

リーダー

- ・アンケート結果：まあ分かった
- ・大規模な設備ならではの見学が出来た事は良かったです。各家庭での普及や蓄電が課題だと思いました。正直、分からない用語（化学用語含む）が多かったですが調べたいと思います。

中学1年生

- ・まあ分かった
- ・エネルギーの事やSDGsの事について考えていこうと思いました。

中学1年生

- ・まあ分かった

高校1年生

- ・良く分かった
- ・興味深いお話を聞くことができ、勉強になりました。ありがとうございます。

高校1年生

- ・良く分かった
- ・シンプルに楽しかったです。知らなかった事も多かったし今まで授業の目でしか見たことが無かったタービン始めとし発電機が見れて面白かったです。化石燃料以外の燃料源の開発に興味がありました。

中学1年生

- ・まあ分かった

中学2年生

- ・まあ分かった

中学1年生

- ・あまり分らなかった
- ・興味深い話があって、おもしろかったです。

中学3年生

- ・まあ分かった
- ・特になし

中学3年生

- ・まあ分かった
- ・特になし

中学3年生

- ・もう少し省エネについて学校とかでも、詳しく学べる所があるといいと思った。



※電子レンジ蓄熱型アンカ+モフモフマクラカバー (良品計画)



(アンケートまとめ)

1, 1) 良く分かった 2) まあ分かった 3) あまり分らなかった

→ 1) 2/11、2) 8/11、3) 1/11 → ほぼ理解出来た様です。

2, 1で3)の方：どこが分らなかったでしょうか

- ・中1スカウト：難しい単語や習っていない単語があった
- 専門用語が多く、高校・大学レベルの物理・化学が必要ですが、今後はなるべく平易な解説書(かなり難しいが)にして行きたい

→ 中高生でも出来る省エネ策を考えます

- ・こまめに電気を切る/お湯を沸かした後の余熱で皿を暖める/風呂は冷めない内に入る/窓に厚いカーテンとする/※電子レンジ蓄熱型アンカで足を暖めA/Cをなるべく使用しない等、創意工夫が必要です。

## (プラント説明、Q&A)

### (参加者)

赤坂熱供給株式会社：高木様（代表取締役）、根本様（プラント所長）、土屋様（取締役 & 全体統括兼総務部長）、他お一人：計4  
霊南坂がールスカウト：Lr

SC :渡辺 :計1

合計：16名

(日時) 2023年1月21日(土) 15:45~17:00

(場所) 赤坂熱供給株式会社第二プラント：〒107-0052 港区赤坂5丁目3-1 赤坂Bizタワー地下3F

管理会社：赤坂熱供給株式会社：〒107-0052 港区赤坂5丁目4-8 クレール・タイヨービル4・5F 03-3505-7567

### (見学目的)

当GSの隊員は学校でSDGsを学び、又'21年SDGsMTGで当方の再エネ・省エネプレゼンを学習しました。

そのプレゼンの中で省エネ技術として、コージェネ及び熱の有効利用の重要性を説明しました。

そこで、それを長年実施している御社の取り組み内容と、その効果について、現場で現物を見学し

今後の現実的な気候変動対策学習の一助にしたいと思っております。

### (内容) 青：渡辺補足&コメント

#### ●プラント説明：根本様

- ・ガスタービン (GT)コージェネ (CHP :Combined Heat&Power：熱電併給：発電し発電後のENG排熱も供給する)はCO<sub>2</sub>・排熱削減しSDGsに貢献しています。
- ・冷房：6℃の冷水を供給しています。
- ・1台の冷凍機で家庭1000台分に相当します。
- ・コージェネの570℃排熱から(吸収型冷凍機で)冷水を作ります。
- ・蒸気→冷水&温水・給湯水を24hr/365日(8760hr)作り売っています。年々省エネで販売熱量は減少→投資、償却の経年変化の見通しが難しそう
- ・CHP：都市ガス(13A、主成分メタン)でGT&ガスENG発電&排熱を利用しています。

#### (メリット)

- ・排熱(500~570℃)をボイラー熱源とし蒸気を作っている→熱の有効利用でエネルギーの節約→環境負荷低減となります。
  - ・停電時はバックUPとし、BCP(**Business Continuity Plan:事業継続計画**)としている→万が一の時でも事業(公共放送)が継続します。
  - ・ピークカット(電力需要最大の時、本CHPが電力を供給する)で東電からリターン(お金)が得られる→最大電力需要対策に貢献
  - ・集中型熱供給にする事で、個別型に対し約10%のエネルギー効率がUPする→環境負荷&エネルギー費用削減
- #### (デメリット)
- ・CHP設置費用&維持費が高いが、地球環境問題対応の為に実施した→1994年当時から、より環境負荷低減を目標としている→公共放送会社の使命と思う
  - ・今後：都市ガス13A(メタン)から非化石燃料のH<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>(アンモニア)、※メタレーションGAS等が世界的に研究されているが、様々な課題がある。
    - ・今後も省エネを積極的に推進する。 ※CO<sub>2</sub>(大気中、工場等で捨てる)と水素(H:再エネからの)から「メタンCH<sub>4</sub>」を合成する
    - ・様々な情報を入手して行く。

- ・CHP用GT：2000kW x 2台、タービン前ガス温度1000°C（高い方が燃費良いが上げ過ぎると耐久性が落ちる）、排気温度550°C（本排気で蒸気を作る）  
IHI（石川島播磨重工）製、ヘリコプター転用、3年毎交換、維持費：都内高級マンション相当（数億円？）、15年で償却（法定償却17年：2年得）
  - ・人員：総計17名、夜間：第一：2名、第二：1名→24hr/365日監視
  - ・発電について：ENG回転数2万2000回転/分（rpm）→（ギヤで減速）1500rpm（50Hz）
- ・常/非常用併用→常用都市ガス/非常用灯油（72hr：3日間、Biz地下に灯油1万4000Lタンクあり）
  - ・冬1台稼働（熱需要小の為？：主に温熱）、夏2台稼働（熱需要大の為？：主に冷熱）、電力は構内（TBS関係）のみ→東京のビルの熱（冷温水）需要は夏にある
- ・何故GT？：
  - ・過去大震災時調査でビルの電力需要は大きくない事が分かった：24hr/365日電熱供給するのに都合良い。
  - ・熱効率はガスENGの方が倍（32~40%）良い→先発第一は高率大のガスENG、後発の第二はGT。何故（電需<熱需対応？）
- ・GTのE/M（排ガス対策）：排気ボイラー→脱硝装置（アンモニアor尿素噴射によりNO2→N2、H2Oに還元し低公害化）：  
規制値25ppmに対し7ppmと低い→脱硝装置付きで低NOxを図っているを明記した方が良いのでは（常識かも知れないが）

## (Q&A) スカウト

- ・吸収式冷凍機の原理を調べたが見つからない。原理を教えてください：詳細P5、6：[吸収式冷凍機 - Wikipedia](#)  
（概要）圧縮型冷凍機（家にある空調：A/C）の様に、圧縮機（モーターで圧縮機を駆動）で冷媒（フロン：気体）を圧縮、それを膨張させ冷気を作る代わりに水を溶液（臭化リチウム）に溶解させその濃い溶液を加熱（今回はGTの排熱）し水蒸気を作り、それを冷却し水を作り、その水を高真空で蒸発させると5°C前後の冷水が作れる。
- ・ターボ冷凍機：冷媒のフロンは温暖化係数が高いので減少方向→フロンの温暖化係数はCO2の約1500倍→冷凍機/空調の脱炭素化の方向性？  
**渡辺**
- ・一元化のネガ、故障時の対応（バックアップシステム）？→需要に対し相当余裕あるので、故障しても大丈夫です。
- ・使用者・居住者の費用削減率？→個別に対し約10%安い。ガスENGにすると20~30%安い→第一プラントのガスENGの理由かな？
- ・GT:常用or非常用？→併用
- ・冷暖房集中化投資に見合う熱量？→分からない
- ・償却年数？→15年（法定償却17年）
  - ・本プラントはNEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）の補助金を受けている。  
→NEDO補助金を受けて償却15年、法定償却17年で2年の得。補助金無しでは事業として恐らく成立しないのでは  
但し、東京都のヒートアイランド現象低減策として必要であったと思われる。今後、化石燃料に炭素税が掛かるので環境負荷低減のメリットは大きくなると思う。
- ・ウクライナ戦争に依るエネ費UPに対するタフネス度？→正直困っている。だからと言って止める訳にはいかない。  
（現状ガス単価（100）円/m3、渡辺家：219円/m3）
- ・脱炭素エネルギー対応：非化石燃料（水素、アンモニア等）？→IHIでNH3、三菱重工でH2、川崎重工で？研究中
- ・今後：都市ガス13A（メタン）から非化石燃料のH2、NH3（アンモニア）、※メタレーションGAS等が世界的に研究されているが様々な課題がある。  
※CO2（大気中、工場等で捨てる）と水素（H：再エネから）から「メタン：CH4」を合成する
  - ・今後も省エネを積極的に推進する。・様々な情報を入手して行く。

## (講評)

### ・高木様：何故このプラントを・何故女子が見学したいと思ったのですか？

→2021年11月にSDGsの意見交換会がありGSはジェンダー、SC (Scout Club：同窓会組織)当方は脱炭素を説明しました。その中で、女性活躍の為に是非ともエンジニアやサイエンティストを目指し、高校の進路選択に大学進学者急増の理工系を選んで欲しい旨を述べました。そこで、まずは現実脱炭素を先進的に実践している御社のコージェネ現場の現実的見学を当方が提案しました。

- ・高木も土屋もTBSの職員です。
- ・皆さんの進路：エネルギー産業は伸びます
- ・脱炭素・SDGsは現在世の中で巾をかかせてます。
- ・世界全体を見ると更にやっています。
- ・CO2を出さないでどうやって生活する？
- ・カーボンニュートラルになっていないと相手にされません

### ・土屋様：色々問題があります。課題を知って欲しい。若い人が解決して欲しい。汗流して欲しい。

## (渡辺感想)

- ・当日は、会場を設置をして頂き、落ち着いて説明を拝聴、Q&Aが出来ました。又、GTの実稼働をして頂き、スカウトにとりましても当方にとりましても久しぶりのENG音に新鮮な感動が持てました。大変ありがとうございます。
- ・第二プラントは清潔・静か・明るく、当方予想外の素敵な職場でした。
- ・アンケート結果：参加者11名が「良く分かった」～「まあ理解できた」で、理解率凡そ91% (10/11≒91%) でした。
- ・本見学に際し、'21/11月の脱炭素説明を受けたのは3名程度でしたが、恐らく学校でも習っているので、皆さん概略は分かったと思います。
- ・但し、スカウトの質問にある吸収式冷凍機の原理は難解で、熱の知識（気圧と蒸発の関係、蒸発と冷却・温度の関係等熱力学が必要です）日本では大学専門レベル（独では高校で教えている）の知識が必要で、これから見学の再エネのバイオガス発電に於いても事前手引書を書く予定ですがかなり難しい点と思いました。
- ・上記、高木様の第一質問は急所をついていると思います。  
ジェンダー問題で、女性の理工学部進学率向上が国家問題となっております。日本の所謂リケジョの割合は先進国中最下位レベルにあり、極めて問題です。  
本見学を通じて工学・理学に興味を持って頂けたら良いと思います。
- ・今後：食物残渣使用の大田区のバイオガス発電プラント見学を、春休みの3/26~4/5頃予定で検討して頂いてます。



# 吸収冷凍機の概要 & 動作原理

## 1, 概要

圧縮冷凍機（家にある空調：A/C）の様に、圧縮機（モータで圧縮機を駆動）で冷媒（フロン：気体）を圧縮、それを膨張させ冷気を作る代わりに水を溶液（臭化リチウム）に溶解させその溶液を加熱（今回はGTの排熱等）し水蒸気を作り、それを冷却し水を作り、その水を高真空で蒸発させると5℃前後の冷水が作れる。

### (メリット)

冷媒として水（蒸留水）を使用しているため、冷媒にかかるコストが低く、環境に優しい（フロン未使用：フロンの温暖化係数はCO2の約1500倍はあります）というメリットがあります。

### (デメリット)

臭化リチウムと呼ばれる吸収液を使用します。臭化リチウムは腐食性があり、例えば10年間吸収式冷凍機を使用した場合、効率は約10%落ちると言われています。また、吸収液には有害な防食材（添加剤）が含有しており、専門業者の回収が必要となります。冷凍サイクルは全て化学反応で行っているため、ターボ冷凍機と比較すると遅く、エネルギー効率も劣ります：表1

吸収式：水は蒸発すると温度が下がる  
A/C：気体は膨張すると温度が下がる  
(山中湖は1000m平地より約6℃低い。それは気圧が下がり空気が膨張している為です)  
これらの性質を利用し、温度を下げる

表 1

比較項目	(赤熱第二プラント)	(家庭用のA/Cと同原理)
	吸収式冷凍機	ターボ冷凍機
冷凍サイクル	吸収式冷凍サイクル	蒸気圧縮式冷凍サイクル
構成要素	蒸発器→吸収器→再生器→凝縮器	蒸発器→圧縮機→凝縮器→膨張装置
冷媒	水+吸収液	フロン類 または ノンフロン
冷凍機内の冷媒の沸点	7~10℃	-5~20℃
一般的な容量	50~2,000 USRt 程度	200~5,000 USRt
一般的な効率 ※1次エネルギー換算	COP 1~1.3	COP 2~2.5
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>蒸気や高温水排熱が利用できる</li> <li>1台で冷水・温水供給</li> <li>電気設備容量（電力デマンド）が小さい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>省エネ効果が高い</li> <li>立ち上がり早い</li> <li>負荷追従性が良い</li> <li>経年劣化が少ない</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>立ち上がり遅い</li> <li>負荷追従が遅い</li> <li>経年劣化が大きい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱回収型もあるが、温水は47℃程度まで</li> <li>電気設備容量（電力デマンド）が大きい</li> </ul>
イニシャルコスト	○	△
ランニングコスト	設備による	設備による
ライフサイクルコスト	設備による	設備による
主な用途	地域冷暖房・小~大規模ビル・工場など	地域冷暖房・大規模ビル・工場・クリーンルーム・製造プラントなど

効率COPの意味：吸収式冷凍機COP 1~1.3は投入熱量（排熱なら本来捨てる熱の有効利用の熱）の1~1.3倍の冷熱を生み出せる  
ターボ冷凍機COP 2~2.5は投入熱量（モータ駆動：火力発電の燃料熱量 x 発電効率 x 送電ロス等 = 元の燃料熱量の約1/3）の2~2.5倍の冷熱を生み出せる  
→冷熱を生み出す効率としてはターボ冷凍機の方が良いが→**フロンの温暖化係数は極めて大きいので問題となっている**

冷凍機：家庭用A/C：冷媒、家庭用空調ではフロンGAS = F ①（**圧縮**）Fを電動コンプレッサで圧縮②（**凝縮**）高温高压（約10気圧50~60℃）した気体Fの熱を外（30~40℃）に放出液体Fとなる③（**膨張**）液化したFを急激に膨張させると④（**蒸発**）ガス化し低温（約1.4気圧-15℃）となりFは周囲から熱を奪い冷却する→又①へ行く

吸収冷凍機：①（**蒸発**）高真空中（1/100気圧）で水を蒸発し低温（約5℃）を作る②（**吸収**）蒸発水を臭化リチウムに吸収させ蒸発部を高真空にする③（**再生**）臭化リチウムに吸収された溶液を排熱等で**加熱**（約110℃）し濃い溶液にする。濃い臭化リチウム溶液から水蒸気のみを分離し④（**凝縮**）それを液化し→又①へ行く

ヒートポンプ（A/Cor吸収式）：熱を低温（室内）から高温（屋外）へ捨てるには動力（エネルギー：A/C電動圧縮機、吸収式は熱）が必要である→熱力学第二法則

## (2) 吸収式冷凍機の動作原理

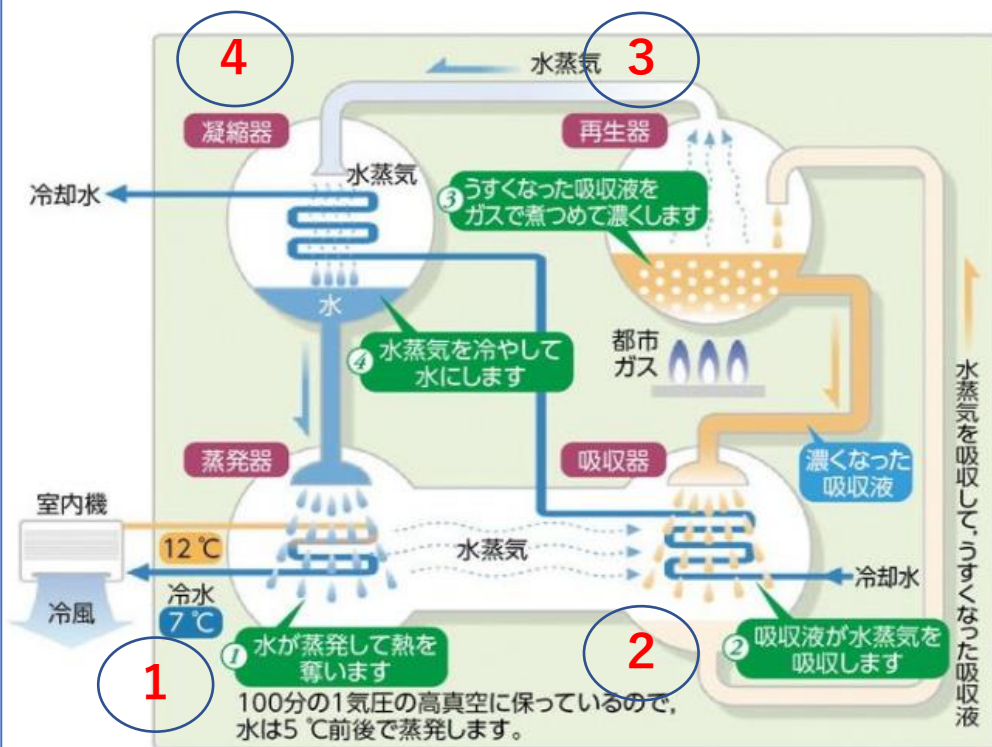
吸収式冷凍機は、液体のもつ吸収力を利用して水を冷却する冷凍機です。図5<sup>1)</sup>に示すように、①蒸発器、②吸収器、③再生器、④凝縮器から構成され、圧縮式冷凍機とは異なり圧縮機がなくなり吸収器と再生器が追加されています。

- ① 蒸発器では冷媒（純水）が蒸発し、冷水から熱を奪います。水は大気圧（1気圧）では約100℃で蒸発しますが、圧力を100分の1気圧程度まで高真空にすると冷水よりも低い温度で蒸発する現象を利用して、冷水を冷却しています。
- ② 吸収器には高濃度だと水蒸気を吸収する能力が高くなる性質がある臭化リチウム水溶液（以下溶液）の濃い溶液が入っています。冷媒ガス（水蒸気）は吸収器内で濃い溶液に吸収され、溶液は薄くなります。薄い溶液はポンプによって再生器に送られ、再生器内では、薄い溶液が加熱濃縮され濃い溶液となって吸収器に送られます。
- ③ 再生器で発生した水蒸気は④凝縮器で冷却液化され、蒸発器に供給されます。

なぜ、水蒸気を吸収液に吸収させて、再生器で再び水蒸気にするのでしょうか？ それは蒸発器を高真空に保ちたいからです。吸収液に水蒸気を吸収させることで、蒸発器内が高真空に保たれ、蒸発器内での水（冷媒）の蒸発も継続させているのです。

吸収式冷凍機の面白いところは、ガスの燃焼熱を利用して、間接的に冷水を冷やしているところです。冷たい水を作り出すのに高温の火を使っているのです。

何故、②の吸収器で臭化リチウムに吸収させるのか？→①の蒸発器を高真空に保ちたい為です。高真空（通常の1/100気圧）にすると水は低温（5℃）で完全蒸発します。→蒸発する時に非常に大きく温度を低下させます（手の甲に水をのせフーと息を掛けるとひんやりします。その原理を大きくした物です）



吸収式冷凍機：吸収力の高い液体に冷媒を②吸収させて発生する低圧によって、別の位置の冷媒を①気化させて低温を得る冷凍機である。

### ①蒸発器

※1/100気圧の高真空中で水は5℃前後で蒸発し、そこに配管内12℃前後の水を流し熱交換すると、7℃前後の冷水が出来ます。それを冷房に使います。

### ②吸収器

高濃度の水を吸収する特性を持つ臭化リチウム水溶液がシャワーの様に降り落ちて来ます。そこに、①で熱交換後の7℃前後の水蒸気が臭化リチウムに吸収され、薄くなった溶液は上部の③再生器にポンプUPされます。

### ③再生器

②から来た薄い臭化リチウムはGTの排熱or排熱で作られた蒸気で加熱され濃い溶液となります。

### ④凝縮器

③の再生器で発生した水蒸気は④の凝縮器で冷却され液体（水）となり、蒸発器①に供給され高真空で蒸発し温度を下げます。

※1気圧とは通常の大気圧力（空気の重さ）1kg/cm<sup>2</sup>→1/100気圧0.01kg/cm<sup>2</sup>



# 第二プラント見学状況



教会で脱炭素復習  
'21/11月13日SDGs参加者は3名



第二プラント地下3F  
説明聴取、室内は大変清潔・静か・明るい



プラント所長根本様（中央）  
説明



安全の為着帽  
(赤熱さん準備)



蒸気吸収式冷凍機  
(蒸気：GT排熱から製造)



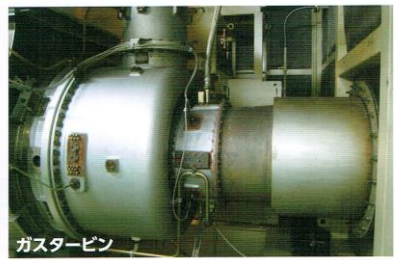
高効率 (インバーター)  
電動ターボ冷凍機



2000 kW GT  
(防音箱) x 2台



2000 kW / 2万2000rpm  
IHI製、ヘリコプター転用

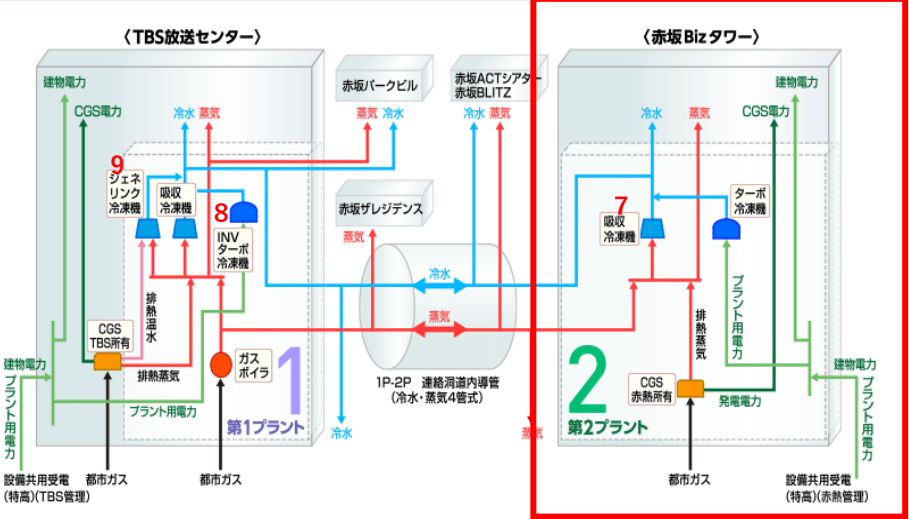


ガスタービン



GTのCRT監視項目説明

## プラント設備概要 (2022年7月現在)



スカウトに依る  
GTの運転



GTの運転開始



動画：GT運転：9計器の  
説明をした



Q&A



社長の高木様 (左)  
& 土屋様から講評



参加者全員で記念写真



マトメ



TBS前のイルミネーション  
GTorガスENGからの電気?