

随想

カーボンニュートラルを機会に

永谷哲洋*



1992年に入社して30年が経ちますが、研究開発に携わったのは大学在籍期間中だけです。大学院でのテーマは企業との共同研究で、ムライトの固体電解質としての溶鋼中の酸素センサーへの適用可能性を探るというもの。ランタンクロマイトを発熱体としてアルミナ管で炉体を製作し、酸素分圧を制御するガス経路も全て自作しました。さあ溶解実験の開始です。炉室にサマーベッドを準備し完全立ち合い体制で3泊4日程度の泊まり込み。溶解して酸素センサーでの測定、サンプル採取を繰り返します。その後は採取したサンプルをひたすらエメリソーで切断、更に番線カッターで小さく切断、これをペンチで細分化し酸で溶かして化学成分を定量化しました。酸素分析では完全に分析機と一体化し無心で分析を行っていました。とても辛く長い作業だった思い出です。2つ目のテーマは自分で決めることができました。何としても手間のかかる金属サンプルの化学分析が不必要なテーマを選択しようとした記憶があります。在学中に海外学会誌への初稿の投稿を済ませ、*Steel Research* (1992)と*Journal of Applied Electrochemistry* (1992)に掲載されたことが成果であったかと。2報目の研究は自らテーマアップしたのですが、社会的ニーズを感じてテーマを決めたわけではなく、ただただ修士論文からいち早く解放されることだけが唯一最大の目的・駆動力でありました。

入社してから行った日本鉄鋼協会の講演大会で、初めてLCA (Life Cycle Assessment) についての報告を聞きました。LCAとは、製品やサービスに関して原材料の採掘から廃棄・リサイクルに至る全ての過程での環境への影響を定量評価する手法。その結果に基づき、製品設計や製造プロセスの改善・原材料の選択・輸送手段の選択などを行い、ライフサイクル全体で環境負荷を低減させることを目的としています。その歴史は1969年の米国でのコカ・コーラ社の飲料容器に関する環境影響評価に始まったとされ、米国で様々なLCAが実施されたとの事。しばらく経過し1991年にSETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry: 環境毒性学及び環境化学に関する国際学会) とライデン大学(蘭)から、LCA実施手法とマニュアルが発表されました。1992年にも米国環境保護庁からLCA実施手法とマニュアルが発表され、1995年にはLCA日本フォーラム(旧通産省の指導のもと産官学250組織が参加)が発足。学会で初めて聴講したのはその頃で、製鉄・製鋼に関しては鉄鉱石の採掘から始まるサプライチェーンの中での評価について議論されていました。今となっては、カーボンニュートラル(CN)のベースとなる考え方が議論されていたと感じる次第です。

以降は寂しくなり、鉄鋼製造プロセスでは、高能率化・生産性向上・原単価改善を目指す技術開発が目立っていました。例えば、生産設備に関しては高炉装入物分布・高炉内可視化・電気炉酸素富化操業・高機能精錬装置などが挙げられ、材料開発に関しては、自動車産業向けには軽量化・小型化に貢献する高強度な材料、エネルギー資源開発や航空宇宙産業の発展に寄与する高耐熱・高耐食材料の開発が盛沢山でした。今から思うとそのほとんどが最終的には環境負荷軽減に貢献するテーマであると思うのですが、それを前面に出していなかったと思います。最近では、鉄鋼設備保全・生産最適操業に関わるDX化の他、CO₂削減に関わるCCUS・材料の水素脆化に関わるテーマが目立つようになりました。

*大同特殊鋼(株) 執行役員

入社から30年が経ち、今CN戦略が猛威を振り始めたのです。1997年に採択された京都議定書で先進国に温室効果ガス削減義務が課せられましたが、世界全体での気候変動対策の実質的効果には疑問が残りました。1990年に発行された国連IPCCでの第1次評価報告書（FAR）では、「温暖化が人間活動の影響だと断定できず、自然変動による可能性も残されている」という表現でしたが、1995年の第2次評価報告書（SAR）では「人類が気候に影響を与えていることを証拠のバランスが示唆している」、2007年の第4次評価報告書（AR4）になって「世界平均気温上昇のほとんどが人類起源のGHG（Greenhouse Gas）増加に因る可能性が非常に高い」と非常に強い表現となりました。これは観測・モデリング等の気候科学での学術見解の進歩によるものであり、当事者意識を持つきっかけとなりました。またIPCCでは、現在のまま温暖化が進むと2100年には産業革命以前に比べて4℃上昇すると予測しており、それを阻止するためにCNが必要不可欠だという共通認識に至ったと思います。もう一つの側面としては投資マネーの呼び込み・経済戦略の力学が強く作用しているかに思えます。2019年の欧州グリーンディール経済政策が大きく、また日本では2020年の菅総理の所信表明演説での「2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラル（CN）、脱炭素社会の実現を目指す」宣言で大きな波となりました。今となっては経済・新製品開発の全てがCNに繋がっているとさえ感じる次第です。

「欧州グリーンディール」での法案は自動車・関連産業への影響が大きく、2035年までにはICEだけでなく、HEVまでも販売禁止と解釈されるもの。電気自動車のエコは本当なのか？「LCA評価でCO₂の排出量は製造段階で同クラスのディーゼル自動車と比べ約2倍、その多くはレアメタルを利用するバッテリー製造時に発生するとされ、現時点では走行時の排出量まで含めると125,000 km以上の走行で同等となりますが、今後のバッテリー製造技術の発展、製造・使用時の電力構成の変化で電気自動車は更なるCO₂排出量の大幅な削減が期待される機会があるとされています」（Volkswagen Group News (2019)）。まさに材料技術発展の機会でもあると思います。ニューヨークなどの都心部で馬車での移動を前提とした「舗装道路」というインフラが整っていたから普及したと言われる乗用車、EVはどんなインフラがあったから普及したと将来のビジネススクールの先生が紐解くか楽しみな所でもあります。

表1に1億人以上の国（2020年）の一人当たりの鋼材使用量を示します。まだ100 kgに満たない人口大国が複数あります。地球の鉱物量は、採掘効率を含めて圧倒的に鉄が多い。リサイクルも考慮するとLCAの面でも優等生。他の材料では簡単には代替とされない材料です。鉄鋼消費量が今後増える地域に対してどう供するのか。鉄鋼備蓄量が多くてスクラップサプライチェーン、更にグリーン電力が成り立っているなら電気炉製鋼法がCNに対しては望ましい。でなければ、先ずは高熱効率の高炉・将来の最先端高炉に期待するところです。CNを機に新たな環境負荷の小さい製造プロセス・環境負荷軽減に貢献する素材・環境負荷が小さい素材を生み出さねばならないと思います。

当社知多工場から排出されるCO₂の約65%は電力起因、残りが燃料起因によるもの。エネルギー単位の改善、放熱・廃熱の低減、新設備開発・導入などを進めていくわけですが、電力の電源構成による影響はとても大きい。地下資源に乏しい日本がグリーンなエネルギー環境を整えておくことは産業の国内継続という意味でも重要度が増してきていると感じます。

「土地（地球）は、先祖からの授かりものでなく、子孫からの預かりものである」（インディアン・ナバホ族、フランス作家サン・テグジュペリ）。これはカーボンニュートラルを期にインターネットで知った言葉です。ただ何となくですが、カーボンニュートラルを期に知ったナバホ族の格言がともしっくりくる今日この頃であります。

* 1 United Nations 「World Population Prospects: The 2022 Revision」

* 2 worldsteel.org 「Steel Statistical Yearbook 2020」

表1. 一人当たりの見かけの鋼材使用量 [人口1億人以上]. *1, 2

	人口 (百万人)	kg / 人	
		2010年	2019年
China	1424	429	633
India	1390	53	75
United States	335	259	297
Indonesia	271	37	59
Pakistan	225	10	25
Brazil	213	136	99
Nigeria	206	9	8
Bangladesh	166	24	48
Russia	146	256	300
Mexico	126	156	193
Japan	126	495	498
Ethiopia	116	4	8
Philippines	111	43	93
Egypt	107	113	103

(October 5, 2022)