

随 想

省エネへの取組み支援

石川県商工労働部産業政策課 課長 齋藤 健



エネルギー価格の高騰が続く中、企業にとって省エネ・脱炭素への投資はコスト削減と競争力強化を同時に実現する重要な経営戦略となっています。

経済産業省の令和8年度当初予算案では、ペロブスカイト太陽電池、浮体式洋上風力等のサプライチェーン構築等、次世代革新炉の研究開発等、鉄・化学製造業の製造プロセス転換など、エネルギーやGX分野に関しての支援も継続して支援が予定されています。

石川県では、平成22年度に創設した「いしかわ次世代産業創造ファンド」を通じて、県内企業のエネルギー分野における研究開発を支援してきました。その後、社会経済情勢の変化や脱炭素化の潮流を踏まえ、令和5年度には本ファンドを「成長戦略ファンド」として再構築し、GX（グリーントランスフォーメーション）に資する製品・サービスの開発を重点的に後押しする仕組みにリニューアルしています。

また、本年2月には新たに事業者の省エネ化・脱炭素化を支援する補助制度が始まっています。この制度は、エネルギ

ー価格高騰対策の一環として位置づけられ、太陽光発電、蓄電池、高効率設備の導入など、省エネ・再エネ設備の導入に対し、最大800万円の補助をするもので、企業の省エネ投資を後押しする内容となっています。

その他、県と石川県産業創出支援機構（ISICO）は、平成23年度に東京大学先端科学技術研究センター（以下、東大先端研）と全国の地方自治体として初めて連携協定を締結し、これまで再生可能エネルギーやGXに関するセミナーの開催や最先端の研究内容の紹介、県内企業が東大先端研を訪問し、研究者から技術シーズを直接説明して頂くラボツアーの開催に加え、県内企業と東大先端研の共同研究のさらなる進展を図るため、研究課題を抱える企業と同大学の研究者とのマッチングを行い、県内企業が東大先端研と連携して取り組む共同研究を支援しております。

省エネ投資は単なるコスト削減に留まらず、企業価値の向上、サプライチェーンからの評価向上、そして持続可能な経営基盤の構築につながります。石川県としても、こうした企業の前向きな取組を力強く支援し、県内産業全体の競争力向上に取り組んでまいります。

2025年度 エネルギー管理優良事業者等・功績者決まる

2025年度のエネルギー管理優良事業者等およびエネルギー管理功績者が決定し、中部経済産業局長表彰をはじめとする各表彰が省エネルギー月間（2026年2月）に行われました。

■表彰式日程■

表彰区分	月日	会場
中部経済産業局長表彰 石川県知事表彰 日本電気協会北陸支部会長表彰 (富山・石川・福井)	2月9日(月)	富山電気ビルディング(富山市)



エネルギー管理優良事業者等

【中部経済産業局長表彰】

ハウメット・ジャパン株式会社

代表者 代表取締役 ダヴィッド・ランベール

所在地 石川県能美市



- 排熱用ルーフファンのインバーター化、デシカント式除湿装置への排熱回収装置の導入
- 高天井照明のLED化、屋根裏折半部分に不燃ウレタン断熱材の追加吹き付け

【石川県知事表彰】

株式会社ダイトクコーポレーション

代表者 代表取締役 小畠 寛祐

所在地 石川県金沢市



- 空気圧縮機の台数集約、インバーター式へ更新
- 輪転機の台数集約、高効率型へ更新
- 機械装置および環境設備の省電力化機器へ更新

【一般社団法人 日本電気協会北陸支部会長表彰】

バイロン株式会社 大沢野工場

代表者 代表取締役 高田 浩

所在地 富山県富山市



- ボイラーの台数集約、高効率型へ更新
- 製造エリアの照明（蛍光灯、旧LED）を省エネ一体型LEDへ更新

日機装株式会社 金沢製作所

代表者 製作所長 中田 典子

所在地 石川県金沢市



- A重油炉筒煙管ボイラーからLNG 焼き貫流ボイラーへ更新
- 空調機風量調整をダンパー調整からインバータ制御へ変更、循環ファンインバータ周波数変更

第一稀元素化学工業株式会社 福井事業所

代表者 生産本部 福井事業所所長 丸本 直志

所在地 福井県福井市



- 焼成炉の温度管理と生產品種の投入タイミングの変更
- スチームトラップの設置場所一覧の作成、故障診断の定期化により、ボイラーの高効率運用

エネルギー管理功績者

【中部経済産業局長表彰】



常 本 達 氏

勤務先 三光合成株式会社 富山工場（富山県）

【一般財団法人 日本電気協会 北陸支部会長表彰】



沖 野 武 志 氏

勤務先 カジレーネ株式会社（石川県）



研究紹介

ボトムターミネーション部品はんだ接合部の長寿命化設計について

富山県産業技術研究開発センター 機械電子研究所
機械情報システム課 釣谷 浩之

1. はじめに

電子基板の実装は、年々高密度化が進んでおり、近年では、ボトムターミネーション部品（以下BTC）と呼ばれる接合時にはんだフィレットが形成されない半導体パッケージ部品の普及が急速に進んでいる。このためBTCのはんだ接合部の信頼性を担保することが急務となっている。はんだ接合部の信頼性評価の手法としては、コンピュータシミュレーションによる解析が広く行われており、はんだ接合部にフィレットが形成される抵抗やコンデンサなどのチップ部品、BGA (Ball Grid Array) といったはんだ接合部については、多くの解析例が示されている^{1,2)}。しかしながら、BTCについては、ほとんど前例が見当たらないのが現状である。今回、BTCを実装した製品の信頼性を大きく向上させるために、厚銅箔多層基板にBTCを実装した解析モデルを構築し、はんだの熱疲労き裂進展解析によって、はんだ接合部の寿命に影響する因子を明らかにし、はんだの寿命を延ばす条件を明らかにした例³⁾について紹介する。

2. はんだ接合部の熱疲労破壊と熱サイクル試験について

一般的に電子機器は、電源が入って使用している間は発熱して温度が上がり、電源を落とせば室温に向かって温度が下がっていく。このため電子基板やはんだ接合された電子部品も温度上昇と降下を繰り返すことになる。温度が上昇した場合には、電子基板も電子部品も膨張し、温度が下がれば収縮する。多くの場合、電子部品と電子基板は線膨張係数が異なり、この膨張係数の違いによって、温度が上昇降下を繰り返す度に、はんだ接合部には力が加わったり抜けたりが繰り返されることになる。このことが、はんだ接合部に疲労破壊をもたらすことになる。熱疲労破壊に対してどの程度の耐性があるかは、対象に加熱、冷却を繰り返す熱サイクル試験を実施して、どの程度のサイクル数で破壊するかで評価することが広く行われている。本研究では、一般的に広く用いられている低温側 -40℃ 高温側 125℃ それぞれの保持時間30min という加速試験条件で熱サイクル試験を行うものとして寿命評価を行った。

3. 寿命に影響する因子の特定

寿命に影響する因子を特定するために、FEMモデルを作成し解析を行った。モデルは、ほぼ正方形のBTCが厚銅箔多層基板に各辺5か所、4辺ではんだ接合されたものを想定している。解析には、1/4対称モデルを用い、部品内部は、はんだの疲労寿命に影響を及ぼさない範囲でボンディングワイヤー等を省略した。図1にモデルの一例を示す。図2にBTC内部モデルを示す。解析用のソフトウェアとしてはFemtet及びADVENTUREClusterを用いた。

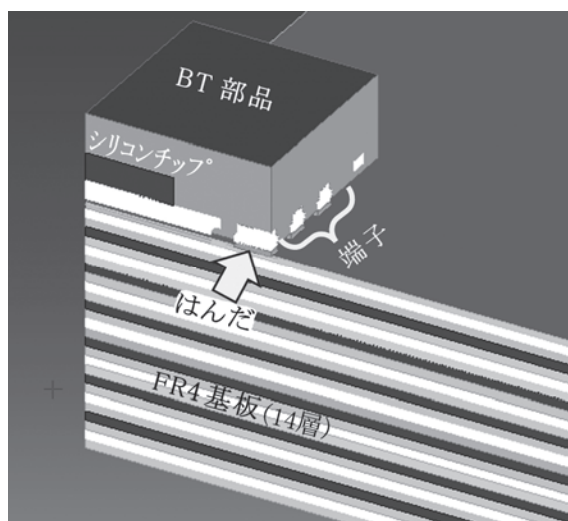


図1 解析モデルの一例

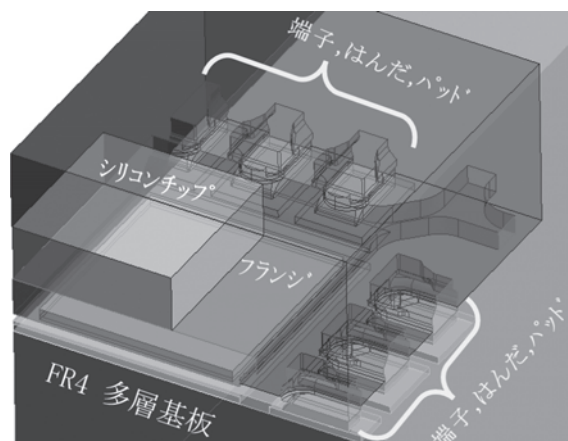


図2 BTC内部モデル

寿命に影響を及ぼす因子を検討し、因子として10個の要素を抽出した。表1に、抽出した因子を示す。各因子にX1～X10のラベルを対応させ、以下、因子をラベルで記載する場合は、この対応に従うものとする。影響の大きい因子を絞り込むためにPlackett-Burman計画により12通りの組み合わせでFEM解析を実施した。FEM解析の結果から標準偏回帰係数を求めパレート図で整理したものを図3に示す。標準偏回帰係数が大きいほど寄与率が高いことを示している。統計上有意なのは、上位の3因子X7、X1、X8であった。この3因子に加え、製造工程で制御可能な、X2（はんだ厚み）を因子として採択した。

一般的に、このような表面実装部品のはんだ接合部には、せん断応力が加わると考えられているため、はんだ厚み（X2）の影響が大きいと予想していたが、今回は、はんだ面積（X1）の影響が大きかった。これは、BTCの熱による変形（反り）により、はんだ接合部に引張り応力が加わり、これが支配的になったためと考えられる。

次に、寿命分布を求めるために、Box-Behnken計画を用いて、採択した4因子（X1、X2、X7、X8）、3水準で25通りの組み合わせでFEM解析を行った。寿命の定義は、き裂進展面積がはんだ接合面積に対して80%に達した時点と

した。得られた結果から寿命式を求め、各因子が水準範囲内で正規分布に従うと想定して1万回のモンテカルロ法により、接合面積が標準（メーカー推奨）の場合の寿命分布を求めた。図4に求めた寿命分布を示す。分布の下限値は640サイクルとなった。

4. 長寿命化設計について

前章で採用した4因子（X1、X2、X7、X8）のうち設計で制御が可能なはんだ面積（X1）とはんだ厚み（X2）を制御することで寿命を向上できないかを検討した。図5は、はんだ面積（X1）とはんだ厚み（X2）に対する寿命の応答曲面を示す。図からはんだ面積（X1）が小さく、はんだ厚み（X2）が大きい箇所では寿命が長くなるのが見て取れる。しかしながら、はんだ面積（X1）が小さい場合は、はんだ厚み（X2）のわずかな変化で寿命が大きく変化しておりロバスト性が低いことがわかる。一方で、はんだ面積（X1）が大きい場合は、はんだ厚み（X2）にかかわらず安定して寿命が長くなっておりロバスト性が高いことが見て取れる。このため設計範囲として図中の黒い太枠で囲んだ部分を選択することで安定して長寿命化が実現できると考え

表1 寿命に影響する因子

種 別	因 子
設 計 因 子	X1 ランド側はんだ面積
	X2 はんだ厚み
製 造 因 子	X3 BTC外形寸法
	X4 基板厚み（プリプレグ）
線膨張係数	X5 基板（プリプレグ）
	X6 はんだ
	X7 銅箔
	X8 パッケージ樹脂
ヤング率	X9 基板（プリプレグ）
	X10 パッケージ樹脂

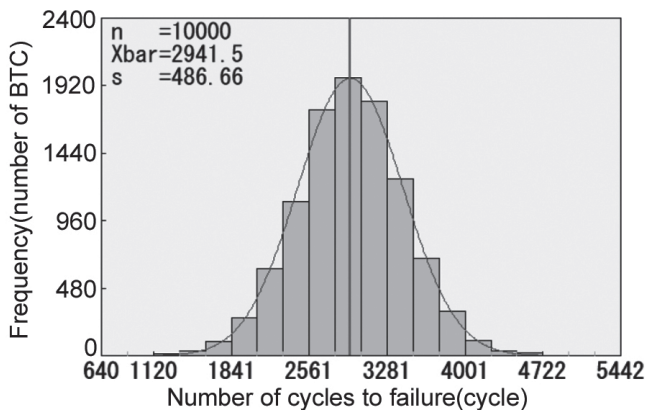


図4 標準的な設計値による寿命分布

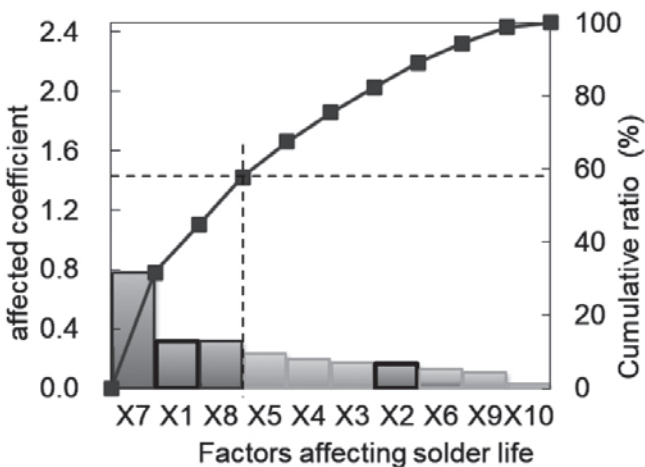


図3 パレート図

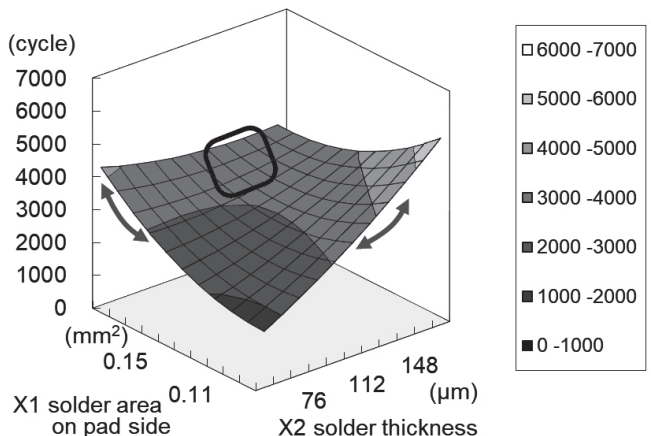


図5 X1、X2による寿命応答曲面

られる。黒い太枠で囲んだ部分の試作可能な任意の点で、はんだ面積 (X1) のばらつきを±10%、はんだ厚み (X2) のばらつきを±20%、X7、X8を正規分布とし想定して寿命分布を求めた。図6は、求めた寿命分布を示す。図から分布の下限値は、1573サイクルであり、前章で検討したメーカー推奨の標準値の場合の640サイクルと比較して約2.5倍と大幅に寿命が長くなることが確認できた。

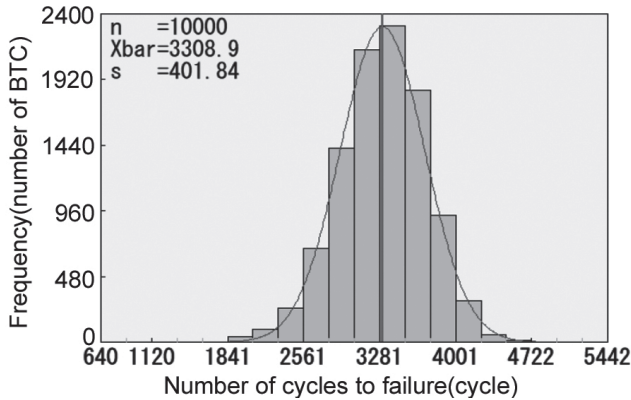


図6 長寿命化設計後の寿命分布

5. おわりに

今回、BTCを実装した製品の信頼性を大きく向上させるために、厚銅箔多層基板にBTCを実装した解析モデルを構築し、熱疲労き裂進展解析によって、はんだ接合部の寿命に影響する因子を明らかにし、はんだの寿命を延ばす条件の特定を試みた。その結果、はんだ接合面積が寿命に大きく影響することが明らかとなった、これは、熱による部品の反りの影響で、はんだ接合部に通常考えられるようなせん断応力ではなく、引張り応力が加わるためと考えられる。また解析結果から寿命式を求め、これを用いてより長寿命化が期待できるはんだ厚みと接合面積で寿命分布を求めたところ、その下限値は、標準的な設計値の場合と比較して約2.5倍と大幅に寿命を延ばすことが可能であることが明らかとなった。

6. 参考文献

- 1) 高橋 浩之ほか：エレクトロニクス実装学会誌, 7,4(2004), pp. 308-313.
- 2) 于 強ほか：第20回エレクトロニクス実装学会講演大会論文集, (2006), pp. 83-85.
- 3) 岡本 佳之ほか：第34回マイクロエレクトロニクスシンポジウム論文集, (2024), pp. 147-150.

お知らせ

2026年度 エネルギー管理優良事業者等・功績者を募集(予定)

北陸電気使用合理化委員会では、エネルギー使用合理化の成果が特に顕著な事業者等や個人の表彰を行っており、2026年度の受賞者を次のとおり募集する予定です。

【候補の対象】

●エネルギー管理優良事業者等

- ・電気使用の高度化ならびに合理化等を図り、エネルギー使用合理化の成果が特に顕著な事業者および工場・事業場

●エネルギー管理功績者（個人）

- ・電気使用の高度化ならびに合理化等の研究もしくは実施を積極的に推進し、またその普及指導に努めた方で、エネルギー使用合理化の功績が特に顕著な方

【表彰の種類】

- 中部経済産業局長表彰
- 各県（富山、石川、福井）知事表彰
- 一般社団法人 日本電気協会北陸支部会長表彰

【公募期間】

- 2026年9月末まで

【必要書類】

- 優良事業者等表彰／表彰申込書
- 功績者表彰／表彰候補推薦書および推薦調書

【応募先】

北陸電気使用合理化委員会（北陸電力㈱ 営業本部 エネルギー営業部内） TEL：076-441-2511

富山県電気使用合理化委員会（北陸電力㈱ 富山支店 営業部営業担当内） TEL：076-433-2398

石川県電気使用合理化委員会（北陸電力㈱ 石川支店 営業部営業担当内） TEL：076-233-8881

福井県電気使用合理化委員会（北陸電力㈱ 福井支店 営業部営業担当内） TEL：0776-29-6982

（応募様式等については、各県電気使用合理化委員会にお問い合わせください）

2026年度表彰運営日程（予定）

- 工場・事業場 現地調査 10月中
- 表彰審査 11月中
- 受賞者へ通知 1月中
- 表彰式 2月中

（各表彰は、2月の省エネルギー月間に行われる予定です。）