

JRECO 通信

No.24



一般財団法人 日本冷媒・環境保全機構

引き続き、一般財団法人 日本冷媒・環境保全機構 (JRECO) として、会員の皆様にご覧いただきたいこと等を『JRECO 通信』としてお届けします。

I. 「社会インフラ存亡への警鐘」について～代替フロ ン枯渇問題と冷凍空調機器の存続～

社会インフラとしての冷凍空調機器

夥しい数の冷凍空調機器が社会のために、建物の裏側で目立つことなく存在していることを存じでしょうか。おそらく、ほとんどの方は冷凍空調機器があることすら気付いていないでしょう。現在では冷凍空調は不可欠な重要な社会インフラになっています。空調機器として、事務所、公共施設、商業施設、駅、学校、病院などで暑さ寒さを遮り、我々に快適な空間を提供してくれていま

す。そして、冷凍機器は食品流通には欠かすことができません。さらに、食品工場、化学プラントなどの製造業にもなくてはならない存在です。すなわち現在の我々の衣・食・住の大切な社会インフラとなっています。

さらに、インターネットなどでの情報が爆発的に増大していることは自明のことで、それが年々増加しつづけます。例えば、スマートフォンの普及を見てもわかります、通勤電車ではほとんどの人がスマートフォンを操作しています。忘れてはならないのは、スマートフォンは全てサーバーに接続され熱負荷となっていることです。そして、熱負荷は空調機器によって冷却する必要があります。冷却のための電力はサーバー全体の電力の 30～45%程度となっています。



5G時代で、サーバーの消費電力量(熱負荷)はさらに増え、冷凍空調機器の必要性は増大

図1.社会インフラとしての業務用冷凍空調機器

市中ストックが実現した社会インフラ

業務用冷凍空調機器は他の工業製品と異なる点は、建物や設備の大きさや形状に合わせたオーダーメイド設置工事、20～30年の長寿命、さらに国内のストック数は2,000～3,000万台^{*}ということです。

この独特な工業製品である冷凍空調機器とその膨大な市中ストックが社会インフラを構築しています。社会インフラといっても、電気、水道、ガス、通信、鉄道などのように公営企業などが計画的に構築したものではありません。高度成長時代に数十年かけて個々の企業・組織が少しずつ冷凍空調機器を増やした結果、その数が膨らんではいよいよ実現した“自然発生的”ともいえる社会インフラではないでしょうか。すなわち、このインフラは計画的に作り出したものでもなく、統制的に管理はさ

れておらず、機器所有者の固有財産の集合体として成り立っています。

一方、新たな機器をメーカーが開発製造しても、機器の更新はインフラ全体に対して年に5%程度であり、市中ストックが全て刷新されるのに20～30年かかることになるでしょう。また、メーカーはこの数量を短期間に生産することもできません。もう一度、申し上げますと我々の衣・食・住を可能にしているのは、業務用冷凍空調機器と市中にあるストックであり、それが社会インフラとなっていることです。

誰も、この社会インフラを支えている冷凍空調機が将来使えなくなることなどは想像されないでしょう。しかし、このまま国民が何も気付かず、何も対策しないしていると不孝な未来がやって来るかもしれません。

「冷凍空調機器の市中ストックは日本の社会インフラ」、この現実を忘れてはならない！

◎建物総数（2016年ゼンリン住宅地図より）39,162,132棟

住宅系建物（総数33,095,752棟）の内訳

戸建て住宅数	29,587,038棟
マンション数	730,932棟
アパート数	1,343,122棟
団地建物数	112,072棟
寮建物数	56,912棟
住宅兼オフィス	132,744棟
事業所兼住宅	1,132,970棟

事業所系建物（総数6,066,342棟）

出典：ゼンリンマーケティングソリューションズ

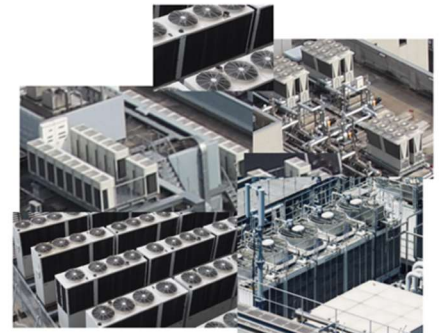
事業所系建物とは公共建物をはじめとする全事業所の建物、例えば、オフィスビル、商業ビル、店舗などをいう。約1,000業態の事業所、店舗など。



1. 自販機台数より類推するに、業務用空調機の数は10倍以上
2. 事業所系建物数、約6百万棟には平均4台とすると
3. 日本の冷凍空調機のストック台数は2～3,000万台と類推

240万台（一般社団法人 全国清涼飲料連合会より）

スーパー大型店	1,792
スーパー中型店	15,620
スーパー小型店	5,022
コンビニエンスストア	55,924
ドラッグストア	18,410
ファーマシー	2,622
リカーショップ	1,590
衣料品スーパー	6,665
ディスカунター	1,277
100ショップ	1,844
ホームセンター	4,541
百貨店	427
ペットショップ	227
商業施設	1,250
その他	2,087
飲食店	619,711
合計	739,009
データセンター (2015年)	110拠点 15TWh
オフィスビル	10,572棟 131,178万㎡



2～3,000万台と推定

図2. 業務用冷凍空調機器の台数の推定

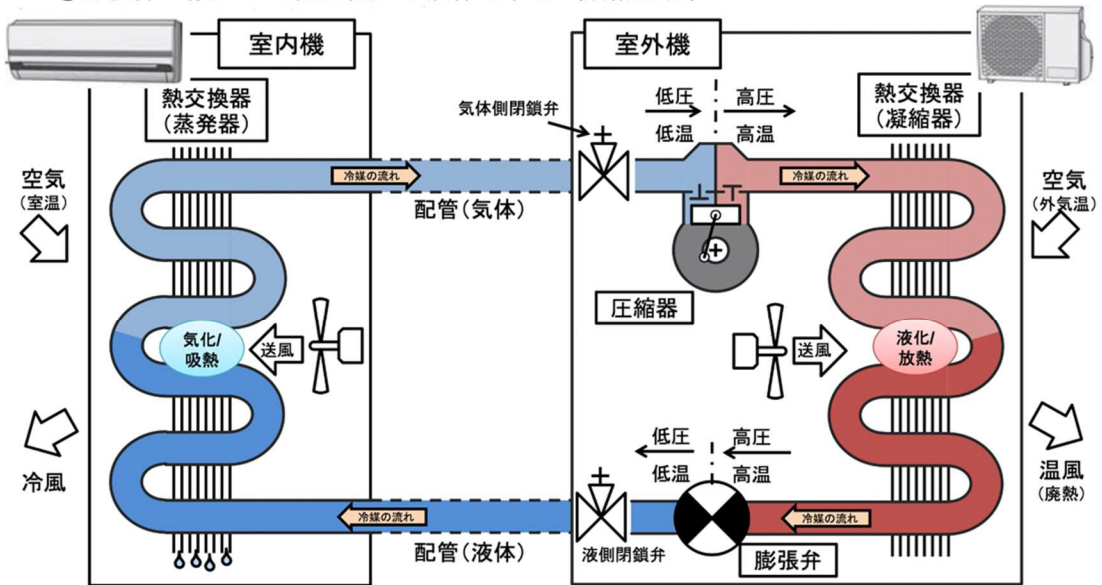
※年間の業務用機器の生産台数約120～150万台×20年（寿命）、事務所形建物6,066千件×4台：ゼンリンマーケティングソリューションズ2016年、清涼飲料自販機設置台数240万台の10倍以上：（一社）全国清涼飲料連合会、図11.1995年～2020年におけるHFC等の推計排出量（資料3-2）によると、2020年の市中稼働HFC機は18,950K台、市中稼働HCFC機比率を30%とすると全体合計では、27,000K台となります。

冷凍空調機器に欠かせない冷媒その枯渇の危機

冷媒とは **室内機と室外機の間で熱の運搬を行う物質**

不燃で毒性のないフロン類が使用され、液体・気体の状態かつ高圧（2MP～3MP）で室内・室外間を循環。
冷媒なしには、冷凍空調機器は動作せず！

- 冷房の場合：①室内機の蒸発器で液体冷媒を気化させて熱を奪い取る（吸熱）
②蒸発器で発生した低温低圧の気体冷媒を、圧縮機で高温高圧の気体とする（断熱圧縮）
③室外機の凝縮器で放熱して液化する（放熱）
④膨張弁で減圧して低温低圧の液体とする（断熱膨張）



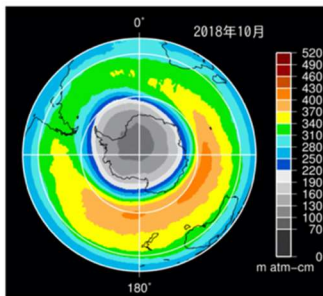
出典：経済産業省産構審フロン対策WG 平成26年2月24日

図3. 冷凍空調機器と冷媒

冷媒は冷凍空調機器には欠かすことができないもので、室外機と室内機の間でエネルギーを搬送し熱交換をする大切な役割を担っています。その冷媒は過去に幾度

となく環境問題から、生産規制という試練に立たされ、その度に製品開発を行い、冷媒を転換してきました。

オゾン層破壊対策



オゾンホール 出典：気象庁

オゾン層の破壊は塩素を含む冷媒 (CFC、HCFC) が対象

1987年モントリオール議定書 採択
1996年フロン (CFC) の全廃 (先進国)

官民をあげて、塩素を含まないHFC冷媒を使う機器に切り替え

HFCを究極の対策として「代替フロン」と呼称

地球温暖化対策



温室効果ガスにHFCが対象

1997年COP3 京都議定書採択
「代替フロン」HFCが温室効果ガスと指定

2019年HFCの段階的削減 (キガリ改正)

図4. 環境規制による冷媒

オゾン層を破壊することで 1996 年にモントリオール議定書による通称「フロン」と呼ばれ親しんでいた冷媒であるクロロフルオロカーボン (CFC) が全廃となり、ハイドロクロロフルオロカーボン (HCFC) へ転換しました。そして、HCFC から代替フロンであるハイドロフルオロカーボン (HFC) への転換となりました。冷媒が転換される度に、その冷媒に適した機器が開発され市中に供給されてきました。そして、現在の社会インフラを構成している機器に使用される冷媒はオゾン層を破壊しない、代替フロンと呼ばれる HFC が主流となっています。しかし、その究極の冷媒だと思われていた HFC も地球温暖化係数が高いことで、COP3 (1997 年) の京都議定書で温室効果ガスに指定されました。

そして、このインフラへの最大の危機的な出来事は 2019 年より国際条約による段階的生産削減 (キガリ改正) が義務づけられたことです。

キガリ改正による HFC の生産削減とは、日本を含む先進国では図 5 に示すように、基準年 (2011 年~2013 年の平均値) を基準として、2019 年には 10%削減から始まり、最終的には 2036 年以降は 85%まで生産を段階的に減らすことです。さらに、日本政府は図中の赤い点線を各 HFC メーカーへの生産の割り当て量としていますので、日本の HFC 総生産量はメーカーが年初に国と取り

決めた赤い点線以上になることはありません。

国の方針・・・グリーン冷媒・機器導入のシナリオ

図 6 に示すように、国は 2030 年には機器メーカーから出荷される平均 GWP (地球温暖化係数) を 450 程度とし、2036 年以降は GWP を 10 程度以下とする方針です。

具体的には、2036 年頃までに新規に出荷される機器の冷媒は HFO、自然冷媒を使用した GWP が 10 程度以下とし、市中稼働機器の補充冷媒 (修理用) HFC を可能な限り使用削減せよとされています。

現在、産官学で新しい冷媒への研究開発が行われていますが、かなりハードルが高いとも聞き及んでいます。

しかし、今後が開発される新しい冷媒は現在市中にある冷凍空調機器では使用できないことは確実です。今後の新冷媒にはそれ専用の機器が必要となります。そして、2036 年以降の新製品からは、ほぼ 100 年近く慣れ使い続けてきたフロン類からの決別となるでしょう。

フロン排出抑制法は 2015 年 4 月に、旧来のフロン回収・破壊法から改正され施行されました。主な改正点は、管理者 (機器の所有者法人含) に自己所有の機器管理を以下のように新たに義務づけたことです。改定の理由としては、冷凍空調機器からの使用時の冷媒の漏えいが多く、管理者に機器の管理と冷媒の漏えい対策に責任を

令和4年4月22日 経済産業省 製造産業局 化学物質管理課 オゾン層保護等推進室
フロン類等対策ワーキンググループ (資料1)

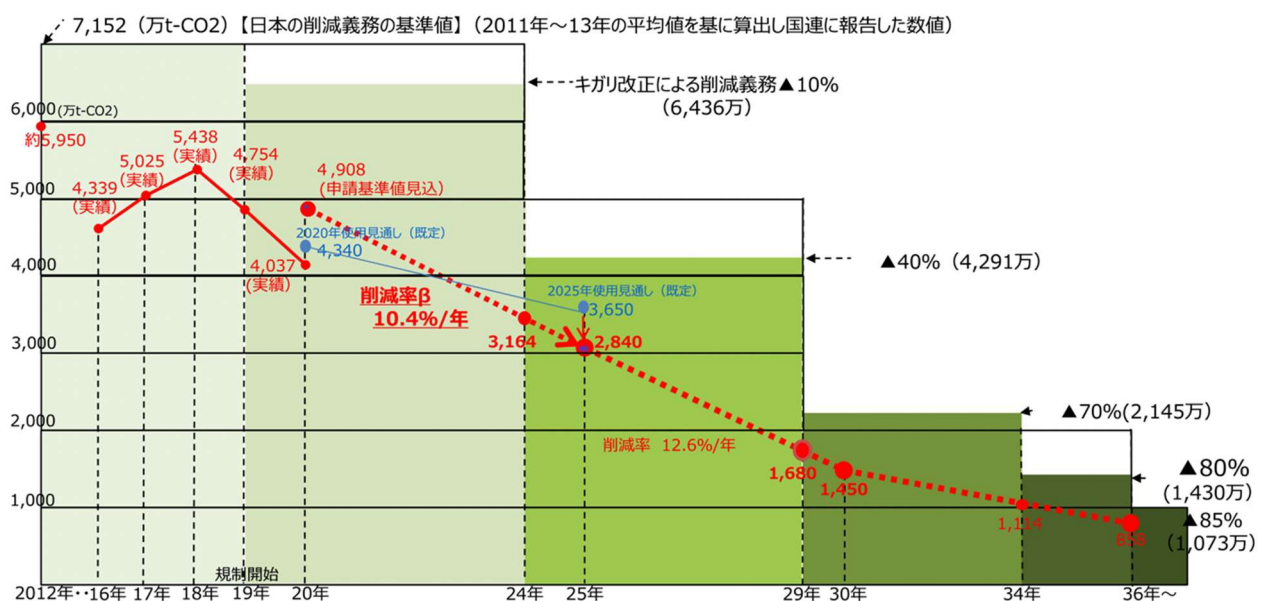
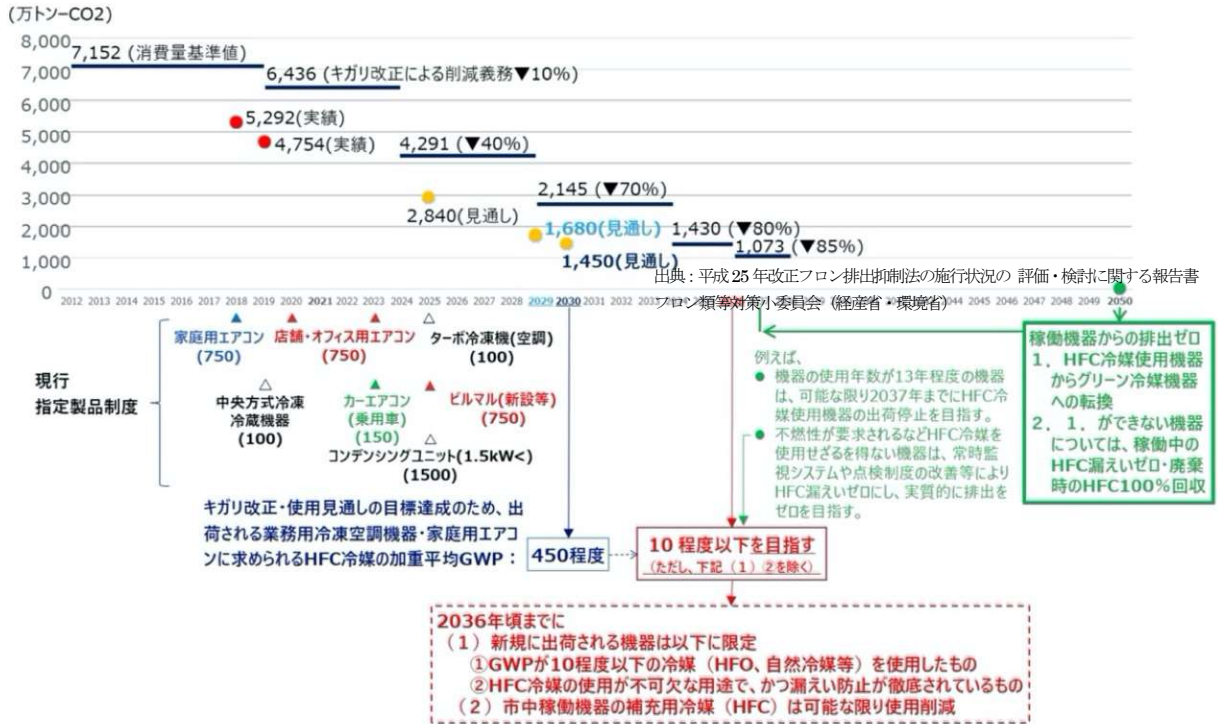
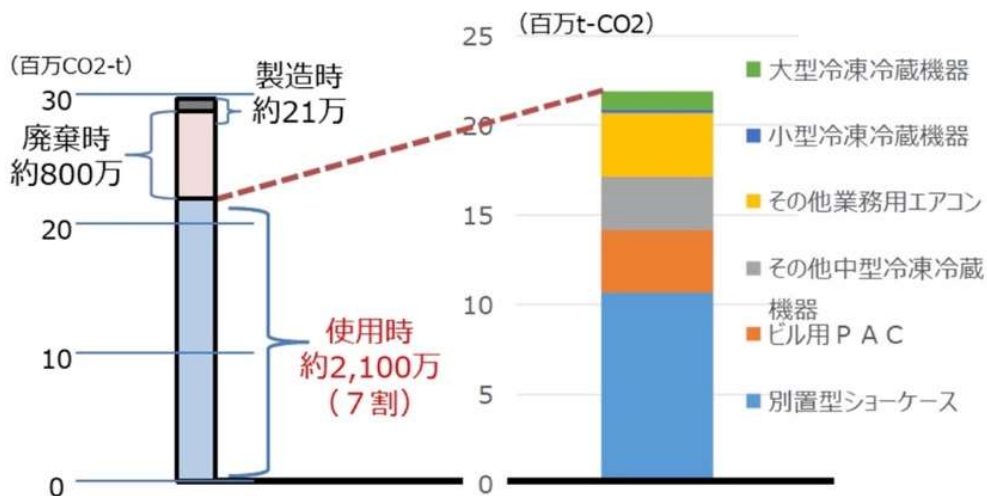


図5.キガリ改正と日本のHFC生産量



グリーン冷媒・機器の導入シナリオ

図6.グリーン冷媒・機器導入の方針



出典：第14回産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類対策WG（平成31年1月）
【資料3-2】1995年～2017年におけるHFC等の推計排出量より作成。

図7. 機器使用時の冷媒漏えい

持たせることでした。

1. 機器を適切に設置し、適正な使用環境を維持し、確保すること
2. 機器を点検すること
 - ・全ての機器は簡易点検（3ヶ月に1回以上）が必要

・圧縮機定格7.5kW以上の機器は専門家による定期点検が必要

3. 点検の結果を記録

・いつ、だれがどの機器を点検したか記録し、保存しておく

4. 算定漏えい量（フロンの漏えい量）の計算を行い、一定以上は国へ報告
5. 機器を廃棄する時は行程管理票が必要

さらに、2020年4月に改正され、主な改定内容は機器廃棄時の確実な冷媒回収を行うこと、それに違反したものは個人・公人を問わず直接罰が適用されました。

しかしながら、管理者（法人）への法律の徹底がなかなか進んでいないのが実情です。フロン等対策WG（平成31年1月）の資料によると、機器使用時のHFC排出量（漏えい量）は約2,100万t-CO₂と記されています。

図8は、冷媒と機器の生産を時系列に表しています。一番上の赤線はCFC機器の生産、点線はその機器の使用の期間を示しています。現在ではCFC冷媒の生産は禁止されていますが、機器を使用することは禁止されていませんので、今でも使い続けられています（点線の意味）。下部の赤い帯はCFC冷媒の生産を示しています。1996年の先進国でCFCが全廃された時点で星印を入れています。同様にHCFC、HFCの冷媒とそれぞれの機器の生産と生産の段階的削減を示しています。

CFCが全廃になった1996年にはすでに、HCFCが存在していましたので機器の生産とサービス（修理の為に補充）の取り合いはありませんでした。同じことはHCFCの生産が削減される中でも代替フロンであるHFCがすでに世の中に登場していましたので、生産と

サービスでの衝突は起こりませんでした。しかし、2019年より段階的に削減されるHFCでは、次世代冷媒が世の中に存在しない16年間、サービスと機器メーカーが生産に使用する冷媒の奪い合いとなることが予想され、この様なことはかつて経験がありません。

キガリ改正と機器メーカーの生産に伴うHFCの使用量の推定

キガリ改正での段階的なHFCの生産削減チャート（図5）に、機器メーカーが生産に使用する冷媒の使用量推定を重ね合わせたものが図9となります。生産で必要分の冷媒だけを考えると、国が設定している赤い点線の内側に入っていることとなります。しかし、市中にある2,000～3,000万台のサービス（修理で充填）に必要な冷媒量も考慮しなければなりません。その必要量は図7に記したように約2,100万t-CO₂となります。

キガリ改正と機器生産 vs. サービス用HFC冷媒

そこで、サービス用冷媒量（赤棒）を図9に重ね合わせたのが、図10となります。2024年以降、機器の生産とサービスに使う冷媒の奪い合いが起こる最悪の事態が予想されます。その最悪の事態とは、機器の修理が十分にできず、冷媒の価格が高騰することになることです。いずれにしても社会に必要なインフラの存在が危うくなります。

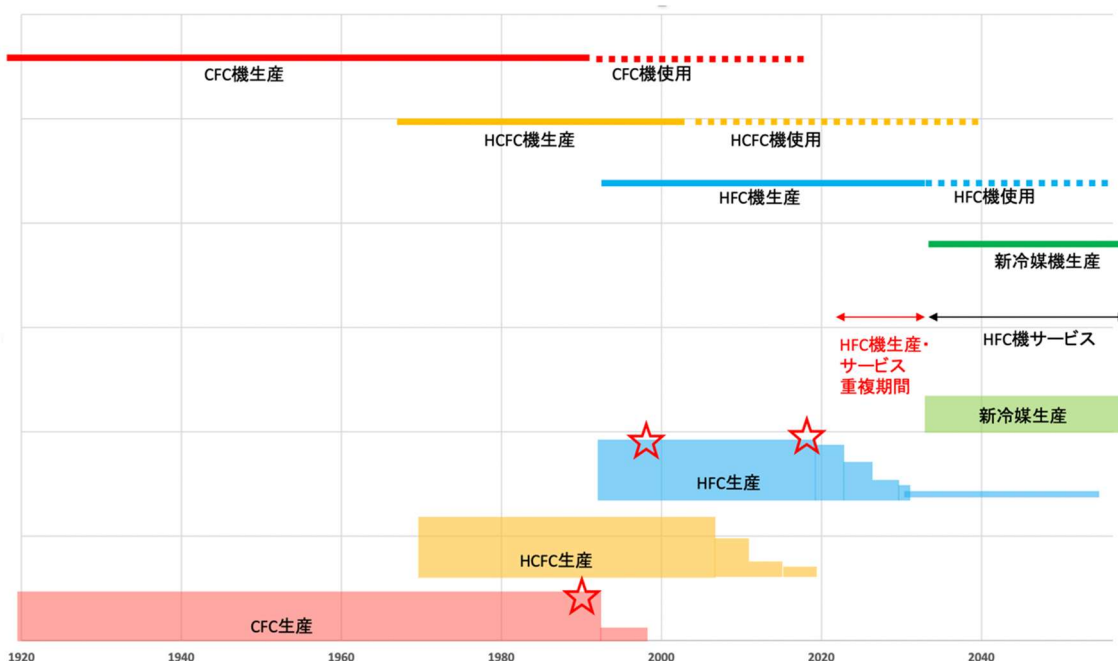


図8. 冷媒と機器の変遷

令和4年4月22日 経済産業省 製造産業局 化学物質管理課 オゾン層保護等推進室
フロン類等対策ワーキンググループ (資料1)
に冷媒使用量想定値の重ね合わせ

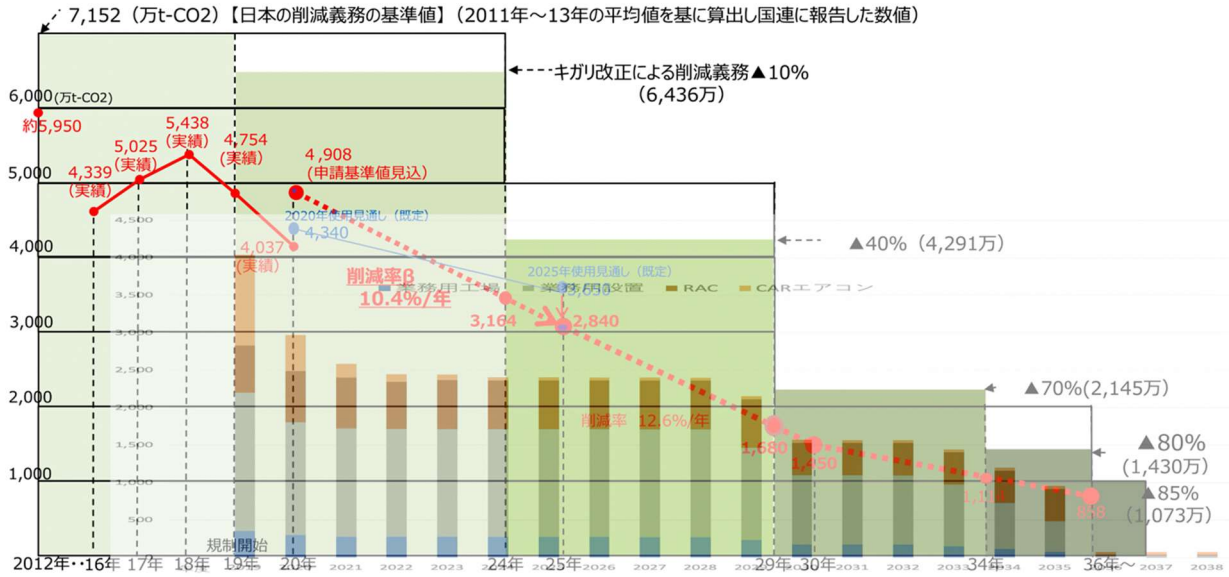


図9. キガリ改正と機器メーカーの冷媒使用

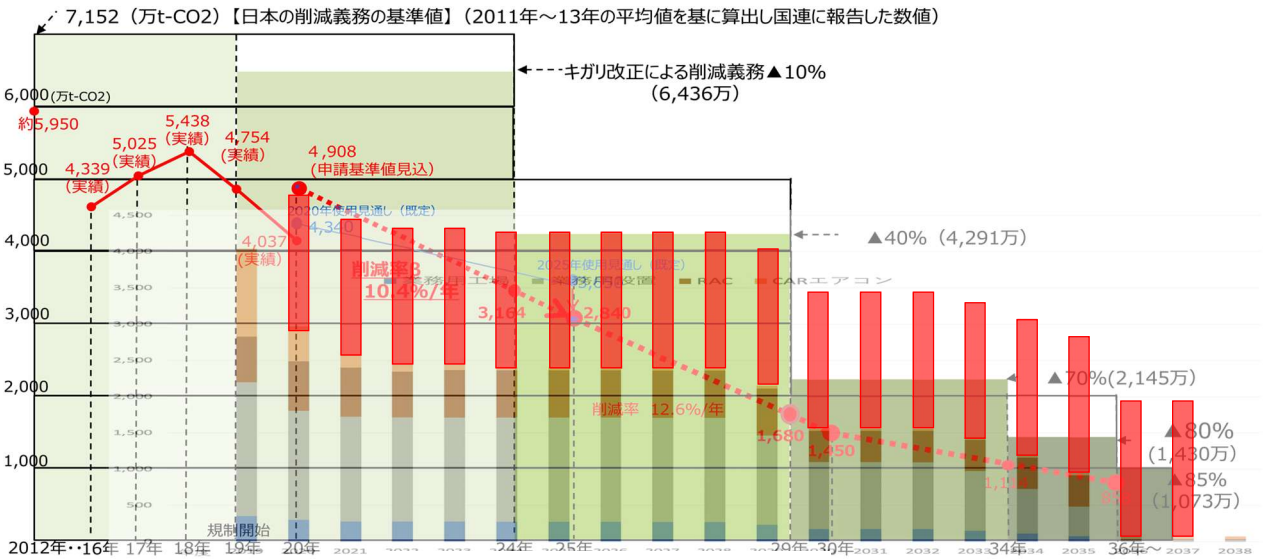


図10. キガリ改正と機器生産とサービス用冷媒

シミュレーション数値の背景

1. 使用時冷媒漏えい量 (図7: 使用時漏えい量 2,100 万トン)

第17回 産業構造審議会 製造産業分科会 化学物質政策小委員会 フロン類等対策ワーキンググループ
1995年~2020年におけるHFC等の推計排出量 (資料3-2)

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/seizo_sangyo/kagaku_busshitsu/flon_taisaku/pdf/017_03_02.pdf

	2017	2018	2019	2020
HFC機器生産台数 (K台)	1,350	1,355	1,400	1,167
工場生産平均冷媒充填量 (Kg/台)	3.33	3.48	3.63	3.69
工場生産時冷媒排出係数 (%)	0.20	0.20	0.20	0.20
HFC機器現場充填実施台数 (K台)	249	229	217	190
現場設置時平均冷媒充填量 (Kg/台)	18.39	18.82	18.80	18.47
現場設置時冷媒排出係数 (%)	2	2	2	2
HFC機器市中稼働台数 (K台)	17,571	18,183	18,738	18,950
機器稼働時平均冷媒充填量 (Kg/台)	7.07	7.12	7.17	7.19
機器稼働時冷媒排出係数 (%)	6	6	6	6
使用済HFC機器発生台数 (K台)	887	972	1,063	1,143
法律に基づく整備時HFC回収量 (t)	979	1,016	1,066	990
法律に基づく使用済HFC回収量 (t)	1,158	1,296	1,499	1,712
使用時漏えい量 (Kt-CO2)	21,063	21,922	22,709	22,998

図11. 2017年使用時冷媒漏えいの数値より算定

資料3-2では2017年の市中HFC機の稼働台数17,571K台などの数値記載はありますが、使用時の漏えい量の詳細な計算は示されていません。ただし、HFC機生産台数と現場設置平均充填量、機器稼働時平均充填量、それぞれの排出係数から2,100万トンが算出されたものと推料します。さらに、資料3-2では2020年度のHFC機の稼働台数は18,950K台とされています。実態としては、現在、市中稼働が30%程度あるHCFC(R22)機が今後老朽化しHFC機に置き換えられることを考慮すると、HFCの市場稼働台数は今後増えて、使用時漏えい量の年々増加すると推定されます。

2. メーカー生産に伴うHFCの使用量算出条件

年度	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	
業務用 冷凍空調 機器	平均GWP	700	700	700	700	700	700	700	700	600	450	450	450	400	300	200	10	10	10	
	出荷台数 (K台)	1,167	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	1,100	
	工場充填量	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
	出荷合計GWP万トン	302	277	278	277	276	275	274	273	272	232	173	173	172	152	114	76	4	4	4
	設置時充填量	18	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
RAC	設置合計GWP万トン	1,503	1,448	1,437	1,437	1,437	1,437	1,437	1,437	1,232	924	924	924	821	616	411	21	21	21	
	市中稼働台数 (K台)	18,950	19,162	19,374	19,586	19,798	20,010	20,222	20,434	20,646	20,858	21,070	21,282	21,494	21,706	21,918	22,130	22,342	22,554	22,766
	平均GWP	675	675	675	675	675	675	675	675	675	675	450	450	450	450	450	10	10	10	
	出荷台数 (K台)	10,096	10,000	9,344	9,672	9,662	9,653	9,643	9,634	9,624	9,614	9,605	9,595	9,586	9,576	9,566	9,557	9,547	9,538	9,528
	工場充填量	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CAR	出荷合計GWP万トン	414	425	374	395	393	392	390	388	387	385	256	256	255	255	254	254	10	10	10
	市中稼働台数 (K台)	117,693	117,693	120,610	122,798	124,986	127,174	129,362	131,550	133,738	135,926	138,114	140,302	142,490	144,678	146,866	149,054	151,242	153,430	155,618
	平均GWP	200	150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	出荷台数 (K台)	4,866	2,500	2,000	1,500	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
	工場充填量	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
出荷合計GWP万トン	484	186	99	75	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	

図12. メーカー生産に伴うHFCの使用量推定

業務用冷凍空調機の生産・設置時充填冷媒の平均GWP値を2020～2028年度：700、2029年度：600、2030～2032年度：450、2033年度：400、以降400、300と減らし、2036年度以降は10として算定しました。使用している平均GWP値は、企業の改善努力を強めに入れた数値ですので、実態として生産で使用されるHFCの総量(GWP)は図12の棒グラフより多いと推定されます。

3. シミュレーションで扱った使用時漏えい量と生産時HFC使用の数値の根拠

今後さらに市中稼働のHFC機は増え、さらに20年以上の老朽化したHFC機器は年々比率が増すため、実態の使用時漏えい量は現在よりも増加の傾向にあると思われます。しかし、本シミュレーションでは審議会資料(2017年度数値)の2,100万トンを2036年度まで固定値として適用しました。いっぽう、生産・設置に伴うHFCの使用量はGWP低減改善を強めに想定して算定しています。

冷凍空調機器の管理者の認識

残念ながら、企業の経営者である機器の管理者の認識は決して高いとはいえません。組織が所有している機器の台数、冷媒総量、漏えい量(サービスで購入した量)の把握は殆どされていません。それは、キガリ改正による冷媒逼迫の危機をまだ知らないこともあり、自社で使用しているのは「代替フロン」であり、その「代替」の文字印象からすでに「フロン」は使用していないとの認識が企業経営者にあるのでしょうか。したがって、統合報告書などの環境報告書に「フロン排出抑制法」の遵守状況を記載されている企業はまだ多くありません。

2019年以前はHFCの生産は青天井でしたので、経営

者に認識があろうがなかろうが全く問題はありませんでした。しかし、これからは経営者とその危機的な現実を認識すること、すなわち冷媒の逼迫問題に企業として取り組むことが喫緊の課題です。

すなわち、このインフラを維持するためには、機器の所有者である管理者(企業・個人)が冷媒逼迫の危機を認識することであり、そして「フロン排出抑制法」を遵守し、冷凍空調機器を管理して使用時での冷媒を漏えいさせないことです。さらに、2036年以降もHFC使用の機器は徐々に更新されながらも、その後20～30年間はインフラの構成要素としてあり続けるでしょう。したがって、HFC冷媒を不可欠なものとして管理することには将来的にも必要なことです。

経営数値としてのフロン管理

企業のトップである経営者は、社会インフラを継続維持するために早急に以下の認識を新たにすることが必要で

はないでしょうか。それは、すなわち冷凍空調機器とフロン類の「棚卸し」を行うことです。



「御社のフロン管理は？」
 「フロンは使っていませんよ！」
 「弊社は、代替フロンです」



「え！」



「代替フロン」は「フロン類」です。
 地球温暖化係数(GWP)が2,000~10,000もあります。
 1995年の京都議定書から温室効果ガスに指定されました。
 国内のCO₂の排出合計量に合算されます。
 2019年から生産削減され、2036年以降は15%しか生産できなくなります。
 管理者は「フロン排出抑制法」を遵守しなければなりません。
 「フロン排出抑制法」では2020年の改正法から刑事罰が適用されました。

図 13. 経営者の認識

東証一部上場1350社の環境関連レポート調査 (2021年度)

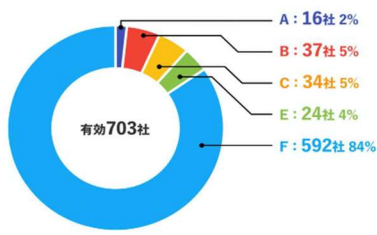
1350社の統合報告書などを調査「フロン排出抑制法」に付いて何らかの記載がある企業数(A、B、C)87社は1350社の6.4%。

環境関連
記載・詳細なし
647社 48%



環境関連記載・詳細の有り無し (1350社)

A: 算定漏えい量、定期・簡易点検状況など適切に記載: 16社
 B: 法遵守の記載内容に一部不足がある: 37社
 C: フロン排出抑制法遵守のみ記載: 34社
 E: フロンの記載はあるが特定フロンであったり、「フロン排出抑制法」を正確に理解されていないと思われる: 24社
 F: 「フロン排出抑制法」記載全くなし、あるいは法の理解度なし: 592社



「フロン排出抑制法」の記載の内訳 (有効703社)

フロンは限りある資源です

- 経営者がフロン対策をトップダウンで陣頭指揮
- 社内にフロン対策の重要度が浸透
- 従業員一人ひとりに浸透→家族に浸透
- 関連会社や取引先に浸透
- 国民全体へ浸透



図 14. 経営者の認識2

機器・冷媒の「棚卸し」とは

1. フロン類が限りある資源であることの認識
2. フロン排出抑制法の遵守（冷媒漏えい対策の実施を含む）
3. 自社の機器の管理の徹底
4. 自社の機器の台数のリストアップ指示
5. 自社の機器に充填されている冷媒の種別と量の把握
6. 自社の機器が漏えいして充填した冷媒の種別と量の把握
7. 機器更新時の廃棄機器からの確実に回収した冷媒の種別と量の把握
8. 上記項2～3の経営数値化とした管理とその公開
9. 社内規定を変更して回収した冷媒は「再生証明書」入手の上で「再生」可とする（従来の社内規定は確実な「破壊」）
10. 冷媒の3Rの実施（Reduce：漏えいを減らす、Reuse：再生冷媒を使う、Recycle：回収冷媒を再生）

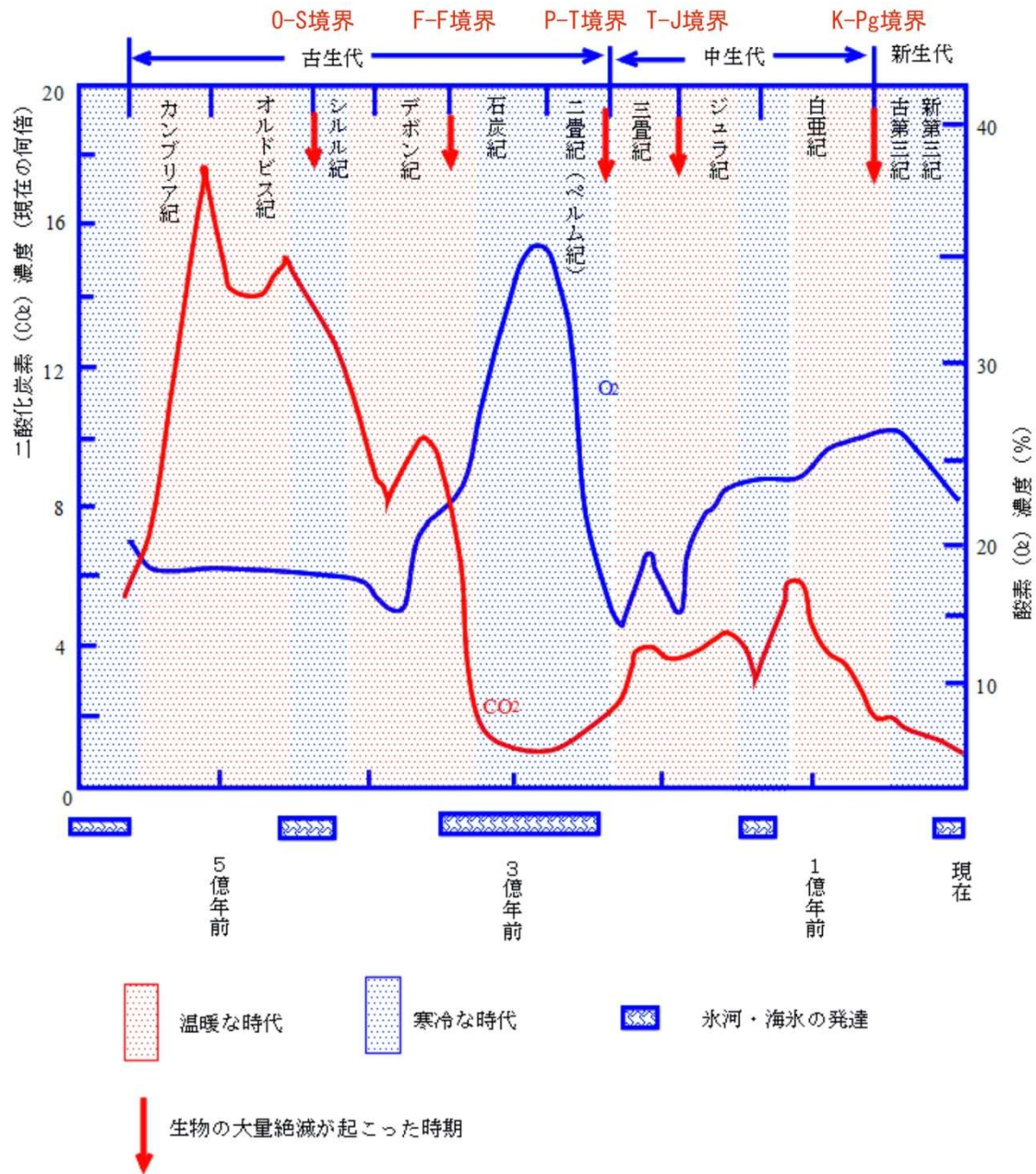
管理者のフロン管理

- 1. 冷凍空調機器は社会には不可欠**
(国民レベルで重要性の再認識)
- 2. 国際的な規制: 代替フロンの生産削減**
(冷媒供給問題: 機器の生産とサービスに課題)
- 3. 新冷媒の実用化は容易ではない**
(現在使用の機器との互換性なし)
- 4. 「フロン排出抑制法」遵守／機器・冷媒の「棚卸し」**
(冷媒漏えい対策実施による代替フロン冷媒の確保)
- 5. 企業価値向上: フロン管理を経営数値として公開**
TCFD(気候関連財務情報開示タスクフォース)によるGHG総量の開示

図 15. 経営者のフロン管理

II. 地球の歴史

<中生代>3



「地球の進化」(岩波地球惑星科学講座13, 1998年)の図6.15より作成。

図1 地球の酸素・二酸化炭素濃度 出典:「大気と海の歴史」山賀進氏Webより

<K-Pg境界>

大量絶滅

隕石の衝突により、恐竜が絶滅したことは有名である。図1の白亜紀の最後6600万年前(66Mya)中生代白亜紀最後にその衝突は起こった。

大量絶滅はこの顕生代に5回起ったことが知られている。顕生代は「地層中から肉眼で確認できるほどの大きさの化石が豊富に産出することに由来する」と辞書にあり、目に見えるほどの大きさを持った生物が出現した時期のことである。二畳紀(ペルム紀)と三畳紀の間に起こったP-T境界で起こった絶滅はその5回の中で最大の絶滅であり、地球の核とマンツルの境の地下2,900kmから吹き出すスーパープルームによる大火山活動が原因

で地球環境が大きく変わったことだった。残りの 3 回の絶滅も火山活動や低酸素などの地球自身の環境問題に起因したが、K-Pg 境界で起こった絶滅は外的要因による環境の変化によるものだった。



図2 チクシュループ隕石 出典：National Geographic Science Photo Library, Alamy Stock Photo

チクシュループ隕石

6600 万年前に現在のメキシコ・ユカタン半島にあるチクシュループ (Chicxulub) の町へ直径は 10km~15km の大きさの小惑星が秒速 19km で衝突した。そして、地球には、直径 160km 深さ 15-25km の穴を開けて爆発した。爆発の規模は TNT 火薬 100 兆トン (原子爆弾 100 億個分に相当)、その衝撃でマグニチュード 10 以上の大地震が起こり、ユカタン半島付近では 1,500m、アメリカ南部で 300m の津波が襲い、チクシュループから半径 1,500km 以内の陸地は全て焼き尽くされた。衝突の衝撃で成層圏まで舞い上げられた多数の岩屑は世界各地に落下し、森林火災を発生させた。岩石の落下時の猛スピードによる超高温は窒素を酸化させ、大気中に硝酸を発生させた。さらに、この衝突で地中深くでも衝突エネルギーによる超高温が硫黄を豊富に含む堆積岩を気化させ、大量の硫黄と二酸化炭素を大気中に放出した。この硫黄の放出は少なくとも 3,250 億トンと推定されている。

衝突のシミュレーション結果

米パデュー大学、英インペリアル・カレッジ・ロンドンの地球物理学者チームが開発した「衝撃計算機」によりアンナ・モーガン氏のシミュレーション結果 (以下)

条件：衝突地点から 1,000km

1. 衝突から 9 秒後：熱放射によって木や草はあっという間に焼かれ、自然発火した。
火の次には、地形によっては最大 305m の巨大な津波に襲われ、そして人類がかつて経験のしたことのない大地震マグニチュード 10.1 に遭遇する。
2. 衝突から 8 分後：地殻から高温の噴出物が流れ出し、焼けた大地を熱い砂と灰で覆い尽くしていく。衝突点に近い場所では、地面は厚さ数百から千メートルを超える岩屑の下に埋まるだろう。

3. 衝突から 45 分後：時速 965km の突風が吹き抜け全てのものをなぎ倒す。
4. 衝突による爆発の直接的な影響が及ばない遠い場所では、空は暗さを増し、衝突で巻き上げられた岩屑が流星のように大気圏への再突入で赤く光りながら降り注いでいたでしょう。
5. 最初の数時間は、真っ暗に近い状態だったと想定され、数週間、数ヶ月、数年の間どんよりとした暗い状態が続いた。



図3 チクシュループ隕石 出典：Business Insider Shutterstock

衝突の角度と場所による不幸

衝突の角度：Nature Communications 誌に発表された論文では、「隕石は北東から 60 度の角度で地球に衝突した。もしもこの隕石が違った角度で地球に衝突していたら壊滅的な被害にはならず、例えば 90 度か 30 度であれば地球への被害はかなり小さかっただろう」そして、「致命的な角度」での衝突だったとある。

衝突の場所：Scientific Report に発表された東北大学大学院理学研究科地学専攻の海保邦夫氏の論文では、衝突したチクシュループの場所が炭化水素（石油や天然ガスの主成分）を豊富に含む堆積岩槽であったことが大気中に膨大な二酸化炭素や煤をまき散らした結果となった。このような岩石層がある場所は地球表面積の 13% を占める地域に過ぎなかったことから、他の場所での衝突ならば大量絶滅は回避されたかもしれないと、その運の悪さを指摘している。

歴史の IF

衝突の角度、衝突の場所が違っていたら、あるいは隕石が衝突しなかったら、大量絶滅は起こることはなかっただろう。そして、ジュラ紀から白亜紀の約 1 億 3000 万年間進化し続けていた恐竜たちは、現在までの 6600 万年

間はそのまま地球上に君臨したと思う。その場合、不幸にも哺乳類は恐竜のエサの対象であり続け、今の我々は地球上には存在しない、隕石の衝突が我々にとっては幸福だったことになった。

隕石衝突による環境

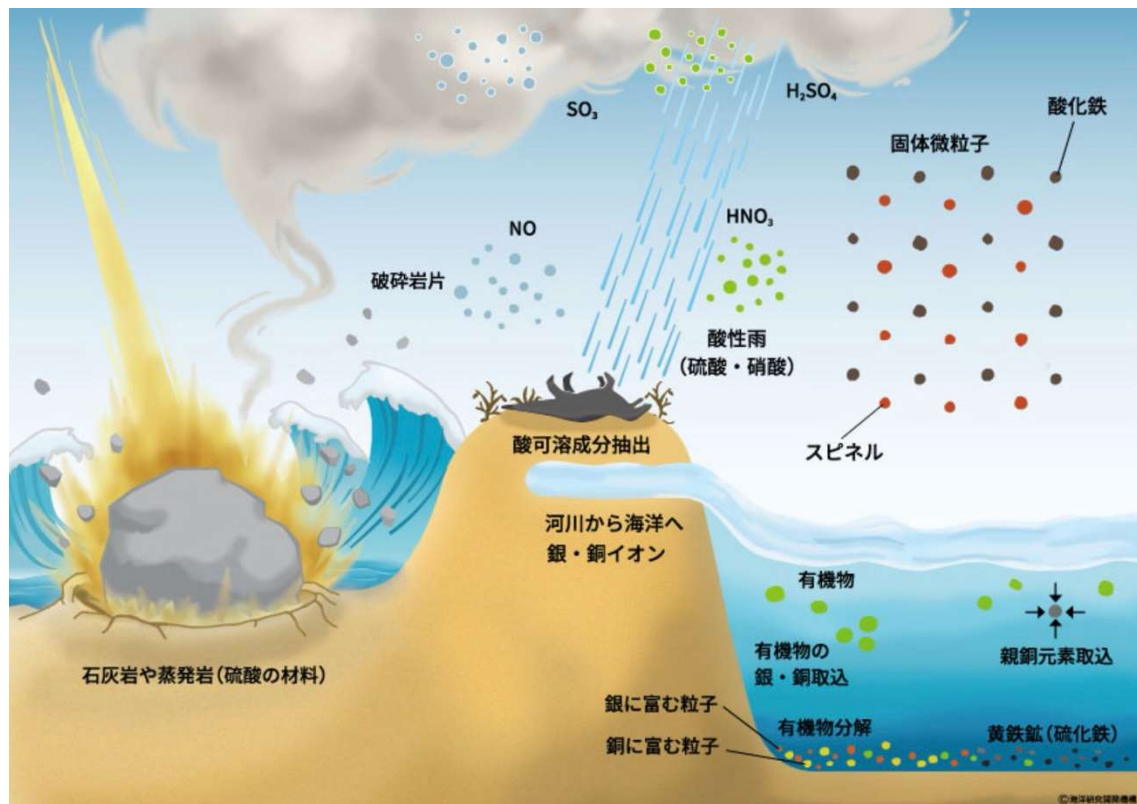


図4 チクシュール隕石衝突 出典：JAMSTEC 国立研究法人 海洋研究開発機構

大気への放出：衝突地点での岩石もそのエネルギーで蒸発・溶解され、隕石重量の約2倍の岩石が蒸発し、隕石重量の約15倍が融解した岩石と、隕石重量の約300倍の粉碎された岩石が飛び散り一部は成層圏を越えた。蒸発した岩石には石灰岩(CaCO₃)や石膏(CaSO₄)が大量にあり、3,250億トンの硫黄、10兆トンの二酸化炭素、1,000億トンの一酸化炭素、1,000億トンのメタンが一気に放出された。大気に放出された二酸化硫黄は空中で酸化して硫酸となり酸性雨として地表に降り注ぎ、一部は硫酸エアゾルとなって空中に留まり、隕石衝突による飛び散った大量の岩石片が大気圏への再突入での断熱圧縮による高温により窒素は酸化されて、同じように硝酸となり硝酸エアゾル、酸性雨として降雨した。

1. 海洋への影響：雨となって降り注いだ硫酸・硝酸などの強酸性雨により著しく海は強酸性となり海洋生物は絶滅した。
2. 紫外線通過による生物への影響：大量のエアゾルによりオゾン層は破壊された。
3. 酸性雨による陸上動植物への影響
4. 太陽光遮断：隕石衝突の直後には地上への太陽光は100万分の一となり、急激な気温低下(10~16℃)、光不足による植物の光合成の停止(数ヶ月間継続)、その後徐々に太陽光は戻ってきたが、いわゆる「衝突の冬」といわれる寒冷化は数10年続いた。
5. 温暖化：寒冷化の影響がなくなった後、石灰岩から蒸発した二酸化炭素による温暖化は数10万年続いた。

生物の絶滅

恐竜は絶滅し、生物の 80%が消滅した。絶滅を逃れたのは恐竜の種類でもある鳥類、哺乳類、爬虫類、両生類、昆虫、魚類などの一部。植物類も 80%が絶滅し、海洋では食物連鎖の基礎であったと考えられる石灰質ナノプランクトンの 93%が絶滅した。ウニ、節足動物、クモヒトデ類は生き残り、アンモナイト類、大型遊泳魚類も絶滅した。

生物の回復

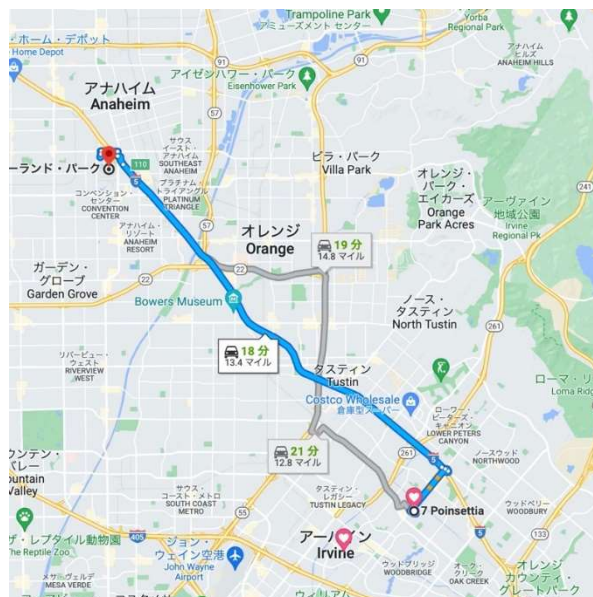
シダ類は被子植物が消滅した荒地に最初に繁栄し、被子植物などの植物と動物の多様性回復は約 150 万年後だった。衝突により海洋に流入した有毒物質（硫酸、硝酸、銅、クロム、アルミニウム、水銀、鉛など）が海洋から除去されるのに少なくとも数万年がかかり、石灰質ナノプランクトンが回復するのに 4 万年の年月が必要だった。生態系の完全な回復には最長で 1000 万年を要したとされている。

<つづく>

Ⅲ. 作井正人の米国駐在記

すこし昔の話にはなりますが、私が 2003 年～2006 年の 3 年間、カリフォルニア州の Irvine 市 で過ごして感じたことを連載します。アメリカ文化とアメリカ人気質を理解して頂けるきっかけになって頂ければと思います。

<Disneyland>



Disneyland は Irvine の家から、車で 20 分程度で距離も 22km とすぐ近所だった。1983 年に初めて出張で来たときは、Disneyland の入口まで駐在員が送ってくれた。駐在員にしてみれば、せっかくの休日を出張者の面倒に当てるより近くの Disneyland で放し飼いにした方が楽だったのだろう。そういう意味で、近所の Disneyland の存在は駐在員としては重宝だった。

私も友人が遊びに来てくれたときには、朝夕に送り迎えをするだけでお付き合いできなくても、1 日楽しく時間を過ごしてもらえる Disneyland は便利だった。1 年後に家族が来たとき、駐車場付きの年間パスポート 700 ドルを購入したが、正式に使ったのは一度だけで、もったいない事をした。一方、園外に 200m ほどの細長い Downtown Disney (モール) があり、娘と何度か買い物に来た、ありがたいことに専用の 3 時間無料の駐車場が備わっていた。したがって、娘と友人たちの Disneyland 送迎は私の担当、待ち合わせ場所はいつも Downtown Disney の駐車場だった。



Downtown Disney (左)、モール全貌 (右)

<レストラン>

アメリカは広いので Irvine の事務所に顧客が来ることは滅多にない、顧客とのミーティングは個別に客先訪問をするか、展示会のブースに来てもらうことだった。そして、その後 Dinner 商談となる。展示会は3つの事業があったので、年間少なくとも3回開催した。アメリカではステーキ料理中心で、日本のように料理のバリエーションはない。San Francisco などには Sea Food レストランもあるが、それは特殊な例でほぼステーキが一般的だった。

大袈裟ではないが、6時頃に始まり、終わるのが10時を過ぎる、食事に4時間ほどかかる。日本のような宴会にはならないのだが、それはそれでアルコールが入りみな饒舌になる。時間がたくさんあるので、ビジネス、プライベートなどで盛り上がる。

まず、レストランに入るとすぐ Waiting Bar がある、そこで、食前酒のカクテルやバーボンを飲みながらのお喋りで始まる。20分ほどすると、席へ案内される。カクテルが途中であれば、そのままテーブルにそれぞれ持ち込む。ここで、パンが出てくる。赤ワインを飲みながら、オリーブ油を付けたパンがワインに合う。パンは無くなると次々と補充されるので、ワインが進むにつれ気付けばたくさん食べてしまっている。ワイン1杯や2杯で終わらない程の時間が経ってから、やっとシェフが登場する。ラップに包まれた何種類の肉の部位、サーモンなどをカートでテーブルに運んできて、今日のスペシャルに付いてのプレゼンが延々と始まる。みんなの目が大きくなる。そして、説明が一巡すると、各自のオーダーとなる。ただし、それぞれのオーダーもすぐには終わらない、一人ひとり悩んだ上に肉の部位と焼き方を注文するので時間がかかる。まだ、終わりでない。今度は付き合い合わせのポテト

のオーダーがある。シェフから「We have big potato (ポテトをそのまま焼いたもの、大きい), mashed potato, hash potato, などなど」と説明があり、それぞれの好みのポテトをオーダーする。これが終わると席を換え Dining のテーブルに案内される、そこでは前菜メニューが回されそれぞれが飲み物と前菜をオーダーする。種類はたくさんあるが、シュリンプカクテルなどはシェアしやすいので、よくオーダーした。自分の頼んだ前菜を仲間とシェアし、お喋りを楽しんでいる。日本人の胃袋には、ここでもう十分な量。



前菜が終わりかける頃に、それぞれがオーダーした main dish が運ばれる。ここで、みんなの目が再び輝く。自分の前に置かれた肉を、それぞれが一口テーストして、焼き方に対して了解か否かをウェイター答える。ここでは、NG を出しても全く問題がない。ウェイターは笑顔で文句も言わずに取り替えてくれる。ただし、焼き直す時間は待たなくてはならない。Ed はかつて 2 回 NG を出したことがある、彼の 3 回目が来たときは dessert time になっていた。そして、添え物のポテトの量の多さにも驚く。Big potato は日本のジャガバタ風だが、ポテトの大きさが日本の 2 倍以上あるだろう、マッシュポテトの量も凄い。

さて、全員の main dish が揃うと、また嬉しそうに肉を食べながらの会話が再開する。アメリカの牛肉は赤身で美味しい、しかし肉が厚く量が多いので食べても食べても減らない。これは、体力がないと食べられないと思った。さすがのアメリカ人もお喋りしながら、赤ワインを飲み main dish が終わるのには小一時間かかる。

さて、これで終わりではない。ここからが、dessert time。それぞれが、考えながらのオーダー。私はいつもコーヒーだけをオーダーしていた。「Sakui-san、何で頼まないの、こんなに美味しいのに」といつも言われる。テーブルに運ばれた dessert は山盛りのアイスクリームだったり、山盛りの甘いケーキだったり、最後の最後まで本当に嬉しそうにお喋りが終わらない。思い出しているだけで、腹が一杯になってしまった。

<ビール>

日本のビールはアメリカのスーパーにも置いている店があった。赴任当初は嬉しくて「一番搾り」をよく買っていた。しかし、日本で飲むのと何か味が違う。やはり、ビールは現地で作ったビールが一番美味しい。それに、Costco でまとめ買いをすると、350ml 程度の缶ビールが 50 セント位の値段だったことはとても嬉しいことだった。

日本でも有名な Budweiser はここでも人気だったが、私は Miller Genuine Draftの方が好みだった。メキシコ産のコロナビールは、やや高くそれでも Costco で 1 ドル程度、これは美味しい。実は、Miller Genuine Draft よりもコロナビールの方が好きだった。



<友人の帰国>

これを書きながら、実に人生とは不思議なものだと思ってしまう。当時、高校生になった亜弥が「お父さん、アメリカへ転勤はないの？」と何度も訊ねてきた。その度に「お父さんの仕事はアメリカとは関係ないから、ないよ」。亜弥が「だって、伊藤（仮名）のおじちゃんもアメリカに行ったじゃない」。伊藤家とは家族ぐるみの付き合いをしていた中で、子供たちは物心つく前から一緒に遊んでいた。思い起こせば親しい仲間だけの送別会で「最もアメリカには向いていない男だ！」と友人たちと送り出したのは7年前のことだった。亜弥がアメリカに行きたい・いきたいと言っていた。そんなある日のこと、突然の辞令だった。亜弥の念が天に通じたのかとも思ってしまった。

赴任の準備をする間、Irvine に伊藤がいることが嬉しく、不思議な縁だと思った。

6月の赴任後、部署も仕事も違うので、会社であまり話す機会はなかった。しかし、彼からのアメリカ経験7年のアドバイスはとても貴重で助かった。週末には、彼の家に呼ばれご馳走になったことも度々。日本語が喋れる環境にホッとした、時には昔のようにたくさん飲んで、冗談やバカなことでも笑い転げていた。私も徐々にアメリカ生活にも慣れ、楽しい一時が続いていた。夏休み亜弥が来たとき、仕事がある日中は毎日彼の家族が面倒を見てくれたことには助かった。それが亜弥にはとても楽しかったのだろう、彼女の中でアメリカ生活への期待がさらに膨らんでいった。しかし、世の中そう甘くはない、伊藤が3月末に日本に戻るようになった。これから、アメリカでバカを言って飲めなくなるのが残念だった。9ヶ月間、彼とIrvineの地でエンジョイできたことに感謝々々。

アメリカ生活とは違う話題になるが、伊藤とは京都の独身寮で3年間、12畳の2人部屋、同室だった。お互い、電子回路技術が未熟だった頃、会社から帰ってくるなり技術的な不明点を切磋琢磨しあつた、そして酒も飲んだ、たくさん遊んだ。酒が進むと、「いつか、必ず東京に戻る」と二人で盛り上がったものだった。珍しく出勤のない土曜日、近所のファミレスで昼食。突然、伊藤が「作井、これから東京に行こう」、東京恋しの私は二つ返事。遠出をするつもりがなかったので、私はサンダル履きだった。夕方、東名出口が見えて来た。環8で降りしてくれと言ったのに、車はすでに首都高、「なんか、こいつ急いでいる」と思った。丁度、車が渋谷の手前になる所だった。山手通りと交差するあたりに点検用の駐車スペースがあり、そこから階段が下に通じていた。なんだ、簡単に下に降りられるんだと彼とはそこで別れた。その場所とは、山手通りの上に玉川通りが高架で交差し、首都高はさらにその上を走っている。山手通りから見上げるとビル8階ほどの高さだっただろう。順調に階段を降りて行くと、何と途中から工事用のハシゴとなっているではないか、見下ろすと山手通りを走る車が小さく見え目が眩む、サ

ンダル履きには酷だった。気をつけなら、恐る恐るだったが、何とか地上に降りることができた。しかし、階段を降りた後が問題だった、なんと出入り口ドアには施錠がされていた。必死で檻のような囲いをよじ登って、やっと公道に脱出できた。よくもあんな高い所から降りてきたものだと、我ながら呆れた。その後、私は東京の友人たちが待つ飲み屋に向かった。

あの当時、2人とも20歳代後半、若気の至りだった。10年ほど前、たまたま、村上春樹の『1Q84』を読んで驚いた、冒頭に主人公が首都高から降りた場所は私の降りたのと全く同じ場所、地上の施錠されたドアを乗り越えた詳細も瓜二つだった。ただし、私には、小説『1Q84』と同じような奇蹟は起こらなかったが。ひょっとして、著者が、偶然に私が首都高から降りてきたのを目撃したのかもしれない、その小説の設定は1984年のことで、私の出来事も1984年だった。後で知ったことだが、伊藤は現在の奥様にプロポーズを決意して東京に向かった、私は体よく交代ドライバーとして付き合わされたのだった。



伊藤と一杯



亜弥と伊藤のお嬢さんたち

<バーベキュー>

アメリカの家庭の必需品は「バーベキュー器」、どこの家にも必ずある。関西では家庭の必需品「たこ焼き器」のようなものだろう。肉が安い、週末には家族でバーベキュー、外で食べる時もあるが、夏は暑いので外で焼いて、エアコンの室内で楽しんだ。お客が来た時も、バーベキューは楽で豪華だった。日本ではできない贅沢だった。



アメリカ定番のバーベキュー器



外のテーブルでバーベキューが楽しめる

<映画“The last samurai”>

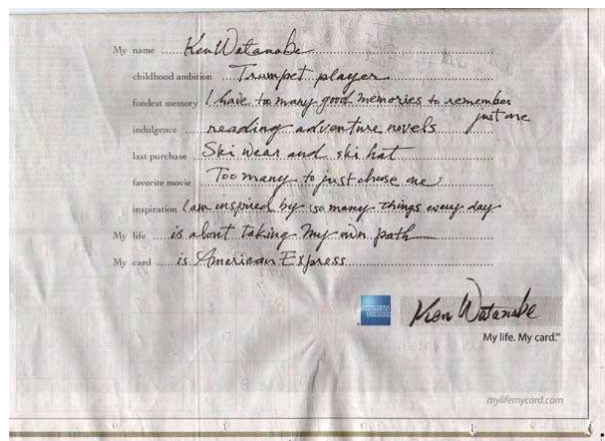
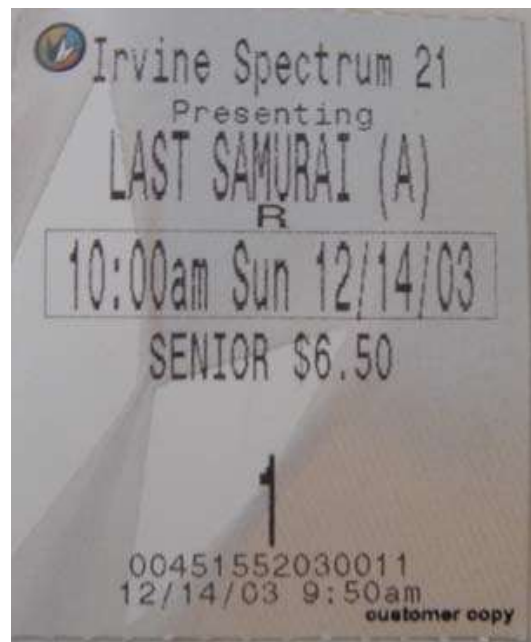
8日の月曜日、EdとRamonが朝一番の挨拶もそこそこに映画“The last samurai”（トムクルーズと渡辺謙主演）で盛り上がっていた。出勤してきた私をEdが捕まえて、「Sakui-san 観た？凄かった、冒頭に首が飛んだのはショックだった」。Ramonはいつものように両手を広げて興奮、彼は機関銃のように喋り続けて終わらなかった。

映画は2003年12月5日（金）に公開され、全米で話題になっていた。私は週末、近くのモールIrvine Spectrumにある映画館に出かけた。アメリカに来てから映画を観るのは初めてだった。今では、日本でも映画館はコンプレックスが当たり前になっているが、その当時日本では珍しかった。この映画館には劇場が21あり、一度入場すれば、（本当はいけないのだが）その気になれば、何本でも観ることができるとEdが言っていた。確かに、係りの人間は全体の入り口にしかいない、一度そこを抜けるとどこの劇場に行こうが自由だ。入場者の切符を確認するのが係員の仕事で、映画館の損益には関係が無い。これが、アメリカ型のJob Descriptionなのだろう。

映画は、字幕スーパーは当然なかったが、セリフは日本語が多かったので分かり易かった。それまでのハリウッド映画では、いつも妙な日本が描かれていることが多かった。しかし、今回のThe last samuraiではその違和感はかなり少なくなっていた。後で見た、日本語番組でも渡辺謙と真田浩之が出演して、同じことを言っていた。

料金は安い、日本で言えばロードショーにも関わらず6ドル50セントである。翌週、Edに映画を観た話をしたついでに映画料金の話をした。日本では15ドルと言ったら驚いていたが、私には6ドル50セントが驚きだった。

当日は、朝からテレビでは”サダム・フセイン”が捕まったと大騒ぎだった。



その後、渡辺謙はThe last samurai の主演で全米では人気俳優となり、話題になっていた。ある日、配達されたロサンゼルスタイムズを開いてみたら、アメリカン・エクスプレスの全面広告が渡辺謙だった。同胞としては、日本人が活躍していることは何とも嬉しい限りだった。

<新聞>

家族が来てから新聞を購読することにした。地元のRegister と Los Angeles times の2紙。Register 紙は地元紙ならではの情報が主で、例えば高校の卒業生の名前リスト、独立記念日での近くの海岸の花火打ち上げ写真など地域住民の興味のある記事だった。新聞配達は、アメリカ映画で見かけるように、車でやってきて運転席から放り投げていた。そして、スプリンクラーが作動するので必ずビニール袋に入れてあった。

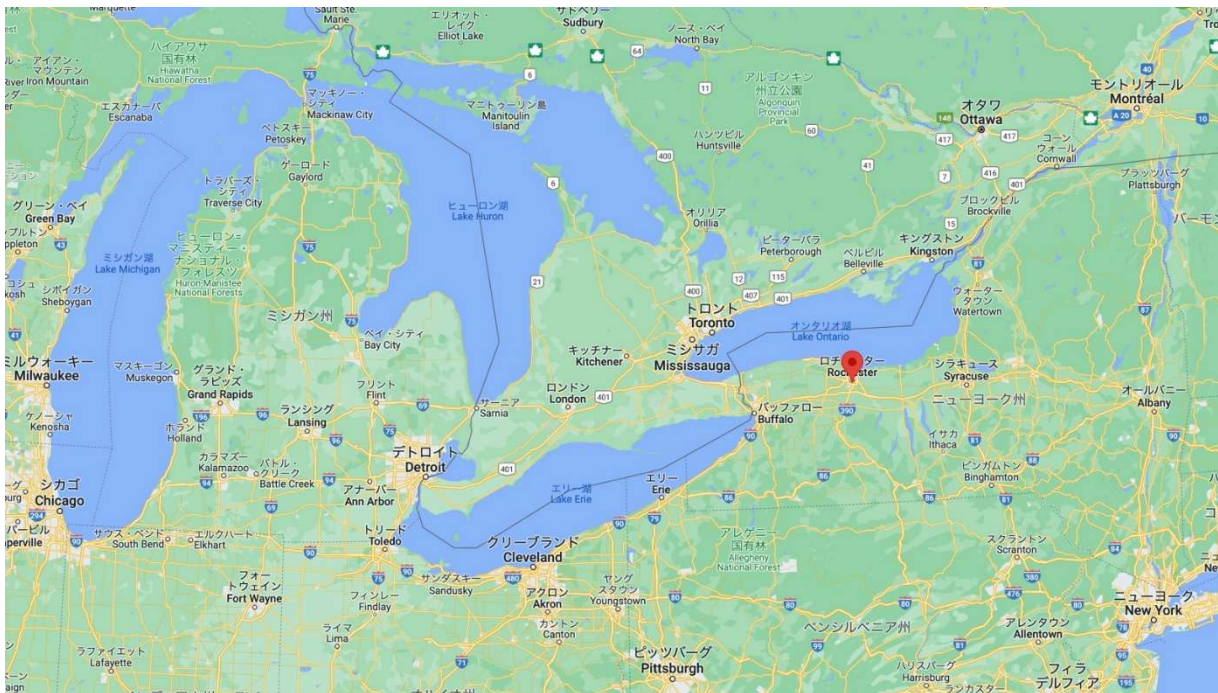


地元Register 紙と Los Angeles Times 紙



毎朝、家の前の駐車スペースに投げ込まれる

<Rochester へ出張>



コダックとの商談で本社がある Rochester へ出張した。Rochester はニューヨーク州にはあるが、ニューヨーク市とは反対側のオンタリオ湖に面している。街の中心にジェニシー川が流れ、3つの滝が街の中心にある。地元の

オレンジカウンティー飛行場からはシカゴで乗り継いで7時間ほどかかった。カルフォルニアとは時差が3時間あるので、朝に出発しても、到着は東部時間の夜9時過ぎだった。片道だけで、一日が終わってしまう。

Rochester は古い町で、カルフォルニアと比べたら、古きアメリカの雰囲気がある。何かヨーロッパのような感じもする、カルフォルニアの白人の肌と比べると地元の人たちの肌は白い。カルフォルニアは毎日が快晴で日差しが強い、日焼けして肌色が濃い。そして、カルフォルニアに比べると太った人が少ない印象だった。

Rochester は主な産業はなく、歴史を感じさせながらも活気には乏しい。しかしこれからの、秋の紅葉はとても綺麗との話だった。カルフォルニアと違って自然の緑と四季がある、しかし冬は豪雪地帯となるそうで、訪れたのが冬場でなくてよかった。あの有名なコダックがデジタル写真の到来とともに倒産したことは、地元には大きな傷手だっただろう。



Kodak 本社



市内にある High Falls: 滝の右横には、製粉所（現在は動いていない）があり。ロチェスターは製粉と服飾の町だったとのこと。また、製粉から小麦粉（flour）→同じ発音で Flower（花）の町と呼ばれていたとも聞いた。町のあちこちには運河が多い。



High fall に隣接する発電所



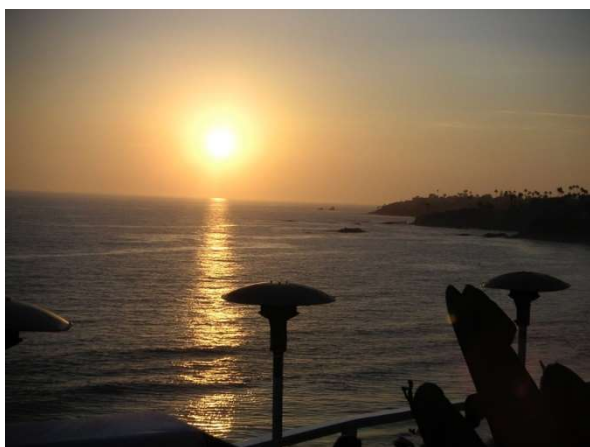
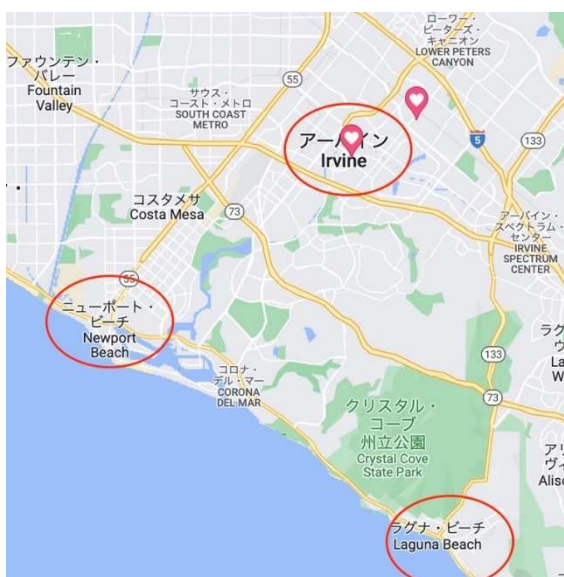
運河沿いの遊歩道より、かつてこの道は運河の船を馬で引くためにあった。



運河沿いにある、伝統的な雰囲気のレストラン。カルフォルニアとは全く違う東部を感じさせる。

<Laguna Beach>

家から車で20分位の所に、Laguna Beach がある。海に沈む夕日がきれいなビーチで、あまり混んでいないのがいい。夏時間なので、会社を5時に出ても日はまだ高い、ビーチバレーなどを楽しんでいる人たちもいる。この街には芸術家が多いそうで、全米で流行ったテンドラマ（2004～2006）「Laguna Beach」の舞台になった場所、全米の人たちはよく知っている。高級住宅地で富裕層が住んでいる、カルフォニアは海岸から近いほど土地の値段が高い、海には寒流が流れているので海の近くほど過ごしやすいからだ。Irvine もその点では海岸から遠くなく、気候は穏やかだ。Irvine からわずか24km 内陸にある Riverside の顧客を夏に訪問したことがあるが、信じられないくらいの灼熱で砂漠の気候だった。たったの24km でこんなにも違うのかと驚いた。



夕日がとてもきれい、ワインを飲みながらの夕日はリッチな気分になる

<New Port Beach, Balboa Island>

New Port Beach はLaguna Beach からカルフォニア1号を西に18km、ヨットハーバー、栈橋、Balboa 島など観光地になっている。ただし、Santa Monica ほどは有名ではないので地元の人たちが楽しむ場所となっている。Laguna Beach よりも観光地化されているので、Sea food レストランなども充実している。日本からのお客が来たりすると、家からも近い場所だが喜んで貰えるので、Laguna Beach とともに重宝していた。

川の堆積物によりできた幅の狭く長い半島が自然の防波堤を構成している。観光クルーズに乗ると、湾内を巡り豪邸の説明をしてくれる、ヨットハーバー付きの豪邸の価格が10億円だとのこと。続いて、ジョン・ウエイン

の元豪邸の前で船はとまり、17年前に3億円で転売されたと説明があった。そして、今（2006年）では値上がりして、50億円の値が付いたとの説明があった。2022年の現在ではどんな高値になっているのだろう。



湾内を回る観光クルーズ40分コース。香菜子と友人



栈橋には釣り客が多く、栈橋には餌用のまな板様の台も付けてある。アジが大量に釣れていた。一度、釣りをしてみようかと思っていたが一度も実現できず仕舞いだった。



Newport Beach からフェリーで Balboa 島へ料金は一人60セント、島までの距離は300m程度



Balboa 島の Welcome 表示



馴染みのレストラン、ランチはリーズナブルで美味しい

To be continue 次号へ続く

お楽しみいただけましたでしょうか？

JRECO 通信は不定期刊行ではありますが、次回もご期待願います。

JRECO 通信のバックナンバーはホームページに掲載中

https://www.jreco.or.jp/jreco_news.html