

## 【第143回講演会 講演録】

## 平成20年度 土地月間記念講演会（「豊かな地域社会を築く土地の有効利用」）

日時：平成20年10月31日（金）

場所：発明会館ホール

## 平成20年度 土地活用モデル大賞（国土交通大臣賞）

## （土地を有効に活用し環境に配慮したクリーンな地下工場の建設の特色について）

ヤマザキマザックオプトニクス 株式会社  
フェニックス研究所 取締役所長  
宮川 直臣

ただいまご紹介に預かりましたヤマザキマザックの宮川でございます。

今回は、私共が土地の有効利用という観点から行いました事例についてご紹介したいと思っております。

これが、私共の工場のシンボルである、所謂ピラミッドでございます。ちょうど日が暮れますとこのような光景が浮かび上がり、工場か公園か良く解らないと皆様に言われております。

私共ヤマザキマザックは、世界一の工作機械メーカーであり、(スライド1)この様に全世界に展開いたしております。私共ヤマザキマザックオプトニクスもヨーロッパ、米国を中心として全世界に展開いたしております。大雑把に申し上げれば、約80%が輸出でございますから、必ず世界の情勢を加味しながら展開しなくてはならないという問題がございます。

オプトニクスは、レーザー光を使って加工するレーザー加工機を中心として、それらの自動化システム、CNC、CAD、CAM、等の開発、生産、販売、サービスを全世界に展開している会社でございます。

ここでまず、レーザー加工機がどんなものであるかと言うことを少しこのビデオでご紹介したいと思います。今これは、ステンレスの板をこのようなスピードで加工しているところですが、この様ないろいろな形状を加工する機械であります。現在は、この例よりもっと早いスピードで加工しております。レーザー加工と言いますのは、ちょうど皆様方がレンズで太陽光線を集め、紙をお焼きになった事があると思いますが、それと同様に約25mm厚の鋼板を加工するものでございます。更にここに有ります様に三次元形状、例えば自動車のフレームの

ようなものを、首を振りながら自由自在に切っていくこともできます。これは、その様な形状を加工するためのプログラムを作るCAMシステムでございます。これは、建築などでよく使われるパイプ材の切断用プログラムを作成するCAMシステムです。以上簡単ですけれど若干事例をご紹介いたしました。

(スライド3)これが新工場の外観でございます、別に何もございません。これが駐車場で、これが工場の天井部で、ここに先ほどのピラミッドがございます。ここがメインエントランス、ここからエレベータで下へ降りて行く訳でございます。ここが非常口、ここが通気口であり、大体この下にすっぽりと工場が埋まっています。これは、前の道路から見た情景ですが、この様に見えております。

(スライド4)私共の新工場建設に際してのテーマとしては、まず、環境に調和した工場、土地を有効利用した工場、クリーンな工場であり、更に地球温暖化防止に配慮した工場でございます。

(スライド5)これは工場の所在地であり、岐阜県の真ん中あたりにある美濃加茂市にあります。このあたりは、当社の工場が集中しておりますが、その一部を構成しております。

(スライド6)新工場建設の概要と致しましては、平成19年12月に竣工いたしまして、工場の稼働は本年2月からであります、大体半年以上を経たわけでございます。敷地面積は、約9千坪で延べ床面積は約3千坪の地下工場でございます。

(スライド7)工場の建設に際しては、まず環境に調和した工場ということを考えました。これはこのエリア

一の衛星写真でございますが、先ほどの工場の建設エリアはここでございます。ここが一番高く、こちらに向かって低くなっている丘陵地となっております。周囲が、美濃加茂市の公園、野球場、プール、テニスコート、等のレクリエーションエリア施設であり、おまけに火葬場まで完備しております。ここが雑木林、畑、田んぼでございます。この様な立地条件の中で工場を建設することになった訳でございます。

ここで我々が考えた問題は、ここが一番高く、ここが非常に低いならかな斜面を利用して工場をどうやって作り上げるか、と言う事でありました。その結果、ここに既存の道路が有りますので、この道路に新たに道路を付け加え、この所に新たに工場を作ったわけでありました。この部分が駐車場であり、新工場はこの様なイメージとなりました。周囲が完全に公用地となっており、周囲にマッチした工場とは何か、に対する一つの回答であります。

これは、当工場のアウトラインであります。ここが地表であり、ここにピラミッドの入り口が有り、その下にこの様な工場が埋まりこんでいるレイアウトになっています。

これが断面図で、これが地表でございます。この地表から約11メートルぐらい掘り込んでありますから、当然工場周囲の壁面には大きな土圧に係る事になります。その土圧に対抗するためには、この様な桁構造の壁を必要とします。

更に、この工場の作業環境を最適にするためには、外部から空気を取り入れ、内部の空気を外部へ排出する循環システムを構築しなくてはなりません。外部の空気を取り入れるとなりますと、ここでは外気は0℃から38℃ぐらいまで変化いたします。そういう外気を取り入れながら、この工場内を如何したら最適な温度、湿度環境にコントロール出来るかが最大のポイントでございます。これが工場の内部でございます。これが床でございます。この床面積が、約3千坪の規模でございます。天井までの高さが約11メートルであります。これが、現在の稼働状況でございます。

先ほど申し上げた地下工場の次なるポイントは、コストが上がるのではないかと、平地に作るより3倍から4倍かかるのではないかと、言う事です。しかしながら、私共の実績では、平地に比べて大体20%から30%アップ程度で完成しております。これは、土地の形状を旨く利用したということもございます。

これは、先ほど申し上げた土圧壁でございます。これは最初の設計原案で一枚壁でございますが、この様な

壁ではとても土圧を支える事が出来ません。従って、しっかりと踏ん張ることが出来る桁構造とする必要があることになりました。この桁構造を良く見ますと、この桁内の空間は全く使えない空間ということになります。その空間は、当初3メートルでありましたが、それならその空間を6メートル程度に広げ、その中に事務所だの設計だの精密部品工場だの食堂だのを作れないものか、と言うことになったわけです。そうしますと工場の全周にこの空間が出来ることになります。そうすると一辺が110メートル、他の一辺が60メートルと細長い鰻の寝床のような事務所が全周に出来たという事になります。実はこの工場を作ろうとした時、地下工場はいいが事務所を如何する、地上に作らねばならないかを悩んでいましたが、これによって全部これでいけるということになりました。これは、工費の節減の大変大きな要因の一つでございます。

又、この部位が外壁でございます。この外が土でございます。この様な構造では、外壁を通じて水分が内部へ浸透し、その結果どうしても地下室は湿気が多いと言われることになります。従って、外壁と室内との間にドレーン空間を設ける必要があることとなります。この場合のドレーン空間は、幅約0.7メートル、高さ約5メートルの矩形空間となり、この大きな空間を利用しない手は無いとなったわけです。ここに先ほどの0℃から38℃の外気を投入し、工場の全周を回してやると工場外部の地熱は16℃と一定であるため、それで熱交換が出来るんじゃないかと言うことになりました。実行いたしました。そう致しましたら、その効果は絶大なものがありました。大変効率の良い熱交換が可能になったことが実証されました。これについての詳細については、データが揃っていないため、これ以上申し上げられませんが、今後データが揃いましたら皆様にご提供できると思っております。

これは、その部位の写真でございます。この土圧壁の内部に設計、食堂、精密部品工場、等が並んでいるのを見ていただけたと思います。又、この様な構造は非常に密閉度が高く、埃を嫌う精密部品工場としては最適な環境と言うことが出来ます。

そういう意味でも土地を有効利用した工場と言うことは出来ますが、もう一つの大きなポイントは、地下工場の場合建蔽率100%と言うことでございます。この場所で地上に作った場合の建蔽率は、60%であることを考慮すれば、100%完全に土地を有効利用できるということは大変大きなメリットでございます。

更に大きなポイントは、ここに駐車場が出来るという

ことであります。こちらにも駐車場がございますが、実はこれは工場の屋根でございまして、観光バスだろうがトラックであろうが十分駐車することが出来ます。一般的に工場を作る場合、駐車場の確保は大変でございまして、工場の倍以上の面積が必要となりますが、地下工場の場合には駐車場の確保が非常に楽になる大きなメリットがございます。

土地を平らに造成し地上に工場を作る場合、このエリアでの建蔽率は60%であるため駐車場の確保も出来ず、ましてや工場の増設も不可能となります。

次は、クリーンな工場というイメージについてであります。私共は、埃を最も嫌う精密光学部品を取り扱っているためクリーンな環境と労働環境の改善であります。地上の場合です積極的に密閉度を向上させても、どうしてもかなりの埃が入ってきますが、地下工場化によって密閉度、防塵度の大幅な向上を図ることが出来る事を実証できました。皆様もご承知の様に、クリーン度をどうやって測るかといいますと、1立方フィート内に存在する0.5ミクロン以上の粉塵の個数をパーティクルカウンターで計測し決定します。それによれば一般の機械加工工場、或いは組立工場では大体300万個から500万個のパーティクルが浮遊していることが普通でございます。これだけのパーティクルが浮遊していると、私共の光学部品を組み立てる際に光学部品の上面に汚れがつきまして、何度も何度も拭かなくてはならず、品質保証上大変厄介な問題が出てまいります。この点がそもそも地下工場を作ろうとした所以であります。

目標と致しましては、先程の3千坪の工場では15万個、土圧壁の中に作る光学部品加工工場では1万個、レーザー用ミラーを加工する工場では千個程度に抑えたいとの目標を立てました。千個以下となりますとこれはもう半導体のクリーン工場レベルでございます。

一応この様な目標を立てて設計したわけですが、実際に測定しますと、15万個とはまいませんが、現在20万個から25万個に収まっております。大体目標どおりではと考えております。ただここで気づいたことは、人間が15人、20人と入りますとこのオーダーがボンと跳ね上がることです。人間が如何に汚れているかを身にしみて感じたわけでございます。

私共は、静電気防止付の作業着しか入れないとか、靴も専用のもでないと入れないとか、規制を設け、普通の服ではなるべく入って頂かないようにしております。この程度のクリーン度で工場を運営しておりますと、思いもかけなかった効果として花粉症が楽になったとか、喘息が楽になったというような声が従業員から聞こえてま

います。言われてみれば密閉度が上がったから当然ではあります、実際に確認が得られたわけでございます。この土圧壁のこのエリアはまだ機械を設置していない空間でございまして、この状態ではパーティクルカウンターが作動しないほどクリーン度が高く、人間が入りますと途端に300個から500個程度に跳ね上がります。ここで言いたいことは、地下工場の密閉度は、容易にこのくらいのクリーン度を保つことが出来るという事実でございます。

次に地球温暖化防止に配慮した工場についてですが、先程申し上げましたように大体地下を10メートル掘りますと地熱が常に16℃程度と言うことであります。これは、皆様方が既にご承知のように、井戸水は夏冬問わず常に一定であるということ、つまり地熱が一定であるということを示しております。

地下工場の場合作業環境を一定に維持しようとしますと、1時間に一回約5万立方メートルの空気を循環させなくてはなりません。そうしますとその都度0℃から37～38℃程度の外気を導入することとなり、その上で工場内を常に18℃から28℃の維持しなくてはならない、というこのギャップをどうするかが大問題となります。通常はこのギャップを膨大な電気エネルギーを費やして処理するわけですが、この地熱16℃を利用しない手は無く、どうやってこれを利用するかとなります。

先程に戻りますと、0℃から37℃の外気を例のドレーン空間を通して約100メートル走らせると大体5℃程度下がるらしい、という実験データは実は有りました。ところが実際にやってみますと、約15～16℃変動し我々もびっくりしているところです。もう少し年間を通じてのデータを取ろうと言うことで来年の3月ぐらいまで取るつもりでおりますけれど、実際にどのような現象が起きているかこれから調べようと思っております。

ここには書いてございませんが、工場はセメントの箱であることでセメントの熱容量が非常に大きく、一旦暖まるとなかなか冷えない、一旦冷えるとなかなか暖まらないという現象が起きている、建物全体が魔法瓶になっているというようなイメージでございます。工場の床から更に10メートル穴を掘り各地点での温度を測りますと、工場の床面では大体23～24℃程度、8メートル程度下がりますと18℃となりますので、更にそれより5メートル程度掘りますとたぶん地熱の16℃程度になるのでは、と考えられます。従って床面より7～8メートルの範囲で魔法瓶になっているのではと考えられ、これが大きなポイントかなと思っております。

(スライド14) これは、この地域の外気温の年間推移です。最低ではマイナス2℃、最高では37℃となっております。その条件で工場内を18℃から28℃にしたい。地熱温度16℃はこの線でございます。このような条件下でどうやって18℃から28℃にコントロールするかということですが、現実に私共の経験で18℃以下の場合には全く問題なく、エアコンも全く不要でございます。大体この温度の場合で、温度は大体23℃とほぼ一定となっております。これにはちょっと驚いたのですが、変化するかと思ったのですがしないのです。こうしているうちに夏になりまして、この28℃以上の部位で何が起こるか心配したのですが、大体27.5℃ぐらいで収まりました。これは一応目標28℃以下なのですが、問題は湿度です。湿度が上がってまいりまして、大体70%ぐらいになってきますと人間はやはり不快感を感じ、ここの改善が必要となりました。そこでこの部位のみエアコンを使用したところ、大体30分で工場温度が変化することが確認できました。普通ではこんなことにはなりません。変化に2～3日を要するものです。このような現象を捕まえますと、やはり地下工場の保温効果が絶大であることが認識できるものと思います。

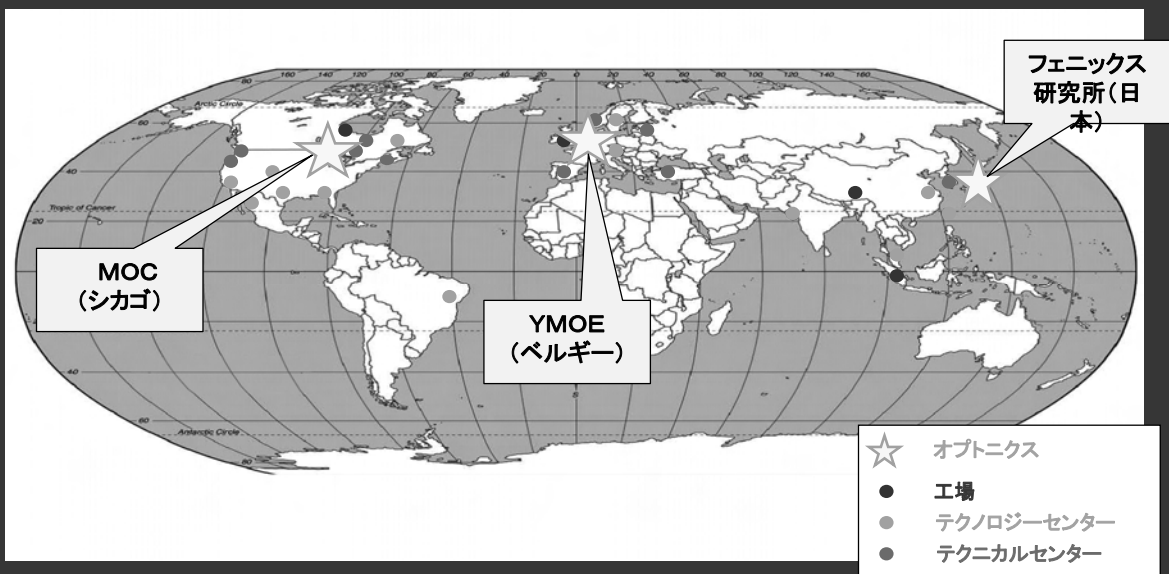
これが10月度での約1週間の実績データですが、これは工場内に複数個の小さな温度計を取り付け毎日の温度、湿度を連続的に記録したものでございます。このグラフの赤い線は、外気温であり、この中間にある二本の線が床面と床面から2メートル上部の温度を示しています。これを見ますと床付近の温度は、大体24～25℃近傍でほぼ一定になっていることがお分かりいただけると思います。もし私共が通常どおり電気でこれをやろうとしますと、この差の面積分の膨大なエネルギーを投入する必要があることとなります。この投入エネルギーが不要となるということですから大きなエネルギーセービングが出来るということです。これを今後年間に渡って見てみようと思っております。

青い線が外気の湿度です。ここに示すように湿度は大体温度に反比例しておりますが、この湿度をどうするかが大きなポイントでございまして、本工場の場合には、ドレーンダクト表面壁への結露により相当量の湿度を除去することが出来ます。従って、120メートル近く走りますと若干湿度が下がってくる現象が見られますが、今後これらのデータもより詳細に取って行こうと思っております。

他に色々申し上げたいことがございますが、時間がまいりましたのでこのくらいにしたいと思います。ありがとうございました。



ヤマザキマザックは、世界一の工作機械メーカーとして全世界に展開しています。



ヤマザキマザックオプトニクス(株)は、

レーザ加工機、自動加工システム、CNC、CAD、CAMの開発、生産、販売、サービスを全世界に展開しています。

レーザ加工機とは



2

## 新工場の外観



3

## 新工場建設に際しての主なテーマ

- 環境に調和した工場
- 土地を有効利用した工場
- クリーンな工場
- 地球温暖化防止に配慮した工場

4

## 新工場の所在地



岐阜県

美濃加茂市



5

## 新工場建設の概要、経緯

竣工：平成19年12月

工場稼働開始：平成20年2月

敷地面積：29,244m<sup>2</sup>

延床面積：10,267m<sup>2</sup>



6

## 環境に調和した工場



7



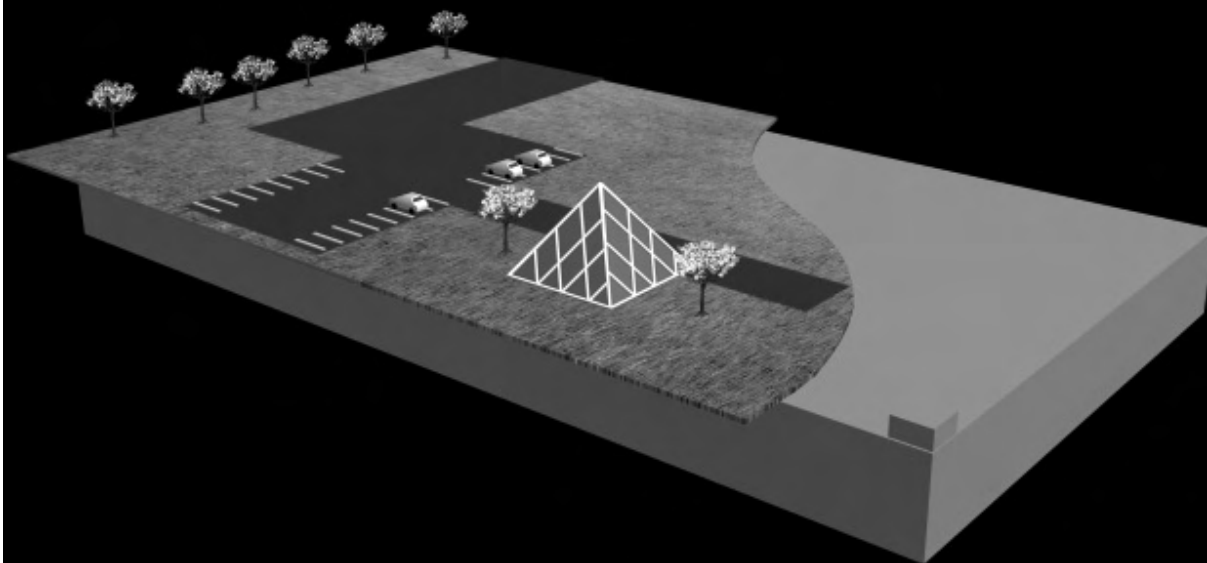
## 環境に調和した工場



8

## 土地を有効利用した工場

### フェニックス研究所外観図



9



工場内全景

稼動状況



## 土地を有効利用した工場

10

## 土地を有効利用した工場 土圧壁の積極活用



事務所  
B1



設計  
B1



精密部品  
工場  
B2



食堂  
B2

11

## 土地を有効利用した工場

地下工場の建蔽率100%



12

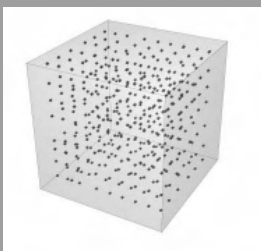
## クリーンな工場

地下工場化により密閉度、防塵度の大幅な向上

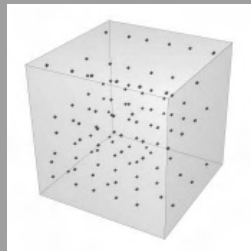
埃を最も嫌う精密光学部品の組立て環境と労働環境の維持

1立方フィート内に存在する0.5ミクロン以上の粉塵の個数で管理  
一般機械加工工場、組立て工場では、3,000,000~5,000,000個程度

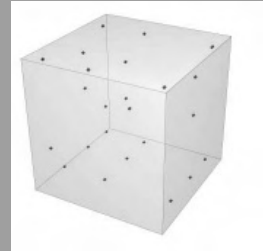
150,000個



10,000個

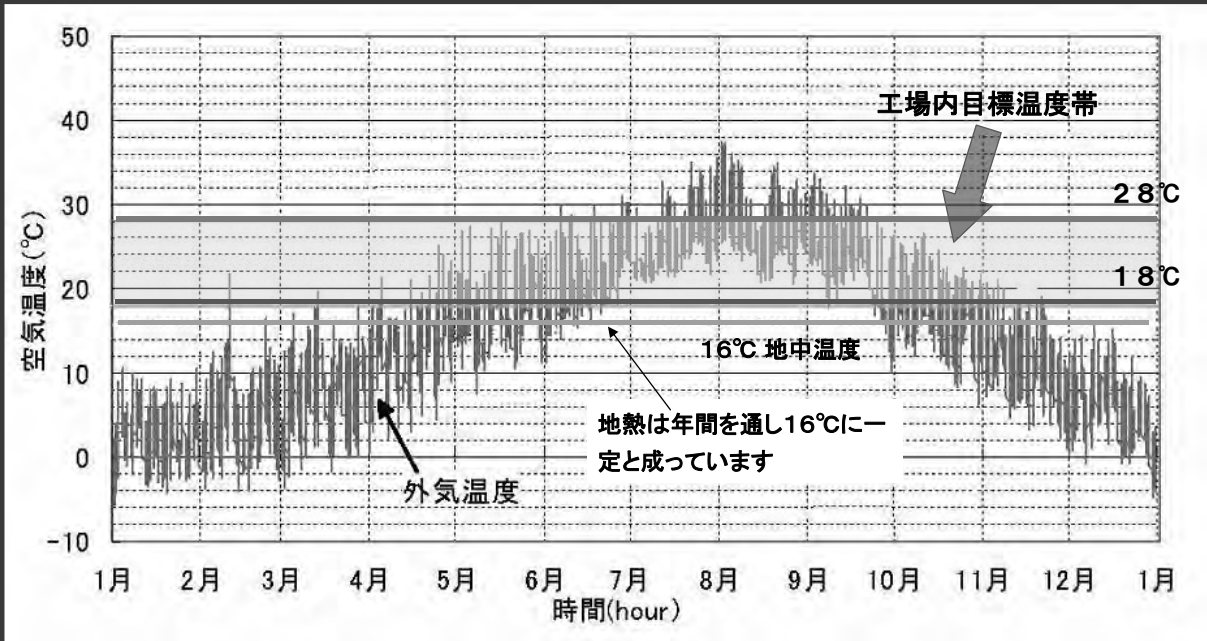


1,000個



13

## 地球温暖化防止に配慮した工場 美濃加茂市蜂屋町地区の外気温度の年間推移



**Mazak**  
*The Laser Technology*  
*Phoenix Laboratory* 