



海と船を知る教室



私たちの生活を支える船

九州大学 工学部

准教授 木村 元

「海と船を知る教室」WEBサイト:

<http://sysplan.nams.kyushu-u.ac.jp/gen/event/Umitofune/index.html>

2012年8月11日 @糸島市加布里公民館

私たちは、船が無くては生活できない！

...どうして？

どれも毎日使う物の原料だよ

原油	輸入比率	99.6%	(2010年)
天然ガス	輸入比率	96.7%	(2010年)
石炭	輸入比率	99.4%	(2010年)
鉄鉱石	輸入比率	100%	(2006年)
ボーキサイト	輸入比率	100%	(2006年)
小麦	輸入比率	86.7%	(2011年)
大豆	輸入比率	95.0%	(2006年)
などなど			



外国から輸入する物は
全て船で運ぶから



海運・造船と環境

日本における海上輸送

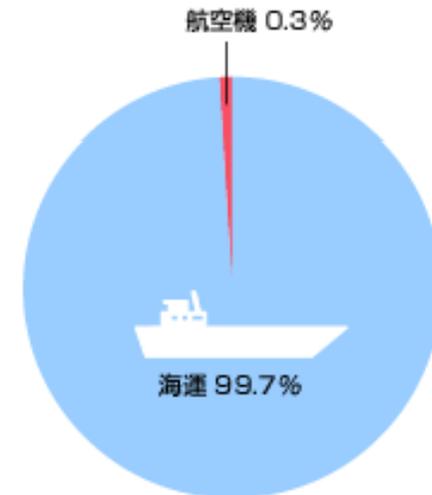
- 日本の輸出入貨物のうち、99%以上を海運で輸送(トンベース=重さ)
 - 輸入量は年間8億トン→約26ton/秒、国民1人あたり約6.5ton/年
 - 世界全体の海上貿易量の約1.5割を占める

大型トラック
1台分！

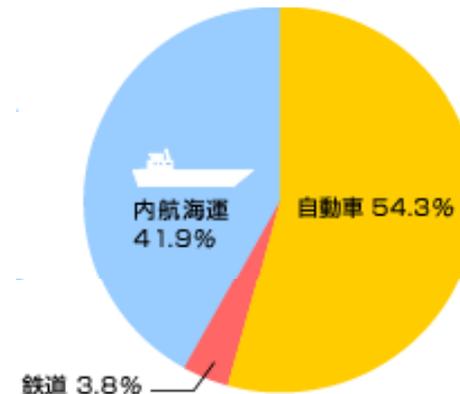
- 国内貨物輸送のうち、約4割を海運が輸送(トンキロベース=重さ×距離)

日本は船が無ければ成り立たない

●輸出入貨物輸送に占める海運の割合



●国内貨物輸送(トンキロベース)に占める海運の割合



船はいくらするの？

船(貨物船)の製造原価内訳:

材料費6割

加工費3割

その他開発設計費1割

この部分のコスト削減が
造船会社の「競争力」

●原材料費: 鉄鋼 1kgあたりおよそ100~120円



●7万トン積み貨物船(自重1万トン) 20億円
(1kgあたり200円、1tあたり20万円)

これが10~70億円で売れる

●漁船500トン10億円
(1kgあたり2000円、1tあたり200万円)

自動車と同じくらい
ただ大きいだけ

海運・造船と環境

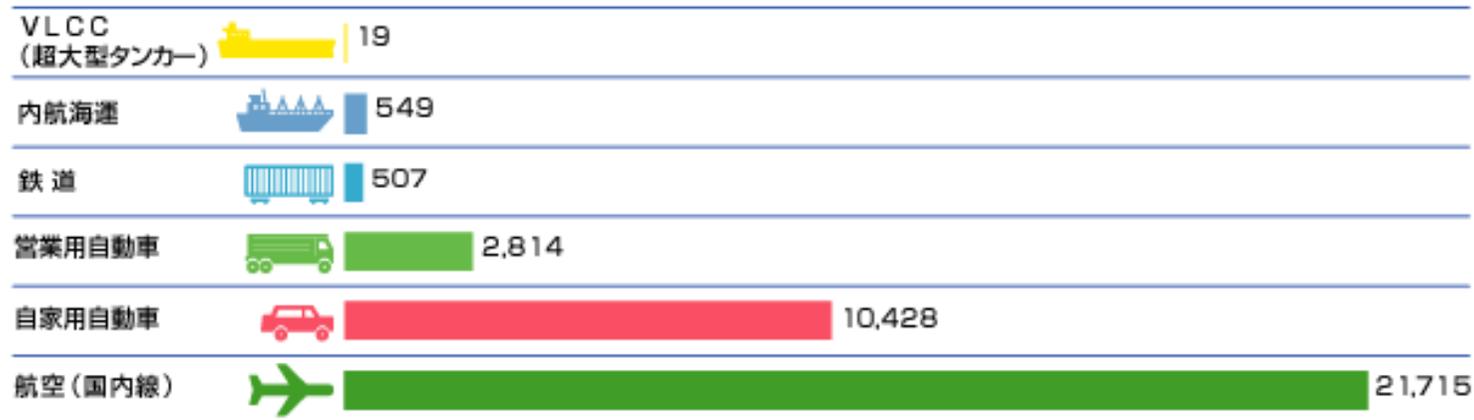
環境に優しい輸送手段

- 長距離・大量輸送

船は、少ない燃料で荷物をたくさん運べる！

- 船は大量の貨物を長い距離にわたって運ぶことができるため、単位重量あたりの貨物に対して使用するエネルギーが少ない
- すなわち、地球温暖化の原因となっているCO₂排出量が、他の輸送手段に比べて相対的に少ない

● 1トンの貨物を1km運ぶために必要なエネルギー（1999年度）



単位：キロジュール/トンキロ 出典：「交通関係エネルギー要覧」(2001・2002年度版)などより作成

- 道路・線路等の経路整備を必要としない

道路や線路を敷くために森を切り開いたりしなくて済む



環境に優しい輸送手段

海運・造船と環境

環境に優しい輸送手段

- 自重の何倍もの貨物を輸送する
 - 例：パナマックスばら積み貨物船

全長：294m、全幅：32.3m、喫水：12m

自重 (lightweight) 1万トン
載貨重量 (deadweight) 7万トン

パナマ運河を通れる
最大の大きさ

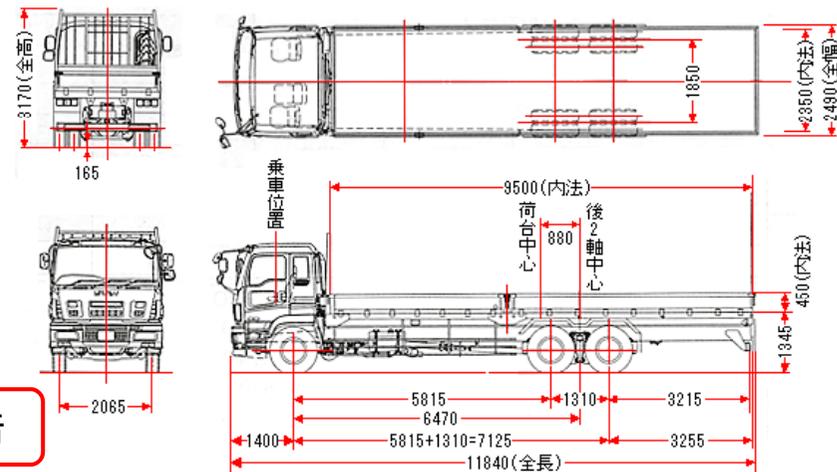


船は自分の重さの7倍の荷物を運ぶ！

トラックの場合：
例： 道路交通法上の25tトラック
(俗に言う10トントラック)

自重 8~9トン
最大積載量 16トン

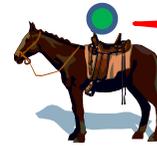
トラックは高々2倍



輸送力比較：馬1頭でどのくらいの荷物が運べる？

馬に乗せる

0.125t |

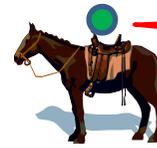


タル 1コ

輸送力比較：馬1頭でどのくらいの荷物が運べる？

馬に乗せる

0.125t



タル 1コ

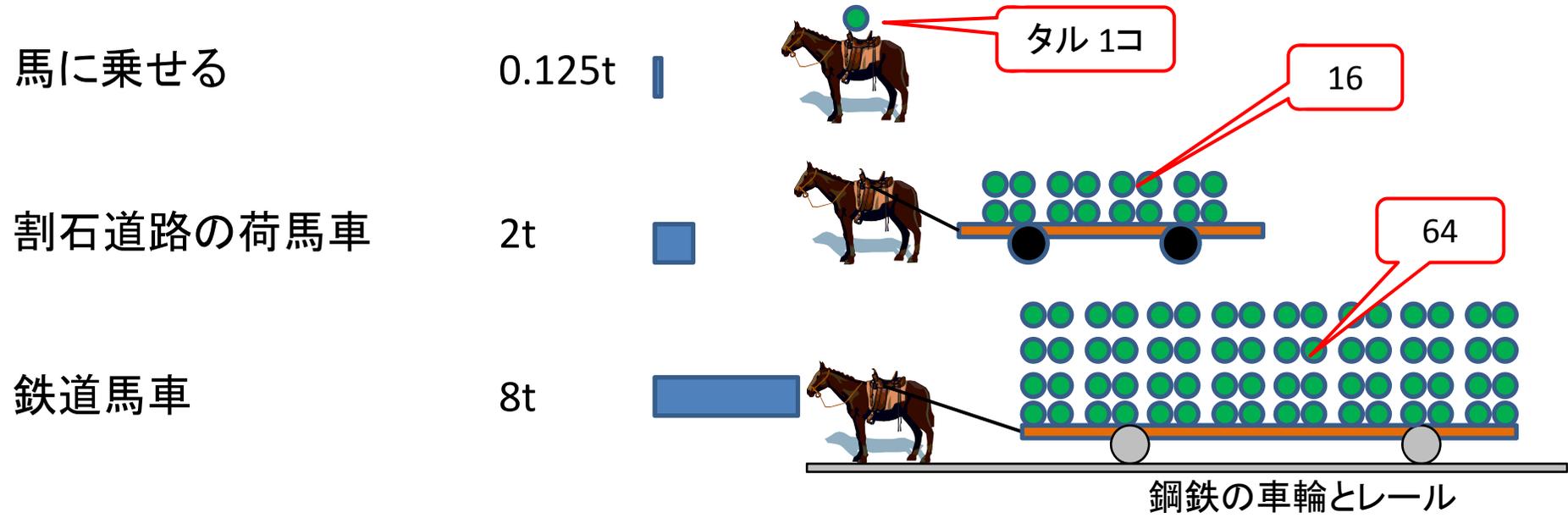
16

割石道路の荷馬車

2t



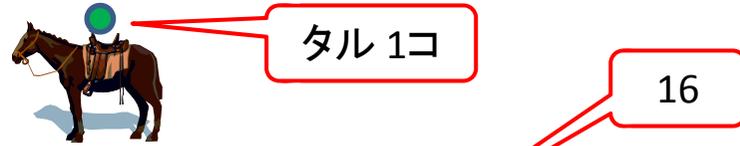
輸送力比較：馬1頭でどのくらいの荷物が運べる？



輸送力比較：馬1頭でどのくらいの荷物が運べる？

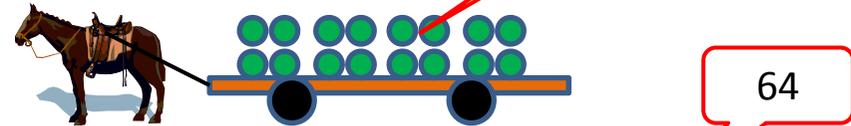
馬に乗せる

0.125t



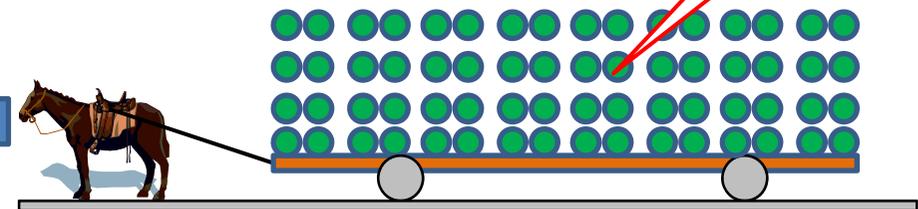
割石道路の荷馬車

2t



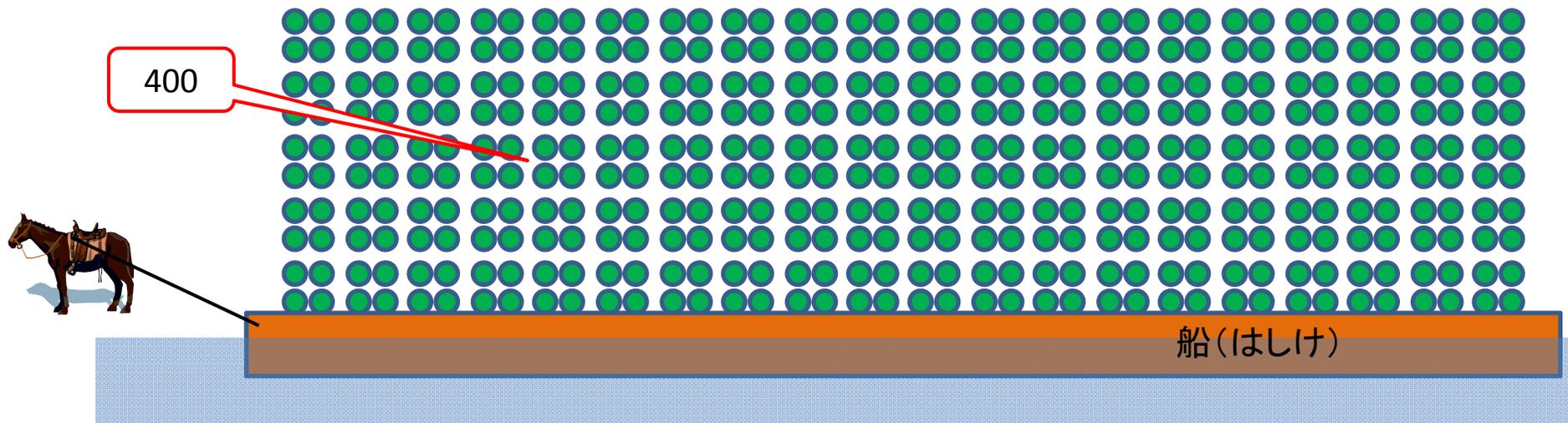
鉄道馬車

8t



運河を馬で曳船

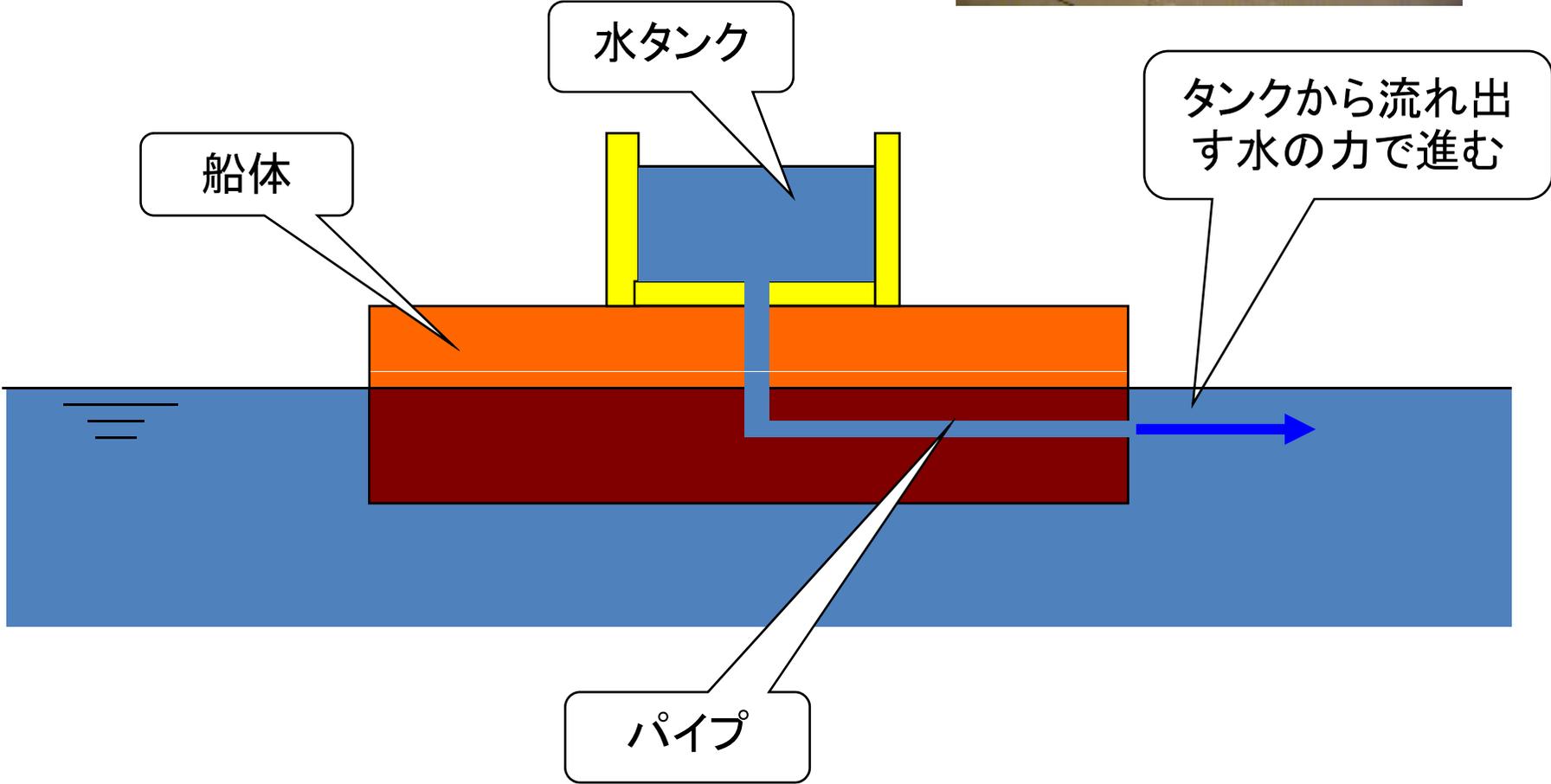
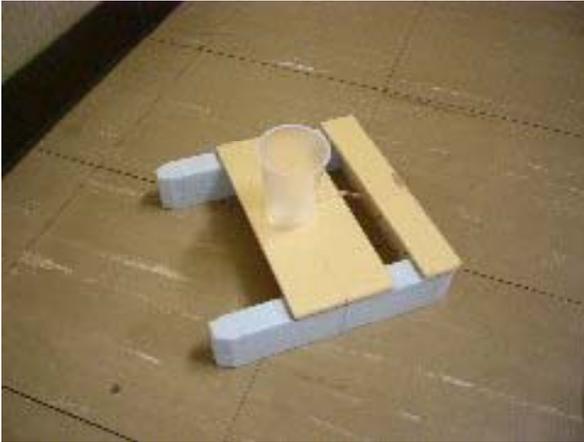
50t



The Engineers of the English River Navigations, 1620-1760"
by Professor A W Skempton, is published in the *Transactions of the Newcomen Society, 1953-54 Vol 29.*

小さな力でも船は走れる

水の落差動力船



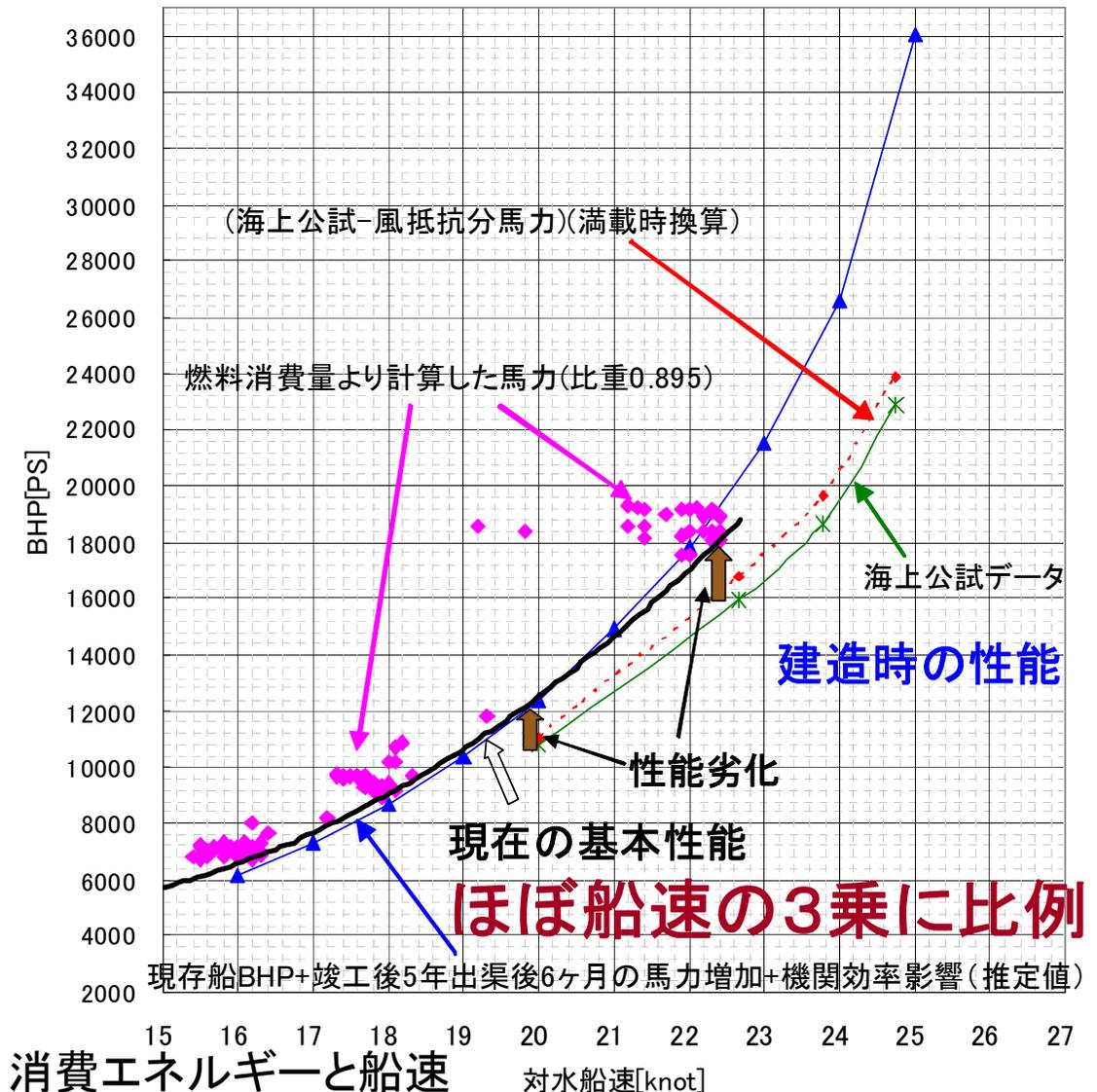
だけど、速く走るのは、とっても苦手！

- 水中の摩擦抵抗は、空気中の約800倍
- 船の消費エネルギーは、ほぼ船速の3乗に比例
 - 例：船速を25ノット(時速46.3km)から20ノット(時速37.04km)へ落とすと、消費エネルギーは半分程度になる

$$(20/25)^3 = 0.512$$

(注) 同じ距離を移動する場合のエネルギーは速度の2乗倍になる

出典：加納敏幸, 海上物流効率化による低炭素社会の実現, ゼロエミッション船に向けて, 2008年



消費エネルギーと船速

対水船速[knot]

船がより速く走るには？

1. 大きなエンジンを積み、大きなパワーで推進する

- ・大きなパワーの出るエンジンを積む
- ・大きなパワーを出せる推進器(プロペラ等)を使用する



船がより速く走るには？

1. 大きなエンジンを積み、大きなパワーで推進する

- ・大きなパワーの出るエンジンを積む
- ・大きなパワーを出せる推進器(プロペラ等)を使用する
- ・推進器の伝達効率を上げる



船がより速く走るには？

1. 大きなエンジンを積み、大きなパワーで推進する

- ・大きなパワーの出るエンジンを積む
- ・大きなパワーを出せる推進器(プロペラ等)を使用する
- ・推進器の伝達効率を上げる

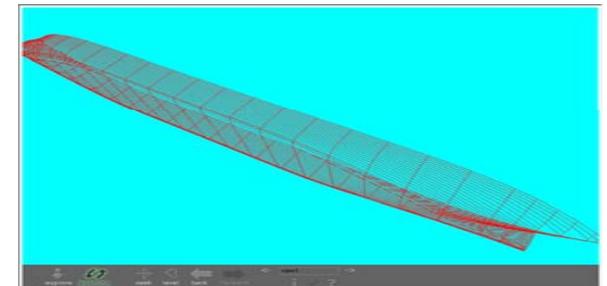


2. 船体の流体抵抗を小さくする

- ・**摩擦抵抗** 表面をなめらかにする・水をはじくペンキを塗る
- ・**造波抵抗** 波を立てない形の船体にする
- ・**圧力抵抗** まわりを水が通りやすい形にする？



船の形を
どうするか？



3. 船を軽くする ・軽量化

船がより速く走るには？

1. 大きなエンジンを積み、大きなパワーで推進する

- ・大きなパワーの出るエンジンを積む
- ・大きなパワーを出せる推進器(プロペラ等)を使用する
- ・推進器の伝達効率を上げる

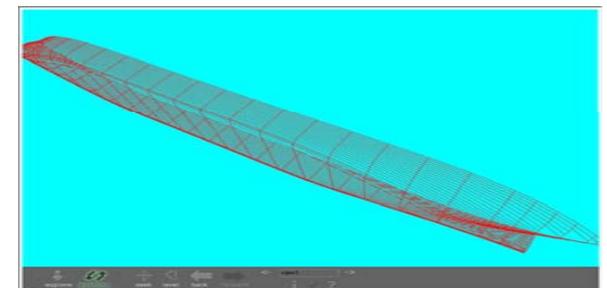


2. 船体の流体抵抗を小さくする

- ・**摩擦抵抗** 表面をなめらかにする・水をはじくペンキを塗る
- ・**造波抵抗** 波を立てない形の船体にする
- ・**圧力抵抗** まわりを水が通りやすい形にする？



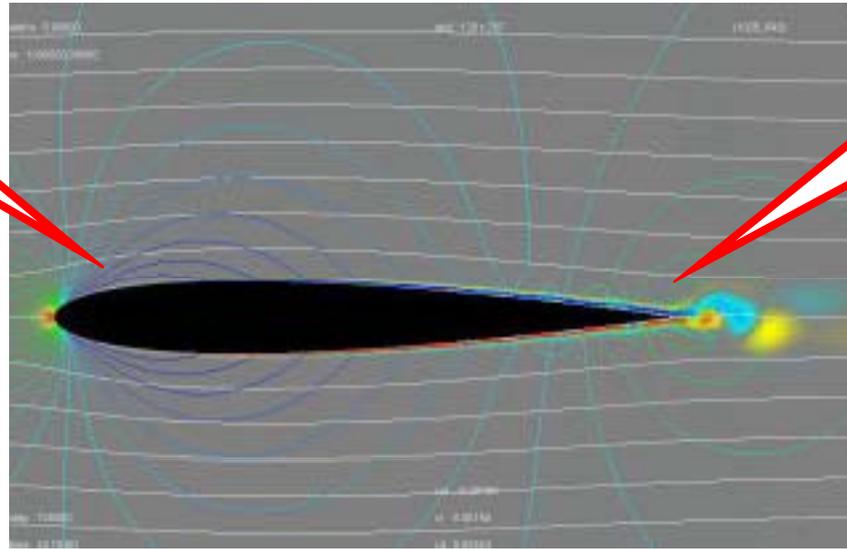
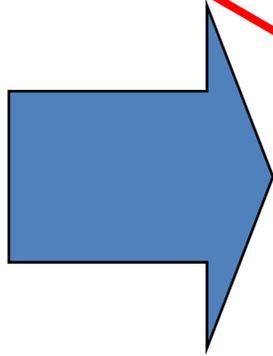
船の形を
どうするか？



3. 船を軽くする ・軽量化

圧力抵抗を減らすには？ 流線型

先端は丸く



尾を尖らせることが重要

ただし機体が全て流体中に沈んでいる場合に限られる

船の場合、水中に沈んでいる部分は上記の流線型、

水面付近(境界面)では波を立てにくいように先端が尖った形状が望ましい

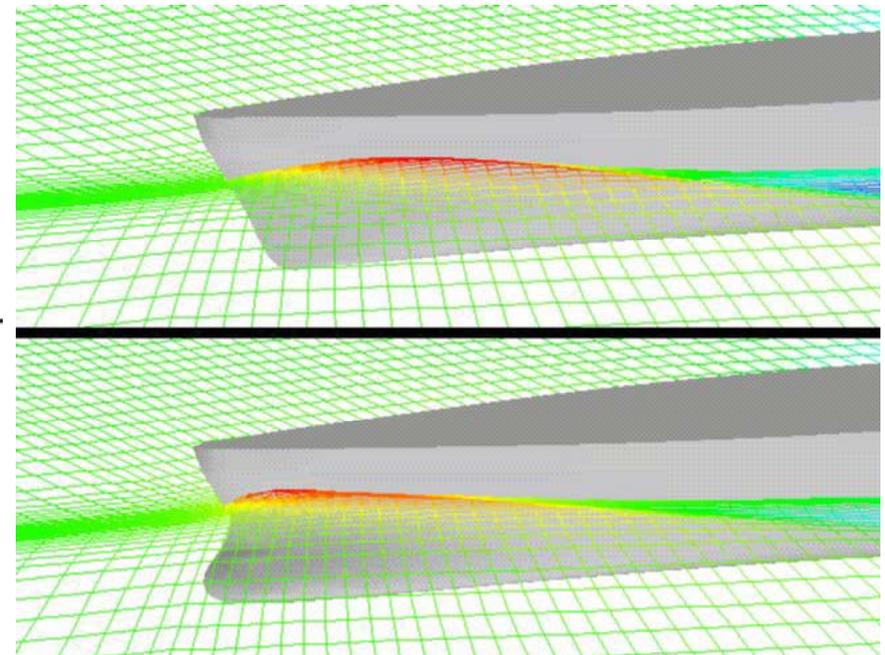
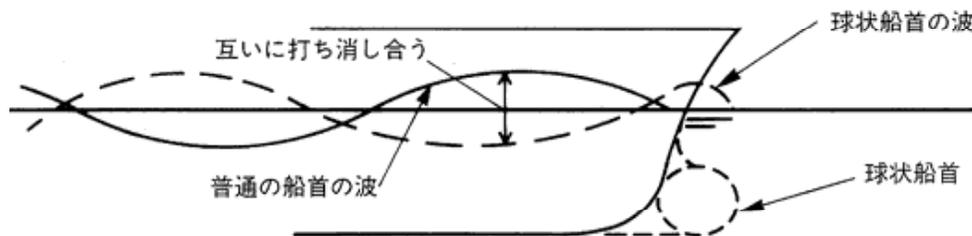
造波抵抗を減らすには？

- **バルバスバウ** 球状船首とも呼ばれる



- バルバスバウが作り出す波が、それ以外の船首の作る波と逆位相となって打ち消し合うことで造波抵抗を低減
- 日本で戦艦大和に用いられたのが最初
- 現在もCFD技術等を用いて改良研究が続けられている

例) 満載時と空の場合など



「水の落差動力船」で速く走るには？

2メートル通過の平均タイム： 6.80 [s]
非公式ながら最高記録



軽い材料を使い、不要な部分を削る：
軽量化

- ・ストロー2本あるいは太いストロー
- ・ストロー出口は水面ぎりぎりに：
推進器が大きくなる／推進器の効率向上

水タンクを高い位置に：
エンジンが大きくなる

船の後ろを尖らせる：
圧力抵抗が減る

表面はヤスリでなめらかに：
摩擦抵抗が減る

船の前を尖らせる：
圧力抵抗が減る

バルバスバウは
効果なかった

今日のお話

1. 船は私たちの生活に欠かせないものを運んでる

- ・私たちの見ていないところで毎日がんばって運んでます
- ・年間1人あたり6.5トンの物を外国から船で運んできてます

2. 船は大量の荷物を運ぶのに適した運搬手段

- ・地球にやさしい運搬機械
- ・自重の7倍もの重さの荷物を運ぶ
- ・小さな力(エンジン)でも走れる



3. だけど速く走るのは苦手

- ・なるべく速く走るために、いろいろ工夫してるよ
- 船は前の部分よりも、後ろの部分のほうが、とんがっている

