

## 신형 인플래터블 카약 개발을 위한 유체역학적 성능평가

하종규<sup>1</sup> · 김호<sup>2</sup> · 임이영<sup>3</sup> · 이재석<sup>†</sup>

(Received August 18, 2014 ; Revised November 28, 2014 ; Accepted February 9, 2015)

### Hydrodynamic Evaluation for Developing the New Inflatable Kayak

Chong-Ku Hah<sup>1</sup> · Ho Kim<sup>2</sup> · Lee-Young Lim<sup>3</sup> · Jae-Suk Ki<sup>†</sup>

**요약:** 본 연구는 새로운 3종 인플래터블 카약(inflatable kayak)의 유체역학적인 성능을 평가하여 신제품 개발에 필요한 정보를 제공하는 것이다. 유체역학적 계계산 및 해양공학수조와 회류수조를 이용하여 유체역학적인 성능을 평가한 결과는 첫째, v-hull kayak의 복원팔이 132.4mm로 가장 크고, 선회반경은 가장 작게 나타났다. 둘째, needle knife kayak의 저항은 71N으로 가장 작게, 무게중심은 0.128m 가장 낮게 나타났으나 전반적으로 밀림(draft)이 발생하였다. 결론적으로 v-hull kayak은 복원성과 선회성면에서 needle knife kayak은 무게중심과 저항성면에서 우수하다고 판단된다.

**주제어:** 인플래터블 카약, 유체역학적 평가, 수조모형시험, 회류수조시험

**Abstract:** This study is to evaluate hydrodynamic performance evaluation between three kinds of inflatable kayaks, that is, a frame kayak, a needle knife kayak, and a v-hull kayak. In order to test, inclining and turning trial test are performed in the Ocean Engineering Basin. Also, a resistance test is performed with a reduced scale kayak in the circulating water channel. Consequently, First, the moment arm of a v-hull kayak is the largest with 132.4mm, but turning radius of one was the smallest of them. Second, the resistance of a needle knife kayak is the smallest with 71N, the center of gravity of one was the lowest with 0.128m of them, and then needle knife kayak occurs in a draft overall. Consequently, the v-hull kayak has had the advantages on restoring force and turning performance than others. The needle knife kayak has been more excellent on resistance and center of gravity than others.

**Key words:** Inflatable kayak, Hydrodynamic evaluation, Basin test, Turning trial test

#### Nomenclature

$C_{TS}$	총저항계수
$C_{FS}$	마찰저항계수(ITTC 1957 곡선)
$C_R$	잉여저항계수
$C_A$	모형선-실선상관수정계수(1978 ITTC 해석법)
$C_{AA}$	실선 공기저항계수
$T$	트림 무차원계수
$S$	침하량 무차원계수
$U$	선속
$g$	중력가속도
$dA$	선미침하량
$dF$	선수침하량

$A_T$	흘수 위 가로투영면적
$S$	침수 표면적
$L_{WZ}$	수선길이

#### 1. 서론

발길이 닿기 어려운 곳에 카약을 타고 들어가 캠핑을 하면 어떨까? 오토캠핑의 북적거림과 번잡스러움에 식상한 캠핑족들은 한적하고 자신만의 공간을 찾아 나서는 경향으로 서서히 변화하고 있다. 카약은 인간이 호수, 강 및 바다와 친근하게 놀 수 있으며 자연과 하나가 되어 친교 할 수 있는 예코 수상 스포츠로 국내에서도 서서히 부각되고 있는 패들스포츠이다. 이러한 경향은 캠핑과 함께

<sup>†</sup> Corresponding Author (ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1943-9155>): Sang Myung University, 20, Hongjimun2-gil, Jongno-gu, Seoul, 110-743, Korea, E-mail: Joyjetki@hanmail.net, Tel: 02-781-7765

1 Korea Institute of Sports Clinic & Engineering, 233, Yatap-ro, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, Korea, E-mail: kuya-hah@hanmail.net, Tel: 031-704-5588

2 Incheon Technopark, Gaetbeol-ro 12, Yeonsu-gu, Incheon, 406-840, Korea, E-mail: autoho@itp.or.kr Tel: 032--2555-8767

3 Woosung.I.B. Co., Ltd. 158, Anaji-ro, Gyeongang-gu, Incheon, 407-829, Korea, E-mail: lyylim@zebec.co.kr, Tel: 032-550-1002

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

패들스포츠가 이루어지며, 모터 보팅과 비교하여 환경오염을 야기시키지 않고 특히, 수질오염 방지에 기여하기 때문이다. 한국레저협회는 ‘카약인구는 캠핑인구와 매우 높은 상관관계를 가지며 2012년 현재 캠핑인구가 약 100만명 인 것을 고려해 볼 때 가족단위의 레크레이션 카약과 중장거리 투어링 카약의 수요가 증가할 것으로 예상하고 있다’[1].

한편, 미국의 지난 3년 동안 패들스포츠 인구는 19.2 백만 명으로 2010년 6.6%, 2011년 6.8%, 그리고 2010년 6.7%로 증가 추세에 있다. 이 중 카약킹 인구는 지난 3년간 지속적인 증가 일로(2010년 3.0%, 2011년 3.5%, 2010년 3.6%)에 있으며 현재에는 10.3 백만 명으로 패들스포츠 중에서 가장 인기가 높다. 그리고 카약킹 인구의 특성을 살펴보면 연령은 25-44세(38%) 가장 많고, 인종은 코카시안(80%), 연수입은 100,000 달러이상(35%), 학력은 대학이상(49%)으로 연간 8일 카약킹을 즐긴다. 이렇듯 카약킹 인구는 고소득, 고학력의 젊은 세대 층을 중심으로 증가하고 있어 향후 카약 수요는 국내외적으로 꾸준한 증가 추세를 보일 것이다[2].

그러나 지금까지 국내 패들스포츠 기업 대다수가 OEM 생산에 주력해 옴으로써 설계기술의 부족, 자체 모델 개발의 한계에 직면하고 있으며 또한, 동남아, 중국 등이 패들스포츠 시장에 본격적으로 진출함으로써 세계적으로 경쟁 가능한 제품을 확보하는 데는 큰 어려움을 겪고 있는 실정이다.

최근 카약 시장은 가격측면에서 대량생산이 가능한 플라스틱 제품과 인플래터블 제품으로 크게 양분되고 있는 실정이며, 플라스틱 제품을 생산하는 국외 기업들조차 인플래터블 카약이 가지고 있는 월등한 장점을 이용하기 위해 점차적으로 인플래터블 카약 시장에 진출하고 있다. 이러한 인플래터블 카약의 장점은 공기를 주입한 후, 선체를 팽창시켜 이용함으로써 무게가 가벼울 뿐만 아니라 공기 배출 후 접어서 이동할 수 있어 인플래터블 제품 시장은 매년 15% 가량 지속적으로 증가하고 있는 추세이다[3].

따라서 우리나라 인플래터블 제품의 지속적인 경쟁력을 확보하기 위해서는 국내에 축적된 인플래터블 카약 제작 기술을 기반으로 선체 설계기술 개발을 통해 자체모델을 확보하고 생산자동화 기술개발을 통해 생산성 향상이 필요하다.

국내에서도 우성아이비를 비롯한 2~3개사에서 전 세계적으로 판매비중이 높은 1~3인승 제품을 대상으로 노(패들)로 추진할 수 있는 패들스포츠 제품을 생산·판매하고 있으며 특히, 우성아이비는 패들스포츠 제품 제작의 기반 기술을 보유하고 있어 이를 바탕으로 세계 경쟁력이 있는 국내제품을 만들기 위하여 1차적으로 2012년 국내 개발품인 인플래터블 카약, RPO-2(우성)와 미국산 플라스틱 카약, KONA(Hobie)의 유체역학적 성능을 비교 분석한 요인을 피드백하여[4] 2013년 개선된 RPO-2와 기존 KONA 및 새로

운 모델 RD-FK-11과 RD-FK-12의 유체역학적 성능을 2차적으로 비교 분석하였다[5]. 그리고 이상의 결과를 종합적으로 평가하여 도출한 개선안을 바탕으로 2014년 프레임 카약(Frame Kayak: Typ1) 1종과 인플래터블 카약 2종(Needle Knife Kayak: Type 2; V-hull Kayak: Type 3)을 개발하였다. 이 연구는 2014년 신 개발된 3종 카약을 공학용 수조와 회류수조를 이용하여 유체역학적 성능을 비교 평가하고자 한다.

## 2. 인플래터블 카약 설계

본 연구에 사용한 3종의 인플래터블 카약은 첫 번째 내부 프레임이 있는 카약(frame kayak: Type 1), 두 번째 내부 프레임이 없는 Needle형 카약(needle knife kayak: Type 2), 그리고 세 번째 내부 프레임이 없는 V형 카약(v-hull kayak: Type 3)이다(이하 Type 1, 2, 3으로 명칭 통일함).

### 2.1 선형설계

본 실험에 사용한 3종 카약에 대한 조선공학적 제계산과 복원성능의 평가를 위하여 3차원의 선체표면(hull surface) 설계를 하였으며 Figure 1, 3 과 5는 전면, 측면과 상하면이고 Figure 2, 4 와 6은 3차원 역설계를 통한 형상이다.

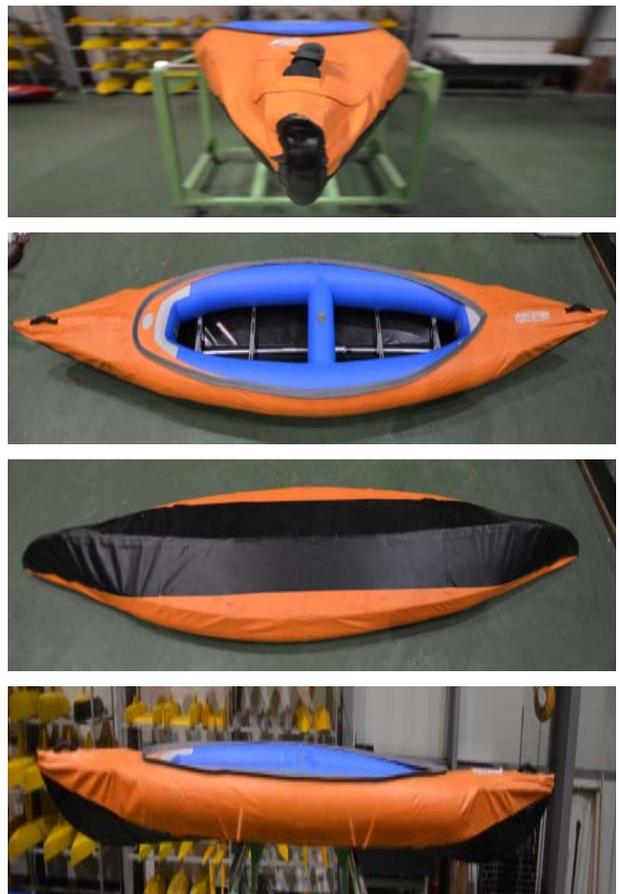


Figure 1: Frame Kayak (Type 1)

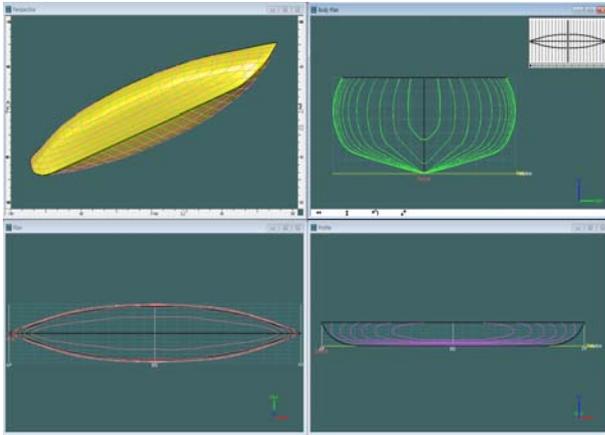


Figure 2: 3D Surface Design of Frame Kayak (Type 1)

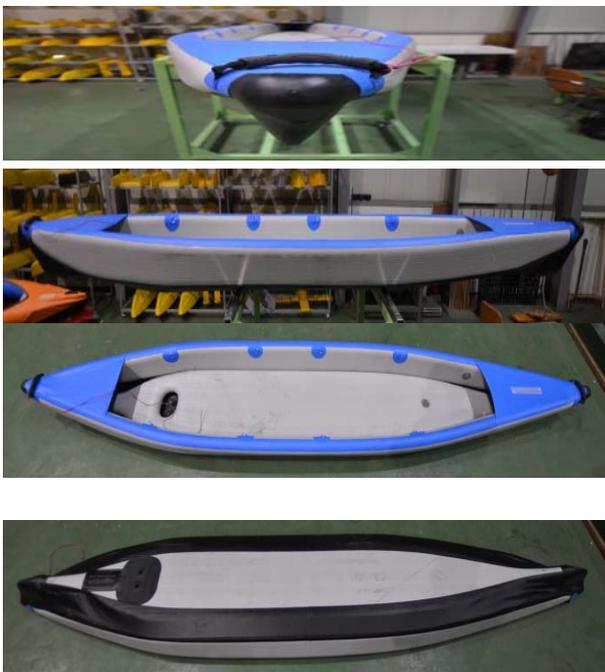


Figure 3: Needle Knife Kayak (Type 2)

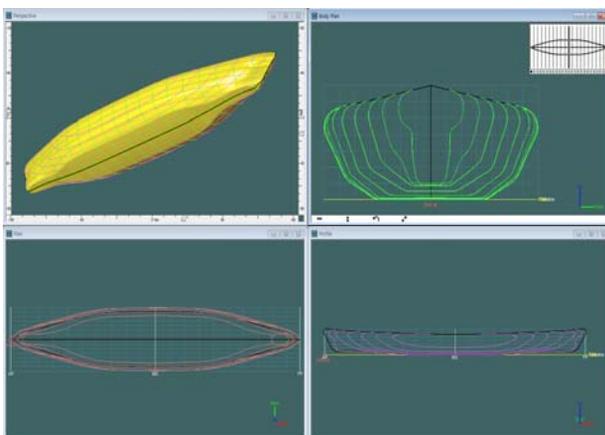


Figure 4: 3D Surface Design of Needle Knife Kayak (Type 2)



Figure 5: V-hull Kayak (Type 3)

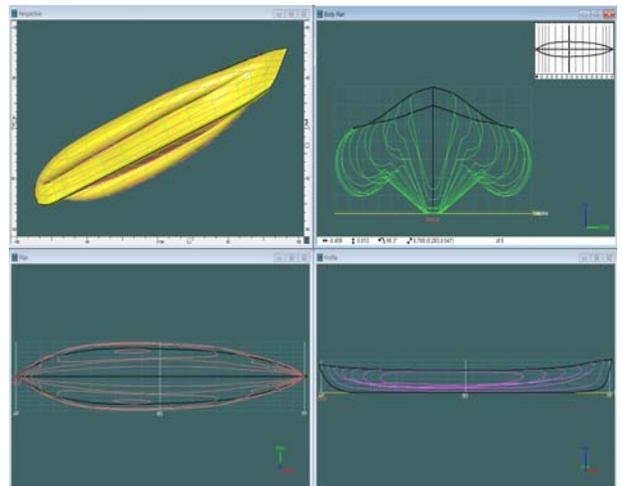


Figure 6: 3D Surface Design of V-hull Kayak (Type 3)

## 2.2 유체역학적 제계산

카약 3종에 대한 성능비교를 위해서 3D 선형설계 프로그램인 Maxsurf Hydromax Ver 17.04을 이용하여 기본적인 배수량( $\Delta$ ), 부심위치(KB), 침수표면적(wetted surface area, WSA) 등의 유체역학적인 계산을 수행하였고 각각의 카약에 대한 계획만재흘수(design loaded water line, DLWL)에서의 특성값을 계산하였다. 수면에서 카약이 물에 잠긴 최하단까지의 수직거리인 흘수가(draft) 변화될 때, 3종 카약에 대한 흘수별 유체정역학적인 결과치는 각각 Table 1, 2와 3이다.

**Table 1:** Hydrostatic calculations - Draft: 67.1 ~ 131.8mm (Type1)

Designation	Units	Value								
		60.0	77.5	95.0	112.5	130.0	147.5	165.0	182.5	200.0
Displacement	kg	60.0	77.5	95.0	112.5	130.0	147.5	165.0	182.5	200.0
Draft	mm	67.1	76.8	85.7	94.0	102.0	109.7	117.2	124.6	131.8
WL Length	mm	4085.6	4131.4	4171.3	4207.0	4239.2	4268.5	4295.1	4319.5	4342.2
Beam Max Extents on WL	mm	567.4	622.9	658.5	681.1	697.1	710.1	720.8	730.2	738.5
Wetted Area	mm <sup>2</sup>	1740442	1951521	2120356	2248926	2352281	2443014	2526002	2604272	2678753
Waterpl. Area	mm <sup>2</sup>	1651565	1845514	1996388	2103608	2181451	2243324	2294967	2339821	2378966
Prismatic Coeff. (Cp)	-	0.699	0.695	0.694	0.694	0.695	0.695	0.696	0.697	0.697
Block Coeff. (Cb)	-	0.376	0.382	0.393	0.407	0.420	0.432	0.443	0.453	0.461
Max Sect. Area Coeff. (Cm)	-	0.539	0.550	0.568	0.588	0.607	0.624	0.640	0.653	0.664
Waterpl. Area Coeff. (Cwp)	-	0.712	0.717	0.727	0.734	0.738	0.740	0.741	0.742	0.742
LCB from Zero pt. (+/fwd)	mm	2354.5	2354.7	2354.9	2355.0	2355.1	2355.1	2355.1	2355.1	2355.1
LCF from Zero pt. (+/fwd)	mm	2355.0	2355.6	2356.0	2355.6	2355.4	2355.0	2354.9	2355.0	2355.2
KB	mm	43.9	50.2	55.9	61.2	66.2	70.9	75.4	79.8	84.0

**Table 2:** Hydrostatic calculations - Draft: 57.6 ~ 138.7mm (Type 2)

Designation	Units	Value								
		60.0	77.5	95.0	112.5	130.0	147.5	165.0	182.5	200.0
Displacement	kg	60.0	77.5	95.0	112.5	130.0	147.5	165.0	182.5	200.0
Draft	mm	57.6	69.0	79.8	90.2	100.3	110.2	119.9	129.4	138.7
WL Length	mm	3685.2	3717.6	3739.0	3757.3	3771.1	3781.6	3791.7	3801.6	3811.5
Beam Max Extents on WL	mm	574.9	591.3	603.1	614.3	625.3	636.2	646.7	657.0	667.2
Wetted Area	mm <sup>2</sup>	1531375	1662632	1772014	1867825	1956642	2041726	2124629	2205102	2284027
Waterpl. Area	mm <sup>2</sup>	1448312	1544528	1612945	1664108	1706545	1744775	1780903	1815407	1848693
Prismatic Coeff. (Cp)	-	0.574	0.593	0.608	0.620	0.630	0.638	0.645	0.650	0.655
Block Coeff. (Cb)	-	0.478	0.497	0.514	0.526	0.535	0.542	0.547	0.550	0.552
Max Sect. Area coeff. (Cm)	-	0.833	0.839	0.846	0.849	0.850	0.849	0.848	0.846	0.844
Waterpl. Area coeff. (Cwp)	-	0.684	0.703	0.715	0.721	0.724	0.725	0.726	0.727	0.727
LCB from Zero pt. (+/fwd)	mm	1996.4	1996.7	1996.9	1997.1	1997.3	1997.5	1997.6	1997.7	1997.8
LCF from Zero pt. (+/fwd)	mm	1997.5	1998.0	1998.0	1998.6	1998.8	1998.5	1998.4	1998.8	1999.3
KB	mm	33.3	40.1	46.4	52.4	58.2	63.8	69.2	74.5	79.7

**Table 3:** Hydrostatic calculations - Draft: 85.1 ~ 151.4mm (Type 3)

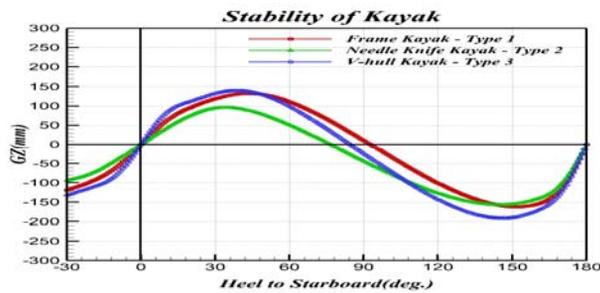
Designation	Units	Value								
		60.0	77.5	95.0	112.5	130.0	147.5	165.0	182.5	200.0
Displacement	kg	60.0	77.5	95.0	112.5	130.0	147.5	165.0	182.5	200.0
Draft	mm	85.1	96.0	105.5	114.1	122.1	129.8	137.1	144.4	151.4
WL Length	mm	4304.4	4329.4	4349.5	4365.9	4380.5	4393.9	4406.4	4418.2	4429.4
Beam Max Extents on WL	mm	741.9	759.4	771.1	779.7	785.1	790.1	792.4	794.8	795.1
Wetted Area	mm <sup>2</sup>	1778938	2082519	2352815	2598503	2771738	2906537	3019808	3119481	3209445
Waterpl. Area	mm <sup>2</sup>	1464562	1694068	1890295	2068180	2188256	2275351	2342785	2396989	2440767
Prismatic Coeff. (Cp)	-	0.605	0.593	0.589	0.588	0.591	0.595	0.600	0.605	0.610
Block coeff. (Cb)	-	0.215	0.240	0.262	0.283	0.302	0.319	0.336	0.351	0.366
Max Sect. Area coeff. (Cm)	-	0.357	0.405	0.446	0.482	0.512	0.538	0.561	0.582	0.601
Waterpl. Area coeff. (Cwp)	-	0.459	0.515	0.564	0.608	0.636	0.655	0.671	0.683	0.693
LCB from Zero pt. (+/fwd)	mm	2251.8	2225.6	2208.3	2196.6	2188.5	2183.0	2179.5	2177.3	2176.1
LCF from Zero pt. (+/fwd)	mm	2141.7	2132.3	2132.2	2134.7	2139.1	2146.4	2153.4	2159.6	2165.5
KB	mm	55.4	63.4	70.3	76.4	82.0	87.3	92.2	96.8	101.3

### 2.3 복원성 계산

카약 3종의 실선 무게에 성인 1인(약 80kg)을 포함한 무게를 기준으로 하여 복원성능을 평가하였으며, 복원성능 질량표는 Table 4이다. 그리고 유체역학적 계산 및 복원성 계산을 통해서 최대 경사각 30도에 대한 복원팔(GZ, Righting Lever)의 최대복원팔(Max GZ)은 Type 3이 가장 크고 Type 1, Type 2순으로 Figure 7과 같으며 카약 종류별 최대복원팔과 경사각은 Type 1이 132.6mm(43.6도), Type 2가 96.1mm (33.6도), Type 3이 140.1mm(39.1도)로 나타났다.

**Table 4:** The mass table of recovery capacity

Type	Kinds of kayaks	Kayak mass (kg)	1 Person mass (kg)	Criterion mass (kg)	Draft (mm)
Type 1	Frame Kayak	23.82	80	103.82	90
Type 2	Needle Knife Kayak	9.98	80	89.98	77
Type 3	V-hull Kayak	16.5	80	96.5	106



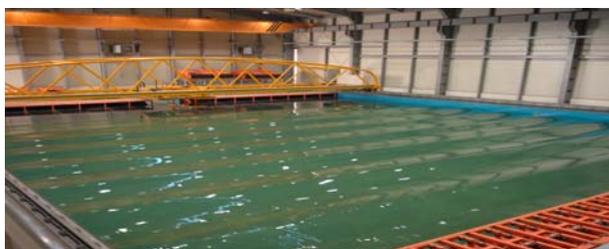
**Figure 7:** Comparison of righting levers

## 3. 수조 시험

### 3.1 시험 준비

수조시험을 위하여 3종의 카약에 동일한 공기압 15 Psi를 주입하였다. 시험항목은 경사시험(Inclining test), 선회시험(Turning trial test) 및 저항시험(Resistance test)이고 진술한 순서대로 진행하였으며 실선에 대한 시험인 경사시험과 선회시험은 Figure 8과 같은 해양공학수조에서 수행되어졌다.

저항시험의 경우 시험의 환경에 맞추어 모형선을 축소 제작한 후 Figure 9와 같은 회류수조에서 시험을 수행하였다.



**Figure 8:** Photograph of Ocean Engineering Basin ((Ki (2012) [4] with Permission)



**Figure 9:** A photograph of circulating water channel (Ki (2012) [4] with Permission)

### 3.2 경사시험

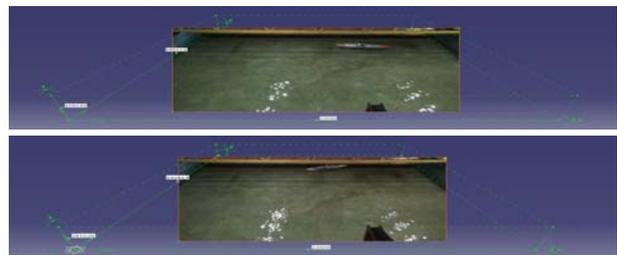
카약 3종의 무게중심(KG)을 추정하기 위해서 실선을 통한 경사시험을 수행하였으며, 각각의 지정된 배수량에 맞추어 무게를 균등하게 배분하였으며, 경사를 만들기 위해 약12.5kg의 무게를 횡방향 30cm 이동하였을 때에 기울어지는 각도를 계측하였다.

또한 유체정역학에서 계산된 부력중심(KB), 메타센터(KM) 및 무게중심(KG)을 바탕으로 실제 제작되어진 3종 카약의 최종 횡방향의 무게중심(KG)을 추정하였다.

### 3.3 선회시험

카약 3종의 선회반경 시험을 위하여 우선 각각의 카약의 실선의 무게에 성인남자(80kg) 한 명이 탑승 시를 기준으로 하여 선회반경 시험을 수행하였다.

카약에는 자체 방향타가 없으므로 방향타를 자체 제작하고, 방향타의 선회각도는 25도 동일하게 적용한 후, 선회반경에 대한 캘리브레이션은 Figure 10과 같이 실시하였다.



**Figure 10:** Calibration for each turning trial

### 3.4 저항시험

**Table 5:** Specification of circulating water channel

Division	Specification
Body (L×B×D) m	17.6(L)×3.1(B)×6.40(H)
Observation Unit (L×B×D) m	6.0(L)×2.0(B)×1.55(H)
Water Capa (Ton)	90
Moter	about DC 30KW×2Sets
Impeller (Set)	Φ800×5Blades×2Sets (Vertical Circular Type)
Length of Model Kayak (m)	1.0 ~ 2.0
Range of Fluid Speed (m/s)	0.1 ~ 3.0

카약 3종의 저항성능 검증을 위하여 Table 5와 같은 제원의 회류수조에서 모형선을 이용하여 시험하였다. 3종의 모형선은 실측선형을 바탕으로 일반적으로 사용되는 FRP를 이용하여 제작하고 축척비는 Type 1이  $\lambda = 4.558$ , Type 2가  $\lambda = 4.558$ , Type 3이  $\lambda = 4.558$ 로 축소하였고 Figure 11, 12 and 13과 같이 제작하였다.

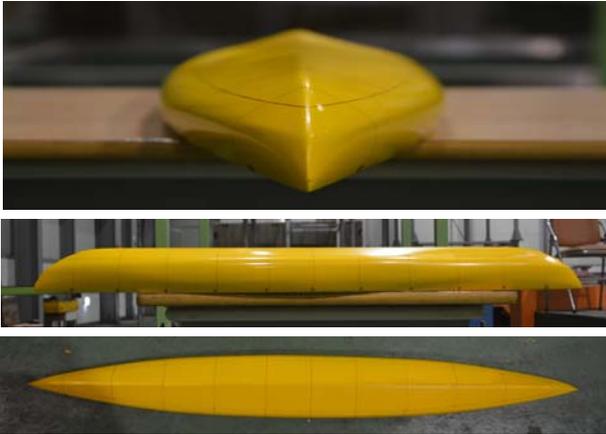


Figure 11: The reduced scale model ship (frame kayak, Type 1)



Figure 12: The reduced scale model ship (needle knife kayak, Type 2)

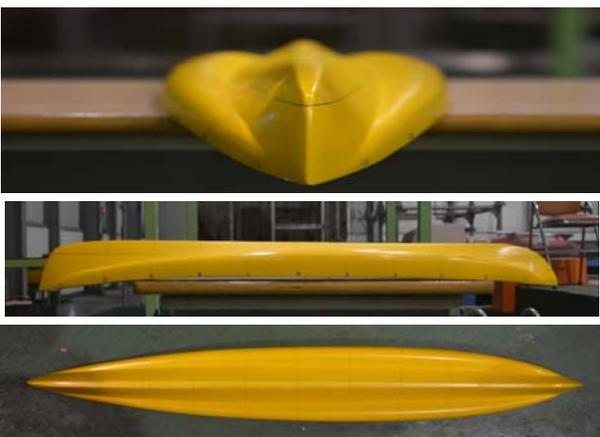


Figure 13: The reduced scale model ship (v-hull kayak, Type 3)

모형선은 주요제원에 나와 있는 바와 같이 목표 하중 상태일 때에 흡수를 조절(Design Load)하여 설치 및 실험을 실시하였다. 또한 시험대상 실선의 설계속도(Design speed)는 5.0 노트를 포함한 2 - 7 knot에서 Figure 14(예, Type 1의 5.0 knot)와 같은 회류수조에서 저항시험이 수행되었다.

카약의 저항성능해석은 Froude의 상사법칙에 따른 선속으로 수행되었으며, 다음과 같은 ITTC 1978해석법을 근간으로 한 2차원법을 적용하였다.

$$C_{TS} = C_{FS} + C_R + C_A + C_{AA}$$

$$C_A = [105(k_s/L_{WL})^{1/3} - 0.64] \times 10^{-3}$$

$$\text{Hull roughness : } k_s = 150 \mu\text{m}$$

$$C_{AA} = 0.001 \times (A_T/S)$$

그리고 트림(Trim) 및 침하량(Sinkage)은 무차원화하여 나타내고 다음과 같이 산출하였다.

$$T = (dA - dF) \times \frac{2g}{U^2}$$

$$S = \left( \frac{dA + dF}{2} \right) \times \frac{2g}{U^2}$$

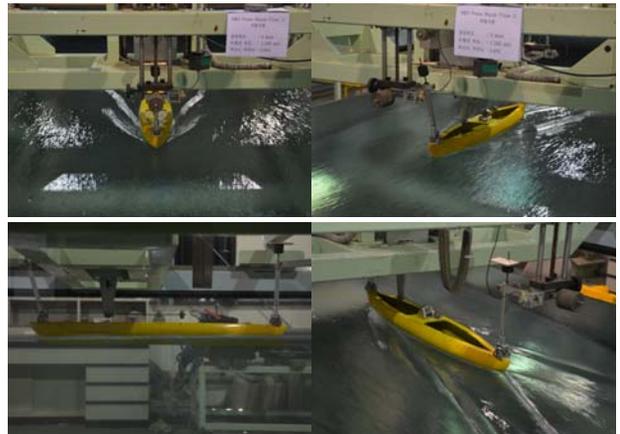


Figure 14: Photographs of resistance test (frame kayak, Type 1) : 5.0 knots

## 4. 수조시험결과 및 분석

### 4.1 경사시험결과

유체정역학에서 추를 포함한 실선에서 계산된 선저에서 부력중심까지의 변위(KB'), 부력중심에서 메타센터까지의 변위(B'M), 무게중심에서 메타센터까지의 변위(G'M)와 선저에서 무게중심까지의 변위(KG')의 값을 바탕으로 실제 제작된 카약 3종의 최종 횡방향 무게중심(kG)의 결과치는 Table 6과 같다. 목표배수량 시에 무게중심(KG)는 Type 1(0.278m)이 가장 크고, Type 3(0.261m), Type 2(0.128m) 순으로 나타나 튜브의 두께가 두꺼울수록 선저에서부터 무게추가 위쪽으로 올라가 무게중심이 상승하는 효과를 보이는

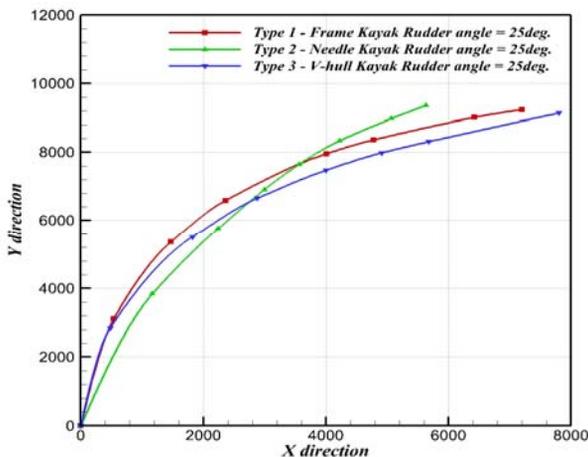
것으로 판단된다.

**Table 6: Inclining Experiment Results**

Division	Weight	Trim Angle	KB'	B'M'	G'M'	KG'	KG (Ship)
	(kg)	(deg.)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Type 1	12.50	5.80	0.06	0.54	0.32	0.28	0.28
Type 2	12.50	7.30	0.05	0.38	0.28	0.15	0.13
Type 3	12.50	3.80	0.08	0.71	0.52	0.27	0.26

4.2 선회시험결과

카약의 조종성(Maneuverability)에 영향을 주는 선회 성능은 최소 타각도에 대해서 작은 선회반경을 가지는 것이 조종성이 좋은 것으로 평가 하며 3종의 카약 종류에 따른 선회반경의 패턴은 **Figure 16**과 같다. 선회반경 패턴은 Type 3이 약간 우수하게 나타나고 Type 2는 전반적으로 표류(Drift)가 발생하는 경향을 보였다. 이는 Type 2 카약의 선저(Hull Bottom)가 평평한 형태로 인하여 선회 시에 미끄러짐이 발생되어졌을 것으로 판단되어 진다.



**Figure 15: Curves of turning performance (mm)**

4.3 저항시험결과

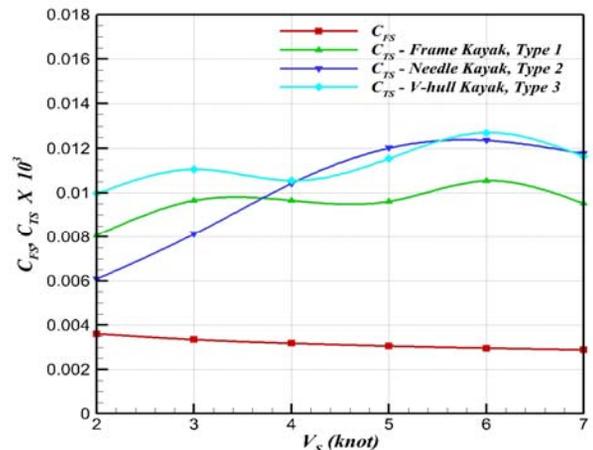
카약 3종의 모형선의 저항시험을 수행한 결과, 5, 6, 7 노트에서의 저항계수는 **Table 7**과 같고 특히, 설계속도 5 노트에서 저항계수(CTS)는 Type 2가 가장 크고 Type 3, Type 1 순으로 나타나 Type 1이 저항면에서 가장 우수하게 나타났다. 그리고 저항계수 패턴은 **Figure 16**과 같으며 Type 2의 저항계수는 선속도가 증가할수록(약 5 노트까지) 민감하게 증가하였으나 Type 3의 저항계수는 선속도 변화에 관계없이 Type 1보다 크게 나타났으며 유사한 패턴을 보였다.

각각 실선 5, 6, 7 노트일 때의 유효마력은(EHP)은 **Table 7**과 같으며 모형선-실선 성능추정법을 통하여 설계속도(Design Speed) 5 노트일 때의 전체저항은 Type 1, 2, 3에 대

해서 각각 72N, 71N, 93N이므로 Type 2이 가장 작게 나타났으며 Type 1보다 1.4%, Type 3보다 23.7% 저항성능이 우수하게 나타났다(**Table 7**). 그리고 Type 1과 Type 2는 속도 변화에 관계없이 유사한 유효마력 패턴을 보였으며 Type 3가 4 노트 기점으로 다른 Type보다 유효마력의 증가 기울기가 크게 나타나 속도변화에 민감함을 알 수 있었다(**Figure 17**).

**Table 7: Resistance performance**

Type	Vs (kts)	CFS	CTS	EPH (PS)
1	5	3.1	9.6	0.3
	6	3.0	10.5	0.5
	7	2.9	9.5	0.7
2	5	3.1	12.0	0.3
	6	3.0	12.4	0.4
	7	2.9	11.8	0.7
3	5	3.0	11.5	0.3
	6	2.9	12.7	0.6
	7	2.9	11.7	0.9



**Figure 16: Curves of resistance coefficients**

카약 3종의 속도에 대한 침하량(Sinkage)은 5 노트에서 Type 2, 6 노트에서 Type 3, 7 노트에서 Type 2가 가장 크게 나타났으며 특히, 설계속도 5 노트에서 침하량은 Type 1이 가장 크고 Type 3, Type 2 순이며 모두 음수를 보였다(**Table 8**). Type 1은 속도가 증가할수록 침하량의 변화가 완만한 반면 Type 3과 Type 2는 5 노트에서 유사하고 6 노트와 7 노트는 반대 패턴을 보였다. 그리고 속도가 증가할수록(5노트 - 7노트) 침하량이 모두 음수로 나타나 수면 위로 상승하지 못하고 침하현상을 보이는 것으로 활주가 일어나지 않음을 반영한 것이다(**Figure 18**).

카약 3종의 트림(Trim)은 5 노트에서 Type 2가 6 노트와 7 노트에서 Type 3가 가장 크고(**Table 8**), 속도가 증가할수록 모든 카약의 트림은 유사한 패턴을 보였으며 공통적으로 6 노트에서 최소값을 보였다(**Figure 18**). 그리고 설계속도 5 노트에서 트림은 Type 2가 가장 크고 Type 3, Type 1

순으로 나타나며 모두 음수를 보였다(Table 8). 이는 선수 흘수가 더 크게 나타나 선미 하강 보다 선수 상승이 더 큰 자세를 반영한 것이다.

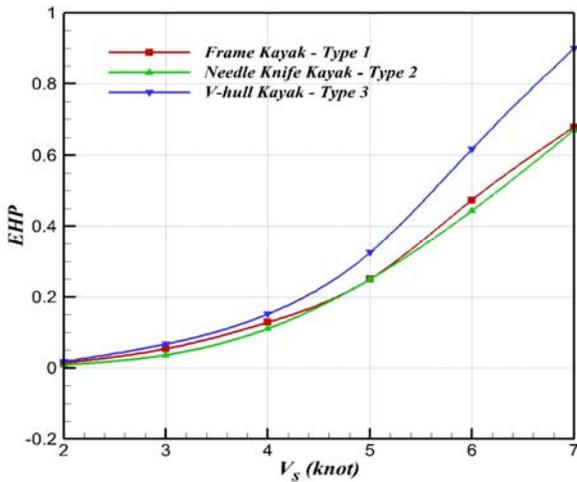


Figure 17: Curves of EHP

Table 8: Sinkage and trim

Type	Vs (kts)	SINKAGE	TRIM
1	5	-27.2	-113.1
	6	-19.9	-227.9
	7	-7.5	-106.2
2	5	-103.8	-255.0
	6	-18.9	-329.4
	7	-25.4	-245.7
3	5	-57.6	-246.7
	6	-20.0	-342.6
	7	-11.2	-268.6

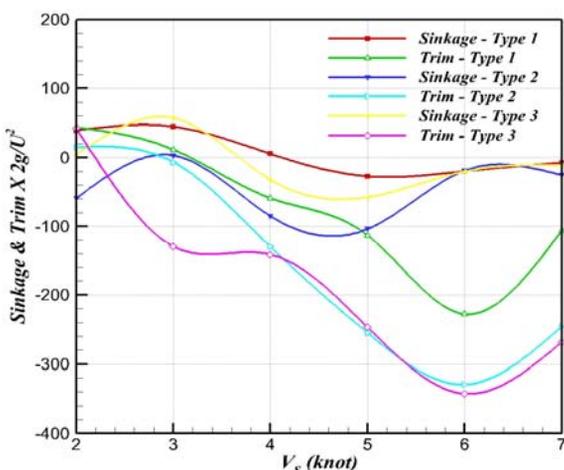


Figure 18: Curves of sinkage and trim

## 5. 결 론

3종의 인플래터블 카약(frame kayak, needle knife kayak, v-hull kayak)에 대한 복원성, 경사시험, 선회시험과 수조모형

시험을 통한 유체성능의 결과 요약 및 결론은 다음과 같다.

첫째, 3종 카약의 최대 경사각(30도)에 대한 복원팔은 94.4mm(needle knife kayak), 119mm(frame kayak), 그리고 132.4mm(v-hull kayak)으로 나타나, 복원성면에서 v-hull Kayak이 가장 유리한 것으로 판단된다.

둘째, 3종 카약의 목표속도(5 knot)에 대한 저항은 71N (needle knife kayak), 72N(frame kayak), 그리고 93N (v-hull kayak)으로 나타나, needle knife kayak의 저항성능이 가장 유리하다고 판단된다.

셋째, 3종 카약의 목표배수량 시에 무게중심(KG)은 0.278m(frame kayak), 0.128m(needle knife kayak), 그리고 0.261m(v-hull kayak)으로 나타나, needle knife kayak의 무게중심이 가장 유리하다고 판단된다.

넷째, 3종 카약의 동일한 방향타 25도에 대한 선회반경은 서로 유사하게 나타났으며 v-hull kayak이 약간 작게 나타나 선회 시 유리하다고 판단된다. 그리고 needle knife kayak은 전반적으로 밀림(draft)이 발생하였다.

결론적으로 v-hull kayak은 복원성과 선회성면에서 needle knife kayak은 무게중심과 저항성면에서 우수하다고 판단된다.

## 후 기

이 연구는 2011년도 문화체육관광부의 스포츠산업기술 개발 사업에 의거 국민체육진흥공단의 국민체육진흥기금 지원비에 의해 수행되었음.

## References

- [1] H. J. Jang, "Kayak, and kayaker," Hankyung Magazine, [http://magazine.hankyung.com/money/apps/news?popup=0&nid=02&c1=2005&key=2012041800083065932&mode=sub\\_view](http://magazine.hankyung.com/money/apps/news?popup=0&nid=02&c1=2005&key=2012041800083065932&mode=sub_view), Accessed October 10, 2014 (in Korean).
- [2] 2013 special report on paddlesports, The Coleman Company, Inc. & The Outdoor Foundation, <http://www.outdoorfoundation.org/pdf/ResearchPaddlesports2013.pdf>, Accessed October 10, 2014.
- [3] H. J. Lee, Development of Hybrid Propulsive Inflatable Kayak for Two Persons, Final Report on Technology Development Promotion for Small & Medium Business, 2010.
- [4] J. S. Ki, C. K. Hah, and H. Y. Jang, "Hydrodynamic evaluation method for developing the inflatable kayak," Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 36, no. 5, pp. 627-634, 2012 (in Korean).
- [5] C. K. Hah, J. S. Ki, and H. Y. Jang, "Hydrodynamic evaluation for developing the inflatable kayak," Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 37, no. 6, pp. 623-630, 2013 (in Korean).