

電池電極向けオンライン重量管理  
 -資格・管理区域不要の放射線厚さ計システム-

ナノグレイ株式会社  
 宮下 拓

1. はじめに

現在、リチウムイオン電池や燃料電池の需要が高まっており、電極板の製造ラインにおいて、品質向上のためにオンラインでの重量管理が重要になってきている。

従来、電極板の重量管理は、電極板を一定の大きさに打ち抜き、天秤で重量を測定していた。しかし、この方法では電極板が破壊されてしまうし、測定に工数がかかるという問題があった。1950年代になると我が国でもβ線厚さ計が開発され、電極板の重量管理にも用いられるようになった。これにより、非破壊かつオンラインで重量管理が可能になった。

ただ、β線厚さ計はアイソトープを使用することから、許可が必要な上に日常の放射線管理業務が煩雑であり、何とかならないかとの声があちこちで聞かれていた。その解決策として、X線厚さ計や非接触レーザー厚さ計などが一部で利用されているが、β線厚さ計から置き換わるという動きにはなっていない。

弊社は、新しい表示付認証機器のβ線厚さ計および高感度X線厚さ計からなる新システムによって、従来のβ線厚さ計を置き換える重量管理法を提案する。

2. X線厚さ計

β線厚さ計に代わり得る方式として、X線厚さ計がある。X線厚さ計は、X線管から発生するX線を利用して厚みを測定するもので、β線源やγ線源などのアイソトープを使用しないので、法令上の取扱いは格段に楽になる。

そのため、鋼板厚み測定の分野では、γ線厚さ計の多くがX線厚さ計に切り替わり、プラスチックフィルム分野でも、β線厚さ計のほとんどがX線厚さ計に切り替わった。しかし、電池電極板の用途でのX線厚さ計の使用は多くない。(図1)

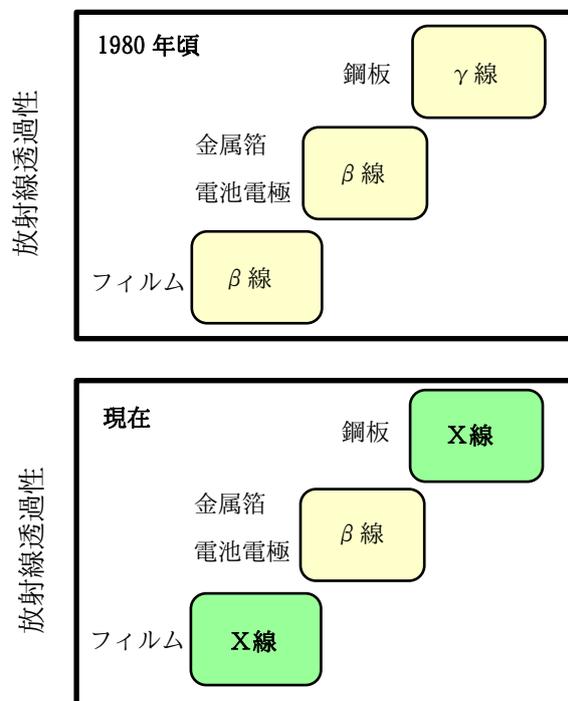


図1. X線厚さ計の利用拡大  
 (1980年頃(上)と現在(下))

### 3. X線厚さ計の問題点

では、なぜ電池電極分野でX線厚さ計の利用が広がらないのか？ それは、依然管理区域が必要であることと、負極の測定に使えない（元素依存性）からである。

鋼板用のX線厚さ計は高出力で管理区域が必要であり、プラスチックフィルム用のX線厚さ計は、低出力のため管理区域の設定が不要なのが一般的である。電極板の測定にはプラスチックフィルム用と鋼板用の中間のX線出力が必要になるが、そうするとX線の漏洩線量が増えて、管理区域の設定が必要になるのである。

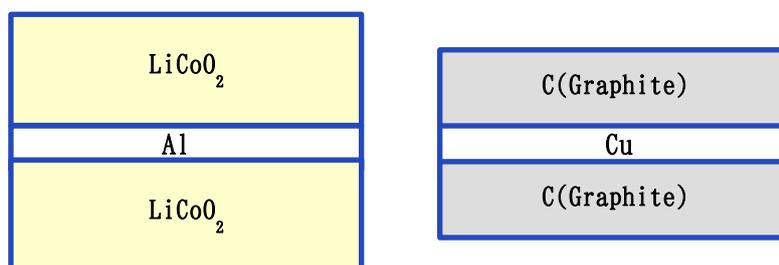


図2. リチウムイオン電池の電極板の構造

次に、元素依存性の問題であるが、図2は、リチウムイオン電池の電極板の構造を示している。正極はAl箔にコバルト酸リチウム(LiCoO<sub>2</sub>)などの活物質を塗布するのが一般的であり、負極はCu箔にグラファイト(C)を塗布するのが一般的である。

X線の減衰の元素依存性は図3のようになっている。即ち、一般的に元素番号が高いものほど減衰が大きくなるという傾向がある。即ち、Cuに対してCの減衰は極めて小さく、Cu箔に塗られたグラファイト(C)を精度よく測定するのは難しい。

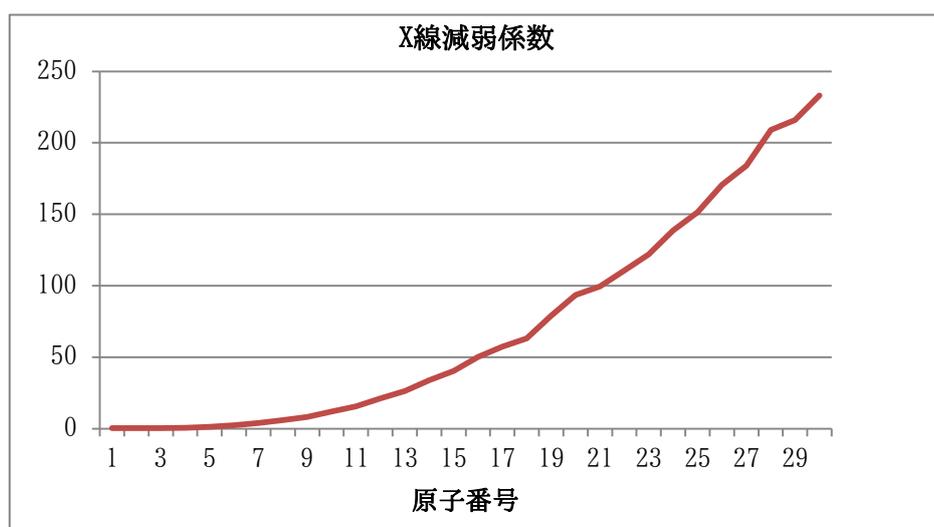


図3. X線減衰の元素依存性(10keVにおける $\mu/\rho$ )

#### 4. その他の方法

その他の方法として非接触レーザー厚さ計がある。非接触レーザー厚さ計は、レーザー距離計を利用した計測法である。被測定物の搬送による上下動を回避するため、バックアップロールに電極板を抱かせて電極板表面との距離を測ることで、厚さを測るのが一般的である。従って、原理的に重量管理は出来ない、また、バックアップロールに抱かれている裏面の凹凸は無視してしまう。さらに、非接触という名称ながらバックアップロールに抱かせるため、ロールに接触している。など問題点が多い。

#### 5. ナノグレイの高感度X線厚さ計

弊社では、検出系の感度を上げることで、微弱なX線出力でも測定可能なX線厚さ計（以降「高感度X線厚さ計」と呼ぶ）を開発した。従来は、電極板を測定するには、管理区域が必要であったが、弊社の高感度X線厚さ計を使用することで電極板を管理区域の設定なしに測定することが可能になった。さらに、上記の元素依存性の説明でも判るように、Al箔基材に対して活物質であるコバルト酸リチウム(LiCoO<sub>2</sub>)の減衰が大きいため、Al箔の厚みバラツキの影響を回避できる。

β線厚さ計を使用する場合は、塗布前の箔の厚み分布も測定し、塗布後に同じ位置で測定して、両者の差から塗布量を算出し、箔のバラツキの影響をなくす方法が一般的であるが、X線厚さ計では相対的にAl箔がほとんど見えなくなるので、Al箔の厚みを一定と仮定しても、精度の良い測定が可能となる。

つまり、正極板の重量管理には、従来のβ線厚さ計より、高感度X線厚さ計の方が優れた測定法と言える。

しかし、元素依存性に関しては、X線厚さ計の原理的な問題であり、解消することは困難である。

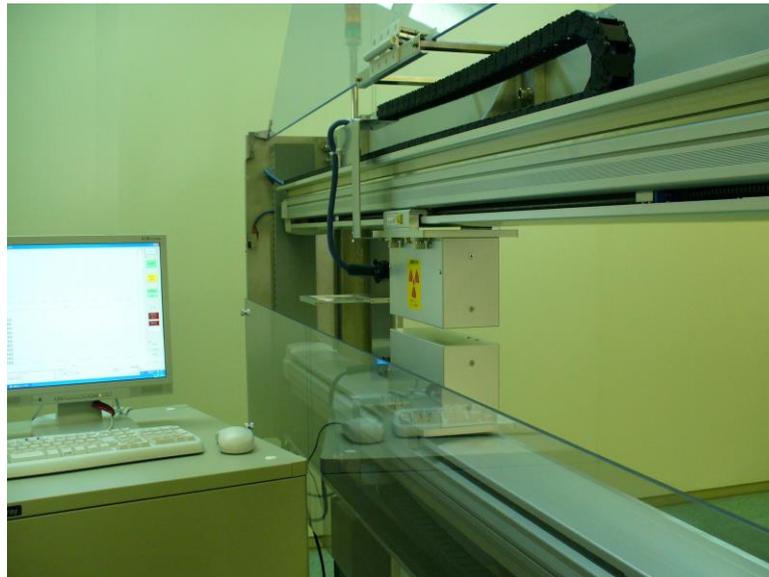


図4. X線厚さ計 SX-1100（高感度型）

## 6. ナノグレイの認証β線厚さ計

そこで、負極板の重量管理には、弊社では設計認証を受けたβ線厚さ計<sup>1)</sup>(以降「認証β線厚さ計」と呼ぶ)を推奨している。『設計認証機器』制度は2005年の放射線障害防止法の改正に伴って創設された制度で、その考え方は、「メーカー側でその放射性同位元素装備機器が主任者でなくても安全に取り扱えるような設計がなされていれば、ユーザー側では主任者の選任や管理区域の設定などが不要である」ということである。具体的には、「50cm離れた位置での漏洩線量が一般人の公衆被曝限度(1mSv/y)を上回らないように設計すること」をはじめとする要件が定められている。認証を受けた機器は「表示付認証機器」と呼ばれる。

弊社はこれまで、γ線レベル計や密度計について、業界に先駆けて設計認証を取得してきた<sup>2)</sup>が、2009年にβ線厚さ計についても、業界初となる認証取得に成功した。

弊社の認証β線厚さ計は、従来のβ線厚さ計と同程度の線源強度を有し、検出系も高感度であるので、従来のβ線厚さ計と比べても精度に遜色はない。ただ、使用している線源のエネルギーの関係で測定できる厚みに上限があるが、通常の負極板を測定する目的には問題なく使用することができる。



図5. β線厚さ計 SB-1100 (表示付認証機器)

## 7. まとめ

ナノグレイは、電池電極のオンライン重量管理方法として従来の  $\beta$  線厚さ計に代わり資格・管理区域不要の高感度X線厚さ計（正極用）／認証  $\beta$  線厚さ計（負極用）のシステムを提案・提供する。高感度X線厚さ計／認証  $\beta$  線厚さ計のシステムは、上記の特徴に加え、線源部・検出部が従来の  $\beta$  線厚さ計に比べ、コンパクトであり、正極は、箔の測定が不要という特徴がある。

## 参考文献

- 1) 宮下 拓：コンバーテック, **37** (11), 108-110 (2009).
- 2) 宮下 拓：計装, **52** (7), 62-65 (2009).