008\text{cyc}$	不要	要								
			> 10,008cyc										不要			要							
	-32°C~+65°Cの範囲を 超える	$\leq 10,008\text{cyc}$	不要				要																
		> 10,008cyc															不要	要					
	ウ ラ レ ン 5750A/B	JERG-0-040 準拠																	-32°C~+65°Cの範囲内	$\leq 10,008\text{cyc}$	不要	要	分岐 b
																				> 10,008cyc			
-32°C~+65°Cの範囲を 超える					$\leq 10,008\text{cyc}$	不要													要				
				> 10,008cyc	不要			要															
上記以外	JERG-0-040 準拠	—		—					要	要										分岐 c			
表 5-2 以 外の構成	—	JERG-0-040 準拠		—					—	要	要												

*4 コーティング厚みはウイスカ抑制効果を付与する部位での厚みを指す。



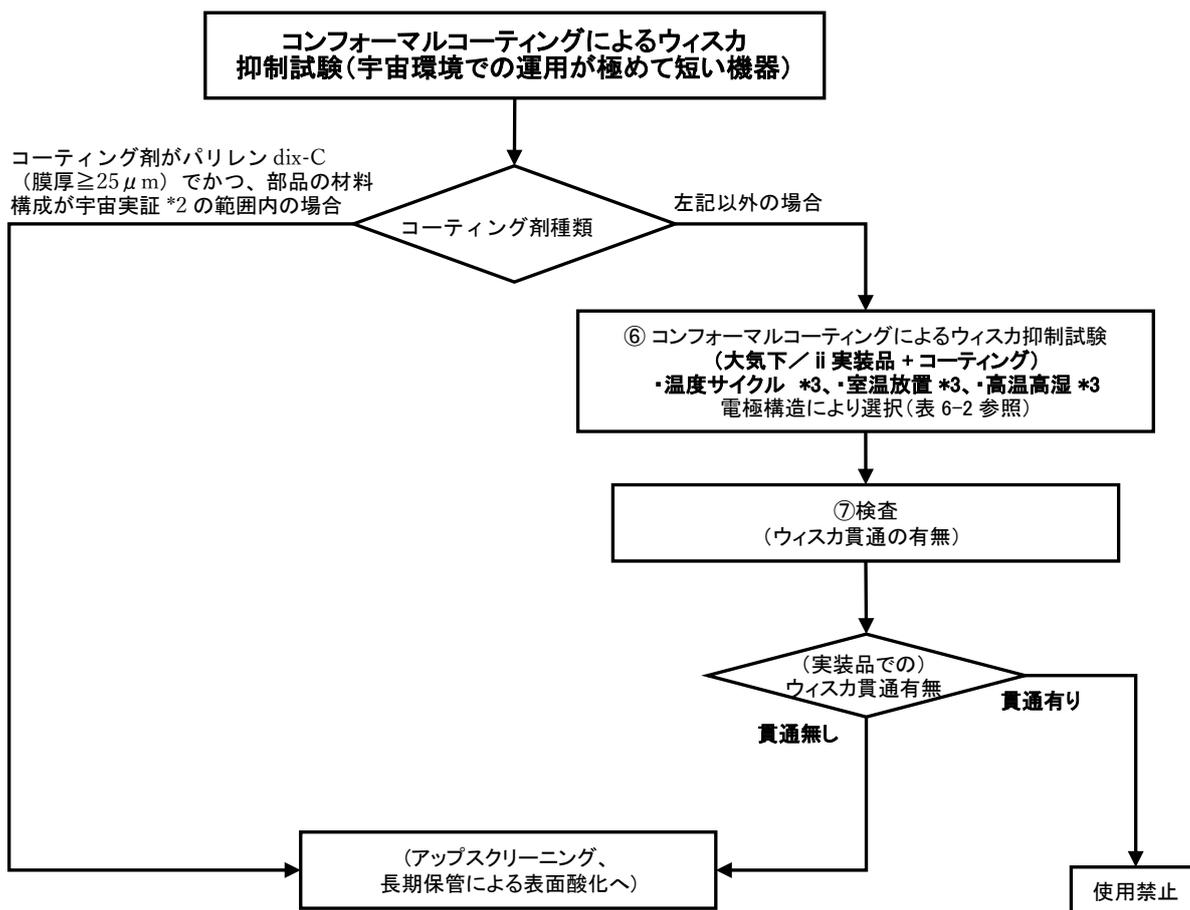
(a) 宇宙環境での運用が極めて短い機器 (打ち上げ用ロケット機器等)

図 6-1 ウィスカ評価試験フロー (短期運用)



(b) 宇宙環境での運用が極めて短い機器（打ち上げ用ロケット機器等）
ーウイスカ成長性試験（未コート）

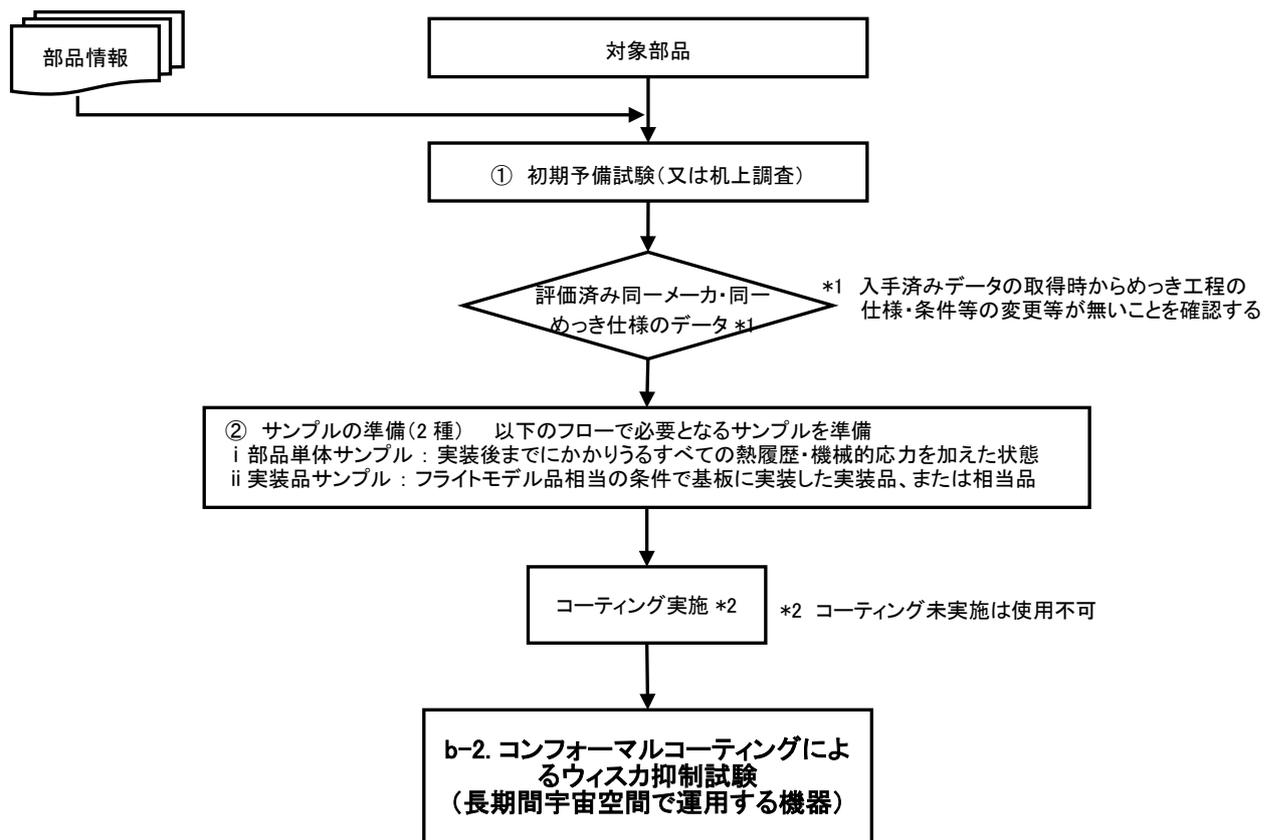
図 6-1 ウイスカ評価試験フロー（短期運用）（続き）



*2 2016 年～2021 年に実施した、宇宙環境下にて鉛フリー部品に発生する錫ウイスカの現象説明を行うための、ISS 日本実験棟 簡易暴露実験装置を利用した軌道上曝露実験で得られた実績。表 5-2 参照。
 *3 表 6-2 参照。但し、実運用環境にてテラリング可能

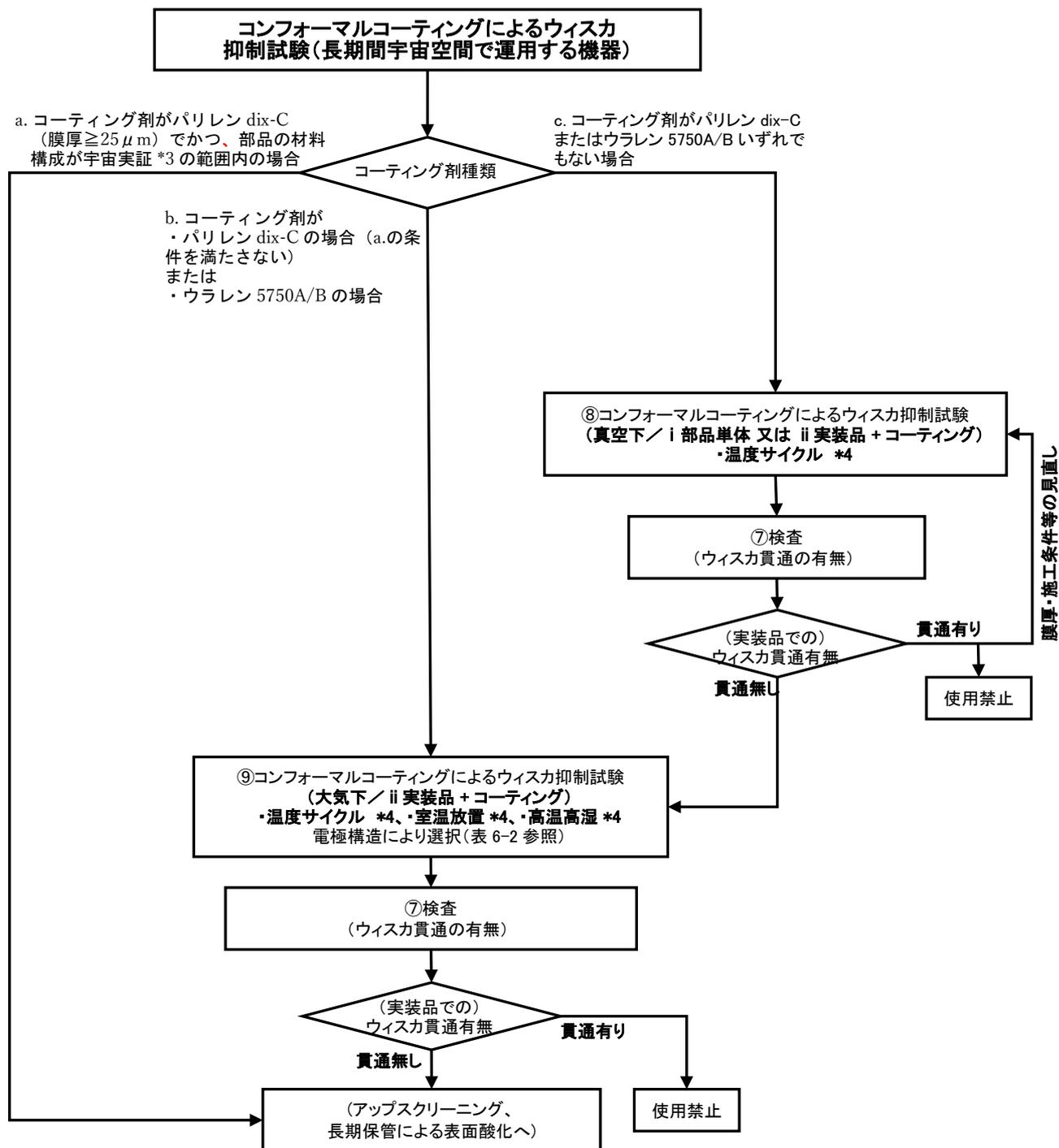
(c) 宇宙環境での運用が極めて短い機器 (打ち上げ用ロケット機器等)
 —コンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制試験

図 6-1 ウイスカ評価試験フロー (短期運用) (続き)



(a) 長期間宇宙空間で運用する機器 (人工衛星機器、探査衛星機器等)

図 6-2 ウィスカ評価試験フロー (長期運用)



*3 2016 年～2021 年に実施した、宇宙環境下にて鉛フリー部品に発生する錫ウイスカの現象解明を行うための、ISS 日本実験棟 簡易暴露実験装置を利用した軌道上暴露実験で得られた実績。表 5-2、表 6-3 参照。
 *4 表 6-2 参照。但し、実運用環境にてテラリング可能

(b) 長期間宇宙空間で運用する機器（人工衛星機器、探査衛星機器等）
 —コンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制試験

図 6-2 ウイスカ評価試験フロー（長期運用）（続き）

6.2.2 適用基準

- (1) 鉛フリー部品の電極・端子めっきの仕様によりウイスカ成長性が異なるため、本書、表 6-2 に示す基準をベースにウイスカ評価試験を実施しなければならない。
- (2) 試験方法及びその条件は、次の通りとしなければならない。ただし、コンフォーマルコーティングのウイスカ成長抑制効果試験においては、付録-II のテーラリングガイドを参考にして実運用環境に則した最適な試験条件を設定すること。
 - (a) 室温試験: $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、 $60 \pm 3\% \text{RH}$ 、4000 時間
 - (b) 高温高湿試験: $55 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 、 $85 \pm 5\% \text{RH}$ 、2000 時間
 - (c) 温度サイクル試験*1: 低温 $-40 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 又は $-55 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 、高温 $+85 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 、片側 10 分以上、1500 サイクル

*1 鉛フリー部品が運用中にさらされる温度範囲が上記温度範囲を超える場合や、サイクル数が上記サイクル数を超える場合は、運用環境に合わせて試験温度範囲、サイクル数を設定すること。

6.2.3 進め方

(1) サンプル数量

ウイスカ試験に供試するサンプル数量は、次の要件を満足すること。

- ・端子またはリード線の数: 30 以上
- ・製品: 6 以上

(2) サンプル間隔

表 6-4 のサンプリング間隔による。ただし、サンプルの蒸着を伴う SEM 観察を実施する場合、抜き取り検査とする。

表 6-4 サンプル間隔

試験の種類	サンプリング間隔
室温放置	1000 時間
高温高湿試験	500 時間
温度サイクル試験	500 サイクル

(3) 観察箇所

観察箇所及び観察方向は図 6-3 によること。特にウイスカが発生しやすい折れ曲がった端面、Sn めっきが露出した表面、コンフォーマルコーティングが薄くなる箇所および塗れ漏れが生じる箇所は重点的に観察すること。

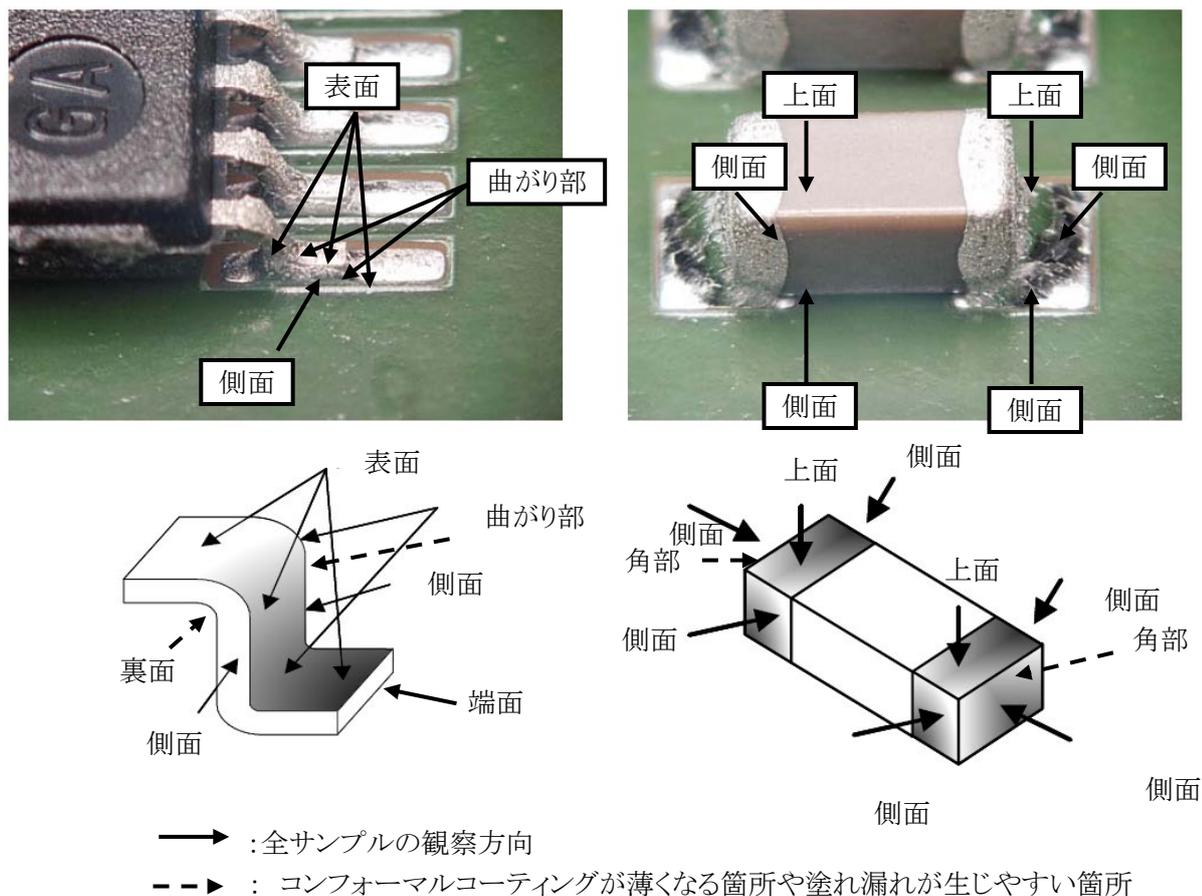


図 6-3 観察方向

(4) ウイスカ検査

10 μm の長さが識別できるマイクロスコープ、SEM (Scanning Electron Microscope)、レーザ顕微鏡、金属顕微鏡などを用いてウイスカの長さ、形状を検査すること。電子走査顕微鏡 (SEM) は焦点深度が深く、詳細観察に適している。金属顕微鏡を用いる場合は、照明方向を自由に変更可能な照明装置を有すること。ウイスカ長を測定する場合は、精度 $\pm 5 \mu\text{m}$ の機械的あるいは電子的な測長装置を備えていること。

(5) ウイスカ測長方法

ウイスカ長さの測定は、図 6-4 によること。

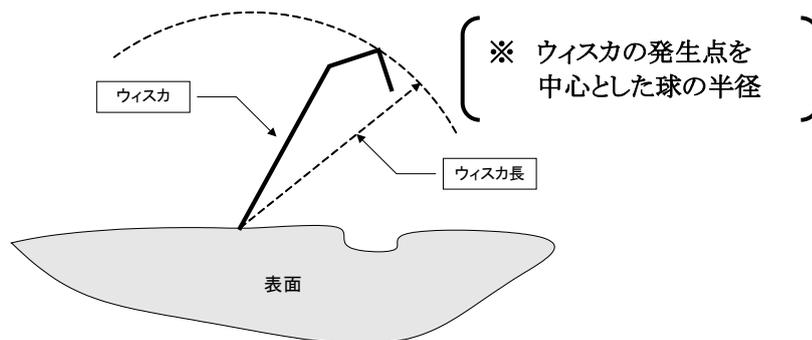


図 6-4 ウイスカ測長方法

出典: JIS C 60068-2-82 附属書 A、JESD 22-A121A Figure 5

(6) 判定基準

- (判定 1) 測長したウイスカ長さが、最小導体間隔の 1/3 未満であるかどうかを判定すること。
- (判定 2) ウイスカがコンフォーマルコーティングを貫通しているかどうかで判定すること。

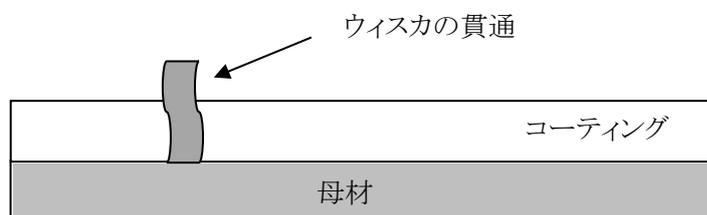


図 6-5 ウイスカによるコンフォーマルコーティングの貫通

6.3 初期実装評価

- (1) Ni/Pd/Au プリント配線板にて、挿入部品や熱容量の大きい部品を新規で採用する場合に適用すること。
- (2) 初期実装評価は、実製品と同様の設計、工程で製作された供試体サンプルで評価すること。
- (3) 供試体サンプルの断面観察を行い、リフトオフ等によるクラックがないことを確認すること。
- (4) 初期実装評価の結果、クラックが確認された場合、不合格とし使用を禁止する。

6.4 接続信頼性の評価

6.4.1 接続寿命評価の適用基準

- (1) 鉛フリー部品を新規に適用する場合に適用すること。
- (2) 接続寿命評価は、JERG-0-039 の 4.4 項(工程の認定試験)、JERG-0-043 の 4.4.2 項(工程の認定試験)及び 5.11 項(はんだ接合部寿命評価及び判定)に基づき実施すること。
- (3) 接続寿命評価の結果、不合格となった場合は、使用を禁止する。

－ 注意 －

接続寿命評価では、金属間化合物層に対しても注目して、長期信頼性への影響を確認すること。

付録- I 用語の定義

宇宙機器

人工衛星機、惑星探査機等の大気圏外で運用される機器

ウイスカ

金属の繊維状単結晶が成長した突起物で、アスペクト比(長さ/直径)が2以上のもの、かつ、長さが10 μm 以上のもの(JIS C 60068-2-82 参照)。

コンフォーマルコーティング

プリント配線板等の部品実装後に防湿等を目的として非導電性の薄い保護コーティングを塗布する工程(JERG-0-040 参照)。本書では、ウイスカを抑制する目的にも用いている。

鉛フリー部品

電子部品の電極・端子における鉛含有量が3mass%未満のもの。

プリント配線板については、めっき構成がNi/Pd/Auからなるプリント配線板のみ対象となる。

(鉛含有量が3 mass%以上のはんだコート仕上げのプリント配線板は対象外となる)

ロット

本書におけるロットとは、対象となる鉛フリー部品の購入単位である「購入ロット」のことを言う。

これは鉛フリー部品の多くが製造ロット(錫めっきプロセス)の管理が困難であり、購入ロット以降での管理となるためである。

なお、製造ロット(錫めっきプロセス)の管理ができるケースについては、付録-IIのテーラリングガイドを参照のこと。

Mixed assembly

部品の電極・端子を「鉛系又は錫系、金系」、はんだは「鉛含有はんだ」、プリント配線板(表面処理)は「SnPbはんだコート」の組み合わせを適用し、鉛フリー部品に対して鉛含有はんだで実装する場合を指す。「混載実装」と呼ばれる場合がある。「混載実装」は、リフローはんだ付けとフローはんだ付けの両プロセスを経る実装や大小の能動素子と受動素子とを混合して搭載する実装を指す場合もある。

めっきの同一性

基本的な構造(電極端子の層構成)、及び、めっき工程に変更がない等、ウイスカ成長の観点でめっきの性質が同じであること

付録Ⅱ テーラリングガイド

JERG-0-064 の目次に対応するテーラリング可能項目とその内容を以下に示す。

表Ⅱ-1 JERG-0-064 目次対応テーラリング可能項目と内容

表Ⅱ-2 ウィスカ成長性試験の解説とテーラリングガイド表

表Ⅱ-1 JERG-0-064 目次対応 テーラリング可能項目と内容(1/2)

目次	テーラリング対象 の可能項目(○)	テーラリングできる内容
1. 総 則	—	-
1.1 目 的	—	-
1.2 適用範囲	—	-
1.2.1 鉛フリー部品	—	-
1.2.2 実装工法	—	-
2. 関連文書	タイトルのみ	-
2.1 適用文書	○	テーラリングする際に適用する文書、参考文書
2.2 参考文書	○	
3. 用語の定義	—	-
4. 一般要求事項	タイトルのみ	-
4.1 一 般	—	-
4.2 教育・訓練及び認定	—	-
4.3 設計条件	タイトルのみ	-
4.3.1 一 般	—	-
4.3.2 部品選定	○	ロットの定義(めっき工程)、過去データの利用可能、HSD 手法利用
4.4 工程の認定試験	—	-
4.5 製造条件	—	-
4.5.1 保管	○	部品メーカー推奨条件の利用可能、機器組立後のフライトモデル以外でのウィスカ成長の確認
4.6 品質保証	—	-
5. 宇宙機設計・製造・検査における詳細要求事項	—	-
5.1 設 計	タイトルのみ	-
5.1.1 部品選定	○	鉛フリー部品の母材、下地層、めっき組成を調査において部品メーカー取得データの利用可能
5.1.2 接続信頼性	—	-
5.1.3 実装設計	—	-

表Ⅱ-1 JERG-0-064 目次対応 テーラリング可能項目と内容(1/2)

目次	テーラリング対象 の可能項目(○)	テーラリングできる内容
5.2 製 造	タイトルのみ	-
5.2.1 一 般	—	-
5.2.2 前処理	—	-
5.2.3 リワーク	—	-
5.2.4 コーティング	—	-
5.3 検 査	タイトルのみ	-
5.3.1 部品受入検査	—	-
5.3.2 実装後の検査	—	-
6. 試験方法及び項目	タイトルのみ	-
6.1 全 般	—	-
6.2 ウィスカ成長性またはコンフォー ーマルコーティングによるウィスカ 抑制試験	タイトルのみ	-
6.2.1 試験方法の策定	○	部品単体ウィスカ試験、実装品ウィスカ試 験、コンフォーマルコーティングによるウィス カ抑制試験、それぞれでの試験条件、試験 期間。過去データ利用、評価用ボード利用。 表Ⅱ-2(ウィスカ成長性試験の解説とテーラ リングガイド表)に整理。
6.2.2 適用基準	○	
6.2.3 進め方	○	
6.3 初期実装評価	—	-
6.4 接続信頼性の評価	タイトルのみ	-
6.4.1 接続寿命評価の適用基準	—	-

表Ⅱ-2 ウィスカ成長性試験の解説とテーラリングガイド表

試験項目	テーラリング内容			
<p>部品単体ウィスカ試験 (図 6-1 ③)</p>		<p>(目的) 部品単体のウィスカ成長性試験は、主に鉛フリー部品毎のウィスカ成長の限界を見極めるために実施する試験となる。 実装品(未コート)でのウィスカ成長性評価にてウィスカ成長が判定基準を超えてしまうリスクを下げるため、部品選定プロセスの段階で実施する試験である。 JERG-0-xxx 6.2.3 項のウィスカ長判定基準(最小導体間隔の 1/3 未満)に対して、適合しているかを確認する。</p> <p>【解説①】以下(①-1)～(①-4)はすべて満足する必要がある。 (①-1) ウィスカ成長性試験条件は、JERG-0-064 またはそれに準ずる公的規格に従うこと。 (①-2) ウィスカ成長性試験では、ウィスカ成長の飽和を確認した上で、最大ウィスカ長を把握すること。 (①-3) ウィスカ成長性試験は実施メカによらず、上記(1)と(2)が満足できるデータが取得できていること。 (①-4) ウィスカ成長性試験結果のデータは、実際に搭載される鉛フリー部品のめっきと同一性(めっき条件や工程プロセス等)が確認できることで有効とする。</p> <p>【実施の判断基準(参考)】 宇宙環境での運用が極めて短い機器において、未コートで使用する場合(コーティング実施不可の場合)、実装品ウィスカ試験において最小導体間隔の 1/3 以下を満たす必要がある。これを満たさない場合、実装設計からやり直す必要がある。この手戻りを防ぐため、部品メカより、部品メカ側で取得したウィスカ成長性試験データが得られない場合は、部品選定プロセスの範疇で部品単体ウィスカ試験を実施し、部品単体におけるウィスカ長さを把握し、これを実装設計に反映しておくことが望ましい。</p> <p>【テーラリングガイド①-a】 (①-4)について:実際に搭載される鉛フリー部品のめっきとの同一性が確認できる場合は、過去のウィスカ成長性試験結果のデータを適用することが提案できる。但し、めっきの同一性が確認できない場合は、通常通り、複数のサンプリング(JERG-0-064 6.2.1 項)による試験を行うこと。</p> <p>【テーラリングガイド①-b】 ウィスカ観察が問題なく可能である場合*は、実装後の状態で部品単体ウィスカ試験を行うことで、本試験を兼ねることを提案することが可能である。この場合、試験条件を部品単体ウィスカ試験と合わせた上で、ウィスカ成長の飽和と最大ウィスカ長が把握できること。 ※;実装後は、形状による視野の制限や、部品リード裏側等、ウィスカ観察ができない場合があることに留意すること。</p>		
<p>実装品ウィスカ試験 (図 6-1 ⑤)</p>	<p>宇宙環境での運用が極めて短い機器(打ち上げ用ロケット機器等)</p>	<p>(目的) 鉛フリー部品をプリント配線板上へ実装後に、リード形成などの実装状態の影響やはんだ付け(高温)による影響を確認する試験となる。 フライト品に近い状態でウィスカ試験を行うことでウィスカリスクの低減を確認する。</p> <p>【解説②】以下(②-1)を満足する必要がある。 (②-1) プリント配線板実装後のウィスカ成長性試験は、JERG-0-064 またはそれに準ずる公的規格に従い実施することを原則とする。 (②-2) プリント配線板実装以外にも、電線が鉛フリー部品に直接はんだ付される場合等も②の適用範囲となる。 (②-3) 試験に適用するプリント配線板は、フライト品と同じ鉛フリー部品を使用した上で実装工程が同じであれば、評価ボードを使用してもよい。</p> <p>【テーラリングガイド②】 (②-1)について:実際の保管や運用環境の条件を考慮した上で、ウィスカリスクの低減を確認するための適切な方法を提案しても良い。提案例を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="566 1024 2810 1142"> <tr> <td data-bbox="566 1024 2122 1142"> <p>【提案例(室温放置、高温高湿)】 保管におけるウィスカリスク低減確認の方法としては、鉛フリー部品・コンポーネント・システムそれぞれの保管環境を管理した上で、打ち上げ前の適切な時期にウィスカ観察及び電気的な機能性能試験等を計画し、実施することを提案しても良い。</p> </td> <td data-bbox="2122 1024 2810 1142"> <p>【提案例(温度サイクル)】 ロケット等の運用が短期の宇宙機では、地上での熱サイクル試験や、軌道上運用で加わる最大の熱サイクル数を考慮した上で、実施サイクル数を提案しても良い。</p> </td> </tr> </table>	<p>【提案例(室温放置、高温高湿)】 保管におけるウィスカリスク低減確認の方法としては、鉛フリー部品・コンポーネント・システムそれぞれの保管環境を管理した上で、打ち上げ前の適切な時期にウィスカ観察及び電気的な機能性能試験等を計画し、実施することを提案しても良い。</p>	<p>【提案例(温度サイクル)】 ロケット等の運用が短期の宇宙機では、地上での熱サイクル試験や、軌道上運用で加わる最大の熱サイクル数を考慮した上で、実施サイクル数を提案しても良い。</p>
<p>【提案例(室温放置、高温高湿)】 保管におけるウィスカリスク低減確認の方法としては、鉛フリー部品・コンポーネント・システムそれぞれの保管環境を管理した上で、打ち上げ前の適切な時期にウィスカ観察及び電気的な機能性能試験等を計画し、実施することを提案しても良い。</p>	<p>【提案例(温度サイクル)】 ロケット等の運用が短期の宇宙機では、地上での熱サイクル試験や、軌道上運用で加わる最大の熱サイクル数を考慮した上で、実施サイクル数を提案しても良い。</p>			
<p>コンフォーマルコーティングによるウィスカ抑制試験(大気下 / ii 実装品 + コーティング) (図 6-1 ⑥)</p>		<p>ウィスカ抑制対策のために、コンフォーマルコーティングを行う場合、その効果を確認するために実施する試験となる。 コーティング剤により、ウィスカの測長ができなくなるため、ウィスカ長ではなくコーティングを突き破るか否かで、判定する。</p> <p>【解説③】以下(③-1)～(③-4)はすべて満足する必要がある。 (③-1) 本項は、ウィスカ成長性試験ではなくコンフォーマルコーティングのウィスカ抑制効果を確認する試験となる。 (③-2) 試験条件は、ウィスカ成長性試験と同等であることを原則とする。 (③-3) コンフォーマルコーティングは工程を確立(最低コーティング厚の設定等)し、運用期間中の物性(ヤング率や硬度等)の劣化を把握した上で適用すること。 (③-4) 適用される鉛フリー部品の形状や実装設計毎に試験を行うこと。 (③-5) パラキシリレン系コーティングは、コーティング厚が均一で物性の劣化が少なくウィスカ抑制効果が高いことが確認されている。 (③-6) パラキシリレン系以外では、コーティング厚が薄くなるリード曲げ部やめっき角(端)部で、熱サイクルによる膨張収縮により更にコーティングが薄くなる場合に、突き破りが発生することが確認されており注意が必要である。 (③-7) 鉛フリー部品の端子等をポッティング剤等で覆う場合等も③の適用範囲となる。</p> <p>【テーラリング③】 (③-1)について:コーティングにより表面酸化や腐食を抑制できるため、製造・保管・打ち上げ等の工程において適切に温度環境・湿度環境が管理されている場合、高温高湿試験の省略を提案できる。 (③-2)について:試験条件は、保管や運用環境を考慮した必要十分な条件を提案しても良い。 (③-4)について:適用される鉛フリー部品の形状や実装設計が同じであることを条件に、過去の試験データを適用することが提案できる。 (③-4)について:適用される鉛フリー部品の形状や実装設計が同じであり、且つ、コーティング剤や工程が同じであることを条件に、評価ボードを使用しても良い。 この場合、試験に供する鉛フリー部品は、部品単体のウィスカ成長性試験でのデータがあり、できるだけウィスカ成長が長いものを適用すること。</p>		
<p>コンフォーマルコーティングによるウィスカ抑制試験(真空下 / i 部品単体 又は ii 実装品 + コーティング) (図 6-2 ⑧)</p>	<p>長期間宇宙空間で運用する機器(人工衛星機器、探査衛星機器等)</p>	<p>(目的) 宇宙環境下(真空環境下)におけるコーティング材のウィスカ抑制効果及びコーティングの耐性を確認するために実施する試験となる。 コーティング剤により、ウィスカの測長ができなくなるため、ウィスカ長ではなくコーティングを突き破るか否かで、判定する。</p> <p>【解説④】以下(④-1)～(④-4)を満足する必要がある。 (④-1) 本項は、ウィスカ成長性試験ではなくコンフォーマルコーティングのウィスカ抑制効果及びコーティングの耐性を確認する試験となる。 (④-2) 試験条件は、JERG-0-064 6.2.2 項(2) またはそれに準ずる公的規格に従うこと。但し、実環境に対して過剰な条件の試験を行うとコーティング剤の種類によってはウィスカの抑制効果に影響与えることがあるので、十分考慮すること。 (④-3) コンフォーマルコーティングは工程を確立(最低コーティング厚の設定等)し、運用期間中の物性(ヤング率や硬度等)の劣化を把握した上で適用すること。 (④-4) 適用される鉛フリー部品の形状や実装設計毎に試験を行うこと。 (④-5) パラキシリレン系コーティングは、コーティング厚が均一で物性の劣化が少なくウィスカ抑制効果が高いことが確認されている。 (④-6) パラキシリレン系以外では、コーティング厚が薄くなるリード曲げ部やめっき角(端)部で、熱サイクルによる膨張収縮により更にコーティングが薄くなる場合に、突き破りが発生することが確認されており注意が必要である。 (④-7) 鉛フリー部品の端子等をポッティング剤等で覆う場合等も本項の適用範囲となる。 (④-8) プリント配線板実装で真空環境下の試験が可能な場合は、必ずしも部品単体である必要はない。</p>		

			<p>【テラリング④】コーティングの実施を前提とする (④-2)について:試験条件は、運用環境を考慮した必要十分な条件を提案して良い。 (④-4)について:めっきの同一性が確認されることを条件に、過去の試験データを適用することが提案できる。なお、めっきの同一性については部品メーカー等に確認すること。 (④-4)について:めっきの同一性が確認されること、且つ、コーティング剤や工程が同じであることを条件に、評価ボードを使用しても良い。 この場合、試験に供する鉛フリー部品は、フライト相当品またはその同等品とする。</p>
<p>コンフォーマルコーティングによるウイスカ抑制試験 (大気下 / ii 実装品 + コーティング) (図 6-2 ⑨)</p>		<p>(目的) コーティング材のウイスカ抑制効果を確認するために実施する試験となる。 コーティング剤により、ウイスカの測長ができなくなるため、ウイスカ長ではなくコーティングを突き破るか否かで、判定する。</p>	<p>【解説⑤】以下(⑤-1)～(⑤-4)を満足する必要がある。 (⑤-1) 本項は、ウイスカ成長性試験ではなくコンフォーマルコーティングのウイスカ抑制効果を確認する試験となる。 (⑤-1)について:コーティングにより表面酸化や腐食を抑制できるため、製造・保管・打上げ等の工程において適切に温度環境・湿度環境が管理されている場合、高温高湿試験の省略を提案できる。 (⑤-2) 試験条件は、JERG-0-064 6.2.2 項(2) またはそれに準ずる公的規格に従うこと。但し、実環境に対して過剰な条件の試験を行うとコーティング剤の種類によってはウイスカの抑制効果に影響与えることがあるので、十分考慮すること。 (⑤-3) コンフォーマルコーティングは工程を確立(最低コーティング厚の設定等)し、運用期間中の物性(ヤング率や硬度等)の劣化を把握した上で適用すること。 (⑤-4) 適用される鉛フリー部品の形状や実装設計毎に試験を行うこと。 (⑤-5) パラキシリレン系コーティングは、コーティング厚が均一で物性の劣化が少なくウイスカ抑制効果が高いことが確認されている。 (⑤-6) パラキシリレン系以外では、コーティング厚が薄くなるリード曲げ部やめっき角(端)部で、熱サイクルによる膨張収縮により更にコーティングが薄くなる場合に、突き破りが発生することが確認されており注意が必要である。 (⑤-7) 鉛フリー部品の端子等をポッティング剤等で覆う場合等も本項の適用範囲となる。 (⑤-8) 表 6-2 に示す宇宙環境での実績データに基づく試験の省略の条件に従い、省略することができる場合がある。</p> <p>【テラリング⑤】コーティングの実施を前提とする (⑤-2)について:試験条件は、保管や運用環境を考慮した必要十分な条件を提案して良い。 (⑤-4)について:めっきの同一性が確認されることを条件に、過去の試験データを適用することが提案できる。なお、めっきの同一性については部品メーカー等に確認すること。 (⑤-4)について:めっきの同一性が確認されること、且つ、コーティング剤や工程が同じであることを条件に、評価ボードを使用しても良い。 この場合、試験に供する鉛フリー部品は、フライト相当品またはその同等品とする。</p>

注;ウイスカに関わる試験要求に対してテラリングを実施する場合は、テラリング内容に加えてシステム全体としてのウイスカリスクへの対応を整理すること。